Populacijska varijabilnost krhke vrbe (Salix fragilis L.) u Hrvatskoj prema mofrološkim obilježjima listova

Magdić, Matija

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:623245

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVO

MATIJA MAGDIĆ

POPULACIJSKA VARIJABILNOST KRHKE VRBE (*Salix fragilis* L.) U HRVATSKOJ PREMA MORFOLOŠKIM OBILJEŽJIMA LISTOVA

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB (RUJAN, 2020.)

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Zavod:	Zavod za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku
Predmet:	Dendrologija
Mentor:	Doc. dr. sc. Igor Poljak
Asistent – znanstveni novak:	Antonio Vidaković, mag. ing. silv.
Studentica:	Matija Magdić
JMBAG:	0068226133
Akad. godina:	2019./2020.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 11. rujna 2020. godine
Sadržaj rada:	Slika: 3 Tablica: 4 Navoda literature: 20 Stranica: 15

Sažetak:

Cilj ovoga rada bio je utvrditi varijabilnost prirodnih populacija krhke vrbe (*Salix fragilis* L.) na temelju morfoloških karakteristika listova. Istraživanjem je obuhvaćeno ukupno deset populacija iz kontinentalnog dijela Hrvatske. Morfometrijsko istraživanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi devet morfoloških svojstava listova, pri čemu su korištene multivarijatne i deskriptivne statističke metode. Koeficijent varijabilnosti kretao se od 17,22 % za kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1) do 42,34 % za širinu plojke na 90 % dužine plojke (LW2). Provedenom analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike za sve mjerene značajke listova na unutarpopulacijskoj i međupopulacijskoj razini. Rezultati deskriptivne analize pokazali su da prosječno najveće listove ima populacija Zagreb-Sava, dok najmanji listovi karakteriziraju populaciju Ormoško jezero. Prema morfološkim značajkama listova, međusobno najsličnije populacije su Bistrinci i Pisarovina te Kamenska i Legrad.

	IZJAVA O IZVORNOSTI RADA	OB ŠF 05 07
		Revizija: 1
		Datum: 28.6.2017.

„Izjavljujem da je moj *završni rad* izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam *koristio* drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

_____

vlastoručni potpis

Matija Magdić

U Zagrebu, 2. rujna 2020. godine.

SADRŽAJ

UVOD 1
Rod *Salix* L. 1
Morfologija i biologija krhke vrbe (*Salix fragilis* L.) 2
Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke krhke vrbe (*Salix fragilis* L.) 4
CILJ RADA 5
MATERIJAL I METODE 6
Područje istraživanja i biljni materijal 6
Morfometrijska analiza 6
Statistička obrada podataka 7
REZULTATI 8
Deskriptivna statistika 8
Analiza varijance 11
Klasterska analiza 12
RASPRAVA I ZAKLJUČCI 13
LITERATURA 14

UVOD

Rod *Salix* L.

Vrbe (*Salix* L.) su rod iz porodice vrba (Salicaceae). Broje oko 300 (500) vrsta na svim kontinentima osim Australije (Herman 1971; Žufa 1987; Nikolić 2013; WHO 2020). Široko su raširene u Europi, Aziji i sjevernoj Africi. U normalnim vegetacijskim uvjetima rastu u obliku drveća i grmlja, dok u suhim područjima visokih planina i Arktika rastu kao patuljasti polugrmovi i zeljasti oblici (npr. *S. herbacea* L.). U Hrvatskoj je autohtono desetak vrsta vrba, a to su: bijela vrba (*S. alba* L.), velelisna vrba (*S. appendiculata* Vill.), uhorkasta vrba (*S. aurita* L.), vrba iva (*S. caprea* L.), siva ili barska vrba (*S. cinerea* L.), veleresna vrba (*S. daphnoides* Vill.), sivkasta vrba (*S. elaeagnos* Scop.), krhka vrba (*S. fragilis* L.), glatka vrba (*S. glabra* Scop.), rakita (*S. purpurea* L.), vrba pećinarka (*S. retusa* L.), bademasta vrba (*S. triandra* L.), košaračka vrba (*S. viminalis* L.) i Waldsteinova vrba (*S. waldsteiniana* Willd.).

