

## HERITABILNOST I KOMPONENTE VARIJANSE MORFOMETRIJSKIH OSOBINA ZRNA HLEBNE PŠENICE I DURUM PŠENICE

**Gordana R. Branković<sup>1\*</sup>, Dejan B. Dodig<sup>2</sup>, Desimir S. Knežević<sup>3</sup>,  
Nenad A. Đurić<sup>4</sup> i Vesna G. Kandić<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet,  
Nemanjina 6, 11080 Beograd-Zemun, Srbija

<sup>2</sup>Institut za kukuruz “Zemun Polje”, Srbija  
Slobodana Bajića 1, 11185 Zemun Polje, Beograd

<sup>3</sup>Univerzitet u Prištini, Poljoprivredni fakultet,  
Jelene Anžujске bb, 38228 Zubin Potok, Srbija

<sup>4</sup>Megatrend Univerzitet, Fakultet za biofarming,  
Maršala Tita 39, 24300 Bačka Topola, Srbija

**Rezime:** Cilj ovog rada je bio da se ispita varijabilnost i heritabilnost u širem smislu morfoloških osobina zrna 30 odabranih genotipova hlebne pšenice i durum pšenice s obzirom na njihov značajan uticaj na prinos i osobine mlinskog, pekarskog i procesnog kvaliteta. Ogledi sa izabranim sortimentom pšenice su izvedeni tokom 2010–2011. i 2011–2012. godine na tri lokaliteta: Rimski Šančevi, Zemun Polje i Padinska Skela. Rezultati analize varijanse su pokazali da je genotip bio najvažniji izvor variranja dužine zrna hlebne pšenice i durum pšenice sa 91,1% i 46,3% sume kvadrata, dok su ekološki faktori bili najznačajniji izvor variranja širine zrna i debljine zrna hlebne pšenice (44% i 41,2% sume kvadrata) i durum pšenice (42% i 44% sume kvadrata). Heritabilnost u širem smislu je bila veoma visoka sa vrednostima većim od 90% za dužinu zrna hlebne pšenice i durum pšenice, širinu zrna durum pšenice i debljinu zrna durum pšenice. Visoka heritabilnost u širem smislu je dobijena za širinu zrna i debljinu zrna hlebne pšenice sa vrednostima od 83% i 88,8%. S obzirom na visoke vrednosti dobijene heritabilnosti u širem smislu i dominaciju genetičke komponente varijanse u ukupnoj varijansi dužine, širine i debljine zrna hlebne i durum pšenice možemo predvideti uspeh selekcije na povećanu vrednost ovih osobina pšenice.

**Ključne reči:** *Triticum aestivum* L. ssp. *aestivum*, *Triticum durum* Desf., varijabilnost, nasledljivost, dužina zrna, širina zrna, debljina zrna.

---

\*Autor za kontakt: e-mail: gbrankovic@agrif.bg.ac.rs

## Uvod

Uloga pšenice u ishrani čovečanstva je svrstava u najznačajnije trgovačke artikule, i već dugo vremena predstavlja merilo za cene ostalih poljoprivrednih proizvoda na svetskim berzama (Denčić et al., 2012). Heksaploidna hlebna pšenica čini 95% od svetske produkcije pšenice, dok preostalih 5% većinski čini tetraploidna durum pšenica (Dodig, 2010). Zrno hlebne i durum pšenice karakterišu različite fizičko-hemijske osobine, pa stoga ima različite upotrebne vrednosti. Mlevenjem hlebne pšenice se dobija brašno, kao glavni proizvod, a kao sporedni proizvodi mekinje i klice. Mlevenjem durum pšenice se dobija krupica, koja služi za proizvodnju prehrambenih produkata – testenina, kuskusa (na Bliskom istoku i severnoj Africi) i bulgur hleba (na Bliskom i Srednjem istoku). Krupica dobijena mlevenjem durum pšenice ne podleže dezintegraciji pri kuvanju i obezbeđuje dobru teksturu i mehaničku snagu produktima.

Domestifikacija kod žitarica je vodila nastanku skupa svojstava na osnovu kojih su se razlikovale domestifikovane vrste od divljih predaka, a najznačajnije je povećanje veličine zrna (Brown et al., 2009). Morfologija zrna je analizirana u mapirajućim populacijama i ustanovljeno je da je veličina zrna nezavisna od oblika zrna kod hlebne pšenice i kod starih vrsta pšenice, kao i da postoji znatna redukcija fenotipske varijabilnosti oblika zrna u savremenoj germplazmi pšenice kao rezultat efekta genetskog uskog grla (Dholakia et al., 2003; Breseghello i Sorrels, 2007). Genetička osnova variranja veličine i oblika zrna je proučavana u različitim populacijama rekombinantnih duplih haploida i inbred linija pšenice, koje je karakterisao širok spektar fenotipske varijabilnosti veličine i oblika zrna. Primenom kompozitnog intervalnog mapiranja uz pomoć SSR markera identifikovano je ukupno 6 QTL za dužinu zrna na hromozomima 1A, 2B, 2D, 3A, 5A, 5B, 5D, i 9 QTL za širinu zrna na hromozomima 1D, 2B, 2D, 4B, 5B i 5D (Ramya et al., 2010; Gegas et al., 2010).

Povećanje veličine zrna je zbog direktnog uticaja na prinos glavni selekциони izazov u oplemenjivanju tetraploidne (*Triticum durum* Desf.) i heksaploidne pšenice (*Triticum aestivum* L. ssp. *aestivum*) (Gegas et al., 2010). Teorijski modeli po Evers et al. (1990) su pokazali da bi se prinos brašna povećao kada bi se postigao optimalan oblik i veličina zrna pšenice, sa poželjnim velikim i sferičnim zrnima. Oblik i veličina zrna takođe utiču na sadržaj proteina, aktivnost hidrolitičkih enzima, hektolitarsku masu, a indirektno na pekarski kvalitet i kvalitet krajnjih proizvoda (Evers, 2000). Manja zrna pšenice karakteriše manji količnik mase endosperma i mase perikarpa u odnosu na veća zrna, pa samim tim ona daju manju količinu brašna, te se stoga dužina, širina i debljina zrna smatraju indikatorima mlinskog kvaliteta genotipova pšenice (Berman et al., 1996). Wiersma et al. (2001) su vršili selekciju na veće zrno pšenice što je rezultiralo većim prinosom brašna. Breseghello i Sorrels (2006) su utvrdili postojanje

pozitivne korelacije ( $p < 0,05$ ) između dužine zrna i ocene mlinskog kvaliteta tj. parametra proisteklog iz prinosa brašna, dužine zrna i separacionog indeksa endosperma, kao i između dužine zrna i drobljivosti. Morgan et al. (2000) su utvrdili postojanje pozitivne korelacije ( $p < 0,01$ ) između veličine zrna i odnosa vode i brašna pri mešanju testa. Cilj ovog istraživanja je utvrđivanje varijabilnosti, komponenti varijanse i heritabilnosti u širem smislu za dužinu zrna, širinu zrna i debljinu zrna 30 odabranih genotipova hlebne i durum pšenice radi uspješnije selekcije na prinosa i osobine tehnološkog kvaliteta.

