

## NACIN NASLEĐIVANJA I EFEKAT GENA ZA DUŽINU KLASA RAZLIČITIH GENOTIPOVA PŠENICE

Nataša Ljubičić,<sup>25</sup> Sofija Petrović<sup>25</sup>, Miodrag Dimitrijević<sup>25</sup>, Nikola Hristov<sup>26</sup>

### REZIME

*U radu je odabrano pet genotipova pšenice (Pobeda, Renesansa, Sara, Partizanka i Pesma) u cilju analize efekta gena i načina nasleđivanja dužine klasa. Navedene sorte su ukrštene dialelno i dobijena je F<sub>1</sub> i F<sub>2</sub> generacija i generacija povratnog ukrštanja, Fbc<sub>1</sub>. Procena efekata gena je rađena uz primenu aditivno-dominantnog modela, koji je bio adekvatan za kombinacije ukrštanja Pobeda/Renesansa i Renesansa/Sara. U većini ukrštanja dominantni efekat gena je bio značajniji od aditivnog. U nasleđivanju dužine klasa biljke zapažena je interakcija gena aditivni x aditivni i dominantni x dominantni. Pri nasleđivanju dužine klasa, u najvećem broju kombinacija ispoljena je dominacija.*

*Ključne reči: pšenica, dužina klasa, genski efekti, načini nasleđivanja, aditivno-dominantni model*

### UVOD

Povećanje genetičkog potencijala za prinos i kvalitet zrna pšenice su važni ciljevi oplemenjivanja. Prinos kao kompleksna osobina sastoji se od većeg broja komponenata kvantitativne prirode, determinisane većim brojem gena slabijeg pojedinačnog efekta. Pобољшanjem direktnih ili indirektnih komponenata prinosa može se poboljšati prinos (Zečević, 2005). Dužina klasa direktno utiče na povećanje prinosa pšenice, jer duži klas sadrži i veći broj klasića po klasu, pa je bitno da se u programima oplemenjivanja pšenice posveti pažnja ovoj komponenti prinosa (Ijaz i Kashif, 2013).

Da bi se programi selekcije pšenice što bolje i efikasnije postavili i usmerili u cilju dobijanja perspektivnih genotipova pšenice, neophodno je poznavati prirodu

---

<sup>25</sup> Mr Nataša Ljubičić, PhD kandidat, dr Sofija Petrović, redovni profesor, dr Miodrag Dimitrijević, redovni profesor, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.

<sup>26</sup> Dr Nikola Hristov, viši naučni saradnik, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.

nasleđivanja važnih osobina, pre svega prinosa i komponenata prinosa pšenice. Poznavanje prirode, jačine genskih efekata i njihov uticaj u nasleđivanju kvantitativnih osobina, veoma je značajno u formulisanju efikasnog programa za unapređenje prinosa pšenice (Inamullah, 2004; Bnejdi i El Gazzah, 2010).

Cilj ovog rada bio je da se primenom aditivno-dominantnog modela, u ukrštanju 5 genotipova pšenice, utvrdi prisustvo dvogenske epistaze i procene vrednosti epistatičnih efekata gena za dužinu klasa pšenice.

## MATERIJAL I METOD

Za ispitivanje je odabrano pet sorti pšenice (*Triticum aestivum L.*): Pobeda, Renesansa, Sara, Partizanka i Pesma, koje su ukrštene dialelno i dobijena je  $F_1$  i  $F_2$  generacija. Izvedena su i povratna ukrštanja,  $F_{bc_1}$  ( $F_1$  generacija sa jednim od roditelja).

Ogled je postavljen po slučajnom blok sistemu u tri ponavljanja, na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, na Rimskim Šančevima. Praćene su tri vegetacione sezone 2009/2010, 2010/2011 i 2011/2012. Ogled je postavljen na zemljištu tipa černozem. Osnovni uzorak po ponavljanju sastojao se od 30 biljaka (roditelji i  $F_1$  generacija) i od 60 biljaka ( $F_2$  generacija i  $F_{bc_1}$ ). Setva je obavljena u redove dužine 2 m, sa razmakom između redova 20 cm i između biljaka u redu 10 cm. Sve analize su obavljene u fazi pune zrelosti biljaka.