Listovi i pupovi naizmjeničnog su rasporeda, različitih oblika s palistićima (Herman 1971; Žufa 1987; Nikolić 2013). Donja strana lista obično je svjetlija, često bijelo ili sivkasto dlakava. Cvjetovi su jednospolni, dvodomni u postranim resama (macama) koje su sjedeće ili na stapci. Oprašuju se pomoću kukaca (entomofilija). Plod je dvodijelni tobolac koji sadrži mnogobrojno izrazito sitno sjeme (1,5 mm), s čuperkom dugih dlaka (kunadrom). Vrbe uglavnom preferiraju svijetlija i vlažnija staništa, nemaju posebne zahtjeve kada je u pitanju kvaliteta tla i otporne su na niske temperature. Prema tome spadaju u pionirske vrste drveća koje popravljaju kvalitetu tla te uvelike pomažu u rješavanju određenih problema okoliša i tla, a uz to su i izvrstan izvor bioenergije. Najpoznatije vrste su bijela vrba (*S. alba*), koja raste kao drvo uz obale potoka u cijeloj Europi, sjevernoj Africi i srednjoj Aziji, rakita (*S. purpurea*), česta uz vode i putove od nizinskih do planinskih predjela srednje i južne Europe i srednje Azije te krhka vrba (*S. fragilis*) i vrba iva (*S. caprea*).

Morfologija i biologija krhke vrbe (*Salix fragilis* L.)

Salix fragilis L. je znanstveni naziv za listopadnu autohtonu vrstu vrbe koju zovemo krhka vrba. Stablo krhke vrbe može biti visoko do 15 m i ima kuglastu krošnju (slika 1). Deblo u promjeru može biti široko do 1 m, a prekriveno je sivosmeđom korom koja u starosti postane uzdužno izbrazdana. Grane su sjajne i gole, a na mjestima na kojima se drže za stablo izrazito su lomljive (Herman 1971; Žufa 1987; Šilić 1983).



Slika 1. Habitus (*Salix fragilis* L.).

Izbojci su tanki, goli i zelenkastosmeđi. Pupovi su spiralno raspoređeni, goli, priklonjeni uz izbojak, pokriveni jednom u gornjem dijelu svjetlijom, a u donjem tamnijom smeđom ljuskom. Ožiljak otpalog lista je potkovičast, tanak, svijetlosmeđ, s tri traga provodnih snopića. Razlikuju se manji lisni i veći cvjetni pupovi, a vršni pup nije razvijen (Idžojtić 2006).

Listovi su jednostavni, dugački su 5-15 cm, široki 2-3 cm, duguljasto kopljasti do usko kopljasti, najširi u donjoj trećini (Herman 1971; Šilić 1983; Idžojtić 2009). Zeljaste su konzistencije, odozgo tamnozeleni, goli i sjajni, dok su odozdo svijetlozeleni ili plavkastozeleni (slika 2). Nervatura listova je perasto mrežasta. Peteljka je dužine 1-2 cm.

Krhka vrba je dvodomna vrsta (Herman 1971; Šilić 1983; Idžojtić 2013), a oprašuje se pomoću kukaca (entomofilija) i pomoću vjetra (anemofilija). Muški cvjetovi imaju dva prašnika, prašničke niti su bijele, pri osnovi dlakave, a prašnice su žute. Na osnovi prašničke niti nalaze se dva nektarija. Ženski cvjetovi imaju golu, stožastu, nadraslu, jednogradnu plodnicu koja je oko 1,5 puta duža od zaliska. Svaki se muški odnosno ženski cvijet nalazi u pazušcu duguljastog, obrnuto jajastog, na vrhu zaobljenog, kožastog zaliska, koji je s vanjske strane dugačko bijelo dlakav.



Slika 2. List (*Salix fragilis* L.).

Puno cvjetova nalazi se u uspravnim resama (macama). Muške rese su žute, ravne ili savijene, valjkaste, 3-5 cm dugačke, do 1 cm široke, na oko 5 mm dugačkim stapkama. Ženske rese duguljasto su valjkaste, ravne ili savijene, 3-4 cm dugačke, do 8 mm široke, na 5-10 mm dugačkim stapkama. Cvjetaju za vrijeme listanja u ožujku i travnju.

