

**Procjena agronomskih vrijednosti i stabilnost komponenti prinosa novostvorenih linija jaroga stočnog graška (*Pisum sativum* L.)**

**Agronomic Value Assessment and Yield Component Stability of Newly Created Spring Field Pea Lines (*Pisum sativum* L.)**

**Krizmanić, G., Čupić, T., Tucak, M., Horvat, D., Brkić, A., Beraković, I., Marković, M.**

**Poljoprivreda / Agriculture**

ISSN: 1848-8080 (Online)

ISSN: 1330-7142 (Print)

<https://doi.org/10.18047/poljo.28.2. 2>



**Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Poljoprivredni institut Osijek**

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Agricultural Institute Osijek

# PROCJENA AGRONOMSKIH VRIJEDNOSTI I STABILNOST KOMPONENTI PRINOSA NOVOSTVORENIH LINIJA JAROGA STOČNOG GRAŠKA (*Pisum sativum* L.)

Krizmanić, G. <sup>(1)</sup>, Čupić, T. <sup>(1)</sup>, Tucak, M. <sup>(1)</sup>, Horvat, D. <sup>(1)</sup>, Brkić, A. <sup>(1)</sup>, Beraković, I. <sup>(1)</sup>, Marković, M. <sup>(2)</sup>

Original scientific paper

Izvorni znanstveni rad

## SAŽETAK

Jedan od najvažnijih zadataka oplemenjivača jest poboljšanje svojstava oplemenjivačkoga materijala (sorata, linija) i stvaranje nove genetske varijabilnosti. Ciljevi ovoga istraživanja bili su sljedeći: tijekom dvije uzastopne godine (2019. i 2020.) procijeniti agronomsku vrijednost devet novostvorenih oplemenjivačkih linija jaroga stočnog graška, kao i procijeniti stabilnost komponenata prinosa te odabrati najperspektivnije genotipove za daljnji oplemenjivački postupak. Rezultati analize varijance pokazali su da postoje značajne razlike između istraživanih genotipova i okolina za većinu istraživanih svojstava i da u okviru identificiranih izvora varijacije najveći utjecaj ima varijacija uslijed utjecaja genotipova. Procjena stabilnosti obavljena je metodom grupiranja prema Francisu i Kannenbergu, na temelju koje su genotipovi L – OSMBK 1, L – OSMBK 3 za prinos zrna/biljci L – OSMBK 1, L – OSMBK 8, L – OSMBK 3, L – OSMBK 9 za masu 1000 zrna i L – OSMBK 9 za visinu biljke bili u skupini I, koja se odlikuje visokim vrijednostima i malim koeficijentom variranja svojstva te predstavljaju najstabilnije, a time i oplemenjivački najperspektivnije, genotipove.

**Ključne riječi:** jari stočni grašak, komponente prinosa, stabilnost, oplemenjivačke linije

## UVOD

Poljski grašak (*Pisum sativum* L.) jedna je od najstarijih uzgajanih kultura. Pripada porodici jednogodišnjih krupnozrnih mahunarki koja se proizvodi za ljudsku prehranu i hranidbu domaćih životinja. Genskim centrima podrijetla graška smatraju se Bliski istok i Sredozemlje, odnosno sjeverozapadna Azija (McPhee 2003., Khichi i sur. 2017.). Visoka nutritivna vrijednost suhoga zrna graška proizlazi iz visoke koncentracije bjelančevina (raspon od 15 do 35 %), uključujući esencijalne aminokiseline lizin i triptofan, kao i visoki sadržaj vitamina, minerala i ugljikohidrata (Ceyhan i Avci, 2005., Greveniotis, 2021.). Prednosti proizvodnje i gospodarske vrijednosti graška u odnosu na druge kulture su brojne, kao što su mogućnost uzgoja u širokome rasponu različitih agroklimatskih područja, nezahtjevna, jednostavna proizvodnja u agrotehničkome smislu te značajan i relativno jeftin izvor bjelančevina (Čupić i sur., 2010.).

Jedan od osnovnih pravaca u oplemenjivanju graška jest stvaranje genotipova visokoga prinosa zrna, visoke stabilnosti i široke adaptabilnosti, kao i sortimenta visokokvalitativnih svojstava. Iako je prinos najznačajnije oplemenjivačko svojstvo, pravac oplemenjivačkoga procesa, osim na prinos zrna, usmjeren je i na druga kvantitativna svojstva (komponente prinosa) koja pojedinačno ili u sinergiji izravno ili neizravno utječu na visinu prinosa. Proučavanje ponašanja genotipova u različitim agroekološkim uvjetima kroz analizu najznačajnijih kvantitativnih svojstava, kao i analizu njihove interakcije s okolinom, doprinosi odabiru idealnih genotipova za određene agroekološke uvjete uzgoja (Lakić i sur., 2019.). Selekcija

