

**UNIVERZITET CRNE GORE  
BIOTEHNIČKI FAKULTET**

**Ana Velimirović**

**KARAKTERIZACIJA CRNOGORSKIH AUTOHTONIH POPULACIJA  
TETRAPLOIDNE PŠENICE (*Triticum durum* Desf. i *Triticum turgidum* L.)  
MOLEKULARNIM I MORFOLOŠKIM MARKERIMA**

**Doktorska disertacija**

**Podgorica, 2022. godine**

UNIVERZITET CRNE GORE  
BIOTEHNIČKI FAKULTET

Ana Velimirović

KARAKTERIZACIJA CRNOGORSKIH  
AUTOHTONIH POPULACIJA TETRAPLOIDNE  
PŠENICE (*Triticum durum* Desf. i *Triticum  
turgidum* L.) MOLEKULARNIM I  
MORFOLOŠKIM MARKERIMA

Doktorska disertacija

Podgorica, 2022. godine

UNIVERSITY OF MONTENEGRO  
BIOTECHNICAL FACULTY

Ana Velimirović

CHARACTERIZATION OF MONTENEGRIN  
INDIGENOUS POPULATIONS OF  
TETRAPLOID WHEAT (*Triticum durum* Desf.  
and *Triticum turgidum* L.) USING MOLECULAR  
AND MORPHOLOGICAL MARKERS

Ph.D. dissertation

Podgorica, 2022

## **Doktorand**

Ime i prezime: Ana Velimirović

Datum i mjesto rođenja: 2. 2. 1982. godine, Cetinje

Postdiplomske studije: Internacionalni centar za napredne mediteranske agronomske studije, Mediteranski agronomski institut u Hanji – (*International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies – The Mediterranean Agronomic Institute of Chania – CIHEAM – MAICh*)

Magistar nauka (120 ECTS), *cum maxima laude*, 2013

Studijski program: Održiva poljoprivreda – Biotehnologija

## **Mentor**

Dr Zoran Jovović, redovni profesor Biotehničkog fakulteta Univerziteta Crne Gore

## **Članovi komisije za ocjenu podobnosti doktorske teze i kandidata**

Dr Zoran Jovović, redovni profesor, Biotehnički fakultet – Univerzitet Crne Gore, mentor

Dr Novo Pržulj, akademik, redovni profesor, Poljoprivredni fakultet – Univerzitet u Banjoj Luci, član

Dr Nataša Mirecki, redovni profesor, Biotehnički fakultet – Univerzitet Crne Gore, član

## **Članovi komisije za ocjenu doktorske disertacije**

Dr Zoran Jovović, redovni profesor, Biotehnički fakultet – Univerzitet Crne Gore, mentor

Dr Novo Pržulj, akademik, redovni profesor, Poljoprivredni fakultet – Univerzitet u Banjoj Luci, član

Dr Nataša Mirecki, redovni profesor, Biotehnički fakultet – Univerzitet Crne Gore, član



### **Članovi komisije za odbranu doktorske disertacije**

Dr Zoran Jovović, redovni profesor, Biotehnički fakultet –  
Univerzitet Crne Gore, mentor

Dr Novo Pržulj, akademik, redovni profesor, Poljoprivredni  
fakultet – Univerzitet u Banjoj Luci, predsjednik komisije

Dr Nataša Mirecki, redovni profesor, Biotehnički fakultet –  
Univerzitet Crne Gore, član

**Datum odbrane:** 14. jun 2022. godine

## Zahvalnica

*Kao sve u životu, doktorska disertacija je za mene bila dugačak put na kom sam se susrela sa puno ljudi vrijednih pomena i nekih vrijednih zaborava.*

*Zahvalnost dugujem akademiku Ljubu Pavićeviću koji nam je ostavio u amanet ovu vrijednu kolekciju pšenice i otrgnuo je od zaborava. Mi smo nastavili tamo gdje je on bio zaustavljen dometima naučnih dostignuća svog vremena. Akademiku Novu Pržulju, uvijek spremnom da sasluša i posavjetuje, koji je svojom mudrošću i iskustvom pažljivo pratio cijeli proces. Dr Draganu Mandiću, koji je u ključnim i najtežim trenucima bio spreman da bude podrška i oslonac. Dr Sanji Mikić, koja je svoju stručnost utkala u ovu disertaciju, a čija se ljudskost ne može staviti na papir i takva rijetko srijeće. Miliki Mirkoviću koji je bio spreman da pomogne i posveti svoje vrijeme, Nebojši Medanu i Novici Stamatoviću koji su bez puno riječi bili važni saradnici tokom cijelog procesa, dr Đakomu Manjiniju, koji je vidio vrijednost u ovom projektu i prihvatio da bude dio istog. Dr Marieli Finetti Sialer, mom prijatelju, koja mi je dala prostora da maštam o nauci, poletim i padnem i na taj način mi pomogla da učim. Mudrom i iskrenom Dr Draganu Peroviću koji je dao drugu dimenziju konačnim rezultatima rada.*

*Svi oni pomenuti, a i brojni drugi mentori, profesori, saradnici tokom prethodnih godina koje ovdje ne mogu sve spomenuti, pomogli su mi da se utvrdim u stavu i da nikada ne izgubim iz vida da svako istraživanje mora imati korist za čovječanstvo, u suprotnom je naš trud i rad uzaludan. Oni su dali dobar, a nekad i loš primjer da nauka i naučnici moraju biti nesebični i na korist svijetu.*

*Jednom posebnom čovjeku, ocu Predragu Šćepanoviću, koji predstavlja bogatstvo ove zemlje i posebnu blagodat svima koji ga poznaju, pa tako i meni. Iako nije mogao dati stručnu, njegova duhovna pomoć je bila iznad svega što se može materijalizovati.*

*Posebnu zahvalnost dugujem prof. dr Vladimiru Božoviću, rektoru Univerziteta Crne Gore, na pruženoj ruci i vjeri da sam dostojna mjesta koje mi je pruženo.*

*Mom plemenitom Tihomiru, Lari, Anji i Kostu, izvorima radosti. Mojim Nikolićima, koji su svojim primjerom dokaz da čast živi daviijeka. Mom suprugu Marku, koji je pokazao razumijevanje i strpljenje za životni put koji dijelimo, za duge sate i dane odvojenosti, koji mi je svojom ljubavlju i brigom dokazao da mi je vjerni saputnik na putu koji smo odabrali. Mom sinu Jovanu, koji je došao i uljepšao naš život na završnoj godini doktorskih studija, koji je darovan strpljenjem dok sam bila posvećena radu na disertaciji, a koji je meni dao motivaciju da budem dorasla obaveze i odgovornosti koju imam prema njemu i njegovoj budućnosti.*

*Posljednji i najvrijedniji pominjanja u ovoj zahvalnici je moj mentor, profesor Zoran Jovović, koji je u meni još na drugoj godini studija prepoznao dar za nauku i zahvaljujući kome sam krenula tom stazom. Danas sam, nakon toliko godina, ubijedena da je bio pravi izbor i da nijesam pogriješila. Teško je sažeti u par rečenica ono što sam dužna reći za profesora Jovovića. Naučio me je šta znači biti naučnik u svakom smislu te riječi,*

*posmatrajući ga kako gradi uspješnu istraživačku karijeru i dozvolivši da budem dio tog iskustva, učinio je da to bude jedno od najboljih učenja koje mi je pruženo. Naučio me da uvijek gledam naprijed, da ne postoji bitka koja se ne može dobiti, a i ako se izgubi, ne treba stati već samo i uvijek nastaviti. Zato će sada i zauvijek Zoran Jovović biti čovjek kome u mom rječniku pripada riječ „profesor“, a sebi ću dozvoliti da ovog dobrog čovjeka od riječi smatram i prijateljem.*

*Svoju magistarsku tezu sam posvetila svojim roditeljima, a doktorsku disertaciju posvećujem mojim sestrama Mirjani i Sanji, najvećem bogatstvu koje imam na ovoj zemlji i nepresušnom izvoru ljubavi i podrške. Možda moji koraci i trud djeluju veliki, ali su mrve pri vašem trpljenju i strpljenju. U vaš zagrljaj stane cijeli moj svijet, a u ovih par rečenica samo djelić zahvalnosti koji vam dugujem.*

*Ova disertacija je realizovana kroz Program dodjele stipendija za doktorska istraživanja u Crnoj Gori Ministarstva prosvjete, nauke, kulture i sporta u 2018. godini, a u saradnji sa Poljoprivrednim institutom Republike Srpske, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, Sveruskim istraživačkim institutom za biljnu proizvodnju N. I. Vavilov Ministarstva nauke i visokog obrazovanja, Sankt Peterburg, Rusija – Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова Министерство науки и высшего образования i Institutom za bionauke i bioresurse Nacionalnog istraživačkog centra, Bari, Italija – Centro Nazionale delle Ricerche (CNR) – Istituto di Bioscienze e Biorisorse (IBBR).*

**Podaci o doktorskoj disertaciji**

<b>Naziv doktorskih studija</b>	Doktorske studije Univerziteta Crne Gore Biotehnički fakultet Studijski program: Biotehnika
<b>Naslov doktorske disertacije</b>	Karakterizacija crnogorskih autohtonih populacija tetraploidne pšenice ( <i>Triticum durum</i> Desf. i <i>Triticum turgidum</i> L.) molekularnim i morfološkim markerima
<b>Naučna oblast</b>	Poljoprivredne nauke
<b>Uža naučna oblast</b>	Poljoprivredna biotehnologija
<b>UDK broj</b>	

**Information on PhD dissertation**

<b>Title of PhD studies</b>	PhD studies at the University of Montenegro Biotechnical Faculty Study program: Biotechnics
<b>Title of PhD disseration</b>	Characterization of Montenegrin Indigenous Populations of Tetraploid Wheat ( <i>Triticum durum</i> Desf. and <i>Triticum turgidum</i> L.) Using Molecular and Morphological Markers
<b>Scientific field</b>	Agricultural Sciences
<b>Narrow scientific field</b>	Agricultural Biotechnology

## Rezime

Populacije tetraploidne pšenice su vjekovima bile najznačajnije vrste pšenice gajene u Crnoj Gori. Počecima Zelene revolucije, nakon Drugog svjetskog rata i ubrzanog gubitka agrobiodiverziteta, započele su intenzivne aktivnosti na sakupljanju lokalnih populacija pšenice u Crnoj Gori u cilju njihovog očuvanja. U periodu od 1955. do 1964. godine sakupljeno je 125 autohtonih populacija tetraploidnih pšenica na području Crne Gore i Bosne i Hercegovine, inicijalno podijeljenih u sedam grupa. Nepostojanje jasnog programa konzervacije rezultiralo je gubitkom dijela kolekcije, pa je u vegetacionoj sezoni 2018–2019 u Danilovgradu izvršena regeneracija preostalih 89 autohtonih populacija deponovanih u Crnogorskoj banci biljnih gena u cilju proučavanja diverziteta i upotrebne vrijednosti.

Morfološka karakterizacija crnogorskih populacija tetraploidne pšenice, obavljena u vegetacionoj sezoni 2020, u Banjoj Luci, metodom klas na red, rezultirala je izdvajanjem 389 genotipova. Za praćenje 19 morfoloških karakteristika korišćeni su UPOV deskriptori za durum pšenicu, a kao mjera fenotipskog diverziteta, primijenjen je normalizovan Šenonov indeks diverziteta ( $H'$ ), koji je varirao od monomorfnog za biljku prema toplotnom stadijumu (svi uzorci pripadaju jarim formama), prisustvo osja ili zubaca (svi uzorci imaju dobro razvijeno osje) i obraslost unutrašnjeg dijela donje pljeve dlačicama koja je za sve genotipove bila slaba. Visok polimorfizam izmjeren je za osobine širina ramena donje pljeve ( $H'=0,89$ ), varijetet ( $H' 0,87$ ) i povijenost lista zastavičara ( $H'=0,85$ ) koje evidentno nijesu bile pod selekcionim pritiskom.

Klaster analizom svi genotipovi su grupisani u tri klase. Genotipovi iz grupe VII, koji potiču iz oblasti između Dubrovnika i Herceg Novog i sjeverno do Trebinja, grupisali su se u klasu tri, dok su se genotipovi ostalih populacija rasporedili u sve tri klase, te se prema morfološkim osobinama ne može tvrditi da pripadaju različitim populacijama, pa je njihovo svrstavanje u grupe najvjerovatnije povezano sa vremenom njihovog kolekcionisanja. MCA je rezultirala 41 ortogonalnom dimenzijom, a prve dvije glavne dimenzije (*Dim 1* i *Dim 2*) objašnjavaju svega 6%, odnosno 5,1% ukupne varijabilnosti, što ukazuje na veliku morfološku sličnost genotipova.

Molekularna karakterizacija 89 crnogorskih genotipova izvršena je preko 25K SNP čipa. Zbog pretpostavke da crnogorske populacije tetraploidne pšenice vode porijeklo iz Italije u analizu su uključene i četiri italijanske populacije tvrde pšenice: Russello, Capelli, Taganrog i Svevo. Nakon filtracije, broj informativnih, polimorfnih SNP markera iznosio je 6.915, dok je nakon imputacije taj broj iznosio 6.933. Izuzev rogosijske sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Brajića

(METD–18/04) koja je idenitčna sa Taganrogom, PCA i filogenetsko stablo razdvojili su italijanske i crnogorske genotipove. Eliminacijom duplikata genetičke identičnosti iznad 95%, preostalih 60 genotipova, koji čine sržnu kolekciju, grupisani su u dva klastera sa različitim geografskih i klimatskih lokaliteta. Jedan klaster, koji čini 35 genotipova, obuhvata područje crnogorskog Primorja i Hercegovine, dok drugi klaster, sa 25 genotipova, vezan je za oblast oko rijeke Bojane i Skadarskog jezera. Rezultati dobijeni molekularnom analizom nijesu u korelaciji sa analizama baziranim na morfološkim markerima, čime je potvrđeno da su SNP markeri vrlo efikasni u detekciji strukture populacije.

Preliminarnom botaničkom klasifikacijom na osnovu kombinacije osobina klasa koje u dovoljnoj mjeri odražavaju diverzitet vrsta pšenice, utvrđeno je da četiri populacije crnogorske tetraploidne pšenice pripadaju vrsti *Triticum turgidum* ssp. *durum*, dok preostale populacije pripadaju vrsti *Triticum turgidum* ssp. *turgidum*.

Ispitivanjem javnog mnjenja, potvrđena je negativna percepcija o GMO, pesticidima i intenzivnoj proizvodnji, pa se 90,2% potrošača izjasnilo da bi radije organizovali samostalnu proizvodnju jer bi tako bili sigurni da je ista bezbjedna. Rezultati anketiranja su pokazali da bi čak 94,5% ispitanika radije kupilo hljeb proizveden od lokalne sorte pšenice nego od savremene, uvezene sorte, dok bi 88,8% ispitanika izdvojilo veći iznos novca za brašno, hljeb i ostale proizvode proizvedene od lokalnih sorti. U slučaju da se bave poljoprivrednom proizvodnjom, ispitanici su vrlo pozitivno ocijenjenili proizvodnju baziranu na tradicionalnim sortama poljoprivrednih kultura, kako bi proizvodili autentične, lokalne proizvode (78,5%). Ovakvi stavovi ohrabruju kada je riječ i o potencijalnoj reintrodukciji autohtonih sorti.

**Ključne riječi:** tetraploidna pšenica, genetički resursi, UPOV deskriptor, Šenonov indeks, MCA, SNP, UPGMA, PCA, botanička klasifikacija, percepcija potrošača, SNP imputacija

## Abstract

Populations of tetraploid wheat have been the most important wheat species grown in Montenegro for a long period of time. Beginnings of the Green Revolution after the Second World War accelerated agrobiodiversity loss, and intensive activities on collecting local wheat populations in Montenegro began with the aim of conservation. In the period from 1955 to 1964, 125 tetraploid wheat accessions were collected in Montenegro and Bosnia and Herzegovina initially divided into seven groups. Failing to develop a conservation program resulted in partial loss of the collection, and the remaining 89 tetraploid wheat populations deposited in the Montenegrin Plant Gene Bank were regenerated during vegetation season 2018–2019 in Danilovgrad with the aim to study the diversity and valorize this collection.

Morphological characterization of Montenegrin populations of tetraploid wheat, performed during vegetation season 2020 in Banja Luka in the ear by row system, resulted in 389 genotypes characterized. UPOV descriptors for durum wheat were used to analyze 19 morphological trait. As a measure of phenological diversity, the Normalized Shannon Diversity Index ( $H'$ ) was applied.  $H'$  varied from monomorphic for the seasonal type (all accessions belong to spring forms), the presence of awns or scurs (all accessions had well-developed awns), and the area of hairiness on the internal surface of the lower glume that was weak for all genotypes. High polymorphism was measured for shoulder width of the lower glume ( $H'=0.89$ ), variety ( $H' 0.87$ ), and frequency of plants with recurved flag leaves ( $H'=0.85$ ) which, obviously were not under selection pressure.

Cluster analysis grouped all genotypes into three classes. Genotypes from group VII, which originate from the area between Dubrovnik and Herceg Novi and Trebinje in the north, were grouped into class three, while other genotypes were distributed in all three classes, and according to the morphological characteristics, it cannot be confirmed that they belong to different forms classified into groups, but it is most likely related to the timing of their collection. MCA resulted in 41 orthogonal dimensions. The first two main dimensions (*Dim 1* and *Dim 2*) explain only 6% and 5.1% of the total variability, respectively, indicating great morphological similarity between genotypes.

Molecular characterization of 89 Montenegrin genotypes was performed using 25K SNP array. Presuming that Montenegrin populations originate from Italy, four Italian populations of durum wheat were included in the analysis: Russello, Capelli, Taganrog, and Svevo. After filtration, the number of informative, polymorphic SNP markers was 6,915, while after



imputation that number was 6,933. With the exception of Rogosija with a white ear and brown axis from Brajići (METD–18/04) identical to Taganrog, the PCA and the phylogenetic tree separated Italian and Montenegrin genotypes. By eliminating genetic duplicates of genetic identity above 95%, the remaining 60 genotypes forming a core collection, separated into two clusters from different geographical and climatic localities. One cluster, consisting of 35 genotypes, covers the area of the Montenegrin Cost and Herzegovina, while the other cluster consists of 25 genotypes distributed in the vicinity of the Bojana river and Skadar Lake. The results obtained by molecular analysis are not correlated with analyzes based on morphological markers, which confirms that SNP markers are very effective in detecting population structure.

Preliminary botanical classification, based on combination of ear traits that sufficiently reflect the diversity of wheat species, determined that four populations of Montenegrin tetraploid wheat belong to the species *Triticum turgidum* ssp. *durum*, while the rest of populations belong to the species *Triticum turgidum* ssp. *turgidum*.

Public opinion polls confirmed the negative perception on GMOs, pesticides, and intensive production, as 90.2% of consumers would prefer to have their own production, for which they are confident to be safe. It is promising that as many as 94.5% of respondents would rather buy bread produced from a local wheat variety than from modern, imported variety, while 88.8% of respondents would pay a higher price for flour, bread, and other products produced from local varieties. In the case they are engaged in agricultural production, respondents rated production using traditional plant varieties very positively, in order to produce authentic, local products (78.5%). Such attitudes encourage when it comes to the potential reintroduction of indigenous varieties.

**Keywords:** tetraploid wheat, genetic resources, UPOV descriptor, Shannon index, MCA, UPGMA, SNP, PCA, botanical classification, consumer perception, SNP imputation

## Skraćenice

AHC	Aglomerativna hijerarhijska klaster analiza ( <i>Aglomerative Cluter Analysis</i> )
AMOVA	Analiza molekularne varijanse ( <i>Analysis of Molecular Variance</i> )
CAPTP	Crnogorske autohtone populacije tetraploidne pšenice
CBBG	Crnogorska banka biljnih gena
CIMMYT	Međunarodni centar za unapređenje kukuruza i pšenice ( <i>International Maize and Wheat Improvement Center</i> )
cM	Centrimorgan
CTAB	Cetiltrimethylamonijum bromid
DUS	Test različitosti, uniformnosti i stabilnosti ( <i>Distinctiveness, Uniformity and Stability</i> )
DNK	Dezoksiribonukleinska kiselina
FAO	Organizacija za hranu i poljoprivredu ( <i>Food and Agriculture Organization</i> )
FAOSTAT	Korporativna statistička baza podataka organizacije za hranu i poljoprivredu ( <i>Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database</i> )
GMO	Genetički modificovani organizam
GPA	Globalni plan akcije ( <i>Global Plan of Action</i> )
GWAS	Izučavanje genomskih asocijacija ( <i>Genome Wide Association Study</i> )
IBPGR	Međunarodni odbor za biljne genetske resurse ( <i>International Board for Plant Genetic Resources</i> )
IPGRI	Međunarodni institut za biljne genetske resurse ( <i>International Plant Genetic Resources Institute</i> )
IBS	Identični aleli u ekspresiji (identični ( <i>Identical by state</i> ))
ICARDA – NBPGR	Međunarodni centar za poljoprivredna istraživanja u aridnim područjima – Nacionalni biro za biljne genetske resurse ( <i>International Center for Agricultural Research in the Dry Areas – National Bureau of Plant Genetic Resources</i> )
K	Kilobaza
MAS	Selekcija pomoću markera ( <i>Marker Assisted Selection</i> )
MAF	Niža frekvencije alela ( <i>Minor Allele Frequency</i> )
MCA	Višestruka korespondentna analiza ( <i>Multiple correspondence analysis</i> )
NCBI	Nacionalni centar za biotehnološke informacije ( <i>National Center for Biotechnology Information</i> )
NGS	Sekvencioniranje nove generacije ( <i>Next Generation Sequencing</i> )
PCA	Analiza glavnih komponenti ( <i>Principal Component Analysis</i> )
PCoA	Analiza glavnih koordinata ( <i>Principal Coordinate Analysis</i> )
RD	Relativna udaljenost ( <i>Relative Distance</i> )
SNP	Polimorfizam jednog nukleotida ( <i>Single Nucleotide Polymorphism</i> ).
UPGMA	Neponderisana metoda grupe parova sa aritmetičkom sredinom ( <i>Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean</i> )
UPOV	Međunarodna unija za zaštitu novih biljnih sorti ( <i>International Union for the Protection of New Varieties of Plants</i> )
USDA – NSGC	Ministarstvo poljoprivrede Sjedinjenih Američkih Država – Nacionalna kolekcija malih žita ( <i>United States Department of Agriculture – National Small Grain Collection</i> )
QTL	Lokus kvantitativnih osobina ( <i>Quantitative Trait Loci</i> )

## Sadržaj

UVOD.....	9
CILJ I HIPOTEZA .....	15
PREGLED LITERATURE.....	17
Taksonomija vrsta roda <i>Triticum</i> .....	17
Porijeklo pšenice.....	19
Istorijat gajenja <i>Triticum</i> vrsta u Crnoj Gori.....	27
Značaj genetičkih resursa .....	30
Morfološki i molekularni markeri .....	36
Ispitivanje javnog mnjenja o upotrebi tradicionalnih sorti pšenice .....	39
MATERIJAL I METODE.....	41
Kolekcija tetraploidne pšenice.....	41
Regeneracija CAPTP.....	42
<i>Agroekološki uslovi tokom perioda regeneracije pšenice</i> .....	44
Morfološka karakterizacija .....	45
<i>Agroekološki uslovi Banja Luka</i> .....	47
<i>Morfološki deskriptori – UPOV</i> .....	48
Molekularna evaluacija.....	49
<i>Odabir genotipova</i> .....	49
<i>Sjetva biljaka za DNK ekstrakciju</i> .....	50
<i>DNK ekstrakcija</i> .....	51
<i>Elektroforeza na agaroznom gelu</i> .....	51
<i>SNP genotipizacija na Illumina XT i mapiranje genotipova</i> .....	51
<i>Imputacija SNP markera</i> .....	52
Anketa potrošača o tradicionalnim sortama pšenice .....	53
Botanička klasifikacija populacija tetraploidne pšenice .....	55
Statistička analiza podataka .....	56
REZULTATI I DISKUSIJA.....	58
Morfološka karakterizacija .....	58
<i>Klaster analiza morfoloških podataka</i> .....	59
<i>Diverzitet morfoloških osobina genotipova</i> .....	63
<i>Multivarijacione analize morfoloških osobina</i> .....	70
Molekularna evaluacija.....	88
<i>DNK ekstrakcija</i> .....	89

<i>Filtriranje SNP markera</i> .....	90
<i>Polimorfizam SNP markera</i> .....	92
<i>Imputacija SNP markera</i> .....	93
<i>Filogenetska analiza genotipova</i> .....	94
<i>Analiza genotipova nakon SNP imputacije</i> .....	106
Klasifikacija CAPTP na osnovu primarne karakterizacije klasova .....	111
Rezultati upitnika o tradicionalnim sortama poljoprivrednog bilja .....	113
Zaključci.....	124
Literatura.....	127
Prilozi.....	139

## UVOD

Pšenica (*Triticum* sp.) je vodeće žito u svijetu i predstavlja osnovni izvor hrane za oko 2,5 milijardi ljudi, odnosno oko 35% svjetske populacije (Giraldo i sar., 2019). Zajedno sa pirinčem i kukuruzom predstavlja osnovnu hranu za čovječanstvo (*staple food*). Zbog visokog stepena adaptabilnosti različitim klimatskim uslovima, pšenica je najrasprostranjenija poljoprivredna kultura koja se u svijetu gaji na oko 216 miliona hektara, sa ukupnom godišnjom proizvodnjom od 765 miliona tona i prosječnim prinosima od 3,2 tone po hektaru (FAOSTAT 2021<sup>1</sup>). Gaji se u gotovo svim regionima svijeta. Optimalne zone uzgoja nalaze se na geografskim širinama između 30° i 60° sjeverne, odnosno 27° i 40° južne geografske širine. U pogledu nadmorske visine doseže i preko 3.000 metara (Curtis i sar., 2014; Tadesse i sar., 2019). Sa površinom pod pšenicom od 770,4 hektara Crna Gora zauzima 114., a u pogledu ukupne proizvodnje (2.146,5 tona) 110. mjesto u svijetu. Prosječni prinosi od 2,8 t ha<sup>-1</sup> blizu su svjetskog prosjeka i po tom osnovu Crna Gora zauzima 50. mjesto (Monstat 2020). Meka pšenica (*Triticum aestivum* L.) i tvrda pšenica (*Triticum durum* Desf.) su najznačajnije vrste gajene pšenice. Od ukupnih površina pod pšenicom u svijetu na meku pšenicu otpada oko 95%. Gajenje tvrde pšenice usko je povezano sa klimatskim uslovima. Tvrda pšenica se odlikuje kraćim vegetacionim periodom i boljom otpornošću na sušu od meke pšenice, te stoga najveći značaj ima za toplija područja, u koja svakako spada i Mediteran (Tidiane Sall i sar., 2019).

Osim za proizvodnju hljeba, koji kulturološki prevazilazi puki značaj namirnice i zauzima primat u ishrani, pšenica ima i mnoge druge načine upotrebe, poput izrade tjestenina, velikog broja različitih peciva, skroba, alkohola, slada, dekstroze, stočne hrane, goriva itd. (Jovović i sar., 2017). Istorijski, pšenica predstavlja prvu domestikovanu poljoprivrednu gajenu biljku (Cooper, 2015).

Domestifikacija divljih formi pšenice bila je dio „neolitske revolucije“ i dogodila se prije oko 12.000 godina. Arheološki ostaci ukazuju da su prve gajene forme pšenice bile tetraploidna dvozrna pšenica – emer (*Triticum turgidum* subsp. *dicoccum* (Schränk ex Schübl.)

---

<sup>1</sup> Preuzeto sa zvanične stranice Korporativne statističke baze podataka organizacije za hranu i poljoprivredu (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database – FAOSTAT) <http://www.fao.org/faostat/en/>

Thell.), u dolini južnog Levanta – današnji Iran i diploidna jednozrna pšenica (*Triticum monococcum* L.), u Istočnoj Turskoj (Heun i sar., 1997). Najranije kultivisane oblike pšenice iz divljih populacija izdvojili su drevni poljoprivrednici (Webster, 2011; Jovović i sar., 2016). U narednim vijekovima gajene su lokalno adaptirane sorte pšenice velikog genetskog diverziteta, proizvedene od čuvanog sjemena iz prethodne žetve (Feldman i sar., 1981). Razvoj poljoprivrede je bio pokretač za nastanak i razvoj civilizacije i već 2.000 godina nakon samih početaka domestikacije, društvene zajednice postaju stabilnije čime se smanjuje migracija primitivnih zajednica u potrazi za hranom (Fuller i sar., 2019). Upravo i prva civilizacija, Mesopotamija, nastaje u oblasti oko rijeka Tigar i Eufrat gdje je datiranjem izotopom ugljenika 14 otkriveno da je na tom području divlji emer uzgajan 9.600. godina p.n.e. (Peleg i sar., 2011; Acquah, 2012).

Iz centara porijekla, pšenica je prenešena do Grčke u osmom milenijumu p.n.e, Balkana, Italije, Francuske i Španije u sedmom milenijumu p.n.e, Velike Britanije i Skandinavije oko petog milenijuma p.n.e, Kine u trećem milenijumu p.n.e, Meksika 1529. i Australije 1788. godine (Jones i sar., 2009; Barker i sar., 2015). Pretpostavlja se da su prvobitne neolitske kulturne biljke migracijom stanovništva duž obala Mediterana stigle i na naše područje, a da su u to doba dvozrnici i jednozrnici bile najvažnije kulture (Zohary, 2017). Tetraploidna pšenica, čija je proizvodnja zonalnog karaktera i vezana isključivo za područje mediteranske klime Crne Gore, Hercegovine i Dalmacije, vjerovatno je iz svog centra porijekla, Anadolije, u prvom milenijumu p. n. e. došla na ovo područje preko Grčke ili Italije zahvaljujući veoma razvijenim kulturološkim i trgovačkim vezama sa Dračom i Primorjem. Prema Pavićeviću (1963a) gajenje meke pšenice na ovim prostorima počinje u XIV vijeku.

Integriranjem naučnih otkrića i znanja u cilju što intenzivnijeg korišćenja prirodnih resursa, poljoprivreda je sredinom XX vijeka, kao rezultat Zelene revolucije, potpuno promijenila svoj tok (Jovović i sar., 2016). U posljednjih 50 godina uvođenjem visokoprinosnih sorti žita, mineralnih đubriva, pesticida, navodnjavanja i mehanizacije prinosi pšenice u svijetu su utrostručeni (Davies, 2003; Evenson i sar., 2003). Šest osnovnih praksi stvorilo je okosnicu proizvodnje pšenice: intenzivna obrada zemljišta, monokultura, primjena neorganskih đubriva, navodnjavanje, hemijska kontrola patogena i genetska manipulacija usjevima (Khush, 2001). Međutim, uz gotovo svaki benefit moderne poljoprivrede nastajali su i brojni problemi koji ugrožavaju održivost poljoprivredne

proizvodnje. Prekomjerna obrada zemljišta dovela je do njegove degradacije i gubitka organske materije, erozije i zbijanja tla. Monokulture su posebno sklone razarajućim epidemijama patogenih organizama (Jovović i sar., 2016). Prekomjerna upotreba đubriva dovela je do zagađenja životne sredine, a savremene sorte pšenice u velikoj mjeri su doprinijele gubitku genetskog diverziteta i nemogućnosti održavanja visokih prinosa bez primjene sintetičkih inputa (Cooper, 2015). Dodatni teret predstavljaju klimatske promjene, koje, usljed vremenskih ekstrema, dovode do nestabilnosti prinosa (Yang i sar., 2013; Xiao i sar., 2018).

U eri sve izraženijeg uticaja klimatskih promjena i rasta čovjekovih potreba, društvu je potreban jedan potpuno novi koncept razvoja koji će osigurati dugoročno i održivo snabdijevanje hranom (Jovović i sar., 2016). Sigurnost hrane u razvijenom svijetu danas više ne predstavlja izazov. Rast životnog standarda direktno je srazmjeran rastu svijesti i potražnji za visokokvalitetnim i bezbjednim poljoprivrednim proizvodima (Velimirović i sar., 2021). Na drugoj strani su nerazvijene zemlje gdje i dalje nema dovoljnih količina hrane. U ovom trenutku na planeti Zemlji živi preko sedam milijardi stanovnika, a procjene su da bi taj broj do 2050. godine mogao nadmašiti devet milijardi (Llewellyn, 2018). U cilju održivog upravljanja prirodnim resursima nameće se hitna potreba za iznalaženjem dugoročnog i održivog sistema upravljanja koji će obezbijediti dovoljne količine bezbjedne hrane i minimizirati negativan uticaj na životnu sredinu. Biodiverzitet predstavlja temelj evolucije i prirodni resurs koji omogućava bolje prilagođavanje usjeva, a lokalne sorte i divlji srodnici poljoprivrednih kultura neprocjenljiv izvor fenotipske plastičnosti i genetske varijabilnosti koja može odgovoriti savremenim izazovima (Zeven, 1998; Jovović i sar., 2017). Elastičnost proizvodnih sistema koji će omogućiti proizvodnju zdrave i bezbjedne hrane za sve ljude na svijetu, uz istovremeno očuvanje biodiverziteta i prirodnih resursa, direktno zavisi od održivog korišćenja genetičkih resursa i tradicionalnih znanja koja su povezana sa genetičkim resursima (Jovović i sar., 2020b).

Nekontrolisana eksploatacija prirodnih resursa i klimatske promjene uticali su na značajan gubitak biodiverziteta, a nestajanje biljnih i životinjskih vrsta danas je mnogo brže nego što je to bio slučaj u prošlosti (Jovović i sar., 2016). Modernizacija poljoprivrede i sjetva malog broja visokoprinosnih sorti, dovela je do značajnog pada diverziteta kulturnog bilja, pa se procjenjuje da je u XX vijeku izgubljeno oko  $\frac{3}{4}$  ukupnog svjetskog poljoprivrednog diverziteta (Hammer i sar., 2015; Pilling i sar., 2020). Već početkom XX vijeka bilo je jasno

da će opstanak čovjeka na planeti direktno zavisiti od racionalne eksploatacije genetičkih resursa, pa su upravo tada i učinjeni prvi koraci u pravcu njihovog očuvanja (Jovović i sar., 2020a). Nikolaj I. Vavilov je prepoznao neophodnost integrisanja genetičke varijabilnosti koju u sebi nose lokalne populacije u programe oplemenjivanja, uprkos tome što su nove, genetički uniformne selekcije davale veće prinose (Jovović i sar., 2020a). Uvidjevši da jednom izgubljeno genetičko nasljeđe lokalno adaptiranih populacija, kao najugroženijeg oblika genetičkih resursa, nije moguće ponovo rekonstruisati, Vavilov je kroz veliki broj kolekcionih ekspedicija širom svijeta, u prvoj polovini XX vijeka, uspio da sakupi oko 250.000 uzoraka sjemena kulturnih biljaka i tako ih spasi od trajnog nestajanja (McElroy, 2014; Anđelković i sar., 2020).

Prve planske inicijative očuvanja genetičkih resursa poljoprivrednog bilja počinju 1970 – tih godina kada se od strane Organizacije za hranu i poljoprivredu (*Food and Agriculture Organization* – FAO) i Međunarodnog odbora za biljne genetičke resurse (*International Board for Plant Genetic Resources* – IBPGR) formiraju prve banake biljnih gena kao najznačajniji oblici kontrole genetičke erozije u kojima se čuvaju najugroženije sorte poljoprivrednog bilja i ekotipovi biljnih vrsta (Jovović i sar., 2013; Mladenović Drinić i sar., 2017; Anđelković i sar., 2020). Danas u svijetu postoji oko 1.750 banki biljnih gena koje podrazumijevaju sistematizovan pristup dokumentaciji, karakterizaciji i evaluaciji biljnih genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu (Jovović i sar., 2013; Ebert i sar., 2020).

U bankama biljnih gena na globalnom nivou postoji više od 80 kolekcija pšenice, sa više od 800.000 uzoraka. Najveće kolekcije pšenice čuvaju se u Međunarodnom centru za unapređenje kukuruza i pšenice (*International Maize and Wheat Improvement Center* – CIMMYT), Meksiko (preko 100.000 uzoraka) i u Nacionalnoj kolekciji strnih žita Ministarstva poljoprivrede Sjedinjenih Američkih Država (*National Small Grain Collection* – United States Department of Agriculture – USDA – NSGC), Ajdaho, SAD (oko 40.000 uzoraka). Po 30.000 uzoraka pšenice čuva se u Sveruskom istraživačkom institutu za biljnu proizvodnju N. I. Vavilov Ministarstva nauke i visokog obrazovanja (Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова Министерство науки и высшего образования), Petrovgrad, Rusija, Međunarodnom centru za poljoprivredna istraživanja u aridnim područjima – Nacionalni biro za biljne genetičke resurse (*International Center for Agricultural Research in the Dry Areas* – National Bureau of Plant Genetic Resources – ICARDA – NBPGR), Indija i Institutu za bioresurse i bionauke, Nacionalnog istraživačkog



centra IBBR – CNR (*Istituto di bioscienze e bioresource, Centro Nazionale delle Ricerche*) Bari, Italija<sup>2</sup>. Tu ulogu u Crnoj Gori ima Crnogorska banka biljnih gena, osnovana 2004. godine na Biotehničkom fakultetu u Podgorici.

Pomenuti scenario gubitka genetičkih resursa odigrao se i na teritoriji Crne Gore, gdje je agresivna introdukcija elitne germplazme, dovela do osjetne erozije genofonda pšenice (Jovović i sar., 2017, 2021). Ubrzan gubitak lokalnih sorti zahtijevao je hitnu akciju. Prepoznavši opasnost od nestanka lokalnih populacija, akademik Ljubo Pavićević, 1950-tih godina, započinje aktivnosti na prikupljanju i očuvanju genofonda pšenice. Tokom tog perioda sakupljeno je 125 autohtonih populacija tetraploidne pšenice. Relativno kasno osnivanje banke biljnih gena u Crnoj Gori, nepostojanje jasnog programa konzervacije, nedostak finansijskih sredstava, ali i mnogi drugi činioci uticali su da dio prikupljenog materijala bude trajno izgubljen (Jovović i sar., 2017). Skoro sve ove populacije odavno su iščezle iz proizvodnje, te su aktivnosti na karakterizaciji ove kolekcije od izuzetnog značaja za njeno očuvanje, održivo korišćenje, ali i potencijalnu reintrodukciju na poljoprivredne površine (Jovović i sar., 2021).

Potencijalna vrijednost genetičkih resursa za hranu i poljoprivredu zavisi od obima njihove upotrebe u poljoprivredi (Jovović i sar., 2020b). Preduslov dalje upotrebe i očuvanja kolekcionisanih resursa poljoprivrednog bilja u velikoj mjeri zavisi od kapaciteta identifikacije kao važnog elementa konzervacije genetičkih resursa. Karakterizacijom se dobija jasna procjena vrijednosti kolekcije, eliminišu duplikati i izdvajaju reprezentativni uzorci koji u daljem oplemenjivačkom radu mogu biti važan izvor novih gena. Pored toga, troškovi čuvanja i regeneracije ovih resursa značajno se smanjuju. Determinacijom sličnosti i različitosti između genotipova, uspostavlja se sržna kolekcija (*core collection*) koja se koristi za dalja ispitivanja, a koju čini manji broj reprezentativnih, međusobno različitih uzoraka koji u velikoj mjeri obuhvataju diverzitet čitave kolekcije. Alati koji se koriste za deskripciju, klasifikaciju i valorizaciju ovih resursa su morfološki markeri, koji su najčešće u upotrebi i koji predstavljaju morfološke pojavne oblike jedinki u sprezi sa molekularnim markerima, kojima se detektuje polimorfizam na nivou DNK lanca (Spooner i sar., 2005; Mangini i sar., 2017).

Iako savremene sorte imaju brojne prednosti u odnosu na tradicionalne, što se prije svega ogleda u prinosima, neke od osobina tradicionalnih sorti (izražena otpornost na bolesti,

---

<sup>2</sup> <https://www.genebanks.org/resources/crops/wheat/>

duži i intenzivniji proces fotosinteze, bolje razvijen korijenov sistem, otpornost prema polijeganju i visok sadržaj bjelančevina u zrnu), koje su pri tom ispoljene u uslovima ekstenzivnog ratarenja, su vrlo važne za buduće selekzione programe. Stvaranje novih, unaprijeđenih kultivara gajenih biljaka, baziraće se na većem genetičkom diverzitetu i resursima koji se odlikuju većom tolerantnošću prema negativnom uticaju faktora spoljašnje sredine (Jovović i sar., 2020b). Primitivne sorte i lokalne populacije predstavljaju važan izvor gena koji se mogu uključiti u programe oplemenjivanja, a kojima će se povećati adaptabilnost i tolerantnost novih sorti na nepovoljne uslove životne sredine (Jovović, 2021). Očuvanje i održiva upotreba genetičkih resursa zahtijevaju cjelovit i sveobuhvatan pristup koji će omogućiti da se kroz prihvatljive razvojne modele obilje raspoloživog autohtonog materijala i brojna tradicionalna znanja stave u funkciju razvoja. Za uspjeh u ovom poslu neophodno je izvršiti detaljno dokumentovanje, karakterizaciju i evaluaciju uzoraka pšenice koji se čuvaju u bankama biljnih gena, čime će se te kolekcije učiniti lako dostupnim relevantnim oplemenjivačkim i naučnim institucijama širom svijeta (Jovović i sar., 2016; Shewry, 2009).

Unapređenje in situ i ex situ programa očuvanja sorti i njihovih divljih srodnika, zajedno sa politikama koje promovišu njihovu održivu upotrebu, predstavljaju najvažniji preduslov njihove veće upotrebe u sve izazovnijoj i neizvjesnijoj budućnosti.

## CILJ I HIPOTEZA

Banke biljnih gena predstavljaju dragocjen izvor resursa za unapređenje usjeva kroz programe kolekcionisanja, ex situ očuvanja i razmjene jedinstvene germplazme sa oplemenjivačima i genetičarima širom svijeta. Svakodnevnim rastom broja uzoraka u bankama gena rastu i troškovi skladištenja, pa je zato neophodna efikasna karakterizacija genfonda, kako bi se smanjili operativni troškovi, a ovi resursi učinili dostupnijim i više korišćenim od strane naučne zajednice i oplemenjivača (Singh i sar., 2019). Brojne studije ukazuju da autohtone sorte i divlji srodnici poljoprivrednog bilja koji se čuvaju u bankama biljnih gena, kao donatori poželjnih osobina, posjeduju potencijal za prevazilaženje različitih abiotičkih i biotičkih stresova (Pržulj i sar., 2020). Sa druge strane, veliki broj uskladištenih uzoraka u bankama gena predstavlja duplikate, pa je sa ekonomskog aspekta njihovo čuvanje neopravdano.

Detaljno proučavanje crnogorske kolekcije lokalnih populacija tetraploidne pšenice obavljeno je sa ciljem da se:

- regeneracijom sjemena konzerviranih genotipova tetraploidne pšenice procjeni njihova uniformnost i izvrši selekcija reprezentativnih uzoraka koji će biti korišćeni u daljim istraživanjima;
- botaničkom klasifikacijom utvrdi tačna taksonomska pripadnost vrsti svake pojedinačne populacije zbog postojanja velike fenotipske sličnosti između tvrde (*Triticum turgidum* ssp. *durum* (Desf.) Husn.) i turgidum pšenice (*Triticum turgidum* ssp. *turgidum*);
- primarnom karakterizacijom uz upotrebu deskriptora Međunarodne unije za zaštitu novih sorti biljaka (*The International Union for the Protection of New Varieties of Plants* – UPOV) utvrdi sličnost ili različitost proučavanih populacija koje će se primjenom statističkih analiza razdvojiti u posebne grupe, a što će biti osnov za formiranje sržne kolekcije (*core collection*) sastavljene od manjeg broja međusobno različitih populacija;

- sekundarnom (DNK) evaluacijom uz primjenu molekularnih markera izvrši procjena stepena diferencijacije između različitih crnogorskih autohtonih populacija tetraploidne pšenice - CAPTP;
- putem onlajn ankete utvrdi percepcija javnog mnjenja o tradicionalnim sortama i procijeni zainteresovanost potrošača za njihovom većom upotrebom.

Zbog ograničenog broja dokaza u ovom istraživanju se pošlo od sljedećih hipoteza:

- hipoteza 1: da će u crnogorskoj kolekciji tetraploidne pšenice, koju čini 89 autohtonih populacija, biti determinisani genotipovi koji taksonomski pripadaju vrstama *Triticum durum* Desf. i *Triticum turgidum* L.;
- hipoteza 2: da će morfološke i molekularne analize pokazati postojanje divergentnosti dovoljne za formiranje sržne kolekcije koja će u potpunosti reprezentovati genetički diverzitet kolekcije;
- hipoteza 3: da će se u crnogorskoj kolekciji tetraploidnih pšenica, zbog male geografske udaljenosti između Crne Gore i Italije i viševjekovnih trgovačkih, političkih i kulturoloških veza, identifikovati CAPTP koji vode porijekom iz Italije;
- hipoteza 4: da će morfološka i molekularna evaluacija dati jasnu procjenu genetičkog diverziteta CAPTP u smislu identifikacije unikatnih genotipova i njihovih duplikata;
- hipoteza 5: s obzirom na sve veće zahtjeve stanovništva za zdravstveno bezbjednom hranom, u Crnoj Gori postoji značajan potencijal za proizvodnju i promet proizvoda od tradicionalnih sorti pšenice.

## PREGLED LITERATURE

### Taksonomija vrsta roda *Triticum*

Klasifikacija roda *Triticum* L.<sup>3</sup> je sljedeća:

carstvo: *Plantae*

razdio: *Tracheophyta*

klasa: *Magnoliopsida*

red: *Poales*

familija: *Poaceae*

podfamilija: *Pooideae*

pleme: *Triticeae*

podpleme: *Triticinae*

rod: *Triticum* L.

Taksonomija pšenice ima dugu istoriju. Prvu klasifikaciju pšenice dao je Karl Line (Balint i sar., 2000). U svojoj knjizi “*Species plantarum*”, objavljenoj 1753. godine, on običnu pšenicu označava kao *Triticum aestivum* L. Narednih 250 godina, kako su rasla znanja o pšenici, mijenjali su se ne samo nazivi, već i njena klasifikacija (Balint i sar., 2000). Lineova klasifikacija je bazirana na nizu jasno uočljivih karakteristika, kao što su: fenologija (jara pšenica – *T. aestivum* L.; ozima pšenica – *T. hibernum* L.), spelta (*T. spelta* L.) i morfologija pljeve (*T. polonicum* L.). U prvoj od savremenih klasifikacija Schulza iz 1913. godine, sve vrste iz roda *Triticum* podijeljene su u tri grupe: jednozrnici, dvozrnici i spelta (Yen i sar., 2020).

I danas se za klasifikaciju pšenice koriste morfološke karakteristike kao što su: maljavost pljeve (gole, maljave), boja pljeve (crna, crvena ili bijela), razvoj osja (sa ili bez) i boja zrna (crna, crvena, zelena, plava ili bijela) (Hillman i sar., 1996). Svaka od ove četiri taksonomske osobine su pod jednostavnom genetskom kontrolom, dok boju zrna i boju pljeve kontrolišu homologni geni (McIntosh i sar., 2008).

Od XX vijeka, klasifikacija pšenice bazira se na citogenetskim i genetskim principima

---

<sup>3</sup> Preuzeto 26.03.2021. iz Integriranog taksonomskog informacionog sistema (ITIS) (<http://www.itis.gov>).

(Hillman, 2001). Citogenetske analize Sakamure (1918) i Kihare (1924) dokazale su da vrste roda *Triticum* čine poliploidnu sekciju diploidnih, tetraploidnih i heksaploidnih serija (McIntosh i sar., 2008). Kod različitih klasifikacija uglavnom postoji nesklad oko broja vrsta i podvrsta u svakoj ploidnoj sekciji. Većina gore pomenutih sistema je i dalje u upotrebi, što dovodi do nesporazuma u klasifikaciji i nomenklaturi brojnih vrsta roda *Triticum* (Balint i sar., 2000).

Postoji više klasifikacija pšenice od kojih su danas najviše u upotrebi klasifikacije MacKeya, koja je više puta modifikovana od strane drugih autora (1966, 1968, 1975, 1977, 1989 i 2005. godine) i Dorofeeva iz 1979. godine (Bernhardt, 2015). Zapadni naučnici uglavnom koriste klasifikaciju MacKeya, dok naučnici Istoka slijede klasifikaciju Dorofeeva (Goncharov, 2005). MacKey je koristio mali broj gena uključenih u kontrolu morfoloških razlika pa ovu klasifikaciju karakteriše jednostavnost i svega deset vrsta. Dorofeeva klasifikacija prepoznaje 27 vrsta, podijeljenih u dva podroda *Triticum* i *Boeoticum*, u zavisnosti od toga da li je prisutan genom A<sup>b</sup> koji potiče od *T. urartu* Thum. ex Gandil., odnosno A<sup>a</sup>, porijeklom od *T. boeoticum* Boiss. (Goncharov, 2011).

Ostali rodovi u podplemenu *Triticinae* su *Aegilops* L., *Amblopyrum* (Jaub. & Spach) Eig, *Secale* L. (raž), *Agropyron* Gaertn. (pšenična trava) i *Hainaldia* Schur.

Takonomija roda *Triticum* po MacKey – u iz 2005. godine dijeli rod *Triticum* na četiri sekcije:

- prva sekcija: *Monococcon* Dumort. čine diploidne vrste ( $2n=14$ ) u koje spadaju *Triticum monococcum* L. (AA) i *Triticum urartu* Tumanian ex Gandilyan. Genom A vodi porijeklo od *Triticum urartu*;
- druga sekcija: *Dicoccoidea* Flaksb. gdje spadaju tetraploidna serija ( $2n=28$ ), odnosno *Triticum turgidum* L. (BBAA) u koju su uključene turgidum i durum podvrste pšenice. Genom B vodi porijeklo od *Aegilops speltoides*;
- treća sekcija: *Triticum* ( $2n=42$ ) čini heksaploidna serija *Triticum zhukovskyi* Menabde & Ericz (GGAAAA), *T. kiharae* Dorof. et Migush. (GGAADD) i *Triticum aestivum* L. (BBAADD) sa podvrstama. Po MacKeyu, G genom potiče od vrste *Aegilops speltoides*, a D genom vodi porijeklo od *Triticum tauschii* (Goncharov, 2011) i

- četvrta sekcija: *Triticosecale* (Wittm. ex Camus) Mac Key spadaju tri vrste: *T. semisecale* Mac Key, *T. neoblaringhemii* (Wittm. ex Camus) Mac Key, comb. nov. i *T. rimpaui* (Wittm.) Mac Key.

Dorofeev (1979) razlikuje dva podroda (*subgenera*): *Triticum* i *Boeoticum* Migusch. Et Dorof. Podrod *Tritiuncum* dalje dijeli na sekciju *Urartu* Dorof. et A. Filat. u koju spada grupa vrsta jednozrnici i vrsta *T. urartu* Thum. ex Gandil. sa diploidnim brojem hromozoma –  $2n=14$  (AA), sekcija *Dicoccoides* Flaksb, tetraploidni dvozrnici sa vrstama *T. dicoccoides* (Koern. ex Aschers. et Graeb.) Schweif. ( $A^uB$ ), *T. dicoccum* (Schränk) Schuebl.  $2n=28$  ( $A^uB$ ), *T. karamyschevii* Nevski  $2n=28$  ( $A^uB$ ) i *T. ispahanicum* Heslot  $2n=28$  ( $A^uB$ ). Sekciju *Triticum* – goli tetraploidi čine vrste *T. turgidum* L. ( $A^uB$ ), *T. jakubzineri* Udacz. et Schachm., *T. durum* Desf. ( $A^uB$ ), *T. turanicum* Jakubz. ( $A^uB$ ), *T. polonicum* L. ( $A^uB$ ), *T. aethiopicum* Jakubz. ( $A^uB$ ) i *T. carthlicum* Nevski (syn. *T. persicum* Vav.) ( $A^uB$ ). U ovu sekciju spadaju i grupe vrsta sa heksaploidnim vrstama ( $2n=42$ ), spelta i vrstama *T. macha* Dekapr. et Menabde ( $A^uBD$ ), *T. spelta* L. ( $A^uBD$ ) i *T. vavilovii* (Thum.) Jakubz. ( $A^uBD$ ) i goli heksaplodi sa vrstama *T. compactum* Host ( $A^uBD$ ), *T. aestivum* L. ( $A^uBD$ ), *T. sphaerococcum* Perciv. ( $A^uBD$ ) i *T. petropavlovskiyi* Udacz. et Migusch. ( $A^uBD$ ). Podrod *Boeoticum* Migusch. et Dorof. obuhvata sekciju *Monococcon* Dum. sa grupama vrste jednozrnici (vrste: *T. boeoticum* Boiss. ( $A^b$ ) i *T. monococcum* L. ( $A^b$ )) i goli jednozrnici (vrsta *T. sinskajae* A. Filat. et Kurk ( $A^b$ )). Sekcija *Timopheevii* A. Filat. et Dorof. podijeljena je na grupu vrsta dvozrnici (vrste *T. araraticum* Jakubz. ( $A^bG$ ), *T. timopheevii* (Zhuk.) Zhuk. ( $A^bG$ ) i *T. zhukovskyi* Menabde et Erizjan ( $A^bA^bG$ ) i goli tetraploidi (vrsta *T. militinae* Zhuk. et Migusch ( $A^bG$ )). Posljednju sekciju čine *Kiharae* Dorof. et Migusch i grupa vrsta spelta u koju je klasifikovana vrsta *T. kiharae* Dorof. et Migusch. ( $A^bGD$ ) (Goncharov 2011).

## Porijeklo pšenice

Istorija čovječanstva podijeljena je na dva nejednaka perioda: biološka evolucija koja je trajala nekoliko miliona godina u kojoj je čovjek bio sakupljač hrane i lovac i kulturna evolucija koja traje nešto više od 12.000 godina u kojoj se zahvaljujući sopstvenoj kreativnosti ili pak pukom slučajnošću odigrao uspon čovjeka koji oslikava današnju vrstu *Homo sapiens* (Kremer 1993, Barker i sar., 2015).

Razvoj poljoprivrede otpočeo je kulturnom evolucijom i početkom prilagođavanja prirode čovjeku, pripitomljavanjem životinja i kultivacijom biljaka (Pržulj i sar., 2020). Usljed globalnih klimatskih promjena, topljenja glečera nakon Ledenog doba, dolazi do

reorganizacije ekosistema (Gupta, 2004). Domestifikacija životinja i biljaka, te razvoj različitih agrotehničkih praksi odvijali su se nezavisno i na velikom broju lokacija širom svijeta (Larson i sar., 2010). Arheološki ostaci ukazuju da se počeci poljoprivrede vezuju za oblast Plodnog polumjeseca na Bliskom istoku, 10.000 godina p. n. e. (Fig. 1) (Flannery, 1973; Loeffler i sar., 2015; Forrester, 2018).



Fig. 1. Plodni polumjesec – Porijeklo civilizacije i poljoprivrede (Velimirović i sar., 2020)

O centrima porijekla poljoprivrednih vrsta prvi piše Nikolaj Vavilov 1924. godine. Te godine on navodi da postoje tri centra, da bi 1926. godine broj centara porijekla povećao na pet, 1929. na šest, 1931. na sedam i 1935. godine na osam: (1) Centralna Amerika (južni Meksiko) odakle potiče oko 25 poljoprivrednih vrsta; (2) Južnoamerički centar koji čine Peru, Ekvador i Bolivija, (2A) Čileanski i (2B) Brazilsko – Paragvajski centar sa 62 vrste; (3) Mediteran (južna Evropa i sjeverna Afrika) iz kog potiču 84 vrste; (4) Bliski Istok (Mala Azija, Iran, Zakavkazje, Turkmenistan) sa 83 vrste; (5) Sjeveroistočna Afrika (Etiopija, Eritreja, Somalija) 38 vrsta; (6) Centralnoazijski centar (Jugozapadna Indija, Avganistan, Tadžikistan, Uzbekistan) 43 vrste; Indijski centar u koji spadaju (7) Indo – Burma i (7A) Sijam – Malaj – Java sa 172 vrste i (8) Kineski centar sa 136 endemičnih vrsta (Corinto, 2014; Ladizinsky, 1998, Diamond, 2003) (Fig. 2). Vavilov je 1940. godine broj centara smanjio na sedam (Crow, 2001).



Plodni polumjesec je centar porijekla ječma, pšenice i raži (Jovović i sar., 2017; Pourkheirandish i sar., 2018). Iako se domestikacija biljaka i životinja dešava nezavisno u mnogim djelovima svijeta, ipak, nijedna od ovih biljnih vrsta i pripitomljenih životinja nije imala tako veliki uticaj na istoriju čovječanstva kao što je imala pšenica (Lev–Yadun i sar., 2000).

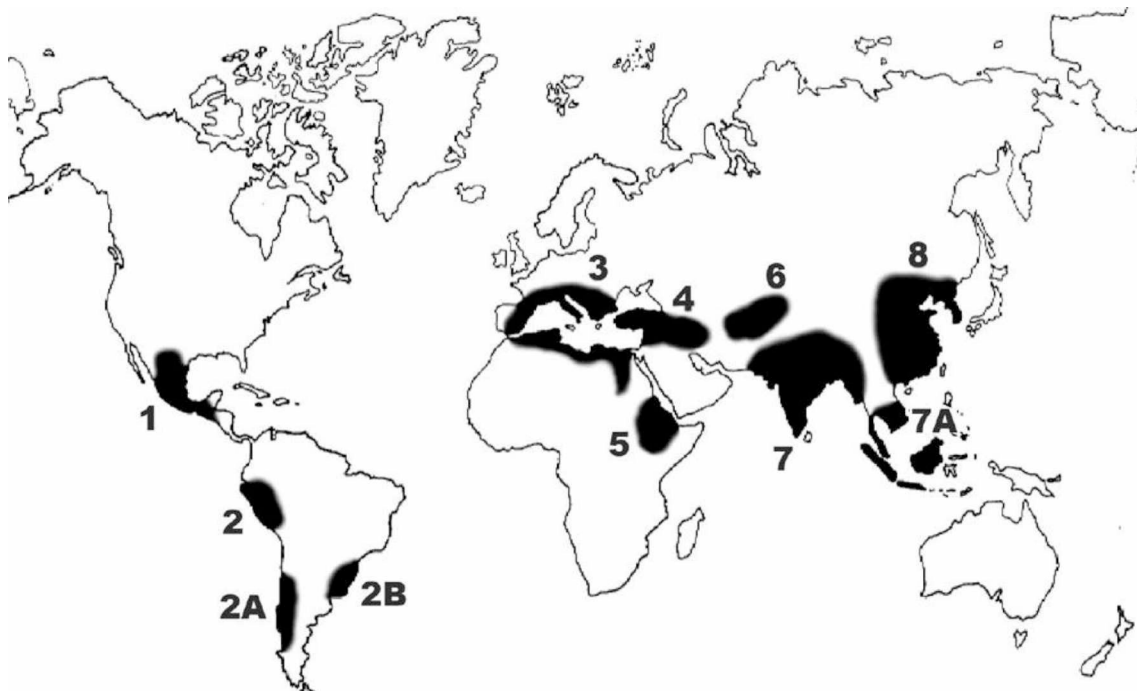


Fig. 2. Osam centara porijekla poljoprivrednih vrsta po N. Vavilovu (Ladizinsky, 1998)

Vavilov i Flaksbergerger navode tri centra porijekla pšenice: obična (*Triticum vulgare* Host,  $2n=42$ ) i patuljasta pšenica (*Triticum compactum* Host,  $2n=42$ ) vode porijeklo iz jugozapadne Azije; tvrda (*Triticum durum* Desf.,  $2n=28$ ) i poljska pšenica (*Triticum polonicum* L.,  $2n=28$ ) iz Etiopije (Abisinija); divlji dvozrnac (*Triticum dicoccoides* Körn,  $2n=28$ ) iz srednje Azije (Sirija, Palestina i Jermenija), a divlji (*Triticum monococcoides* L.,  $2n=14$ ) i gajeni jednozrnac (*Triticum monococcum* L.,  $2n=14$ ) iz Male Azije i južnog Balkana (Smith, 2005; Dal Martello i sar., 2018; Pilling i sar., 2020). Kroz procese prirodne hibridizacije i antropogene selekcije, od divljih srodnika pšenice povoljnih karakteristika (laka žetva, smanjeno rasipanje i veći prinos sjemena) razvile su se nove forme pšenice – tetraploidna (AABB) pšenica (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) sa četiri seta hromozoma (28 hromozoma) na Bliskom Istoku i heksaploidna (AABBDD) obična pšenica (*Triticum aestivum*) sa 42 hromozoma u zapadnoj Aziji (Kimber i sar., 1987). Porijeklo genoma A je *Triticum urartu*, genoma D *Triticum tauschii*, dok porijeklo genoma B nije sa sigurnošću utvrđeno. Jedna od pretpostavki je da potiče od

srodnika vrste *Aegilops speltoides* (Fig. 3) (Feldman i sar., 1981; Wang i sar., 2013; Marcussen i sar., 2014; Mirzaghaderi i sar., 2019).

Iz centara porijekla, pšenica je na Balkansko poluostrvo dospjela 3.000 godina nakon njene domestikacije (Breiman i sar., 2013; Barker i sar., 2015). Preko jugoistočnog Balkana pšenica je prvi put stigla u Evropu, odakle se proširila u dva pravca: prvi, kopnenim putem duž obala Dunava i Rajne do Mađarske, Austrije, Slovačke, Češke, Poljske i Njemačke, preko zemalja Beneluksa do obala Sjevernog mora i drugi, obalom Sredozemnog mora do Italije, južne Francuske, Španije i Portugala, 4.000 p.n.e. (Snape i sar., 2013).

