

VARIJABILNOST POPULACIJA BIJELE (*Alnus incana* /L./ Moench) I CRNE JOHE (*A. glutinosa* /L./ Gaertn.) NA PODRUČJU MURE I DRAVE PREMA MORFOLOŠKIM OBILJEŽJIMA LISTOVA

POPULATION VARIABILITY OF GREY (*Alnus incana* /L./ Moench) AND BLACK ALDER (*A. glutinosa* /L./ Gaertn.) IN THE MURA AND DRAVA REGION ACCORDING TO THE LEAF MORPHOLOGY

Igor POLJAK¹, Marilena IDŽOJTIĆ¹, Irena ŠAPIĆ², Joso VUKELIĆ², Marko ZEBEC¹

Sažetak

Morfološka varijabilnost listova bijele (*Alnus incana* /L./ Moench) i crne johe (*A. glutinosa* /L./ Gaertn.) istražena je u pet prirodnih populacija na području Podravine i Međimurja, uz rijeke Dravu i Muru. Unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost utvrđena je na osnovi deset morfoloških značajki listova i četiri izvedena omjera, pri čemu su korištene deskriptivne i multivarijatne statističke metode. Provedenim istraživanjem utvrđena je visoka varijabilnost istraživanih populacija. Unutarpopulacijska varijabilnost veća je od međupopulacijske varijabilnosti kod obje vrste. Stabla unutar populacija signifikantno se razlikuju za sva analizirana svojstva. Klusterskom i kanoničkom diskriminantnom analizom dobiveno je jasno razdvajanje populacija bijele i crne johe, a na području Podravine utvrđena je prisutnost jedinki s prijelaznim značajkama koje odgovaraju hibridima među tim vrstama. U odnosu na roditeljske vrste, hibridi pokazuju intermedijarna svojstva za većinu istraživanih značajki. Populacije crne johe međusobno se signifikantno razlikuju u četiri istraživane značajke, dok se populacije bijele johe signifikantno ne razlikuju.

KLJUČNE RIJEČI: bijela joha, crna joha, varijabilnost listova, hibridi, Mura, Drava

Uvod

Introduction

Rod *Alnus* Gaertn. obuhvaća 35 vrsta koje pripadaju porodici Betulaceae (Erhardt i sur. 2008), a zajedno s rodom *Betula* taksonomski su raspoređene unutar potporodice Be-

tuloideae (Chen i sur. 1999). Vrste iz roda *Alnus* široko su rasprostranjene na sjevernoj hemisferi, dok su na južnoj ograničene na područje Anda. Većina joha vezana je za vlažna staništa. Neke vrste rastu na područjima vlažnih i poplavnih šuma, u močvarama, uz obale rijeka i jezera, a

¹ Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: ipoljak@sumfak.hr; midzotic@sumfak.hr; mzebec@sumfak.hr

² Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska, e-mail: isapic@sumfak.hr; jvukelic@sumfak.hr

pojedine rastu i u gorskim i planinskim područjima, gdje se penju i do 2800 m nadmorske visine (Krstinić i sur. 2002, Vanden Heuvel 2011). Sve vrste iz roda *Alnus* imaju sposobnost fiksiranja dušika u tlu uz pomoć bakterija iz roda *Frankia* (Actinomycetales) te su iz tog razloga važne pionirske vrste (Benson i sur. 2004).

Crna (*A. glutinosa* [L.] Gaertn.) i bijela joha (*Alnus incana* [L.] Moench) naše su autohtone plemenite listače, od kojih u hrvatskom šumarstvu važno mjesto zauzima crna joha, dok bijela nema gospodarsko značenje i postaje sve više zanemarena. Crna joha spada u brzorastuće i meliorativne vrste drveća, čije drvo ima višestruku primjenu u mehaničkoj i kemijskoj preradi, pa zauzima značajno mjesto u programima oplemenjivanja u Hrvatskoj i svijetu (Kajba 1990, Krstinić i sur. 2002). Prirodno je rasprostranjena na području cijele Europe, od Irske na zapadu, do zapadnog Sibira na istoku, a na jugu seže sve do sjeverne Afrike, dok na sjeveru izostaje samo na krajnjim sjevernim dijelovima Norveške, Finske i Rusije (Kajba i Gračan 2003). Za razliku od crne, bijela joha ima manji areal koji obuhvaća hladnija područja sjeverne, srednje i istočne Europe.

Crna joha karakteristična je vrsta sveze *Alnion glutinosae* Malciut 1929, koja obuhvaća močvarne šume razvijene u poplavnim depresijama nizinog vegetacijskog pojasa. Tipična zajednica ove sveze je šuma crne joha s dugoklasim šašem (*Carici elongatae-Alnetum glutinosae* W. Koch 1926 ex Tx. 1931) koju prvi u Hrvatskoj utvrđuje Glavač (1960) na području Podravine, a nakon njega Rauš (1996) na području Pokuplja. Osim zajednice s dugoklasnim šašem, crna joha razvija još jednu zajednicu močvarnog karaktera, šumu crne joha s trušljikom (*Frangulo-Alnetum glutinosae* Rauš /1971/ 1973) koja najčešće obrasta stara korita i vodotoke, a rijeđe depresije, odnosno močvare. Na području Podravine, na nešto višim i sušim nizama, tvori mješovitu šumu s poljskim jasenom i sremzom (*Pruno padi-Fraxinetum angustifoliae* Glavač 1960) koja je prirodnom sukcesijom, odnosno postupnim smanjivanjem vlažnosti nastala iz šume crne joha s dugoklasim šašem (Trinajstić 2008, Vukelić i sur. 2008, Vukelić 2012). Osim toga, značajan udio u sloju drveća zauzima i u šumi poljskog jasena s kasnim drijemovcem (*Leucojo-Fraxinetum angustifoliae* Glavač 1959). Šume crne joha često rastu i na nižim terasama i blagim padinama te uz vodotoke brežuljkastoga (kolinskoga) i brdskoga (montanskoga) pojasa. Takve su sastojine obuhvaćene široko shvaćenom makroasocijacijom *Carici brizoidis-Alnetum glutinosae* Horvat 1938 (Hruška-Dell'Uomo 1974, Baričević 2002) ili općenitim nazivom *Alnetum glutinosae* s. l. (Šegulja 1974, Pelcer 1975, Škvorc 2006). Vukelić (2012) zajednicu dijeli na visinske varijante, a prema novijim spoznajama u Hrvatskoj je na području Zrinske gore zabilježena i srednjoeuropska zajednica *Stellario nemorum-Alnetum glutinosae* Lohm. 1957 (Drača 2010, Šapić 2012).

Bijela joha dolazi na šljunčanom, aktivnom materijalu u matici vodotoka, na obalama i terasama koje su periodično ili barem epizodno poplavljene. Vrlo rijetko sama izrasta na sprudovima i ne dolazi u zamočvarenim staništima, što je odlika upravo crne joha (Vukelić 2012). Tipična je vrsta sveze *Alnion incanae* Pawl. in Pawl. et al. 1928, podsveze *Alnion glutinoso-incanae* Oberd. 1953. Uz rijeku Dravu tvori šumsku zajednicu sa zimskom preslicom *Equiseto hymale-Alnetum incanae* Moor 1958 (Trinajstić 1964, Franjić i sur. 1999, Vrček 2011). Osim u Podravini, prisutna je i u dinarskom dijelu areala uz rijeku Kupu i druge manje rijeke Gorskoga kotara (Horvat 1962), gdje prema Vukeliću i sur. (2012) tvori šumsku zajednicu s mrtvom koprivom (*Lamio orvalae-Alnetum incanae* Dakskobler 2010). Pojedinačno se javlja i u sastavu zajednica u kojima su edifikatori poljski jasen, vez, crna joha i vrbe (Rauš 1976, 1992, 1994, Vukelić i sur. 1999). Uz rijeku Savu i njezine pritoke nalaze ju Horvat i sur. (1974), a na Zrinskoj gori Šegulja i sur. (1998) i Šapić (2012).

