

VARIJABILNOST EUROPSKOG PITOMOG KESTENA (*Castanea sativa* Mill.) NA PODRUČJU SJEVEROZAPADNE HRVATSKE PREMA MORFOLOŠKIM OBILJEŽJIMA PLODOVA

THE VARIABILITY OF EUROPEAN SWEET CHESTNUT (*Castanea sativa* Mill.) IN THE REGION OF NORTHWEST CROATIA ACCORDING TO MORPHOLOGY OF FRUITS

Igor Poljak¹, Marilena Idžojić², Marko Zebec³, Nikola Perković⁴

Sažetak:

U radu je prikazana varijabilnost pet populacija europskog pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) na području sjeverozapadne Hrvatske: Ivanščica, Kalnik, Macelj, Markuševačka gora i Samoborsko gorje. Unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost utvrđena je na osnovi deset morfoloških značajki plodova te osam izvedenih omjera, pri čemu su korištene deskriptivne i multivarijatne statističke metode. Navedenim istraživanjem najmanje varijabilnim značajkama pokazale su se varijable koje opisuju oblik ploda i hiluma te odnos duljine i širine hiluma sa širinom i debljinom ploda, dok su visoki koeficijenti varijabilnosti svojstveni za masu ploda te za broj i duljinu ureza endokarpa u sjemenku i njihov odnos s debljinom ploda. Unutarpopulacijska varijabilnost veća je nego međupopulacijska. Stabla unutar populacija signifikantno se razlikuju za sva analizirana svojstva, dok je razlikovanje između populacija značajno za većinu značajki. Klusterskom i diskriminantnom analizom utvrđeno je da su međusobno najbližije populacije Samoborsko gorje i Markuševačka gora na koje se nadovezuje populacija Ivanščica. Zatim slijedi populacija Macelj koja se odlikuje najkрупnijim plodovima te populacija Kalnik koja se najviše razlikuje u odnosu na ostale istraživane populacije.

KLJUČNE RIJEČI: *Castanea sativa* Mill., varijabilnost, plodovi, sjeverozapadna Hrvatska

¹ Igor Poljak, dipl. ing. šum., Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, e-mail: ipoljak@sumfak.hr

² Prof. dr. sc. Marilena Idžojić, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, e-mail: idzotic@sumfak.hr

³ Doc. dr. sc. Marko Zebec, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, e-mail: mzebec@sumfak.hr

⁴ Nikola Perković, univ. bacc. ing. silv., student diplomskog studija Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Uvod

Introduction

Rod *Castanea* Mill. pripada porodici *Fagaceae*, a obuhvaća sedam ekonomski i ekološki značajnih vrsta drveća koje su široko rasprostranjene u umjerenom šumskom pojasu sjeverne hemisfere (Johnson 1988, Dane i dr. 2003, Lang i dr. 2006, Wang i dr. 2008).

Europski pitomi kesten (*Castanea sativa* Mill.) plemenita je listača od koje imamo višestruku gospodarsku korist (kvalitetno drvo, jestivi plodovi, med, ogrijev, listinac i dr.). Rasprostranjen je u mediteranskom području, od Kaspijskog jezera do Atlantskog oceana, gdje kestenove šume zauzimaju površinu od 2.530.000 ha (Fernández-López i Alía 2003, Conedera i dr. 2004a, 2004b). Kod nas raste u šumama brežuljkasto-brdskog područja kontinentalnog dijela Hrvatske, u Istri te na otocima Krku i Cresu. Veći dio areala pitomog kestena pruža se kroz središnju Hrvatsku, od slovenske granice do granice s BiH, gdje se najveće i najljepše sastojine nalaze na Zrinskoj i Petrovoj gori te na Medvednici (Medak i dr. 2009, Idžojtić i dr. 2010). Ukupno šumskih površina na kojima pitomi kesten dolazi u Hrvatskoj ima oko 136.000 ha (Novak-Agbaba i dr. 2000).

Kesten je vrsta koja traži toplije položaje te dublja i umjerenom svježja tla, a izbjegava suha te hladna i maglovita staništa (Anić 1940, 1942). U kontinentalnom dijelu Hrvatske raste na nadmorskim visinama od 200 do 600 (700) m gdje uspijeva na različitim ekspozicijama i različitim tipovima tala. Tvori čiste ili mješovite sastojine u pojasu kitnjakovih i bukovih šuma, gdje na sjevernim i istočnim ekspozicijama te na više ili manje strmim nagibima i zasjenjenim položajima pridolaze mezofilne, a na suhim južnim i zapadnim padinama acidofilne kestenove šume (Medak 2004, 2009, Medak i Perić 2007). U submediteranskom području kestenove šume se isključivo razvijaju na sjevernim i istočnim ekspozicijama te na dubokim i ispranim tlima povrh vapnenastih podloga (Anić 1945, 1953, Medak 2009). Prema Medak (2009, 2011) i Vukeliću (2012), na području Hrvatske pitomi kesten sa značajnim udjelom raste u četiri šumske zajednice: šumi pitomog kestena s hrastom kitnjakom (*Quercus-Castanetum sativae* Horvat 1938), šumi pitomog kestena s prasećim zeljem (*Aposeri foetidae-Castanetum sativae* Medak 2011), šumi bukve s pitomim kestenom (*Castaneo sativae-Fagetum* Marinček et Zupančić /1979/ 1995) te u submediteranskoj šumi pitomog kestena s krškim kukurijekom (*Helleboro multifidi-Castanetum sativae* /Anić 1953/ Medak 2009).

U posljednjih nekoliko desetljeća pitomi kesten je znatno ugrožena vrsta koja stradava od raka kestenove kore (*Cryphonectria parasitica* /Murr./ Barr.) koji uzrokuje sušenje i propadanje stabala. U Europi je bolest prvi puta zabilježena 1938. godine u Italiji, dok se kod nas po prvi puta pojavljuje 1955. godine na lovranskom području u blizini Opatije, od kuda se ubrzo proširila na cjelokupno područje rasprostra-

njenosti ove vrste u Hrvatskoj (Halambek 1988). Kestenova osa šiškarica (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu) zadnjih desetak godina predstavlja sve veći problem u Europi. Ovaj karantenski štetnik, prenesen iz Kine u Italiju 2002. godine, uzrokuje stvaranje šiški na izbojcima i listovima, s posljedicom smanjenja uroda plodova. Od 2010. godine nađen je i na nekoliko lokaliteta u Hrvatskoj (Matošević i dr. 2010). Osim toga, pitomi kesten je u pogledu gospodarenja pod znatnim čovjekovim utjecajem, što može dovesti do gubitka genetske raznolikosti. Iz tih je razloga u europskim i mediteranskim zemljama pokrenut niz multilateralnih projekta kojima je svrha zaštita genetskih resursa ove vrste.

Genetska raznolikost jedan je od najvažnijih preduvjeta za adaptivni potencijal šumskih vrsta drveća u promjenjivim uvjetima okoline. Da bi mjere za očuvanje genofonda neke vrste bile uspješne, potrebne su spoznaje o njenoj postojećoj varijabilnosti, kao i o postojanju ili nepostojanju kontinuiteta u navedenom variranju. Mjere očuvanja šumskog drveća trebaju se zasnivati na evolucijskom pristupu i biti usredotočene na očuvanje unutarvrstne genetske varijabilnosti (Eriksson 2001, 2004, Villani i Eriksson 2006).