Plodovi su izduženo kruškoliki ili zelenkasto žuti, goli, dvodijelni tobolci koji se nalaze na oko 1 mm dugačkoj stapci (ginoforu). Dozrijevaju u travnju i svibnju (Idžojtić 2013). Sjemenke su izrazito sitne s čuperkom dugačkih i bijelih dlačica koje se raznose pomoću vjetra (anemohorija).

Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke krhke vrbe (*Salix fragilis* L.)

Krhka vrba je srednjoeuropska vrsta drveća čiji se areal proteže od zapadne Europe (Španjolska i Francuska) do Balkana i Grčke te do sjevernih područja Male Azije i Kavkaza (Gruzija). Relativno rijetko raste i u mediteranskom području (Sardinija i Korzika), a prisutna je još i u južnoj Skandinaviji (Jalas i Suominen 1976; Skvortsov 1999).

Na području Alpa rijetko raste iznad 1000 m nadmorske visine, dok je u južnoj Europi ponekad nalazimo na nadmorskim visinama i do 1900 m (Herman 1971; Žufa 1987; Šilić 1983). Krhka vrba je vrsta koja preferira umjerena vlažna staništa. Nalazi se tamo gdje godišnja količina oborina iznosi 500-2000 mm, ali s ne više od dva mjeseca sušne sezone. Može podnijeti i vrlo niske temperature, do -25 °C. Krhku vrbu gotovo isključivo nalazimo na obalama rijeka i potoka, zatim uz jezera te na močvarnim tlima i suhim riječnim koritima s podzemnom vodom nedaleko od površine tla. Preferira lakša i kisela tla, ali vrlo dobro podnosi i tla siromašna hranjivima. Krhka je vrba, kao i bijela, česta vrsta unutar sintaksonomskog reda *Salicetalia purpureae*. Pojavljuje se u istim zajednicama kao i bijela vrba, no zauzima više pješčane obalne strane i izbjegava stajaću vodu (Vukelić i Rauš 1998; Vukelić 2012).

CILJ RADA

Cilj rada bio je utvrditi morfološku varijabilnost listova krhke vrbe (*S. fragilis*) u kontinentalnom području Hrvatske na materijalu iz deset prirodnih populacija uz tok rijeka Drave i Save te na širem području Moslavačke gore.

Morfometrijsko istraživanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti provedeno je na osnovi devet morfoloških svojstava listova, pri čemu su korištene multivarijatne i deskriptivne statističke metode.

MATERIJAL I METODE

Područje istraživanja i biljni materijal

U istraživanje je uključeno deset populacija krhke vrbe iz kontinentalnog područja Hrvatske (tablica 1), uz rijeke Dravu i Savu te na širem području Moslavačke gore. Terenska istraživanja provedena su u srpnju 2019. godine. Terenski rad je obuhvaćao fotografiranje i sakupljanje uzoraka listova za herbariziranje i morfometrijsku analizu. Unutar svake populacije izabrano je po deset stabala, a sa svakoga stabla po 20 u potpunosti razvijenih listova s kratkih izbojaka osunčanoga dijela krošnje. Sakupljeni materijal je herbariziran i pohranjen u Zavodu za šumarsku genetiku, dendrologiju i botaniku Šumarskoga fakulteta u Zagrebu.

Tablica 1. Opće značajke istraživanih populacija krhke vrbe.

Populacija	Geografska dužina	Geografska širina	Nadmorska visina (m)
Bistrinci	18,000000	45,683333	95
Donji Miholjac	18,181667	45,766667	100
Jelas polje	17,866176	45,118970	92
Kamenska	17,514405	45,474340	278
Legrad	16,866667	46,300000	132
Moslavačka gora	16,731307	45,553858	131
Ormoško jezero	16,150000	46,383333	170
Pisarovina	15,762383	45,675967	127
Zagreb - Sava	15,991727	45,788608	107
Županja	18,683078	45,050326	81

Morfometrijska analiza

Listovi su skenirani sa skenerom MICROTEK ScanMaker 4800, pomoću računalnog programa WinFOLIA, dizajniranog posebno za vršenje preciznih morfoloških mjerenja lista. Podaci koji su nastali u programu WinFOLIA pohranjeni su u standardnim ASCII tekstualnim datotekama, koje se lako otvaraju programima za statistiku ili proračunskim tablicama kao što je Microsoft Office Excel.

