

# VARIJABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA PLODA EUROPSKOG PITOMOG KESTENA (*Castanea sativa* Mill.) U PRIRODNIM POPULACIJAMA BOSNE I HERCEGOVINE

## VARIABILITY IN FRUIT MORPHOLOGY OF EUROPEAN SWEET CHESTNUT (*Castanea sativa* Mill.) IN NATURAL POPULATIONS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Vanja DANIČIĆ\*, Branislav KOVAČEVIĆ<sup>2</sup>, Dalibor BALLIAN<sup>3,4</sup>

### SAŽETAK

U radu je istraživana morfološka varijabilnost plodova šest prirodnih populacija pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) na području Bosne i Hercegovine (Bužim, Kostajnica, Prijedor, Banja Luka, Bratunac i Konjic). Na osnovi šest morfoloških svojstava ploda i šest izvedenih vrijednosti te boje ploda, ispitana je unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost. Utvrđeno je da su istraživana morfološka svojstva vrlo varijabilna i da se vrijednosti koeficijenta varijabilnosti, na razini svih populacija, kreću od 10,80% (kod širine ploda) do 34,54 % (kod mase ploda). Za izvedena svojstva koeficijent varijabilnosti kretao se od 9,62 % (za odnos visine ploda i širine ploda) do 20,46 % (kod odnosa širine i dužine ožiljka). U populacijama pitomog kestena Bosne i Hercegovine zastupljene su sve boje ploda (perikarpa), s time da preovladava tipična smeđa kestenjasta boja ploda. Rezultati istraživanja ukazuju na visoku varijabilnost istraživanih populacija, te se populacije međusobno statistički značajno razlikuju za sva istraživana svojstva. Prema klsterskoj analizi populacije su grupirane u tri klastera. Međutim, kanonička diskriminacijska analiza nije ukazala na jasno razdvajanje ispitivanih populacija u više grupa. Daljnja istraživanja trebala bi uključiti i druga svojstva, a posebno molekularne biljege.

**KLJUČNE RIJEČI:** Pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.), morfološke karakteristike, plod, multivarijacijska analiza, Bosna i Hercegovina

### UVOD INTRODUCTION

Šume europskog pitomog kestena u Bosni i Hercegovini malo su zastupljene u ukupnom šumskom fondu i njihov

se areal danas smanjuje, a to je slučaj i u cijeloj Europi. Čimbenici koji su doveli do smanjenja areala pitomog kestena, kako kod nas, tako i u svijetu, višestruki su. Najznačajni od njih je uzročnik raka kore pitomog kestena *Cryphonect-*

<sup>1</sup> Mr. sc. Vanja Daničić, Šumarski fakultet Univerzitet u Banjoj Luci, Stepe Stepanovića 75a, 78000 Banjaluka, Bosna i Hercegovina, e-mail: vanja.danicic@sf.unibl.org

<sup>2</sup> Dr. sc. Branislav Kovačević, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu, Univerzitet u Novom Sadu, Antona Čehova 13, 21000 Novi Sad, Srbija, e-mail: branek@uns.ac.rs

<sup>3</sup> Prof. dr. sc. Dalibor Ballian, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina, e-mail: balliandalibor9@gmail.com

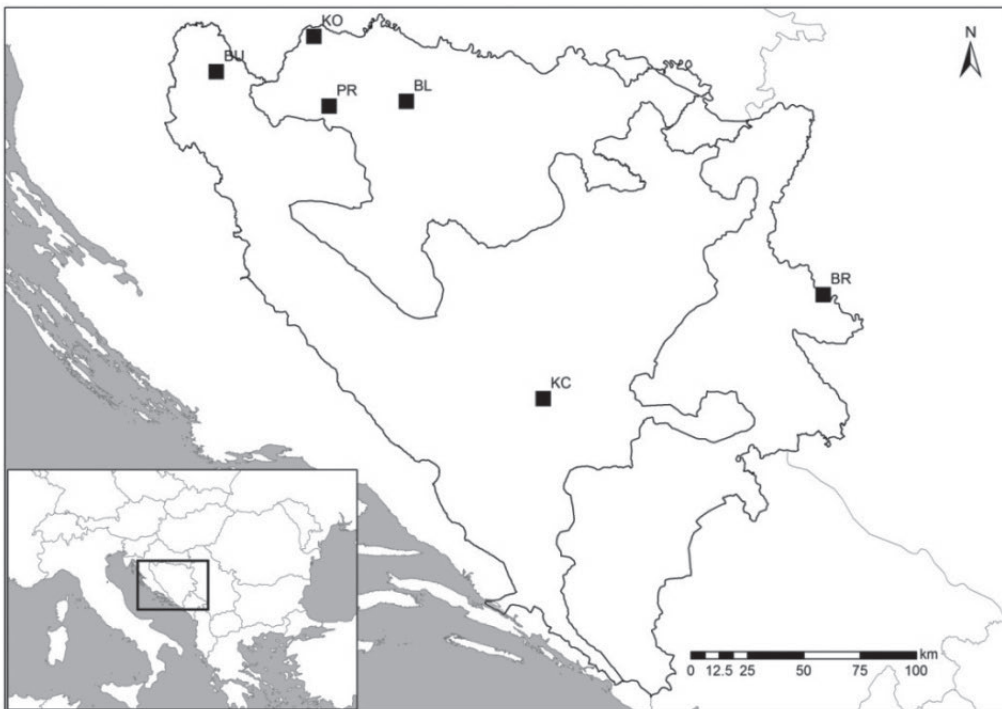
<sup>4</sup> Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

*tria parasitica*, gljiva koja je izazvala masovna sušenja stabala (Uščuplić 1996; Glavaš 1999). Drugi, ne manje značajan čimbenik je antropogeni (ljudski nemarkar-intezivne sječe, ispaša, devastacija pri korišćenju, neadekvatne mjere gospodarenja...). Ukoliko se kestenu u prirodnim sastojinama ne pomaže primjenom adekvatnih mjera uzgajanja, njegovo stanište polako osvaja bukva, a uslijed sporijeg visinskog rasta i zbog povremenog sušenja vršnih izbojaka, njegova staništa osvaja hrast, pa čak i grab. Pitomi kesten je terciarni relikv i njegov areal je disjunktan. U Bosni i Hercegovini raste na tri različita područja: u sjeverozapadnom dijelu (oko Cazina, Kladaše, Novog Grada, Kostajnice), južnom dijelu (dolina Neretve i Rame, oko Jablanice, Konjica, Prozora, Mostara i Trebinja) i u sjeveroistočnom dijelu (u dolini Drine, oko Srebrenice i Bratunca). Pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.) je vrsta koja traži vlažnu klimu na umjereno toplijim područjima sa dužim vegetacijskim periodom (6–7 mjeseci). Izbjegava područja s ranim jesenjim i kasnim proljetnim mrazovima, iako tokom zime može izdržati i vrlo niske temperature, u našim krajevima i do -30 °C. Zbog kalcifobnosti i zahtjeva za dubokim tlom te povoljnom klimom izbjegava šire područje Dinarida. Pitomi kesten ima širok spektar uporabe (u građevinarstvu, kemijskoj, drvnoj i farmaceutskoj industriji i kao medonosna vrsta). Pripada porodici *Fagaceae*, i jedini je jestiv iz ove porodice, a sadrži visoke količine hraniva. Istraživanja o pitomom kestenu u Bosni i Hercegovini su oskudna. Pedesetih i šezdesetih godina prošloga stoljeća Sučić (1953a) detaljno opisuje areal pitomog kestena u BiH i daje opis tadašnjeg stanja i površine sastojina pitomog kestena. U drugom svom radu Sučić (1953b) daje osvrt na srebreničko područje s osvrtom na sjeverozapadni i hercegovački dio areala pitomog kestena. O porijeklu pitomog kestena, kao i fitocenozama i ekološko sintaksonomskom analizom šuma pitomog kestena na području BiH pisao je Wraber (1958), Glišić (1954), Macanović (2012) i Stupar et al. (2014). Posljednjih par desetljeća uglavnom su rađene analize kemijskog sastava ploda (Mujić et al. 2006a, 2006b; Daničić et al. 2008) kao i morfološke karakteristike, uglavnom istraživanja vezana za sjevero-zapadni dio BiH (Mujić et al. 2010; Mujagić-Pašić i Ballian 2012; 2013a; 2013b; Ballian et al. 2012–2013; Ballian i Mujagić-Pašić 2014) i okolinu Konjica (Mičić et al. 1987). Istraživanja su se bazirala na razini citogenetičkih aspekata mikrosporogeneze i mikrogametogeneze kestena u regiji Potkozarja, u svrhu izdavanja visokorodnih stabala (Čopić 2014). Utvrđivanje veličine taksacijskih elemenata sastojina pitomog kestena u Cazinskoj Krajini bavio se Lojo (2000). Skender (2010) se bavila proučavanjem autohtonih genotipova tj. prirodnih populacija u BiH na tri lokaliteta: Pećigrad, Bratunac i Konjic, metodom morfološke i pomološke analize, kao i primjenom molekularnih metoda. U Bosni i Hercegovini do sada nije bilo aktivnosti na selekciji i oplemenjivanju pitomog kes-