### Materijal i metode

Genetički materijal korišćen u ovom istraživanju su činili genotipovi hlebne pšenice (*Triticum aestivum* L. ssp. *aestivum*) i durum pšenice (*Triticum durum* Desf.). Odabrano je ukupno 15 sorti i linija hlebne pšenice iz kolekcije Gen banke Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu i iz Instituta za kukuruz „Zemun Polje”, kao i 15 sorti i linija durum pšenice iz kolekcije Gen banke Instituta za kukuruz „Zemun Polje”. Nazivi, poreklo, tip ispitivanih genotipova hlebne i durum pšenice su prikazani u tabeli 1. Ogledi sa izabranim sortimentom pšenice su izvedeni po sistemu potpuno slučajnog blok dizajna u četiri ponavljanja, istovremeno na tri lokaliteta: Rimski Šančevi – na oglednim poljima Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Zemun Polje – na oglednim poljima Instituta za kukuruz „Zemun Polje” i Padinska Skela – na oglednim poljima Instituta PKB-Agroekonomik, tokom 2010–2011. i 2011–2012. godine. Ogledne parcelice je činilo pet redova dužine 1 m sa međurednim rastojanjem od 20 cm. Seme pred setvu je tretirano fungicidima sa aktivnim materijama difenoconazole u 2010. godini i tebuconazole u 2011. godini. Na lokalitetu Rimski Šančevi je u toku obe sezone za predsetveno đubrenje korišćen MAP u količini od 150 kg ha<sup>-1</sup>. Usev pšenice je prihranjen sa 150 kg ha<sup>-1</sup> AN-a u toku obe godine. Od herbicida su primenjeni tribenuron-metil 75% i fluroksipir-MHE, a od insekticida za suzbijanje žitne pijavice (*Oulema melanopus* L.) je korišćen gama-cihalotrin. Na lokalitetu Zemun Polje je u toku 2010–2011. godine primenjen MAP predsetveno u količini od 150 kg ha<sup>-1</sup>. Prihrana useva prvi put je urađena KAN-om u količini od 200 kg ha<sup>-1</sup>, dok je u drugoj prihrani korišćen AN u količini od 150 kg ha<sup>-1</sup>. U 2011–2012. godini nije vršeno osnovno đubrenje, dok je prihrana useva urađena primenom uree u količini od 200 kg ha<sup>-1</sup>. Zaštita od korova i insekata je ostvarena upotrebom metsulfuron-metila, fluroksipir-MHE i lambda cihalotrina. Na lokalitetu Padinska Skela je u toku obe vegetacione sezone za predsetveno đubrenje korišćen NPK (15:15:15) u količini od 300 kg ha<sup>-1</sup>. Usev je prihranjen sa 100 kg ha<sup>-1</sup> uree. Zaštita od korova i insekata je urađena primenom metsulfuron-metila i fluroksipira. Zaštita useva je bila uspešna na svim lokalitetima u toku obe vegetacione sezone i nije zabeležen razvoj korova i napad štetočina.

Dužina zrna (mm), širina zrna (mm) i debljina zrna (mm) su merene elektronskim mikrometrom na ukupno 20 zrna po svakom genotipu i svakom ponavljanju. Merenja su obavljena na biljkama u tri središnja reda tj. osnovnoj parcelici površine 0,6 m<sup>2</sup>, kako bi se izbegao uticaj agroekoloških faktora rubnog reda. Primenjena je dvofaktorijalna analiza varijanse (ANOVA) prema linearno mešovitom modelu, gde su efekti genotipa i sredine posmatrani kao fiksni faktori, dok su ponavljanje i interakcija genotip × sredina tretirani kao slučajni izvor variranja. Terminom sredina u ovom radu je obuhvaćena kombinacija lokaliteta i godine. Testiranje razlika za proseke morfometrijskih osobina hlebne i durum pšenice je izvršeno *t*-testom u Excel programu. ANOVA je urađena primenom programa STATISTICA 9.0. (Statsoft, 2009). Falconer (1981) je naveo formule za izračunavanje komponenti varijanse i heritabilnosti u širem smislu i one su korišćene u ovom radu.

### Rezultati i diskusija

Genotip ZP AU 12 je imao najveću prosečnu dužinu zrna od 6,83 mm za svih šest sredina (kombinacija tri lokaliteta i dve godine) kod hlebne pšenice, dok je kod durum pšenice to bio 37EDUYT /07 BR. 7857 sa prosečnom dužinom zrna od 7,30 mm (tabela 1).

Tabela 1. Nazivi, poreklo, tipovi genotipova hlebne (*Triticum aestivum* L. ssp. *aestivum*) i durum (*Triticum durum* Desf.) pšenice sa prosečnim vrednostima za dužinu zrna, širinu zrna i debljinu zrna na osnovu testiranja u šest sredina.

