Populacijska varijabilnost bijele vrbe (Salix alba L.) u Hrvatskoj prema morfološkim obilježjima listova

Ledinski, 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:108:126278

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
ŠUMARSKI FAKULTET
ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ
ŠUMARSTVO

POPULACIJSKA VARIJABILNOST BIJELE VRBE (*Salix alba* L.) U HRVATSKOJ PREMA MORFOLOŠKIM OBILJEŽJIMA LISTOVA

ZAVRŠNI RAD

MATIJA LEDINSKI

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 Ledinski
JMBAG:	0068228666
Akad. godina:	2019./2020.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 25. rujna 2020. godine
Sadržaj rada:	Slika: 2 Tablica: 4 Navoda literature: 12 Stranica: 14

Sažetak:

Cilj ovoga rada bio utvrditi morfološku varijabilnost listova populacija bijele vrbe (*Salix alba* L.) u kontinentalnom i mediteranskom području Hrvatske. Materijal za morfometrijsku analizu prikupljen je u 17 populacija: 14 kontinentalnih i tri mediteranske. Unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnosti utvrđena je na osnovi devet morfoloških svojstava listova, pri čemu su korištene multivarijatne i deskriptivne statističke metode. Koeficijent varijacije kretao se od 18,85 % za 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) do 42,81 % za dužinu peteljke. Provedenom analizom varijance (ANOVA) potvrđene su statistički značajne razlike za sve istraživane varijable na unutarpopulacijskoj i međupopulacijskoj razini. Unutarpopulacijska varijabilnost veća je od međupopulacijske varijabilnosti. Osim velike heterogenosti folijarnih značajki, utvrđena je i jasna diferencijacija populacija po njihovom ekološko-geografskom principu.

	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 Ledinski

U Zagrebu, 25. rujna 2020. godine.

SADRŽAJ

UVOD 1
Rod *Salix* L. 1
Morfologija i biologija bijele vrbe (*Salix alba* L.) 1
Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke bijele vrbe 2
CILJ RADA 4
MATERIJAL I METODE 5
Materijal 5
Morfometrijska analiza listova 6
Statistička obrada podataka 6
REZULTATI 7
Deskriptivna statistika 7
Analiza varijance 11
Klasterska analiza 12
ZAKLJUČAK 13
LITERATURA 14

UVOD

Rod *Salix* L.

Rod *Salix* L. iz porodice vrbovki (Salicaceae) broji više od 300 (500) vrsta listopadnog drveća i grmlja ili malih, poleglih, patuljastih grmova koji prvenstveno rastu na vlažnim tlima u hladnim i umjerenim predjelima sjeverne polutke (Herman 1971; Žufa 1987). Raste na svim kontinentima osim Australije. Izbojci su u većine vrba okruglasti, a pupovi su pokriveni jednom ljuskom. Lišće je naizmjenično raspoređeno, vrlo različitog oblika s palistićima, a peteljka je uglavnom kratka. Cvjetovi su jednospolni i dvodomni u postranim, uspravnim resama koje su sjedeće ili na stapci. Oprašivanje u vrba je pomoću kukaca – entomofilija. Cvjetanje može biti prije, za vrijeme ili nakon listanja. Plod je dvodijelni tobolac, a sjemenke su sitne s čuperkom dlačica. Vrbama pogoduju vlažna i svjetla staništa, otporne su prema niskim temperaturama i skromne su u pogledu staništa i zahtjeva za kvalitetu tla. Zajedno s topolom i johom predstavljaju pionirske vrste drveća jer zbog spomenutih karakteristika poboljšavaju stanišne uvjete za razvoj drugih vrsta biljaka.

Morfologija i biologija bijele vrbe (*Salix alba* L.)

Salix alba L., bijela vrba, je listopadno oko 25 (-35) m visoko stablo prsnoga promjera debla do 1,5 m (Herman 1971; Žufa 1987). Deblo je nepravilno i grubo, a grane su horizontalne i nisu jako debele (Brener 2019). Krošnja je velika, široka i prozračna.

Kora je u početku glatka i siva, a kasnije tamnosiva i uzdužno izbrazdana (Idžojtić 2005). Izbojci su tanki i šiboliki te savitljivi, crvenkastosmeđi do zelenkastosmeđi, u početku svilenkasto dlakavi, kasnije goli i posuti svjetlijim lenticelama.

