

ANALIZA STABILNOSTI URODA I KAKVOĆE ZRNA U OPLEMENJIVANJU SOJE

Aleksandra SUDARIĆ, Marija VRATARIĆ i Rezica SUDAR

Poljoprivredni institut Osijek
The Agricultural Institute Osijek

SAŽETAK

Cilj ovih istraživanja bio je procijeniti vrijednost novih linija soje (*Glycine max* (L.) Merrill) u usporedbi sa standardnim kultivarima analizom visine i stabilnosti uroda i kakvoće zrna (sadržaj bjelančevina i ulja) te adaptabilnosti. Pokusi su provedeni na pokusnom polju Poljoprivrednog instituta Osijek u razdoblju od 1998. do 2000. godine, a obuhvaćali su 33 genotipa (29 linija i 4 kultivara) u okviru I. grupe zriobe. U analizi stabilnosti i adaptabilnosti korištena su tri parametra: ekovalenca (W_i), udio interakcije genotip \times godina pojedinog genotipa u ukupnoj interakciji genotip \times godina ($S^2_{G \times Y}$) i koeficijent regresije (b_i). Dobiveni rezultati ukazali su na značajne razlike u visini i stabilnosti uroda i kakvoće zrna te razini adaptabilnosti genotipova. Između 33 ispitivana genotipa, po urodu zrna bilo je stabilno 14, sadržaju bjelančevina 11, a po sadržaju ulja 13 genotipova. Najbolji genotipovi po visini i stabilnosti uroda zrna, sadržaja bjelančevina i sadržaja ulja u zrnu te adaptabilnosti su: L-108, L-106, L-107 te cv. Tisa.

Ključne riječi: soja (*Glycine max* (L.) Merrill), urod zrna, kakvoća zrna, stabilnost, adaptabilnost.

UVOD

Oplemenjivački rad na soji (*Glycine max* (L.) Merrill) u Poljoprivrednom institutu Osijek prvenstveno je usmjeren na stvaranje visokorodnih i kvalitetnih kultivara u okvirima 00 do II. grupe zriobe koje odlikuje visoka postojanost (stabilnost) u svojstvu te prilagodljivost (adaptabilnost) na različite okolinske uvjete koji karakteriziraju područja uzgoja soje (V r a t a r i ć i S u d a r i ć, 2000). Dakle, cilj oplemenjivanja je stvoriti genotipove koji se odlikuju sposobnošću postizanja visokog uroda zrna i drugih važnih svojstava, ali i zadržavanjem te superiornosti u širokom rasponu različitih okolinskih uvjeta. Prema A l l a r d u i B r a d s h a w u (1964.) okolinsku varijabilnost treba promatrati kroz razlike u lokalitetima i razlike u klimatskim prilikama. LokalitetSKU varijabilnost smatraju predvidljivom jer proizlazi iz uvjeta koji su

kontrolirani (staklenici, navodnjavanje, datum sjetve, gnojidba) ili takvih koji imaju stalne karakteristike (fotoperiodizam, tip zemljišta), pa se genotipovi prema njima moraju prilagoditi (adaptirati). Genotipove koji se mogu dobro prilagoditi različitim lokalitetima nazivaju adaptabilnim genotipovima. Klimatsku varijabilnost smatraju nepredvidljivom jer je povezana s vremenskim uvjetima (temperatura, oborine) na koje čovjek nema utjecaja. Sposobnost genotipa da zadrži postojanu visinu svojstva u vrlo različitim klimatskim uvjetima nazivaju stabilnost. S obzirom da je svaka okolina za sebe jedinstvena i neponovljiva zbog specifičnog sklopa predvidljivih i nepredvidljivih činitelja, važno je poznavati reakciju genotipa na okolinske uvjete. Naime, genotipovi ne reagiraju jednako u svim okolinama, nego se nalaze u određenom međudjelovanju (interakciji) s okolinom u kojoj rastu i razvijaju se. Veličina (intenzitet) interakcije genotip x okolina (GEI) određena je genetskom strukturom genotipa i intenzitetom djelovanja okolinskih činitelja. Analiza GEI osnova je kvantitativne procjene fenotipske stabilnosti genotipa (H u e h n, 1990; S n e l l e r i s u r., 1997; H i l l i s u r., 1998; P i e p h o, 1999). B e c k e r (1981.) definira dva različita koncepta stabilnosti: biološki (statički) i agronomski (dinamički). Prema biološkom konceptu, stabilni genotip posjeduje nepromijenjeno ponašanje bez obzira na bilo koju promjenu uvjeta okoline, odnosno ne pokazuje odstupanje od očekivane visine svojstva promjenom okoline. Agronomski koncept pretpostavlja predvidljivu reakciju genotipa na uvjete okoline. Prema ovom konceptu, stabilni genotip ne odstupa značajno od prosječne reakcije na okolinu. Ova reakcija ne mora biti jednaka za sve ispitivane genotipove, ali je važno da se procjena reakcije genotipa podudara sa stvarnom reakcijom. Biološki koncept ima vrijednost kod svojstava koja su manje ovisna o okolini (kvalitativna svojstva), dok razmatrajući urod zrna i ostala kvantitativna svojstva, na čiju fenotipsku ekspresiju znatno djeluje okolina, govori se samo o agronomskom konceptu stabilnosti. Za procjenu fenotipske stabilnosti ili analizu GEI razvijene su mnoge statističke metode. Parametri kojima se opisuje (ocjenjuje) vrijednost genotipa s obzirom na stabilnost i adaptabilnost, baziraju se na varijanci interakcije genotip x okolina, zatim na regresiji, varijanci odstupanja od regresije, na koeficijentu determinacije i ekovalenci. Pregled većine metoda dali su F r e e m a n, 1973.; L i n i s u r., 1986.; B e c k e r i L e o n, 1988., W e s t c - o t t, 1986. Interakciju genotip x okolina moguće je ustanoviti iz rezultata poljskih pokusa. Stoga, u okviru oplemenjivačkih programa kontinuirano se provode testiranja odabranih genotipova (linije, noviji kultivari) u usporedbi sa standardnim kultivarima po grupama zriobe u različitim agroekološkim uvjetima da bi se sa što većom objektivnošću i sigurnošću mogla procijeniti njihova stabilnost i adaptabilnost. Identifikacija superiornih genotipova s obzirom na visinu i stabilnost svojstva te adaptabilnost važna je kako za unaprjeđenje komercijalne proizvodnje soje tako i za ostvarivanje genetskog napretka kultivara (V r a t a r i ć i s u r., 1998, 1999; D e s c l a u x, 1999; S u d a r i ć i s u r., 1998; S u d a r i ć i V r a t a r i ć, 2001; R a o i s u r., 2002.).