tena, a također ne postoje ni intezivni nasadi. Međutim, većina zemalja u kojima raste europski pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill) ima svoje autohtone sorte, koje su dobijene selekcijom kroz desetljeća. U Italiji postoji više od 300 različitih sorti (Piccoli 1992, Bellini 2005), u Francuskoj preko 250 (Camus 1929), za južnu Švicarsku Conedera et al. (2004) navodi više od 120 kultivara, za Španjolsku Pereira-Lorenzo et al. (2001) navode više od 200 kultivara, dok Russel (2002) za Veliku Britaniju navodi oko 30 kultivara. Za velik broj kultivara rađena su istraživanja morfoloških i pomoloških karakteristika ploda pitomog kestena. U Turskoj su istraživanja proveli Ayufer and Soyul (1993), Özgan (2003), Ertan et al. (2007), Serdar et al. (2011), u Španjolskoj Pereira-Lorenzo et al. (1996), Ramos-Cabrera and Pereira Lorenzo (2005), u Portugalu Goulao et al. (2001), Costa et al. (2008), u Italiji Borghetti et al. (1986), Ponchia et al. (1993), a u Hrvatskoj Poljak et al. (2016). Istraživanja varijabilnosti u prirodnim populacijama primjenom morfometrijskih metoda za svojstva ploda u cilju utvrđivanja unutar- i međupopulacijske varijabilnosti bavili su se u Hrvatskoj Poljak et al. (2012), Idžojić et al. (2009), u Sloveniji Solar et al. (2005), u Bosni i Hercegovini Skender (2010). S ciljem očuvanja genetskih resursa pitomog kestena prilikom određivanja varijabilnosti u prirodnim populacijama i nasadima koristile su se i molekularnobiološke metode kao što su: primjena izoenzima (Sawano et al. 1984; Müller-Starck et al. 1994; Pereira-Lorenzo et al. 1996), RAPD markera (Fineshi et al. 1994; Casasoli et al. 2001), a u novije vrijeme intenzivnija je uporaba mikrosatelita (Botta et al. 1999, 2001; Buck et al. 2003; Marinoni et al. 2003; Martin et al. 2005; Gobbin et al. 2007; Hozova et al. 2009; Martín et al. 2012; Lusini et al. 2014; Poljak et al. 2017; Mattioni et al. 2017). Suvremena istraživanja varijabilnosti europskog pitomog kestena i odnosa među njegovim populacijama, na osnovi kvantitativnih obilježja, često uključuju i multivarijacijske metode. Uglavnom se radi o klaster analizi, ali se primjenjuje i analiza glavnih komponenata (Mujagić-Pašić i Ballian 2012; 2013a; 2013b) i kanonička diskriminacijska analiza (Idžojić et al. 2009). Varijabilnost postojećih prirodnih populacija pitomog kestena na području BiH u ovome radu ispitana je pomoću niza morfoloških svojstava ploda, kako bi se utvrdilo da li postoji značajna unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost istraživanih svojstava. Rezultati ovoga rada mogu se koristiti za oplemenjivanje, kao i za očuvanje genofonda ove vrste.

## MATERIJALI I METODE MATERIALS AND METHODS

Plodovi za morfometrijsku analizu sakupljeni su u listopadu 2012. godine iz dozrijevajućih i zrelih plodova u sastojinama pitomog kestena na području prirodnog raspro-



Legenda:

Legends:

BU – Bužim

KO – Kostajnica

PR – Prijedor

BL – Banjaluka

BR – Bratunac

KC – Konjic

**Slika 1.** Zemljopisna rasprostranjenost istraživanih populacija

**Figure 1.** Geographical distribution of researched populations

tranjena u Bosni i Hercegovini. Uzorkom su obuhvaćene sastojine na šest lokaliteta sa različitim ekološko – vegetacijskim karakteristikama koje obuhvaćaju sjeverozapadno područje BiH; Bužim, Kostajnica, Prijedor, Banja Luka, istočni dio; Bratunac i područje sjeverne Hercegovine; Konjic (slika 1.).

U svakoj populaciji plodovi su sakupljeni sa 10 stabala, a sa svakog stabla skupljeno je po 20 zdravih plodova. Sakupljanje se vršilo trešenjem grana i sakupljanjem otpalih plodova. Odmah po sakupljanju plodova na terenu pristupilo se vaganju plodova radi utvrđivanja mase ploda u svježem stanju (m), te su zatim mjerena sljedeća morfolška svojstva: visina ploda (h), širina ploda (w), debljina ploda (t), dužina hiluma (sl) i širina hiluma (sw). Prema Furonez-Pérez and Fernández- López (2009), iz mjerenih svojstava izvedene su sljedeće veličine tj.odnosi: visina ploda/širina ploda (h/w), debljina ploda/visina ploda (t/h), dužina hiluma/širina ploda (sl/w), širina hiluma/debljina ploda (sw/t), širina hiluma/dužina hiluma (sw/sl). Uz morfometrijske analize ploda, na osnovi UPOV uputa utvrđivana je i boja ploda. Prema UPOV 1989, boja ploda (perikarpa) može biti: svijetlo smeđa, smeđa, tamno smeđa, crveno smeđa i crno smeđa. Ukupno je analizirano 1200 plodova.

Uzimanje uzoraka i obrada podataka dobijenih mjerenjima obavljani su prema standardnim metodskim postupcima koji se primjenjuju pri istraživanju varijabiliteta kvantitativnih i kvalitativnih svojstva kod šumskih vrsta drveća. Kvantitativna svojstva ispitivanih morfometrijskih parametara obrađena su metodom deskriptivne statistike,

odnosno srednje vrijednosti i mjere varijabiliteta (Hadživuković 1991; Koprivica 2015) radi jasnog i preciznog raščlanjivanja podataka o promatranjnoj pojavi, s ciljem isticanja sastava i strukture pojave. Parametri deskriptivne statistike korišteni u radu su: minimum (Min), maksimum (Max), srednja vrijednost (As), standardna devijacija (Sd), greška standardne devijacije (Sg) i koeficijent varijacije (Cv). Procjene statističke značajnosti različitih faktora fenotipskog variranja analiziranih karakteristika izvršeno je primjenom analize varijance s jednim faktorom (ANOVA). Za utvrđivanje sličnosti analiziranih populacija na osnovi mjerenih morfoloških osobina korištena je i multivarijantna statistička metoda (klaster analiza). Za udruživanje klastera korišten je UPGMA metoda (grupiranje na osnovu prosječne udaljenosti grupa). Za definiranje udaljenosti između istraživanih populacija korištena je Euklidska udaljenost. Odnosi među značajkama i populacijama analizirani su i kanoničkom diskriminacijskom analizom. Svi dobiveni podaci obrađeni su korištenjem računarskih programa Microsoft Excel i Statistica 13 STAT-SOFT.