Na istraživanom području relativno se jasno luče sastojine bijele i crne joha, ali ponegdje je čest njihov zajednički pridozrak u istim sastojinama. Na područjima gdje se staništa bijele i crne joha preklapaju moguća je njihova spontana hibridizacija. Križanci bijele i crne joha (*A. incana* × *A. glutinosa* = *A. × pubescens* Tausch) zabilježeni su na području Bjelorusije, Latvije, Poljske, Češke, Švedske i Irske (Banaev i Bažant 2007), a u zapadnoj Hrvatskoj na području Vukove Gorice bilježe ih uz rijeku Kupu Alegro i sur. (2006). O njihovoj ekonomskoj važnosti pišu brojni autori (Kajba 1990, Mejnartowicz 1999, Banaev i Bažant 2007, Uri i sur. 2003, Ruņģis i sur. 2010) pa tako ističu njihovu bolju otpornost na sušu i bolesti korijena, manje zahtjeve za kvalitetom tla i dobra fizičko-tehnička svojstva drva te pojavu heterotičnosti.

Različitim antropogenim zahvatima, pretežito vodotehničkim, na području nizinjskih šumskih ekosustava mijenjaju se stanišne prilike, pri čemu propadaju i nestaju mnogi članovi ekosustava, što dovodi do gubitka biološke raznolikosti (Prpić 2006). Izgradnjom hidroelektrana i uređivanjem vodotoka smanjuje se razina podzemnih voda, koja je uz poplavne vode temeljni čimbenik u formiranju šumskih zajednica u nizinjskim šumskim ekosustavima (Vukelić i Rauš 1998). Navedene promjene dovode do teškoća u prirodnoj obnovi i do gubitka genske varijabilnosti (Kajba i sur. 2006a, 2006b), što je jedan od najvažnijih preduvjeta za adaptivni potencijal šumskih vrsta drveća u promjenjivim uvjetima okoliša, a dugoročno i za održanje vrste. Osim toga, prijetnju genskoj zalihi predstavlja i nestanak staništa zbog izgradnje naselja i infrastrukture, što rezultira smanjenjem veličine populacija, a samim time i genske varijabilnosti.

Kako bi mjere za očuvanje genofonda neke vrste bile uspješne, potrebne su spoznaje o njenoj postojećoj varijabilnosti. Mjere

očuvanja šumskog drveća trebaju se temeljiti na evolucijskom pristupu i biti usredotočene na očuvanje unutarvrstne genske varijabilnosti (Eriksson 2001, 2004). Očuvanjem genske raznolikosti šumskih vrsta drveća izravno se doprinosi i očuvanju bioraznolikosti cjelokupnih ekosustava i njihovom većom mogućnošću prilagodbe u promijenjenim okolišnim uvjetima.

U radu je istražena unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost bijele i crne johe u pet prirodnih populacija uz rijeku Dravu i Muru na osnovi morfoloških obilježja listova, pri čemu su korištene deskriptivne i multivarijatne statističke metode.

Materijal i metode

Materials and methods

Materijal za morfometrijsku analizu sakupljen je u pet prirodnih populacija na području Podravine i Međimurja, uz rijeke Dravu i Muru. Istraživanjem su obuhvaćene tri populacije bijele i dvije populacije crne johe (slika 1). Svaka populacija predstavljena je sa 20 stabala, a svako stablo sa po 20 zdravih i neoštećenih listova s kratkih fertilnih izbojaka iz vanjskog, osvjetljenog dijela krošnje. Listovi su sakupljeni početkom srpnja 2011. godine, odnosno sredinom vegetacijskog razdoblja, kada su s obzirom na dimenzije i oblik u potpunosti razvijeni.

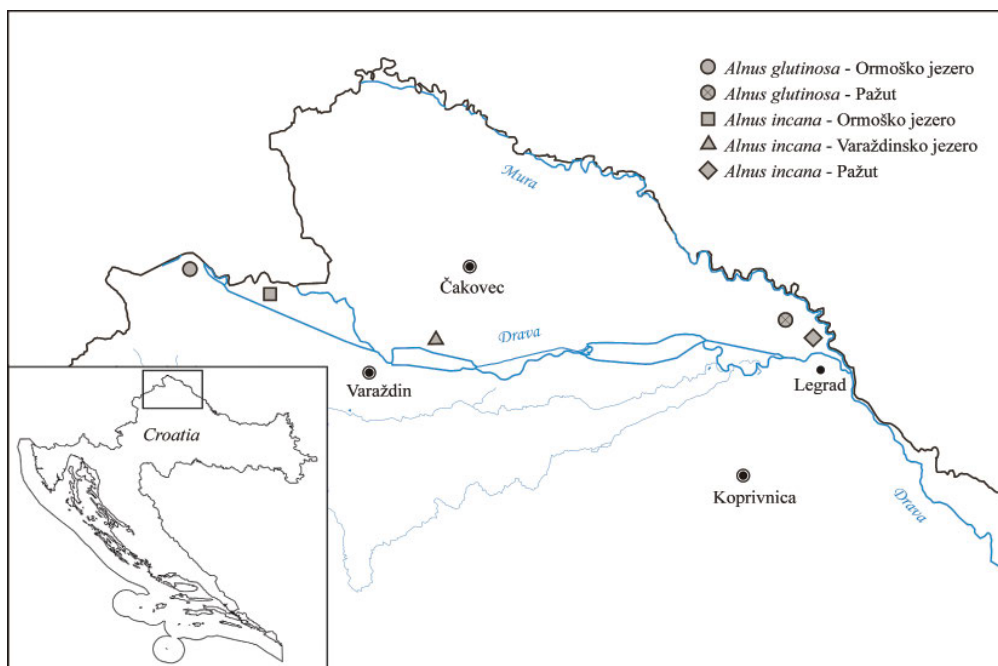
Listovi su skenirani i izmjereni pomoću programa WinFolia (WinFolia™ 2001). Ukupno je određeno i izmjereno 10 značajki listova (slika 2). Točnost mjerenja iznosila je 0,1 mm, a za svaki list izmjerene su sljedeće značajke: površina plojke (LA); dužina plojke (BL); maksimalna širina plojke

(MPW); dužina plojke, mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke (PMPW); širina plojke na polovici dužine plojke (PW1); širina plojke na 90 % dužine plojke (PW2); kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac koji prolazi kroz osnovu plojke i točku na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1); kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac koji prolazi kroz osnovu plojke i točku na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke (LA2); dužina peteljke (PL); broj sekundarnih lisnih žila (NV). Ukupno je analizirano 2000 listova.