Procena efekata gena je rađena na osnovu prosečnih vrednosti generacija uz primenu aditivno-dominantnog modela sa tri i sa šest parametara (Mather i Jinks, 1982). Za efekte gena je korišćen jedinstveni način obeležavanja (Hayman, 1960): prosek (m), efekat aditivnih gena (d), efekat dominantnih gena (h), kao i *epistatični efekti*: aditivni / aditivni (i), aditivni / dominantni (j) i dominantni / dominantni (l). Adekvatnost aditivno-dominantnog modela je testirana na dva načina: pojedinačnim testovima (Scaling-test) i zajedničkim testom ( $\chi^2$ -test). Vrednosti efekta epistatičnih gena su procenjene primenom modela sa šest parametara po Mather i Jinks (1982).

Za dobijanje stepeni slobode, a time i za proveru, korišćen je tzv. najbolji model koji isključuje pojedine efekte gena koji nemaju značajan uticaj na ispoljavanje ispitivanog svojstva. Procenjene vrednosti značajnih efekata gena se dobijaju pomoću sistemskih matrica, kao kod aditivno-dominantnog modela.

Način nasleđivanja ispitivanih osobina ocenjen je korišćenjem testa značajnosti srednjih vrednosti generacija u odnosu na srednju vrednost roditelja (Kraljević-Balalić, 1988.).

## REZULTATI I DISKUSIJA

U nasleđivanju dužine klasa vrednost aditivnog efekta gena je bila veća od dominantnog u ukrštanju Sara/Partizanka, dok je kod svih preostalih kombinacija ukrštanja vrednost dominantnog efekta gena bila veća u odnosu na aditivni efekat gena, tab. 1.

Testovi su pokazali da je aditivno-dominantni model bio adekvatan u kombinacijama ukrštanja Pobeda/Renesansa i Renesansa/Sara. Kod preostalih kombinacija ukrštanja testovima je pored aditivnih i dominantnih genskih efekata

potvrđeno i prisustvo epistatičnih genskih efekata, što ukazuje da AD model u tim ukrštanjima nije adekvatan, tab. 1.

Tabela 1. Procenjene vrednosti aditivnih i dominantnih genskih efekata (model sa tri parametra) za dužinu klasa

Table 1. Estimated values of additive and dominance gene effects for the spike length

Ukrštanja					
Genski efekat	Pobeda / Renesansa	Pobeda / Sara	Pobeda / Partizanka	Pobeda / Pesma	Renesansa / Sara
m	9.36	9.27	9.42	9.26	9.41
d	0.34	0.16	0.53	0.27	-0.22
h	0.75	0.56	0.98	1.47	0.51
Pojedinačni testovi					
A	0.86	0.97*	0.52	1.20*	0.24
B	0.13	0.74	-0.69	0.61	0.73
C	1.04	2.66**	-2.39**	-0.36	-0.95
$\chi^2(3)$	5.45	23.30**	19.76**	10.68*	6.61
P (verovatnoća)	P > 0.01	P < 0.01	P < 0.01	P > 0.01	P > 0.01
Ukrštanja					
Genski efekat	Renesansa / Partizanka	Renesansa / Pesma	Sara / Partizanka	Sara / Pesma	Partizanka / Pesma
m	10.11	9.83	9.94	9.68	9.91
d	0.20	-0.09	0.37	0.05	-0.26
h	0.42	0.24	0.18	0.65	1.45
Pojedinačni testovi					
A	1.10*	1.90**	1.16*	1.53**	-0.07
B	0.60	2.04**	0.18	1.18**	0.56
C	1.34	1.72*	3.79**	3.51**	2.43**
$\chi^2(3)$	15.28**	47.83**	37.06**	41.61**	14.74**
P (verovatnoća)	P < 0.01	P < 0.01	P < 0.01	P < 0.01	P < 0.01

Primena modela sa šest parametara je ukazala na različite efekte kao i na prisustvo epistatičnih efekata, tab. 2.

U ukrštanjima Pobeda/Renesansa, Pobeda/Sara, Renesansa/Partizanka i Sara/Pesma nisu bili prisutni epistatični efekti. Interesantno je da su pojedinačni testovi i zajednički test kod AD modela ukazali na prisustvo epistaza, a da u ukrštanjima Pobeda/Sara, Renesansa/Partizanka i Sara/Pesma, one nisu utvrđene. Razlog za ovakav rezultat je mogućnost prisustva trogenskih ili poligenskih epistaza. Do sličnih rezultata došli su i Mather i Jinks (1982) i Sharma et al. (2012). Kombinacija ukrštanja Pobeda/Renesansa je imala utvrđene visoko značajne vrednosti proseka (m) i značajne vrednosti aditivnog efekta (d). Na visoko značajne vrednosti aditivnog efekta gena i prosečne vrednosti, gde epistatični efekti nisu bili značajni ukazali su Ijazi i Kashif

(2013). Kod kombinacija ukrštanja Sara/Partizanka i Partizanka/Pesma iskazana je značajnost aditivnih efekata (d) i interakcije aditivni x aditivni (i). S obzirom da je aditivne gene lakše fiksirati nego dominantne, kod ovih ukrštanja selekcija na povećanu dužinu klasa je olakšana.