Prilikom određivanja varijabilnosti europskog pitomog kestena u prirodnim populacijama, šumskim sastojinama i voćnjacima, s ciljem očuvanja genetskih resursa ove vrste, koriste se molekularno-biološke i morfometrijske metode. Od molekularno-bioloških metoda neki autori koriste izoenzime (Villani i dr. 1991, Fernández-López i Monteagudo 2010), ISSR markere (Mattioni i dr. 2008), RAPD markere (Solar i dr. 2005), zatim RAPD, ISSR i izoenzime (Casasoli i dr. 2001), dok u novije vrijeme sve veću primjenu pronalaze mikrosatelitni biljezi (Hozova i dr. 2009, Martin i dr. 2010, Cutino i dr. 2010, Mattioni i dr. 2010, 2011). Morfometrijske metode najvećim dijelom pronalaze primjenu u istraživanjima koja se odnose na dobivanje spoznaja o varijabilnosti različitih sorti pitomog kestena (Borghetti i dr. 1986, Álvarez-Álvarez i dr. 2006, Ramos-Cabrer i Pereira-Lorenzo 2005, Ertan 2007). Osim toga, neki autori koriste klasične morfometrijske metode u svrhu dobivanja spoznaja o međupopulacijskoj i unutarpopulacijskoj varijabilnosti unutar šumskih sastojina i prirodnih populacija. Tako Villani i dr. (1992), Aravanopoulos i dr. (2001), Bolvanský i Užík (2005) te Idžojtić i dr. (2009) uspješno primjenjuju multivarijatne statističke metode za razlikovanje populacija na osnovi morfoloških obilježja plodova, dok Podjavoršek i dr. (1999) te Solar i dr. (2001, 2005) navedene metode koriste za proučavanje varijabilnosti i predselekciju novih genotipova superiornih svojstava.

O propadanju kestenovih sastojina na području sjeverozapadne Hrvatske te smanjenju površina pod kestenovim šumama pisalo je više autora. Tako Anić (1940) navodi da su uslijed prekomjernog i intenzivnog gospodarenja kestenove šume na području Medvednice znatno degradirane. Tako-

der ističe kako je u starim kestenicima tlo degradirano i zakiseljeno te da je sve veći broj starih panjeva s oštećenim i suhim stablima. Nakon toga ubrzo je uslijedilo i propadanje kestenovih šuma uzrokovano rakom kestenove kore, za koje Vukelić (1991) i Medak (2004) navode da je uvelike izmijenilo fizionomiju i strukturu tih sastojina. Vukelić (1991) ističe kako su površine pod kestenovim šumama na području Medvednice znatno smanjene u odnosu na stanje koje je prikazao Anić 1940. godine, dok Medak (2004) utvrđuje smanjenje areala pitomog kestena na području sjeverozapadne Hrvatske u odnosu na prijašnja istraživanja, ali isto tako i pozitivne utjecaje prestanka snažnog i intenzivnog oblika gospodarenja u posljednjih nekoliko desetljeća.

S obzirom na to da se pitomi kesten kao jedna od naših najugroženijih vrsta plemenitih listača nalazi na listi prioriteta za očuvanje genofonda, potrebno je istražiti njegovu postojeću varijabilnost koja je negativno utjecana od raka kestenove kore i negativnih antropogenih čimbenika. U tu svrhu pristupilo se istraživanju varijabilnosti plodova pitomog kestena na području sjeverozapadne Hrvatske pomoću morfometrijske analize.

Materijal i metode

Material and Methods

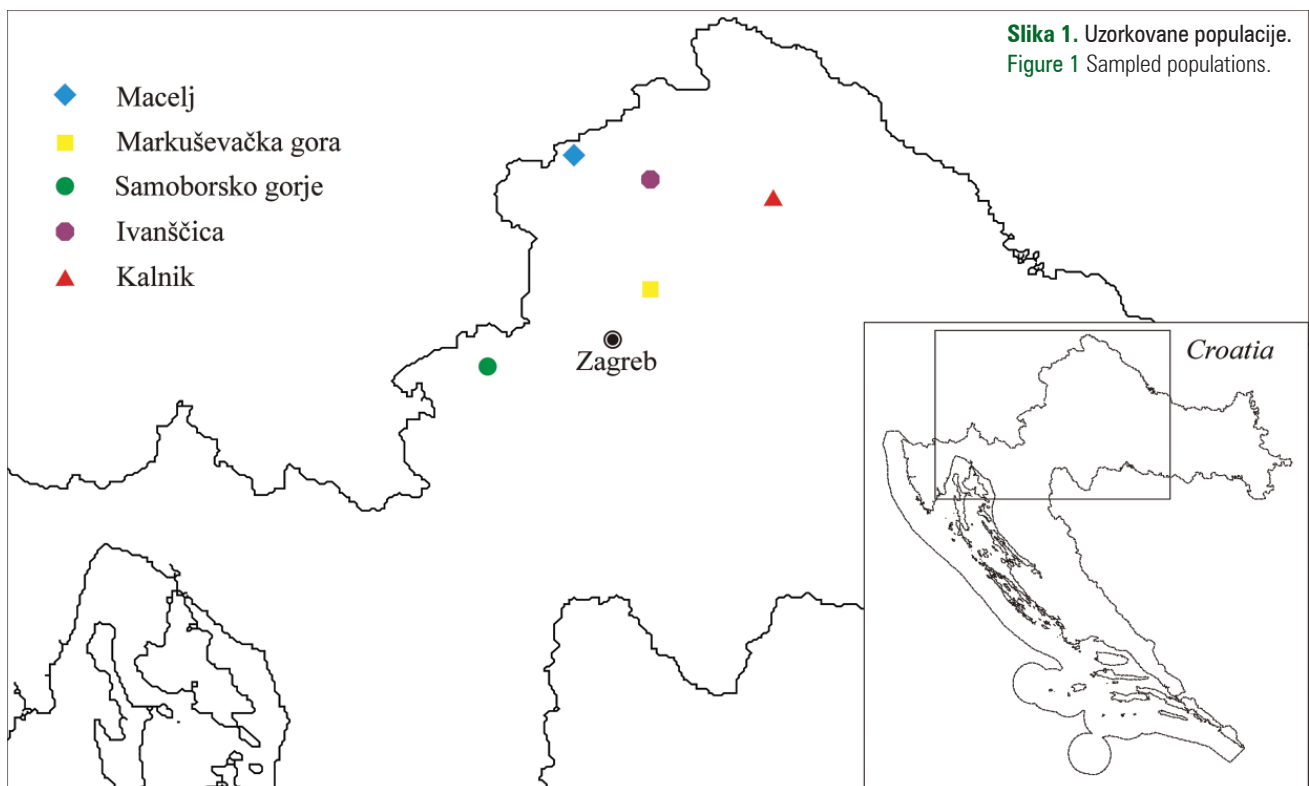
Plodovi za morfometrijsku analizu skupljeni su tijekom listopada 2010. godine iz pet populacija pitomog kestena na području sjeverozapadne Hrvatske: Ivanščica, Kalnik, Ma-

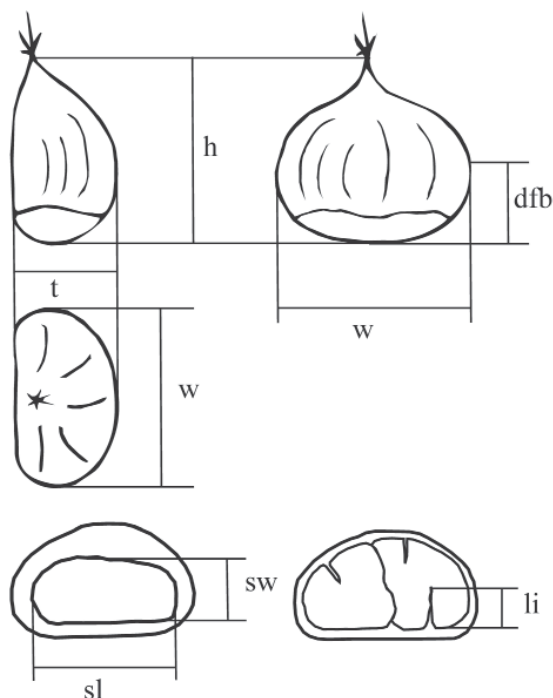
celj, Markuševačka gora i Samoborsko gorje (slika 1). U svakoj populaciji izabrano je po 20 stabala koja su međusobno bila udaljena najmanje 50 m, a sa svakog stabla skupljeno je po 10 zdravih plodova koji su se nalazili postrano u kupuli.

