

# Učinak selekcije kod dviju razina gnojidbe dušikom na pekarsku kakvoću kod pšenice

---

Žagar, Davor

Master's thesis / Diplomski rad

2016

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:325059>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-04**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
AGRONOMSKI FAKULTET

Davor Žagar

**UČINAK SELEKCIJE KOD DVIJU  
RAZINA GNOJIDBE DUŠIKOM NA  
PEKARSKU KAKVOĆU KOD PŠENICE**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Biljne znanosti

Davor Žagar

**UČINAK SELEKCIJE KOD DVIJU  
RAZINA GNOJIDBE DUŠIKOM NA  
PEKARSKU KAKVOĆU KOD 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. Snježana Kereša \_\_\_\_\_

3. Prof. dr. sc. Ana Pospisil \_\_\_\_\_

## SAŽETAK

Ciljevi ovoga istraživanja su bili kod F<sub>7</sub> potomstava dvaju biparentalnih križanja pšenice Golubica × Emesse (G×E) i Verbunkos × Soissons (V×S) procijeniti fenotipske korelacije između proučavanih svojstava i usporediti ostvareni odgovor na selekciju kod niske i visoke razine gnojidbe dušikom (N). U evaluacijskom pokusu potomstva su uzgajana kod optimalne (180 kgN/ha, N<sub>180</sub>) i reducirane N gnojidbe (80 kgN/ha, N<sub>80</sub>). U F<sub>7</sub> generaciji utvrđena je jaka pozitivna korelacija SP sa sadržajem vlažnog glutena (WGC) i Zeleny sedimentacijskom vrijednosti (ZSV) u rasponu od 0,71\*\* do 0,74\*\* odnosno 0,73\*\* do 0,76\*\*. Ostvareni odgovor na selekciju u evaluacijskom pokusu kod križanja V×S bio je veći kod selekcije provedene kod N<sub>180</sub> nego kod N<sub>80</sub> ( 4% za SP i 10% za WGC). Kod križanja G×E nisu utvrđene signifikantne razlike između dvije selekcijske razine niti za jedno svojstvo. Rezultati upućuju da je selekcija na pekarsku kakvoću kod N<sub>180</sub> jednako učinkovita ili učinkovitija od selekcije kod N<sub>80</sub>.

**Ključne riječi:** ozima pšenica, gnojidba dušikom, pekarska kakvoća, korelacije, selekcija

## **ABSTRACT**

The aims of this study for segregating generations of two biparental wheat crosses in F<sub>7</sub> generation are: to evaluate the phenotypic correlation between studied traits and compare the observed response to selection under high and low levels of nitrogen fertilization. In evaluation trial, progeny was grown with reduced fertilization at 80 kgN/ha and with optimal fertilization at 180 kgN/ha. Strong positive correlation observed among grain protein content, wet gluten content and Zeleny sedimentation value ranged from 0.71 to 0.76. Averaged over evaluation N levels F<sub>7</sub> progenies of the cross V×S produced through HN-selection had 4% higher GPC and 10% higher WGC than F<sub>7</sub> progenies produced through LN-selection with a higher response at LN evaluation level. For the cross G×E differences between two selection levels were not significant for all traits. The results indicate that selection conducted at high N level is more efficient than selection conducted at low N level in improving bread making quality.

**Key words:** winter wheat, nitrogen fertilization, bread-making quality, correlation, selection

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. PREGLED LITERATURE</b> .....	<b>3</b>
2. 1. OPĆENITO O PŠENICI.....	3
2. 2. NAČINI ODREĐIVANJA PEKARSKE KAKVOĆE PŠENICE.....	6
2. 2. 1. KAKVOĆA PŠENICE .....	6
2. 3. KORELACIJE IZMEĐU AGRONOMSKIH SVOJSTAVA I POKAZATELJA PEKARSKE KAKVOĆE .....	7
2. 3. 1. KORELACIJA IZMEĐU PRINOSA ZRNA I SADRŽAJA PROTEINA U ZRNU.....	7
2. 3. 2. KORELACIJA IZMEĐU POKAZATELJA PEKARSKE KAKVOĆE .....	8
2. 4. GNOJIDBA.....	11
2. 4. 1. UTJECAJ REDUCIRANE GNOJIDBE NA PROSJEK SVOJSTVA .....	12
2. 5. SELEKCIJA.....	13
<b>3. CILJEVI RADA</b> .....	<b>15</b>
<b>4. MATERIJALI I METODE</b> .....	<b>16</b>
4. 1. IZBOR RODITELJA ZA KRIŽANJE.....	16
4. 2. ANALIZA AGRONOMSKIH SVOJSTAVA .....	16
4. 3. ODREĐIVANJE PEKARSKE KAKVOĆE PŠENICE .....	16
4. 3. 1. ODREĐIVANJE VLAŽNOG GLUTENA (WG) I GLUTEN INDEKSA (GI) PREMA PERTEN-U... ..	16
4. 3. 2. ODREĐIVANJE BROJA PADANJA PREMA HAGBERGU.....	17
4. 3. 3. ODREĐIVANJE SEDIMENTACIJSKE VRIJEDNOSTI.....	17
4. 3. 4. ODREĐIVANJE SADRŽAJA PROTEINA U ZRNU I SLAMI.....	17
4. 3. 5. ODREĐIVANJE PELSHENKE VRIJEDNOSTI.....	18
4. 4. STATISTIČKE ANALIZE .....	18
<b>5. REZULTATI</b> .....	<b>19</b>
<b>6. RASPRAVA</b> .....	<b>26</b>
<b>7. ZAKLJUČCI</b> .....	<b>27</b>
<b>8. LITERATURA</b> .....	<b>28</b>

## 1. UVOD

Pšenica najvažnija prehrambena kultura i kultura koja se koristi u cijelom svijetu. Ona je zasijana na jednoj četvrtini svih obradivih površina u svijetu. Pšenica se koristi u mlinarstvu, prehrambenoj i farmaceutskoj industriji. Plod pšenice je glavni prehrambeni proizvod koji se koristi za izradu brašna za kruh, tjestenine, kolača i ostalog, te za fermentaciju za izradu piva, alkohola, vodke i biogoriva. Pšenični kruh osnovna je hrana 70% ljudske populacije. Ljuska ploda odvaja se pri izradi brašna i nazivamo je mekinjom.

Prema nekim zapisima i nalazima doznajemo da je pšenica bila poznata prije više od 10 000 godina. Najviše zapisa nađeno je u Starom Svijetu: Iraku, Maloj Aziji, Kini i Egiptu. U Europi počela se uzgajati prije 5000 godina, a nakon otkrića Novog Svijeta, uzgaja se i u Americi i Australiji. Pšenica se jako dobro prilagođava klimi i tlu, te ima puno vrsta i kultivara. Postoje ozime i jare forme pa se zbog toga uzgaja po cijelome svijetu.

Kao što je navedeno, oko 70% stanovništva hrani se pšeničnim kruhom. Pšenični kruh odlikuje se visokim sadržajem bjelančevina kojih ima 16-17%, visokim sadržajem ugljikohidrata – 78%, masti 1,5% te jako dobrom probavljivošću. Od svih tih bitnih svojstava, najbitniji i najvažniji pokazatelj kvalitete pšenice predstavlja količina i kvaliteta bjelančevina u samom zrnu. Kao međunarodni standard pšenice za sadržaj bjelančevina u samom zrnu koristi se 13.5%. Sami sadržaj bjelančevina znatno se mijenja u ovisnosti od područja gdje se uzgaja i koja je količina gnojidbe. Prema nekim istraživanjima, pšenica koja je uzgojena na istoku i jugu ima veći sadržaj bjelančevina od onih na zapadnim i sjevernim područjima uzgoja. Kvaliteta bjelančevina pšeničnog kruha vrlo je visoka, a pri ocijeni pekarskih važnih svojstava pšeničnog brašna veliki značaj ima količina ljepka. Pod nazivom ljepak podrazumjeva se bjelančevinasta masa koja se izdvaja pri ispiranju tijesta vodom. Sami sastav ljepka čine uglavnom bjelančevinaste čestice – glijadin i glutenin. Pšenični kruh jako je bogat vitaminima kompleksa B: B1, B2, PP te sadrži za ljudski organizam važne makro i mikroelemente, kao što su kalcij, fosfor i željezo.

Pšenica ima jako veliki značaj u nizu industrija: mlinarskoj industriji, industriji keksa, kruha, kolača, pivarskoj industriji, farmaceutskoj i ostalim industrijama. Pšenične mekinje koje nastaju kao sporedni produkt pri složenoj meljavi, od omotača, klice i aleuronskog sloja, koriste se u stočarstvu kao koncentrirana hrana. U mekinjama ima jako puno bjelančevina, škroba, šećera, masti, a ima i osjetno više celuloze nego u brašnu – 9%. U ekstenzivnom stočarstvu, slama, a naročito pljeva, služi za samu ishranu stoke. U smjesi s leguminozama,



grahom ili graškom, te u zelenom ili suhm stanju, pšenica dolazi kao kvalitetna stočna hrana. Nešto sitno i slabije zrno koje opadne pri selektiranju može poslužiti za ishranu stoke.

U cjelokupnoj svijetskoj proizvodnji pšenice ozima pšenica zauzima puno veće površine i u prosjeku daje puno veće prinose od jarih formi, i iz toga proizlazi da ima veći cjelokupni opći ekonomski značaj. Osim toga, ozima pšenica daje ne samo veći nego i stabilniji prinos od jarih formi.

Prema površini zasijanosti, u SAD-u ozima pšenica se sije na znatno većim površinama od jare. U Zapadnoj i Srednjoj Europi sije se skoro isključivo ozima pšenica, dok se na bivšem području SSSR-a na više od dvije trećine površine pod pšenicom ugaja jara forma uz prosječno niže prinose. U Hrvatskoj puno veću važnost ima ozima forma pšenice. S ratarskih stajališta ozima i jara forma pšenice često se smatraju gotovo kao dvije različite kulture.

Pšenica pripada redu *Poales*, porodici *Poaceae*, potporodici *Pooideae*, rodu *Triticum*, koji ima najveći opseg kultura i po formama najbogatiji rod od svih žitarica. Za cjelokupnu proizvodnju pšenica od interesa su: obična ili meka pšenica (*Triticum aestivum* L.) sa svoje dvije skupine – ozima i jara forma; i tvrda pšenica (*Triticum durum* L.) koja ima manji značaj, ali je jako važna za proizvodnju brašna koje se koristi za izradu tjestenine zato jer je ljepak ove vrste pšenice velike rastezljivosti i kuhanjem se ne razgrađuje. Meka i tvrda pšenica se razlikuju u nizu svojstava, kao što su oblik klasa, osjatost, formi pljeve, vidljivosti klasnog vretena, popunjenosti vlati, pljevičavosti zrna, obliku i veličini zrna, caklavosti, prema svojstvima klice, bradici, brazdici i ostalim svojstvima. Daleko najveći značaj ima obična ili meka pšenica, *Triticum aestivum* L.

