

UDK: 582.632.2

Izvorni naučni rad *Original scientific paper*

**VARIJABILNOST MORFOLOŠKIH KARAKTERA ŽIRA HRASTA
LUŽNJAKA (*QUERCUS ROBUR* L.), KITNJAKA (*Q. PETRAEA* (MATT.)
LIEB.) I CERA (*Q. CERRIS* L.)**

Lazar Kesić¹, Srđan Stojnić¹, Saša Orlović¹, Lazar Pavlović², Radoslav Lozjanin³,
Aleksandar Tepavac³, Erna Vaštag²

Izvod: U radu su istraživane morfološke karakteristike žira u cilju utvrđivanja razlika između hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.), hrasta kitnjaka (*Q. petraea* (Matt.) Lieb.) i hrasta cera (*Q. cerris* L.). Ukupno je izmereno 16 primarnih i dva sekundarna parametra. Istraživanje je obuhvatalo ukupno 400 žireva sa tri vrste hrastova, koji su sakupljeni na četiri lokaliteta. Žir hrasta lužnjaka je sakupljen u Novom Sadu i Bačkom Petrovom Selu, dok je žir hrasta kitanjaka i hrasta cera sakupljen sa dva lokaliteta na Fruškoj gori. Statističke metode koje su sprovedene u ovom radu su t-test, ANOVA, analiza glavnih komponenti (PCA) i korelaciona analiza. Rezultati t-testa ukazali su na statistički značajne razlike između istraživanih karaktera u okviru *Quercus* i *Cerris* sekcije. Takođe, statistički značajne razlike su utvrđene i za karaktere između jedinki hrasta lužnjaka sa dva različita lokaliteta. Analiza varijanse takođe ukazuje na statistički značajne razlike između svih ispitivanih karaktera za sve tri vrste. Rezultati analize glavnih komponenti je izdvojila karaktere na osnovu kojih je moguće razlikovati istraživane vrste hrastova, a ti karakteri su masa žira, dužina i širina žira, dužina žira izvan kupule i dužina drške. Korelacionom analizom su ustanovljeni isti obrasci korelacija kod sve tri vrste. U radu je prodiskutovana važnost rezultata istraživanja morfoloških karaktera žira u kontekstu primene, selekcije i oplemenjivanja.

Ključne reči: cer, kitanjak, lužnjak, varijabilnost, žir

¹ Master Lazar Kesić, istraživač saradnik (E-mail: kesic.lazar@uns.ac.rs); dr Srđan Stojnić, naučni saradnik; prof dr. Saša Orlović, naučni savetnik, Univerzitet u Novom Sadu, Institut za nizijsko šumartvo i životnu sredinu, Novi Sad, Republika Srbija; ² master Lazar Pavlović, asistent; master Erna Vaštag, istraživač pripravnik; Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Republika Srbija; ³ master Radoslav Lozjanin; mr Aleksandar Tepavac; JP "Vojvodinašume", ŠG Sremska Mitrovica, Sremska Mitrovica, Republika Srbija

¹Lazar Kesić, MSc, research assistant(E-mail: kesic.lazar@uns.ac.rs); dr Srđan Stojnić, research associate; prof. dr Saša Orlović, principal research fellow; University of Novi Sad, Institute of lowland forestry and environment, Novi Sad, Republic of Serbia; ² Lazar Pavlović, MSc, teaching assistant; Erna Vaštag, MSc, research trainee; University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Novi Sad, Republic of Serbia; ³ Radoslav Lozjanin, MSc, PhD student; Aleksandar Tepavac, MSc, PhD student; PE "Vojvodinašume", FE "Sremska Mitrovica", Sremska Mitrovica, Republic of Serbia

VARIABILITY OF THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PEDUNCULATE (*QUERCUS ROBUR* L.), SESSILE (*Q. PETRAEA* (MATT.) LIEB.) AND TURKEY OAK (*Q. CERRIS* L.) ACORNS