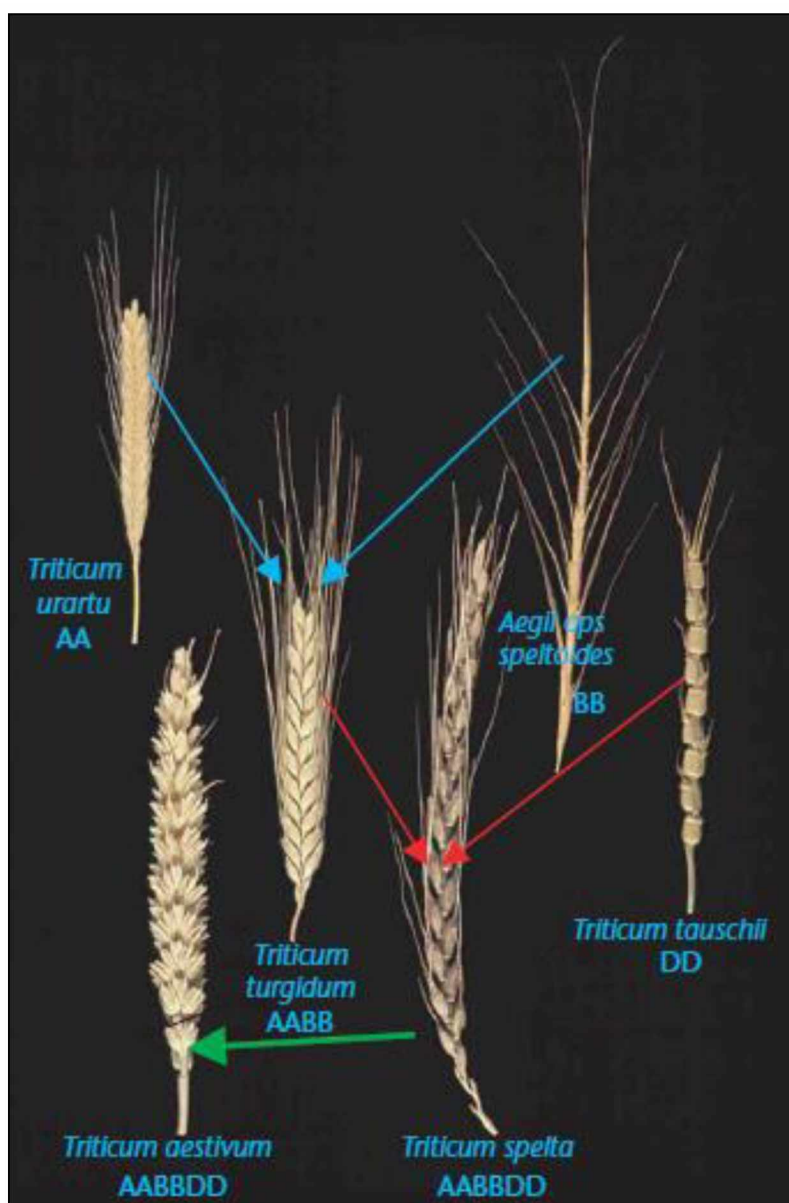


Fig. 3. Porijeklo A, B i D genoma pšenice (Snape i sar., 2013)

Procesom domestikacije biljaka i životinja, pod uticajem selekcije dolazi do bioloških promjena koje povećavaju njihovu korisnost i pojave novih formi sve zavisnijih od čovjeka (Zeder, 2008; Peng i sar., 2011). U ovoj uzajamnoj relaciji između poljoprivrednih resursa i antropogenih inputa, već u periodu oko 2.000 godina nakon početka domestikacije, smanjuje se potreba potrage za hranom i društvene zajednice od tada postaju stabilnije (Gignoux i sar., 2011). U tom periodu formiraju se prve naseobine koje rastom populacije počinju da zauzimaju sve šira geografska područja (Flannery, 1973). Međutim, nijedno formirano naselje nije se odlikovalo potrebnim stepenom samodovoljnosti, pa iz tih razloga započinje se razvijati trgovina, bazirana na razmjeni roba kao vitalnoj komponentni opstanka ovih zajednica (Lev–Yadun i sar., 2000). Vremenom, poljoprivredna društva postaju sve kompleksija i kao posljedica uvođenja religioznih praksi, pravnog sistema i društvenih normi između 8.000. i 3.100. godine p.n.e. nastaju prve civilizacije (Gignoux i sar., 2011). Političko uređenje Mesopotamije počinje u gradu Sumeru prije 5.000 godina, spajanjem i širenjem društvenih zajednica (Oates i sar., 2007). To je uslovalo da se i poljoprivredni sistemi kontinuirano razvijaju i postaju sve sofisticiraniji, naročito oni u domenu skladištenja žita i navodnjavanja (Flannery, 1973).



Fig. 4. Vršidba pšenice u Egiptu (Mark, 2017)

U dolini Nila prije 5.500 godina razvoj poljoprivrede doprinosi rastu bogastva i razvoju hijerarhijskog sistema uređenja društva. Egipat je imao jedno od najsloženijih

društava drevnog svijeta (Bowman i sar., 1999). Upravljanje poljoprivredom je kontrolisano državnim aparatom na čelu sa velikim vezirom. Kanali duž Nila korišćeni su za navodnjavanje, a zemlja je obrađivana drvenim plugom koji su vukli volovi ili magarci (Janick, 2002). Za žetvu se koristio srp (Fig. 4).

Poljoprivreda je bila osnov privrede Antičke Grčke i Rima. Gotovo 80% stanovništva bilo je uključeno u ovu aktivnost (Barker i sar., 2015). Prosperitet većine grčkih i rimskih gradova zasnovan je na poljoprivredi i sposobnosti da proizvedu neophodni višak koji je dijelu stanovništva omogućio da razmjenjuje robu i bavi se trgovinom (Bowman i sar., 1999). Žita, masline i vino bila su tri najvažnija proizvoda na tržištu (Zeder, 2008). Glavni izvor snabdijevanja Rimljana žitom bio je Egipat (Bowman i sar., 1999). U Grčkoj je intervencija države bila ograničena, sa izuzetkom žita koje se uvozilo iz Egipta, kako bi se osiguralo da stanovništvo u vrijeme suše ne gladuje (Barker i sar., 2015).

Razvoj poljoprivrede nastavlja se tokom Srednjeg vijeka, dominantno u zemljama sjeverno od Alpa i Arapskom poluostrvu (Goodale i sar., 2010). Taj period se odlikuje brojnim modifikacijama agrotehničkih mjera razvijenih u drevnim civilizacijama (Higgs, 196). Usljed društvenih promjena, sve većeg pritiska rastuće populacije i klimatskih faktora, močvarna zemljišta i šume postaju poljoprivredna zemljišta (Pretty, 1990). Polja pod oranicama rastu, a zemljište se obrađuje plugovima koje vuku goveda (Kremer, 1993). Krajem X vijeka na području zapadne Evrope počinje se koristiti plug na točkovima (Kremer, 1993). U srednjevjekovnim selima primijenjivala su se tri osnovna načina obrade i korišćenja zemljišta:

- dva polja su korišćena za ljetnju i zimsku sjetvu, dok je treće polje „odmaralo“ (ugar);
- pšenica i raž sijani su zimi, a grašak, pasulj, ječam i sočivo ljeti;
- svake godine usjevi su se rotirali, a isti usjev nije gajen na istom zemljištu (Pretty, 1990).

Ove prakse obezbjeđivale su dugoročnu plodnost zemljišta (Pretty, 1990). Dubrenje usjeva je takođe uvedeno kao dio agrotehničkih mjera, a korišćena je mješavina gline, kreča i stajnjaka (Barker i sar., 2015). Uprkos mnogim novim praksama, prinosi u Srednjem vijeku dostizali su tek petinu današnjih prinosa pšenice (Kremer, 1993).

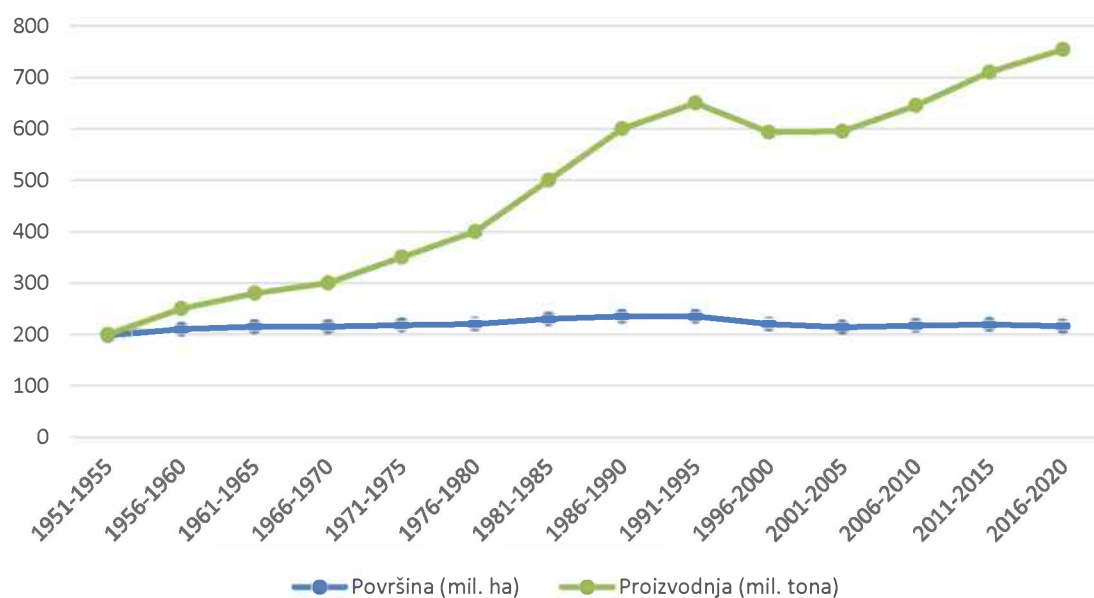
Otkrićem Amerike 1492. godine počinje Novi vijek, kada se kao posljedica globalne razmjene, u proizvodnju uvode nove kulture (Hurt, 2002). Kukuruz, krompir, paradajz,

paprika i slatki krompir su ključni usjevi koji su se širili od Novog svijeta ka Starom, dok su pšenica, ječam, pirinač i repa putovale od Starog do Novog svijeta (Asouti, 2013). Širenje poljoprivrednih vrsta uzrokovalo je rast populacije širom svijeta i trajan uticaj na mnoga društva u ranom modernom periodu (Zahid i sar., 2016). Tada se po prvi put počinje koristiti đubrivo gvan, uvezeno iz Perua i primjenjivati arsen, kao vještački pesticid (Selene i sar., 2003; Santana – Sagredo i sar., 2021). Ovaj period značajne intenzifikacije poljoprivrede označen je kao Druga poljoprivredna revolucija (Allen, 1999).

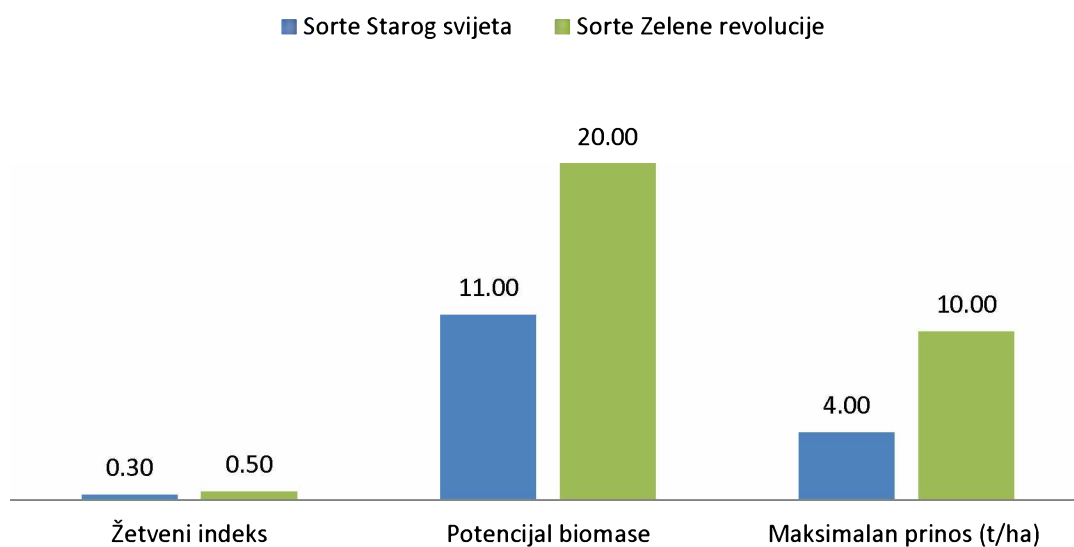
Između XVII i XIX vijeka, Britanija doživljava dramatično povećanje poljoprivredne produktivnosti, pa je taj period poznat i kao Britanska poljoprivredna revolucija (Allen, 1999). Industrijski i komercijalni interesi doveli su do napretka u poljoprivrednoj mehanizaciji što je dovelo do značajnog povećanja produktivnosti (Asouti, 2013). Motori sa unutrašnjim sagorijevanjem korišćeni su u kombajnima i traktorima, a hemijska tehnologija je pronašla primjenu u sintetičkim đubrivima i pesticidima (Evenson i sar., 2003). Zahvaljujući ovim praksama, procenjuje se da su u XIX vijeku prinosi pšenice udvostručeni (Allen, 2016). Jedno od najvećih dostignuća u poljoprivrednom razvoju krajem XIX vijeka bilo je stvaranje novih, visokorodnih sorti i hibrida (Reeves i sar., 2002). Genetika, nauka koja proučava principe nasljeđivanja, nalazi svoju punu praktičnu primjenu (Pingali, 2012). Mendelovi principi nasljeđivanja primijenjeni su pri razvoju polupatuljastih sorti pšenice, među kojima se naročito isticala japanska sorta Akagomughi (Bell, 1987).

Primjena novih tehnologija i naučnih saznanja naročito je intenzivirana između početka 50-tih i kraja 60-tih godina prošlog vijeka što je dovelo do rapidnog povećanja poljoprivredne proizvodnje u svijetu (Reeves i sar., 2002). Ovaj period, poznat kao „Zelena revolucija“, odnosno treća poljoprivredna revolucija, naročito je bio značajan za većinu zemalja u razvoju (Hedden, 2003). Povećanje prinosa u ovom razdoblju bio je rezultat uvođenja visokoprinosnih sorti žita, mineralnih đubriva, pesticida, navodnjavanja i mehanizacije (Pingali, 2012). Međutim, sa druge strane, ovo je ujedno bio i kraj tradicionalnih sistema poljoprivredne proizvodnje kakve je svijet do tada poznao (Evenson i sar., 2003). Za sve ono što se dešavalo tokom „Zelene revolucije“ najzaslužniji su italijanski i američki naučnici Strampeli i Borlaug (Salvi i sar., 2003). Njihov rad bio je usmjeren na selekciju nižih, patuljastih sorti pšenice, koje su bile otporne na polijeganje, osipanje sjemena i bolesti, a odlikovale su se i širim arealom rasprostranjenja, većom tolerantnošću na dužinu dana itd. (Lupton, 1987). Uvođenje novih sorti pšenice i savremenijih sistema gajenja, u Meksiku, gdje

je Borlaug izvodio svoja istraživanja, dobijeni su osjetno veći prinosi pšenice nego što su to bile nacionalne potrebe, pa je Meksiko 1960–tih godina postao globalno važan izvoznik pšenice (Khush, 1999). Do tog perioda, Meksiko je uvezio gotovo polovinu vlastitih potreba. Zahvaljujući postignutom uspjehu, nove sorte pšenice su se veoma brzo širile širom svijeta (Swaminathan i sar., 2009).



Graf. 1. Porast površina i proizvodnje pšenice u svijetu (izvor: FAOSTAT, 2021)



Graf. 2. Žetveni indeks, potencijal nadzemne biomase i maksimalan prinos sorti ( $t\ ha^{-1}$ ) prije (narandžasto) i poslije Zelene revolucije (zeleno)

Početni uspjesi u oplemenjivanju pšenice privukli su ozbiljnu pažnju široke naučne zajednice, pa je to dovelo do selekcije na hiljade novih komercijalnih sorti (Hedden, 2003).

Proizvodnja i distribucija savremenih sorti pšenice širom svijeta dostigla je vrhunac tokom 80–tih i 90–tih godina prethodnog vijeka (Byerlee i sar., 1995). Ovaj period je često nazivan i „kasnom Zelenom revolucijom“ (Evenson i sar., 2003). Uvođenje savremenih genotipova i intenzifikacija proizvodnih praksi dovele su do toga da se na neznatno povećanim površinama dramatično poveća ukupna proizvodnja pšenice. Kao rezultat navedenog, prinosi pšenice su u posljednjih 50 godina gotovo utrostručeni (Graf. 1) (FAOSTAT 2021, Davies, 2003).

Stare sorte pšenice imale su žetveni indeks 0,3, sa ukupnim kapacitetom proizvodnje biomase 10–12 t ha<sup>-1</sup> i maksimalnim potencijalom prinosa od 4 t ha<sup>-1</sup>. Sa druge strane, sorte Zelene revolucije imale su žetveni indeks 0,5, ukupni potencijal nadzemne biomase 20 t ha<sup>-1</sup> i prinos koji se kretao do 10 t ha<sup>-1</sup> (Graf. 2) (Davies, 2003).

### **Istorijat gajenja *Triticum* vrsta u Crnoj Gori**

Prema podacima iz literature u Crnoj Gori se gajilo pet vrsta pšenice: *Triticum monococcum* – kulturni jednozrnac, *Triticum dicoccum* – kulturni dvozrnac, *Triticum durum* – tvrda pšenica, *Triticum turgidum* – bijela pšenica i *Triticum aestivum* L. – meka pšenica. Nema podataka o gajenju drugih vrsta (Jovović, 2021).

Populacije jednozrne (*Triticum monococcum* L.) i dvozrne pšenice (*Triticum dicoccum* Schübl) su bile prve gajene pšenice na ovim prostorima, koje su gajile još u doba Rimjana, pa se pretpostavlja da su ih ovamo donijeli neolitski doseljenici u V vijeku (Pavićević, 1963b, Pavićević, 1971, Jovović, 2021). Postoje i pretpostavke da se proces domestikacije jednozrnaca dogodio upravo na ovim prostorima (Jovović, 2021). Veoma povoljni geografski i ekološki uslovi za rast i razvoj u brdsko–planinskim oblastima Balkana, uticali su na to da jednozrne i dvozrne pšenice, zajedno sa ječmom i ovsom, predstavljaju glavni izvor hrane za neolitsko i postneolitsko stanovništvo (Pavićević, 1982; Jovović i sar., 2017). Dugo vremena ovo su bile jedine vrste pšenice na ovim prostorima i one su se usljed dugog perioda gajenja izdiferencirale u veliki broj lokalnih populacija (Jovović i sar., 2017). Jednozrnici nikada nisu imali osnovnu ulogu u ishrani ljudi, jer se u svim neolitskim nalazištima uvijek nalaze zajedno sa dvozrncima i ječmom. Mnogo veći privredni značaj i areal gajenja imali su dvozrnici (Jovović, 2021). Jednozrna pšenica je dominantno gajena u centralnom, a dvozrna u brdsko–planinskom rejonu Stare Crne Gore. Narodni naziv za ove dvije vrste je krupnik (Jovović, 2021).

Centrom porijekla tetraploidnih pšenica smatra se istočni Mediteran i mala Azija, odakle su se trgovačkim putevima širile ka Evropi (Kabbaj i sar., 2017). Iako nema pisanih podataka o tome kako su tetraploidne pšenice: bijela pšenica (*T. turgidum*) i tvrda pšenica (*T. durum*) dospjele na ove prostore, za sada se najvjerovatnijim čini scenario, da su one na Zapadni Balkan stigle morem iz Grčke i Južne Italije tokom druge polovine prvog milenijuma (Pavićević, 1970b; Pavićević, 1988).

Kultura tetraploidnih pšenica u Evropi vezana je isključivo za pojas mediteranske i izmijenjeno mediteranske klime, na nadmorskim visinama do 600 m (Pavićević, 1974). Sve do 1970-tih, tetraploidna pšenica je bila najznačajnija gajena pšenica, kada počinje introdukcija elitnih sorti heksaploidne meke pšenice koja je, gotovo u potpunosti, potisnula populacije tetraploidne pšenice iz proizvodnje (Pavićević, 1982). Rejon njihovog gajenja u Crnoj Gori predstavljao je sastavni dio cirkummediteranskog areala, od Peloponeza ka sjeveru, duž obale grčkog i albanskog primorja, potom preko crnogorskog primorja, do Neretve, duž hrvatskog primorja, dalmatinskih ostrva, pa sve do Istre (Pavićević, 1972). Ova pšenica se u Crnoj Gori gajila pod nazivom Rogosija, Brkulja, Velja i Velika pšenica (Pavićević, 1967).

Prve vrste heksaploidnih pšenica koje su dospjele na područje Balkana bile su *Triticum aestivum* ssp. *compactum* MacKey i *Triticum aestivum* ssp. *spelta* MaKey, a mnogo kasnije i *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* MacKey (Jovović i sar., 2017). Zbog povoljnih proizvodnih karakteristika, obična pšenica se vrlo brzo rašila po čitavoj Crnoj Gori, od Primorja, preko ravnica u centralnom dijelu zemlje, gdje su dominantno gajene ozime sorte, pa sve do brdsko-planinskog reiona, gdje dominiraju jare forme (Jovović, 2021). Postoje dvije teorije o dolasku meke pšenice na naše prostore. Po jednoj su je donijeli Turci u XIV vijeku, dok je po drugoj, za dolazak meke pšenice zaslužan Vladika Petar I Petrović Njegoš, koji ju je zajedno sa krompirom 1786. godine donio iz Rusije (Pavićević, 1975; Jovović i sar., 2017). U prilog drugoj teoriji ide i naziv „Mala ruska pšenica“ (zbog stabla koje je bilo niže od tetraploidnih vrsta pšenice koje su se tada dominantno gajile) po kojem je bila prepoznata u narodu. (Pavićević, 1967; Pavićević, 1975; Jovović i sar., 2017).

Ubrzani razvoj poljoprivredne proizvodnje u Crnoj Gori, zasnovan na agresivnoj introdukciji elitne germplazme, doveo je do osjetne erozije genetičkih resursa pšenice (Jovović i sar., 2012). Oslanjanje na relativno mali broj sorti doveo je do ubrzanog gubitka diverziteta, a što je predstavljalo usko grlo (*bottleneck*) u daljim selekcionim naporima.



Uvidjevši opasnost od gubitka lokalnih populacija pšenice, Akademik Ljubo Pavićević, tada glavni istraživač u oblasti ratarstva na Poljoprivrednom institutu u Podgorici, započinje program njihovog sakupljanja i čuvanja (Jovović i sar., 2012). Zahvaljujući njegovom radu, u period između 1955. i 1964. godine, na teritoriji Crne Gore i Hercegovine sakupljeno je preko 150 diploidnih i tetraploidnih populacija pšenice, vjekovima gajenih na ovim prostorima (Jovović, 2021). Krajem 1970-tih, ova kolekcija je obogaćena sa još 54 italijanske divlje i kulturne populacije pšenice iz Eksperimentalnog instituta za kulturu žitarica iz Rima (*Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura*), koje do tada nijesu gajene u Crnoj Gori, niti nalažene u njenoj flori. Time je crnogorska kolekcija pšenice brojala preko 200 populacija, od kojih je najveći dio bio porijeklom iz Crne Gore. Sav prikupljeni materijal podijeljen je u četiri grupe. Prvu grupu čine populacije tetraploidne pšenice *Triticum* sp., sa 125 različitih populacija, od kojih, 105 vodi porijeklo iz Crne Gore. Drugu grupu čine krupnici *Triticum dicoccum*, sa 35 populacija, od kojih 27 autohtonih. Treća grupa, male pšenice, sa osam lokalnih populacija, od kojih šest autohtonih. Posljednju, četvrtu grupu čine italijanske pšenice, sa 54 aksešena tada svih poznatih samoniklih i gajenih vrsta roda *Triticum* (Jovović i sar., 2012).

Skoro tri decenije nije bilo nikakvih aktivnosti vezanih za ovu kolekciju, a onda, 2009. godine, kroz međunarodni projekat „Prikupljanje lokalnih populacija kukuruza i žita (pšenica, ječam, raž, ovas, proso i heljda) u Jugoistočnoj Evropi (2009–2010), ova kolekcija postaje bogatija za još sedam lokalnih populacija meke pšenice (*T. aestivum* ssp. *vulgare*). Koliko je intenzifikacija poljoprivredne proizvodnje negativno djelovala na poljoprivrednu raznolikost, najbolje govori podatak da tokom ovog projekta nije pronađena niti jedna lokalna populacija diploidnih i tetraploidnih pšenica.

Danas se cijela kolekcija roda *Triticum* čuva u Crnogorskoj banci biljnih gena, osnovanoj 2004. godine. Vrlo rijetko se neka od ovih populacija može još uvijek naći u proizvodnji (Jovović i sar., 2020).

Populacije tetraploidne pšenice iz Crnogorske kolekcije pripadaju jarim formama. Po McKayovoj klasifikaciji, pripadaju istoj vrsti i lako se ukrštaju. Populacije tetraploidne pšenice karakteriše veliki polimorfizam, pa je vrlo teško, bez detaljne analize fenotipa i genotipa, odrediti kojoj podvrsti pripadaju crnogorske populacije. Područje njihovog gajenja obuhvatalo je Primorje, zonu od rijeke Bojane do Neretve i doline rijeka Cijevne, Morače i Zete, na nadmorskoj visini do 600 metara, odnosno oblasti sa blagim, kišovitim zimama i toplim ljetima (Pavićević, 1972). Naročito su bile karakteristične za područje basena

Skadarskog jezera. Dominantan tip zemljišta u ovoj zoni su plitke, ocjedne crvenice i mjestimično sivo–smeđa mlada zemljišta, kao i deluvijalna u podnožjima brda, i mlada aluvijalna zemljišta u dolinama vodotokova. Svi ovi tipovi zemljišta vrlo su pogodni za gajenje tetraploidne pšenice (Jovović i sar., 2017). Iako ove pšenice imaju dobro razvijen korijenov sistem, veoma efikasan u usvajanju vode i mineralnih materija iz dubljih slojeva, siromašnih, pjeskovitih i skeltnih zemljišta, ipak one za svoj rast i razvoj više preferiraju plodna zemljišta (Jovović, 2021). Varijetete CAPTP karakterišu snažne i moćne biljke, čvrsto i visoko stablo i preko 150 cm, cilindričnih, krupnih, dobro ožrnjenih klasova sa velikim brojem klasića i zrna, kao i izuzetno dugačko i jako osje. Zahvaljujući moćnom korijenovom sistemu, osrednjem stepenu bokorenja i čvrstom i elastičnom stablu, biljke su prilično otporne na polijeganje (Pavićević, 1970b). Tetraploidne pšenice sa ovih prostora otporne su na osipanje zrna, a posjeduju i visoku otpornost prema visokim i srednju otpornost prema niskim temperaturama. Imaju apsolutnu otpornost prema snijeti (*Tilletia caries*) i dobru otpornost na rđu pšenice (*Puccinia* spp.), bolju od svih domaćih populacija, izuzev jednozrnaca. Uz to su i visoke produktivnosti (Pavićević, 1970b; Pavićević, 1975; Jovović, 2021). Ove karakteristike ukazuju da su ove populacije potencijalni nosilac poželjnih gena koji se mogu implemetirati u savremene programe oplemenjivanja. U selima u podnožju Rumije, dominirala je forma crvenih klasova koju mještani zovu grbljanka, a koja je jako otporna na sušu. Varijetet gajen dominantno u Zubcima, mrkih klasova, u narodu je bio poznat kao Zagara. Ove pšenice su do 1970–tih godina, zajedno sa kukuruzom, zauzimale 80% oraničnih površina u ovoj zoni. Prinosi su se kretali od 30 do 35 mc ha<sup>-1</sup> (Pavićević, 1982).

Na ovom području dominantno su se gajila tri varijeteta tetraploidne pšenice i to:

- varijetet sa bijelim klasom i bijelim osjem – nešto otporniji na niske temperature i cijenjen zbog dobrog brašna i ukusnog hljeba;
- varijetet sa crvenim klasom i osjem – nedovoljno otporan prema zimi i
- varijetet crnog klasa i osja – rodniiji od prethodna dva (Pavićević, 1970a).

## **Značaj genetičkih resursa**

Brojni su izazovi sa kojima se suočava današnja poljoprivreda (Casanias i sar., 2017). Razvoj industrije i nagli porast broja stanovnika doveli su do nekontrolisanog trošenja prirodnih resursa čime je dugoročno ugrožen život na planeti Zemlji. Od naročitog značaja je ugroženost živih organizama, koji su osnova pravilnog funkcionisanja ekosistema (Cairns

i sar., 1992). Opstanak civilizacije direktno je zavisan od upotrebe prirodnih resursa, te njihovo održivo korišćenje teži ravnoteži između dimenzije održavanja njihove dugoročne upotrebe uz maksimiziranje društvenih koristi i minimiziranje uticaja na životnu sredinu (Jovović i sar., 2020).

Biodiverzitet se može definisati kao varijacija prisutna u svim živim organizmima, njihovom genotipu i ekosistema u kojima se javljaju (Jordanovska i sar., 2020). Generalno posmatrano, diverzitet obuhvata tri nivoa: genetički (varijacije u genima i genotipovima), specijski (diverzitet vrsta) i ekosistemski diverzitet (zajednice vrsta i njihova životna sredina). Značaj biodiverziteta za čovječanstvo je ogroman i od suštinskog značaja za očuvanje životne sredine i prilagođavanje klimatskim promjenama (Ramanathnao i sar., 2002). Agrobiodiverzitet obuhvata varijabilnost svih organizama koji se direktno ili indirektno koriste u poljoprivrednoj proizvodnji i neophodni su za održavanje ključnih funkcija u agroekosistemu. Stoga predstavlja veoma važnu komponentu ukupnog biodiverziteta i (Jovović i sar., 2020a). Agrobiodiverzitet čine tri povezane cjeline: genetički resursi gajenih biljaka, domaćih životinja i mikroorganizama; spoljna sredina i poljoprivredne prakse koje predstavljaju direktno uplitanje čovjeka (Hasan i sar., 2015; Prodanović i sar., 2015). Sastavni dio agrobiodiverziteta čine i tradicionalno znanje i kultura (Jovović i sar., 2016).

Period uvećavanja agrobiodiverziteta, dug preko deset milenijuma, koji se manifestovao kroz domestikaciju divljih vrsta i povećavanje genetskog diverziteta gajenih vrsta, prekinut je uvođenjem visokoprinosnih i genetski uniformnih selekcija tokom druge polovine XX vijeka (Jovović i sar., 2020a). Iako je to dovelo do značajnog povećanja prinosa poljoprivrednog bilja, ono je za posljedicu imalo gubitak agrobiodiverziteta. Moderni kultivari danas posjeduju samo mali dio genetičke varijabilnosti svojih divljih predaka (Jovović i sar., 2016). Pretpostavlja se da je do danas izgubljeno preko 75% poljoprivredne genetske raznolikosti (Belanger i sar., 2019). Zbog uništavanja staništa i introdukcije elitne germplazme divlji srodnici, lokalne populacije i tradicionalne sorte glavnih poljoprivrednih kultura predstavljaju najugroženiji i najerodiraniji dio biodiverziteta. Ovi resursi su ujedno i najviše izloženi riziku nestajanja (Jovović i sar., 2016). Tradicionalna proizvodnja, koja se oslanja na kontrolisanu upotrebu prirodnih resursa, podrazumijeva gajenje velikog broja biljnih vrsta koje su adaptirane lokalnim klimatskim uslovima i vrlo često posjeduju otpornost na sušu, visoke temperature i štetne organizme (Jaradat, 2013; Aktar–Uz–Zaman i sar., 2017). Sa druge strane, genetska homogenost može rezultirati većom osjetljivošću na biotske i

abiotičke stresove (Kratovljeva i sar., 2016). Upravo zbog toga, biljni genetički resursi mogu biti rješenje za brojne izazove budućnosti (Lazović i sar., 2021). Genetički diverzitet koji oni posjeduju predstavlja zaštitu od promjena, jer je u varijabilnosti alela, sačuvana fleksibilnost koja će pružiti mogućnost prilagođavanja u vremenskom i prostornom kontinuumu. Stoga je od ključnog značaja njihovo očuvanje i održivo korišćenje (Gepts, 2006; Jovović i sar., 2020a).

Tokom posljednjih decenija, svijest o značaju očuvanja sveukupnog biodiverziteta, uključujući i agrobiodiverzitet, prepoznata je kroz brojne nacionalne i međunarodne planove i strategije. Radna grupa eksperata za biodiverzitet uspostavljena je 1987. godine kroz Program Ujedinjenih nacija za životnu sredinu (*United Nations Environment Programme*). Konvencija o biodiverzitetu, sa ciljem očuvanja biodiverziteta, održive upotrebe njegovih komponenti i pravično i nepristrasno dijeljenje koristi koje proizilazi iz njihove upotrebe donešena je na Konferenciji Ujedinjenih nacija o životnoj sredini i razvoju (*United Nations Conference on Environment and Development* (UNCED) koja je održana 5. juna 1992. godine, a stupila na snagu 29. decembra 1993. godine. Dopunjena je sa dva dopunska sporazuma, Kartagena i Nagoja protokol. Globalni plan akcije (*Global Plan of Action – GPA*) za biljne genetičke resurse za hranu i poljoprivredu predstavlja strateški okvir za očuvanje i održivo korišćenje diverziteta biljnih vrsta od kojih zavisi proizvodnja hrane i poljoprivreda (Ramanathara i sar., 2002).

Da bi se jasnije razumio pojam genetičkih resursa, potrebno je razlikovati njegove glavne odrednice. Biljni genetički resursi u širem smislu predstavljaju biljni materijal stvarne ili potencijalne vrijednosti zbog genetske varijacije koju posjeduje (Gepts, 2006). Prema Regulativi Evropske komisije 870/2004 biljni genetički resursi su svi poljoprivredni i hortikulturni usjevi, medicinske i aromatične biljke, šumske i voćne vrste kao i divlja flora koji se koriste ili bi se potencijalno mogli koristiti u poljoprivredi (Council Regulation (EC) No 870/2004). Sve ove biljke imaju jedan od sljedećih statusa: savremene sorte, stare sorte, lokalne populacije, divlji srodnici gajenih biljaka i selekcionisani material ili genfond.

- **Savremena sorta** predstavlja varijetet koji je priznat i registrovan u organu nadležnom za pitanja zaštite prava biljnih sorti. Karakteriše je različitost (*Distinctiveness*), uniformnosti (*Uniformity*) i stabilnost (*Stability*) – DUS.
- **Stara sorta** je varijetet koji je korišćen u prošlosti, a koji se danas rijetko koristi u proizvodnji i uglavnom ima lokalni značaj.

- **Lokalna populacija** je varijetet koji se godinama gajio na određenom području, prilagođen je lokalnim uslovima i očuvan selekcijom poljoprivrednih proizvođača. To su dinamične populacije, istorijskog porijekla, adaptirane na lokalne uslove i za koje se vezuju tradicionalni sistemi proizvodnje, često sastavljene od različitih genotipova.
- **Divlji srodnici** su vrste taksonomski srodne sa gajenim biljkama.
- **Genfond** je genetski material koji nije formalno registrovan i ne koristi se u komercijanoj proizvodnji, a koristi se u oplemenjivačkim programima.

Selekcionisani material su biljke koje se koriste u oplemenjivanju, nijesu registrovane kao sorte, a mogu biti:

- **Linije** (*line*) je potomstvo samooplodnih i stranooplodnih biljaka dobijeno samooplodnjom.
- **Čista linija** (*pure line*) je homozigotno potomstvo samooplodnih biljaka.
- **Inbred linija** (*inbreed line*) je homozigotno potomstvo stranooplodnih biljaka dobijemo samooplodnjom.
- **Hibrid** (*hybrid*) je potomstvo dobijeno ukrštanjem dva različita roditelja, najčešće čiste ili inbred linije.
- **Genetski material** je bilo koji dio biljke koji služi za razmnožavanje.
- **Aksešn** (*accession*) je pojam vezan za dokumentovanje i konzervaciju biljnih genetskih resursa. Predstavlja uzorak sjemena ili sadnog materijala, specifičnog genotipa, bilo kog od navedenih statusa biljnih genetičkih resursa.

Niže sistematske forme od vrste su podvrsta (*subspecies*), grana (*proles*), varijetet (*varietas*), podvarijetet (*subvarietas*), sorta (*forma biologica*) i jedinka (*individuum*) (Prodanović i sar., 2015).

Prve aktivnosti na izučavanju biljnih genetskih resursa sproveo je ruski botaničar Nikolaj I. Vavilov, početkom XX vijeka. Vavilov je tokom svojih ekspedicija u velikom broju zemalja svijeta uspio da sakupi preko 250 hiljada uzoraka sjemena (Crow, 2001). Uvidjevši njihov značaj, danas sve zemlje pokušavaju da očuvaju genetske resurse kroz postupke njihovog sakupljanja, identifikacije i valorizacije kroz brojne programe koji teže održivoj upotrebi (Casanias i sar., 2017). Konzervacija genetskih resursa vrši se kroz čuvanje *in situ* – na prirodnim staništima, *on farm* – na lokalnim farmama i *ex situ* – u bankama biljnih gena,

botaničkim baštama i istraživačkim oglednim centrima (Plucknett i sar., 1987; Engels, 2003). Banke biljnih gena danas predstavljaju značajan rezervoar genetičkog materijala važnog za obnovu i unapređenje biodiverziteta i biosfere i najbezbjednije mjesto za čuvanje starih sorti koje su u potpunosti istisnute iz proizvodnje kao rezultat nagle introdukcije elitne germplazme (Jovović i sar., 2020a). Pored konzervacije, karakterizacija uzoraka koji se čuvaju u bankama biljnih gena je preduslov njihove upotrebljivosti i pristupačnosti u skladu sa potrebama potencijalnih korisnika (oplemenjivanje, predoplemenjivanje, istraživanje, evolucija). Upravo nedostatak ovih podataka, jedan je od glavnih razloga što je upotreba ovih resursa značajno manja od njihove stvarne, odnosno potencijalne vrijednosti (Pržulj i sar., 2020).

Banke biljnih gena predstavljaju jedan od najčešćih i najpouzdanijih načina za očuvanje genetičkog diverziteta. Danas se u 1.750 banki širom svijeta čuva blizu 7,5 miliona uzoraka (Popova, 2018).

Kolekcije poljoprivrednih vrsta koje se čuvaju u bankama gena imaju različite namjene:

- osnovna kolekcije, čine je lokalne populacije koji su dugoročno zaštićene;
- aktivne kolekcije, koriste se za razmjenu i proučavanje;
- sržne kolekcije, čine ih reprezentativni predstavnici kolekcije;
- duplikatne kolekcije; čuvaju se u dvije različite banke, a nastaju razmjennom lokalnih populacija i
- gen kolekcije, sadrže genotipove specifičnih karakteristika (Prodanović i sar., 2015).

Poseban način *ex situ* konzervacije predstavlja konzervacija metodom crne kutije (*black box conservation*) (Jovović i sar., 2020a). Trenutno raspoložive metode konzervacije ne garantuju apsolutnu bezbjednost očuvanja poljoprivrednog diverziteta, pa je vlada Norveške, u stijeni arktičkog ostrva Svalbard, na dubini od 130 m ispod nivoa mora, izgradila globalnu banku sjemena dizajniranu tako da može preživjeti sve prirodne i katastrofe izazvane ljudskim aktivnostima. U ovoj bezvremenskoj kapsuli čuva se oko 780.000 uzoraka od 840 biljnih vrsta. Kapacitet ove banke je 4,5 miliona uzoraka ili 2,25 milijardi sjemena (Jovović i sar., 2013). Sjeme, koje se čuva u crnim kutijama, dostupno je samo vlasnicima sjemena i ne smije se distribuirati mimo njihovog zahtjeva (Jovović i sar., 2020a). Upravljanje ovim

trezorom dato je nezavisnoj, međunarodnoj, neprofitnoj organizaciji Globalni fond biljnog diverziteta (*Global Crop Diversity Trust*) (Jovović i sar., 2013).

Potencijal genetičkih resursa je ogroman, ali će njihova upotreba značajno zavisiti od adekvatne procjene istih. Procjena genetičkih resursa zasniva se na njihovoj karakterizaciji, evaluaciji i upotrebnoj vrijednosti. Uključivanje ovih resursa u komercijalne programe oplemenjivanja najsigurniji je put za povećanje njihove održive upotrebe (Acquaah, 2012; Casanas i sar., 2017; Mourad i sar., 2019). Zbog velike adaptibilnosti na lokalne klimatske uslove, ovi resursi postaju sve važniji izvor sjemena u organskoj proizvodnji (Azeez i sar., 2018). Gajenje autohtonog genetičkog materijala omogućava proizvodnju hrane visoke hranljive vrednosti, autentičnog i prirodnog ukusa, a ujedno vodi i povećanju agrobiodiverziteta (Kratovalijeva i sar., 2016). Promocija najekspresnijih genotipova, kao proizvoda sa zaštićenim geografskim porijeklom, ima takođe pozitivan uticaj na povećanje održive upotrebe genetičkih resursa u poljoprivredi (Lazović i sar., 2021). Održivi razvoj predstavlja, ne samo suštinski preduslov, već i krajnji cilj brojnih ljudskih aktivnosti na zemlji i izbalansiran kompromis između ekološke, socijalne i ekonomske dimenzije održivosti koji obezbjeđuje uravnoteženo zadovoljenje potreba sadašnjih i budućih generacija (Kratovalijeva i sar., 2016). Zato ne treba zanemariti ni ulogu nadležnih organa, koji kroz politiku geografskog označavanja i zaštite tradicionalnih proizvoda, ali i uspostavljanje održivih sistema državnih podsticaja, mogu dodatno stimulirati farmere da gaje tradicionalne kulture, a time i značajno doprinijeti njihovom očuvanju (Kratovalijeva i sar., 2016; Jovović, 2021).

Lokalne sorte i njihovi divlji srodnici predstavljaju važan izvor gena rezistentnosti protiv brojnih bolesti i štetočina pšenice. Geni otpornosti na pepelnicu žita (uzročnik *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) mapirani su kod vrsta *Triticum monococcum* (geni Pm4d, Pm1b i Pm1c), *Triticum urartu* (PmU) *Triticum dicoccoides* (Pm16, Pm26, Pm30, Pm31, Pm36, Pm41, Pm42) *Triticum dicoccum* (Pm4a, Pm5a, Pm49 i Pm50), *Triticum spelta* (Pm1d, Pm10 i Pm11) *Triticum timopheevi* (Pm6, Pm27 i Pm37), kao i u rodovima *Aegilops*, vrste *Aegilops tauschii* (Pm2, Pm19, Pm34, Pm35), *Aegilops speltoides* (Pm12 i Pm32) rodu *Secale*, vrsta *Secale cereale* (Pm7, Pm8, Pm17 i Pm20) i rodu *Haynaldia*, vrsta *Haynaldia villosum* (Pm21). Geni otpornosti na fuzariozu klasa pšenice (uzročnik *Fusarium graminearum*) nađeni su u vrstama roda *Triticum* (geni Fhb1, Fhb2, Fhb4 i Fhb5), a na septoriozu pšenice (uzročnik *Mycosphaerella graminicola*) kod vrste *Triticum monococcum* (gen TmStb1) (Mondal i sar., 2016).

Iranske sorte PI 1377397 i PI626580 korištene su zbog otpornosti prema ruskoj pšeničnoj vaši *Diuraphis noxia*. Gen otpornosti Dn626580 mapiran je na 7DS hromozomu (Valdez i sar., 2012).

Lokusi kvantitativnih osobina QTL (*Quantitative Trait Loci*), regioni DNK koji utiču na kvantitativne fenotipske osobine, odgovorni su za tolerantnost na sušu, salinitet, visoke temperature i brojne druge osobine zapostavljene u savremenim sortama, prisutni su u divljim srodnicima i lokalnom populacijama u područjima njihovog primarnog gajenja (Limbalkar i sar., 2018). Autohtone pšenice su tradicionalne sorte visokog kapaciteta za podnošenje biotskih i abiotičkih stresova, što u poljoprivrednim sistemima sa niskim inputima rezultira visokom stabilnošću prinosa i srednjim nivoom prinosa (Dwivedi i sar., 2016). Zato oplemenjivači moraju identifikovati germplazmu sa osobinama koje se mogu koristiti za stvaranje novih sorti sa većom otpornošću, što će biti od velike pomoći proizvođačima u regionima pogođenim klimatskim promjenama (Jovović i sar., 2020b). Studije organizacije genoma, profila ekspresije, strukture proteina i funkcije biotičkih i abiotičkih gena otpornosti na stres mogu rasvijetliti evoluciju istoriju i mehanizme prilagođavanja populacija (Huang i sar., 2016). Genetski diverzitet koji ove lokalne populacije posjeduju, korišćen je u brojnim oplemenjivačkim programima (Ruiz i sar., 2019). Zbog visoke otpornosti na sušu sorta Aragon 03, selektovana iz lokalne španske populacije Catalan de Monte, bila je vodeća sorta u Španiji u periodu 1960–1976. Prema istraživanju Ruiza i sar., (2019) broj klasova u uslovima bez obrade zemljišta, znatno je veći u odnosu na intermedijarne i savremene sorte.

## Morfološki i molekularni markeri

Tokom dugog perioda ljudske civilizacije, u dugotrajnim procesima selekcije, priroda i ljudi ostavili su pokoljenjima na hiljade lokalno adaptiranih populacija karakterističnih za područja u kojima su nastajale (Jovović i sar., 2016). Poznavanje genetskog diverziteta lokalnih sorti tetraploidne pšenice polazna je osnova za njihovu adekvatnu konzervaciju i dalje korišćenje (Jovović, 2021). Pri procjeni genetskog diverziteta lokalnih sorti kao mjerljivi indikatori koriste se markeri (Prodanović i sar., 2017). To su karakteristične forme jednog organizma kojima je moguće izvršiti identifikaciju, diferencijaciju, deskripciju i evaluaciju (Spooner i sar., 2005). Svi markeri se dijele na fenotipske i molekularne (Prodanović i sar., 2015).



**Fenotipskim markerima** se ocjenjuju vizuelne karakteristike, odnosno osobine organizma (Andresen i sar., 2003). Međutim, sve osobine se ne mogu koristiti kao fenotipski markeri, već postoji jasna distinkcija bazirana na principima nasljeđivanja (Pagnotta i sar., 2005). Odabir osobina koje mogu biti markeri zasniva se na njihovoj osnovnoj podjeli – kvalitativne i kvantitativne osobine (Crespel i sar., 2002). Kvantitativne osobine obično kontroliraju veći broj gena i pod uticajem su spoljašnje sredine, dok su kvalitativne osobine najčešće monogenetske i oligogenetske, sa većim koeficijentom heritabilnosti (Simons i sar., 2006). Zato se kao fenotipski markeri koriste najčešće kvalitativne osobine koje su stabilne i pod manjim uticajem spoljašnje sredine (Prodanović i sar., 2015). Fenotipski markeri su najstariji korišćeni markeri čija se upotreba vezuje za same početke selekcije biljaka (Peleman i sar., 2003). Međutim, da bi ovi markeri bili uporedivi, bilo je potrebno uspostaviti standardizovane ocjene za sve odabrane osobine koje se koriste kao markeri (Jones i sar., 2013). Tako se, danas, genetički diverzitet pšenice uglavnom procjenjuje korišćenjem fenotipskih markera propisanih od strane Međunarodnog instituta za biljne genetičke resurse (*The International Plant Genetic Resources Institute – IPGRI*) i Međunarodne unija za zaštitu novih sorti biljaka (*The International Union for the Protection of New Varieties of Plants – UPOV*) (Babić i sar., 2016).

Primjena **molekularnih markera** počinje u drugoj polovini XX vijeka, razvojem molekularne biologije (Spooner i sar., 2005). Molekularni markeri su DNK, RNK, proteini, lipidi, flavonoidi i brojni drugi molekuli kojima se pokazuje specifičnost određenih jedinki (Pržulj i Perović 2005a, 2005b). U zavisnosti od vrste molekula, ovi markeri se dijele na genetske i biohemijske. Genetski markeri predstavljaju fragmente DNK lanca čiji je položaj na hromozomu poznat i koji se mogu koristiti za razlikovanje jedinki u populaciji (Dreisigacker i sar., 2005). Genetski markeri danas predstavljaju moćno sredstvo za analizu genetskog diverziteta (Sunnucks, 2000). Genotipizacija primjenom DNK markera predstavlja brz i pouzdan metod procjene diverziteta vrsta, nezavisan od uticaja životne sredine (Xie i sar., 2008). Za razliku od fenotipskih markera, ovi markeri se mogu detektovati nezavisno od faze razvoja i rasta, nijesu podložni uticaju faktora spoljne sredine, abundantni su, raspoređeni duž cijelog genoma i skraćuju vrijeme identifikacije (Sunnucks, 2000). Poželjne osobine genetskih markera uključuju polimorfizam, kodominantnost, te brzo i jednostavno detektovanje (Fiore i sar., 2019). Sekvencioniranje nove generacije (*Next Generation Sequencing – NGS*) omogućilo je dostupnost velikog broja genomskih informacija, među kojima i otkrivanje novih DNK markera (Kumar i sar., 2012). Podaci dobijeni primjenom

morfoloških i molekularnih markera su osnov za procjenu vezanosti gena, koji se, ako se nalaze na malom rastojanju u cM na istom hromozomu, nasljeđuju zajedno (kosegregiraju), odnosno odvojeno u slučaju velike udaljenosti (nalaze se na drugom hromozomu ili su međusobno udaljeni na istom hromozomu). Učestalost kojom se analizirani markeri zajedno nasljeđuju osnov su za konstrukciju genetskih mapa relativnog položaja markera na hromozomima (Davis i sar., 1998).

<b>Organizam 1</b>	G	A	C	G	T	A	C	G	A	T
<b>Organizam 2</b>	G	A	C	G	A	A	C	G	A	T

Fig. 5. SNP na kratkom DNK fragmentu

(DNK sekvence imaju isti redosljed nukleotida, osim jednog označenog crvenom bojom. Ovakav SNP se označava sa T:A. Jedan organizam ima T (timin) na datoj lokaciji u genomu, dok drugi organizam ima A (adenozin))

Molekularni markeri posljednje generacije su SNP markeri, odnosno polimorfizam jednog nukleotida (*single nucleotide polymorphism* – SNP) (Mammadov i sar., 2012). SNP marker predstavlja supstituciju pojedinačne nukleinske baze na određenom mjestu u genomu koja se unutar populacije pojavljuje sa učestalošću iznad 1% (Fig. 5). SNP su visoko informativni markeri, pogodni za procjenu genetske varijacije među sortama pšenice (Ganal i sar., 2007). Zastupljeni su ravnomjerno u genomu svih eukariota i visoko su polimorfni i kodominatni, pa mogu detektovati heterozigote (Prodanović i sar., 2017). SNP-ovi se normalno javljaju u DNK lancu, u prosjeku približno jednom na svakih 1.000 nukleotida, što znači da u genomu čovjeka postoji otprilike četiri do pet miliona SNP-ova (Ganal i sar., 2007). SNP-ovi se mogu koristiti kao genetski markeri za studije vezanih gena, asocijativno mapiranje (*linkage disequilibrium mapping*) i mapiranje haplotipova (Khlestkina i sar., 2006). Iako su pojedinačni SNP-ovi manje informativni od većine genetskih markera u upotrebi, oni su zastupljeni u mnogo većem broju i samim tim pogodniji za računarsku obradu (Manivannan i sar., 2018).

Prema položaju u genomu, SNP-ovi se dijele na nekodirajuće, koji se nalaze na intergenskim fragmentima DNK lanca ili nekodirajućim regijama gena i kodirajuće, koji se nalaze na sekvencama gena (Edwards i sar., 2007). Kodirajući SNP-ovi se dalje dijele na sinonimne i nesinonimne, koji ne mijenjaju, odnosno koji mijenjaju sekvencu aminokiselina u proteinu (Khlestkina i sar., 2006). Besmisleni SNP-ovi (*nonsense*) su pojedinačne, tačkaste mutacije koje rezultiraju prevremenim stop kodom (TAG, TGA ili TAA), dok pogrešno smisleni (*missense*) mijenjaju genetski kod koji rezultira promjenom aminokiseline u proteinu (Fig. 6)

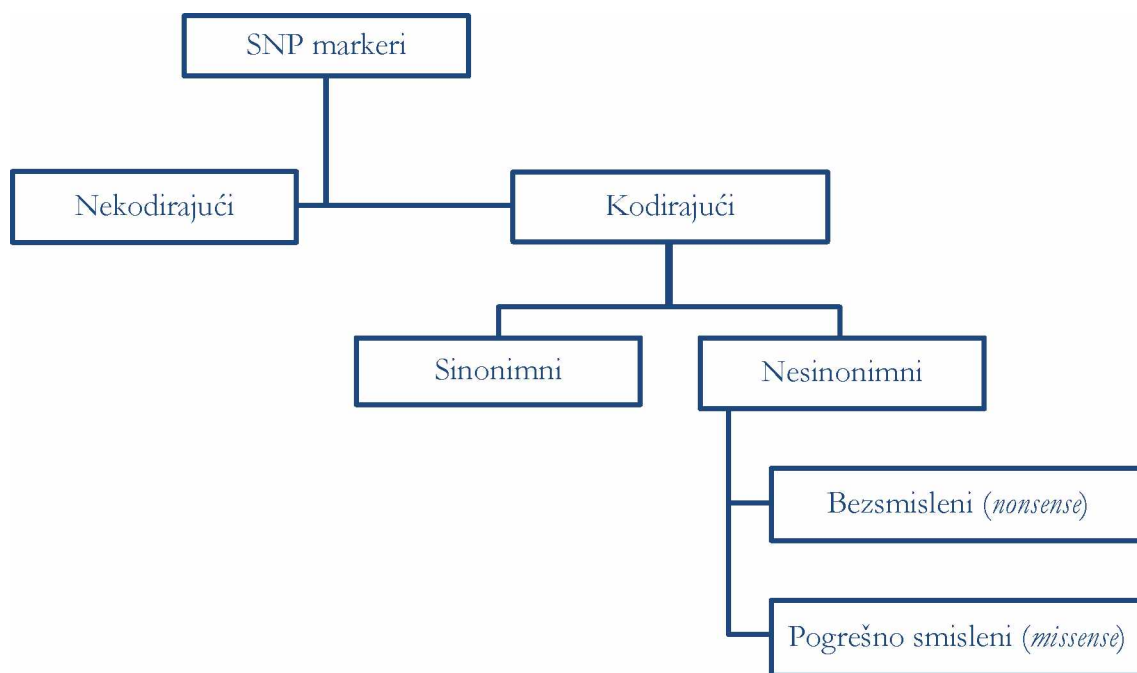


Fig. 6. Podjela SNP markera prema položaju u genomu

## Ispitivanje javnog mnjenja o upotrebi tradicionalnih sorti pšenice

Odabir hrane je suštinski određen društvenim i kulturnim uticajima koji dovode do razlika u uobičajenoj konzumaciji određenih namirnica i u tradiciji pripreme. Ovi uticaji su podložni promjenama praćenim rastom životnog standarda, promjenom stila života i tržišnom ponudom (Jevšnik i sar., 2008). Veliki broj istraživanja ukazuje na rizike od prekomjerne upotrebe pesticida i rezistentnosti štetočina, genetski modificovanih organizama, bolesti koje se prenose hranom, te zagađenja životne sredine kojima određeni broj potrošača pridaje sve veći značaj, te se iz tih razloga sve više okreće zdravstveno bezbjednoj hrani i specifičnim nutritivnim zahtjevima (Wunderlich i sar., 2015; Botelho i sar., 2016).

Tradicionalne sorte su dinamične populacije poljoprivrednog bilja koje karakteriše istorijsko porijeklo ili kontinuitet gajenja na određenom prostoru, genetski diverzitet i vrlo često tradicionalni sistemi kultivacije zasnovani na tradicionalnom znanju (Carrosio, 2005). Posljednjih decenija ovim resursima poklanja se sve veća pažnja, ne samo zbog njihovih adaptivnih karakteristika i potencijalne otpornosti na štetne organizme, već i zato što proizvodi koji se od njih dobijaju posjeduju neke specifične organoleptičke osobine (Westling i sar., 2019). Osim specifičnog ukusa, tradicionalne sorte predstavljaju odličan izvor

sjemenskog i sadnog materijala u organskoj proizvodnji, ali i u tradicionalnim sistemima proizvodnje koji su često bazirani na principima organske proizvodnje (Dwivedi i sar., 2016). Pored toga, upotreba genetičkih resursa često je povezana sa emotivnim razlozima, ali i uticajem medija i markentiških organizacija koji promovišu ovaj vid proizvodnje (Koster i sar., 2015). Kako bi se procijenila zainteresovanost za određenom grupom proizvoda, potrebno je sprovesti ispitivanje preferenci potrošača koje predstavljaju subjektivne težnje ka određenim grupama roba (Giannopoulos i sar., 2019). Svaki potrošač ima skup preferenci i vrijednosti koje zavise od kulture, obrazovanja, individualnog ukusa, ali i mnogih drugih faktora. Stoga preference potrošača predstavljaju pouzdanu osnovu za procjenu potražnje određenih roba na tržištu (Escribano i sar., 2012; Giannopoulos i sar., 2019).

Brza ekspanzija korisnika interneta omogućuje lakšu dostupnost velikom broju ispitanika, a time i lakše sprovođenje različitih onlajn anketa (Sills i sar., 2002). Na bazi ovakvog načina proučavanja tržišta mogu se dobiti veoma korisne informacije o spremnosti potrošača da plate veću cijenu za tradicionalne proizvode, ali i o njihovoj zainteresovanosti za novim proizvodima dobijenih od genetičkih resursa (Conto i sar., 2016).

## MATERIJAL I METODE

### Kolekcija tetraploidne pšenice

Biljni material korišćen u ovim istraživanjima potiče iz kolekcije pšenice deponovane u Crnogorskoj banci biljnih gena smještenoj na Biotehničkom fakultetu Univerziteta Crne Gore. Uvidom u bazu podataka Crnogorske banke biljnih gena vidi se da kolekcionisani materijal pripada vrsti tvrda pšenica (*Triticum durum* Desf. ssp. *expansum* Vav). Aktivnosti na prikupljanju kolekcije tetraploidne pšenice započete su 50-tih godina prošlog vijeka i u tom periodu sakupljeno je 125 autohtonih populacija. U vrijeme kolekcionisanja ove populacije su se dominantno gajile na Primorju i u dolinama rijeka Drim, Cijevna, Morača, Zeta, Trebješnica i Neretva. Areal rasprostranjenja ovih populacija obuhvata oblasti od 43 do 44° sjeverne geografske širine i od 17 do 19° istočne geografske dužine (Fig. 7).

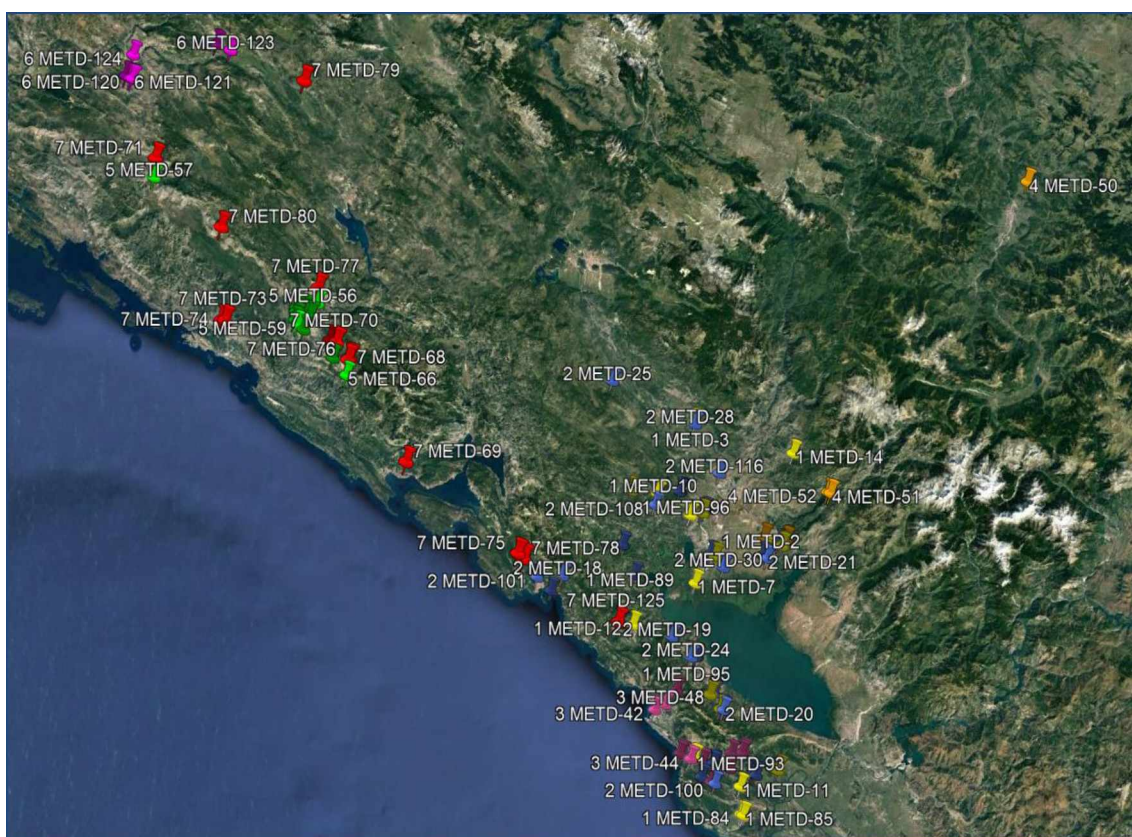


Fig. 7. Areal rasprostranjenja tetraploidne pšenice u Crnoj Gori i Bosni i Hercegovini (Izvor: GoogleEarth, verzija 7.0)

U visinskom pogledu areal rasprostranjenja ograničen je na 500 m.n.v., pa se tetraploidna pšenica mogla naći istočno od Skadarskog jezera, ispod Zatrijebča i Grahova, preko Bratonožića i Morače, iznad Stijene, Martinića, Papkovića i Vražegrmaca do Povije, preko doline Zete iznad Bogetića, Drenovšice, Dola, Zagrede, Zagarača i Komova i duž cijelog primorja od Bojane do Konavla.

U Hercegovini, gornja granica gajenja ovih vrsta pšenice su Petrovići–Plana–Trusina–Bišina. Cjelokupna kolekcija je održavana periodičnim regeneracijama na različitim lokacijama u Podgorici, ali je zbog nepostojanja jasnog programa konzervacije protokom vremena došlo do gubitka 29% prvobitno sakupljenih aksešena (Tab. 1). Od 2004. godine cjelokupan genofond tetraploidne pšenice (89 CAPTP) čuva se u Crnogorskoj banci biljnih gena. Cjelokupna populacija je podijeljena na sedam grupa. Podjela po grupama je izvršena, najvjerovatnije, na osnovu vremena njihovog sakupljanja, a što se desilo u periodu od 1955. do 1981. godine. U Prilogu 1 (tabela 1) date su oznake svih 125 genotipova, narodni nazivi i lokacije kolekcionisanja sa geografskim koordinatama.