*Table 1. Names, origin, types of bread wheat (Triticum aestivum L. ssp. aestivum) and durum wheat (Triticum durum Desf.) genotypes and mean values for grain length, grain width and grain thickness across six environments.*

Genotip <i>Genotype</i>	Poreklo <i>Origin</i>	Tip <i>Type</i>	DZ (mm) <i>GL (mm)</i>	ŠZ (mm) <i>GW (mm)</i>	DEZ (mm) <i>GT (mm)</i>
<i>Triticum aestivum</i> L. ssp. <i>Aestivum</i>					
Žitarka	Hrvatska/Croatia	ozima*/winter*	5,86	3,15	2,85
Stephens	SAD/USA	ozima*/winter*	6,31	3,18	2,82
Renan	Francuska/France	ozima*/winter*	6,63	3,27	2,89
Caldwell	SAD/USA	ozima*/winter*	5,52	3,15	2,63
Abe	SAD/USA	ozima*/winter*	5,92	3,30	2,84
Auburn	SAD/USA	ozima*/winter*	5,23	3,26	2,67
Frankenmuth	SAD/USA	ozima*/winter*	5,64	3,38	2,71
Apache	Francuska/France	ozima*/winter*	5,96	3,18	2,77
ZP AU 12	Makedonija/Macedonia	ozima*/winter*	6,83	3,23	2,79
Marija	Hrvatska/Croatia	ozima*/winter*	6,16	3,25	2,79
ZP 87/lp	Srbija/Serbia	ozima*/winter*	6,22	3,78	2,68
Tecumseh	SAD/USA	ozima*/winter*	5,76	3,08	2,74
Pobeda	Srbija/Serbia	ozima*/winter*	6,24	3,27	2,86
Zemunski rosa	Srbija/Serbia	ozima*/winter*	6,34	3,24	2,77
Ludwig	Austrija/Austria	ozima*/winter*	6,15	3,20	2,80
Prosek za hlebnu pšenicu/ <i>Mean for bread wheat</i>			6,05a	3,22a	2,77a

Tabela 1. Nastavak.  
Table 1. Continued.

<i>Triticum durum</i> Desf.						
37EDUYT BR. 7922	CIMMYT	fakultativna**/facultative**	7,13	3,04	2,78	
37EDUYT BR. 7896	CIMMYT	fakultativna**/facultative**	7,06	3,00	2,86	
37EDUYT BR. 7817	CIMMYT	fakultativna**/facultative**	7,29	3,03	2,92	
Varano	Italija/ <i>Italy</i>	ozima*/winter*	7,19	2,97	2,98	
37EDUYT BR. 7821	CIMMYT	fakultativna**/facultative**	7,20	3,17	2,95	
37EDUYT BR. 7880	CIMMYT	fakultativna**/facultative**	7,21	3,03	3,00	
ZP 10/I	Srbija/ <i>Serbia</i>	ozima**/winter**	7,14	3,19	2,93	
SOD 55	Slovačka/ <i>Slovakia</i>	ozima*/winter*	7,25	3,32	2,92	
37EDUYT/07 BR. 7803	CIMMYT	fakultativna**/facultative**	6,87	2,94	2,92	
DSP-MD-01 BR. 66	ICARDA	fakultativna**/facultative**	6,66	3,21	3,11	
ZP 34/I	Srbija/ <i>Serbia</i>	ozima**/winter**	6,74	3,28	3,08	
37EDUYT BR. 7820	CIMMYT	fakultativna**/facultative**	7,05	3,25	2,87	
37EDUYT/07 BR. 7857	CIMMYT	fakultativna**/facultative**	7,30	3,04	3,08	
37EDUYT/07 BR. 7849	CIMMYT	fakultativna**/facultative**	6,87	3,16	2,98	
ZP 120/I	Srbija/ <i>Serbia</i>	ozima**/winter**	7,08	3,11	2,89	
Prosek za durum pšenicu/ <i>Mean for durum wheat</i>			7,07b	3,12b	2,95b	

\*sorta; \*\*linija, SAD - Sjedinjene Američke Države, CIMMYT - Internacionalni centar za poboljšanje kukuruza i pšenice (Meksiko), ICARDA - Internacionalni centar za poljoprivredna istraživanja u sušnim oblastima (Sirija), DZ - dužina zrna, ŠZ - širina zrna, DEZ - debljina zrna.

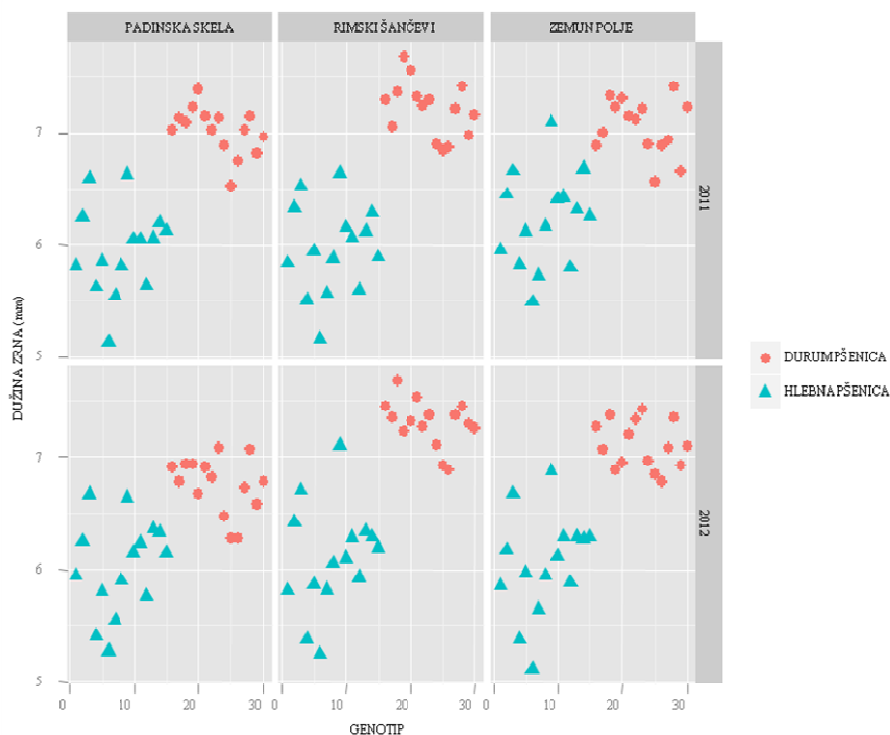
\*cultivar; \*\*line, USA - United States of America, CIMMYT - The International Maize and Wheat Improvement Center (Mexico), ICARDA - The International Center for Agricultural Research in the Dry Area (Syria), GL - grain length, GW - grain width, GT - grain thickness.

Proseci označeni različitim slovom u okviru kolona za pojedinačnu osobinu hlebne i durum pšenice se statistički značajno razlikuju ( $P < 0,05$ ) po *t*-testu.

Averages labelled with the different letter within columns for each trait of bread and durum wheat are significantly different ( $P < 0.05$ ) based on *t*-test.