Na svakome listu su mjereni sljedeći parametri: površina plojke (LA); dužina plojke (LL); maksimalna širina plojke (MLW); dužina plojke, mjerena od osnove plojke do

mjesta najveće širine plojke (PMLW); širina plojke na 50 % dužine plojke (LW1); širina plojke na 90 % dužine plojke (LW2); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1); kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke (LA2); i dužina peteljke (PL).

Statistička obrada podataka

Za svaku istraživanu značajku određeni su sljedeći deskriptivni statistički pokazatelji : aritmetička sredina (M), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijacije (CV %). Testirana je i normalnost distribucije podataka (Kolmogorov-Smirnov test) i homogenost varijanci (Leveneov test).

Za utvrđivanje unutarpopulacijske i međupopulacijske varijabilnosti korištena je univarijatna analiza varijance (ANOVA). Analizirani faktori varijabilnosti bili su populacija i stablo, tako da je faktor "stablo" ugniježđen unutar faktora "populacija". Kako bi se dobio uvid u zastupljenost pojedinih istraživanih izvora varijabilnosti u ukupnoj varijanci korištena je metoda najveće vjerodostojnosti (*Restricted Maximum Likelihood Method* – REML).

Za utvrđivanje sličnosti, odnosno različitosti između istraživanih populacija korištena je *cluster* analiza. Analiza je rađena hijerarhijskom metodom udruživanja objekata pri čemu je izrađeno horizontalno hijerarhijsko stablo. Za definiranje udaljenosti između istraživanih objekata korištene su Euklidove udaljenosti, a za udruživanje *clustera Complete Linkage* metoda.

Kod statističke obrade podataka korišten je programski paket Statistica for Windows (StatSoft, Inc. 2001).

REZULTATI

Deskriptivna statistika

Rezultati deskriptivne statističke analize prikazani su u tablicama 2 i 3 po populacijama i za sve populacije zajedno. Mjerene morfološke značajke opisane su putem standardiziranih deskriptivnih statističkih pokazatelja: aritmetička sredina (M), standardna devijacija (SD) i koeficijent varijabilnosti (CV %). Maksimalne vrijednosti označene su crvenom, a minimalne zelenom bojom.

Prosječna površina plojke (LA) za svih deset istraživanih populacija iznosi 10,89 cm^2, prosječna dužina lista (LL) 8,59 cm i prosječna širina plojke (MLW) 1,90 cm. Najvarijabilnije morfološke značajke lista su površina plojke (CV=36,26 %), širina plojke na 90 % dužine plojke (CV=42,34 %) i dužina peteljke (CV=33,69 %), dok su najmanje varijabilne značajke kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (CV=18,40 %) i kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke (CV=17,22 %).

Najveću prosječnu površinu plojke (13,14 cm^2) s najširim listovima (2,14 cm), kao i najvećom širinom plojke na 90 % dužine plojke (0,49) ima populacija Zagreb-Sava. Najduže listove (9,89 cm) kao i najveću dužinu plojke, mjerenu od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke (4,21 %) ima populacija Legrad. Najduže peteljke (1,85 cm) svojstvene su populaciji Pisarovina. Najmanju površinu plojke (8,09 cm^2) i najuže listove (MLW=1,58 cm; LW1=1,50 cm; i LW2=0,36 cm) ima populacija Ormoško jezero. Prosječno najkraće listove (7,43 cm) ima populacija Donji Miholjac, dok najkraće peteljke (0,82 cm) karakteriziraju populaciju Bistrinci.

Koeficijent varijacije za površinu plojke kretao se od 25,14 % (Ormoško jezero) do 39,93 % (Legrad). Populacija Legrad ima najveći koeficijent varijacije za još četiri morfološke karakteristike lista: dužina plojke (LL); maksimalna širina plojke (MLW); širina plojke na 50 % dužine plojke (LW1) i širina plojke na 90 % dužine plojke (LW2). Populacija Bistrinci ima najmanji koeficijent varijacije za zadnje tri navedene značajke, dok je ta vrijednost za dužinu plojke (LL) najmanja u populacije Ormoško jezero.