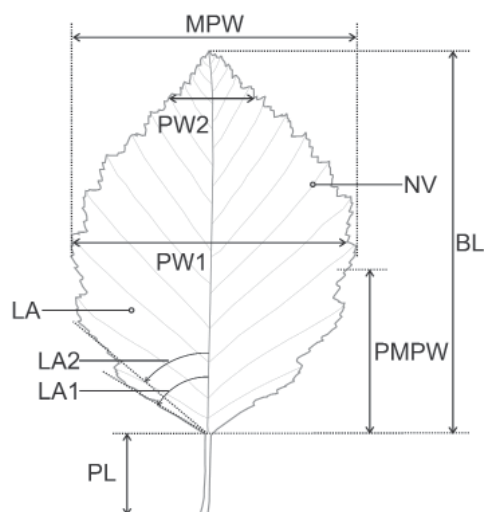
Iz mjerenih značajki izvedeni su sljedeći omjeri: maksimalna širina plojke/dužina plojke (MPW/BL); širina plojke na polovici dužine plojke/dužina plojke (PW1/BL), dužina plojke, mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke/dužina plojke (PMPW/BL); dužina peteljke/dužina plojke (PL/BL).

Mjerene morfološke značajke prikazane su standardnim deskriptivnim statističkim parametrima (Sokal i Rohlf 1989): aritmetička sredina (\bar{x}), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijabilnosti (CV).

Za utvrđivanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti korištena je analiza varijance (ANOVA). Analiza je provedena univarijatno za mjerene značajke koje su imale normalnu distribuciju i homogenu varijancu. 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*).



Slika 1. Uzorkovane populacije.
Figure 1 Sampled populations.



Slika 2. Mjerene značajke listova: LA = površina plojke; BL = dužina plojke; MPW = maksimalna širina plojke; PMPW = dužina plojke, mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke; PW1 = širina plojke na polovici dužine plojke; PW2 = širina plojke na 90 % dužine plojke; LA1 = kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke; LA2 = kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke; PL = dužina peteljke; NV = broj sekundarnih lisnih žila.

Figure 2 Measured leaf traits: LA = leaf blade area; BL = blade length; PMPW = leaf blade length, measured from the leaf base to the point of maximum leaf breadth; MPW = leaf blade breadth at its widest point; PW1 = leaf blade width at 50% of leaf blade length; PW2 = leaf blade width at 90% of leaf blade length; LA1 = angle between the main leaf vein and the line defined by the leaf base, and the point of the leaf edge which is at 10% of the lamina length; LA2 = angle between the main leaf vein and the line defined by the leaf base, and the point of the leaf edge which is at 25% of the lamina length; PL = petiole length; NV = number of leaf veins.

Za utvrđivanje sličnosti, odnosno različitosti analiziranih populacija na osnovi mjerenih morfoloških obilježja listova, korištene su multivarijatne statističke metode – klasterka i kanonička diskriminantna analiza (McGarigal i sur. 2000). Provedenom klasterkom analizom dobiveno je hijerarhijsko stablo, pri čemu je za udruživanje *clustera* korištena Wardova metoda (*Ward's method*), a za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata Euklidova udaljenost. Kako bi se odredilo koje značajke najbolje razlikuju istraživane populacije, korištena je diskriminantna analiza. U multivarijantnim statističkim metodama korišteni su originalni podaci. Navedene statističke analize provedene su pomoću statističkog programa STATISTICA 8.0 (StatSoft, Inc. 2001).

Rezultati Results

Rezultati provedene deskriptivne statističke analize prikazani su po populacijama u tablici 1. Visoki koeficijenti varijabilnosti dobiveni su za površinu plojke (LA) i dužinu peteljke (PL). Osim toga, visok stupanj varijabilnosti kod populacija bijele johe pokazuje i širina plojke mjerena na 90 % dužine plojke (PW2). Najmanje varijabilna značajka

Tablica 1. Parametri deskriptivne statistike za mjerene morfološke značajke.

Table 1 Descriptive statistical parameters for measured morphological traits.

Značajka Trait	Deskriptivni pokazatelji Statistical parameters	<i>Alnus glutinosa</i>		<i>Alnus incana</i>		
		Pažut	Ormoško jezero	Pažut	Varaždin. jezero	Ormoško jezero
LA	\bar{x} (cm ²)	21,15	19,34	20,61	19,74	19,47
	SD (cm ²)	6,74	5,73	7,39	7,44	5,62
	CV (%)	31,87	29,64	35,88	37,67	28,89
BL	\bar{x} (cm)	5,90	5,41	6,24	6,06	6,01
	SD (cm)	0,90	0,78	1,18	1,21	1,02
	CV (%)	16,16	14,51	18,96	20,03	16,91
MPW	\bar{x} (cm)	4,92	4,89	4,66	4,54	4,60
	SD (cm)	0,87	0,83	0,89	0,91	0,71
	CV (%)	17,68	17,00	19,03	20,11	15,48
PMPW	\bar{x} (cm)	3,35	3,01	2,90	2,97	2,85
	SD (cm)	0,60	0,52	0,60	0,69	0,60
	CV (%)	17,99	17,24	20,71	23,16	20,92
PW1	\bar{x} (cm)	4,76	4,74	4,47	4,39	4,42
	SD (cm)	0,87	0,83	0,85	0,89	0,68
	CV (%)	18,20	17,53	19,11	20,21	15,45
PW2	\bar{x} (cm)	2,97	2,94	1,41	1,60	1,49
	SD (cm)	0,56	0,51	0,47	0,52	0,49
	CV (%)	18,72	17,53	33,54	32,53	32,89
LA1	\bar{x} (°)	52,53	57,73	63,03	61,16	63,06
	SD (°)	7,20	6,73	4,34	5,28	4,94
	CV (%)	13,70	11,67	6,88	8,63	7,84
LA2	\bar{x} (°)	48,34	51,07	50,60	50,00	50,85
	SD (°)	4,03	4,32	3,10	3,52	3,54
	CV (%)	8,34	8,46	6,13	7,05	6,96
PL	\bar{x} (cm)	1,80	1,79	1,85	1,81	1,77
	SD (cm)	0,46	0,46	0,51	0,45	0,49
	CV (%)	25,60	25,73	27,77	26,64	27,81
NV	\bar{x}	6,66	6,55	11,37	10,69	10,92
	SD	0,79	0,74	1,50	1,50	1,28
	CV (%)	11,80	11,35	13,23	14,06	11,73
MPW/BL	\bar{x}	0,84	0,90	0,75	0,75	0,77
	SD	0,07	0,09	0,06	0,07	0,08
	CV (%)	8,20	9,51	8,38	9,87	10,08
PW1/BL	\bar{x}	0,81	0,88	0,72	0,73	0,74
	SD	0,07	0,09	0,07	0,07	0,08
	CV (%)	9,11	10,44	9,49	10,22	10,64
PMPW/BL	\bar{x}	0,57	0,56	0,47	0,49	0,47
	SD	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06
	CV (%)	9,35	9,86	13,19	12,40	13,13
PL/BL	\bar{x}	0,31	0,34	0,30	0,30	0,30
	SD	0,09	0,09	0,08	0,07	0,08
	CV (%)	30,33	27,30	26,43	21,92	28,08

Tablica 2. *Alnus incana* – rezultati univarijatne analize varijance (ANOVA).
Table 2 *Alnus incana* – Results of univariate analysis of variance (ANOVA).