Tab 1. Broj populacija u svakoj grupi i procenat izgubljenih populacija po grupama

<b>Grupe</b>	<b>Broj kolekcionisanih populacija</b>	<b>Trenutno stanje</b>	<b>Udio izgubljenih CAPTP (%)</b>
I	30	15	50
II	42	23	45
III	14	13	7
IV	6	6	0
V	13	13	0
VI	6	5	17
VII	14	14	0
<b>Ukupno</b>	<b>125</b>	<b>89</b>	<b>29</b>

## Regeneracija CAPTP

Regeneracija 89 CAPTP deponovanih u Crnogorskoj banci biljnih gena izvršena je u oktobru 2018. godine u poljskoj banci biljnih gena lociranoj na teritoriji opštine Danilovgrad (zbog blage i kratke zime ove pšenice se u južnom području Crne Gore obično siju u jesen) (Sl. 1). Predusjev pšenici bila je djetelina. Osnovna obrada zemljišta izvršena je u jesen na dubini od 25 cm. Zajedno sa oranjem obavljeno je đubrenje mineralnim NPK đubrivom



16:16:16 u količini od 350 kg ha<sup>-1</sup>. Predsjetvena priprema zemljišta sastojala se od tanjiranja i drljanja. Svaka populacija sijana je sa po 5 klasova, a sjetva je izvršena po metodi klas na red, sa razmakom između redova od 20 cm. Dužina reda iznosila je 1 m, kao i razmak između osnovnih parcelica. Tokom vegetacionog perioda pšenice nije vršena prihrana, kao ni zaštita usjeva od korova, bolesti i štetočina.

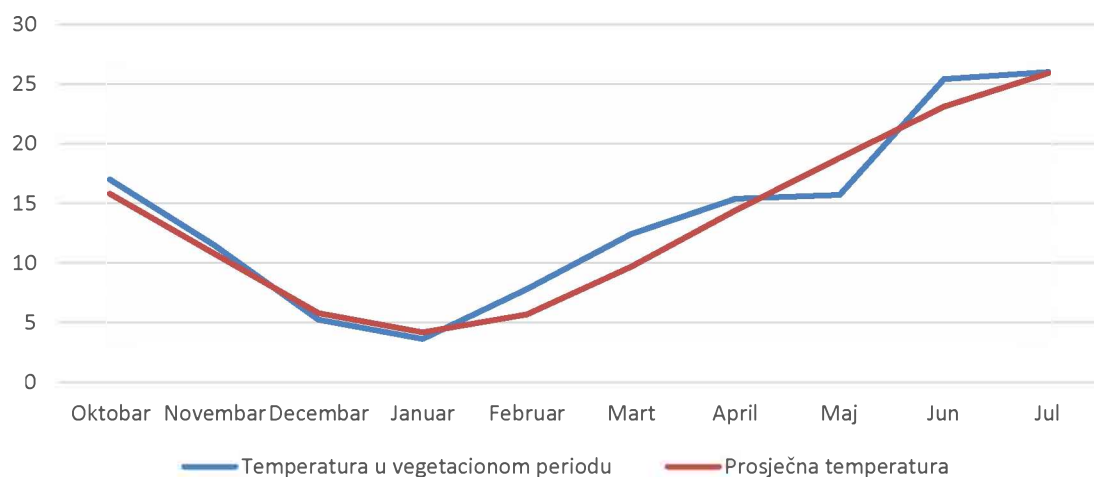


Sl. 1. Regeneracija CAPTP u Danilovgradu (2018–2019): različite fenofaze razvoja (Foto A. Velimirović)

Obilaskom oglednog polja tokom vegetacionog perioda utvrđeno je potpuno odsustvo nicanja na parcelicama na kojima su bili posijani CAPTP METD –122 (rogosija sa žutim osjem iz Poplata) i METD –123 (rogosija sa bijelim osjem iz Berkovića). Ova dva akšena su isključena iz daljih analiza, a njihova ponovna regeneracija biće izvedena u narednom periodu iz rezerve sjemena deponovanog u Crnogorskoj banci biljnih gena. U fenofazi klasanja kod svih 87 lokalnih populacija izvršen je odabir i označavanje po 30 klasova. Odabir je vršen na osnovu fenotipskih opažanja i zdravstvenog stanja. Žetva označenih klasova 87 lokalnih populacija tetraploidne pšenice obavljena je u julu 2019. godine i nakon toga odnešena na Poljoprivredni institut Republike Srpske u Banjoj Luci radi morfološke karakterizacije.

### ***Agroekološki uslovi tokom perioda regeneracije pšenice***

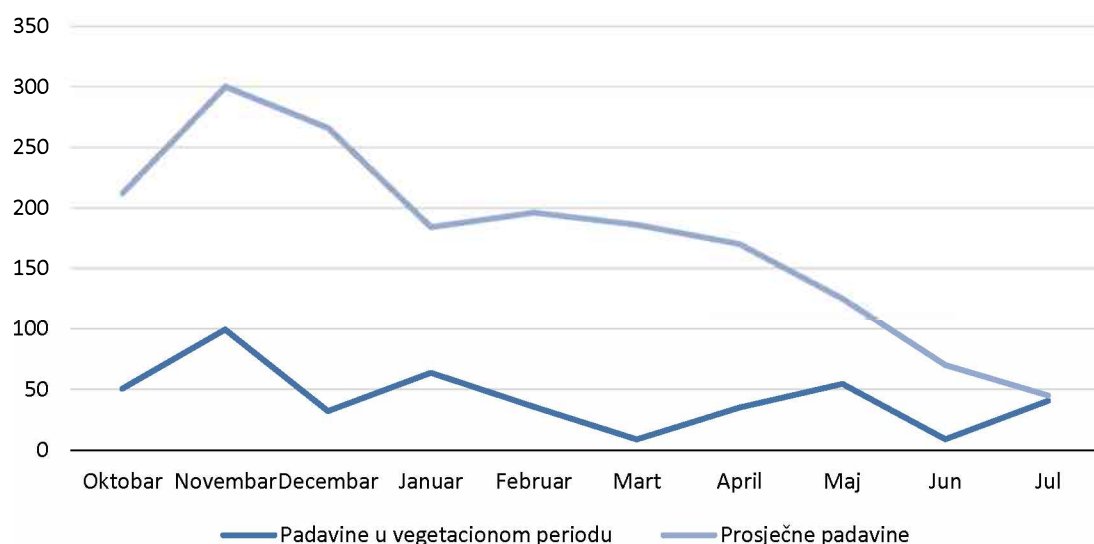
Danilovgrad (42°33'N, 19°60'E, nadmorska visina 42 m) je opština koje se nalazi u centralnom dijelu Crne Gore, u dolini rijeke Zete. Područje ove opštine pripada zoni submediteranske klime.



Graf. 3. Prosječne temperature za period 1988 – 2018. i temperature u toku vegetacionog perioda (Izvor podataka: Hidrometereološki zavod Crne Gore)

Prosječne godišnje padavine iznose 967 mm. Ova opština u prosjeku ima 156,8 kišnih dana godišnje. Najtopliji mjesec je avgust sa temperaturom 26,3 °C, a najhladniji je januar sa 4,2 °C. Prema podacima Hidrometereološkog zavoda Crne Gore, prosječne mjesečne temperature vazduha tokom vegetacionog perioda nijesu značajno odstupale od prosjeka (Graf. 3), dok je količina vodenog taloga bila značajno manja, svega 25% u poređenju sa klimatskom normalom (Graf. 4).





Graf. 4. Prosjek višegodišnjih padavina za period 1988 – 2018. i ukupne padavine u toku vegetacionog perioda (Izvor podataka: Hidrometereološki zavod Crne Gore)

## Morfološka karakterizacija

Morfološka karakterizacija 87 uzoraka CAPTP obavljena je na oglednom polju Poljoprivrednog instituta Republike Srpske u Banjoj Luci (Sl. 2). Osnovna i predstetvena priprema zemljišta urađena je standardno za usjev pšenice. Predusjev pšenici bila je soja. Dubrenje je obavljeno sa  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  NPK đubriva formulacije 8:24:24.



Sl. 2. Detalj sa oglednog polja u fazi vlatanja pšenice (Foto D. Mandić)

Sjetva po 20 vitalnih i dobro ozrnutih klasova svih 87 crnogorskih lokalnih populacija tetraploidne pšenice obavljena je početkom marta 2020. godine. Svaki klas pšenice je prije sjetve detaljno pregledan i za sjetvu su korišćeni najbolji klasovi. Tretman sjemena fungicidom protiv biljnih bolesti nije rađen. Sjetva je izvedena u redove dužine 1 m, po

metodu klas na red, na međurednom rastojanju od 20 cm. Rastojanje između osnovnih parcelica iznosilo je 1 m, što je bilo dovoljno za nesmetanu manipulaciju prilikom ocjenjivanja odabranih osobina.

U fenološkoj fazi „početak vlatanja“ obavljen je tretman protiv korova sa herbicidom Sekator OD u količini od 0,15 l ha<sup>-1</sup>, kao i prihrana sa 200 kg ha<sup>-1</sup> KAN-a (27% N). Za suzbijanje prouzrokovala pepelnice (*Erysiphe graminis*) i rđe (*Puccinia* spp.) usjev je u fazi vlatanja i klasanja tretiran fungicidom Prosaro 250 EC tokom (0,75 l ha<sup>-1</sup>). Nicanje CAPTP počelo je sredinom marta i trajalo je nekoliko dana, što je i razumljivo jer se radilo o različitim genotipovima. Nakon nicanja obavljeno je označavanje redova.



Sl. 3. Morfološke karakterizacije pšenice (Foto D. Mandić)

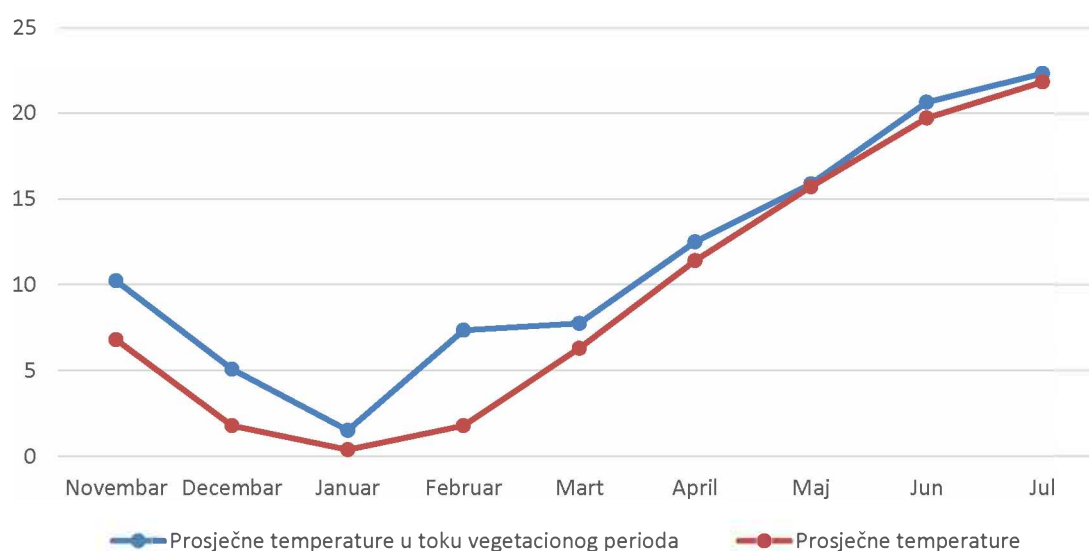
Tokom vegetacionog perioda, na sedam oglednih parcelica, primijećeno je značajno zaostajanje biljaka pšenice u poređenju sa ostalim. Detaljnom analizom je utvrđeno da su iste značajno oštećene virusom žute patuljavosti ječma (*Barley yellow dwarf virus* – BYDV). Zbog

nemogućnosti objektivne ocjene svih sedam populacija je moralo biti isključeno iz dalje opservacije. Tu se radilo o oglednim parcelicama zasijanim sa: rogosijom sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Karanikića (METD–95), rogosijom sa crvenim klasom i osjem iz Vladimira (METD–103), rogosijom iz Mrkojevića (METD–118), rogosijom sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Karanikića (METD–95), rogosijom sa crvenkastim osjem iz Poplata (METD–120), rogosijom sa bijelim osjem iz Poplata (METD–121) i rogosijom sa žutim osjem iz Paštrovića (METD–125). Kod svih ostalih populacija tokom ocjenjivanja utvrđeno je da su biljke unutar jednog reda bile dovoljno ujednačene, odnosno homozigotne, što je bilo i očekivano, s obzirom da sve potiču od jednog klasa. Manja neujednačenost u nekim redovima pšenice primijećena je u pogledu visine stabla, dužine i krupnoće klasova, što se može pripisati uticaju ekoloških faktora, kao i razlikama u potencijalu i energiji klijanja sjemena koje potiče iz različitih dijelova jednog klasa. Takođe, primijećene su i razlike u krupnoći i fizičkom izgledu zrna unutar istog klasa.

Za ocjenu odabranih karakteristika korišćene su po tri reprezentativne biljke iz svih 20 redova (Sl. 3). Žetva zrna je obavljena u punoj zrelosti sa vlagom zrna od 12–14%, ručno, siječenjem dijela stabla sa klasom.

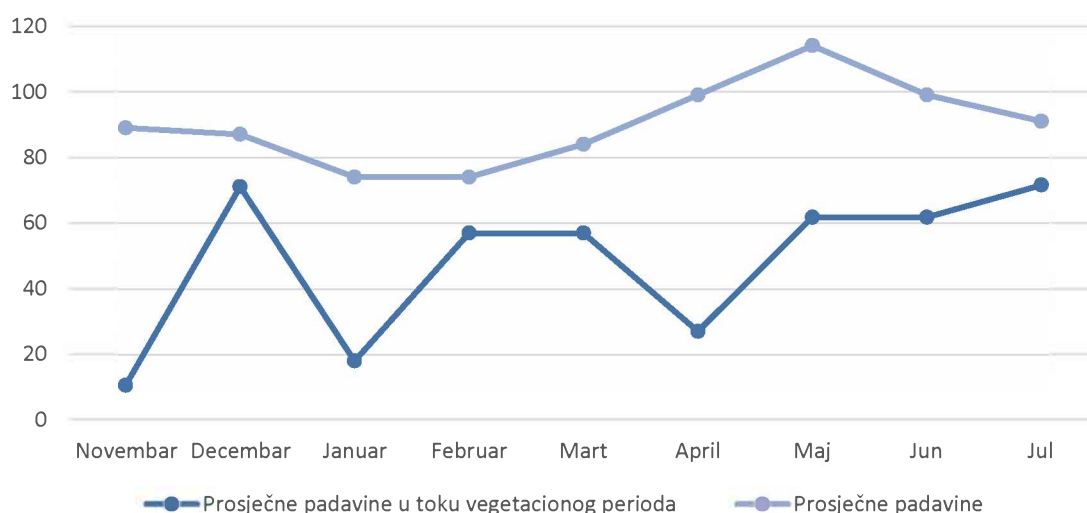
### ***Agroekološki uslovi Banja Luka***

Banja Luka (44°46'N, 17°10'E, 163m) je grad na sjeverozapadu Bosne i Hercegovine, ima umjereno kontinentalnu klimu.



Graf. 5. Prikaz prosječnih temperatura u Banjoj Luci  
(Izvor podataka: Republički hidrometeorološki zavod Republike Srpske)





Graf. 6. Prikaz ukupne sume padavina u Banjoj Luci (plava linija)  
(Izvor podataka: Republički hidrometeorološki zavod Republike Srpske)

Prosječna godišnja temperatura je 10,7 °C, Najhladniji mjesec je januar sa 0,8° C, a najtopliji jul, sa prosječnom temperaturom od 21,3 °C. Prosječne godišnje padavine iznose 1.058 mm. Prosječan broj kišnih dana je 152. Prema podacima Republičkog hidrometeorološkog zavoda Republike Srpske prosječne mjesečne temperature su u periodu januar–februar bile gotovo dvostruko veće od višegodišnjeg prosjeka, dok su u kasnijem periodu vegetacije ta odstupanja bila neznatna (Graf. 5). U istom periodu ukupna količina padavina bila je značajno manja, sa izraženim deficitima u januaru i aprilu što je iznosilo svega 24%, odnosno 27% od višegodišnjeg prosjeka (Graf. 6).

### ***Morfološki deskriptori – UPOV***

Fenotipski markeri predstavljaju različite morfološke, fiziološke ili biohemijske osobine jednog organizma po kojima se on može razlikovati od drugih. Imaju visok koeficijent heritabilnosti i stabilni su u različitim sredinama. Ovi markeri su relativno jeftini i mogu se koristiti u komunikaciji sa različitim bazama podataka. Jednostavni su za korišćenje i vrlo efikasni ako je njihovo nasljeđivanje bazirano na Mendelovim principima. Bazirani su na velikom broju osobina i u klasičnom oplemenjivanju koriste se već dugi niz godina.

Za ocjenjivanje odabranih karakteristika u ovim istraživanjima korišćen je UPOV deskriptor za durum pšenicu – DURUM WHEAT UPOV Code: TRITI\_TUR\_DUR *Triticum turgidum* L. subsp. *durum* (Desf.) Husn. 2012. Ovi deskriptori omogućavaju prikupljanje podataka kroz jednostavno kodiranje, što omogućava brzo, pouzdano i efikasno

pretraživanje i komunikaciju sa međunarodnom mrežom biljnih genetičkih resursa. Na taj način se povećava preciznost, uniformnost i komparativnost rezultata. Od ukupno 28, za potrebe ovog rada odabrano je 19 najinformativnijih karakteristika:

- biljka: *tip porasta, učestalost biljaka sa povijenim zastavičarom, vrijeme pojave klasova* (na 50% klasova vidljivi prvi klasići), *visina biljke u cm, visina* (stablo, klas i osje);
- stablo: *ispunjenost poprečnog presjeka na pola rastojanja između osnove klasa i koljenca ispod*;
- zastavičar: *antocijanska pigmentacija aurikula, pepeljasta navlaka na listu*;
- klas: *pepeljasta navlaka, oblik profila, dužina bez osja*;
- osje ili zupci: *prisustvo, dužina*;
- donja pljeva: *širina ramena, oblik ramena, dužina vrha, oblik vrha, obraslost unutrašnjim dlačicama*;
- biljka prema toplotnom stadijumu.

Razvoj pojedinih fenoloških osobina praćen je i ocjenjivan prema UPOV skali koja se odnosi kako na prisustvo pojedine osobine tako i na intenzitet njenog ispoljavanja u adekvatnom razvojnem periodu biljke. Step en izraženosti pojedinačnih osobina i odogovarajuće numeričke vrijednosti date su u Prilogu 2 (Tabela 1).

Do sada je kod tetraploidnih pšenica utvrđeno postojanje sljedećih varijeteta: *Leucurum, Affine, Valenciae, Fastuosum, Leucomelan, Melanopus, Hordeiforme, Italicum, Erytromelan, Candicans, Schechurdini, Subaustrale* i *Stebuti*. Kojem varijetetu pripadaju crnogorske populacije utvrđeno je na osnovu prisustva osja, boje klasa, osja i zrna i maljavosti klasa. Karakteristike varijeteta date su u Prilogu 1 (Figura 1).

## **Molekularna evaluacija**

### ***Odabir genotipova***

Morfološka karakterizacija preostalih 80 crnogorskih lokalnih populacija tetraploidne pšenice pokazala je postojanje 389 genotipova. Od tog broja, na osnovu monogenetskih i oligogenetskih osobina, za molekularnu analizu je odabirano njih 89. Na taj način je obezbjeđeno da svaki odabrani genotip bude i najtipičniji predstavnik pripadajuće CAPTP. Usljed velikog polimorfizma osobina, svi genotipovi izdvojeni u okviru populacija METD–11 (7 genotipova), METD–13 (3 genotipa) i METD–25 (devet genotipova) odabrani su za molekularne analize. Pored CAPTP u analizu je uključeno i pet uzoraka italijanske tvrde pšenice: stara italijanska sorta Cappelli, stare italijanske lokalne populacije Russello i Taganrog

i elitna italijanska sorta Svevo (dva uzorka). Italijanske genotipove je obezbijedio Institut za bioresurse i bionauke, Nacionalnog istraživačkog centra iz Barija, Italija (*Istituto di bioscienze e biorisorse, Centro Nazionale delle Ricerche – IBBR–CNR*). Lista genotipova iz crnogorske kolekcije tetraploidne pšenice korišćenih u molekularnim analizama dati su u Prilogu 1 (Tabela 1), a italijanskih u Prilogu 1 (Tabela 2). U molekularnim analizama bile su uključene i dvije negativne kontrole kompanije TraitGenetics.

### ***Sjetva biljaka za DNK ekstrakciju***

Približno 15 sjemena od sva 94 proučavana genotipa pšenice posijano je u 18. marta 2021. godine u TS1 osnovnom standardnom medijumu proizvođača Klasmann–Deilmann GmbH, Geeste, Njemačka (mješavina gline, pijeska i ilovače, veličina čestica 20 mm, ukupan sadržaj azota 0,34%, pH 8,1, sadržaj organske materije 5,4) u saksijama od 9 cm prečnika (Sl. 4). Biljke pšenice rasle su osam dana, u uslovima dugog dana (13 sati svjetlosti i 11 sati mraka) i na temperaturi od 22 °C. Osmog dana obavljeno je uzorkovanje primarnih listova, njihovo sitnjenje na manje djelove (3–4 mm) i prenošenje u ekstrakcione epruvete, od kojih je svaka sadržala po jednu metalnu kuglicu veličine 4 mm. Za svaki uzorak uzeto je približno po deset svježih listova.

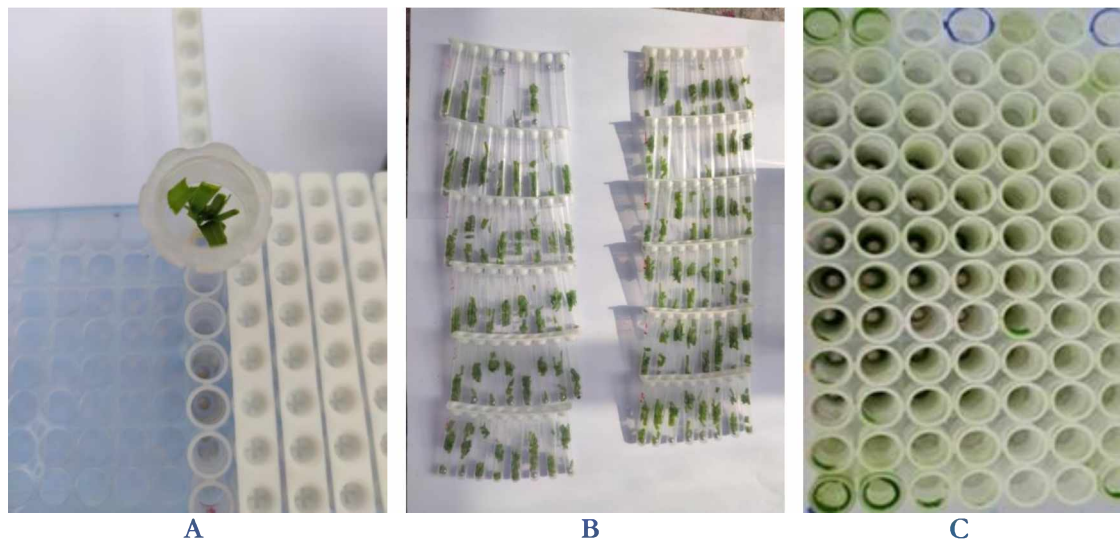


Sl. 4. Rast biljaka i uzorkovanje materijala za DNK ekstrakciju

- A) Saksije sa posijanim sjemenom pšenice; B i C) 94 posijana genotipa; D i E) Saksije sa prokljalim sjemenom pet dana nakon sjetve; F i G) Saksije sa biljkama na dan uzorkovanja (osam dana nakon sjetve) i H) uzorkovani materijal lista u ekstrakcionim epruvetama (Foto TraitGenetics)

### ***DNK ekstrakcija***

Homogenizacija tkiva obavljena je nakon dubokog zamrzavanja u tečnom azotu u šejker mlinu (~1750 Hz tokom 1 minuta). DNK je ekstrahovana u skladu sa standardnim CTAB (cetiltrimetilamonijum bromid) protokolom (Clarke, 2009) uz manje modifikacije (Sl. 5). Nakon posljednjeg koraka pranja, DNK pelet je rastvoren u visoko prečišćenoj vodi. Ekstrakcija DNK iz stare italijanske sorte Capelli izvršena je naknadno direktno iz klice.



Sl. 5. A) Uzorkovanje lista za ekstrakciju DNK; B) Ekstrakcione epruvete sa materijalom i C) Uzorci nakon dubokog zamrzavanja i dodavanja pufera (Foto TraitGenetics)

### ***Elektroforeza na agaroznom gelu***

Za provjeru integriteta DNK, za elektroforezu na agaroznom gelu, korišćena su 2  $\mu$ l DNK rastvora. Nakon toga, 1% agarozni gel sa prethodno dodatim etidijum bromidom priključen je na 150 V tokom 40 minuta, a onda fotografisan pod UV lampom. Koncentracija DNK mjerena je fluorometrijski pomoću Kuantiflour-ST (Promega GmbH, Valldorf, Njemačka). Kao marker korišćen je *Lambda Hind III*.

### ***SNP genotipizacija na Illumina XT i mapiranje genotipova***

Analiza uzoraka izvršena je na Illumina Infinium 25K XT čipu za pšenicu Genom Studio (Genome Studio – GS) Instituta Fresenius GmbH TraitGenetics prema uputstvima proizvođača. Ovaj čip sadrži 17.229 SNP markera iz Illumina čipa (20K), 6.916 iz Axiom čipa (135K) i dodatne gen specifične markere čime je dobijeno ukupno 24.145 SNP markera koji

su korišćeni u ovim analizama. Ovaj čip je skeniran iScan™ sistemom (Illumina, Berlin, Njemačka) i praćen analizom podataka pomoću GenomeStudio 2.0 (Illumina).

Za dizajn čipa za genotipizaciju, SNP-ovi su filtrirani kako bi se uklonili oni koji imaju sekvence koje pokazuju sličnost sa ponavljanjima ( $e$ -vrijednost  $\leq 1e - 10$ ) identifikovane upoređivanjem 100 baznih parova SNP sekvenci u blizini gena sa GIRI bazom (<http://www.girinst.org/replib/>) i ITMI bazom podataka ponovljenih sekvenci *Triticeae* (<http://wheat.pw.usda.gov/ITMI/Repeats/>) i koje su se nalazile u neposrednoj blizini (<50 bp) spojeva egzon-intron identifikovanih u genomu pšenice. Izabrani SNP-ovi su zatim analizirani Illumina čipom (Wang i sar., 2014; Alemu i sar., 2020). Sinonimni ili nesinonimni SNP-ovi su označeni upoređivanjem sekvenci sa bazom podataka Nacionalnog centra za biotehnoške informacije (*National Center for Biotechnology Information* – NCBI) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) (Sun i sar., 2020).

Grupisanje alela SNP-ova za pšenicu sa Illumina GS v2011.1 zadatim algoritmom proizvodi tri različita klastera koji odgovaraju genotipovima AA, AB i BB i koji se očekuju za bialelične SNP-ove (Cavanagh i sar., 2013). Na svih 14 hromozoma genoma A i B tetraploidne pšenice data je i specifična pozicija SNP-ova.

### ***Imputacija SNP markera***

Postupak procjene genotipova koji nedostaju iz referentnog panela za haplotip, odnosno genotip, izvršen je pomoću Beagle 5.2 softverog paketa za procjenu haplotipova i za imputaciju negenotipiziranih markera, odnosno popunjavanje nedostajućih markera (Browning i sar., 2018). Beagle algoritam koristi skriveni Markovljev model za imputaciju nedostajućih vrijednosti. Kompletiranje podataka počinje imputiranjem vrijednosti koje nedostaju na osnovu frekvencija alela sa nasumičnim faziranjem haplotipova pojedinačnih linija. Nakon toga, početni skup podataka koristi se za izgradnju lokalizovanih modela haplotip-klastera, koji predstavljaju posebnu klasu skrivenog Markovljevog modela. Svaki model ide duž hromozoma i ima isti broj nivoa kao i broj markera. Skrivena stanja na svakom nivou predstavljaju skupove haplotipova. Emitovani simboli su aleli. Algoritam naprijed-nazad primjenjuje se za procjenu vjerovatnoće svakog mogućeg haplotipa na osnovu informacija o genotipu. Zatim se uzorkuju novi haplotipovi za individue prema uslovnoj vjerovatnoći kao ulazni podaci za sljedeću iteraciju. Postupak se ponavlja do posljednje iteracije, kada se primjenjuje Viterbijev algoritam kako bi se statistički potvrdila najveća



vjerovatnoća haplotipova za sve individue, tako da se na ovaj način istovremeno imputiraju nedostajući podaci.

## Anketa potrošača o tradicionalnim sortama pšenice

Osim kao potencijalni izvor novih gena, lokalne sorte pšenice karakteriše i stabilnost prinosa, manja zavisnost od primijenjene agrotehnike, dobra adaptibilnost, kao i specifična nutritivna svojstva. Iz tih razloga ovi resursi mogu poslužiti i kao sjemenski materijal u organskoj proizvodnji. Kako bi se utvrdila percepcija javnog mnjenja i zainteresovanost potrošača za tradicionalnim sortama pšenice, sprovedena je anketa potrošača bazirana na dobrovoljnom onlajn upitniku. Anketa je sprovedena u periodu od 24. februara do 4. aprila 2020. godine. Ispitanici su kontaktirani putem e-mejla i društvenih mreža (Facebook, Twitter). Upitnik je, pored dijela sa opštim informacijama (ime i prezime (opciono), grad, pol, godine starosti, nivo obrazovanja, zanimanje), sadržao i dodatnih 27 pitanja, od kojih se njih osam odnosilo na tradicionalne sorte i njihove proizvode (pitanja pod rednim brojem 20–27). Riječ je o sljedećim pitanjima:

20. Iz kojih izvora se informišete o genetički modifikovanoj hrani i o zdravoj hrani

- Televizija, radio, novine
- Internet
- Prijatelji, rođaci, komšije
- Društvene mreže (Facebook, Tweeter, Instagram itd.)
- Stručna literatura

21. Pri izboru hrane, ocijenite gdje su Vaše preference:

	1	2	3	4	5	
Radije kupujem hranu proizvedenu na tradicionalan način ili organski, uz minimalnu upotrebu vještačkih đubriva i pesticida	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Radije kupujem hranu iz konvencionalne proizvodnje/hranu proizvedenu uz upotrebu vještačkih đubriva i pesticida

22. Ukoliko ste nekad konzumirali proizvode od lokalnih sorti (hljeb, kačamak, peciva, sokove, džemove) označite neke od karakteristika.

- Ukus
- Miris
- Hranljivost

- Zdravstveni benefiti (liječenje bolesti, tradicionalni recepti za prehladu, bolesti varenja itd.)
- Ostalo

23. Da li bi radije kupili hljeb proizveden od:

- lokalne sorte pšenice?
- savremene, uvezene sorte pšenice?

24. Prilikom kupovine kojim se kriterijumima vodite?

- vodim se cijenom, uvijek biram jeftiniji proizvod
- trudim se da kupujem lokalne proizvode za koje sam siguran da su proizvedeni sa manjom upotrebom vještačkih đubriva i pesticida i koji imaju određene karakteristike koje mi se dopadaju (ukus, miris, hranljivost)
- isključivo kupujem lokalne proizvode ili proizvode za koje smatram da su zdraviji

25. Koliko ste spremni više da platite brašno, hljeb i ostale proizvode proizvedene od lokalnih sorti?

- 25%
- 50%
- 75%
- 100% i više
- Ne bih kupovao/la taj proizvod ukoliko je cijena veća od prosječne

26. Kada kupujete hranu šta za Vas znači "lokalni/domaći proizvod"

- Siguran sam da je proizvod od sirovina proizvedenih u Crnoj Gori, od lokalnih sorti bilja ili od domaćih životinja
- Proizvod je proizveden u Crnoj Gori, ali nijesam siguran/a da li sirovina potiče iz Crne Gore
- Siguran/a sam da proizvod nije proizveden u Crnoj Gori i da sirovine nijesu porijeklom iz Crne Gore

27. Ukoliko se bavite ili bi se bavili poljoprivrednom proizvodnjom, da li bi koristili:

- tradicionalne sorte bilja, kako bi proizvodili autentične, lokalne proizvode
- moderne, savremene sorte bilja, kojim bi proizvodili standardne proizvode
- ne bih uzimao/la u obzir da li je u pitanju tradicionalna ili savremena sorta, vodio/la bih se profitom i zaradom

Upitnik je u cjelosti dostupan putem web linka [Survio](#).

## Botanička klasifikacija populacija tetraploidne pšenice

Na Odjeljenju za genetičke resurse pšenice Državnog naučnog centra i Sveruskog istraživačkog instituta za biljnu proizvodnju N.I. Vavilov Ministarstva nauke i visokog obrazovanja (*Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова Министерство науки и высшего образования*) 1979. godine razvijena je i objavljena klasifikacija roda *Triticum* L. koja se zasniva na genomskom sastavu vrsta i prisustvu, odnosno odsustvu određenog broja glavnih gena koji kontrolišu osobine koje se koriste u klasifikaciji. Osnove za ovakav pristup postavili su F. Körnicke i J. Percival, koji su kasnije doradili Vavilov i Flaksberger. Klasifikacija koja se vrši na ovom institutu pripada klasifikaciji roda *Triticum* po Dorofeevu (1979). Ovo je prvi standardizovani sistem klasifikacije u svijetu koji sadrži sve poznate intraspecifične takse divljih i kultivisanih vrsta pšenice. Detaljna klasifikacija omogućava identifikaciju velikog broja formi roda *Triticum* L. i pojedinačnih vrsta, što je posebno značajno za kolekcije koje se čuvaju u bankama biljnih gena.



Sl. 6. Analiza CAPTP na Odjeljenju za genetičke resurse pšenice Vavilov instituta  
(Foto E. Zuev)

U cilju botaničke klasifikacije cjelokupna kolekcija crnogorskih populacija tetraploidne pšenice genotipova pšenice detaljno je analizirana na Odjeljenju za genetičke resurse pšenice Vavilov instituta. Na osnovu vizualne ocjene klasova izvršena je preliminarna identifikacija svih 87 uzoraka (Sl. 6). Detaljno proučavanje ove kolekcije biće nastavljeno tokom 2021–2022. godine na oglednom polju Vavilov instituta, gdje će se pored precizne botaničke klasifikacije i opisa vrste raditi i na proučavanju najvažnijih agronomskih osobina. Ovi rezultati biće publikovani u monografiji Genetički resursi tetraploidne pšenice Crne Gore čija publikacija je planirana za 2023. godinu.

## Statistička analiza podataka

Za grupisanje genotipova na osnovu morfoloških podataka primijenjeno je aglomerativno hijerarhijsko klastiranje Wardovim metodom u programu XLSTAT. Aglomerativna hijerarhijska klaster analiza (*Agglomerative Cluster Analysis* – amova) se bazira na razlikama između objekata koji se grupišu. Izračunavanjem razlike između  $N$  objekata koji se zatim grupišu zajedno, minimizira se zadati kriterijum aglomeracije stvarajući klasu koja sadrži oba objekta. Zatim se izračunava različitost između ove klase i sljedeća dva objekata koristeći kriterijum aglomeracije. Dva objekta ili klase objekata čije grupisanje minimalizuje kriterijum aglomeracije ponovo se grupišu zajedno. Ovaj proces se nastavlja sve dok se svi objekti ne grupišu. Ove uzastopne operacije klasterovanja proizvode binarno stablo klasterovanja (dendrogram), čiji je korijen klasa koja sadrži sve varijable.

Normalizovani indeks Šenonovog diverziteta (*Shannon diversity index*) odnosno Šenonov indeks ravnopravnosti ( $H'$ ) korišćen je kao mjera morfološkog diverziteta. Vrijednost  $H'$  je određena pomoću sljedeće formule:

$$H' = \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

gdje je  $n$  broj nominalnih klasa osobina,  $p_i$  procenat genotipova  $i$ -te klase osobine, a  $\ln$  prirodni logaritam. Normalizovana vrijednost  $H'$  dobijena je dijeljenjem svake  $H'$  vrijednosti sa njegovom maksimalnom vrijednošću, čime se dobija vrijednost od 0 do 1. U slučaju veće vrijednosti indeksa  $H'$  distribucija genotipova unutar fenotipske klase je ravnomjerna dok je u slučaju niskog  $H'$  indeksa, distribucija genotipova neuravnotežena i otkriva nedostatak diverziteta (Takač i sar., 2019).

Višestruka korespondentna analiza (*Multiple Correspondence Analysis* – MCA) ili analiza homogenosti je metod analize podataka kada je broj kategorički zavisnih promjenljivih veći od dva predstavljajući podatke kao tačke u euklidskom prostoru. Postupak je pandan analizi glavnih komponenti (*Principal Component Analysis* – PCA) za kategoričke podatke. MCA i PCA se koriste da bi se smanjila dimenzionalnost podataka koji sadrže više međusobno povezanih, koreliranih, zavisnih, početnih promenljivih na manji broj nezavisnih promenljivih sa ciljem da se obuhvati što veća varijabilnost podataka i vizuelno predstavi dvodimenzionalnom skalom. Obje ove analize (MCA i PCA) baziraju se na izračunavanju novih vještačkih, međusobno nekoreliranih promenljivih, zvanih glavne komponente (na grafikonima se

predstavljaju kao dimenzije: *Dim 1*, *Dim 2*, odnosno PC 1, PC 2), koje predstavljaju linearne kombinacije svih originalnih, početnih promjenjivih. Analiza je izvršena sa R paketima FactoMineR i Factoextra.

Obrada polimorfnih SNP markera je urađena u softverskom programu TASSEL u hmp formatu. Grafički prikaz filogenetskih stabala pripremljen je u programu FigTree, a PCA analiza u Microsoft Excel-u. Analiza molekularne varijanse (*Analysis of Molecular Variance* – AMOVA) i Analiza glavnih koordinata (*Principal Coordinate Analysis* – PCoA) izvršena je u GenAlEx 6.5 programu. Za hijerarhijsko klasterisanje korišćena je neponderisana metoda grupe parova sa aritmetičkom sredinom (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean* – UPGMA) pomoću koje se konstruiše filogenetsko stablo sa korijenom, a sa njime opisala matrica sličnosti, odnosno različitosti.

Filogenetska analiza relativne udaljenosti (*Relative Distance* – RD) i faktorijalna klaster analiza nakon imputacije SNP-ova urađena je u DARwin softverskom paketu. DARwin softverski paket namijenjen je za analizu diverziteta i filogenetsku analizu na osnovu evolutivnih razlika.

Mapiranje populacija crnogorske tetraploidne pšenice urađeno je u Google Earth kompjuterskom programu, verzija 7.0.

## REZULTATI I DISKUSIJA

### Morfološka karakterizacija

Kako bi se 80 crnogorskih aksešena tetraploidne pšenice što bolje definisali, opisali i klasifikovali u grupe korišćen je UPOV deskriptor za durum pšenicu. Nakon morfološke karakterizacije, ukupan broj diferenciranih genotipova iznosio je 389. Najveću divergentnost pokazale su CAPTP METD–18, rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Brajića, sa 11 genotipova, potom CAPTP METD–42, rogosija sa žutim klasom i mrkim osjem iz Bara, METD–58, rogosija sa bijelim klasom iz Trebinja i METD–72, rogosija sa bijelim osjem iz Fatnića kod Stolca sa po deset genotipova. Samo jedan genotip zabilježen je kod rogosije sa bijelim osjem iz Spinje (METD–8), rogosije sa žutim osjem iz Vuksanlekića (METD–22), rogosije sa bijelim klasom i osjem iz Golubovaca (METD–29), rogosije sa smeđim klasom iz Cijevne (METD–51), rogosije sa crvenim klasom i osjem iz Trebinja (METD–56), rogosije sa smeđim klasom i osjem iz okoline Trebinja (METD–54) i rogosije sa smeđim klasom i osjem iz Luge (METD–61) (Tab. 2).

Tab. 2. Broj genotipova za svaku CAPTP nakon morfološke karakterizacije

METD –																
<b>O</b>	11	1	4	8	9	5	2	6	7	10	12	3	13	14	18	15
<b>bG</b>	7	3	5	1	6	8	4	4	3	3	3	6	6	3	4	6
<b>O</b>	17	16	20	34	35	19	22	21	27	28	36	33	29	32	24	30
<b>bG</b>	9	5	4	3	1	5	2	8	2	5	1	5	8	6	6	3
<b>O</b>	31	23	26	25	37	39	41	45	40	38	47	44	46	48	42	43
<b>bG</b>	6	9	4	11	8	4	10	8	4	4	6	4	6	6	6	5
<b>O</b>	49	53	52	51	50	58	56	54	55	60	66	65	64	59	61	63
<b>bG</b>	7	7	5	2	1	10	1	2	3	5	1	1	4	3	4	8
<b>O</b>	62	57	67	69	72	74	76	70	73	68	77	79	78	71	80	75
<b>bG</b>	4	8	7	2	9	3	5	4	7	10	2	2	6	2	6	2

O – broj CAPTP; bG – broj genotipova

Najveći prosječan broj genotipova u odnosu na broj CAPTP nađen je u grupama VI (prosječno sedam genotipova po populaciji), III (5,9) i II (5,2), dok je nešto manja divergentnost utvrđena u grupama VII (4,6), I i IV (4,4), kao i grupi V (4,2) (Tab. 3).

Morfološka karakterizacija je pokazala da svi genotipovi imaju dobro razvijeno osje. Jedino, mala nedoumica ostala je kod varijeteta *leucurum* koji ima bijelo zrno i varijeteta *affine* sa crvenim zrnem, a što može biti subjektivna ocjena. Najveći broj analiziranih populacija imao je zrno bijele ili ćilibarno žute boje zbog prisustva beta karotena, a samo kod malog broja zrno je bilo crveno.

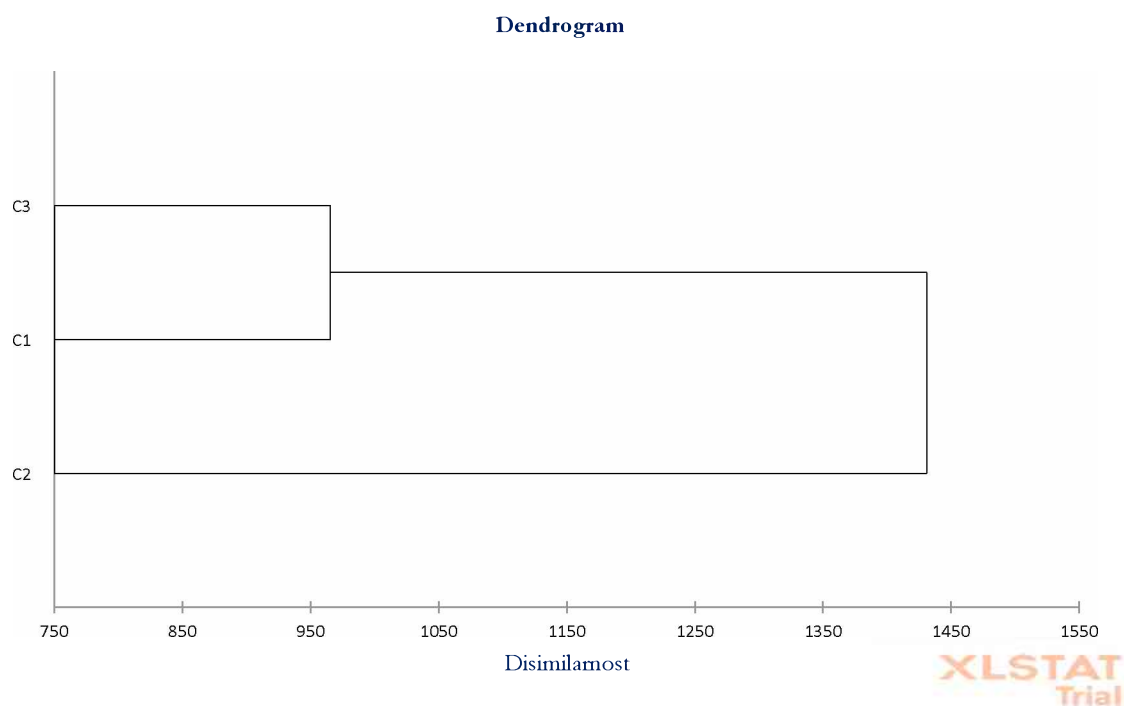
Tab. 3. Ukupan i prosječan broj genotipova po grupama

G	I	II	III	IV	V	VI	VII
<b>Tot CAPTP</b>	14	22	12	5	13	1	13
<b>TotG</b>	62	113	71	22	54	7	60
<b><math>\bar{x}</math></b>	4,4	5,1	5,9	4,4	4,2	7,0	4,6

G – grupa; TotCAPTP – ukupan broj CAPTP; TotG – ukupan broj genotipova;  $\bar{x}$  – prosječan broj genotipova po grupama

### ***Klaster analiza morfoloških podataka***

Nakon primarne karakterizacije, svi genotipovi pšenice grupisani su aglomerativnom hijerarhijskom klaster analizom na osnovu morfoloških osobina Wardovom metodom kojom se grupišu posmatranja u klastere tako da se varijansa unutar klastera minimizira (Graf. 7). Ovom analizom svi genotipovi podijeljeni su u tri klase. Broj genotipova u prvoj (C1) klasi iznosio je 189, drugoj (C2) 63 i u trećoj (C3) 136.



Graf. 7. Grupisanje genotipova aglomerativnom hijerarhijskom klaster analizom (C1, C2 i C3 predstavljaju klase genotipova)

Varijansa, izračunata kao kvadrat udaljenosti svih genotipova od centroide, ukazuje na veliku varijabilnost genotipova. U prvoj klasi varijansa je iznosila 23,661, drugoj 25,198 i trećoj 20,227. To znači da je najmanja udaljenost između genotipova izmjerena u klasi tri, dok je najveća disperzija izmjerena u drugoj klasi (Tab. 4).

Tab. 4. Rezultati varijanse po klasama

Klasa	bG	VarKlase	MinC	$\mu$ C	MaxC
1	189	23,661	2,695	4,726	9,434
2	63	25,198	3,461	4,907	6,695
3	136	20,227	2,405	4,412	7,490

bG – broj genotipova; VarKlase – varijansa unutar klase; MinC – minimalna udaljenost od centroide;  $\mu$ C – prosječna udaljenost od centroide; MaxC – maksimalna udaljenost od centroide

S obzirom na to da su ove populacije u periodu njihovog kolekcionisanja i konzervacije svrstane u sedam grupa, ovim istraživanjem se, pored ostalog, željela ispitati i mogućnost da li je to grupisanje obavljeno na osnovu njihovih morfoloških karakteristika. Genotipovi grupe I, kojoj pripadaju 62 genotipa od 14 CAPTP (oznake od 1 do 62) ravnomjerno su raspoređeni kroz sve tri klase. Genotipovi grupe II (22 CAPTP sa 113 genotipova, oznake od 63 do 175), grupe III (12 CAPTP, 71 genotip, oznake od 176 do 246), grupe IV (pet CAPTP, 22 genotipa, oznake od 247 do 268) i grupe VI (jedna CAPTP sa sedam genotipova, oznake od 324 do 330) najviše su zastupljeni u klasi jedan, dok su genotipovi grupe V (13 CAPTP, 54 genotip i oznake 270 do 323) i grupe VII (13 CAPTP, 60 genotipova i oznake od 331 do 389) najzastupljeniji u klasi tri. Drugu klasu u većini čine genotipovi I i II grupe. Ova analiza je pokazala da je većina genotipova, osim onih iz grupe III koji su zastupljeni samo u klasi jedan i tri i genotipova iz grupe VI koji su zastupljeni samo u klasi jedan, zastupljena u sve tri klase, te se prema morfološkim osobinama ne može tvrditi da su u različite grupe svrstani zato što pripadaju različitim formama, već da je njihovo svrstavanje u grupe posljedica vremena njihovog kolekcionisanja. To bi značilo da su prvobitno kolekcionisani genotipovi svrstani u grupu I, dok su u grupu VII uvršteni oni koji su sakupljeni najkasnije. Najveća udaljenost pronađena je između genotipova koji pripadaju grupama I i II i onih iz grupa IV, V i VII. Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Sukobina (METD–4), rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Zete (METD–7) i grbljanka sa crvenim klasom i osjem iz Mrkojevića (METD–15) su morfološki najbliže i ujedno najudaljeniji od grupe koju čine rogosija sa smeđim osjem iz Kraja u blizini Herceg Novog (METD–70), rogosija sa smeđim klasom i osjem iz Bojke (METD–37), rogosija sa bijelim



klasom iz Trebinja (METD–58), rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Tuzi (METD–53) i rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Čurčića (METD–25), a koje su sa druge strane morfološki najbliže. Genotipovi iz grupe VII, koji potiču iz oblasti između Dubrovnika i Herceg Novog i sjeverno do Trebinja, grupisali su se u klasu tri, što ukazuje na veliku morfološku sličnost i veliku vjerovatnoću da se tu radi o bliskim ili identičnim varijetetima. Isti slučaj je i sa genotipovima iz grupe VI, rogosija sa bijelim osjem iz Dabra u blizini Stolca (Bosna i Hercegovina) koji su pripali klasi jedan, što je i za očekivati, jer je iz ove grupe od ukupno šest CAPTP ostao samo je jedan uzorak iz kog se tokom morfološke karakterizacije izdvojilo sedam genotipova.

Iako je bilo za očekivati da između genotipova koji potiču od iste CAPTP razlike budu minimalne i da isti pripadaju istoj klasi, ovo ipak za veliki broj genotipova nije bio slučaj. Genotipovi nekih CAPTP bili su raspoređeni u dvije, čak i tri klase. Slučaj da genotipovi jedne CAPTP pripadaju svim trima klasama zabilježen je u tri slučaja:

- u grupi I – rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Sukobina, gdje su tri genotipa pripala klasi jedan, a po jedan klasi dva i tri i rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Spinje gdje su četiri genotipa svrstana u prvu, tri u treću i jedan u drugu klasu;
- u grupi V – rogosija sa bijelim klasom iz Trebinja, jedan genotip u prvoj i šest, odnosno dva u drugoj i trećoj klasi i
- u grupi VII – rogosija sa smeđim osjem iz Kraja, Herceg Novi, dala je jedan genotip u prvoj, dva u drugoj i tri u trećoj klasi.

Čak šest CAPTP grupe I imalo je genotipove u dvije od tri klase: rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Vuksanlekića, rogosija sa bijelim klasom i osjem Golubovca i rogosija sa bijelim klasom i osjem Ubla (klase jedan i dva), rogosija sa smeđim osjem i bijelim klasom iz Martinića (klase jedan i tri) i rogosija sa smeđim osjem iz Vuksanlekića i rogosija sa žutim klasom i osjem iz Tejana (klase dva i tri).

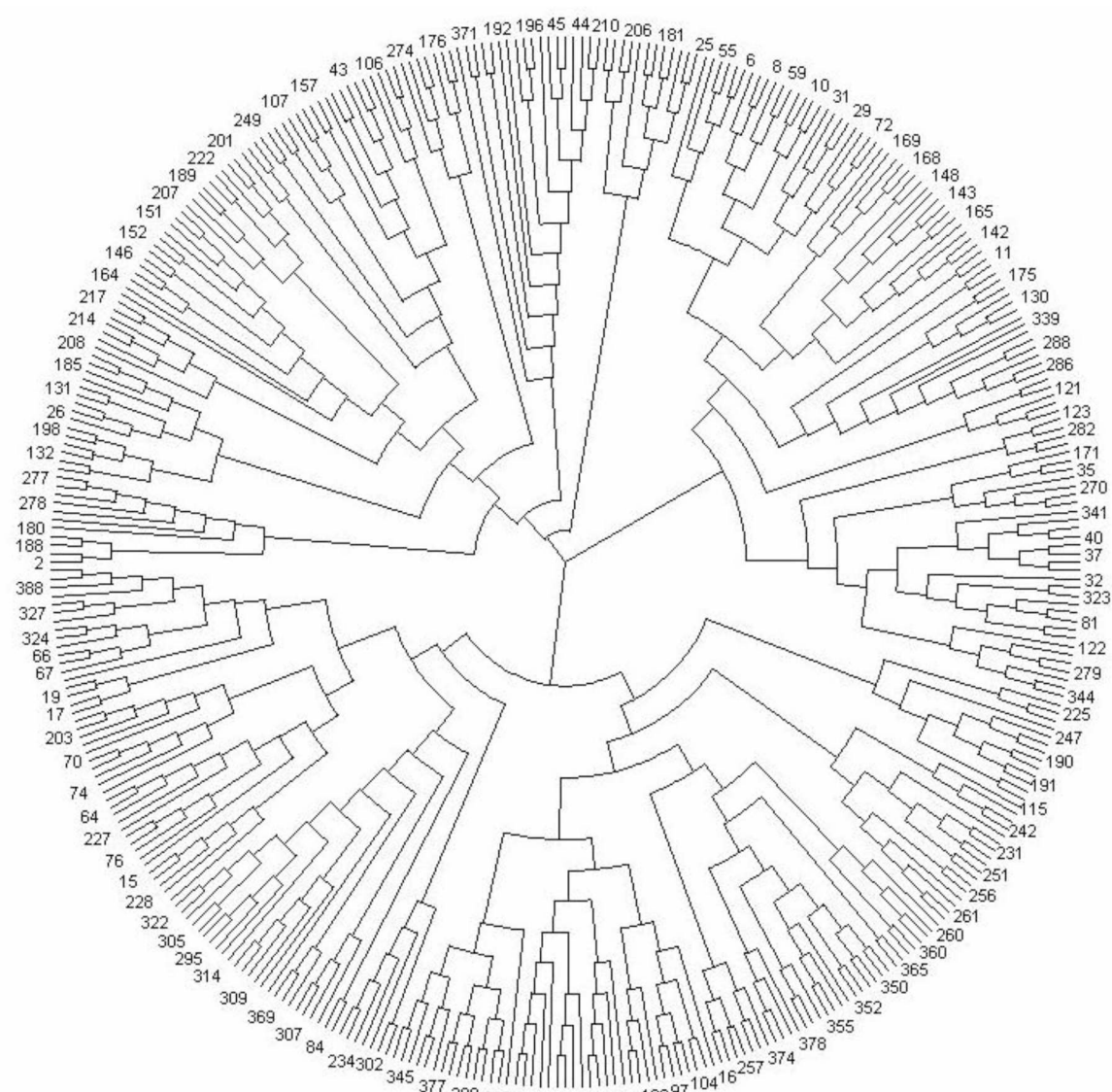
Iz grupe II, četiri CAPTP su dale genotipove raspoređene u dvije klase: rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Zete i rogosija sa bijelim klasom i crnim osjem iz Karanikića (klase jedan i dva), rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Čurčića (klase jedan i tri) i rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Tejana (klase dva i tri).

U III grupi svi genotipovi su pravilno raspoređeni u klase jedan ili tri, zavisno od CAPTP sa izuzetkom tri CAPTP čiji su genotipovi zastupljeni i u klasi jedan i u klasi tri:

rogosija sa smeđim klasom i osjem iz Bojke, rogosija sa mrkim klasom i osjem iz Dobre Vode i rogosija sa mrkim osjem iz Sustaša.

Rogosija sa mrkim osjem iz Sustaša iz grupe IV, takode je dala genotipove raspoređene u klase jedan i tri, pa je najvjerovatnije riječ o istom genotipu iz grupe III.

U grupi V, kod pet CAPTP zabilježeno je razdvajanje genotipova u dvije klase: rogosija sa smeđim i mrkim osjem iz Koteza (klase jedan i tri), dvije populacije pod nazivom rogosija sa mrkim osjem iz Luge, velja pšenica sa crvenim klasom i osjem iz Vodica kod Trebinja i rogosija sa smeđim klasom i osjem iz Luge (klase dva i tri).



Graf. 8. Dendrogram grupisanja genotipova tetraploidne pšenice

U grupi VII, samo jedna CAPTP rogosija sa bijelim osjem iz Graba, dala je genotipove u klasama jedan i tri. Razlozi za ovakvo razdajanje genotipova vjerovatno leže u genomu, te uzrok može biti zigotnost CAPTP, pa u slučaju heterozigota (Aa) došlo je do razdvajanja i ispoljavanja osobina koje kontrolišu recesivni geni (aa), nepotpuno dominantnog nasljeđivanja ili aditivnog efekta gena kod osobina koji kontroliše veći broj gena. Drugi razlog, koji se ne može isključiti je ljudska greška, to jest miješanje različitih CAPTP tokom njihove višegodišnje konzervacije (skladištenje, označavanje, regeneracija i sl.) (Graf. 8).

### ***Diverzitet morfoloških osobina genotipova***

Šenonov indeks diverziteta je određen brojem grupa za svaku UPOV definisanu karakteristiku i ravnomjernu raspodjelu genotipova u svakoj grupi. Vrijednost Šenonovog indeksa kao indikatora morfološkog diverziteta kretao se između 0 i 1,44 (Tab. 5). Vrijednost indeksa *nula* to ukazuje da je vrijednost svih kategorija za datu varijablu bila ista. Svi genotipovi pripadaju jarim formama, pa je za karakteristiku biljka prema toplotnom stadijumu, vrijednost Šenonovog indeksa *nula*. Slaba obraslost donje pljeve unutrašnjim dlačicama je bila takođe identična za sve genotipove, kao i prisustvo osja. Prosječna vrijednost normalizovanog Šenonovog indeksa iznosila je 0,65 i nešto je viša od vrijednosti koja je izmjerena u radu Takač i sar., (2019) na genotipovima tvrde pšenice iz Srbije ( $H'=0,616$ ) i niža od indeksa izmjenjenog u radu Ouaja i sar., (2021), a koji je iznosio 0,67.

Prema klasifikaciji koju su dali Mengista i sar., (2015), vrijednost Šenonovog normalizovanog indeksa iznad 0,60 smatra se visokom,  $0,40 \leq H' \leq 0,60$  srednjom i  $H' \leq 0,40$  niskom. Za dvanaest osobina izmjerena vrijednost  $H'$  je iznad 0,60, što ukazuje na ravnomjeran raspored mjerenih kategorija, a to su: pepeljasta navlaka na klasu, pepeljasta navlaka na zastavičaru, donja pljeva oblik vrha, antocijanska obojenost aurikula zastavičara, visina biljke (stablo, klas i osje) u cm, vrijeme pojave klasova (na 50% klasova vidljivi prvi klasići), donja pljeva oblik ramena, donja pljeva širina ramena, tip porasta biljke, učestalost biljaka sa povijenim zastavičarom, varijetet i donja pljeva dužina vrha. Za dužinu klasa bez osja izmjerena je srednja vrijednost Šenonovog indeksa od 0,52, dok je za osobine stabla: ispunjenost poprečnog presjeka na pola rastojanja između osnove klasa i koljenca ispod, visina biljke (stablo, klas i osje), klasa: oblik profila i osja ili zubaca: prisustvo, vrijednost Šenonovog indeksa manja od 0,29 te ove osobine nijesu ravnomjerno raspoređene kod svih determinisanih genotipova. Najveća vrijednost normalizovanog Šenonovog indeksa

izmjerena je za osobinu širina ramena donje pljeve i iznosio je 0,89, što znači da je svih pet kategorija (vrlo uska, uska, srednja, široka i vrlo široka) ravnomjerno raspoređeno za cjelokupnu posmatranu populaciju. Za istu osobinu Takač i sar., (2019) izmjerili su znatno nižu vrijednost 0,459.

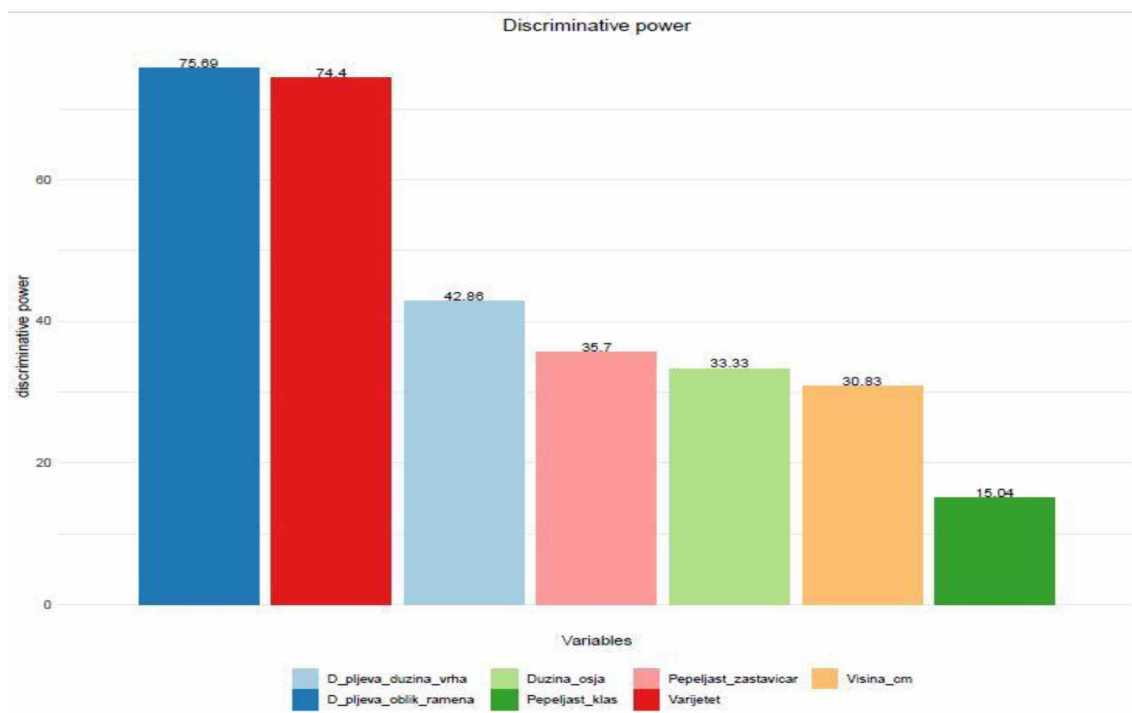
Tab. 5. Karakteristike morfološkog deskriptora, broj kategorija (BK) diskriminaciona moć (DM), Šenonov indeks diverziteta (H) i normalizovani Šenonov indeks diverziteta (H')

Osobina	BK	DM	H	H'
Varijetet	3	74,4	0,95	0,87
Biljka: Tip porasta	2	-0,04	0,53	0,77
Zastavičar: Antocijanska pigmentacija aurikula	4	-5,78	0,98	0,71
Biljka: učestalost biljaka sa povijenim zastavičarom	4	3,94	1,17	0,85
Vrijeme pojave klasova (na 50% klasova vidljivi prvi klasići)	3	-2,90	0,83	0,75
Zastavičar: pepeljasta navlaka na listu	3	35,70	0,72	0,66
Klas: pepeljasta navlaka	3	15,04	0,71	0,64
Visina biljke (stablo, klas i osje) u cm	4	3,08	1,00	0,72
Biljka: visina (stablo, klas i osje)	2	-1,90	0,10	0,14
Stablo: Ispunjenost poprečnog presjeka na pola rastojanja između osnove klasa i koljenca ispod	2	-2,02	0,03	0,05
Klas: oblik profila	2	-1,25	0,16	0,22
Klas: dužina	4	-2,41	0,71	0,52
Osje ili zupci: prisustvo	1	0,00	0,00	0,00
Osje ili zupci: dužina	3	33,33	0,32	0,29
Donja pljeva: širina ramena	5	-3,86	1,24	0,77
Donja pljeva: oblik ramena	5	75,69	1,22	0,76
Donja pljeva: dužina vrha	5	42,86	1,44	0,89
Donja pljeva: oblik vrha	4	-1,86	0,93	0,67
Donja pljeva: obraslost unutrašnjim dlačicama	1	0,00	0,00	0,00
Biljka prema toplotnom stadijumu	1	0,00	0,00	0,00
<b>Prosječna vrijednost</b>			<b>0,65</b>	<b>0,51</b>

Za varijablu varijetet izmjeren je H' od 0,87, što ukazuje na ravnomjeran raspored sve tri kategorije: klas sa osjem: var. *leucurum* – klas, osje i zrno bijele boje, klas glatak, klas sa osjem, varijetet *leucomelan* – klas i zrno bijele boje, klas gladak, osje crno i klas sa osjem i varijetet *bordeiforme* – klas i zrno bijele boje, osje crno, klas glatak. Šenonov indeks za kategoriju učestalost biljaka sa povijenim zastavičarom iznosio je 0,85, za zastavičar: pepeljasta navlaka na listu 0,66 i za antocijansku obojenost aurikula zastavičara 0,71 i bio je veći u poređenju sa srbijanskim durumima koji su izmjerili Tarlać i sar., (2019). Za širinu

ramena donje pljeve i tip porasta biljke, Šenonov indeks od 0,77 je znatno veći u poređenju sa nalazima Tarlać i sar., (2019) koji izvještavaju o srednjim vrijednostima Šenonovog indeksa za ove osobine, dok je vrijednost indeksa za pepeljastu navlaka na klasu ( $H'=0,64$ ), oblik ramena donje pljeve, oblik vrha donje pljeve (0,67) bio manji u poređenju vrijednostima dobijenim u navedoj studiji. Vrijeme pojave klasova (na 50% klasova vidljivi prvi klasići) u oba istraživanja je bio visok, dok Mengista i sar., (2015) za etiopijske tvrde pšenice bilježe srednju vrijednost Šenonovog indeksa za ovu osobinu (0,52). Visok Šenonov indeks za dužinu klasja bez osja navode Ouaja (2021) i Tarlać (2019), dok je u ovom istraživanju ona imala srednju vrijednost  $H'$  od 0,52.