Tablica 2. Deskriptivni statistički pokazatelji.

Populacija	Deskriptivni pokazatelj	Značajka								
		LA (cm^2)	LL (cm)	MLW (cm)	PMLW (cm)	LW1 (cm)	LW2 (cm)	LA1 (°)	LA2 (°)	PL (cm)
Bistrinci	M	11,13	8,69	1,98	3,80	1,90	0,42	29,04	20,68	0,82
	SD	2,91	1,69	0,26	1,11	0,25	0,13	6,08	4,06	0,27
	CV (%)	26,19	19,49	12,85	29,22	12,98	30,02	20,93	19,62	33,17
Donji Miholjac	M	10,50	7,43	2,12	3,16	2,04	0,47	35,56	25,22	1,38
	SD	3,64	1,47	0,40	0,63	0,39	0,14	5,31	3,45	0,34
	CV (%)	34,63	19,75	19,01	20,06	19,22	30,66	14,92	13,66	24,74
Jelas Polje	M	10,82	9,05	1,74	3,19	1,59	0,37	30,65	18,92	1,41
	SD	4,19	1,80	0,36	0,68	0,32	0,11	3,88	2,03	0,40
	CV (%)	38,76	19,91	20,50	21,24	20,16	31,05	12,65	10,70	27,98
Kamenska	M	11,64	9,39	1,88	3,87	1,78	0,44	26,38	18,76	1,10
	SD	3,16	1,52	0,27	0,70	0,26	0,14	2,94	2,27	0,30
	CV (%)	27,15	16,22	14,38	17,96	14,36	31,77	11,16	12,08	27,31
Legrad	M	12,02	9,89	1,93	4,21	1,82	0,37	24,56	17,49	1,19
	SD	4,80	2,25	0,42	0,91	0,37	0,21	3,68	2,59	0,43
	CV (%)	39,93	22,81	21,84	21,71	20,20	58,29	14,97	14,79	36,02
Moslavačka gora	M	11,88	8,84	1,93	3,23	1,79	0,49	32,75	21,14	1,69
	SD	4,58	1,61	0,40	0,70	0,36	0,17	4,45	2,60	0,38
	CV (%)	38,51	18,22	20,51	21,61	20,19	35,46	13,60	12,29	22,66
Ormoško jezero	M	8,09	7,68	1,58	3,14	1,50	0,36	29,62	19,11	0,99
	SD	2,03	1,10	0,21	0,61	0,21	0,14	3,44	2,06	0,38
	CV (%)	25,14	14,28	13,34	19,29	13,76	37,61	11,61	10,77	38,49
Pisarovina	M	9,61	7,89	1,82	3,20	1,71	0,41	33,56	21,41	1,85
	SD	2,94	1,27	0,26	0,60	0,26	0,19	2,81	2,00	0,46
	CV (%)	30,57	16,08	14,44	18,79	15,25	46,42	8,37	9,32	25,16

Tablica 3. Deskriptivni statistički pokazatelji.

Populacija	Deskriptivni pokazatelj	Značajka								
		LA (cm^2)	LL (cm)	MLW (cm)	PMLW (cm)	LW1 (cm)	LW2 (cm)	LA1 (°)	LA2 (°)	PL (cm)
Zagreb Sava	M	13,14	9,33	2,14	3,85	2,01	0,49	31,43	21,16	1,50
	SD	4,24	1,84	0,39	0,77	0,37	0,22	4,12	3,04	0,34
	CV (%)	32,30	19,72	18,14	20,09	18,34	44,45	13,10	14,37	22,63
Županja	M	10,89	8,20	2,05	3,12	1,89	0,39	37,29	23,84	1,46
	SD	3,02	1,42	0,32	0,64	0,30	0,16	5,66	3,79	0,33
	CV (%)	27,70	17,33	15,64	20,44	15,89	41,33	15,19	15,90	22,65
Ukupno	M	10,89	8,59	1,90	3,43	1,79	0,42	31,44	20,82	1,43
	SD	3,95	1,79	0,38	0,81	0,36	0,18	5,78	3,58	0,48
	CV (%)	36,26	20,82	20,10	23,48	20,09	42,34	18,40	17,22	33,69

Analiza varijance

Rezultati provedene hijerarhijske analize varijance prikazani su u tablici 4. Crvenom bojom označene su statistički značajne *p* vrijednosti. Provedenom analizom utvrđeno je da se populacije i stabla unutar populacija krhke vrbe u Hrvatskoj statistički značajno razlikuju za sva analizirana morfološka svojstva lista.