Prosečne vrednosti dužine zrna su bile statistički značajno ( $p < 0,05$ ) različite između dve proučavane vrste pšenice na osnovu *t*-testa (tabela 1).

Najveća prosečna dužina zrna hlebne pšenice od 6,22 mm je zabeležena na lokalitetu Zemun Polje u 2010–2011. vegetacionoj sezoni, dok je najmanja prosečna dužinu zrna od 5,95 mm izmerena u Padinskoj Skeli u 2010–2011. godini (grafikon 1). Kod durum pšenice je najveća prosečna dužinu zrna od 7,30 mm zabeležena u Rimskim Šančevima u 2011–2012. vegetacionoj sezoni, dok je najmanja prosečna dužina zrna od 6,75 mm izmerena u Padinskoj Skeli u 2011–2012. godini (grafikon 1).



Grafikon 1. Dužina zrna genotipova hlebne pšenice i durum pšenice po lokalitetima u 2010–2011. i 2011–2012. godini.

*Figure 1. Grain length of bread wheat and durum wheat genotypes by locations in 2010–2011 and 2011–2012.*

Primenom analize varijanse utvrđena je značajnost ( $P < 0,001$ ) efekata sredine, genotipa i njihove interakcije na dužinu zrna genotipova hlebne pšenice (tabela 2). Efekat genotipa je bio najvažniji izvor variranja dužine zrna hlebne pšenice sa 91,1% sume kvadrata, potom sredina sa 4,6%, pa interakcija genotip  $\times$  sredina sa 4,3%. Efekat genotipa je u odnosu na efekat interakcije bio 21,1 puta veći. Na osnovu analize varijanse utvrđena je značajnost ( $P < 0,001$ ) efekata sredine, genotipa i njihove interakcije na dužinu zrna genotipova durum pšenice (tabela 2). Genotip je predstavljao najvažniji izvor variranja dužine zrna durum pšenice sa 46,3% objašnjene sume kvadrata, potom sredina sa 37,5%, pa interakcija genotip  $\times$  sredina sa 16,2%.

Tabela 2. Analiza varijanse, komponente varijanse i heritabilnost dužine zrna.  
 Table 2. Analysis of variance, variance components and heritability of grain length.

Izvor variranja Source of variation	df	SS	SS (%)	MS <sup>†</sup>	$\sigma_g^2$	$\sigma_{ge}^2$	$\sigma_e^2$	h <sup>2</sup> (%)	CV <sub>g</sub> (%)	CV <sub>f</sub> (%)
	df	SS	SS (%)	MS <sup>†</sup>	$\sigma_g^2$	$\sigma_{ge}^2$	$\sigma_e^2$	h <sup>2</sup> (%)	CV <sub>g</sub> (%)	CV <sub>p</sub> (%)
<i>Triticum aestivum</i> ssp. <i>Aestivum</i>										
Sredina (S) Environment (E)	5	2,95	4,6	0,59***	0,173	0,006	0,002	99,1	6,88	6,91
Genotip (G) Genotype (G)	14	58,73	91,1	4,20***						
G × S G × E	70	2,78	4,3	0,04***						
Greška Error	252	3,88		0,015						
<i>Triticum durum</i>										
Sredina (S) Environment (E)	5	10,77	37,5	2,15***	0,037	0,009	0,003	93,0	2,7	2,8
Genotip (G) Genotype (G)	14	13,29	46,3	0,95***						
G × S G × E	70	4,65	16,2	0,066***						
Greška Error	252	7,88		0,031						

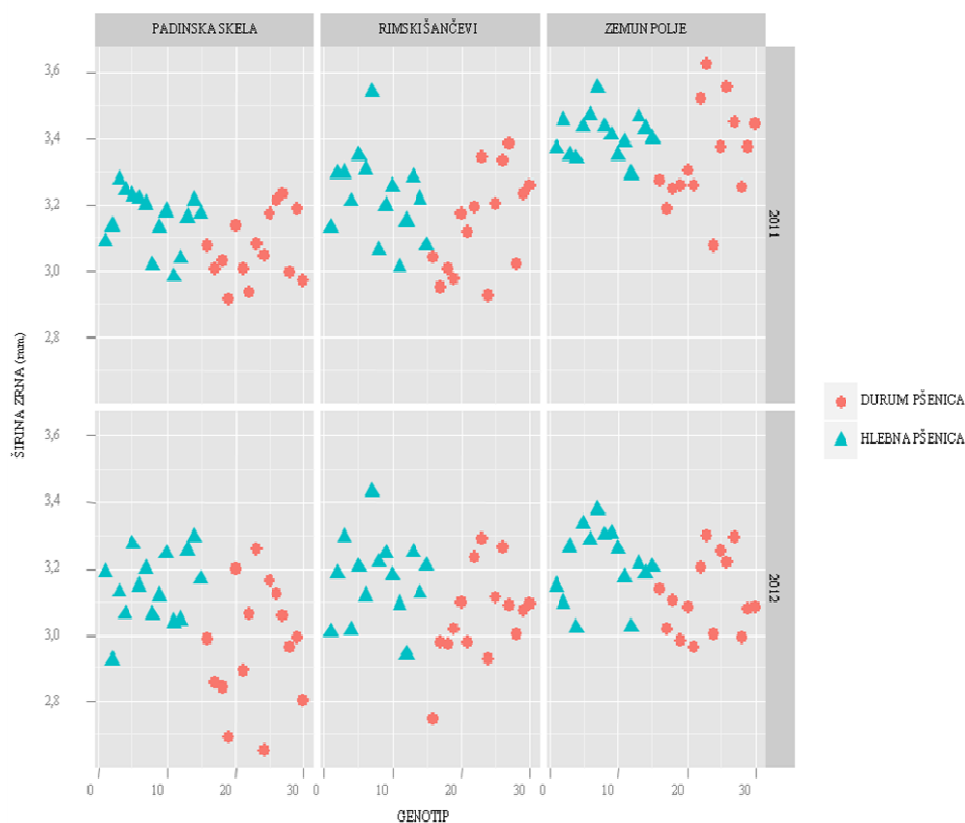
\*\*\* $P < 0,001$ ; † testirano sa sredinom kvadrata greške;  $R^2 = 0,94$  za hlebnu pšenicu i  $R^2 = 0,79$  za durum pšenicu.