Pupovi su spiralno raspoređeni, sitni (do 5 mm dugački), pokriveni jednom ljuskom, priklonjeni uz izbojak. Vršni pup nije razvijen. Ljuska pupa je crvenkastosmeđa, prileglo dlakava ili gola (Idžojtić 2005).

Listovi su jednostavni, usko kopljasti, 6-10 cm dugački i 1-1,5 cm široki, najširi su u sredini dužine, šiljastoga vrha, klinaste osnove i fino, žljezdasto napiljenoga ruba. Nervatura lišća je perasto mrežasta. Peteljka je većinom s dvije žlijezde, oko 5 mm dugačka. Palistići su sitni i kopljasti, ali vrlo brzo otpadaju. Mlado lišće je s obje strane

prileglo, svilenkasto dlakavo, a starije odozgo zeleno, golo i sjajno, odozdo plavkastozeleno i svilenkasto dlakavo (Idžojtić 2009).

Bijela je vrba dvodomna vrsta, a počinje cvjetati nakon 10. godine (Idžojtić 2013). Cvjetovi su jednospolni i entomofilni, bez ocvijeća. Muški cvjetovi nalaze se u žutim, do 7 cm dugačkim i do 1 cm širokim resama, imaju dva prašnika čije su prašničke niti bijele, a prašnice žute boje. Na osnovi prašničke niti nalaze se dva nektarija. Ženski cvjetovi imaju gotovo sjedeću, golu, stožastu, nadraslu (dvostruko duža od zaliska), jednogradnu plodnicu na čijoj osnovi se nalazi nektarij. Ženske rese su zelene, do 5 cm dugačke i do 7 mm široke. Cvjetanje se odvija tijekom travnja, za vrijeme listanja.

Plodovi su duguljasto jajasti do stožasti, zelene su boje, a kasnije svijetlosmeđe. Plod je višesjemeni, dvodijelni, gotovo sjedeći tobolac. Dozrijevanje je u svibnju. Tada se plodovi otvaraju i oslobađaju tamnozelene do bjelkastosive sjemenke (1-1,5 mm dugačke, 0,4-0,5 mm široke). Sjeme je valjkasto i sitno s čuperkom bijelih dlačica pri osnovi. Rasprostranjuje se anemohorno i hidrohorno (Idžojtić 2013). Doživi starost do 200 godina.

Prirodna rasprostranjenost i ekološke značajke bijele vrbe

Bijela vrba naša je autohtona vrsta drveća koja od prirode raste na staništima s umjerenom klimom s blagim zimama i toplim ljetima s kratkim periodima suše. Vrsta je koja raste na različitim tipovima tala, pod uvjetom da korijenje ima pristup vodi, ne podnosi kisela tla. Raste u poplavnim šumama i uz obale rijeka, jezera, potoka i drugih vodenih površina. Javlja se u čistim ili u mješovitim sastojinama s drugim vrstama vrba i topola (Herman 1971; Žufa 1987; Vukelić 2012). Stabla bijele vrbe se pojavljuju na nadmorskim visinama sve do 2400 m. Tipični je heliofit.

Područje prirodne rasprostranjenosti (slika 1) bijele vrbe obuhvaća Europu (osim Islanda, Škotske i Skandinavije), sjevernu Afriku, zapadnu i jugozapadnu Aziju sve do srednje Azije i zapadnog Sibira (Idžojtić 2013).

Bijela je vrba bitna vrsta u okviru sintaksonomskog reda *Salicetalia purpureae* u jednom specifičnom sindinamičkom razvoju šumskih sastojina poplavnih područja i grmolike vegetacije na riječnim otocima i obalama te u zonama poplava. Glavne vrste drveća i grmlja u ovome redu, osim bijele vrbe su rakita (*S. purpurea* L.), bademasta vrba (*S. triandra*), krhka vrba (*S. fragilis* L.), košaračka vrba (*S. viminalis* L.) te bijela i crna topola (*Populus alba* L. i *P. nigra* L.). Prevladava u flornom sastavu šume bijele vrbe (*Salicetum albae* Issler 1926) te mješovitim šumama bijele vrbe i crne topole (*Salici albae-*

Populetum nigrae Tx. 1931) i u šumama bijele i crne topole (*Populetum nigro-albae* Slavnić 1952) (Vukelić i Rauš 1998; Vukelić 2012).