(1) Dr. sc. Goran Krizmanić, dr. sc. Tihomir Čupić, dr. sc. Marijana Tucak, dr. sc. Daniela Horvat, dr. sc. Andrija Brkić, dr. sc. Ivica Beraković – Poljoprivredni institut Osijek, Južno predgrađe 17, 31000 Osijek, Hrvatska, (2) Izv. prof. dr. sc. Monika Marković (monika.markovic@fazos.hr) – Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek, Hrvatska

visokoprinosnih kultivara preko specifičnih svojstava ne zahtijeva samo poznavanje ishodišnog genetskog materijala, nego i poznavanje različitih kompenzacijskih mehanizama između prinosa i komponenata prinosa (Ceyhan i Avci, 2005.; Lakić i sur., 2019.). Prema Banjcu i sur. (2015.), ciljano analizirana svojstava (visina biljke, masa 1000 zrna, masa zrna/biljka) koja su pod utjecajem okolišnih čimbenika i multivarijacijskih izvora varijabilnosti podliježu značajnoj fenotipskoj varijaciji i kao takva se mogu koristiti za testiranje modela kvantificiranja komponenata fenotipske varijabilnosti. Proučavanjem genotipova (oplemenjivačkih linija), kao i postojećih kultivara u različitim agroekološkim uvjetima uzgoja, analiza oplemenjivački najvažnijih kvantitativnih svojstava i procjena njihovih interakcijskih vrijednosti doprinosi stvaranju novoga izvora genetske varijabilnosti, kao i novoga genetskog materijala, koji se uz postojanje visokih vrijednosti najznačajnijih gospodarskih svojstava mora prilagoditi novim, sve intenzivnijim i drastičnijim promjenama proizvodnih, agroekoloških i klimatskih uvjeta. Ciljevi istraživanja bili su sljedeći: procijeniti agronomsku vrijednost novostvorenih oplemenjivačkih linija jaroga stočnoga graška, procijeniti stabilnost komponenata prinosa, značajnost interakcije genotip/okolina za svojstva (visina biljke, broj mahuna po biljci, broj zrna po mahuni, masa 1000 zrna i prinos zrna po biljci) te izdvojiti najperspektivniji materijal za daljnji selekcijski proces.

## MATERIJAL I METODE

Na eksperimentalnome polju Poljoprivrednoga instituta Osijek tijekom dviju uzastopnih godina (2019., 2020.) proučavano je devet oplemenjivačkih linija graška (L – OSMBK 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 9) nastalih fenotipskim izborom superiornih biljaka/potomstava kroz nekoliko generacija iz populacija razvijenih križanjem

domaće i introdurirane germplazme. Eksperimentalno polje locirano je u kontinentalnome dijelu sjeveroistočne Hrvatske (45°31'33" N 18°45'56" E). Tip tla je eutrični kambisol s 1,8 – 2% humusa blago kisele do neutralne pH reakcije (pH u KCl-u 6,4 – 7,0 s preko 30 mg/100 g tla P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O). Pokus je izveden kao randomizirani blok s tri ponavljanja. Veličina pokusnih parcela iznosila je 4 m<sup>2</sup>, sa sklopom od 100 biljaka m<sup>2</sup>. Sjetva pokusa 2019. godine obavljena je 11. ožujka, a 2020. 8. ožujka. U obje godine istraživanja na pokusnome polju primijenjena je agrotehnika za jari grašak (jesensko oranje na 40 cm dubine tla, osnovna gnojidba: u jesen je dodano 300 kg ha<sup>-1</sup> mineralnoga gnojiva N:P:K formulacije 7:20:30 i 100 kg ha<sup>-1</sup> UREA-e). Žetva pokusa obavljena je u fazi pune zrelosti biljke (tehnološka zrioba). U fazi tehnološke zriobe iz srednjega reda svake parcele slučajnim je odabirom uzorkovano 10 biljaka (ukupno 30 biljaka po genotipu) za daljnju analizu istraživanih svojstava: visina biljke (cm), broj mahuna po biljci, broj zrna po mahuni, masa 1000 zrna (g) i prinos zrna po biljci (g). Podatci su sistematizirani po godinama na razini srednje vrijednosti ponavljanja za svaki genotip. Za svako svojstvo utvrđena je srednja vrijednost genotipova za svaku godinu zasebno te u prosjeku za obje godine istraživanja. Nakon izračunavanja osnovnih mjera varijacije ( $\sigma^2$ ), ( $\sigma$ ) podatci su analizirani kombiniranom analizom varijance (ANOVA), a statistička značajnost određena je LSD testom na nivou  $p = 0,05$  i  $p = 0,01$  značajnosti. Analizom varijance utvrđeno je postojanje GEI, što je dalje omogućilo statističku analizu stabilnosti. Analiza stabilnosti komponenata prinosa istraživanoga materijala obavljena je metodom grupiranja genotipova prema Francisu i Kannenbergu (1978.). Klimatske prilike za lokalitet Osijek, srednje mjesečne temperature zraka i količina oborina u vegetaciji jaroga stočnog graška te višegodišnji prosjek prikazani su u Tablici 1.

