

# VARIJABILNOST MORFOLOŠKIH SVOJSTAVA LISTOVA EUROPSKE CRNE TOPOLE I HIBRIDNIH CRNIH TOPOLA U KLONSKOM ARHIVU U ŽEPČU

## VARIABILITY OF LEAF MORPHOLOGICAL TRAITS OF EUROPEAN BLACK POPLAR AND HYBRID BLACK POPLARS IN THE CLONE ARCHIVE IN ŽEPČE

Mirzeta MEMIŠEVIĆ HODŽIĆ<sup>1</sup>, Dalibor BALLIAN<sup>2,3,4,\*</sup>

### SAŽETAK

Crna topola (*Populus nigra* L.) je jedna od najznačajnijih europskih vrsta drveća koja nastanjuje aluvijalna staništa uz obale velikih rijeka. Danas je jedna od najugroženijih vrsta šumskog drveća zbog devastacije staništa, regulacije riječnih tokova, i pretjerane eksploatacije, kao i unošenja alohtonih vrsta drveća s kojima je hibridizirala. Cilj ovog istraživanja je utvrditi varijabilnost morfoloških svojstava listova crne topole unutar i između klonova autohtonih populacija i hibrida, te između riječnih slivova u Bosni i Hercegovini, kako bi se učinkovitije pristupilo zaštiti i oplemenjivanju ove vrste.

Istraživan je materijal iz klonskog arhiva crnih topola. Arhiv je osnovan 2005. godine u Žepču, od klonova sa 161 stabla autohtonih crnih topola iz 26 populacija širom Bosne i Hercegovine (iz slivova 6 rijeka) te 15 hibridnih vrsta topola. Mjereno je po 5 listova od svakoga klona, a uziman je peti list od vrha glavnog izbojka. Mjerenje je vršeno digitalnim pomičnim mjerilom sa preciznošću od 0.1mm i kutomjerom. Mjereni su: dužina plojke, širina plojke, dužina peteljke, ukupna dužina lista, ugao insercije prvog bočnog nerva i centralnog nerva, udaljenost između najšireg dijela lista i baze lista, broj zubaca u dužini od 1cm iznad najšireg dijela lista. Podaci su obrađeni korištenjem SPSS 26.0 i EXCEL-a, i to prema populacijama i prema slivovima rijeka.

Analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike između ispitivanih populacija, kao i između slivova rijeka, za sva istraživana svojstva. Najveću varijabilnost pokazalo je svojstvo dužine peteljke, a najmanju kut insercije prvog bočnog i centralnog nerva. Populacija dlakavih crnih topola Čapljina ima najmanje dimenzije listova i značajno odstupa u svim mjerenim svojstvima od ostalih. Najčešći broj zubaca na 1cm lisnog ruba je 4 zupca koji se pojavljuje na 38,3% listova.

Ovo istraživanje daje mali uvid u morfološke karakteristike crnih topola u klonskom arhivu Žepče, te može predstavljati osnovu za daljnja istraživanja u cilju potpunijeg razumijevanja svojstava crnih topola potrebnih za uspješan nastavak rada na oplemenjivanju ove vrste.

**KLJUČNE RIJEČI:** europska crna topola, klonski arhiv, morfološka svojstva listova

<sup>1</sup> Dr. sci. Mirzeta Memišević Hodžić, Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet, Bosna i Hercegovina

<sup>2</sup> Prof. dr. sci. Dalibor Ballian, Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet

<sup>3</sup> Gozdarski Inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

<sup>4</sup> Akademija nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine, Bistrik 7, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

\*Koresponding autor: Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet, Bosna i Hercegovina, Katedra za uzgajanje šuma i urbanog zelenila, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina, e-mail: balliandalibor9@gmail.com

## 1. UVOD INTRODUCTION

Crna topola (*Populus nigra* L.) je jedna od najznačajnijih europskih vrsta drveća koja nastanjuje aluvijalna staništa uz obale velikih rijeka. Ipak je ova vrsta dugo vremena bila zapostavljena sa ekonomskog gledišta u mnogim europskim zemljama. Danas je jedna od najugroženijih vrsta šumskog drveća, zbog devastacije staništa, regulacije riječnih tokova i pretjerane eksploatacije (Ballian 2017; Čortan i sur. 2013, 2014, 2015).

Još jedna prijetnja po opstanak crne topole u Europi pojavila se u 18. stoljeću, kada su prvi put na tlo Europe unešene alohtone vrste topola. Međusobnom hibridizacijom autohtonih crnih topola sa unešenim američkim topolama (*Populus deltoides* L.) nastale su hibridne topole koje su pokazale bolja uzgojna svojstva od autohtone crne topole, te je zbog toga nastavljen rad na daljnoj hibridizaciji i selekciji hibrida sa još povoljnijim uzgojnim svojstvima. Za to vrijeme je autohtona vrsta zanemarena i ostavljena da se sama bori sa prijetnjom intogresije gena alohtonih vrsta topola. Zbog svega toga crna topola polagano nestaje, što potvrđuju i izvještaji sa sastanaka EUFORGEN – *Populus nigra* Network, gdje je evidentirano smanjenje populacija crne topole u mnogim zemljama (Koskela i sur. 2004).

Stanje u Bosni i Hercegovini je nešto bolje nego u većini europskih zemalja, s obzirom da su alohtone vrste topola

unošene u manjoj mjeri. Također, osnivanje plantaža hibridnih topola nikada nije zaživjelo, tako da nije došlo do veće intogresije alohtonih gena u prirodne populacije (Ballian 2004, 2017).

Međutim, iako je autohtoni genofond crnih topola ostao poprilično sačuvan od intogresije stranih gena, topole u Bosni i Hercegovini nestaju radi raznih vidova devastacije njihovog prirodnog staništa. Ballian i Mekić (2008) navode da je, s obzirom na trenutno stanje koje vlada u području rasprostiranja crne topole, te na sustavno uništavanje njenog prirodnog areala, potrebno hitno izvršiti zaštitu njenog genofonda. To je jedino moguće kroz podizanje klonskih arhiva *ex situ*, na zaštićenim mjestima koja su znatno manje izložena ljudskim aktivnostima. Tako je osnovana klonska arhiva crnih topola *ex situ* u rasadniku Žepče, koja je predmet morfoloških istraživanja ovoga rada.

Cilj ovog istraživanja je utvrditi unutarpopulacijsku i međupopulacijsku varijabilnost morfoloških svojstava lista crne topole u Bosni i Hercegovini kako bi se učinkovitije pristupilo zaštiti i oplemenjivanju ove vrste.

