

VARIJABILNOST HRASTA LUŽNJAKA (*QUERCUS ROBUR* L.) U BOSANSKOHERCEGOVAČKOM TESTU PROVENIJENCIJA: KORELACIJE IZMEĐU SVOJSTAVA RASTA I MORFOLOGIJE LISTA

VARIABILITY OF PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR* L.) IN BOSNIAN-HERZEGOVINIAN PROVENANCE TEST: CORRELATIONS BETWEEN GROWTH AND LEAF MORPHOLOGICAL TRAITS

Dalibor BALLIAN^{1,2}, Mirzeta MEMIŠEVIĆ HODŽIĆ¹

SAŽETAK

U testu provenijencija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Bosni i Hercegovini koji je osnovan 2009. godine istraživana je varijabilnost visina biljaka i promjera vrata korijena na biljkama iz 27 provenijencija. Osim toga, analizirane su i korelacije između visina stabala i promjera vrata korijena s morfološkim svojstvima listova iz prirodnih populacija. Sjeme za osnivanje testova provenijencija, kao i listovi koji su korišteni u morfometrijskoj analizi, sakupljeni su u istim populacijama. Provedenim istraživanjima utvrđene su statistički značajne razlike za svojstvo visine i promjera vrata korijena. Varijabilnost je potvrđena i Duncan-ovim testom, i to na način da su biljke s obzirom na svojstvo visina grupirane u 11 skupina te s obzirom na svojstvo promjer vrata korijena u četiri skupine. Klusterskom analizom nije utvrđeno grupiranje populacija s obzirom na geografske i ekološke udaljenosti populacija. Korelacijskom analizom potvrđena je statistički značajna povezanost između visine biljaka i promjera vrata korijena te između morfoloških svojstava listova i visine biljaka i promjera vrata korijena. Dobiveni rezultati upućuju na to da se na temelju određenih morfoloških svojstava može provoditi selekcija provenijencija u mlađim fazama razvoja.

KLJUČNE RIJEČI: provenijencije, hrast lužnjak (*Quercus robur* L.), visina biljke, promjer vrata korijena, morfometrijska analiza

UVOD INTRODUCTION

Hrast lužnjak (*Quercus robur* L., *Fagaceae*) predstavlja jednu od najcjenjenijih europskih listopadnih vrsta drveća (Eaton i sur. 2016). Kako je vrsta s velikim područjem prirodne rasprostranjenosti, od sjeverne Afrike i Portugala na zapadu do Urala na istoku, te od Turske na jugu do središnje Švedske na sjeveru, a raste u izrazito kontrastnim ekološkim uvjetima, odlikuje ju velika varijabilnost (Eaton i

sur. 2016). Drvo hrasta lužnjaka se koristi u građevinarstvu, vinarstvu, brodogradnji i proizvodnji namještaja. Ranije su se koristili neki dijelovi, kao na primjer kora u industriji za proizvodnju tanina, a žir kao stočna hrana. Hrast lužnjak se također cijeni kao vrsta koja pokazuje dobru otpornost na sušu (Matthias i sur. 2011).

U Bosni i Hercegovini je relativno malo lužnjakovih šuma, oko 30.000 ha (Klepac 1988), a to su ostatci nekada velikih šumskih površina koje su kroz povijest velikim sječama ne-

¹ Prof. dr. sc. Dalibor Ballian, Dr. sc. Mirzeta Memišević Hodžić, Šumarski fakultet Sarajevo, Zagrebačka 20, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina, balliandalibor9@gmail.com

² Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

stale ili degradirane (Ballian i Memišević Hodžić 2016). Danas se planira ponovno podizanje lužnjakovih šuma na tim područjima.

Kako bi se mogla provesti uspješna reintrodukcija hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini bilo je potrebno utvrditi varijabilnost populacija. Dosadašnja istraživanja morfoloških svojstava lista hrasta lužnjaka ukazala su na statistički značajne razlike između istraživanih populacija te između stabala unutar tih populacija (Bašić i sur. 2007, Memišević 2010; Ballian i sur. 2010, 2015, 2017). Slična istraživanja provedena su i u susjednim zemljama (Franjić 1994, 1996, Franjić i sur. 2000; Batos i sur. 2017). Također je na području Bosne i Hercegovine provedena i molekularna analiza u kojoj su korišteni mikrosatelitni biljezi (Ballian i sur. 2010).

Kada su u pitanju istraživanja morfoloških svojstava u testovima provenijencija hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini, ona se provode već dugi niz godina. Dobiveni rezultati ukazuju na postojanje značajne varijabilnosti (Ballian i sur. 2011; Memišević Hodžić 2015; Memišević Hodžić i Ballian

2016, 2019, 2020; Memišević Hodžić i sur. 2016, 2019). Također i u susjednoj Hrvatskoj se provode slična istraživanja više desetljeća, a dobiveni rezultati su pokazali prisutnost značajnih razlika između provenijencija hrasta lužnjaka (Gračan 1995; Roth 2003, 2006; Popović i sur. 2014).

Ipak mali je broj publikacija u kojima se analizira ovisnost pojedinih svojstava u testovima provenijencija (Ackerly i sur. 1998), osim onih u kojima se analiziraju visine i promjeri biljaka. Kako su u pitanju složena i dugotrajna istraživanja, korelacija između morfoloških svojstava lista i svojstava rasta biljaka u testovima provenijencija, gotovo i nema. Ipak na ovaj način bi odmah prilikom sakupljanja sjemena mogli imati dovoljno saznanja koje su provenijencije perspektivne, jer bi imale dobar visinski i debljinski prirast.

Ciljevi ovog istraživanja bili su: (A): utvrditi postoje li statistički značajne razlike u mjenim morfološkim svojstvima visina i promjera vrata korijena između 27 provenijencija hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini; i (B) utvrditi postoje li statistički značajne korelacije između morfoloških svojstava listova hrasta lužnjaka iz prirodnih populacija u kojima je sakupljeno sjeme za osnivanje testa provenijencija i visina i promjera vrata korijena tih istih provenijencija.

Tablica 1. Popis istraživanih populacija/provenijencija.

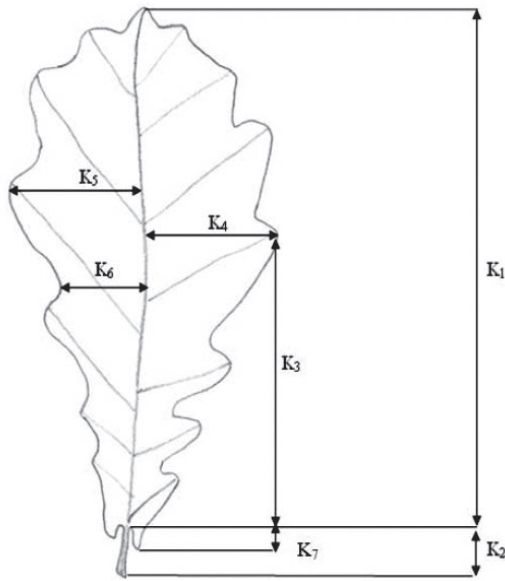
Table 1. List of investigated populations/provenances.