**Tablica 1. Meteorološki podatci u vrijeme vegetacije jaroga stočnog graška za 2019. i 2020. godinu te višegodišnji prosjek (1981.-2011.)**

Table 1. Meteorological data during growing season of spring field pea (2019/2020) and multi-year average (1981–2011)

	III	IV	V	VI	Prosjek / Average	III	IV	V	VI	Suma / Sum
Temperatura zraka (°C) / Air temp. (°C)						Oborine (mm) / Precipitation (mm)				
Meteorološka postaja Osijek / Meteo-station at Osijek										
2019	9,1	12,8	14,0	23,1	14,8	8,4	68,6	150,8	119,8	347,6
2020	7,2	12,2	15,3	20,2	13,7	37,4	30,7	53,3	73,5	194,9
81-11	6,4	11,1	16,1	19,1	13,1	44,8	53,8	58,5	88,0	245,1

Prosječne mjesečne oborine i temperature zraka u vegetacijskome razdoblju graška od ožujka do lipnja (Tablica 1.) razlikovale su se u godinama istraživanja i u odnosu na višegodišnji prosjek. U većini mjeseci u

obje godine istraživanja temperature zraka kretale su se u okvirima višegodišnjega prosjeka s malim odstupanjima, ali bez temperaturnih ekstrema. Značajnija odstupanja od višegodišnjega prosjeka primjetna su u

VI. mjesecu 2019. godine, u kojem je zabilježena razlika u temperaturi zraka od 4 °C. Tijekom 2020. prosječne temperature zraka bile su na razini višegodišnjega prosjeka. Značajne razlike u količini oborina utvrđene su između godina istraživanja i u odnosu na višegodišnji prosjek. U vegetacijskome razdoblju graška količina oborina po godinama varirala je od 347,6 mm u 2019. do 194,9 mm u 2020. Tijekom najosjetljivijega stadija razvoja graška (cvatnja i oplodnja) u mjesecu svibnju nisu zabilježene veće razlike u temperaturi, dok je u količini oborina ta razlika bila primjetna. U 2019. zabilježena količina oborina za period III. – VI. mjesec iznosila je 347,6 mm, dok je za isti period u 2020. količina oborina bila dvostruko manja (194,9 mm).

## REZULTATI I RASPRAVA

Prosječne vrijednosti svojstava istraživanih genotipova jaroga stočnog graška po godinama s rezultatima statističke analize prikazani su u tablicama 2., 3., 4. Analizom rezultata vidljive su statistički značajne razlike u vrijednostima istraživanih svojstava između istraživanih genotipova po pojedinim godinama istraživanja. Prosječne vrijednosti visine biljaka (Tablica 3.) za istraživane genotipove u 2019. godini iznosile su 71,20 cm, a pojedinačne vrijednosti kretale su se od 58,48 cm (L – OSMBK 3) do 88,48 cm (L – OSMBK 9). U 2020. godini visina biljaka varirala je od 59,10 cm (L – OSMBK 3) do 95,81 cm (L – OSMBK 9), dok je srednja vrijednost visine biljaka za istu godinu iznosila 72,69 cm. Ovakve varijabilne vrijednosti između godina istraživanja, kao i razlika između genotipova, ukazuju na to da svojstvo visine biljke značajno varira u zavisnosti od genotipa i agroekoloških uvjeta. Gore navedeno potvrđuje i analiza varijance, koja je pokazala da u okviru identificiranih izvora varijacije pokusa najveći utjecaj ima varijacija genotipova. Promatrana kretanja vrijednosti visine biljke između genotipova unutar i između godina istraživanja, kao i utvrđena visoka statistička razina značajnosti interakcije genotip x godina, ukazuje na to da je interakcija genotip x godina utjecala na nastale razlike u vrijednostima između genotipova te da je statistički visoko značajno sudjelovala u varijaciji pokusa. Genotipovi koji su po svojim prosječnim vrijednostima za visinu biljke prema oplemenjivačkome kriteriju "idealne visine" (polupatuljasti tip – 70 do 80 cm) realizirali tražene vrijednosti svojstva su genotipovi L – OSMBK 1, L – OSMBK 6, L – OSMBK 7, L – OSMBK 8 (Tablica 3.). Rezultati istraživanja su u suglasnosti brojnih drugih autora, primjerice Banjac i sur. (2015.), Arshad i sur. (2003.), Vassilevska-Ivanova i Naidenova (2006.), koji potvrđuju da je visina biljke visoko varijabilno svojstvo podložno snažnome utjecaju genetskih i okolinskih čimbenika.

*Broj mahuna po biljci* kao važna komponenta prinosa zrna također je svojstvo podložno variranju i

pod jakim je utjecajem okoline. Nepovoljni klimatski uvjeti, nedostatak vlage, visoke temperature u vrijeme cvatnje, oplodnje i zametanje mahuna mogu značajno reducirati broj mahuna po plodnome nodiju, a time i ukupan broj mahuna po biljci. Prosječan broj mahuna po biljci na razini pokusa iznosio je 9,56 (Tablica 3.). Razlike u broju mahuna između istraživanih genotipova graška bile su relativno visoke i kretale su se u rasponu od 7,95 do 12,00 u 2019. godini, dok su vrijednosti za 2020. godinu bile u rasponu od 7,81 do 10,19. Najveći broj mahuna po biljci imala su dva genotipa, L – OSMBK 1, L – OSMBK 7, s ostvarenim vrijednostima 11,09, odnosno 10,16. Najmanji broj mahuna na razini obje godine utvrđen je na biljkama genotipa L – OSMBK 9 (8,28). Analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike na razini značajnosti  $P < 0,05$  u prosječnome broju mahuna između navedenoga genotipa i genotipova L – OSMBK 1, L – OSMBK 6, L – OSMBK 7. Analizom svojstva po godinama istraživanja prosječno najveći broj mahuna po biljci ostvaren je u 2019. godini (10,05), dok je vrijednost svojstva u 2020. godini bila niža za većinu genotipova te je iznosila (9,07). Iako interakcija genotip x godina nije pokazala značajnost niti na jednoj razini, analiza različitosti ekspresije svojstva između genotipova unutar jedne godine istraživanja ukazuje na genetsku različitost istraživanih genotipova, kao i na mogućnost utjecaja količine i rasporeda padalina unutar vegetacijskoga razdoblja, što je posebno vidljivo iz klimatoloških podataka za 2019. godinu (Tablica 1.). Rezultati istraživanja korespondiraju s rezultatima brojnih autora (Tekeli i Ates, 2003., Bilgili i sur., 2001.).