Mengista (2015) radeći na durumima porijeklom iz Etiopije navodi visoke vrijednosti Šenonovog indeksa za dužinu osja (0,62), kao i Ouaja (2021) za dužinu osja i oblik profila klasa (0,55 i 0,54). Za razliku od njih, taj indeks u našem istraživanju je mali i iznosi 0,29, odnosno 0,22. Ispunjenost poprečnog presjeka na pola rastojanja između osnove klasa i koljenca ispod i visina biljke (stablo, klas i osje) je osobina za koju je izmjeren nizak Šenonov indeks (0,14 i 0,05), dok je za iste osobine vrijednost Šenonovog indeksa u istraživanju Tarlaća i sar., (2019) bila visoka (0,62) i srednja (0,52).



Graf. 9. Diskriminativna moć sedam varijabli koje najviše doprinose grupisanju genotipova

Diskriminatorna moć koja ukazuje na relevantnost različitih UPOV karakteristika za grupisanje genotipova kretala se od -5,78 do 75,69. Negativne vrijednosti izmjerene su za

devet osobina: antocijansku pigmentaciju aurikula zastavičara (–5,78), širinu ramena donje pljeve (–3,86), vrijeme pojave klasova (–2,9), dužinu klasa (–2,41), ispunjenost poprečnog presjeka stabla (–2,02), visinu biljke (–1,9), oblik vrha donje pljeve (–1,86), oblik profila klasa (–1,25) i tip porasta biljke (–0,04). Za monomorfne osobine diskriminativna moć je iznosila nula.

Varijable koje doprinose jasnijem grupisanju genotipova su pepeljasta navlaka na klasu, čija je diskriminativna moć 15,04, visina u centimetrima (30,83), dužina osja 33,33, pepeljasta navlaka na listu zastavičaru 35,7, dužina vrha donje pljeve 42,86, varijetet 74,4 i oblik ramena donje pljeve 75,69 (Graf. 9).

Tab. 6. Frekvencija zastupljenosti pojedinačnih kategorija za posmatrane morfološke osobine

Tab. 6: Frekvencija zastupljenosti pojedinačnih kategorija za posmatrane morfološke osobine

1. Varijetet				
Kategorije	<i>Leucurum</i> (1)	<i>Leucomelan</i> (5)	<i>Hordeiforme</i> (7)	
Frekvencije	0,17	0,237	0,594	
2. Biljka: Tip porasta				
Kategorije	Uspravan (1)	Intermedijaran (3)		
Frekvencije	0,774	0,226		
3. Zastavičar: Antocijanska pigmentacija aurikula				
Kategorije	Odsutna (1)	Slaba (3)	Srednja (5)	Jaka (7)
Frekvencije	0,273	0,594	0,118	0,015
4. Biljka: učestalost biljaka sa povijenim zastavičarom				
Kategorije	Odsutna (1)	Niska (3)	Srednja (5)	Visoka (7)
Frekvencije	0,345	0,437	0,172	0,046
5. Vrijeme pojave klasova (na 50% klasova vidljivi prvi klasići)				
Kategorije	Rano (3)	Srednje (5)	Kasno (7)	
Frekvencije	0,496	0,465	0,039	
6. Zastavičar: pepeljasta navlaka na listu				
Kategorije	Odsutna (1)	Slaba (3)	Srednja (5)	
Frekvencije	0,129	0,758	0,113	
7. Klas: pepeljasta navlaka				
Kategorije	Odsutna (1)	Slaba (3)	Srednja (5)	
Frekvencije	0,005	0,581	0,414	
8. Visina biljke (stablo, klas i osje) u cm				
Kategorije	Niska (3)	Srednja (5)	Visoka (7)	Vrlo visoka (9)
Frekvencije	0,003	0,198	0,563	0,237
9. Biljka: visina (stablo, klas i osje)				
Kategorije	Visoka (7)	Vrlo visoka (9)		
Frekvencije	0,021	0,979		

10. Stablo: Ispunjenost poprečnog presjeka na pola rastojanja između osnove klasa i koljenca ispod					
Kategorije	Neznatna (5)		Srednja (7)		
Frekvencije	0,005		0,995		
11. Klas: oblik profila					
Kategorije	Piramidalan (1)		Paralelnostranični (2)		
Frekvencije	0,964		0,036		
12. Klas: dužina					
Kategorije	Kratak (3)	Srednji (5)		Dug (7)	Vrlo dug (9)
Frekvencije	0,003	0,571		0,424	0,003
13. Osje ili zupci: dužina					
Kategorije	Srednje (5)		Dugo (7)	Vrlo dugo (9)	
Frekvencije	0,008		0,913	0,08	
14. Donja pljeva: širina ramena					
Kategorije	Vrlo uska (1)	Uska (3)	Srednja (5)		Široka (7) Vrlo široka (9)
Frekvencije	0,003	0,064	0,414		0,332 0,188
15. Donja pljeva: oblik ramena					
Kategorije	Nagnut (1)	Blago nagnut (3)	Prav (5)	Uzdignut (7)	Veoma uzdignut sa dugim vrhom (9)
Frekvencije	0,023	0,417	0,283	0,262	0,015
16. Donja pljeva: dužina vrha					
Kategorije	Vrlo kratak (1)	Kratak (3)	Srednji (5)		Dug (7) Vrlo dug (9)
Frekvencije	0,09	0,229	0,365		0,257 0,059
17. Donja pljeva: oblik vrha					
Kategorije	Prav (1)	Blago kriv (3)	Srednje Kriv (5)		Jako kriv (7)
Frekvencije	0,625	0,283	0,054		0,039

Najveći broj genotipova (59%) pripada varijetetu *hordeiforme* – klas i zrno bijele boje, osje crno, klas glatak (Tab. 6). Uspravan tip porasta bio je zastupljen kod 77%, slaba antocijanska obojenost aurikula zastavičara kod 59%, a niska učestalost biljaka sa povijenim zastavičarom kod 43% genotipova. Vrijeme pojave klasova je bilo rano ili srednje kod 49%, odnosno 46% biljaka. Slabu pepeljastu navlaku na listu zastavičaru imalo je 75%, dok je slaba pepeljasta navlaka na klasu utvrđena kod 58% genotipova. Biljka je kod 97% genotipova bila vrlo visoka. Ispunjenost poprečnog presjeka stabla na pola rastojanja između osnove klasa i koljenca ispod je kod 99% genotipova bila visoka. Oblik profila klasa kod 96% genotipova bio je piramidalan. Srednju dužinu klasa bez osja imalo je 57%, a dugu 42% genotipova. Za razliku od dužine klasa, dužina osja je vrlo ujednačena, pa čak 91% genotipova posjeduje

dugo osje. Širina ramena donje pljeve kod 41% genotipova je srednja, dok se ista zastupljenost javlja i kod oblika ramena donje pljeve (blago nagnut). Dužina vrha donje pljeve je kod 36% genotipova srednja, kod 22% kratka i kod 25% duga. Oblik vrha donje pljeve je prilično ujednačen i 62% genotipova posjeduje prav oblik vrha donje pljeve.

Analizom podudarnosti kategorija morfoloških osobina svih genotipova, pronađeno je podudaranje u jednoj ili više osobina između 75.466 parova (Tab. 7). Najveći broj podudaranja između genotipova bio je za devet osobina (15.568, odnosno 20,6%), zatim za deset (14.820, 19,6%), osam (12.387, 16,4%) i 11 osobina (10.847, 14,3%), dok je najmanji broj podudaranja genotipova izmjeren za podudaranja dvije (5), tri (32) i svih 17 osobina (27 genotipova). Pritom ovom analizom nijesu obuhvaćene tri monomorfne osobine: donja pljeva: obraslost unutrašnjim dlačicama, osje ili zubci: prisustvo i biljka prema toplotnom stadijumu, koje su identične za svih 389 genotipova. U proučavanoj kolekciji tetraploidne pšenice nije pronađen nijedan genotip koji je bio unikatan, tj. za koji je izmjerena jedinstvena kombinacija osobina po UPOV deskriptoru, niti su pronađeni genotipovi koje se razlikuju za samo jednu osobinu.

Tab. 7. Broj parova genotipova prema broju identičnih osobina

IO	PG
17	27
16	87
15	306
14	988
13	2.748
12	6.135
11	10.838
10	14.820
9	15.577
8	12.387
7	7.291
6	3.125
5	905
4	195
3	32
2	5

(IO – broj identičnih osobina; PG – broj parova genotipova)



Tab. 8. Genotipovi različitih CAPTP kod kojih je izmjerena 100% podudarnost za svih 17 morfoloških osobina (crvenom bojom su označeni genotipovi koji pripadaju različitim CAPTP)

Genotip 1	Genotip 2
METD-2/01	METD-2/02
METD-3/04	METD-3/05
METD-3/04	METD-53/05
METD-3/05	METD-53/05
METD-6/02	METD-6/03
METD-17/02	METD-17/03
METD-20/02	METD-20/04
METD-32/01	METD-32/09
METD-34/03	METD-34/04
METD-37/02	METD-37/06
METD-39/01	METD-39/02
METD-44/01	METD-44/02
METD-46/04	METD-47/06
METD-49/06	METD-49/07
METD-53/03	METD-57/01
METD-53/03	METD-57/02
METD-53/03	METD-57/04
METD-57/01	METD-57/02
METD-57/01	METD-57/04
METD-57/02	METD-57/04
METD-58/06	METD-58/07
METD-59/05	METD-59/07
METD-60/01	METD-60/03
METD-68/03	METD-68/05
METD-69/01	METD-69/02
METD-72/06	METD-72/07
METD-77/01	METD-77/01

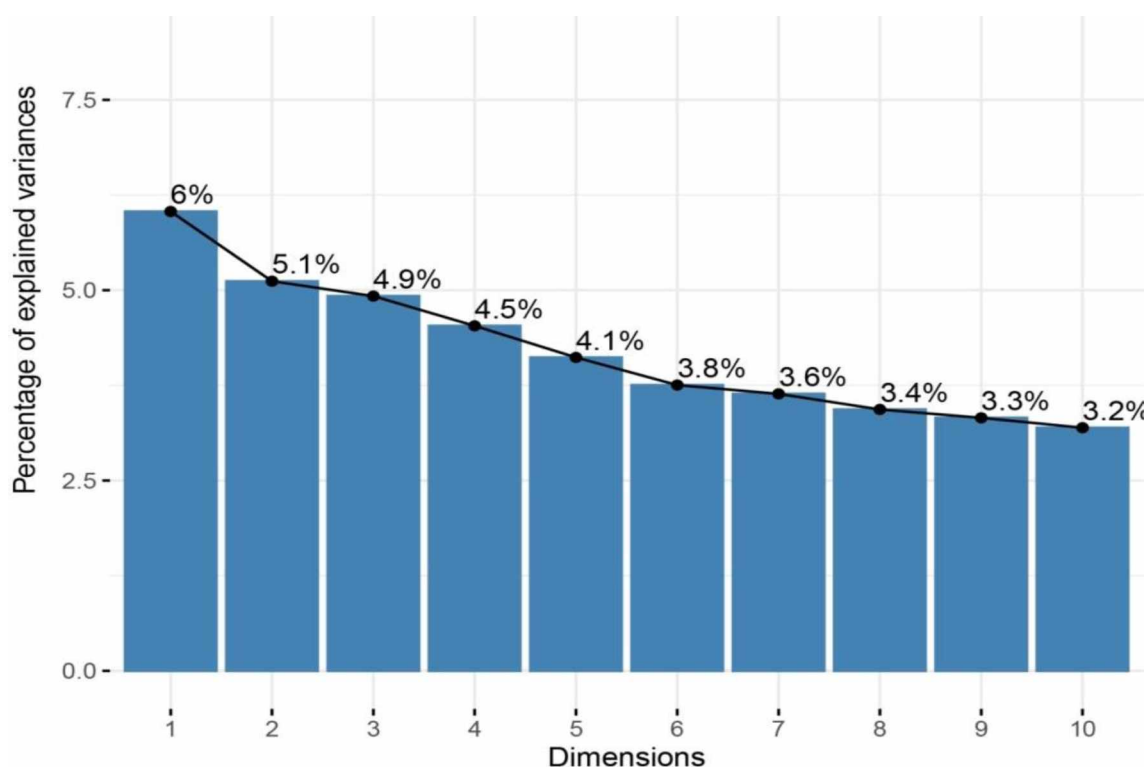
U tabeli 8 dat je prikaz genotipova za koje je izmjerena 100% podudarnost. Svih 27 parova genotipova među kojima nijesu pronađene razlike čine svega 0,03% svih upoređenih parova genotipova. Kod 24 para riječ je o podudarnosti genotipova koji pripadaju istoj CAPTP. Samo u tri slučaja došlo je do podudaranja svih mjerenih osobina između različitih CAPTP i to:

- između METD-3/04 i METD-3/05, rogosija sa crvenim klasom iz Martinića iz grupe I sa METD-53/05, rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Tuzi iz grupe IV;

- između METD–46/04, rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Mrkojevičkog polja i METD–47/06, rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Dobre Vode, obje iz grupe III i
- između METD–53/03, METD–53/03 i METD–53/03, rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Tuzi iz grupe IV i METD–57/01, METD–57/02 i METD–57/04, rogosija sa smeđim i mrkim osjem iz Koteza iz grupe V.

### ***Multivarijacione analize morfoloških osobina***

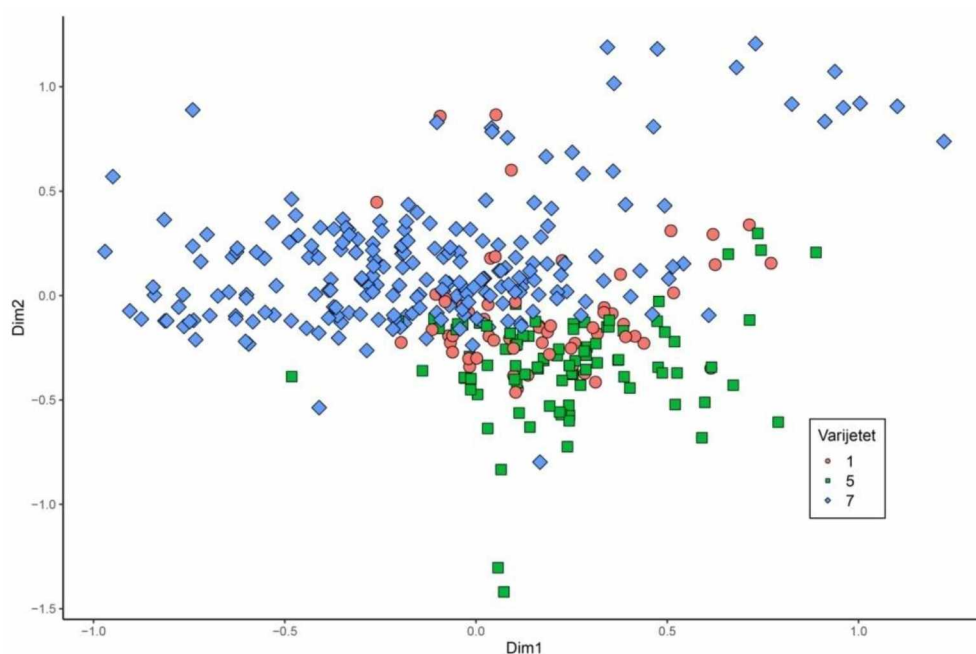
Odnosi između morfoloških varijabli i analiziranih genotipova vizuelno su predstavljeni primjenom višestruke korespondentne analize – MCA. MCA je rezultirala sa 41 ortogonalnom dimenzijom, od kojih svaka objašnjava manji procenat varijabilnosti od prethodne (od 6% za prvu dimenziju do 0,63% za 41. dimenziju). Prvih deset dimenzija kumulativno objašnjava 42% ukupne varijabilnosti podataka (Graf. 10). Prve dvije glavne dimenzije (*Dim 1* i *Dim 2*) koje se najčešće koriste za vizuelni prikaz odnosa genotipova i varijabli su od svih dimenzija obuhvatile najveći procenat varijanse, iako objašnjavaju samo 6%, odnosno 5,1% ukupne varijabilnosti. Podaci predstavljeni dvodimenzionalnim biplotom ukazuju na razdvajanje genotipova u manjoj mjeri i veliku sličnost genotipova za date osobine.



Graf 10. Screeplot sa prvih deset dimenzija sa procentom varijanse

Varijable koje su najviše definisale prvu glavnu dimenziju (*Dim 1*) su: dužina vrha donje pljeve koja doprinosi prvoj dimenziji sa 16,7%, potom dužina osja (11,8%), oblik ramena donje pljeve (11,3%), visina biljke u cm (10,5%), varijetet i pepeljasta navlaka na zastavičaru (8,5%), pepeljasta navlaka na klasu sa 7% i dužina klasa (4,8%). Za definisanje druge glavne dimenzije *Dim 2* doprinos varijabli je sljedeći: oblik vrha donje pljeve 21%, varijetet 15,4%, dužina vrha donje pljeve 11,1%, oblik klasa 10,6%, obojenost aurikula antocijanom 6,3%, povijeni zastavičar 5,6% i ispunjenost stabla na poprečnom presjeku 7% (Prilog 3).

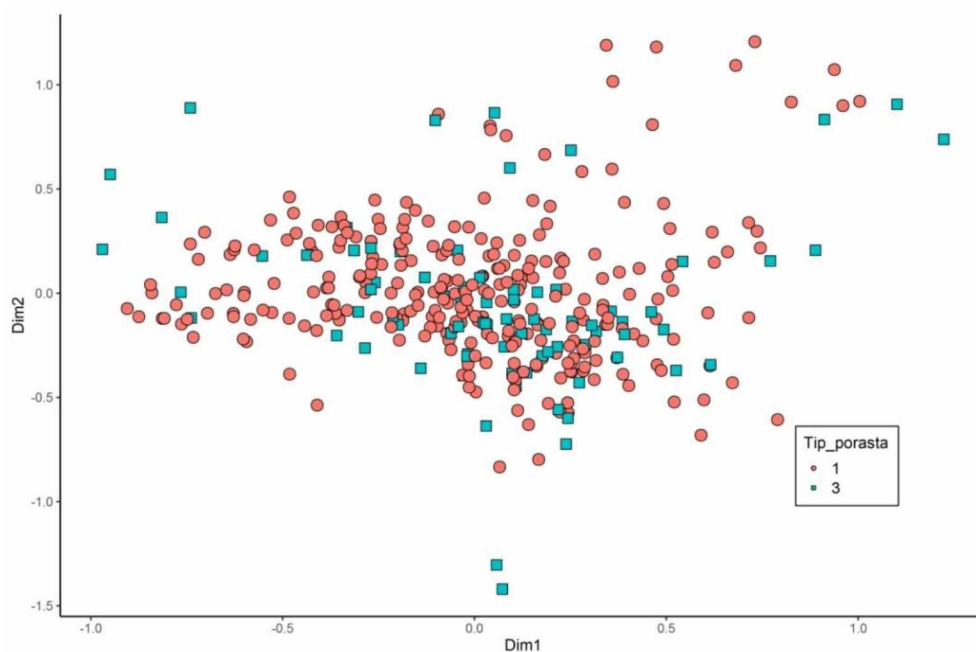
Na grafiku 11 dat je prikaz razdvajanja genotipova za osobinu varijetet. Genotipovi varijeteta *bordejforme* – klas i zrno bijele boje, osje crno, klas glatak (označeni brojem 7) su predstavljeni plavom bojom, jasno su odvojeni od varijeteta *leucomelan* – klas i zrno bijele boje, klas gladak, osje crno (oznaka 5), označeni zelenom bojom, dok su se genotipovi varijeteta *leucurum* – klas, osje i zrno bijele boje, klas glatak (oznaka 1) označeni crvenom bojom, grupisali između prethodna dva varijeteta i nijesu se jasno izdvojili u zasebnu grupu. Upravo ove dvije dimenzije najbolje razdvajaju ovu varijablu.



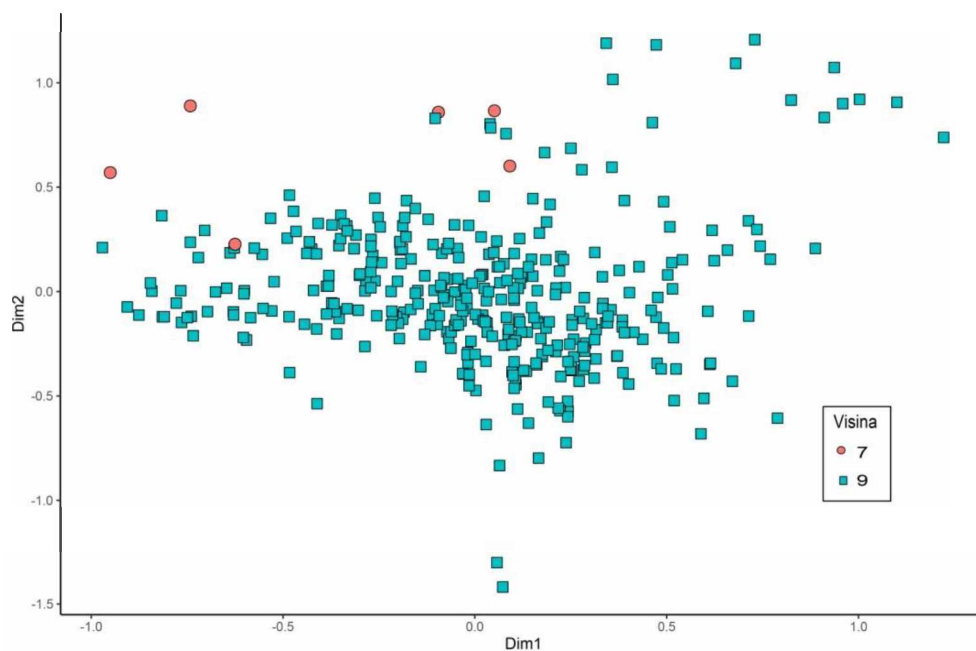
Graf. 11. Razdvajanje genotipova prema varijetetu  
(1 – varijetet *leucurum*, 5 – varijetet *leucomelan*, 7 – varijetet *bordejforme*)

Posmatrane osobine tip porasta (Graf. 12) i visina (Graf. 13) najbolje su definisane dimenzijama 3 i 4 – 13,1% za tip porasta i 20,3% za visinu. Na MCA plotu prve dvije glavne komponente nije došlo do jasnog razdvajanja genotipova prema tipu porasta, što se

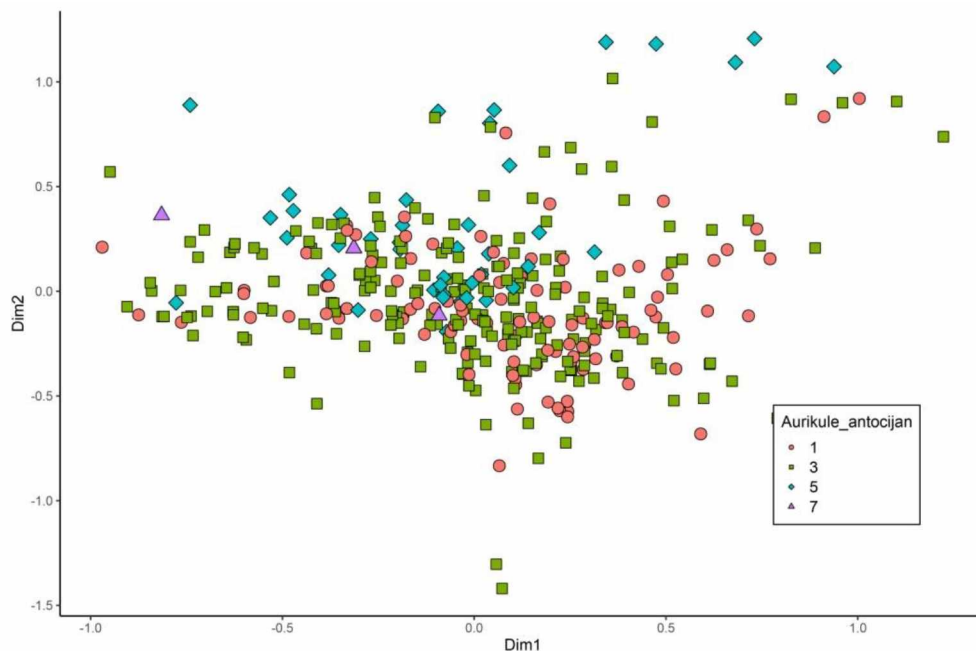
objašnjava malim doprinosom ove osobine u definisanju prve dvije dimenzije ( $<1\%$ ). Visina u nešto većoj mjeri doprinosi formiranju prve dvije dimenzije ( $4,1\%$ ). Na grafikonu se jasno može uočiti razdvojenost visokih i vrlo visokih genotipova zbog činjenice da je samo šest genotipova imalo ocjenu visoke.



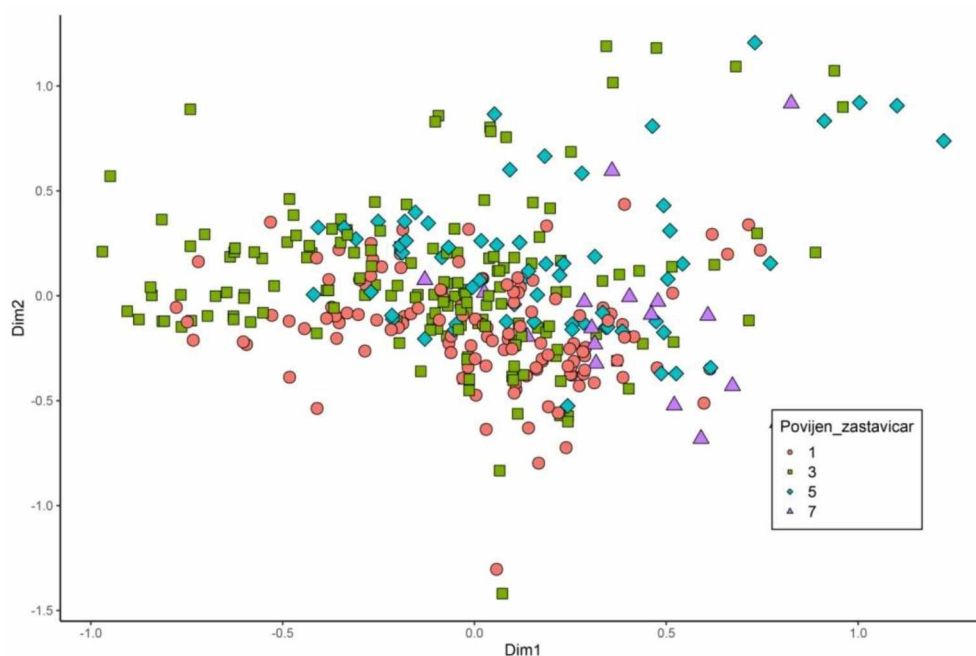
Graf. 12. Razdvajanje genotipova prema tipu porasta  
(1 – uspravan, 3 – intermedijaran)



Graf. 13. Razdvajanje genotipova po visini  
(7 – visoka, 9 – vrlo visoka)



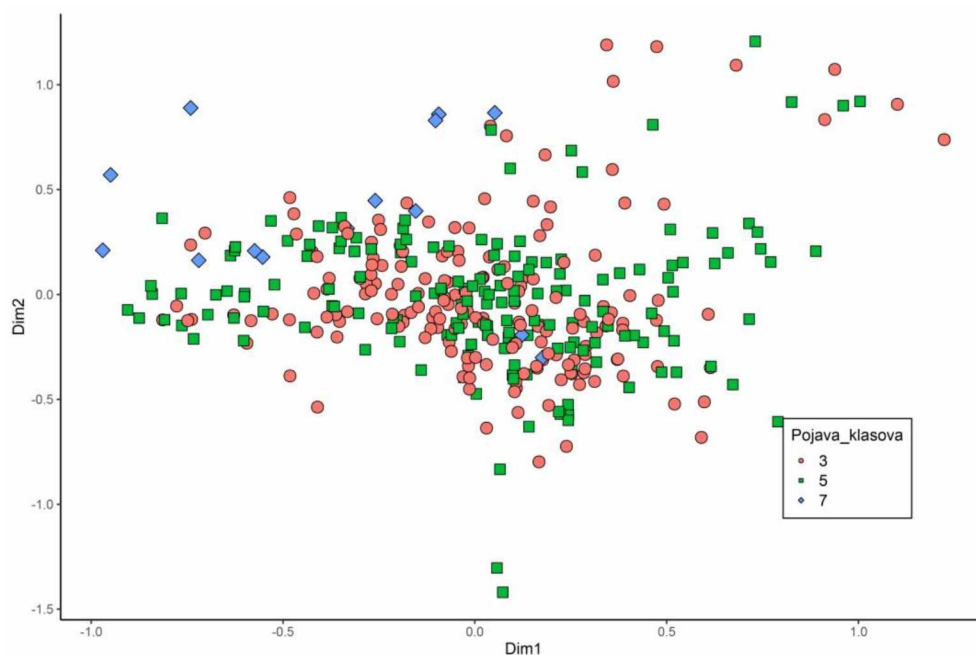
Graf. 14. Razdvajanje genotipova prema antocijanskoj pigmentaciji aurikula na zastavičaru  
(1 – odsustvo, 3 – slaba, 5 – srednja, 7 – jaka obojenost aurikula)



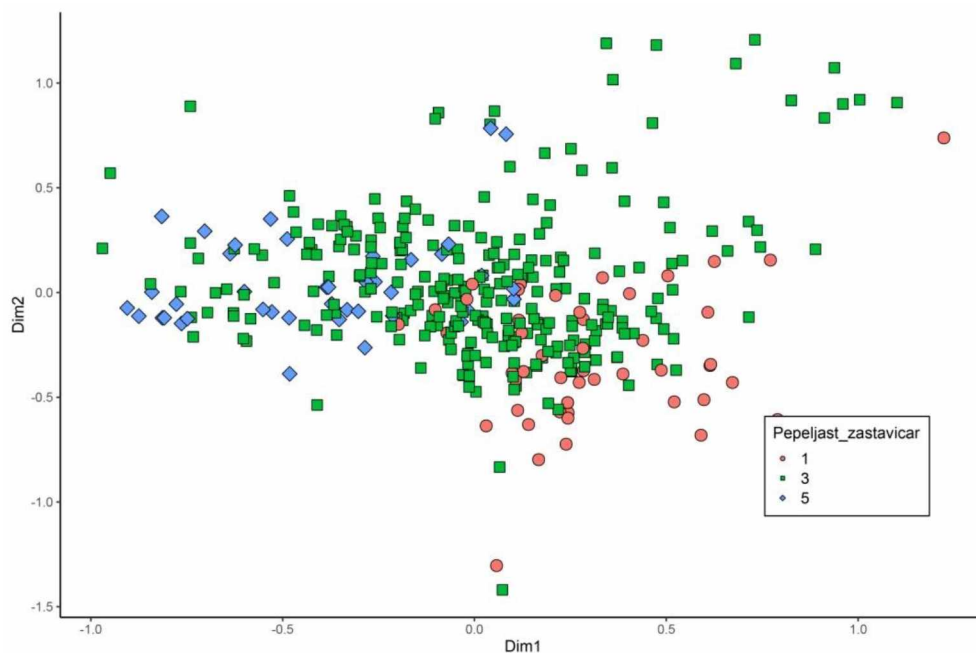
Graf. 15. Razdvajanje genotipova prema učestalosti biljaka sa povijenim zastavičarom  
(1 – odsutna, 3 – niska, 5 – srednja, 7 – visoka)

Razdvajanje genotipova na osnovu antocijanske obojenosti aurikula (odsustvo antocijana – 1, slaba – 3, srednja – 5 i jaka – 7) nije bilo jasno na biplotu sa *Dim 1* i *Dim 2*, te ova osobina, koja doprinosi prvim dvijema dimenzijama sa ukupno 7,7%, nije diskriminatorsna (Graf. 14). Dimenzije 2 i 5 najbolje su razdvojile genotipove po ovim osobinama, sa doprinosom ove osobine od 30%.

Isti je slučaj za učestalost biljaka sa povijenim zastavičarem (Graf. 15). Prve dvije dimenzije objašnjavaju 11% varijanse, dok dimenzije 2 i 5 najbolje razdvajaju genotipove po ovim osobinama, sa doprinosom obje ove osobine od 20%.



Graf. 16. Razdvajanje genotipova prema vremenu pojave klasova  
(3 – rano, 5 – srednje, 7 – kasno)

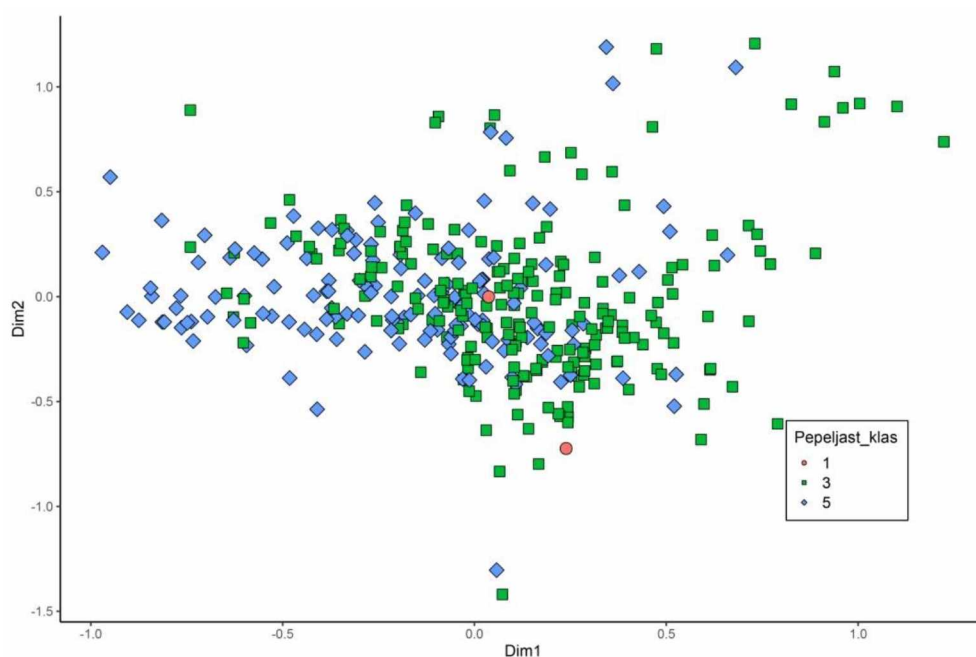


Graf. 17. Razdvajanje genotipova za varijablu pepeljasta navlaka na listu zastavičaru  
(1 – odsustvo, 3 – slabo, 5 – srednje)

Vrijeme pojave klasova (rano – 3, srednje – 5 i kasno – 7) doprinosi svega 4% dimenzijama jedan i dva (Graf. 16), dok je ovom osobinom objašnjeno 27,6% u dimenzijama tri i pet.

Genotipovi bez pepeljaste navlake (ocjena 1) i sa slabom pepeljastom navlakom (ocjena 3) na listu zastavičaru jasno su se zasebno grupisali, dok su genotipovi sa srednje intenzivnom pepeljastom navlakom (ocjena 5) neravnomjerno raspoređeni na biplotu sa prve dvije dimenzije, preklapajući se sa prve dvije grupe (Graf. 17). *Dim* jedan i četiri najbolje razdvajaju ovu osobinu i objašnjavaju 14,6% varijabilnosti.

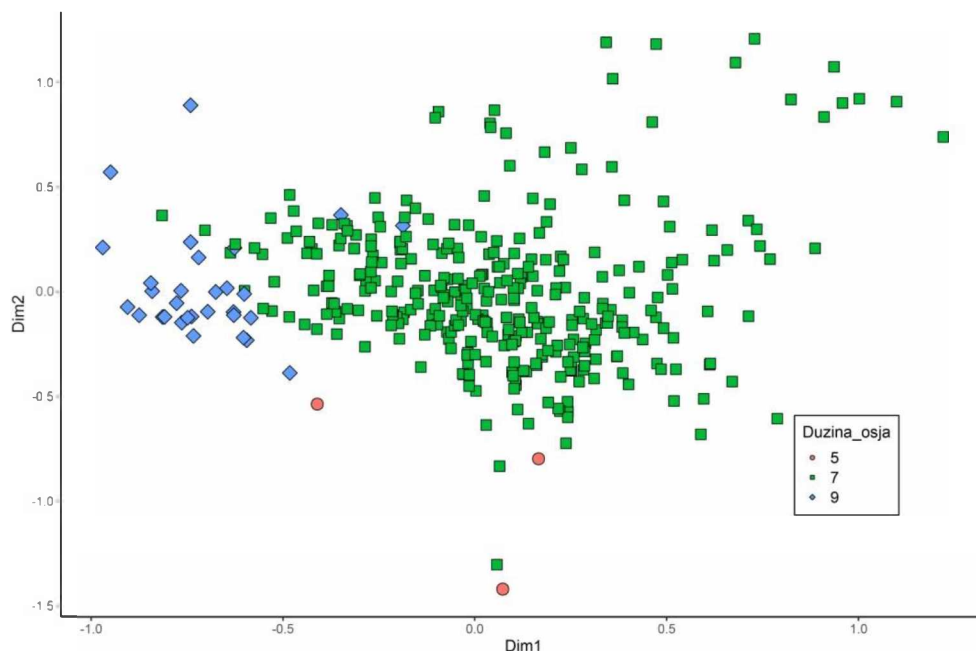
Pepeljasta navlaka na klasu sa kategorijama 1 (odsutna), slaba (3) i srednja (5) ne razdvaja genotipove za prve dvije dimenzije (Graf. 18). *Dim* jedan i četiri najbolje razdvajaju ovu osobinu i objašnjavaju 11,9% varijabilnosti.



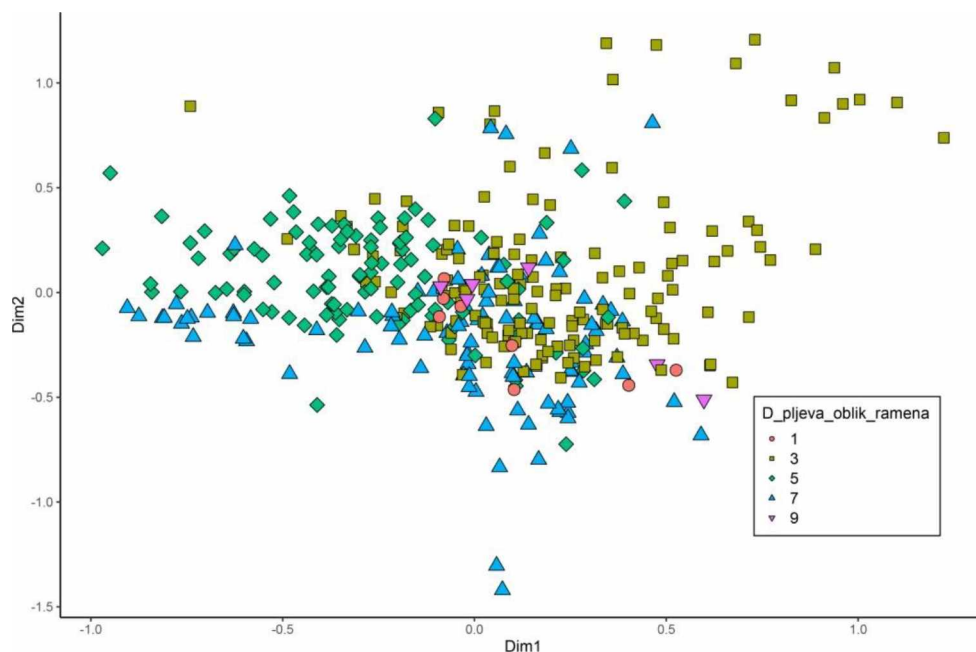
Graf. 18. Razdvajanje genotipova za varijablu pepeljasta navlaka na klasu (1 – odsutna, 3 – slaba i 5 – srednja)

Na biplotu sa prve dvije dimenzije jasno su se izdvojili genotipovi sa vrlo dugim (ocjena 9), dugim (ocjena 7) i srednje dugim osjem (ocjena 5) (Graf. 19). Ocjena 5, srednje dugo osje, zabilježena je samo kod tri genotipa. Ova osobina, sa 14,3%, doprinosi obrazovanju prve dvije dimenzije. Kao i u prethodna dva slučaja, genotipove za osobinu dužina osja najbolje razdvajaju *Dim* jedan i četiri i objašnjavaju 17% varijabilnosti za ove dimenzije.





Graf. 19. Razdvajanje genotipova za varijablu dužina osja  
(5 – srednje dugo, 7 – dugo, 9 – vrlo dugo)

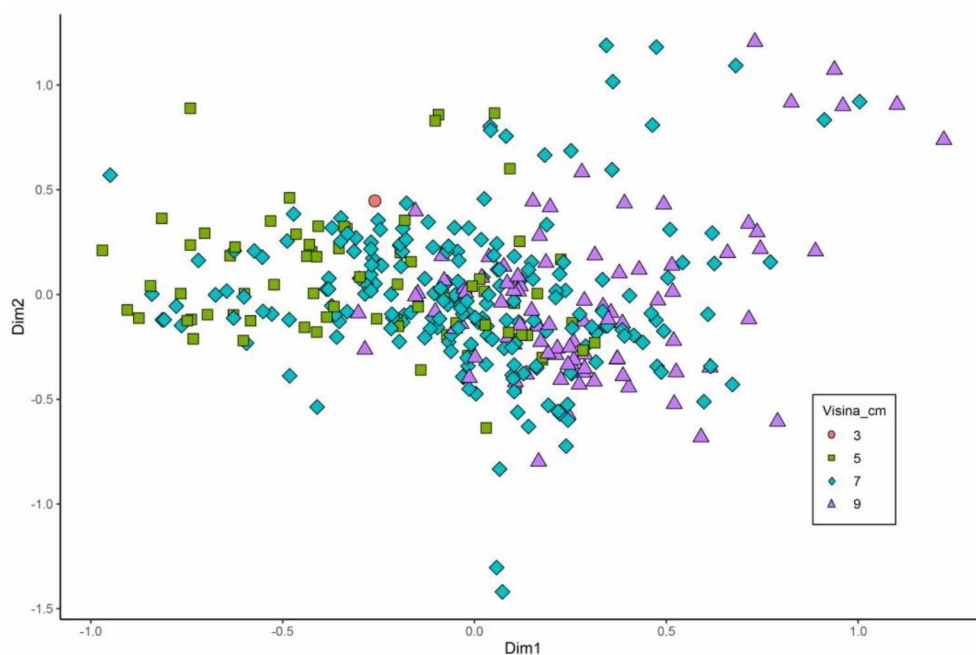


Graf. 20. Razdvajanje genotipova prema obliku ramena donje pljeve  
(1 – nagnut, 3 – blago nagnut, 5 – prav, 7 – uzdignut i 9 – veoma uzdignut sa drugim vrhom)

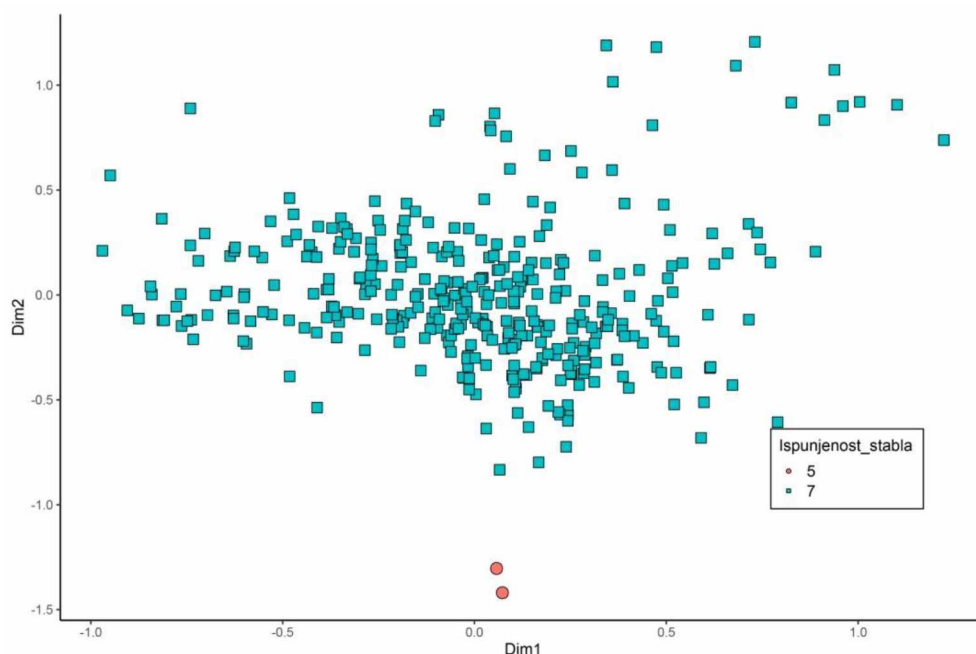
Oblik ramena donje pljeve (1 – nagnut, 3 – blago nagnut, 5 – prav, 7 – uzdignut i 9 – veoma uzdignut sa drugim vrhom) ne razdvaja sasvim jasno genotipove (Graf. 20). Većina genotipova sa pravim oblikom ramena donje pljeve grupisala se u lijevoj polovini biplota, dok su se genotipovi sa veoma uzdignutim vrhom pozicionirali na desnoj strani biplota. Genotipovi sa uzdignutim vrhom ramena uglavnom se nalaze na donjoj polovini biplota,



iako je primijetno znatno preklapanje grupa. Ova osobina je najbolje objašnjena dimenzijama jedan i četiri (25,9%).



Graf. 21. Razdvajanje genotipova za varijablu visina biljke u cm (3 – niska, 5 – srednja, 7 – visoka i 9 – vrlo visoka)

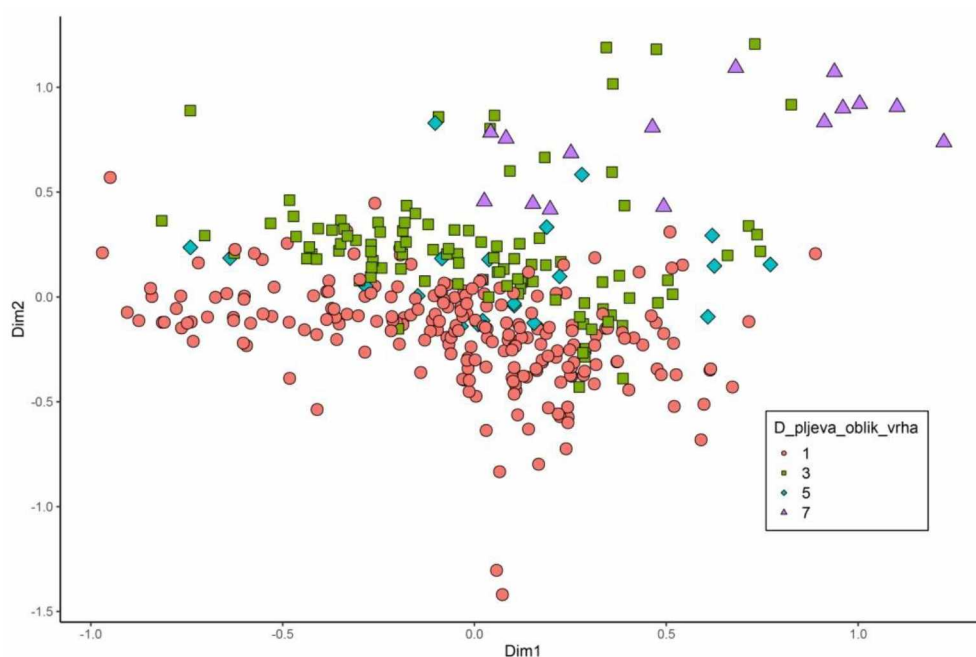


Graf. 22. Razdvajanje genotipova za varijablu ispunjenost poprečnog presjeka stabla na pola rastojanja između osnovne klasa i koljenca ispod (5 – neznatna, 7 – srednja ispunjenost)

Visina biljke u centimetrima i kategorije niska (3), srednja (5), visoka (7) i vrlo visoka (9) se razdvajaju dimenzijama jedan i tri (18,9%). Dimenzije jedan i dva grubo razdvajaju vrlo

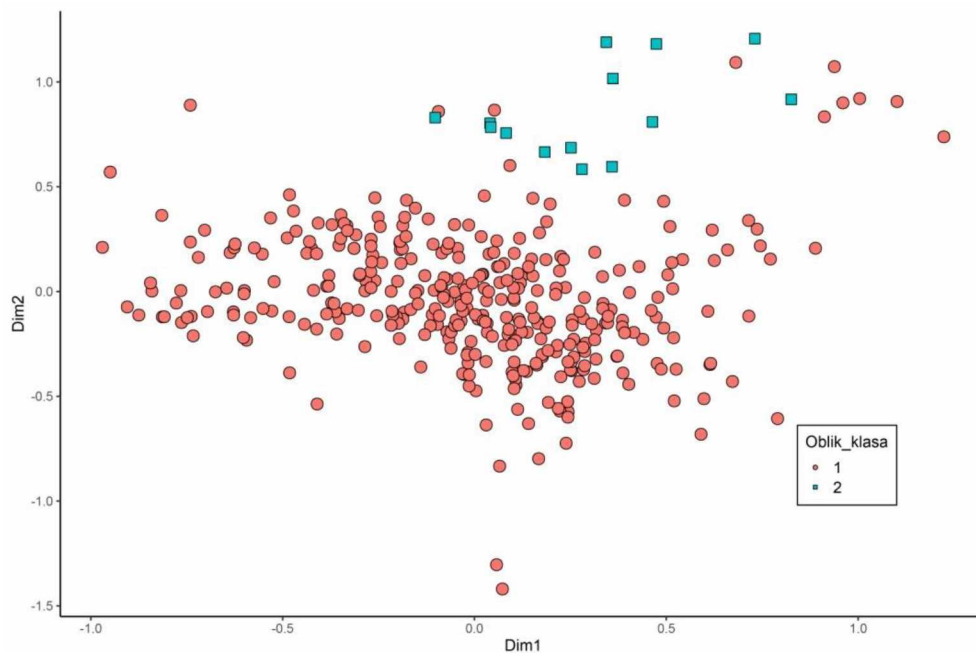
visoke genotipove, na lijevoj polovini biplota, od niskih i srednjih genotipova, na desnoj polovini biplota, uz određena preklapanja. Visoki genotipovi su neravnomjerno raspoređeni (Graf. 21).

Dimenzije jedan i dva razdvajaju kategorije neznatna (5) i srednja (7) ispunjenost poprečnog presjeka stabla na pola rastojanja između osnove klasa i koljenca jer je kategorija 5 predstavljena sa samo dva genotipa dok u dimenzijama dva i četiri učestvuje sa 9,5% (Graf. 22). Dimenzije dva i četiri takođe najbolje razdvajaju osobinu oblik vrha donje pljeve sa čak 32,24%.



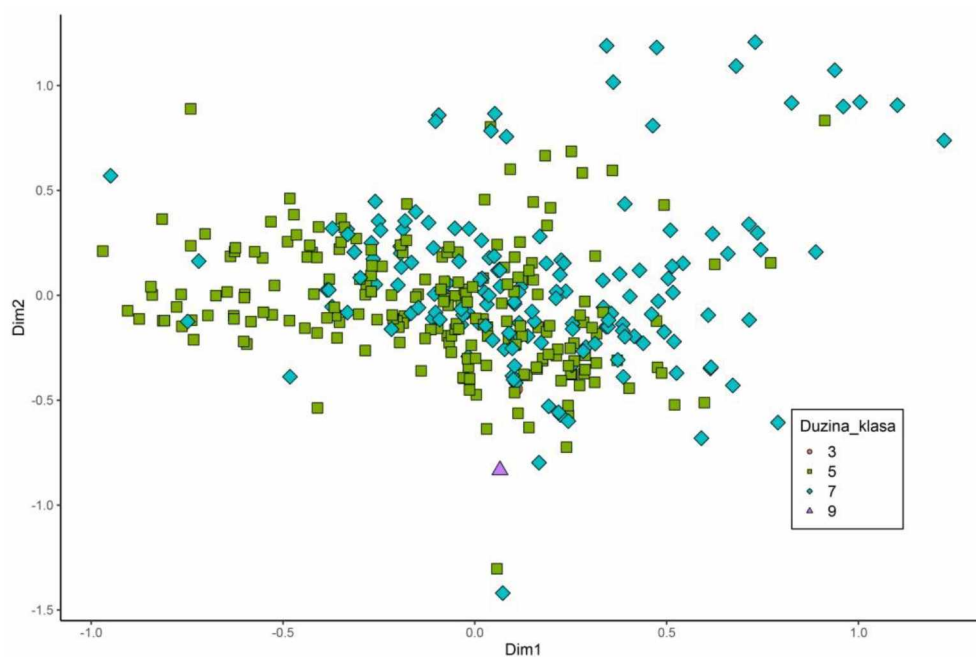
Graf. 23. Razdvajanje genotipova prema obliku vrha donje pljeve  
(1 – prav, 3 – blago kriv, 5 – srednje kriv i 7 – jako kriv)

Genotipovi sa kategorijama prav (1), blago kriv (3), srednje kriv (5) i jako kriv oblik vrha donje pljeve (7) nijesu potpuno jasno razdvojeni dimenzijama jedan i dva (Graf. 23). Ipak, uočljivo je grupisanje genotipova sa pravim vrhom donje pljeve u donjoj polovini biplota, kao i grupisanje genotipova sa jako krivim vrhom donje pljeve u gornjoj polovini biplota. Većina genotipova sa blago i srednje krivim vrhom donje pljeve pozicionirana je između prve dvije grupe sa određenim preklapanjima.



Graf. 24. Razdvajanje genotipova prema obliku profila klasa  
(1 – piramidalni, 2 – paralelnostranični)

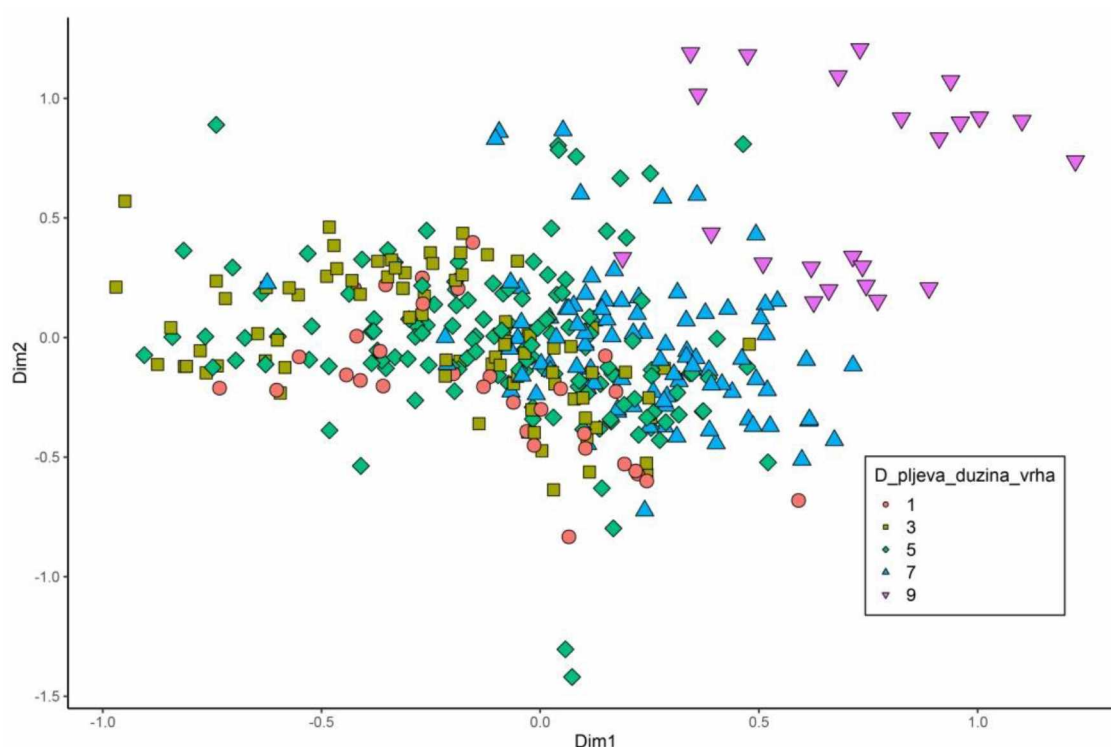
Genotipovi piramidalnog (ocjena 1) i paralelnostraničnog (ocjena 2) oblika profila klasa jasno su razdvojeni dimenzijama jedan i dva (Graf. 24). Dimenzije dva i tri najbolje razdvajaju ovu osobinu. Doprinos ove osobine *Dim 2* i *3* je 12,5%.



Graf. 25. Razdvajanje genotipova za varijablu dužina klasa bez osja  
(3 – kratak, 5 – srednji, 7 – dug, 9 – vrlo dug)

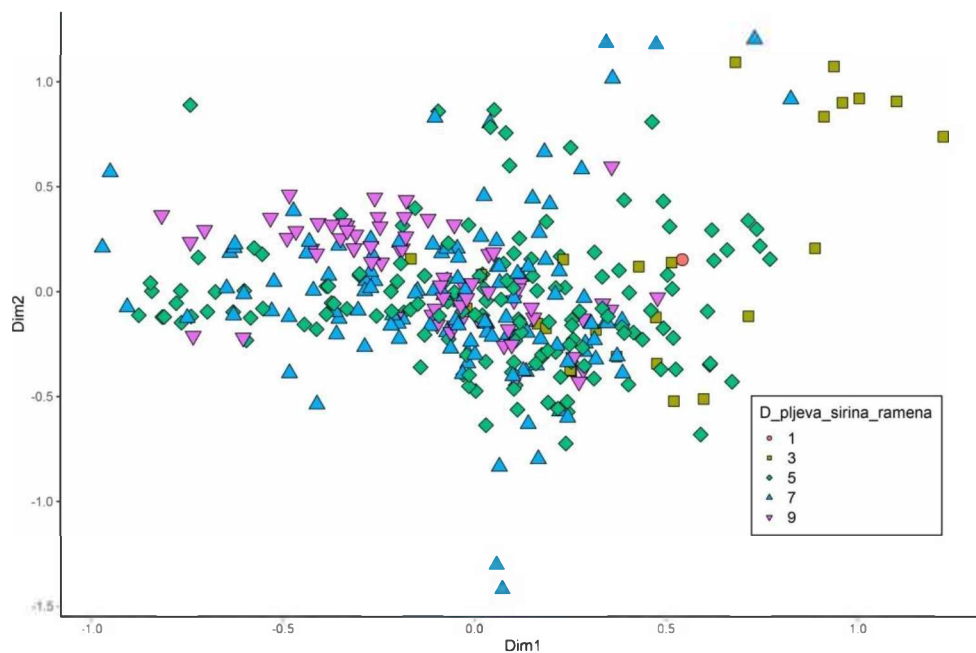
Dužina klasa bez osja sa ocjenama kratak (3), srednji (5), dug (7) i vrlo dug (9) je karakteristika genotipova koja nije jasno odvojena dimenzijama jedan i dva (Graf. 25). Dimenzije jedan i pet najbolje razdvajaju dužinu klasa objašnjavajući 7,9% varijabilnosti.

Dimenzije jedan i dva ne odvajaju jasno ni genotipove sa ocjenama vrlo kratak (1), kratak (3), srednji (5), dug (7) i vrlo dug (9) za dužinu vrha donje pljeve (Graf. 26). Grupa sa vrlo dugim vrhom donje pljeve najjasnije je odvojena od ostalih grupa, a najviše od genotipova sa vrlo kratkim i kratkim vrhom donje pljeve. Preostale grupe genotipova se u znatnoj mjeri preklapaju. Dimenzije jedan i pet najbolje razdvajaju dužinu vrha donje pljeve, objašnjavajući 30,3% varijabilnosti.