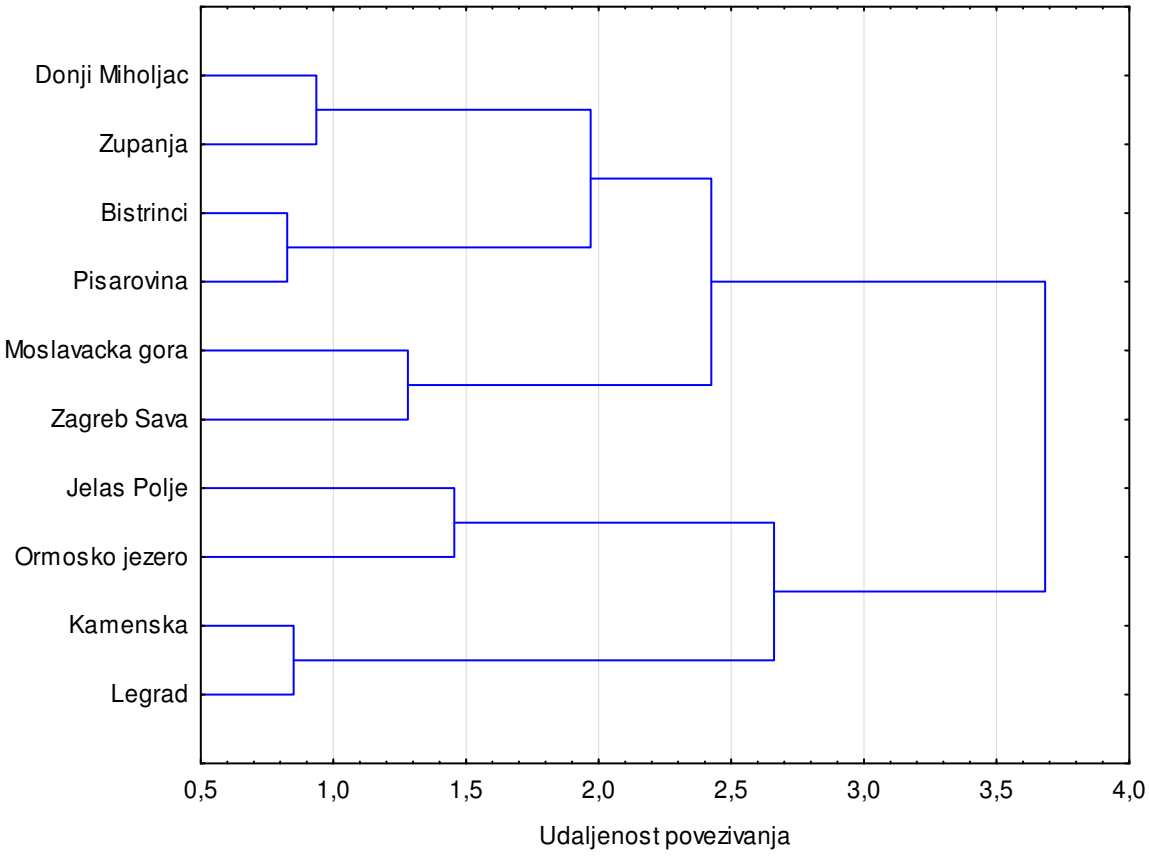
Za većinu svojstava pokazalo se da je 1/2-2/3 od ukupne varijance uvjetovano varijabilnošću između listova unutar stabla (komponenta ostatka), dok je najmanja varijabilnost prisutna između populacija (6,41-24,35 % ukupne varijance). Odstupanje od ovog pravila vidljivo je u varijabla LA1, LA2 i PL, gdje je međupopulacijska varijabilnost relativno visoka (35,64-45,92 % ukupne varijance).

Tablica 4. Analiza varijance (ANOVA).