*Broj zrna po mahuni* je svojstvo visoke nasljednosti i pod manjim je utjecajem okoline, manje varijabilnosti, ali u nepovoljnim agroekološkim uvjetima s naglašenim nedostatkom vlage tla u fenološkim fazama cvatnje i oplodnje može doći do značajnoga smanjenja broja zrna u mahunama graška, kao i u značajnome variranju istraživanih svojstava po genotipovima i godinama istraživanja (Vassilevska-Ivanova i Naidenova, 2006.). Statističkom analizom utvrđene su visoko značajne razlike u broju zrna po mahuni između genotipova. Interakcija genotip x godina za svojstvo broj zrna po mahuni nije se pokazala kao statistički značajan izvor varijacije pokusa. Broj zrna po mahuni nalazio se u rasponu od 3,71 kod genotipa L – OSMBK 7 do 5,29 (L – OSMBK 2) u 2019. godini, u 2020. godini najmanji broj zrna po mahuni imao je genotip L – OSMBK 7 (3,83), a najveći genotip L – OSMBK 4 (5,00) (Tablica 3.). Na razini prosjeka po godinama istraživanja ostvarene su vrlo slične srednje vrijednosti, odnosno razlike po godinama istraživanja su bile male te su se kretale od 4,80 (2019.) do 4,52 (2020.). Slične rezultate za istraživano svojstvo dobili su Tekeli i Ates (2003.) i Milošević (2017.).

**Tablica 2. ANOVA – Analiza varijance za sva istraživana svojstva s razinama značajnosti**

Table 2. ANOVA – Results of analysis of variance for all tested traits with significant levels

Izvor variranja / Source of variation	Visina biljke / Plant Height (cm)			Br. mahuna biljka / Number of pods per plant			Br. zrna mahuna / Number of seeds per pod		
	df	MS	F	df	MS	F	df	MS	F
Godina / Year	1	29,84		1	12,79		1	1,08	
Ponavljanje / Rep.	4	192,09		4	1,25		4	0,27	
Genotipovi / Genotypes	8	552,82	5,63 **	8	4,06	0,03 *	8	1,02	0,005 **
Genotip x godina / GxY	8	239,18	0,004 **	8	2,61	0,18	8	0,09	0,944
Ostatak / Residuals	32	67,31		32	1,69		32	0,29	
Pogreška / Error	53	169,21		53	2,36		53	0,38	
Izvor variranja / Source of variation	Masa 1000 zrna (g) Thousand-seed weight			Prinos zrna biljka (g) / Grain yield plant					
	df	MS	F	df	MS	F			
Godina / Year	1	187,71		1	44,87		**,*=signifikantnost na P<0,01 i 0,05 razini / **,*=significant at P<0.01 and 0.05		
Ponavljanje / Rep.	4	94,07		4	5,16				
Genotipovi / Genotypes	8	3145,55	1,79 **	8	8,18	1,90 **			
Genotip x godina / GxY	8	572,34	0,01 *	8	2,26	0,02 *			
Ostatak / Residuals	32	186,68		32	0,89				
Pogreška / Error	53	684,54		53	3,35				

*Masa 1000 zrna* je kvantitativna komponenta fenotipske varijabilnosti graška i predstavlja najstabilniju komponentu prinosa te je svojstvo visoke heritabilnosti (Poggio i sur., 2005., Milošević, 2017.). Na razini pokusa (Tablica 4.) ostvarena je prosječna vrijednost svojstva iznosila 183,69 g. Promatrano po vegetacijskim razdobljima, genotipovi s najvećom prosječnom vrijednosti mase 1000 zrna (185,56 g) ostvareni su u vegetaciji 2019. Pojedinačne vrijednosti u 2019. godini kretale su se od 144,16 g (L – OSMBK 4) do 217,64 g (L – OSMBK 1), dok je u 2020. godini masa 1000 zrna varirala od 142,64 g (L – OSMBK 4) do 217,00 g (L – OSMBK 8), s prosječnom vrijednošću (181,83 g). Relativno nizak koeficijent varijabilnosti 7,43% (Tablica 4.) ukazuje na malu genetsku varijabilnost ovoga svojstva unutar ispitivane populacije genotipova.