Slika 1. Prirodna rasprostranjenost bijele vrbe (*Salix alba* L.), Rungis i sur. 2017.

Primjena istraživane vrste

Bijela vrbovina je kao uostalom i drvo ostalih vrsta ovoga roda - male težine, veoma mekana, žilava i savitljiva, neznatnoga elasticiteta i čvrstoće, kratkotrajna i niske ogrjevne snage (Herman 1971). Osobito je podesna za gradnju brodskih čamaca i uopće takvih predmeta koji su izloženi jakim udarcima (mekano drvo ne raspucava se toliko kao tvrdo). Veoma dobra svojstva imaju i vrbove vezne grede u krovnim stolicama. Osim toga, upotrebljiva je za izradu različitih predmeta potrebnih u kućanstvu (korita i sl.), za vesla i za rezbarenje. Ljušteni furniri služe za izradbu šperploča i šibica, a piljena građa u stolarstvu.

Koristi se i za izradbu sanduka, u građevinarstvu (za improvizirane gradnje), za celulozu, drvenu vunu, klompe, za ogrjev i za drveni ugljen. Od sitnijih sortimenata spomenimo još i vinogradarsko kolje, zatim različite proizvode, uključujući i drveni kuhinjski pribor, lukove za streličarstvo, obruče, pletene košare i kanue (Herman 1971; Žufa 1987; Houston Durrant i sur. 2016).

Postoji niz proizvoda od bijele vrbe koji nisu od drveta, a uključuju tanin iz kore i salicin, koji općenito u današnje vrijeme imaju malu komercijalnu važnost (Houston Durrant i sur. 2016). Osim toga, bijela vrba se koristi i kao ukrasna vrsta drveća.

CILJ RADA

Cilj rada bio je utvrditi morfološku varijabilnost listova bijele vrbe (*S. alba*) u kontinentalnom i mediteranskom području Hrvatske na materijalu iz 17 prirodnih populacija. 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

Materijal

U istraživanje je uključeno 17 populacija bijele vrbe iz mediteranskog i kontinentalnog područja Hrvatske (tablica 1). Terenska istraživanja provedena su u srpnju 2019. godine. Terenski rad je obuhvaćao fotografiranje i sakupljanje uzoraka listova za herbariziranje i morfometrijsku analizu. Unutar svake populaciji je izabrano po 10 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 bijele vrbe.

Populacija	Geografska dužina	Geografska širina	Nadmorska visina (m)
Bistrinci	18,000000	45,683333	95
Cetina	16,629497	43,775715	298
Donji Miholjac	18,181667	45,766667	100
Jelas polje	17,866176	45,118970	92
Kamenska	17,514405	45,474340	278
Kovačevac	16,723898	45,986625	133
Legrad	16,866667	46,300000	132
Mirna	13,533741	45,225039	28
Moslavačka gora	16,731307	45,553858	131
Novska	45,330977	16,948766	111
Ormoško jezero	16,150000	46,383333	170
Osijek	18,666667	45,566667	90
Perušić	15,420334	44,654396	554
Pisarovina	15,762383	45,675967	127
Zagreb-Sava	15,991727	45,788608	107
Žumberak	15,598564	45,836116	259
Županja	18,683078	45,050326	81

Morfometrijska analiza listova

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, na način 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 klastera *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 te 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.

Koeficijent varijacije kretao se od 18,85 % za 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) do 42,81 % za dužinu peteljke (PL). Visok koeficijent varijacije imale su i površina plojke (LA; 36,98 %) i širina plojke mjerena na 90 % dužine plojke (LW2; 36,55 %). Uz već navedenu značajku LA2, najmanji koeficijent varijacije imao je i 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; 20,00 %) i dužina plojke (LL; 20,29 %).

Prosječna površina plojke za 17 istraživanih populacija bijele vrbe u Hrvatskoj iznosi 5,95 cm^2. Najveću prosječnu površinu plojke ima populacija Legrad (LA=7,44 cm^2), a najmanju populacija Mirna (LA=3,86 cm^2). Populacija Perušić odlikuje se najvećom varijabilnošću (CV=44,51%) za istu značajku, a osim toga navedenu populaciju odlikuju najviši koeficijenti varijacije i za značajke: dužina plojke (LL), dužina plojke mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke (PMLW) i dužina peteljke (PL).