U ovom radu dat je prikaz rezultata ispitivanja vrijednosti novijih linija soje u usporedbi sa standardnim kultivarima u okviru I. grupe zriobe kroz analizu visine i stabilnosti uroda zrna, sadržaja bjelančevina i sadržaja ulja u zrnu te razine adaptabilnosti.

MATERIJAL I METODE

Istraživanja su provedena na pokusnom polju Poljoprivrednog instituta Osijek u razdoblju od 1998. do 2000. godine. Pokusni materijal obuhvaćao je 33 genetski divergentna genotipa soje i to: 29 boljih linija i 4 standardna kultivara (cv.). Ispitivane linije su izdvojene iz F_4 do F_6 generacije kao bolji selekcijski materijal, a zatim u preliminarnim testiranjima na glavna agronomska svojstva pokazale su se boljim materijalom i od roditeljskih komponenti. Ispitivani kultivari: Tisa, Drina i Lika registrirani su kultivari Instituta i zastupljeni su u širokoj proizvodnji soje u R. Hrvatskoj. Kultivar Hodgson je introdukcija američkog porijekla. Svi ispitivani genotipovi prema dužini vegetacije pripadaju I. grupi zriobe. Poljski pokusi postavljeni su po blok metodi sa slučajnim rasporedom varijanti (RCBD) u četiri ponavljanja. Veličina pokusne parcele iznosila je 10 m^2 . Sjetva je obavljena preciznom sijačicom Hege 95B u optimalnom roku sjetve za soju u svakoj godini. U svim godinama istraživanja, na pokusu je primjenjena optimalna tehnologija za soju. U zriobi, pokusne parcele požete su malim kombajnom Hege 125 B te je izmjerena uroda zrna i vlaga u zrnu, a zatim je uroda zrna preračunata na vlagu od 13% i u t/ha. Svojstva kakvoće zrna (sadržaj bjelančevina i ulja) određivana su iz prosječnog uzorka zrna svakog genotipa i izražena su u postotku na apsolutno suhu tvar zrna (% u AST). Sadržaj bjelančevina određen je na aparatu Kjeltec Autosampler System 1035, a sadržaj ulja na aparatu Nuclear Magnetic Resonance analyzer Oxford Newport 400. Dobivene vrijednosti za urod i kakvoću zrna sistematizirane su po genotipovima i godinama ispitivanja te su obrađene statistički metodom analize varijance (ANOVA). Opravdanost razlika u prosječnim vrijednostima analiziranih svojstava između genotipova testirana je LSD-testom. Analizom varijance utvrđeno je postojanje interakcije genotip \times godina, što je dalje omogućilo statističku analizu stabilnosti i adaptabilnosti. Analiza stabilnosti uroda i kakvoće zrna te adaptabilnosti testiranog materijala obavljena je kombinacijom tri parametra unutar agronomskog koncepta stabilnosti i to s dva parametra temeljena na podjeli interakcijske varijance: ekvalencom (W_i) i udjelom varijance interakcije genotip \times godina svakog genotipa u ukupnoj varijanci interakcije genotip \times godina ($S^2_{G \times Y}$) te jednim parametrom temeljenim na regresijskom pristupu: koeficijentom regresije (b_i). Ekvalenca (W r i c k e, 1962.) je mjera stabilnosti koja se temelji na korištenju efekata interakcije genotip \times okolina za svaki genotip. Izračunava se iz razlike srednje vrijednosti svojstva određenog genotipa u jednoj okolini (Y_{ij}) i srednje vrijednosti tog svojstva iste okoline (Y_i). Od tog iznosa oduzeta je srednja