*Prinos zrna po biljci* je vrlo kompleksno svojstvo uvjetovano mnogim čimbenicima, među kojima su pored komponenata prinosa važna i morfološka, razvojna i fiziološka svojstva (Gantner, 2010., Araus, 2002., Arshad i

sur., 2003.). Za devet istraživanih genotipova prosječan prinos zrna u 2019. godini bio je 8,86 g po biljci i nalazio se u rasponu od 7,24 g po biljci (L – OSMBK 9) do 12,16 g po biljci (L – OSMBK 1), a to je ujedno bio i statistički najprinosniji genotip u dvogodišnjem prosjeku. U klimatski nepovoljnijoj 2020. godini ostvaren je značajno manji opći prosječni prinos zrna po biljci (7,03 g po biljci) u rasponu od 6,00 g (L – OSMBK 7) do 8,66 g po biljci (L – OSMBK 1). Prosječan prinos zrna po biljci na razini obiju godina istraživanja iznosio je 7,95 g, pri čemu je genotip L – OSMBK 9 s prosječno najnižim vrijednostima 6,90 g ostvario najniži rang od svih istraživanih genotipova. Varijabilnost prinosa zrna po biljci unutar genotipova po godinama istraživanja treba povezati s različitim klimatskim uvjetima između godina te s različitom reakcijom genotipova na takve uvjete, kao i s razlikama u genetskoj osnovi istraživanoga materijala. To potvrđuju statistički opravdane razlike kako za genotip, tako i za interakciju genotip x godina na razinama značajnosti  $P < 0,01$ , odnosno  $P < 0,05$ , kao i visoka vrijednost koeficijenta varijacije (11,90 %).

**Tablica 3. Vrijednosti visine biljke, broj mahuna po biljci, broj zrna po mahuni oplemenjivačkih linija jaroga stočnog graška za razdoblje 2019. - 2020.**

Table 3. The values of plant height, no. of pods/plant, and the no. of seed / pod of spring field pea breeding lines for the period (2019-2020)

Genotipovi / Genotypes (Opl. linije/ Breeding Lines)	Visina biljke (cm) / Plant height (cm)		Prosjeak / Average	Br. mahuna biljka / Number of pods per plant		Prosjeak / Average	Br. zrna mahuna / Number of seeds per pod		Prosjeak / Average
	2019	2020		2019	2020		2019	2020	
L – OSMBK 1 (G1)	80.43	62.29	71,35	12,00	10,19	11,09	4,90	4,57	4,73
L – OSMBK 2 (G2)	69.57	66.00	67,78	10,67	8,95	9,80	5,29	4,95	5,11
L – OSMBK 3 (G3)	58.43	59.10	58,76	9,67	9,48	9,57	4,90	4,52	4,71
L – OSMBK 4 (G4)	64.57	64.48	64,52	9,62	8,10	8,85	5,14	5,00	5,07
L – OSMBK 5 (G5)	59.95	78.62	69,28	10,14	7,81	8,97	4,62	4,42	4,51
L – OSMBK 6 (G6)	73.52	65.76	69,64	9,90	9,95	9,92	5,05	4,97	5,00
L – OSMBK 7 (G7)	82.71	77.48	80,09	11,52	8,81	10,16	3,71	3,83	3,76
L – OSMBK 8 (G8)	63.14	84.67	73,90	8,95	9,76	9,35	4,81	4,43	4,61
L – OSMBK 9 (G9)	88.48	95.81	92,14	7,95	8,62	8,28	4,86	4,04	4,44
Prosjeak/Average	71.20	72.69	71,94	10,05	9,07	9,56	4,80	4,52	4,66
C.V.%	11,40			13,61			11,63		
LSD <sub>0,05</sub>	9,64			1,53			0,63		
LSD <sub>0,01</sub>	12,97			n.s.			0,85		

LSD<sub>0,01/0,05</sub> – značajna razlika na razini značajnosti  $P < 0,01$  i  $P < 0,05$ ; n.s. nije signifikantno

LSD<sub>0,01/0,05</sub> – least significant difference at  $P < 0,01$  and  $0,05$ , respectively; n.s. not significant

Dobiveni rezultati u suglasnosti su s brojnim autorima (Lakić i sur., 2019., Sudarić i sur., 2001., Greveniotis i sur., 2021., Kosev, 2014., Kumar i sur., 2013.), koji u svojim istraživanjima također potvrđuju da na formiranje visine prinosa zrna značajan utjecaj osim genetske osnove kultivara ima i okolinski utjecaj te njihova interakcija, odnosno da varijabilnost u ekspresiji prinosa zrna rezultira iz genetske, okolinske varijabilnosti, te varijabilnosti interakcije genotip x okolina.

Procjena stabilnosti genotipova za prinos zrna po biljci, masu 1000 zrna i visinu biljke graška obavljena je metodom grupiranja testiranih materijala u različite grupe stabilnosti, na temelju prosječne vrijednosti i koeficijenta varijabilnosti genotipova (Frances i Kannenberg, 1978.).