## 2. MATERIJALI I METODE MATERIAL AND METHODS

Klonski arhiv crnih topola osnovan je 2005. godine unutar rasadnika Žepče (Ballian i Mekić 2008). U klonski arhiv je uključeno 161 stablo autohtonih crnih topola, sa 26 lokacija

**Tablica 1.** Informacije o populacijama od kojih je osnovan klonski arhiv

**Table 1.** Information on the populations from which the clone archive was established

Rijeka River	Lokalitet Locality	Zemljopisna dužina Latitude	Zemljopisna širina Longitude	Nadmorska visina (m) Altitude (m)	Broj klonova Number of clones	Šifra ekološko-vegetacijske pripadnosti Code of ecological and vegetation raionization
Neretva	Konjic	43°40'11"	17°58'36"	341	12	4.3.1.
	Čapljina	43°08'41"	17°43'47"	36	14	4.3.2.
Bosna	Sarajevo	43°51'20"	18°24'08"	539	4	3.3.3
	Ilidža	43°49'16"	18°17'57"	496	1	3.3.3
	Visoko	43°59'27"	18°10'56"	422	4	3.3
	Kakanj	44°07'13"	18°06'36"	375	4	3.3.3
	Rudnik	44°08'10"	18°03'40"	410	4	3.3.3
	Bilješevo	44°07'57"	17°59'48"	362	9	3.3.3
	Babina rijeka	44°11'55"	17°55'30"	345	6	3.3.3
	Zenica	44°12'12"	17°54'43"	315	5	3.3.3
	Maglaj	44°34'24"	18°06'10"	201	4	3.4
Doboj	44°44'24"	18°05'55"	137	13	1.1	
Lašva	Travnik	44°13'08"	17°41'30"	476	4	3.3.3
Vrba	Bugojno	44°00'57"	17°29'14"	600	9	3.3.2
	Jajce	44°18'58"	17°14'48"	389	2	3.2.1
	Podmilačje	44°21'59"	17°17'48"	351	4	3.2.1
	Krupa	44°36'52"	17°08'55"	211	4	3.2.1
	Toplice	44°44'18"	17°09'17"	170	7	1.2
	Banja Luka	44°46'09"	17°13'05"	152	10	1.2
Drina	Osanica	43°36'36"	18°52'07"	359	8	2.2.3
	Kopači	43°40'26"	19°02'01"	348	8	2.2.3
	Tegare	44°06'53"	19°29'20"	187	15	2.1.3
	Bratunac	44°10'08"	19°23'57"	173	2	2.1.3
Spreča	Lukavac	44°33'15"	18°28'44"	175	4	1.1
	Gračanica	44°40'40"	18°18'13"	154	2	1.1
	Velika Brijesnica	44°43'28"	18°10'23"	144	2	1.1

(tablica 1), te 15 hibridnih topola (tablica 2). Autohtoni materijal je sabran iz prirodnih populacija crnih topola u Bosni i Hercegovini. Sabirane su grančice sa pupovima u fazi zimskog mirovanja tijekom veljače, ožujka i travnja, prije kretanja vegetacije. Materijal je selekcioniran prema uputama koje je dao EUFORGEN (Van den Broeck 2003). Selekcionirana su samo stara stabla, čija je starost bila preko 80 godina, da bi se izbjegla genetička kontaminacija alohtonim genofondom, odnosno introgresija neželjenih gena. Uz tipične populacije koje su uključene u arhivu, uključena je i jedna specifična populacija koja se javlja na rudničkom jalovištu u neposrednoj blizini Kaknja, zbog specifičnih uvjeta u kojima egzistira. To su potpuno uništena tla s jako siromašnim deposolom i pješčarsko-laporastom geološkom podlogom.

Svako stablo je razmnoženo u 10 do 15 kopija, odnosno klonova.

Također su uključene i hibridne komercijalne topole, koje su dobivene iz razmjene sa susjednom Hrvatskom.

Za potrebe morfoloških istraživanja, lisni materijal je sakupljen nakon što je potpuno završen razvoj lista. Sakupljeno je po 10 listova od svakoga klona, uzimajući peti list od vrha glavnog izbojka sa 10 rameta. Svi listovi su sabrani u roku od tri dana, te su propisno herbarizirani i sačuvani. Mjereno je 5 listova od svakoga klona, koji nisu bili oštećeni. Mjerenje je vršeno digitalnim pomičnim mjerilom sa preciznošću od 0.1 mm i kutomjerom, a mjerena su sljedeća svojstva (slika 1)



**Slika 1.** Mjerena svojstva lista  
**Figure 1.** Measured traits of leaves

Podaci su statistički obrađeni u SPSS 20.0 i u EXCELU. Urađena je deskriptivna analiza, analiza varijanse, te multipli Duncanov test i hijerarhijska klaster analiza metodom povezivanja između grupa koristeći kvadratnu euklidsku distancu prema populacijama/hibridima. Deskriptivna analiza, analiza varijanse, te multipli Duncanov test urađeni su i po slivovima rijeka.

**Tablica 2:** Hibridne topole uključene u arhivu

**Table 2:** Hybrid poplars included in the archive

Hibridne topole uključene u arhivu Hybrid poplars included in the archive	Broj klonova uključenih u arhivu Number of clones included in the archive
<i>Populus nigra</i> var. <i>Italica</i>	1
<i>Populus serotina</i> - <i>robusta</i>	1
<i>Populus deltoides</i> - 710	1
<i>Populus deltoides</i> Krka – S-6-20	1
<i>Populus deltoides</i> Krka – S-6-20	1
<i>Populus deltoides</i> Dunav – S-1-8	1
<i>Populus deltoides</i> Sava – S-6-36	1
<i>Populus x canadensis</i> BL Constanzo	1
<i>Populus x canadensis</i> San Martino	1
<i>Populus x canadensis</i> Triplo	1
<i>Populus x canadensis</i> I-214	1
<i>Populus x canadensis</i> Tiepolo	1
<i>Populus x canadensis</i> M-1	1

### 3. REZULTATI RESULTS

Rezultati deskriptivne analize svojstava listova po populacijama prikazane su u tablici 3.

Najveću prosječnu ukupnu dužinu lista imao je hibrid *Populus x canadensis*-*San Marino*, dok je od autohtonih populacija najveće prosječne vrijednosti za ukupnu dužinu lista imala populacija Sarajevo. Najmanju prosječnu vrijednost ukupne dužine lista imala je populacija Čapljina.

Najveću prosječnu vrijednost širine lista pokazala je *Populus x canadensis* M1, a od autohtonih populacija Banja Luka i Bilješevo. Najmanju prosječnu širinu lista imala je populacija Čapljina.

Najveću prosječnu vrijednost za svojstvo udaljenost najšireg dijela plojke od baze lista imao je hibrid *Populus x canadensis*-*San Marino*, a od autohtonih populacija Bilješevo. Najmanju prosječnu vrijednosti imala je populacija Čapljina.

Najveću prosječnu vrijednost svojstva kut insercije između prvog bočnog i centralnog nerva imala je populacija Kopači, dok je najmanja prosječna vrijednost bila kod hibridne topole *Populus deltoides* Sava S-6-36.

Rezultati broja zubaca na 1 cm dužine ruba lista za sve populacije zajedno prikazani su na slici 2. Najveći broj populacija imao je 4 zupca na 1 cm dužine listnog ruba, a najmanji broj populacija 8 zubaca. Devet listova ili 1.3% od svih ukupno izmjerenih, imalo je 8 zubaca, od kojih je većina pripadala populaciji Čapljina. Populacija Čapljina također je imala najveći postotak listova sa 6 zubaca na 1 cm listnog ruba (44.6%). Populacija Gračanica imala je 50% listova sa po 5 zubaca. Što se alohtonih i hibridnih topola tiče, najviše klonova imaju postotno najviše listova sa po 3 zupca.