Pravilan i najbolji izbor sorte za određeno područje uzgoja daje nam odgovarajuću sigurnost u proizvodnji, jer najčešće najveći neuspjesi u proizvodnji nastaju zbog nepravilnog određenog sortimenta, tako i zbog nepoznavanja nekih specifičnosti u uzgoju pojedinih sorti. U našoj domaćoj proizvodnji gotovo sve površine zauzimaju visokorodne sorte domaćeg podrijetla. Kod sorata koje se kod nas uzgajaju uglavnom imaju jako zadovoljavajuće otpornosti na zimu i mrazove. ([www.pfos.hr](http://www.pfos.hr))

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2. 1. OPĆENITO O PŠENICI

Razlike između ozimih i jarih pšenica su prema vremenu sjetve, ozima se sije u jesen te prezimljuje u fazi od nicanja do busanja, dok se jara sije u proljeće, prema dužini vegetacije, ozima ima dužu vegetaciju od jare, prema busanju, ozima jače busa od jare pšenice, prema otpornosti na zimu, ozima je puno otpornija na niske temperature, prema dužini stadija jarovizacije, ozima ima znatno duži stadij jarovizacije, prema otpornosti na visoke temperature i sušu, jara je puno otpornija od ozime forme, prema kvaliteti zrna, jara daje puno kvalitetnije zrno i brašno od ozime.

Plod kod pšenice je zrno, a ovisno o vrsti i sorti može biti različite krupnoće (sitno, srednje i krupno). Svaki klas može imati oko 30-40 zrna. Po cijeloj dužini zrna nalazi se brazdica, a na samom vrhu bradica. Lako možemo razlikovati trbušnu, leđnu i bočnu stranu zrna. Trbušna strana je ona strana na kojoj se nalazi brazdica. Apsolutna masa je oko 35-45 grama, a hektolitarska masa između 60 i 85 koligrama. Samo zrno sastoji se od omotača, klice i endosperma. Klica je najmanji, ali biološki najvažniji dio jer se u njoj nalaze svi budući organi biljke. Endosprem čini najveći dio, oko 86% ukupne mase zrna, a u njemu su smještene pričuvne hranjive tvari. Voda u samom zrno se nalazi u granicama od 10-14%, dok je sadržaj vode u zrnu iznad 15% jako nepovoljan jer se teško čuva. U zrnu mast nalazimo u postotku od 1.5 do 2% i to najvećim djelom u klici. Pri složenijoj meljavi klica se odvaja, pa se time brašno može dulje čuvati da se ne pokvari. Većina celuloze se nalazi u omotaču ploda i sjemena s udjelom od 2-3 %. Sami sadržaj celuloze je veći kod pšenice koja je uzgajana u vlažnijim krajevima od onih u sušim, još je veći kod sitnozrnih nego kod krupnozrnatih sorata. Ugljikohidrati čine 64-69% i većina ugljikohidrata smješteni su u endospermu, a škrob je glavni sastojak ekstraktivnih tvari. Mineralne tvari čine fosfor – 50%, kalij – 20-30%, kalcij, magnezij, silicij, željezo i ostali mikro i makroelementi. Bjelančevine odnosno proteini u zrnu pšenice zastupljeni su od 11 do 18%. Sadržaj bjelančevina, najvažnijeg sastojka zrna pšenice ovisi od puno faktora, ponajprije o vrsti i sorti pšenice, klimatskim uvjetima uzgoja, tipu tla i njegovim kemijskim svojstvima, plodnosti i agrotehnici. Ozima forma pšenice sadrži puno manje bjelančevina od jarog tipa, meki tip manje od tvrdog tipa pšenice, brašnjava manje od caklave. Pšenice kod iste sorte uzgajane na aridnim površinama sadrže puno više bjelančevina nego u vlažnim. Vitamina vrste B1, B2, E, K, PP, najviše možemo naći u klici, a puno manje u drugim djelovima zrna.

Također treba istaknuti podjelu na ozime i jare forme, te svojstva razvoja biljke u tijeku vegetacijskog ciklusa od sjemena do sjemena. Ozima pšenica ima jako određene zahtjeve prema vanjskim uvjetima okoline i ako ti uvjeti ne budu ispunjeni ona neće dati plod. Ona u stadiju jarovizacije traži niske temperature, 0-10°C, u tijeku od 10 do 35 dana, ovisno o sortama. Ako ti uvjeti nisu ispunjeni onda se ona ne može dalje razvijati, niti donijeti stabljiku s klasom i plodom. Jara pšenica posijana u proljeće razvijati će se normalno i donijeti plod, jer ima manje zahtjeve za nižim temperaturama u stadiju jarovizacije, 5-10°C tijekom 7 do 12 dana. Faze koje biljka prolazi u svome životnome ciklusu: bubrenje, klijanje, nicanje, ukorjenjavanje, busanje, vlatanje, klasanje, cvjetanje, oplodnje, formiranje, nalijevanje i sazrijevanje zrna.

Ozima pšenica ima zahtjeve blagih uvjeta i umjerene zime i zato je najbolje da se uzgaja u području između 30 i 50 stupnjeva SZŠ. U optimalnim području postoje suhi predjeli koji nisu povoljni za ozimu pšenicu i zato se tamo uzgaja jara forma. Rašireniji raspon uzgoja ozime pšenice je od 16 do 60 stupnjeva SZŠ. Uzgoj jare pšenice najčešći je na području surovijih uvjeta kao što su oštre zime i veći nedostatak vode, odnosno suha kontinentalna područja, a najkrajnija granica na sjeveru je 67 stupnjeva SZŠ, odnosno Norveška, a na južnoj polutki uzgaja se do krajnjih granica Australije, Južne Amerike i Afrike. Nadmorska visina može biti veća što je bliže ekvatoru jer je toplije te se tako ozima pšenica u Europi uzgaja do 1100 m, a jara do 2700m. U Sjevernoj Americi do 2800 m i u Južnoj Americi do 3800 m, a u Aziji čak do 4000 m. Republika Hrvatska nalazi se u području najpovoljnijeg uzgoja pšenice, a to znači da u našoj zemlji postoje prirodni preduvjeti za jako dobru proizvodnju pšenice. Površine pšenice u cijelom svijetu u zanjih 30 godina povećane su za 30 milijuna hektara, a prosječni prinos se povećao što je posljedica poboljšavanje agrotehnike i sortimenta.

Pšenica se uzgaja u različitim klimatskim uvjetima i to najviše zahvaljujuće biološkim svojstvima i sposobnostima prilagođavanja. Pšenica se uzgaja prvenstveno u krajevima s umjerenim temperaturama. Najveće površine pod pšenicom nalaze se u kontinentalnom stepskom klimatu, ali se susreće i u drugim područjima. Tijekom cijele vegetacije pšenica ima određene zahtjeve prema vodi. S ekološkog i geološkog stajališta pšenica uspijeva na područjima s vrlo različitim količinama i rasporedom oborina. Prinos se najveći dobiva i najveća kakvoća postiže se u područjima s ukupnom količinom oborina od 650 – 750 L po metru kvadratnom i da je pravilno raspoređeno. Raznim nizom agrotehničkih mjera kao što su pravilno oranje i predstjetvena priprema, moguće je osigurati bolju opskrbljenost biljaka pšenice vlagom. Također moguće je to isto postići racionalnim korištenjem vode tijekom

vegetacije, optimalnom količinom i odnosom NPK hranjiva i načinom unošenja. Smatra se da je osiguranost biljaka vlagom uglavnom dovoljna ako je cijeli horizont kroz koji prodiere korijenov sustav dovoljno namočen. Utrošak vode po jedinici površine se jako mijenja. Dok je veća pričuva vlage u tlu biljke su razvijenije, zato je i jače troše. Samo klijanje zrna zadržava se, a ponekad i prekida, kada je količina vode u tlu ispod 30% od punog vodnog kapaciteta. Ako je nedostatak vode u tlu na kraju busanja, za vrijeme završavanja formiranja klasića, to se odražava na manju duljinu klasa i broj plodnih klasića, a ako je nedostatak vlage u prvih deset dana, za vrijeme početka vlatanja, onda će ostati normalna dužina klasa, normalan broj klasića, ali će biti smanjen broj oplođenih cvjetova i broj zrna u klasu što je rezultat smanjenja prinosa. Nedostatak vode u tlu u vremenu klasanja i cvatnje povećava broj neplodnih klasića, a ponekad i 100%. Najkritičnije razdoblje pšenice za vodu je razdoblje sjetve i nicanja. Daleko manje štetan nedostatak vode je ako nastupi u fazi busanja ili u fazi početka voštane zrelosti. Ako u razdoblju od klasanja do zriobe imamo veću količinu oborina to nam povoljno utječe na poboljšanje hektolitarske mase i mase 1000 zrna, na njihovu krupnoću u na sami izgled zrna. Najoptimalnija vlažnost tla za pšenicu kreće se u prosjeku od oko 70 – 80% od poljskog vodnog kapaciteta. U klasanju najpovoljnija je vlažnost od 80 – 85%, u busanju 65 – 70%, a u nalijevanju zrna 65 – 70%. Suša se kod nas javlja uglavnom u drugom dijelu vegetacije. Maksimalno smanjenje prinosa očitava se u slučaju suhog tla u fazi vlatanja i intenzivnog porasta, a nešto manje u fazi klasanja. Suho tlo u fazi klasanja smanjuje prinos za 50%, pa čak i više. U fazi mliječnog stanja biljka lakše podnosi sušu nego u fazi klasanja. Nedostatak vlage poslije oplodnje dovodi do smanjenja mase zrna što rezultira smanjenjem prinosa.

Nadalje, pšenica je kultura kontinentalne klime, pa su najpovoljnije temperature za klijanje i nicanje od 14 do 20°C i pri takvim temperaturama nikne za 5 do 7 dana. Smanjenjem temperatura produžava se razdoblje nicanja. Kad biljka pšenice ima dva do tri lista, ako je dobro ukorjenjena i ishranjena, može podnijeti temperature i do -20°C, a ako je prekrivena snježnim pokrivačem može podnijeti i niže temperature. Vrlo visoke temperature najčešće su vezane s niskom relativnom vlažnosti zraka i to nepovoljno utječe na biljku, naročito u fazi cvatnje i oplodnje, uslijed čega cvjetovi ostaju neoplođeni u visokom postotku. Sve sorte koje se kod nas uzgajaju imaju određenu zadovoljavajuću otpornost na niske temperature. Nove domaće sorte prosječne su po pitanju otpornosti na temperaturu. Vrijeme sjetve ozime pšenice igra veliku ulogu u njenoj otpornosti na mraz. Vrlo rana i vrlo kasna sjetva nisu dobre jer često su biljke oštećene od mraza. To možemo objasniti time da su biljke

kod ranih rokova sjetve stadijalno razvijenije uslijed čega dolazi do smanjenja otpornosti na niske temperature.