vrijednost svojstva određenog genotipa u svim okolinama ispitivanja (Y_i) i dodan je prosjek svojstva svih genotipova u svim okolinama ($Y..$). Zbroj ovih kvadratnih vrijednosti za svaku okolinu predstavlja ekvalencu genotipa. Prema značenju riječi ekvalenca, stabilni genotip ima visoku ekvalencu (niska vrijednost W_i = visoka ekvalenca). Metoda po Plasteidu i Petersonu (1959.) omogućava procjenjivanje udjela varijance GEI svakog genotipa u ukupnoj varijanci GEI. Metoda se sastoji u tome da se nakon analize varijance po okolinama provede kombinirana analiza (za sve genotipove u svim okolinama) i procijeni ukupna varijanca GEI. Nakon opravdanog F-testa interakcije, provode se opet ovakve kombinirane ANOVE, ali uvijek ispuštajući po jedan genotip iz analize. U svakoj ovoj analizi (iz kojih se izostavlja uvijek drugi genotip) procijeni se varijanca interakcije. Veći preostali dio interakcije, u ovom postupku je kriterij (parametar) kojim se procjenjuje veća stabilnost genotipa (i obrnuto). Koeficijent regresije (Finlay i Wilkison, 1963.) je mjera odnosa pojedinog genotipa prema različitim okolinama, odnosno ovaj parametar predstavlja specifičnu reakciju genotipa na okolinske uvjete. Genotipovi karakterizirani sa b_i oko 1,0 smatraju se prosječno stabilnim u svim okolinama; ako je uz to još i visok prosjek svojstva onda se radi o općoj adaptabilnosti, a ako je prosjek nizak radi se o slaboj adaptabilnosti. Vrijednosti $b_i > 1,0$ ukazuju na ispodprosječnu stabilnost i veću prilagodljivost visokoprinosnim okolinama, dok su vrijednosti $b_i < 1,0$ pokazatelj iznadprosječne stabilnosti genotipa i veće neosjetljivosti promjenama okoline, odnosno ukazuju na specifičnu prilagodljivost (adaptabilnost) niskoprinosnim okolinama. Na osnovu dobivenih procjena parametara, testirani genotipovi rangiraju se prema stabilnosti svojstva te razini adaptabilnosti.

AGROEKOLOŠKI UVJETI TIJEKOM ISPITIVANJA

Pokusi su u sve tri godine istraživanja izvedeni na pedosistematskoj jedinici eutrični kambisol. Prema kemijskim analizama, oranični sloj tla neutralne je reakcije, srednje opskrbljeno fosforom i kalijem te sadrži 1,83% humusa. U Tablici 1. dat je prikaz meteoroloških podataka (srednje mjesečne temperature zraka-°C i ukupna mjesečna količina oborina-mm) za područje Osijeka u razdoblju od 1998. do 2000. godine tijekom vegetacije soje. Analizom podataka, vidljive su razlike u vremenskim uvjetima između ispitivanih godina. Srednje mjesečne temperature zraka u 1998. i 1999. godini bile su u granicama dovoljnih do optimalnih za soju i nisu limitirale njezin rast i razvoj, dok u 2000. godini maksimalne temperature zraka u srpnju i kolovozu prelazile su 37°C, i uz veliku sušu u to vrijeme, stresno su djelovale na biljke soje. Glede količine oborina po godinama ispitivanja, posebno je nedostajalo oborina u 2000. godini koja je ocjenjena kao vrlo sušna, dok je u 1998. i 1999. godini bilo dovoljno oborina, ali sa različitom distribucijom tijekom vegetacije. Najpovoljnija distribucija oborina tijekom vegetacije soje bila je u 1999. godini.

Tablica 1. Srednja mjesečna temperatura zraka (°C) i količina oborina (mm) po godinama tijekom vegetacije soje, 1998-2000., Osijek

Table 1. Average month air temperature (°C) and precipitation (mm) per years during soybean growing seasons, 1998-2000, Osijek

Mjesec/ Month	Temperatura zraka (°C) Air temperature (°C)			Količina oborina (mm) Precipitation (mm)		
	1998.	1999.	2000.	1998.	1999.	2000.
IV	13.2	12.6	14.9	60.2	44.9	27.4
V	16.4	17.3	18.4	50.1	88.8	26.1
VI	21.8	20.3	22.5	27.8	149.6	9.6
VII	22.3	21.9	21.7	88.7	95.3	62.3
VIII	21.5	21.3	23.7	99.6	73.5	5.3
IX	16.6	18.8	16.7	70.8	50.8	22.7
X	13.4	11.7	14.1	98.4	22.1	10.0
Ukupno/Total				495.6	525.0	163.4

