

# VARIJABILNOST POKAZATELJA TEHNOLOŠKOG KVALITETA GENOTIPOVA PŠENICE U RAZLIČITIM MIKROKLIMATSKIM USLOVIMA

Borislav Banjac<sup>1</sup>, Velimir Mladenov\*<sup>1</sup>, Sofija Petrović<sup>1</sup>,  
Đorđe Vojnović<sup>1</sup>, Danilo Begić<sup>1</sup>, Rada Šućur<sup>1</sup>, Bojan Jocković<sup>2</sup>

## Izvod

Pšenica (*Triticum* sp.) spada u grupu najzastupljenijih žitarica u ishrani ljudi, a hleb predstavlja njen glavni proizvod za čiji kvalitet je presudan dobar tehnološki kvalitet zrna. Prilikom prerade pšenice u brašno, neophodno je poznavati osnovne faktore hemijskog sastava koji su direktni pokazatelji tehnološkog kvaliteta zrna pšenice, a to su: voda, skrob, proteini, prehrambena vlakna i masti. Iz tog razloga, ogledi koji se postavljaju u različitim mikroklimatskim uslovima gajenja pšenice, doprinose određivanju uticaja genotipa i faktora spoljne sredine, kao i njihove interakcije na vrednosti sadržaja ukupnih proteina, sedimentacione vrednosti i amilolitičke aktivnosti, važnih pokazatelja tehnološkog kvaliteta pšenice, koji su obuhvaćeni ovim istraživanjem. Ispitivanjem genotipova različitih vrsta pšenice (*Triticum aestivum*, *Triticum spelta* i *Triticum compactum*) je utvrđen statistički značajan uticaj mikroklimatskih uslova gajenja na pokazatelje tehnološkog kvaliteta zrna. Detaljnijom analizom interakcije genotipa sa spoljnom sredinom, ocenjena je njihova stabilna reakcija, te su odabrani oni genotipovi koji će poslužiti kao poželjne roditeljske komponente u programu oplemenjivanja pšenice sa poboljšanim tehnološkim kvalitetom.

**Cljučne reči:** amilolitička aktivnost, interakcija, proteini, sedimentaciona vrednost, *Triticum* sp.

## Uvod

Poljoprivreda kao najvažnija privredna grana, ima za cilj proizvodnju kvalitetne i zdravstveno-bezbedne hrane. U okviru ove delatnosti je biljna proizvodnja, koja se zasniva na sposobnosti biljaka da proizvode organsku materiju, koja je nezamenljiva komponenta u ljudskom i životinjskom organizmu. U ovoj proizvodnji, posebno mesto zauzima grupa gajenih ratarskih biljaka koje se najviše koriste u ishrani ljudi, među kojima se izdvaja pšenica. Pšenica predstavlja strateški proizvod i nalazi se u centru interesovanja i delovanja agrarne politike svake zemlje. Ekonomski najznačajnija vrsta pšenice je meka, hlebnapšenica (*Triticum aestivum*). Druga po značaju je tvrda (*Triticum durum*), koja se koristi za pravljenje testenina

i ima veći sadržaj proteina od meke pšenice, a zatim i krupnik (*Triticum spelta*) koji ima veći sadržaj glutena, veću hranljivu vrednost i koristi se kao poboljšivač kvaliteta i ukusa pšeničnog hleba (Ikanović et al., 2016). U proizvodnji, na manjim površinama je zastupljena i patuljasta pšenica (*Triticum compactum*), koja ima manji sadržaj glijadina i koristi se za spravljanje kolača, keksa i drugih konditorskih proizvoda. Sve vrste pšenice, koje se koriste u proizvodnji, moraju da imaju zadovoljavajući tehnološki kvalitet, da bi i njihov finalni proizvod ispunio očekivanja zahtevnih, savremenih potrošača. Direktni pokazatelji tehnološkog kvaliteta zrna pšenice su voda, skrob, proteini, prehrambena vlakna i masti (Goesaert et al., 2005). Proteini u zrnima pšenice su zastupljeni od 8% do

Originalni naučni rad (Original Scientific Paper)

<sup>1</sup> Banjac B, Mladenov V, Petrović S, Vojnović Đ, Begić D, Šućur R, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Trg Dositeja Obradovića 8, 21000 Novi Sad, Srbija

<sup>2</sup> Jocković B, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija  
\*e-mail: velimir.mladenov@polj.edu.rs

Tabela 1. Naziv, rodoslov i glijadinske subjedinice analizovanih genotipova pšenice

Table 1. Name, pedigree and gliadin subunits of analyzed wheat genotypes

Oznaka genotipa	Naziv genotipa	Rodoslov	Glijadinske subjedinice
G1	Pesma	NS-51-37/Balkan	2*; 7+9; 5+10
G2	Renesansa	Jugoslavija/Ns-55-25	N; 7+9; 5+10
G3	NS rana 5	[NS.Rana1/Tisa)/Partizanka]/ Mačvanka 1	2*; 7+9; 5+10
G4	Pobeda	Sremica/Balkan	2*; 7+9; 5+10/ 1RS- 1BL
G5	Ljiljana	NC-3287/3/Rodna	N; 7+9 (ili 7); 5+10
G6	Sonata	Soisson/Harkovskaja-77//Rana niska	N; 7; 2+12
G7	Vila	NS-63-26/NS-3443	N; 7+9; 2+12
G8	Kantata	NS-3209-1-1/2*NS-0.451	1; 6+8; 5+10
G9	Cipovka	NS-3288/Rodna	2*; 7+9; 5+10
G10	Dragana	NS-63-26/Francuska	N; 7+9; 2+12
G11	Jefimija	NS-63-25/NS-3722	N; 7+9; 5+10
G12	Balada	NS-0.694/Radika	N; 7+9; 2+12/ VBS(3) 4,0
G13	Rapsodija	Agri/Nacozari F76//Nizija	2*; 7+8; 5+10/ osje; VBS(2) 4,5; VBS(K) 5,2;
G14	Arija	Žitarka/NRPB 89-5126	N; 7+8; 2+12 i 5+10/ VBS(3) 3,0; VBS(K) 5,3
G15	Simfonija	Fundulea-4/NS-0.694	N; 7+9; 2+12 i 5+10/ VBS(2) 1,0; VBS(K) 0,7
G16	Simonida	NS-63-25/Rodna//NS-3288	N; 7+9; 2+12/ VBS(K) 5,8
G17	Balerina	NS-4452/Pobeda	2*; 7+9; 5+10/ VBS(K) 6,9
G18	Diva	Amajlija/Pobeda	2*; 7+9; 5+10/ VBS(K) 6,9
G19	Astra	NS-63-25/Rodna//NS-3288	N; 7; 2+12/ VBS(K) 6,3; K03/04-I (kao 3-2731/9)
G20	Helena	Fundunela490/Sremica	K01/02-I;K-II; K-III; VBS(2) 3,5 N;
G21	Oda	Pobeda/Partizanka	7+9; 2+12 K01/02-I;K-II;K-III; VBS(4) 6,0 2*;
G22	Miljana	(C-39/Jedina)/NS-3288	7+9; 5+10 K 01/02-I;K-II;K-III A(73%) N; 7+9; 5+10; B(17%) N; 7+8; 5+10
G23	Bambi	Triticum compactum/Stara Banatka	compactum N; 6+8; 2+12;
G24	Lana	NE-101/Slavija//Rusija	K03/04-I A(83%) N; 7+9; 5+10; B(17%) 2*; 7+9; 5+10;
G25	Zvezdana	8268/NS-62-36	K 01/02-I;K-II; N; 7+9; 2+12;
G26	Janja	Rodna/Pobeda//Milica	K03/04-I 2*; 7+9; 5+10
G27	Bastijana	NS-63-25/Studena//NS-3722	K03/04-I; N; 7+9; 5+10
G28	Dama	NS-66-37//NS-3195/NS2894-1	K04/05-I N; 7+9; 5+10
G29	Srma	Rodna/Pobeda/Milica	K04/05-I 2*; 7+9; 5+10
G30	Angelina	NS-3910/Rodna//NS rana-5/3/ Jadranka	K04/05-I 2*; 7+9; 5+10
G31	Barbara	NS-63-26/NS-3207-1//NS-3288	K04/05-I N; 7+9; 5+10
G32	NS 40S	NS-694/ISA 88-3141	K04/05-I N; 7+9; 5+10
G33	Teodora	NS-57-94/92-2R	K04/05-I 1; 13+16; 5+10
G34	Etida	Draga/Florida/Rana niska	K04/05-I N; 7+9; 5+10
G35	Gordana	NS2-2204/NS-3722	N; 7+9; 5+10 (2*; 7+9; 5+10)
G36	Gora	Bokor prostratum	Nepoznato
G37	NS Desetka	((NS2-2739/NS2-3069)/Sonja)/Sonja	Nepoznato