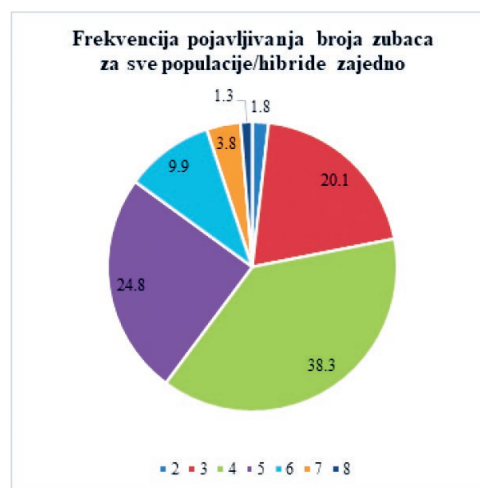
**Tablica 3.** Rezultati deskriptivne analize za istraživana svojstva listova po populacijama**Table 3.** Results of descriptive analysis for investigated leaf traits per populations

Populacija/ klon (rameta) Population/clone (ramet)	N	ukupna dužina lista (mm) total leaf length (mm)		dužine lisne plojke (mm) leaf blade length (mm)		Širina lisne plojke (mm) leaf blade width (mm)	
		Prosjeak Mean	Std. dev.	Prosjeak Mean	Std. dev.	Prosjeak Mean	Std. dev.
Banja Luka	51	160,0	18,2	100,1	9,1	115,5	10,2
Tegare	55	154,4	17,2	96,7	10,9	103,9	9,0
Osanica	5	130,8	13,8	84,9	9,3	83,5	9,7
Kopači	40	144,5	12,8	93,0	7,2	95,6	8,8
Kakanj	10	144,4	15,8	95,2	6,3	100,8	6,4
Visoko	20	128,6	9,1	85,7	6,8	95,2	11,0
Lukavac	15	148,0	9,4	91,3	6,8	103,6	14,2
V. brijesnica	10	130,2	13,5	86,4	9,7	83,3	17,6
Gračanica	10	151,0	24,2	99,2	17,6	113,3	18,0
Rudnik	10	118,1	30,5	76,4	21,3	84,9	25,0
Ilidža	5	131,1	15,0	86,1	14,2	86,7	10,8
Čapljina	65	87,6	9,2	57,9	6,7	58,9	10,4
Sarajevo	10	162,5	15,8	104,1	15,3	109,7	11,5
Zenica	25	143,5	20,7	92,8	10,4	98,9	23,6
Bilješevo	39	162,0	12,0	101,9	11,4	115,4	14,9
Babina rijeka	30	138,7	17,3	90,3	12,5	98,5	13,1
Podmilačje	20	157,2	13,6	98,6	7,8	111,1	10,6
Krupa	15	147,1	19,6	95,2	12,4	102,4	15,8
Jajce	10	139,1	11,9	89,0	10,0	91,1	12,0
Bugojno	30	138,2	10,2	85,3	5,8	93,9	8,0
Konjic	35	146,9	18,0	91,5	11,9	96,4	16,8
Doboj	50	142,5	24,6	93,0	15,1	96,8	15,3
Maglaj	15	158,6	15,6	102,9	10,3	95,1	13,0
Toplice	19	157,0	13,0	101,7	9,6	108,4	15,5
Travnik	20	147,4	17,0	95,7	11,3	103,3	13,0
Bratunac	4	156,6	18,4	99,4	9,3	97,4	13,0
P. x canadensis M1	5	238,6	11,5	145,2	7,0	157,3	15,7
P. deltoides Sava S-6-36	5	221,8	13,5	140,0	8,5	126,5	11,0
P. x canadensis-Tiepolo 275/81	5	201,1	11,4	128,6	7,8	131,5	6,1
P. x canadensis I-214	5	201,5	5,1	130,6	4,1	129,8	3,7
P. x canadensis-Triplo	5	198,4	7,8	129,5	6,4	138,7	15,6
P. x canadensis-San Marino	5	256,0	13,6	158,8	10,3	151,7	12,3
P. x canadensis -B.I constanzo	5	207,3	10,6	131,7	6,3	126,5	2,3
P. deltoides-Dunav S-1-8	5	175,8	8,7	113,0	6,1	104,9	3,1
P. deltoides S-6-20	5	200,9	12,9	117,7	11,2	118,9	9,7
P. deltoides 710	4	222,4	18,9	149,7	17,1	150,5	4,7
P.Serotina	4	201,5	8,0	117,7	2,7	124,6	8,1
P.nigra var.Italica	5	131,3	4,8	77,8	3,8	89,3	23,0
Ukupno/Total	678	147,1	32,3	93,9	19,9	100,1	22,3

Analiza varijance pokazala je da su razlike statistički značajne za populaciju kao izvor variranja za sva svojstva (Fizr.>Ftab., sig. < 0,05), a rezultati su prikazani u tablici 4.

Nakon što je analizom varijance utvrđeno da postoji statistički značajna razlika između populacija/hibrida po svim svojstvima, urađen je Duncan test kako bi se utvrdilo grupiranje populacija za svako pojedinačno svojstvo. Broj grupa dobijenih Duncan testom po svojstvima prikazan je u tablici 5.

Za svojstva ukupne dužine lista, dužine lisne plojke, duljine peteljke i udaljenosti najšireg dijela lista od baze lista, dobili smo grupiranje populacija u 13 grupa koje se međusobno preklapaju. Karakteristična je populacija Čapljina koja se izdvaja u zasebnu grupu s najmanjim prosječnim vrijednostima za ova svojstva. Za svojstvo širine lista populacije se grupiraju u 17 grupa koje se međusobno preklapaju, a

**Slika 2.** Frekvencija broja zubaca po 1 cm lisnog ruba za sve populacije zajedno**Figure 2.** Frequency of number of teeth per 1 cm of leaf edge for all populations

također se izdvaja populacija Čapljina sa prosječno najmanjom širinom lista. Za svojstvo broj zubaca na 1 cm dužine lisnog ruba populacije grupirane su u devet grupa koje se međusobno preklapaju. Hibridne topole *Populus deltoides* S-6-20, *Populus deltoides* Sava S-6-36 i *Populus deltoides*-Dunav S-1-8 izdvajaju se u zasebne grupe, kao i populacija Čapljina.

Dendrogram (slika 3) pokazuje grupiranje populacija/hibrida tako da su hibridi (osim *P. nigra* var *italica*, *P. deltoides* Dunav S-1-8 i *P. afganica*) odvojeni u zaseban klaster sa većim prosječnim vrijednostima svojstava dužine i širine lista i dužine peteljke. Zaseban klaster također čine popu-

lacije Babina Rijeka, Maglaj, Kakanj, Tegare, Lukavac, Konjic, Toplice, Podmilačje, Krupa, Čapljina, Bugojno, Kopači, Zenica, Jajce i Visoko, zajedno sa hibridom *P. serotina*, koji imaju niže prosječne vrijednosti svojstava dužine i širine lista i dužine peteljke.

Rezultati morfologije listova obrađeni su i po slivovima rijeka, a rezultati su prikazani u tablici 6. Najveće prosječne vrijednosti ukupne dužine lista imali su klonovi hibrida (204.7 mm), a zatim klonovi podrijetlom iz populacija sa obala Vrbasa (151.9 mm). Najmanju prosječnu vrijednost dužine listova imali su klonovi iz doline Neretve (108.4 mm). Najveću prosječnu širinu lisne plojke također su imali