REZULTATI I RASPRAVA

1. Urod zrna (t/ha)

Dobiveni rezultati analize stabilnosti uroda zrna u ovom istraživanju ukazali su na razlike u visini, stabilnosti i adaptabilnosti između testiranih genotipova u urodu zrna, te na osnovu toga, isti su grupirani u tri skupine (Tablica 2). U prvoj skupini nalazi se 14 genotipova koje karakterizira visok i stabilan urod zrna te široka adaptabilnost. S obzirom na visinu ovoga svojstva, pet linija (L-60, L-108, L-3, L-106 i L-62) imalo je statistički značajno viši urod zrna od prosjeka pokusa, dok je prosječni urod zrna ostalih genotipova ove skupine bio na razini prosjeka pokusa. U pogledu procjena stabilnosti, genotipovi ove skupine imali su vrijednosti za parametre W_i i $S^2_{G \times Y}$ niže od sveukupnog prosjeka ovih parametara te vrijednosti za parametar b_i oko 1,0. Dobivene procjene stabilnosti pokazatelj su niže varijabilnosti ukupne fenotipske ekspresije uroda zrna pri okolinskoj varijabilnosti. S praktičnog stajališta, to znači da će genotipovi ove skupine (L-60, L-108, L-3, L-106, L-62, L-67, L-70, L-107, L-36, L-121, L-122, L-53, cv. Tisa i cv. Drina) zadržavati svoj genetski potencijal rodnosti u različitim okolinskim uvjetima. S obzirom na to, ovi genotipovi ocjenjuju se kao stabilni u urodu zrna i širokoadaptabilni, a što je s proizvodnog stajališta vrlo značajna pozitivna osobina. Drugu skupinu genotipova (L-66, L-79, L-43, L-9, L-14, L-59, L-42 i L-87) karakteriziraju vrijednosti W_i i $S^2_{G \times Y}$ više od prosječnih vrijednosti ovih parametara u pokusu, što ukazuje na značajno variranje visine uroda zrna navedenih genotipova pod utjecajem okoline te se isti ocjenjuju kao nestabilni u ovom svojstvu. Nadalje, genotipovi ove skupine

Tablica 2. Stabilnost i adaptabilnost ispitivanih genotipova soje u urodu zrna, 1998-2000, Osijek
Table 2 Stability and adaptability of tested soybean genotypes in grain yield, 1998-2000, Osijek

Genotip		Prosjeak - Mean (t/ha)	Parametri stabilnosti* - Stability parameters		
Genotype			$S^2_{G \times Y}$	W_i	b_i
Stabilan genotip, široke opće adaptabilnosti Stable genotype, wide-general adaptability					
1.	L-60	4.19	31417	0.324	0.998
2.	L-108	4.16	33894	0.318	0.935
3.	L-3	4.11	34409	0.289	1.002
4.	L-106	4.00	30620	0.132	0.976
5.	L-62	4.00	32248	0.304	0.912
6.	L-67	3.98	33468	0.115	1.005
7.	L-70	3.86	34128	0.296	0.982
8.	L-107	3.79	32218	0.337	0.962
9.	L-36	3.73	30561	0.267	0.944
10.	L-121	3.71	34427	0.248	0.917
11.	TISA	3.66	33104	0.352	1.010
12.	L-122	3.65	30946	0.207	0.955
13.	L-53	3.64	32375	0.311	0.987
14.	DRINA	3.50	34324	0.344	1.007
Nestabilan genotip, adaptiran na niskoprosnosne okoline Unstable genotype, adapted to low-yielding environments					
1.	L-66	3.98	35109	0.347	0.876
2.	L-79	3.72	35012	0.428	0.903
3.	L-43	3.65	36158	0.543	0.882
4.	L-9	3.61	34746	0.350	0.765
5.	L-14	3.61	34904	0.397	0.895
6.	L-59	3.57	36917	0.523	0.843
7.	L-42	3.57	36076	0.487	0.831
8.	L-87	3.44	34813	0.466	0.900
Nestabilan genotip, adaptiran na visokoprosnosne okoline Unstable genotype, adapted to high-yielding environments					
1.	L-56	4.02	34973	0.418	1.103
2.	L-38	3.85	35664	0.533	1.183
3.	L-76	3.67	36248	0.587	1.176
4.	L-55	3.65	36263	0.541	1.126
5.	L-51	3.62	35820	0.573	1.056
6.	L-26	3.56	37138	0.615	1.191
7.	L-11	3.54	35944	0.422	1.036
8.	L-61	3.48	37443	0.586	1.094
9.	L-39	3.46	36024	0.513	1.101
10.	LIKA	3.39	36004	0.601	1.157
11.	HODGSON	3.27	35263	0.459	0.087
Prosjeak - Mean		3.72	34505	0.401	0.964
LSD genotip (genotype)		0.05 0.01	0.284 0.309		

* $S^2_{G \times Y}$ - udio interakcije pojedinog genotipa u ukupnoj interakciji genotip x godina (*interaction share of some genotype in total genotype x year interaction*); W_i - ekvalenca (*ecovalence*); b_i - koeficijent regresije (*regression coefficient*)

imali su vrijednosti $b_i < 1,0$, što znači da su specifično adaptabilni za nepovoljne niskoprinosne okoline u kojima daju iznad prosječni urod zrna, dok su na visokoprinosne okoline neosjetljivi, odnosno u njima pokazuju male promjene u visini uroda zrna. Stoga, bi se prema *F i n l a y u i W i l k i n s o n u* (1963.) ovakvi genotipovi mogli preporučiti za uzgoj u niskoprinosnim okolinama. U trećoj skupini su genotipovi (L-56, L-38, L-76, L-55, L-51, L-26, L-11, L-61, L-39, cv. Lika i cv. Hodgson) također nestabilnog uroda zrna na što ukazuju dobivene vrijednosti za W_i i $S^2_{G \times Y}$ koje su više od sveukupnog prosjeka ovih parametara. Međutim, njihove vrijednosti za b_i su veće od 1,0, što je pokazatelj velike osjetljivosti ovih genotipova na promjene okoline, odnosno male promjene u okolini uvjetuju velike promjene u urodu zrna. S obzirom na to, ovi genotipovi ocjenjuju se kao specifično adaptabilni na visokoprinosne okoline jer u slabim okolinama dat će niske urode zrna, a u izuzetno povoljnim okolinama postaju najrodniji i na osnovu toga mogu se prema *F i n l a y u i W i l k i n s o n u* (1963.) preporučiti za uzgoj u visokoprinosnim okolinama.

