

NASLEĐIVANJE OSOBINA KLASA HEKSAPLOIDNE PŠENICE (*Triticum aestivum L.*)

Sofija Petrović^{1*}, Miodrag Dimitrijević¹, Nataša Ljubičić¹, Borislav Banjac¹

Izvod

U ogledu je dialelnim ukrštanjem analiziran način nasleđivanja osobina klasa - broja i mase zrna po klasu, koje predstavljaju komponente prinosa zrna. Sorte heksaploidne pšenice u ispitivanju su poreklom iz programa oplemenjivanja Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu: Pobjeda, Renesansa, Sara i Partizanka. Prema podacima dobijenim analizom varijanse kombinacionih sposobnosti, u nasleđivanju je ustanovljen statistički značajan udeo aditivne i neaditivne komponente. Regresiona analiza je pokazala udeo dominantnih i recesivnih alela u nasleđivanju ispitivanih osobina, kao i genetičku divergentnost roditelja. Način nasleđivanja ispitivanih komponenti prinosa klasa je superdominantan.

Ključne reči: heksaploidna pšenica, dialel, regresija, klas, broj zrna, masa zrna

Uvod

Pšenica je jedna od najvažnijih ratarskih kultura i od davnina se koristi za ljudsku ishranu. S obzirom na važnost koju pšenica ima u savremenoj ratarskoj proizvodnji, osnovni cilj oplemenjivanja je dobijanje sorti sa visokim genetičkim potencijalom za prinos, koji predstavlja složenu osobinu, čija realizacija zavisi od većeg broja kvantitativnih osobina. Sa druge strane, bitno je i da se šire genetički divergentni genotipovi pšenice, koji se dopunjavaju u prinosu i kvalitetu, a posebno u osobinama kojima se suprotstavljaju

nepovoljnim uslovima spoljne sredine (Borojević i Mišić, 1987).

Broj zrna i masa zrna po klasu su kvantitativne osobine koje utiču na prinos, posebno u uslovima abiotičkog stresa (Denčić i sar., 2000; Dimitrijević i sar., 2012). U novije vreme ispitivanja komponenti prinosa na nivou biljke dobijaju sve veći značaj, naročito u svetlu globalnih klimatskih promena i sve nepovoljnijih uslova poljoprivredne proizvodnje. Između broja zrna i mase zrna po klasu je utvrđena obrnuta proporcija, a rad na poboljšanju ovog odnosa je u velikoj meri

¹ Originalni naučni rad (Original scientific paper)
Petrović S., Dimitrijević M., Ljubičić N., Banjac B., Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
*sonjap@polj.uns.ac.rs

doprineo povećanju prosečnih prinosa pšenice (Perišić i sar., 2011).

Priroda i ekspresija gena kojima se nasleđuju kvantitativne osobine može, između ostalog, da se utvrdi sistemom dialelnih ukrštanja divergentnih roditelja. Na ovaj način se dolazi do saznanja o načinu nasleđivanja, delovanju gena i kombinacionim sposobnostima roditelja (Petrović i sar., 1998).

Cilj rada je da se primenom modela regresione analize u dialelnim ukrštanjima ustanovi genski sistem nasleđivanja broja i mase zrna po klasu, kao i da se raspodelom dominantnih i recesivnih gena između roditeljskih komponenti prouči efekat genske interakcije.

Materijal i metod rada

Za ispitivanje je odabrano četiri ozima genotipa pšenice: Pobeda, Renesansa, Sara i Partizanka, koja su dialelno ukrštena, te je dobijena F_1 generacija potomstava. Kombinacije ukrštanja su: Pobeda x Renesansa, Pobeda x Sara, Pobeda x Partizanka, Renesansa x Sara, Renesansa x Partizanka te Sara x Partizanka. Sorte su sejane u redove dužine 2 m, sa međurednim razmakom 20 cm i razmakom između biljaka u redu 10

cm, na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu, u tri ponavljanja, po slučajnom blok sistemu, u dve vegetacione sezone 2009/10 i 2010/11. Analiziran je broj i masa zrna po klasu, u fazi pune zrelosti biljaka. Osnovni uzorak se sastojao od 10 biljaka po ponavljanju.