Pšenici najviše odgovaraju plodna, duboka i umjereno vlažna tla blago kisele reakcije. Ona ima velike zahtjeve prema tlu u pitanju plodnosti i fizikalnih svojstava. Uzimajući u obzir različite tipove tla i njihove potencijalne plodnosti, moguće je uzgajati pšenicu bez mjera popravka, i tako vidimo da se u takva tla ubrajaju černozem, livadske oranice, plodne gajnjače, krečne smonice i aluvijalna bez prisustva podzemne vode. Na tim tlima moguće je dobiti relativno visoki vrinos bez dodatne gnojidbe. Druga tla mogu biti dobra za pšenicu samo pri unošenju većih količina gnojiva. ([www.pfos.hr](http://www.pfos.hr))

## **2. 2. NAČINI ODREĐIVANJA PEKARSKE KAKVOĆE PŠENICE**

Oplemenjivanje pšenice na kvalitetu počinje početkom 20-tog stoljeća i kasnije dobiva sve veći zamah. Parametri kvalitete u oplemenjivačkim programima razlikuju se prema specifičnostima uzgoja, potrebama tržišta i tradiciji pojedinih regija. U prvim godinama selekcije testira se sadržaj proteina, tekstura zrna (staklavost i tvrdoća), kao i kvaliteta proteina mjerena testovima sedimentacije. Kasnije nakon formiranja homogenih linija, a to je 5-6 godina nakon križanja, kada je na raspolaganju dovoljna količina sjemena ispituju se tehnološke karakteristike mjerenjem visoko-elastičnih sposobnosti tijesta (ekstenzograf i alveograf), ponašanje tijesta nakon miješanja (farinograf i miksograf) i konačno definiranje i ocjenjivanje finalnog proizvoda-kruha. U posljednje vrijeme veoma važan parametar kvalitete je Hagberg-ov broj padanja (HFN) koji na osnovi vrijednosti viskoziteta vodene suspenzije brašna definira aktivnost alfa-amilaze u razgradnji škroba do jednostavnih šećera. Genotipovi s niskim ili veoma visokim brojem padanja imaju niže kvalitetne karakteristike pecivosti (Mansour,1993). Osim navedenih metoda određivanja pekarske kakvoće, kakvoću pšenice određenog kultivara može se odrediti pomoću elektroforeze (Javornik,1989). Budući da pekarska kakvoća uglavnom počiva na glutenu pšenice-gluteninu, postoji mogućnost da ih se odredi elektroforezom i na taj način determinira kakvoća kultivara.

### **2. 2. 1. KAKVOĆA PŠENICE**

Bjelančevine glutena u pšenici imaju bitan utjecaj na kakvoću pšenice i preradbenu vrijednost brašnog. Možemo se koristiti mnogobrojnim metodama da procijenimo kakvoću glutena. Ističe se gluten indeks, metoda koja se temelji na automatiziranom ispiranju vlažnog glutena, te je kao najobjektivnija metoda našla svoju široku primjenu. Ta metoda nam omogućuje istovremenu kvantitativnu i kvalitativnu analizu bjelančevinu glutena. Vlažni

gluten u značajnoj je korelaciji s količinom proteina, sa izraženim utjecajem okoline na njihovu količinu. Kakvoća glutena značajno je definirana utjecajem genotipa za razliku od količine glutena. Godina žetve značajno utječe na udio bjelančevina i na količinu vlažnog glutena, čak i kada imamo značajan utjecaj genotipa. Također, utjecaj genotipa dominantan je na kvalitativne karakteristike glutena, uključujući gluten indeks, te omjer vlažnog glutena i ukupnih bjelančevina. (Šimić i sur. 2006.)

## **2. 3. KORELACIJE IZMEĐU AGRONOMSKIH SVOJSTAVA I POKAZATELJA PEKARSKE KAKVOĆE**

### **2. 3. 1. KORELACIJA IZMEĐU PRINOSA ZRNA I SADRŽAJA PROTEINA U ZRNU**

Groos i sur. (2003.) utvrdili su da su, prinos zrna kao najvažnije agronomsko svojstvo i sadržaj proteina u zrnju kao pokazatelj pekarske kakvoće, kontrolirani su velikim brojem gena čija je ekspresija pod velikim utjecajem okoline. Cilj svakog oplemenjivača je pronalazak genotipova koji imaju visok sadržaj proteina u zrnju i visok prinos zrna, te su sva istraživanja usmjerena u tom smjeru. S obzirom da su ta dva svojstva u negativnoj korelaciji to je izrazito složen problem.

Pokusom na temelju četiri genotipa jare pšenica i sedam cijepajućih generacija nastojalo se utvrditi korelacije prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnju. Utvrđeno je da je korelacija bila negativna i signifikantna u svim ispitivanim populacijama i vrijednostima (Kibite i Evans, 1984.).

Cox i sur. (1985.) proveli su istraživanje na F<sub>5</sub> linijama pšenice i utvrđeno je da i kod optimalne i kod reducirane razine gnojidbe postoji negativna korelacija prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnju.

Noamam i sur. (1990.) proveli su istraživanje na 60 linija ozime pšenice, te su u F<sub>5</sub> i F<sub>6</sub> generaciji također utvrdili negativnu korelaciju između prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnju.

Monaghan i sur. (2001.) su na temelju trogodišnjeg istraživanja na 13 sorata ozime pšenice zaključili da ima negativne korelacije između prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnju u drugoj i trećoj godini istraživanja, a u prvoj nije utvrđena značajna korelacija između prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnju. Isto tako izvještavaju i Borders i sur. (2013.) o negativnoj korelaciji prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnju.

Ispitivanjem odnosa prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnu ozime pšenice u pokusima tijekom 11 godina Oury i sur. (2007.) utvrdili su da su prinos zrna i sadržaj proteina u zrnu visoko ovisni o interakciji genotip x okolini uz negativnu korelaciju između tih dva svojstva. Fossati i sur. (2010.) su također utvrdili na oplemenjivačkim linijama i genotipovima pšenice vrlo visoku i negativnu korelaciju između prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnu.

Na temelju istraživanja 19 genotipova kod dviju razina gnojidbe dušikom Jukić (2013.) utvrdila je da se pojavila negativna korelacija prinosa zrna, kao najvažnijeg agronomskog svojstva sa sadržajem proteina u zrnu kod obje razine gnojidbe. Nešto veća korelacija utvrđena je kod niže gnojidbe u odnosu na višu razinu. Također je zabilježena i negativna korelacija prinosa sa sedimentacijskom vrijednosti i sadržajem vlažnog glutena, a korelacije su imale podjednake vrijednosti kod obje razine gnojidbe.

### **2. 3. 2. KORELACIJA IZMEĐU POKAZATELJA PEKARSKE KAKVOĆE**

Zeleny i sur. (1960.) su na osnovi miksografske krivulje i vrijednosti sedimentacije na 159 linija jare pšenice u F<sub>3</sub> generaciji utvrdili da se test sedimentacije dokazao kao koristan i jednostavan alat za selekciju pšenice u ranoj generaciji za poželjnu čvrstoću. Također je utvrđena i pozitivna korelacija između sadržaja proteina i sedimentacijske vrijednosti u iznosu od 0.52\*\*.

Na temelju istraživanja na dva genotipa pšenice uz povećanu razinu gnojidbe Parades-Lopez i sur. (1985.) utvrdili su pozitivnu korelaciju sadržaja proteina u zrnu sa sedimentacijskom vrijednosti ( $r=0.91^{**}$ ) i sa sadržajem vlažnog glutena ( $0.92^{*}$ ), dok je sa gluten indeksom utvrđena negativna korelacija ( $r=-0.34^{*}$ ).

Na osnovi fenotipskih korelacija u F<sub>3</sub> i F<sub>7</sub> generaciji Fischer i sur. (1989.) su utvrdili pozitivne korelacije između sadržaja proteina u zrnu i sedimentacijske vrijednosti (0.68 naspram 0.61). Također su utvrdili i pozitivne korelacije između sadržaja proteina u zrnu i Pelshenke vrijednosti u obje generacije (0.33 naspram 0.43) dok su u F<sub>7</sub> generaciji utvrdili negativnu korelaciju prinosa zrna sa sadržajem proteina u zrnu, SDS sedimentacijom i Pelshenke vrijednosti ( $r=-0.41$  do  $-0.81$ ).

Gröger i sur. (1997.) su na temelju istraživanja provedenog na 66 genotipova ozime pšenice uočili visoke pozitivne korelacije sadržaja proteina u zrnu sa sadržajem vlažnog glutena ( $r=0.85^{**}$ ), sedimentacijskom vrijednosti ( $r=0.78^{**}$ ) i rastezljivosti ( $r=0.58^{**}$ ). Također je utvrđena visoka korelacija sadržaja vlažnog glutena i sedimentacijske vrijednosti.

Jurković i sur. (2000.) su na temelju istraživanja 15 genotipova ozime pšenice utvrdili pozitivnu korelaciju sadržaja proteina u zrnu sa sadržajem vlažnog glutena ( $r=0.82^*$ ) i negativnu korelaciju s gluten indeksom ( $r=-0.53^*$ ). Oni izvještavaju o pozitivnoj korelaciji između sedimentacijske vrijednosti i sadržaja vlažnog glutena ( $r=0.67^*$ ), te o negativnoj korelaciji između sadržaja vlažnog glutena i gluten indeksa ( $r=-0.78^{**}$ ). Sami sadržaj vlažnog glutena bio je u pozitivnoj korelaciji s farinografskim pokazateljima kakvoće (razvoj tijesta, stupanj omekšanja, stabilitet, rezistencija,...), dok sa svim ekstenzografskim pokazateljima (vrijednost energije, otpornost, rastegljivost,...) nisu utvrđene signifikantne korelacije.

Bona i suradnici (2003.) su na temelju dvogodišnjeg istraživanja na 80 genotipova ozime pšenice utvrdili pozitivnu korelaciju sadržaja proteina u zrnu sa sadržajem vlažnog glutena ( $r=0.74^{***}$ ).

