

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Janja Šeremet

**VARIJABILNOST AGRONOMSKIH
SVOJSTVA I POKAZATELJA PEKARSKE
KAKVOĆE KOD F₄ POTOMSTAVA
PŠENICE**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Agroekologija – mikrobna biotehnologija u poljoprivredi

Janja Šeremet

**VARIJABILNOST AGRONOMSKIH
SVOJSTVA I POKAZATELJA PEKARSKE
KAKVOĆE KOD F₄ POTOMSTAVA
PŠENICE**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: prof.dr.sc. Hrvoje Šarčević

Zagreb, 2016.

Ovaj diplomski rad je ocijenjen i obranjen dana _____

s ocjenom _____ pred Povjerenstvom u sastavu:

1. Prof. dr. sc. Hrvoje Šarčević _____

2. Prof. dr. sc. Jerko Gunjača _____

3. Izv. prof. dr. sc. Snježana Bolarić _____

SAŽETAK

Prinos zrna i sadržaj proteina u zrnu dva su glavna cilja u programima oplemenjivanja pšenice koji određuju ekonomsku vrijednost sorte pšenice. Međutim, teško je istovremeno poboljšati ova dva svojstva zbog njihove negativne korelacije. Stoga je cilj oplemenjivača pronaći genotipove/linije koji odstupaju od te korelacije te su mnoga istraživanja usmjerena prema povećanju i sadržaja proteina u zrnu i prinosa zrna. Osim korelacije prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnu za praktično oplemenjivanje važne su i korelacije prinosa i sadržaja proteina u zrnu s ostalim pokazateljima pekarske kakvoće. Cilj ovog rada bio je usporediti varijabilnost agronomskih svojstava i svojstava pekarske kakvoće između i unutar F₄ potomstva kod četiri križanja ozime pšenice, te procijeniti fenotipske korelacije između svojstava.

U ovom istraživanju su analizirana agronomska svojstava i indirektni pokazatelji pekarske kakvoće u pokusu koji je uključivao F₄ potomstva od četiri biparentalna križanja pšenice provedena prema shemi NC II (Lela×Prima, Lucija×Prima, Lucija×Bc Mira i Lela×Bc Mira)

Analizom varijance su utvrđene statistički značajne razlike između križanja za prinos zrna, hektolitarsku masu i sedimentacijsku vrijednost dok za visinu, sadržaj proteina i Pelshenke vrijednost ove razlike nisu bile značajne.

Prosječna vrijednost prinosa i hektolitarske mase svih potomstava kao i najboljih pet potomstava bila je najveća za križanje Lela×Bc Mira. Stoga ovo križanje možemo izdvojiti kao perspektivno za razvoj linija/sorti visokog potencijala za prinos i pekarsku kakvoću.

Kod svih četiri križanja utvrđena je pozitivna korelacija između sadržaja proteina u zrnu i Zelenu sedimentacijske vrijednosti, što se može uzeti u obzir pri odabiru genotipova za vrhunsku pekarsku kakvoću.

Ključne riječi: pšenica, prinos, pekarska kakvoća, fenotipske korelacije, agronomska svojstva

ABSTRACT

Grain yield and grain quality are two major targets in wheat breeding programs, which determine the economic value of a wheat cultivar. However, it has been difficult to improve these two traits simultaneously due to the negative relationship between them. Therefore, a possible breeding strategy is to identify genotypes/lines with favorable deviation from this and many experiments are focused on the improvement of both grain yield and protein content. Correlations of grain yield and protein content with other indicators of bread-making quality are also of great importance. The aim of this study was to compare the variability of agronomic and bread-making quality traits in F₄ generations of four winter wheat crosses and to estimate the phenotypic correlations between these traits.

In the present study, agronomic and bread-making quality traits were analysed in the experiment including the F₄ generations of four biparental crosses of wheat set up according to NC II scheme (Lela×Prima, Lucija×Prima, Lucija×Bc Mira and Lela×Bc Mira).

There were significant differences among crosses for grain yield, test weight and sedimentation value, whereas the differences for height, protein content and Pelshenke value were not significant.

The mean value of yield and test weight in all progenies, as well as in five best progenies, were the highest for the cross Lela×Bc Mira. Therefore, this cross can be marked as perspective for development of cultivars with high grain yield and bread-making quality.

A positive correlation between protein content and Zeleny sedimentation value was determined in all four crosses, which can also be important in selecting the genotypes with best bread-making quality.

Keywords: wheat, yield, bread-making quality, phenotypic correlations, agronomic traits

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	2
2.1. Porijeklo i značaj pšenice	2
2.3. Oplemenjivanje i pekarska kakvoća pšenice	3
2.2.1. Prinos zrna	4
2.2.2. Kakvoća pšenice	5
2.3. Gnojidba	5
2.4.1. Korelacija između prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnu	8
2.4.2. Korelacije između pokazatelja pekarske kakvoće	9
3. MATERIJALI I METODE	10
3.1. Biljni materijal	10
3.2. Postavljanje i dizajn pokusa	10
3.3. Agrotehnički postupci	11
3.4. Mjerenje agronomskih svojstava	11
3.5. Određivanje pekarske kakvoće pšenice	11
3.5.1. Određivanje sedimentacijske vrijednosti (ZSV)	11
3.5.2. Određivanje sadržaja proteina	11
3.5.3. Određivanje Pelshenke vrijednosti (PV)	11
3.6. Statističke analize	12
4. REZULTATI	13
4.1. Analiza varijance	13
4.2. Deskriptivna statistika	14
4.3. Korelacije između svojstava	17
5. RASPRAVA	21
6. ZAKLJUČCI	23
7. LITERATURA	24

1.UVOD

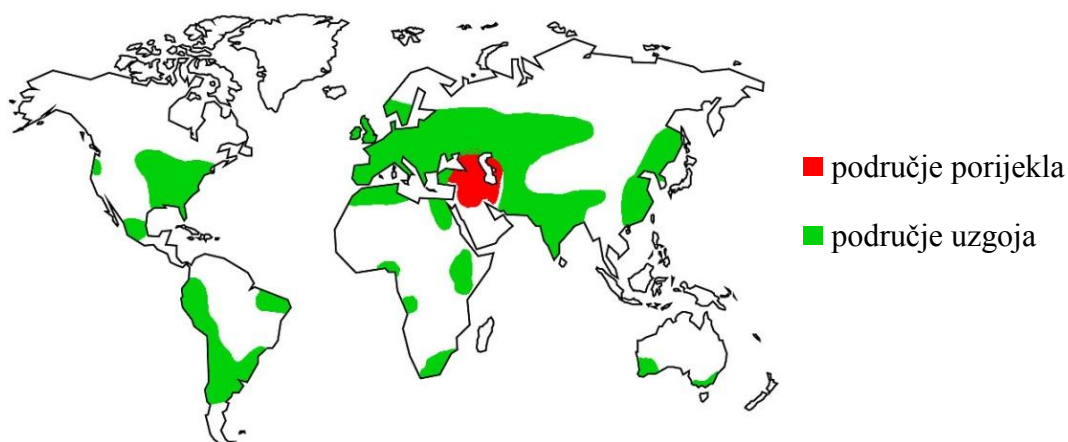
Pšenica (*Triticum aestivum* L.) je najznačajniji ratarski usjev u svijetu. Ima ogromno gospodarsko značenje, visoki genetski potencijal rodnosti te se koristi u prehrambenoj industriji za proizvodnju kruha, tjestenine, grisa, ulja iz klica, škroba, alkohola itd. Upotrebljava se i u pivarskoj i farmaceutskoj industriji te za ishranu stoke. U svijetu se obična ili krušna (*Triticum aestivum* L.) i tvrda (*Triticum turgidum* L. ssp. *durum*/Desf./Husn.) pšenica uzgajaju na više od 145 milijuna hektara s ukupnom godišnjom proizvodnjom većom od 704 milijuna tona (Food and Agriculture Organization, 2012.). U RH pšenica, nakon kukuruza, zauzima drugo mjesto, sa sjetvenom površinom od 150 do 160 tisuća hektara i prosječnim prinosom od 4 t/ha. Prinos zrna i sadržaj proteina u zrnu, dva su glavna cilja u programima oplemenjivanja pšenice koji određuju ekonomsku vrijednost sorte pšenice. Međutim, teško je istovremeno poboljšati ova dva svojstva zbog njihovog negativnog odnosa (Noaman i sur., 1990.; Simmonds, 1995.; Monaghan i sur., 2001.; Oury i Godin., 2007). Stoga je cilj oplemenjivača pronaći genotipove/linije koji odstupaju od tog odnosa, te su mnoga istraživanja usmjerena prema povećanju i sadržaja proteina u zrnu i prinosa zrna (Monaghan i sur., 2001.; Oury i Grodin, 2007.; Fossati i sur., 2010). Osim korelacije prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnu za praktično oplemenjivanje važne su i korelacije između različitih pokazatelja pekarske kakvoće. Cilj ovog rada bio je usporediti varijabilnost agronomskih svojstava i svojstava pekarske kakvoće kod F_4 potomstava od četiri kombinacije križanja ozime pšenice te procijeniti fenotipske korelacije između svojstava.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Porijeklo i značaj pšenice