## REZULTATI RESULTS

U tablici 1. prikazani su rezultati deskriptivne statističke analize za mjerena svojstva šest populacija, gdje je broj uzoraka po populaciji iznosio 200 plodova, dok je ukupno za sve istraživane populacije uključeno 1200 plodova. U tablici

**Tablica 1.** Deskriptivna statistika za mjerena morfometrijska svojstva ploda**Table 1.** Descriptive statistics of the mesasured fruits characteristics

Svojstvo <i>Trait</i>	Parametar <i>Statistical parametar</i>	BL	KC	BU	KO	PR	BR	Ukupno <i>Total</i>
Masa ploda <i>Fruits mass</i> M	$\bar{x}$	5,41	5,15	4,42	4,47	4,38	5,77	4,93
	SD	2,01	1,70	1,06	1,06	1,23	2,24	1,70
	Min	1,76	2,20	2,42	2,42	2,02	2,10	1,76
	Max	11,12	10,88	7,38	10,48	8,68	12,76	12,76
	CV	37,24	32,92	23,98	23,70	28,17	38,86	34,54
Širina ploda <i>Fruits width</i> W	$\bar{x}$	26,17	24,56	23,32	24,53	25,07	26,16	24,97
	SD	2,78	2,46	2,27	1,91	2,27	3,18	2,70
	Min	19,10	19,06	14,59	20,09	20,00	17,32	14,59
	Max	32,13	31,55	28,86	30,27	32,80	35,72	35,72
	Cv	10,64	10,01	9,75	7,78	9,06	12,15	10,80
Debljina ploda <i>Fruits thickness</i> T	$\bar{x}$	15,33	16,99	15,06	14,94	15,15	16,50	15,66
	SD	2,75	2,35	2,20	1,73	1,89	3,03	2,49
	Min	9,41	10,87	10,32	8,23	10,99	10,34	8,23
	Max	22,94	22,66	21,56	21,24	21,69	28,00	28,00
	Cv	17,91	13,83	14,58	11,55	12,45	18,39	15,90
Visina ploda <i>Fruits length</i> H	$\bar{x}$	23,93	23,12	21,24	20,83	21,12	23,66	22,32
	SD	3,62	2,37	2,04	1,89	2,05	3,37	2,93
	Min	15,57	16,39	16,32	17,26	16,26	16,35	15,57
	Max	31,80	28,17	26,20	26,87	26,38	33,15	33,15
	Cv	15,12	10,26	9,58	9,05	9,71	14,24	13,15
Dužina ožiljka <i>Scar length</i> Sl	$\bar{x}$	19,80	17,97	16,86	19,14	18,01	18,90	18,45
	SD	3,24	3,08	2,23	2,17	2,86	3,13	2,97
	sl Min	11,48	10,54	11,92	14,03	12,46	11,89	10,54
	Max	25,82	25,11	21,63	28,57	28,00	26,66	28,57
	cv	16,35	17,11	13,24	11,33	15,87	16,58	16,09
Širina ožiljka <i>Scar width</i> Sw	$\bar{x}$	9,59	10,04	8,70	9,55	9,07	10,06	9,50
	SD	1,71	1,57	1,49	1,65	1,53	1,81	1,70
	Min	5,57	5,75	5,33	6,10	5,75	6,64	5,33
	Max	14,49	14,72	12,99	16,90	15,66	15,24	16,90
	Cv	17,79	15,64	17,15	17,31	16,88	17,95	17,88

2. prikazani su rezultati deskriptivne statistike za izvedena svojstva ploda. Prosječna masa plodova u istraživanim populacijama se kretala od 4,42 (populacija Bužim) do 5,77 g (populacija Bratunac). Prosječna masa plodova za sve istraživane populacije je 4,93 g. Populacija Banja Luka izdvaja se s najvećim prosječnim vrijednostima za širinu ploda ( $w = 26,17$  mm), visinu ploda ( $h = 23,93$  mm) i dužinu hiluma ( $sl = 19,80$  mm). Najviše prosječne vrijednosti za debljinu ploda ( $t = 16,99$  mm) ima populacija Konjic, dok za varijablu širina hiluma ( $sw = 10,06$ ) ima populacija Bratunac. Najniže prosječne vrijednosti za širinu ploda ( $w = 23,32$  mm), za dužinu hiluma ( $sl = 16,89$  mm) i širinu hiluma ( $sw = 8,70$ ) ima populacija Bužim, dok se populacija Kostajnica izdvaja s najnižim prosječnim vrijednostima za svojstva debljina ploda ( $t = 14,94$ ) i visinu ploda ( $h = 20,83$ ).

Analizom izvedenih varijabli mjerena svojstva stavljena su u međusobni odnos, gdje na osnovi dobijenih indeksa možemo definirati oblik ploda. Sve istraživane populacije u

Bosni i Hercegovini imaju šire plodove nego što je njihova visina, pa se vrijednosti izvedenog odnosa kreću od 0,84 kod populacije Prijedor do 0,95 za populaciju Konjic, a prosječna vrijednost za sve populacije iznosi 0,90. Odnos debljine i visine ploda ( $t/h$ ) kreće se od 0,64 (populacija Bana Luka) do 0,74 (populacija Konjic), dok prosječna vrijednost istraživanih populacija iznosi 0,71. Za odnos debljine i širine ploda ( $t/w$ ) iznosi 0,63 za sve istraživane populacije. Svojstvo dužina hiluma upoređena je sa širinom ploda ( $sl/w$ ) i vrijednost odnosa kretala se od 0,72 (kod populacije Prijedor i Bratunac) do 0,78 (populacija Kostajnica), a prosječna vrijednost ukupno za sve populacije iznosi 0,74. Svojstvo širina hiluma upoređivana je sa debljinom ploda tj.  $sw/t$  i dobijene vrijednosti su se kretale od 0,58 (populacija Bužim) do 0,64 (populacija Kostajnica), a ukupna prosječna vrijednost je 0,61. Iz odnosa varijabli širine i dužine hiluma u prosjeku populacije imaju približno dvostruko



**Tablica 2.** Deskriptivna statistika za izvedena morfometrijska svojstva ploda**Table 2.** Descriptive statistics of the derived studied fruits characteristics

Svojstvo Trait	Parametar Statistical parametar	BL	KC	BU	KO	PR	BR	Ukupno Total
h/w	$\bar{x}$	0,91	0,95	0,91	0,85	0,84	0,90	0,90
	SD	0,09	0,09	0,09	0,07	0,07	0,07	0,09
	Min	0,54	0,77	0,67	0,66	0,68	0,69	0,54
	Max	1,15	1,29	1,38	1,15	1,10	1,12	1,38
	CV	9,77	9,05	9,33	8,63	8,11	7,21	9,62
t/h	$\bar{x}$	0,64	0,74	0,71	0,72	0,72	0,70	0,71
	SD	0,10	0,11	0,11	0,08	0,10	0,10	0,10
	Min	0,46	0,49	0,46	0,43	0,51	0,50	0,43
	Max	1,41	1,11	1,20	0,94	1,03	1,08	1,41
	CV	14,86	14,36	15,60	11,06	13,84	14,59	14,72
t/w	$\bar{x}$	0,58	0,69	0,65	0,61	0,61	0,63	0,63
	SD	0,08	0,08	0,09	0,06	0,07	0,09	0,09
	Min	0,42	0,53	0,45	0,34	0,42	0,43	0,34
	Max	0,85	0,92	1,13	0,84	0,82	0,87	1,13
	CV	13,13	11,81	14,41	10,52	11,79	13,69	13,81
sl/w	$\bar{x}$	0,75	0,73	0,73	0,78	0,72	0,72	0,74
	SD	0,08	0,10	0,10	0,08	0,10	0,10	0,10
	Min	0,51	0,49	0,50	0,53	0,49	0,50	0,49
	Max	0,92	1,01	1,21	0,97	0,98	0,94	1,21
	CV	11,11	13,83	13,48	10,08	14,09	13,53	13,01
sw/t	$\bar{x}$	0,63	0,59	0,58	0,64	0,60	0,62	0,61
	SD	0,07	0,08	0,09	0,11	0,09	0,10	0,09
	Min	0,44	0,43	0,38	0,41	0,44	0,37	0,37
	Max	0,85	0,94	0,87	1,71	0,89	0,90	1,71
	CV	11,66	13,26	15,79	16,86	14,82	16,16	15,23
sw/sl	$\bar{x}$	0,49	0,58	0,52	0,50	0,51	0,54	0,52
	SD	0,09	0,14	0,10	0,07	0,11	0,10	0,11
	Min	0,35	0,36	0,34	0,36	0,32	0,37	0,32
	Max	0,85	0,94	0,87	0,81	0,84	0,94	0,94
	CV	18,19	23,98	20,01	14,44	20,62	18,59	20,46