Odmah nakon skupljanja, pristupilo se vaganju plodova (m-masa) te su zatim mjerena sljedeća morfološka svojstva (slika 2.): visina ploda (h), širina ploda (w), debljina ploda (t), udaljenost od osnove do najšireg dijela ploda (dfb), duljina hiluma (sl) i širina hiluma (sw). Nakon toga plodovi su prerezani na najširem dijelu te je utvrđen broj sjemenki po plodu (ns), broj ureza endokarpa u sjemenku (ni) i duljina najdužeg ureza endokarpa u sjemenku (li). Ukupno je analizirano 1000 plodova.

Iz mjerenih značajki izvedeni su sljedeći omjeri: visina ploda/širina ploda (h/w), udaljenost od osnove ploda do najšireg dijela ploda/visina ploda (dfb/h), debljina ploda/visina ploda (t/h), debljina ploda/širina ploda (t/w), duljina hiluma/širina ploda (sl/w), širina hiluma/debljina ploda (sw/t), širina hiluma/duljina hiluma (sw/sl) i duljina najdužeg ureza endokarpa u sjemenku/debljina ploda (li/t).

Mjerene morfološke značajke prikazane su deskriptivnim statističkim parametrima, pri čemu su korišteni standardni algoritmi deskriptivne statističke analize (Sokal i Rohlf 1989). Podaci su prikazani sljedećim univarijatnim statističkim parametrima: aritmetička sredina (\bar{x}), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijabilnosti (CV).





Slika 2. Mjerene značajke plodova: visina ploda (*h*), širina ploda (*w*), debljina ploda (*t*), udaljenost od osnove do najšireg dijela ploda (*dfb*), duljina hiluma (*sl*), širina hiluma (*sw*), duljina najdužeg ureza endokarpa u sjemenku (*li*).

Figure 2 Measured fruit traits: height (*h*), width (*w*), thickness (*t*), distance from the base to the largest section of the fruit (*dfb*), scar length (*sl*), scar width (*sw*), length of intrusions (*li*).

Za utvrđivanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti korištena je univarijatna analiza varijance (ANOVA). Analizirani faktori varijabilnosti bili su populacija i stablo, na način da je faktor stablo ugniježđen unutar faktora populacija. Da bi se dobio uvid u zastupljenost pojedinih istraživanih izvora varijabilnosti u ukupnoj varijanci (između populacija, između stabala unutar populacije, unutar stabla) korištena je REML metoda (*Restricted Maximum Likelihood Method*).

Kako bi se utvrdilo koje se točno populacije međusobno signifikantno razlikuju za pojedina mjerena svojstva (za koja su prethodno provedenom analizom varijance dobivene vrijednosti signifikantnosti iznosile 0,01) provedeno je i *post hoc* testiranje Fisherovim multiplim testovima (LSD) za sve parove populacija.

Za utvrđivanje sličnosti, odnosno različitosti analiziranih populacija na osnovi mjerenih morfoloških obilježja plodova, korištene su multivarijatne statističke metode – klasterška i diskriminantna analiza (McGarigal i dr. 2000). Provedenom klasterškom analizom dobiveno je horizontalno hijerarhijsko stablo, pri čemu je za udruživanje *clustera* korištena UPGMA metoda (*Unweighted Pair Group Average Method*), a za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata Euklidska udaljenost. Kako bi se odredilo koje značajke najbolje diskriminiraju grupe koje su dobivene kla-

sterskom analizom, korištena je diskriminantna analiza. Navedene statističke analize provedene su pomoću statističkog programa STATISTICA 8.0 (StatSoft, Inc. 2001).

Rezultati Results

Rezultati provedene deskriptivne statističke analize prikazani su u tablici 1, po populacijama ($N = 200$) te ukupno za sve populacije zajedno ($N = 1000$). Prosječna masa plodova za pet istraživanih populacija je 8,27 g. Koeficijenti varijabilnosti za masu plodova kreću se od 26,29 % za populaciju Samoborsko gorje do 40,13 % za populaciju Kalnik. Od istraživanih populacija prosječno najveću masu plodova ima populacija Macelj (9,39 g), zatim slijede Ivanščica (8,91 g), Samoborsko gorje (8,69 g), Markuševačka gora (8,28 g) te populacija Kalnik (6,07 g) s prosječno najmanjom masom plodova. Populacija Kalnik je ujedno i populacija s prosječno najmanjim izmjerenim vrijednostima za sljedeće značajke: visina ploda (*h*), širina ploda (*w*), debljina ploda (*t*), udaljenost od osnove do najšireg dijela ploda (*dfb*), duljina hiluma (*sl*) i širina hiluma (*sw*). Prosječno najveće vrijednosti za širinu (*w*) i debljinu ploda (*t*) te za duljinu (*sl*) i širinu hiluma (*sw*) imala je populacija Macelj.

Prosječno se u jednom plodu za sve populacije zajedno nalazi po jedna sjemenka ($ns = 1,02$). Koeficijenti varijabilnosti za ovo svojstvo kreću se od 9,88 % za populacije Kalnik i Macelj do 28,36 % za populaciju Markuševačka gora. Prosječan broj ureza endokarpa u sjemenku na najširem dijelu ploda kreće se od 2,04 za populaciju Kalnik do 4,34 za populaciju Ivanščica. Prosječna duljina tih ureza za sve populacije iznosi 23–35 % od prosječne debljine ploda ($li/t = 0,23–0,35$).

Kako bi se kvantificirao oblik ploda, mjerene značajke stavljene su međusobne odnose iz kojih se na osnovi dobivenih indeksa može definirati oblik ploda. Analizom izvedenih varijabli možemo zaključiti da populacija Kalnik ima približno jednako široke i visoke plodove ($h/w = 0,98$), dok ostale populacije imaju prosječno šire plodove nego što je njihova visina te se izvedeni omjeri kreću od 0,96 za populaciju Markuševačka gora do 0,88 za populaciju Macelj. Iz omjera visine od osnove do najšireg dijela ploda (*dfb*) i visine ploda (*h*) možemo zaključiti da su plodovi kod svih istraživanih populacija najširi na 45 % njihove visine. Omjer debljine i visine ploda (t/h), u prosjeku za sve populacije iznosi 0,68, dok je omjer debljine i širine ploda 0,63.