Za obradu podataka je korišćen model regresione analize (Hayman, 1954; Mather i Jinks, 1977). Opšte kombinacione sposobnosti (OKS) i posebne kombinacione sposobnosti (PKS) su određene po metodu 2 (roditelji i F_1 generacije), model Griffing (1956). Korišćen je program AGROBASE Generation IITM (© 2007 - 2008 Agronomix Software Inc.).

Rezultati i diskusija

Srednje vrednosti broja zrna po klasu roditeljskih sorti i potomstava su se značajno razlikovale. Najmanju srednju vrednost posmatrane osobine je imala sorta Partizanka (36), a najveću Pobeda (45). U F_1 generaciji srednje vrednosti broja zrna po klasu se kreću od 36 zrna u ukrštanju Renesansa x Partizanka, do 46 zrna po klasu u ukrštanju Pobeda x Sara (tabela 1).

Tabela 1. Srednje vrednosti broja zrna po klasu roditelja i F_1 generacije
Table 1. Mean values for the grain number per spike of parents and F_1 progeny

Genotipovi/ Genotypes	Pobeda	Renesansa	Sara	Partizanka	Srednja vrednost/ Mean value
Pobeda	45,33	42,33	46,33	44,33	44,58
Renesansa		44,33	42,00	36,00	41,17
Sara			36,67	41,00	41,50
Partizanka				35,67	39,25
Srednja vrednost/ Mean value					41,63

$NZR/LSD_{0,05} = 3,67$; $NZR/LSD_{0,01} = 5,06$

Pre pristupanja primeni dialelnog modela, utvrđeno je odsustvo interalelne interakcije (dobijena je vrednost $t_{0,05}=0,117$ za $n=2$ stepena slobode, dok je tablična kritična vrednost $t_{0,05}=4,30$, što opravdava primenu datog modela. Analizom varijanse kombinacionih sposobnosti za broj zrna po klasu je ustanovljena visokoznačajna vrednost za OKS i značajna vrednost za PKS, što ukazuje

na udeo aditivne, ali i neaditivne komponente genetičke varijanse u nasleđivanju ispitivane osobine. Dobijeni odnos između OKS i PKS vrednosti pokazuje da je aditivna komponenta oko 4 puta veća od neaditivne (tabela 2). Knežević i sar. (2006) i Dagustu (2008) navode sličan rezultat u nasleđivanju broja zrna po klasu u dialelnom ukrštanju različitih sorti hlebne pšenice.

Tabela 2. Analiza varijanse kombinacionih sposobnosti broja zrna po klasu u dialelnom ukrštanju
 Table 2. Combining ability analysis of variance of grain number per spike in diallel crosses

Izvori varijacije/ Sources of variation	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-tab.		
	df	SS	MS	F	0,05	0,01
OKS/GCA	5	84,3333	16,8667	11,24**	3,16	5,09
PKS/SCA	15	58,5111	3,9007	2,60*	2,43	3,37
Pogreška/Error	18		1,5012			

$$OKS/PKS(GCA/PCA) = 4,32$$

S obzirom na to da je vrednost aditivne komponente varijanse ($D=23,87$) manja od vrednosti dominantne komponente ($H1=37,97$ i $H2=26,53$), znači da je genetička varijansa broja zrna po klasu uslovljena pretežno delovanjem gena sa dominantnim efektom. Pošto je vrednost $H1$ veća od vrednosti $H2$, pozitivni i negativni aleli na ovim lokusima nisu u podjednakom odnosu kod roditelja. Ovo se ogleda i u relaciji $u \neq v$, gde je vrednost frekvencije dominantnih gena ($u= 0,23$) i frekvencije recesivnih gena ($v= 0,77$). Pozitivna vrednost F (interakcija aditivni x dominantni efekat)= $16,57$ ukazuje

na veći uticaj dominantnih gena, što je u skladu sa vrednošću frekvencije dominantnih i recesivnih gena. O nejednakom rasporedu dominantnih i recesivnih alela govori i vrednost $H2/4H1= 0,17$. Dobijena vrednost prosečnog stepena dominacije $\sqrt{(H1/D)}= 1,26$ ukazuje na superdominantni način nasleđivanja. Odnos ukupnog broja dominantnih prema recesivnim alelima je $K_D/K_R= 1,76$ pokazuje da je veći uticaj dominantnih gena u nasleđivanju posmatrane komponente prinosa (tabela 3).