Analiza stabilnosti prinosa zrna/biljka, mase 1000 zrna i visine biljke (Grafikoni 1., 2. i 3.) pokazala je da između istraživanih genotipova postoje značajne razlike u visini fenotipske ekspresije i stabilnosti svojstava te

razini adaptabilnosti. Na osnovi tih procjena svi su genotipovi svrstani u četiri identifikacijske skupine. Skupina I karakterizirana je kao najpoželjnija (grupa visokoga i stabilnog svojstva). Za prinos zrna/biljci u prvoj skupini nalaze se genotipovi L – OSMBK 1 i L – OSMBK 3 te se mogu klasificirati kao genotipovi stabilnoga prinosa zrna/biljka. Dobivene procjene stabilnosti pokazatelj su niže varijabilnosti ukupne fenotipske ekspresije prinosa zrna/biljka navedenih genotipova pri okolinskoj varijabilnosti. S praktičnoga stajališta, to znači da će navedeni genotipovi zadržavati svoj genetski potencijal za svojstvo prinos zrna/biljka u različitim okolinama te kao takvi predstavljaju dobru osnovu za daljnje unaprjeđenje oplemenjivanja u odnosu na prinos zrna, kao i dobru osnovu za ostvarivanje genetskoga napretka kultivara jaroga stočnog graška. Genotipovi L – OSMBK 5, L – OSMBK 8 i L – OSMBK 9 pripadaju IV. skupini (skupina vrlo velike varijabilnosti i niskog prinosa) i kao takve svrstavamo ih u „eliminacijsku skupinu“ genetskog materijala nepoželjnog za daljnji oplemenjivački proces.

**Tablica 4. Vrijednosti mase 1000 zrna, prinosa zrna po biljci oplemenjivačkih linija jaroga stočnog graška za razdoblje 2019.-2020.**

Table 4. The values for thousand-seed weight, grain yield per plant spring field pea breeding lines for the period (2019-2020)

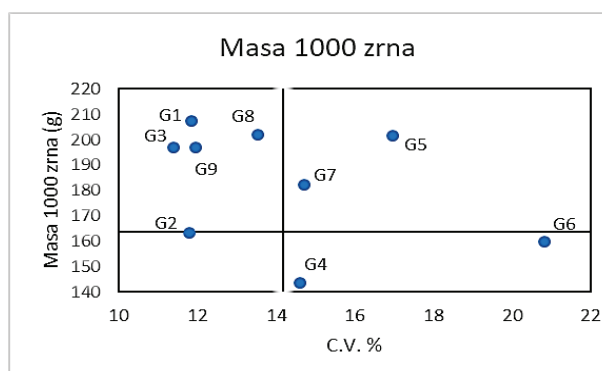
Genotipovi / Genotypes (Opl. linije / Breeding Lines)	Masa 1000 zrna / (g) Thousand-seed weight		Prosjek / Average	Prinos zrna po biljci (g) / Grain yield per plant		Prosjek / Average
	2019	2020		2019	2020	
L – OSMBK 1 (G1)	217,64	197,13	207,38	12,16	8,66	10,40
L – OSMBK 2 (G2)	166,29	160,10	163,19	10,28	6,95	8,61
L – OSMBK 3 (G3)	205,64	188,19	196,91	10,21	7,56	8,88
L – OSMBK 4 (G4)	144,16	142,64	143,39	7,89	6,07	6,98
L – OSMBK 5 (G5)	189,05	214,21	201,62	7,75	6,81	7,28
L – OSMBK 6 (G6)	172,45	146,82	159,63	8,55	6,74	7,64
L – OSMBK 7 (G7)	189,78	174,65	182,21	7,90	6,00	6,94
L – OSMBK 8 (G8)	187,19	217,00	202,09	7,77	7,99	7,87
L – OSMBK 9 (G9)	197,89	195,78	196,83	7,24	6,58	6,90
Prosjek/Average	185,56	181,83	183,69	8,86	7,03	7,95
C.V.%	7,43			11,90		
LSD <sub>0,05</sub>	16,06			1,11		
LSD <sub>0,01</sub>	21,60			1,49		

LSD<sub>0,01/0,05</sub> – značajna razlika na razini značajnosti P<0,01 i P<0,05

LSD<sub>0,01/0,05</sub> – least significant difference at P<0.01 and 0.05, respectively;

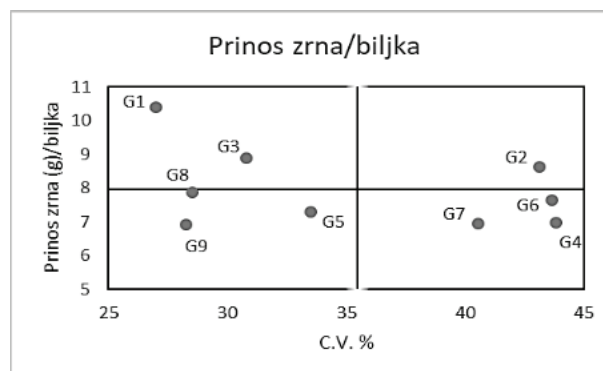
Analiza stabilnosti za masu 1000 zrna prema iskazanim parametrima pokazala je da između istraživanih genotipova postoje razlike u vrijednostima i stabilnosti navedenoga svojstva. Prema Grafikonu 2., četiri su genotipa, L – OSMBK 3, L – OSMBK 1, L – OSMBK 8 i L – OSMBK 9, koji se nalaze u skupini I i predstavljaju poželjan genetski materijal s obzirom na ostvarene

visoke vrijednosti svojstva mase 1000 zrna. Vrijednosti mase 1000 zrna koje su ostvarili u godinama istraživanja bile su na razini „oplemenjivački“ željenih vrijednosti (masa 1000 zrna od 200 do 250 g.), i prema tome kriteriju navedene genotipove svrstavamo u favoriziranu (željenu) kategoriju genetskoga materijala.