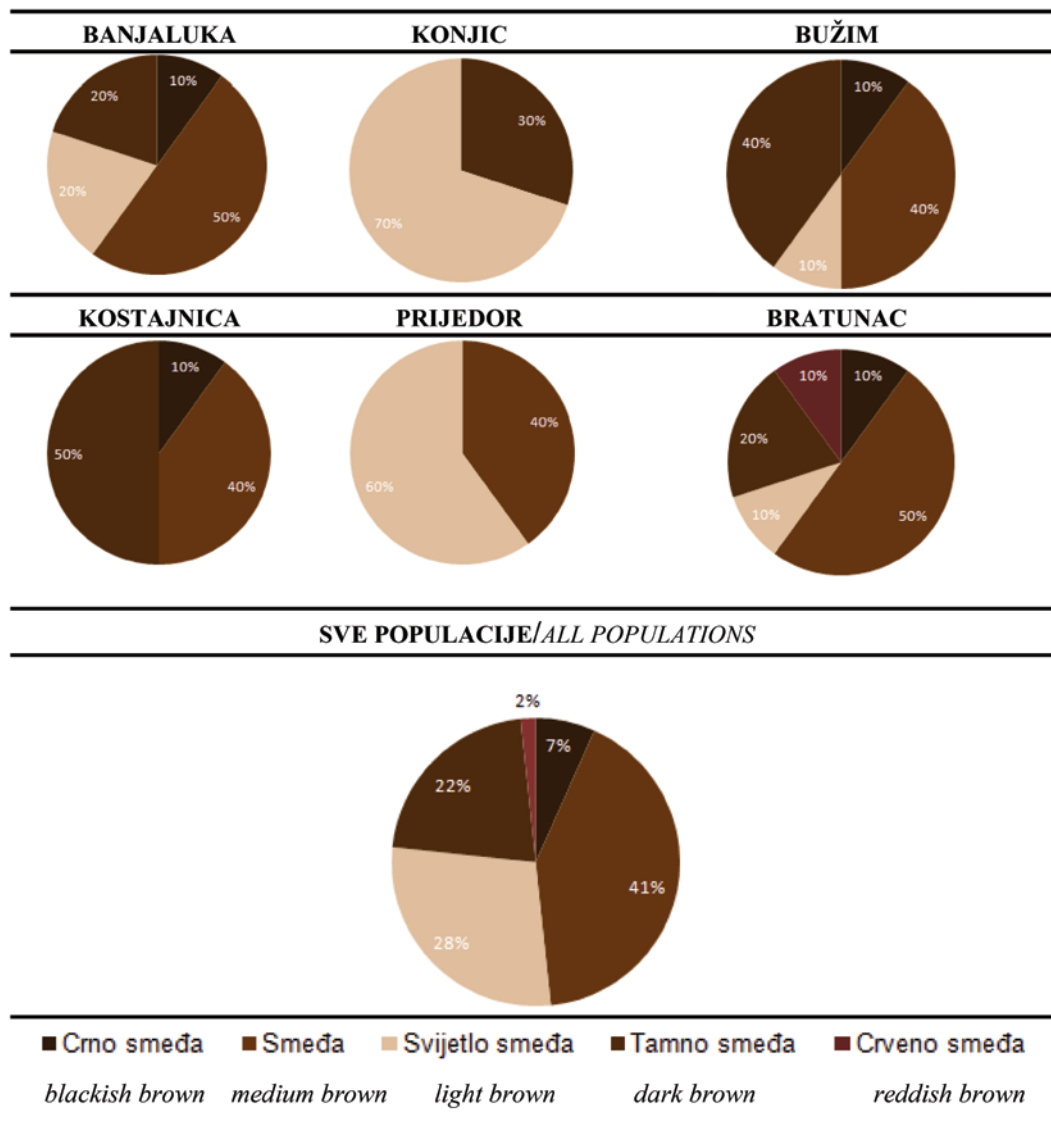
duže plodove od svoje širine i vrijednosti (sl/sw = 0,52) (tablica 2.).

Najvarijabilnije mjereno svojstvo bila je masa ploda, koju karakterizira visoka vrijednost koeficijenta varijabilnosti i prosječno je za sve populacije iznosila 34,54%. Po populacijama najveću vrijednost koeficijenta varijabilnosti imala je populacija Bratunac (38,86%), a najmanju populacija Kostajnice (23,70 %). Najmanji koeficijent varijabilnosti mjerenih svojstava utvrđen je kod varijable širina ploda, s prosječnom vrijednošću za sve populacije 10,80 %. Za ostale mjerene varijable prosječne vrijednosti za sve populacije kretale su se od 13,15 % za varijablu dužina ploda, 15,90 % za debljinu ploda, za dužinu ožiljka (16,09 %) do 17,88 % za širinu ožiljka. Za izvedena morfometrijska svojstva ploda najmanji koeficijent varijabilnosti za sve populacije imao je odnos visine i širine ploda (h/w) i iznosi 9,62 %, dok najveću vrijednost ima odnos širine hiluma i dužina hiluma (sw/sl) sa vrijednošću 20,46 %. U populacijama pitomog kestena

Bosne i Hercegovine zastupljene su sve boje ploda (perikarpa), propisane prema UPOV (1989) kako je prikazano na slici 2). Smeđa boja ploda javlja se u svim istraživanim populacijama, dok preovladava u populacijama Banja Luka i Bratunac. Tamno smeđa boja, kao i crno smeđa boja ploda, javljaju se u populacijama Banja Luka, Bužim, Bratunac i Kostajnica, dok ne dolaze u populacijama Prijedor i Konjic, u kojima dominira svijetlo smeđa boja ploda. Crveno smeđa boja perikarpa javlja se samo u populaciji Bratunac i to sa učešćem od 10 %.

U bosansko hercegovačkim populacijama 41 % plodovi su smeđe boje, 22 % tamno smeđe boje, 28 % svijetlo smeđe boje, 7% crno smeđe i 2 % crvenkasto smeđe boje. Može se zaključiti da u populacijama BiH prevladava tipična smeđa kestenjasta boja ploda.

Rezultati analize varijanse prikazani su u tablici 3. Stabla unutar populacija značajno se razlikuju za sva mjerena svojstva, dok za izvedena svojstva nije utvrđena statistički



**Slika 2.** Boja plodova u ispitivanim populacijama pitomog kestena  
**Figure 2.** Fruits colors of studied chestnut populations

**Tablica 3.** Rezultati analize varijanse s jednim faktorom (ANOVA)  
**Table 3.** Results of univariate analysis of variances (ANOVA)

Svojstvo/ Trait	Unutar populacija/Within populations						Između populacija/ Between populations
	BL	KC	BU	KO	PR	BR	
m	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
w	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
t	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
h	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
sl	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
sw	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
h/w	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
t/h	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
t/w	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
sl/w	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
sw/t	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
sw/sl	p<0,01	0,06	p<0,01	p<0,01	0,89	0,16	p<0,01

**Tablica 4.** Prikaz usporedbe parova populacija za šest svojstava korištenjem Fišerovog LSD testa

Table 4. Results of populations pairwise comparisons for six traits by using Fisher LSD testing procedure

Usporedba populacija Comparison of populations	Značajnost/Significants					
	m	w	t	H	sl	sw
BL-KC	0,11	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
BL-BU	p<0,01	p<0,01	0,24	p<0,01	p<0,01	p<0,01
BL-KO	p<0,01	p<0,01	0,10	p<0,01	p<0,01	0,93
BL-PR	p<0,01	p<0,01	0,44	p<0,01	p<0,01	p<0,01
BL-BR	p<0,01	0,98	p<0,01	0,31	p<0,01	p<0,01
BU-KC	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
BU-KO	0,74	p<0,01	0,63	0,13	p<0,01	p<0,01
BU-PR	0,84	p<0,01	0,70	0,64	p<0,01	p<0,01
BU-BR	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
KO-KC	p<0,01	0,92	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
KO-PR	0,60	p<0,01	0,38	0,29	p<0,01	p<0,01
KO-BR	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,38	p<0,01
PR-BR	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
PR-KC	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,89	p<0,01
BR-KC	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,93

značajna razlika, osim za odnos sw/sl (širina hiluma/dužina hiluma) u populacijama Bratunac, Konjic i Prijedor. Za ostale izvedene varijable u svim istraživanim populacijama postoji statistički značajna razlika. Populacije pokazuju statistički značajne razlike, na razini značajnost 0,01 za sva mjerena i izvedena svojstva ploda. S obzirom na to da su rezultati provedene analize varijance pokazali da se populacije međusobno značajno razlikuju, za sva promatrana morfološka parametra ploda, provedeno je testiranje Fisherovim multiplim testovima (LSD) za sve parove populacija (tablica 4.). Na osnovi dobivenih rezultata LSD testa, za mjerena svojstva ploda, može se zaključiti da se međusobno najviše razlikuju populacije Bužim i Bratunac, zatim populacije Prijedor i Bratunac (značajne razlike za sva promatrana mjerena svojstva), Banja Luka i Prijedor (značajne razlike za sva promatrana mjerena svojstva osim za masu ploda), Banja Luka i Bužim, kao i Banja Luka i Prijedor (značajne razlike za sva promatrana mjerena svojstva osim za debljinu ploda -t), zatim populacije Kostajnica i Konjic (značajne razlike za sva svojstva osim za širinu ploda-w),