\*\*\* $P < 0,001$ ; † tested with the error mean square;  $R^2 = 0,94$  for bread wheat and  $R^2 = 0,79$  for durum wheat.

df - stepeni slobode, SS - suma kvadrata, MS - sredina kvadrata,  $\sigma_g^2$  - genetička varijansa,  $\sigma_{ge}^2$  - varijansa interakcije genotip × sredina,  $\sigma_e^2$  - ekološka varijansa, h<sup>2</sup> - heritabilnost u širem smislu, CV<sub>g</sub> - koeficijent genetičke varijacije, CV<sub>f</sub> - koeficijent fenotipske varijacije.

df - degrees of freedom, SS - sum of squares, MS - mean squares,  $\sigma_g^2$  - genetic variance,  $\sigma_{ge}^2$  - variance of the genotype × environment interaction,  $\sigma_e^2$  - environmental variance, h<sup>2</sup> - broad-sense heritability, CV<sub>g</sub> - coefficient of genetic variation, CV<sub>p</sub> - coefficient of phenotypic variation.

Najveća prosečna širina zrna je utvrđena za genotipove ZP 87/Ip (3,78 mm) kod hlebne pšenice i SOD 55 (3,32 mm) kod durum pšenice (tabela 1). Prosečne vrednosti širine zrna između hlebne i durum pšenice su se statistički značajno ( $p < 0,05$ ) razlikovale na osnovu *t*-testa (tabela 1). Na lokalitetu Zemun Polje u 2010–2011. vegetacionoj sezoni je izmerena najveća prosečna širina zrna hlebne pšenice od 3,68 mm, dok je najmanja prosečna širina zrna od 3,14 mm izmerena u Padinskoj Skeli u 2011–2012. vegetacionoj sezoni (grafikon 2). Najveća prosečna širina zrna durum pšenice od 3,35 mm je zabeležena u Zemun Polju u 2010–2011. vegetacionoj sezoni, dok je najmanja prosečna vrednost od 2,97 mm izmerena u Padinskoj Skeli u 2011–2012. vegetacionoj sezoni (grafikon 2).



Grafikon 2. Širina zrna genotipova hlebne pšenice i durum pšenice po lokalitetima u 2010–2011. i 2011–2012. godini.

*Figure 2. Grain width of bread wheat and durum wheat genotypes by locations in 2010–2011 and 2011–2012.*

Analizom varijanse utvrđena je značajnost ( $P < 0,001$ ) efekata sredine, genotipa i njihove interakcije na širinu zrna genotipova hlebne pšenice (tabela 3). Efekat sredine je bio najvažniji izvor variranja sa 44,0% objašnjene sume kvadrata, potom genotip sa 30,2%, pa interakcija genotipa i sredine sa 25,8%. Na osnovu analize varijanse dobijena je značajnost ( $P < 0,001$ ) efekata sredine, genotipa i njihove interakcije na širinu zrna genotipova durum pšenice (tabela 3). Sredina je predstavljala najvažniji izvor variranja širine zrna durum pšenice sa 42,0% sume kvadrata, potom genotip sa 40,4%, pa njihova interakcija sa 17,6%.



Tabela 3. Analiza varijanse, komponente varijanse i heritabilnost širine zrna.  
 Table 3. Analysis of variance, variance components and heritability of grain width.

Izvor variranja Source of variation	df	SS	SS (%)	MS <sup>†</sup>	$\sigma_g^2$	$\sigma_{ge}^2$	$\sigma_e^2$	h <sup>2</sup> (%)	CV <sub>g</sub> (%)	CV <sub>f</sub> (%)
	df	SS	SS (%)	MS <sup>†</sup>	$\sigma_g^2$	$\sigma_{ge}^2$	$\sigma_e^2$	h <sup>2</sup> (%)	CV <sub>g</sub> (%)	CV <sub>p</sub> (%)
<i>Triticum aestivum</i> ssp. <i>Aestivum</i>										
Sredina (S) Environment (E)	5	2,95	44,0	0,60***	0,005	0,0048	0,00103	83,0	2,2	2,4
Genotip (G) Genotype (G)	14	2,03	30,2	0,14***						
G × S G × E	70	1,73	25,8	0,02***						
Greška Error	252	1,40		0,006						
<i>Triticum durum</i>										
Sredina (S) Environment (E)	5	4,90	42,0	0,98***	0,013	0,0054	0,0012	91,3	3,6	3,8
Genotip (G) Genotype (G)	14	4,71	40,4	0,34***						
G × S G × E	70	2,06	17,6	0,029***						
Greška Error	252	1,97		0,008						

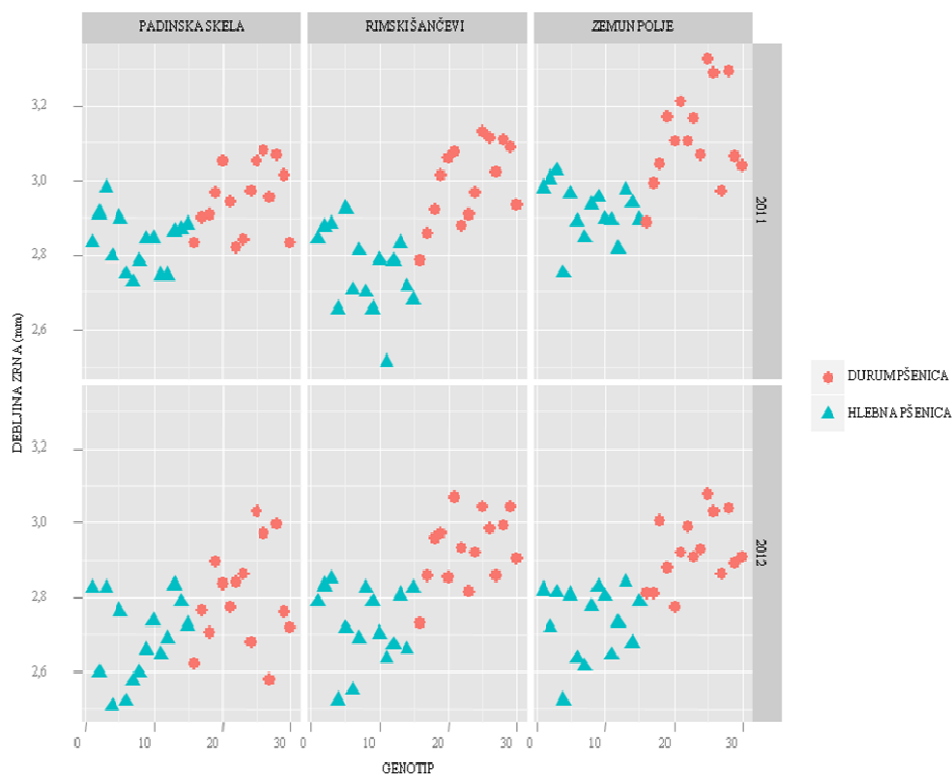
\*\*\*  $P < 0,001$ ; † testirano sa sredinom kvadrata greške;  $R^2 = 0,83$  za hlebnu pšenicu i  $R^2 = 0,86$  za durum pšenicu.