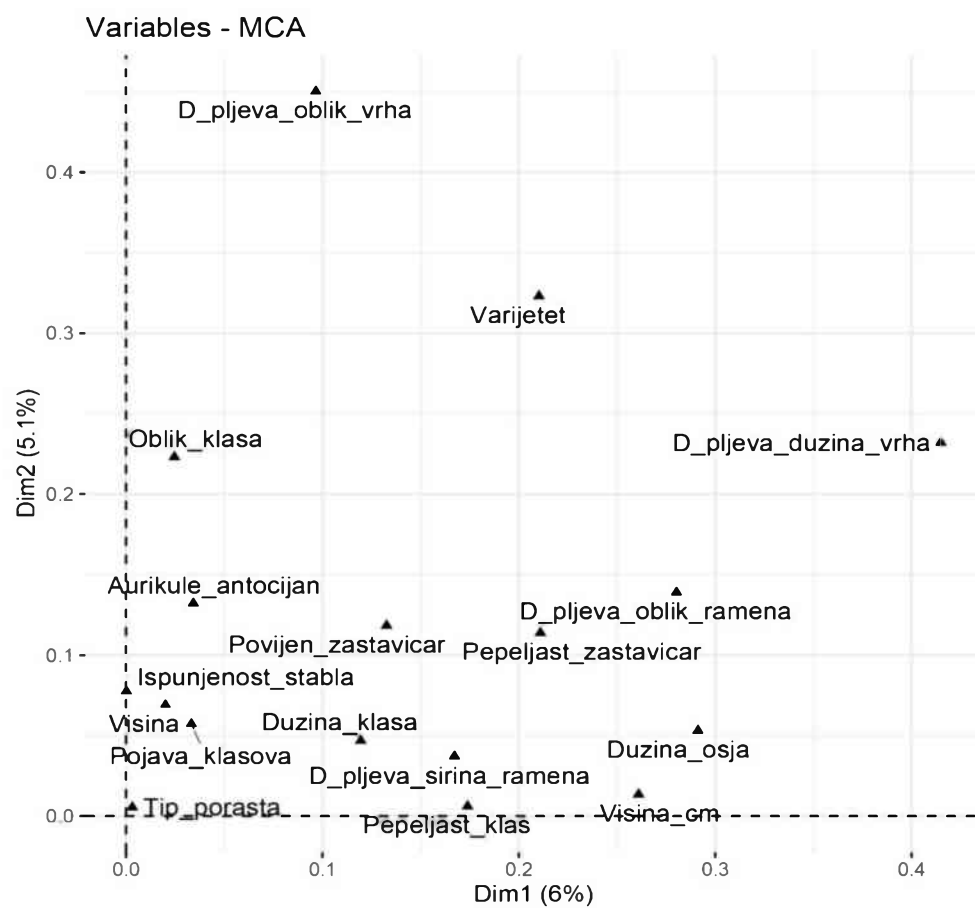


Graf. 26. Razdvajanje genotipova prema dužini vrha donje pljeve  
(1 – vrlo kratak, 3 – kratak, 5 – srednji, 7 – dug, 9 – vrlo dug)

Prve dvije dimenzije nedovoljno su razdvojile genotipove prema širini ramena donje pljeve prema kategorijama vrlo uska (ocjena 1), uska (ocjena 3), srednja (ocjena 5), široka (ocjena 7) i vrlo široka (ocjena 9) (Graf. 27). Dimenzije četiri i pet najbolje razvrstavaju ove kategorije sa učešćem od 28,6% u definisanju dimenzija.



Graf. 27. Razdvajanje genotipova za varijablu širina ramena donje pljeve



Graf. 28. Korelacija između varijabli i prve dvije dimenzije multivarijacione korelacione analize

Graf. 29. Korelacije između varijabli na osnovu položaja njihovih sopstvenih vektora

Na graficima 28 i 29 prikazana je korelacija svake varijable sa prvim dvijema dimenzijama *Dim 1* i *Dim 2*. Varijable čije su normalne projekcije na *Dim 1* i *Dim 2* udaljenije od koordinatnog početka su u većoj korelaciji sa ovim dimenzijama u odnosu na varijable čije su normalne projekcije na dimenzije bliže koordinatnom početku. Dužina vrha donje pljeve je u najvećoj korelaciji sa dimenzijom jedan i doprinosi joj 16,7% (Prilog 3). Dužina osja i oblik ramena donje pljeve doprinose definisanju dimenzije jedan sa 11,7%, odnosno 11,3%, dok visina u centimetrima sa 10,5%. Pepeljasta navlaka na zastavičaru i varijetet učestvuju sa 8,5%, dok pepeljasta navlaka na klasu i širina ramena donje pljeve učestvuju sa 7%, odnosno 6,7%. Osobine koje su u manjoj korelaciji sa dimenzijom jedan su povijenost zastavičara (5,3%), dužina klasa (4,8%), oblik vrha donje pljeve (3,9%), obojenost aurikula antocijanom i pojava klasova (1,3%), dok je doprinos oblika klasa, visine i tipa porasta manja od 1%. Osobina oblik vrha donje pljeve najviše doprinosi dimenziji *Dim 2*, sa 21,4% (Prilog 3). Varijetet doprinosi istoj dimenziji sa 15,3%, dužina vrha donje pljeve sa 11%, dok oblik

klasa doprinosi sa 10,6%. Oblik ramena donje pljeve, obojenost aurikula antocijanom, povijen i pepeljast zastavičar su u manjoj korelaciji sa dimenzijom dva i doprinose definisanju ove dimenzije sa 6,6%, 6,3%, 5,6%, odnosno 5,4%. Znatno manji doprinos imaju osobine ispunjenost poprečnog presjeka stabla (3,6%), visina biljke (3,2%), pojava klasova (2,7%), dužina osja (2,5%), dužina klasa (2,2%) i širina ramena donje pljeve (1,7%). Visina u cm, pepeljasta navlaka na klasu i tip porasta imaju zanemarljiv uticaj na dimenziju dva (ispod 1%).

Međusobni položaji sopstvenih vektora varijabli mogu da ukažu na korelacije između ispitivanih osobina. Osobine tip porasta i visina biljke, dužina klasa i dužina vrha donje pljeve, oblik klasa i oblik vrha donje pljeve, varijetet i obojenost aurikula antocijanom, pepeljasta navlaka na klasu, dužina osja i širina ramena donje pljeve su osobine međusobno pozitivno korelisane (Graf. 29).

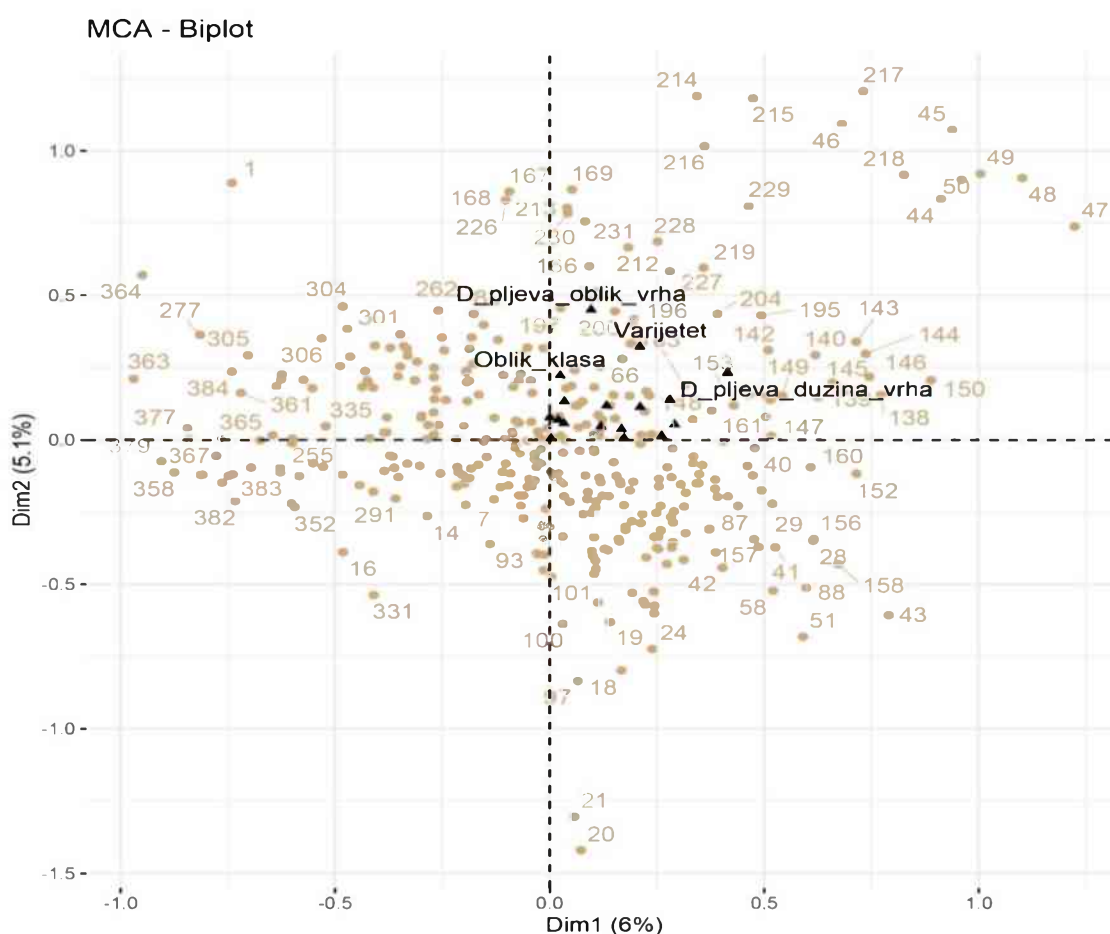
Ove pozitivne korelacije ukazuju da u ispitivanom genetičkom materijalu većina genotipova koja imaju plegao tip porasta su sa višim rastom; genotipovi sa uspravnim tipom porasta su niži; genotipovi dužeg klasa imaju duži vrh donje pleve; oni sa kraćim klasom imaju prav ili blago zakrivljen vrh donje pleve; genotipovi koji pripadaju varijetetu *leucurum* nemaju ili imaju slabu pigmentaciju antocijana na aurikulama. Genotipovi koji pripadaju varijetetu *hordeiforme* imaju intenzivniju pigmentaciju aurikula antocijanom, a oni koji nemaju pepeljastu navlaku na klasu imaju kraće osje i uže rame donje pljeve. Primjer je rogosijsa sa bijelim klasom i osjem iz Vuksanlekića (METD-2) koja ima piramidalan oblik profila klasa (ocjena 1) i oblik vrha donje pljeve prav (ocjena 1), dok je dužina vrha donje pljeve vrlo duga kao i kod velikog broja drugih genotipova (ocjena 7).

U negativnoj korelaciji su oblik ramena i dužina vrha donje pljeve; visina i varijetet; dužina u centimentrima i pepeljasta navlaka na klasu. Negativne korelacije ukazuju da u ispitivanom materijalu genotipovi sa nagnutim ili blago nagnutim oblikom ramena imaju duži vrh donje pljeve; genotipovi koji propadaju vrijetetu *leucurum* su niži, a varijetetu *hordeiforme* u prosjeku viši. Osobine koje nijesu u korelaciji su visina i oblik vrha donje pljeve; varijetet i oblik ramena donje pljeve; tip porasta i povijenost zastavičara; visina u cm i oblik vrha donje pljeve; oblik klasa i dužina vrha donje pljeve sa pojavom klasova i varijetetom; povijen zastavičar, oblik klasa i oblik vrha donje pljeve sa pepeljastom navlakom na klasu, dužinom osja i širinom ramena donje pljeve.

Kako dimenzije jedan i dva objašnjavaju samo 11% ukupne varijabilnosti iz tih razloga nije došlo do grupisanja i jasnog izdvajanja sličnih genotipova MCA metodom (Graf.



30). Jedini izuzetak je pet genotipova koji pripadaju METD–11, rogosijsa sa crvenim klasom i osjem iz Klezne (oznake 214–218) i njima bliskih sedam genotioiva CAPTP METD–43, rogosijsa sa crvenim klasom i mrkim osjem iz Tudemila (oznake 44–50) koji su se izdvojili od ostalih genotipova i formiraju poseban klaster. Karakteristike ovih genotipova su da pripadaju varijetetu *hordeiforme* kod kojeg su klas i zrno bijele boje, osje crno i klas glatak, tip porasta uspravan, antocijanska pigmentacija aurikula zastavičara srednja, učestalost biljaka sa povijenim zastavičarom niska, vrijeme pojave prvih klasova srednje, pepeljasta navlaka na listu zastavičaru i klasu slaba i koji pripadaju vrlo visokim biljkama, visoke ispunjenosti poprečnog presjeka stabla. Oblik profila klasa je dominantno piramidalan ili paralelnostranični, dužina klasa bez osja vrlo duga, dok je prisutno i dugo osje. Širina ramena donje pljeve je uska, blago nagnutog oblika, a vrh donje pljeve vrlo dug i jako kriv. Obraslost donje pljeve unutrašnjim dlačicama je slaba. Kao i svi genotipovi, pripadaju jarim sortama.



Graf. 30. Distribucija 389 genotipova i varijabli na MCA biplotu

Rogosijsa sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Spinje, METD–5 (oznaka 20 i 21) takođe se izdvaja od ostalih genotipova. Pripada varijetetu *leucomelan* koji karakteriše klas i zrno bijele

boje, gladak klas, osje crno, uspravni tip porasta, slaba pigmentacija aurikule zastavičara, niska učestalost biljaka sa povijenim zastavičarom. Vrijeme pojave prvih klasova je srednje, pepeljasta navlaka na listu zastavičaru i klasu je slaba i pripada vrlo visokim biljkama, visoke ispunjenost poprečnog presjeka stabla. Oblik profila klasa je dominantno piramidalan, dužina klasa bez osja je duga, dok je prisutno i dugo osje. Širina ramena donje pljeve je srednja, blago nagnutog je oblika, a vrh donje pljeve je dug i prav. Obraslost donje pljeve unutrašnjim dlačicama je slaba. I ovi genotipovi su prema toplotnom stadijumu razvrstani u jare.

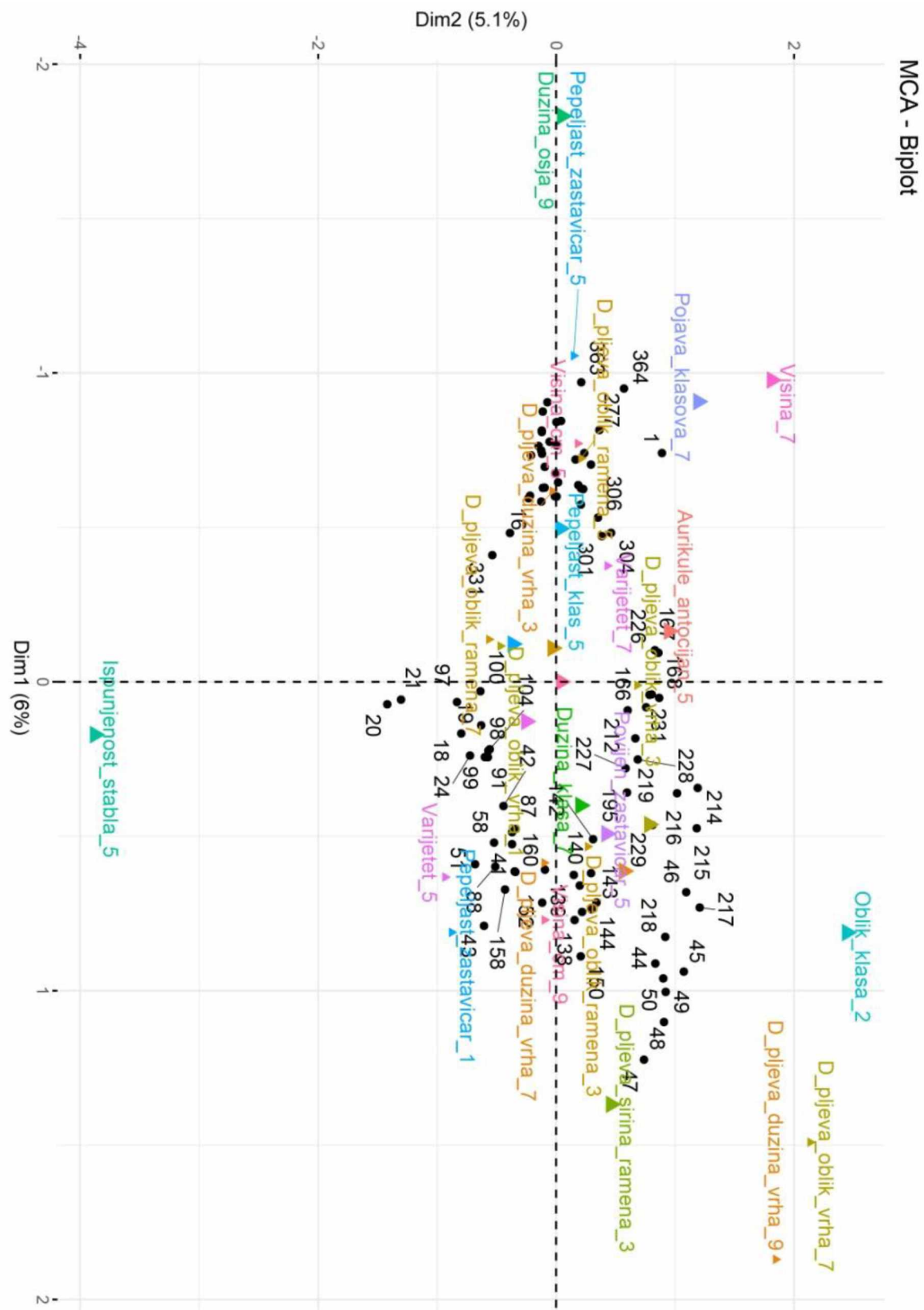
Karakteristike varijabli koje su najrelevantnije za grupisanje i disperziju genotipova su najudaljenije od koordinantnog početka (Graf. 31). U te karakteristike spadaju paralelnostranični oblik klasa, koji je izmjeran kod trinaest genotipova, rogosija sa crvenim klasom i mrkim osjem iz Tuđemila i (METD–43) i rogošija sa bijelim osjem iz Krute (METD–45). Jako kriv oblik vrha donje pljeve je uočen kod rogosije sa crvenim klasom i osjem iz Klezne (METD–11), rogosije sa crvenkastim klasom iz Krute (METD–40) i rogosije sa bijelim klasom i crnim osjem, takođe iz Krute (METD–45).

Dužina vrha donje pljeve sa ocjenom 9 (vrlo dug) doprinijela je disperziji genotipova, a uočena je kod rogosije sa crvenim klasom i osjem iz Klezne (METD–11), rogosije sa smeđim osjem i bijelim klasom iz Martinića (METD–28), rogosije sa bijelim klasom i osjem iz Golubovaca (METD–29), rogosije sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Zete (METD–30), rogosije sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Šestana (METD–31), rogosije sa smeđim osjem iz Mide (METD–41) i rogosije sa crvenim klasom i mrkim osjem iz Tuđemila i (METD–43).

Srednja ispunjenost poprečnog presjeka stabla na pola rastojanja između osnove klasa i koljenca ispod uočena kod rogosije sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Spinje (METD–5) je takođe doprinijela disperziji genotipova. Srednje dugo osje uočeno je samo kod dva genotipa: rogosije sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Spinje (METD–5) i rogosije sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Sukobina (METD–4). Veoma duga dužina klasa bez osja jedino je zabilježena kod rogosije sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Tejana (METD–20).

Na grafiku 32 prikazani su odnosi između 100 genotipova i kategorija sa najvećim doprinosom prvim dvijema dimenzijama. Genotipovi koji su po ispitivanim osobinama različiti udaljeni su jedni od drugih i obratno, a što su sličniji, na grafiku su na manjoj udaljenosti. Genotipovi se grupišu bliže kategorijama osobina koje im pripadaju. Srednja ispunjenost poprečnog presjeka stabla najviše doprinosi dimenziji jedan, dok vrlo dugo osje dimeziji dva.





Graf. 32. Sto genotipova sa najvećim doprinosom prvim dvijema dimenzijama i kategorije za svaku varijablu

## Molekularna evaluacija

Nakon morfološke karakterizacije izvršena je selekcija genotipova za molekularnu analizu. Kao kriterijum su korišćene monogenetske i oligogenetske osobine tako da je za svaku CAPTP određena prosječna ocjena date osobine i u skladu sa tim kriterijumom odabran genotip koji je najtipičniji predstavnik te CAPTP.

Morfološke karakteristike koje su korišćene prilikom selekcije genotipova su: tip porasta biljke, vrijeme pojave klasova (major geni koji kontrolišu ovu osobinu su *Photoperiod sensitivity* – *Ppd* geni), pepeljasta navlaka na klasu, visina biljke (major geni koji kontrolišu visinu biljke su *Reduced height* – *Rht* geni), dužina klasa bez osja, prisustvo osja ili zubaca na klasu i biljka prema toplotnom stadijumu (major geni *Vernalization* – *Vrn*). Ostale osobine koje su praćene prilikom morfološke karakterizacije pripadaju kvantitativnim osobinama i pod uticajem su spoljašnje sredine. S obzirom na to da je morfološka analiza vršena u Banjoj Luci, u agroekološkim uslovima značajno drugačijim od onih u lokalitetima iz kojih ove CAPTP potiču, bilo je realno očekivati pojavu značajnije interakcije genotipa i životne sredine. Pošto ovi podaci često mogu biti obmanjujući, to iz tih razloga nijesu korišćeni za selekciju genotipova za molekularne analize. Osobine biljka prema toplotnom stadijumu i prisutvo osja ili zubaca su se pokazale kao monomorfne. Svi genotipovi su pripadali jarim formama i svi su imali osje.

Ukupno 89 genotipova, tipičnih predstavnika crnogorske kolekcije tetraploidne pšenice, odabrani su za dalje molekularne analize. Za sve CAPTP odabran je po jedan genotip, dok je za METD–11, METD–13 i METD–25, zbog velikog polimorfizma, selektovano sedam, tri i devet genotipova. Lista svih genotipova iz crnogorske kolekcije koji su korišćeni za molekularnu analizu dati su u Prilogu 1 (Tabela 1).

Pored dvije kontrole u analizu CAPTP je uključeno i pet italijanskih varijeteta tvrde pšenice (stara italijanska sorta Cappelli, koju je selektovao Strampelli iz tunižanske lokalne populacije Jenah Rhetifah 1915. godine, sicilijanska lokalna populacija Russello i Taganrog, lokalna populacija iz Pulje ruskog porijekla, i elitna italijanska sorta Svevo (duplikat), zbog pretpostavke da crnogorske tetraploidne pšenice vode porijeklo upravo od italijanskih, zbog intenzivnih, viševjekovnih trgovačkih i političkih veza između ove dvije zemlje. Italijanske sorte su date u Prilogu 1 (Tabela 2).



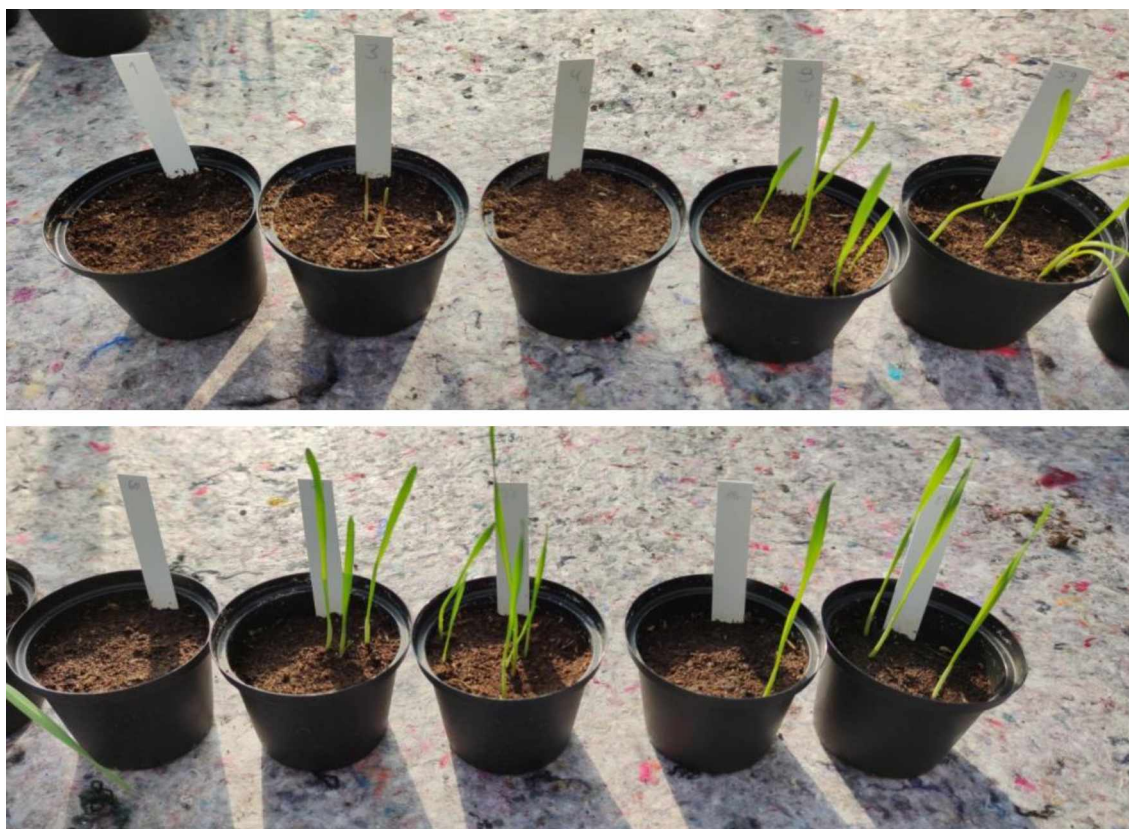
## DNK ekstrakcija

Nakon sjetve u cilju ekstrakcije DNK, tri uzorka nijesu proklimala, a to su: stara italijanska sorta Cappelli, duplikat italijanske elitne sorte Svevo i genotip CAPTP METD–39 iz crnogorske kolekcije – rogosija sa smeđim klasom i osjem iz Boke (Tab. 9).

Tab. 9. Ploča za genotipizaciju sa označenim uzorcima

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	C	3/04	11/01	13/01	19/02	25/03	27/02	35/03	42/07	50/04	65/02	73/01
B	Cap.	4/01	11/02	13/02	20/06	25/04	28/03	36/01	43/02	51/01	66/02	74/02
C	Rus.	5/02	11/03	13/03	21/05	25/05	29/01	37/01	44/05	52/02	67/02	75/05
D	Svevo	6/02	11/04	14/02	22/01	25/06	30/04	38/03	45/04	56/01	68/04	76/02
E	Svevo	7/02	11/05	15/09	23/03	25/07	31/04	39/01	46/02	58/07	69/02	77/02
F	Tag.	8/01	11/06	16/06	24/01	25/08	32/03	C	47/01	59/05	70/03	78/02
G	1/02	9/05	11/07	17/01	25/01	25/09	33/02	40/01	48/03	63/02	71/01	79/08
H	2/02	10/02	12/01	18/04	25/02	26/06	34/03	41/04	49/04	64/03	72/02	80/03

Crvena boja – genotipovi koji nijesu proklimali; zelena boja – genotipovi sa nedovoljnim brojem izniklih biljaka; C – kontrola. Cap. – Capelli. Rus – Russello. Tag – Taganrog. Brojevi predstavljaju oznake METD.



Sl. 7. Uzorci koji nijesu proklimali ili sa nedovoljnim brojem biljaka (Foto TraitGenetics)

Naknadno je izvršena ekstrakcija DNK iz sorte Capelli, dok su duplikat sorte Svevo i genotip CAPTP METD–9 isključeni iz dalje analize. Genotipovi Svevo – italijanska elitna

sorta, rogosija sa crvenim klasom iz Martinića (METD-4), rogosija sa smeđim klasom i mrkim osjem iz Dobrih Voda (METD-38), rogosija sa smeđim osjem iz Police (METD-50), rogosija sa mrkim osjem iz Luga (METD-63), rogosija sa mrkim osjem iz Konavala i rogosija sa smeđim klasom i osjem iz Tule (METD-72) nijesu imale dovoljan broj izniklih biljaka, pa je koncentracija ekstrahovane DNK bila nešto niža (Sl. 7).

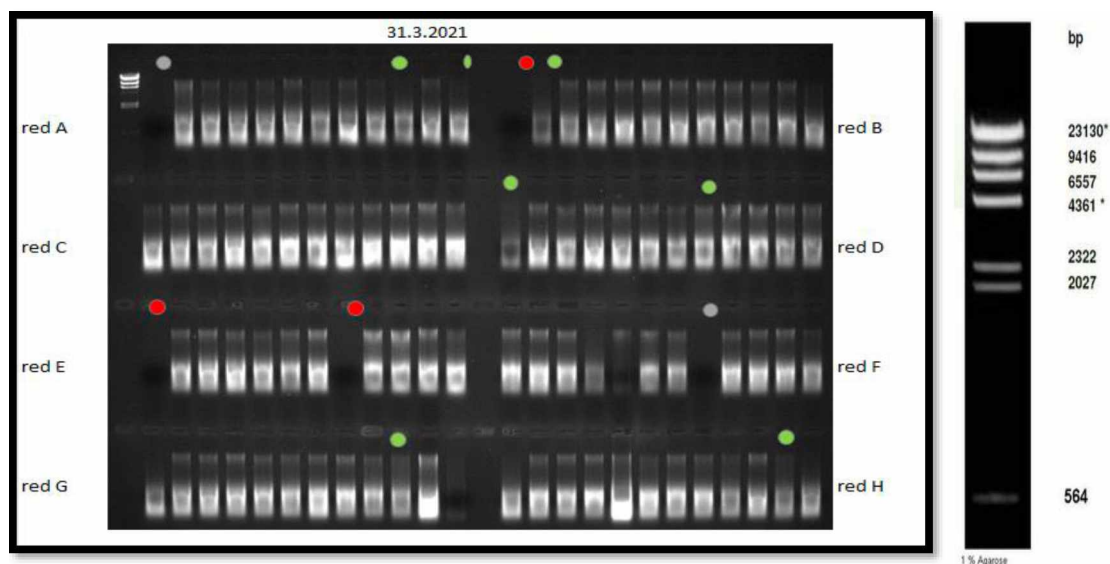


Fig. 8. Očitavanje elektroforezom ekstrahovane DNK na 1% agaroznom gelu (lijevo: sivim krugom je označena kontrola, zelenim genotipovi sa nedovoljnim brojem izniklih biljaka, a crvenim uzorci čije sjeme nije prokljalo; desno: *Lambda HindIII* marker)

Vizuelizacijom ekstrahovane DNK, očitavanjem na 1% agaroznom gelu elektroforezom potvrđeno je prisustvo DNK u svim uzorcima izuzev kontrole i uzoraka koji nijesu prokljivali (Fig. 8). Koncentracija DNK je bila u rasponu od 30 ng/μl (B02) ekstrahovana iz METD-4/01, rogosije sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Sukobina, 40 ng/μl (G12), METD-79/08, rogosija sa bijelim osjem iz Fatnice kod Stolca, do 275 ng/μl (H05) koja je ekstrahovana iz uzorka METD-25/02, rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Čurčića. Fragmenti veličine oko 500 baznih parova predstavljaju RNK, dok je genomska DNK, fragment veličine od 5.000 do 10.000 bp, slabije vidljiv na gelu.

### ***Filtriranje SNP markera***

Stepen genetskog diverziteta crnogorske tetraploidne pšenice određen je pomoću 25K SNP čipa na Illumina Infinium 25K XT Wheat Array, koji sadrži 15.126 SNP markera iz Illumina čipa (20K) i 9.019 iz Axiom čipa (135K). To znači da je za testiranje 94 genotipa korišćeno ukupno 24.145 SNP markera. Od 2.269.630 urađenih očitavanja, 252.016 su bila



neupotrebljiva (označena sa N, odnosno *failed*) što čini 11% ukupnog broja SNP-ova (Tab. 10). Zbog nemogućnosti ekstrakcije DNK iz genotipova Svevo i METD-39/01 isti su eliminisani iz dalje analize.

Tab. 10. Broj nedetektovanih ili nejasno očitanih SNP markera

Ukupno SNP markera	Broj uzoraka	Neupotrebljivi SNP-ovi (N)
24.145	94	252.016

Tab. 11. Neinformativni SNP markeri

Ukupan broj SNP-ova	24.145
Nedostajući SNP-ovi	– 2.448
A monomorfni	– 1.897
T monomorfni	– 2.088
C monomorfni	– 2.799
G monomorfni	– 2.719
Y monomorfni	– 6
R monomorfni	– 2
Br SNP-ova eliminisanih nakon mapiranja	– 1.842
MAF filter	– 3.449
<b>Ukupno SNP-ova nakon filtriranja</b>	<b>6.915</b>

Iz dalje analize isključeni su svi SNP-ovi sa više od 10% neupotrebljivih podataka, odnosno 2.448 SNP-ova ili 10,1% od ukupnog broja. Monomorfni SNP-ovi, koji se pojavljuju u samo jednoj nukleotidnoj formi, kao neinformativni, takođe su isključeni iz dalje analize. Broj monomorfnih SNP-ova za adenin iznosio je 1.897 (7,8% od ukupnog broja SNP-ova), timin 2.088 (8,6%), citozin 2.799 (11,5%), guanin 2.719 (11,2%), citozin ili guanin (oznaka Y) 6 i za adenin ili guanin (oznaka R) 2 (Tab. 11). Ovi SNP-ovi su isključeni iz dalje analize.

Nakon analize specifične pozicije SNP-ova na genomu tetraploidne pšenice (AABB), koji čini ukupno 14 hromozoma, eliminisano je dodatnih 1.842 SNP-ova, koji su u datom čipu specifični za heksaploidnu pšenicu. Da bi se uklonile ostale moguće greške, preostalih 10.364 SNP-a su filtrirani u TASSEL programu preko populaciono-genetskog parametra učestalosti niže frekvencije alela (*minor allele frequency* – MAF). MAF predstavlja frekvenciju u kojoj se drugi najčešći alel javlja u datoj populaciji. Filtriranjem zasnovanim na minimalnom

MAF-u uklanjaju se lažni SNP-ovi koji isključivo nastaju greškom. Broj varijanti sa frekvencijom manjom od 0.05 iznosio je 3.449. Nakon filtriranja preostalo je 6.915 SNP-ova (Tab. 11).

### ***Polimorfizam SNP markera***

Analizom 89 genotipova tetraploidne pšenice iz crnogorske kolekcije nije očitano 1.701, odnosno 7% SNP-ova (Tab. 12). U ovaj broj uključeni su i SNP-ovi koji su imali više od 10% neočitanih podataka (SNP koji je neupotrebljiv za 80 i više genotipova). Za 80 i više genotipova 2.426 SNP-ova, odnosno 10%, bili su monomorfni za adenin, 2.626 (10,8%) za timin, 3.473 (14,3%) za citozin i 3.439 (14,2%) za guanin. Time je ukupan broj monomorfnih SNP-ova za crnogorske genotipove iznosio 11.964, odnosno 49,5%. Tranzicije za T/C i A/G iznosile su 4.368 ili 18,1%, odnosno 4.053 ili 16,8%. Transverzije A/T iznosile su svega 0,2% odnosno 55, transverzije A/C – 923, odnosno 3,8%, transverzije T/G – 861 (3,5%) i transverzija C/G – 220 (0,9%). Na ovaj način je određen broj polimorfnih markera od 10.480, odnosno 43,4%.

Tab. 12. Polimorfizam i monomorfizam SNP markera detektovanih u genotipovima iz crnogorske kolekcije tetraploidne pšenice (89 genotipova)

SNP							Ukupno
Neupotrebljivi	1.701						1.701
Monomorfni	A	T		C		G	11.964
	2.426	2.626		3.473		3.439	
Polimorfni	A/T	A/C	A/G	T/C	T/G	C/G	10.480
	55	923	4.053	4.368	861	220	

Za pet genotipova italijanske tvrde pšenice Cappelli, Russello, Svevo, Svevo duplikat i Taganrog, broj nepročitanih SNP-ova iznosio je 1.648, odnosno 6,8%, što je približno broju neupotrebljivih SNP-ova u crnogorskim genotipovima (Tab. 13). Monomorfizam SNP-ova za adenin iznosio je 3.206, odnosno 13,2% (2,7% više nego kod crnogorskih genotipova), za timin 3.697, odnosno 15,3% SNP-ova (više za 1% u odnosu na crnogorske pšenice). Monomorfizam citozina izmjereno je kod 4.733 (19,6%) SNP-a, što je za 5,4% više nego u crnogorskoj kolekciji. Za nukleotid guanin SNP-ovi su bili monomorfni u 4.469 slučajeva, odnosno 18,5% (za 4,3% više u odnosu na crnogorske genotipove). Ukupan monomorfizam

italijanskih genotipova iznosi 16.105 odnosno 66,7%, što je u odnosu na crnogorske više za 17,8%.

Tab. 13. Polimorfizam i monomorfizam SNP markera detektovanih u genotipovima italijanske tvrde pšenice (Cappelli, Russello, Svevo, Svevo duplikat i Taganrog)

SNP							Ukupno
Neupotrebljivi	1.648						1.648
Monomorfni	A	T		C		G	16.105
	3.206	3.697		4.733		4.469	
Polimorfni	A/T	A/C	A/G	T/C	T/G	C/G	6.182
	28	543	2.459	2.500	529	124	

T/C i A/G tranzicije italijanskih genotipova iznosile su 2.500 (10,3%) i 2.459 (10,2%). To je za 7,8, odnosno 6,6% manje nego u crnogorskoj kolekciji. Transverzije A/T tipa ponovljene su 28 puta (0,11%) što je za 0,12% rjeđe nego kod crnogorskih pšenica, dok su A/C transverzije očitane 543 puta, odnosno 2,2% (1,3% rjeđe nego kod crnogorske kolekcije). T/G transverzija bilo je 529 (2,2%), što je za 1,3% manje nego kod crnogorskih genotipova, a C/G transverzija 124 (0,5%), odnosno 0,4% manje nego u crnogorskoj kolekciji. Ovi rezultati su pokazali da je kod italijanskih genotipova 6.182 SNP-ova bilo polimorfno što čini 25,6% ukupnog broja. U odnosu na italijanske genotipove, crnogorski genotipovi su imali veći broj polimorfnih genotipova za 19,33%.

### ***Imputacija SNP markera***

Nakon mapiranja 24.145 SNP markera na referentni genom sorte tvrde pšenice Svevo, 4.604 markera nije bilo moguće mapirati jer pripadaju D genomu i isključeni su iz dalje analize. Od 19.541 markera, kao monomorfni duplikati, eliminisano je 9.356 markera. Preostala 10.185 bialelna markera su podvrgnuta imputaciji, odnosno algoritamskom popunjavanju nedostajućih podataka. Nakon imputacije, eliminisano je 3.149 markera parametrom MAF, kao i dodatna 103 markera čija heterozigotnost je bila manja od 10%. Finalni set podataka činila su 6.933 SNP markera (Fig. 9).

### Preprocessing 25K data

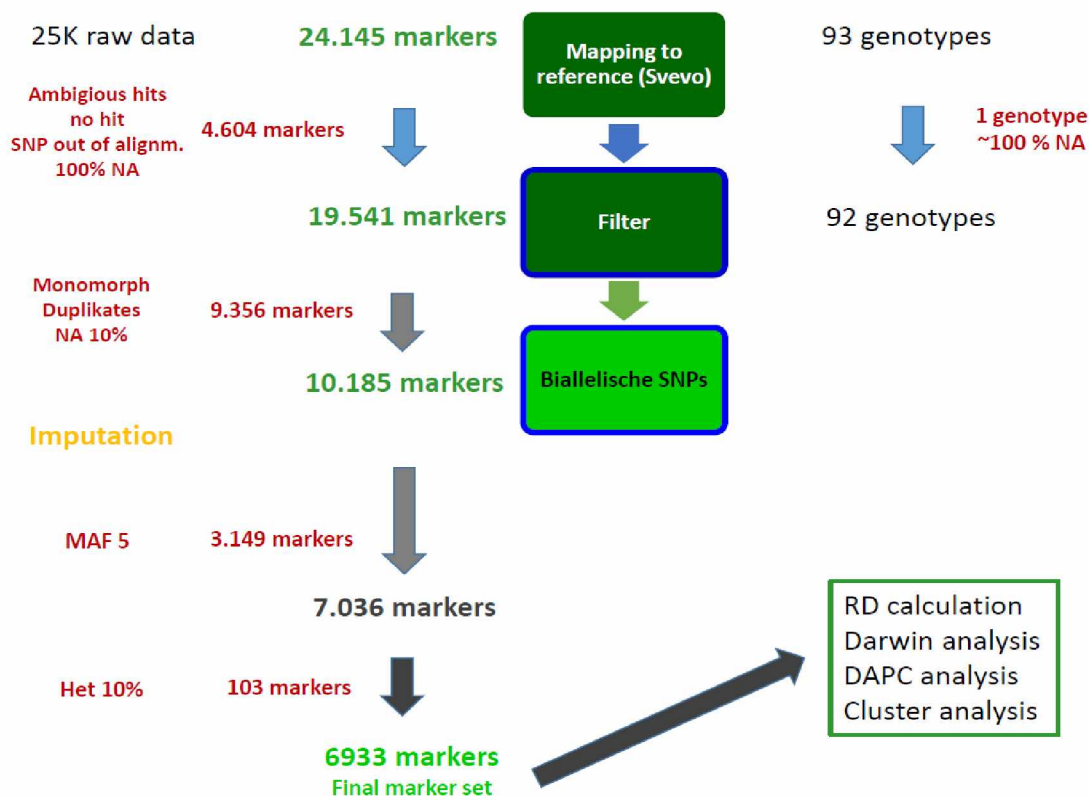
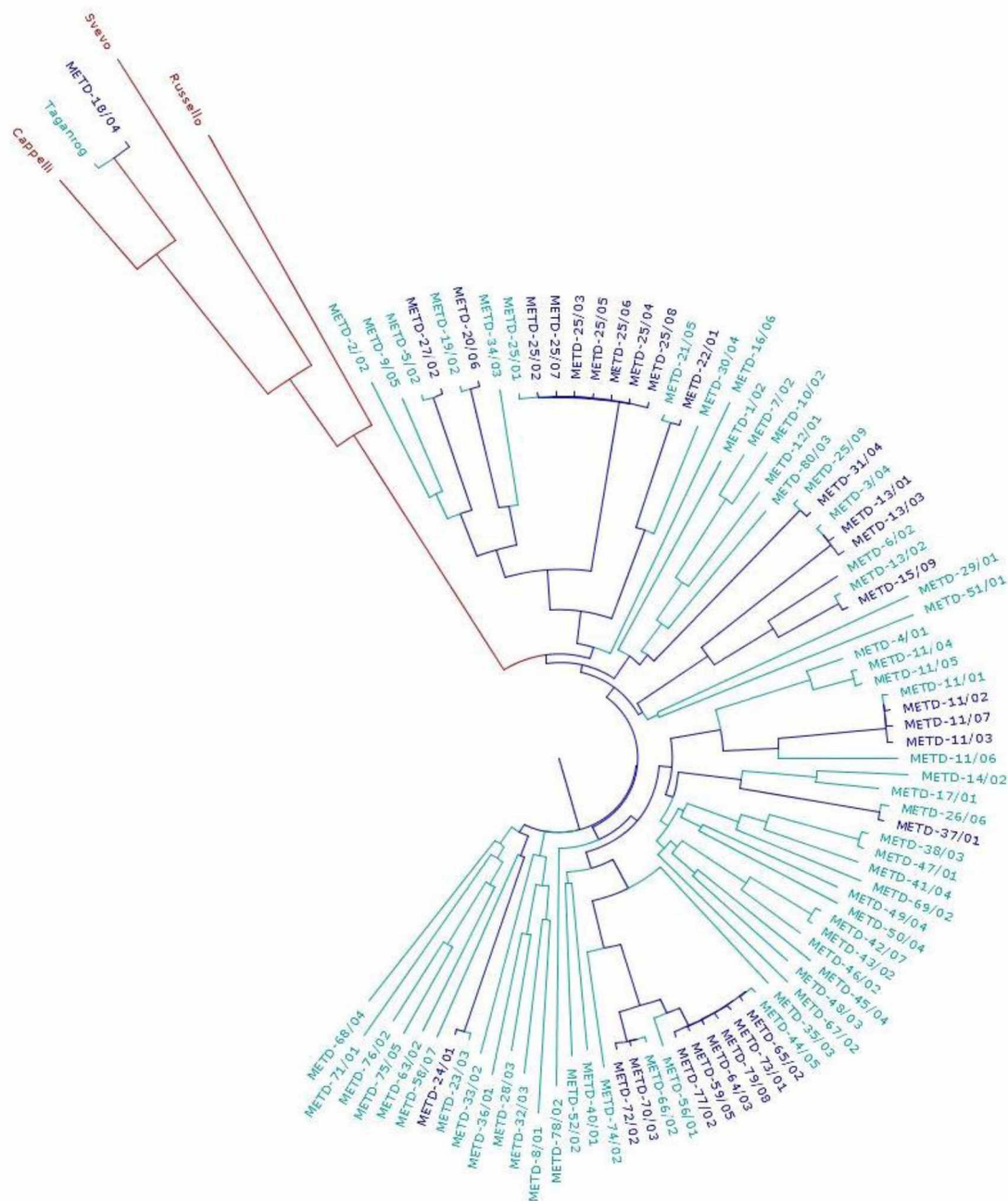


Fig. 9. Procesiranje 25K SNP markera postupkom imputacije u Beagle 5.2 softverskom paketu

### Filogenetska analiza genotipova

Polimorfni markeri korišćeni su za ispitivanje filogenetske vezanosti genotipova tetraploidne pšenice. Za hijerarhijsko klasterisanje korišćen je UPGMA metod kojim je konstruisano filogenetsko stablo sa korijenom, kojim se opisuje matrica sličnosti, odnosno različitosti. Konstruisano filogenetsko stablo se račva na dvije glavne grane (Graf. 33). Na prvoj grani grupišu se italijanske sorte pšenice, Capelli, Russello, Svevo i Taganrog. Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Brajića (METD–18/04) predstavlja crnogorski genotip idenitčan sa lokalnom italijanskom populacijom Taganrog. Za sortu Taganrog se pretpostavlja da je ruskog porijekla, što se da zaključiti i iz samog naziva (Taganrog je lučki grad u evropskom dijelu Rusije). Kako su političke i kulturološke veze između Crne Gore i Rusije tokom vladavine Petrovića, od XVII vijeka do početka XX vijeka bile intenzivne, moguće je da je jedan od crnogorskih vladara ovu sortu nekada donio na Cetinje. Mnogo godina kasnije ona je kolekcionisana u Brajićma (opština Budva), naselju koje se nalazi neposrednoj blizini Cetinja. Druga mogućnost je da je ona u Crnu Goru stigla pomorskim putem iz Pulje, odnosno luke Bari. Ostali genotipovi crnogorske tetraploidne pšenice

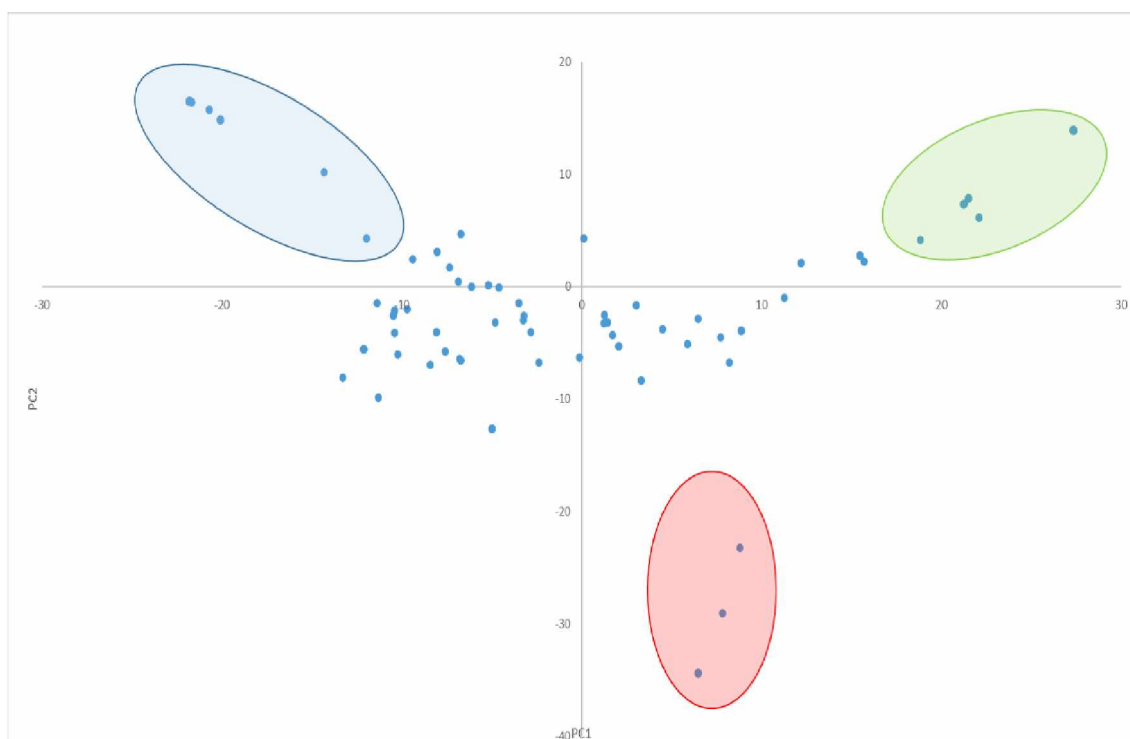
grupisali su se u poseban klaster i nijesu pokazali filogenetsku bliskost sa italijanskim sortama. Ova analiza pokazala je identičnost većeg broja crnogorskih genotipova, koja je potvrđena i u matrici disimilarnosti. Genotipovi kod kojih je identifikovano više od 95% identičnih SNP markera koji su kao takvi tretirani kao identični (*Identical by state* – IBS), pa je zbog toga iz svakog takvog klastera selektovan samo po jedan genotip.



Graf. 33. Filogenetsko stablo dobijeno metodom UPGMA

(Analizirana su 92 genotipa od kojih četiri pripadaju italijanskim sortama (označeni crvenom bojom) i 88 crnogorskih tetraploidnih pšenica (označeni sa METD). Plavom bojom su označeni genotipovi na osnovu IBS podudarnosti SNP markera iznad 95% (isključeni iz dalje analize). Zelenom bojom su označeni genotipovi selektovani za dalje analize.)

Analizom glavnih komponenti, odnosno PCA, koja se koristi za rutinsku analizu SNP podataka i otkrivanje strukture populacije i potencijalnih odstupanja kroz smanjenje dimenzionalnosti, transformacijom velikog skupa promjenljivih u manji, potvrđeni su rezultati filogeneteske analize (Graf. 34). PCA analiza takođe je potvrdila izdvajanje italijanskih sorti i METD–18/04 u jedan klaster (crveni krug). Drugi klaster činili su genotipovi METD–44/05, METD–56/01, METD–59/05, METD–64/03, METD–65/02, METD–66/02, METD–70/03, METD–72/02, METD–73/01, METD–74/02, METD–77/02 i METD–79/08 (plavi krug), a treći (14 genotipova, zeleni krug): METD–2/02, METD–5/02, prvih osam genotipova CAPTP METD–25, METD–27/02, METD–20/06, METD–19/02 i METD–9/05. Ostali genotipovi raspoređeni van tri klastera predstavljaju mješavine ovih genotipova, nastale kao posljedica međusobnih ukrštanja ovih populacija i dalje homogenizacije.



Graf. 34. Analiza glavnih komponenti genotipova na osnovu SNP markera  
(Projekcija prve dvije glavne komponente PC1 i PC2)

Kao kriterijum za eliminaciju duplikata genotipova korišćen je IBS kriterijum sa identičnošću SNP markera iznad 95%. Ukupan broj identičnih genotipova po ovom kriterijumu je bio 41, odnosno 44% (Tab. 14). Genotipovi kod kojih je zabilježena identičnost po ovom kriterijumu su:

- rogosija sa crvenim klasom iz Martinića (METD–3/04) i dva genotipa rogosije sa bijelim klasom i osjem iz Kokota (METD–13/01 i METD 13/03);
- rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Spinje (METD–5/02) i rogosija sa žutim klasom i osjem iz Čukovića (METD–27/02);
- četiri genotipa iste CAPTP rogosije sa crvenim klasom i osjem iz Klezne (METD–11/01, METD–11/02, METD–11/03 i METD–11/07);
- genotip rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Kokota (METD–13/02) i grbljanka sa crvenim klasom i osjem iz Mrkojevića (METD–15/09);
- rogosija sa bijelim klasom i crnim osjem iz Gornjih Seoca (METD–19/02) i rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Tejana (METD–20/06);
- rogosija sa smeđim (METD–21/05) i žutim osjem (METD–22/01) iz Vuksanlekića, rogosija iz Šestana iz Krajine (METD–23/03) i rogosija sa bijelim klasom i crnim osjem iz Karanikića (METD–24/01);
- sedam genotipova koji pripadaju CAPTP rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Čurčića (METD–25);
- rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Golubovaca (METD–25/09) i rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Šestana (METD–31/04);
- grbljanka sa crvenim klasom i osjem iz Kameničkog mosta (METD–26/06) i rogosija sa smeđim klasom i osjem iz Bojke (METD–37/01);
- rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Pečurica (METD–44/05), rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Trebinja (METD–56/01), rogosija sa smeđim klasom i osjem iz Luge (METD–59/05), velja pšenica sa crvenim klasom i osjem iz Vodica kod Trebinja (METD–64/03), rogosija sa smeđim klasom i osjem iz Podkraja (METD–65/02), rogosija sa smeđim klasom i osjem iz Tuli (METD–73/01), rogosija sa smeđim klasom i osjem iz Trebinja (METD–77/02) i rogosija sa bijelim osjem iz Fatnice kod Stolca (METD–79/08) i
- rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Graba (METD–66/02), rogosija sa smeđim osjem iz Kraja (METD–70/03) i rogosija sa mrkim osjem iz Konavla (METD–72/02).

Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Brajića (METD–18/04), identična je Taganrogu i isključena je iz dalje analize. Selektovani genotipovi dati su u tabeli 14. Nakon



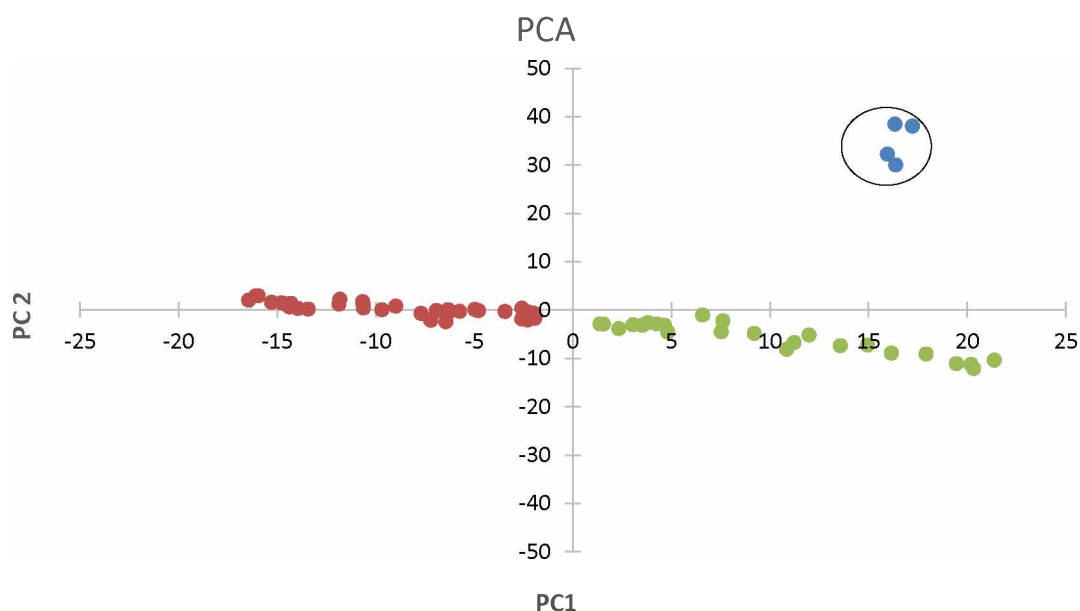
selekcije genotipova po ovom kriterijumu eliminisano je 28 genotipova, te je za dalje analize ostalo ukupno 64 genotipa.

Nakon eliminacije duplikata, konstruisan je novi PCA plot sa 64 uzorka i 6.915 polimorfnih SNP markera na kojem se formiraju samo tri klastera (Graf. 35). Jedan klaster čine italijanske sorte grupisane u gornjem desnom kvadrantu plota (označen plavom bojom) i koji se jasno odvaja od crnogorskih genotipova. Crnogorski genotipovi formiraju dva klastera, u prvom i trećem kvadrantu duž apcise. Prvi klaster (označen crvenom bojom) formira 35 genotipova, odnosno 54%, dok preostalih 25 genotipova formiraju drugi klaster (označen zelenom bojom), odnosno 39% filtriranih genotipova.

Tab. 14. IBS genotipovi identičnošću SNP markera preko 95%

Genotipovi podudarnosti iznad 95%	Selektovani genotipovi	Genotipovi podudarnosti iznad 95%	Selektovani genotipovi
1. METD-25/01 2. METD-25/02 3. METD-25/03 4. METD-25/04 5. METD-25/05 6. METD-25/06 7. METD-25/07	METD-25/01	8. METD-44/05 9. METD-56/01 10. METD-59/05 11. METD-64/03 12. METD-65/02 13. METD-72/02 14. METD-73/01 15. METD-77/02 16. METD-79/08	METD-44/05
17. METD-21/05 18. METD-22/01	METD-21/05	19. METD-26/06 20. METD-37/01	METD-26/06
21. METD-19/02 22. METD-20/06	METD-19/02	23. METD-5/02 24. METD-27/02	METD-5/02
25. METD-13/02 26. METD-15/09	METD-13/02	27. METD-23/03 28. METD-24/01	METD-23/03
29. METD-66/02 30. METD-70/03 31. METD 72/02	METD-66/02	32. METD-3/04 33. METD-13/01 34. METD 13/03	METD-3/04
35. Taganrog 36. METD-18/04	Taganrog	37. METD-25/09 38. METD-31/04	METD-25/09
39. METD-11/01 40. METD-11/02 41. METD-11/03 42. METD-11/07	METD-11/01		

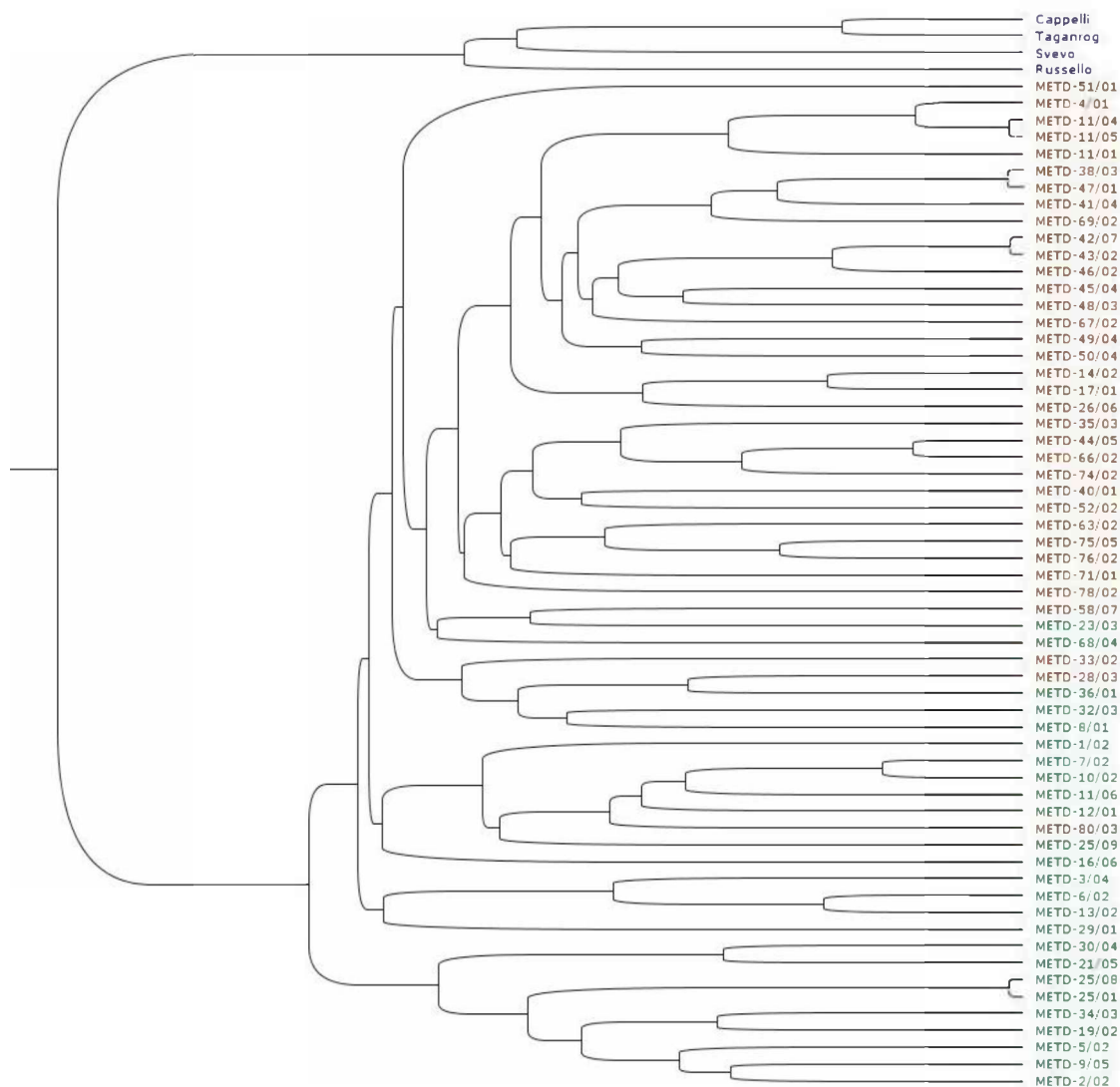
Podaci dobijeni PCA metodom provjereni su su filogenetskom analizom (Graf. 36). Hijerarhijskim klasterisanjem UPGMA metodom u Tassel-u jasno se izdvajaju italijanski i crnogorski genotipovi koji formiraju dva posebna klastera. Dvije grupe koje su se izdvojile PCA metodom su se robusno podijelile i na filogenetskom stablu (genotipovi iz dva različita klastera označeni zelenom i crvenom bojom) što dodatno potvrđuje da crnogorski genotipovi formiraju dva klastera.



Graf. 35. Analiza glavnih komponenti nakon eliminacije duplikata na 64 uzoraka

Ove analize su jasno pokazale da crnogorski genotipovi tetraploidne pšenice ne potiču od italijanskih sorti, već da predstavljaju posebne populacije, koje su drugim putevima prispjele na ove prostore. Podaci takođe dokazuju da crnogorske populacije tetraploidne pšenice nijesu korišćeni u savremenom oplemenjivanju, ali da predstavljaju potencijalni rezervoar korisnih gena. Time su potvrđeni zaključci do kojih su došli Rufo i sar., (2019), koji su ispitujući 354 genotipa meke pšenice pomoću 11.196 SNP uočili jasan geografski šablon u distribuciji genotipova, koje su formirale tri klastera: zapadni, južni i sjeverni Mediteran, kao i jasno razdvajanje savremenih sorti od CAPTP. Alemu i sar., (2020), poredeći savremene sorte sa etiopijskim lokalnim populacijama durum pšenice, takođe ističu visok genetski diverzitet lokalnih sorti i njihov značaj u selekciji pomoću markera (*Marker Assisted Selection*–MAS). Primjena 9K SNP čipa bila je veoma efikasna i u evaluaciji 803 populacije ječma porijeklom iz Evrope, Azije i Afrike. Rezultati ovih istraživanja pokazali su postojanje četiri jasno razdvojena klastera: cetrarno-evropski, mediteranski, istočnoafrički i azijski (Poets i sar.,

2015). Efikasnost SNP markera u identifikaciji klastera potvrđena je i kod populacije leće porijeklom iz Kanade, SAD-a i Australije. Naime, genetska udaljenost između formiranih klastera identična je porijeklu različitih populacija, što je potvrđeno i hijerarhijskom klaster analizom i PCoA analizom (Lombardi i sar., 2014).