2. Sadržaj bjelančevina u zrnu (% u AST)

Analiza stabilnosti sadržaja bjelančevina u zrnu pokazala je da unutar ispitivanog materijala postoje značajne razlike u visini i stabilnosti ovoga svojstva te razini adaptabilnosti (Tablica 3.). Između 33 testirana genotipa, 11 genotipova (L-87, L-51, L-106, L-59, L-39, L-38, L-42, L-107, L-76, L-108 i cv. Tisa) klasificirano je kao genotipovi visokog i stabilnog sadržaja bjelančevina u zrnu te široke adaptabilnosti. S obzirom na visinu ovoga svojstva, pet linija (L-87, L-51, L-106, L-59 i L-39) imalo je statistički značajno viši ($P < 0,01$) sadržaj bjelančevina u zrnu u odnosu na prosjek pokusa, dok je ostalih 6 genotipova imalo viši sadržaj bjelančevina od prosjeka pokusa, ali bez statističke opravdanosti. Glede procjena stabilnosti, genotipovi ove skupine imali su niže vrijednosti parametara W_i i $S^2_{G \times Y}$ od prosječnih vrijednosti ovih parametara za cijeli pokus, te vrijednosti za parametar b_i oko 1,0. Na osnovu dobivenih procjena može se reći da su genotipovi ove skupine prilagodljivi (adaptabilni) na različite agroekološke uvjete uzgoja soje, a da se pri tome visina fenotipske ekspresije sadržaja bjelančevina u zrnu značajno ne mijenja. Ostali genotipovi u pokusu koji su imali vrijednosti W_i i $S^2_{G \times Y}$ više od sveukupnog prosjeka ovih parametara, klasificirani su kao nestabilni u sadržaju bjelančevina, što znači da visina ovoga svojstva značajno varira s promjenom okoline. Međutim, između genotipova nestabilnih u sadržaju bjelančevina postoje razlike u njihovoj reakciji na promjenljivost okoline, odnosno razlike u prilagodbi okolini na što ukazuju značajne razlike u dobivenim vrijednostima parametra b_i . Vrijednost $b_i < 1,0$ imalo je 14 genotipova (L-122, L-67, L-60, L-53, L-56, L-43, L-3, L-26, L-14, L-66, L-79, L-11, cv. Lika i cv. Hodgson). S praktične strane to znači da će sadržaj bjelančevina kod ovih genotipova biti na razini prosjeka ili viši od njega u nepovoljnijim okolinama, a u povoljnijim okolinama bit će na razini prosjeka ili niži od njega. S obzirom na to, genotipovi ove skupine ocjenjuju se kao

adaptabilni na niskoprinosne okoline. Suprotno tome, 8 genotipova (L-121, L-62, L-36, L-55, L-61, L-70, L-9 i cv. Drina) imalo je vrijednosti $b_i > 1,0$, što pokazuje da će genotipovi ove skupine imati viši sadržaj bjelančevina u zrnu od prosjeka pokusa u okolinama koje favoriziraju ekspresiju ovoga svojstva, dok u nepovoljnijim uvjetima za sintezu bjelančevina, navedeni genotipovi imat će niži sadržaj bjelančevina u odnosu na prosjek pokusa (područja, godine). Stoga, za genotipove ove skupine možemo reći da su adaptabilni za visokoprinosne okoline s obzirom na sadržaj bjelančevina u zrnu, te se mogu i preporučiti za uzgoj u takvim okolinama.