Prosječno najduži listovi (LL=8,07 cm) karakteriziraju populaciju Legrad, a prosječno najkraći mediteransku populaciju Mirna (LL=5,66 cm). Osim toga, populaciji Mirna bile su svojstvene i najmanje prosječne vrijednosti za značajke: dužina plojke mjerena od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke (PMLW=2,46 cm), širina lista mjerena na 90 % dužine plojke (LW2=0,24 cm) i dužina peteljke (PL=0,46 cm). Nasuprot tomu, prosječno najveću dužinu plojke mjerenu od osnove plojke do mjesta najveće širine plojke (PMLW=3,72 cm) imala je populacija Legrad, najveću širinu lista na 90 % njegove dužine populacija Bistrinci (LW2=0,37 cm) i najduže peteljke populacija Jelas polje (PL=1,15 cm).

Najveća srednja vrijednost maksimalne širine plojke (MLW=1,48 cm) zabilježena je u kontinentalnoj populaciji Donji Miholjac. Populacija Donji Miholjac ujedno je i populacija s najvišim koeficijentom varijabilnosti za navedenu značajku. Najuži listovi karakterizirali su mediteransku populaciju Cetina (MLW=0,97 cm).

Prosječne vrijednosti za značajke LA1 i LA2 u ukupnom uzorku iznose 23,25° (ukupni CV=20,00 %) i 15,96° (ukupni CV=18,85 %). Ove značajke odlikuju se najmanjom varijabilnošću od svih mjerenih parametara. Prosječno najmanje vrijednosti za kut koji zatvaraju glavna lisna žila i pravac koji prolazi kroz osnovu plojke i točku na rubu lista, koja se nalazi na 10 % (LA1) i 25 % (LA2) dužine plojke, svojstvene su populaciji Kamenska (20,22° i 14,19°), a najveće vrijednosti populaciji Pisarovina (29,24° i 19,08°).

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	7,35	7,58	1,46	3,54	1,42	0,37	23,63	17,04	0,73
	SD	2,44	1,65	0,25	0,87	0,24	0,13	4,64	3,20	0,28
	CV (%)	33,14	21,80	17,08	24,55	17,20	36,29	19,65	18,81	38,94
Cetina	M	4,02	6,07	0,97	2,67	0,93	0,29	21,41	14,38	0,52
	SD	1,52	1,41	0,21	0,67	0,21	0,11	4,63	2,82	0,17
	CV (%)	37,78	23,26	21,63	25,23	21,98	36,63	21,64	19,62	32,21
Donji Miholjac	M	6,66	6,97	1,48	3,03	1,42	0,31	26,18	18,84	0,67
	SD	2,17	1,00	0,33	0,58	0,33	0,11	5,05	3,53	0,20
	CV (%)	32,65	14,29	22,63	19,01	22,96	36,28	19,31	19,06	30,42
Jelas Polje	M	6,61	7,80	1,26	3,33	1,21	0,32	22,73	14,87	1,15
	SD	1,53	1,05	0,19	0,60	0,19	0,11	4,40	2,62	0,42
	CV (%)	23,20	13,50	15,43	18,16	15,76	33,12	19,35	17,61	36,05
Kamenska	M	5,11	6,86	1,10	3,12	1,07	0,33	20,22	14,19	0,58
	SD	1,54	1,19	0,21	0,63	0,20	0,13	3,62	2,51	0,17
	CV (%)	30,17	17,31	18,72	20,20	18,99	38,34	17,89	17,70	29,89
Kovačevac	M	5,82	7,07	1,20	3,37	1,18	0,34	20,98	14,73	0,72
	SD	1,79	1,15	0,21	0,60	0,21	0,11	3,20	2,13	0,20
	CV (%)	30,76	16,21	17,66	17,88	17,65	32,24	15,25	14,48	28,06
Legrad	M	7,44	8,07	1,40	3,72	1,36	0,33	21,33	15,19	0,83
	SD	2,58	1,71	0,23	0,88	0,22	0,13	3,06	2,31	0,29
	CV (%)	34,65	21,21	16,36	23,61	16,47	40,35	14,33	15,21	34,79
Mirna	M	3,86	5,66	1,03	2,46	0,99	0,24	23,05	16,15	0,46
	SD	1,19	0,84	0,21	0,48	0,20	0,09	4,16	3,01	0,14
	CV (%)	30,93	14,76	20,29	19,50	20,56	36,65	18,05	18,64	31,33
Moslavačka gora	M	5,19	6,73	1,13	3,05	1,09	0,31	21,84	14,86	0,56
	SD	1,66	1,11	0,22	0,58	0,21	0,09	2,94	1,65	0,17
	CV (%)	32,00	16,43	19,23	18,96	19,45	29,53	13,45	11,10	30,94
Novska	M	5,86	6,83	1,23	3,01	1,19	0,36	24,62	16,36	0,66
	SD	2,09	1,34	0,24	0,67	0,24	0,12	3,74	2,22	0,17
	CV (%)	35,62	19,59	19,48	22,26	19,85	33,31	15,21	13,58	25,69