Pšenica je kultura koja ima veliko gospodarsko značenje. Globalno, ona je najvažnija prehrambena kultura te kao najvažniji ratarski usjev zauzima blizu jedne četvrtine obradivih površina u svijetu (Kovačević, 2009). Uzgaja se u skoro svim zemljama svijeta, a najveći proizvođači su ujedno i površinom najveće zemlje kao što su Indija, Kina, Francuska, Ruska Federacija i brojne druge. Zbog velike zastupljenosti, pšenica je osnovna hrana velikom dijelu stanovništva i najvažniji izvor ugljikohidrata u zemljama umjerenog pojasa. Krušna pšenica (*Triticum aestivum* L.) zauzima jednu trećinu svih površina zasijanih žitaricama. Zrno meke pšenice je osnovna sirovina u mlinarstvu, koristi se za proizvodnju kruha koji predstavlja osnovnu hranu za 35% svjetske populacije (Martinčić i Kozumplik, 1996).

Osim u ljudskoj prehrani, pšenica se također koristi za ishranu stoke, u papirnoj industriji, kao ogrjev, za proizvodnju ukrasnih predmeta i modnih dodataka. Pšenične klice upotrebljavaju se u kozmetičkoj i farmaceutskoj industriji, a pšenični slad je pronašao primjenu u proizvodnji alkohola i piva.



Slika 1. Područje porijekla i uzgoja obične ili krušne pšenice (*Triticum aestivum* L.)
(izvor: <http://www.cialombardia.org/fattoriascuola/C-frumento.htm>)

Prema nekim zapisima doznajemo da je pšenica bila poznata u Starom Svijetu: Iraku, Maloj Aziji, Kini i Egiptu. U Europi se počela uzgajati prije 5000 godina, a nakon otkrića Novog Svijeta, uzgaja se i u Americi i Australiji. Pšenica spada u red *Poales*, porodicu *Poaceae* (trave), potporodicu *Pooideas*, rod *Triticum*, koji ima najveći opseg kultura i po formama najbogatiji rod od svih žitarica.

Pšenica prema morfološkim svojstvima i biološkim karakteristikama spada u prave žitarice, zajedno sa ječmom, zobi, tritikaleom i raži. Pšenica se jako dobro prilagođava klimi i tlu te ima veliki broj vrsta i kultivara. Do danas su poznate i opisane 22 vrste iz roda *Triticum* L., s mnogo podvrsta i varijeteta. Osnovna podjela pšenice je u dvije osnovne forme, a to su ozima i jara. U Hrvatskoj, ali i svijetu ozima pšenica zauzima veće površine i u prosjeku daje veće i stabilnije prinose od jare, iz čega proizlazi i njihov opći ekonomski značaj. Osim navedenog razlikuju se po kvaliteti zrna, vremenu sjetve, duljini vegetacije, otpornosti na zimu, visoke temperature i sušu. Ozima pšenica ima dulju vegetaciju (oko 270 dana), sije se u jesen, odlikuje ju jače busanje i duže trajanje stadija jarovizacije i svjetlosnog stadija. Nedostaci ozime pšenice u odnosu na jaru su manja otpornost prema suši i visokim temperaturama te slabija kakvoća zrna. Ozime pšenice uzgajaju se u umjerenom pojasu, od pojasa subtropske klime do 60-tog^o sjeverne širine (Pruckov, 1972). Jara pšenica je slabo zastupljena u optimalnom uzgojnom području. Uzgaja se u manje povoljnim uvjetima za ozimu pšenicu, u uvjetima hladnije i suhe klime sa oštrim zimama, ima kraću vegetaciju (oko 130 dana), bolju kakvoću zrna te bolje podnosi sušu i visoke temperature.

2.3. Oplemenjivanje i pekarska kakvoća pšenice

Budući da su biljke osnovni izvor hrane za ljude, oplemenjivanjem se nastoje poboljšati nasljedna svojstva biljke s ciljem povećanja njezine produktivnosti. Promatrajući biljke uočavamo njezin vanjski izgled ili fenotip, koji može imati različite karakteristike, a koje uvjetuju genetski - nasljedni čimbenici (geni) i vanjski - agroekološki čimbenici.

Genetski čimbenici su geni preko kojih možemo oplemenjivanjem utjecati na povećanje prinosa (putem komponenti prinosa kao što su veličina klasa te veličina i masa zrna odnosno svih krajnjih proizvoda određenog kultivara) na različite otpornosti (niske i visoke temperature, bolesti i štetnike, polijeganje) te učinak fotosinteze (kraća ili dulja vegetacija, duljina trajanja zelene površine biljke, lista, klasa, stabljike, erektoidni položaj lista itd.

Svako oplemenjivanje započinje izradom modela križanja i izborom roditeljskih parova koji najbolje odgovaraju zadanom cilju oplemenjivanja kod strnih žita. Metode u oplemenjivanju pšenice su introdukcija, selekcija i hibridizacija. Kod pšenice, kao i kod drugih kultivara ciljevi oplemenjivanja se mogu podijeliti u dvije kategorije: povećanje prinosa i povećane kakvoće (zrna, brašna i krajnjeg proizvoda).

Oplemenjivanje pšenice na kakvoću počinje početkom 20-tog stoljeća i kasnije dobiva sve veći zamah. U oplemenjivačkim programima parametri kakvoće razlikuju se prema specifičnosti uzgoja, potrebama tržišta i tradiciji pojedinih regija (Denčić i sur., 2008). U prvim godinama selekcije testira se sadržaj i kakvoća proteina te struktura zrna. Kasnije, obično u F_5 i F_6 generaciji, ispituju se tehnološke karakteristike mjerenjem visoko – elastičnih karakteristika tijesta, ponašanje tijesta nakon miješanja te se provodi ocjenjivanje kruha kao konačnog proizvoda. Veoma važan parametar kakvoće u posljednje vrijeme je Hagberg-ov broj padanja (HFN) koji na osnovi viskoziteta vodene suspenzije brašna definira aktivnost alfa – amilaze u razgradnji škroba do jednostavnih šećera (Mansour, 1993). Osim navedenih metoda određivanja pekarske kakvoće, kakvoću pšenice određenog kultivara može se odrediti pomoću elektroforeze (Javornik, 1989). Punu informaciju o kvaliteti brašna i pecivosti kruha oplemenjivač dobiva tek na kraju oplemenjivačkog procesa, što često može biti kasno ukoliko je postavljeni cilj selekcije visoka kakvoća.

2.2.1. Prinos zrna

Prinos zrna pšenice je kvantitativno svojstvo, niske do srednje heritabilnosti, koje nadziru brojni geni većeg i manjeg učinka, prvenstveno geni s aditivnim efektom, a manje geni koji pokazuju dominantni i epistatički učinak na čiju izražajnost u značajnoj mjeri djeluju okolni činitelji (Martinčić i Kozumplik 1996). Komponente prinosa zrna čine broj klasova na određenoj površini, broj zrna po klasu i prosječna masa jednog zrna (Poehlman, 1983). Budući da su ova tri svojstva međusobno ovisna, oplemenjivanjem nije moguće poboljšati samo jedno svojstvo. Prema Martinčiću i Javorniku (1996) na prinos utječu i mnoga morfološka i fiziološka svojstva: visina i čvrstoća stabljike, otpornost na bolesti i štetnike, tolerantnost i otpornost na nepovoljne vanjske čimbenike, duljina vegetacije, razvijenost korijenovog sustava, sposobnost usvajanja hranjiva, žetveni indeks, ranozrelost i slično.