Na osnovi provedenog istraživanja pri različitim tretmanima gnojidbe Horvat i suradnici (2006.) su utvrdili pozitivne korelacije sadržaja proteina u zrnu sa sadržajem vlažnog glutena i sedimentacijskom vrijednosti. Za sve pokazatelje pekarske kakvoće vrijednosti su bile signifikantno veće kod veće razine gnojidbe osim za gluten index, kod kojeg nema utjecaja s obzirom na gnojidbu. Srednja vrijednost sadržaja proteina u zrnu iznosila je 11,4%, a dodatkom dušika do količine 120 kgN/ha dolazi do povećanja srednje vrijednosti sadržaja proteina, dok daljnjim povećanjem razine dušika ne dolazi do značajnijeg povećanja sadržaja proteina. Prosječna količina sadržaja vlažnog glutena i sedimentacijske vrijednosti bila je također veća kod veće razine gnojidbe.

Mikulikova i sur. (2009.) su na temelju istraživanja 45 genotipova ozime pšenice utvrdili negativnu korelaciju prinosa zrna sa sadržajem proteina u zrnu ( $r=0.38^{**}$ ), kao i sa sadržajem vlažnog glutena ( $r=0.42^{**}$ ). Isto tako utvrđena je pozitivna korelacija sadržaja proteina u zrnu sa sadržajem vlažnog gluten ( $0.90^{**}$ ).

Fossati i suradnici (2010.) su na osnovi višegodišnjih pokusa u razdoblju od 1987. do 2010. godine na oplemenjivačkim linijama i genotipovima pšenice utvrdili pozitivnu korelaciju između sadržaja proteina u zrnu i sedimentacijske vrijednosti ( $r=0.44^{**}$ ), te sadržaja proteina u zrnu i sadržaja vlažnog glutena ( $r=0.71^{**}$ ).

Na temelju dvogodišnjeg istraživanja 14 genotipova pšenice uz primjenu 120 kgN/ha Tayyar (2010.) je zabilježio negativnu korelaciju između prinosa zrna i sadržaja vlažnog glutena ( $r=-0.311^{**}$ ), te sedimentacijske vrijednosti ( $r=-0.362^{**}$ ). Korelacija prinosa zrna sa



sadržajem proteina u zrnu i gluten indeksom nije utvrđena. Tayyar je uočio pozitivnu korelaciju sadržaja proteina u zrnu sa sadržajem vlažnog glutena ( $r=0.275^{**}$ ), sedimentacijske vrijednosti sa sadržajem vlažnog glutena ( $r=0.348^{**}$ ) i sedimentacijske vrijednosti sa gluten indeksom ( $r=0.566^{**}$ ), dok je između gluten indeksa i sadržaja vlažnog glutena utvrdio negativnu korelaciju ( $r=-0.38^{**}$ ).

Denčić i sur. (2011.) ispitivali su utjecaj genotipa, okoline i njihove interakcije na svojstva pekarske kakvoće. Pokus je bio postavljen sa 140 genotipova pšenice, iz 28 zemalja svijeta, tijekom 4 godine. Određivali su sadržaj proteina u zrnu, sadržaj vlažnog glutena i ostala svojstva. Rezultati istraživanja pokazuju da je sadržaj proteina u zrnu bio u pozitivnoj korelaciji sa sadržajem vlažnog glutena ( $r=0.803^{**}$ ).

Novoselović i sur. (2012.) proveli su jednogodišnji poljski pokus pomoću populacije genotipova iz F<sub>7</sub> generacije rekombiniranih inbred linija ( $n=143$ ) iz kombinacije križanja Bezostaja/Klara na dvije lokacije. Nastojali su dobiti informacije o fenotipskim i genotipskim korelacijama za svojstva kakvoće pšenice u cijepajućim generacijama. Na osnovi provedenih istraživanja utvrđene su jake pozitivne fenotipske i genotipske korelacije između sadržaja proteina u zrnu i vlažnog glutena na obje lokacije ( $r=0.91^{**}$  naspram  $r=0.92^{**}$ ). Gluten indeks najčešće je bio u negativnim korelacijama i to naročito sa sadržajem proteina u zrnu ( $r=-0.58^{**}$  naspram  $r=-0.37^{**}$ ) i vlažnim glutenom na obje lokacije ( $r=-0.68^{**}$  naspram  $r=-0.51^{**}$ ).

Jukić (2013.) je na temelju istraživanja 19 genotipova ozime pšenice kod reducirane i optimalne gnojidbe utvrdila je da kod obje razine gnojidbe, sadržaj proteina u zrnu bio u visoko pozitivnoj korelaciji sa sedimentacijskom vrijednosti i sadržajem vlažnog glutena, te nešto veća vrijednost korelacije zabilježena je kod reducirane gnojidbe u odnosu na optimalnu gnojidbu gdje je za oba svojstva utvrđena vrijednost korelacije ( $r=0.77^{**}$  naspram  $r=0.76^{**}$ ). Utvrđena je i negativna korelacija sadržaja vlažnog glutena i gluten indeksa kod obje razine gnojidbe s tim da je vrijednost korelacije bila neznatno veća kod reducirane u odnosu na optimalnu ( $r=-0.53^{**}$  naspram  $r=-0.49^{**}$ ).

Na temelju istraživanja na 30 linija krušne pšenice i njihovim roditeljima Singht i sur. (2015.) izvještavaju o negativnoj korelaciji broja dana do klasanja sa sedimentacijskom vrijednosti ( $r=-0.34^{**}$ ) i sadržajem proteina u zrnu ( $r=-0.21^{*}$ ). Sadržaj vlažnog glutena bio je u korelaciji sa sedimentacijskom ( $r=0.42^{**}$ ) i sadržajem proteina ( $r=0.42^{**}$ ), te je zabilježena i pozitivna korelacija između sedimentacijske vrijednosti i sadržaja proteina u zrnu

( $r=0.46^{**}$ ). Nije utvrđena značajna korelacija između sadržaja proteina u zrnu i sadržaja vlažnog glutena, odnosno sedimentacijske vrijednosti.

## 2. 4. GNOJIDBA

Vrlo važna mjera jesenske agrotehnike prije same sjetve je gnojidba. Samu količinu potrebnih hranjiva za određeni prinos najtočnije možemo odrediti ako radimo kemijsku analizu tla. Za cijelokupnu gnojidbu treba uzeti u obzir koja je bila predkultura i plodnost tla. Dušik se uvijek ističe kao nosilac visokih prinosa pšenice na različitim tipovima zemljišta i u različitim ekološkim uvjetima. Također je važan odnos između NPK hranjiva i dinamika gnojidbe. Cijelokupna potreba tla i biljke za količinom fosfora i kalija unosa se u tlo prilikom osnovne obrade tla. Ako imamo za predkulturu pšenici kulturu koja ostavlja veliku masu žetvenih ostataka, kao što je kukuruz, prije osnovne obrade tla potrebno je dodati 100 – 150 kg/ha UREA-e ili 100 – 120 L/ha UAN-a radi bolje razgradnje biljnih ostataka. Osnovnom gnojidbom u tlo treba unijeti 200 – 400 kg/ha PK 20-30 ili NPK 8-26-26 ili NPK 7-20-30 ili NPK 5-15-30. Ako je potrebna predsjetvena obrada provodi se u količinama od 150 – 200 kg/ha NPK 15-15-15. Od cijelokupne potrebe ishrane dušičnim gnojivima prilikom jesenske obrade mora se unijeti jedna trećina od njegove ukupne potrebne količine što je najčešće dovoljno iz učešća dušika iz formulacije NPK gnojiva. Ostali dio potrebnog dušika unosi se prihranama u proljetnom dijelu vegetacije. Najbolje je prihranjivati na osnovu N-min metode. Prva prihrana, kada biljka ima 3 do 4 lista, važna je za sve pšenice jer se u II. i III. etapi razvoja izdužuje i segmentira budući klas. Ona utječe na boju usjeva, intenzivniju fotosintezu i na brži rast biljaka u vlatanju. Količina dušika u prvoj prihrani ne smije prelaziti 55 kg/ha. Druga prihrana obavlja se u trenutku zametanja klasića, odnosno u IV. etapi razvoja, koja se odvija u početku vlatanja, oko 10.4., ovisno o sorti, datumu sjetve i vremenskim uvjetima. Vrijeme obavljanja se određuje isključivo na temelju stanja razvijenosti usjeva pšenice, odnosno kad se zametak klasa primjetno odvoji od čvora busanja, za oko 2 cm. Sama količina dušika može biti veća od 55 kg/ha jer više ne postoji opasnost od polijeganja. Treća prihrana, koja se obavlja od vremena oplodnje do vremena nakon cvatnje, ima veliko značenje za samu visinu prinosa, ali može i utjecati na povećanje hektolitarske mase i na visinu sadržaja proteina u zrnu. Izbor dušičnog gnojiva izabiremo ovisno o vremenskim prilikama. Ako imamo dovoljno vlage u tlu, prednost u prvoj i drugoj prihrani dajemo KAN-u. U trećoj prihrani najjenostavnije je primjeniti otopinu UREA-e ili UAN-a. Sumarno, za prinos pšenice od 6 tona po hektaru, što kroz rezerve hranjiva u tlu što kroz gnojivo, potrebno je osigurati 150 – 180 kg dušika, 90 – 100 kg fosfora i 160 – 200 kg kalija. (Hrgović i sur., 2014.)

Tablica 1. prikazuje primjer gnojidbe pšenice za prinos od 6 t/ha (Hrgović i sur., 2004.)

		N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
U osnovnoj obradi	300 kg/ha PK 20:30 100 kg/ha UREA	46	60	90
Pred sjetvu	200 kg/ha NPK 15:15:15	30	30	30
1. prihrana	200 kg/ha KAN	54		
2. prihrana	150 kg/ha KAN	40,5		
3. prihrana	10% otopina UREA (utrošak 200L/ha otopine)	9,2		
UKUPNO		179	90	120

#### 2. 4. 1. UTJECAJ REDUCIRANE GNOJIDBE NA PROSJEK SVOJSTVA

Parades-Lopez i sur.(1985.) su s ciljem utvrđivanja utjecaja gnojidbe dušikom na pokazatelje pekarske kakvoće, ispitivali dva genotipa jare pšenice s primjenom reducirane, optimalne i povišene razine gnojidbe. Kod oba genotipa sadržaj proteina je bio veći kod povišene razine u odnosu na optimalnu. Također, kod povišene razine gnojidbe utvrđena je i veća sedimentacijska vrijednost u odnosu na reduciranu.

Na temelju provedenog četverogodišnjeg istraživanja genotipova ozime pšenice uz gnojidbe s 0,80 i 160 kgN/ha na prinos zrna, Guarda i sur. (2004.) utvrdili su za 10% manji prinos zrna kod  $N_0$  u odnosu na  $N_{80}$ .

Varga i sur. (2007.) istraživali su četiri genotipa ozime pšenice uz primjenu 67 i 194 kgN/ha. Rezultati pokazuju da je sedimentacijska vrijednosti kod  $N_{67}$  bila je manja u odnosu na  $N_{194}$ . Sadržaj vlažnog glutena također je imao manju vrijednost kod  $N_{67}$  nego  $N_{194}$ , suprotno tome vrijednost gluten indeksa bila je veća kod  $N_{67}$  u odnosu na  $N_{194}$ .