3. Sadržaj ulja u zrnu (% u AST)

Prema dobivenim rezultatima analize stabilnosti sadržaja ulja u zrnu soje (Tablica 4.), vidljive su razlike u visini i stabilnosti ovoga svojstva između testiranih genotipova kao i u razini adaptabilnosti, što je omogućilo grupiranje testiranog materijala u tri skupine. Prvoj skupini koju karakterizira visok i stabilan sadržaj ulja u zrnu te široka adaptabilnost, pripada 13 genotipova (L-108, L-79, L-36, L-122, L-76, L-43, L-87, L-55, L-106, L-9, L-56, L-107 i cv. Tisa). S obzirom na visinu ovoga svojstva, četiri linije (L-108, L-79, L-36, L-122) imale su statistički značajno viši ($P < 0,01$) sadržaj ulja u zrnu u odnosu na prosjek pokusa, dok su ostali genotipovi imali prosječni sadržaj ulja u zrnu na razini prosjeka pokusa. Dobivene procjene parametara W_i , $S^2_{G \times Y}$ i b_i , pokazatelji su stabilnosti i široke adaptabilnosti genotipova ove skupine u pogledu sadržaja ulja u zrnu. Odnosno, dobivene procjene stabilnosti ukazuju na sposobnost navedenih genotipova da u vrlo različitim okolinama zadrže relativno visok sadržaj ulja u zrnu. Ostali genotipovi u pokusu imali su vrijednosti za parametre W_i i $S^2_{G \times Y}$ više od sveukupnog prosjeka ovih parametara te na osnovu toga su ocjenjeni kao nestabilni u ovom svojstvu. Odnosno, dobivene procjene ukazuju na značajno variranje sadržaja ulja u zrnu ovih genotipova sa promjenama agroekoloških uvjeta uzgoja. Nadalje, genotipovi nestabilnog sadržaja ulja u zrnu razlikovali su se međusobno u vrijednostima parametra b_i , odnosno u reakciji na promjene okoline. Tako, 9 genotipova (L-14, L-53, L-3, L-62, L-26, L-11, cv. Drina, cv. Hodgson i cv. Lika) imalo je vrijednosti $b_i < 1,0$, što je indikator iznad prosječne stabilnosti, odnosno, veće neosjetljivosti na promjene okoline. S praktične strane, to znači da ovi genotipovi imaju specifičnu adaptabilnost i to na niskoprinosne okoline u kojima će dati iznad prosječni sadržaj ulja u zrnu, dok su neosjetljivi na visokoprinosne okoline, odnosno u njima pokazuju male promjene u sadržaju ulja u zrnu. Ostalih 11 genotipova u pokusu (L-70, L-59, L-67, L-51, L-121, L-39, L-61, L-66, L-42, L-60 i L-38) imalo je vrijednosti $b_i > 1,0$, odnosno ispod prosječnu stabilnost. Dobivene procjene ukazuju da će sadržaj ulja u zrnu ovih genotipova biti na razini prosjeka ili viši od njega u okolinama koje favoriziraju ekspresiju ovoga svojstva, dok u nepovoljnijim okolinama sadržaj ulja u zrnu bit će na razini prosjeka pokusa ili niži. Dakle, ovi genotipovi su usko adaptabilni na visokoprinosne okoline.

Tablica 3. Stabilnost i adaptabilnost ispitivanih genotipova soje u sadržaju bjelančevina u zrnu, 1998-2000., Osijek

Table 3 Stability and adaptability of tested soybean genotypes in protein content in grain, 1998-2000, Osijek

Genotip Genotype		Prosjeak - Mean (% u AST)	Parametri stabilnosti* - Stability parameters		
			$S^2_{G \times Y}$	W_i	b_i
Stabilan genotip, široke opće adaptabilnosti Stable genotype, wide-general adaptability					
1.	L-87	39.70	0.681	0.221	0.987
2.	L-51	39.42	0.657	0.310	0.976
3.	L-106	39.27	0.673	0.245	0.981
4.	L-59	39.21	0.545	0.336	0.977
5.	L-39	39.10	0.618	0.357	0.992
6.	L-38	38.91	0.713	0.286	1.007
7.	L-42	38.75	0.710	0.298	1.003
8.	L-107	38.69	0.594	0.325	0.956
9.	L-76	38.62	0.638	0.367	0.991
10.	L-108	38.62	0.614	0.275	0.983
11.	TISA	38.52	0.702	0.382	1.001
Nestabilan genotip, adaptiran na niskoprinosne okoline Unstable genotype, adapted to low-yielding environments					
1.	L-122	39.14	0.735	0.423	0.845
2.	L-67	38.70	0.782	0.511	0.907
3.	L-60	38.66	0.768	0.396	0.823
4.	L-53	38.60	0.736	0.417	0.863
5.	L-56	38.43	0.810	0.456	0.953
6.	L-43	38.20	0.744	0.518	0.852
7.	L-3	37.99	0.808	0.566	0.902
8.	L-26	37.70	0.767	0.492	0.857
9.	L-14	37.65	0.753	0.390	0.899
10.	L-66	37.58	0.782	0.406	0.913
11.	L-79	37.51	0.801	0.545	0.869
12.	LIKA	37.06	0.817	0.437	0.890
13.	L-11	37.03	0.766	0.467	0.933
14.	HODGSON	36.98	0.805	0.481	0.921
Nestabilan genotip, adaptiran na visokoprinosne okoline Unstable genotype, adapted to high-yielding environments					
1.	L-121	38.81	0.758	0.514	1.108
2.	L-62	38.72	0.686	0.397	1.096
3.	L-36	38.63	0.748	0.462	1.145
4.	L-55	38.55	0.789	0.478	1.356
5.	L-61	38.10	0.730	0.525	1.426
6.	L-70	37.85	0.742	0.483	1.200
7.	DRINA	37.60	0.755	0.466	1.186
8.	L-9	37.30	0.731	0.408	1.523
Prosjeak - Mean		38.35	0.726	0.413	1.010
LSD _{genotip}		0.05	0.685		
		0.01	0.704		

* $S^2_{G \times Y}$ - udio interakcije pojedinog genotipa u ukupnoj interakciji genotip x godina (*interaction share of some genotype in total genotype x year interaction*); W_i - ekvalenca (*ecovalence*); b_i - koeficijent regresije (*regression coefficient*)

Tablica 4. Stabilnost i adaptabilnost ispitivanih genotipova soje u sadržaju ulja u zmu, 1998-2000., Osijek

Table 4. Stability and adaptability of tested soybean genotypes in oil content in grain, 1998-2000, Osijek