2.2.2. Kakvoća pšenice

Budući da je proizvodnja pšenice uglavnom namijenjena ishrani ljudi, mora imati određenu kakvoću, kako bi zadovoljila proizvođača, prerađivača i potrošača. Kakvoća pšenice je kompleksno svojstvo koje se nasljeđuje genetski, iz potomstva u potomstvo. Pod jakim je utjecajem vanjskih čimbenika, u pozitivnom ili negativnom smislu. Ocjene i norme kakvoće pšenice su različite. U SAD-u kod pšenice razlikuju trgovačku vrijednost, mlinarsku kakvoću i kakvoću pečenja te hranidbenu vrijednost zrna pšenice (Martinčić i Kozumplik 1996). U Republici Hrvatskoj kultivari pšenice se svrstavaju u kategoriju kvalitetnih i nekvalitetnih kultivara čija kakvoća proizlazi iz njenih fizičkih i kemijskih obilježja u suodnosu sa zrnom, brašnom, kruhom i ostalim proizvodima. Kvalitetno zrno mora biti dobrog izgleda, krupno i ujednačeno, ispunjeno, visoke mase 1000 zrna i hektolitarske mase, bez primjesa i neoštećeno. Pored navedenog kakvoća zrna ocjenjuje se na temelju sedimentacijske vrijednosti, sadržaja ukupnih proteina te sadržaja vlažnog i suhog glutena. Kvaliteta pšenice najviše ovisi o količini i kvaliteti glutena. Gluten je složeni polimer koji se sastoji od 50 različitih proteina i omogućuje razvoj viskoznih i elastičnih svojstava tijesta (Shewry i sur., 1997).

2.3. Gnojidba

Tijekom zadnjih 50 godina, gnojidba dušikom znatno je doprinijela povećanju prinosa zrna, naročito kod žitarica. Osim na povećanje prinosa zrna, gnojidba dušikom utječe i na količinu i na sastav proteina, (Le Gouis i sur., 2000) kao glavnog čimbenika pekarske kakvoće kod pšenice. Iako je odgovarajuća gnojidba dušikom neophodna za postizanje visoke kakvoće zrna, procjenjuje se da se samo 40-60% dušika iz gnojiva usvaja od strane biljke i taj postotak se smanjuje s povećanjem količine dodanog dušika. Posljedica toga je zadržavanje veće količine dušika u tlu što dovodi do zagađivanja okoliša (Ortiz-Monasterio i sur., 1997.; Foulkes i sur., 1998.; Guarda i sur. 2004).

Le Gouis i sur. (1996) su procijenili utjecaj gnojidbe s dušikom (0 i 170 kgN/ha) na prinos zrna 26 genotipova i utvrdili su da se kod gnojidbe N_0 prinos zrna ovisno o genotipu kretao u rasponu od 4.0 do 7.4 t/ha i bio je manji u odnosu na gnojidbu N_{170} gdje su zabilježili prinos zrna u rasponu od 6.0 do 9.4 t/ha.

Sylvester-Bradley i sur. (2009) na temelju svog istraživanja provedenog na 120 genotipova uz primjenu gnojidbe u količini od 0 do 300 kgN/ha izvještavaju o smanjivanju prinosa zrna sa 12.2 t/ha na 7.4 t/ha sa smanjivanjem količine dodanog dušika.

Shi i sur. (2010) također su ispitivali utjecaj gnojidbe uz dodatak 0, 130 i 300 kgN/ha na prinos zrna. Kod N_0 zabilježen je najmanji prinos zrna (N_0 -2.04 t/ha, N_{130} -4.19 t/ha, N_{300} -4.38 t/ha), u odnosu na primjenu 300 kgN/ha gdje je zabilježen prinos od 4.38 t/ha.

Brojni autori su utvrdili da smanjena razina gnojidbe utječe na smanjenje prinosa zrna (Ortiz-Monasterio i sur., 1997.; Kanampiu i sur., 2003.; Gaju i sur., 2011.; Pask i sur., 2012).

Brojna istraživanja su pokazala da primjena dušičnog gnojiva utječe na povećanje sadržaja proteina u zrnu i općenito, na povećanje pekarske kakvoće genotipova (Parades-Lopez i sur., 1985.; Guarda i sur., 2004.; Horvat i sur. 2006c.; Varga i sur., 2007.; Shi i sur. 2010.; Abedi i sur., 2011).

U istraživanju provedenom sa deset genotipova i pet tretmana gnojidbe (0, 75, 150 i 300 kgN/ha) Ortiz-Monasterio i sur. (1997) su nastojali odrediti utjecaj gnojidbe na sadržaj proteina u zrnu pšenice. Kod N_0 , sadržaj proteina u zrnu između genotipova kretao se od 9.4% do 9.9%, a kod N_{75} od 9.5% do 10.4%.

Wieser i sur. (1998) su u ispitivanju utjecaja gnojidbe (0, 40, 120, 180 i 200 kg N/ha) na sadržaj proteina u zrnu 13 genotipova ozime pšenice istaknuli da smanjenje razine gnojidbe ovisno o genotipu utječe i na smanjivanje sadržaja proteina u zrnu.

Iqtidar i sur. (2006) su ispitivali utjecaj gnojidbe 0, 50, 100, 150 i 200 kg/ha na sadržaj proteina u zrnu pšenice. Rezultati su pokazali da su različite razine gnojidbe kod svih ispitivanih genotipova imale značajan utjecaj na sadržaj proteina u zrnu i da se sadržaj proteina u zrnu smanjivao sa smanjivanjem količine dodanog dušika. Najmanji sadržaj proteina zabilježen je kod gnojidbe N_0 u iznosu od 8.6%, a najveća vrijednost kod primjene gnojidbe od 200 kgN/ha u iznosu od 14.2%.

Jukić (2013) je na temelju trogodišnjeg istraživanja provedenog na 19 genotipova pšenice kod različite razne gnojidbe (N_{80} i N_{180}) utvrdila da je sadržaj proteina u zrnu bio u pozitivnoj korelaciji sa sedimentacijskom vrijednosti i sadržajem vlažnog glutena te je veća vrijednost

korelacije zabilježena kod reducirane gnojidbe (N_{80}) u odnosu na optimalnu razinu gnojidbe (N_{180}) gdje je za oba svojstva utvrđena vrijednost korelacije $r=0.77^*$: $r=0.76$. Također je kod obje razine gnojidbe utvrđena negativna korelacija između sadržaja vlažnog glutena i gluten indeksa. Vrijednost korelacije je bila veća kod reducirane gnojidbe u odnosu na optimalnu ($r = -0.53^{**}$: $r = -0.49^{**}$). Prinos zrna bio je u negativnoj korelaciji sa hektolitarskom masom i sedimentacijskom vrijednosti, a korelacije su imale podjednaki iznos kod obje razine gnojidbe i kretale su se u rasponu od -0.52^* do -0.72^{**} .

2.4. Korelacije između agronomskih svojstava i pokazatelja pekarske kakvoće

U istraživanju 50 genotipova ozime pšenice Aydin i sur. (2010) određivali su korelacije indirektnih pokazatelja pekarske kakvoće i agronomskih svojstava na dvije lokacije: pri uvjetima s malom količinom oborina i sa većom količinom oborina. U uvjetima s većom količinom oborina utvrđena je pozitivna korelacija prinosa zrna sa visinom biljke ($r=0.417^{**}$), te negativna korelacija sa sadržajem proteina u zrnu, Zeleny sedimentacijskom vrijednosti i masom 1000 zrna ($r=-0.445^{**}$, $r=-0.406^{**}$, $r=-0.038^{**}$). U okolini sa manjom količinom oborina utvrđena je pozitivna korelacija prinosa zrna sa visinom biljke ($r=0.196^{**}$) i masom 1000 zrna ($r=0.151^*$), te negativna korelacija sa sadržajem proteina u zrnu ($r=-0.422^{**}$) i Zeleny sedimentacijskom vrijednosti ($r=-0.110$).

Borders i sur. (2013) proveli su dvogodišnje istraživanje na 196 genotipa ozime pšenice te su utvrdili pozitivnu korelaciju prinosa zrna sa masom 1000 zrna ($r=0.30$), a negativnu korelaciju s visinom biljke ($r=-0.80$) i brojem dana do klasanja ($r=-0.24$).