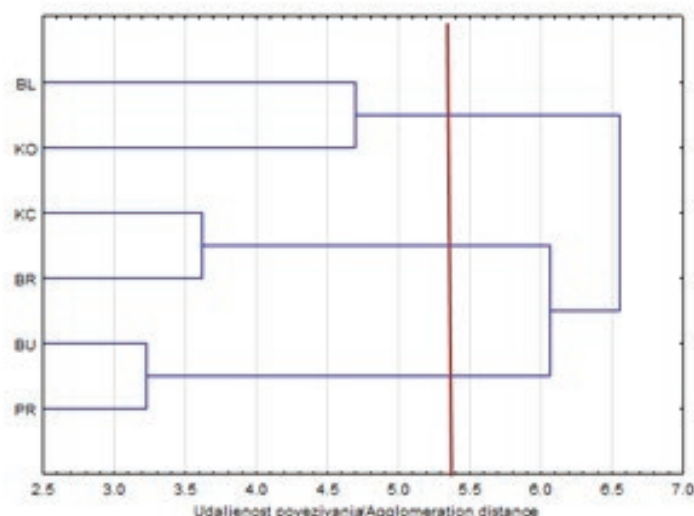
dok se populacije Kostajnica i Bratunac, kao i Prijedor i Konjic značajno razlikuju za sva svojstva osim za svojstvo dužinu hiluma (sl). Nešto sličnije su populacije Banja Luka i Konjic (nepostojanje značajne razlike za svojstvo t i sw, kao i Banja Luka i Bratunac (nepostojanje značajne razlike za svojstvo w i h). Međusobno najbližije populacije su Bužim i Kostajnica, kao i Bužim i Bratunac, potom populacije Kostajnica i Prijedor, gdje nisu utvrđene značajne razlike za svojstva m, t i h.

Iz dendrograma klaster analize može se vidjeti da su kao najbližije klasificirane populacije Bužim i Prijedor, na koje se nadovezuju populacije Konjic i Bratunac, te one čine klaster na koji se na najvećoj udaljenosti povezuju populacije Banja Luka i Kostajnica koje čine drugi klaster (slika 3.). U okviru kanoničke diskriminantne analize formirano je pet kanoničkih varijabli, gdje su, prema  $\chi^2$ -testu, prve četiri kanoničke varijable statistički značajne (tablica 5.). Oštar rast Wilks-ove lambde i oštar pad karakterističnih korijenova ukazuju na neujednačenost raspodjele ukupne

**Tablica 5.** Statistika za sukcesivne kanoničke varijable

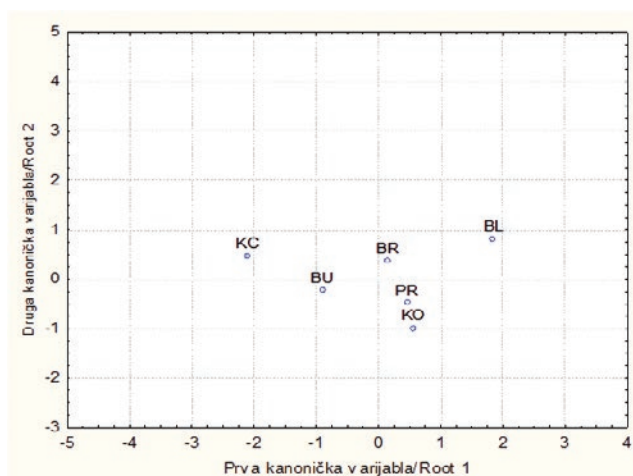
Table 5. Statistics for successive canonical variables

	Karakteristični korijen Eigenvalue	Kanonička korelacija Canonical correlation	Wilks-ova lambda Wilks' lambda	$\chi^2$	Stupnjevi slobode Degree of freedom	p-vrijednost p-level
0	1,700	0,794	0,153	99,450	30	0,000
1	0,416	0,542	0,414	46,803	20	0,001
2	0,322	0,493	0,585	28,380	12	0,005
3	0,172	0,384	0,774	13,590	6	0,035
4	0,102	0,305	0,907	5,157	2	0,076



**Slika 3.** UPGMA dendrogram istraživanih populacija (a) i njihovo grupiranje (b)  
**Figure 3.** UPGMA tree diagram of researched population (a) and their grouping (b)

varijance među formiranim kanoničkim varijablama. Prve četiri kanoničke varijable opisuju 96,2 %, dok već prve dve opisuju 78,0 % ukupnog variranja među populacijama.



**Slika 4.** Grafički X-Y prikaz za centre populacija za prve dve kanoničke varijable za ispitivane populacije  
**Figure 4.** Scatterplot for population centroids by the first two canonical variables for examined populations

Na osnovi opterećenja tj. korelacija između dobijenih kanoničkih varijabli i mjenjenih značajki, ispitivana grupa mjenjenih značajki bi se mogla podijeliti u tri grupe. Naime, s obzirom da su kanoničke varijable međusobno ortogonalne tj. nisu korelirane, može se smatrati da su u visokoj korelaciji s istom kanoničkom varijablom i međusobno u višoj korelaciji, nego sa značajkama koje su u visokoj korelaciji s nekom drugom kanoničkom varijablom. Prvu grupu čine masa ploda, debljina ploda i visina ploda, koje imaju najviša opterećenja s drugom kanoničkom varijablom, a drugu grupu čini širina ploda, koja ima najviše opterećenje sa trećom kanoničkom varijablom. Treću grupu čine dužina i širina hiluma, koji imaju najviša opterećenja sa petom kanoničkom varijablom (tablica 6.).

Odnosi među populacijama ispitani su na osnovi centroida populacija (slika 4.) za prve dvije kanoničke varijable koje zajedno opisuju 78 % ukupnog variranja među populacijama. Može se reći da je dobijen jedan relativno uniforman oblak raspršivanja, čije jezgro čine populacije Kostajnica (KO), Bratunac (BR) i Prijedor (PR), tj. nije prisutno jasno razdvajanje populacija u više grupa.

**Tablica 6.** Diskriminativna opterećenja između kanoničkih varijabli i mjenjenih značajki  
**Table 6.** Discriminative loadings between measured and canonical variables

Značajka <i>Trait</i>	Kanonička varijabla 1 <i>Root 1</i>	Kanonička varijabla 2 <i>Root 2</i>	Kanonička varijabla 3 <i>Root 3</i>	Kanonička varijabla 4 <i>Root 4</i>	Kanonička varijabla 5 <i>Root 5</i>
m	0.041	0.524	-0.225	0.225	-0.479
w	0.250	0.459	-0.512	0.151	-0.218
t	-0.221	0.461	-0.426	0.050	-0.299
h	0.054	0.823	-0.185	0.003	-0.321
sl	0.294	0.169	-0.322	-0.384	-0.597
sw	-0.030	0.318	-0.534	-0.196	-0.703