Genotip Genotype	Prosjek - Mean (% u AST)	Parametri stabilnosti* - Stability parameters		
		$S^2_{G \times Y}$	W_i	b_i
Stabilan genotip, široke opće adaptabilnosti Stable genotype, wide-general adaptability				
1. L-108	22.48	0.612	0.287	0.992
2. L-79	22.39	0.594	0.345	0.981
3. L-36	22.36	0.583	0.412	0.976
4. L-122	22.26	0.563	0.367	0.997
5. L-76	22.23	0.382	0.318	0.996
6. L-43	22.22	0.420	0.296	0.992
7. L-87	22.20	0.607	0.378	1.007
8. L-55	22.20	0.496	0.412	1.005
9. L-106	22.15	0.573	0.383	0.981
10. L-9	22.08	0.513	0.451	0.965
11. L-56	22.04	0.483	0.339	1.002
12. L-107	22.00	0.527	0.347	0.976
13. TISA	21.94	0.507	0.401	1.010
Nestabilan genotip, adaptiran na niskoprosnosne okoline Unstable genotype, adapted to low-yielding environments				
1. L-14	22.06	0.627	0.422	0.901
2. L-53	21.66	0.708	0.467	0.867
3. L-3	21.61	0.684	0.512	0.889
4. L-62	21.46	0.655	0.534	0.892
5. DRINA	21.30	0.702	0.478	0.907
6. L-26	21.15	0.695	0.423	0.823
7. HODGSON	21.11	0.687	0.534	0.867
8. LIKA	20.85	0.720	0.478	0.922
9. L-11	20.93	0.694	0.501	0.856
Nestabilan genotip, adaptiran na visokoprosnosne okoline Unstable genotype, adapted to high-yielding environments				
1. L-70	22.45	0.681	0.433	1.122
2. L-59	22.22	0.634	0.528	1.167
3. L-67	22.20	0.645	0.612	1.142
4. L-51	22.02	0.637	0.533	1.135
5. L-121	22.01	0.662	0.526	1.244
6. L-39	21.90	0.668	0.494	1.189
7. L-61	21.56	0.650	0.531	1.110
8. L-66	21.51	0.738	0.601	1.192
9. L-42	21.45	0.672	0.556	1.145
10. L-60	21.17	0.620	0.491	1.063
11. L-38	20.95	0.623	0.522	1.092
Prosjek - Mean	21.82	0.614	0.452	1.012
LSD genotip	0.05	0.367		
	0.01	0.423		

* $S^2_{G \times Y}$ - udio interakcije pojedinog genotipa u ukupnoj interakciji genotip x godina (interaction share of some genotype in total genotype x year interaction); W_i - ekovalenca (ecovalence); b_i - koeficijent regresije (regression coefficient)

U cjelini, dobiveni rezultati analize visine i stabilnosti uroda zrna, sadržaja bjelančevina i sadržaja ulja u zrnu te adaptabilnosti ispitivanih linija u odnosu na standardne kultivare ukazuju na ostvareni genetski napredak i u visini i u kakvoći zrna soje u okvirima I. grupe zriobe. Po vrlo visokim agronomskim vrijednostima, iz ovog seta materijala, izdvajaju se linije L-108, L-106 i L-107. Ove linije imale su ne samo značajno viši i kvantitet i kvalitet uroda zrna u odnosu na standardne kultivare, već i sposobnost da tu superiornost zadrže u širokom rasponu različitih okolinskih uvjeta. S obzirom na to, ove linije predstavljaju dobru osnovu kako za daljnje unaprijeđenje proizvodnje soje u zemlji, tako i za daljnje ostvarivanje genetskog napretka kultivara. Nadalje, ovi rezultati potvrdili su i proizvodnu vrijednost cv. Tise, najzastupljenijeg kultivara u širokoj proizvodnji soje u zemlji.

ZAKLJUČAK

Na temelju dobivenih rezultata ispitivanja visine i stabilnosti uroda i kakvoće zrna te adaptabilnosti 33 genotipa (29 linija i 4 kultivara) soje I. grupe zriobe na lokaciji Osijek u razdoblju od 1998. do 2000. godine, mogu se donijeti slijedeći zaključci:

1. Ispitivani genotipovi značajno se razlikuju u visini i stabilnosti uroda zrna, sadržaju bjelančevina i sadržaju ulja u zrnu te razini adaptabilnosti.
2. Prema analizi stabilnosti, stabilnošću i širokom adaptabilnošću odlikuje se 14 genotipova po urodu zrna, 11 po sadržaju bjelančevina i 13 po sadržaju ulja u zrnu.
3. Ostali testirani genotipovi su nestabilni u urodu i kakvoći zrna te imaju usku (specifičnu) adaptabilnost.
4. Najstabilniji genotipovi po urodu zrna, sadržaju bjelančevina i sadržaju ulja u zrnu su: L-108, L-106, L-107 i cv. Tisa.
5. Općenito, dobiveni rezultati ukazuju na ostvareni genetski napredak u urodu i kakvoći zrna soje u okviru I. grupe zriobe. Osim toga, ovi rezultati potvrđuju da je moguće stvarati linije soje koje se odlikuju sposobnošću postizanja visokog uroda i kakvoće zrna, ali i zadržavanjem te superiornosti u širokom rasponu različitih okolinskih uvjeta.