<b>G38</b>	NS Nena	NS2-3218F/NS2-4288	Nepoznato
<b>G39</b>	NS Dika	((Nin Mai Nr.4/NS-2853)/Ps-2)/NS-3987/2/F3)/NS-3142	Nepoznato
<b>G40</b>	NS Arabeska	NS-2-4833/Renesansa	Nepoznato
<b>G41</b>	NS Artemida	((Dukat-NS2-2675/Rodna)/Pobeda)/Renesansa	Nepoznato
<b>G42</b>	NS Emina	NS 38-00/NSA 97-0392	K08/09-I-109%
<b>G43</b>	NS Avangarda	Fundulea 490/ Tiha	K08/09-I-111%
<b>G44</b>	NS Futura	Pobeda/Nizija	K08/09-I-107%
<b>G45</b>	NS Ilina	Tiha/NS-74-96	K08/09-I-108%
<b>G46</b>	NS Enigma	NS2-4337/NS-90-96	K 08/09-I-105%
<b>G47</b>	Sava	Fortunato**2/Red Coat	1; 7+8; 2+12/ Rht8 / Ne2 /Ppd 1;
<b>G48</b>	Partizanka	Bezostaja-1/NS-116	2*; 7+9; 5+10./ Rht8, Saitama27;
<b>G49</b>	NS rana 2	[(Bez-1/NS-262)/Mir.808]/NS-435	N; 7; 2+12./ Rht8, Saitama27./ Ne2;
<b>G50</b>	Balkan	(Bačka/Bez-1)/Mir.808/NS-435/Skorospelka	2*; 7+9; 5+10/ 1B-1R / Rht8 / Ne2
<b>G51</b>	Posavka 2	NS-646/Bez.-1/Skorospelka-35	2*;7+9; 5+10./ 1B-1R/ Rht8
<b>G52</b>	Jugoslavija	(NS-646/Bez-1)/Aurora	2*; 7+9; 5+10./ 1B-1R/ Rht8
<b>G53</b>	Lasta	Stepnjačka30,NS-736,Bez-1, Lutescenc-32, Aun Mir.808, Jubilejnaja-50,NS-14-81, Panonija	N; 7+9;5+10/ 1 RS -1 BL
<b>G54</b>	Rodna	(NS-646/Bez.-1)/Aurora]/Partizanka	2*; 7+9; 5+10
<b>G55</b>	Tamiš	Kavkas/2*Partizanka//Mačvanka-1	N; 7+9; 5+10
<b>G56</b>	Danica	(NS-2773/Partizanka)/Sremica	N; 7+9; 5+10
<b>G57</b>	Proteinka	(NS-2767/Balkan)/Sremica	N; 7+9; 5+10./ 1B- 1R
<b>G58</b>	Rana niska	[(Tobay66/Kavkas)/Bačvanka-1]/NS rana-1	1; 7+9; 2+12.
<b>G59</b>	Milica	(Zelengora/Mačvanka-2)/Partizanka	2*; 7+9; 5+10./ 1B- 1R
<b>G60</b>	Divna	[(NS-646/Bez-1)/Partizanka]/NS-3187	N; 7+9; 2+12;belo zrno
<b>G61</b>	Prima	{[(Tobary66/Kavkaz)/Nova Banatka / NS-3142]/Rana niska/NS-3985/1	1; 7+9; 2+12
<b>G62</b>	Tera	(NS-2879/5-1/NS-3000)/Rana niska	2*; 7+9; 5+10
<b>G63</b>	Tiha	(Bean/Žitnica)/Žitnica	1; 7+9; 2+10
<b>G64</b>	Prva	(Lozničanka/Nova Posavka)/ (NS-2853/1628/77)	1; 7+9; 2+12
<b>G65</b>	Zlatka	[(Lozničanka/NS-3000)/NS-3014]/ (NS-2853/Zg 1-628/77)	1; 7+9; 2+12
<b>G66</b>	Mina	MV-8/Sremica	N; 7; 5+10
<b>G67</b>	Delta	(NS-2568/9/MV-08-78)/NS3026	1; 7+9; 5+10
<b>G68</b>	Evropa 90	Talent/Novosadska rana-2	N; 7+9; 2+12
<b>G69</b>	Nirvana	Reselekcija lokalne populacije	1; 6+8; 5+10
<b>G70</b>	Isidora	Mersna/Renesansa/Prima	K05/06-I,II A(60%) 1; 7+9; 5+10; B(20%) - 7+9; 2+12;C(20%) N; 7+9; 5+10
<b>G71</b>	Sonja	[(Nin Mai/NS-2853)/Posavka-2]/ (NS-2897/2/NS-3142)	2*; 7+9; 5+10