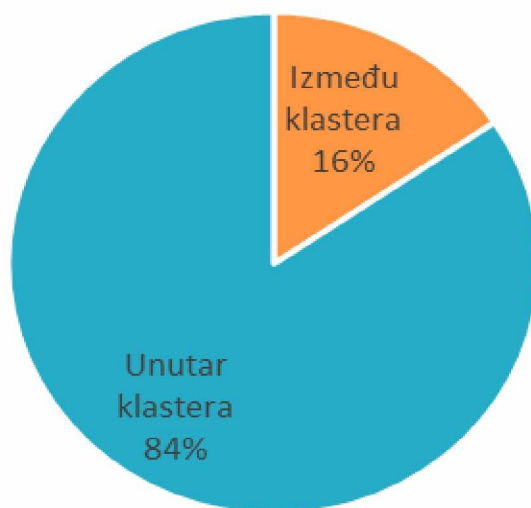


Graf. 36. Filogenetsko stablo 64 genotipa na osnovu molekularne analize

Da bi provjerili da li unutar crnogorske populacije tetraploidnih pšenica dolazi do formiranja sličnih klastera kada su u pitanju i morfološke osobine izvršena je MCA analiza bazirana na 60 genotipova (Graf. 37). Ovom analizom nije došlo do formiranja klastera, već se svi genotipovi grupišu zajedno čineći jednu izuzetno heterogenu populaciju. Ovaj podatak pokazuje da morfološki markeri, kada je riječ o crnogorskoj kolekciji, nijesu efikasan alat za

podataka

Određivanje genetske strukture populacija je vrlo važan aspekt genetskih studija. Jedna od najčešće korišćenih metoda je izračun F–statistike pomoću Analize molekularne varijanse (AMOVA) (Meirmans, 2012). Analize su izvršene u GenAlEx programu na 60 uzoraka crnogorskih genotipova (uzorak od samo četiri italijanska genotipa nije dovoljan za temeljniju analizu). AMOVA je izvršena uzimajući K=2 za vrijednost klastera. Molekularna analiza je podijelila genotipove na dvije grupe (Graf. 38 , Tab. 15). Prva grupa, koja se izdvojila nakon PCA analize ima 35 uzoraka, dok drugu, manju, čini 25 uzoraka. Analizom molekularne varijanse, ustanovljeno je da varijabilnost između individua ima najveći udio u ukupnoj genetičkoj varijabilnosti (84%), dok je razlika između dva klastera iznosila 16% (Graf. 38). To ukazuje na visoku genetsku diferencijaciju unutar klastera, a malu između klastera. Ovakav rezultat vjerovatno je posljedica velike razmjene gena, odnosno ukrštanja između populacija ili ukazuje na zajedničko porijeklo populacije. Veća genetička varijabilnost između genotipova, u odnosu na varijabilnost između klastera, pronađena je i kod populacije pirinča iz Indije (Sahu i sar., 2017) i oplemenjivačkih linija meke pšenice (Tomar i sar., 2021).



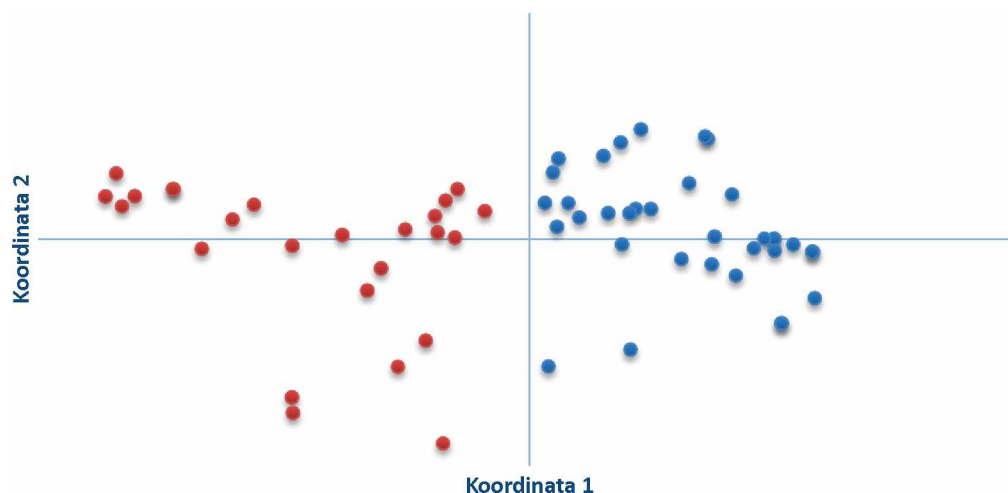
Graf. 38. Analiza molekularne varijanse (AMOVA) genotipova crnogorske tetraploidne pšenice

Tab. 15. Analiza molekularne varijanse kolekcije crnogorske tetraploidne pšenice podijeljene na osnovu genetskog klastera primjenom PCA i UPGMA algoritma u TASSEL softveru.

Izvor varijanse	df	SS	MS	Est. var.	%	<i>p</i> vrijednost
Između klastera	1	6722.42	6722.42	194.23	16%	<0.001
Unutar klastera	58	61333.55	1057.47	1057.47	84%	
Ukupno	59	68055.97		1251.70	100%	

df – stepen slobode; SS – suma kvadrata; MS – prosjek kvadrata; Est. var. – procjena varijanse;  
% – procenat ukupne varijanse

Analiza glavnih koordinata (PCoA), kao što je očekivano, pokazala je diferenciranje dva glavna sklastera crnogorskih genotipova (Graf. 39). Prva glavna koordinata objašnjava 12,28% varijabilnosti, a druga 5,92%.



Graf. 39. Analiza glavnih koordinata (PCoA) na osnovu 6.915 SNP markera na uzorku od 60 genotipova crnogorske tetraploidne pšenice.

Srednja vrijednost različitih alela ( $N_a$ ) i broj efektivnih alela ( $N_e$ ) iznosio je 2,095, odnosno 1,510 (Tab. 16). Prosječna vrijednost Šenonovog indeksa na osnovu SNP markera iznosila je 0,463 za cijelu populaciju, dok je vrijednost diverziteta i nepristrasnog diverziteta iznosila 0,294, odnosno 0,304. Veći diverzitet pokazala je druga, manja populacija sa 25 uzoraka ( $I=0.510$ ,  $h=0.321$  i  $uh=0.335$ ), dok je prva populacija bila manje različita ( $I=0.416$ ,  $h=0.226$  i  $uh=0.274$ ). Informacije o diverzitetu populacija su izuzetno značajne za buduća molekularna ispitivanja, kao što su izučavanje genomskih asocijacija (*Genome Wide Association Study* – GWAS) i selekciju pomoću markera (MAS).

Tab. 16. Genetska varijacija detektovana u crnogorskoj kolekciji tetraploidne pšenice testirana sa 6.915 SNP markera

	$N_a$	$N_e$	$I$	$h$	$uh$	Privatni aleli
<b>Klaster 1 (35 uzoraka)</b>	1,978	1,443	0,416	0,266	0,274	462
<b>Klaster 2 (25 uzoraka)</b>	2,212	1,577	0,510	0,321	0,335	424
<b>Svi uzorci</b>	2,095	1,510	0,463	0,294	0,304	

$N_a$  – broj različitih alela;  $N_e$  – broj efektivnih alela;  $I$  – Šenonov indeks informativnosti =  $-1 * \sum (p_i * \ln(p_i))$ ;  $h$  – diverzitet =  $1 - \sum p_i^2$ ;  $uh$  – nepristrasan diverzitet =  $(N / (N-1)) * h$ ;  $p_i$  je frekvencija i – tog alela za populaciju;  $\sum p_i^2$  je suma kvadrata frekvencije alela u populaciji



Broj privatnih alela, koji predstavljaju jedinstvene alele jedne populacije dat je u tabeli 16. Klaster jedan, imao je veći broj lokusa sa privatnim alelima (462) od drugog (424), što je vjerovatno rezultat činjenice da je prvi klaster veći. Ovi podaci ukazuju na jedinstvenu genetsku varijabilnost određenih lokusa, ali i identifikuju genotipove koji bi se, kao roditeljske linije, mogli koristiti u programima oplemenjivanja kako bi se maksimiziralo bogatstvo alela u populaciji (Eltaher i sar., 2018).

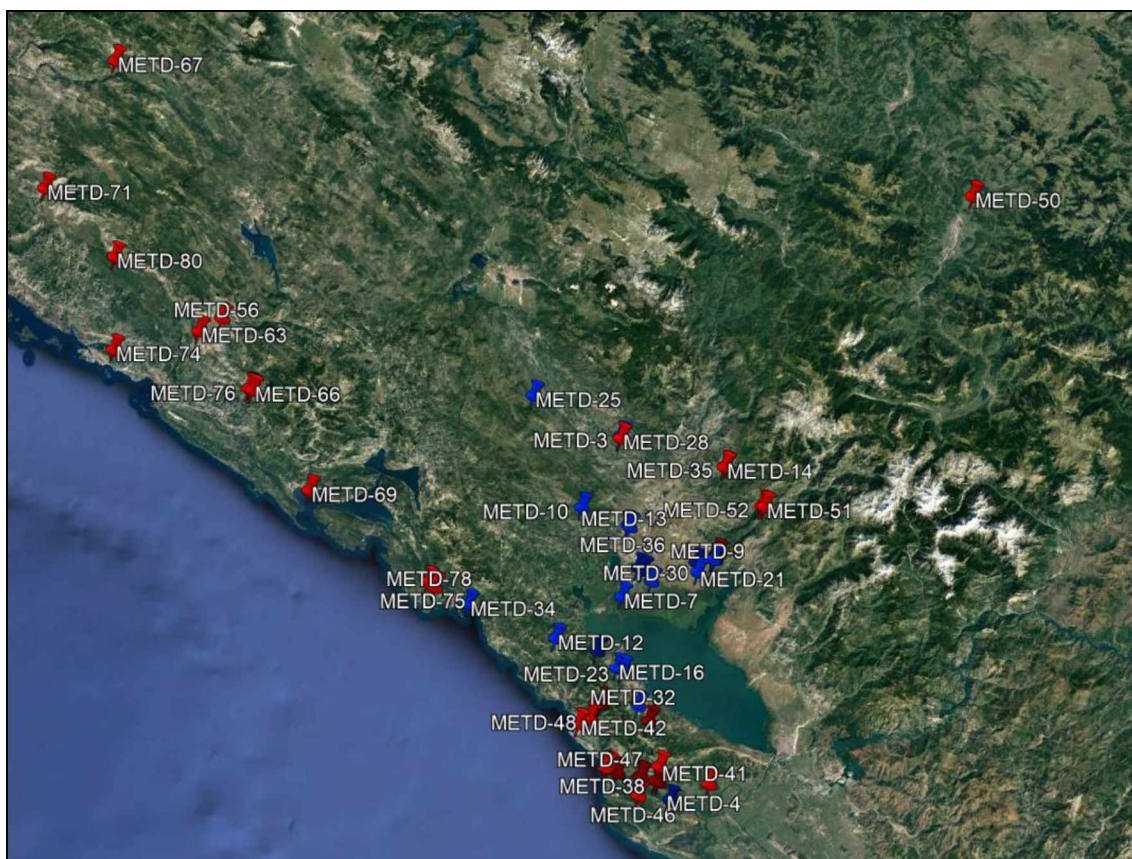


Fig. 10. Raspored 60 genotipova na osnovu lokaliteta porijekla  
(Izvor: GoogleEarth, verzija 7.0)

Polazeći od pretpostavke da su uslovi životne sredine doprinijeli formiranju dva klastera, 60 genotipova crnogorske tetraploidne pšenice je mapirano na fizičkoj mapi na osnovu geografskih koordinata mjesta sakupljanja (Fig. 10). Manji klaster koji sadrži 25 genotipova (plavi) dominantno čine genotipovi sakupljeni oko Skadarskog jezera (opštine Bar i Podgorica), duž Zetske i Bjelopavličke ravnice, dok veći klaster (crveni) čini 35 genotipova čije su zone porijekla locirane duž obale crnogorskog Primorja i u Hercegovini. Centralnu zonu, za koju se veže manji klaster, karakterišu hladnije zime i toplija ljeta nego što je to slučaj na Primorju. U oblasti Zetske i Bjelopavličke ravnice prosječna temperatura vazduha u januaru iznosi 10, a u julu oko 27 °C. Otvorenost prema Jadranskom moru



manifestuje se snažnim klimatskim uticajem Mediterana, odakle dopiru topli talasi dolinom rijeke Bojane, preko basena Skadarskog jezera i uz rijeku Moraču. Primorsku oblast, u kojoj je lociran drugi klaster, karakteriše sredozemna klima. Primorje je od kontinentalnog zaleđa odvojeno visokim planinskim vijencima Orijena, Lovćena i Rumije. Ljeta su duga i suva, a zime kratke i blage. Srednje temperature vazduha u julu kreću se između 25–28 °C.<sup>4</sup> Pavićević (1974) navodi da se u centralnoj zoni Crne Gore uglavnom gaje genotipovi duže vegetacije, dok se u obje zone nalaze varijeti crvenih i bijelih klasova, dobre otpornosti na sušu. Ukoliko se pođe od pretpostavke da tetraploidna pšenica u Crnoj Gori i Hercegovini čini jednu veliku populaciju, kako je to potvrđeno filogenetskom analizom (Graf. 36), onda su najveći uticaj na formiranje dva klastera imali različiti klimatski uslovi koji vladaju u centralnoj i priobalnoj zoni. Razdvajanje lokalnih populacija na klastere primjenom SNP markera potvrdili su i Aesomnuk i sar., (2021). Oni su proučavajući tajlandske populacije pirinča SNP markerima uočili jasno razdvajanje populacija *japonika*, gajenih u umjerenim klimatskim zonama i na većim geografskim širinama i visinama, od *indika* vrsta koje se dominantno gaje u tropskim i subtropskim oblastima i na nižim geografskim širinama i nadmorskim visinama.

Grupisanje varijeteta kao odraz evolutivnih promjena vezanih za geografsku lokaciju potvrđuje rezultate PCA i PCoA analiza. Na osnovu rezultata molekularne i morfološke analize može se sa dosta vjerovatnoće zaključiti da je crnogorska kolekcija tetraploidnih pšenica u stvari jedna jedinstvena populacija koja se tokom vremena, i pod uticajem klimatskih i zemljišnih prilika, vremenom diverzifikovala u dvije populacije. Na to jasno ukazuju tačkaste mutacije, odnosno SNP markeri i morfološki markeri. Koji su putevi širenja i dolaska populacija tetraploidne pšenice na ove prostore, ostaje i dalje nejasno. Uprkos intenzivnim relacijama sa Italijom tokom X, XI i XII vijeka, naročito između oblasti Pulje i Kotora, crnogorski genotipovi tvrde pšenice, izuzev CAPTP METD 18/04 (identičan lokalnoj populaciji Taganrog iz Pulje), nemaju srodnosti sa italijanskim sortama (Pavićević, 1974). Nedostatak genotipova sličnih sa sortom Capelli (selekcionisana 1915. godine i vodi porijeklo od sjevernoafričke lokalne populacije Jean Retifah) koja je vrlo brzo nakon uvođenja u kulturu zamijenila više od 60% do tada gajenih varijeteta u Italiji, ukazuje na činjenicu da na ove prostore u XX vijeku nije bilo introdukcije novih kultivara iz Italije. Srodnost nije utvrđena ni sa antičkom sicilijanskom sortom Russello (Visioli i sar., 2021), kao

---

<sup>4</sup> Preuzeto 24.06.2021. godine sa zvanične web stranice Zavoda za hidrometeorologiju i seizmologiju Crne Gore (<http://www.meteo.co.me/index.php>)

ni sa savremenom italijanskom sortom Svevo koja vodi porijeklo od CIMMYT selekcija i sorte Zenit, a registrovana je 1996. godine (Xynias i sar., 2020).

Nakon ovih istraživanja, vjerovatnoća da su tetraploidne pšenice na Balkansko poluostrvo, kako to navodi i Pavićević (1974), dospjele pomorskim putevima iz Turske (preko Grčke), vjerovatno na prelazu iz Stare u Novu Eru, postaje još izvjesnija. Mogućnost da su na ove prostore dospjele kopnom iz Grčke, preko Makedonije i Srbije, manje je vjerovatna jer su im na tom putu, osim masivnih planinskih vijenaca, često stajale i druge istorijske prepreke.

### ***Analiza genotipova nakon SNP imputacije***

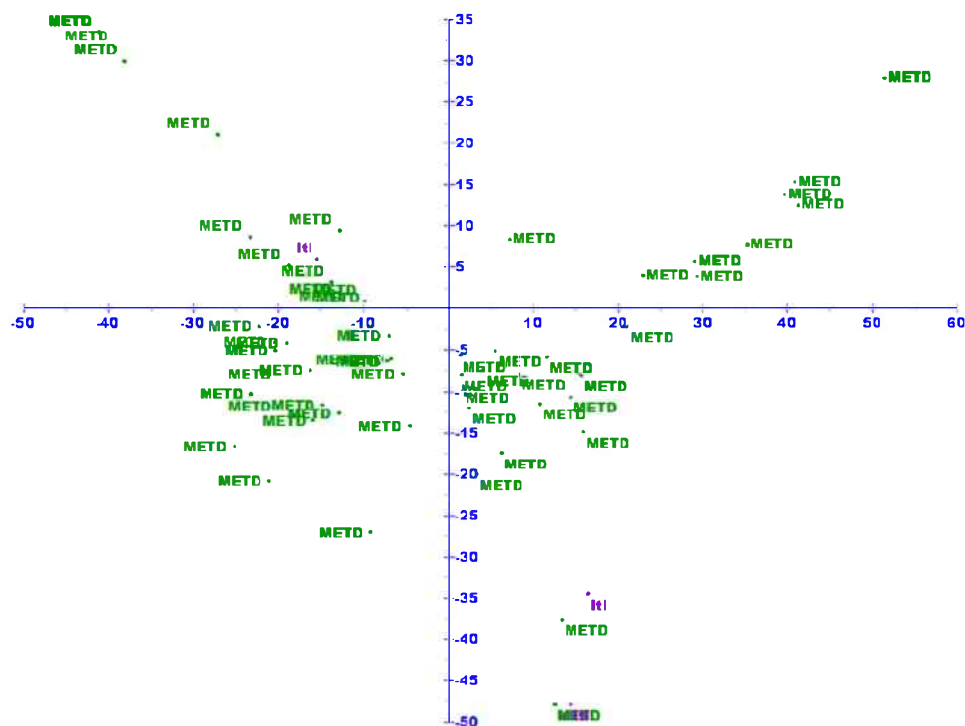
Nakon imputacije SNP-ova, diskriminativnom analizom glavnih komponenti, tri italijanska genotipa Russello, Capelli i Taganrog su se grupisala odvojeno, dok je ovom analizom sorta Svevo bila genetički bliska većem broju crnogorskih genotipova (Graf. 40). Grbljanka sa crvenim klasom i osjem iz Kameničkog mosta (METD–17/01) se grupisala zajedno sa italijanskim sortama Capelli i Russello, dok je genotip rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Brajića (METD–18/04) identičan sa lokalnom italijanskom populacijom Taganrog.

Faktorijska analiza prve dvije glavne komponente u DARwin softveru, pokazuje veću genetičku sličnost italijanskih sorti sa *Triticum turgidum* ssp. *turgidum* (Graf. 41). Genotipovi koji su botanički klasifikovani kao tvrda, odnosno *turgidum* pšenica, na osnovu analiza SNP markera nijesu formirala dva odvojena klastera.

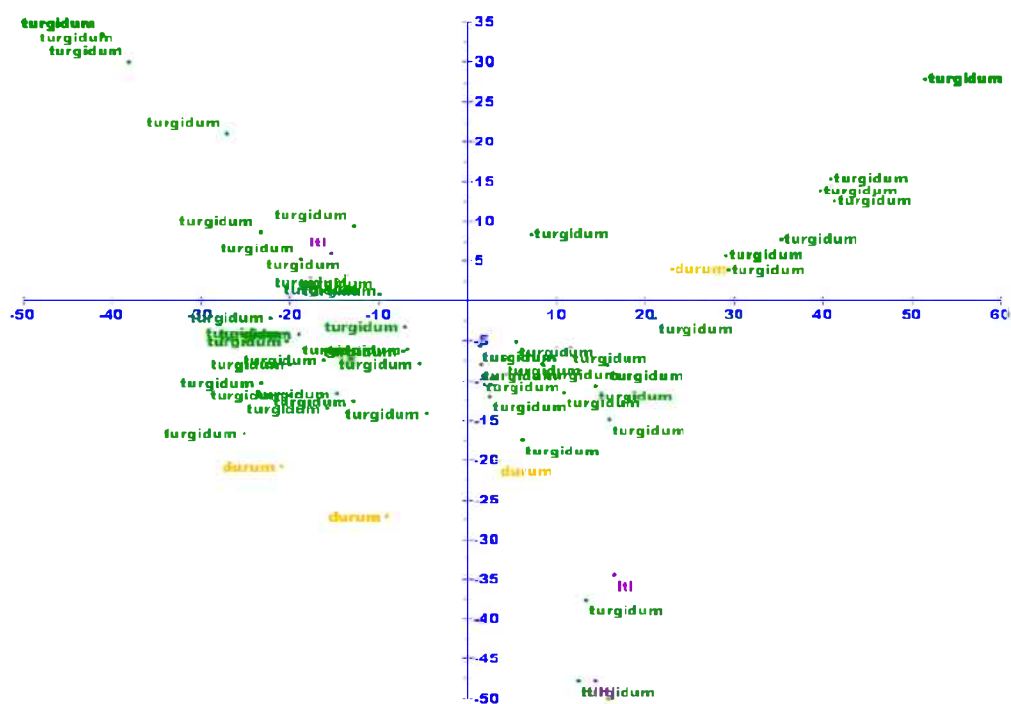
Ovom analizom uočeno je grupisanje genotipova porijeklom iz Bosne i Hercegovine, u gornjem lijevom kvadrantu i genotipova porijeklom iz okoline Ulcinja, u donjem lijevom kvadrantu (Graf. 42). Genotipovi iz Podgorice su dominantno grupisani zajedno, dok to nije slučaj sa genotipovima iz Danilovgrada. Ovaj podatak ukazuje na nesrodnost genotipova centralnog dijela Crne Gore.

Mapa grupisanja genotipova tetraploidne pšenice potvrđuje sličnost i formiranje pet različitih grupa (Fig. 11). Jedan klaster čine genotipovi iz Bosne i Hercegovine i Boke Kotorske (tamno plavi krug). Genotipovi iz Danilovgrada i Budve čine prilično neujednačen, drugi klaster (rozi krug). Genotipovi iz Ulcinja i Bara formiraju treći klaster, što je potvrdila i faktorijska klaster analiza (zeleni krug). Četvrti klaster formiraju genotipovi iz okoline Podgorice (svijetlo plavi krug), a posljednji peti klaster (žuti krug) zapravo čini samo jedan

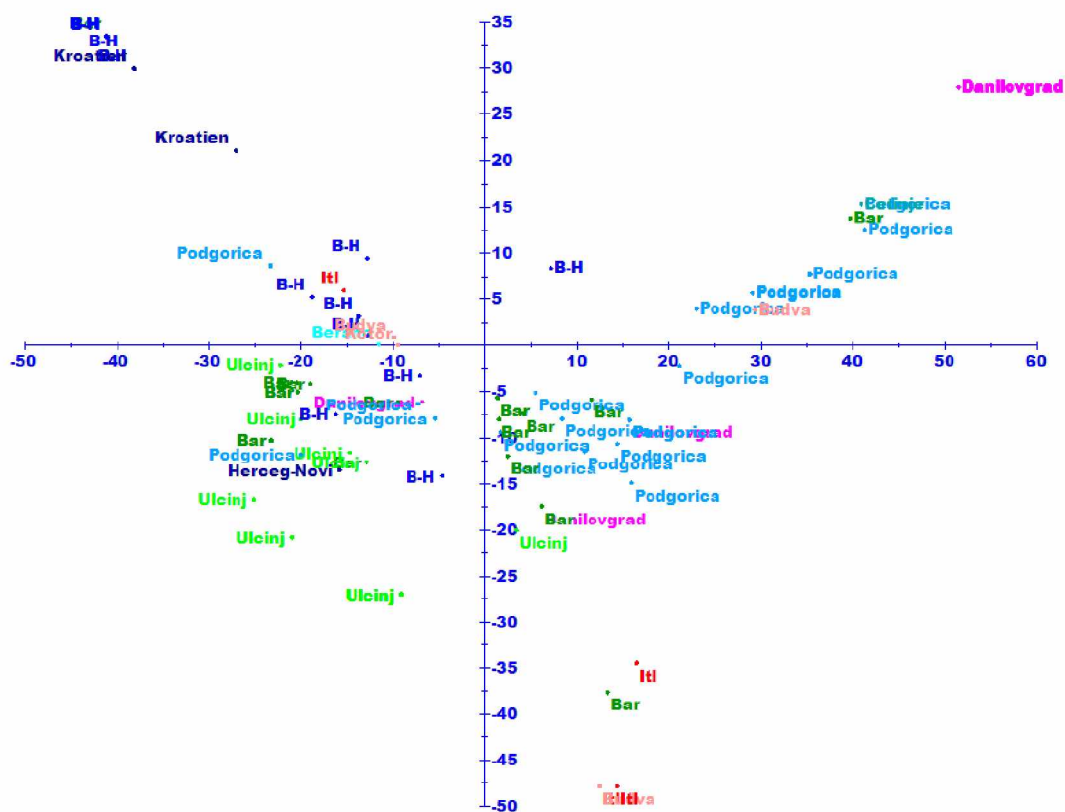
genotip METD–50/04 (rogosija sa smeđim osjem iz Police), pronađen na teritoriji opštine Berane.



Graf. 40. Faktorijska analiza genotipova crnogorske tetraploidne pšenice i četiri italijanska genotipa



Graf. 41. Razdvajanje genotipova na osnovu botaničke pripadnosti (*Triticum turgidum* ssp. *turgidum* i *Triticum turgidum* ssp. *durum*)



Graf. 41. Faktorijska analiza genotipova na osnovu lokaliteta

Hijerarhijsko klasterisanje sa toplotnom mapom potvrđuje četiri klastera (Fig. 12). Prvu grupu čine italijaski genotipovi koji pokazuju međusobnu genetsku sličnost (grupa jedan). Sličnost sa crnogorskim genotipovima nije detektovana osim za genotip METD–18/04 i Taganrog. Drugi klaster formiraju dominantno genotipovi iz Bosne i Hercegovine (označen tamno plavo – grupa 2a). U trećem klasteru dominiraju genotipovi iz Bara i Ulcinja (označen zeleno – grupa 2b). Genotipovi iz Danilovgrada dominantno formiraju četvrtu grupu (označena svijetlo roze – grupa 3a) koja je filogenetski bliska genotipovima iz Podgorice koji formiraju posebnu grupu – 3b (označena svijetlo plavo). Na dendogramu se izdvojila i posebna grupa genotipova koju čine rogosija sa žutim klasom i osjem iz Čukovića (METD–27/02), rogosija sa bijelim klasom i crnim osjem iz Gornjih Seoca, Virpazar (METD–19/02), rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Tejana (METD–20/06) i rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Bečića (METD–34/03).



Fig. 11. Mapa sa oznakama pet klastera koje formiraju genotipovi tetraploidne pšenice

Filogenetsko stablo i faktorijska analiza genotipova nakon imputacije SNP-ova ukazuju na formiranje dva klastera tetraploidne pšenice: jednog, iz centralnog regiona koji čine genotipovi grupa 3a, 3b i 4 i koji su dominantno sakupljeni na lokalitetima Podgorica i Danilovgrad, i drugog, kojeg čine genotipovi koji pripadaju grupama 2a i 2b, a čiji genotipovi vode porijeklo sa Primorja i iz Bosne i Hercegovine (Fig. 13).

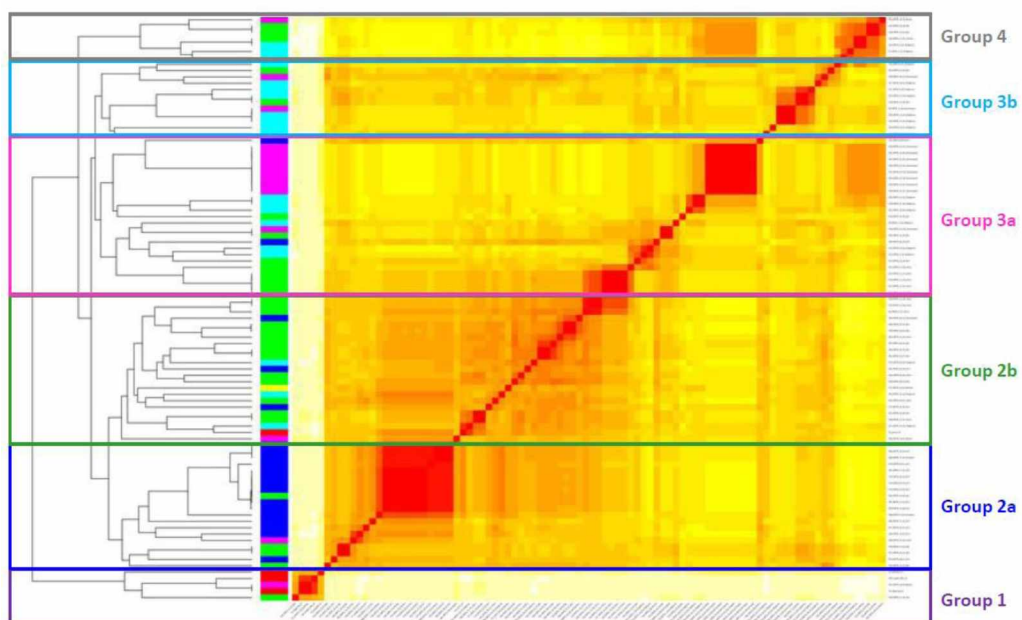


Fig. 12. Dendrogram sa toplotnom mapom. Grupisanje genotipova crnogorske i italijanske tetraploidne pšenice na osnovu hijerarhijskog klasterisanja

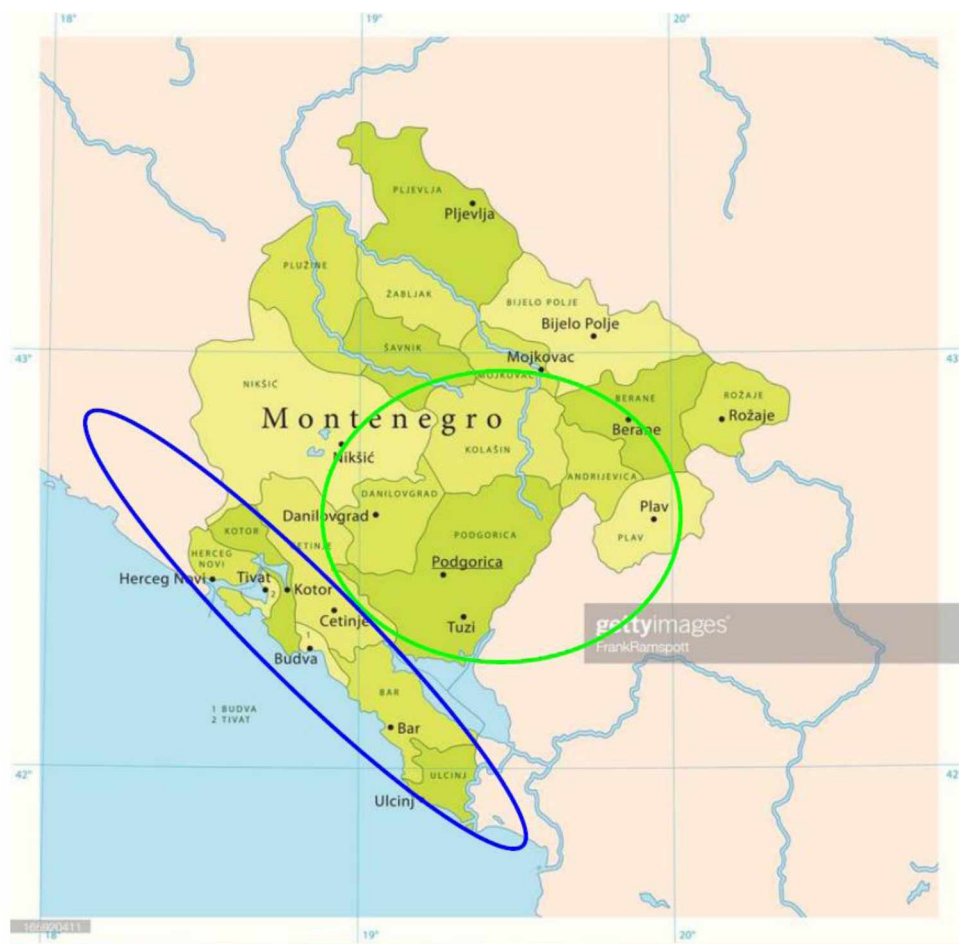


Fig. 13. Mapa genotipova tetraploidne pšenice nakon imputacije genotipova i filogenetske analize



## Klasifikacija CAPTP na osnovu primarne karakterizacije klasova

Prilikom botaničke klasifikacije, akademik Pavićević (1973) najviše se vodio strukturom endosperma zrna, kao i osobinama pljeva i pljevica. U tom smislu sve populacije golozrnih tetraploidnih pšenica ove zone koji imaju sasvim ili do  $\frac{3}{4}$  staklasta i tvrda, prozračna i izdužena zrna, izdužene pljeve prilično iste dužine kao i spoljašnje pljevice svrstane su u varijetet *T. durum* Desf., a populacije kod kojih je zrno sasvim ili do  $\frac{3}{4}$  brašnasto, meko i trošno, a pljeve kraće od spoljašnjih pljevica klasifikovane su kao varijetet *T. turgidum* L. Na osnovu ovih osobina, a posebno strukture zrna, on je sve populacije iz crnogorske kolekcije tetraploidnih pšenica svrstao u varijetet *T. durum* Desf. Međutim, kod nekih genotipova se nerijetko sreću i brašnasta zrna. Ova pojava je zabilježena u sličnim geografsko – ekološkim uslovima južne Italije (Pavićević, 1973).

Snažne, moćne i visoke biljke sa čvrstim stablom i veoma izraženim prstenastim nodijima bez malja, intenzivno zelene boje lišća i krupnih, dugačkih, ujednačenih, cilindričnih, dobro ozrnjenih klasova, dugog i čvrstog osja Pavićević determiniše kao podvrstu *expansum* Vav. Dalje, analizirajući neka druga obilježja, kao što su prisustvo ili odsustvo malja na klasovima, boju klasova, boju osja i zrna, on forme bijelih klasova bez malja i bijelih zrna i osja svrstava u varijetet *leucurum* Al., a forme bijelih klasova bez malja i bijelih zrna i crnog osja u varijetet *leucomelin* Al. Pšenice crnih klasova bez malja na bijeloj osnovi, bijelih zrna i crnog osja klasifikuje kao varijetet *albo-provinciale* Flaksb., a one sa crvenim klasovima bez malja, bijelih zrna i crvenog osja kao *hordeiforme* Korn. Populacije sa crvenim klasovima bez malja, bijelog zrna i crnog osja Pavićević je svrstao u varijetet *erythromelan* Korn., i na kraju, one sa crnim klasovima na crvenoj osnovi, bez malja, bijelih zrna i crnog osja u varijetet *provinciale* Al.

Nakon preliminarne klasifikacije u Sveruskom istraživačkom institutu za biljnu proizvodnju N. I. Vavilov koja pripada klasifikaciji roda *Triticum* po Dorofeevu (1979) (Tab. 17), samo četiri CAPTP pripadaju vrsti *Triticum turgidum* ssp. *durum* i to: rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Klezne, Ulcinj (METD–11), rogosija sa bijelim osjem iz Spinja, Tuzi (METD–8), rogosija sa bijelim klasom i crnim osjem iz Gornjih Seoca, Virpazar (METD–19) i rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Pečurica (Bar) (METD–44). Sve ostale CAPTP pripadaju vrsti *Triticum turgidum* ssp. *turgidum*.



Do ovog zaključka došlo se na osnovu glavnih karakteristika *Triticum turgidum* i razlika u odnosu na *Triticum durum*, a to su: pljeve klasića konveksne i kraće od cvjetnih pljeva, glavna bočna vena lista jasno izražena; vrh pljeve jasno definisan i kratak, u osnovi klasića guste dlačice, zrno je široko, ovalno, oblo i brašnasto. *Triticum turgidum* premašuje *Triticum durum* po veličini klasja, broju klasića po klasu i visini biljke (Dorofeev i sar., 1979).

Tab. 17. Klasifikacija CAPTP u Sveruskom istraživačkom institutu za biljnu proizvodnju N. I. Vavilov koja pripada klasifikaciji roda *Triticum* po Dorofeevom (1979)

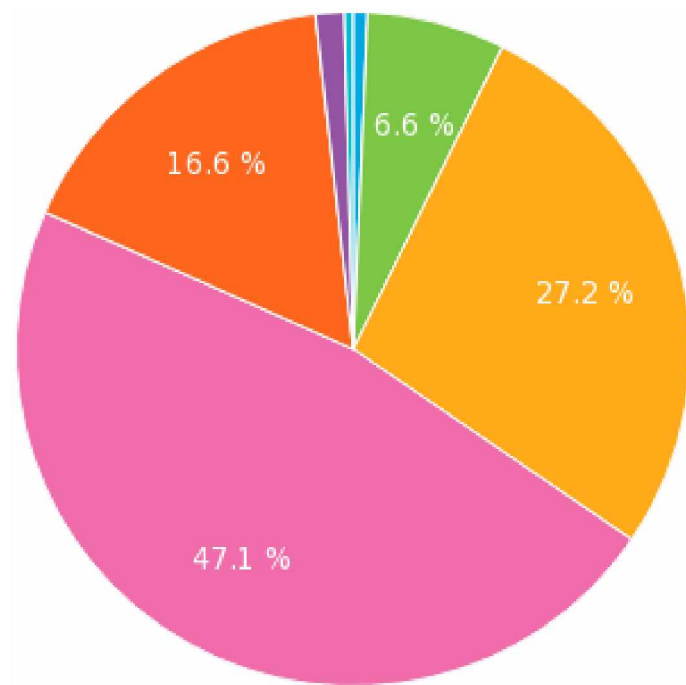
CAPTP prema botaničkoj klasifikaciji				
METD-1	METD-2	METD-3	METD-4	METD-5
METD-6	METD-7	METD-8	METD-9	METD-10
METD-11	METD-12	METD-13	METD-14	METD-15
METD-16	METD-17	METD-18	METD-19	METD-20
METD-21	METD-22	METD-23	METD-24	METD-25
METD-26	METD-27	METD-28	METD-29	METD-30
METD-31	METD-32	METD-33	METD-34	METD-35
METD-36	METD-37	METD-38	METD-39	METD-40
METD-41	METD-42	METD-43	METD-44	METD-45
METD-46	METD-47	METD-48	METD-49	METD-50
METD-51	METD-52	METD-53	METD-54	METD-55
METD-56	METD-57	METD-58	METD-59	METD-60
METD-61	METD-62	METD-63	METD-64	METD-65
METD-66	METD-67	METD-68	METD-69	METD-70
METD-71	METD-72	METD-73	METD-74	METD-75
METD-76	METD-77	METD-78	METD-79	METD-80

CAPTP klasifikovane kao *Triticum turgidum* ssp. *durum* označene su plavim poljima; ostale CAPTP pripadaju vrsti *Triticum turgidum* ssp. *turgidum*

## Rezultati upitnika o tradicionalnim sortama poljoprivrednog bilja

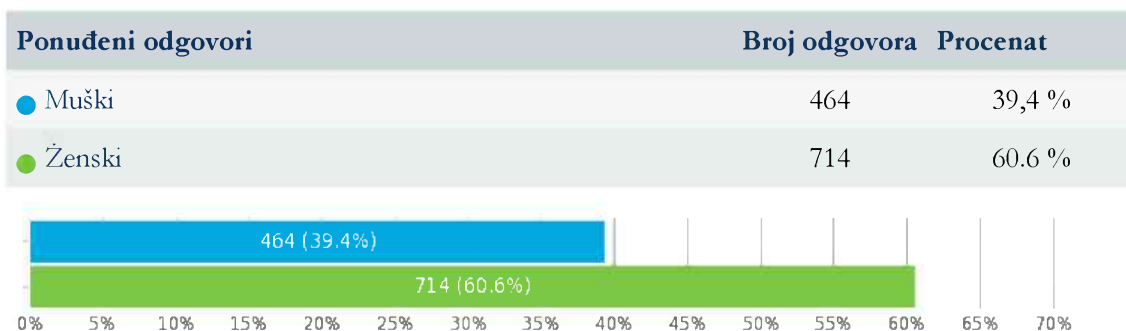
Upitnik o tradicionalnim sortama poljoprivrednog bilja bio je dostupan javnosti 39 dana, u periodu od 24. februara do 2. aprila 2020. godine. Većina ispitanika je odgovorila na upitnik u roku od 5–10 min (47,1% ispitanika) (Graf. 43). U studiji je učestvovalo 1.178 ispitanika.

<1 min. (0.7 %); 1–2 min. (6.6 %); 2–5 min. (27.2 %); 5–10 min. (47.1 %); 10–30 min. (16.6 %); 30–60 min. (1.4 %); >60 min. (0.4 %)



Graf. 43. Prosječno vrijeme popunjavanja upitnika

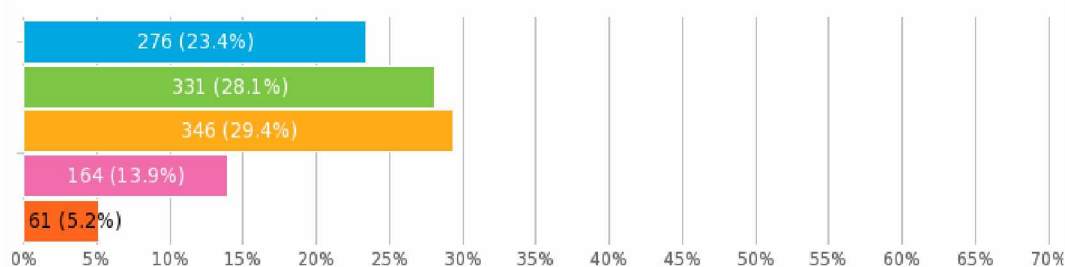
Od 1.178 ispitanika, 714 odnosno 60,6% je bilo ženskog pola, dok je 464, odnosno 39,4% bilo muškog pola (Graf. 44).



Graf. 44. Pol ispitanika

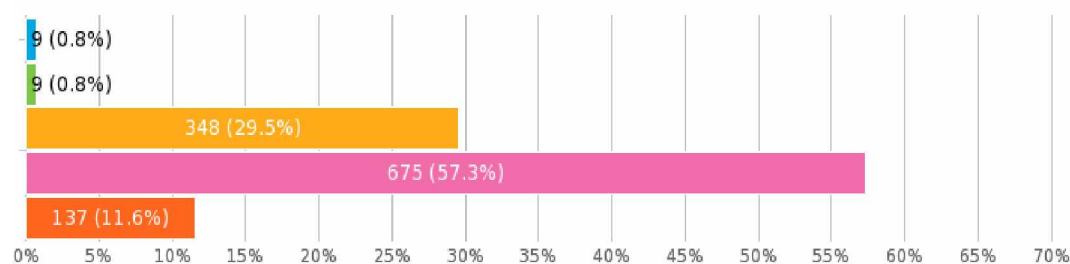
Najveći broj ispitanika bio je starosti od 35 do 44 godine (29,4%), a zatim slijede: od 25 do 34 (28,1%), 18 do 24 (23,4%), 45 do 54 (13,9%), dok je najmanji broj ispitanika bio iznad 55 godina starosti (5,2%) (Graf. 45).

Ponuđeni odgovori	Broj odgovora	Procenat
● 18–24	276	23,4 %
● 25–34	331	28,1 %
● 35–44	346	29,4 %
● 45–54	164	13,9 %
● 55 i više	61	5,2 %



Graf. 45. Starosna dob ispitanika

Ponuđeni odgovori	Broj odgovora	Procenat
● bez formalnog obrazovanja	9	0,8 %
● osnovna škola	9	0,8 %
● srednja škola	348	29,5 %
● fakultet	675	57,3 %
● magistar ili doktor nauka	137	11,6 %



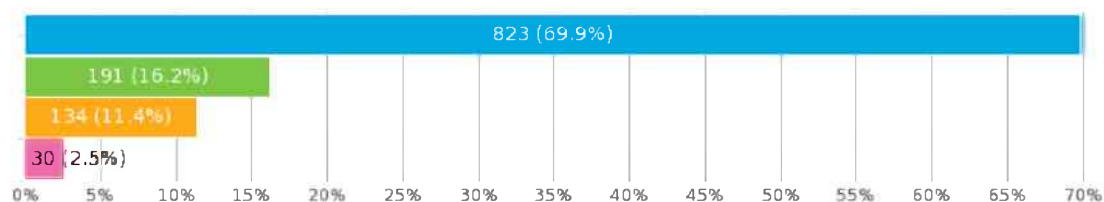
Grafik 46. Nivo obrazovanja ispitanika

Visok stepen obrazovanja bio je najzastupljeniji kod ispitanika (fakultet – 57,3%, a zvanje magistar ili doktor nauka 11,6%), potom srednje obrazovanje (29,5%), dok je bez

formalnog ili sa osnovnim obrazovanjem bilo po 0,8% (Graf. 46). Gotovo 70% anketiranih imalo je redovan posao, 16,2% su bili studenti, dok je 11,4% bilo nezaposleno. Udio penzionera u ukupnom broju ispitanika iznosio je 2,5% (Graf. 47).

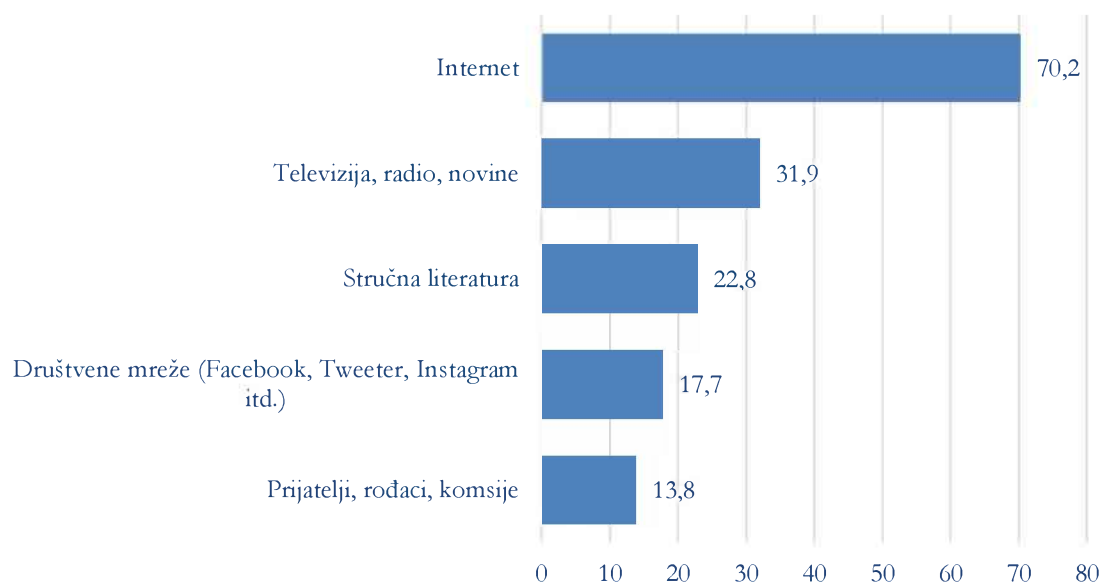
Najveći broj ispitanika se informiše o genetički modifikovanoj hrani, odnosno genetički modifikovanim organizmima (*Genetically modified organisms* – GMO) i o zdravoj hrani putem interneta – 70,2% (Graf. 48). Blizu trećine ispitanika je izjavilo je da se o hrani informiše putem medija (televizije, radija ili novina), dok blizu četvrtine ispitanika odgovore o genetičkoj modifikovanoj hrani i zdravoj hrani traži u stručnoj literaturi (22,8%). Informisanje o navedenim vrstama hrane je najrjeđe preko društvenih mreža i prijatelja, komšija i rođaka. Ovi rezultati mogu poslužiti kao važna osnova za definisanje daljih koraka u pravcu povećanja svijesti i informisanosti stanovništva o genetički modifikovanoj hrani i zdravoj hrani.

Ponuđeni odgovori	Broj odgovora	Procenat
● redovan posao (puno radno vrijeme ili nepuno radno vrijeme)	823	69,9 %
● student	191	16,2 %
● nezaposlen	134	11,4 %
● penzioner	30	2,5 %

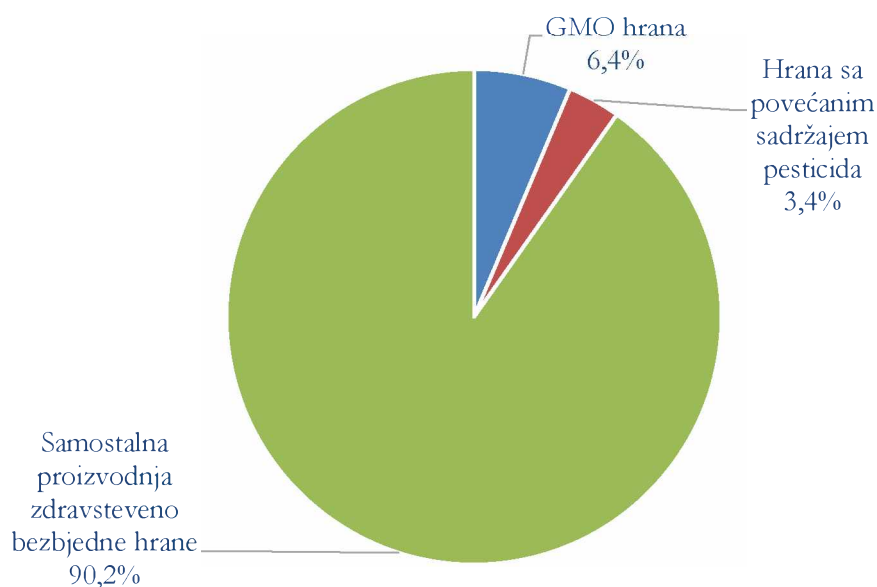


Graf. 47. Zanimanje ispitanika

Sa stanovništa ekonomske aktivnosti, informisanje putem interneta je značajno zastupljenije kod nezaposlenih, zaposlenih i studenata u odnosu na penzionere, dok je sa druge strane informisanje iz stručne literature, ali i prikupljanje informacija od rođaka, prijatelja i komšija zastupljenije kod penzionera u odnosu na ostale kategorije. Dodatno, starija populacija se češće informiše putem stručne literature i televizije, radija i novina u odnosu na mlađu populaciju.



Graf. 48. Način informisanja o genetički modifikovanoj hrani i zdravoj hrani

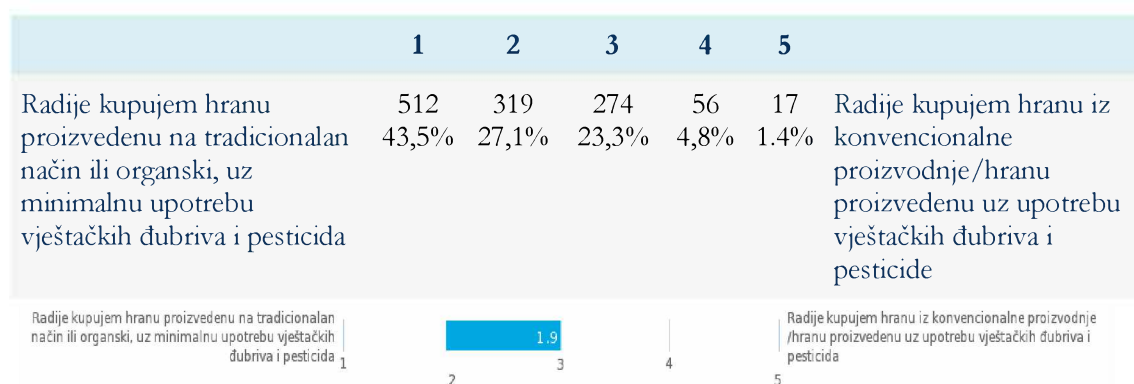


Graf. 49. Izbor određene vrste hrane

Ukoliko bi morali da biraju, 90,2% ispitanika bi izabrali hranu koju bi samostalno proizvodili u odnosu na GMO hranu ili hranu u kojoj se nalaze povećane rezidue pesticida. GMO hranu bi biralo 6,4% ispitanika, dok bi hranu sa povećanim ostacima pesticida izabralo 3,4% ispitanika (Graf. 49). Posmatrano po stepenu obrazovanja, veća orijentisanost ispitanika na GMO hranu zabilježena je kod ispitanika bez formalnog obrazovanja ili sa završenom osnovnom školom. Naime, od ukupnog broja ispitanika bez formalnog obrazovanja, njih 28,6% bi izabralo GMO hranu u odnosu na druge oblike ishrane, dok je taj procenat kod

ispitanika sa završenom osnovnom školom na nivou od 22,2%. Sa druge strane, ovaj odgovor kod ostalih ispitanika (sa završenom srednjom školom ili fakultetom) je znatno rjeđi i iznosi 7,1% odnosno 5,6%.

Prilikom izbora hrane između dva ekstrema: *radije kupujem hranu proizvedenu na tradicionalan način ili organski, uz minimalnu upotrebu vještačkih đubriva i pesticida*, označen sa jedan i *radije kupujem hranu iz konvencionalne proizvodnje/hranu proizvedenu uz upotrebu vještačkih đubriva i pesticida*, označen sa pet, 43,5% ispitanika je izabralo tradicionalne načine proizvodnje, 27,1% je umjereno preferiralo ove proizvode, a 23,3% je bilo neutralno. Hranu iz konvencionalne proizvodnje odabralo je samo 1,4%, a umjerenu sklonost ka kupovini ovih proizvoda pokazalo je 4,8% anketiranih (Graf. 50). Prosječna ocjena preferenci ispitanika iznosila je 1,93, što ukazuje da ispitanici radije kupuju hranu proizvedenu na tradicionalan način ili organsku hranu u odnosu na hranu iz konvencionalne proizvodnje.

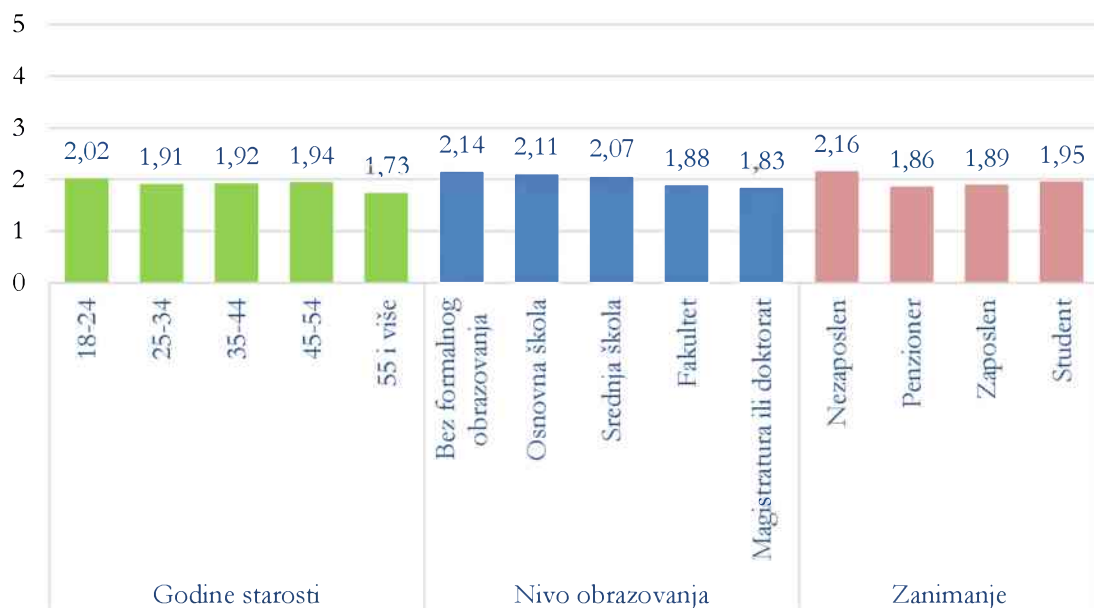


Graf. 50. Ocjene preferenci ispitanika pri izboru hrane

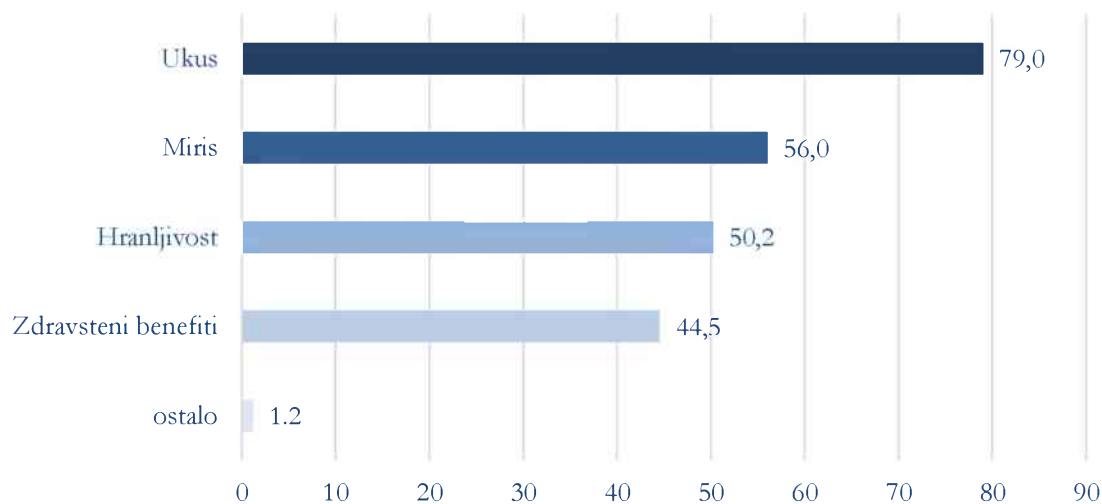
Posmatrano sa stanovišta starosti, prosječna ocjena prilikom izbora hrane je najveća kod ispitanika starosti od 18 – 24, dok je najmanja kod ispitanika starijih od 55 godina (1,73 na skali od 1 do 5). Ispitanici sa višim nivoom obrazovanja dali su niže ocjene u odnosu na one sa nižim nivoom obrazovanja. Neznatne razlike se uočavaju između nezaposlenih koji su dali najveću prosječnu ocjenu (2,16) i penzionera (1,86) koji radije kupuju hranu proizvedenu na tradicionalan način ili organsku hranu (Graf. 51).

Ispitanici koji su nekad konzumirali proizvode od lokalnih sorti, kao što su hljeb, kačamak, peciva, sokovi ili džemovi su u najvećem procentu izdvojili ukus kao bitnu karakteristiku ove grupe proizvoda (79%), dok je nešto više od polovine ispitanika (56%) označilo miris kao posebnu karakteristiku. Svaki drugi ispitanik je kao posebnu karakteristiku označio hranljivost proizvoda, dok 44,5% ispitanika kao posebnu karakteristiku proizvoda

proizvedenih od lokalnih sorti vidi zdravstvene benefite (liječenje bolesti, tradicionalni recepti za prehladu, bolesti varenja i drugo) (Graf. 52).



Graf. 51. Prosječne ocjene preferencija ispitanika sa stanovišta različitih kategorija pri odabiru tradicionalno proizvedene/organske hrane i hrane iz konvencionalne proizvodnje

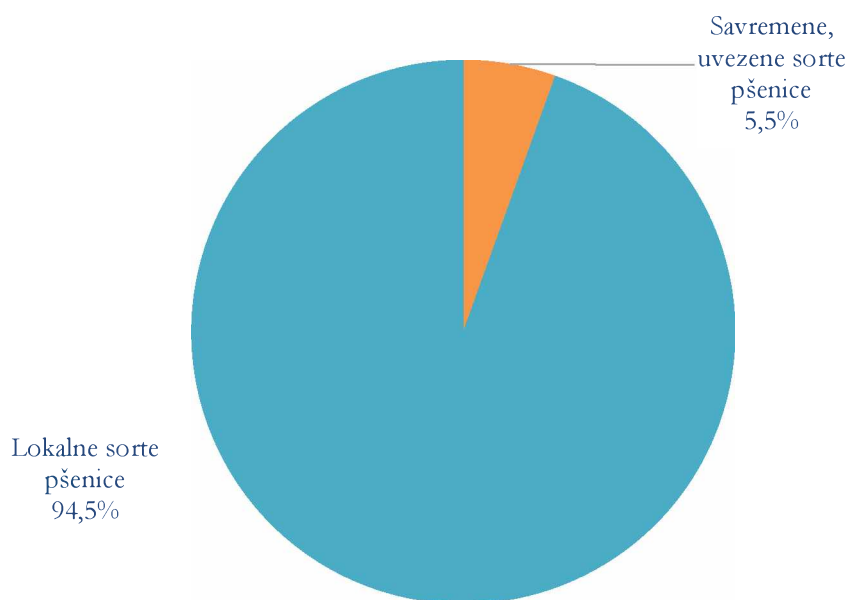


Graf. 52. Posebna karakteristika proizvoda od lokalnih sorti

Posmatrano sa stanovišta pola, muškarci su češće označavali ukus i miris kao posebne karakteristike proizvoda od lokalnih sorti u odnosu na žene (81,3% i 59,4% naspram 77,5% i 53,7%), dok su sa druge strane žene veći primat dale hranljivosti i zdravstvenim benefitima (52% i 47% naspram 47,5% i 40,6%).