Značajka	Sastavnice varijance	df	F	Postotak varijabilnosti	*p*-vrijednost
LA	Populacija	9	3,67	10,20	< 0,01
	Stablo (Populacija)	79	12,50	32,73	< 0,01
	Ostatak			57,07	
LL	Populacija	9	6,97	20,23	< 0,01
	Stablo (Populacija)	79	11,17	26,88	< 0,01
	Ostatak			52,89	
MLW	Populacija	9	5,71	16,37	< 0,01
	Stablo (Populacija)	79	11,42	28,70	< 0,01
	Ostatak			54,93	
PMLW	Populacija	9	11,89	24,35	< 0,01
	Stablo (Populacija)	79	7,16	17,79	< 0,01
	Ostatak			57,86	
LW1	Populacija	9	6,54	17,90	< 0,01
	Stablo (Populacija)	79	9,89	25,34	< 0,01
	Ostatak			56,76	
LW2	Populacija	9	4,82	6,41	< 0,01
	Stablo (Populacija)	79	3,70	11,16	< 0,01
	Ostatak			82,43	
LA1	Populacija	9	18,87	45,92	< 0,01
	Stablo (Populacija)	79	14,59	21,89	< 0,01
	Ostatak			32,19	
LA2	Populacija	9	17,98	42,28	< 0,01
	Stablo (Populacija)	79	10,39	18,48	< 0,01
	Ostatak			39,24	
PL	Populacija	9	13,86	35,64	< 0,01
	Stablo (Populacija)	79	11,89	22,73	< 0,01
	Ostatak			41,63	

Klasterska analiza

Na slici 3. prikazano je horizontalno hijerarhijsko stablo (dendogram) za deset analiziranih populacija krhke vrbe u Hrvatskoj. Iz dendrograma je vidljivo da su prema morfološkim svojstvima listova međusobno najsličnije populacije Bistrinci i Pisarovina (udaljenost povezivanja 0,8) te Kamenska i Legrad (udaljenost povezivanja 0,85). Na slici su vidljive dvije skupine populacija: (A) Donji Miholjac, Županja, Bistrinci, Pisarovina, Moslavačka gora i Zagreb-Sava; i (B) Jelas Polje, Ormoško jezero, Kamenska i Legrad. Iz slike je vidljivo da nema jasne geografske strukturiranosti populacija.



Slika 3. Horizontalno hijerarhijsko stablo (dendrogram) za 10 analiziranih populacija krhke vrbe.

RASPRAVA I ZAKLJUČCI

Rezultati morfometrijske analize pokazali su da su najvarijabilnije morfološke značajke lista površina plojke (LA), širina plojke na 90 % dužine plojke (LW2) i dužina peteljke (PL), dok su najmanje varijabilne značajke kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 10 % dužine plojke (LA1) i kut koji zatvara glavna lisna žila s pravcem koji je definiran osnovom plojke i točkom na rubu lista, koja se nalazi na 25 % dužine plojke (LA2).

Vrijednosti dobivene izmjerom listova krhke vrbe na razini populacija kretale su se od 7,43 do 9,89 cm za dužinu plojke (LL) te od 1,58 do 2,14 cm za širinu (MLW) plojke. Idžojtić (2009) za dužinu lista navodi raspon od 5 do 15 cm, a za širinu lista od 2 do 3 cm. Dužina peteljke u ovom istraživanju u prosjeku se kreće od 0,82 do 1,85 cm. Idžojtić (2009) za dužinu peteljke navodi raspon od 1 do 2 cm.

Analizom varijance (ANOVA) utvrđeno je postojanje statistički značajnih razlika na unutarpopulacijskoj i međupopulacijskoj razini za sva istraživana svojstava lista.

Prosječno najveće (13,14 cm^2) i najšire (2,14 cm) listove imala je populacija Zagreb-Sava, a najduže (9,89 cm) populacija Legrad. Najmanji (8,09 cm^2) i najuži (1,58 cm) listovi karakterizirali su populaciju Ormoško jezero, a najkraći (7,43 cm) populaciju Donji Miholjac. Najduže peteljke (1,85 cm) bile su svojstvene populaciji Pisarovina, a najkraće (0,82 cm) populaciji Bistrinci.