Abstract: The aim of this research was to examine the morphological characteristics of acorn in order to determine differences between three species. In total, sixteen primary and two secondary parameters were measured and statistically processed. The present study included a total number of 400 acorns from three oak species (pedunculate, sessile and Turkey oak). Acorns were collected from four different sites. Pedunculate oak acorns were collected in Novi Sad and Bačko Petrovo Selo, while sessile and Turkey oak acorns were collected from two different sites at Fruska gora Mt. Following statistical methods were used in this paper: t-test, ANOVA, principal component analysis and analysis of correlation. The results of t-test pointed out statistically significant differences between all characters within two different sections. Statistically significant differences in the examined characteristics were also found between the acorns of two pedunculate oak populations collected at two different sites. The analysis of variance showed statistically significant differences between all investigated characters for all three oak species. The results of PCA pointed out that acorn mass, stalk length, nut length, nut diameter and nut out of cupule are the characteristics that can be used to differentiate three mentioned oak species. The same patterns of correlations were established for all three examined oak species. The present study is discussing the significance of the results related to assessment of morphological characteristics of acorns for application in selection and breeding programmes.

Keywords: acorn, pedunculate oak, sessile oak, Turkey oak, variability

UVOD

Rod *Quercus* L. je zastupljen u severnoj umerenoj zoni sa oko 300 vrsta (Manos et al., 2001), od kojih se deset nalazi u Republici Srbiji (Janković, 1970). U našoj zemlji zastupljene su sledeće vrste: *Q. trojana* Webb., *Q. cerris* L., *Q. robur* L., *Q. pedunculiflora* C. Koch, *Q. petraea* (Matt.) Lieb., *Q. polycarpa* Schur, *Q. dalechampii* Ten., *Q. frainetto* Ten., *Q. virgiliana* Ten. i *Q. pubescens* Willd. (Janković, 1970). Ovaj rod je jedan od najobimnijih i najekonomičnijih rodova drvenastih vrsta koji pripada familiji Fagaceae (Uslu i Bakis, 2014), jer sadrži vrste koje se koriste za dobijanje najkvalitetnijeg drveta.

Zbog lošeg zdravstvenog stanja hrastovih šuma u drugim zemljama Evrope (Jump et al., 2017) i u Republici Srbiji (Kovačević i Orlović, 2007; Stojnić et al., 2014) posebna pažnja se poklanja odabiru genotipova koji su uspešniji u preživljavanju na osnovu morfoloških (Nikolić i Orlović, 2002; Vaštag et al., 2017) i fizioloških parametara (Valladares et al., 2002).

Oblik i veličina ploda igraju značajnu ulogu u ranom razvoju sejanaca (Majer, 2002), preživljavanja i visine sadnica (Roth et al., 2011; Ivanković et al., 2011). Proučavanja sprovedena na evropskim i američkim hrastovima pokazuju direktnu povezanost veličine žira i rasta izdanka, brzine oporavka nakon defolijacije i odnosa izdanka i korena (Aizen i Woodcock, 1996; Bonfil et al., 1998; Ivanković et al., 2011). Veličina žira može imati značajnu ulogu u određivanju dubine i gustine setve (Majer, 2002). Pored toga, Aizen i Woodcock, (1996) su

ustanovili vezu između veličine žira i preživelih sadnica u stresnim uslovima, a isto tako su ustanovili vezu između veličine žira i visine sadnica.

Iz svega navedenog, zaključuje se da su veličina i oblika žira izuzetno značajni prilikom odabira semenskog materija koji će biti korišćen u rasadničkoj proizvodnji sadnog materijala (Major, 2002).

Dok je oblik žira stalna karakteristika (Janković, 1970), njegova veličina se u velikoj meri razlikuje između vrsta (Aizen i Paterson, 1990; Major, 2002; Jensen, 2003; Bakis i Babac, 2015), podvrsta (Galván et al. 2012), čak i populacija iste vrste u zavisnosti od taksona i ekoloških uslova (Bakis i Babac, 2015). Na primer, u okviru semenskih sastojina hrasta lužnjaka u Hrvatskoj uočene su razlike u visini, širini, masi i odnosu dužine i širine žira. Gore navedene karakteristike žira iz Hrvatskih semenskih sastojina su ukazale na unutarpopulacionu i međupopulacionu varijabilnost, pri čemu je unutarpopulaciona varijabilnost bila veća od međupopulacione (Ivanković et al., 2011). Pored toga uočene su razlike između genotipova koji se nalaze u istom ekološkom okruženju. Nikolić i Orlović, (2002) su sprovodili istraživanje na morfološkim karakteristikama žira između različitih genotipova hrasta lužnjaka. Oni navode da između genotipova hrasta lužnjaka postoje razlike u dužini, širini i masi žira. Pored toga, istražujući morfološke karakteristike žira kod genotipova hrasta lužnjaka iz Novog Sada, u cilju odabira genotipova koji imaju poželjne karakteristike žira. Vaštag et al., (2017) su takođe utvrdili da između genotipova hrasta lužnjaka postoje značajne razlike u pogledu dužine, širine, mase i odnosa dužine i širine žira.