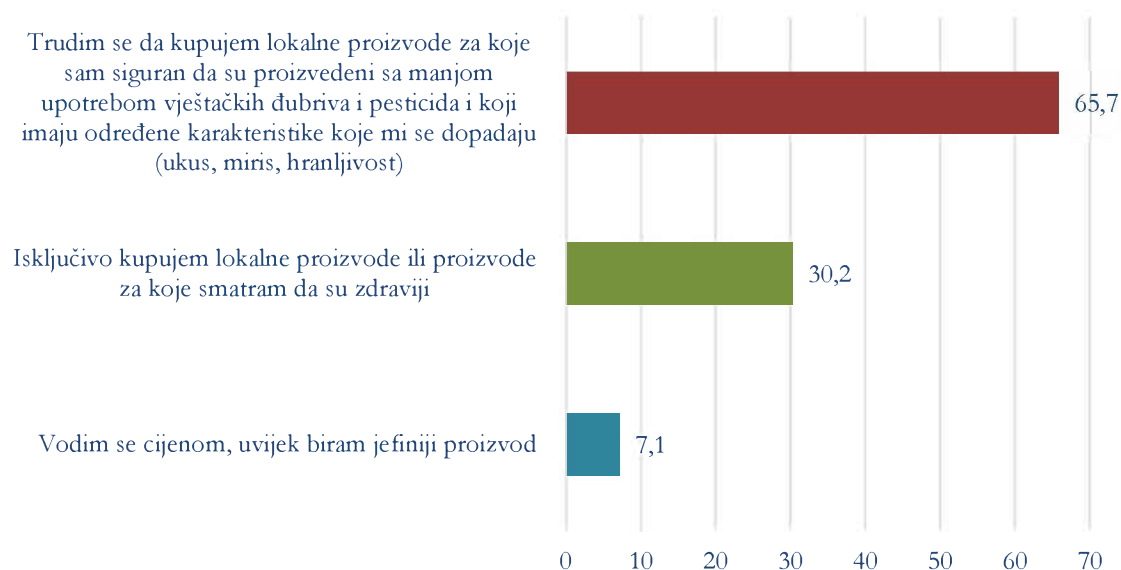
Od ukupnog broja ispitanika, čak 94,5% je izjavilo da bi radije kupilo hljeb koji je proizveden od lokalne sorte pšenice nego od savremene, uvezene sorte (Graf. 53). Posmatrano po nivou obrazovanja, ispitanici sa nižim obrazovanjem su veći značaj dali savremenim, uvezenim sortama pšenice u odnosu na one sa visokim obrazovanjem. Od ukupnog broja ispitanika bez formalnog obrazovanja, 28,6% je odgovorilo da bi radije kupilo hljeb od savremene uvezene sorte pšenice u odnosu na lokalne sorte, dok je taj procenat kod ispitanika sa završenom osnovnom školom na nivou od 22,2%. Broj ispitanika sa visokim obrazovanjem koji bi radije kupili hljeb koji je proizveden od savremene uvezene sorte pšenice bio je značajno manji (4,7% ispitanika sa završenim fakultetom i 2,4% ispitanika sa magistraturom i/ili doktoratom). Razlike u odgovorima postoje posmatrano i sa stanovišta radne angažovanosti. Od ukupnog broja ispitanika koji su nezaposleni, 88,4% bi radije kupilo hljeb proizveden od lokalne sorte pšenice, dok je nešto niži procenat zabilježen kod grupe penzionera (90,5%). Sa druge strane, od ukupnog broja zaposlenih, 96,3% bi radije kupilo hljeb od lokalne sorte pšenice.



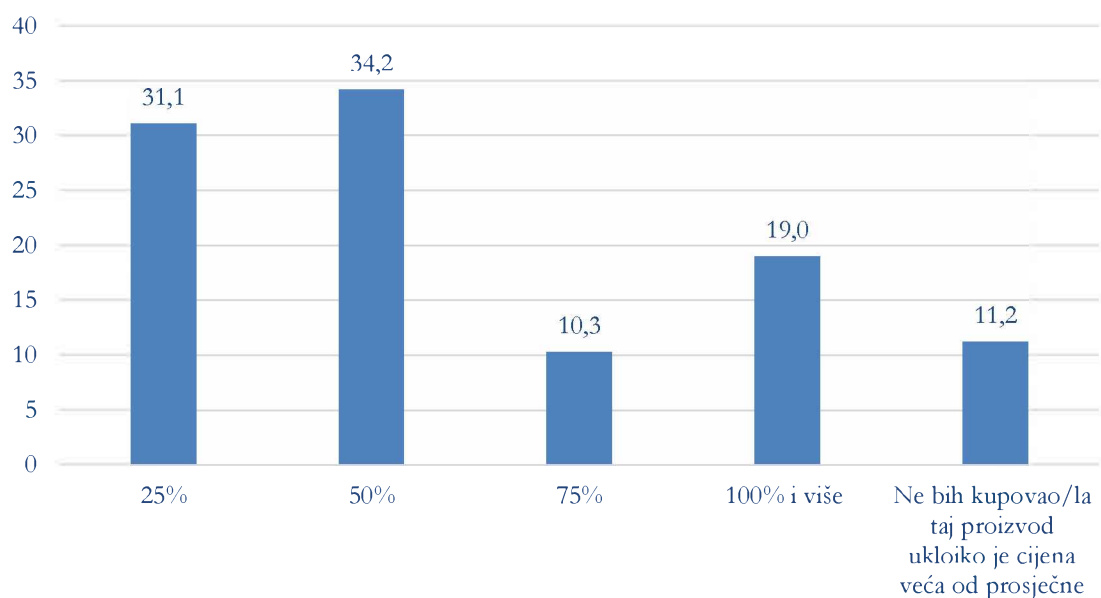
Graf. 53. Da li bi radije kupili hljeb proizveden od lokalne sorte pšenice ili od savremene, uvezene sorte pšenice?

Od ukupnog broja ispitanika, blizu dvije trećine ima intenciju kupovine lokalnih proizvoda za koje imaju saznanje da su proizvedeni sa manjom upotrebom vještačkih đubriva i pesticida i koji imaju određene specifične karakteristike kao što su: ukus, miris i hranljivost (65,7%). Sa druge strane, njih 30,2% je izjavilo da isključivo kupuje lokalne proizvode ili

proizvode za koje smatraju da su zdraviji. Cijena predstavlja najmanje važan kriterijum prilikom kupovine, odnosno odabira hrane. Od ukupnog broja ispitanika, samo 7,1% se vodi cijenom, odnosno uvijek kupuje jeftinije proizvode (Graf. 54).



Graf. 54. Prilikom kupovine kojim se kriterijumima vodite?

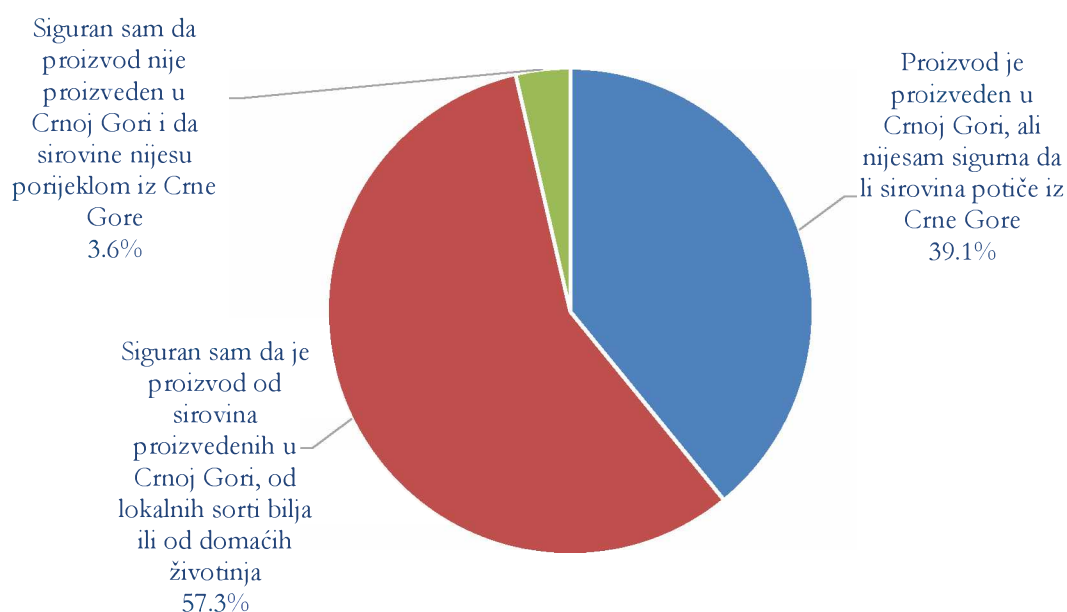


Graf. 55. Spremnost ispitanika da više plate brašno, hljeb i ostale proizvode proizvedene od lokalnih sorti

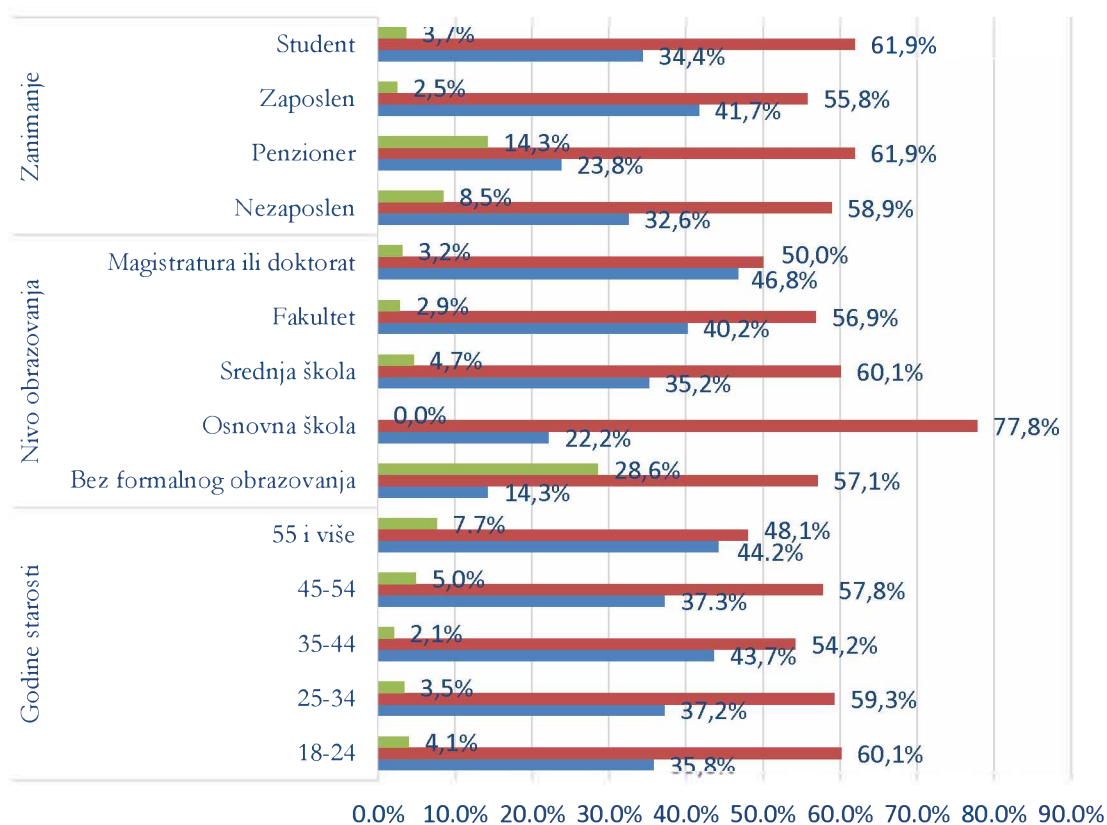
Najmanji procenat anketiranih bi za brašno, hljeb i ostale proizvode od lokalnih sorti platio 75% više od cijene konvencionalnih proizvoda, dok 11,2% nije spremno da izdvoji veću sumu novca za njihovu kupovinu. Duplo veću cijenu bi platilo 18,9% ispitanika, 25%

veću njih 31,2%, dok bi 34,4% bilo spremno da plati 50% više od cijene konvencionalnih proizvoda (Graf. 55). Od ukupnog broja ispitanika koji ne bi kupili proizvod čija je cijena veća od prosječne, veće učešće imaju ispitanici stariji od 45 godina. Takođe, ovaj stav je značajno prisutniji kod penzionera (33,3%), u odnosu na druge kategorije stanovništva.

Danas je na tržištu dostupan veliki broj proizvoda sa oznakama “lokalni”, “tradicionalni” ili “domaći” proizvod. U Crnoj Gori je na snazi Zakon o šemama kvaliteta poljoprivrednih i prehrambenih proizvoda (Službeni list Crne Gore br. 22/2017 od 3. aprila 2017. godine). Ovim zakonom uređuju se oznake porijekla, geografske oznake i oznake garantovano tradicionalnih specijaliteta poljoprivrednih i prehrambenih proizvoda, način i uslovi za registraciju, ocjenjivanje usaglašenosti, kao i druga pitanja od značaja za njihovo označavanje. Oznaka porijekla je naziv regiona, određenog mjesta ili države, koji se koristi za označavanje poljoprivrednog ili prehrambenog proizvoda koji potiče iz te oblasti, a čiji su kvalitet ili karakteristike isključivo ili bitno uslovljene prirodnim i ljudskim faktorima te geografske sredine i čija se proizvodnja, prerada i priprema odvija na određenom geografskom području. Geografska oznaka je naziv regiona, određenog mjesta ili države koji se koristi za označavanje poljoprivrednog ili prehrambenog proizvoda koji potiče iz te oblasti koji ima specifičan kvalitet, reputaciju ili druge karakteristike koje se mogu pripisati njegovom geografskom porijeklu i čija se proizvodnja, prerada ili priprema odvija u određenom geografskom području.

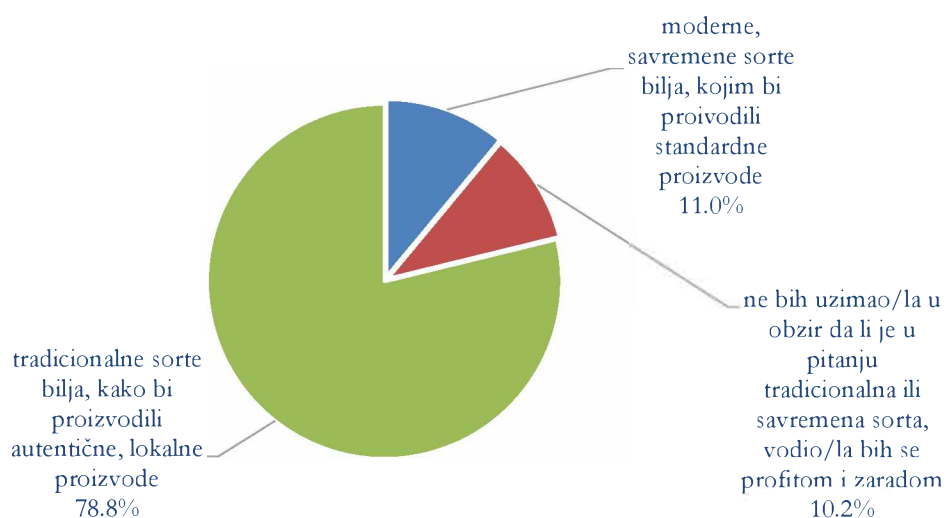


Graf. 56. Značenje oznake "lokalni/domaći proizvod"



- Siguran sam da proizvod nije proizveden u Crnoj Gori i da sirovine nijesu porijeklom iz Crne Gore
- Siguran sam da je proizvod od sirovina proizvedenih u Crnoj Gori, od lokalnih sorti bilja ili od domaćih životinja
- Proizvod je proizveden u Crnoj Gori, ali nijesam sigurna da li sirovina potiče iz Crne Gore

Graf. 57. Značenje izraza “lokalni/domaći proizvod” za različite kategorije ispitanika



Graf. 58. Odabir sorti i sistema proizvodnje u slučaju da se ispitanik odluči baviti poljoprivrednom proizvodnjom

Manji broj ispitanika (3,6%) izražava sumnju, te smatra da proizvod sa oznakom “lokalni/domaći” nije proizveden u Crnoj Gori. Određeni broj ispitanika (38,9%) smatra da ova oznaka znači da je proizvod proizveden u Crnoj Gori, ali moguće je da sirovine ne potiču iz Crne Gore. Najveći procenat (57,4%) smatra da je proizvod od sirovina proizvedenih u Crnoj Gori, od lokalnih sorti bilja ili od domaćih životinja (Graf. 56).

Najveća sigurnost u termin “lokalni/domaći proizvod” je uočena kod studenata i penzionera, ali i kod mlađe populacije (18–24 godine) i ispitanika koji imaju završenu osnovnu školu. Sa druge strane, najveća sumnjičavost je uočena kod zaposlenih, osoba sa magistraturom ili doktoratom, kao i kod starije populacije (Graf. 57).

U slučaju da se bave poljoprivrednom proizvodnjom, ispitanici su vrlo pozitivno ocijenili proizvodnju korišćenjem tradicionalnih sorti bilja, kako bi proizvodili autentične, lokalne proizvode (78,5%) (Graf. 58). Ovakvi stavovi ohrabruju kada je riječ i potencijalnoj reintrodukciji autohtonih sorti. Sa druge strane, 11% ispitanika bi koristilo moderne, savremene sorte bilja, kojima bi proizvodili standardne proizvode, dok nešto manji procenat, 10,2%, ne bi uzimao u obzir da li je u pitanju tradicionalna ili savremena sorta, već bi se isključivo vodio profitom.

Zarada je kriterijum prisutniji kod muškaraca, nego kod žena (13,4% naspram 8,0%). Profit i zarada je zastupljeniji stav kod nezaposlenih i penzionera u odnosu na studente i zaposlene.

## Zaključci

- Od ukupno 125 CAPTP iz Crnogorske banke biljnih gena, u trenutku početka istraživanja 2018. godine preostalo je 70% kolekcije (89 CAPTP). Loša energija klijanja sjemena, fuzarioza i virus žute patuljavosti ječma uticali su na slabiju regeneraciju CAPTP iz Crnogorske banke biljnih gena i smanjenje broja CAPTP od početnih 125 na 80 koji su korišćeni u molekularnim analizama.
- Diferenciranje 389 genotipova od 80 CAPTP morfološkom analizom ukazuje na veliku fenotipsku varijabilnost crnogorskih populacija tetraploidne pšenice, kao i to da su u pitanju populacije sastavljene od velikog broja različitih genotipova.
- Nepodudarnosti između genotipova koji pripadaju istim grupama i klasa dobijenih aglomerativnom hijerarhijskom klaster analizom morfoloških osobina ukazuje na to je raspored CAPTP rađen na osnovu vremena njihovog prikupljanja, a ne prema zajedničkim osobinama ili genetičkoj bliskosti/sličnosti.
- Genotipovi iz grupe VII, koji potiču iz oblasti između Dubrovnika i Herceg Novog i sjeverno do Trebinja, u klaster analizi grupisali su se u jednu klasu, što ukazuje na veliku morfološku sličnost i vjerovatno bliske ili identične varijetete, a što je posljedica i relativno malog prostora na kojem su sakupljeni.
- Najveća vrijednost normalizovanog Šenonvog indeksa izmjerena je za osobine širina ramena donje pljeve, varijetet i učestalost biljaka sa povijenim zastavičarom, što ukazuje da za ove osobine nije postojao veliki selekcionni pritisak faktora spoljašnje sredine ili čovjeka.
- Sve osobine donje pljeve imaju relativno visok Šenonov indeks, što je očekivano, jer nijesu lako uočljive, a i selekcija pod uticajem čovjeka se isključuje.
- Osobine koje su lako uočljive (oblik i dužina klasa, ispunjenost poprečnog presjeka stabla i dužina osja) imaju manju varijabilnost, što ukazuje na uticaj spoljašnje sredine i selekcije od strane proizvođača koji su uticali na veću zastupljenost genotipova piramidalnog klasa srednje dužine, srednje ispunjenosti poprečnog presjeka stabla i dugog osja.
- Veoma visoke biljke svih CAPTP ukazuju na činjenicu da ove populacije nemaju *Rht* gen i da su introdukovane prije početka Zelene revolucije.

- Primjena višestruke korespondentne analize nije uspjela jasno da razdvoji proučavane genotipove na osnovu analiziranih morfoloških varijabli, što ukazuje na veliku sličnost genotipova i zajedničko porijeklo svih CAPTP.
- Varijable koje doprinose jasnijem grupisanju genotipova višestrukom korespondentnom analizom su pepeljasta navlaka na klasu, visina u centimetrima, dužina osja, pepeljasta navlaka na listu zastavičaru, dužina vrha donje pljeve, varijetet i oblik ramena donje pljeve.
- MCA metoda izdvojila je samo genotipove koji pripadaju CAPTP METD–11, rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Klezne i njima bliskih sedam genotiova u oviru CAPTP METD–43, rogosija sa crvenim klasom i mrkim osjem iz Tuđemila, koji formiraju poseban klaster. MCA metodom došlo je i do izdvajanja CAPTP METD–5, rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Spinje.
- Od proučavanih 389 genotipova, 27 je bilo identično za sve praćene osobine. Kod 24 para riječ je o podudarnosti genotipova koji pripadaju istoj CAPTP, dok je u samo tri slučaja došlo je do podudaranja svih mjerenih osobina između različitih CAPTP.
- Analize genotipova na osnovu morfoloških osobina sa ciljem ocjene mogućih evolutivnih promjena ukazuju na veliku heterogenost populacije. Razlog tome mogu biti i drugačiji agroekološki uslovi u Banjoj Luci u poređenju sa onim koji vladaju u lokalitetima njihovog sakupljanja, kao i to što su u ovim istraživanjima praćene morfološke osobine koje su dominantno kvantitativne ili pseudokvalitativne.
- Crnogorske genotipove karakteriše veći broj polimorfnih markera u odnosu na italijanske, što ukazuje na veću divergentnost populacije.
- PCA analiza i filogenetsko stablo jasno su izdvojili italijanske genotipove od crnogorskih, što je potvrda da crnogorski genotipovi ne vode porijeklo od italijanskih sorti osim rogosije sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Brajića (METD–18/04) koja je identične sa lokalnom italijanskom populacijom Taganrog.
- Dendrogram genotipova na osnovu molekularnih markera ukazuje na zajedničko porijeklo cjelokupne populacije, što je potvrđeno i analizom glavnih komponenti.
- Eliminacijom duplikata na osnovu matrice udaljenosti izdvojena je sržna kolekcija koju čini 60 genotipova.



- PCA i filogenetska analiza ukazuju na formiranje dva klastera: jedan u centralnoj zoni (okolina rijeke Bojane i Skadarskog jezera) i drugi u priobalnoj zoni (crnogorsko primorje i Hercegovina) u kojima vladaju različiti klimatski uslovi.
- Visoka genetska diferencija unutar klastera, a manja između klastera, ukazuje da je ovdje najvjerovatnije riječ o jednoj populaciji koja se vremenom diferencirala i prilagodila uslovima u Skadarskom basenu i Primorju.
- Na osnovu SNP markera veći diverzitet utvrđen je u populaciji Skadarskog basena, dok je u populaciji Primorja izmjeren veći broj privatnih alela. Informacije o diverzitetu populacija su izuzetno značajne za buduća molekularna ispitivanja, kao što su GWAS i MAS.
- Procesiranje SNP markera metodom imputacije rezultiralo je sa konačnih 6.933 SNP markera koji su analizom u toplotnoj mapi i primjenom faktorijske analize potvrdili formiranje dva klastera genotipova tetraploidne pšenice: jednog iz centralnog regiona (Podgorica i Danilovgrad) i drugog sastavljenog od genotipova porijeklom sa Primorja i iz Bosne i Hercegovine.
- Rezultati grupisanja genotipova primjenom različitih metoda (dendrogram, PCA, PCoA, AMOVA, toplotna mapa i faktorijska analiza) potvrđuju da su SNP markeri vrlo efikasni u analizi strukture populacije.
- Preliminarnom botaničkom klasifikacijom utvrđeno je da četiri CAPTP pripadaju vrsti *Triticum turgidum* ssp. *durum*, dok preostale populacije pripadaju vrsti *Triticum turgidum* ssp. *turgidum*.
- Ispitivanjem javnog mnjenja, potvrđena je negativna percepcija potrošača o GMO, pesticidima i intenzivnoj proizvodnji.
- Većina ispitanika ističe ukus kao najbitniju karakteristiku proizvoda od lokalnih sorti i radije bi izdvojili veću sumu novca za proizvode od lokalnih sorti ili bi se bavili samostalnom proizvodnjom. Ovakva informacija je prilično ohrabrujuća jer ukazuje na nove mogućnosti za održivo korišćenje ovih resursa.

## Literatura

- Acquaah, G. (2012): Principles of Plant Genetics Breeding. John Wiley & Sons.
- Aesomnuk, W., Ruengphayak, S., Ruanjaichon, V., Sreewongchai, T., Malumpong, C., Vanavichit, A., Toojinda, T., Wanchana, S., Arikrit, S. (2021): Estimation of the Genetic Diversity and Population Structure of Thailand's Rice Landraces Using SNP Markers. *Agronomy*, 11 (5): 995.
- Alemu, A., Feyissa, T., Letta, T., Abeyo, B. (2020): Genetic diversity and population structure analysis based on the high density SNP markers in Ethiopian durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum). *BMC genetics*, 21 (1): 1–12.
- Allen, R. (1999): Tracking the Agricultural Revolution in England. *The Economic History Review*, 52 (2): 209–235.
- Allen, R. (2016): The Nitrogen Hypothesis and the English Agricultural Revolution: A Biological Analysis. Cambridge University Press on Behalf of the Economic History Association, 68 (1): 182–210.
- Aktar-Uz-Zaman, M. D., Tuhina-Khatun, M. S. T., Hanafi, M. M., Sahebi, M. (2017): Genetic Analysis Of Rust Resistance Genes In Global Wheat Cultivars: an Overview. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 31 (3): 431–445.
- Andersen, J. R., Lübberstedt, T. (2003). Functional markers in plants. *Trends in plant science*, 8 (11): 554–560.
- Andelković, V., Jovović, Z., Pržulj, N. (2020): Značaj genetičke varijabilnosti divljih srodnika u oplemenjivanju gajenih biljaka. U: Pržulj, N., Trkulja, V. (urednici) *Od genetike i spoljne sredine do hrane*. Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske, Banja Luka, Monografija XLI: 91–126.
- Asouti, E. (2013): Evolution, History and the Origin of Agriculture: Rethinking the Neolithic (Plant) Economies of South–West Asia. *Levant*, 45 (2): 210–218.
- Azeez, M. A., Adubi, A. O., Durodola, F. A. (2018): Landraces and crop genetic improvement. In *Rediscovery of Landraces as a Resource for the Future*. IntechOpen.
- Babic, V., Nikolic, A., Andjelkovic, V., Kovacevic, D., Filipovic, M., Vasic, V., Mladenovic–Drinic, S. (2016): UPOV Morphological versus Molecular Markers for Maize Inbred Lines Variability Determination. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 76 (4): 417–426.
- Bálint, A. Kovács, F. G., Sutka, J. (2000): Origin and Taxonomy of Wheat in the Light of Recent Research. *Acta Agronomica Hungarica*, 48 (3): 301–313.
- Barker, G., Goucher, C. (2015): *A World with Agriculture. 12000 BCE–500 CE*. The Cambridge World History Volume 2. University of Cambridge.

- Byerlee, D., Traxler, G. (1995): National and international wheat improvement research in the post-green revolution period: Evolution and impacts. *American Journal of Agricultural Economics*, 77 (2): 268–278.
- Bélanger, J., Pilling, D. (2019): The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Bell, G. D. H. (1987): The History of Wheat Cultivation. *Wheat Breeding*. Springer, Dordrecht. 31–49.
- Bernhardt, N. (2015): Taxonomic treatments of Triticeae and the wheat genus *Triticum*. *Alien Introgression in Wheat*, 1–19.
- Botelho, A., Dinis, I., Lourenco Gomes, L. (2016): Understanding Consumer Preferences for Traditional Varieties of Apples in Portugal. Conference: ESADR 2016. Volume: Políticas Públicas para a Agricultura pós 2020. September 7–9. Coimbra, Portugal. Book of Proceedings.
- Breiman, A., Graur, D. (1995): Wheat Evolution. *Israel Journal of Plant Sciences*, 43 (2): 85–98.
- Bowman, A., Rogan, E. (1999): Agriculture in Egypt: from Pharaonic to modern times.
- Browning, B. L., Zhou, Y., Browning, S. R. (2018): A One-Penny Imputed Genome from Next-Generation Reference Panels. *The American Journal of Human Genetics*, 103 (3): 338–348.
- Cairns, M. A., Lackey, R. T. (1992): Biodiversity and Management of Natural Resources: The Issues. *Fisheries*, 17 (3): 6–10.
- Carrosio, G. (2005): Traditional Local Varieties between Traditions and Sustainable Agriculture. XXI Congress European Society for Rural Sociology. August 21–26. Keszthely, Hungary. Book of Proceedings.
- Casanas, F., Simó, J., Casals, J., Prohens, J. (2017): Toward an Evolved Concept of Landrace. *Frontiers in Plant Science*, 8: 1–7.
- Cavanagh, C. R., Chao, S., Wang, S., Huang, B. E., Stephen, S., Kiani, S., Forrest, K., Saintenac, C., Brown Guedira, G. L., Akhunova, A., See, D., Bai, G., Pumphrey, M., Tomar, L., Wong, D., Kong, S., Reynolds, M., Da Silva, M. L., Bockelman, H., Talbert, L., Akhunov, E. (2013): Genome-wide comparative diversity uncovers multiple targets of selection for improvement in hexaploid wheat landraces and cultivars. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110 (20): 8057–8062.
- Clarke, J. D. (2009): Cetyltrimethyl Ammonium Bromide (CTAB) DNA Miniprep for Plant DNA Isolation. *Cold Spring Harb Protoc*: Mar. 2009 (3): pdb.prot5177
- Conto, F., Antonazzo, A. P., Conte, A., Cafarelli, B. (2016): Consumers Perception of Traditional Sustainable Food: An Exploratory Study on Pasta Made from Native Ancient Durum Wheat Varieties. *Rivista di Economia Agraria*, 71 (1): 325–337.
- Cooper, R. (2015): Re-Discovering Ancient Wheat Varieties as Functional Foods. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 5 (3): 138–143.

- Council Regulation (EC) No 870/2004 of 24 April 2004 establishing a Community programme on the conservation, characterisation, collection and utilisation of genetic resources in agriculture, and repealing Regulation (EC) No 1467/94.
- Corinto, G. L. (2014): Nikolai Vavilov's Centers of Origin of Cultivated Plants with a View to Conserving Agricultural Biodiversity. *Human Evolution*, 29 (4): 285–301.
- Crespel, L., Chirrollet, M., Durel, C., Zhang, D., Meynet, J., Gudin, S. (2002): Mapping of qualitative and quantitative phenotypic traits in *Rosa* using AFLP markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 105 (8): 1207–1214.
- Crow, J. F. (2001): Plant Breeding Giants: Burbank, the Artist; Vavilov, the Scientist. *Genetics*, 158 (4): 1391–1395.
- Curtis, T., Halford, N. G. (2014): Food security: the challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety. *Annals of applied biology*, 164 (3): 354–372.
- Dal Martello, R., Rui, M., Chris, S., Charles, H., Thomas, H., Ling, Q., Dorian, Q. F. (2018): Early Agriculture at the Crossroads of China and Southeast Asia: Archaeobotanical Evidence and Radiocarbon Dates from Baiyangcun. Yunnan. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 20: 711–721.
- Davies, W. P. (2003): An historical perspective from the Green Revolution to the gene revolution. *Nutrition Reviews*, 61 (suppl\_6): S124–S134.
- Davis, G. P., DeNise, S. K. (1998): The impact of genetic markers on selection. *Journal of Animal Science*, 76 (9): 2331–2339.
- Diamond, J. (2003): Farmers and Their Languages: The First Expansions. *Science*, 300 (5619): 597–603.
- Dreisigacker, S., Zhang, P., Warburton, M. L., Skovmand, B., Hoisington, D., Melchinger, A. E. (2005): Genetic diversity among and within CIMMYT wheat landrace accessions investigated with SSRs and implications for plant genetic resources management. *Crop Science*, 45 (2): 653–661.
- Dwivedi, S. L., Ceccarelli, S., Blair, M. W., Upadhyaya, H. D., Are, A. K., Ortiz, R. (2016): Landrace germplasm for improving yield and abiotic stress adaptation. *Trends in plant science*, 21 (1): 31–42.
- Ebert, A. W., Engels, J. M. (2020): Plant Biodiversity and Genetic Resources Matter! *Plants*, 9 (12): 1706.
- Edwards, D., Forster, J. W., Chagné, D., Batley, J. (2007): What Are SNPs?. In *Association mapping in plants*. Springer, New York, 41–52.
- Eltaher, S., Sallam, A., Belamkar, V., Emara, H. A., Nower, A. A., Salem, K. F. M., Poland, J., Baenziger, P. S. (2018): Genetic Diversity and Population Structure of F3:6 Nebraska Winter Wheat Genotypes Using Genotyping–By–Sequencing. *Frontiers in genetics*, 9: 76.

- Engels, M. (2003): Plant Genetic Resources Management and Conservation Strategies: Problems and Progress. *Acta Horticulturae*, 623: 179–191.
- Escribano, S., Almudena, L. (2012): Sensorial Characteristics of Spanish Traditional Melon Genotypes: Has the Flavor of Melon Changed in the Last Century? *European Food Research and Technology*, 234 (4): 581–592.
- Evenson, R., Gollin, D. (2003): Assessing the Impact of the Green Revolution from 1960 to 2000. *Science*, 300 (5620): 758–762.
- FAO (2021): FAOSTAT statistical database. Rome: FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Feldman M., Ernest, R. S. (1981): The Wild Gene Resources of Wheat. *Scientific American*, 244 (1): 102–112.
- Fiore, M. C., Mercati, F., Spina, A., Blangiforti, S., Venora, G., Dell' Acqua, M., Lupini, A. (2019): High-Throughput Genotype, Morphology and Quality Traits Evaluation for the Assessment of Genetic Diversity of Wheat Landraces from Sicily. *Plants*, 8 (5): 1–17.
- Flannery, K. V. (1973): The Origins of Agriculture. *Annual Review of Anthropology*, 2 (1): 271–310.
- Forrester, R. (2018): The Domestication of Plants and Animals—the History of Agriculture and Pastoralism. *Humanities Commons*, 1–8.
- Fuller, D. Q., Stevens, C. J. (2019): Between domestication and civilization: the role of agriculture and arboriculture in the emergence of the first urban societies. *Vegetation history and archaeobotany*, 28 (3): 263–282.
- Ganal, M. W., Röder, M. S. (2007). Microsatellite and SNP markers in wheat breeding. In *Genomics—assisted crop improvement*. Springer, Dordrecht, 1–24.
- Gepts, P. (2006): Plant Genetic Resources Conservation and Utilization: The Accomplishments and Future of a Societal Insurance Policy. *Crop Science*, 46 (5): 2278–2292.
- Gignoux, C. R., Henn, B., Mountain, J. L. (2011): Rapid Global Demographic Expansions after the Origins of Agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108 (15): 6044–6049.
- Giraldo, P., Benavente, E., Manzano Agugliaro, F., Gimenez, E. (2019): Worldwide Research Trends on Wheat and Barley: A Bibliometric Comparative Analysis. *Agronomy*, 9 (7): 352.
- Goncharov, N. P. (2005): Comparative–Genetic Analysis; a Base for Wheat Taxonomy Revision. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 41 (Special Issue): 52–55.
- Goncharov, N. P. (2011): Genus *Triticum* L. Taxonomy: The Present and the Future. *Plant Systematics and Evolution*, 295 (1): 1–11.
- Goodale, N., Otis, H., Andrefsky Jr, W., Kuijt, I., Finlayson, B., Bart, K. (2010): Sickle blade life—history and the transition to agriculture: an early Neolithic case study from Southwest Asia. *Journal of Archaeological Science*, 37 (6): 1192–1201.

- Gupta, A. K. (2004): Origin of agriculture and domestication of plants and animals linked to early Holocene climate amelioration. *Current science*, 54–59.
- Hammer, K., Knüpfper, H. (2015): Genetic Resources of Triticum. In: Ogihara Y. Takumi S. Handa H. (eds) *Advances in Wheat Genetics: From Genome to Field*. Proceedings of the 12th International Wheat Genetics Symposium. Springer. Tokyo. 23–33.
- Hasan, M., Abdullah, H. (2015): Plant Genetic Resources and Traditional Knowledge: Emerging Needs for Conservation in Plant genetic resources and traditional knowledge for food security. Springer, Singapore. 105–120.
- Hedden, P. (2003): The genes of the Green Revolution. *Trends in Genetics*, 19 (1): 5–9.
- Heun, M., Schäfer Pregl, R., Klawan, D., Castagna, R., Accerbi, M., Borghi, B., Salamini, F. (1997): Site of Einkorn Wheat Domestication Identified by DNA Fingerprinting. *Science*, 278 (5341): 1312–14.
- Higgs, E. S. (1976): The History of European Agriculture – the Uplands. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B. Biological Sciences*, 275 (936): 159–73.
- Hillman, G. C., Mason, S., de Moulins, D., Nesbitt, M. (1996): Identification of archaeological remains of wheat: the 1992 London workshop. *Circaea*, 12 (2): 195–209.
- Hillman, G. (2001): Archaeology, Percival, and the problems of identifying wheat remains. *Wheat taxonomy: the legacy of John Percival*, 27–36.
- Huang, L., Raats, D., Sela, H., Klymiuk, V., Lidzbarsky, G., Feng, L., Fahima, T. (2016). Evolution and adaptation of wild emmer wheat populations to biotic and abiotic stresses. *Annual review of phytopathology*, 54, 279–301.
- Hurt, R. D. (2002). *American agriculture: A brief history*. Purdue University Press.
- Janick, J. (2002): Ancient Egyptian Agriculture and the Origins of Horticulture. *Acta Horticulturae*, 582: 23–39.
- Jaradat, A. (2013): Wheat Landraces: A Mini Review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25 (1): 20–29.
- Jevšnik, M., Hlebec, V., Raspor, P. (2008): Consumers' awareness of food safety from shopping to eating. *Food control*, 19 (8): 737–745.
- Jones, M. K., Liu, X. (2009): Origins of Agriculture in East Asia. *Science*, 324 (5928): 730–31.
- Jones, H., Norris, C., Smith, D., Cockram, J., Lee, D., O'Sullivan, D. M., Mackay, I. (2013): Evaluation of the use of high-density SNP genotyping to implement UPOV Model 2 for DUS testing in barley. *Theoretical and applied genetics*, 126 (4): 901–911.
- Jordanovska, S., Jovovic, Z., Andjelokovic, V. (2020): Potential of Wild Species in the Scenario of Climate Change. In Salgotra, R.K. and Zargar, S.M. (Eds): *Rediscovery of Genetic and Genomic Resources for Future Food Security*. Springer, 263–301.

- Jovović, Z., Čizmović, M., Lazović, B., Maraš, V., Božović, Đ., Popović, T., Stešević, D., Velimirović, A. (2012): The state of agricultural plant genetic resources of Montenegro. *Agriculture and forestry*, 57 (1): 33–50.
- Jovović, Z., Stešević, D., Meglic, V., Dolničar, P. (2013): Stare sorte krompira u Crnoj Gori. Monografija. Univerzitet Crne Gore. Biotehnički fakultet Podgorica.
- Jovović, Z., Kratovalieva, S. (2016): Global Strategies for Sustainable Use of Agricultural Genetic and Indigenous Traditional Knowledge. In Salgotra, R.K. and Gupta, B.B. (Eds): *Plant Genetic Resources and Traditional Knowledge for Food Security*. Springer, p. 39–72.
- Jovović, Z., Mandić, D., Pržulj, N., Velimirović, A., Dolijanović, Ž. (2017): Genetički resursi pšenice (*Triticum* sp.). XXII Savetovanje o biotehnologiji. Zbornik radova. Knjiga 1
- Jovović, Z., Pržulj, N., Anđelković, V., Mandić, D. (2020a): The Importance of preserving biodiversity for sustainable utilization of plant genetic resources. In: Pržulj N, Trkulja V (eds) *From genetics and environment to food*. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph, 16: 35–90.
- Jovović, Z., Andjeloković, V., Pržulj, N., Mandić, D. (2020b): Untapped Genetic Diversity of Wild Relatives for Crop Improvement. In Salgotra, R.K. and Zargar, S.M. (Eds): *Rediscovery of Genetic and Genomic Resources for Future Food Security*, Springer, 25–65.
- Jovović, Z. (2021): Ratarske kulture. U monografiji *Genetički resursi u biljnoj proizvodnji Crne Gore* autora Lazović, B., Marković, M., Jovović, Z., Božović, Đ. itd., Crnogorska akademija nauka i umjetnosti, 303–371.
- Kabbaj, H., Sall, A. T., Al-Abdallat, A., Geleta, M., Amri, A., Filali-Maltouf, A., Bassi, F. M. (2017): Genetic diversity within a global panel of durum wheat (*Triticum durum*) landraces and modern germplasm reveals the history of alleles exchange. *Frontiers in plant science*, 8. 1277.
- Khlestkina, E., Salina, E. (2006): SNP markers: Methods of analysis. ways of development. and comparison on an example of common wheat. *Russian Journal of Genetics*, 42 (6): 585–594.
- Khush, G. S. (1999). Green revolution: preparing for the 21st century. *Genome*, 42 (4): 646–655.
- Khush, G. S. (2001): Green revolution: the way forward. *Nature reviews genetics*, 2 (10): 815–822.
- Kimber, G. V., Sears, E. R. (1987): Evolution in the genus *Triticum* and the origin of cultivated wheat. *Wheat and wheat improvement*, 13, 154–164.
- Koster, E. P., Mojet, J. (2015): From mood to food and from food to mood: A psychological perspective on the measurement of food-related emotions in consumer research. *Food research international*, 76: 180–191.
- Kremer, M. (1993): Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. *The Quarterly Journal of Economics*, 108 (3): 681–716.
- Kumar, S., Banks, T. W., Cloutier S. (2012): SNP Discovery through Next-Generation Sequencing and Its Applications. *International Journal of Plant Genomics*.



- Ladizinsky, G. (1998): *Plant Evolution under Domestication*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Larson, G., Ranran, L., Zhao, X., Yuan, J., Fuller, D., Barton, L., Dobney, K. (2010): Patterns of East Asian Pig Domestication. Migration and Turnover Revealed by Modern and Ancient DNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107 (17): 7686–91.
- Lazović, B., Jovović, Z., Marković, M. (2021): Budućnost genetičkih resursa u biljnoj proizvodnji. U monografiji *Genetički resursi u biljnoj proizvodnji Crne Gore* autora Lazović, B., Marković, M., Jovović, Z., Božović, Đ. itd., Crnogorska akademija nauka i umjetnosti, 401–436.
- Lev–Yadun, S., Avi, G., Shahal, A. (2000): The Cradle of Agriculture. *Science*, 288 (5471): 1602–1603.
- Limbalkar, O. M., KV, S. M., Sunilkumar, V. P. (2018). Genetic improvement of wheat for biotic and abiotic stress tolerance. *Int J Curr Microbiol App Sci*, 7 (12): 1962–71.
- Llewellyn, D. (2018): Does Global Agriculture Need Another Green Revolution? *Engineering*, 4 (4): 449–451.
- Loeffler, H. G., Enamorado, A. (2015): *Introductory Guide to Ancient Civilizations*. City University of New York (CUNY) Academic Works. Open Educational Resources Queensborough Community College.
- Lombardi, M., Materne, M., Cogan, N.O.I. (2014): Assessment of genetic variation within a global collection of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars and landraces using SNP markers. *BMC genetics*, 15 (1): 1–10.
- Lupton, F. G. H. (1987): History of wheat breeding. In *Wheat breeding*. Springer, Dordrecht, 51–70.
- Mac Key, J. (2005): *Wheat: its concept, evolution, and taxonomy*. U: *Durum wheat breeding*. 35–94. CRC Press.
- Mammadov, J., Aggarwal, R., Buyyarapu, R., Kumpatla, S. (2012): SNP markers and their impact on plant breeding. *International journal of plant genomics*.
- Mangini, G., Margiotta, B., Marcotuli, I., Signorile, M. A., Gadaleta, A., Blanco, A. (2017): Genetic Diversity and Phenetic Analysis in Wheat (*Triticum Turgidum* Subsp. *Durum* and *Triticum Aestivum* Subsp. *Aestivum*) Landraces Based on SNP Markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64 (6): 1269–1280.
- Manivannan, A., Kim, J. H., Yang, E. Y., Ahn, Y. K., Lee, E. S., Choi, S., Kim, D. S. (2018): Next–Generation Sequencing Approaches in Genome–Wide Discovery of Single Nucleotide Polymorphism Markers Associated with Pungency and Disease Resistance in Pepper. *BioMed Research International*. Volume 2018.
- Marcussen, T., Sandve, S. R., Heier, L., Spannagl, M., Pfeifer, M., International Wheat Genome Sequencing Consortium., Jakobsen, K. S., Wulff, B. B., Steuernagel, B., Mayer, K. F., Olsen, O.

- A. (2014): Ancient hybridizations among the ancestral genomes of bread wheat. *Science*, 345 (6194).
- Mark, J. J. (2017): Ancient Egyptian Agriculture. *World History Encyclopedia*. Preuzeto sa <https://www.worldhistory.org/article/997/ancient-egyptian-agriculture/> 30. juna 2021.
- McElroy, J. (2014): Vavilovian Mimicry: Nikolai Vavilov and His Little-Known Impact on Weed Science. *Weed Science*, 62 (2): 207–216.
- McIntosh, R. A., Yamazaki, Y., Dubkovsky, J., Rogers, J., Morris, C., Somers, D. J., Appels, R., Devos, K. M. (2008): Catalogue of gene symbols for wheat. In: *Proceedings of the 11th International Wheat Genetics Symposium*. Australia. Book of Proceedings.
- Meirmans, P. G. (2012): AMOVA-Based Clustering of Population Genetic Data. *Journal of Heredity*, 103 (5): 744–750.
- Mengistu, D. K., Kiros, A. Y., Pè, M. E. (2015): Phenotypic diversity in Ethiopian Durum Wheat (*Triticum turgidum* var. durum) landraces. *The Crop Journal*, 3 (3): 190–199.
- Mirzaghaderi, G., Mason, A. S. (2019): Broadening the Bread Wheat D Genome. *Theoretical and Applied Genetics*, 132 (5): 1295–1307.
- Mladenović Drinić, S., Savić Ivanov, M. (2017): Plant genetic resources for food and agriculture: anagement and utilization. *Selekcija i semenarstvo*, 23 (2): 91–102.
- Mondal, S., Rutkoski, J. E., Velu, G., Singh, P. K., Crespo Herrera, L. A., Guzman, C., Bhavani, S., Lan, C., He, X., Singh, R. P. (2016): Harnessing Diversity in Wheat to Enhance Grain Yield. Climate Resilience. Disease and Insect Pest Resistance and Nutrition through Conventional and Modern Breeding Approaches. *Frontiers in Plant Science*, 7: 1–15.
- Monstat (2020): Statistički Godišnjak.
- Mourad, A., Alomari, D., Alqudah, A., Sallam, A., Salem, K. (2019): Recent Advances in Wheat (*Triticum* spp.) Breeding. *Advances in plant breeding strategies: cereals*, 559–593.
- Oates, J., McMahon, A., Karsgaard, P., Al Quntar, S., Ur, J. (2007): Early Mesopotamian urbanism: a new view from the north. *antiquity*, 81 (313): 585–600.
- Oujia, M., Bahri, B. A., Aouini, L. (2021): Morphological characterization and genetic diversity analysis of Tunisian durum wheat (*Triticum turgidum* var. durum) accessions. *BMC Genomic Data*, 22 (1): 1–17.
- Pagnotta, M. A., Mondini, L., Atallah, M. F. (2005): Morphological and molecular characterization of Italian emmer wheat accessions. *Euphytica*, 146 (1): 29–37.
- Pavićević, Lj. (1963a): Prilog poznavanju *Triticum aestivum* u bazenu Skadarskog jezera. *Agronomski glasnik*. Zagreb. Br. 6–7. 445–455.
- Pavićević, Lj. (1963b): Prilog poznavanju *Triticum monococcum* u našoj zemlji. *Naša poljoprivreda i šumarstvo*. Titograd. Br. 4.
- Pavićević, Lj. (1967): Nazivi pšenice. *Poljoprivreda i šumarstvo*. Titograd. Br 1–2.

- Pavićević, Lj. (1970a): Kultura tetraploidnih pšenica u južnom jadranskom pojasu Jugoslavije. Poljoprivreda i šumarstvo. Titograd. XVI 3.
- Pavićević, Lj. (1970b): Neka proučavanja koja se odnose na *Triticum turgidum* L. Poljoprivreda i šumarstvo. Titograd. XVI 4.
- Pavićević, Lj. (1971): O filogenezi i evoluciji Tr. *Monococcum* L. Poseban otisak iz časopisa „Poljoprivreda i šumarstvo“. Titograd. XVII. 4. 1971.
- Pavićević, Lj. (1972): Golozrne tetraploidne pšenice u Crnoj Gori i Hercegovini. Matica Srpska 43/1972
- Pavićević, Lj. (1973): Evolucija klasifikacije roda *Triticum*. Poljoprivreda i šumarstvo. Titograd. XIX. 1.
- Pavićević, Lj. (1974): O nastanku, domestifikaciji i dolasku u našu zemlju nekih vrsta roda *Triticum*. Društvo za nauku i umjetnost Crne Gore. Odjeljenje prirodnih nauka. Titograd. Knjiga 1.
- Pavićević, Lj. (1975): O dolasku golozrnih tetraploidnih pšenica u našu zemlju. Jugoslovenska akademija znanosti i umjetnosti. Poseban otisak iz knjige Zagreb. 371. 5–14.
- Pavićević, Lj. (1982): Neke pozitivne osobine domaćih odlika diploidnih i tetraploidnih pšenica. Genetika. Vol. 14. No. 1. Beograd. br str. 1–11.
- Pavićević, Lj. (1988): O proučavanjima samoniklih srodnika roda *Triticum* L. u litoralnoj zoni. Poljoprivreda i šumarstvo. XXXIV. 4. 3–16.
- Peleg, Z., Tzion, F., Korol, A. B., Abbo, S., Saranga, Y. (2011): Genetic Analysis of Wheat Domestication and Evolution under Domestication. *Journal of Experimental Botany*, 62 (14): 5051–5061.
- Peleman, J. D., Van der Voort, J. R. (2003): Breeding by design. *Trends in plant science*, 8 (7): 330–334.
- Peng, J. H., Dongfa, S., Eviatar, N. (2011): Domestication Evolution. *Genetics and Genomics in Wheat. Molecular Breeding*, 28 (3): 281–301.
- Pilling, D., Bélanger, J., Hoffmann, I. (2020): Declining Biodiversity for Food and Agriculture Needs Urgent Global Action. *Nature Food*, 1 (3): 144–147.
- Pingali, P. L. (2012): Green Revolution: Impacts. Limits. And the Path Ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109 (31): 12302–12308.
- Poets, A. M., Fang, Z., Clegg, M. T., Morrell, P. L. (2015): Barley landraces are characterized by geographically heterogeneous genomic origins. *Genome biology*, 16 (1): 1–11.
- Popova, E. (2018): Special Issue on Agricultural Genebanks. *Biopreservation and Biobanking*, 16 (5): 325–26.
- Pourkheirandish, M., Fei, D., Shun, S., Hiroyuki, K., Distelfeld, A., Willcox, G., Kawahara, T., Matsumoto, T., Kilian, B., Komatsuda, T. (2018): On the Origin of the Non–Brittle Rachis Trait of Domesticated Einkorn Wheat. *Frontiers in Plant Science*, 8: 1–10.

- Pretty, J. N. (1990): Sustainable agriculture in the Middle Ages: the English manor. *The Agricultural History Review*, 1–19.
- Prodanović, S., Šurlan Momirović, G., Rakonjac, V., Petrović, D. (2015): Genetički resursi biljaka. Poljoprivredni univerzitet u Beogradu. Udžbenik.
- Prodanović, S., Šurlan Momirović, G., Zorić, D., Savić, M. (2017): Biološki i molekularni markeri u oplemenjivanju. Poljoprivredni univerzitet u Beogradu. Udžbenik.
- Pržulj, N., Perović, D. (2005a): Molekularni markeri I. Polomorfizam dužine restrikcionih fragmenata. *Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Zbornik radova*, 41: 275–297.
- Pržulj, N., Perović, D. (2005b): Molekularni markeri. II. Mikrosateliti. *Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Zbornik radova*, 41: 299–312.
- Pržulj, N., Jovović, Z., Velimirović, A. (2020): Breeding small grain cereals for drought tolerance in a changing climate. *Agriculture and Forestry*, 66 (2): 109–123.
- Ramanatha, R. V., Hodgkin, T. (2002): Genetic Diversity and Conservation and Utilization of Plant Genetic Resources. *Plant Cell. Tissue and Organ Culture*, 68 (1): 1–19.
- Reeves, T. G., Cassaday, K. (2002): History and past achievements of plant breeding. *Australian Journal of Agricultural Research*, 53 (8): 851–863.
- Rufo, R., Alvaro, F., Royo, C., Soriano, J. M. (2019): From landraces to improved cultivars: assessment of genetic diversity and population structure of Mediterranean wheat using SNP markers. *PloS one*, 14 (7): e0219867.
- Ruiz, M., Zambrana, E., Fite, R., Sole, A., Tenorio, J. S., Benavente, E. (2019): Yield and Quality Performance of Traditional and Improved Bread and Durum Wheat Varieties under Two Conservation Tillage Systems. *Sustainability*, 11 (17): 4522.
- Sahu, P. K., Mondal, S., Sharma, D., Vishwakarma, G., Kumar, V., Das, B. K. (2017): InDel marker based genetic differentiation and genetic diversity in traditional rice (*Oryza sativa* L.) landraces of Chhattisgarh, India. *PloS one*, 12 (11). e0188864.
- Salvi, S., Porfiri, O., Ceccarelli, S. (2013): Nazareno Strampelli, the ‘Prophet’ of the green revolution. *The Journal of Agricultural Science*, 151 (1): 1–5.
- Santana-Sagredo, F., Schulting, R. J., Méndez-Quiros, P., Vidal-Elgueta, A., Uribe, M., Loyola, R., Maturana-Fernández, A., Díaz, F.P., Latorre, C., McRostie, V.B. and Santoro, C.M., Mandakovic V., Harrod C., Lee-Thorp J. (2021): ‘White gold’ guano fertilizer drove agricultural intensification in the Atacama Desert from AD 1000. *Nature Plants*, 7 (2): 152–158.
- Shewry, P. R. (2009): Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60 (6): 1537–53.
- Selene, C. H., Chou, J., De Rosa, C. T. (2003): Case studies–arsenic. *International journal of hygiene and environmental health*, 206 (4–5): 381–386.
- Sills, S. J., Chunyan, S. (2002): Innovations in Survey Research: An Application of Web-Based Surveys. *Social Science Computer Review*, 20 (1): 22–30.

- Simons, K. J., Fellers, J. P., Trick, H. N., Zhang, Z., Tai, Y. S., Gill, B. S., Faris, J. D. (2006): Molecular Characterization of the Major Wheat Domestication Gene Q. *Genetics*, 172 (1): 547–555.
- Singh, N., Wu, S., Raupp, W. J., Sehgal, S., Arora, S., Tiwari, V., Vikram, P., Singh, S., Chhuneja, P., Gill, B. S., Poland, J. (2019): Efficient curation of genebanks using next generation sequencing reveals substantial duplication of germplasm accessions. *Scientific reports*, 9 (1): 1–10.
- Smith, B. D. (2005): The origins of agriculture in the Americas. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 3 (5): 174–184.
- Snape, J. W., Pánková, K. (2013): *Triticum Aestivum* L (Wheat). *ELS*. 1–5.
- Spooner, D. van Treuren, R., De Vicente, M. C. (2005): Molecular markers for genebank management. International Plant Genetic Resources Institute. Rome. Italy. IPGRI Technical Bulletin No. 10.
- Sun, L., Huang, S., Sun, G., Zhang, Y., Hu, X. (2020): SNP-based association study of kernel architecture in a worldwide collection of durum wheat germplasm. *PloS one*, 15 (2): e0229159.
- Sunnucks, P. (2000). Efficient genetic markers for population biology. *Trends in ecology & evolution*, 15(5), 199–203.
- Swaminathan, M. S. (2009): Norman E. Borlaug (1914–2009). *Nature*, 461 (7266): 894–894.
- Tadesse, W., Sanchez–Garcia, M., Assefa, G. A. (2019): Genetic Gains in Wheat Breeding and Its Role in Feeding the World. *Crop Breeding. Genetics and Genomics*, 1–28.
- Takač, V., Mikić, S., Miroslavljević, M., Momčilović, V., Trkulja, D., Kondić Spika, A., Brbaklić, Lj. (2019): Characterisation of Serbian durum wheat genotypes based on UPOV–defined characteristics. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 56: 97–102.
- Tidiane Sall, A., Chiari, T., Legesse, W., Seid–Ahmed, K., Ortiz, R., Van Ginkel, M., Bassi, F. M. (2019): Durum wheat (*Triticum durum* Desf.): Origin, cultivation and potential expansion in Sub–Saharan Africa. *Agronomy*, 9 (5): 263.
- Tomar, V., Dhillon, G. S., Singh, D., Singh, R. P., Poland, J., Joshi, A. K., Kumar, U. (2021): Elucidating SNP–based genetic diversity and population structure of advanced breeding lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *PeerJ*, 9, e11593.
- UPOV 2012. DURUM WHEAT UPOV Code: TRITI\_TUR\_DUR *Triticum turgidum* L. subsp. *durum* (Desf.) Husn.
- Valdez, V. A., Byrne, P. F., Lapitan, N., Peairs, F., Bernardo, A., Bai, G., Haley, S. D. (2012): Inheritance and Genetic Mapping of Russian Wheat Aphid Resistance in Iranian Wheat Landrace Accession PI 626580. *Crop Science*, 52 (2): 676–682.
- Velimirovic, A., Jovovic, Z., Przulj, N. (2021): From neolithic to late modern period: Brief history of wheat. *Genetika*, 53 (1): 407–417.

- Visioli, G., Giannelli, G., Agrimonti, C., Spina, A., Pasini, G. (2021): Traceability of Sicilian Durum Wheat Landraces and Historical Varieties by High Molecular Weight Glutenins Footprint. *Agronomy*, 11 (1): 143.
- Wang, S., Wong, D., Forrest, K., Allen, A., Chao, S., Huang, B. E., Akhunov, E. (2014): Characterization of polyploid wheat genomic diversity using a high-density 90 000 single nucleotide polymorphism array. *Plant biotechnology journal*, 12 (6): 787–796.
- Webster, D. L. (2011): Backward bottlenecks: Ancient teosinte/maize selection. *Current Anthropology*, 52 (1): 77–104.
- Westling, M., Matti, W., Nilsen, L. A., Wennström, S., Öström, A. (2019): Crop and Livestock Diversity Cultivating Gastronomic Potential, Illustrated by Sensory Profiles of Landraces. *Journal of Food Science*, 84 (5): 1162–1169.
- Wunderlich, S.2, Gatto, K. A. (2015): Consumer Perception of Genetically Modified Organisms and Sources of Information, *Advances in Nutrition*, 6 (6): 842–851.
- Xiao, D., Huizi, B., De Li, L. (2018): Impact of Future Climate Change on Wheat Production: A Simulated Case for China's Wheat System. *Sustainability*, 10 (4): 1–15.
- Xie, W., Nevo, E. (2008): Wild Emmer: Genetic Resources. *Gene Mapping and Potential for Wheat Improvement*. *Euphytica*, 164 (3): 603–614.
- Xynias, I. N., Mylonas, I., Korpetis, E. G., Ninou, E., Tsaballa, A., Avdikos, I. D., Mavromatis, A. G. (2020): Durum wheat breeding in the Mediterranean region: Current status and future prospects. *Agronomy*, 10 (3): 432.
- Yang, Y., De Li, L., Anwar, M. Y., Zuo, H., Yang, Y. (2014): Impact of Future Climate Change on Wheat Production in Relation to Plant–Available Water Capacity in a Semiarid environment. *Theoretical and Applied Climatology*, 115 (3–4): 391–410.
- Yen C., Yang J., Yuan Z., Ning S., Liu D. (2020) *Reihe System of Genus Triticum*. U: *Biosystematics of Triticeae*. Springer, Singapore.
- Zahid, H. J., Robinson, E., Kelly, R. L. (2016): Agriculture, population growth, and statistical analysis of the radiocarbon record. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113 (4): 931–935.
- Zeder, M. A. (2008): Domestication and early agriculture in the Mediterranean Basin: Origins, diffusion, and impact. *Proceedings of the national Academy of Sciences*, 105 (33): 11597–11604.
- Zeven, A. C. (1998): Landraces: a review of definitions and classifications. *Euphytica*, 104 (2): 127–139.
- Zohary, D. (2017): The progenitors of wheat and barley in relation to domestication and agricultural dispersal in the Old World. In *The domestication and exploitation of plants and animals* (pp. 47–66). Routledge.