Tabela 2. Procenjene vrednosti genskih efekata (model sa šest parametara) za dužinu klasa  
*Table 2. Estimated values of additive and dominance gene effects for the spike length*

Genski efekat	Ukrštanja				
	Pobeda / Renesansa	Pobeda / Sara	Pobeda / Partizanka	Pobeda / Pesma	Renesansa / Sara
m	9.36**	10.02**	7.33**	7.07**	7.50**
d	-0.36*	-0.12	-0.61**	-0.30*	0.24*
h	1.51	0.17	5.43*	7.54**	5.34*
i	-0.05	-0.95	2.22*	2.17*	1.92*
j	0.72	0.24	1.22	0.59	-0.49
l	-0.94	-0.76	-2.05	-3.98**	-2.89
Genski efekat	Ukrštanja				
	Renesansa / Partizanka	Renesansa / Pesma	Sara / Partizanka	Sara / Pesma	Partizanka / Pesma
m	9.55**	7.38**	12.11**	10.16**	11.79**
d	-0.25	0.07	-0.49*	-0.18	0.31*
h	2.89	8.33**	-3.50	1.48	-2.20
i	0.36	2.22**	-2.44**	-0.81	-1.95*
j	0.49	-0.13	0.98	0.35	-0.63
l	-2.06	-6.16**	1.09	-1.90	1.46

Kombinacije ukrštanja Pobeda/Partizanka i Renesansa/Sara su imale značajne vrednosti aditivnog efekta gena (d), dominantnog efekta (h) i značajne vrednosti epistaze aditivni x aditivni (i). Vrednosti dominantnih efekata (h) u ovim kombinacijama ukrštanja bile su manje u odnosu na aditivne (d), što može biti indicija da aditivni efekti (d) i epistaza aditivni x aditivni (i) povlače genske efekte za ovu osobinu u pravcu aditivnosti, tab. 2.

Kod kombinacija ukrštanja Pobeda/Pesma i Renesansa/Pesma od epistatičnih efekata, interakcije koje su iskazale značajnost u obe kombinacije ukrštanja bile su aditivni x aditivni (i) i dominantni x dominantni (l). Kod ovih kombinacija ukrštanja je ustanovljeno prisustvo dvogenskih epistaza, jer je utvrđen različit predznak značajnih dominantnih gena (h) i interakcije dominantni x dominantni (l). Na slične rezultate i prisustvo dvogenskih epistaza u nasleđivanju dužine klasa, ukazali su i Singh et al. (2004) i Sharma et al. (2012). Sa stanovišta oplemenjivanja ovo je nepovoljniji slučaj dvogenske epistaze, jer je vrednost dominantnog efekta (h) pozitivnog predznaka, a vrednost epistaze dominantni x dominantni (l) negativnog predznaka. U ovakvim slučajevima epistaza smanjuje dominantni genski efekat, što dovodi do smanjenja

fenotipske ekspresije osobine (Mather i Jinks, 1982), što je za oplemenjivače nepovoljniji slučaj nego da su njene vrednosti pozitivne, a vrednosti dominantnih genskih efekata negativne. Ono što je pozitivna strana ova dva ukrštanja, jeste da je kod njih bila značajna i epistaza aditivni x aditivni (i), koja povećava mogućnost da se sa uspehom selekcionišu superiorniji genotipovi prema Amawate i Behl (1995).

Primena najboljeg modela je istakla veoma slične genske efekte koji su utvrđeni i primenom modela sa šest parametara. Prisustvo interakcije uslovljene komplementarnim genima, kod koje su značajne vrednosti (h) i (l) istog predznaka, za osobinu dužina klasa, u ogledu nije utvrđeno, tab. 3.