Varijable duljina i širina hiluma uspoređene su sa širinom i debljinom ploda (sl/w , odnosno sw/t). Za sve istraživane populacije zajedno omjer sl/w je 0,75, a omjer sw/t je 0,61. Varijable duljina i širina hiluma stavljene su i u međusobni odnos (sw/sl), iz kojega je vidljivo da plodovi svih populacija imaju hilum koji je u prosjeku dvostruko dulji od svoje širine ($sw/sl = 0,51$).

Tablica 1. Parametri deskriptivne statistike za mjerene morfološke značajke.**Table 1** Descriptive statistical parameters for measured morphological traits.

Značajka Trait	Parametar Statistical parameters	Ivanščica	Kalnik	Macelj	Markušev. gora	Samoborsko gorje	Ukupno Total
m	\bar{x} (g)	8,91	6,07	9,39	8,28	8,69	8,27
	SD (g)	2,99	2,44	2,96	3,28	2,28	3,04
	CV (%)	33,59	40,13	31,53	39,57	26,29	36,74
h	\bar{x} (mm)	26,53	23,56	26,17	26,60	25,83	25,74
	SD (mm)	3,02	2,99	2,7	3,59	2,47	3,18
	CV (%)	11,38	12,70	10,32	13,48	9,57	12,34
w	\bar{x} (mm)	29,27	24,34	29,79	28,04	28,42	27,97
	SD (mm)	3,95	4,09	3,72	4,18	2,79	4,23
	CV (%)	13,48	16,81	12,48	14,91	9,81	15,12
dfb	\bar{x} (mm)	12,22	10,30	12,19	11,87	11,72	11,66
	SD (mm)	1,85	1,66	1,54	1,87	1,45	1,82
	CV (%)	15,13	16,14	12,64	15,77	12,39	15,62
t	\bar{x} (mm)	18,21	15,11	18,93	17,24	17,71	17,44
	SD (mm)	2,65	2,89	2,79	3,05	2,14	3,01
	CV (%)	14,56	19,15	14,73	17,72	12,08	17,26
sl	\bar{x} (mm)	22,30	18,02	23,55	21,09	20,31	21,05
	SD (mm)	4,33	3,55	3,53	4,16	3,05	4,19
	CV (%)	19,41	19,70	15,00	19,73	14,99	19,89
sw	\bar{x} (mm)	11,48	8,96	11,74	10,97	10,07	10,64
	SD (mm)	2,20	1,71	2,08	2,38	1,51	2,24
	CV (%)	19,14	19,04	17,74	21,74	15,02	21,06
ns	\bar{x}	1,02	1,01	1,01	1,06	1,01	1,02
	SD	0,16	0,10	0,10	0,30	0,12	0,17
	CV (%)	15,27	9,88	9,88	28,36	12,01	17,01
ni	\bar{x}	4,34	2,04	3,33	2,96	2,75	3,08
	SD	1,91	1,63	1,96	1,72	1,87	1,97
	CV (%)	44,00	79,82	58,93	58,10	68,08	63,89
li	\bar{x} (mm)	6,43	3,53	5,68	4,95	5,05	5,13
	SD (mm)	2,66	2,19	2,73	2,29	2,62	2,68
	CV (%)	41,35	62,15	47,97	46,19	51,84	52,24
h/w	\bar{x}	0,91	0,98	0,88	0,96	0,91	0,93
	SD	0,10	0,11	0,08	0,11	0,09	0,10
	CV (%)	10,60	10,85	8,60	11,15	10,20	10,98
dfb/h	\bar{x}	0,46	0,44	0,47	0,45	0,45	0,45
	SD	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	CV (%)	9,80	8,97	8,63	8,69	9,53	9,40
t/h	\bar{x}	0,69	0,64	0,73	0,65	0,69	0,68
	SD	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
	CV (%)	12,76	14,25	12,43	13,24	13,08	13,85
t/w	\bar{x}	0,63	0,62	0,64	0,61	0,63	0,63
	SD	0,08	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07
	CV (%)	12,32	12,03	12,49	9,55	10,70	11,54
sl/w	\bar{x}	0,76	0,74	0,79	0,75	0,71	0,75
	SD	0,07	0,07	0,06	0,08	0,07	0,07
	CV (%)	9,37	9,21	8,03	10,08	9,82	9,86
sw/t	\bar{x}	0,63	0,60	0,62	0,64	0,57	0,61
	SD	0,08	0,07	0,10	0,08	0,08	0,09
	CV (%)	13,27	11,99	15,33	12,59	13,71	13,98
sw/sl	\bar{x}	0,52	0,50	0,50	0,52	0,50	0,51
	SD	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07
	CV (%)	12,58	14,10	13,60	12,07	13,32	13,23
li/t	\bar{x}	0,35	0,23	0,30	0,28	0,28	0,29
	SD	0,12	0,13	0,14	0,11	0,14	0,13
	CV (%)	34,31	58,29	45,58	39,64	49,70	46,56

Rezultati univarijatne analize varijance (ANOVA) prikazani su u tablici 2. Stabla unutar populacija signifikantno se razlikuju za sva analizirana svojstva. Populacije se na razini signifikantnosti 0,01 razlikuju univarijatno za sljedeća svojstva: masa (m), visina ploda (h), širina ploda (w), debljina ploda (t), udaljenost od osnove do najšireg dijela ploda (dfb), duljina hiluma (sl), širina hiluma (sw), broj ureza endokarpa u sjemenku (ns), duljina najdužeg ureza endokarpa u sjemenku (li), visina ploda/širina ploda (h/w), udaljenost od osnove ploda do najšireg dijela ploda/visina ploda (dfb/h), debljina ploda/visina ploda (t/h), duljina hiluma/širina ploda (sl/w), širina hiluma/debljina ploda (sw/t), duljina najdužeg ureza endokarpa u sjemenku/debljina ploda (li/t). Razlikovanje populacija na osnovi broja sjemenki (ns) te izvedenih varijabli debljina ploda/visina ploda (t/h) i širina hiluma/duljina hiluma (sw/sl) nije bilo statistički značajno.

Metodom najveće vjerodostojnosti (REML) dobiven je uvid u zastupljenost pojedinih izvora varijabilnosti u ukupnoj varijanci za sve istraživane varijable (tablica 3). Iz navedenih rezultata vidljivo je da je varijabilnost između stabala unutar svake populacije znatno veća nego između samih populacija. Za većinu mjerenih značajki pokazalo se da je

Tablica 2. Rezultati univarijatne analize varijance (ANOVA).

Table 2 Results of univariate analysis of variance (ANOVA).

Varijabla Variable	Populacija Population		Stablo/populacija Tree/Population	
	ANOVA			
	df = 4		df = 95	
	F	p	F	p
m	5,65	< 0,01	23,32	< 0,01
h	4,23	< 0,01	38,78	< 0,01
w	8,32	< 0,01	26,65	< 0,01
dfb	7,06	< 0,01	13,77	< 0,01
t	9,78	< 0,01	11,54	< 0,01
sl	8,10	< 0,01	26,54	< 0,01
sw	9,78	< 0,01	15,92	< 0,01
ns	1,64	0,17	2,5	< 0,01
ni	11,69	< 0,01	5,16	< 0,01
li	8,75	< 0,01	6,35	< 0,01
h/w	3,88	< 0,01	29,57	< 0,01
dfb/h	4,77	< 0,01	4,27	< 0,01
t/h	5,95	< 0,01	8,33	< 0,01
t/w	0,70	0,59	6,10	< 0,01
sl/w	4,48	< 0,01	20,25	< 0,01
sw/t	4,08	< 0,01	9,36	< 0,01
sw/sl	1,25	0,29	5,76	< 0,01
li/t	6,55	< 0,01	4,72	< 0,01

najveći dio varijabilnosti od ukupne varijance uvjetovan varijabilnošću stabala unutar populacije (46,76–69,76 %). Kao iznimka javlja se debljina ploda, gdje je varijabilnost između stabala unutar populacija nešto malo manja od varijabilnosti plodova unutar stabla te varijable ns, ni i li gdje komponenta varijance ostatka zauzima najveći udio varijabilnosti.