15%. Prema rastvorljivosti, proteini se dele na neglutenske, albumine koji se rastvaraju u vodi i globuline rastvorljive u rastvoru kuhinjske soli. Drugoj grupi pripadaju glutenski proteini koji čine lepak, a to su glijadini i glutenini, koji se ne rastvaraju u vodi. Gluten ima značajnu ulogu u determinaciji osobina tehnološkog kvaliteta zrna pšenice i gotovih proizvoda. U slučaju povećanog sadržaja glijadina, lepak je slabo rastegljiv i prilikom sušenja postaje tvrd i prozračan (Spasojević i sar., 1984). Glutenin poseduje osobine elastičnosti i rastegljivosti (Obreht i sar., 2004). Aktivnost enzima amilaze je takođe značajna za pekarska svojstva pšenice, jer, ukoliko je aktivnost visoka dobijaju se gnjecavi, a u suprotnom, mrvljivi proizvodi. Variranje količine, kvaliteta i polimerizacije glutena kao i drugih pokazatelja tehnoloških osobina poput sadržaja belančevina, sedimentacione vrednosti i amilolitičke aktivnosti genotipova pšenice je uslovljeno genetičkim faktorima, uslovima spoljne sredine i interakcijom genotipa i spoljne sredine. Razumevanje načina kojim mikroklimatski uslovi utiču na pokazatelje kvaliteta genotipova pšenice doprinosi unapređenju programa oplemenjivanja novih visoko-kvalitetnih sorti. Pored toga, rezultati takvih ogleda pomažu preciznijoj preporuci sortimenta za proizvodnju u određenim regionima (Đurić i sar., 2017). Cilj ovog rada je da se za sorte pšenice gajene na dva lokaliteta tokom jedne vegetacione sezone odrede tehnološki parametri kvaliteta (sadržaj ukupnih proteina, nivo sedimentacione vrednosti i broj padanja po Hagbergu). Analizom uticaja genotipa i spoljne sredine na ispoljavanje vrednosti pokazatelja tehnološkog kvaliteta, odabrac se genotipovi koji mogu da budu poželjne roditeljske komponente u programu oplemenjivanja sorti i linija pšenice sa poboljšanim kvalitetom.

### Materijal i metod

U radu je korišćen 71 genotip ozime heksaploidne pšenice ( $2n=6x=42$  hromozoma), koje su stvorene u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu (Tabela 1). Od toga, 69 genotipova su predstavnici hlebne,

heksaploidne pšenice (*Triticum aestivum*), dok su dva genotipa predstavnici krupnika (*Triticum spelta*), sorta Nirvana i kompakturna pšenice (*Triticum compactum*), sorta Bambi. Ovi genotipovi su predstavnici pšenice koje se koriste za posebne namene.

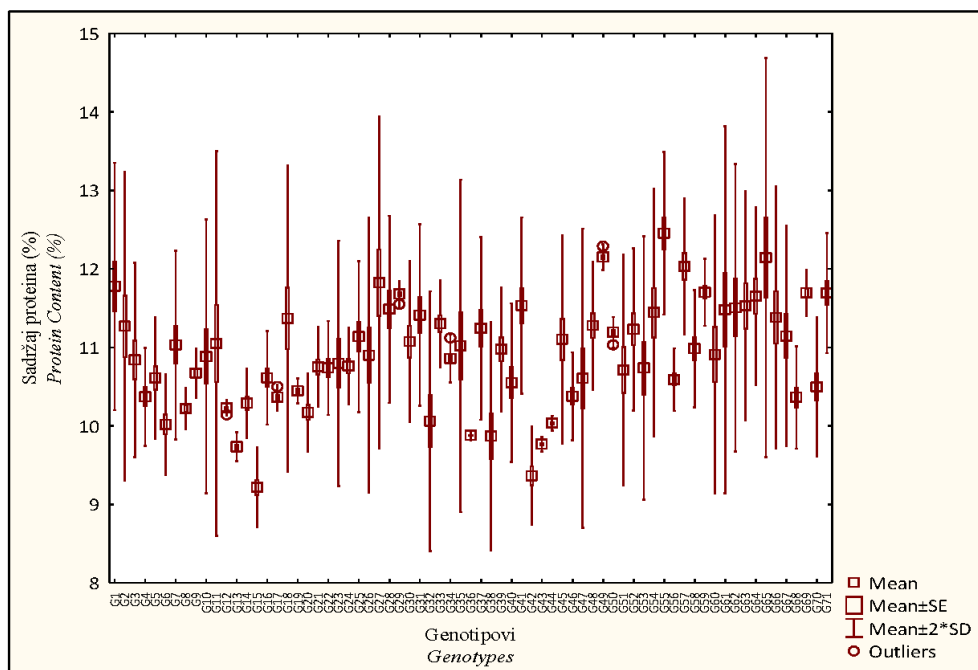
Ogled je postavljen po slučajnom blok sistemu u četiri ponavljanja, na dva lokaliteta: Novi Sad (E1) i Sremska Mitrovica (E2) u toku vegetacione sezone 2011/2012. U sistemu gajenja pšenice primenjena je uobičajena agrotehnika na svim parcelama gde su ogledi izvedeni. Predusev na oba lokaliteta je bila soja. Veličina osnovne parcelice je iznosila 2 m<sup>2</sup>, razmak između redova sa kontinuiranom setvom 10cm, dok je razmak između parcelica iznosio 25 cm. Setva ogleda je obavljena u drugoj polovini oktobra, a žetva, u fazi pune fiziološke zrelosti, kada je sadržaj vlage u zrnu bio manji od 15%, krajem juna. Odabirom reprezentativnih uzoraka biljaka, izvršena je analiza zrna u cilju ispitivanja varijabilnosti tehnoloških pokazatelja kvaliteta: sadržaja ukupnih proteina, sedimentacione vrednosti i aktivnosti alfa-amilaze. Sadržaj ukupnih proteina dobijen je množenjem procentualnog sadržaja azota sa faktorom 5,71 i izražen je u procentima u odnosu na suhu materiju. Sedimentaciona vrednost ispitivanih uzoraka je određena po metodi Zeleny-ja, koja se zasniva na taloženju frakcija pšeničnog brašna suspendovanih u rastvoru mlečne kiseline, tokom određenog vremenskog intervala (Shewry et al., 2000). Broj padanja, kao direktni pokazatelj aktivnosti alfa-amilaze, dobijen je merenjem likvefakcije (utečnjavanje) skroba izazvane dejstvom ovog hidrolitičkog enzima (Petrenko et al., 2015). Statistička analiza podataka je obuhvatila izračunavanje aritmetičke sredine i koeficijenta varijacije, svih ispitivanih genotipova, za sve pokazatelje kvaliteta (podaci su prikazani grafički). Kao jedan od modela multivarijacione analize za detaljniju obradu interakcije genotipova i spoljne sredine korišćena je AMMI analiza, za koju je upotrebljen program GenStat 9th Edition, VSN International Ltd (trial version). Ostale statističke analize su urađene u programu Dell Statistica, verzija 13.5 (Dell Inc, 2019).