Tabela 3. Procenjene vrednosti genskih efekata za dužinu klasa primenom najboljeg modela

Table 3. Estimated values of gene effects for the spike length using the best fit model

Ukrštanje	Genski efekti	Procenjene vrednosti	SE	t-test	Ukrštanje	Genski efekti	Procenjene vrednosti	SE	t-test
Pobeda / Renesansa	h	4.93	0.29	16.77**	Renesansa / Partizanka	m	1.67	0.05	34.85**
	i	1.84	0.32	5.70**		d	0.17	0.06	2.83*
	l	-3.20	0.26	-12.53**		$\chi^2(4)$	2.99		
	$\chi^2(3)$	4.80				P	>0.01		
	P	>0.01							
Pobeda / Sara	m	1.87	0.05	37.78**	Renesansa / Pesma	m	0.67	0.43	1.57
	$\chi^2$	2.00				d	0.16	0.06	2.67
	P	>0.01				h	3.16	1.05	3.01**
Pobeda / Partizanka	m	1.63	0.04	44.00**		i	1.02	0.42	2.43*
	d	0.13	0.06	2.26		l	-2.18	0.68	-3.23**
	$\chi^2(4)$	4.61			$\chi^2(1)$	1.84			
	P	>0.01			P	>0.01			
Pobeda / Pesma	m	0.71	0.50	1.42	Sara / Partizanka	m	1.66	0.05	36.95**
	d	0.15	0.06	2.34		$\chi^2(5)$	8.50		
	h	2.54	1.33	1.91		P	>0.01		
	i	0.95	0.49	1.92	Sara / Pesma	h	6.74	0.29	10.5**
	l	-1.49	0.87	-1.72		j	0.00	0.35	0.00
	$\chi^2(1)$	2531.43				l	-5.05	0.34	-14.9**
	P	< 0.01				$\chi^2(3)$	348.9		
Renesansa / Sara	m	1.74	0.05	33.93**	Partizanka / Pesma	m	1.54	0.04	44.04**
	$\chi^2(5)$	4.00				$\chi^2(4)$	6.40		
	P	>0.01				P	>0.01		

Pri nasleđivanju dužine klasa, u najvećem broju kombinacija ispoljena je dominacija. U ukrštanju Pobeda/Renesansa, u  $F_1$  i  $F_2$  generaciji javlja se dominacija boljeg roditelja. U generacijama povratnih ukrštanja,  $BC_1$ , javlja se dominacija boljeg roditelja ( $F_1$  generacije). U ukrštanju Pobeda/Sara, zbog izostanka statističke značajnosti u razlikama srednjih vrednosti nije bilo moguće da se utvrdi način nasleđivanja u  $F_1$  generaciji. U  $F_2$  generaciji javlja se dominacija boljeg roditelja. U generacijama povratnih ukrštanja,  $BC_1$ , zbog izostanka statistički značajnih razlika nije utvrđen način nasleđivanja. U ukrštanju Pobeda/Partizanka, javlja se dominacija u  $F_1$ , dok se u  $F_2$  generaciji javlja intermedijarnost. U generacijama povratnih ukrštanja,  $BC_1$ , zbog izostanka statistički značajnih razlika nije utvrđen način nasleđivanja. U ukrštanju Pobeda/Pesma, uočen je pozitivan heterotični efekat u  $F_1$  generaciji, dok se u  $F_2$  generaciji javlja dominacija. U generacijama povratnih ukrštanja,  $BC_1$ , javlja se dominacija boljeg roditelja ( $F_1$  generacije). U ukrštanju Renesansa/Sara javlja se dominacija u  $F_1$  generaciji, dok se u  $F_2$  generaciji javlja intermedijarnost. U generacijama povratnih ukrštanja,  $BC_1$ , javlja se dominacija. U ukrštanju Renesansa/Partizanka u  $F_1$  i u  $F_2$  generaciji se javlja dominacija. U generacijama povratnih ukrštanja,  $BC_1$ , zbog izostanka statistički značajnih razlika nije utvrđen način nasleđivanja. U ukrštanju Renesansa/Pesma javlja se intermedijarnost u  $F_1$  generaciji. U  $F_2$  generaciji nije utvrđen način nasleđivanja, jer se srednje vrednosti osobine ne razlikuju statistički značajno od roditelja. U generacijama povratnih ukrštanja,  $BC_1$ , uočen je pozitivan heterotični efekat. Dobijeni rezultati su u skladu sa rezultatima navedenim u istraživanjima Petrović i sar. (2001).