S obzirom na to da su rezultati provedene analize varijance pokazali da se populacije međusobno signifikantno razlikuju za većinu istraživanih značajki, provedeno je i *post hoc* testiranje Fisherovim multiplim testovima (LSD) za sve parove populacija kako bi se utvrdilo koje se točno populacije međusobno signifikantno razlikuju za pojedina mjerena svojstva (tablica 4). Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da se populacija Kalnik za sva mjerena svojstva razlikuje od ostale četiri populacije na razini signifikantnosti od 0,01. Međusobno najsličnije populacije su Samoborsko gorje i Markuševačka gora, koje se razlikuju za širinu ploda i širinu hiluma.

Iz dendograma (slika 3) se može vidjeti da su prema istraživanim svojstvima plodova najsličnije populacije Markuševačka gora i Samoborsko gorje, na koje se nadovezuje populacija Ivanščica. Ove tri populacije formiraju *cluster* na koji se nadovezuje populacija Macelj. Na najvećoj udaljenosti spaja se populacija Kalnik, koja se najviše razlikuje od ostalih analiziranih populacija.

Tablica 3. Komponente varijance.

Table 3 Variance components.

Značajka Trait	Efekt – Effect %		
	Populacija Population	Stablo (populacija) Tree (population)	Ostatak Residual
m	14,38	59,13	26,49
h	11,57	69,76	18,67
w	21,49	56,49	22,02
dfb	15,49	47,39	37,12
t	19,80	39,04	41,16
sl	20,91	56,67	22,42
sw	21,91	46,76	31,34
ns	0,68	12,93	86,39
ni	3,49	25,35	71,17
li	13,40	30,38	56,22
h/w	9,94	66,71	23,35
dfb/h	5,72	23,25	71,03
t/h	10,63	37,79	51,58
sl/w	10,24	56,11	33,65
sw/t	7,28	42,21	50,51
sw/sl	0,00	18,52	81,48
li/t	8,25	27,34	64,41

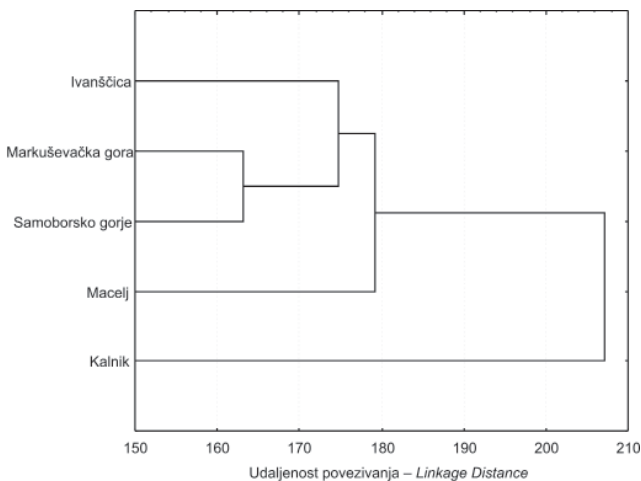
Tablica 4. Rezultati komparacije parova populacija za 9 značajki, korištenjem Fisherovog LSD testa.

A – Ivanščica, B – Kalnik, C – Macelj, D – Markuševačka gora, E – Samoborsko gorje

Table 4 Results of populations pairwise comparisons for 9 traits by using Fisher LSD testing procedure.

A – Ivanščica, B – Kalnik, C – Macelj, D – Markuševačka gora, E – Samoborsko gorje

Značajka Trait	Komparacija populacija Comparasion of populations									
	A-B	A-C	A-D	A-E	B-C	B-D	B-E	C-D	C-E	D-E
m	p<0,01	0,09	0,02	0,43	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,01	0,14
h	p<0,01	0,23	0,80	0,02	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,14	0,26	p<0,01
w	p<0,01	0,17	p<0,01	0,03	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,32
dfb	p<0,01	0,82	0,04	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,07	p<0,01	0,35
t	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,07	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,09
sl	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,04
sw	p<0,01	0,19	0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
ni	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,04	p<0,01	0,26
li	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,01	0,68

**Slika 3.** UPGMA dendrogram istraživanih populacija.**Figure 3** UPGMA tree diagram of researched populations.

Kako bi se utvrdilo koje značajke najbolje diskriminiraju prethodno navedene grupe, te kako bi se dodatno pojasnio trend njihove diferencijacije, provedena je diskriminantna analiza. Za devet varijabli i tri grupe kanonskom analizom dobivene su dvije diskriminacijske funkcije. Iz sredina i standardiziranih koeficijenata kanonskih varijabli (tablice 5 i 6) možemo zaključiti da diskriminantna funkcija 1 najbolje razlikuje *cluster 3* (populacija Kalnik) od *cluster 2* (populacija Macelj) i *cluster 1* (populacija Markuševačka gora, Samoborsko gorje i Ivanščica). Varijable po kojima se populacija Kalnik najbolje razlikuje u odnosu na ostale četiri populacije su: masa, širina i debljina ploda. Diskriminantna funkcija 2, koja objašnjava preostalih 23 % varijabilnosti, najbolje razlikuje *cluster 2* od *cluster 1* i 3. Razlikovanje populacije Macelj od ostalih populacija najviše je uvjetovano ši-

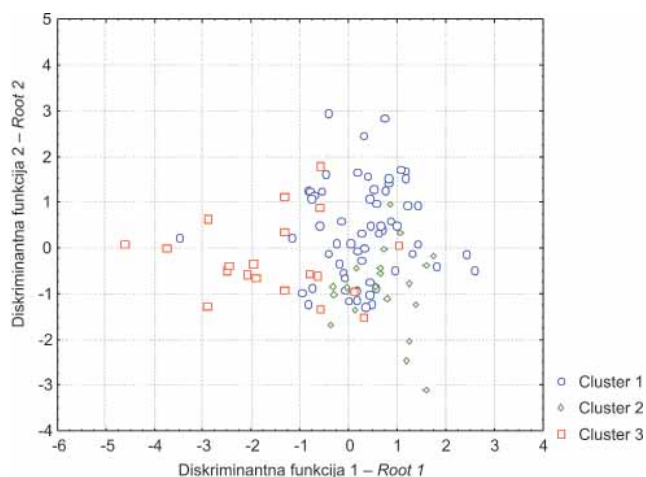
rirom hiluma i širinom ploda te nešto malo manje debljinom ploda (populacija Macelj odlikuje se najvećim izmjerenim prosječnim vrijednostima za širinu hiluma, širinu ploda i debljinu ploda).

Tablica 5. Sredine kanonskih varijabli.**Table 5** Means of canonical variables.

Grupa Group	Disk. funkcija 1 Root 1	Disk. funkcija 2 Root 2
<i>Cluster 1</i>	0,20289	-0,256702
<i>Cluster 2</i>	0,61167	0,598268
<i>Cluster 3</i>	-1,22033	0,171837

Tablica 6. Standardizirani koeficijenti kanonskih varijabli.**Table 6** Standardized coefficients for the canonical variables.