R. br. No	Populacije/Provenijencije Populations/Provenances	Sjeverna geografska širina (WGS84) Latitude	Istočna geografska dužina (WGS84) Longitude	Nadmorska visina Altitude (m)
1	Bijeljina	44° 43' 50"	19° 13' 30"	93
2	Bosanska Dubica	45° 06' 24"	16° 40' 32"	145
3	Bosanska Gradiška	45° 07' 04"	17° 19' 03"	91
4	Bosanski Brod	45° 05' 30"	18° 03' 00"	84
5	Bosansko Grahovo	44° 01' 05"	16° 38' 24"	703
6	Bugojno	44° 06' 00"	17° 26' 31"	537
7	Drvar	44° 23' 39"	16° 21' 54"	462
8	Hrgovi Srebrenik	44° 49' 06"	18° 34' 11"	133
9	Jelah	44° 39' 09"	17° 56' 46"	181
10	Kačuni	44° 03' 59"	17° 56' 13"	443
11	Kiseljak	43° 56' 30"	18° 04' 56"	477
12	Ključ	44° 30' 56"	16° 48' 42"	260
13	Knežina	44° 01' 40"	18° 44' 53"	759
14	Kotor Varoš	44° 39' 07"	17° 21' 35"	252
15	Lukavica	43° 49' 26"	18° 21' 58"	552
16	Miljevina Foča	43° 31' 06"	18° 38' 56"	627
17	Mrkonjić Grad	44° 27' 04"	16° 58' 42"	753
18	Mutnica Cazin	44° 58' 55"	15° 50' 54"	270
19	Nević Polje	44° 11' 46"	17° 42' 11"	476
20	Novi Šeher	44° 30' 09"	18° 02' 02"	230
21	Olovo	44° 07' 44"	18° 36' 11"	542
22	Sokolac	43° 55' 17"	18° 48' 53"	866
23	Stojčevac Iliđa	43° 48' 40"	18° 17' 25"	506
24	Vinac	44° 15' 48"	17° 17' 08"	408
25	Visoko Muhašinovići	44° 00' 38"	18° 08' 45"	413
26	Žepče	44° 25' 35"	18° 03' 10"	224
27	Živinice	44° 27' 58"	18° 41' 09"	216

MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

U ovom istraživanju korištena su mjerenja morfoloških svojstava listova hrasta lužnjaka iz 27 populacija u Bosni i Hercegovini (Memišević 2010; Ballian i sur. 2010, 2015, 2017), te mjerenja visina i promjera vrata korijena hrasta lužnjaka starosti 11 godina u testu provenijencija Žepče. Test provenijencija hrasta lužnjaka podignut je sjemenskim materijalom prikupljenim u populacijama obuhvaćenim istraživanjem morfologije lista, a podrijetlom je iz različitih ekološko-vegetacijskih područja u Bosni i Hercegovini (Stefanović i sur. 1983). Pregled populacija iz kojih je prikupljen materijal za morfometrijsku analizu lista i sjeme za osnivanje pokusa provenijencija prikazan je u tablici 1.

Materijal za morfometrijsku analizu sakupljen je u ljeto i jesen 2007. i 2008. godine (sredina srpnja do početka listopada). Lisni materijal i sjeme skupljani su s adultnih stabala na osami ili stabala na rubovima šuma, jer se u ranijim istraživanjima pokazalo da je ovaj materijal najreprezentativniji za morfometrijske analize (Trinajstić 1988; Franjić 1994, Franjić 1996; Franjić i sur. 2000). Prilikom sakupljanja materijala rađena je primarna selekcija i nastojalo se da listovi budu ujednačeni te da imaju izražena svojstva koja će se analizirati. Osim toga bilo je važno sakupiti listove s određenog tipa izbojka, jer je prijašnjim istraživanjima utvrđeno međusobno razlikovanje listova unutar istog stabla prema položaju na biljci (listovi svjetla, listovi sjene) te prema tipu izbojka na kojemu se razvijaju (kratki ili dugi, fertilni ili sterilni) (Trinajstić i Franjić 1991; Bruschi i sur.



Slika 1. Mjerena svojstva lista.

Figure 1. Measured leaf traits.

2003; Poljak i sur. 2014). U ovom istraživanju korišteni su listovi kratkih fertilnih izbojaka osunčanog dijela krošnje (Zebec i sur. 2015; Poljak i sur. 2018). Unutar svake populacije sakupljeni su listovi sa po deset stabala, a sa svakoga stabla sakupljeno je po deset u potpunosti razvijenih listova (Kremer i sur. 2007). Nakon što je lisni materijal herbariziran pristupilo se njegovoj izmjeri. Mjerena su sljedeća svojstva listova (Franjić 1996; Bašić i sur. 2007): K1 – dužina plojke lista u mm; K2 – dužina peteljke lista u mm; K3 – udaljenost osnove plojke od njenog najšireg dijela s desne strane u mm; K4 – širina desne poluplojke na visini iz K3;

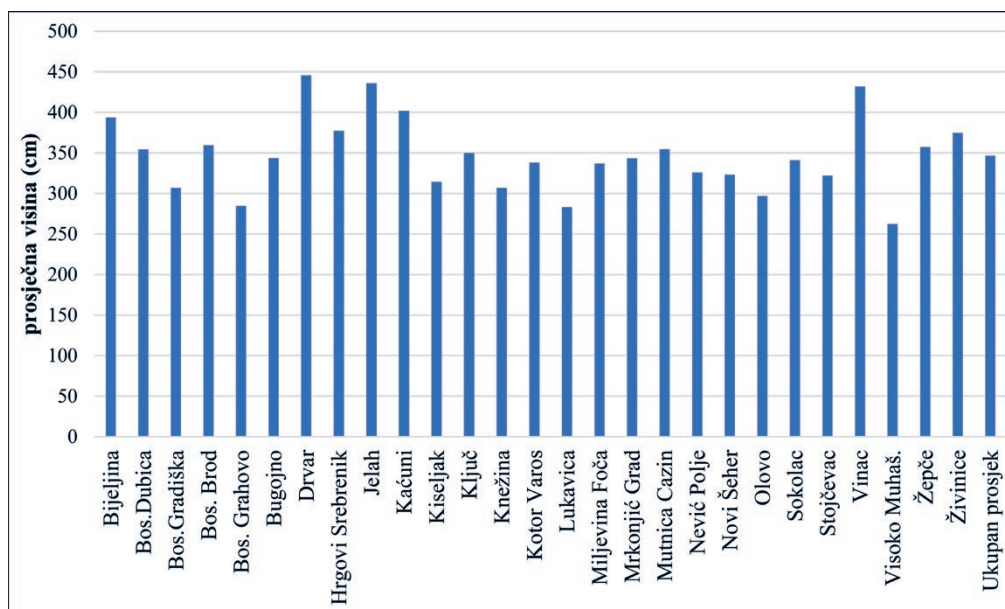
K5 – (najveća) širina lijeve poluplojke u mm; K6 – urezanost lista od središnje žile u mm; K7 – urezanost baze plojke.