Populaciju Bistrinci karakteriziraju visoki koeficijenti varijacije za značajke koje opisuju oblik osnove lisne plojke (LA1 i LA2) i za dužinu plojke, mjerenu od osnove plojke do mjesta njezine najveće širine (PMLW). Morfometrijskim istraživanjima je utvrđeno da navedene varijable najbolje razlikuju populacije bijele i krhke vrbe (Brener 2019), a značajno viši koeficijenti varijacije u odnosu na ostale istraživane populacije upućuju na mogućnost postojanja hibridnih jedinki (*S.* × *rubens* Schrank, *S. alba* × *S. fragilis*). Naime, krhka i bijela vrba vrste su sličnih ekoloških zahtjeva, a stvaranje hibridnih populacija između navedenih vrsta omogućeno je na područjima gdje im se ekološke niše preklapaju. Hibridizacija ove dvije vrste potvrđena je genetičkim (Beismann i sur. 1997; Triest i sur. 1997, 1999) i morfometrijskim metodama (Brener 2019).

Ovim istraživanjem dobiven je uvid u raznolikost i strukturiranost autohtonih populacija krhke vrbe u Hrvatskoj. Ovaj rad može poslužiti kao osnova za daljnja morfometrijska i molekularno-biološka istraživanja krhke i bijele vrbe.

LITERATURA

Beissman, H., J. H. A. Barker, A. Karp, T. Speck, 1997: AFLP analysis sheds light on distribution of two *Salix* species and their hybrid along the natural gradient. Molecular Ecology, 6 (10): 989-993.

Brener, M., 2019: Populacijska varijabilnost bijele (*Salix alba* L.) i krhke vrbe (*S. fragilis* L.) na području hrvatske Podravine prema morfološkim obilježjima listova, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 20 str., Zagreb.

Herman, J., 1971: Šumarska dendrologija, Stanbiro, 470 str., Zagreb.

Houston Durrant, T., D. de Rigo, G. Caudullo, 2016: *Salix alba* in Europe: distribution, habitat, usage and threats.

Idžjotić, M., 2009: Dendrologija list. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 903 str., Zagreb.

Idžjotić, M., 2013: Dendrologija cvijet, češer, plod, sjeme. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski Fakultet, 671 str., Zagreb.

Idžojtić, M., 2006: Listopadno drveće i grmlje u zimskom razdoblju. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 256 str., Zagreb.

Jalas, J., J. Suominen, 1976: Atlas Florae Europeae. Distribution of vascular plants in Europe. Vol. 3. Salicaceae to Balanophoraceae. Helsinki, Finland.

Nikolić, T., 2013: Sistematska botanika - Raznolikost i evolucija biljnog svijeta, Alfa d.d., 882 str., Zagreb.

Skvortsov, A. K., 1999: Willows of Russia and adjacent countries. Taxonomical and geographical revision. Report Series No. 39. 307 pp. Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Joensuu. Joensuu, Finland.

Sokal, R. R., F. J. Rohlf, 2012: Biometry: the principles and practice of statistics in biological research, 4th edition, W.H. Freeman and Co., 937 str., New York.

StatSoft, Inc. 2001: STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.

Šilić, Ž., 1983: Atlas drveća i grmlja. Svjetlost, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 217 str., Sarajevo, Bosna i Hercegovina.

Triest, L., B. De Greef, R. De Bondt, D. Vanden Bossche, M. D'haeseleer, 1997: Use of RAPD markers to estimate hybridization in *Salix alba* and *Salix fragilis*. Belg. Journ. Bot. 129(2): 140-148.

Triest, L., B. De Greef, S. Vermeersch, J. Van Slycken, E. Coart, 1999: Genetic variation and putative hybridization in *Salix alba* and *S. fragilis* (Salicaceae): evidence from allozyme dana. Pl. Syst. Evol. 215: 169-187.

Vukelić, J. Đ. 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 Šumarski fakultet Državni zavod za zaštitu prirode, 403 str., Zagreb.

WFO, 2020: World Flora Online, Published on the Internet; http://www.worldfloraonline.org

WinFolia TM, 2001: Regent Instruments Inc., Quebec, Canada, version PRO 2005b.

Žufa, L., 1987: Vrbe. U: Šumarska enciklopedija III., Jugoslavenski Leksikografski Zavod ››Miroslav Krleža‹‹, Zagreb, 596-600 str.