**Tablica 3.1.** Rezultati deskriptivne analize za istraživana svojstva listova po populacijama

**Table 3.1.** Results of descriptive analysis for investigated leaf traits per populations

Populacija/ klon (rameta) Population/clone (ramet)	N	Dužina peteljke (mm) petiole length (mm)		udaljenost najšireg dijela plojke od baze lista (mm) distance of the widest part of leaf blade from the leaf base (mm)		kut insercije između prvog bočnog i centralnog nerva (*) the angle of insertion between the first lateral and central nerve (*)	
		Prosjek Mean	Std. dev.	Prosjek Mean	Std. dev.	Prosjek Mean	Std. dev.
Banja Luka	51	59,6	11,0	25,3	2,8	32,9	4,4
Tegare	55	57,8	8,0	25,8	4,7	35,6	6,6
Osanica	5	44,8	4,4	27,5	6,7	38,4	5,2
Kopači	40	51,4	7,5	27,9	3,4	44,1	5,2
Kakanj	10	49,7	9,2	24,4	1,8	37,6	4,1
Visoko	20	43,1	3,6	26,1	3,9	42,9	4,0
Lukavac	15	56,0	7,4	25,4	3,0	39,5	4,2
V. brijesnica	10	44,9	3,6	25,2	2,9	40,7	3,3
Gračanica	10	51,9	7,4	26,1	1,5	36,1	3,1
Rudnik	10	41,5	9,3	24,3	5,6	41,5	3,9
Ilidža	5	54,6	23,3	22,3	3,2	32,0	2,0
Čapljina	65	30,4	5,1	16,5	2,5	37,1	5,0
Sarajevo	10	56,2	7,6	26,4	4,6	32,3	6,0
Zenica	25	51,4	10,5	28,9	7,3	42,4	3,4
Bilješevo	39	60,0	4,5	29,8	4,6	35,6	4,9
Babina rijeka	30	48,3	5,7	25,5	5,3	38,5	4,6
Podmilačje	20	58,8	8,1	23,6	2,1	36,4	4,6
Krupa	15	51,7	7,9	23,7	3,0	39,5	5,9
Jajce	10	48,7	5,5	22,4	3,7	37,3	7,1
Bugojno	30	53,3	4,8	28,5	3,1	42,7	3,1
Konjic	35	55,1	8,2	23,3	4,0	40,7	4,3
Doboj	50	49,7	11,4	24,6	4,2	39,1	5,6
Maglaj	15	55,2	7,7	26,4	2,5	42,1	2,8
Toplice	19	55,5	7,4	27,5	4,4	37,9	3,1
Travnik	20	52,8	8,4	24,6	3,6	34,8	3,0
Bratunac	4	54,6	9,7	26,0	3,7	42,3	2,6
P. x canadensis M1	5	92,1	5,9	23,7	1,4	23,4	2,3
P. deltoides Sava S-6-36	5	78,4	4,8	26,9	3,3	22,0	2,1
P. x canadensis-Tiepolo 275/81	5	72,5	5,7	29,9	4,2	24,2	7,1
P. x canadensis I-214	5	69,6	4,1	32,9	3,3	30,6	5,5
P. x canadensis-Triplo	5	74,6	13,3	32,1	3,9	25,0	1,2
P. x canadensis-San Marino	5	94,8	9,9	32,3	3,8	24,6	3,5
P. x canadensis -B.I constanzo	5	73,2	4,0	29,5	5,5	28,0	2,8
P. deltoides-Dunav S-1-8	5	65,6	10,9	22,5	1,7	29,6	7,3
P. deltoides S-6-20	5	80,4	6,6	24,0	1,9	24,8	2,9
P. deltoides 710	4	73,3	1,7	30,2	0,7	23,3	2,2
P.Serotina	4	81,3	6,3	30,6	2,6	25,8	2,5
P.nigra var.Italica	5	46,4	14,4	19,0	1,4	32,4	6,5
Uupno/Total	678	53,2	13,7	25,2	5,2	37,2	6,6



**Tablica 4.** Rezultati analize varijance za svojstva listova po populacijama/hibridima**Table 4.** Results of variance analysis for leaf traits per populations/hybrids

Zavisna varijabla Dependent variable	Izvor variranja Source of variation	Suma kvadrata Sum of square	Stepeni slobode Degree of freedom	Sredina kvadrata Mean Square	F	Signifikantnost Significance
Ukupna dužina lista / Total leaf length	Između grupa/Between groups	520786,270	39	13353,494	46,372	0,000
	Unutar grupa/Within groups	183722,773	638	287,967		
	Ukupno/Total	704509,043	677			
Dužina lisne plojke / Leaf blade length	Između grupa/Between groups	194770,151	39	4994,106	43,073	0,000
	Unutar grupa/Within groups	73972,985	638	115,945		
	Ukupno/Total	268743,136	677			
Dužina peteljke / Petiole length	Između grupa/Between groups	84529,255	39	2167,417	32,871	0,000
	Unutar grupa/Within groups	42067,519	638	65,937		
	Ukupno/Total	126596,774	677			
Širina lisne plojke / Leaf blade width	Između grupa/Between groups	231634,448	37	6351,302	39,662	0,000
	Unutar grupa/Within groups	100704,764	638	157,844		
	Ukupno/Total	332339,212	675			
Kut insercije prvog bočnog i centralnog nerva / Insertion angle of the first lateral and central nerve	Između grupa/Between groups	15158,128	39	388,670	17,272	0,000
	Unutar grupa/Within groups	14356,640	638	22,503		
	Ukupno/Total	29514,768	677			
Udaljenost najšireg dijela lista od baze lista / Distance the widest part of the leaf from the leaf base	Između grupa/Between groups	8827,822	39	226,354	14,743	0,000
	Unutar grupa/Within groups	9795,433	638	15,353		
	Ukupno/Total	18623,255	677			
Broj zubaca / Number of teeth	Između grupa/Between groups	492,678	39	12,633	19,722	0,000
	Unutar grupa/Within groups	408,661	638	0,641		
	Ukupno/Total	901,339	677			

**Tablica 5.** Broj grupa po svojstvima prema Duncan testu po populacijama/hibridima**Table 5.** Number of groups by leaf traits according to Duncan test per populations/hybrids

Svojstvo lista/ Leaf trait	Broj grupa/ Number of groups
Ukupna dužina lista	13
Dužina lisne plojke	13
Dužina peteljke	13
Širina lista	17
Kut insercije	17
Udaljenost najšireg dijela lista od baze lista	13
Broj zubaca na 1 cm dužine lisnog ruba	9