Shi i sur.(2010.) su u razdoblju od 1999. do 2007. godine ispitivali utjecaj gnojidbe (0, 130 i 300 kgN/ha) na prinos zrna. Kod  $N_0$  zabilježen je najmanji prinos zrna u odnosu na primjenu 300 kgN/ha

Šarčević i sur. (2014.) proveli su istraživanje na 19 genotipova ozime pšenice pri dvije razine gnojidbe, reducirana i povećana, i utvrdili su da je sadržaj proteina u zrnu kod reducirane bio manji u odnosu na vrijednost sadržaja proteina u zrnu kod povećanu. Autori su utvrdili i da su sedimentacijska vrijednost i sadržaj vlažnog glutena imali manju vrijednost

kod reducirane u odnosu na povećanu. Suprotno tome prosječna vrijednost gluten indeksa bila je veća kod reducirane u odnosu na povećanu.

## 2. 5. SELEKCIJA

Kod oplemenjivanja na prinos zrna u određenim stresnim uvjetima smatra se da se selekcija može vršiti na tri načina: a) direktnom selekcijom na prinos zrna u stresnim okolinama, b) indirektnom selekcijom na prinos zrna u okolinama bez stresa i c) kombinacijom prethodne dvije metode. (Hohls, 2001.; Jukić, 2013.)

U mnogim područjima širom svijeta, gdje se pšenica uzgaja u stresnim okolinama i uz primjenu modernih genotipova ne ostvaruje se povećanje prinosa zrna. (Ceccarelli, 1996.; Emede i Alike, 2012.) Budući da se oplemenjivanje provodi još uvijek većinom samo u nestresnim okolinama, nemamo baš informacije o genetskim razlikama kod stresnih okolina, te zato postoji potreba za oplemenjivanjem materijala i u takvim stresnim okolinama. Oplemenjivači smatraju da se zbog velikog utjecaja okolinske varijance očekuje manja vrijednost heritabilnosti u stresnim okolinama, te da je to najveći razlog selekcije genotipova samo u povoljnim okolinama. Ističu da se zbog interakcije  $G \times E$ , vrijednost procijenjene heritabilnosti ne može koristiti kao kriterij za određivanje optimalne okoline u kojoj će se provoditi selekcija.

Reakcija genotipa u nekoj ciljanoj okolini je veća kada genetska varijanca, heritabilnost i genetska korelacija između okolina imaju veće vrijednosti. Genetska varijanca i heritabilnost prinosa zrna imaju manju vrijednost u stresnim okolinama u odnosu na okoline bez stresa, te autori ističu da je zbog manje vrijednosti genetske varijance u stresnim okolinama, napredak u oplemenjivanju potencijalno manji u odnosu na okoline bez stresa, pa su oplemenjivači svoje napore usmjerili uglavnom na istraživanje u nestresnim okolinama. Međutim, na osnovi istraživanja pšenice zaključili su da je moguće povećati prinos zrna i u stresnim okolinama i da je najbolja metoda za postizanje uspjeha kombinirana selekcija na prinos zrna u stresnim i nestresnim okolinama. (Bänziger i Cooper, 2001.)

O'Brien i sur. (1987.) otkrivali su da korisnost selekcije ovisi o tome koliko se brzo i pouzdano mogu procijeniti kvantitativna svojstva na malim količinama sjemena i predvidjeti genotipska vrijednost za određeno svojstvo. Odgovor na selekciju za određeno svojstvo može biti očekivan (predviđen) ili ostvaren (dobiven). Raspon tog odgovora reflektira se kao heritabilnost, odnosno mjera stupnja podudarnosti između fenotipa i genotipa. Unatoč tome što interakcija genotip  $\times$  okolina smanjuje heritabilnost, procjene ukazuju da se kod ograničene količine sjemena, može očekivati dobar odgovor na ranu selekciju koristeći

testove ispitivanja procjene tvrdoće zrna, udjela proteina u brašnu i mjerenjem kvalitete proteina, pa stoga u određenim uvjetima selekcija može biti ekonomski opravdana.

Malo je oplemenjivačkih programa gdje se kod niže razine gnojidbe i u stresnim uvjetima provodi selekcija u ranim generacijama, a razlog tomu je niska vrijednost heritabilnosti. Falconer i sur. (1989.) govore da teorija indirektno selekcije pokazuje odgovor na selekciju koja se obavlja u različitim okolinama nije samo ovisan o heritabilnosti nego i o koeficijentu genetske korelacije između odabranih svojstava koja su se ispitivala u dvije okoline.

Selekcija genotipova još uvijek se radi većinom u okolinama bez stresa. Genetska različitost i heritabilnost u okolinama bez stresa, zbog interakcije genotip  $\times$  okolina ne moraju pokazati i u stresnim okolinama, stoga je zbog toga bolje raditi kombiniranu selekciju u više okolina. (Simmonds, 1991.)

Weber i sur. 2012., Cormier i sur. 2013. i Lovrić, 2015. na temelju istraživanja ozime pšenice smatraju da je kombinirana selekcija u stresnim i nestresnim okolinama najbolja metoda za povećanje prinosa zrna u stresnim okolinama.

### **3. CILJEVI RADA**

1. Procijeniti fenotipske korelacije između indirektnih pokazatelja pekarske kakvoće kod pšenice
2. Procijeniti učinak selekcije provedene kod visoke optimalne ( $N_{180}$ ) i reducirane ( $N_{80}$ ) razine N gnojidbe u  $F_6$  generaciji dvaju križanaca pšenice Golubica x Emesse ( $G \times E$ ) i Verbunkos x Soissons ( $V \times S$ ) na pekarsku kakvoću proizvedenih  $F_7$  potomstava uzgajanih kod  $N_{80}$  i  $N_{180}$

## **4. MATERIJALI I METODE**

### **4. 1. IZBOR RODITELJA ZA KRIŽANJE**

U istraživanje su bila uključena četiri kultivara ozime pšenice: mađarski kultivari Emesse i Verbunkos, francuski kultivar Soissons te hrvatski kultivar Golubica stvoren na Poljoprivrednom institutu Osijek.

### **4. 2. DIZAJN POKUSA I AGROTEHNIČKI POSTUPCI**

Sjeme od 22 izabrana F<sub>6</sub> potomstva iz dvaju križanja Golubica × Emesse i Verbunkos × Soissons sijalo se u F<sub>7</sub> generaciji. Pokus je bio postavljen prema split-plot dizajnu u dvije repeticije u uvjetima optimalne gnojidbe s dušikom 180 kgN/ha (N<sub>180</sub>) i reducirane gnojidbe s dušikom 80 kgN/ha (N<sub>80</sub>). Gnojidba je bila glavni faktor, a potomstva podfaktor. Potomstva su sijana u parcelice od tri reda u vegetacijskoj sezoni 2013/2014.

Svi agrotehnički postupci osim prihrane s dušikom bili su jednaki za N<sub>80</sub> i N<sub>180</sub>. Predusjev pšenici bila je uljana repica. Obrada tla uključivala je duboko oranje, tanjuranje i predstjetvenu pripremu rotodrljačom. U osnovnoj gnojidbi dodano je 400 kg/ha NPK (10:20:30) i 100kg/ha UREA-e. Potomstva su sijana u parcelice od tri reda duljine 120 cm s međurednim razmakom od 20 cm. Prihrana je izvršena u proljeće samo kod N<sub>180</sub> varijante u dva navrata (busanje i početak vlatanja) s po 180kg KAN-a /ha, čime je optimalna gnojidba (N<sub>180</sub>) dobila 100 kg čistog N više od reducirane gnojidbe (N<sub>80</sub>).

Za potrebe analiza ručno su požete parcelice i izvršene na kombajnu za male parcelice tipa Wintersteiger i izmjerena je vlaga zrna s vlagomjerom Dicky John GAC 2100 AGRI.

### **4. 3. ODREĐIVANJE PEKARSKE KAKVOĆE PŠENICE**

U kemijskom laboratoriju Bc Instituta za oplemenjivanje i proizvodnju bilja d.d. provedene su analize pet pokazatelja pekarske kakvoće. Svi analizirani uzorci samljeveni su na mlinu *Laboratory Mill 3100* ( Perten Instruments AB, Švedska).

#### **4. 3. 1. ODREĐIVANJE VLAŽNOG GLUTENA (WG) I GLUTEN INDEKSA (GI) PREMA PERTEN-U**

Količina vlažnog glutena (WGC) i gluten indeks (GI) određene su prema HRN EN ISO 21415-2:2008. Analiza je provedena na uzorku pšeničnog brašna mase 10 g na uređaju *Glutomatic 2200 System* ( Perten Instruments AB, Švedska) i *Glutomatic Centrifuge 2015* (

Perten Instruments AB, Švedska). Ukupna količina sadržaja vlažnog glutena (WGC) izračunata je prema formuli:

$$\text{WGC (\%)} = (G_1 + G_2) \times 10$$

a gluten indeks (GI) prema formuli:

$$\text{GI} = (G_2 / G_{\text{UK}}) \times 100$$

gdje je:

$G_1$  – dio glutena koji prolazi kroz sito (g)

$G_2$  – dio glutena koji se zadržava na situ (g)

$G_{\text{UK}}$  – ukupni gluten (g)

#### **4. 3. 2. ODREĐIVANJE BROJA PADANJA PREMA HAGBERGU**

Broj padanja se definira kao ukupno vrijeme, izraženo u sekundama, potrebno za miješanje suspenzije brašna i vode i vrijeme potrebno da miješalica viskozimetra prijeđe određeni razmak kroz zagrijani škrobni gel. Za određivanje broja padanja odmjeri se  $7,0 \pm 0,05$  g uzorka (na 14 % vlage). Optimalna vrijednost broja padanja krušnih pšenica kreće se od 250 do 300 sekundi. Određivanje Hagbergovog padajuće broja (Hagberg, 1960.) provedeno je na uređaju *Falling Number 1500* (Perten Instruments AB, Švedska) prema HRN EN ISO 3039:2010.

#### **4. 3. 3. ODREĐIVANJE SEDIMENTACIJSKE VRIJEDNOSTI**

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

#### **4. 3. 4. ODREĐIVANJE SADRŽAJA PROTEINA U ZRNU**

Sadržaj proteina u zrnu (%) određena je metodom po Kjeldahu (Bremner, 1965.), a za izračunavanje količine proteina, određeni postotak dušika pomnožen je s faktorom konverzije 5.83 (FAO 2002.). Analiza se provodila prema normi HRN EN ISO 20483:2008 uz pomoć jedinice za digestiju *Digestion UnitK-424* (Büchi, Švedska) i uz pomoć *Scrubber B-414* (Büchi, Švedska).