Drugi dio istraživanja odnosio se na mjerenje biljaka hrasta lužnjaka u testu provenijencija Žepče u proljeće 2020. godine. Tada su mjerene visine biljaka i promjeri vrata korijena. Sjeme za podizanje pokusa provenijencija sakupljeno je u jesen 2007. godine u populacijama u kojim je sakupljen i lisni materijal za morfometrijsku analizu. Test je osnovan u proljeće 2009. godine, sadnjom na klasičan način u rupe dubine 30 cm, s razmakom sadnje od 2×2 m. Sadnice su bile stare 1+0. Zasađene su sadnice iz 28 provenijencija, od kojih u ovom istraživanju koristimo podatke za samo 27 provenijencija (tablica 1). Sadnja je izvršena prema shemi slučajnog rasporeda u tri bloka. Detalji oko podizanja pokusa prikazani su u ranije objavljenim publikacijama (Memišević Hodžić 2015; Memišević Hodžić i Ballian 2016, 2019, 2020).

Podaci su obrađeni u statističkom programu SPSS 26.0. Korištene su sljedeće statističke metode: deskriptivna analiza, analiza varijance, multipli Duncan-ov test i klasterka analiza. Klasterka analiza provedena je *Average Linkage* metodom pri čemu je korištena Euklidska udaljenost. Pearsonov koeficijent korelacije korišten je za utvrđivanje povezanosti između morfoloških svojstava lista te visine i promjera vrata korijena.

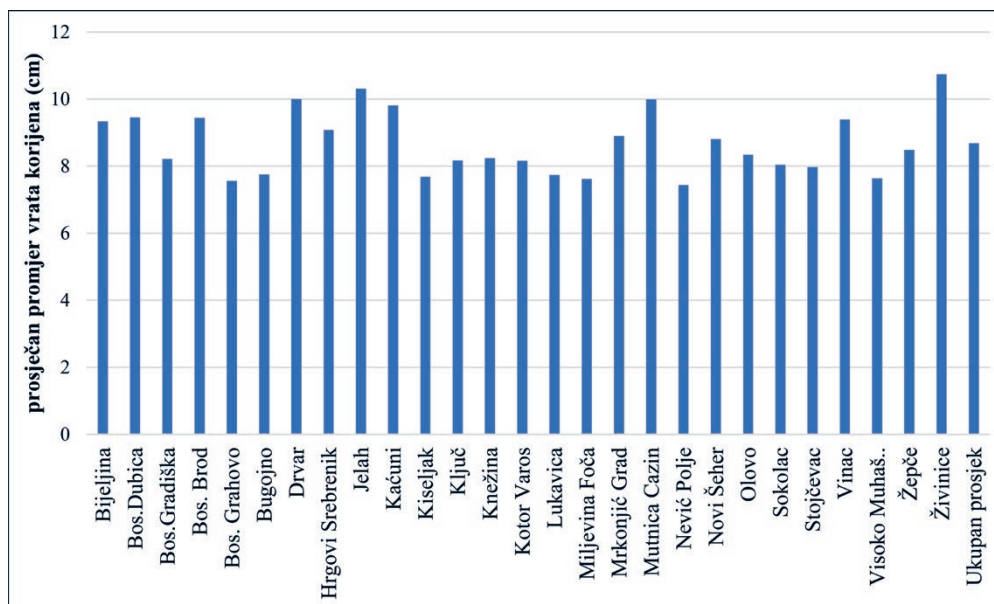
REZULTATI RESULTS

Na slikama 2 i 3 prikazane su prosječne vrijednosti visina biljaka i promjera vrata korijena po provenijencijama. Najveća prosječna vrijednost visine biljaka zabilježena je u pro-



Slika 2. Prosječne vrijednosti visina biljaka (cm) po provenijencijama.

Figure 2. Average values of plant height (cm) per proveniences.



Slika 3. Prosječne vrijednosti promjera vrata korijena (cm) po provenijencijama.

Figure 3. Average values of root collar diameter (cm) per proveniences.

venijencije Drvar, a najmanja u provenijencije Visoko Muhašinovići. Najveću prosječnu vrijednost promjera vrata korijena imala je provenijencija Živinice, a najmanju Bosansko Grahovo. Iz grafičkih prikaza jasno je vidljivo da se provenijencije razlikuju, što je potvrđeno i analizom varijance (tablica 2).

Duncanovim testom za svojstvo visina biljaka utvrđeno je da se istraživane provenijencije hrasta lužnjaka iz Bosne i Hercegovine grupiraju u 11 skupina koje se međusobno preklapaju (tablica 3). Skupinu s najnižim vrijednostima visina čine provenijencije Visoko Muhašinovići, Lukavica, Bosansko Grahovo i Olovo. Sve provenijencije osim Bosanskog Grahova dolaze u skupinu malih provenijencija s pojedinačnim stablima. Skupinu s najvišim vrijednostima visine čine provenijencije Vinac, Jelah i Drvar, od kojih provenijencija Jelah predstavlja veliku i dobro razvijenu populaciju.

Duncanovim testom za svojstvo promjera vrata korijena utvrđeno je da se provenijencije grupiraju u četiri skupine

koje se međusobno u velikoj mjeri preklapaju (tablica 4). Skupina sa najnižim vrijednostima predstavljena je sa sedam provenijencija (Nević polje, Bosansko Grahovo, Miljevina Foča, Visoko Muhašinovići, Kiseljak, Lukavica i Bugojno) koje se ne preklapaju ni sa jednom drugom skupinom, te još 15 provenijencija koje se preklapaju sa skupinama 2, 3 i 4. Zanimljivo je za istaći da je svih sedam provenijencija iz prve skupine podrijetlom iz malih populacija s pojedinačnim stablima. Kada je u pitanju četvrta skupina, u njoj se vrijednosti samo jedne populacije (Živinice) ne preklapaju s vrijednostima iz drugih skupina.

Provedena klasterka analiza (slika 4) pokazala je dvije veće skupine provenijencija. Prva skupina ima četiri podskupine. Prva podskupina obuhvaća provenijencije Bosanska Gradiška, Knežina, Kiseljak i Olovo. Druga podskupina obuhvaća Novi Šeher, Stojčevac i Nević Polje. Treća podskupina obuhvaća Kotor Varoš, Miljevinu, Bugojno, Mrkonjić Grad, Zavidoviće, Sokolac, Bosansku Dubicu,

Tablica 2. Analiza varijance za svojstva visine biljaka i promjera vrata korijena.