Pozicija tačkaka roditelja na dijagramu pokazuje najmanje vrednosti W_r i V_r za sortu

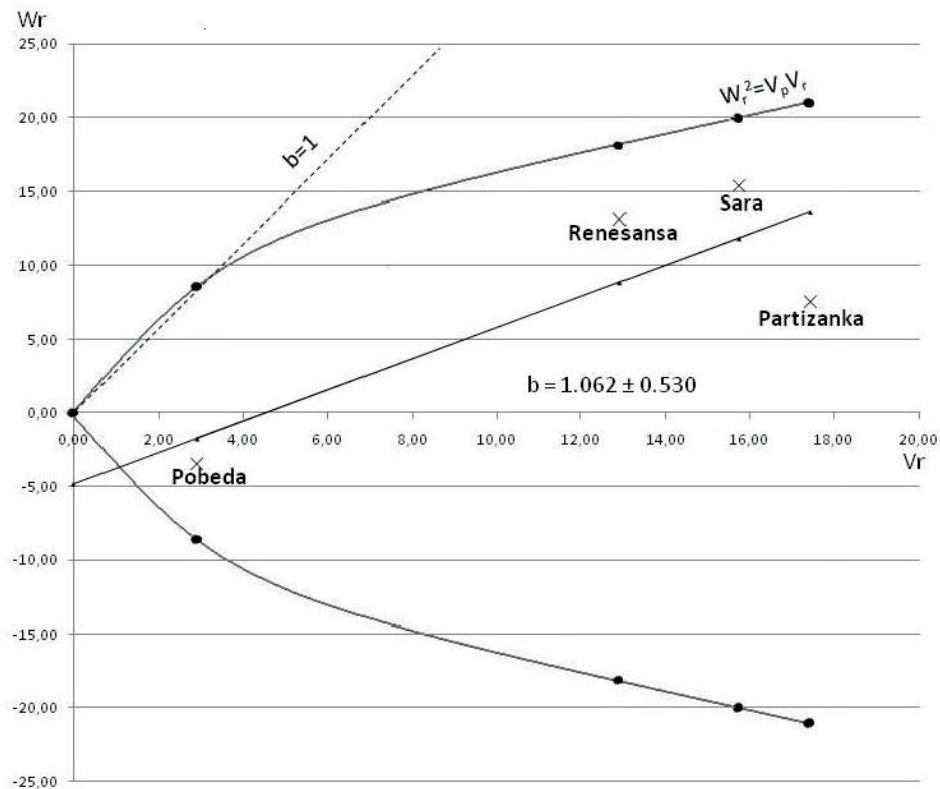
Tabela 3. Komponente varijanse za broj zrna po klasu
 Table 3. Variance components for grain number per spike

Komponente/Components	Vrednosti/Values
D	23,87
H1	37,97
H2	-8.636,68
F	16,57
E	1,50
H2/4H1	-56,87
u = p	-7,06
v = q	8,06
$\sqrt{(H1/D)}$	1,26
K_D/K_R	1,76

Pobeda, što ukazuje na činjenicu da je relativni broj dominantnih gena veći od recesivnih za posmatranu osobinu kod navedenog genotipa (graf. 1). Nejednak raspored dominantnih i recesivnih gena, kao i veći broj dominantnih gena u nasleđivanju broja zrna po klasu u dialelnom ukrštanju pet sorti pšenice zabežen je u rezultatima koje navode Dimitrijević i sar. (1994). Veći udeo recesivnih gena je ustanovljen kod sorti Renesansa, Sara i Partizanka. S obzirom da linija regresije seče ordinatu ispod koordinatnog početka, reč je o superdominantnom nasleđivanju, a u skladu je sa dobijenim odnosom prosečnog stepena dominacije $\sqrt{H1/D}$. Superdominantan način nasleđivanja broja zrna po klasu u dialelnom ukrštanju pšenice su zapazili Rahman et al. (2000) i Dan et al. (2012).