STABILITY ANALYSIS OF GRAIN YIELD AND GRAIN QUALITY IN SOYBEAN BREEDING

SUMMARY

The main objective of this study was to evaluate the value of new lines of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) in comparison with

standard cultivars throughout analysis of level and stability of grain yield and grain quality (protein and oil content) as well as adaptability. Trials were conducted on the experimental field of the Agricultural Institute Osijek in a period from 1998 to 2000 year, and involved 33 genotypes (29 lines and 4 standard cultivars) in the frame of I. maturity group. Three parameters are used in the analysis of stability and adaptability: ecovalence (W_i), portion of genotype x environment variance due to the contribution of each genotype to total variance of genotype x environment interaction ($S^2_{G \times Y}$) and regression coefficient (b_i). The obtained results indicated significant differences in level and stability of grain yield and grain quality as well as adaptability of genotypes. Among 33 tested genotypes, 14 genotypes are stable in grain yield, 11 genotypes are stable in protein content and 13 genotypes are stable in oil content. The best genotypes in level and stability of grain yield, protein content and oil content in grain as well as in adaptability are: L-108, L-106, L-107 and cv. Tisa.

Key-words: soybean (*Glycine max* (L.) Merrill), grain yield, grain quality, stability, adaptability.

LITERATURA

1. Allard, R.W., Bradshaw, A.D., 1964. Implications of genotype – environment interactions in applied plant breeding. *Crop Science* 4:503-507.
2. Becker, H.C., 1981. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. *Euphytica* 30: 835-8450.
3. Becker, H.C., Leon, J., 1988. Stability Analysis in Plant Breeding. *Plant Breeding*, 101: 1-23.
4. Desclaux, D. (1999.): Adaptability and stability of soybean genotypes interest of environmental diagnosis from soybean « black-box ». In: Kauffman, H.E. (Ed.), *Proceedings of the World Soybean Research Conference VI, Chicago, USA*, 450.
5. Finlay, K.W., Wilkinson, G.N.(1963.): The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.*, 14, 742-754.
6. Freeman, G.H., 1973. Statistical methods for the analysis of genotype-environment interactions. *Heredity* 31: 339-354.
7. Hill, J., Becker, H.C., Tigerstedt P.M.A., 1998. *Quantitative and Ecological Aspects of Plant Breeding*. Chapman & Hall, London, 155-211.
8. Huehn, M., 1990. Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. *Euphytica* 47: 189-194.
9. Lin, C.S., Binns, M.R. Lefkovitch, L.P., (1986.): *Stability Analysis : Where Do We Stand ?* *Crop Science*, 26, 893-900.
10. Piepho, H.P., 1999. Stability Analysis Using the SAS System. *Agronomy Journal*, 91:154-160.
11. Plaisted, R.L., Peterson, L.C.(1959.): A technique for evaluation the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. *Am. Potato J.*, 36, 381-385.
12. Rao, M.S.S., Mullinix, B.G., Rangappa, M., Cebert E., Bhagsari, A.S., Sapra, V.T., Joshi, J.M., Dadson, R.B., 2002. Genotype x Environment Interactions and Yield Stability of Food-Grade Soybean Genotypes. *Agronomy Journal*, 94:72-80.

13. Sneller, C.H., Kilgore-Norquest, L., Dombek, D., 1997. Repeatability of Yield Stability Statistics in Soybean. *Crop Science* 37: 383-390.
14. Sudarić, A., Vratarić, M., Duvnjak, T., Sudar R., Mijić, A. (1998.): Procjena stabilnosti uroda i kvalitete zrna boljih linija i kultivara soje I. grupe zriobe u Osijeku. *Poljoprivreda*, 4, 2, 69-78.
15. Sudarić, A., Vratarić M., 2001. Stabilnost i adaptabilnost nekoliko OS-kultivara soje u urodu zrna. *Poljoprivreda*, 7,1,18-24.
16. Vratarić, M., Sudarić, A., Volenik, S., Duvnjak, T. 1998. Oplemenjivanje soje u cilju stvaranja rodnih i stabilnih kultivara soje I. grupe zriobe za klimatsko područje istočne Hrvatske. Zbornik radova znanstvenog skupa s međunarodnim sudjelovanjem "Prilagodba poljoprivrede i šumarstva klimi i njenim promjenama". Zagreb, 169-175.
17. Vratarić, M., Sudarić, A., Volenik, S., Duvnjak, T., 1998. Evaluation of yield stability of Croatia soybean lines (F4-F6 generation) and cultivars by analysis of the interaction genotype x environment. *ESA, Short Communications*, 2, Fifthe Congress, Nitra, The Slovak Republic, 267-269.
18. Vratarić M., Sudarić A., Duvnjak T., Kovačević, J., Sudar R., 1999. Genetic Improvement of Grain Yield and Grain Quality of Soybean Genotypes 0 and I maturity group of the Osijek Agricultural Institute –Croatia. In: Kauffman, H.E. (ed.), *Proceedings of the WSRC VI, Chicago, USA*, 479.
19. Vratarić M., Sudarić, A. 2000. Soja (knjiga). Poljoprivredni institut Osijek, 1-220, X.
20. Westcott, B., 1986. Some methods of analysing genotype-environment interaction. *Heredity* 56: 243-253.
21. Wricke, G., 1962. Über eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen *Z. Pflanzenzuecht*, 47, 92-96.

Adrese autora - Authors' addresses:

Dr. sc. Aleksandra Sudarić
Prof. dr. sc. Marija Vratarić
Dr. sc. Rezica Sudar
Poljoprivredni institut Osijek
Južno predgrađe 17
31000 Osijek

Primljeno - Received:

19. 09. 2001.