Table 2. Analysis of variance for the trait of plant height and root collar diameter.

Svojstvo Trait	Izvor varijabilnost Source of variability	Suma kvadrata Sum of Squares	df	Sredina kvadrata Mean Square	F	Sig.
Visina Height (cm)	Između grupa Between Groups	4092940.016	26	157418.421	11.434	0.000
	Unutar grupa Within Groups	28301149.430	1990	13767.231		
	Ukupno/Total	32394089.446	2016			
Promjer vrata korijena Root collar diameter (cm)	Između grupa Between Groups	1840.958	26	67.724	2.727	0.000
	Unutar grupa Within Groups	50122.807	1990	24.835		
	Ukupno/Total	51963.764	2016			

Tablica 3. Skupine provenijencija prema Duncan testu za svojstvo visine biljaka.

Table 3. Grouping of provenances according to Duncan's test for the trait of plant height.

Provenijencija Provenance	N	Subset for alpha = 0.05										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Visoko Muhašinovići	82	262.3										
Lukavica	57	283.2	283.2									
Bos. Grahovo	77	284.9	284.9									
Olovo	85	297.1	297.1	297.1								
Bos. Gradiška	89		306.8	306.8	306.8							
Knežina	81		307.0	307.0	307.0							
Kiseljak	96		314.6	314.6	314.6	314.6						
Stojčevac	40		322.1	322.1	322.1	322.1						
Novi Šeher	65		323.5	323.5	323.5	323.5						
Nević Polje	58		326.2	326.2	326.2	326.2						
Miljevina Foča	66			336.7	336.7	336.7	336.7					
Kotor Varoš	89			338.1	338.1	338.1	338.1					
Sokolac	78			341.0	341.0	341.0	341.0					
Mrkonjić Grad	73				343.5	343.5	343.5					
Bugojno	80				343.8	343.8	343.8					
Ključ	59				349.9	349.9	349.9	349.9				
Bos. Dubica	97					354.2	354.2	354.2				
Nević Polje	46					354.7	354.7	354.7				
Žepče	94					357.4	357.4	357.4				
Bos. Brod	65					359.6	359.6	359.6	359.6			
Živinice	82						374.9	374.9	374.9			
Hrgovi Srebrenik	90						377.4	377.4	377.4			
Bijeljina	85							393.7	393.7	393.7		
Kačuni	76								402.1	402.1	402.1	
Vinac	57									432.0	432.0	432.0
Jelah	99										436.0	436.0
Drvar	51											445.8
Sig.		0.109	0.066	0.062	0.072	0.063	0.092	0.058	0.054	0.066	0.104	0.513

Mutnicu Cazin, Bosanski Brod, Žepče i Ključ, a četvrta Bosansko Grahovo, Lukavicu i Visoko Muhašinovići. Druga je skupina sastavljena od tri podskupine, od kojih prva uključuje provenijencije Jelah, Vinac i Drvar, a druga Hrgove Srebrenik, Živinice i Bijeljina te treća provenijenciju Kačuni.

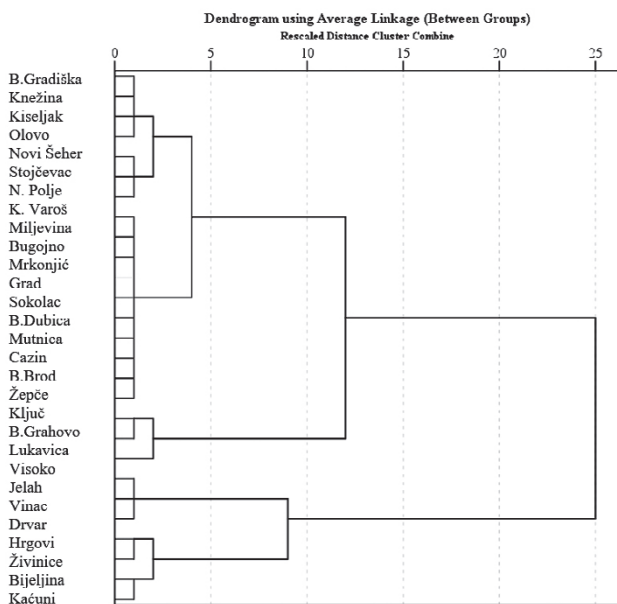
**Slika 4.** Dendrogram za svojstva visine i promjera vrata korijena.

Figure 4. Dendrogram for the traits of height and root collar diameter.

Tablica 4. Skupine provenijencija prema Duncanovom testu za svojstvo promjera vrata korijena.

Table 4. Grouping of provenances according to Duncan's test for the trait of root collar diameter.

Provenijencija Provenance	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Nević Polje	58	7.4			
Bos. Grahovo	77	7.6			
Miljevina Foča	66	7.6			
Visoko Muhašinovići	82	7.6			
Kiseljak	96	7.7			
Lukavica	57	7.7			
Bugojno	80	7.8			
Stojčevac	40	8.0	8.0		
Sokolac	78	8.0	8.0		
Kotor Varoš	89	8.2	8.2		
Ključ	59	8.2	8.2		
Bos. Gradiška	89	8.2	8.2		
Knežina	81	8.2	8.2		
Olovo	85	8.3	8.3	8.3	
Žepče	94	8.5	8.5	8.5	
Novi Šeher	65	8.8	8.8	8.8	8.8
Mrkonjić Grad	73	8.9	8.9	8.9	8.9
Hrgovi Srebrenik	90	9.1	9.1	9.1	9.1
Bijeljina	85	9.3	9.3	9.3	9.3
Vinac	57	9.4	9.4	9.4	9.4
Bos. Brod	65	9.4	9.4	9.4	9.4
Bos. Dubica	97	9.5	9.5	9.5	9.5
Kačuni	76		9.8	9.8	9.8
Nević Polje	46		10.0	10.0	10.0
Drvar	51		10.0	10.0	10.0
Jelah	99			10.3	10.3
Živinice	82				10.7
Sig.		0.055	0.052	0.053	0.057

Tablica 5. Prosječne vrijednosti morfometrijskih svojstava lista po populacijama (Ballian i sur. 2010).**Table 5.** Average values of morphometric leaf traits per populations (Ballian et al. 2010).