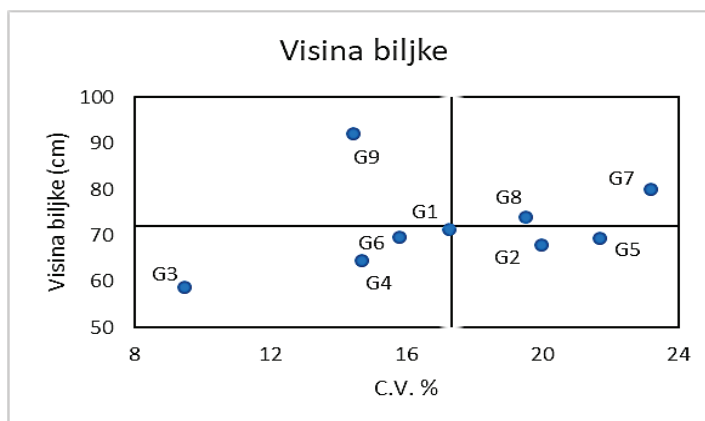
**Grafikon 1. Frances-Kannenberg dijagram stabilnosti za masu 1000 zrna**

Figure 1. Frances and Kannenberg stability diagram for thousand-seed weight



**Grafikon 2. Frances-Kannenberg dijagram stabilnosti za prinos zrna/biljka**

Figure 2. Frances and Kannenberg stability diagram for grain yield/plant



**Grafikon 3. Frances-Kannenberg dijagram stabilnosti za visinu biljke**

Figure 3. Frances and Kannenberg stability diagram for plant height

Procijenjena stabilnost za navedene genotipove ukazuje da se radi o vrlo stabilnome genetskom materijalu za masu 1000 zrna, odnosno da je kod tih materijala detektirana vrlo mala varijabilnost svojstva. U skupinu nestabilnih genotipova — ili, bolje rečeno, genotipova specifično adaptabilnih na nepovoljne i nisko vrijednosne okoline — nalazimo tri genotipa (L – OSMBK 2, L – OSMBK 4, L – OSMBK 6). Oni ostvaruju iznadprosječne vrijednosti svojstva u nisko vrijednosnim okolinama, ali ostaju neosjetljivi na promjene uvjeta okoline, te se pokazuju kao nestabilni promatrajući ovaj parametar stabilnosti. Prema Grafikonu 3., analizom stabilnosti za visinu biljke izdvaja se samo jedan od devet genotipova, L – OSMBK 9, pozicioniran u kvadrant dijagrama indikacije stabilnoga genotipa.

Upravo ovaj genotip možemo izdvojiti kao poželjan jer je pokazao najmanju interakciju s okolinom i na osnovi realizirane fenotipske vrijednosti svojstva na razini pokusa, koja se kretala u okvirima željenih oplemenjivačkih vrijednosti. Svi ostali genotipovi raspoređeni su u druge kvadrante dijagrama, što ukazuje da se radi o nestabilnim genotipovima niske ili visoke varijabilnosti, niskih vrijednosti svojstva visine biljke.

## ZAKLJUČAK

U provedenome istraživanju analizirana su najznačajnija kvantitativna svojstva devet novostvorenih oplemenjivačkih linija u različitim okolinama (godinama istraživanja). Analizom varijance utvrđena je značajnost većine izvora varijacije komponenata prinosa, glavnoga aditivnog efekta genotipa te neaditivnoga učinka interakcija genotip x okolina. Utvrđena varijabilnost svih istraživanih svojstava objašnjena je razlikama u genetskoj osnovi istraživanoga materijala, kao i u utjecaju okolinskih čimbenika. Procjena agronomskih vrijednosti istraživanih genotipova temeljenih na fenotipskoj ekspresiji svojstava, kao i procjena njihove stabilnosti, izdvaja genotipove L – OSMBK 1, L – OSMBK 3 – za prinos zrna po biljci, L – OSMBK 1, L – OSMBK 8, L – OSMBK 3, L –

OSMBK 9 – za masu 1000 zrna i L – OSMBK – za visinu biljke kao vrijedne materijale za daljnji oplemenjivački rad ili/i identificirane superiorne linije s dobrim genetskim potencijalom za uključivanje u novi oplemenjivački ciklus. Navedeni genotipovi predstavljaju dobru osnovu za daljnje ostvarivanje genetskoga napretka kultivara jaroga stočnog graška.