Morfološki karakteri žira (Aizen i Paterson, 1990; Major, 2002; Jensen, 2003) i kupula (Bakis i Babac, 2015) mogu se koristiti i u identifikaciji vrsta. Prema Bakis i Babac, (2015), rezultati istraživanja sprovedenih na hrastovima ukazuju na značajne razlike između morfoloških karakteristika kupula iz različitih sekcija. Na primer, rezultati istraživanja hrastova iz tri sekcije (*Quercus*, *Cerris* i *Ilex*) pokazuju da se vrste iz sekcija *Quercus* i *Cerris* razlikuju na osnovu veličine žira i da vrste iz sekcije *Cerris* imaju najveće žireve od ostalih vrsta iz druge dve sekcije (Bakis i Babac, 2015).

U Republici Srbiji istraživanja morfoloških karakteristika kupula do sada nisu sprovedena.

Cilj istraživanja pretenduje da ponudi odgovor na pitanje da li morfološke karakteristike žira i kupula mogu biti svojstvene nekoj grupi u okviru roda? Da bismo dali odgovor na ovo pitanje neophodno je da procenimo morfološke varijacije žira i kupula između različitih grupa u okviru roda *Quercus*. Pored gore navedenih analiza pokušali smo da pomoću korelacione analize utvrdimo povezanost izmerenih karaktera žira i na taj način ustanovimo obrasce korelacija između sve tri vrste.

MATERIJAL I METODE

Biljni materijal (žir) za potrebe istraživanja sakupljen je na četiri različita lokaliteta u AP Vojvodini tokom septembra i oktobra 2018. godine (Tabela 1). Žir je sakupljen sa tri vrste roda *Quercus* L. koji pripadaju različitim sekcijama. Vrsta *Quercus cerris* L. prirada sekciji *Cerris* Loudon, dok vrste *Q. robur* L. i *Q. petraea*

(Matt.) Liebl. pripadaju sekciji *Quercus* (Endl.) Örsted. Ukupno je sakupljeno 400 žireva na kojima je izmereno 16 parametara (6 parametara na žiru i 8 na kupuli): CSL - dužina ljuspice (mm), NSD - prečnik ožiljka (mm), NOC - dužina žira izvan kupule (mm), NL - dužina žira (mm), ND - širina žira (mm), COD - spoljašnji dijametar kupule (mm), CID - unutrašnji dijametar kupule (mm), NIC - dužina žira u kupuli (mm), CH - visina kupule (mm), CT - debljina kupule (mm), SL - dužina drške (mm), SD - širina drške (mm), (Nikolić i Orlović, 2002; Bakis i Babac, 2015; Slika 1), masa žira (g), širina drške na 1cm (mm) (Vaštag et al., 2017), a dva preostala karaktera predstavljaju odnose između dužine i širine žira (Vaštag et al., 2017), odnosno peteljke. Odnos dužine i širine žira, odnosno peteljke, predstavlja koeficijent izduženosti koji se izračunava kao količnik dužine i širine žira, odnosno peteljke.

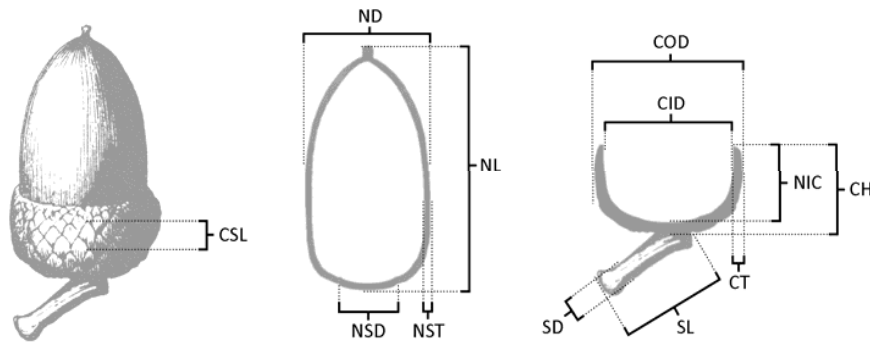
Tabela 1. Uzorci sa taksonomskim opisom i informacijama o lokalitetima