Maksimalne vrijednosti označene su crvenom, a minimalne zelenom bojom.

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)
Ormoško jezero	M	5,56	6,79	1,22	3,14	1,18	0,31	22,10	15,45	0,55
	SD	2,00	1,28	0,23	0,59	0,22	0,11	3,69	2,53	0,25
	CV (%)	35,92	18,89	18,52	18,80	18,60	35,22	16,69	16,37	45,32
Osijek	M	6,70	7,37	1,38	3,32	1,33	0,34	23,35	16,53	0,59
	SD	2,22	1,38	0,27	0,90	0,26	0,11	5,55	3,58	0,15
	CV (%)	33,13	18,68	19,64	27,16	19,42	32,22	23,79	21,67	25,93
Perušić	M	5,44	6,33	1,21	2,77	1,18	0,29	28,06	17,95	0,50
	SD	2,42	1,48	0,23	0,80	0,23	0,11	3,32	2,27	0,33
	CV (%)	44,51	23,40	19,13	28,79	19,75	38,98	11,84	12,66	66,69
Pisarovina	M	5,62	6,33	1,28	2,70	1,25	0,30	29,24	19,08	0,56
	SD	1,62	1,09	0,20	0,54	0,20	0,09	3,77	2,42	0,34
	CV (%)	28,79	17,24	15,72	20,06	16,09	28,23	12,88	12,70	59,95
Zagreb Sava	M	6,13	6,92	1,29	3,28	1,25	0,37	23,25	16,06	0,62
	SD	2,23	1,44	0,25	0,76	0,24	0,15	4,14	2,63	0,15
	CV (%)	36,41	20,80	19,01	23,21	19,11	40,10	17,79	16,39	24,05
Žumberak	M	6,90	7,69	1,35	3,49	1,31	0,31	22,99	15,58	0,62
	SD	1,95	1,24	0,22	0,66	0,21	0,13	3,65	2,35	0,17
	CV (%)	28,22	16,18	16,47	19,06	16,20	42,18	15,89	15,07	27,83
Županja	M	5,95	7,28	1,19	3,09	1,15	0,33	23,29	15,31	0,58
	SD	1,44	0,98	0,20	0,56	0,20	0,09	4,32	2,72	0,16
	CV (%)	24,28	13,49	16,83	18,01	17,10	27,78	18,56	17,76	27,44
Mediteran	M	3,94	5,87	1,00	2,56	0,96	0,27	22,23	15,26	0,49
	SD	1,37	1,18	0,21	0,59	0,21	0,10	4,47	3,05	0,16
	CV (%)	34,68	20,07	21,17	23,13	21,45	37,88	20,13	19,96	32,39
Kontinent	M	6,21	7,15	1,29	3,22	1,25	0,33	23,39	16,04	0,66
	SD	2,15	1,38	0,26	0,75	0,25	0,12	4,66	2,99	0,28
	CV (%)	34,68	19,34	20,42	23,38	20,45	35,85	19,91	18,65	42,40
Ukupno	M	5,95	7,00	1,25	3,14	1,21	0,32	23,25	15,96	0,64
	SD	2,20	1,42	0,27	0,77	0,27	0,12	4,65	3,01	0,27
	CV (%)	36,98	20,29	21,75	24,33	21,85	36,55	20,00	18,85	42,81

Maksimalne vrijednosti označene su crvenom, a minimalne zelenom bojom..

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 bijele vrbe u Hrvatskoj razlikuju za sva analizirana svojstva.