## LITERATURA

1. Araus, J. L., Slafer, G. A., Reynolds, M. P., Royo, C. (2002). Plant breeding and drought in C3 cereals: what should we breed for?. *Annals of botany*, 89(7), 925-940. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf049>
2. Arshad, M., Bakhsh, A., Haqqani, A. M., Bashir, M. (2003). Genotype-environment interaction for grain yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pak. J. Bot.*, 35(2), 181-186.
3. Banjac, B., Dimitrijević, M., Petrović, S., Mladenov, V. (2015). Stabilnost komponenti prinosa hlebne pšenice gajene na različitim tipovima zemljišta. *Selekcija i semnarstvo*, 21(2), 81-92.
4. Bilgili, U., Sincik, M., Uzun, A., Acikgoz, E. (2001). The effects of supplemental lighting and light density on plant growing of pea (*Pisum sativum* L.) in greenhouse conditions. In *4th Turkey Field Crops*
5. Ceyhan, E., Avci, M.A. (2005). Combining ability and heterosis for grain yield and some yield components in pea (*Pisum sativum* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8(10), 1447-1452.
6. Čupić, T., Popović, S., Gantner, R., Tucak, M., Sudar, R. (2010). Procjena nutritivne vrijednosti cijele biljke bezlisnog tipa krmnog graška u produkciji mlijeka. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 60(4), 266-272.
7. Francis, T.R., Kannenberg, L.W. (1978). Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 58(4), 1029-1034.
8. Gantner, R., Stjepanović, M., Miličić, B., Kuzmanović, Đ., Čupić, T. (2010.). Resilience of pea rhizobia in two soil



- types of east Croatia. Proceedings of the 9<sup>th</sup> Alps-Adria Scientific Workshop. Budapest. Akademiai Klado, 469-472.
9. Greveniotis, V., Bouloumpasi, E., Zotis, S., Korkovelos, A., & Ipsilandis, C.G. (2021). Yield components stability assessment of peas in conventional and low-input cultivation systems. *Agriculture*, 11(9), 805. <https://doi.org/10.3390/agriculture11090805>
  10. Khichi, P., Pant, R., & Upadhayay, S. (2017). Performance of garden pea varieties for their growth and yield characteristics in Vidharbha region of Maharashtra, India. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(4), 2300-2304. <https://doi.org/10.31018/jans.v9i4.1527>
  11. Kosev, V. (2014). Breeding and genetic assessment of some quantitative traits in crosses forage pea (*Pisum sativum* L.). *Open Journal of Genetics*, 4(01), 22. <http://dx.doi.org/10.4236/ojgen.2014.41004>
  12. Kumar, B., Kumar, A., Singh, A. K., Lavanya, G.R. (2013). Selection strategy for seed yield and maturity in field pea (*Pisum sativum* L. arvense). *African Journal of Agricultural Research*, 8(44), 5411-5415. <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.7332>
  13. Lakić, Ž., Stanković, S., Pavlović, S., Krnjajić, S., Popović, V. (2019). Genetic variability in quantitative traits of field pea (*Pisum sativum* L.) genotypes. *Czech Journal of Genetics & Plant Breeding*, 55(1), 1-7. <https://doi.org/10.17221/89/2017-CJGPB>
  14. McPhee, K. (2003). Dry pea production and breeding. *Food, Agri Environ*, 1, 64-69.
  15. Milošević (2017.). Kvantitativne i kvalitativne promene proteinskog graška (*Pisum sativum* L.) od formiranja do žetvene zrelosti semena. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu. Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
  16. Poggio, S. L., Satorre, E. H., Dethiou, S., & Gonzalo, G. M. (2005). Pod and seed numbers as a function of photothermal quotient during the seed set period of field pea (*Pisum sativum*) crops. *European Journal of Agronomy*, 22(1), 55-69. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2003.12.003>.
  17. Sudarić, A., Vratarić, M., Sudar, R. (2001). Analiza stabilnosti uroda i kakvoće zrna u oplemenjivanju soje. *Sjemenarstvo*, 18(5-6), 301-313.
  18. Tekeli, S., Ates, E. (2003). Yield and its components in field pea (*Pisum arvense* L.) lines. *Journal of Central European Agriculture*, 4(4), 314-318.
  19. Vassilevska-Ivanova, R., Naidenova, N. (2006). Assessment of the stability and adaptability of waxbloom and waxless pea (*Pisum sativum* L.) mutant lines. *Scientia horticultrae*, 109(1), 15-20. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.02.024>

## AGRONOMIC VALUE ASSESSMENT AND YIELD COMPONENT STABILITY OF NEWLY CREATED SPRING FIELD PEA LINES (*Pisum sativum* L.)

### SUMMARY

**One of the most important tasks of breeders is to improve the properties of breeding material (varieties, lines) and to create a new genetic variability. The study goals were as follows: during two consecutive years (2019 and 2020), to evaluate the agronomic value of nine newly created spring breeding lines of fodder pea, as well as to evaluate the stability of yield components and to select the most promising genotypes for further breeding. The results of the study demonstrate that there are significant differences between the tested genotypes in the tested environments for most of the analyzed properties and that the variation of genotypes within the identified sources of experimental variation exerts the greatest influence. Based on the investigated property values, subsequent to stability evaluation the desirable genotypes L - OSMBK 1, L - OSMBK 3 – for the grain/plant yield L - OSMBK 1, L - OSMBK 8, L - OSMBK 3, L - OSMBK 9 – for the mass of 1,000 grains, and L – OSMBK 9 – for plant height were identified as the stable genotypes, with a high breeding and agronomic properties.**

**Keywords:** spring field pea, yield components, stability, breeding material

(Received on May 15, 2022; accepted on September 14, 2022 – Primljeno 15. svibnja 2022.; prihvaćeno 14. rujna 2022.)