Na temelju istraživanja na 30 linija krušne pšenice i njihovim roditeljima Singht i sur. (2015) izvještavaju o negativnoj korelaciji broja dana do klasanja sa visinom biljke ($r=-0.41^{**}$), sedimentacijskom vrijednosti ($r=-0.34^{**}$) i sadržajem proteina u zrnu ($r=-0.21^*$). Utvrdili su i pozitivnu korelaciju između visine biljke i hektolitarske mase ($r=0.29^{**}$). Sadržaj vlažnog glutena bio je u korelaciji sa sedimentacijskom vrijednosti ($r=0.42^{**}$) i sadržajem proteina ($r=0.42^*$), te je zabilježena i pozitivna korelacija između sedimentacijske vrijednosti i sadržaja proteina u zrnu u iznosu $r=0.46^{**}$. Nije utvrđena značajna korelacija između sadržaja proteina u zrnu i broja dana do klasanja, visine biljke, sedimentacijske vrijednosti i hektolitarske mase.

2.4.1. Korelacija između prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnu

Najvažnije agronomsko svojstvo, prinos zrna i najvažniji pokazatelj pekarske kakvoće, sadržaj proteina u zrnu kontrolirani su velikim brojem gena čija je ekspresija pod velikim utjecajem okoline (Groos i sur. 2003). Iako je brojnim istraživanjima dokazana negativna korelacija između prinosa zrna i sadržaja proteina, cilj oplemenjivača je pronalazak genotipova koji odstupaju od tog odnosa te povećanje prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnu.

Cox i sur. (1985) na temelju poljskog pokusa provedenog na 96 linija pšenice u F₅ generaciji kod reducirane (80 kg/ha) i optimalne (180 kg/ha) gnojidbe utvrdili su postojanje negativne korelacije prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnu u iznosu od -0.29** do 0.37**.

Noaman i sur. (1990) na temelju dvogodišnjeg istraživanja na 60 linija ozime pšenice u F₅ i F₆ generaciji utvrdili su negativnu korelaciju između prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnu u iznosu od -0.15 ns do -0.43**.

Fossati i sur. (2010) također su na osnovi višegodišnjih pokusa na oplemenjivačkim linijama i genotipovima pšenice utvrdili vrlo visoku negativnu korelaciju između prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnu ($r=-0.60^{**}$).

Na temelju trogodišnjeg istraživanja na 13 genotipova ozime pšenice Monaghan i sur. (2001) izvještavaju o odnosu prinosa zrna i sadržaja proteina. U prvoj godini istraživanja nisu utvrdili značajnu korelaciju između prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnu ($r=0.25$ ns), dok je negativna korelacija između ova dva svojstva u iznosu od $r=-0.61^{**}$ utvrđena u drugoj godini istraživanja te u iznosu od $r=-0.49^{**}$ u trećoj godini istraživanja.

Lovrić (2015) je na temelju istraživanja provedenog na dva križanja ozime pšenice Golubica×Emesse i Verbunkos×Soissons u F₄ generaciji utvrdila pozitivnu korelaciju između prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnu u vrijednost od 0.39** kod križanja G×E te nešto manju vrijednost korelacije (0.11) kod križanja V×S. U F₅ i F₆ generaciji kod križanja G×E i V×S nisu utvrđene značajne korelacije između ova dva svojstva (0.17 vs 0.05).

2.4.2. Korelacije između pokazatelja pekarske kakvoće

Zeleny i sur. (1960) su na temelju miksografske krivulje i vrijednosti sedimentacije na 159 linija jare pšenice u F₃ generaciji utvrdili pozitivnu korelaciju između sadržaja proteina i sedimentacijske vrijednosti u iznosu od 0.52**.

Fischer i sur. (1989) su na osnovi fenotipskih korelacija u F₃ i F₇ generaciji utvrdili pozitivne korelacije između sadržaja proteina u zrnu i sedimentacijske vrijednosti (0.68 vs. 0.61). Također su utvrdili i pozitivne korelacije između sadržaja proteina u zrnu i Pelshenke vrijednosti u obje generacije (0.33 vs 0.43) dok su u F₇ generaciji utvrdili negativnu korelaciju prinosa zrna sa sadržajem proteina u zrnu, SDS sedimentacijom i Pelshenke vrijednosti ($r=-0.41$ do -0.82).

Na osnovi istraživanja na 30 linija pšenice u F₄ generaciji Branlard i sur. (1992) utvrdili su pozitivnu korelaciju sadržaja proteina u zrnu sa sedimentacijskom vrijednosti ($r=0.739^{**}$) i sa Pelshenke vrijednosti ($r=0.993^{**}$), a utvrđena je visoka pozitivna korelacija između Zeleny sedimentacijske vrijednosti i Pelshenke vrijednosti u iznosu od 0.720**.

Na temelju dvogodišnjeg istraživanja 14 genotipova pšenice uz primjenu 120 kgN/ha Tayyar (2010) je zabilježio negativnu korelaciju između prinosa zrna i sedimentacijske vrijednosti ($r=-0.362^{**}$). Korelacija prinosa zrna sa sadržajem proteina u zrnu nije utvrđena.

Lovrić (2015) je proučavala fenotipske korelacije između agronomskih svojstva i pokazatelja pekarske kakvoće za F₄, F₅ i F₆ generaciju kod križanja Golubica×Emesse (G×E) i Verbunkos×Sopissons (V×S). U F₄ i F₅ generaciji utvrdila je pozitivnu korelaciju prinosa zrna sa sadržajem vlažnog glutena (0.31* i 0.04) i sedimentacijskom vrijednosti (0.36** i 0.33**) kod križanja G×E. Kod križanja V×S prinos zrna bio je u pozitivnoj korelaciji sa visinom biljke (0.55** u F₄ generaciji i 0.54** u F₅ generaciji). Kod križanja V×S masa 1000 zrna kod sve tri generacije bila je u pozitivnoj korelaciji sa sadržajem proteina u zrnu, sedimentacijskom vrijednosti i visinom biljke u rasponu od 0.29 do 0.60**, dok kod križanja G×E nije bila u korelaciji niti sa jednom ispitivanim svojstvom. Kod križanja V×S Pelshenke vrijednost je bila u pozitivnoj korelaciji sa masom 1000 zrna ($r=0.32^*$) i sedimentacijskom vrijednosti ($r=0.36^{**}$). Zabilježene je pozitivna korelacija visine biljke s gluten indeksom ($r=0.36^{**}$), te negativna korelacija s brojem dana do klasanja ($r=-0.38^{**}$).

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Biljni materijal

Na pokusnom polju Bc Instituta Zagreba provedena su u vegetacijskoj godini 2008/2009 četiri biparentalna križanja prema shemi NC II. U istraživanje su bila uključena kao roditelji četiri kultivara ozime pšenice širokog raspona prinosa i pekarske kakvoće: Lela i Lucija kao majke, a Prima, i Bc Mira kao očevi (Tablica 1.). Tijekom dvije vegetacijske sezone uzgojena su F₁ odnosno F₂ potomstva. Izabrani pojedinačni F₂ klasovi sijani su u 2010/11. kao F₃ generacija u rijetkom sklopu. Iz svakog križanja uzeto je po 50 slučajnih F₃ biljaka, koje su pojedinačno ovršene da bi se dobilo sjeme F₄ potomstava.

Tablica 1. Pregled genotipova pšenice uključenih u istraživanje po institucijama

Genotip	Institucija podrijetla	Godina priznavanja
Lela	Poljoprivredni institut Osijek	2006.
Lucija	Poljoprivredni institut Osijek	2001.
Prima	Bc Institut d.d. Zagreb	2001.
Bc Mira	Bc Institut d.d. Zagreb	2007.

3.2. Postavljanje i dizajn pokusa

U 2012/2013. vegetacijskoj sezoni sijana su F₄ potomstva (50 po križanju) u parcelice od 3 reda bez ponavljanja s međurednim razmakom od 20 cm i razmakom između parcelica od 40 cm. U svaki red sijano je 80 zrna.

3.3. Agrotehnički postupci

Korišteni su uobičajeni agrotehnički postupci u proizvodnji pšenice. Predusjev pšenici bio je stočni grašak. Obrada tla uključivala je duboko oranje, tanjuranje i predsjetvenu pripremu rotodrljačom. U osnovnoj gnojidbi dodano je 400 kg/ha NPK (10:20:30) i 100 kg/ha UREA-e. Nakon sjetve površina je tretirana herbicidom Dicuran forte. Prihrana je izvršena u proljeće u dva navrata (busanje i početak vlatanja) s po 180 kg KAN-a/ha.