Varijabla Variable	Diskr. funkcija 1 Root 1	Diskr. funkcija 2 Root 2
m	-2,07680	0,29075
h	0,30238	-0,46695
w	1,53495	-1,53440
dfb	0,16443	-0,05522
t	0,94966	0,76009
sl	-0,11444	1,99461
sw	0,27811	-0,64800
ni	0,09612	-0,19259
li	0,03132	-0,23502
Svojevstvena vrijednost Eigenvalue	0,39856	0,11738
Kumulativna proporcija Cumul. Prop.	0,77249	1,00000



Slika 4. Projekcija kanonskih vrijednosti istraženih populacija u prostoru.
Figure 4 Scatterplot of the canonical scores of researched populations.

Rasprava i zaključci

Discussion and Conclusions

Provedenim istraživanjem najmanje varijabilnim značajkama pokazale su se varijable koje opisuju oblik ploda (h/w , dfb/h , t/h , t/w) i hiluma (sw/sl) te odnos duljine i širine hiluma prema širini i debljini ploda (sl/w , sw/t). Isto tako, niži koeficijenti varijabilnosti svojstveni su za visinu i širinu ploda, dok se srednje varijabilnom značajkom pokazala debljina ploda. S obzirom na to da je debljina ploda ovisna o broju plodova u kupuli, samim time su i koeficijenti varijabilnosti viši u odnosu na vrijednosti koje su dobivene za visinu i širinu ploda. Visoki koeficijenti varijabilnosti, od 26,29 % za populaciju Samoborsko gorje do 40,13 % za populaciju Kalnik, dobiveni su za masu ploda. Najvarijabilnim značajkama pokazale su se varijable koje se odnose na broj (ni) i duljinu (li) ureza endokarpa u sjemenku te njihov odnos s debljinom ploda (li/t).

Provedenom univarijantnom analizom varijance pokazalo se da se stabla unutar populacija signifikantno razlikuju za sva analizirana svojstva, dok se populacije međusobno signifikantno razlikuju za većinu istraženih značajki osim za broj sjemenki po plodu (ns) te za izvedene varijable t/h i sw/sl . Za većinu mjerenih značajki pokazalo se da je najveći udio varijabilnosti od ukupne varijance uvjetovan varijabilnošću stabala unutar populacije. Odstupanje od tog pravila pokazuju varijable ns , ni i li , gdje komponenta varijance ostatka zauzima najveći udio varijabilnosti te debljina ploda s približno podjednakim učešćem varijance u ukupnoj varijabilnosti. Iste rezultate dobivaju i Bolvanský i Užík (2005) te Idžojić i dr. (2009) istražujući morfološku varijabilnost plodova europskog pitomog kestena. Iz navedenog možemo zaključiti da je unutarpopulacijska varijabilnost veća od međupopulacijske varijabilnosti, što je svojstveno za većinu drvenastih vrsta (Franjić 1996, Kajba 1996, Škvorc 2003, Idžojić i dr. 2006, Zebec 2009). U odnosu na istraži-

vanja varijabilnosti lista drvenastih vrsta za koju je svojstveno da najveće učešće varijabilnosti od ukupne varijance otpada na listove unutar stabla (Idžojić i dr. 2006, Zebec i dr. 2010), za varijabilnost ploda pokazalo se da najveći udio čini varijabilnost stabala unutar populacije.

Rezultati multivarijantnih metoda te deskriptivnih statističkih pokazatelja upućuju na to da se populacija Kalnik najviše razlikuje u odnosu na ostale istraživane populacije. Populacija Kalnik odlikuje se prosječno najmanjim mjerenim vrijednostima za: masu ploda (m), visinu ploda (h), širinu ploda (w), debljinu ploda (t), udaljenost od osnove do najšireg dijela ploda (dfb) te za duljinu (sl) i širinu hiluma (sw). Isto tako, odlikuje se višim koeficijentima varijabilnosti za većinu istraženih značajki, što upućuje na njenu heterogenost. Iako se projekcije kanonskih vrijednosti istraženih populacija u prostoru (slika 4) djelomično međusobno preklapaju, odnosno čine kontinuirani oblak podataka, jasno se nazire razdvajanje *cluster*a 3 (populacija Kalnik) od *cluster*a 2 (populacija Macelj) i *cluster*a 1 (populacije Markuševačka gora, Samoborsko gorje i Ivanščica). Posebnost populacije Kalnik možemo protumačiti različitim ekološkim uvjetima njezina pridelaska. Za razliku od ostalih populacija, ona je jedina koja pridelazi u šumi pitomog kestena s hrastom kitnjakom (*Quercus-Castanetum sativae* Horvat 1938) te pripada skupini acidofilno termofilnih šuma. Osim toga, Vukelić (1991) navodi da je kesten na to područje unesen u novije vrijeme te sa sigurnošću možemo ustvrditi da na tom području kesten nije autohton.

Drugu veliku skupinu čine četiri populacije koje pridelaze na mezofilnim staništima, a sastoji se od populacije Markuševačka gora, Samoborsko gorje i Ivanščica koje formiraju *cluster* 1 te od populacije Macelj koja čini zaseban *cluster* (*cluster* 2). Međusobno najbližnje populacije su Markuševačka gora i Samoborsko gorje na koje se nadovezuje populacija Ivanščica. U odnosu na populaciju Samoborsko gorje, populacija Markuševačka gora odlikuje se većom heterogenošću istraženih morfoloških značajki, a osim toga svojstvene su joj najveće vrijednosti za varijable visina ploda i broj sjemenki po plodu. Stabla unutar populacije Markuševačka gora uzorkovana su na području privatnih šuma, na dubokim i kvalitetnim tlima, za koje Medak (2009) ističe da su bolje strukture zbog prestanka intezivnog gospodarjenja. Uniformnost deskriptivnih statističkih pokazatelja unutar populacije Samoborsko gorje može se protumačiti negativnim antropogenim utjecajem te štetama koje su nastale uslijed sušenja od raka kestenove kore.

Populacija Macelj odlikuje se najvećim vrijednostima za širinu (w) i debljinu ploda (t) te za duljinu (sl) i širinu hiluma (sw), a u odnosu na ostale populacije mezofilnog karaktera izdvaja se po tome što raste zajedno s običnom jelom, gdje tvori šumsku zajednicu *Castaneo sativae-Fagetum* Marinček et Zupančić (1979) 1995 subass. *abietetosum* Medak

2009. Medak (2004) za sastojine ovakvog tipa navodi da su pod velikim antropogenim utjecajem te da ih odlikuje raznodobnost, odnosno gospodarenje prebiranjem.

Usporedimo li rezultate ovog istraživanja s rezultatima koje dobivaju Idžojić i dr. (2009), gdje prosječna masa plodova za 10 populacija iznosi 7,1 g, vidljivo je da su plodovi na području sjeverozapadne Hrvatske u prosjeku krupniji u odnosu na istraživane populacije u ostalom dijelu Hrvatske. Prema rezultatima deskriptivne statističke analize za četiri populacije u sjeverozapadnom dijelu Bosne i Hercegovine koje dobivaju Mujić i dr. (2010), prosječna masa plodova iznosi od 4,4 g do 6,3 g, dok Solar i dr. (2005) za središnji dio Slovenije dobivaju prosječnu masu plodova od 8,1 g s koeficijentom varijabilnosti od 28,7 %. Rezultati za prosječnu masu plodova za populaciju Kalnik sličniji su rezultatima koje dobivaju Mujić i dr. (2010) za populacije pitomog kestena u Bosni i Hercegovini, dok su prosječne vrijednosti za ostale četiri populacije u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske sličnije vrijednostima koje dobivaju Solar i dr. (2005) za slovenske populacije pitomog kestena.