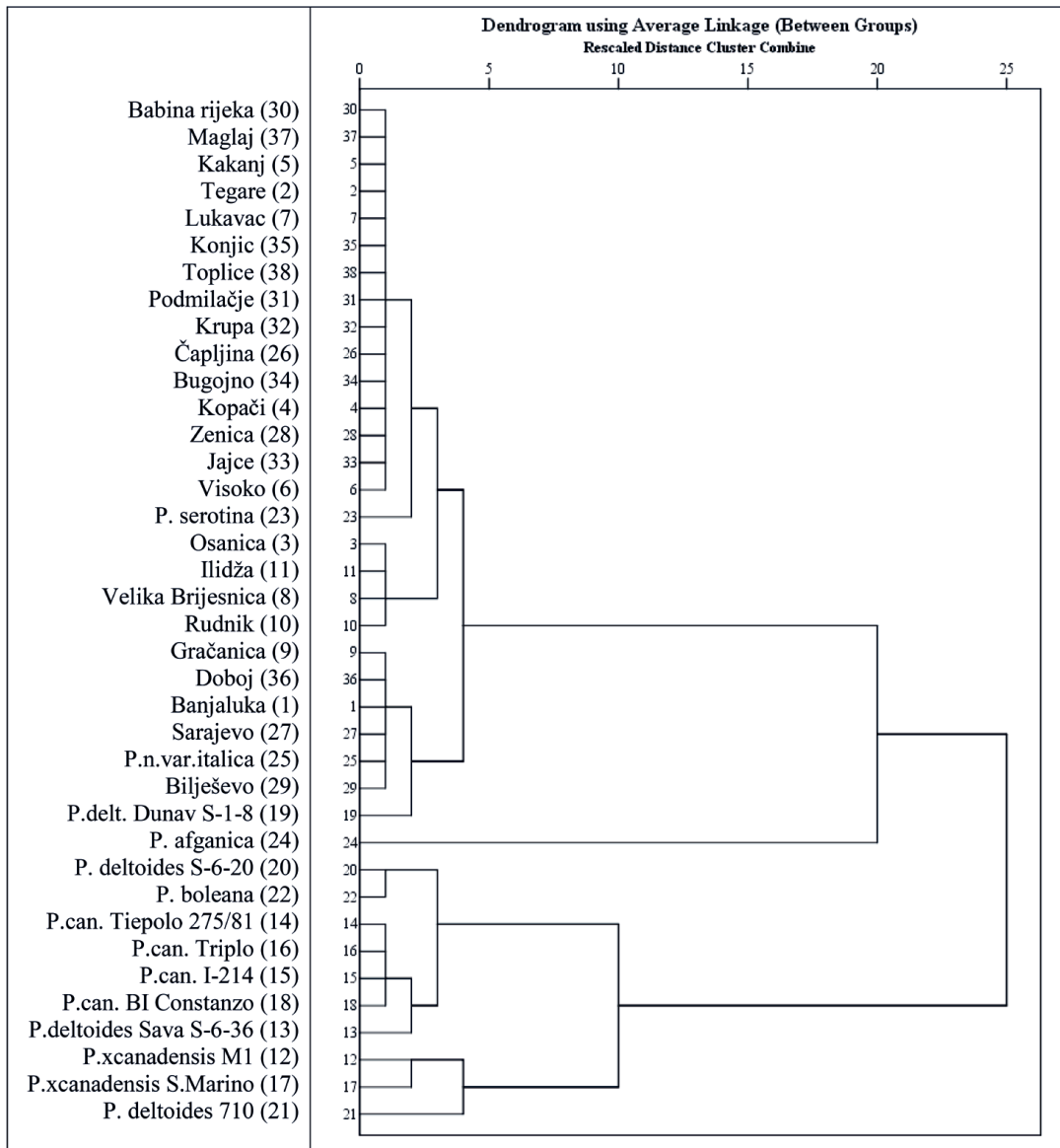
hibridi (130.5 mm), zatim klonovi iz doline Vrbasa (106.8 mm), a najmanju klonovi iz doline Neretve (71.2 mm).

Frekvencija pojavljivanja broja zubaca po slivovima rijeka prikazana je na slici 4. Najčešće se pojavljuje 4 zupca po 1 cm ruba lista. Kod hibrida, kao i klonova iz doline Bosne, pojavljuje se i 2 zupca po 1 cm ruba, dok se kod klonova iz doline Neretve javlja i 8 zubaca po 1 cm.

Analiza varijance za istraživanja svojstva napravljena je i po slivovima rijeka iz kojih potječu populacije od kojih je uzet klonski materijal za podizanje testa. Ova analiza pokazala

**Tablica 6.** Rezultati deskriptivne analize za istraživanja svojstva listova po slivovima rijeka**Table 6.** Results of descriptive analysis for investigated leaf traits per river basins

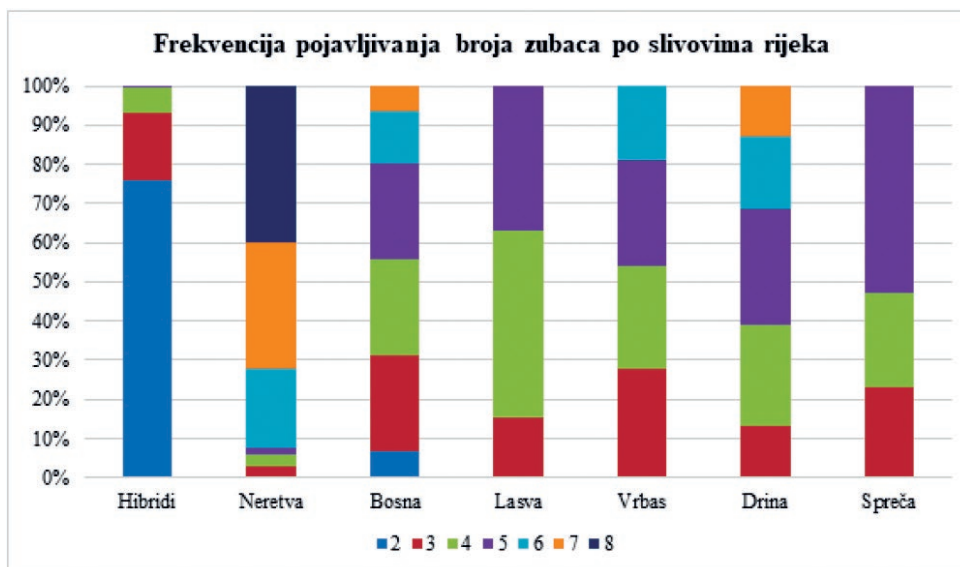
Riječni sliv River basin	N	ukupna dužina lista (mm) total leaf length (mm)		dužine lisne plojke (mm) leaf blade length (mm)		Širina lisne plojke (mm) leaf blade width (mm)	
		Prosjeak Mean	Std. dev.	Prosjeak Mean	Std. dev.	Prosjeak Mean	Std. dev.
Hibridi	60	204.7	31.8	128.4	21.7	130.5	18.9
Neretva	100	108.4	31.2	69.6	18.3	71.2	21.6
Bosna	184	146.9	22.8	94.7	14.8	101.2	18.3
Lašva	20	147.4	17.0	95.7	11.3	102.3	14.1
Vrbasa	144	151.9	17.6	95.7	10.7	106.8	14.4
Drina	135	146.1	17.3	93.5	9.8	98.8	10.3
Spreča	35	143.8	17.8	92.1	12.3	100.7	19.8
Ukupno/Total	678	147.1	32.3	93.9	19.9	100.1	22.3



**Slika 3.** Dendrogram grupiranja populacija/hibrida po svojstvima dužine i širine lista i dužine peteljke  
**Figure 3.** Dendrogram of grouping of populations/hybrids by leaf length, leaf width and petiole length

**Tablica 6.1.** Rezultati deskriptivne analize za istraživana svojstva listova po slivovima rijeka  
**Table 6.1.** Results of descriptive analysis for investigated leaf traits per river basins

Riječni sliv River basin	N	Dužina peteljke (mm) petiole length (mm)		udaljenost najšireg dijela plojke od baze lista (mm) distance of the widest part of leaf blade from the leaf base (mm)		kut insercije između prvog bočnog i centralnog nerva (°) the angle of insertion between the first lateral and central nerve (°)	
		Prosjeak Mean	Std. dev.	Prosjeak Mean	Std. dev.	Prosjeak Mean	Std. dev.
Hibridi	60	76,4	12,9	27,8	5,1	26,1	4,6
Neretva	100	38,7	13,4	18,8	4,4	38,5	5,0
Bosna	184	52,2	9,9	26,6	5,4	38,5	5,5
Lašva	20	51,7	7,8	24,5	3,6	34,5	2,7
Vrba	144	56,2	9,1	25,7	3,6	37,1	5,7
Drina	135	52,6	9,1	26,4	4,2	39,7	6,6
Spreča	35	51,6	7,9	25,4	2,6	38,7	4,1
<b>Ukupno/Total</b>	<b>678</b>	<b>53,2</b>	<b>13,7</b>	<b>25,2</b>	<b>5,2</b>	<b>37,2</b>	<b>6,6</b>



**Slika 4.** Frekvencija pojavljivanja broja zubaca po slivovima rijeka  
**Figure 4.** Frequency of number of teeth per river basins

je da postoje statistički značajne razlike između slivova rijeka za sva promatrana svojstva.