3.4. Mjerenje agronomskih svojstava

U vegetaciji je za svaku parcelicu ocijenjen prosječni datum klasanja (50% biljaka u parceli izbacilo bazu klasa iznad zastavice) i izmjerena prosječna visina biljaka (od tla do baze klasa). Broj dana do klasanja izražen je kao broj dana od 1. siječnja do prosječnog datuma klasanja. Nakon žetve, za svaku parcelicu izmjerena je vlaga zrna i hektolitarska masa uz pomoć vlagomjera Dicky John GAC 2100 AGRI. Prinos zrna preračunat je na 13% vlage.

3.5. Određivanje pekarske kakvoće pšenice

3.5.1. Određivanje sedimentacijske vrijednosti (ZSV)

Sedimentacijska vrijednost (ml) određena je pomoću Zeleny sedimentacijskog testa (Zeleny, 1947) prema normi HRN EN ISO 5529:2010.

3.5.2. Određivanje sadržaja proteina

Sadržaj proteina u zrnju određen je pomoću uređaju Perten DA NIR 7250 u akreditiranom laboratoriju Konmarklab d.o.o.

3.5.3. Određivanje Pelshenke vrijednosti (PV)

Pelshenke test je proveden prema metodi AACC 56-60 (1976). Za određivanje Pelshenke vrijednosti odmjereno je 4 g uzorka brašna dobivenog mljevenjem cijeloga zrna. 4 g brašna pomiješano je s 2.25 ml suspenzije kvasca (10 g kvasac + 100 ml destilirane vode) iz čega je

načinjena kuglicu tijesta. Kuglica je stavljena u prozirnu plastičnu čašu s vodom koja je inkubirana na 32°C. Tijekom inkubacije kuglice tijesta prvo potonu na dno laboratorijske čaše, a zatim se kako napreduje fermentacija (oslobođenje CO₂) dižu na površinu vode. Nakon određenog vremena kuglica tijesta se počinje raspadati i u komadićima pada na dno čaše. Mjerenjem vremena proteklog između stavljanja loptice tijesta u vodu i početka raspadanja tijesta dobivena je Pelshenke vrijednost u minutama. Svaki uzorak (genotip) rađen je u paraleli (dvije kuglice su zamiješene i stavljene u odvojene čaše) iz čega je izračunata prosječna Pelshenke vrijednost.

3.6. Statističke analize

Radi usporedbe križanja u F₄ generaciji, izračunata je aritmetička sredina, minimum, maksimum te varijacijski koeficijent (deskriptivna statistika).

Izračunati su Pearsonovi korelacijski koeficijenti između različitih agronomskih svojstava i indirektnih pokazatelja pekarske kakvoće. Analiza varijance provedena je za sva potomstva kao i za najboljih pet potomstava (simulacija selekcije intenziteta od 10%) iz svakog križanja u statističkom programskom paketu SAS/STAT (SAS Institute Inc., 2009).

4. REZULTATI

4.1. Analiza varijance

U Tablicama 2. i 3. su prikazani rezultati analize varijance (ANOVA) za agronomska svojstva i indirektni pokazatelje pekarske kakvoće za F₄ potomstva četiri kombinacije križanja pšenice. Iz Tablice 2. vidljivo je da su kod ANOVA-e za sva potomstava križanje i ženski roditelj (F) kao izvori varijabilnosti bili visoko značajni za prinos zrna i hektolitarsku masu. Muški roditelj (M) kao izvor varijabilnosti bio je značajan samo kod hektolitarske mase. Interakcija M×F nije imala značajan utjecaj niti na jedno agronomsko svojstvo. Kod ANOVA-e za najboljih pet potomstava sva tri pojedinačna izvora varijabilnosti, križanje, muški roditelj (M) i ženski roditelj (F) bili su značajni za prinos zrna i hektolitarsku masu. Kod visine utvrđen je samo značajan utjecaj križanja na pet najboljih potomstava. Interakcija M×F bila je značajna za hektolitarsku masu i visinu, dok za prinos zrna nije bila značajna.

Tablica 2. Analiza varijance (signifikantnost F) za agronomska svojstva za F₄ potomstva četiri kombinacije križanja pšenice

Izvor varijabilnosti	Prinos zrna (kg/ha)	Hektolitarska masa (kg/hl)	Visina (cm)
Sva potomstva			
Križanje	**	**	ns
Muški roditelj (M)	ns	**	ns
Ženski roditelj (F)	**	**	ns
M×F	ns	ns	ns
Najboljih 5 potomstava			
Križanje	**	**	*
Muški roditelj(M)	*	**	ns
Ženski roditelj (F)	**	**	ns
M×F	ns	**	*

ns-nije signifikantno, * i **-signifikantno uz P<0.05 odnosno P<0.01

Kod indirektnih pokazatelja pekarske kakvoće (Tablica 3.) za sva potomstva sva tri pojedinačna izvora varijabilnosti, križanje, muški roditelj (M) i ženski roditelj (F) bili su značajni samo za sedimentacijsku vrijednost. Interakcija M×F nije imala značajan utjecaj niti na jedno svojstvo. Kod najboljih pet potomstava, križanje je imalo značajan utjecaj na sadržaj proteina i Pelshenke vrijednost, dok je ženski roditelj bio značajan samo za Pelshenke vrijednost. Interakcija M×F bila je značajna za sve pokazatelje osim za sedimentacijsku vrijednost.

Tablica 3. Analiza varijance (signifikantnost F) za indirektno pokazatelje kakvoće za F₄ potomstva četiri kombinacije križanja pšenice

Izvor varijabilnosti	Sadržaj proteina (%)	Sedimentacijska vrijednost (ml)	Pelshenke vrijednost (min)
Sva potomstva			
Križanje	ns	**	ns
Muški roditelj (M)	ns	*	ns
Ženski roditelj (F)	ns	**	ns
M×F	ns	ns	ns
Najboljih 5 potomstava			
Križanje	*	ns	*
Muški roditelj(M)	ns	ns	ns
Ženski roditelj (F)	ns	ns	*
M×F	*	ns	*

ns-nije signifikantno, * i **-signifikantno uz P<0.05 odnosno P<0.01

4.2.Deskriptivna statistika

U Tablici 4. je prikaz deskriptivne statistike za agronomska svojstva, visinu biljke, prinos zrna i hektolitarsku masu zrna u F₄ generaciji četiriju križanja. Najniža prosječna vrijednost F₄ potomstava za visinu biljke utvrđena je za križanje Lela×Bc Mira (63.8 cm), a najviša vrijednost je utvrđena za križanje Lucija×Bc Mira (66.3 cm). Vrijednosti varijacijskog koeficijenta kretale

su se u rasponu od 7.3% (Lela×Bc Mira) do 9.5% koliko je utvrđeno kod križanja Lucija×Bc Mira. Kod najviših pet potomstava najniža prosječna visina biljke iznosila je 72.8 cm (Lucija×Prima i Lela×Bc Mira), a najviša prosječna visina biljke zabilježena je kod Lucija×Bc Mira (78.0 cm).