Značajka Trait	Populacija Population		Stablo/populacija Tree/Population	
	ANOVA			
	df = 2		df = 57	
	F	p	F	p
LA	0,64	0,53	5,66	< 0,01
BL	0,94	0,40	5,72	< 0,01
MPW	0,40	0,67	5,81	< 0,01
PMPW	0,83	0,44	5,73	< 0,01
PW1	0,17	0,84	5,83	< 0,01
PW2	2,43	0,10	9,06	< 0,01
LA1	3,04	0,06	9,06	< 0,01
LA2	1,01	0,37	9,00	< 0,01
PL	0,80	0,45	4,57	< 0,01

kod obje vrste je kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac koji prolazi kroz osnovu plojke i točku na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke (LA2).

Prema provedenoj univarijatnoj analizi varijance (ANOVA) stabla unutar populacija signifikantno se razlikuju za sva analizirana svojstva kod obje vrste (tablice 2 i 3). Populacije bijele johe međusobno se signifikantno ne razlikuju niti za jednu značajku (tablica 2), dok je razlikovanje populacija crne johe na razini signifikantnosti 0,01 svojstveno za sljedeće varijable: dužina plojke (BL); dužina plojke, mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke (PMPW); kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 %

Tablica 3. *Alnus glutinosa* – rezultati univarijatne analize varijance (ANOVA).
Table 3 *Alnus glutinosa* – Results of univariate analysis of variance (ANOVA).

Značajka Trait	Populacija Population		Stablo/populacija Tree/Population	
	ANOVA			
	df = 1		df = 38	
	F	p	F	p
LA	2,28	0,14	10,81	< 0,01
BL	7,99	< 0,01	12,01	< 0,01
MPW	0,04	0,83	10,55	< 0,01
PMPW	10,10	< 0,01	9,99	< 0,01
PW1	0,02	0,90	10,19	< 0,01
PW2	0,13	0,72	9,26	< 0,01
LA1	18,43	< 0,01	8,06	< 0,01
LA2	11,20	< 0,01	11,40	< 0,01
PL	0,01	0,92	4,13	< 0,01

dužine plojke (LA1); kut koji zatvaraju glavna lisna žila i linija definirana osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke (LA2).

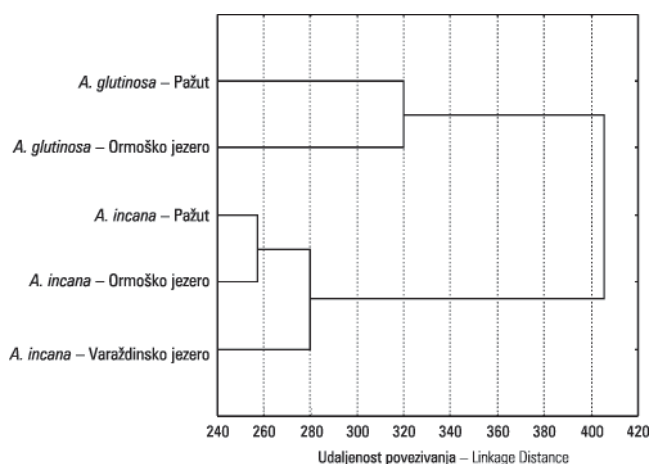
Metodom najveće vjerodostojnosti (REML) dobiven je uvid u zastupljenost pojedinih izvora varijabilnosti u ukupnoj varijanci za sve istraživane varijable (tablice 4 i 5). Najveći udio od ukupne varijabilnosti otpada na komponentu ostatka koja se odnosi na varijabilnost listova unutar stabla. Međupopulacijska varijabilnost manja je od unutarpopulacijske, a odstupanje od tog pravila pokazuje varijabla LA1 (kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke) za populacije crne johe gdje komponenta

Tablica 4. *Alnus incana* – komponente varijance.
Table 4 *Alnus incana* – Variance components.

Značajka Trait	Efekt – Effect %		
	Populacija Population	Stablo/populacija Tree/population	Ostatak Residual
LA	0,00	18,68	81,32
BL	0,00	19,04	80,96
MPW	0,00	19,02	80,98
PMPW	0,00	19,01	80,99
PW1	0,00	18,93	81,07
PW2	2,26	28,09	69,65
LA1	3,19	27,80	69,01
LA2	0,02	28,57	71,41
PL	0,00	15,05	84,95

Tablica 5. *Alnus glutinosa* – komponente varijance.
Table 5 *Alnus glutinosa* – Variance components.

Značajka Trait	Efekt – Effect %		
	Populacija Population	Stablo/populacija Tree/population	Ostatak Residual
LA	2,26	32,16	65,58
BL	11,91	31,27	56,82
MPW	0,00	31,72	68,28
PMPW	13,55	26,81	59,64
PW1	0,00	30,87	69,13
PW2	0,00	28,72	71,28
LA1	20,62	20,72	58,66
LA2	16,05	28,71	55,24
PL	0,00	13,15	86,85



Slika 3. Horizontalno hijerarhijsko stablo (dendrogram) istraživanih populacija.

Figure 3 Horizontal hierarchical tree diagram (dendrogram) of researched populations.

varijance na međupopulacijskoj i unutarpopulacijskoj razini zauzima podjednak udio u ukupnoj varijanci.

Klusterskom analizom dobiveno je hijerarhijsko stablo na kojemu su uočljive dvije skupine populacija koje se razdvajaju na vrlo visokoj razini, od kojih jednu čine populacije bijele, a drugu populacije crne johe (slika 3). Iz dendrograma je vidljivo da je međupopulacijska varijabilnost crne johe veća

od međupopulacijske varijabilnosti bijele johe. Međusobno najbližnje populacije bijele johe su Pažut i Ormoško jezero na koje se nadovezuje populacija Varaždinsko jezero.

Kako bi se utvrdilo koje značajke najbolje diskriminiraju istraživane populacije te kako bi se dodatno pojasnio trend njihove diferencijacije, provedena je diskriminantna analiza. Kanoničkom analizom dobivene su četiri diskriminacijske funkcije za sedam varijabli i pet populacija. Prva diskriminacijska funkcija najbolje razlikuje populacije bijele i crne johe, što je vidljivo iz vrijednosti za sredine i standardizirane koeficijente kanoničkih varijabli (tablice 6 i 7). Varijable po kojima se istraživane vrste međusobno najbolje razlikuju su: broj sekundarnih lisnih žila (NV), širina plojke mjerena na 90 % dužine plojke (PW2) i kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1). Druga diskriminacijska funkcija najbolje međusobno razlikuje istraživane populacije crne johe, a razlikovanju tih populacija najviše pridonosi kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1) i nešto malo manje dužina lisne plojke (BL).

Iako se iz grafičkog prikaza (slika 4), na kojemu su radi preglednosti unesene srednje vrijednosti diskriminantnih funkcija na razini stabla, stabla crne i bijele johe međusobno jasno

Tablica 6. Sredine kanoničkih varijabli.