U ukrštanju Sara/Partizanka javlja se intermedijarnost  $F_1$  generacije, dok se u  $F_2$  generaciji javlja dominacija. U generacijama povratnih ukrštanja,  $BC_1$ , javlja se intermedijarnost. U ukrštanju Sara/Pesma zbog izostanka statističke značajnosti nije utvrđen način nasleđivanja u  $F_1$  generaciji. U  $F_2$  generaciji uočen je pozitivan heterotični efekat. U povratnom ukrštanju,  $BC_1$ , pojavljuje se dominacija  $F_1$  generacije. U ukrštanju Partizanka/Pesma u  $F_1$  i  $F_2$  generaciji dužina klasa se nasleđuje superdominacijom. U povratnom ukrštanju,  $BC_1$ , pojavljuje se dominacija  $F_1$  generacije.

## ZAKLJUČAK

Aditivno-dominantni model bio je adekvatan za kombinacije ukrštanja Pobeda/Renesansa i Renesansa/Sara. Kod svih kombinacija ukrštanja vrednost dominantnog efekta gena bila je veća, osim kod ukrštanja Sara/Partizanka, gde je utvrđena veća vrednost aditivnog efekta. U nasleđivanju dužine klasa zapažena je interakcija gena aditivni x aditivni i dominantni x dominantni. Kod kombinacija ukrštanja Pobeda/Pesma i Renesansa/Pesma utvrđeno je prisustvo dvogenskih epistaza. Prisustvo interakcije uslovljene komplementarnim genima u ogledu nije utvrđeno.

Pri nasleđivanju dužine klasa u najvećem broju kombinacija ispoljena je dominacija.

## LITERATURA

1. Amawate, J. S. and Behl, P. N. (1995): Genetical analysis of some quantitative components of yield in bread wheat. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 55, 2, 120-125.
2. Bnejdi, F. and El Gazzah, M. (2010): Epistasis and genotype-by-environment interaction of grain yield related traits in durum wheat. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 2, 2, 024-029.
3. Hayman, B.I. (1960): The separation of epistatic from additive and dominance variation in generation means II, *Genetica*, 31, 133-146.
4. Ijaz, U. S. and Kashif, M. (2013): Genetic Study of Quantitative Traits in Spring Wheat Through Generation Means Analysis. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 13, 2, 191-197.
5. Inamullah, H. A. (2004): Inheritance of important traits in bread wheat using diallel analysis. Doctoral dissertation. NWFP Agricultural university Peshawar, Pakistan.
6. Kraljević-Balalić, Marija (1985): Nasleđivanje visine stabljike, bokorenja i prinosa zrna po biljci kod pšenice. *Matica srpska*, 69, 121-130.
7. Mather, K. and Jinks, I. L. (1982): *Biometrical Genetics*. Third Edition. Chapman and Hall, London, 65-83.
8. Petrović, Sofija, Dimitrijević, M., Kraljević-Balalić, Marija, Mladenov, N. (2001): Način nasleđivanja komponenata prinosa u ukrštanjima genotipova pšenice. *Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 35, 147-154
9. Sharma, S. N., Sain, R. S and Sharma, R. K. (2012): Genetics of spike length in durum wheat. *Euphytica*, 130, 155-161.
10. Singh, R., Behl, R. K., Singh, K. P., Jain, P., Narula, N. (2004): Performance and gene effects for wheat yield under inoculation of arbuscular mycorrhiza fungi and *Azotobacter chroococum*. *Plant soil environment*, 50, 9, 409-415.
11. Zečević, Veselinka, Knežević, D., Mićanović, Danica, Pavlović, M. i Urošević, D. (2005): Nasleđivanje visine biljke ozime pšenice (*Triticum aestivum* L.). *Genetika*, 37, 2, 173-179.

# THE MODE OF INHERITANCE AND GENE EFFECTS FOR SPIKE LENGTH IN DIFFERENT WHEAT GENOTYPES

by

*Nataša Ljubičić, Sofija Petrović, Miodrag Dimitrijević, Nikola Hrisov*

## SUMMARY

In this work were selected five wheat varieties (Pobeda, Renesansa, Sara, Partizanka and Pesma) in order to analyze the gene effects and the mode of inheritance of spike length. The above mentioned varieties were diallel crossed and  $F_1$ ,  $F_2$ , and  $F_{bc_1}$  was produced. The gene effects were estimated using additive-dominance model which was adequate for two crossing combination Pobeda/Renesansa and Renesansa/Sara. In most crosses the value of dominant gene effect was more significant than additive. The inheritance of the spike length was influenced by additive x additive and dominance x dominance type of non-allelic interactions. In the most number of cases, inheritance of spike length was expressed domination.

*Key words:* wheat, spike length, gene effects, the mode of inheritance, additive-dominance model

Primljeno: 18. 09. 2014.

Prihvaćeno: 24. 09. 2014.