Populacija <i>Population</i>	K1 (mm)	K2 (mm)	K3 (mm)	K4 (mm)	K5 (mm)	K6 (mm)	K7 (mm)
Bijeljina	93.91	4.60	54.25	27.92	28.62	11.07	1.51
B. Dubica	81.60	5.13	48.96	25.41	24.27	10.69	0.77
B. Gradiška	86.65	4.13	54.54	26.18	25.22	11.67	0.73
B: Brod	110.37	4.04	67.57	34.56	33.97	12.05	0.71
B. Grahovo	72.14	3.55	44.54	21.08	21.18	9.08	0.98
Bugojno	73.36	3.92	44.51	22.52	22.25	8.72	1.66
Drvar	72.25	4.69	41.49	21.51	21.49	8.95	1.43
Hrgovi Srebrenik	96.96	4.34	59.40	28.11	29.45	12.02	1.74
Jelah	99.13	3.89	61.07	28.82	29.54	10.32	1.71
Kačuni	66.56	2.70	39.37	19.91	19.51	7.34	1.88
Kiseljak	67.94	3.35	41.42	20.03	20.17	8.35	1.81
Ključ	78.94	3.24	45.70	23.48	23.14	8.19	0.72
Knežina	75.52	4.68	43.70	21.19	20.32	8.92	1.05
Kotor Varoš	80.49	4.22	47.49	24.20	23.80	10.09	1.22
Lukavica	76.13	2.92	43.86	23.89	22.87	9.04	1.02
Miljevina Foča	74.70	3.27	46.17	23.24	22.32	8.19	1.27
Mrkonjić Grad	66.97	4.20	39.71	19.57	19.60	8.91	1.32
Mutnica - Cazin	73.70	4.52	44.89	22.33	22.42	9.30	0.95
Nević polje	65.38	3.18	38.45	19.81	19.30	7.90	1.30
Novi Šeher	93.19	4.65	55.19	26.79	25.79	11.13	1.75
Olovo	70.88	3.51	42.52	21.65	21.10	9.55	1.10
Sokolac	71.86	4.60	42.30	21.26	20.98	7.87	0.88
Stojčevac	71.89	4.50	42.19	21.30	21.04	8.05	1.38
Vinac	74.31	3.43	44.05	22.24	20.66	9.13	0.67
Visoko	75.50	3.98	45.79	22.43	22.66	9.18	1.03
Žepče	106.93	3.80	63.95	31.74	32.19	12.37	2.16
Živinice	102.12	5.22	61.61	30.96	31.46	13.91	0.71

Kako bi utvrdili ovisnost visine biljaka i promjera vrata korijena s morfoloških značajkama lista, koristili smo već prije objavljene rezultate (Ballian i sur. 2010). Aritmetičke sredine za istraživana morfološka svojstva lista po istraživanim populacijama prikazani su u tablici 5.

Rezultati provedene korelacijske analize prikazani su u tablici 6. Pozitivna korelacija utvrđena je između visine biljaka i promjera vrata korijena te između većine istraživanih morfoloških svojstava lista. Statistički značajna negativna korelacija utvrđena je između urezanosti osnove lisne

Tablica 6. Korelacije između svojstava lista i rasta provenijencija.**Table 6.** Correlation among the traits of leaves in populations and growth of provenances.

Svojstvo/Trait	H	PKV	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
	Pearsonov koeficijent korelacije/Pearson Correlation coefficient								
H – Visina <i>Height</i>									
PKV – Promjer vrata korijena <i>Root collar diameter</i>	0.475**								
K1 – dužina plojke lista <i>Leaf blade length</i>	0.082**	0.071**							
K2 – dužina peteljke lista <i>Leaf petiole length</i>	0.006	0.026	0.062**						
K3 – udaljenost najšireg dijela plojke od baze <i>Distance of the widest part of blade from base</i>	0.059*	0.085**	0.737**	0.073**					
K4 – širina desne poluplojke <i>Width of right half-blade</i>	0.087**	0.090**	0.767**	0.046*	0.558**				
K5 – širina lijeve poluplojke <i>Width of lefthalf-blade</i>	0.135**	0.086**	0.776**	0.086**	0.595**	0.599**			
K6 – urezanost lista od središnje žile <i>Incision of leaf to the central nerve</i>	0.068**	0.048*	0.353**	0.125**	0.308**	0.181**	0.491**		
K7 – urezanost baze plojke <i>Incision of leaf blade</i>	0.074**	0.024	0.078**	-0.209**	0.036	0.059**	0.060**	-0.014	
** . Korelacija značajna za razinu 0,01 - Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).									
* . Korelacija značajna za razinu 0,05 - Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).									

plojke i dužine peteljke. Svojstvo visina biljaka pokazalo je statistički značajnu korelaciju sa svim morfološkim svojstvima lista, osim sa dužinom peteljke. Korelacija je na nivou značajnosti 0,01 utvrđena za sva svojstva osim za udaljenost najšireg dijela plojke od osnove plojke (sa desne strane), za koje je značajnost zabilježena na razini 0,05. Promjer vrata korijena pokazuje pozitivnu korelaciju s većinom morfoloških svojstava lista, i to na razini značajnosti 0,01 s dužinom plojke lista, udaljenošću najšireg dijela lisne plojke od osnove plojke, te širinom desne i lijeve poluplojke. Za svojstvo promjer vrata korijena i udaljenosti od središnje žile do ureza na sredini lisne plojke zabilježena je statistički značajna korelacija na razini 0,05. Dužina peteljke i urezanost osnove lisne plojke nisu bili u statistički značajnoj korelaciji s promjerom vrata korijena.

RASPRAVA DISCUSSION

Svojstva rasta drveća uvjetovana su genetičkom strukturom i uvjetima okoliša. Testovi provenijencija široko su poznati kao posebna vrsta pokusa koja pomaže šumarskim stručnjacima shvatiti na koji način se šumsko drveće prilagođava različitim uvjetima okoliša, odnosno kakve su interakcije između provenijencija i staništa (Ballian i Kajba 2010). Provenijencija koja najbolje raste može se smatrati najbolje prilagođenom uvjetima sadnje i preporučenom za pošumljavanje na mjestima koja su slična testnom okruženju. Ipak, kako bi se ranije i lakše došlo do željenog rezultata u ovome radu smo se poslužili i korelacijskom analizom morfometrijskih svojstava lista iz prirodnih populacija i svojstvima rasta, odnosno visinom biljaka i promjerom vrata korijena iz testa provenijencija.

Kada je u pitanju visinski prirast provenijencija u ovom istraživanju smo nakon 11 godina mjerenja i analiza, prvi puta zabilježili značajno pretjecanje provenijencija. Ranije je provenijencija Jelah, koja dolazi iz tipičnog područja gdje raste hrast lužnjak, bila provenijencija s najvećom prosječnom visinom biljaka, dok je u ovom istraživanju provenijencija s najvećom visinom biljaka provenijencija Drvar. Zanimljivo je istaći da provenijencija Drvar dolazi iz skupine malih izoliranih populacija, gdje se hrast lužnjak javlja još samo pojedinačno uz rijeku Unac. Rezultati o ovoj problematici su poznati za neke vrste četinjača. Za uvjete Bosne i Hercegovine o pretjecanju provenijencija običnog bora (*Pinus sylvestris* L.) starosti od 21 godine pišu Ballian i sur. (2009), zatim obične jele (*Abies alba* Mill.) starosti od 18 godina Halilović i sur. (2009), te europskog (*Larix decidua* Mill.) i japanskog (*L. kaempferii* (Lamb.) Carrière) ariša starosti od 30 godina Pintarić (2000). Navedeni autori smatraju kako je nekim provenijencijama potreban dugi niz godina prilagodbe.