\*\*\*  $P < 0,001$ ; † tested with the error mean square;  $R^2 = 0,83$  for bread wheat and  $R^2 = 0,86$  for durum wheat.

df - stepeni slobode, SS - suma kvadrata, MS - sredina kvadrata,  $\sigma_g^2$  - genetička varijansa,  $\sigma_{ge}^2$  - varijansa interakcije genotip × sredina,  $\sigma_e^2$  - ekološka varijansa, h<sup>2</sup> - heritabilnost u širem smislu, CV<sub>g</sub> - koeficijent genetičke varijacije, CV<sub>f</sub> - koeficijent fenotipske varijacije.

df - degrees of freedom, SS - sum of squares, MS - mean squares,  $\sigma_g^2$  - genetic variance,  $\sigma_{ge}^2$  - variance of the genotype × environment interaction,  $\sigma_e^2$  - environmental variance, h<sup>2</sup> - broad-sense heritability, CV<sub>g</sub> - coefficient of genetic variation, CV<sub>p</sub> - coefficient of phenotypic variation.

Genotip Renan je imao najveću prosečnu debljinu zrna od 2,89 mm kod hlebne pšenice, dok je kod durum pšenice to bio DSP-MD-01 BR. 66 sa prosečnom debljinom zrna od 3,11 mm (tabela 1). Prosečne vrednosti debljine zrna između hlebne i durum pšenice su bile statistički značajno ( $p < 0,05$ ) različite na osnovu *t*-testa (tabela 1). Najveća prosečna debljina zrna hlebne pšenice od 2,92 mm je izmerena u Zemun Polju u 2010–2011. vegetacionoj sezoni, dok je najmanja vrednost od 2,69 mm utvrđena u Padinskoj Skeli u 2011–2012. godini (grafikon 3). Na lokalitetu Zemun Polje je u 2010–2011. godini zabeležena najveća prosečna debljina zrna durum pšenice od 3,12 mm, dok je najmanja prosečna vrednost od 2,80 mm izmerena u Padinskoj Skeli u 2011–2012. vegetacionoj sezoni (grafikon 3).



Grafikon 3. Debljina zrna genotipova hlebne pšenice i durum pšenice u 2010–2011. i 2011–2012. godini.

*Figure 3. Grain thickness of bread wheat and durum wheat genotypes by locations in 2010–2011 and 2011–2012.*

Primenom analize varijanse utvrđena je značajnost ( $P < 0,001$ ) efekata sredine, genotipa i njihove interakcije na debljinu zrna genotipova hlebne pšenice (tabela 4). Sredina je predstavljala najvažniji izvor variranja debljine zrna hlebne pšenice sa 41,2% sume kvadrata, potom genotip sa 37,8%, pa interakcija genotip  $\times$  sredina sa 21,0%. Analizom varijanse je takođe utvrđena značajnost ( $P < 0,001$ ) efekata sredine, genotipa i njihove interakcije na debljinu zrna genotipova durum pšenice (tabela 4). Efekat sredine je bio najvažniji izvor variranja debljine zrna durum pšenice sa 44,0% objašnjene sume kvadrata, potom genotip sa 38,4%, pa interakcija genotip  $\times$  sredina sa 17,6%.

Tabela 4. Analiza varijanse, komponente varijanse i heritabilnost debljine zrna.  
 Table 4. Analysis of variance, variance components and heritability of grain thickness.

Izvor variranja Source of variation	df	SS	SS (%)	MS <sup>†</sup>	$\sigma_g^2$	$\sigma_{ge}^2$	$\sigma_e^2$	h <sup>2</sup> (%)	CV <sub>g</sub> (%)	CV <sub>f</sub> (%)
	df	SS	SS (%)	MS <sup>†</sup>	$\sigma_g^2$	$\sigma_{ge}^2$	$\sigma_e^2$	h <sup>2</sup> (%)	CV <sub>g</sub> (%)	CV <sub>p</sub> (%)
<i>Triticum aestivum</i> ssp. <i>Aestivum</i>										
Sredina (S) Environment (E)	5	2,14	41,2	0,43***	0,0052	0,0031	0,0007	88,8	2,6	2,8
Genotip (G) Genotype (G)	14	1,96	37,8	0,14***						
G × S G × E	70	1,09	21,0	0,016***						
Greška Error	252	0,82		0,003						
<i>Triticum durum</i>										
Sredina (S) Environment (E)	5	3,11	44,0	0,62***	0,0073	0,0029	0,0007	90,8	2,9	3,0
Genotip (G) Genotype (G)	14	2,71	38,4	0,19***						
G × S G × E	70	1,24	17,6	0,017***						
Greška Error	252	1,59		0,006						

\*\*\*  $P < 0,001$ ; † testirano sa sredinom kvadrata greške;  $R^2 = 0,87$  za hlebnu pšenicu i  $R^2 = 0,82$  za durum pšenicu.

\*\*\*  $P < 0,001$ ; † tested with the error mean square;  $R^2 = 0.87$  for bread wheat and  $R^2 = 0.82$  for durum wheat.

df - stepeni slobode, SS - suma kvadrata, MS - sredina kvadrata,  $\sigma_g^2$  - genetička varijansa,  $\sigma_{ge}^2$  - varijansa interakcije genotip × sredina,  $\sigma_e^2$  - ekološka varijansa, h<sup>2</sup> - heritabilnost u širem smislu, CV<sub>g</sub> - koeficijent genetičke varijacije, CV<sub>f</sub> - koeficijent fenotipske varijacije.

df - degrees of freedom, SS - sum of squares, MS - mean squares,  $\sigma_g^2$  - genetic variance,  $\sigma_{ge}^2$  - variance of the genotype × environment interaction,  $\sigma_e^2$  - environmental variance, h<sup>2</sup> - broad-sense heritability, CV<sub>g</sub> - coefficient of genetic variation, CV<sub>p</sub> - coefficient of phenotypic variation.