#### **4. 3. 5. ODREĐIVANJE PELSHENKE VRIJEDNOSTI**

Pelshenke test je proveden prema metodi AACC 56-60 (1976). Za određivanje Pelshenke vrijednosti odmjeren je 4 g uzorka brašna dobivenog mljevenjem cijeloga zrna. Četiri 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 CO<sub>2</sub>) 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 dobijena 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.

#### **4. 4. STATISTIČKE ANALIZE**

Analiza varijance kao i izračun Pearsonovog korelacijskog koeficijenta provedene su u statističkom programskom paketu SAS/STAT (SAS Institute Inc., 2009).

## 5. REZULTATI

Fenotipski korelacijski koeficijenti između pokazatelja pekarske kakvoće kod obje razine gnojidbe za križanje G×E prikazani su u Tablici 2.

Tablica 2. Korelacijski koeficijenti između indirektnih pokazatelja kakvoće u F7 generaciji za križanja Golubica × Emesse kod dvije razine gnojidbe

Agronomska svojstva i indirektni pokazatelji kakvoće		Sedimentacijska vrijednost (ml)	Vlažni gluten (%)	Gluten indeks (%)	Pelshenke vrijednost (min)	Padajući broj (min)
Sadržaj proteina (%)	N <sub>180</sub>	0,71 **	0,76 **	-0,43 *	-0,33	-0,33
	N <sub>80</sub>	0,74 **	0,73 **	-0,30	-0,10	-0,24
Sed.vrijednost (ml)	N <sub>180</sub>		0,59 **	-0,29	-0,22	-0,03
	N <sub>80</sub>		0,69 **	-0,32	-0,09	-0,01
Vlažni gluten (%)	N <sub>180</sub>			-0,86 **	-0,65 **	-0,18
	N <sub>80</sub>			-0,75 **	-0,52 *	-0,01
Gluten indeks (%)	N <sub>180</sub>				0,79 **	-0,06
	N <sub>80</sub>				0,79 **	-0,31
Pel vrijednost (min)	N <sub>180</sub>					-0,13
	N <sub>80</sub>					-0,31

\*, \*\* - F test signifikantan kod P<0,05 odnosno P<0,01; ns -F test nije značajan

Rezultati pokazuju da je kod obje razine gnojidbe, sadržaj proteina u zrnu bio u visokoj pozitivnoj korelaciji sa sedimentacijskom vrijednosti i sadržajem vlažnog glutena uz vrijednosti u rasponu od 0.71 do 0.76. Utvrđena je i negativna korelacija sadržaja proteina u zrnu i gluten indeksa kod visoke razine gnojidbe u iznosu od -0.43. Sedimentacijska vrijednost je u pozitivnoj korelaciji sa sadržajem vlažnog glutena i s nešto većim iznosom korelacije kod niske razine gnojidbe u odnosu na visoku razinu (0.69 vs. 0.59). Rezultati pokazuju da je kod obje razine gnojidbe, sadržaj vlažnog glutena bio u negativnoj korelaciji sa gluten indeksom i Peleshenke vrijednosti i nešto veće vrijednosti korelacije su zabilježene kod visoke razine gnojidbe (-0.86 vs. -0.65) u odnosu na nisku razinu gnojidbe (-0.65 vs. -0.52). Visoka pozitivna korelacija utvrđena je između gluten indeksa i Pelshenke vrijednosti čija je vrijednost bila jednaka kod obje razine gnojidbe, a iznosila je (r=0.79).

Fenotipski korelacijski koeficijenti između pokazatelja pekarske kakvoće kod obje razine gnojidbe za križanje VxS prikazani su u Tablici 3.

Tablica 3. Korelacijski koeficijenti između indirektnih pokazatelja kakvoće u F7 generaciji za križanja Verbunkos × Soissons kod dvije razine gnojidbe

Agronomska svojstva i indirektni pokazatelji kakvoće		Sedimentacijska vrijednost (ml)	Vlažni gluten (%)	Gluten indeks (%)	Pelshenke vrijednost (min)	Padajući broj (min)
Sadržaj proteina (%)	N <sub>180</sub>	0,57 **	0,76 **	-0,45 *	0,06	-0,07
	N <sub>80</sub>	0,74 **	0,82 **	-0,46 *	-0,37	0,22
Sed.vrijednost (ml)	N <sub>180</sub>		0,46 *	0,03	-0,23	0,30
	N <sub>80</sub>		0,58 **	-0,24	-0,40	0,44 *
Vlažni gluten (%)	N <sub>180</sub>			-0,60 **	-0,29	0,32
	N <sub>80</sub>			-0,70 **	-0,43 *	0,18
Gluten indeks (%)	N <sub>180</sub>				0,05	-0,07
	N <sub>80</sub>				0,29	0,12
Pel vrijednost (min)	N <sub>180</sub>					-0,60 **
	N <sub>80</sub>					-0,31

\*, \*\* - F test signifikantan kod P<0,05 odnosno P<0,01; ns -F test nije značajan

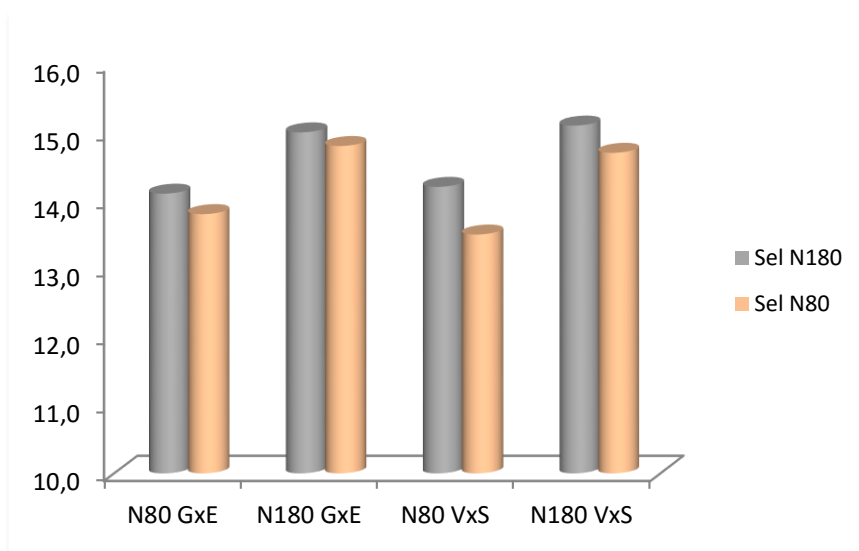
Sadržaj proteina u zrnu bio je u pozitivnoj korelaciji sa sedimentacijskom vrijednosti i sadržajem vlažnog glutena i nešto veće vrijednosti korelacija zabilježene su kod niske razine gnojidbe (0.74 vs. 0.82) u odnosu na visoku razinu gnojidbe (0.57 vs. 0.76). Utvrđena je negativna korelacija sadržaja proteina u zrnu i gluten indeksa kod obje razine gnojidbe u iznosu od (-0.46 vs. -0.48). Zabilježena je i pozitivna korelacija sedimentacijske vrijednosti sa sadržajem vlažnog glutena s nešto većim iznosom korelacije kod niske razine gnojidbe (r=0.58) u odnosu na visoku razinu gnojidbe gdje je korelacija imala vrijednost (r=0.46). Kod niske razine gnojidbe utvrđena je pozitivna korelacija sedimentacijske vrijednosti sa padajućim brojem u iznosu od 0.44. Utvrđena je negativna korelacija između sadržaja vlažnog glutena i gluten indeksa, također nešto veća vrijednost korelacije zabilježena je kod niske razine gnojidbe u odnosu na visoku razinu gnojidbe (-0.70 vs. -0.52).

Tablica 4. Udio izvora varijabilnosti (%) u ukupnoj varijabilnosti i signifikantnost njihovih učinaka (F-test) za indirektno pokazatelje kakvoće u selekciji u F<sub>7</sub> generaciji kod križanja Golubica × Emesse (G×E) i Verbunkos × Soissons (V×S)

Izvor varijabilnosti	Sadržaj proteina u znu (%)		Sedimentacijska vrijednost (ml)		Sadržaj vlažnog glutena (%)		Gluten indeks (%)		Pelshenke vrijednost (min)		Padajući Broj (s)	
	%SS	F-test	%SS	F-test	%SS	F-test	%SS	F-test	%SS	F-test	%SS	F-test
<b>G × E</b>												
Selekcija (S)	0.8	Ns	0.0	ns	0.2	ns	0.1	ns	0.6	ns	1.1	ns
Gnojidba (N)	19.7	**	10.3	**	7.9	**	1.5	ns	0.2	ns	1.4	ns
S × N	0.0	Ns	0.4	ns	0.0	ns	0.1	ns	0.0	ns	0.0	ns
Pogreška	79.5		89.3		91.9		98.3		99.2		97.6	
<b>V × S</b>												
Selekcija (S)	6.8	**	5.5	*	10.7	**	1.3	ns	0.5	ns	4.2	ns
Gnojidba (N)	22.8	**	20.3	**	6.5	*	1.1	ns	0.6	ns	0.2	ns
S × N	0.5	Ns	0.0	ns	0.0	ns	0.0	ns	0.0	ns	0.3	ns
Pogreška	69.9		74.1		82.8		97.6		98.9		95.4	

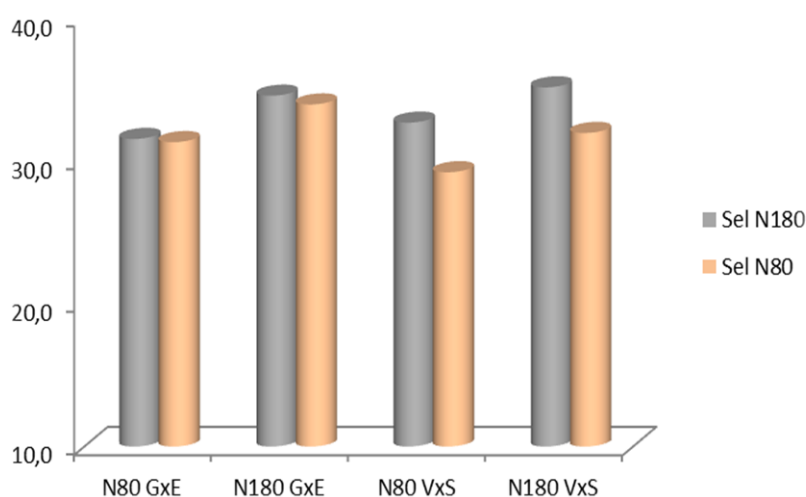
\*, \*\* - F test signifikantan kod P<0.05 odnosno P<0.01; ns -F test nije signifikantan

Kod križanja G×E selekcija (S) i interakcija S×N nisu bile signifikantne niti za jedan pokazatelj pekarske kakvoće. Gnojidba (N) imala je signifikantan utjecaj na sadržaj proteina u znu (19.7%), sedimentacijsku vrijednost (10.3%) i sadržaj vlažnog glutena (7.9%). Kod križanja V×S interakcija S×N, nije bila signifikantna niti za jedan pokazatelj pekarske kakvoće, dok je gnojidba (N) imala signifikantan utjecaj na sadržaj proteina (22.8%), sedimentacijsku vrijednost (20.3%) i sadržaj vlažnog glutena (6.5%). Selekcija (S) je kod križanja V×S imala signifikantan utjecaj na sadržaj proteina u znu (6.8%), sedimentacijsku vrijednost (5.5%) i sadržaj vlažnog glutena (10.7%) (Tablica 4.)