Buras i sur. (2020) istraživali su utjecaj svojstava tla na rast i produktivnost hrasta lužnjaka. Navedeni autori istraživanja provode na deset različitih provenijencija hrasta lužnjaka iz Nizozemske koje su posađene u tri provenijencijska testa na različitim vrstama tala. Rezultati su ukazali na jasne razlike u produktivnosti između provenijencija, kao i na specifične obrasce rasta prema tipu tla. Kada se analizira podrijetlo provenijencija hrasta lužnjaka u ovom pokusu, one dolaze s različitih tipova tala, od teških do lakih brdskih. Provenijencija Jelah koja je s teškog glejnog tla, a koje je slično onome na kojem je podignut i pokus u početku je bila provenijencija s najvišim prosječnim vrijednostima za visinu biljaka (Memišević Hodžić i sur. 2016; Memišević Hodžić i Ballian 2019). Za razliku od toga, sve one provenijencije koje su podrijetlom s lakših prozračnih tala imale su manje prosječne visine biljaka. S obzirom na to da u ovom istraživanju provenijencija Drvar preuzima prvo mjesto, a ona dolazi s lakših tipova tala, za njenu interakciju s tlom je trebalo oko deset godina. Stoga će se vjerojatno pojaviti i druge provenijencije koje će naknadno biti prestrojene kroz interakciju s novim staništem.

Kako navode Wright i sur. (2007), kada su ekološki važna biljna svojstva povezana, može se reći da predstavljaju dimenziju ekološke 'strategije' vrste. Kroz identificiranje ovih svojstava i razumijevanje njihovih međusobnih odnosa, stječemo uvid u to zašto su određene kombinacije svojstava favorizirane u odnosu na neke druge. Wright i sur. (2007) proučavali su šest svojstava u više vrsta na velikom broju uzoraka: specifičnu površinu lista, prosječnu veličinu lista, prosječnu veličinu sjemena i ploda, zatim tipičnu najveću visinu biljke te gustoću drva. Odnosi svojstava kvantificirani su među vrstama u svakoj pojedinačnoj šumi, kao i kroz skup podataka u cjelini. Rezultati su pokazali da su veličine sjemena i ploda usko povezane te da je visina biljaka povezana s veličinom sjemena i plodova. Također, utvrđena je i slaba pozitivna korelacija između dimenzija lišća i plodova te negativna korelacija između specifične površine lista i gustoće drva.

U našem istraživanju gdje su korelirana svojstva visine i promjera vrata korijena s morfometrijskim značajkama lista, utvrđeno je postojanje značajne korelacije za sva svojstva osim za svojstvo dužine peteljke. Tako svojstva dužine i širine plojke lista pokazuju najznačajniju pozitivnu korelaciju sa svojstvima koja se odnose na rast. Taj rezultat upućuje na to da se u budućem razdoblju može lakše provoditi selekcija najboljih provenijencija, ali vjerojatno i selekcija najproduktivnijih stabala. Drugim riječima, izborom jedinki s krupnijim lišćem možemo očekivati veći visinski i debljinski prirast. Do sličnih rezultata dolaze i Ackerly i Donoghue (1998). Navedeni autori zaključuju da u vrsta iz roda *Acer* L. postoji snažna pozitivna korelacija između de-

bljine grančica, veličine lista, dužine cvata i razmaka grana (poznato kao Corner-ova pravila). Ipak ove rezultate treba još detaljnije provjeriti u nadolazećim istraživanjima. Prije svega potrebno je analizirati morfološke značajke listova unutar samih provenijencija te ih korelirati sa značajkama kao što su visinski i debljinski prirast. Također, istraživanja je potrebno proširiti i na ostale gospodarski značajne listopadne vrste.

Nažalost nemamo objašnjenje za povezanost između brojnih provenijencija. Klusterskom analizom nije utvrđeno povezivanje provenijencija po geografskom i ekološkom principu. Razlog tomu možemo tražiti u povijesnoj degradiranosti sastojina hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini (Ballian i Memišević Hodžić 2016), jer danas imamo samo ostatke nekada velikih šuma ove gospodarski izrazito važne vrste drveća. Izrazito zanimljivi rezultati našeg istraživanja nas motiviraju da nastavimo s daljnjim praćenjem i novim metodama u testu provenijencija hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini.

ZAKLJUČCI CONCLUSIONS

Na temelju rezultata istraživanja morfoloških svojstava lista u prirodnim populacijama i rasta biljaka hrasta lužnjaka u pokusu provenijencija Žepče možemo zaključiti sljedeće:

1. Utvrđene su statistički značajne razlike između istraživanih provenijencija hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini za svojstva visine i promjera vrata korijena.
2. Provenijencija s najvećom prosječnom visinom biljaka za 2020. godinu bila je provenijencija Drvar (445,8 cm), a slijede je provenijencija Jelah (436,0 cm) i Vinac (432,0 cm).
3. Provenijencija s najnižim prosječnim vrijednostima za visinu biljaka bila je provenijencija Visoko-Muhašinovići (262,3 cm).
4. Za svojstvo visina biljaka u 2020. godini je zabilježeno pretjecanje provenijencija.
5. Provenijencija s najvećim prosječnim promjerom vrata korijena za 2020. godinu bila je provenijencija Živinice (10,7 cm), a slijede ju provenijencije Jelah i Drvar.
6. Provenijencija s najnižim prosječnim vrijednostima za promjer vrata korijena bila je provenijencija Nević polje (7,4 cm).
7. Klusterskom analizom nije utvrđeno povezivanje populacija po geografskom i ekološkom principu, što se može objasniti kao posljedica ranijeg, povijesnog negativnog djelovanja čovjeka na populacije hrasta lužnjaka na području Bosne i Hercegovine.
8. Zabilježena je značajna pozitivna korelacija između visina i promjera vrata korijena te između visine i promjera vrata korijena i većine istraživanih morfoloških značajki listova.

9. S obzirom na dobivenu varijabilnost između istraživanih provenijencija, kao i značajnih korelacija sa svojstvima lista, dobiveni rezultati trebaju biti korišteni prilikom selekcije sjemenskih objekata, odnosno planiranja mjera očuvanja i reintrodukcije hrasta lužnjaka u Bosni i Hercegovini.

10. Potrebno je nastaviti s daljnjim istraživanjima, jer su rezultati dobiveni u prvim fazama često nepotpuni i opterećeni brojnim nedostatcima.