Varijabilnost dužine, širine i debljine zrna hlebne i durum pšenice su proučavali i drugi autori (Troccoli i Di Fonzo, 1999; Khan et al., 2007; Ramya et al., 2010). Abebe et al. (2011) su utvrdili višu prosečnu vrednost za dužinu i debljinu zrna varijeteta durum pšenice gajenih u Etiopiji, čije su se vrednosti kretale u opsegu 7,20–7,69 mm i 2,76–3,16 mm, kao i nižu prosečnu vrednost za širinu zrna durum pšenice koja je bila u intervalu 2,94–3,02 mm, u odnosu na

rezultate dobijene u ovom istraživanju. Intervali variranja za dužinu zrna, širinu zrna i debljinu zrna 16 durum varijeteta gajenih na dva lokaliteta u južnoj Italiji, a koje su saopštili Troccoli i Di Fonzo (1999) su bili od 6,65 do 7,61 mm, od 2,57 do 2,97 mm i od 2,65 do 2,98 mm, što je uži opseg variranja u odnosu na genotipove ispitivane u ovom radu. Campbell et al. (1999) i Breseghello i Sorrells (2007) su naveli da je genotip bio glavni izvor variranja dužine i širine zrna hlebne pšenice. Prashant et al. (2012) su kao dominantan izvor variranja dužine zrna hlebne pšenice takođe naveli genotip, sa 52,6% objašnjene sume kvadrata, dok je za širinu zrna najznačajniji izvor variranja bila interakcija genotip  $\times$  sredina sa 39,5% objašnjene sume kvadrata. Smanjenje veličine zrna pšenice uglavnom je izazvano faktorima spoljašnje sredine kao što je suša ili visoke temperature u danima pred cvetanje kada se smanjuje broj ćelija u ovulama, a takođe i u periodu nakon cvetanja (Hoseney, 1986), kada je smanjeno nalivanje zrna. Prekomerna snabdevenost biljaka pšenice azotom smanjuje sadržaj ugljenih hidrata u stabljikama pred cvetanje, i samim tim ostaje manje rezervi ugljenih hidrata za nalivanje zrna.

Komponente varijanse, heritabilnost u širem smislu i koeficijenti genetičke i fenotipske varijacije za dužinu zrna, širinu zrna i debljinu zrna su predstavljani u tabelama 2–4. Genetička komponenta varijanse ( $\sigma^2_g$ ) je u odnosu na komponentu varijanse interakcije genotip  $\times$  sredina ( $\sigma^2_{ge}$ ) bila veća za dužinu zrna hlebne pšenice 28,83 puta i durum pšenice 4,11 puta, za širinu zrna hlebne pšenice 1,04 puta i durum pšenice 2,41 puta, kao i za debljinu zrna hlebne pšenice 1,68 puta i durum pšenice 2,52 puta. Heritabilnost u širem smislu je bila veoma visoka (> 90%) za dužinu zrna hlebne i durum pšenice, širinu zrna durum pšenice i debljinu zrna durum pšenice. Visoka heritabilnost u širem smislu sa vrednostima u intervalu od 80 do 90% je dobijena za širinu i debljinu zrna hlebne pšenice. Gegas et al. (2010) su za šest mapirajućih dihaploidnih populacija hlebne pšenice dobili heritabilnost u širem smislu u opsegu od 0,60 do 0,89 za širinu zrna i od 0,73 do 0,95 za dužinu zrna. Ramya et al. (2010) su utvrdili da je heritabilnost u širem smislu dužine i širine zrna 185 rekombinantnih inbred linija hlebne pšenice bila 0,87 i 0,80, što je manje od dobijenih vrednosti u ovom istraživanju. Takođe su saopštili niži koeficijent fenotipske varijacije dužine zrna, i viši za širinu zrna u odnosu na naše rezultate. Najniže vrednosti za koeficijente genetičke i fenotipske varijacije od 2,2% i 2,4% su utvrđene za širinu zrna hlebne pšenice. Najveće vrednosti za koeficijente genetičke i fenotipske varijacije od 6,88% i 6,91% su utvrđene za dužinu zrna hlebne pšenice. Genetičko i fenotipsko variranje za dužinu zrna je bilo malo, ali do tri puta veće kod hlebne u odnosu na durum pšenicu. Genetičko i fenotipsko variranje širine i debljine zrna je bilo malo (< 4%). Khan et al. (2007) su dobili niži koeficijent fenotipske varijacije dužine zrna, a viši za širinu i debljinu zrna 66 genotipova hlebne pšenice gajenih u Pakistanu.

## Zaključak

Dobijeni rezultati oglada izvedenih na tri lokaliteta tokom dve godine su ukazali na postojanje značajne varijabilnosti morfometrijskih osobina zrna hlebne i durum pšenice. Genetička komponenta varijanse je u ukupnoj varijansi proučavanih morfometrijskih osobina bila dominantna. Heritabilnost u širem smislu je imala vrednosti veće od 90% za dužinu zrna hlebne i durum pšenice, širinu zrna durum pšenice i debljinu zrna durum pšenice, kao i vrednosti od 83% i 88,8% za širinu i debljinu zrna hlebne pšenice. S obzirom na visoke vrednosti dobijene heritabilnosti u širem smislu i dominaciju genetičke komponente varijanse, može se očekivati poboljšanje morfometrijskih osobina zrna u cilnom programu oplemenjivanja, a što je povezano sa prinostom i kvalitetom zrna pšenice.