Srednje vrednosti mase zrna po klasu variraju od 1,60g kod sorte Sara, do 2,05g kod sorte Pobeda. Sorta Pobeda ima maksimalne vrednosti obe ispitivane osobine. U potomstvu, srednje vrednosti mase zrna po klasu se kreću od 1,53g u ukrštanju Renesansa x Partizanka, do 2,54g u ukrštanju Sara x Partizanka (tabela 4).

Pre pristupanja primeni dialelnog modela, i za masu zrna po klasu je utvrđeno odsustvo interalelne interakcije (dobijena je vrednost $t_{0,05} = 2,310$ za $n=2$ stepena slobode, dok je tablična kritična vrednost $t_{0,05}=4,30$), što opravdava primenu datog modela. Analiza varijanse kombinacionih sposobnosti za masu zrna po klasu pokazuje da su se roditelji značajno razlikovali u PKS, što znači da u nasleđivanju ove osobine preovladava neaditivni udeo genetičke varijanse, a potvrđuje ga i odnos OKS/PKS= 0,77 (tabela 5). Dobijeni rezultati



Grafik 1. Regresiona analiza $V_r W_r$ za broj zrna po klasu pšenice
 Chart 1. Regression analysis $V_r W_r$ for grain number per spike in wheat

su u skladu sa onima koje navode Joshi et al. (2004) i Hassan et al. (2007).

Genetička varijansa mase zrna po klasu je uslovljena pretežno delovanjem gena sa dominantnim efektom, pošto je vrednost aditivne komponente varijanse ($D=0,03$) manja od vrednosti dominantne komponente ($H1=0,43$ i $H2=0,31$). Kako je vrednost $H1$ veća od vrednosti $H2$, pozitivni i negativni aleli

na ovim lokusima nisu u podjednakom odnosu kod roditelja. Dobijena vrednost prosečnog stepena dominacije $\sqrt{(H1/D)}= 3,87$ ukazuje na superdominantni način nasleđivanja. Odnos ukupnog broja dominantnih prema recesivnim alelima $K_D/K_R= 2,06$ pokazuje da je veći uticaj dominantnih gena u nasleđivanju posmatrane komponente prinosa (tabela 6).

Tabela 4. Srednje vrednosti mase zrna po klasu (g) roditelja i F_1 generacije
 Table 4. Mean values for the grain weight per spike (g) of parents and F_1 progeny

Genotipovi/ Genotypes	Pobeda	Renesansa	Sara	Partizanka	Srednja vrednost/ Mean value
Pobeda	2,05	1,69	2,06	1,89	1,92
Renesansa		1,89	1,69	1,53	1,70
Sara			1,60	2,54	1,97
Partizanka				2,02	2,00
Srednja vrednost/ Mean value					7,59

NZR/LSD_{0,05} = 0,34; NZR/LSD_{0,01} = 0,47

Tabela 5. Analiza varijanse kombinacionih sposobnosti mase zrna (g) po klasu u dialelnom ukrštanju
 Table 5. Combining ability analysis of variance of grain weight per spike (g) in diallel crosses

Izvori varijacije/ Sources of variation	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Sredina kvadrata	F-tab.		
	df	SS	MS	F	0,05	0,01
OKS/GCA	5	0,1613	0,0323	2,48	3,16	5,09
PKS/SCA	15	0,6270	0,0418	3,21*	2,34	3,37
Pogreška/Error	18		0,0130			