## Rezultati i diskusija

Prosečan sadržaj proteina svih sorti za lokalitet Novi Sad iznosi 10,7%, a za lokalitet Sremska Mitrovica 11,0%. Povećan prosečan sadržaj proteina za sve sorte na lokalitetu Sremska Mitrovica u odnosu na Novi Sad, se objašnjava manjom količinom padavina u predžetvenom periodu, jer zbog sličnih izmerenih toplotnih meteoroloških parametara na oba lokaliteta, teško je ustanoviti na kojoj temperaturi dolazi do termalne denaturacije proteinskog katalizatora-enzima skrobna sintetaza i posledičnog smanjenja intenziteta sinteze skroba na račun povećanja sadržaja proteina. Ova pretpostavka se zasniva na rezultatima istraživanja Kobiljski i Đurić (2006), koji navode da sadržaj proteina, kao nosilac tehnološkog kvaliteta sorte, u znatnoj meri zavisi od temperature i vlage u periodu vegetacije. Do sličnih rezultata su došli i Zhang et al. (2017). Takođe, u radu Laidig et al. (2022) je dokazana zavisnost sadržaj proteina u zrnju od mikroklimatskih uslova lokaliteta. U

ogledu su se izdvojili genotipovi koji pokazuju značajno variranje za ispitivanu osobinu prema uslovima spoljne sredine (Grafikon 1).

Kod hlebne sorte Gordana je zabeležena značajna razlika u prosečnom udelu proteina u odnosu na lokalitete, gde je u agroekološkoj sredini E1 (Novi Sad) izmereno 12%, a u agroekološkoj sredini E2 (Sremska Mitrovica) 10,1%. Nešto manje variranje zabeleženo je za sortu Sava u Novom Sadu (9,7%), a u Sremskoj Mitrovici 11,5%, što se može objasniti različitim tipovima zemljišta na kome je izveden ogled. Rezultati izračunatih parametara mera centralne tendencije i pokazatelja varijacije za sadržaj proteina, na nivou celog ogleda, ukazuju da prosečne vrednosti variraju u širokom opsegu. Genotip Diva je pokazao značajnu varijabilnost za razliku od njegove roditeljske komponente, sorte Pobeda. Posmatrano za obe agroekološke sredine zajedno, kod genotipova Balada, Jefimija, Barbara i Angelina zabeležena je znatno veća varijabilnost u odnosu na sorte Sava i Rana niska. Analizom rezultata za sadržaj



Grafikon 1. BoxPlot prikaz prosečne vrednosti i varijabilnosti sadržaja proteina (%) ispitivanih genotipova pšenice (posmatrano na nivou celog ogleda, za oba lokaliteta zajedno)

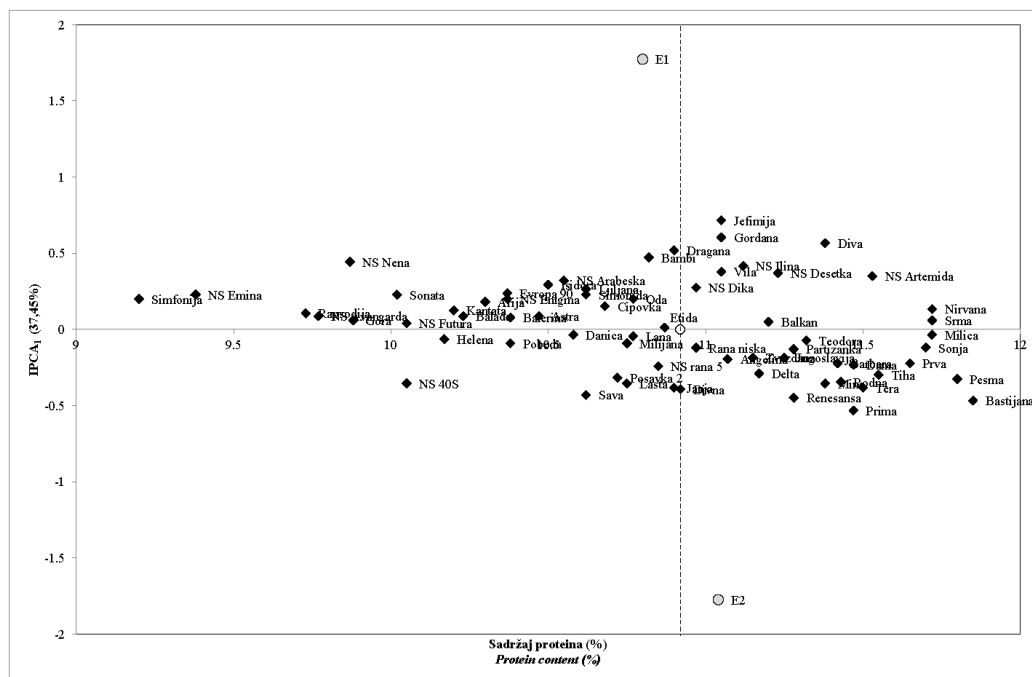
Figure 1. BoxPlot display of mean value and variability of protein content (%) for examined genotypes of wheat (observed for both localities together)

proteina na nivou celog ogleđa, kod sorti NS Emina, Rapsodija, Avangarda i NS Nena, su utvrđene znatno niže vrednosti u odnosu na sorte Zlatka, NS rana 2 i Tamiš (Grafikon 1).

Gluten kao važna komponenta proteina pšeničog zrna, odgovoran je za elastična svojstva testa, obezbeđujući formu proteina i disulfidnih veza koje daju hlebu optimalnu teksturu (Allred, 2010). Kuktaite et al. (2005) ističu amorfnu strukturu lepka, što ukazuje na jasnu hijerarhijsku molekularnu strukturu u polimeru glutena. Dimitrijević i Petrović (2002), ispitujući uticaj podjedinica glutenina velike molekulske mase hromozoma 1B na svojstva testa, su utvrdili da ne postoje značajne razlike između grupa genotipova sa Glu-B1 7 i onih sa kombinacijom subjedinica Glu-B1 7+9, a kao razlog tome navode izrazitu disproporciju u broju ispitivanih genotipova. Istražujući uticaj varijacija temperature na kvalitet ozime pšenice Moldestad et al. (2011) su utvrdili da povišene temperature u periodu nalivanja zrna utiču pozitivno na kvalitet glutena.

Rezultati analize varijanse ukazuju da su svi izvori varijacije, kako aditivni, tako i neaditivni ispoljili visoku značajnost za analiziranu osobinu. Od ukupne sume kvadrata, najvećim delom učestvuje efekat genotipa sa 60,08%, udeo lokaliteta je 1,98%, dok interakcija genotipa i spoljne sredine učestvuje sa 37,45%. Ukupna interakcija je objašnjena prvom interakcijskom komponentom (IPAC<sub>1</sub>), koja je pokazala statistički visoko značajan efekat, što je u saglasnosti sa rezultatima Kondić Špika et al. (2019). Na osnovu rasporeda tačaka koji definišu agroekološke sredine na AMMI<sub>1</sub> grafikonu, može se zaključiti da su dva lokaliteta imala različit efekat na ekspresiju sadržaja proteina (Grafikon 2).