## RASPRAVA I ZAKLJUČCI

### DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Dobiveni rezultati ukazuju na postojanje značajne varijabilnosti morfoloških svojstava ploda u istraživanim populacijama pitomog kestena u BiH. Najmanje varijabilno svojstvo pokazala je varijabla  $h/w$  ( $C_v = 9,62\%$ ), dok su niže vrijednosti koeficijenta varijabilnosti utvrđene kod širine ( $C_v = 10,80\%$ ) i dužine ploda ( $C_v = 13,15\%$ ). Također dobiveni odnosi  $t/w$  i  $sl/w$  daju niže vrijednosti koeficijenta varijabilnosti u odnosu na ostala istraživana svojstva. Visok koeficijent varijabilnosti ima svojstvo masa ploda od  $23,70\%$  (kod populacije Kostajnica) do  $38,86\%$  (populacija Bratunac). Slične vrijednosti dobijene su u hrvatskim populacijama ( $C_v = 34,4\%$ , prema Idžojtić et al. 2009 i  $C_v = 36,74\%$  prema Poljak et al. 2012), ali i ranijim istraživanjima u Bosni i Hercegovini (Ballian et al. 2012, 2013). Prosječna masa plodova u istraživanim populacijama u BiH iznosi  $4,93$  g što je znatno manje u odnosu na istraživanja provedena u Hrvatskoj, gdje je prosječna masa ploda za pet istraživanih populacija s područja sjeverozapadne Hrvatske iznosila  $8,27$  g (Poljak et al. 2012), dok je u istraživanim populacijama u ostalom dijelu Hrvatske iznosila  $7,1$  g (Idžojtić et al. 2009). Na području Unsko sanskog kantona, za četiri populacije, prosječna masa ploda kretala se od  $4,42$  g (Bužim),  $5,04$  g (Velika Kladuša),  $5,10$  g (Bosanska Krupa), pa do  $6,33$  g (Cazin) (Mujić et al. 2010), što odgovara ovim istraživanjima. Slične rezultate dobiva i Poljak (2014) za populaciju Cazin u kojoj je prosječna masa ploda  $4,96$  g. U Turskoj u prirodnim populacijama u regiji Nazilli prosječna masa ploda iznosi  $16,5$  g (Ertan 2007), u Sloveniji u prirodnim populacijama koje su svrstane u tri grupe (populacije istočne, središnje i jugozapadne Slovenije) prosječna masa ploda je  $10,4$  gr (Solar et al. 2005), što predstavlja znatno veću vrijednost u odnosu na BiH populacije.

Prosječna vrijednost širine ploda iznosi  $24,97$  mm, dok u četiri populacije Unsko sanskog kantona te su se vrijednosti kretale od  $23,60$  mm do  $25,30$  mm (Mujić et al. 2010), što odgovara rezultatima ovoga rada. U Hrvatskoj prosječne vrijednosti za ovo svojstvo iznosilo je  $27,00$  mm prema Idžojtić et al. 2009, a prema Poljak et al. 2012 iznosi  $27,97$  mm, u Sloveniji  $28,00$  mm do  $33,00$  mm, u Italiji od  $20,3$  mm do  $30,8$  mm (Jacobani 1993), Španjolskoj od  $32,76$  mm do  $39,30$  mm (Alvarez et al. 2005) i predstavlja znatno veće vrijednosti u odnosu na one dobivene u istraživanim populacijama BiH. Prosječne vrijednosti debljine ploda ( $t = 15,66$  mm) i dužine ploda ( $h = 22,23$  mm) su manje od vrijednosti u Hrvatskoj ( $t = 17,44$ ;  $h = 25,74$ ), Sloveniji ( $t = 19,00$ ;  $h = 28,00$ ), te u Italiji (prema Borghetti et al. (1986)  $t = 25,89$  do  $30,41$  mm;  $h = 25,89$  do  $30,41$ ).

Oblik ploda koji je dobijen iz odnosa visine i širine ploda ( $h/w$ ), za sve istraživane populacije, iznosi  $0,90$ , što odgovara istraživanjima u hrvatskim populacijama prema Idžojtić

et al. (2009) sa vrijednošću  $0,90$  i prema prema Poljak et al. (2012) vrijednost je iznosila  $0,93$ .

U populacijama pitomog kestena Bosne i Hercegovine zastupljene su sve boje ploda (perikarpa) s time da prevladava smeđa boja ploda. U slovenskim populacijama prevladava tamno smeđa boja ploda (Podjavoršček 1999, Solar et al. 2005), dok u primorskom dijelu Slovenije prevladava crno smeđa boja ploda koja je karakteristična za marune. U rumunjskim populacijama prevladava tamno smeđa boja ploda, ali se javljaju i svijetlo smeđa i crvenkastosmeđa boja (Botu et al. 1999). Analizom varijance dobivena je statistički značajna razlika između istraživanih populacija. Provedbom *post hoc* testiranja pomoću Fisherovih multiplih testova (LSD) i multivarijatne analize, dodatno je pojašnjen uzrok variranja.

Odnosi među ispitivanim značajkama, analizirani su na osnovi diskriminacijskih opterćenja kanoničkih varijabli i ukazuju na značaj prve, pa i druge grupe mjerenih značajki za razlikovanje populacija, i s obzirom na relativno visoke vrijednosti karakterističnih korijenova druge i treće kanoničke varijable.

Klaster analizom, istraživane populacije su jasno odvojene u tri grupe, ali se prema dijagramima raspršivanja, dobivenim na osnovi prve dve kanoničke varijable, to ne može sa sigurnošću potvrditi. Dapače, populacije Kostajnica (KO), Bratunac (BR) i Prijedor (PR), koje su klaster analizom grupirane u različite grupe, pokazale su se sličnim na osnovi prve dvije kanoničke varijable. Sličnost populacija izdvojene na osnovi analize grupiranja tj. klaster analizom možemo dovesti u vezu s geografskom bliskošću. Distribucija pitomog kestena je antropogenog porijekla u BiH, gdje prostor sjeverozapadne Bosne predstavlja glavno rasprostranjenje pitomog kestena i predstavlja dio linije rasprostranjenja iz Slovenije i Hrvatske, dok manji dio pod kestenovim šumama su na lokalitetima u okolini Konjica i Bratunca. U smislu preciznijeg sagledavanja odnosa među ispitivanim populacijama trebalo bi sprovesti daljnja istraživanja, koja bi uključila i druga svojstva, a posebno molekularne biljege.

Velika varijabilnost kvantitativnih svojstava plodova u populacijama europskog pitomog kestena s područja Bosne i Hercegovine ukazuje na bogatstvo genofonda ove vrste. Na području BiH ovoj vrsti je uvijek pridavan sekundarni značaj, zbog relativno malog udjela u ukupnim površinama pod šumom, unatoč širokom spektru njegove uporabne vrijednosti. Takođe, mnoge kestenove sastojine su degradirale, propale ili su posječene čistom sječom, te se same obnavljaju iz panja, a sastojine postaju sve zapuštenije.

Rezultati dobiveni ovim istraživanjima predstavljaju osnovu za nastavak istraživanja u cilju daljnjih preporuka za očuvanje i usmjereno korištenje genetičkih resursa europskog pitomog kestena u BiH, s time da bi istraživanja trebalo proširiti na genetičkoj razini kako bi dobili pravu sliku ge-

netske raznolikosti ove vrste. U cilju dugoročnog očuvanja ove cijenjene šumske vrste trebalo bi sprovesti aktivnosti mjera za *in situ* i *ex situ* metode očuvanja.