Genetska raznolikost jedan je od osnovnih preduvjeta za adaptabilnost određene vrste na određene stanišne uvjete. Provedenim istraživanjem dobivene su spoznaje o unutarpopulacijskoj i međupopulacijskoj varijabilnosti pitomog kestena na području sjeverozapadne Hrvatske, što je osnova za daljnja istraživanja koja je potrebno provesti kako bi se dobile smjernice za očuvanje genetskih resursa ove vrste u Hrvatskoj.

Zahvala

Acknowledgement

Zahvaljujemo djelatnicima šumarija Samobor, Krapina, Ivanec i Križevci na pomoći pri skupljanju plodova. Rad je izrađen u okviru projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske pod naslovom "Varijabilnost i očuvanje genofonda plemenitih listača u Hrvatskoj".

Literatura

References

- Álvarez-Álvarez P., M. Barrio-Anta, U. Diéguez-Aranda, 2006: Differentiation of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) cultivars by leaf, nut and burr dimensions, *Forestry*, 79 (2): 149–158.
- Anić, M., 1940: Pitomi kesten u Zagrebačkoj gori, *Glas. šum. pokuse*, 7: 103–312.
- Anić, M., 1942: O rasprostranjenosti evropskog pitomog kestena s osobitim obzirom na nezavisnu državu Hrvatsku i susjedne zemlje, *Tiskara C. Albrecht (P. Acinger)*, 142 str., Zagreb.
- Anić, M., 1945: Pogledi na šumsku vegetaciju Istre i susjednih zemalja, *Šum. list*, 69 (1–12): 13–23.
- Anić, M., 1953: Pitomi kesten na Cresu, *Glas. šum. pokuse*, 11: 321–356.
- Aravanopoulos, F. A., A. D. Drouzas, P. G. Alizoti, 2001: Electrophoretic and quantitative variation in chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Hellenic populations in old-growth natural and coppice stands, *For. Snow Landsc. Res.*, 76 (3): 429–434.
- Bolvanský, M., M. Užík, 2005: Morphometric variation and differentiation of European chestnut (*Castanea sativa*) in Slovakia, *Biologia (Bratislava)*, 60 (4): 423–429.
- Borghetti, M., P. Menozzi, G. G. Vendramin, R. Giannini, 1986: Morphological Variation in Chestnut Fruits (*Castanea sativa* Mill.) in Tuscany (Italy), *Silvae Genetica*, 35 (2–3): 124–128.
- Casasoli, M., C. Mattioni, M. Cherubini, 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, 2004a: The cultivation of *Castanea sativa* Mill. in Europe, from its origin to its diffusion on a continental scale, *Veget Hist Archaeobot*, 13: 161–179.
- Conedera, M., M. C. Manetti, F. Giudici, E. Amorini, 2004b: Distribution and economic potential of the Sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Europe, *Ecol. Med.*, 30: 179–193.
- Cutino, I., A. Marchese, F. P. Marra, T. Caruso, 2010: Genetic improvement of sweet chestnut in Sicily (*Castanea sativa* Mill.) by the selection of superior autochthonous genotypes, *Acta Hort.*, 866: 175–180.
- Dane, F., P. Lang, H. Huang, Y. Fu, 2003: Intercontinental genetic divergence of *Castanea* species in eastern Asia and eastern North America, *Heredity*, 91: 314–321.
- Eriksson, G., 2001: Conservation of noble hardwoods in Europe, *Can. Jour. For. Res.*, 31 (4): 577–587.
- Eriksson, G., 2004: Evolution and evolutionary factors, adaptation and adaptability. U: T. Geburek, J. Turok (ur.): Conservation and Management of Forest Genetic Resources in Europe, *Arbora Publishers*, 199–211 str., Zvolen.
- 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 Resour Crop Evol*, 54: 691–699.
- Fernández-López, J., R. Alía, 2003: Technical Guidelines for genetic conservation and use for chestnut (*Castanea sativa* Mill.), *EUFORGEN International Plant Genetic Resources Institute*, 6 str., Rome.
- Fernández-López, J., A. B. Monteagudo, 2010: Genetic structure of wild Spanish populations of *Castanea sativa* as revealed by isozyme analysis, *Forest Systems*, 19 (2): 156–169.
- Franjić, J., 1996: Morfometrijska analiza varijabilnosti lista posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., *Fagaceae*) u Hrvatskoj, *Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb*.
- Halambek, M., 1988: Istraživanje virulentnosti gljive *Endothia parasitica* (Murr.) And. uzročnika raka kore pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.), *Disertacija, Šumarski fakultet Zagreb*.
- Hozova, L., L. Jankovsky, A. Akkak, D. Torello Marioni, R. Botta, J. Šmerda, 2009: Preliminary study of the genetic structure of a chestnut population in the Czech Republic based on SSR analysis, *Acta Hort.*, 815: 43–50.
- Idžojić, M., M. Zebec, D. Drvodelić, 2006: Varijabilnost populacija brekinje u kontinentalnom dijelu Hrvatske prema morfološkim obilježjima lišća i plodova, *Glas. šum. pokuse, pos. izd.* 5: 305–314.