Nakon što je analizom varijance utvrđeno da postoji statistički značajna razlika između slivova rijeka po svim svojstvima, učinjen je Duncan test kako bi se utvrdilo gru-

**Tablica 7.** Rezultati analize varijance za svojstva listova po riječnim slivovima  
**Table 7.** Results of variance analysis for leaf traits per river basins

Zavisna varijabla Dependent variable	Izvor variranja Source of variation	Suma kvadrata Sum of square	Stepeni slobode Degree of freedom	Sredina kvadrata Mean Square	F	Signifi kantnost Signifi cance
Ukupna dužina lista / Total leaf length	Između grupa/Between groups	353050,137	6	58841,689	112,340	0,000
	Unutar grupa/Within groups	351458,906	671	523,784		
	Ukupno/Total	704509,043	677			
Dužina lisne plojke / Leaf blade length	Između grupa/Between groups	130920,010	6	21820,002	106,232	0,000
	Unutar grupa/Within groups	137823,126	671	205,400		
	Ukupno/Total	268743,136	677			
Dužina peteljke / Petiole length	Između grupa/Between groups	54760,809	6	9126,802	85,251	0,000
	Unutar grupa/Within groups	71835,965	671	107,058		
	Ukupno/Total	126596,774	677			
Širina lisne plojke / Leaf blade width	Između grupa/Between groups	145873,921	6	24312,320	86,085	0,000
	Unutar grupa/Within groups	189504,550	671	282,421		
	Ukupno/Total	335378,471	677			
Kut insercije prvog bočnog i centralnog nerva / Insertion angle of the first lateral and central nerve	Između grupa/Between groups	9009,945	6	1501,658	49,140	0,000
	Unutar grupa/Within groups	20504,823	671	30,559		
	Ukupno/Total	29514,768	677			
Udaljenost najšireg dijela lista od baze lista / Distance of the widest part of leaf from the leaf base	Između grupa/Between groups	5053,329	6	842,221	41,646	0,000
	Unutar grupa/Within groups	13569,927	671	20,223		
	Ukupno/Total	18623,255	677			
Broj zubaca / Number of teeth	Između grupa/Between groups	259,413	6	43,236	45,194	0,000
	Unutar grupa/Within groups	641,926	671	0,957		
	Ukupno/Total	901,339	677			



**Tablica 8.** Broj grupa po svojstvima listova prema Duncan testu po slivovima rijeka

Table 8. Number of groups by leaf properties according to Duncan test per river basins

Svojstvo lista / Leaf trait	Broj grupa / Number of groups
Ukupna dužina lista/ Total leaf length	3
Dužina lisne plojke/Leaf blade length	3
Dužina peteljke/Leaf petiole length	4
Širina plojke/Leaf blade width	4
Kut insercije/Incision angle	4
Udaljenost najšireg dijela lista od baze lista / Distance of the widest part of leaf from the leaf base	4
Broj zubaca na 1 cm dužine lisnog ruba/Number of teeth	3

piranje slivova za svako pojedinačno svojstvo. Broj grupa dobijenih Duncan testom po svojstvima prikazan je u tablici 8.

Po većini svojstava (dužina lista, dužina plojke, dužina peteljke, širina plojke, udaljenost najšireg dijela lista od baze, broj zubaca) sliv rijeke Neretve čini jednu grupu, sa najnižim prosječnim vrijednostima svojstava, hibridi također jednu grupu, s najvišim prosječnim vrijednostima svojstava, a svi drugi slivovi nalaze se u jednoj grupi ili dvije grupe koje se međusobno preklapaju. Prema kutu insercije prvog bočnog nerva od centralnog nerva hibridi se izdvajaju u jednu grupu, sliv Lašve u drugu, a ostali slivovi dijele se u dvije grupe koje se međusobno preklapaju.

#### 4. RASPRAVA DISCUSSION

Morfološka svojstva lista su uvjetovana ekološkim i genetičkim faktorima. Određena svojstva lista koja su pod jačom genetičkom kontrolom koriste se za utvrđivanje varijabilnosti između različitih populacija topola, kao i za utvrđivanje varijabilnosti unutar pojedinih populacija. Istraživanja morfoloških svojstava listova mogu biti polazna osnova za istraživanje postojanja korelacije između veličine lista i prirasnih mogućnosti klonova, kao i za istraživanje mogućnosti proizvodnje biomase.

De Woody i sur. (2015.) navode da šumsko drveće obično sadrži visoku razinu neutralne genetske varijacije, a genetske razlike su često povezane s geografskom udaljenosti između populacija (izolacija uzrokovana distancom) ili su posljedica povijesnih događaja (izolacija uzrokovana kolonizacijom), dok su, nasuprot tomu, morfološke razlike uglavnom posljedica lokalne prilagodbe. Rezultati dobijeni u ovom istraživanju pokazuju statistički značajne razlike između populacija koje su geografski blizu, te se ne može reći da su razlike posljedica lokalne prilagodbe.

Ren i dr. (2020.) navode da morfološke karakteristike lista mogu biti korištene kao rani indikatori za unapređenje

učinkovitosti selekcije. Rezultati koje su Ren i dr. (2020) dobili u istraživanju morfoloških svojstava listova roditelja i potomstva u klonskoj arhivi u sjevernoj Kini pokazali su da su morfološke osobine listova bile pod jakom genetskom kontrolom te da se roditeljski klonovi s visokom općom kombinacijskom sposobnošću i specifičnom kombinacijskom sposobnošću mogu koristiti u heterozisnom oplemenjivanju, što će koristiti kao polaznu tačku za osmišljavanje nove strategije selekcije roditelja i potomstva. Tako i rezultati ovog istraživanja mogu poslužiti pri selekciji klonova, kao i za dodatna istraživanja proizvodnosti klonova i utvrđivanja korelacije između svojstava lista i prirasta.

Rezultati analize varijance u ovom istraživanju pokazali su statistički značajne razlike između ispitivanih populacija za sva analizirana morfološka svojstva listova. Usporedbom analiziranih svojstava listova pomoću koeficijenta varijabilnosti uočava se da je najveću varijabilnost imala dužina peteljke, s koeficijentom varijabilnosti od 25.8%, dok je najmanju varijabilnost imalo svojstvo kuta insercije prvog bočnog i centralnog nerva s koeficijentom varijabilnosti od 17.7%. Slične rezultate dobili su i Kajba i sur. (2004., 2015.) i Ballian i sur. (2009.) u istraživanjima listova crne topole sakupljenih iz 17 prirodnih populacija s područja Hrvatske i Bosne i Hercegovine, gdje su također utvrđene statistički značajne razlike za sva analizirana morfološka svojstva listova. Najveću varijabilnost pokazala je dužina peteljke s koeficijentom varijabilnosti od 16 % do 37.3%. Samo postojanje varijabilnosti svojstava između populacija ukazuje na mogućnost korištenja ovih populacija u aktivnostima selekcije i oplemenjivanja.