Tablica 4. Deskriptivna statistika za agronomska svojstva u F₄ generaciji križanja Lela × Prima, Lucija × Prima), Lucija × Bc Mira i Lela × Bc Mira

Križanje	Minimum	Maksimum	Varijacijska širina	Varijacijski koeficijent (CV%)	Prosjek svih potomstava	Prosjek najboljih pet potomstava
visina biljka (cm)						
Lela x Prima	57	78	21	7.7	66.0	74.8
Lucija x Prima	53	75	22	7.4	64.9	72.8
Lucija x Bc Mira	52	82	30	9.5	66.3	78.0
Lela x Bc Mira	55	79	24	7.3	63.8	72.8
Sig#					ns	*
prinos zrna (kg/ha)						
Lela x Prima	3436	12438	9001	24.3	8528	11642
Lucija x Prima	3340	12183	8843	25.8	7423	10648
Lucija x Bc Mira	3108	11863	8754	29.3	7133	11396
Lela x Bc Mira	4603	12701	8099	22.1	8957	12292
Sig#					**	**
hektolitarska masa (g)						
Lela x Prima	77	84	6	1.9	80.5	83.0
Lucija x Prima	76	81	6	1.6	79.1	81.0
Lucija x Bc Mira	73	83	10	2.1	80.4	84.4
Lela x Bc Mira	78	85	7	1.8	81.8	84.4
Sig#					**	**

#signifikantnost razlika između prosjeka križanja: ns-nije signifikantno, * i **-signifikantno uz P<0.05 odnosno P<0.01

Najniža prosječna vrijednost prinosa zrna (7133 kg/ha) utvrđena je kod križanja Lucija×Bc Mira, a najviša kod križanja Lela×Bc Mira (8957 kg/ha). Kod križanja Lucija×Bc Mira varijacijski koeficijent (CV=29.3%) bio je znatno viši u odnosu na ostala križanja. Prosječne vrijednosti prinosa zrna kod najboljih pet potomstva kretale su se u rasponu od 10648 (Lucija×Prima) do 12292 kg/ha (Lela×Bc Mira). Najveće vrijednosti varijacijskih koeficijenata kod agronomskih svojstava utvrđene su za prinos zrna, a najniže za hektolitarsku masu. Za sva tri agronomska svojstva najveći varijacijski koeficijent utvrđen je kod križanja Lucija×Bc Mira. Prosječna vrijednost prinosa i hektolitarske mase svih potomstava kao i najboljih pet potomstava bila je najveća za križanje Lela×Bc Mira.

U Tablici 5. je prikaz deskriptivne statistike za indirektno pokazatelje pekarske kakvoće sadržaj proteina u zrnju, sedimentacijsku vrijednost i Pelshenke vrijednost u F₄ generaciji četiriju križanja.

Tablica 5. Deskriptivna statistika za indirektno pokazatelje pekarske kakvoće u F₄ generaciji križanja Lela × Prima, Lucija × Prima, Lucija × Bc Mira i Lela × Bc Mira

Križanje	Minimum	Maksimum	Varijacijska širina	Varijacijski koeficijent (CV%)	Prosjeak svih potomstava	Prosjeak najboljih pet potomstava
sadržaj proteina u zrnju (%)						
Lela x Prima	8.85	13.6	4.75	9.7	10.92	12.67
Lucija x Prima	9.06	13.6	4.57	8.7	10.89	13.05
Lucija x Bc Mira	9.42	12.3	2.92	5.9	10.85	12.11
Lela x Bc Mira	9.64	13.3	3.62	6.8	11.17	12.94
Sig#					ns	*
sedimentacijska vrijednost (ml)						
Lela x Prima	25.5	49.5	24.0	16.9	35.12	44.8
Lucija x Prima	19.0	52.5	33.5	22.5	31.78	47.5
Lucija x Bc Mira	19.5	44.5	25.0	22.7	28.80	42.5
Lela x Bc Mira	21.5	49.5	28.0	15.9	33.67	44.6
Sig#					**	ns
pelshenke vrijednost (min)						
Lela x Prima	28.0	204.0	176.0	50.0	74.54	146.6
Lucija x Prima	24.5	163.5	129.0	37.7	76.77	147.1
Lucija x Bc Mira	36.5	182.0	145.5	47.4	85.64	168.3
Lela x Bc Mira	42.5	123.5	81.0	27.1	72.79	116.5
Sig#					ns	*

*signifikantnost razlika između prosjeka križanja: ns-nije signifikantno, * i **-signifikantno uz P<0.05 odnosno P<0.01

Sadržaj proteina u zrnju nije se značajno razlikovao između križanja (prosjeak svih potomstava) dok je kod najboljih pet potomstava najveći sadržaj proteina (13.05%) utvrđen za križanje Lucija×Prima. Vrijednost varijacijskog koeficijenta bila je najmanja kod križanja Lucija×Bc Mira (CV=5.9%), a najveća kod križanja Lela×Prima (9,7%).

Najniža prosječna vrijednost za sedimentacijsku vrijednost svih potomstava utvrđena je kod križanja Lucija×Prima, (28.80 ml), dok je najviša vrijednost utvrđena kod križanja Lela×Prima (35.12 ml). Vrijednosti koeficijenta varijacije kretale su se u rasponu od 15.9% (Lela×Bc Mira) do 22.7% (Lucija×Bc Mira). Kod najboljih pet potomstava nisu utvrđene značajne razlike između križanja za sedimentacijsku vrijednost.

Prosječne Pelshenke vrijednosti svih potomstava nisu se signifikantno razlikovale između križanja. Prosječne vrijednosti varijacijskih koeficijenata kretale su se u rasponu od 27.1% do 50.0%. Kod najboljih pet potomstava utvrđene su značajne razlike između križanja s najnižom prosječnom vrijednošću zabilježenom kod križanja Lela×Bc Mira (116.5 min), a najvišom kod križanja Lucija×Bc Mira (168.3 min).

Od svih pokazatelja pekarske kakvoće varijacijski koeficijent je u prosjeku bio najviši za Pelshenke vrijednost, a najniži za sadržaj proteina u zrnu.

4.3. Korelacije između svojstava

U Tablici 6. prikazane su korelacije između proučavanih svojstava u F₄ generaciji kod križanja Lela×Prima. Sadržaj proteina u zrnu bio je u pozitivnoj korelaciji sa sedimentacijskom vrijednosti i hektolitarskom masom, a vrijednosti korelacija su se kretale od 0.53** do 0.70**. Također utvrđena je pozitivna korelacija sedimentacijske vrijednosti i hektolitarske mase u iznosu od 0.40*. Iz rezultata je vidljivo da je prinos zrna u pozitivnoj korelaciji sa visinom biljke (r=0.44*).

Tablica 6. Korelacije između proučavanih svojstava u F₄ generaciji kod križanja Lela × Prima

Svojstvo	Sedimentacijska vrijednost (ml)	Pelshenke vrijednost (min)	Prinos Zrna (kg/ha)	Hektolitarska Masa (kg/hl)	Visina biljke (cm)
Sadržaj proteina u zrnu (%)	0.70 **	0.01	0.04	0.53 **	-0.08
Sedimentacijska vrijednost (ml)		0.06	0.05	0.40 *	-0.26
Pelshenke vrijednost (min)			0.16	0.10	0.24
Prinos zrna (kg/ha)				0.09	0.44 **
Hektolitarska masa (kg/hl)					-0.07

*, ** - korelacijski koeficijent (r) signifikantan kod P<0.05 odnosno P<0.01; ns -r nije signifikantan

Sadržaj proteina u zrnju kod križanja Lucija × Prima (Tablica 7.) bio je u pozitivnoj korelaciji sa sedimentacijskom vrijednosti, Pelshenke vrijednosti i hektolitarskom masom, a vrijednosti korelacija su se kretale od 0.27* do 0.56**. Sedimentacijska vrijednost bila je u slaboj korelaciji sa hektolitarskom masom ($r=0.24^*$). Visina biljke nije bila u korelaciji niti sa jednim svojstvom.

Tablica 7. Korelacije između proučavanih svojstava u F₄ generaciji kod križanja Lucija × Prima

Svojstvo	Sedimentacijska vrijednost (ml)		Pelshenke vrijednost (min)		Prinos zrna (kg/ha)	Hektolitarska masa (kg/hl)		Visina biljke (cm)
Sadržaj proteina u zrnju (%)	0.56	**	0.27	*	-0.04	0.34	**	-0.01
Sedimentacijska vrijednost (ml)			0.11		0.05	0.24	*	-0.08
Pelshenke vrijednost (min)					0.08	0.14		0.10
Prinos zrna (kg/ha)						0.14		0.23
Hektolitarska masa (kg/hl)								0.22

*, ** - korelacijski koeficijent (r) signifikantan kod $P<0.05$ odnosno $P<0.01$; ns -r nije signifikantan

U Tablici 8. prikazane su korelacije između proučavanih svojstava u F₄ generaciji kod križanja Lucija×Bc Mira. Utvrđena je pozitivna korelacija sadržaja proteina u zrnju sa sedimentacijskom vrijednosti u iznosu 0.43**. Sedimentacijska vrijednost bila je u slaboj pozitivnoj korelaciji sa prinosom zrna ($r=0.26^*$). Kod križanja Lucija×Bc Mira zabilježena je pozitivna korelacija prinosa zrna sa hektolitarskom masom ($r=0.25^*$) i visinom biljke (0.35**). Iz rezultata je također vidljivo da je hektolitarska masa u pozitivnoj korelaciji sa visinom biljke ($r=0.43^{**}$).