Posmatrajući rasutost tačaka koji predstavljaju genotipove, primećuje se da su Prima, Bastijana i NS 40S ispoljile značajno veću vrednost interakcije sa agroekološkom sredinom E2 (Sremska Mitrovica) u odnosu na ostale sorte. Najveća stabilnost uočava se kod genotipova Balkan, Etiđa, Danica, Milica i NS futura čije se tačke nalaze oko nulte linije IPAC<sub>1</sub> ose. Rasutost i udaljenost



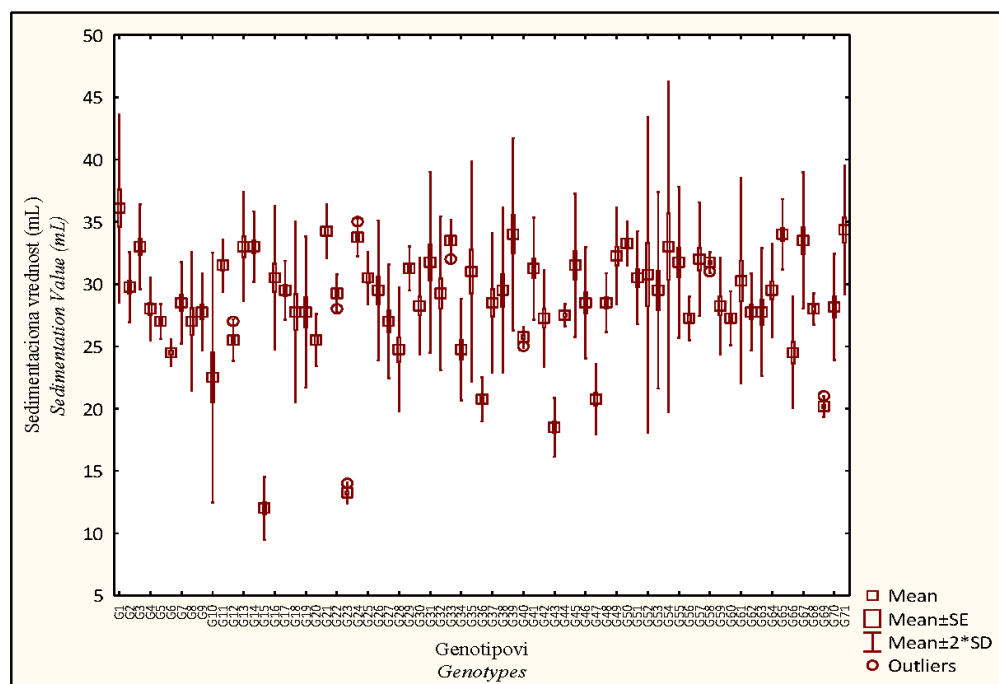
Grafikon 2. AMMI<sub>1</sub> biplot za procenu interakcije genotip × spoljna sredina za sadržaj proteina (%) ispitivanih genotipova pšenice

Figure 2. AMMI<sub>1</sub> biplot for the estimation of genotype × environment interactions for protein content (%) of examined wheat genotypes

od polazne tačke genotipova Jefimija, Gordana, Diva i Prima ukazuju na njihovu malu stabilnost i veću vrednost interakcije genotipa i spoljne sredine. Sorte za posebne namene, Bambi (*Triticum compactum*) i Nirvana (*Triticum spelta*), takođe su pokazale manju stabilnost. Genotipovi Pobjeda i Balkan su ispoljili veću stabilnost za datu osobinu, što se može objasniti njihovom srodnošću. Sorta Balkan je roditeljska komponenta sorte Pobjeda. Međutim, svi genotipovi čije se tačke na AMMI<sub>1</sub> biplotu nalaze sa desne strane u odnosu na vertikalnu liniju proseka ogleđa, mogu da budu dobar izvor za povećanje sadržaja proteina. Posebnu pažnju u budućim oplemenjivačkim postupcima, potrebno je usmeriti na one genotipove, koji su pored visokog proseka sadržaja proteina, ostvarili i male intrerakcijske vrednosti sa ispitivanim lokalitetima.

**Sedimentaciona vrednost.** Prosečna sedimentaciona vrednost na oba lokaliteta iznosi 28 mL. Od hlebnih sorti pšenice (*Triticum aestivum*), najvišu srednju vrednost je postigla sorta

NS Dika (38 mL) na lokalitetu Novi Sad, a na lokalitetu Sremska Mitrovica kod sorte Pesma izmereno je 40 mL. Najnižu prosečnu vrednost od svih ispitivanih genotipova imala je sorta Simfonija (12 mL). Izmerene identične vrednosti imale su sorte Danica (27 mL) i Dragana (27 mL), što se objašnjava zajedničkim pretkom, sortom Proteinka (30 mL). Sorta za posebne namene Bambi (*T. compactum*) imala je znatno niži rezultat od spelta vrste, sorta Nirvana (13 mL i 20 mL, po redosledu), u agroekološkoj sredini E1 (Novi Sad). Niska prosečna vrednost sorte Bambi (*T. compactum*) je očekivana, s' obzirom na to da ima smanjen udeo glijadinskih subjedinica u glutenu. Ispitivanjem sedimentacione vrednosti na nivou celog ogleđa, utvrđeno je da je ovo svojstvo veoma varijabilno i da umnogome na njegovu ekspresiju utiče mikroklimat. Najveća varijabilnost izračunata je kod sorti Zvezdana, Jugoslavija i Lasta, za razliku od genotipova Milica, Rana niska i Proteinka, gde su za oba lokaliteta zajedno dobijene najniže vrednosti u odnosu na ostale (Grafikon 3).



Grafikon 3. BoxPlot prikaz prosečne vrednosti i varijabilnosti sedimentacione vrednosti (mL) ispitivanih genotipova pšenice (posmatrano na nivou celog ogleđa, za oba lokaliteta zajedno)

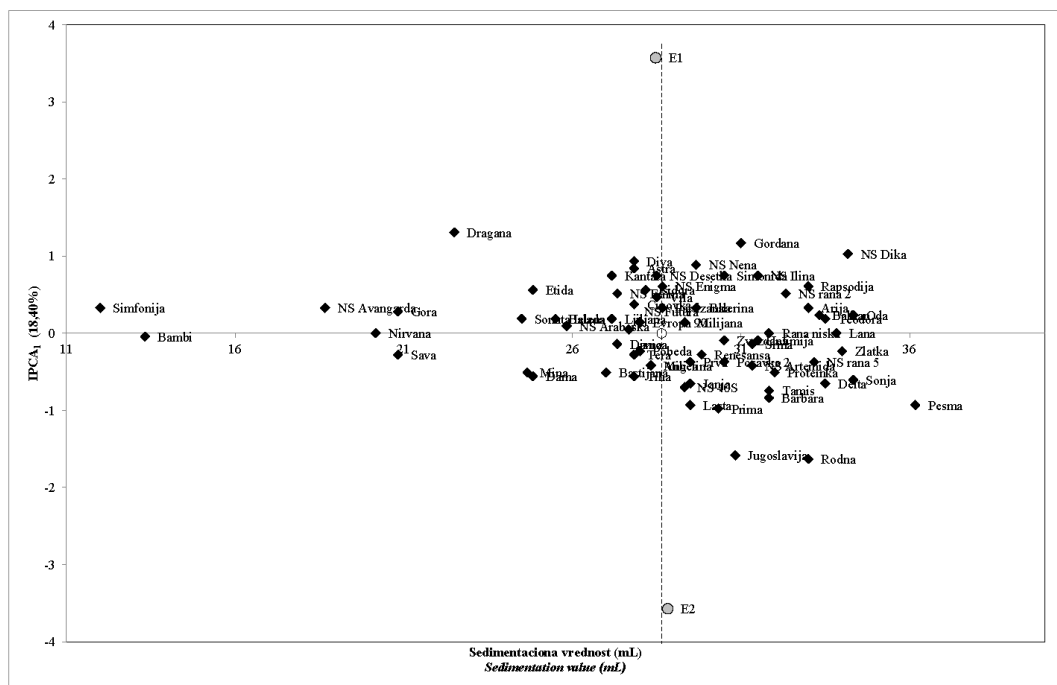
Figure 3. BoxPlot display of mean value and variability of sedimentation value (mL) for examined genotypes of wheat (observed for both localities together)