Rezultati deskriptivne analize mjerenih morfoloških svojstava listova autohtonih i hibridnih topola u klonskoj arhivi Žepče pokazali su da su listovi hibridnih topola u prosjeku duži, širi, te duže peteljke od listova autohtonih populacija topola, odnosno da hibridi imaju veću proizvodnju biomase uzimajući u obzir listove. Ovi rezultati se mogu koristiti prilikom odabira klonova za podizanje klonskih plantaža topola za proizvodnju biomase, a također mogu poslužiti kao osnova za daljnja istraživanja proizvodnosti klonova. Također i svojstvo kut insercije prvog bočnog i centralnog nerva je pokazalo niže vrijednosti kod klonova hibridnih topola nego kod autohtonih, što se može povezati s rezultatima koje su dobili Kajba i sur. (1999., 2002.), koji su utvrdili da u razlici između autohtonih i američkih topola najviše doprinosi kut prvog bočnog nerva i horizontale.

Rezultati deskriptivne analize dužine peteljke u ovom istraživanju pokazali su da su hibridne tople imale za oko 30% dužu peteljku od autohtonih topola, što je suglasno rezultatima do kojih su došli Brus i sur. (2010.), koji su utvrdili da je dužina peteljke značajan identifikacijski parametar između crne i kanadske topole.

Rezultati Duncanovog testa za morfološka svojstva listova u ovom istraživanju pokazali su izdvajanje populacije

Čapljina s najnižim vrijednostima svojstava, a klaster analiza je također pokazala da se populacija Čapljina nalazi u klasteru s nekoliko drugih populacija s nižim vrijednostima svojstava od prosjeka. Također i Duncan test po slivovima rijeka pokazuje odvajanje sliva rijeke Neretve u posebnu grupu. Ovo potvrđuje rezultate koje su dobili Kajba i dr. (2002.), koji su istraživali dlakavi tip crne topole (*P. nigra*) koji raste uz rijeku Neretvu (Bosna i Hercegovina) i utvrdili da se znatno se razlikuje od crne topole u obalnim populacijama uz rijeke u Hrvatskoj (Dunav, Drava i Sava). Također u istraživanje dlakavih topola (Kajba i sur. 2016.) utvrđene su značajne razlike između tipičnog i dlakavog tipa europske crne topole..

Čortan i sur. (2015.) istraživali su morfološku varijabilnost listova crne topole u dolinama najvećih rijeka Vojvodine (Dunav, Tisa, Sava). Rezultati analize varijance ukazuju na postojanje statistički značajnih razlika između individua u okviru populacija za sva ispitivana morfometrijska svojstva, a između populacija za svojstva širina lista, ugao između prvog nerva i horizontale, rastojanje između osnove lista i najšireg dijela lista i broj nerava na lijevoj strani lista). Rezultati Čortan i dr. (2015.) pokazali su izraženu varijabilnost kada su u pitanju parametri dužina peteljke, širina lista na 1 cm od vrha lista, rastojanje između osnove i najšireg dijela lista i ugao između prvog nerva i horizontale za koje se smatra da su pod izrazitom genetskom kontrolom, dok parametri širina lista, dužina lista i ukupna dužina lista, koji se odlikuju velikom plastičnošću, pokazuju manju varijabilnost. Rezultati analize morfoloških svojstava listova crne topole po slivovima rijeka također su pokazali statistički značajne razlike između slivova rijeka, što se može povezati s utjecajem razine vode. Miljković i Čortan (2020.), istražujući morfometrijska i morfološka svojstva lista crne topole u plavnim i neplavnim područjima sliva Dunava, utvrdili su da je utjecaj poplava statistički značajan za geometrijsku veličinu i oblik lista.

Varijabilnost između populacija autohtonih crnih topola utvrđena je također i molekularnim istraživanjima (Ballian i Tröber 2017.). Autori su istraživali genetsku strukturu šest bosanskohercegovačkih populacija crnih topola, uz uporabu deset mikrosatelitskih genskih lokusa te utvrdili veliki polimorfizam. U populaciji donji tok Neretve i gornji tok Vrbasa registriran je najmanji broj alela (34 i 29), dok je u populaciji gornji tok Bosne registriran ukupno 81 alel. Stvarne heterozigotnosti su skoro u svim slučajevima manje od teorijskih. Fiksacijski indeks u svim istraživanim populacijama pokazao je negativne ili vrlo male pozitivne veličine, ali s relativno malim vrijednostima, osim u slučaju populacije Neretva kod koje je prosječni koeficijent inbridinga iznosio 0,062. Ovi rezultati potvrđuju vezu između morfoloških i molekularnih istraživanja, s obzirom da je populacija Čapljina, pokazala izvjesna odstupanja od ostalih populacija, odnosno sliv Neretve od ostalih slivova.

DeWoody i dr. (2105.) godine istraživali su genetičke (mikrosatelitske) i morfološke varijacije kod *Populus nigra* na uzorcima sa 13 lokacija diljem zapadne Europe koji su gajeni na zajedničkoj lokaciji u Belgiji. Utvrdili su značajnu genetsku diferencijaciju te značajne korelacije pri usporedbi ekotipova malih listova s ekotipovima velikih listova, unutar uzoraka malih listova, ali ne unutar ekotipova velikih listova. To prema mišljenju autora indicira da varijacija unutar morfotipova malih listova može biti adaptivna.

Morfološka istraživanja listova mogu poslužiti prilikom izbora klonova za podizanje klonskih plantaža, a potrebno ih je povezati s dodatnim istraživanjima proizvodnosti klonova, kao i sa istraživanjima populacija.

## 5. ZAKLJUČAK CONCLUSION

Analizom varijance za morfometrijska svojstva listova crnih topola iz klonskog arhiva u Žepču, utvrđeno je da postoje statistički značajne razlike između klonova iz različitih populacija/hibrida, kao i između klonova iz različitih slivova rijeka, za sva promatrana svojstva.

Najveći varijabilitet je prisutan kod svojstva dužine peteljke s koeficijentom varijabilnosti od 25.8%, dok je najmanju varijabilnost pokazalo svojstvo kuta insercije prvog bočnog i centralnog nerva s koeficijentom varijabilnosti od 17.7%

Hibridne topole imaju krupnije listove od autohtonih topola, odnosno prosječne veličine za: ukupnu dužinu lista, dužinu lisne plojke, širinu lista, dužinu peteljke, te udaljenost najšireg dijela plojke od baze lista su veće kod klonova hibridnih nego klonova autohtonih populacija topola prisutnih u klonskoj arhivi.

Kut insercije prvog bočnog i centralnog nerva je veći kod klonova autohtonih populacija topola i varira od 32° do 44.1°, dok za klonove hibridnih topola kut insercije varira od 22° do 32.6°.

Klonovi populacije Banja Luka imali su najveću prosječnu ukupnu dužinu lista i širinu lista, a klonovi populacije Sarajevo najveću prosječnu dužinu lisne plojke. Klonovi populacije Bilješevo imali su najveću prosječnu dužinu peteljke i udaljenost najšireg dijela lisne plojke od baze lista. Klonovi populacije Čapljina imali su najmanje prosječne vrijednosti svih mjerenih svojstava osim kuta insercije prvog bočnog i centralnog nerva.

Klonovi najvećeg broja populacija (38.3%) imali su 4 zubca na 1cm dužine lisnog ruba iznad najšireg dijela lista. Klonovi većine autohtonih populacija imaju 4 zupca, iako značajan broj ima i 5 zubaca, dok su kod klonova hibridnih topola najčešći listovi sa po 3 zupca na 1cm dužine lisnog ruba. Klonovi populacije Čapljina jedini imaju postotno najviše zastupljenih listova sa po 6 zubaca na 1cm lisnog ruba.

Ovo istraživanje daje samo mali uvid u morfološke karakteristike crnih topola u klonskom arhivu Žepče te može predstavljati osnovu za daljnja istraživanja u cilju potpunijeg razumijevanja morfoloških i drugih svojstava crnih topola potrebnih za uspješan nastavak rada na oplemenjivanju ove vrste.