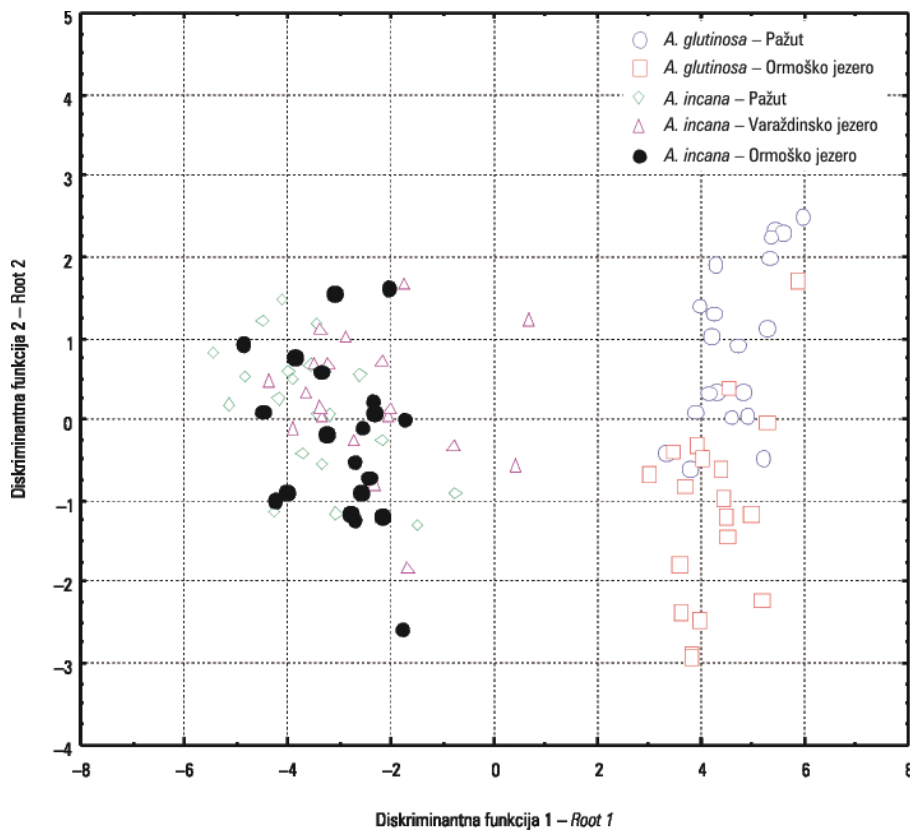
Table 6 Means of canonical variables.

Grupa Group	Diskr. funkcija 1 Root 1	Diskr. funkcija 2 Root 2	Diskr. funkcija 3 Root 3	Diskr. funkcija 4 Root 4
<i>A. glutinosa</i> – Ormoško jezero	2,64700	-0,491772	-0,001316	0,009237
<i>A. glutinosa</i> – Pažut	2,93269	0,457373	-0,019132	-0,008765
<i>A. incana</i> – Pažut	-2,22521	0,047416	-0,127395	0,020761
<i>A. incana</i> – Varaždinsko jezero	-1,48984	0,111065	0,138162	0,020974
<i>A. incana</i> – Ormoško jezero	-1,86464	-0,124082	0,009680	-0,042207

Tablica 7. Standardizirani koeficijenti kanoničkih varijabli.

Table 7 Standardized coefficients for the canonical variables.

Značajka Trait	Diskr. funkcija 1 Root 1	Diskr. funkcija 2 Root 2	Diskr. funkcija 3 Root 3	Diskr. funkcija 4 Root 4
BL	-0,053243	0,405324	-1,73286	-0,373075
PMPW	-0,134726	0,132324	1,47831	0,148351
PW2	0,616706	-0,204061	-0,16223	1,015808
LA1	-0,537649	-0,933993	0,16810	0,540875
LA2	0,116941	0,202162	-0,16520	-0,586742
NV	-0,630397	0,128715	0,22006	0,705130
Svojevredna vrijednost Eigenvalue	5,264220	0,096443	0,00717	0,000564
Kumulativna proporcija Cumul. Prop.	0,980594	0,998559	0,99989	1,000000



Slika 4. Projekcija kanoničkih vrijednosti istraživanih populacija u prostoru.

Figure 4 Scatterplot of the canonical scores of researched populations.

Tablica 8. Parametri deskriptivne statistike za mjerene morfološke značajke.

Table 8 Descriptive statistical parameters for measured morphological traits.

Svojta Taxon	Deskriptivni pokazatelji Statistical parameters	Značajka – Trait						
		LA	BL	MPW	PMPW	PW1	PW2	LA1
<i>A. glutinosa</i>	\bar{x}	20,24	5,65	4,91	3,18	4,75	2,96	55,13
	SD	6,32	0,91	0,85	0,59	0,85	0,54	7,44
	CV (%)	31,21	16,03	17,34	18,44	17,86	18,14	13,49
<i>A. × pubescens</i>	\bar{x}	21,70	6,24	4,82	3,37	4,69	2,30	57,22
	SD	6,60	0,96	0,83	0,60	0,84	0,49	5,13
	CV (%)	30,43	15,43	17,26	17,77	17,96	21,42	8,97
<i>A. incana</i>	\bar{x}	19,88	6,10	4,59	2,89	4,42	1,47	62,60
	SD	6,89	1,15	0,84	0,63	0,81	0,48	4,84
	CV (%)	34,64	18,86	18,35	21,68	18,35	32,49	7,74

Svojta Taxon	Deskriptivni pokazatelji Statistical parameters	Značajka – Trait						
		LA2	PL	NV	MPW/BL	PW1/BL	PMPW/BL	PL/BL
<i>A. glutinosa</i>	\bar{x}	49,71	1,80	6,61	0,87	0,84	0,56	0,32
	SD	4,39	0,46	0,77	0,09	0,09	0,05	0,09
	CV (%)	8,84	25,65	11,60	9,77	10,67	9,64	28,97
<i>A. × pubescens</i>	\bar{x}	48,70	2,08	8,68	0,77	0,75	0,54	0,34
	SD	2,91	0,49	0,97	0,05	0,05	0,06	0,08
	CV (%)	5,98	23,71	11,19	6,79	7,09	11,15	22,66
<i>A. incana</i>	\bar{x}	50,54	1,80	11,08	0,76	0,73	0,48	0,30
	SD	3,41	0,48	1,41	0,07	0,08	0,06	0,08
	CV (%)	6,74	26,81	12,71	9,63	10,30	12,90	25,59

razlikuju, odnosno na lijevoj strani dijagrama grupiraju se stabla bijele, a na desnoj strani stabla crne johe, vidljivo je da pojedina stabla iz populacije *A. incana* – Varaždinsko jezero prelaze na desnu stranu dijagrama. S obzirom na to da su istraživana stabla intermedijarna u odnosu na istraživane vrste, možemo zaključiti da se radi o hibridnim jedinkama. Kako bi se za križance utvrdila točna kvantitativna svojstva koja pokazuju intermedijarnost u odnosu na roditeljske vrste, dodatno je provedena još jedna deskriptivna statistička analiza čiji su rezultati po svojstama prikazani u tablici 8.

Rasprava i zaključci

Discussion and Conclusions

Provedenim istraživanjem najmanje varijabilnim značajkama pokazale su se varijable NV (broj sekundarnih lisnih žila), LA1 (kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke) i LA2 (kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke) te varijable koje opisuju oblik lista MPW/BL (maksimalna širina plojke/dužina plojke), PW1/BL (širina plojke na polovici dužine plojke/dužina plojke) i PMPW/BL (dužina plojke, mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke/dužina plojke). Visoki koeficijenti varijabilnosti dobiveni su za površinu plojke (LA) i dužinu peteljke (PL) te za omjer dužine peteljke i dužine plojke (PL/BL). Osim toga, za bijelu johu visoki koeficijenti varijabilnosti svojstveni su i za širinu plojke mjerenu na 90 % dužine plojke. U odnosu na crnu johu, populacije bijele johe pokazuju nešto viši stupanj varijabilnosti za većinu mjerenih značajki.