Table 1. Samples with taxonomy and locality information

Takson <i>Taxon</i>	Populacija <i>Population</i>	Broj žireva <i>Number of acorns</i>	Koordinate <i>Coordinates</i>	
			N	E
Sekcija / <i>Section Quercus</i> (Endl.) Örsted				
<i>Q. robur</i> L.	Novi Sad	100	45°25'61.75"	19°79'73.47"
<i>Q. robur</i> L.	Bačko Petrovo Selo	100	45°41'09.87"	20°04'20.17"
<i>Q. petraea</i> (Matt.) Liebl.	Fruška gora	100	45°09'26"	19°48'39"
Sekcija / <i>Section Cerris</i> Loudon				
<i>Q. cerris</i> L.	Fruška gora	100	45°09'27.48"	19°46'50.71"

Za merenje mase žira korišćena je laboratorijska vaga METTLER AJ100, dok su osobine morfoloških parametara merene pomoću digitalnog šublera, sa tačnošću od 0.01 mm.

Za statističku obradu podataka korišćeni su programi Rstudio i STATISTICA 13.3. (TIBCO Software, Inc.). Obrada podataka podrazumevala je metode deskriptivne statistike i multivarijatne analize. Pored toga korišćen je t-test za poređenje grupe stabala hrasta lužnjaka poreklom iz Novog Sada i Bačkog Petrovog Sela i poređenje jedinki različitih vrsta između *Quercus* i *Cerris* sekcije. Analiza varijanse je korišćena kako bi utvrdili razlike između tri vrste hrasta (*Quercus robur*, *Q. cerris*, i *Q. petraea*) na osnovu morfoloških karaktera žira. Povezanost ispitivanih parametara utvrđena je pomoću korelacijskih koeficijenata za svih 16 morfoloških karaktera. Od multivarijatnih analiza primenjena je analiza glavnih komponenti (PCA) na osnovu kojih uočavamo grupe ili klastere karaktera koji se najviše razlikuju između istraživanih vrsta.



Slika 1. Morfološki karakteri žira (NL-dužina žira; ND-širina žira; NSD-prečnik ožiljka; NOC-dužina žira izvan kupule; NIC-dužina žira u kupuli (dubina kupule); CH-visina kupule; CID-unutrašnji dijametar kupule; COD-spoljašnji dijametar kupule; CT-debljina kupule; CSL-dužina ljuspice; SL-dužina drške; SD-širina drške; Preuzeto od Bakis & Babac, 2015)

Figure 1. Morphological characters of the acorn (NL-Nut length; ND-Nut diameter; NSD-Nut scar diameter; NOC-Nut out of cupule; NIC-Nut in cupule (Cupule depth); CH-Cupule height; CID-Cupule inner diameter; COD-Cupule outer diameter; CT-Cupule thickness; CSL-Cupule scale length; SL-Stalk length; SD-Stalk diameter).

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati t-testa, koji je sproveden između vrsta *Q. robur* i *Q. petraea*, koje pripadaju *Quercus* sekciji i vrste *Q. cerris* koja pripada *Cerris* sekciji, pokazuju statistički značajne razlike za sve karaktere osim za debljinu kupule, pri čemu su jedinke iz *Cerris* sekcije imale veće vrednosti svih morfoloških karakterata u poređenju sa jedinkama iz *Quercus* sekcije (Tabela 2). Za sekciju *Cerris* svojstvena je reproduktivna strategija i dvogodišnje sazrevanje ploda. Dvogodišnje sazrevanje uslovljava plod za preživljavanje nepovoljnih klimatskih uslova tokom zime (Elena-Rossello et al., 1993), a jedna od tih karakteristika može biti ta da se žir kod sekcije *Cerris* nalazi više u kupuli nego kod vrsta iz sekcije *Quercus*, što potvrđuju i naši rezultati (Tabela 2). Smatra se da dvogodišnje sazrevanje uzrokuje razvoj drugačijih morfoloških karakteristika neophodnih za preživljavanje nepredvidive submediteranske klime (Elena-Rossello et al., 1993). Jedan karakter koji bi se u budućnosti mogao ispitati je debljina perikarpa žira, a koji utiče na uspešnost u preživljavanju nepovoljnih uslova (Bakis i Babac, 2015).