## LITERATURA REFERENCES

- Alvarez, J.B., M.A. Martin, C. Munoz, S. Lopez, L.M. Martin, 2005: Genetic variability of chestnut in Andalusia (Spain). *Acta Hort.*, 693: 471-476.
- Ayfer, A., A.Soylu, 1993: Selection of chestnut cultivars (*Castanea sativa* Mill.) in Marmara region of Turkey. In: Proceedings of the International Congress on chestnut Spoleto, Italija, 20-23. octobar, Perugia, p: 285-289.
- Ballian, D., K. Holjan, A. Mujagić-Pašić, 2012-2013: Analiza nekih morfoloških svojstava ploda pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u dijelu prirodnog rasprostriranja u Bosni i Hercegovini. *Radovi HDZU, XIV-XV: 207-221.*
- Ballian D., Mujagić-Pašić A. 2014: Variability of Sweet Chestnut Fruit (*Castanea sativa* Mill.) in the Area of Bosnia and Herzegovina. 25th International scientific experts congress on agriculture and food industry, Izmir, Book of Abstracts, p: 8.
- Bellini, E., 2005: The chestnut and its resources: Images and considerations. *Acta Hort.* 693: 85-92.
- Borghetti, M., P. Menozzi, P.Vendramin, R. Giannini, 1986: Morphological Variation in Chestnut Fruits (*Castanea sativa* Mill.) in Tuscany (Italy), *Silvae Genetica* 35(2-3): 124-128.
- Botta, R., A. Akkak, D. Marinoni, G. Bounous, S. Kampfer, H. C. Steinkellner, C. Lexer, 1999: Evaluation of microsatellite markers for characterizing chestnut cultivars. *Acta Hort.*, 494: 277-282.
- Botta, R., D. Marinoni, G. Beccaro, A. Akkak, G. Bounous, 2001: Development of a DNA typing technique for the genetic certification of chestnut cultivars. *For. Snow Landsc. Res.* 76: 425-428.
- Botu, M., G. Achim, E. Turcu, 1999: Evaluation of some chestnut selections from the population formed into ecological conditions from the north-east of Oltenia. *Acta Hort.*, 494:77-83.
- Buck, E. J., M. Hadonou, J. James, D. Blakesley, K. Russell, 2003: Isolation and characterization of polymorphic microsatellites in European chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Mol. Ecol. Notes*, 3: 239-241.
- Camus, A. 1929: Les chataigniers. Monographie des genres *Castanea* et *Castanopsis*. *Encycl. Econ. Sylvic*, 3: 1-604.
- Casasoli, M., C. Mattioni, M. Cherrubini, F. Villani, 2001: A genetic linkage map of European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) based on RAPD, ISSR and isozyme markers, *Theoretical and Applied Genetics*, 102(8): 1190-1199.
- Conedera, M., P. Krebs, W. Tinner, M. Pradella, D. Torriani, 2004: The cultivation of *Castanea sativa* (Mill.) in Europe, from its origin to its diffusion on a continental scale. *Veget Hist Archaeobot.* 13:161-179.
- Costa, R., C. Riberio, T. Valdivieso, R. S. A. Costa, 2008: Variedades de Castanha das Regiões Centro e Norte de Portugal. *Projecto Agro 448 Variedades, Técnica Edição Instituto Nacional dos Recursos Biológicos, Lisboa*, p: 1-79.
- Ćopić, M. 2014: Organogeneza muškog gametofita pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u regionu Potkozarje, Magistarski rad, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Banjoj Luci.
- Daničić, V., V. Isajev, M. Mataruga, 2008: Hemijski sastav ploda pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) na području BiH, *Glasnik Šumarskog fakulteta u Banjoj Luci*, 9: 41-46.
- Ertan, E. 2007: Variability in leaf and fruit morphology and in fruit composition of chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) in the Nazilli region of Turkey, *Genet. Resours Crop Evol.*, 54: 691-699.
- Fineschi, S., D. Turchini, G. Müller-Starck, M. Conedera, 1994: Genetic characterization of cultivated varieties of European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Southern Switzerland. III. Analysis of RAPD's molecular markers. U: E. Antognozzi (ur.), Proceedings of the International Congress on Chestnut, 20-23 October 1993, Spoleto, Italy, 303-307.
- Furonez-Pérez, P., J. Fernández-López, 2009: Morphological and phenological description of 38 sweet chestnut cultivars (*Castanea sativa* Mill.) in a contemporary collection. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7 (4): 829-843.
- Glavaš, M. 1999: Gljivične bolsti šumskog drveća. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
- Glišić, M., 1954: Prilog poznavanju fitocenoza pitomog kestena i bukve u Bosni. *Šumarstvo II*, Beograd, p: 162-175.
- Gobbin, D., L. Hohl, L. Conza, M. Jermini, C. Gessler, M. Conedera, 2007: Microsatellite-based characterization of the *Castanea sativa* cultivar heritage of southern Switzerland. *Genome*, 50: 1089-1103.
- Goulao, L., T. Valdivieso, C. Santana, C. Moniz Oliveira, 2001: Comparison between phenetic characterization using RAPD and ISSR markers and phenotypic data of cultivated chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 48: 329-338.
- Hadživuković, S. 1991: Statistički metodi, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Hozova, L., L. Jankovskay, A. Akkak, D. Torello-Marioni, R. Botta, J. Šmerda, 2009: Preliminary study of genetic structure of a chestnuts population in the Czech republic based on SSR analysis. *Acta Hort.* 815: 43-50.
- Idžojić, M., M. Zebec, I. Poljak, J. Medak, 2009: Variation of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) populations in Croatia according to the morphology of fruits, *Sauteria*, 18: 232-333.
- Koprivica, M. 2015: Šumarska statistika, Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, p: 35-76.
- Kovačević, B. 2014: Variability of leaf morphometric characters in *Populus nigra* populations in the basin of river Danube. In: Šiler B., Škorić M., Mišić D., Kovačević B., Jelić M., Patenković A., Kurbalija Novičić Z. Variability of European Black Poplar (*Populus nigra* L.) in the Danube Basin. Zoran Tomović, Ivana Vasić (Eds.), Public Enterprise "Vojvodinašume": 52-85.
- Krstin, Lj., Z. Katanić, M. Ježić, I. Poljak, L. Nuskern, I. Matković, M. Idžojić, M. Ćurković-Perica, 2017: Biological control of chestnut blight in Croatia: an interaction between host sweet chestnut, its pathogen *Cryphonectria parasitica* and the biocontrol agent *Cryphonectria hypovirus 1*, *Pest management science* 73 (3): 582-589.
- Lojo, A. 2000: Taksacione osnove za gazdovanje šumama pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) na području Cazinske Krajine, Magistarski rad, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
- Lusini, I., I. Velichkov, P. Pollegioni, F. Chiocchini, G. Hinkov, T. Zlatanov, M. Cherubini, C. Mattioni, 2014: Estimating the genetic diversity and spatial structure of Bulgarian *Castanea sativa* populations by SSRs: Implications for conservation. *Conservation Genetics*, DOI : 0.1007/s10592-013-0537-0.