Prema rezultatima univarijatne analize varijance i izračunatim komponentama varijance, vidljivo je da je unutarpopulacijska varijabilnost veća od međupopulacijske varijabilnosti. Najveći udio varijabilnosti u ukupnoj varijanci otpada na komponentu ostatka koja se odnosi na varijabilnost listova unutar stabla, zatim na stabla unutar populacija, a najmanje na populacije. Slične rezultate dobivaju i drugi autori prilikom istraživanja morfološke varijabilnosti listova drvenastih vrsta (Franjić 1996, Kajba 1996, Škvorc 2003, Idžojtić i sur. 2006, Zebec i sur. 2010, Poljak i sur. 2013). Veća unutarpopulacijska varijabilnost upućuje na značajnu razinu protoka gena između populacija. Odstupanje od tog pravila pokazuje varijabla LA1 (kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke) za populacije crne johe, gdje komponenta varijance na međupopulacijskoj i unutarpopulacijskoj razini zauzima podjednak udio u ukupnoj varijanci.

Primjenom multivarijatnih metoda, odnosno klasterske i diskriminantne analize, dobiveno je jasno razdvajanje populacija bijele i crne johe. Za populacije bijele johe utvrđeno

je da su kanoničke projekcije stabala unutar populacija slabo povezane, tako da se populacije gotovo u potpunosti međusobno preklapaju. Slaba diferencijacija između populacija te velika varijabilnost unutar populacija može se objasniti sličnim ekološkim uvjetima njihova pridolaska i intenzivnim protokom gena između populacija. Osim toga, veća varijabilnost morfoloških značajki populacija bijele johe, može biti i rezultat prirodne hibridizacije, što potvrđuju i istraživanja koja provode Krauze-Michalska i Boratyńska (2013).

Za crnu johu na međupopulacijskoj razini utvrđeno je postojanje statistički značajnih razlika u vrijednostima aritmetičkih sredina za mjerene značajke: BL (dužina plojke), PMPW (dužina plojke, mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke), LA1 (kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke) i LA2 (kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke). Iako se u grafičkom prikazu projekcije kanoničkih vrijednosti za pojedina stabla djelomično međusobno preklapaju, jasno se nazire trend diferencijacije između populacija. Pridolazak tih dviju populacija definiran je različitim ekološkim uvjetima, posebice edafskim i hidrološkim te različitim šumskim zajednicama. Podravska populacija crne johe (*A. glutinosa* – Ormoško jezero) uzorkovana je u šumskoj zajednici crne johe s dugoklasim šašem (*Carici elongatae-Alnetum glutinosae*), koju karakteriziraju močvarna staništa na tresetnim i bazama bogatim humusno-glejnim tlima koja su zasićena vodom. Temeljni čimbenik razvoja ove zajednice je dinamika vodnoga režima – podzemna je voda u njoj vrlo visoka, a površinski stagnira i po nekoliko mjeseci (Vukelić i sur. 2006). Za razliku od toga, populaciju Pažut karakteriziraju periodične poplave i nerazvijena tla bez izraženih horizonata koja su posljedica stalnog premiještanja materijala. Crna joha na tom području pridolazi primiješana s drugim vrstama drveća u šumskim zajednicama bijele vrbe (*Salicetum albae* Issler 1926) i bijele vrbe s crnom topolom (*Salici albae-Populetum nigrae* Tx. 1931) u kojima su izraženi sindinamički odnosi.

Rezultati istraživanja genske varijabilnosti crne johe u testovima provenijencija (Podravina, Posavina) koja provode Krstinić i Kajba (1996) ukazuju da među subpopulacijama crne johe i na tako malom području postoji genetička izdiferenciranost kao rezultat adaptabilnosti lokalnih populacija na različite stanišne uvijete. Genetička diferencijacija lokalnih populacija crne johe nastaje kao posljedica selekcijskih pritiska kojima su izložene lokalne populacije, a očituje se kroz izražene ekološke razlike (klimatske, edafske) te kao rezultat *inbreedinga* u malim populacijama (Krstinić i sur. 2002). Međutim, Mejnartowicz (2008) primjenom izoenzima utvrđuje da se populacije crne johe na području Poljske ne povezuju na osnovi geografskih udaljenosti i fitocenoloških karakteristika. Prema tome autoru genetička struktura po-

pulacija najvećim dijelom je pod hidrološkim utjecajima nekog područja, a razlog tomu je raznošenje sjemena na velike udaljenosti putem vode. S obzirom na to da istraživane populacije pripadaju različitim riječnim sustavima, možemo pretpostaviti da su dobivene razlike u varijabilnosti uzrokovane hidrološkim i ekološkim utjecajima.

Primjenom diskriminantne analize utvrđena je prisutnost morfološki prijelaznih jedinki, koji su mogući hibridi na području Podravine unutar populacije *A. incana* – Varaždinsko jezero. Za križance bijele i crne johe (*A. × pubescens*) utvrđeno je da za većinu istraživanih značajki pokazuju intermedijarnost u odnosu na roditeljske vrste. Osim toga, odlikuju se većom lisnom površinom, što potvrđuju i istraživanja Mejnartowicza (1982, 1999). Banaev i Bažant (2007) istražujući križance bijele i crne johe, utvrđuju da je vrlo teško izdvojiti kvalitativna i kvantitativna svojstva na osnovi kojih bi se hibridne jedinke razlikovale u odnosu na roditeljske vrste. Isto tako, autori ističu da se, s obzirom na oblik te na neka druga morfološka svojstva, na istom izboru često nalaze listovi slični jednoj i drugoj roditeljskoj vrsti, a kao najstabilniju i najspecifičniju morfološku značajku na osnovi koje je moguće razlikovati hibride navode broj lisnih žila, na što upućuju i rezultati ovog istraživanja. Također, pokazala se slaba zastupljenost hibridnih jedinki na istraživanom području, a glavni razlog tomu je nepostojanje podudarnosti u fenologiji cvjetanja istraživanih vrsta, odnosno bijela joha počinje cvjetati od oko sedam (Banaev i Bažant 2007) do 14 dana prije (Prus-Glowacki i Mejnartowicz 1992) u odnosu na crnu johu.

Provedenim istraživanjem dobivene su spoznaje o unutarpopulacijskoj i međupopulacijskoj varijabilnosti populacija crne i bijele johe na području Podravine i Međimurja, što je osnova za daljnja istraživanja koja je potrebno provesti kako bi se dobile smjernice za oplemenjivanje i očuvanje genskih resursa ovih vrsta u Hrvatskoj. Kako bi se potvrdili dobiveni zaključci o varijabilnosti crne i bijele johe, istraživanja je potrebno proširiti i na molekularno-biološke metode te na cjelokupno područje pridolaska ovih dviju vrsta u Hrvatskoj, čime bi se dobio dodatni uvid u populacijsku strukturu istraživanih vrsta.