## LITERATURA REFERENCE

- Ballian, D., U. Tröber, 2017: Genetska karakterizacija europske crne topole (*Populus nigra* L.) u Bosni i Hercegovini. Šumarski list, 5-6:251-262
- Ballian, D., F. Mekić, 2008: Klonski arhiv bosanskohercegovačkih populacija crne topole (*Populus nigra* L.) u Žepču – podizanje i upotreba klonskog materijala. Naše šume, 12/13 :16-24.
- Ballian, D., 2004: The status of Black and White Poplar (*Populus nigra* L., *Populus alba* L.) in Bosnia and Herzegovina, In *Populus nigra* Network. Report of the 8th *Populus nigra* Network Meeting, Frankfurt (Oder)/Treppeln. IPGRI, Italy, str. 17-20. Rome.
- Ballian, D., 2017: Varijabilnost crne topole (*Populus nigra* L.) i njeno očuvanje u Bosni i Hercegovini? Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu. Str.1-205.
- Ballian, D., 2009: Značaj kolekcije klonova autohtonih crnih i hibridnih topola za Bosni i Hercegovinu. Radovi Hrvatskog društva zaštitništva i umjetnost, Sarajevo, 11: 221 - 230.
- Brus, R., U. Galien, G. Božič, K. Jarni, 2010: Morphological study of the leaves of two European black poplar (*Populus nigra* L.) population in Slovenia. Periodicum biologorum, 112 (3), 317-325.
- Čortan, D., M. Šijačić-Nikolić, R. Knežević, 2013: Variability of leaves morphological traits in black poplar (*Populus nigra* L.) from two populations in Vojvodina, Šumarstvo (Forestry) 65 (3-4), 193-202.
- Čortan, D., M. Šijačić-Nikolić, R. Knežević 2014: Variability of morphometric leaf characteristics of Black poplar from the area of Vojvodina, Bulletin of the Faculty of Forestry 109, 63-72.
- Čortan, D., B. Tubić, M. Šijačić-Nikolić, D. Borota, 2015: Morfološka varijabilnost listova crne topole (*Populus nigra* L.) na području Vojvodine, Srbija. Šumarski list, 5/6:245-252
- Čortan, R.D. 2015: Procena varijabilnosti prirodnih populacija crne topole (*Populus nigra* L.) na području Vojvodine primenom genetičkih markera? Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu
- DeWoody, J., H. Trewin, G. Taylor, 2015: Genetic and morphological differentiation in *Populus nigra* L.: isolation by colonization or isolation by adaptation? Molecular Ecology, 24, 2641–2655. doi: 10.1111/mec.13192
- Kajba, D., Ballian D., M. Idžojtić, I. Poljak, 2015: Leaf Morphology Variation of *Populus nigra* L. in Natural Populations along the Rivers in Croatia and Bosnia and Herzegovina. SEE-FOR 6(1): 39-51. Zagreb
- Kajba D., D. Ballian, M. Idžojtić, S. Bogdan, 2004: The differences among hairy and typical European black poplars and the possible role of the hairy type in relation to climatic changes. Forest Ecology and Management, Vol. 197, 1-3: 279-284.
- Kajba, D., M. Idžojtić, S. Bogdan, 1999: Discriminant analysis of leaf morphological characters of the European Black Poplar (*Populus nigra* L.) in natural populations in Croatia. In *Populus nigra* network. Report of the fifth meeting, 5-9 May (1999), Kyiv, Ukraine (Turok, J., Lefevre, F., de Vries, S., Alba, N., Heinze, B., Voloyanchul, R. and Lipman, E., compilers): International Plant Genetic Resources Institute, Rome. Str. 73-76.
- Kajba, D., B. Romanić, 2002: Leaf Morphological variability of the European black poplar (*Populus nigra* L.) in natural population in the Drava river basin in Croatia. In: Genetic diversity in river population of European black poplar implications for riparian eco-system management. (van Dam BC, Bordacs S Eds.). Proceedings of the International Symposium held in Szekszard, Hungary, May 16-20, 2001, pp. 77.
- Kajba, D., D. Ballian, M. Idžojtić, S. Bogdan, 2002: Importance of conservation of the hairy type of *Populus nigra* in the changing climatic and environmental conditions. Conference: DYGEN Conference, Strasbourg.
- Kajba, D., D. Ballian, M. Idžojtić, I. Poljak, I. Andrić, 2016: Morphological Variability of Hairy and Typical European Black Poplar (*Populus nigra* L.). International Poplar Commission 25th Session Berlin. Poplars And Other Fast-Growing Trees - Renewable Resources For Future Green Economies. Abstracts Of Submitted Papers And Posters.
- Koskela, J., de Vries, S.M.G., Kajba, D., von Wühlisch, G. (comps.) 2004: *Populus nigra* Network, 131 p.
- Miljković, D., D. Čortan, 2020: Morfometrijska i morfološka analiza lista crne topole (*Populus nigra* L.) u plavnim i neplavnim područjima sliva Dunava/Morphometric and morphological analysis of *Populus nigra* L. leaves in flooded regions. Šumarski list, 3–4 (2020): 139–147. <https://doi.org/10.31298/sl.144.3-4.3>
- Ren, J., X. Ji, C. Wang, J. Hu, G. Nervo, H. Li, (2020): Variation and Genetic Parameters of Leaf Morphological Traits of Eight Families from *Populus simonii* × *P. nigra*. Forests 2020, 11, 1319; doi:10.3390/f11121319
- Vanden Broeck, A., 2003: EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for European black poplar (*Populus nigra* L.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

## SUMMARY

Black poplar (*Populus nigra* L.) is one of the most important European tree species, inhabiting alluvial habitats along the banks of large rivers. Today, it is one of the most endangered species of forest trees due to habitat devastation, regulation of river flows, excessive exploitation, and the introduction of non-native tree species with which it hybridized. This study aims to determine the variability of morphological properties of black poplar leaves in Bosnia and Herzegovina, within and among populations, and among river basins.

Material from the clonal archive of black poplars was researched. The archive was founded in 2005 in Žepče. It contains clones from 161 trees of indigenous black poplars from 26 populations throughout Bosnia and Herzegovina (from the basins of 6 rivers) and 15 hybrid poplar species (table 1 and table 2). Ten leaves were collected from each clone by taking the fifth leaf from the top of the main shoot. Five leaves from each clone were measured. The measurement was performed with a digital movable scale with an accuracy of 0.1 mm and a protractor. The following traits were measured: leaf blade length, leaf blade width, petiole length, total leaf length, the angle between the first lateral nerve and central nerve, and distance from the leaf base to the widest part of the leaf. The number of teeth on one cm above the widest part of the leaf was counted. Data were processed using SPSS 26.0 and EXCEL by populations and river basins.

Analysis of variance revealed that there are statistically significant differences among the studied populations (table 4), as well as among river basins (table 7), for all investigated traits. The petiole length trait showed the highest variability, and the lowest variability had the insertion angle of the first lateral and central nerve (table 3). The clones of population of hairy black poplars Čapljina had the lowest values of leaf traits and differed significantly in all measured properties from the others. The most common number of teeth per 1 cm of leaf edge for all populations was four teeth (figure 2), which appeared on 38.3% of leaves.

This research gives us a small insight into the morphological characteristics of black poplars in the clone archive Žepče and can be the basis for further researches of the traits of black poplars needed for a successful continuation of work on breeding this species.

---

**KEY WORDS:** european black poplar, clone archive, morphological traits of laeves