LITERATURA REFERENCES

- Ackerly, D.D., M.J. Donoghue, 1998: Leaf size, sapling allometry, and Corner's rules: phylogeny and correlated evolution in maples (*Acer*), *Am Nat.* 152 (6): 767-791.
- Ballian D., P. Belletti, D. Ferrazzini, F. Bogunić, D. Kajba, 2010: Genetic variability of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in Bosnia and Herzegovina, *Period. Biol.* 112 (3): 353-362.
- Ballian D., D. Kajba, 2010: Oplemenjivanje šumskog drveća i očuvanje njegove genetske raznolikosti, Sarajevo – Zagreb.
- Ballian D., M. Memišević Hodžić, 2016: Varijabilnost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u Bosni i Hercegovini, UŠIT FBiH i Silva Slovenica, Sarajevo, Ljubljana.
- Ballian D., M. Memišević, F. Bogunić, N. Bašić, M. Marković, D. Kajba, 2010: Morfološka varijabilnost hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na području Hrvatske i zapadnog Balkana, *Šumar. list* 134 (7-8): 371- 86.
- Ballian D., M. Memišević, F. Bogunić, I.J. Diaz-Maroto, 2017: Altitudinal differentiation of *Quercus robur* in Bosnia and Herzegovina, *J. For. Res.-JPN*, 29 (5): 1225-1232.
- Ballian D., M. Memišević, F. Bogunić, T. Parpan, 2015: Morphological variability of differentiated by altitude above sea level populations of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in Bosnia and Herzegovina, *Studia Biologica* 9 (3-4): 155-168.
- Ballian D., F. Mekić, I. Murlin, M. Memišević, F. Bogunić, 2011: Preliminarni rezultati istraživanja provenijencija hrasta lužnjaka (*Quercus robur*, L.) u Bosni i Hercegovini u pokusu Žepče, *Naše šume*, 24-25: 3-16.
- Ballian D., E. Mujanović, A. Čabaravdić, 2009: Varijabilnosti običnog bora (*Pinus sylvestris* L.) u pokusu provenijencija Glasinac – Sokolac (Bosna i Hercegovina), *Šumar. list* 133 (11-12): 577-588.
- Bašić N., J. Kapić, D. Ballian, 2007: Morfometrijska analiza lista hrasta lužnjaka, *Rad.-Šumar. inst. Jastrebarsko*, 42 (1): 5-18.
- Batos B., D. Miljković, M. Perović, S. Orlović, 2017: Morphological variability of *Quercus robur* L. leaf in Serbia, *Genetika*, 49 (2): 529-541.
- Buras A., U. Sass-Klaassen, I. Verbeek, P. Copini, 2020: Provenance selection and site conditions determine growth performance of pedunculate oak, *Dendrochronologia*, 61: 125705.
- Bruschi P., P. Grossoni, F. Bussotti, 2003: Within- and among-tree variation in leaf morphology of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. natural populations, *Trees-Struct. Funct.*, 17: 164-172.
- Eaton, E., G. Caudullo, S. Oliveira, S., D. de Rigo, 2016: *Quercus robur* and *Quercus petraea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: J. San-Miguel-Ayanz, D. de Rigo, G. Caudullo, T.

- Houston Durrant, A. Mauri, A. (Eds.), European Atlas of Forest Tree Species, Publ. Off. EU, Luxembourg, pp. e01c6df+.
- Franjić J., 1994: Morphometric leaf analysis as an indicator of common oak (*Quercus robur* L.) variability in Croatia. *Ann. Forest.*, 19 (1):1-32.
 - Franjić J., 1996: Multivarijantna analiza posavskih i podravskih populacija hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., Fagaceae) u Hrvatskoj, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, doktorska disertacija.
 - Franjić J., J. Gračan, D. Kajba, Ž. Škvorc, B. Dalbelo Bašić, 2000: Multivariate analysis of leaf shape of the common oak (*Quercus robur* L.) in the "Gajno" provenance test (Croatia), *Glas. Šum. pokuse* 37: 469-479.
 - Gračan J., 1995: Rezultati uspijevanja provenijencija hrasta lužnjaka na lokalitetu Gajno, *Rad. Šumar. inst. Jastrebarsko*, 31(1/2): 149-160.
 - Halilović V., F. Mekić, Č. Višnjčić, D. Ballian, 2009: Varijabilnost visinskog prirasta devet provenijencija obične jele (*Abies alba* Mill.) iz BiH u pokusu "Delimusa" kod Olova, *Naše šume*, 14-15: 11-19.
 - Klepac D., 1988: Uređivanje šuma hrasta lužnjaka, *Glas. Šumske pokuse*, 24: 117-132.
 - Kremer A., J.L. Dupouey, J.D. Deans, J. Cottrell, U. Csaiik, R. Finkeldey, S. Espinel, J. Jensen, J. Kleinschmit, B. Van Dam, A. Ducousso, I. Forrest, U.L. De Heredia, A.J. Lowe, M. Tutkova, R.C. Munro, S. Steinhoff, V. Badaeu, 2002: Leaf morphological differentiation between *Quercus robur* and *Quercus petraea* is stable across western European mixed oak stands, *Ann. For. Sci.*, 59: 777-787.
 - Matthias A., T. Kuster, M.S. Günthardt-Goerg, M. Dobbertin, 2011: Provenance-specific growth responses to drought and air warming in three European oak species (*Quercus robur*, *Q. petraea* and *Q. pubescens*), *Tree Physiol.* 31 (3): 287-297.
 - Memišević Hodžić M., 2015: Morfološko-fenološko-genetička varijabilnost hrasta lužnjaka (*Quercus robur*, L.) u bosanskohercegovačkom testu provenijencija, *Disertacija*, Šumarski fakultet u Sarajevu.
 - Memišević Hodžić M., D. Ballian, 2016: Istraživanja raznolikosti morfoloških svojstava hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u pokusu provenijencija Žepče, Bosna i Hercegovina, *Šumar. list* 140 (5-6): 239-249.
 - Memišević Hodžić M., D. Ballian, 2019: Growth tendency of *Quercus robur* L. provenances in Bosnia and Herzegovina provenance test with relation to fixation index, *Kastamonu Uni. Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (2): 186-196.
 - Memišević Hodžić M., D. Ballian, 2020: Quality of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) provenances in Bosnian-Herzegovinian provenance test based on branching angle and stem form, *Forestist*, 70 (2): 95-104.
 - Memišević Hodžić M., D. Ballian, H. Kraigher, 2019: Research of morphologic features of up to 10-year-old pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in the provenance test in Žepče, Bosnia and Herzegovina, poster presentation XXV IUFRO World Congress 2019 "Forest Research and Cooperation for Sustainable Development", Curitiba, Brazil; 29 September - 5 October 2019.
 - Memišević Hodžić M., I. Murlin, D. Ballian, 2016: Variability of eight years old plants of pedunculate oak in provenance test Žepče, Bosnia and Herzegovina. *Proceedings of Natural resources, green technology and sustainable development-green/2*. 106-111 str.
 - Memišević M., 2010: Unutarpopulacijska i međupopulacijska varijabilnost nekih morfoloških karakteristika hrasta lužnjaka (*Quercus robur*, L.) u području Zapadnog Balkana, *Magistarski rad*, Šumarski fakultet u Sarajevu.
 - Pintarić K., 2000: 30 godina istraživanja na arišu različitih provenijencija u Bosni, *Šumar. list*, 124 (3-4): 143-156.
 - Poljak I., M. Idžojić, M. Zebec, 2014: Leaf morphology of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) – a Methodological approach, *Acta Hort*, 1043: 211-218.
 - Poljak I., M. Idžojić, I. Šapić, P. Korijan, J. Vukelić, 2018: Diversity and structure of Croatian continental and alpine-dinaric populations of grey alder (*Alnus incana* /L./ Moench subsp. *incana*); Isolation by distance and environment explains phenotypic divergence, *Šumar. list*, 142 (1-2): 19-31.
 - Popović M., M. Ivanković, M., Bogdan, S., 2014: Varijabilnost visinskog rasta i preživljenja potomstava iz sjemenskih sastojina hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u pokusnom nasadu "Jastrebarski Lugovi" – prvi rezultati, *Šumar. list*, 138 (1-2): 155-165.
 - Roth V., 2003: Neki pokazatelji rasta hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz sjemenskih zona i rajona Hrvatske u rasadničkom testu, *Rad. Šumar. inst. Jastrebarsko*, 38 (2): 195-210.
 - Roth V., 2006: Rast biljaka hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) iz različitih sjemenskih zona i rajona Hrvatske, tijekom prvih dviju godina poljskog testa, *Rad. Šumar. inst. Jastrebarsko, Izvanredno izdanje*, 9: 319-327.
 - Stefanović V., V. Beus, Č. Burlica, H. Dizdarević, I. Vukorep, 1983: Ekološko-vegetacijska rejonizacija Bosne i Hercegovine. Sarajevo, Šumarski fakultet, Posebna izdanja br. 17: 1-44.
 - Trinajstić I., 1988: Taksonomska problematika hrasta lužnjaka *Quercus robur* L. u flori Jugoslavije, *Glas. Šum. pokuse* 24: 101-116.
 - Trinajstić I., J. Franjić, 1991: Listovi kratkog plodnoga izbojka, osnova za morfometrijsku analizu lista hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L., Fagaceae). U: B. Mayer (ur.), *Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava*, Šumarski fakultet Zagreb, 169-178 str.
 - Wright I.J., D.D. Ackerly, F. Bongers, K.E. Harms, G. Ibarra-Manriquez, M. Martinez-Ramos, S.J. Mazer, H.C. Muller-Landau, H. Paz, N.C. Pitman, L. Poorter, M.R. Silman, C.F. Vriesendorp, C.O. Webb, M. Westoby, S.J. Wright, 2007: Relationships among ecologically important dimensions of plant trait variation in seven neotropical forests, *Ann. Bot.-London*, 99 (5): 1003-1015.
 - Zebec M., M. Idžojić, I. Poljak, I. Modrić, 2015: Raznolikost gorskog brijesta (*Ulmus glabra* Huds.) na području gorsko-kotlinske Hrvatske prema morfološkim obilježjima listova, *Šumar. list*, 139 (9-10): 429-438.