## Zahvalnica

Rad je urađen u okviru naučnog projekta TR-31092 i finansiran je od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## Literatura

- Abebe, W., Bultosa, G., Lemessa, F. (2011): Grain and starch properties of six durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum* Desf) varieties grown at Debre Zeit, Ethiopia. *Ethiopian Journal of Applied Sciences and Technology* 2(1):67-74.
- Berman, M., Bason, M.L., Ellison, R., Peden, G., Wrigley, C.W. (1996): Image analysis of the whole grains to screen for flour-milling yield in wheat breeding. *Cereal Chemistry* 73:323-327.
- Breseghele, F., Sorrells, M.E. (2006): Association mapping of kernel size and milling quality in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Genetics* 177:1165-1177.
- Breseghele, F., Sorrells, M.E. (2007): QTL analysis of kernel size and shape in two hexaploid wheat mapping populations. *Field Crop Research* 101:172-179.
- Brown, T.A., Jones, M.K., Powell, W., Allaby, R.G. (2009): The complex origins of domesticated crops in the Fertile Crescent. *Trends in Ecology & Evolution* 24:103-109.
- Campbell, K.G., Bergman, C.J., Gualberto, D.G., Anderson, J.A., Giroux, M.J., Hareland, G., Fulcher, R., Sorrells, M.E., Finney, P.L. (1999): Quantitative trait loci associated with kernel traits in a soft  $\times$  hard wheat cross. *Crop Science* 39:1184-1195.
- Denčić, S., Malešević, M., Pržulj, N., Kondić-Špika, A. (2012): Nauka i praksa semenarstva strnih žita. Vojvodanska akademija nauka i umetnosti i Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Dholakia, B.B., Ammiraju, J.S.S., Singh, H., Lagu, M.D., Röder, M.S., Rao, V.S., Dhaliwal, H.S., Ranjekar, P.K., Gupta, V.S., Weber, W.E. (2003): Molecular marker analysis of kernel size and shape in bread wheat. *Plant Breeding* 122:392-395.
- Dodig, D. (2010): Wheat breeding for drought resistance. Serbian Genetic Society, Belgrade.
- Evers, A.D., Cox, R.I., Shaheedullah, M.Z., Withey, R.P. (1990): Predicting milling extraction rate by image analysis of wheat grains. *Aspects of Applied Biology* 25:417-426.
- Evers, A.D. (2000): Grain size and morphology: implications for quality. In: Schofield, D. (Ed.), *Wheat structure, biochemistry and functionality*. Royal Society of Chemistry, London, pp. 19-24.
- Falconer, D.S. (1981): *Introduction to quantitative genetics*. Longman, London.

- Gegas, V.C., Nazari, A., Griffiths, S., Simmonds, J., Fish, L., Orford, S., Sayers, L., Doonan, J.H., Snapea, J.W. (2010): A genetic framework for grain size and shape variation in wheat. *The Plant Cell* 22:1046-1056.
- Hoseney, R.C. (1986): Principles of cereal science and technology. American Association of Cereal Chemists, Saint Paul, Minnesota.
- Khan, A.J., Ali, A., Azam, F.I., Zeb, A. (2007): Identification and isolation of low phytic acid wheat (*Triticum aestivum* L.) inbred lines / mutants. *Pakistan Journal of Botany* 39(6):2051-2058.
- Morgan, B.C., Dexter, J.E., Preston, K.R. (2000): Relationship of kernel size to flour water absorption for Canada Western Red Spring Wheat. *Cereal Chemistry* 77:286-292.
- Prashant, R., Kadoo, N., Desale, C., Kore, P., Dhaliwal, H.S., Chhuneja, P., Gupta, V. (2012): Kernel morphometric traits in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) are modulated by intricate QTL  $\times$  QTL and genotype  $\times$  environment interactions. *Journal of Cereal Science* 56:432-439.
- Ramya, P., Chaubal, A., Kulkarni, K., Gupta, L., Kadoo, N., Dhaliwal, H.S., Gupta, V. (2010): QTL mapping of 1000-kernel weight, kernel length, and kernel width in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Applied Genetics* 51:421-429.
- Statsoft (2009): STATISTICA for windows. StatSoft Inc., Tulsa, Oklahoma, USA.
- Troccoli, A., Di Fonzo, N. (1999): Relation between kernel size features and test weight in *Triticum durum*. *Cereal Chemistry* 76:45-49.
- Wiersma, J.J., Busch, R.H., Fulcher, G.G., Hareland, G. (2001): Recurrent selection for kernel weight in spring wheat. *Crop Science* 41:999-1005.

Primljeno: 30. marta 2015.

Odobreno: 01. juna 2015.

HERITABILITY AND VARIANCE COMPONENTS OF GRAIN  
MORPHOMETRIC TRAITS OF BREAD WHEAT AND DURUM WHEAT

**Gordana R. Branković<sup>1\*</sup>, Dejan B. Dodig<sup>2</sup>, Desimir S. Knežević<sup>3</sup>,  
Nenad A. Đurić<sup>4</sup> and Vesna G. Kandić<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>University of Belgrade, Faculty of Agriculture,  
Nemanjina 6, 11080 Belgrade, Serbia

<sup>2</sup>Maize Research Institute “Zemun Polje”,  
Slobodana Bajića 1, 11185 Belgrade, Serbia

<sup>3</sup>University of Priština, Faculty of Agriculture,  
Jelene Anžijske bb, 38228 Zubin Potok, Serbia

<sup>4</sup>Megatrend University, Faculty of Biofarming,  
Maršala Tita 39, 24300 Bačka Topola, Serbia

## A b s t r a c t

The aim of this work was to examine variability and broad-sense heritability of grain morphometric traits of 30 selected genotypes of bread wheat and durum wheat, in regard to their significant impact on yield and traits of milling, baking and processing quality. Trials with selected wheat assortment were set during 2010–2011 and 2011–2012 years at the three locations: Rimski Šančevi, Zemun Polje and Padinska Skela. Results of this investigation showed that the genotype was the most significant source of variation of grain length for bread and durum wheat with 91.1% and 46.3% of explained sum of squares, while the environment was the most important source of variation of grain width and grain thickness for bread wheat (44% and 41.2% of sum of squares) and durum wheat (42% and 44% of sum of squares). Broad-sense heritability was very high (> 90%) for grain length of bread and durum wheat, grain width of durum wheat and grain thickness of durum wheat. Broad-sense heritability was high for grain width and grain thickness of bread wheat, with the values of 83% and 88.8%, respectively. Considering the high obtained values of broad-sense heritability and dominance of the genetic component of variance of grain length, grain width and grain thickness of bread and durum wheat, the success of selection for increased values of these traits can be predicted.

**Key words:** wheat, variability, heritability, grain length, grain width, grain thickness.

Received: March 30, 2015

Accepted: June 1, 2015

---

\*Corresponding author: e-mail: gbrankovic@agrif.bg.ac.rs