OKS/PKS(GCA/PCA) = 0,77

Pozicija tačaka na VrWr dijagramu ukazuje na genetičku divergentnost roditeljskih sorti (grafik 2). Pri tome je kod sorti Renesansa i Pobeda veći udeo dominantnih gena, s obzirom da se nalaze najbliže koordinatnom početku, a kod sorti Sara i Partizanka, koje su najudaljenije od istog je znatno veći udeo recesivnih gena. Sorta Pobeda se nalazi tačno na mestu preseka sa linijom regresije, a vrlo je blizu koordinatnog početka, pa su kod nje zastupljeni svi dominantni geni. Pošto linija regresije seče ordinatu ispod koordinatnog početka, način nasleđivanja je superdominantan, što je u skladu sa dobijenom

vrednošću prosečnog stepena dominacije.

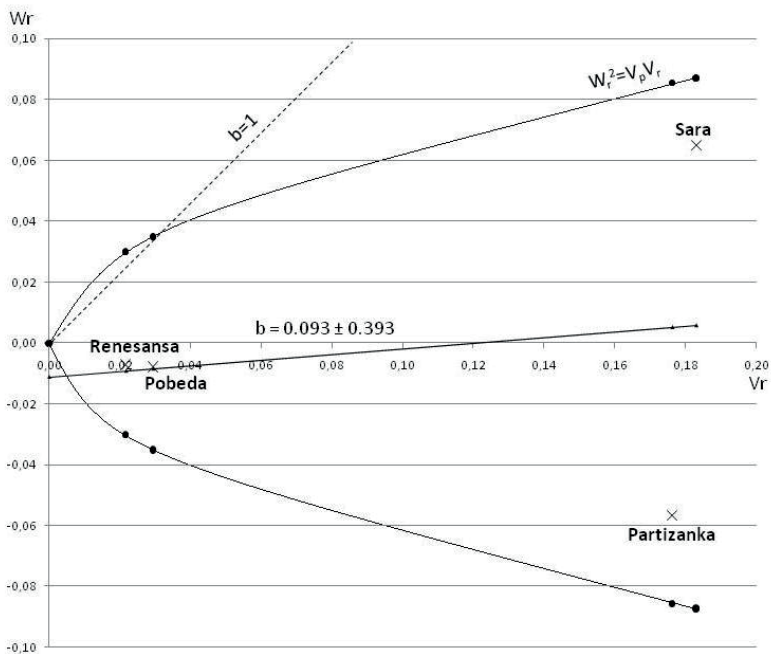
Uticaj gena sa dominantnim efektom u nasleđivanju mase zrna po klasu primenom regresione analize u dialelnom ukrštanju hlebne pšenice su ustanovili i Inamullah et al. (2006).

Zaključak

Prema dobijenim rezultatima primenjene dialelne analize je uočen složen sistem nasleđivanja broja i mase zrna po klasu u posmatranim ukrštanjima. Ovo je posledica divergentnosti roditelja, kao i kompleksne

Tabela 6. Komponente varijanse za masu zrna po klasu (g)
 Table 6. Variance components for grain weight per spike (g)

Komponente/Components	Vrednosti/Values
D	0,03
H1	0,43
H2	0,31
F	0,08
E	0,01
H2/4H1	0,18
u = p	0,24
v = q	0,76
$\sqrt{(H1/D)}$	3,87
K_D/K_R	2,06



Grafik 2. Regresiona analiza VrWr za masu zrna po klasu (g) pšenice
 Chart 2. Regression analysis VrWr for grain weight per spike (g) in wheat

genetičke osnove ispitivanih kvantitativnih osobina. Sorta Pobeda ima veći udeo dominantnih alela, a sorte Sara i Partizanka veći udeo recesivnih alela za obe ispitivane komponente prinosa. Način nasleđivanja broja i mase zrna po klasu je superdominantan. Odnosi OKS/PKS, kao i izbor poželjnih roditeljskih sorti u ukrštanjima bi mogli da se koriste kao validni pokazatelji u povećanju prinosa pšenice.