SUMMARY

Pedunculate oak (*Quercus robur* L., Fagaceae) is an economically and ecologically valuable species that has almost completely disappeared from the territory of Bosnia and Herzegovina due to over-exploitation, and through reintroduction and breeding activities it should be returned and protected in areas optimal for its growth. This study aimed to determine whether there is a correlation between the mor-

phological traits of pedunculate oak leaves in populations where the seed for establishing provenance test was collected with the root collar diameter and height of plants growing in the provenance test.

In the first part of this study, leaves from 27 natural populations of pedunculate oak throughout Bosnia and Herzegovina were measured (Table 1). Ten leaves per tree were measured from ten trees per population. The following traits were measured (Figure 1): K1 - leaf blade length in mm, K2 - leaf petiole length in mm, K3 - the distance of the widest part of the blade from the blade base (on the right side) in mm, K4 - width of the right half-blade at the height from K3 in mm, K5 - (maximum) width of the left half-blade in mm, K6 - incision of the leaf from the central nerve in mm, K7 - incision of the blade base. The second part of the research includes the measurement of heights and root collar diameters of pedunculate oak plants in the provenance test in Žepče in the spring of 2020. The provenance test was established in 2009 from seeds from the same populations and from the same trees from which the leaf material was collected for morphometric analysis. Data were processed in the statistical program SPSS 26.0. Descriptive analysis, analysis of variance, multiple Duncan test, and cluster analysis using the Average Linkage Method for the traits of the height and root collar diameter of plants in the provenance test were performed. A correlation analysis between the morphological traits of the leaves in the populations and the growth of provenances in the provenance test using the Pearson coefficient was also performed. Mutual correlations of leaf traits, correlations between height and root collar diameter of plants in the provenance test, and correlations between leaf traits and height and root collar diameter of plants in the provenance test were calculated.

Analysis of variance for the height and root collar diameter showed statistically significant differences among the investigated provenances, which was confirmed by Duncan's test (Table 2, 3 and 4). The highest average value of plant height for 2020 had provenance Drvar (445.8 cm), followed by Jelah and Vinac, while the lowest average value had provenance Visoko - Muhašinovići (262.3 cm) (Figure 2). Overflow of provenances was registered for the height. The highest average value of root collar diameter had provenance Živinice (Figure 3), followed by the provenances Jelah and Drvar (10.7 cm), while the lowest value had provenance Nević polje (7.4 cm). The results of the conducted descriptive statistical analysis for morphological leaf traits are shown in Table 5. There was no clear pattern in the formation of groups (Figure 4), which is a consequence of the earlier historical negative effect of man on the pedunculate oak population. A significant positive correlation between height and root collar diameter was recorded at the 0.01 level (Table 6). A positive significant correlation was also registered between the height and leaf traits, except for the petiole length which did not show a significant correlation. A positive correlation was registered between the root collar diameter and all investigated leaf traits except for the petiole length and the incision of the leaf blade base of the leaf blade.

Given the obtained variability among the studied provenances, as well as significant correlations of height and root collar diameter of plants in provenance test with leaf traits, the obtained results should be used in the selection of seed trees and stands, i.e., planning measures for conservation and reintroduction of pedunculate oak in Bosnia and Herzegovina.

KEY WORDS: provenances, pedunculate oak, plant height, root collar diameter, morphometric analysis