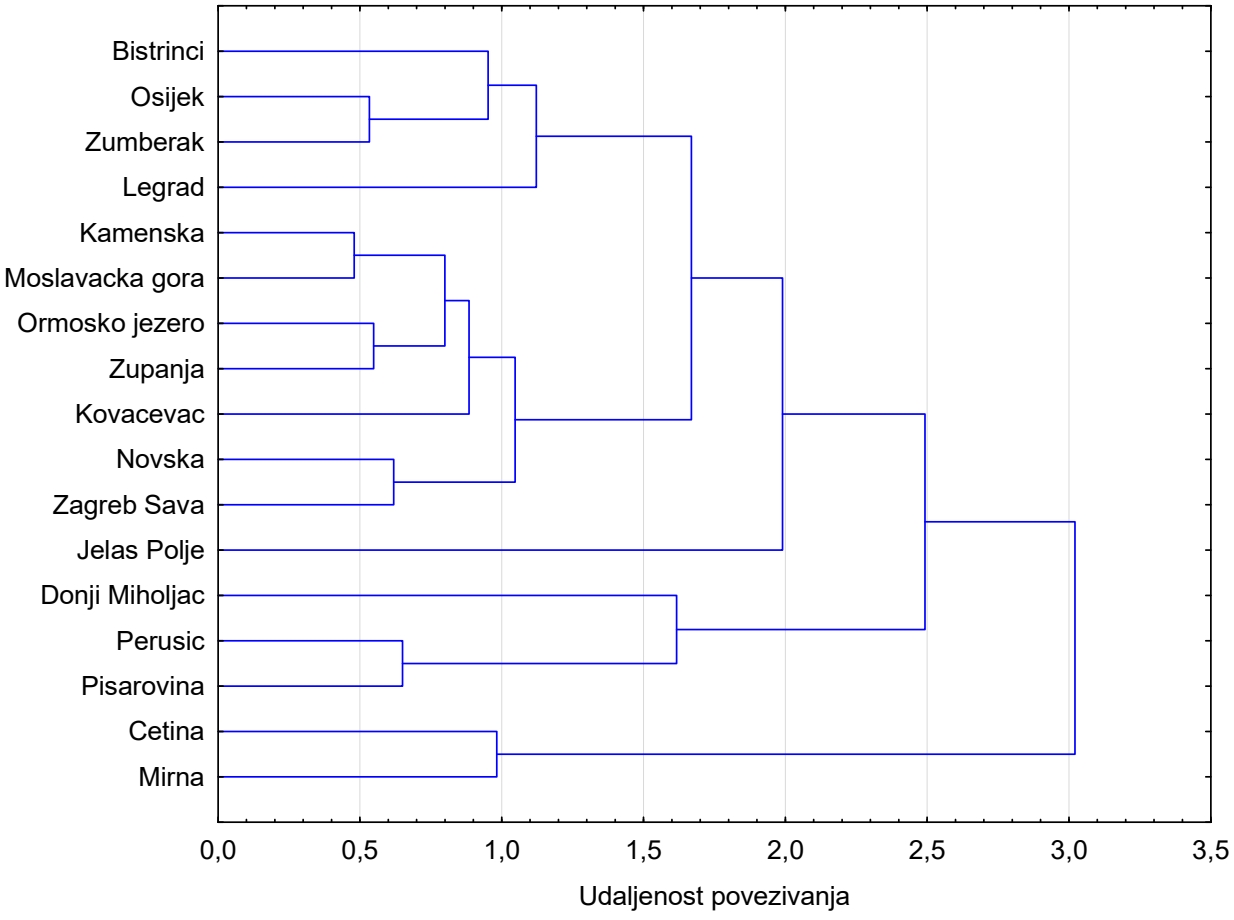
Za sedam od devet mjerenih svojstava najveći dio ukupne varijance uvjetovan je varijabilnošću između listova unutar stabla (komponenta ostatka), dok je najmanja varijabilnost prisutna između populacija (4,41-23,47 %). Odstupanje od ovoga pravila vidljivo je u varijable PL (dužina peteljke), gdje je međupopulacijska varijabilnost veća od unutarpopulacijske (30,86 % ukupne varijance).

Tablica 4. Analiza varijance (ANOVA).