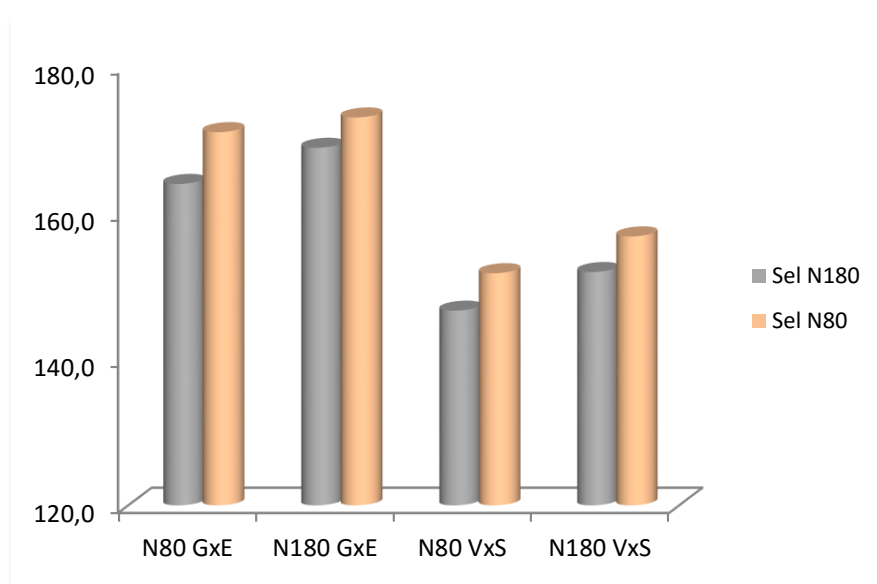
Grafikon 1. Sadržaj proteina kod 11 izabranih potomstava križanja G×E i V×S kod selekcije N<sub>180</sub> i N<sub>80</sub> uz primjenu reducirane (80 kgN/ha) i optimalne (180 kgN/ha) razine gnojidbe

Na grafikonu 1 je prikazan sadržaj proteina za 22 potomstva križanja G×E i V×S kod dvije razine gnojidbe dušikom, 80 kgN/ha (N<sub>80</sub>) i 180 kgN/ha (N<sub>180</sub>). Kod selekcije N<sub>180</sub> došlo je do značajnog povećanja sadržaja proteina kod više razine gnojidbe. Kod oba potomstva utvrđene su manje vrijednosti za sadržaj proteina kod N<sub>80</sub> u odnosu na N<sub>180</sub> za obje varijante selekcije. Najveći sadržaj proteina (15,5) je kod visoke razine gnojidbe križanja VxS, a najmanji (13,80) kod niske razine gnojidbe križanja VxS.



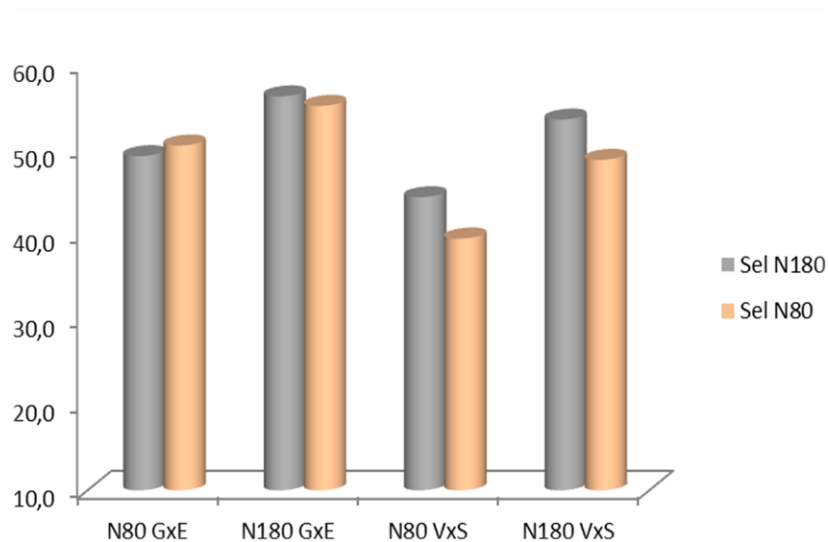
Grafikon 2. Sadržaj vlažnog glutena kod 11 izabranih potomstava križanja G×E i V×S kod selekcije N<sub>180</sub> i N<sub>80</sub> uz primjenu reducirane (80 kgN/ha) i optimalne (180 kgN/ha) razine gnojidbe

U Grafikonu 2. su prikazane vrijednosti sadržaja vlažnog glutena za 22 potomstva križanja G×E i V×S kod dvije razine gnojidbe dušikom, 80 kgN/ha (N<sub>80</sub>) i 180 kgN/ha (N<sub>180</sub>). Prosječna vrijednost sadržaja vlažnog glutena kod križanja G×E, opažena na obje razine gnojidbe bila je podjednaka za F<sub>7</sub> potomstva izabrana kod N<sub>80</sub> (32,0 i 31,7 ml) i kod N<sub>180</sub> (35,4 i 35 ml).



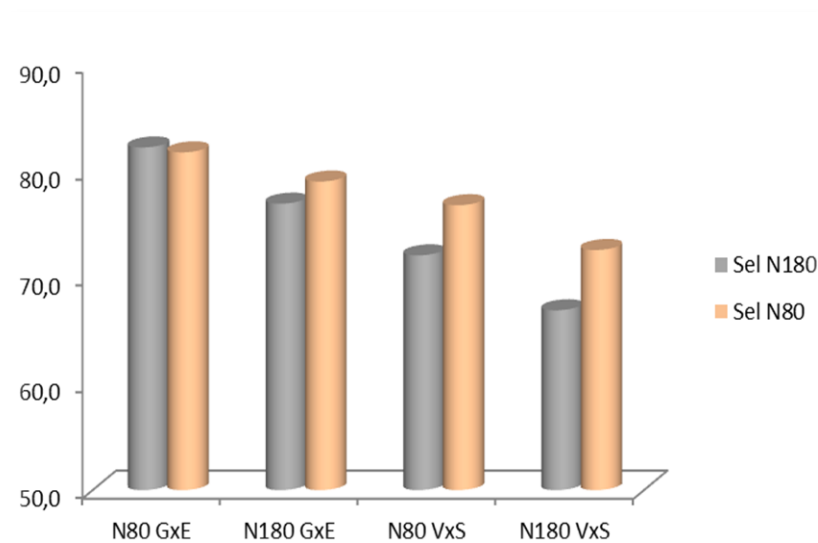
Grafikon 3. Vrijednosti Peleshenke kod 11 izabranih potomstava križanja G×E i V×S kod selekcije N<sub>180</sub> i N<sub>80</sub> uz primjenu reducirane (80 kgN/ha) i optimalne (180 kgN/ha) razine gnojidbe

U grafikonu 3. su prikazane Pelshenke vrijednosti za 22 potomstva križanja G×E i V×S kod dvije razine gnojidbe dušikom, 80 kgN/ha (N<sub>80</sub>) i 180 kgN/ha (N<sub>180</sub>). Kod selekcije N<sub>80</sub> došlo je do značajnog povećanja Pelshenke vrijednosti kod obje razine gnojidbe u odnosu na selekciju N<sub>180</sub>. Kod križanja V×S prosječne vrijednosti Pelshenke testa kod obje selekcije bile su niže u odnosu križanja G×E.



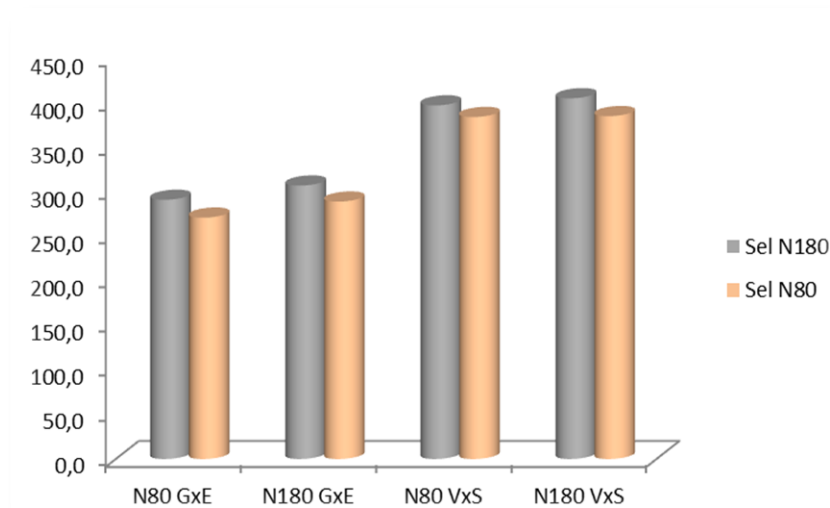
Grafikon 4. Iznos sedimentacijske vrijednosti kod 11 izabranih potomstava križanja G×E i V×S kod selekcije N<sub>180</sub> i N<sub>80</sub> uz primjenu reducirane (80 kgN/ha) i optimalne (180 kgN/ha) razine gnojidbe

Na Grafikonu 4. je prikazana sedimentacijska vrijednost za 22 potomstva križanja G×E i V×S kod dvije razine gnojidbe dušikom, 80 kgN/ha (N<sub>80</sub>) i 180 kgN/ha (N<sub>180</sub>). Kod selekcije N<sub>180</sub> došlo je do značajnog povećanja sedimentacijske vrijednosti kod više razine gnojidbe. Kod oba potomstva utvrđene su manje vrijednosti za sedimentacijsku vrijednost kod N<sub>80</sub> u odnosu na N<sub>180</sub> za obje varijante selekcije.