Visoka sedimentaciona vrednost ukazuje na viši kvalitet proteina i druga tehnološka svojstva zrna, koja su neophodna za dobre odlike hleba. Ovo su ustanovili i Mutwali et al. (2016), koji još navode da se dobijene vrednosti sedimentacione vrednosti mogu koristiti kao selekcionni kriterijum u programu oplemenjivanja pšenice, kao i u procesu mlevenja i pečenja hleba. Analizom sedimentacione vrednosti, kao parametra kvaliteta zrna pšenice, bavili su se Hristov i Mladenov (2005), ispitujući sorte Evropa 90, Zlatka i Milica na lokalitetu Sremska Mitrovica. Prosečne vrednosti do kojih su došli u potpunosti su u saglasnosti sa rezultatima ovog oglada. AMMI analiza varijanse za ispitivanu osobinu je pokazala da su svi identifikovani izvori varijacije, osim lokaliteta, bili statistički visoko značajni. Posmatrajući udele aditivnih i neaditivnih izvora varijacije u ukupnoj sumi kvadrata oglada, uočava se da je najveći udeo genotipa (80,02%), a zatim interakcije genotipa i spoljne sredine (18,40%). Statistički visoko značajna interakcija genotipa i spoljne sredine

pokazuje da su genotipovi različito reagovali na posmatrane agroekološke sredine. Udeo prve komponente  $IPCA_1$  je 18,40%. Sorte za posebne namene, Bambi (*Triticum compactum*) i Nirvana (*Triticum spelta*), pokazale su izuzetnu stabilnost za ispitivano svojstvo. Sorte Dragana, Gordana i NS Dika pokazale su visoku vrednost interakcije prema agroekološkoj sredini E1 (Novi Sad). Sorta Pesma je postigla najvišu srednju sedimentacionu vrednost, ali nije bila najbolja po stabilnosti u odnosu na ostale. Usko je prilagođena E2 lokaciji. Grupisanost tačaka oko nulte linije kao što su sorte Lana, Renesansa, NS Arabeska i Miljana ukazuje na stabilnost ovih genotipova u odnosu na ostale. Sorta Etida je bila bolja po prosečnoj vrednosti, ali ne i po stabilnosti u odnosu na sortu Simfonija (Grafikon 4). Rezultati izvora varijacije za sedimentacionu vrednost su u saglasnosti sa rezultatima Oelofse (2008) i Mut et al. (2010).

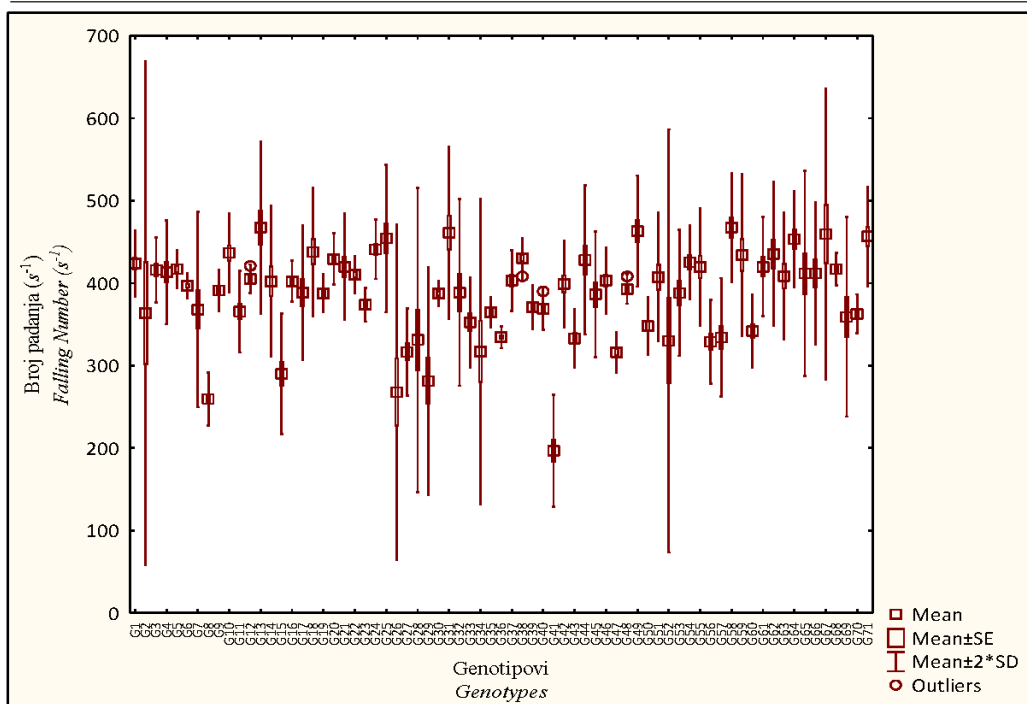
**Broj padanja.** Prosek broja padanja na lokalitetu Novi Sad je 362 s, a na lokalitetu Sremska Mitrovica 414 s. Veće vrednosti broja padanja



Grafikon 4. AMMI<sub>1</sub> biplot za procenu interakcije genotip × spoljna sredina za sedimentacionu vrednost (mL) ispitivanih genotipova pšenice

Figure 4. AMMI<sub>1</sub> biplot for the estimation of genotype × environment interactions for sedimentation value (mL) of examined wheat genotypes





Grafikon 5. BoxPlot prikaz prosečne vrednosti i varijabilnosti broja padanja (s) ispitivanih genotipova pšenice (posmatrano na nivou celog ogleđa, za oba lokaliteta zajedno)

Figure 5. BoxPlot display of mean value and variability of falling number (s) for examined genotypes of wheat (observed for both localities together)

na lokalitetu Sremska Mitrovica su rezultat manje količine kiše u predžetvenom periodu u odnosu na lokalitet Novi Sad, gde je izmerena veća količina vodenog taloga u periodu sazrevanja. Najveće prosečne vrednosti na oba lokaliteta imale su Rapsodija (467 s), Rana niska (467 s), NS rana 2 (463 s). Sorta Rapsodija je iskoristila pogodnosti lokaliteta i postigla pojedinačno najveći broj padanja (513 s). Sorte za posebne namene Bambi (*Triticum compactum*) i Nirvana (*Triticum spelta*) su imale povećan broj padanja (373 s, 359 s po redosledu). Balerina i NS 40S ostvarile su vrednosti na nivou proseka oba lokaliteta, 388 s. Širok opseg variranja skrobno amilaznog pokazatelja, ukazuje na značajan uticaj spoljašnje sredine na tehnološki kvalitet zrna. Najveća varijabilnost zabeležena je kod sorti Partizanka, Posavka 2, Isidora, Sonja, dok je najmanja bila kod sorti Mina i Zvezdana (Grafikon 5).