Tablica 8. Korelacije između proučavanih svojstava u F₄ generaciji kod križanja Lucija × Bc Mira

Svojstvo	Sedimentacijska vrijednost (ml)	Pelshenke vrijednost (min)	Prinos Zrna (kg/ha)	Hektolitarska Masa (kg/hl)	Visina biljke (cm)	
Sadržaj proteina u zrnu (%)	0.43	**	0.10	0.23	0.23	0.07
Sedimentacijska vrijednost (ml)		0.10	0.26	*	0.13	* 0.08
Pelshenke vrijednost (min)			0.14		0.11	0.26
Prinos zrna (kg/ha)				0.25	*	0.35 **
Hektolitarska masa (kg/hl)						0.43 **

*, ** - korelacijski koeficijent (r) signifikantan kod P<0.05 odnosno P<0.01; ns -r nije signifikantan

U Tablici 9. prikazane su korelacije između proučavanih svojstava u F₄ generaciji kod križanja Lela × Bc Mira. Sadržaj proteina u zrnu kod križanja Lela × Bc Mira u F₄ generaciji bio je u pozitivnoj korelaciji sa sedimentacijskom vrijednosti (r=0.73**). Također utvrđena je pozitivna korelacija sedimentacijske vrijednosti sa prinosom zrna i hektolitarskom masom u rasponu od 0.25* do 0.36**. Peleshenke vrijednost nije bila u korelaciji niti sa jednim svojstvom. Zabilježena je pozitivna korelacija prinosa zrna sa hektolitarskom masom (r=0.37**) i visinom biljke (r=0.46**). Utvrđena je pozitivna korelacija hektolitarske mase sa visinom biljke u iznosu od 0.27*.

Tablica 9. Korelacije između proučavanih svojstava u F4 generaciji kod križanja Lela × Bc Mira

Svojstvo	Sedimentacijska vrijednost (ml)	Pelshenke vrijednost (min)	Prinos zrna (kg/ha)	Hektolitarska masa (kg/hl)	Visina biljke (cm)
Sadržaj proteina u zrnu (%)	0.73 **	0.22	0.16	0.13	-0.19
Sedimentacijska vrijednost (ml)		0.18	0.25 *	0.36 **	-0.07
Pelshenke vrijednost (min)			-0.01	0.12	-0.07
Prinos zrna (kg/ha)				0.37 **	0.46 **
Hektolitarska masa (kg/hl)					0.27 *

*, ** - korelacijski koeficijent (r) signifikantan kod $P < 0.05$ odnosno $P < 0.01$; ns -r nije signifikantan

5. RASPRAVA

U ovom radu su analizirana agronomska svojstva i indirektni pokazatelji pekarske kakvoće u pokusu koji je uključivao F₄ potomstva od četiri biparentalna križanja pšenice provedena prema shemi NC II (Lela×Prima, Lucija×Prima, Lucija×Bc Mira i Lela×Bc Mira). Analizom varijance su utvrđene statistički značajne razlike između križanja za prinos zrna, hektolitarsku masu i sedimentacijsku vrijednost dok za visinu, sadržaj proteina i Pelshenke vrijednost ove razlike nisu bile značajne. Ipak i za ova svojstva utvrđene su statistički značajne razlike između križanja kod analize pet najboljih potomstava po križanju (simulacija selekcije intenziteta od 10%). Prosječna vrijednost prinosa i hektolitarske mase svih potomstava kao i najboljih pet potomstava bila je najveća za križanje Lela×Bc Mira. Prosjek potomstava ovoga križanja bio je najveći i za sadržaj proteina u znu kod svih potomstava, a kod izabranih pet potomstava po vrijednosti na drugom mjestu. Stoga ovo križanje možemo izdvojiti kao perspektivno za razvoj linija/sorti visokog potencijala za prinos i pekarsku kakvoću.

Varijabilnost između potomstava za pojedina križanja izražena je računanjem varijacijskih koeficijenata. Najmanje vrijednosti varijacijskih koeficijenata utvrđene su za hektolitarsku masu (1.6% do 2.1%), a najveće za Pelshenke vrijednost (27.1% do 50.0%). Slično su Lovrić i sur. (2015) od pet ispitivanih parametara kakvoće analiziranih u F₄, F₅ i F₆ generacijama dvaju biparentalnih križanja utvrdili najveće varijacijske koeficijente za Pelshenke vrijednost (oko 30%).

U ovom radu su procijenjene i fenotipske korelacije između agronomskih svojstva i indirektnih pokazatelja pekarske kakvoće. Poznavanje povezanosti između ovih svojstava važno je kod simultane selekcije na veći broj svojstava što je redoviti slučaj u svakom oplemenjivačkom programu (Lovrić i sur. 2015).

Iako je u prethodnim istraživanjima pokazano da su prinos zrna i pekarska kakvoća općenito u negativnoj korelaciji (Noaman i sur., 1990; Monaghan i sur., 2001; Aydin i sur. 2011), u provedenom istraživanju, vrijednosti korelacijskih koeficijenata između prinosa zrna i pokazatelja pekarske kakvoće uglavnom su bile oko 0, a kod križanja Lucije i Lele s Bc Mirom utvrđene se slabe pozitivne korelacije prinosa zrna sa sadržajem proteina i sedimentacijskom vrijednošću (Tablice 6, 7, 8 i 9).

Za sva četiri križanja generaciji utvrđene su signifikantne pozitivne korelacije između sadržaja proteina i sedimentacijske vrijednosti. Vrijednosti korelacijskih koeficijenata između navedenih pokazatelja varirale su od 0.43** do 0.73**. To je u skladu sa rezultatima više autora koji su izvjestili o pozitivnoj korelaciji sadržaja proteina sa sedimentacijskom vrijednosti s korelacijskim koeficijentima od 0.52** (Zeleny i sur., 1960), 0.72** (Branlard i sur., 1992), 0.78**, 0.44** (Fossati i sur., 2010), 0.36** (Lovrić, 2015).

Pelshenke vrijednost bila je u pozitivnoj korelaciji sa Zeleny sedimentacijskom vrijednosti u F₄ generaciji za križanje Lucija × Bc Mira (0.26*) i križanje Lela × Bc Mira (0.25*). Branlard i sur. (1992) također izvještavaju o pozitivnoj korelaciji Pelshenke vrijednosti s Zeleny sedimentacijskom vrijednosti u iznosu od $r=0.720^{**}$.

Kod križanja Lucija×Prima i Lela×Prima utvrđena je pozitivna korelacija sadržaja proteina u zrnju sa hektolitarskom masom u rasponu od 0.34** do 0.53**. To je u skladu sa rezultatima (Jukić, 2013) s napomenom da je veća vrijednost koeficijenta korelacije zabilježena kod reducirane gnojidbe s dušikom ($r=0.81^{**}$) u odnosu na optimalnu razinu gnojidbe ($r=0.65^{*}$).

6. ZAKLJUČCI

1. Analizom varijance su utvrđene statistički značajne razlike između križanja za prinos zrna, hektolitarsku masu i sedimentacijsku vrijednost, dok za visinu, sadržaj proteina i Pelshenke vrijednost ove razlike nisu bile značajne.
2. Prosječna vrijednost prinosa i hektolitarske mase svih potomstava kao i najboljih pet potomstava bila je najveća za križanje Lela×Bc Mira. Prosjek potomstava ovoga križanja bio je najveći i za sadržaj proteina u zrnu kod svih potomstava, a kod izabranih pet potomstava po vrijednosti na drugom mjestu. Stoga ovo križanje možemo izdvojiti kao perspektivno za razvoj linija/sorti visokog potencijala za prinos i pekarsku kakvoću.
3. Najmanje vrijednosti varijacijskih koeficijenata utvrđene su za hektolitarsku masu (1.6% do 2.1%), a najveće za Pelshenke vrijednost (27.1% do 50.0%).
4. Kod svih četiri križanja utvrđena je pozitivna korelacija između sadržaja proteina u zrnu i Zeleny sedimentacijske vrijednosti, što se može uzeti u obzir pri odabiru genotipova za vrhunsku pekarsku kakvoću.