- 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.
- Idžojić, M., J. Medak, I. Poljak, M. Zebec, B. Tutić, 2010: Slijedeći tragove pitomog kestena (*Castanea* spp.) – Uzgoj i kultura, folklor i povijest, tradicija i korištenje, *Šum. list*, 134 (5–6): 294–300.
- Johnson, G. P., 1988: Revision of *Castanea* sect. *Balanocastanon* (*Fagaceae*), *J Arnold Arboretum*, 69: 25–49.
- Kajba, D., 1996: Međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost breze (*Betula pendula* Roth.) u dijelu prirodne rasprostranjenosti u Republici Hrvatskoj, *Glas. Šum. pokuse* 33: 53–108.
- Lang, P., F. Dane, T. L. Kubisiak, 2006: Phylogeny of *Castanea* (*Fagaceae*) based on chloroplast *trnT-L-F* sequence data, *Tree Genet. Genom.*, 2 (3): 132–139.
- Martin, M. A., C. Mattioni, M. Cherubini, D. Turchini, F. Villani, 2010: Genetic diversity in European chestnut populations by means of genomic and genic microsatellite markers, *Tree Genet. Genom.*, 6: 735–744.
- Matošević, D., M. Pernek, B. Hrašovec, 2010: Prvi nalaz kestenove ose šiškariče (*Dryocosmus kuriphilus*) u Hrvatskoj, *Šum. list*, 134 (9–10): 497–502.
- Mattioni, C., M. Cherubini, E. Micheli, F. Villani, G. Bucci, 2008: Role of domestication in shaping *Castanea sativa* genetic variation in Europe, *Tree Genet. Genom.*, 4 (3): 563–574.
- Mattioni, C., M. Cherubini, D. Turchini, F. Villani, M. A. Martin, 2010: Genetic diversity in European chestnut populations, *Acta Hort.*, 866: 163–167.
- Mattioni C., I. Lusini, M. Cherubini, P. Pollegioni, F. Villani, 2011: Genetic analysis performed on samples of *Castanea sativa* from Belasitsa and Slavyanka mountains. State and prospects of the *Castanea sativa* population in Belasitsa mountain: climate change adaptation; maintenance of biodiversity and sustainable ecosystem management. Project BG 0031 EEA report.
- McGarigal, K., S. Cushman, S. Stafford, 2000: Multivariate statistics for wildlife and ecology research, Springer Verlag, 283 str, New York.
- Medak, J., 2004: Fitocenološke značajke šuma pitomog kestena u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, Magistarski rad, Šumarski fakultet Zagreb.
- Medak, J., 2009: Šumske zajednice i staništa pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u Hrvatskoj, Disertacija, Šumarski fakultet Zagreb.
- Medak, J., 2011: Šume pitomog kestena s prasećim zeljem (*Aposeri foetidae-Castanetum sativae* ass. nova) u Hrvatskoj, *Šum. list* 135 (Posebni broj): 5–24.
- Medak, J., S. Perić, 2007: Šume pitomog kestena u Hrvatskoj – fitocenološke, ekološke i gospodarske karakteristike, Zbornik 2. botaničkog kongresa, Zagreb.
- Medak, J., M. Idžojić, S. Novak-Agbaba, M. Ćurković-Perica, I. Mujić, I. Poljak, D. Juretić, Ž. Prgomet, 2009: Croatia, U: D. Avanzato (ur.): Following chestnut footprints (*Castanea* spp.) – Cultivation and culture, folklore and history, traditions and use, *Scripta Horticulture*, 9: 40–43.
- Mujić, I., V. Alibabić, J. Živković, S. Jahić, S. Jokić, Ž. Prgomet, Z. Tuzlak, 2010: Morphological Characteristics of Chestnut *Castanea sativa* From the Area of Una-Sana Canton, *JCEA*, 11 (2): 185–190.
- Novak-Agbaba, S., B. Liović, M. Pernek, 2000: Prikaz sastojina pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) u Hrvatskoj i zastupljenost hipovirulentnih sojeva gljive *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr., Radovi Šumarskog instituta, 35 (1): 91–110.
- Podjavoršek, A., F. Štampar, A. Solar, F. Batič, 1999: Morphological variation in chestnut (*Castanea sativa* Mill.) fruits in Slovenia, *Acta Hort.*, 494: 129–132.
- 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.
- Sokal, R. R., F. J. Rohlf, 1989: *Biometry*, Freeman and Co., 887 str., San Francisco.
- Solar, A., A. Podjavoršek, G. Osterc, F. Štampar, 2001: Evaluation and comparison of domestic chestnut (*Castanea sativa* Mill.) populations in Slovenia, *For. Snow Landsc. Res.*, 76 (3): 455–459.
- Solar, A., A. Podjavoršek, F. Štampar, 2005: Fenotypic and genotypic diversity of European chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in Slovenia – opportunity for genetic improvement, *Genetic Resources and Crop Evolution*, 52: 391–394.
- StatSoft, Inc. 2001: STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.
- Škvorc, Ž., 2003: Morfološka i genetička varijabilnost hrastova medunca (*Quercus pubescens* Wild.) i duba (*Q. virgiliana* /Ten./ Ten.) u Hrvatskoj, Magistarski rad, PMF, Zagreb.
- Villani, F., M. Pigliucci, S. Benedettelli, M. Cherubini, 1991: Genetic differentiation among Turkish chestnut (*Castanea sativa* Mill.) populations, *Heredity*, 66: 131–136.
- Villani, F., M. Pigliucci, M. Lauteri, M. Cherubini, 1992: Congruence between genetic, morphometric, and physiological data on differentiation of Turkish chestnut (*Castanea sativa*), *Genome*, 35: 251–256.
- Villani, F., G. Eriksson, 2006: Conservation and management of European chestnut (*Castanea sativa* L.) genetic resources: outputs of the CASCADE project. EUFORGEN Noble Hardwoods Network, Report of the sixth (9–11 June 2002, Alter do Chão, Portugal) and seventh meetings (22–24 April 2004, Arezzo – Italy). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Vukelić, J., 1991: Šumske zajednice i staništa hrasta kitnjaka, *Glas. šum. pokuse*, 27:1–82.
- Vukelić, J., 2012: Šumska vegetacija Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu Šumarski fakultet i Državni zavod za zaštitu prirode, 403 str., Zagreb.
- Wang, Y., M. Kang, H. Huang, 2008: Microsatellite Loci Transferability in Chestnut, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 133 (5): 692–700.
- Zebec, M., 2009: Morfologija i varijabilnost nizinskog brijesta (*Ulmus minor* Mill. sensu latissimo) u Hrvatskoj, Disertacija, Šumarski fakultet Zagreb.
- Zebec, M., M. Idžojić, I. Poljak, I. Mihaldinec, 2010: Varijabilnost nizinskog brijesta (*Ulmus minor* Mill. sensu latissimo) na području hrvatske Podravine prema morfološkim svojstvima listova, *Šum. list*, 134 (11–12): 569–580.

SUMMARY

The sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) is an indigenous noble hardwood growing in the forests of the hilly area of continental Croatia, in Istria, and on the islands of Krk and Cres. As it grows in different ecological conditions, particularly edaphic and climate, and in different forest communities, one can assume there is a difference in the variability of populations. In the last few decades, chestnut blight (*Cryphonectria parasitica* / Murr./ Barr.) has been causing the drying and decay of sweet chestnut trees, while its management is significantly influenced by man, which could lead to the loss of genetic diversity. For that reason, the sweet chestnut is on the list of priority species for the conservation of genetic resources. Success of the measures for the conservation of genetic resources requires insights into the existing variability. For that purpose, the variability of sweet chestnut fruits was investigated in the region of Northwest Croatia using a morphometric analysis.

The fruits were collected from five populations (Figure 1), during October of 2010. The populations were represented with 20 trees each, and each tree with 10 fruits. In total, 1000 fruits and 10 morphological characteristics (Figure 2) were analysed and their ratios calculated.

The results of the descriptive statistical analysis are presented in Table 1, by population (N = 200) and overall, for all populations together (N = 1000). The average weight of fruits for the 5 investigated populations was 8.3 g. The research conducted proved the variables describing the shape of the fruit and the hilum, and the ratio between the length and width of the hilum and the length and width of the fruit to be the least variable characteristics. Furthermore, lower variability coefficients are proper to the height and width of the fruit, while the thickness of the fruit was proven to be a characteristic of medium variability. High variability coefficients, from 26.3 % for the Samobor Mountains population to 40.1 % for the Kalnik population, were obtained for fruit weight. The most variable characteristics proved to be the variables pertaining to the number and length of intrusions and their ratio to the fruit thickness.

The trees within populations differ significantly in all analysed properties, while the differences between populations are significant for the majority of investigated characteristics (Tables 2 and 4). For the majority of measured characteristics it was found that the largest share of variability is dependent on the variability of trees within the population (Table 3). Differences between populations account for the smallest share of variability.

A cluster and discriminant analysis (Tables 5 and 6, Figures 3 and 4) established that mutually most similar populations are Samobor Mountains and Markuševac Mountain, followed by the Ivanščica population. Next is the Macelj population characterised by largest fruits, and the Kalnik population that differs the most from the other investigated populations. The Kalnik population is the only one present in a sweet chestnut forest with sessile oak (*Quercus-Castanetum sativae* Horvat 1938) and belongs to the group of acidophilic and thermophilic forests, while the remaining four analysed populations belong to sweet chestnut forests of mesophilic character.

KEY WORDS: *Castanea sativa* Mill., variability, fruits, Northwestern Croatia