- Macanović, A. 2012: Ekološko-sintaksonomska analiza šuma pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) na području BiH, Međunarodni naučni skup: Struktura i dinamika ekosistema Dinarida- stanje, mogućnosti i perspektive, Akademija nauke i umjetnosti, Sarajevo, p: 201-220.
- Marinoni, D., A. Akkak, G. Bounous, K.J. Edwards, R. Botta, 2003: Development and characterization of microsatellite markers in *Castanea sativa* Mill. Breed. 11: 127-136.
- Martin, A.C., M.J. Gimenez, J.B. Alvarez, 2005: Varietal identification of chestnut using microsatellites markers. Acta Hort. 693: 441-446.
- Martín, M.A., C. Mattioni, J.R. Molina, J.B. Alvarez, M. Cherubini, M.A. Herrera, F. Villani, L.M. Martín, 2012: Landscape genetic structure of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Spain, Tree Genet Genomes 8: 127-136.
- Mattioni, C., M.A. Martín, P. Pollegioni, M. Cherubini, F. Villani, 2013: Microsatellite markers reveal a strong geographical structure in European populations of *Castanea sativa* (Fagaceae): evidence for multiple glacial refugia. Am J Bot 100: 951-961.
- Mičić, N., D. Čordaš, D. Balić, 1987: Karakteristike ploda nekih tipova pitomog (evropskog) kestena, Jugosl. Voćar, 21: 11-16.
- Mujagić-Pašić, A., D. Ballian, 2012: Variability of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) based on the morphological properties of the leaf in natural populations of Bosanska Krajina, Works of the Faculty of Forestry, University of Sarajevo, No1, p: 57-69.
- Mujagić-Pašić A., Ballian D. 2013a: Variability of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) based on the morphological properties of the nut and cupule in natural populations of Bosanska Krajina. 48. Hrvatski i 8. Međunarodni simpozij agronoma. 17. - 22. veljače 2013. Dubrovnik Hrvatska. Zbornik radova, p: 298-302.
- Mujagić-Pašić, A., Ballian, D. 2013b: An analysis of the morphology and phenology of sweet chesnut (*Castanea sativa* Mill.) flower and nut in north-west Bosnia and Herzegovina. Research people and actual task on multidisciplinary sciences 12-16. june 2013, Lozenec, Bulgaria, p:160-065.
- Mujić, I., S. Jahić, J. Ibrahimpašić, V. Alibabić, 2006a: Nutritivne karakteristike prerađenog kestena (*Castanea sativa*) sa područja Unsko-Sanskog kantona i usporedba sa nutritivno sličnim namirnicama, Radovi Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Sarajevu 57: 125-136.
- Mujić, I., J. Ibrahimpašić, S. Jahić, M. Bajramović, V. Alibabić, 2006b: Kvalitativne karakteristike svježeg kestena (*Castanea sativa*) sa područja Unsko-Sanskog kantona, Radovi Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, 57: 27-34.
- Mujić, I., V. Alibabić, J. Živković, S. Jahić, S. Jokić, Ž. Prgomet, Z. Tuzlak, 2010: Morphological characteristics of *Castanea sativa* from the area Una-Sana canton, Journal Central European Agriculture, 11 (2): 185-190.
- Müller-Starck, G., M. Conedera, S. Fineschi, 1994: Genetic characterization of cultivated varieties of European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Southern Switzerland. II. Genetic inventory based on enzyme gene markers. U: E. Antognozzi (ur.), Proceedings of the International Congress on Chestnut, 20-23 October 1993, Spoleto, Italy, p. 303-307.
- Özgan, Y., 2003: Investigations on Morphological and Pomological Characteristics of Chestnut Genotypes in İkizce and Şenbolluk Natural Areas of Ordu Vicinity, Proc. IS on Sust. Use Of Plant Biodiv. Eds. E. D. Zyaman & Y.T. zel Acta Hort. 598: 205-210.
- Pereira-Lorenzo, S., J. Fernandez-Lopez, J. Moreno-Gonzalez, 1996: Variability and grouping of Northwestern Spanish chestnut cultivars. II. Isoenzymatic traits. J. Am. Soc. Hort. Sci. 121(2): 190-197.
- Pereira-Lorenzo, S., A.M. Ramos-Cabrer, B. Diaz-Hernandez, J. Ascasibar-Errasti, F. Sau, M. Ciordia-Ara, 2001: Spanish chestnuts cultivars. Hort. Sci 36 (2): 344-347.
- Piccoli, L., 1992: Monografia del castagno. Suoi caratteri morfologici, variegata, coltovazione, prodotti e nemici. Stabilimento Tipo-Litografico G. Spinelli, Florenz, p:178.
- Podjavoršek, A., F. Štampar, A. Solar, F. Batič, 1999: Morphological variation in chestnut (*Castanea sativa* Mill.) fruits in Slovenia. Acta Hort., 494: 129-132.
- Poljak, I., 2014: Morfološka i genetska raznolikost populacija i kemijski sastav plodova europskog pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u Hrvatskoj, disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Poljak, I., M. Idžojić, M. Zebec, N. Perkovic, 2012: Varijabilnost europskog pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) na području sjeverozapadne Hrvatske prema morfološkom obilježjima plodova. Šumarski list, 9/10: 479-489.
- Poljak, I., N. Vahčić, M. Gačić, M. Idžojić, 2016: morphological characterization and chemical composition of fruits of the traditional Croatian chestnut variety 'Lovran Marron', Food technology and biotechnology 54 (2): 189-199.
- Poljak, I., M. Idžojić, Z. Šatović, M. Ježić, M. Ćurković Perica, B. Simovski, J. Acevski, Z. Liber, 2017: Genetic diversity of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in central Europe and the western part of the Balkan Peninsula, and evidence of marron genotype introgression into wild populations, Tree Genetics and Genomes, 13:1-13-18.
- Ponchia, G., A. Bergamini, G. Tomasi, M. Gardiman, G. Fila, 1993: Observations on some chestnut cultivars found in the Trento area. Proceedings of the International congress on chestnut; Spoleto Italija, 20-23. octoer, 1993. Perugia, p: 343-346.
- Ramos-Cabrer, A. M., S. Pereira-Lorenzo, 2005: Genetic relationship between *Castanea sativa* Mill. trees from north-western to south Spain based on morphological traits and isoenzymes. Genetic Resources and Crop Evolution 52: 879-890.
- Russel, K. 2002: in G. Bounous (ed), II Castagno: Cultura ambiente ed uttillization in Italia e nel mondo, Edagricole-Edizioni Agricole de II Sole 24 Ore, Bologna, Gran Bretagna, p:249-253.
- Sawano, M., T. Ichii, T. Nakanishi, Z. Kotera, 1984: Studies on identification of chestnut species and varieties by isozyme analysis. Sci. Rpt. Faculty Agr. Kobe Univ. 16: 67-71.
- Serdar, Ü., H. Demirsoy, L. Demirsoy, 2011: A morphological and phenological comparison of chestnut (*Castanea*) cultivars 'Serdar' and 'Marigoule', Australian Journal of Crop Science 5: 1311-1317.
- Skender, A. 2010: Genetska i pomološka varijabilnost populacije pitomog kestena u Bosni i Hercegovini, Doktorska disertacija, Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Sarajevo, Univerzitet u Sarajevu, p:1-92.
- Solar, A., A. Podjavoršek, F. Štampar, 2005: Phenotypic and genotypic diversity of European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Slovenia - opportunity for genetic improvement. Genetic Resources and Crop Evolution, 52: 381-394.
- Stupar, V., M. Šurlan, J. Travar, R. Cvjetičanin, 2014: Fitocenološka analiza mezofilnih šuma pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u okolini Kostajnice (Bosna i Hercegovina).



- Glasnik Šumarskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, 21: 25-43.
- Sučić, J. 1953a: Rasprostranjenost pitomog kestena na području Bosne i Hercegovine, Narodni šimar stručni list za šumarstvo i drvnu industriju, Društvo šumarskih inženjera i tehničara Bosne i Hercegovine, Sarajevo, 9/10 :361-377.
  - Sučić, J. 1953b: O arelu pitomog kestena na području Srebrenice, sa kratkim osvrtom na ostala nalazišta u Bosni i Hercegovini, NP „Oslobođenje“, Sarajevo, p. 10-55.
  - UPOV (Union internationale pour la protection des obtentions vegetales), 1989: Guidelines for conduct of tests for distinctness, homogeneity and stability, *Castanea sativa* Mill., Geneva, p: 1-22.
  - Uščuplić, M. 1996: Patologija šumskog drveća i ukrasnog drveća. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
  - Wraber, M. 1958: Biljnoscijološki prikaz kestenovih šuma Bosne i Hercegovine, Godišnjak biološkog instituta Univerziteta u Sarajevu 9 (1-2):139-182.

## SUMMARY

The European sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) is the only native species of the genus *Castanea* in Europe. The sweet chestnut has a remarkable multipurpose character, and may be managed for timber production as well as for fruit production, including a broad range of secondary products and ecosystem services. Chestnut in Bosnia and Herzegovina is mainly located in the northwest Una-Sana Canton, east (Bratunac and Srebrenica) and south (Konjic and Jablanica) where grows within the forest. In B&H European sweet chestnut is a species which is not paid enough attention and it is one of the rarest and critically endangered tree species. The variability of sweet chestnut fruits in six natural populations in B&H using a morphometric analysis was investigated.

The samples of sweet chestnut for this study were collected from the six separate geographic localities in B&H (Figure 1) in year 2012. The populations were represented with 10 trees each and each tree with 20 fruits. A total of 1200 fruits and 13 morphological characteristics were analyzed. Fruits morphological characteristics were described by descriptive statistical indicators: arithmetic mean ( $\bar{x}$ ), standard deviation (Sd), coefficient of variation (Cv) (Table 1 and 2). In order to determine the intra-population and interpopulation variability the univariate analysis of variance (ANOVA) was performed (Table 3).

Results obtained by statistical analysis of studied morphological characteristics of chestnut fruits showed that the most variable characteristic is the weight of the fruit (Cv = 34,5 %). Medium values of fruit weight of analyzed samples was within a range from 4,38 to 5,77 g (average 4,93). Lower variability coefficients are proper to the width (Cv = 10,8 %) and height of the fruit (Cv=13,15%). In B&H populations prevails typical brown chestnut color of the fruit. The analysis of variance (ANOVA) confirmed presence of statistically significant differences by all studied characteristics on both inter- and intra-population level. According to cluster analysis studied populations are agglomerated in three clusters (Figure 3.). However, this was not confirmed by canonical discrimination analysis (Figure 4), by three populations formed core within well defined data cloud. We assume that differences between results of two methods are probably based on the fact that canonical discriminant analysis include information about variability within population in the process which cluster analysis does not.

High variability in populations is very important for the conservation of genetic pool of the species. For a complete knowledge on the variability of European sweet chestnut in a part of the natural area the research should be expanded by the use of molecular markers.

---

**KEY WORDS:** European sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.), morphological characteristics, fruit, multivariate analysis, Bosnia and Herzegovina,