Povećana vlažnost ili uslovi temperaturnog stresa u predžetvenom periodu deluju na hormon giberlinsku kiselinu, koja aktivira gene

$\alpha$ -aMi-1 na hromozomima 6A, 6B, 6D, usled čega se u ribozomima aleuronskih ćelija sintetise enzim  $\alpha$ -amilaza. Nakon translokacije amilaze u ćelije endosperma dolazi do razlaganja skroba (Cheng et al., 2014.). Aktivnost enzima se nastavlja u zrnu i nakon žetve, što utiče na smanjenje broja padanja. Mares and Mrva (2008) su utvrdili da prisustvo *Rht* (reduced height genes) gena utiče na manju osetljivost molekularnih mehanizama na dejstvo hormona giberlinska kiselina što je i potvrđeno ovim istraživanjem. Ovim se može objasniti zašto se kod sorti Simonida, Sonata, Evropa 90 i Zvezdana, koje imaju skraćenu stabljiku, broj padanja nije smanjio na lokalitetu Novi Sad, iako je izmerena veća količina vodenog taloga u predžetvenom periodu, u odnosu na lokalitet Sremska Mitrovica. Thomason et al. (2009) su zaključili da sorte sa kraćim osjem i one čiji klasovi stoje pod većim uglom u odnosu na tlo (*semierectum*), zadržavaju manje vlage i samim tim imaju veću otpornost prema amilolitičkoj aktivnosti nakon žetve. Navedeni rezultati su u

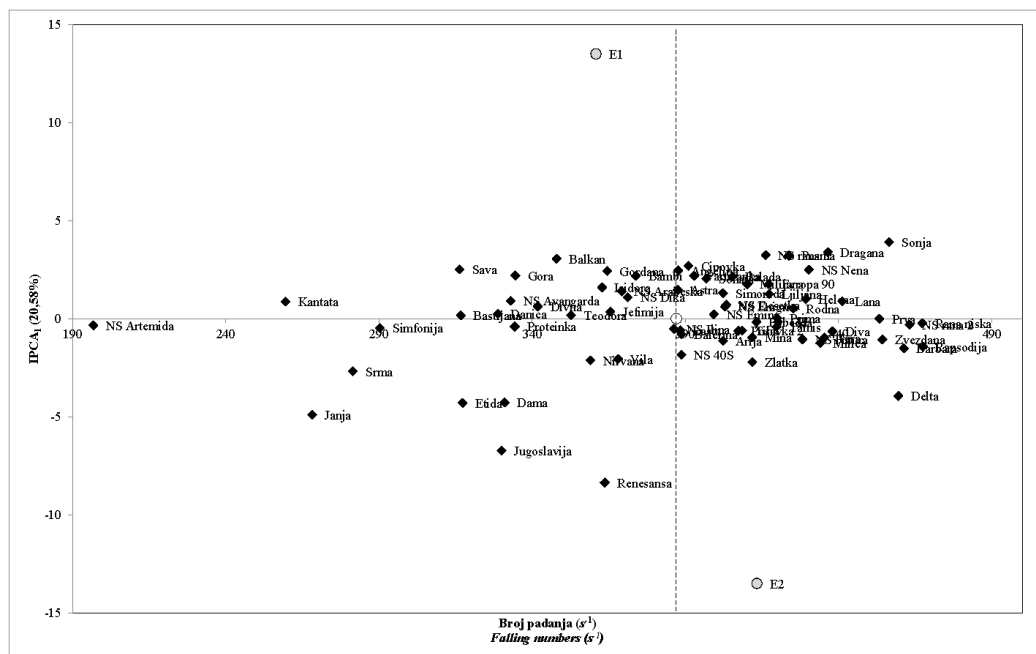
skladu sa ovim istraživanjem, gde je kod genotipova sa kraćim osjem i povijenim klasom kao što su Rapsodija, Renesansa, NS 40S, NS Ilina i Zvezdana, izmeren veći broj padanja, u odnosu na bezosjate genotipove.

Rezultati AMMI analize pokazuju značajne razlike između lokaliteta, genotipova i njihove interakcije. Od ukupne sume kvadrata najveći udeo odnosi se na efekat genotipa (63,8%), a zatim na efekat interakcije genotip/lokalitet (20,58%). Dodatnim razlaganjem interakcije genotip/lokaliteta utvrđena je značajnost prve komponente IPCA<sub>1</sub>, koja je učestvovala sa 20,58%. Razlika između sume kvadrata interakcije i lokaliteta, ukazuje na to da su se genotipovi različito ponašali na ispitanim lokalitetima. Sorte Teodora, Jefimija, Prva, Proteinka i Simfonija pokazale su najniže vrednosti interakcije genotip/lokaliteti, što ih uvršćuje u izuzetno stabilne genotipove, koji mogu da se gaje u različitim ekološkim uslovima. Na osnovu distribucije tačaka genotipova novijeg oplemenjivačkog programa NS Dika, NS Nena i NS Avangarda, zapaža se nestabilna reakcija pre-

ma agroekološkoj sredini E1 (Novi Sad). Sorte Renesansa, Jugoslavija, Janja, Delta, Dama i Etida su se pokazale kao nestabilne prema E2 (Sremska Mitrovica), što je u skladu sa očekivanjem, jer su se mikroklimatski uslovi u predžetvenom periodu značajno razlikovali u odnosu na drugu agroekološku sredinu. Sorta NS Artemida, pored izmerenih najnižih prosečnih vrednosti, pokazala se kao izuzetno stabilna u odnosu na ostale genotipove. Gora, Sava i Balkan pokazale su se kao srednje stabilne sorte. Sorta za posebne namene Nirvana (*Triticum spelta*) je pokazala nestabilniju reakciju u odnosu na Bambi (*Triticum compactum*) (Grafikon 6).

### Zaključak

Na osnovu rezultata ovih istraživanja identifikovane su sorte visokog nivoa stabilnosti ispitivanih parametara kvaliteta što može da bude od značaja kako za programe oplemenjivanja sorti pšenice sa poželjnim hlebno-pekarskim karakteristikama, tako i za njihovo gajenje u komercijalnoj proizvodnji s obzirom na



Grafikon 6. AMMI<sub>1</sub> biplot za procenu interakcije genotip × spoljna sredina za broj padanja (s) ispitivanih genotipova pšenice

Figure 6. AMMI<sub>1</sub> biplot for the estimation of genotype × environment interactions for falling number (s) of examined wheat genotypes

to da imaju visok potencijal da zadovolje sve propisane agronomske i tehnološke kriterijume. Različite mikroklimatske prilike uzrokuju brojne promene u metabolizmu biljaka, a kao odgovor na uslove u kojima se pšenica gaji, dolazi do izmena i tehnološkog kvaliteta zrna. Shodno tome, svaki doprinos u otkrivanju promena izazvanih mikroklimatom, omogućava procenu da li pšenica gajena u različitim agrokološkim sredinama ispunjava uslov uravnoteženog odnosa esencijalnih hranljivih materija koje su na raspolaganju ljudskoj populaciji.