Literatura

- Borojević S i Mišić T (1987): Sorta kao faktor unapređenja poljoprivredne proizvodnje. Jugoslovensko savetovanje „Uslovi i mogućnosti proizvodnje 6 miliona tona pšenice“, Novi Sad: 15-28.
- Dagustu N (2008): Genetic Analysis of Grain Yield per Spike and Some Agronomic Traits in Diallel Crosses of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). Turkish Journal of Agricultural and Forestry, 32, 249-258.
- Dan C, Zhang JP, Wang JS, Yang XM, Liu WH, Gao AN (2012): Inheritance and Availability of High Grain Number Per Spike in Two Wheat Germplasm Lines. Journal of Integrative Agriculture, 11, 9, 1409-1416.
- Denčić S, Kastori R, Kobiljski B, Duggan B (2000): Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. Euphytica, 113, 1, 43-52.
- Dimitrijević M, Petrović S, Kraljević-Balalić M (1994): Analysis of gene effect in the inheritance of number of kernels per spike in wheat. Genetika, 26, 2, 73-78.
- Dimitrijević M, Petrović S, Banjac B (2012): Wheat breeding in abiotic stress conditions of solonetz. Genetika, 44, 1, 91-100.
- Griffing B (1956): Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian Journal of Biological Sciences, 9: 463.
- Hassan G, Mohammad F, Afridi SS, Khalil I (2007): Combining ability in the F_1 generations of diallel cross for yield and yield components in wheat. Sarhad J. Agric., 23, 4, 937-942.
- Hayman BI (1954): The theory and analysis of diallel crosses. Genetics, 39: 251-271.
- Inamullah HA, Mohammad F, Din S, Hassan G, Gul R (2006): Diallel analysis of the inheritance pattern of agronomic traits of bread wheat. Pak., J., Bot., 38 (4), 1169-1175.
- Joshi SK, Sharma SN, Singhania DL, Sain RS (2004): Combining ability in the F_1 and F_2 generations of diallel cross in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). Hereditas, 141, 115-121.
- Knežević D, Zečević V, Mićanović D, Madić M, Paunović A, Đukić N, Urošević D, Dimitrijević B, Jordačijević S (2006): Genetic analysis of number of kernels per spike in wheat (*Triticum aestivum* L.). Kragujevac Journal of Science, 28, 153-157.
- Mather K and Jinks JL (1977): Introduction to biometrical genetics. Cornell University Press, Ithaca, New York, 249-271.
- Perišić V, Milovanović M, Staletić M, Đekić V (2011): Inheritance of spike length and kernel number per spike in wheat hybrids. Proceedings of XXV Conference of Agronomists, Veterinarians and Technologists, 17, 1-2, 19-26.
- Petrović S, Dimitrijević M, Kraljević-Balalić M (1998): Regression analysis and

variance components for harvest index in wheat crosses. Proceedings of 2nd Balkan Symposium on Field Crops, 215-217.
Rahman MA, Sidique NA, Alam MR, Khan

MR, Alam MS (2000): Genetic Analysis of some yield contributing and quality characters in spring wheat (*Triticum aestivum*). Asian J. of Plant Sci., 2 (3), 277-282.

THE INHERITANCE OF EAR TRAITS IN HEXAPLOID WHEAT (*Triticum aestivum* L.)

Sofija Petrović, Miodrag Dimitrijević, Nataša Ljubičić, Borislav Banjac

Summary

The mode of inheritance of the ear traits considered as the yield components, namely kernel number and weight per ear were examined using diallel crossing method. Bread wheat varieties in study were from the Institute of Field and Vegetable Crops (Novi Sad, Serbia) Breeding Program: Pobeda, Renesansa, Sara and Partizanka. As combining abilities of variance analysis suggested, a statistically significant share of both additive, and non-additive components was denoted. According to regression analysis, a well defined array of dominant and recessive alleles was observed due to genetically divergent parental varieties. Superdominance appeared to be the mode of inheritance for examined ear traits.

Key words: bread wheat, diallel, regression, ear, kernel number, kernel weight.

Primljeno: 23. aprila 2013.

Prihvaćeno: 23. maja 2013.