Značajka	Sastavnice varijance	df	F	Postotak varijabilnosti	P-vrijednost
LA	Populacija	16	4,94	17,28	< 0,01
	Stablo (Populacija)	148	20,42	39,11	< 0,01
	Greška			43,61	
LL	Populacija	16	4,51	15,67	< 0,01
	Stablo (Populacija)	148	19,38	38,95	< 0,01
	Greška			45,38	
MLW	Populacija	16	6,80	23,47	< 0,01
	Stablo (Populacija)	148	20,87	36,49	< 0,01
	Greška			40,04	
PMLW	Populacija	16	4,90	15,47	< 0,01
	Stablo (Populacija)	148	14,48	31,71	< 0,01
	Greška			52,82	
LW1	Populacija	16	6,74	23,04	< 0,01
	Stablo (Populacija)	148	20,38	36,35	< 0,01
	Greška			40,61	
LW2	Populacija	16	2,75	4,41	< 0,01
	Stablo (Populacija)	148	6,39	19,38	< 0,01
	Greška			76,21	
LA1	Populacija	16	3,82	19,04	< 0,01
	Stablo (Populacija)	148	36,75	49,54	< 0,01
	Greška			31,42	
LA2	Populacija	16	3,51	15,82	< 0,01
	Stablo (Populacija)	148	31,24	48,35	< 0,01
	Greška			35,83	
PL	Populacija	16	15,26	30,86	< 0,01
	Stablo (Populacija)	148	8,55	18,62	< 0,01
	Greška			50,52	

Klasterska analiza

Rezultati provedene klasterske analize za 17 populacija bijele vrbe u Hrvatskoj prikazani su na slici 2. Iz dendrograma je vidljivo da su prema morfološkim značajkama listova međusobno najsličnije populacije Kamenska i Moslavačka gora, zatim populacije Osijek i Žumberak te populacije Ormoško jezero i Županja. Na slici su jasno vidljive dvije skupine populacija: (A) Bistrinci, Osijek, Žumberak, Legrad, Kamenska, Moslavačka gora, Ormoško jezero, Županja, Kovačevac, Novska, Zagreb-Sava, Jelas polje, Donji Miholjac, Perušić i Pisarovina; i (B) Cetina i Mirna.



Slika 2. Horizontalno hijerarhijsko stablo (dendrogram) za 17 analiziranih populacija bijele vrbe.

ZAKLJUČAK

Bijela vrba je brzorastuća, listopadna, autohtona vrsta u Hrvatskoj. Raste vrlo brzo, podnosi i vlagu i sušu te raste na vrlo siromašnim tlima. U Hrvatskoj ju možemo pronaći u poplavnim šumama i uz obale rijeka, riječnih korita, potoka, jezera, bara ili jaraka u kojima je prisutna voda.

Na temelju rezultata morfometrijske analize možemo zaključiti da su najvarijabilniji parametri u istraživanim populacijama bili površina plojke (LA), dužina peteljke (PL) i širina plojke mjerena na 90 % dužine plojke (LW2). Nasuprot tome, najmanja varijabilnost utvrđena je 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) i 25 % dužine plojke (LA2) te dužina plojke (LL).

Prosječna površina plojke (LA) za svih 17 istraživanih populacija iznosi 5,95 cm^2, prosječna dužina lista (LL) 7,00 cm, prosječna širina plojke (MLW) 1,25 cm i prosječna dužina peteljke (PL) 0,64 cm. Općenito, populacijama iz mediteranske regije bile su svojstvene manje plojke u odnosu na kontinentalne populacije.

Analizom varijance utvrđeno je da se istraživane populacije na osnovi morfologije listova razlikuju na visokoj razini signifikantnosti. 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 varijabilnost listova unutar stabla, zatim na stabla unutar populacija, a najmanje na populacije.

Primjenom klasterske analize dodatno je pojašnjen uzorak variranja i trend diferencijacije populacija, prethodno dobiven metodama deskriptivne statistike, odnosno analize varijance. Klasterskom analizom utvrđeno je da su najsličnije populacije Kamenska i Moslavačka gora, zatim Osijek i Žumberak te Ormoško jezero i Županja. Osim toga, klasterskom analizom je potvrđen i trend variranja populacija po ekološko-geografskom principu.

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

LITERATURA

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.

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

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., 2005: Listopadno drveće i grmlje u zimskom razdoblju, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 256 str., Zagreb.

Rungis, D., M. Laivins, A. Gailite, A. Korica, D. Lazdina, V. Skipars, I. Veinberga, 2017: Genetic analysis of Latvian *Salix alba* L. and hybrid populations using nuclear and chloroplast DNA markers, iForest 10: 422-429.

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

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.

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.