Tabela 2. Rezultati t-testa između dve sekcije u okviru roda *Quercus*
Table 2. Results of the t-test between the two sections in the genus *Quercus*

Karakter Character	Sekcija Section	Srednja vrednost Average value	t	p
Dužina žira Nut length (mm)	<i>Quercus</i> (Endl.) Örsted	28.1	-15.03***	<0.001
	<i>Cerris</i> Loudon	35.09		
Širina žira Nut width (mm)	<i>Quercus</i> (Endl.) Örsted	14.47	-29.84***	<0.001
	<i>Cerris</i> Loudon	20.22		
Prečnik ožiljka Nut scar diameter (mm)	<i>Quercus</i> (Endl.) Örsted	6.83	-18.49***	<0.001
	<i>Cerris</i> Loudon	10.05		
Masa Mass (g)	<i>Quercus</i> (Endl.) Örsted	2.70	-26.54***	<0.001
	<i>Cerris</i> Loudon	7.54		
Dužina žira izvan kupule Nut out of cupule (mm)	<i>Quercus</i> (Endl.) Örsted	21.93	-3.72***	<0.001
	<i>Cerris</i> Loudon	23.79		
Dužina žira u kupuli Nut in cupule (mm)	<i>Quercus</i> (Endl.) Örsted	6.17	-15.00***	<0.001
	<i>Cerris</i> Loudon	11.27		
Visina kupule Cupule height (mm)	<i>Quercus</i> (Endl.) Örsted	8.03	-38.49***	<0.001
	<i>Cerris</i> Loudon	20.93		
Unutrašnji prečnik kupule Cupule inner diameter (mm)	<i>Quercus</i> (Endl.) Örsted	13.17	-32.57***	<0.001
	<i>Cerris</i> Loudon	21.31		
Spoljašnji prečnik kupule Cupule outer diameter (mm)	<i>Quercus</i> (Endl.) Örsted	14.65	-30.48***	<0.001
	<i>Cerris</i> Loudon	22.98		
Debljina kupule Cupule thickness (mm)	<i>Quercus</i> (Endl.) Örsted	0.98	-2.31***	<0.001
	<i>Cerris</i> Loudon	1.09		
Dužina ljuspice na kupuli Cupule scale length (mm)	<i>Quercus</i> (Endl.) Örsted	2.49	-25.24***	<0.001
	<i>Cerris</i> Loudon	7.33		
Dužina drške Stalk length (mm)	<i>Quercus</i> (Endl.) Örsted	26.66	8.91***	<0.001
	<i>Cerris</i> Loudon	9.99		
Širina drške na 1 cm . dužine Stalk width at 1 cm of length (mm)	<i>Quercus</i> (Endl.) Örsted	1.72	-23.29***	<0.001
	<i>Cerris</i> Loudon	4.52		

Napomena: ** nivo značajnosti $p < 0.01$; *** nivo značajnosti $p < 0.001$
 Notification: ** significance level $p < 0.01$; *** significance level $p < 0.001$

Rezultati t-testa, koji je sproveden između grupe stabala hrasta lužnjaka iz Bačkog Petrovog Sela i Novog Sada, pokazuju da se grupe stabala razlikuju u sledećim karaketrima: dužina žira, širina žira, masa, dužina žira izvan kupule, visina kupule, debljina kupule i dužina ljuspice na kupuli. Populaciona varijabilnost hrasta lužnjaka u urbanim sredinama do sada nije istraživana, jedino je u okviru grupe stabala iz Novog Sada vršeno istraživanje varijabilnosti između genotipova na osnovu morfoloških karaktera ploda (Vaštag et al., 2017). Određivanje plus stabala ima za cilj da se selektuju stabla koja će se koristiti u oplemenjivanju i ukrštanju (Mataruga et al., 2013). Veličina žira hrasta lužnjaka predstavlja ključni činilac juvenilnog rasta i razvoja biljaka, a gledajući srednju vrednost dužine žira (Tabela 3), jedinke iz Novog Sada ($\bar{x}=32.38$) imaju veću srednju dužinu žira od jedinki iz Bačkog Petrovog Sela ($\bar{x}=31.13$). Za razliku od srednje dužine žira, srednja širina