7. LITERATURA

1. Abedi T., Alemzadeh A., Kazemeini A. A. (2011). Wheat yield and grain protein response to nitrogen amount and timing. *Australian Journal of Crop Science* 5 (3): 330-336. Approved Methods of the AACCC 1976. Method 56-60. The Association, St Paul, MN.
2. Aydin N., Sermet C., Mut Z., Bayramoglu H, O., Özcan H. (2010). Path analyses of yield and some agronomic and quality traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under different environments. *African Journal of Biotechnology* 9 (32): 5131-5134.
3. Borders J., Ravel C., Jaubertie J. P., Duperrier B., Gardet, O., Heumez E., Pissavy A. L., Charmet G., Le Gouis J., Balfourier F. (2013). Genomic regions associated with the nitrogen limitation response revealed in a global wheat core collection. *Theor. Appl. Genet.* 126: 805-822.
4. Branlard G., Pierre J., Rousset M. (1992). Selection indices for quality evaluation in wheat breeding. *Theor. Appl. Genet.* 84: 57-64.
5. Cox M. C., Qualset C. O., Rains D. W. (1985). Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. II. Nitrogen assimilation in relation to grain yield and protein. *Crop Sci* 25: 435–440.
6. Denčić S., Obreht D., Kobiljski B., Štatkić S., Bede M. (2008). Genetic Determination of breadmaking quality in wheat, 43rd Croatian and 3rd International Symposium on Agriculture.
7. Fischer R. A., O'Brien L., Quail K. J. (1989). Early generation selection in wheat. II. Grain quality. *Australian Journal of Agricultural Research* 40: 1135-1142.
8. Food and Agriculture Organization (2012). Wheat production, <<http://www.faostat.fao.org>> Pristupljeno: 17. lipnja 2016.
9. Fossati D., Brabant C., Kleijer, G. (2010). Yield, protein content, bread making quality and market requirements of wheat. *Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs*, 179-182.

10. Foulkes M. J., Bradely R. S., Scott R. K., (1998). Evidence for differences between winter wheat cultivars in acquisition of soil mineral nitrogen and uptake and utilization of applied fertilizer nitrogen. *Journal of Agricultural Science* 130: 29-44.
11. Gaju O., Allard, V., Martre P., Snape J. W., Heumez E., LeGouis J., Moreau D., Bogard M., Griffiths S., Orford S., Hubbart S., Foulkes M. J. (2011). Identification of traits to improve the nitrogen-use efficiency of wheat genotypes. *Field Crop Research* 123: 139-152.
12. Groos C., Robert N., Bervas E., Charmet G. (2003). Genetic analysis of grain protein-content, grain yield and thousand-kernel weight in bread wheat. *Theoretical and Applied Genetics* 106 (6): 1032-1040.
13. Guarda G., Padovan S., Delogu G. (2004). Grain yield, nitrogen use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy* 21: 181-192.
14. Horvat D., Lončarić Z., Vukadinović V., Drezner G., Bertić B., Dvojković K. 2006c. The influence of mineral fertilization of winter wheat yield and quality. *Cereal Res. Comm.* 34 (1): 429-432.
15. <http://www.cialombardia.org/fattoriascuola/C-frumento.htm>
16. Iqtidar H., Ayyaz K. M., Ahmad K. E. (2006). Bread wheat varieties as influenced by different nitrogen levels. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B* 7(1): 70-78.
17. Jalaluddin M. i Harrison S. A. (1993). Repeability of stability estimators for grain yield in wheat. *Crop Science* 33: 720-725.
18. Javornik B. (1989). Identifikacija sorata pšenice elektroforezom glijadina "Podravka" (7) 1, 63-67.
19. Jukić K. (2013). Heritabilnost i stabilnost prinosa i pekarske kakvoće ozime pšenice pri visokoj i niskoj razini gnojidbe dušikom. *Doktosta disertacija*.
20. Kanampiu F. K., Raun W. R., Johnson G. V.(2003). Effect of nitrogen rate on plant nitrogen loss in winter wheat varieties. *Journal of Plant Nutrition* 20, 389-404.

21. Kovačević V., Rastija M. (2009). Osnove proizvodnje žitarica – interna skripta, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku: 5–16, 30-42.
22. Le Gouis J., Beghin D., Heumez E., Pluchard P. (2000). Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilisation efficiencies in winter wheat. *European Journal of Agronomy* 12: 163-173.
23. Le Gouis J., Pluchard P., (1996). Genetic variation for nitrogen use efficiency in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* 92: 221-224.
24. Lovrić A. (2015). Učinak selekcije kod visoke i niske razine gnojidbe dušikom na prinos i pekarsku kakvoću ozime pšenice. Doktorska disertacija
25. Mansour K. (1993). Sprout damage in wheat and its effect on wheat flour products. *American Assn of Cereal Chemists*.
26. Martinčić J., Kozumplik V. (1996). Oplemenjivanje bilja : teorija i metode, ratarske kulture, Osijek : Poljoprivredni fakultet ; Zagreb : Agronomski fakultet.
27. Monaghan J. M., Snape, J. W., Chojecki A. J. S., Kettlewell P. S. (2001). The use of grain protein deviation for identifying wheat cultivars with high grain protein concentration and yield. *Euphytica* 122: 309-317.
28. Noaman N. N., Taylor G. A., Martin J. M. (1990). Indirect selection for grain protein and grain yield in winter wheat. *Euphytica* 47: 121-130.
29. Ortiz-Monasterio J. I., Pena R. J., Sayre K. D., Rajaram S. (1997). Genetic progress in wheat grain quality under four nitrogen rates. *Crop Science* 37: 892-898.
30. Oury F. X., Godin C. (2007). Yield and grain protein concentration in bread wheat: how to use the negative relationship between two characters to identify favourable genotypes? *Euphytica* 157 (1-2): 45-57.
31. Parades-Lopez O., Covarrubias-Alvarez M. M., Barquin-Carmona J. (1985). Influence of nitrogen fertilization on the physicochemical and functional properties of bread wheats. *American Association of Cereal Chemistry* 62 (6): 427-430.

32. Pask A. J. D., Sylvester-Bradley R., Jamieson P. D., Foulkes M. J. (2012). Quantifying how winter wheat crops accumulate and use nitrogen reserves. *Field Crop Research* 126: 104-118.
33. Poehlman J.M. and Quick J.S. (1983). Crop breeding in a hungry world In *Crop Breeding*, American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison, WI
34. Pruckov F.M. (1976). Ozima pšenica, Izd. 2.pererab.i dop. M. "Kolos" 1976
35. SAS Institute Inc 2009. SAS/ STAT 9.2 Users Guide. SAS Inc. Cary, NC, USA.
36. Shewry P.R., Tithum A.S. (1997). Disulfide bonds in wheat gluten proteins. *Journal of Cereal Science* 25: 207-227
37. Shi R., Zhang Y., Chen X., Sun Q., Zhang F., Römheld V., Zou C. (2010). Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Cereal Science* 51: 165-170.
38. Simmonds N. W. (1995). The relation between yield and protein in cereal grain. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 67: 309-315.
39. Singh J., Chawla V., Garg P., Gupta M., Chugh L. K. (2015). Correlation and path analysis in advanced lines of wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). *Indian Res. J. Genet. & Biotech* 7 (1): 22 – 26.
40. Singh J., Chawla V., Garg P., Gupta M., Chugh L. K. (2015). Correlation and path analysis in advanced lines of wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). *Indian Res. J. Genet. & Biotech* 7 (1): 22 – 26.
41. Sylvester-Bradley R., Kindred D. R. (2009). Analysing nitrogen responses of cereals to prioritize routes to the improvement of nitrogen use efficiency. *Journal of Experimental Botany* 60 (7): 1939-1951.
42. Tayyar S. (2010). Variation in grain yield and quality of romanian bread wheat varieties compared to local varieties in northwestern turkey. *Romanian Biotechnological Letters* 15 (2): 5189-5196.
43. Varga B., Svečnjak Z., Jurković Z., Pospišil M. (2007). Quality responses of winter wheat cultivars to nitrogen and fungicide applications in Croatia. *Acta Agronomica Hungarica* 55 (1): 37-48.

44. Wieser H., Seilmeier W. (1998). The influence of nitrogen fertilization on quantities and proportions of different protein types in wheat flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 76: 49-55.
45. Zeleny L., Greenaway W. T., Gurney G. M., Fifield C. C., Lebsack K. (1960). Sedimentation value as an index of dough-mixing characteristics in early-generation wheat selections. *Cereal Chemistry* 37: 673-678.