## Prilog 1

Tab. 1. Crnogorske autohtone populacije tetraploidne pšenice

R. br.	G	Narodni naziv	GŠ	GD	Mjesto porijekla	O	CBBG	DG	PG	BL	GMol
1.	1	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42°21'7.47"N	19°22'18.57"E	Špinja	METD-1/01					
2.						METD-1/02	x	x	x	x	x
3.						METD-1/03					
4.	1	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	2°20'44.13"N	19°20'11.29"E	Vuksanlekići	METD-2/01					x
5.						METD-2/02					
6.						METD-2/03	x	x	x	x	
7.						METD-2/04					
8.	1	Rogosija sa bijelim osjem	42°21'6.33"N	19°22'21.48"E	Špinja	METD-3/01					
9.						METD-3/02					
10.						METD-3/03					
11.						METD-3/04	x	x	x	x	x
12.						METD-3/05					
13.						METD-3/06					
14.	1	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem	42° 0'39.64"N	19°21'40.76"E	Sukobin	METD-4/01					x
15.						METD-4/02					
16.						METD-4/03	x	x	x	x	
17.						METD-4/04					
18.						METD-4/05					
19.	1	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem	42°21'3.48"N	19°22'28.76"E	Špinja	METD-5/01					
20.						METD-5/02					x
21.						METD-5/03					
22.						METD-5/04					
23.						METD-5/05	x	x	x	x	
24.						METD-5/06					
25.						METD-5/07					
26.						METD-5/08					
27.	1	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42°20'4.00"N	19°13'37.57"E	Golubovci	METD-6/01					
28.						METD-6/02					x
29.						METD-6/03	x	x	x	x	
30.						METD-6/04					
31.	1	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42°17'39.70"N	19°11'2.46"E	Zeta	METD-7/01					
32.						METD-7/02	x	x	x	x	x
33.						METD-7/03					

G – oznaka grupe kako je naznačeno u originalnoj kolekciji; GŠ – geografska širina; GD – geografska dužina; O – oznaka crnogorske autohtone populacije tetraploidne pšenice (prvi broj u nazivu označava broj crnogorske autohtone populacije tetraploidne pšenice, dok broj nakon kose crte je oznaka za genotip nakon morfološke karakterizacije); CBBG – sačuvane crnogorske autohtone populacije tetraploidne pšenice iz Crnogorske banke biljnih gena; DG – CAPTP regenerisane u Danilovgradu 2018/2019; PG – CAPTP koje su botanički klasifikovane u Sveruskim istraživačkim institutom za biljnu proizvodnju N. I. Vavilov, Sankt Peterburg, Rusija; BL – uzorci morfološki analizirani u Banjoj Luci 2020; oznaka "x" označava genotipove koji su korišćeni u sprovedenim analizama



R. br.	G	Narodni naziv	GŠ	GD	Mjesto porijekla	O	CBBG	DG	PG	BL	GMol
34.	1	Rogosija sa bijelim osjem	42°21'6.33"N	19°22'21.48"E	Spinja	METD-8/01	x	x	x	x	x
35.	1	Rogosija sa crvenim klasom i osjem	42°21'2.05"N	19°22'15.32"E	Spinja	METD-9/01	x	x	x	x	
36.						METD-9/02					
37.						METD-9/03					
38.						METD-9/04					
39.						METD-9/05					x
40.						METD-9/06					
41.	1	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42°25'46.99"N	19° 6'7.75"E	Buronji	METD-10/01	x	x	x	x	
42.						METD-10/02					x
43.						METD-10/03					
44.	1	Rogosija sa crvenim klasom i osjem	41°59'13.59"N	19°16'51.07"E	Klezna	METD-11/01	x	x	x	x	x
45.						METD-11/02					x
46.						METD-11/03					x
47.						METD-11/04					x
48.						METD-11/05					x
49.						METD-11/06					x
50.						METD-11/07					x
51.	1	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem	42°13'54.55"N	19° 2'55.50"E	Sotonići	METD-12/01	x	x	x	x	x
52.						METD-12/02					
53.						METD-12/03					
54.	1	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42°24'0.61"N	19°12'0.10"E	Kokoti	METD-13/01	x	x	x	x	x
55.						METD-13/02					x
56.						METD-13/03					x
57.						METD-13/04					
58.						METD-13/05					
59.						METD-13/06					
60.	1	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42°29'24.06"N	19°23'45.99"E	Ubli	METD-14/01	x	x	x	x	
61.						METD-14/02					x
62.						METD-14/03					
63.	1	Gribljanka sa crvenim klasom i osjem	42°0'5.58"N	19°11'45.26"E	Mrkojevići	METD-15/01	x	x	x	x	
64.						METD-15/02					
65.						METD-15/03					
66.						METD-15/04					
67.						METD-15/05					
68.						METD-15/06					
69.						METD-15/07					
70.						METD-15/08					
71.						METD-15/09					x
72.						METD-15/10					
73.						METD-15/11					

R. br.	G	Narodni naziv	GŠ	GD	Mjesto porijekla	O	CBBG	DG	PG	BL	GMol
74.	2	Rogosija sa žutom klasom i mrkim osjem	42°11'11.72"N	19°10'23.71"E	Karanikići	METD-16/01	x	x	x	x	
75.						METD-16/02					
76.						METD-16/03					
77.						METD-16/04					
78.						METD-16/05					
79.						METD-16/06					x
80.	2	Grbljanka sa crvenim klasom i osjem	42° 1'18.53"N	19°13'17.77"E	Kamenički most	METD-17/01	x	x	x	x	x
81.						METD-17/02					
82.						METD-17/03					
83.						METD-17/04					
84.	2	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem	42°18'21.07"N	18°53'45.21"E	Brajići	METD-18/01	x	x	x	x	
85.						METD-18/02					
86.						METD-18/03					
87.						METD-18/04					x
88.	2	Rogosija sa bijelim klasom i crnim osjem	42°12'48.06"N	19° 7'58.26"E	Gomja Seoca	METD-19/01	x	x	x	x	
89.						METD-19/02					x
90.						METD-19/03					
91.	2	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem	42° 6'10.66"N	19°14'39.28"E	Tejani	METD-20/01	x	x	x	x	
92.						METD-20/02					
93.						METD-20/03					
94.						METD-20/04					
95.						METD-20/05					
96.						METD-20/06					x
97.						METD-20/07					
98.						METD-20/08					
99.						METD-20/09					
100.	2	Rogosija sa smeđim osjem	42°19'52.62"N	19°20'22.26"E	Vuksanlekići	METD-21/01	x	x	x	x	
101.						METD-21/02					
102.						METD-21/03					
103.						METD-21/04					
104.						METD-21/05					x
105.	2	Rogosija sa žutom osjem	42°20'8.96"N	19°19'48.75"E	Vuksanlekići	METD-22/01	x	x	x	x	x
106.	2	Rogosija iz Šestana–Krajna	42°11'2.97"N	19°11'4.89"E	Šestani	METD-23/01	x	x	x	x	
107.						METD-23/02					
108.						METD-23/03					x

R. br.	G	Narodni naziv	GŠ	GD	Mjesto porijekla	O	CBBG	DG	PG	BL	GMol
109.	2	Rogosija sa bijelim klasom i crnim osjem	42°10'57.80"N	19°10'25.81"E	Karanikići	METD-24/01	x	x	x	x	x
110.						METD-24/02					
111.						METD-24/03					
112.						METD-24/04					
113.						METD-24/05					
114.						METD-24/06					
115.						METD-24/07					
116.						METD-24/08					
117.	2	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42°35'55.53"N	19° 0'10.65"E	Čurčići	METD-25/01	x	x	x	x	x
118.						METD-25/02					x
119.						METD-25/03					x
120.						METD-25/04					x
121.						METD-25/05					x
122.						METD-25/06					x
123.						METD-25/07					x
124.						METD-25/08					x
125.						METD-25/09					x
126.	2	Gričanka sa crvenim klasom i osjem	42° 1'23.47"N	19°13'13.52"E	Kamenički most	METD-26/01	x	x	x	x	
127.						METD-26/02					
128.						METD-26/03					
129.						METD-26/04					
130.						METD-26/05					
131.						METD-26/06					x
132.	2	Rogosija sa žutim klasom i osjem	42°18'23.81"N	19° 3'6.51"E	Čukovići	METD-27/01	x	x	x	x	
133.						METD-27/02					x
134.	2	Rogosija sa smeđim osjem i bijelim klasom	42°32'3.43"N	19°10'59.29"E	Martinići	METD-28/01	x	x	x	x	
135.						METD-28/02					
136.						METD-28/03					x
137.						METD-28/04					
138.						METD-28/05					
139.						METD-28/06					
140.						METD-28/07					
141.						METD-28/08					
142.	2	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42°20'17.72"N	19°13'1.20"E	Golubova	METD-29/01	x	x	x	x	x
143.	2	Rogosija sa bijelim klasom i crnim osjem	42°19'4.50"N	19°14'40.30"E	Zeta	METD-30/01	x	x	x	x	
144.						METD-30/02					
145.						METD-30/03					
146.						METD-30/04					x
147.						METD-30/05					
148.						METD-30/06					

R. br.	G	Narodni naziv	GŠ	GD	Mjesto porijekla	O	CBBG	DG	PG	BL	GMol
149.	2	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem	42°11'5.49"N	19°11'9.20"E	Šestani	METD-31/01	x	x	x	x	
150.						METD-31/02					
151.						METD-31/03					
152.						METD-31/04					x
153.						METD-31/05					
154.						METD-31/06					
155.	2	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem	42° 7'48.61"N	19°13'1.63"E	Livari	METD-32/01	x	x	x	x	
156.						METD-32/02					
157.						METD-32/03					x
158.						METD-32/04					
159.						METD-32/05					
160.	2	Rogosija sa žutim klasom i osjem	42° 6'24.70"N	19°14'20.32"E	Tejani	METD-33/01	x	x	x	x	
161.						METD-33/02					x
162.						METD-33/03					
163.						METD-33/04					
164.						METD-33/05					
165.	2	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42°16'57.79"N	18°52'11.62"E	Bečići	METD-34/01	x	x	x	x	
166.						METD-34/02					
167.						METD-34/03					x
168.						METD-34/04					
169.						METD-34/05					
170.	2	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim ili bijelim osjem	42°29'28.79"N	19°23'50.70"E	Ubli	METD-35/01	x	x	x	x	
171.						METD-35/02					
172.						METD-35/03					x
173.						METD-35/04					
174.	2	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42° 24'9.24"N	19°11'48.66"E	Kokoti	METD-36/01	x	x	x	x	x
175.						METD-36/02					
176.	3	Rogosija sa smeđim klasom i osjem	42° 2'22.61"N	19° 17'14.27"E	Bojke	METD-37/01	x	x	x	x	x
177.						METD-37/02					
178.						METD-37/03					
179.						METD-37/04					
180.						METD-37/05					
181.						METD-37/06					
182.						METD-37/07					
183.						METD-37/08					
184.	3	Rogosija sa smeđim klasom i mrkim osjem	42° 2'15.35"N	19° 9'15.55"E	Dobra Voda	METD-38/01	x	x	x	x	
185.						METD-38/02					
186.						METD-38/03					x
187.						METD-38/04					
188.						METD-38/05					
189.						METD-38/06					

R. br.	G	Narodni naziv	GŠ	GD	Mjesto porijekla	O	CBBG	DG	PG	BL	GMol
190.	3	Rogosija sa smeđim klasom i osjem	42° 2'16.16"N	19°17'1.06"E	Bojke	METD-39/01	x	x	x	x	x
191.						METD-39/02					
192.						METD-39/03					
193.						METD-39/04					
194.	3	Rogosija sa crvenkastim klasom	42° 0'50.49"N	19°15'30.67"E	Krute	METD-40/01	x	x	x	x	x
195.						METD-40/02					
196.						METD-40/03					
197.						METD-40/04					
198.	3	Rogosija sa smeđim osjem	42° 2'16.30"N	19°15'37.99"E	Mide	METD-41/01	x	x	x	x	
199.						METD-41/02					
200.						METD-41/03					
201.						METD-41/04					x
202.	3	Rogosija sa žutim klasom i mrkim osjem	42° 6'9.36"N	19° 5'44.86"E	Bar	METD-42/01	x	x	x	x	
203.						METD-42/02					
204.						METD-42/03					
205.						METD-42/04					
206.						METD-42/05					
207.						METD-42/06					
208.						METD-42/07					x
209.						METD-42/08					
210.						METD-42/09					
211.						METD-42/10					
212.	3	Rogosija sa crvenim klasom i mrkim osjem	42° 8'3.40"N	19° 8'35.44"E	Tuđemili	METD-43/01	x	x	x	x	
213.						METD-43/02					x
214.						METD-43/03					
215.						METD-43/04					
216.						METD-43/05					
217.						METD-43/06					
218.						METD-43/07					
219.						METD-43/08					
220.	3	Rogosija sa crvenim klasom i osjem	42° 1'43.69"N	19°10'23.88"E	Pečurice	METD-44/01	x	x	x	x	
221.						METD-44/02					
222.						METD-44/03					
223.						METD-44/04					
224.						METD-44/05					x
225.						METD-44/06					

R. br.	G	Narodni naziv	GŠ	GD	Mjesto porijekla	O	CBBG	DG	PG	BL	GMol
226.	3	Rogosija sa bijelim klasom i crnim osjem	42° 0'58.46"N	19° 15'10.04"E	Krute	METD-45/01	x	x	x	x	
227.						METD-45/02					
228.						METD-45/03					
229.						METD-45/04					x
230.						METD-45/05					
231.						METD-45/06					
232.	3	Rogosija sa crvenim klasom i osjem	41°59'38.78"N	19°13'1.39"E	Mrkojevičko polje	METD-46/01	x	x	x	x	
233.						METD-46/02					x
234.						METD-46/03					
235.						METD-46/04					
236.						METD-46/05					
237.	3	Rogosija sa mrkim klasom i osjem	42° 2'10.22"N	19° 8'58.97"E	Dobra Voda	METD-47/01	x	x	x	x	x
238.						METD-47/02					
239.						METD-47/03					
240.						METD-47/04					
241.						METD-47/05					
242.						METD-47/06					
243.	3	Rogosija sa mrkim osjem	42° 6'39.02"N	19° 7'5.45"E	Sustaš	METD-48/01	x	x		x	
244.						METD-48/02					
245.						METD-48/03					x
246.						METD-48/04					
247.	4	Rogosija sa crvenkastim klasom i osjem	42°21'32.74"N	19°22'46.35"E	Između Spinje i Skoraca	METD-49/01	x	x	x	x	
248.						METD-49/02					
249.						METD-49/03					
250.						METD-49/04					x
251.						METD-49/05					
252.						METD-49/06					
253.						METD-49/07					
254.	4	Rogosija sa smeđim osjem	42°53'48.82"N	19°54'39.42"E	Police	METD-50/01	x	x	x	x	
255.						METD-50/02					
256.						METD-50/03					
257.						METD-50/04					x
258.						METD-50/05					
259.						METD-50/06					
260.						METD-50/07					
261.	4	Rogosija sa smeđim klasom	42°25'47.76"N	19°28'38.18"E	Cijevna	METD-51/01	x	x	x	x	x
262.	4	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem	42°25'52.05"N	19°28'19.34"E	Cijevna	METD-52/01	x	x	x	x	
263.						METD-52/02					x

R. br.	G	Narodni naziv	GŠ	GD	Mjesto porijekla	O	CBBG	DG	PG	BL	GMol
264.	4	Rogosija sa crvenim klasom i osjem	42°21'48.37"N	19°19'59.78"E	Tuzi	METD-53/01	x	x	x	x	
265.						METD-53/02					
266.						METD-53/03					
267.						METD-53/04					
268.						METD-53/05					
269.	5	Rogosija sa smeđim klasom i osjem	42°42'24.94"N	18°18'46.94"E	okolina Trebinja	METD-54/01	x	x	x	x	
270.	5	Rogosija sa crvenim klasom i osjem	42°41'49.70"N	18°20'5.94"E	okolina Trebinja	METD-55/01	x	x	x	x	
271.						METD-55/02					
272.						METD-55/03					
273.						METD-55/04					
274.	5	Rogosija sa crvenim klasom i osjem	42°42'51.97"N	18°21'34.49"E	Trebinje	METD-56/01	x	x	x	x	x
275.	5	Rogosija sa smeđim i mrkim osjem	42°54'7.96"N	17°59'46.45"E	Kotezi	METD-57/01	x	x	x	x	
276.						METD-57/02					
277.						METD-57/03					
278.						METD-57/04					
279.						METD-57/05					
280.	5	Rogosija sa bijelim klasom	42°42'19.07"N	18°20'4.57"E	Trebinje	METD-58/01	x	x	x	x	
281.						METD-58/02					
282.						METD-58/03					
283.						METD-58/04					
284.						METD-58/05					
285.						METD-58/06					
286.						METD-58/07					x
287.						METD-58/08					
288.						METD-58/09					
289.						METD-58/10					
290.	5	Rogosija sa smeđim klasom i osjem	42°40'53.98"N	18°19'0.34"E	Luge	METD-59/01	x	x	x	x	
291.						METD-59/02					
292.						METD-59/03					
293.						METD-59/04					
294.						METD-59/05					x
295.						METD-59/06					
296.						METD-59/07					
297.						METD-59/08					
298.	5	Rogosija sa smeđim osjem	42°40'26.56"N	18°19'46.33"E	Trebinjsko polje	METD-60/01	x	x	x	x	
299.						METD-60/02					
300.						METD-60/03					



R. br.	G	Narodni naziv	GŠ	GD	Mjesto porijekla	O	CBBG	DG	PG	BL	GMol
301.	5	Rogosija sa smeđim klasom i osjem	42°41'17.89"N	18°18'37.26"E	Luge	METD-61/01	x	x	x	x	
302.	5	Rogosija sa mrkim osjem	42°42'1.15"N	18°18'42.58"E	Luge	METD-62/01	x	x	x	x	
303.						METD-62/02					
304.						METD-62/03					
305.	5	Rogosija sa mrkim osjem	42°41'40.31"N	18°18'46.48"E	Luge	METD-63/01	x	x	x	x	
306.						METD-63/02					x
307.	5	Velja pšenica sa crvenim klasom i osjem	42°41'47.03"N	18°20'42.11"E	Vodica kod Trebinja	METD-64/01	x	x	x	x	
308.						METD-64/02					
309.						METD-64/03					x
310.						METD-64/04					
311.	5	Rogosija sa smeđim klasom i osjem	42°37'54.33"N	18°23'39.14"E	Podkraj	METD-65/01	x	x	x	x	
312.						METD-65/02					x
313.						METD-65/03					
314.						METD-65/04					
315.						METD-65/05					
316.						METD-65/06					
317.						METD-65/07					
318.						METD-65/08					
319.	5	Rogosija sa crvenim klasom i osjem	42°36'20.94"N	18°25'28.56"E	Grab	METD-66/01	x	x	x	x	
320.						METD-66/02					x
321.						METD-66/03					
322.						METD-66/04					
323.	6	Rogosija sa bijelim osjem	43° 6'16.56"N	18° 7'53.08"E	Dabar	METD-67/01	x	x	x	x	
324.						METD-67/02					x
325.						METD-67/03					
326.						METD-67/04					
327.						METD-67/05					
328.						METD-67/06					
329.						METD-67/07					
330.	7	Rogosija sa bijelim osjem	42°36'33.94"N	18°25'14.54"E	Grab	METD-68/01	x	x	x	x	
331.						METD-68/02					
332.						METD-68/03					
333.						METD-68/04					x
334.						METD-68/05					
335.						METD-68/06					
336.	7	Rogosija sa smeđim klasom i osjem	42°27'16.54"N	18°32'35.21"E	Dubrovka Herceg Novi	METD-69/01	x	x	x	x	
337.						METD-69/02					x

R. br.	G	Narodni naziv	GŠ	GD	Mjesto porijekla	O	CBBG	DG	PG	BL	GMol
338.	7	Rogosija sa smeđim osjem	42°38'1.47"N	18°23'28.00"E	Kraji	METD-70/01	x	x	x	x	
339.						METD-70/02					
340.						METD-70/03					x
341.						METD-70/04					
342.						METD-70/05					
343.						METD-70/06					
344.	7	Rogosija sa žutim klasom	42°54'34.36"N	17°59'15.59"E	Kotezi	METD-71/01	x	x	x	x	x
345.						METD-71/02					
346.						METD-71/03					
347.						METD-71/04					
348.						METD-71/05					
349.	7	Rogosija sa mrkim osjem	42°32'8.72"N	18°19'35.46"E	Konavle	METD-72/01	x	x	x	x	
350.						METD-72/02					x
351.						METD-72/03					
352.						METD-72/04					
353.						METD-72/05					
354.						METD-72/06					
355.						METD-72/07					
356.						METD-72/08					
357.						METD-72/09					
358.						METD-72/10					
359.	7	Rogosija sa smeđim klasom i osjem	42°38'56.84"N	18°22'41.37"E	Tuli	METD-73/01	x	x	x	x	x
360.						METD-73/02					
361.	7	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42°39'55.05"N	18°8'9.25"E	Dolja–Dubrovnik	METD-74/01	x	x	x	x	
362.						METD-74/02					x
363.	7	Rogosija sa crvenim klasom	42°19'2.64"N	18°47'15.57"E	Donji Grbalj	METD-75/01	x	x	x	x	
364.						METD-75/02					
365.						METD-75/03					
366.						METD-75/04					
367.						METD-75/05					x
368.						METD-75/06					
369.						METD-75/07					
370.	7	Rogosija sa smeđim klasom	42°36'27.42"N	18°25'1.33"E	Grab	METD-76/01	x	x	x	x	
371.						METD-76/02					x
372.	7	Rogosija sa smeđim klasom i osjem	42°42'56.06"N	18°20'56.92"E	Trebinje	METD-77/01	x	x	x	x	
373.						METD-77/02					x
374.	7	Rogosija sa bijelim klasom	42°18'33.32"N	18°48'3.46"E	Donji Grbalj	METD-78/01	x	x	x	x	
375.						METD-78/02					x
376.						METD-78/03					

R. br.	G	Narodni naziv	GŠ	GD	Mjesto porijekla	O	CBBG	DG	PG	BL	GMol
377.	7	Rogosija sa bijelim osjem	43° 1'41.96"N	18° 18'51.82"E	Fatnica–Stolac	METD–79/01	x	x	x	x	
378.						METD–79/02					
379.						METD–79/03					
380.						METD–79/04					
381.						METD–79/05					
382.						METD–79/06					
383.						METD–79/07					
384.						METD–79/08					x
385.						METD–79/09					
386.	7	Rogosija sa smeđim klasom	42° 48'22.71"N	18° 8'8.03"E	Zakovo	METD–80/01	x	x	x	x	
387.						METD–80/02					
388.						METD–80/03					x
389.						METD–80/04					
/	1	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42° 6'19.98"N	19° 14'18.94"E	Tejani	METD–81					
/	1	Rogosija sa crvenim klasom i osjem	42° 20'22.06"N	19° 20'16.81"E	Vuksanlekići	METD–82					
/	1	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem	42° 11'8.02"N	19° 11'17.70"E	Šestani	METD–83					
/	1	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	41° 56'42.17"N	19° 16'57.26"E	Zoganj	METD–84					
/	1	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	41° 56'36.58"N	19° 17'13.19"E	Zoganj	METD–85					
/	1	Rogosija sa bijelim klasom i crnim osjem	42° 11'3.22"N	19° 11'11.08"E	Šestani	METD–86					
/	1	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42° 0'49.06"N	19° 21'53.74"E	Sukobin	METD–87					
/	1	Rogosija sa bijelim i žutim klasom	42° 17'1.94"N	18° 52'22.54"E	Bečići	METD–88					
/	1	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem	42° 18'25.46"N	19° 3'7.58"E	Čukovići*	METD–89					
/	1	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42° 6'17.34"N	19° 14'15.10"E	Tejani	METD–90					
/	1	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42° 7'35.80"N	19° 12'54.44"E	Livari	METD–91					
/	1	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem	42° 7'41.70"N	19° 13'4.66"E	Livari	METD–92					
/	1	Rogosija sa crvenim klasom i osjem	42° 1'54.09"N	19° 10'54.38"E	Mrkojevići	METD–93					
/	1	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem	42° 26'4.18"N	19° 2'44.48"E	Cepetići	METD–94					

R. br.	G	Narodni naziv	GŠ	GD	Mjesto porijekla	O	CBBG	DG	PG	BL	GMol
/	1	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem	42°11'3.25"N	19°10'26.66"E	Karanikići	METD-95	x	x	x		
/	1	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42°23'50.04"N	19°10'22.97"E	Gomji Kokoti	METD-96					
/	2	Rogosija sa žutim klasom i osjem	42°25'58.54"N	19° 8'56.88"E	Kruse	METD-97					
/	2	Rogosija sa žutim klasom i osjem	42°26'0.07"N	19° 9'3.81"E	Kruse	METD-98					
/	2	Rogosija sa žutim klasom i osjem	42°26'2.61"N	19° 9'0.93"E	Kruse	METD-99					
/	2	Gripljanka sa crvenim klasom i osjem	41°59'29.26"N	19°13'31.01"E	Mrkojevičko polje	METD-100					
/	2	Žutorica sa žutim klasom i osjem	42°18'11.23"N	18°50'27.50"E	Maine	METD-101					
/	2	Rogosija sa žutim klasom i osjem	42° 0'21.53"N	19°18'36.02"E	Vladimir	METD-102					
/	2	Rogosija sa crvenim klasom i osjem	42° 0'13.90"N	19°18'51.14"E	Vladimir	METD-103	x	x	x		
/	2	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42°11'2.13"N	19°11'7.45"E	Šestani	METD-104					
/	2	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42° 6'17.76"N	19°14'28.01"E	Tejani	METD-105					
/	2	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42°24'14.82"N	19°12'13.86"E	Kokoti	METD-106					
/	2	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42° 7'43.52"N	19°13'23.81"E	Livari	METD-107					
/	2	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem	42°24'43.79"N	19° 5'46.20"E	Gradac	METD-108					
/	2	Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem	42° 0'23.56"N	19°18'23.60"E	Vladimir	METD-109					
/	2	Rogosija sa žutim klasom i osjem	41°59'20.45"N	19°16'45.38"E	Klezna	METD-110					
/	2	Rogosija sa bijelim klasom i svijetlo mrkim osjem	42°21'19.83"N	19°21'53.79"E	Spinja	METD-111					
/	2	Rogosija sa žutim klasom i osjem	42°21'9.15"N	19°22'12.83"E	Spinja	METD-112					
/	2	Rogosija sa žutim klasom i osjem	42°21'8.05"N	19° 1'31.05"E	Rijeka Cmojevića	METD-113					
/	2	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42°25'46.70"N	19° 6'14.65"E	Buronji	METD-114					
/	2	Rogosija sa bijelim klasom i osjem	42°26'5.37"N	19° 2'40.34"E	Cepetići	METD-115					

R. br.	G	Narodni naziv	GŠ	GD	Mjesto porijekla	O	CBBG	DG	PG	BL	GMol
/	2	Rogosija iz Vranića–Titograd	42°27'35.03"N	19°14'10.87"E	Vranići	METD-116					
/	3	Rogosija sa crvenim klasom i osjem	42° 7'56.03"N	19° 8'28.60"E	Tuđemili	METD-117					
/	3	Rogosija sa smeđim klasom	42° 1'31.40"N	19°11'55.78"E	Mikojevići	METD-118	x	x	x		
/	4	Rogosija sa mrkim osjem	42°21'36.18"N	19°22'57.77"E	Između Spinje i Skoraca	METD-119	x	x	x		
/	6	Rogosija sa crvenkastim osjem	43° 3'9.13"N	17°56'25.17"E	Poplat	METD-120	x	x	x		
/	6	Rogosija sa bijelim osjem	43° 3'7.66"N	17°56'40.12"E	Poplat	METD-121	x	x	x		
/	6	Rogosija sa žutim osjem	43° 3'21.00"N	17°55'47.37"E	Poplat	METD-122	x				
/	6	Rogosija sa bijelim osjem	43° 5'44.62"N	18° 9'41.61"E	Berkovići	METD-123	x				
/	6	Rogosija sa bijelim osjem	43° 5'17.82"N	17°56'40.13"E	Stolac	METD-124					
/	7	Rogosija sa žutim osjem	42°12'50.79"N	19° 0'20.49"E	Paštrovići	METD-125	x	x	x		

Tab. 2. Sorte italijanske pšenice korišćeni u molekularnim ispitivanjima\*

Oznaka	Naziv sorte	Latinski naziv	
AG-25	Cappelli	<i>T. turgidum</i> ssp. <i>durum</i>	Stara italijanska lokalna populacija
AG-95	Russello	<i>T. turgidum</i> ssp. <i>durum</i>	Stara italijanska lokalna populacija
AG-107-1	Svevo	<i>T. turgidum</i> ssp. <i>durum</i>	Italijanska elitna sorta (duplikat)
AG-107-2	Svevo	<i>T. turgidum</i> ssp. <i>durum</i>	Italijanska elitna sorta (duplikat)
AG-108	Taganrog	<i>T. turgidum</i> ssp. <i>durum</i>	Stara italijanska lokalna populacija

\* Italijanske genotipove je obezbijedio Institut za bioresurse i bionauke, Nacionalnog istraživačkog centra iz Barija, Italija

Fig. 1. Klasovi Crnogorske autohtonih populacija tetraploidne pšenice (Foto A. Velimirović)



Grupa 1: METD-1/02 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Spinje” (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 1: METD-2/02 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Vuksanlekića” (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 1: METD-3/04 „Rogosija sa crvenim klasom iz Martinića” (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 1: METD-4/01 „Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Sukobina” (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 1: METD-5/02 „Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Spinje” (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 1: METD-6/02 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Golubovaca” (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 1: METD-7/02 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Zete” (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 1: METD-8/01 „Rogosija sa bijelim osjem iz Spinje” (*T. turgidum* ssp. *durum*)





Grupa 1: METD-9/05 „Rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Spinje“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 1: METD-10/02 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Buronja“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 1: METD-11/01 „Rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Klezne“ (*T. turgidum* ssp. *durum*)



Grupa 1: METD-11/02 „Rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Klezne“ (*T. turgidum* ssp. *durum*)



Grupa 1: METD-11/03 „Rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Klezne“ (*T. turgidum* ssp. *durum*)



Grupa 1: METD-11/04 „Rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Klezne“ (*T. turgidum* ssp. *durum*)



Grupa 1: METD-11/05 „Rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Klezne“ (*T. turgidum* ssp. *durum*)



Grupa 1: METD-11/06 „Rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Klezne“ (*T. turgidum* ssp. *durum*)



Grupa 1: METD-11/07 „Rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Klezne“ (*T. turgidum* ssp. *durum*)



Grupa 1: METD-12/01 „Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Sotonića“ (*T. turgidum* ssp. *durum*)



Grupa 1: METD-13/01 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Kokota“ (*T. turgidum* ssp. *durum*)



Grupa 1: METD-13/02 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Kokota“ (*T. turgidum* ssp. *durum*)



Grupa 1: METD-13/03 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Kokota“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 1: METD-14/02 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Ubla“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-15/09 „grbljanka sa crvenim klasom i osjem iz Mrkojevića“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-16/06 „Rogosija sa žutim klasom i mrkim osjem iz Karanikća“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)





Grupa 2: METD-17/01 „Grljanka sa crvenim klasom i osjem iz Kamenickog mosta“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-18/04 „Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Brajića“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-19/02 „Rogosija sa bijelim klasom i crnim osjem iz Gomjih Seoca“ (*T. turgidum* ssp. *durum*)



Grupa 2: METD-20/06 „Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Tejana“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-21/05 „Rogosija sa smeđim osjem iz Vuksanlekića“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-22/01 „Rogosija sa žutim osjem iz Vuksanlekića“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-23/03 „Rogosija iz Šestana“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-24/01 „Rogosija sa bijelim klasom i crnim osjem iz Karanikića“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-25/01 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Čurčica“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 2: METD-25/02 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Čurčica“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-25/03 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Čurčica“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 2: METD-25/04 “Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Čurčica“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-25/05 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Čurčica“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 2: METD-25/06 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Čurčica“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-25/07 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Čurčica“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 2: METD-25/08 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Čurčica“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-25/09 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Čurčića“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-26/06 „Grbljanka sa crvenim klasom i osjem iz Kameničkog mosta“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-27/02 „Rogosija sa žutim klasom i osjem iz Čukovića“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-28/03 „Rogosija sa smeđim osjem iz i bijelim klasom iz Martinića“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-29/01 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Golubovaca“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-30/04 „Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Zete“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-31/04 „Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Šestana“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-32/03 „Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Livara“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)





Grupa 2: METD-33/02 „Rogosija sa žutim klasom i osjem iz Tejana“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-34/03 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Bečića“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-35/03 „Rogosija sa bijelim klasom i mrkim ili bijelim osjem iz Ubla“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 2: METD-36/01 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Kokota“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 3: METD-37/01 „Rogosija sa smeđim klasom i osjem iz Bojke“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 3: METD-38/03 „Rogosija sa smeđim klasom i mrkim osjem iz iz Dobre Vode“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 3: METD-39/01 „Rogosija sa smeđim klasom i osjem iz Bojke“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 3: METD-40/01 „Rogosija sa crvenkastim klasom iz Krute“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 3: METD-41/04 „Rogosija sa smeđim osjem iz Mide“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 3: METD-42/07 „Rogosija sa žutim klasom i mrkim osjem iz Bara“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 3: METD-43/02 „Rogosija sa crvenim klasom i mrkim osjem iz Tuđemila“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 3: METD-44/05 „Rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Pečurica“ (*T. turgidum* ssp. *durum*)



Grupa 3: METD-45/04 „Rogosija sa bijelim klasom i crnim osjem iz Krute“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 3: METD-46/02 „Rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Mrkojevičkog polja“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 3: METD-47/01 „Rogosija sa mrkim klasom i osjem iz Dobre Vode“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 3: METD-48/03 „Rogosija sa mrkim osjem iz Sustasa“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 4: METD-49/04 „Rogosija sa crvenkastim klasom i osjem izmedju Spinje i Skoraca“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 4: METD-50/04 „Rogosija sa smeđim osjem iz Polica“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 4: METD-51/01 „Rogosija sa smeđim klasom iz Cijevne“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 4: METD-52/02 „Rogosija sa bijelim klasom i mrkim osjem iz Cijevne“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 5: METD-56/01 „Rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Trebinja“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 5: METD-58/07 „Rogosija sa bijelim klasom iz Trebinja“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 5: METD-59/05 „Rogosija sa smeđim klasom i osjem iz Luga“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 5: METD-63/02 „Rogosija sa mrkim osjem iz Luga“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)





Grupa 5: METD-64/03 „Velja pšenica sa crvenim klasom i osjem iz Vodiće“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 5: METD-65/02 „Rogosija sa smeđim klasom i osjem iz Podkraja“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 5: METD-66/02 „Rogosija sa crvenim klasom i osjem iz Graba“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 6: METD-67/02 „Rogosija sa bijelim osjem iz Dabara“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 7: METD-68/04 „Rogosija sa bijelim osjem iz Graba“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 7: METD-69/02 „Rogosija sa smeđim klasom i osjem iz Dubrovke“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 7: METD-70/03 „Rogosija sa smeđim osjem iz Kraja“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 7: METD-71/01 „Rogosija sa žutim klasom iz Koteza“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)





Grupa 7: METD-72/02 „Rogosija sa mrkim osjem iz Konavla“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 7: METD-73/01 „Rogosija sa smedim klasom i osjem iz Tuli“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 7: METD-74/02 „Rogosija sa bijelim klasom i osjem iz Dolje“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 7: METD-75/05 „Rogosija sa crvenim klasom iz Donjeg Grblja“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 7: METD-76/02 „Rogosija sa smedim klasom iz Graba“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 7: METD-77/02 „Rogosija sa smedim klasom i osjem iz Trebinja“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)



Grupa 7: METD-78/02 „Rogosija sa bijelim klasom iz Donjeg Grblja“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

Grupa 7: METD-79/08 „Rogosija sa bijelim osjem iz Fatice“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

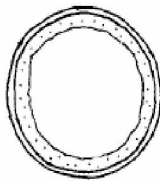
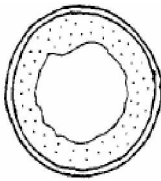
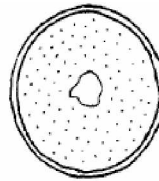






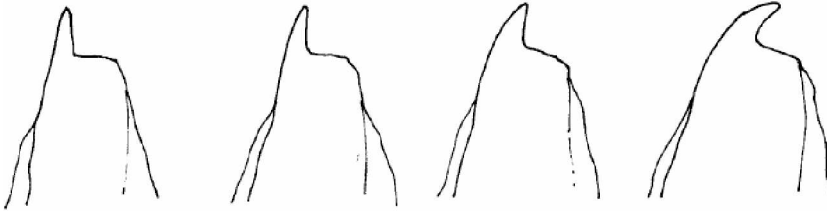
Grupa 7: METD-80/03 „Rogosija sa smeđim  
klasom iz Zakova“ (*T. turgidum* ssp. *turgidum*)

## Prilog 2

Tab. 1. UPOV deskriptori praćeni u istraživanju sa opisom svake osobine i odgovarajućom ocjenom

Redni broj	Osobina	Opis	Ocjena
2.	Biljka: Tip porasta	Uspravan	1
		Poluuspravan	3
		Intermedijaran	5
		Polupolegao	7
		Polegao	9
3.	Zastavičar: Antocijanska pigmentacija aurikula	Odsutna	1
		Slaba	3
		Srednja	5
		Jaka	7
		Vrlo jaka	9
4.	Biljka: Učestalost biljaka sa povijenim zastavičarom	Odsutna	1
		Niska	3
		Srednja	5
		Visoka	7
		Vrlo visoka	9
5.	Vrijeme pojave klasova (na 50% klasova vidljivi prvi klasići)	Vrlo rano	1
		Rano	3
		Srednje	5
		Kasno	7
		Vrlo kasno	9
6.	Zastavičar: Pepeljasta navlaka na listu	Odsutna	1
		Slaba	3
		Srednja	5
		Jaka	7
		Vrlo jaka	9
7.	Klas: Pepeljasta navlaka	Odsutna	1
		Slaba	3
		Srednja	5
		Jaka	7
		Vrlo jaka	9
8.	Visina biljke (stablo, klas i osje) u cm		
9.	Biljka: Visina (stablo, klas i osje)	Vrlo niska	1
		Niska	3
		Srednja	5
		Visoka	7
		Vrlo visoka	9
10.	Stablo: Ispunjenost poprečnog presjeka na pola rastojanja između osnove klasa i koljenca ispod	Neznatna	3
		Srednja	5
		Visoka	7

<div><div><p>1</p></div><div><p>3</p></div><div><p>5</p></div></div>			
11.	Klas: Oblik profila	Piramidalan	1
		Paralelnostranični	2
		Polu–skverhedni	3
		Skverhedni	4
		Vretenast	5
13.	Klas: Dužina bez osja	Vrlo kratak	1
		Kratak	3
		Srednji	5
		Dug	7
		Vrlo dug	9
14.	Osje ili zupci: prisustvo	Oba odsutna	1
		Zupci prisutni	2
		Osje prisutno	3
15.	Osje ili zupci: Dužina	Vrlo kratko	1
		Kratko	3
		Srednje	5
		Dugo	7
		Vrlo dugo	9
18.	Donja pljeva: Širina ramena	Vrlo uska	1
		Uska	3
		Srednja	5
		Široka	7
		Vrlo široka	9
<div><div><p>3</p></div><div><p>5</p></div><div><p>7</p></div></div>			
19.	Donja pljeva: Oblik ramena	Nagnut	1
		Blago nagnut	3
		Prav	5
		Uzdignut	7
		Veoma uzdignut sa drugim vrhom	9

						
		1	2	3	4	5
20.	Donja pljeva: Dužina vrha	Vrlo kratak	1			
		Kratak	3			
		Srednji	5			
		Dug	7			
		Vrlo dug	9			
21.	Donja pljeva: Oblik vrha	Prav	1			
		Blago kriv	3			
		Srednje kriv	5			
		Jako kriv	7			
		Prelomljen	9			
						
		1	3	5	7	
22.	Donja pljeva: Obraslost unutrašnjim dlačicama	Slaba	3			
		Srednja	5			
		Jaka	7			
26.	Biljka prema toplotnom stadijumu	Ozima	1			
		Fakultativna	2			
		Jara	3			

Tab. 2. Karakteristike varijeteta: prisustvo osja, boja klasa, osja i zrna, maljavost klasa\*

Redni broj	Varijetet
1.	Klas sa osjem: varijetet <i>leucurum</i> – klas, osje i zrno bijele boje, klas glatak
2.	Klas sa osjem, varijetet <i>affine</i> – klas i osje bijele boje, klas glatak, zrno crveno
3.	Klas sa osjem, varijetet <i>valenciae</i> – klas osje i zrno bijele boje, klas maljav
4.	Klas sa osjem, varijetet <i>fastuosum</i> – klas i osje bijele boje, klas maljav, zrno crveno
5.	Klas sa osjem, varijetet <i>leucomelan</i> – klas i zrno bijele boje, klas gladak, osje crno
6.	Klas sa osjem–varijetet <i>melanopus</i> – klas i zrno bijele boje, klas maljav osje crno
7.	Klas sa osjem, varijetet <i>hordeiforme</i> – klas i zrno bijele boje, osje crno, klas glatak
8.	Klas sa osjem, varijetet <i>italicum</i> – klas i osje crveno, zrno bijele boje, klas maljav
9.	Klas sa osjem, varijetet <i>erytromelan</i> – klas glatak, crven, osje crno, zrno bijelo
10.	Klas bez osja, varijetet <i>candicans</i> – klas bijel, glatak, zrno bije
11.	Klas bez osja, varijetet <i>schechurdini</i> – klas bijel, glatak, zrno crveno
12.	Klas bez osja, varijetet <i>subaustrale</i> – klas crven, glatak, zrno bijelo
13.	Klas bez osja, varijetet <i>stebuti</i> – klas crven, glatak, zrno crveno

\*UPOV deskriptori praćeni u istraživanju sa opisom svake osobine i odgovarajućom ocjenom

### Prilog 3

Tab. 1. Kontribucija varijabli definisanju prvih pet glavnih dimezija u procentima

<b>Varijabla</b>	<b>Dim 1</b>	<b>Dim 2</b>	<b>Dim 3</b>	<b>Dim 4</b>	<b>Dim 5</b>
Koleoptil_antocijan_1	<b>1,2892</b>	<b>0,3484</b>	3,6636	0,8701	3,5747
Koleoptil_antocijan_5	<b>3,8216</b>	<b>9,8000</b>	0,1449	0,0008	2,1642
Koleoptil_antocijan_7	<b>3,3878</b>	<b>5,2492</b>	1,5961	0,2307	0,0068
Tip_porasta_1	0,0291	0,0584	<b>1,4527</b>	<b>1,5029</b>	0,1735
Tip_porasta_3	0,0995	0,1997	<b>4,9690</b>	<b>5,1404</b>	0,5936
Aurikule_antocijan_1	0,6320	<b>0,8184</b>	0,0002	1,1902	<b>9,0909</b>
Aurikule_antocijan_3	0,0666	<b>0,2144</b>	0,2518	0,4116	<b>3,0901</b>
Aurikule_antocijan_5	0,1288	<b>5,0786</b>	0,9209	0,2825	<b>2,8711</b>
Aurikule_antocijan_7	0,5564	<b>0,1896</b>	0,2690	0,7517	<b>8,5614</b>
Povijen_zastavičar_1	0,0100	<b>3,1278</b>	0,6445	0,2294	<b>8,7752</b>
Povijen_zastavičar_3	1,8129	<b>0,8831</b>	0,2623	0,3198	<b>5,0172</b>
Povijen_zastavičar_5	1,6842	<b>1,4693</b>	0,0601	0,0001	<b>0,4654</b>
Povijen_zastavičar_7	1,8544	<b>0,1610</b>	0,0206	0,1674	<b>0,0138</b>
Pojava_klasova_3	0,0088	0,0583	<b>4,0944</b>	2,6751	<b>2,8061</b>
Pojava_klasova_5	0,0526	0,0471	<b>0,8896</b>	1,6708	<b>3,6357</b>
Pojava_klasova_7	1,2830	2,6244	<b>15,8544</b>	1,8953	<b>0,3779</b>
Pepeljast_zastavičar_1	<b>3,4199</b>	4,7268	0,5862	<b>0,3600</b>	0,0328
Pepeljast_zastavičar_3	<b>0,0122</b>	0,5817	0,0940	<b>0,4181</b>	0,0922
Pepeljast_zastavičar_5	<b>5,0961</b>	0,1175	2,5928	<b>5,3533</b>	0,9595
Pepeljast_klas_1	<b>0,0272</b>	0,2606	0,1280	<b>0,1747</b>	0,1534
Pepeljast_klas_3	<b>2,8819</b>	0,0064	1,4502	<b>1,9050</b>	0,1267
Pepeljast_klas_5	<b>4,1197</b>	0,0230	2,1510	<b>2,8287</b>	0,2166
Visina_cm_3	<b>0,0481</b>	0,1984	<b>1,0859</b>	0,1984	0,0074
Visina_cm_5	<b>4,7619</b>	0,3128	<b>5,7066</b>	0,0522	0,0046
Visina_cm_7	<b>0,0559</b>	0,0218	<b>1,1901</b>	0,0444	0,0118
Visina_cm_9	<b>5,6840</b>	0,1092	<b>0,3732</b>	0,3369	0,0486
Visina_7	0,7936	3,2236	<b>16,1076</b>	<b>3,7970</b>	1,6796
Visina_9	0,0167	0,0677	<b>0,3382</b>	<b>0,0797</b>	0,0353
Ispunjenost_stabla_5	0,0061	<b>3,6805</b>	0,2844	<b>5,7519</b>	0,1419
Ispunjenost_stabla_7	0,0000	<b>0,0190</b>	0,0015	<b>0,0297</b>	0,0007
Oblik_klasa_1	0,0358	<b>0,3826</b>	<b>0,0692</b>	0,0448	0,0085
Oblik_klasa_2	0,9587	<b>10,2495</b>	<b>1,8547</b>	1,2004	0,2271
Dužina_klasa_3	<b>0,0084</b>	0,1976	0,8954	0,0477	<b>0,2832</b>
Dužina_klasa_5	<b>2,0709</b>	0,5009	0,1603	0,0074	<b>1,0715</b>
Dužina_klasa_7	<b>2,7483</b>	0,8467	0,1633	0,0129	<b>1,4509</b>
Dužina_klasa_9	<b>0,0031</b>	0,6894	0,0296	0,0017	<b>0,2328</b>
Dužina_osja_5	<b>0,0069</b>	2,5098	1,1266	<b>3,4067</b>	1,0995
Dužina_osja_7	<b>0,9585</b>	0,0135	0,0018	<b>0,2928</b>	0,1118
Dužina_osja_9	<b>10,8062</b>	0,0099	0,2236	<b>1,5802</b>	2,1245



Donja_pljeva_širina_ramena_1	0,2101	0,0230	0,3619	<b>0,1361</b>	<b>0,0713</b>
Donja_pljeva_širina_ramena_3	4,8624	0,6512	2,0725	<b>1,7306</b>	<b>2,5184</b>
Donja_pljeva_širina_ramena_5	0,1567	0,4807	3,2833	<b>0,0085</b>	<b>0,7500</b>
Donja_pljeva_širina_ramena_7	0,4516	0,0295	2,3770	<b>3,6130</b>	<b>6,4329</b>
Donja_pljeva_širina_ramena_9	1,0787	0,5896	0,0171	<b>12,0892</b>	<b>1,2668</b>
Donja_pljeva_oblik_ramena_1	<b>0,2115</b>	0,5736	0,4832	<b>3,9308</b>	1,6386
Donja_pljeva_oblik_ramena_3	<b>4,7905</b>	1,3981	0,8045	<b>0,3447</b>	0,0061
Donja_pljeva_oblik_ramena_5	<b>5,9813</b>	0,5928	0,5556	<b>4,9644</b>	0,8360
Donja_pljeva_oblik_ramena_7	<b>0,2001</b>	3,9830	0,3127	<b>5,1507</b>	0,3914
Donja_pljeva_oblik_ramena_9	<b>0,1445</b>	0,0809	0,0002	<b>0,1936</b>	0,4084
Donja_pljeva_dužina_vrha_1	<b>0,4582</b>	1,2323	0,3133	1,3551	<b>2,8655</b>
Donja_pljeva_dužina_vrha_3	<b>3,5290</b>	0,0114	0,5631	6,0212	<b>7,4187</b>
Donja_pljeva_dužina_vrha_5	<b>0,8567</b>	0,0991	3,9620	3,5754	<b>0,1128</b>
Donja_pljeva_dužina_vrha_7	<b>3,5695</b>	0,1244	6,5858	0,1184	<b>2,4621</b>
Donja_pljeva_dužina_vrha_9	<b>8,3564</b>	9,5936	1,4183	0,7177	<b>0,6997</b>
Donja_pljeva_oblik_vrha_1	0,3390	<b>6,5501</b>	0,1478	<b>0,8250</b>	1,5426
Donja_pljeva_oblik_vrha_3	0,0015	<b>6,2430</b>	0,1968	<b>5,8862</b>	6,1236
Donja_pljeva_oblik_vrha_5	0,1025	<b>0,2936</b>	0,2667	<b>0,9287</b>	0,0028
Donja_pljeva_oblik_vrha_7	3,4632	<b>8,3736</b>	4,5696	<b>3,1472</b>	3,1136



## Biografija autora

Ana Velimirović je rođena na Cetinju 02.02.1982. godine. Osnovnu i srednju medicinsku školu je završila u Podgorici, a 2005. godine je upisala studije biljne proizvodnje na Biotehničkom fakultetu Univerziteta Crne Gore u Podgorici. Studije je završila sa prosjekom 8.91 (B), a specijalističke studije je pohađala na istom fakultetu, smjer Ratarstvo i povrtarstvo i završila sa prosjekom 10.00 (A). Dvogodišnje magistarske studije je upisala 2009. godine na Mediteranskom agronomskom institutu u Hanji, Grčka, koje je završila sa prosjekom A i distinkcijom “*cum maxima laude*” na smjeru Održiva poljoprivreda. Nakon povratka u Crnu Goru, rad nastavlja na projektima pretpristupne podrške članstvu Crne Gore u EU, a koji se odnose na Poglavlje 12-fitosanitarnu, veterinarsku politiku i bezbjednost hrane, pri Ministarstvu poljoprivrede i ruralnog razvoja. U periodu 2012-2013 završila je pripravnički staž na Biotehničkom fakultetu i položila državni ispit. Kontinuirano sarađuje sa matičnim fakultetom na brojnim projektima i u naučno-istraživačkom radu, što rezultira publikacijom više od 30 naučnih radova. Dobitnik je Post-master stipendije Ministarstva inostranih poslova Italije u okviru projekta “Diplomazia” 2014. godine, u okviru koje boravi šest mjeseci u Bariju na Institutu za bionauku i bioresurse, Nacionalnog istraživačkog centra. Pohađala je brojne obuke i usavršavanja iz oblasti genetike, bezbjednosti hrane i fitosanitarne politike, među kojima se izdvajaju boravak na Politehničkom univerzitetu Marke, Italija Odsjek za poljoprivredne, prehrambene i nauke životne sredine, smjer genetika bilja od 2015. do 2017. godine. Kontakt osoba je za Evropsku agenciju za bezbjednost hrane (EFSA), Bolje treninge za bezbjedniju hranu (BTSF), Cartagena Protokol, Službu za razmjenu biološke bezbjednosti, FAO GM Platformu i *Codex Alimentarius* u Upravi za bezbjednost hrane, veterinu i fitosanitarne poslove. Tečno govori engleski i italijanski jezik i služi se španskim.

## Bibliografija

- Jovović, Z., Bročić, Z., **Velimirović, A.**, Dolijanović, Ž., Komnenić, A. (2021): The influence of flooding on the main parameters of potato productivity. *Acta Horticulturae*, 1320: 133-138.
- Velimirović, A.**, Jovović, Z., Pržulj, N. (2021): From neolithic to late modern period: Brief history of wheat. *Genetika*, 53 (1): 407-417.
- Jovovic, Z., Dolijanovic, Z., Spalevic, V., Dudic, B., Przulj, N., **Velimirovic, A.**, Popovic, V. (2021): Effects of Liming and Nutrient Management on Yield and Other Parameters of Potato Productivity on Acid Soils in Montenegro. *Agronomy*, 11 (5): 980.
- Velimirovic, A.**, Jovovic, Z., Przulj, N. (2020, May): Wheat of Future. Keynote Speakers - Promising Young Scientist. GEA (Geo Eco-Eco Agro) International Conference. Book of Proceedings, 48.
- Komnenić, A., Jovović, Z., **Velimirović, A.** (2020): Impact of Different Organic Fertilizers on Lavender Productivity (*Lavandula officinalis* Chaix). *Agriculture and Forestry*, 66 (2): 51-56.
- Pržulj, N., Zoran, J., **Velimirović, A.** (2020): Breeding Small Grain Cereals for Drought Tolerance in a Changing Climate. *Agriculture and Forestry*, 66 (2): 109-123.
- Jovović, Z., **Velimirović, A.**, Popović, V., Dolijanović, Ž., Jovović, M. (2019, mart): Uticaj organskog peletiranog đubriva na kvalitet sadnog materijala ružmarina (*Rosmarinus officinalis* L.): XXIV Savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem. Zbornik radova, 227-231.
- Berjan, S., Mrdalj, V., El Bilali, H., **Velimirovic, A.**, Blagojevic, Z., Bottalico, F., Capone, R. (2019): Household food waste in Montenegro. *Italian Journal of Food Science*, 31 (2).
- Jovović, Z., Salkić, B., **Velimirović, A.**, Vukićević, P., Salkić, A. (2018): Production of immortelle seedlings according to the principles of organic production. *International Journal of Plant Soil Science*, 1-5.
- Jovovic, Z., Mandic, D., Przulj, N., Popovic, T., **Velimirovic, A.**, (2017, October): Genetic resource of oats (*Avena sativa* L.) and rye (*Secale cereale* L.) in Montenegro. In VIII International Scientific Agriculture Symposium - Agrosym 2017. Book of abstracts, 485.
- Jovovic, Z., **Velimirovic, A.**, Przulj, N., Salkic, B., Govedarica-Lucic, A. (2017, October): The influence of different organic fertilizers on the quality of immortelle (*Helichrysum italicum* (Roth) G. Gon) seedlings material. In VIII International Scientific Agriculture Symposium - Agrosym 2017. Book of abstracts, 486.
- Jovovic, Z., Mandic, D., Przulj, N., **Velimirovic, A.**, Dolijanovic, Z. (2017, March): Genetic resources of wheat (*Triticum* sp.) in Montenegro. In XXII Consultation on biotechnology. Book of Abstracts, 99-107.

- Jovovic, Z., Silj, M., **Velimirovic, A.**, Przulj, N., Mandic, D. (2017, March): Genetic resources of barley (*Hordeum sativum* Jess.) in Montenegro. In XXII Consultation on biotechnology. Book of Abstracts, 109-115.
- Jovovic, Z., Baricevic, D., Przulj, N., Govedarica-Lucic, A., **Velimirovic, A.** (2017, March): Efficiency of novel liquid organic fertilizer "chap liquid" in immortelle (*Helichrysum italicum* L.) seedlings production. In VI International Symposium on Agricultural Sciences. Book of abstracts, 30.
- Jovovic, Z., Jordanovska, S., **Velimirovic, A.**, Popovic, V., Dolijanovic, Z. (2017, October): Characterization and evaluation of Potato genetic Resources in Montenegro. In Congress of the Serbian Genetic Society. Book of Abstracts, 162.
- Dolničar, P., Milošević, D., Jovović, Z., Meglič, V., Maras, M., **Velimirović, A.** (2016): Reliability of morphological and molecular characterization of lightsprouts for differentiation of potato accessions. *Genetika*, 48 (2): 525-532.
- Jovovic, Z., **Velimirovic, A.**, Milosevic, D., Buckovic, M., Zejak, D. (2016, Mart): Istorijat gajenja krompira u Crnoj Gori. XXI Savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem. Zbornik radova, 21 (23): 211-216.
- Jovovic, Z., Micev, B., **Velimirovic, A.** (2016): Impact of climate change on potato production in Montenegro and options to mitigate the adverse effects. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 4 (3): 47-54.
- Jovovic, Z., Dolijanovic, Z., **Velimirovic, A.**, Postic, D., Milosevic, D. (2015, October): Examination Of Some Dutch White Flesh Potato Varieties In Mountainous Region Of Montenegro. In VI International Scientific Agricultural Symposium - Agrosym 2015. Book of Proceedings, 681-684.
- Jovovic, Z., Todorovic, J., **Velimirovic, A.**, Milošević, D. (2015, May): Significant Incidence Of Blackening And Decay Of The Lower Stem Portion Of Potato ("Blackleg") in Montenegro in 2012. In Plant health for sustainable agriculture. Book of Proceedings, 61.
- Jovovic, Z., Todorovic, J., **Velimirovic, A.** (2015, June): Climate change and plant production: The influence of flooding on potato production in Montenegro. In Symposium Managing flood risk and mitigate their adverse consequences. Book of Proceedings, 135-140.
- Jovovic, Z., **Velimirovic, A.**, Postic, D., Silj, M. (2014, March): Inventorization. collecting and conservation of potato genetic resources in Montenegro. In III international symposium and XIX scientific conference of agronomists of Republic of Srpska. Book of abstracts, 121.
- Gazivoda, A., **Velimirovic, A.**, Maras, V., Raicevic, J., Sucur, S., Pavicevic, A., Karagianni, A., Livieratos, I. (2014, October): Survey Results of Citrus Tristeza Virus (CTV) In Crete and Detection by Direct Immunoprinting - Elisa Method. In V International Scientific Agricultural Symposium - Agrosym 2014. Book of Abstracts, 176.

- Gazivoda, A., **Velimirovic, A.**, Maras, V., Raicevic, J., Kodzulovic, V., Mathioudaki, M., Shegani, M., Livieratos, I. (2014, October): Detection Of Citrus Tristeza Virus in Plant Tissues by Different Variants of RT-PCR Method. In V International Scientific Agricultural Symposium - Agrosym 2014. Book Of Abstracts, 175.
- Jovovic, Z., **Velimirovic, A.**, Dolijanovic, Z., Silj, M., Zejak, D. (2014, October): Possibility of summer planting of potato in Agroecological conditions of Podgorica. In V International Scientific Agricultural Symposium - Agrosym 2014. Book of Proceedings, 433- 438.
- Prljevic, Z., Jovovic, Z., **Velimirovic, A.**, Djukic, S., Petrusic, M., Popovic, T., Fustic, G., Petrovic, M. (2013, October): Accession of Montenegro to the European Union: State and Challenges in the Phytosanitary Policy. In IV International Symposium - Agrosym 2013. Book of abstracts, 153.
- Jovovic, Z., Dolijanovic, Z., Milosevic, D., **Velimirovic, A.**, Biberdzic, M. (2013, September): Influence of different nutrition systems on yield and other parameters of productivity of potato. In II international symposium on agronomy and physiology of potato - Potato Agrophysiology 2013. Book of Proceedings, 216-223.
- Jovovic, Z., **Velimirovic, A.**, Milic, V., Silj, M. (2013, October): Examination of some Dutch red skin potato varieties in different agro-ecological conditions of Montenegro. In IV International Symposium - Agrosym 2013. Book of abstracts, 465-469.
- Jovovic, Z., Popovic, T., **Velimirovic, A.**, Milic, V., Dolijanovic, Z., Silj, M. (2013): Efficacy of chemical weed control in potato (*Solanum tuberosum* L.): Agroznanje, 14 (4): 487-495.
- Jovovic, Z., Latinovic, N., **Velimirovic, A.**, Popovic, T., Stesevic, D., Postic, D. (2012): Effect of chemical weed treatment on weediness and of potato yield. Herbologia, 13 (2): 51-59.
- Shegani, M., Tsikou, D., **Velimirovic, A.**, Afifi, H., Karayanni, A., Gazivoda, A., Manevski, K., Manakos, I., Livieratos, I. (2012): Citrus tristeza virus on the island of Crete: a survey and detection protocol applications. Journal of Plant Pathology, 94 (1): 71-78.
- Jovovic, Z., Dolijanovic, Z., Kovacevic, D., **Velimirovic, A.**, Biberdzic, M. (2012): The productive traits of different potato genotypes in mountainous region of Montenegro. Genetika, 44 (2): 389-397.
- Jovovic, Z., Dolijanovic, Z., **Velimirovic, A.**, Postic, D., Hrcic, S. (2012): Productivity Analysis of five leading potato varieties in agro-ecological conditions of mountainous region in Montenegro. Agro – knowledge, 13 (4): 583-589.
- Jovovic, Z., Milic, V., Postic, D., **Velimirovic, A.**, Silj, M., Strunjas, K. (2012, October): Productivity testing of early and medium erly potato varieties in agro-ecological conditions in northern Montenegro. In III International Scientific Symposium - Agrosym 2012. Book of abstracts, 200-204.

- Jovovic, Z., Cizmovic, M., Lazovic, B., Maras, V., Bozovic, Dj., Popovic, T., Stesevic, D., **Velimirovic, A.** (2012): The state of agricultural plant genetic resources of Montenegro. Agriculture and forestry, 57 (1): 33-50.
- Jovovic, Z., Meglic, V., **Velimirovic, A.** (2012, May): Genetic resources of potato in Montenegro. In Montenegro International Conference: Role Of Research In Sustainable Development Of Agriculture And Rural Areas. Book Of Abstract.
- Yücel, E., **Velimirovic, A.**, Çalikan, E. M. (2012, May): New Potato Breeding Lines Obtained From Meristem Tissue Culture. Response Of The Meristem Culture. In Montenegro International Conference: Role Of Research In Sustainable Development Of Agriculture And Rural Areas. The Book Of Abstract.
- Velimirovic, A.** (2009, August): Influence of tuber size on potato yield and other quality parameters. In VI Agricultural student conference. Faculty of agriculture Cacak. Serbia. Book of proceedings.

## Izjava o autorstvu

Potpisana Ana Velimirović

Broj indeksa/upisa 01/2018

### Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

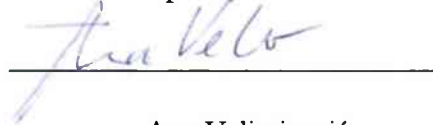
Karakterizacija crnogorskih autohtonih populacija tetraploidne pšenice (*Triticum durum* Desf. i *Triticum turgidum* L.) molekularnim i morfološkim markerima

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija ni u cjelini ni u djelovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih ustanova visokog obrazovanja, da su rezultati korektno navedeni, i
- da nijesam povrijedila autorska i druga prava intelektualne svojine koja pripadaju trećim licima.

U Podgorici,

10.01. 2022. godine

Potpis doktoranda



Ana Velimirović

## Izjava o istovjetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada


Ime i prezime autora: Ana Velimirović

Broj indeksa/upisa: 01/2018

Studijski program: Održiva poljoprivreda - Biotehnologija

Naslov rada: Karakterizacija crnogorskih autohtonih populacija tetraploidne pšenice (*Triticum durum* Desf. i *Triticum turgidum* L.) molekularnim i morfološkim markerima

Mentor: prof. dr Zoran Jovović

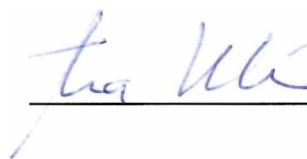
Potpisani mentor: 

Izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovjetna elektronskoj verziji koju sam predala za objavljivanje u Digitalni arhiv Univerziteta Crne Gore.

Istovremeno izjavljujem da dozvoljavam objavljivanje mojih ličnih podataka u vezi sa dobijanjem akademskog naziva doktora nauka, odnosno zvanja doktora umjetnosti, kao što su ime i prezime, godina i mjesto rođenja, naziv disertacije i datum odbrane rada.

U Podgorici

10.01.2022. godine



Potpis doktoranda



## Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku da u Digitalni arhiv Univerziteta Crne Gore pohrani moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

Karakterizacija crnogorskih autohtonih populacija tetraploidne pšenice (*Triticum durum* Desf. i *Triticum turgidum* L.) molekularnim i morfološkim markerima

koja je moje autorsko djelo.


Disertaciju sa svim prilogima predala sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni arhiv Univerziteta Crne Gore mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučila.

1. Autorstvo
- ☒ 2. Autorstvo – nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
4. Autorstvo – nekomercijalno – dijeliti pod istim uslovima
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – dijeliti pod istim uslovima

U Podgorici 10.01.2022. godine

Potpis doktoranda



Ana Velimirović

1. Autorstvo - Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje djela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
2. Autorstvo - nekomercijalno. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje djela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu djela.
3. Autorstvo - nekomercijalno - bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje djela, bez promjena, preoblikovanja ili upotrebe djela u svom djelu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu djela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja djela.
4. Autorstvo - nekomercijalno - dijeliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje djela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu djela i prerade.
5. Autorstvo - bez prerade. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje djela, bez promjena, preoblikovanja ili upotrebe djela u svom djelu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu djela.
6. Autorstvo - dijeliti pod istim uslovima. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje djela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu djela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.