Grafikon 5. Sadržaj Gluten indexa kod 11 izabranih potomstava križanja G×E i V×S kod selekcije N<sub>180</sub> i N<sub>80</sub> uz primjenu reducirane (80 kgN/ha) i optimalne (180 kgN/ha) razine gnojidbe

U grafikonu 5. su prikazane vrijednosti gluten indeksa za 22 potomstva križanja G×E i V×S kod dvije razine gnojidbe dušikom, 80 kgN/ha (N<sub>80</sub>) i 180 kgN/ha (N<sub>180</sub>). Kod selekcije N<sub>80</sub> došlo je do značajnog povećanja gluten indeksa kod obje razine gnojidbe u odnosu na selekciju N<sub>180</sub>. Kod križanja V×S prosječne vrijednosti gluten indeksa kod obje selekcije bile su niže u odnosu križanja G×E.



Grafikon 6. Padajući broj kod 11 izabranih potomstava križanja G×E i V×S kod selekcije N<sub>180</sub> i N<sub>80</sub> uz primjenu reducirane (80 kgN/ha) i optimalne (180 kgN/ha) razine gnojidbe

Na grafikonu 6. je prikazan padajući broj za 22 potomstva križanja G×E i V×S kod dvije razine gnojidbe dušikom, 80 kgN/ha (N<sub>80</sub>) i 180 kgN/ha (N<sub>180</sub>). Kod selekcije N<sub>180</sub> došlo je do značajnog povećanja padajućeg broja kod obje razine gnojidbe. Križanje VxS ima veći odgovor na selekciju u odnosu na križanje GxE.



## 6. RASPRAVA

Rezultati pokazuju da je kod obje razine gnojidbe u F<sub>7</sub> generaciji utvrđena jaka pozitivna korelacija sadržaja proteina sa vlažnim glutenom, te je nešto jača korelacija utvrđena kod N<sub>80</sub> u rasponu od 0.63\*\* do 0.88\*\* u odnosu na N<sub>180</sub> gdje su vrijednosti varirale u rasponu od 0.55\*\* do 0.82\*\*. To je u skladu s više autora koji iznose podatke o visokoj korelaciji sadržaja proteina sa vlažnim glutenom u iznosu od 0.71\*\* (Fossati i sur., 2010.), 0.79\* (Mladenov i sur., 2001.), 0.82\*\* (Jurković i sur., 2000.).

Pozitivna korelacija utvrđena je u F<sub>7</sub> generaciji kod sadržaja proteina u zrnju sa sedimentacijskom vrijednosti pri obje razine gnojidbe u rasponu od 0.53\* do 0.81\*\*. U F<sub>7</sub> generaciji veće vrijednosti korelacija utvrđene kod N<sub>80</sub> što je u skladu s rezultatima Jukić (2013.) koja je kod obje razine gnojidbe također utvrdila visoku pozitivnu korelaciju ( $r_{N80}=0.77^{**}$ ;  $r_{N180}=0.71^{**}$ ).

U provedenom istraživanju u obje generacije utvrđena je negativna korelacija između vlažnog glutena i gluten indeksa, kod N<sub>80</sub> vrijednosti su varirale od -0.54\*\* do -0.86\*\* a kod N<sub>180</sub> vrijednosti su se kretale od -0.62\*\* do -0.75\*\*, pri čemu su kod N<sub>180</sub> utvrđene jače negativne korelacije. To se slaže sa rezultatima Jurković i sur. (2000). koji ističu negativnu korelaciju u iznosu -0.78\*.

Kod ostvarenog odgovora na selekciju Selekcija N<sub>180</sub> (SelN<sub>180</sub>) bila je bolja kod križanja V×S za sadržaj proteina i sadržaj vlažnog glutena u odnosu na SelN<sub>80</sub>. Kod križanja G×E za svojstva pekarske kakvoće SelN<sub>180</sub> i SelN<sub>80</sub> bile su jednako učinkovite.

## 7. ZAKLJUČCI

1. Pozitivna korelacija sadržaja proteina u zrnu sa sadržajem vlažnog glutena i Zeleny sedimentacijskom vrijednosti, kao i jake negativne korelacije gluten indeksa sa sadržajem proteina u zrnu i sadržajem vlažnog glutena, moraju se uzeti u obzir pri odabiru genotipova za vrhunsku pekarsku kakvoću.
2. Kod križanja  $G \times E$  selekcija (S) nije bila značajna niti za jedno svojstvo pekarske kakvoće, gnojidba (N) je bila značajna za sadržaj proteina u zrnu, sadržaj vlažnog glutena i sedimentacijsku vrijednost. Kod križanja  $V \times S$  selekcija (S) i gnojidba (N) imala je značajan utjecaj na sadržaj proteina u zrnu, sedimentacijsku vrijednost i sadržaj vlažnog glutena. Kod oba križanja interakcija  $S \times N$  nije bila signifikantna niti za jedan pokazatelj pekarske kakvoće.
3. Ostvareni odgovor na selekciju kod optimalne gnojidbe bio je jednako učinkovit za oba režima ili bolji od selekcije kod reducirane gnojidbe.

## 8. LITERATURA

1. 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
2. Bänziger, M., Betrán, F. J., Lafitte. H. R. 1997. Efficiency of high nitrogen selection environments for improving maize for low-nitrogen target environments. Crop Sci 37: 1103–1109
3. Barić, M., Šarčević, H., Kereša, S., Habuš-Jerčić, I., Rukavina, I. 2007. Genotypic differences for nitrogen use efficiency in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Cereal Research communications 35 (2 Part 1): 213-216
4. Bono, L., Matuz, J., Acs, E. 2003. Correlation between screening methods and technological quality characteristics in bread wheat. Cereal Research Communications 31 (1-2): 201-204
5. Briggs, K. G., Shebeski, L. H. 1971. Early generation selection for yield and bread making quality of hard red spring wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell.). Euphytica 20: 453-463
6. Ceccarelli, S. 1996. Adaption to low/high input cultivation. Euphytica 92: 203-214
7. Clarke, J. M., Clarke F. R., Ames, R. E., Knox, R. E., Ross, R. J. 2009. Gluten index compared with SDS-sedimentation for early generations selection for gluten strenght in durum wheat. Canadian Journal of Plant Science
8. 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
9. Denčić, S., Mladenov, N., Kobiljski, B. 2011. Effect of genotype and environment on breadmaking quality in wheat. International Journal of Plant Production 5 (1): 71-81
10. Emede, T. O., Alika, J. E. 2012. Variation in agronomic characters among high and low nitrogen S2 maize (*Zea mays* L.) lines grown in high and low nitrogen environments. Maydica 57: 139-146
11. Falconer, D. S. 1989. Introduction to quantitative genetics. 3rd end. Longmann, London
12. Fischer, R. A., O'Brien, L., Quai, K. J. 1989. Early generation selection in wheat. II. Grain quality. Australian Journal of Agricultural Research 40: 1135-1142

13. 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
14. 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
15. Gróger, S., Oberforster, M., Werteker, M., Grausgruber, H., Lelley, T. 1997. HMW glutenin subunit composition and bread making quality of Austrian grown wheats. *Cereal Research Communications* 25 (4): 955-962
16. Horvat, D., Drezner, G., Šimić, G., Dvojković, K., 2006. Rezervne bjelančevine pšenice analizirane RP-HPLC metodom, izvorni znanstveni članak, pristupljeno 19.10.2015.
17. Hrgović, S., Pajić, S., Međimurec, T., 2014. Pravilnom agrotehnikom do visokih prinosa pšenice dobre kakvoće, [www.savjetodavna.hr](http://www.savjetodavna.hr), pristupljeno 20.10.2015.
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. Doktorska disertacija
20. Jurković, Z., Sudar, R., Drezner, G., Horvat D., 2000. The HMW glutenin subunit composition of OS wheat cultivars and their relationship with bread-making quality. *Cereal Research Communications* 28 (3): 271-277
21. Kibite, S., Evans, L. E. 1984. Causes of negative correlations between grain yield and grain protein concentration in common wheat. *Euphytica* 33: 801-810
22. Knapp, S. J., Stroup, W.W., Ross, W. M. 1985. Exact confidence intervals for heritability on a progeny mean basis. *Crop Sci* 25: 192-194
23. Lovrić, A., 2015. Učinak selekcije kod visoke i niske razine gnojidbe dušikom na prinos i pekarsku kakvoću ozime pšenice. Doktorska disertacija
24. Mansour, K. (1993): Sprout damage in wheat and its effect on wheat flour products. Pp 8-9. In: Walker-Simonds M.K., Rieder J.L. (eds.). *Preharvest sprouting in cereals*. American Assn of Cereal Chemists
25. Mikulikova, D., Masar, Š., Horvathova, V., Kraic, J. 2009. Stability of quality traits in winter wheat cultivars. *Czech Journal of Food Science* 27 (6): 403-417

26. Mladenov, N., Przulj, N., Hristov, N., Djurić, V., Milovanović, M. 2001. Cultivar by environment interactions for wheat quality traits in semiarid conditions. *American Association of Cereal Chemistry* 78 (3): 363-367
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. Novoselović, D., Šimek, R., Dvojković, K., Drezner, G. 2012. Estimation of Phenotypic and genetic correlations for quality traits in a wheat population. *Poljoprivreda* 18 (1): 8-13
30. O'Brien, L., Ronalds, J. A. 1987. Heritabilities of small-scale and standard measures of wheat quality for early generation selection. *Australian Journal of Agricultural Research* 38: 801-808
31. 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
32. 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
33. Poljoprivredni fakultet Osijek, <[www.pfos.hr](http://www.pfos.hr)>, 2006,.  
[http://www.obz.hr/vanjski/CD\\_AGBASE2/PDF/Psenica.pdf](http://www.obz.hr/vanjski/CD_AGBASE2/PDF/Psenica.pdf), pristupljeno: 25.10.2015.
34. 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
35. SAS Institute Inc 2009. SAS/ STAT 9.2 Users Guide. SAS Inc. Cary, NC, USA
36. Simmonds, N. W. 1995. The relation between yield and protein in cereal grain. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 67: 309-315
37. 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

38. Šarčević, H., Jukić, K., Ikić, I., Lovrić, A. 2014. Estimation of quantitative genetic parameters for grain yield and quality in winter wheat under high and low nitrogen fertilization. *Euphytica* 199 (1-2): 57-67
39. Šimić, G., Horvat, D., Jurković, Z., Drezner, G., Novoselić, D., Dvojković, K. 2006. The genotype effect on the ratio of wet gluten content to total wheat grain protein. *Journal of Central European Agriculture* Vol. 7; 1, 13-18
40. 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
41. Varga, B., Svečnjak, Z., Jurković, Z., Pospšil, M. 2007. Quality responses of winter wheat cultivars to nitrogen and fungicide applications in Croatia. *Acta Agronomica Hungarica* 55 (1): 37-48
42. Zeleny, L., Greenaway, W. T., Gurney, G. M., Fifield, C. C., Lebsock, K. 1960. Sedimentation value as an index of dough-mixing characteristics in early-generation wheat selections. *Cereal Chemistry* 37: 673-678