Zahvale

Acknowledgements

Na pomoći pri sakupljanju uzoraka zahvaljujemo Mariju Šincku, Krešimiru Sinjeriju, mag. ing. silv. i Mariju Vrčeku, mag. ing. silv. Rad je izrađen u okviru projekata Ministarstva znanosti obrazovanja i sporta Republike Hrvatske: Varijabilnost i očuvanje genofonda plemenitih listača u Hrvatskoj (068-0242108-2773); Šumska staništa i šumske zajednice na Medvednici (068-0682041-2780); Sinekološko-fitocenološke značajke šumske vegetacije Banovine (068-0682041-2789).

Literatura

References

- Alegro, A., Lj. Marković, O. Antonić, S. Bogdanović, 2006: Historical and functional aspects of plant biodiversity – an example on the flora of the Vukova Gorica region (Central Croatia), *Candollea*, 61 (1): 135–166.
- Banaev E. V., V. Bažant, 2007: Study of natural hybridization between *Alnus incana* (L.) Moench. and *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *J. For. Sci.*, 53: 66–73.
- Baričević, D., 2002: Sinekološko-fitocenološke značajke šumske vegetacije Požeške i Babje gore, Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Benson, D. R., B. D. Vanden Heuvel, D. Potter, 2004: Actinorhizal symbioses: diversity and biogeography, U: *Plant microbiology* (ur. M. Gillings, A. Holmes), Garland Science/BIOS Scientific Publishers, 97–128 str., Oxford.
- Chen, Z. D., S. R. Manchester, H. Y. Sun, 1999: Phylogeny and evolution of the Betulaceae as inferred from DNA sequences, morphology, and paleobotany, *American Journal of Botany*, 86 (8): 1168–1181.
- Drača, M., 2010: Šume crne johe na Zrinskoj gori, Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Erhardt, W., E. Götz, N. Bödeker, S. Seybold, 2008: *Zander – Handwörterbuch der Pflanzennamen*, Eugen Ulmer KG, 983 str., Stuttgart.
- 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.
- Franjić, J., 1996: Morfometrijska analiza varijabilnosti lista posavskih i podravske populacije hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., *Fagaceae*) u Hrvatskoj, Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Franjić, J., I. Trinajstić, Ž. Škvorc, M. Presečan, I. Samardžić 1999: A contribution to the knowledge of the distribution of *Equisetum hyemale* L. (*Equisetaceae*) in Croatia, *Nat. Croat.*, 8 (2): 95–100.
- Glavač, V., 1960: Crna joha u Posavskoj i Podravskoj Hrvatskoj s ekološkog, biološkog i šumsko-uzgojnog gledišta, Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Horvat, I., 1962: Vegetacija planina zapadne Hrvatske, *Acta biol.*, 2 (30): 1–179.
- Horvat, I., V. Glavač, H. Ellenberg, 1974: *Vegetations Sudosteuropas*, G. Fischer Verlag, 768 str., Stuttgart.
- Hruška-Dell'Uomo, K., 1974: Biljni pokrov Moslavačke gore, Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Idžojtić, 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.
- Kajba, D., 1990: Mogućnosti kloniranja obične breze (*Betula pendula* Roth) i crne johe (*Alnus glutinosa* /L./ Gaertn.), Magisterij, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Kajba, D., 1996: Međupopulacijska i unutarpopulacijska varijabilnost breze (*Betula pendula* Roth.) u dijelu prirodne rasprostranjenosti u Republici Hrvatskoj, *Glas. šum. pokuse*, 33: 53–108.

- Kajba, D., J. Gračan, 2003: Technical Guidelines for genetic conservation and use for black alder (*Alnus glutinosa*), EUFORGEN International Plant Genetic Resources Institute, 4 str., Rome.
- Kajba D., J. Gračan, M. Ivanković, S. Bogdan, M. Gradečki-Poštenjak, T. Litvaj, I. Katičić, 2006a: Očuvanje genofonda šumskih vrsta drveća u Hrvatskoj, Glas. šum. pokuse, pos. izd. 5: 235–249.
- Kajba D., J. Gračan, M. Ivanković, 2006b: Očuvanje genetskih izvora vrsta poplavnih šuma, U: Poplavne šume u Hrvatskoj (ur. J. Vukelić), Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume, 225–241 str., Zagreb.
- Krauze-Michalska, E., K. Boratyńska, 2013: European geography of *Alnus incana* leaf variation, Plant Biosystems, 147 (3): 601–610.
- Krstinić, A., D. Kajba, 1996: Genetska varijabilnost nekih domaćih provenijencija crne joha (*Alnus glutinosa* /L./ Gaertn.), U: Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava (ur. B. Mayer), Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut, 1–8 str., Zagreb.
- Krstinić, A., J. Gračan, D. Kajba, 2002: *Alnus* spp. Genetic resources conservation strategy, Noble Hardwoods Network, Report of the fourth EUFORGEN meeting, 4–6 September 1999, Gmunden, Austria, and the fifth meeting, 17–19 May 2001, Blessington, Ireland, (ur. J. Turok, G. Eriksson, K. Russell, S. Borelli). IPGRI, 44–49 str., Rome, Italy.
- McGarigal, K., S. Cushman, S. Stafford, 2000: Multivariate statistics for wildlife and ecology research, Springer Verlag, 283 str., New York.
- Mejnartowicz, L., 2008: Genetic variation within and among naturally regenerating populations of alder (*Alnus glutinosa*), Acta Soc. Bot. Pol., 77 (2): 105–110.
- Mejnartowicz, L., 1982: Morphology and growth of *Alnus incana* × *glutinosa* F1 hybrids, Arbor. Kórnickie, 26: 15–28.
- Mejnartowicz, L., 1999: Evidence for long-term heterosis phenomenon in the *Alnus incana* × *glutinosa* F₁ hybrids, Sylvae Genetica, 48: 100–103.
- Pelcer, Z., 1975: Fitocenološko raščlanjenje šuma ličke visoravni i njihova uređenja na ekološko-vegetacijskoj osnovi, Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Poljak, I., M. Idžojić, M. Zebec, A. Stričić, J. Tomić, 2013: Variation of The Almond Leaved Pear (*Pyrus spinosa* Forssk.) in Croatia according to the morphology of leaves, U: (ur. A. Alegro, I. Boršić), 4. Hrvatski Botanički Simpozij s međunarodnim sudjelovanjem, Knjiga sažetaka, 195–196 str., Zagreb.
- Prpić, B., 2006: Antropogeni utjecaj na vodne prilike riječne nizine i odraz promjena na poplavne šume, U: Poplavne šume u Hrvatskoj (ur. J. Vukelić), Akademija šumarskih znanosti i Hrvatske šume, 177–190 str., Zagreb.
- Prus-Glowacki, W., L. Mejnartowicz, 1992: Serological Investigation of *Alnus incana* × *glutinosa* hybrids and their parental species, Silvae Genetica, 41 (2): 65–70.
- Rauš, Đ., 1976: Vegetacija ritskih šuma dijela Podunavlja od Aljmaša do Iloka, Glas. Šum. pokuse, 19: 5–75, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1992: Vegetacija ritskih šuma uz rijeku Dravu od Varaždina do Osijeka s težištem na varaždinske podravске šume, Glas. Šum. pokuse, 28: 245–256, Zagreb.
- Rauš, Đ., 1994: Vegetacija ritskih šuma Podravine u okolici Leграда na ušću Mure u Dravu, Zbornik simpozija "Pevalek", Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i JP "Hrvatske šume", Koprivnica – Zagreb, 87–100 str.
- Rauš, Đ., 1996: Nizinske šume pokupskog bazena, Šumarski institut Jastrebarsko, Radovi 31 (1–2): 17–37, Zagreb.
- Ruņģis, D., I. Veinberga, A. Voronova-Petrova, M. Daugavietis, 2010: Correlation of allelic content with tree characteristics in a hybrid alder stand, Mežzinātne, Forest Science, 21(54): 56–64.
- Sokal, R. R., F. J. Rohlf, 1989: Biometry, Freeman and Co., 887 str., San Francisco.
- StatSoft, Inc. 2001: STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.
- Šapić, I., 2012: Šumska vegetacija Zrinske gore, Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Šegulja, N., 1974: Biljni pokrov Vukomeričkih gorica, Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Šegulja, N., Lj. Ilijanić, Lj. Marković, 1998: Prikaz i analiza flore Zrinske gore, Acta Bot. Croat., 55–56: 65–99.
- Škvorc, Ž., 2003: Morfološka i genetička varijabilnost hrastova medunca (*Quercus pubescens* Wild.) i duba (*Q. virgiliana* /Ten./ Ten.) u Hrvatskoj, Magisterij, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Škvorc, Ž., 2006: Florističke i vegetacijske značajke Dilja, Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Trinajstić, I., 1964: Vegetacija obalnog područja rijeke Drave u široj okolici Varaždina, Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Trinajstić, I., 2008: Biljne zajednice Republike Hrvatske. Akademija šumarskih znanosti Zagreb, 179 str., Zagreb.
- Uri, V., H. Tullus, K. Lõhmus, 2003: Nutrient allocation, accumulation and above-ground biomass in grey alder and hybrid alder plantations, Silva Fennica, 37 (3): 301–311.
- Vanden Heuvel, B. D., 2011: *Alnus*. U: Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Forest Trees (ur. C. Kole), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1–14 str.
- Vrčec, M., 2011: Siva joha (*Alnus incana* L.) u šumskim zajednicama varaždinskog područja, Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Vukelić i Rauš 1998: Šumarska fitocenologija i šumske zajednice u Hrvatskoj, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 310 str., Zagreb.
- Vukelić, J., 2012: Šumska vegetacija Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu, 403 str., Zagreb.
- Vukelić, J., D. Baričević, Z. Perković, 1999: Vegetacijske i druge značajke zaštićenog dijela "Slatinskih podravskih šuma", Šum. list, 123 (7–8): 287–299, Zagreb.
- Vukelić, J., D. Baričević, I. Šapić, 2012: Phytocoenological characteristics of forests of grey alder (*Alnus incana* /L./ Moench) in Gorski kotar, Nat. Croat., 21 (1): 49–64.
- Vukelić, J., D. Baričević, Z. List, M. Šango, 2006: Prilog fitocenološkim istraživanjima šuma crne joha (*Alnus glutinosa* Gaertn.) u Podravini, Šum. list, 130 (11–12): 479–492.
- Vukelić, J., S. Mikac, D. Baričević, D. Bakšić, R. Rosavec, 2008: Šumske zajednice i šumska staništa Hrvatske, Državni zavod za zaštitu prirode Republike Hrvatske, 263 str., Zagreb.
- WinFolia™, 2001: Regent Instruments Inc., Quebec, Canada, version PRO 2005b.
- 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