### Literatura

- Allred L (2010): Recognition of Gliadin and glutenin fractions in flour cereal gluten assays. *J. AOAC Int.*, 93(1): 190-196.
- Cheng C, Odlach K, Mrva K, Mares D (2014): Analysis of high pI  $\alpha$ -Amy 1 gene family members expressed in late maturity  $\alpha$ -amylase in wheat (*Triticum aestivum*). *Mol. Breeding*, 33(3): 519-529.
- Dimitrijević M, Petrović S (2002): Uticaj alelna varijacije podjedinica glutenina velike molekulske mase sa hromozomima 1B pšenice na reološke osobine testa. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo*, 35: 263-270.
- Đurić N, Cvijanović G, Dozet G, Rajičić V, Branković G, Poštić D (2020): Uticaj godine i lokaliteta na prinos zrna i komponente prinosa kod ozime pšenice Selekcija i semenarstvo, 26(1): 19-18.
- GenStat 9<sup>th</sup> Edition VSN International Ltd ([www.vsn-intl.com](http://www.vsn-intl.com)). 2009 (trial version)
- Goesaert H, Brijsk K, Veraverbeke W, Courtin C, Gebruers K, Delcour J (2005): Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends Food Sci. Tech.*, 16: 12-30.
- Hristov N, Mladenov N (2015): Pokazatelji tehnološkog kvaliteta pšenice u vremenu i prostoru. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad*, 41, 221-226.
- Ikanović J, Popović V, Janković S, Dragić G, Pavlović S, Tatić M, Kolarić Lj, Sikora V, Živanović Lj. (2016): Impact of agro-ecological conditions on proteins synthesis in hexaploid wheat-spelt (*Triticum spelta*). *Biotechnol. Anim. Husb.*, 32(1): 91-100.
- Kobiljski B, Đurić V (2006): Uticaj godine na kvalitet ozime pšenice u Republici Srbiji. *Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo*. 42(1): 371-382.
- Kondić Špika A, Mladenov N, Grahovac N, Zorić M, Mikić S, Trkulja D, Marjanović Jeromela A, Miladinović D, Hristov N (2019): Biometric Analyses of yield, oil and protein Contents of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in different environments. *Agronomy*, 9: 270.
- Kuktaite R, Larsson H, Marttila S, Johansson E (2005): Effect of mixing time on gluten recovered by ultracentrifugation studied by microscopy and rheological measurements. *Cereal Chem.*, 82(4): 375-384.
- Laidig F, Husken A, Rentel D, Piepho HP (2022): Protein use efficiency and stability of baking quality in winter wheat based on the relation of loaf volume and grain protein content. *Theor. Appl. Genet.*, 135: 1331-1343
- Mares D, Mrva K (2008): Late maturity  $\alpha$ -amylase: low falling number in wheat in the absence of preharvest sprouting. *J. Cereal Sci.*, 47 (1): 6-17.
- Moldestad A, Moelth E, Hoel B, Oddvar A, Kjersti A (2011): Effect of temperature variation during grain filling on wheat gluten resistance. *J. Cereal Sci.*, 53 (3): 347-354.
- Mut Z, Aydin N, Bayramoglu O, Ozcan H (2010): Stability of some quality traits in bread wheat (*Triticum aestivum*) genotypes. *J. Environ. Biol.* 31(4): 489-495.
- Mutwali N, Mustafa A, Gorafi Y, Ahend I (2016): Effect of environment and genotypes on the physicochemical quality of the grains of newly developed wheat inbred lines. *Food Sci. Nutr.*, 4(4): 508-520.
- Obreht D, Denčić S, Đan M, Vapa Lj (2004): Značaj proteinskih markera u oplemenjivanju pšenice. *Selekcija i semenarstvo*, 10(1-4): 31-35.
- Oelofse R (2008): The relationship of sodium dodecyl sedimentation test values to bread-making quality of early generation dryland wheat lines. PhD thesis. University of the Free State Bloemfontein. Faculty of Natural and Agricultural Sciences, Bloemfontein.

- Petrenko V, Osipova T, Lyubich V, Homentko L (2015): Relation between Hagberg-Perten falling number and acidity of wheat flour according to storage and agricultural systems. *Ratarstvo Povrtarstvo*, 52(3): 120-124.
- Spasojević B, Stanačev S, Starčević Lj, Marin-ković B (1984): Posebno ratarstvo I. OOUR Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- StatSoft, Inc. 2019. STATISTICA (data analysis software system), version 13 (www.statsoft.com).
- Shewry P, Tatham A (2000): Wheat. The Royal Society of chemistry. Cambridge CB4 OWE, UK, 335-339.
- Thomason WE, Huges K, Griffiez C, Parrish D, Barbean W (2009): Understanding preharvest spouting of wheat. Virginia cooperative extension, 424-060, 79-88.
- Zhang Y, Pan J, Huang X, Guo D, Lou H, Hou Z, Su M, Liang R, Xie C, You M, Li B (2017): Differential effects of a post-anthesis heat stress on wheat (*Triticum aestivum*) grain proteome determined by iTRAQ. *Sci. Rep.*, 7(1): 34-38.

## WHEAT GENOTYPES VARIABILITY OF TECHNOLOGICAL QUALITY INDICATORS ACROSS DIFFERENT MICROCLIMATE CONDITIONS

Borislav Banjac, Velimir Mladenov, Sofija Petrović, Đorđe Vojnović,  
Danilo Begić, Rada Šućur, Bojan Jocković

### Summary

Wheat (*Triticum* sp.) is one of the most widely consumed grains in human nutrition, and bread is its primary product, the quality of which is dependent on grain technology. When processing wheat into flour, it's important to understand the basic chemical composition components that are direct indications of wheat grain technological quality, such as water, starch, protein, dietary fiber, and fat. As a result, experiments conducted in various microclimatic conditions aid in determining the impact of genotypes and environmental factors, as well as their interaction, on total protein content, sedimentation value, and amylolytic activity, all of which are important indicators of wheat technological quality. Microclimatic growth circumstances had a statistically significant impact on measures of grain technological quality in genotypes of three types of wheat (*Triticum aestivum*, *Triticum spelta* and *Triticum compactum*). The stable reactivity of genotypes with the external environment was examined through a more extensive analysis, and genotypes that would serve as suitable parental components in the wheat breeding program with better technological quality were selected.

**Key words:** amylolytic activity, interaction, proteins, sedimentation value, *Triticum* sp.

Primljen: 12.05.2022.  
Prihvaćen: 23.05.2022.