White and black alder are our indigenous noble broad-leaved species. In Croatian forestry, black alder has an important place, while the white alder does not have economic importance and it is becoming increasingly neglected. White alder appears on shingle, active material in mainstream, on river banks and terraces which are periodically or at least sporadically flooded. It very rarely occurs on its own on drifts and it does not appear in swamp habitats which are characteristics of black alder. The farther the area is from the mainstream watercourse, the higher is the probability of black alder supervention. Finally, in swampy, peaty areas, black alder forms its stands.

Stands of white and black alder are relatively clearly distinguished in the researched area, although somewhere is common their joint supervention on the same stands. In the areas where white and black alder habitats are overlapped, their spontaneous hybridisation is possible. White and black alder crosses have been so far noticed only in NW Croatia.

Variability of a species is one of the most important preconditions for its adaptive potential in variable environment conditions, and in a long term, for survival of the species. That is, variability insures adaptability of populations towards environment changes through generations. The optimal variability of white and black alder in the area of riparian forest ecosystems is disturbed by negative anthropogenic activities.

This paper researches the intra-population and inter-population variability of white and black alder in five natural populations along rivers Drava and Mura on the basis of morphological leaf traits.

Material for the morphometric analysis was collected in five natural populations in the areas of Podravina and Međimurje, along rivers Drava and Mura (Figure 1). Three populations of white alder and two populations of black alder were included in the research. Each population was represented by 20 trees and each tree by 20 healthy and undamaged leaves, collected from short fertile shoots of the outer, light-exposed part of tree top. The leaves were scanned and measured by the WinFolia programme. Ten foliar traits were defined and measured altogether (Figure 2). From the measured traits, the following ratios were derived: MPW/BL, PW1/BL, PMPW/BL, PL/BL.

The measured morphological traits were shown through descriptive statistical parameters. For determining the intra-population and inter-population variability, the univariate analysis of variance was used. For determining similarities or differences of analyzed populations on the basis of measured morphological leaf traits, multivariate statistical methods were used – cluster and discriminant analysis. These statistical analyses were conducted using the statistical programme STATISTICA 8.0.

The results of the descriptive statistical analysis are presented in Table 1, by population. For both species, the trees within populations differ significantly on all analysed traits (Tables 2 and 3). Populations of white alder do not differ significantly between themselves on any trait, while the differentiation of populations of black alder is at significant level 0,01 inherent for variables BL, PMPW, LA1 and LA2. For each species individually, smaller variability among populations has been determined, while the remaining component regarding variability of the leaves within the tree takes up the largest proportion of the total variance (Tables 4 and 5).

It can be seen from the dendrogram that the inter-population variability of black alder is greater than the inter-population variability of white alder (Figure 3).

In order to determine which traits best discriminate researched populations and to additionally clarify the trend of their differentiation, discriminant analysis was conducted (Tables 6 and 7, Figure 4). For the populations of white alder, it was determined that canonical projections of trees within populations are weakly connected, in the sense that the populations are almost completely overlapping. The weak differentiation between populations and great variability within populations can be explained by similar ecological conditions of their supervention and by intensive flow of genes between populations. Although the canonical value projections for individual trees are partly overlapping, the trend of differentiation between populations of black alder is clearly perceived. Considering that the researched species belong to different river and forest systems, we can assume that the obtained differences in variability are caused by hydrological and ecological influences.

Although the trees of white and black alder clearly differ between themselves, it can be seen that individual trees from white alder population Varaždinsko jezero cross to the right side of the diagram (Figure 4). Considering that the mentioned trees are intermediary in relation to researched species, we can conclude that it is the case of hybrid individuals. Through subsequent analysis, intermediary traits on most researched variables were identified for the crosses (Table 8).

Genetic diversity is one of the basic preconditions for adaptability of a certain species to particular habitat conditions. Through this research, the knowledge of the intra-population and inter-population variability of white and black alder on Podravina – Međimurje area was gained. This knowledge represents the basis for further research that needs to be conducted in order to obtain guidelines for improvement and preservation of genetic resources of the alder species in Croatia.