žira je veća kod jedinki iz Bačkog Petrovog Sela ($x=17.31$) nego kod jedinki iz Novog Sada ($x=15.57$). Istraživanja koja su sprovedena na nekoliko vrsta evropskih hrastova pokazuju da je krupnoća žira pozitivno korelirana sa procentom iskljalih žireva, naglim razvojem izbojka (nadzemnog dela), procentom preživljenja sadnica, većom biomasom korena, povoljnijim odnosom mase korena i mase nadzemnog dela (Tecklin i McCreary, 1991; Roth et al., 2009; Ivanković et al., 2011). Ostali karakteri koji pokazuju statistički značajne razlike, a odnose se na kupulu, ukazuju na to da se mogu koristiti u taksonomske svrhe. Naime, prema Flori Srbije (Janković, 1970), u Republici Srbiji su izdvojene dve podvrste hrasta lužnjaka, pri čemu su širina kupule i izgled ljuspica na njoj jedni od karaktera po kojima se ove podvrste razlikuju. Tako, podvrsta *ssp. robur* Schwarz ima kupulu širine 12 mm sa sraslim ljuspicama, dok podvrsta *ssp. brutia* (Ten.) Schwarz ima kupulu širine 25 mm sa slobodnim ljuspicama (Janković, 1970).

Tabela3. Razultati t-testa između jedinke hrasta lužnjaka sa dva lokaliteta

Table 3. Results of the t-test between the pedunculate oak tree from two sites

Karakter Character	Lokalitet Site	Srednja vrednost Average value	t	p
Dužina žira Nut length (mm)	Novi Sad Ada	32.38 31.13	3.14**	0.002
Širina žira Nut width (mm)	Novi Sad Ada	15.57 17.31	-10.25***	<0.001
Prečnik ožiljka Scar diameter(mm)	Novi Sad Ada	7.01 7.12	-0.37	0.711
Masa Mass (g)	Novi Sad Ada	4.21 5.81	-7.30***	<0.001
Dužina žira izvan kupule Nut out of cupule (mm)	Novi Sad Ada	25.88 26.65	2.98**	0.003
Dužina žira u kupuli Nut in cupule (mm)	Novi Sad Ada	6.49 6.48	0.04	0.969
Visina kupule Cupule height (mm)	Novi Sad Ada	8.85 7.61	7.84***	<0.001
Unutrašnji prečnik kupule Cupule inner diameter (mm)	Novi Sad Ada	13.77 13.49	1.67	0.097
Spoljašnji prečnik kupule Cupule outer diameter (mm)	Novi Sad Ada	15.5 15.28	1.12	0.264
Debljina kupule Cupule thickness (mm)	Novi Sad Ada	1.12 0.9	6.47***	<0.001
Dužina ljuspice na kupuli Cupule scale length (mm)	Novi Sad Ada	2.62 2.43	3.33***	0.001
Dužina drške Stalk length (mm)	Novi Sad Ada	45.79 42.88	1.53	0.128
Širina drške na 1 cm . dužine Stalk width at 1 cm of length (mm)	Novi Sad Ada	1.05 1.05	0.22	0.826
Maksimalana širina drške The greatest stalk width (mm)	Novi Sad Ada	1.47 1.54	-1.72	0.087

Napomena: ** nivo značajnosti $p<0.01$; *** nivo značajnosti $p<0.001$

Notification: ** significance level $p<0.01$; *** significance level $p<0.001$

Rezultati analize varijanse (ANOVA) pokazuju statistički značajne razlike za sve izmerene karaktere između tri istraživane vrste (Tabela 4). Primenom *post-hoc* testa (LSD) dobijeni su skoro uniformni zaključci za sve karaktere (Tabela 4).

Tabela 4. Rezultati analize varijanse i post-hoc testa sprovedenih za istraživane vrste hrastova
Table 4. The results of ANOVA analysis and post-hoc test carried out on investigated oak species

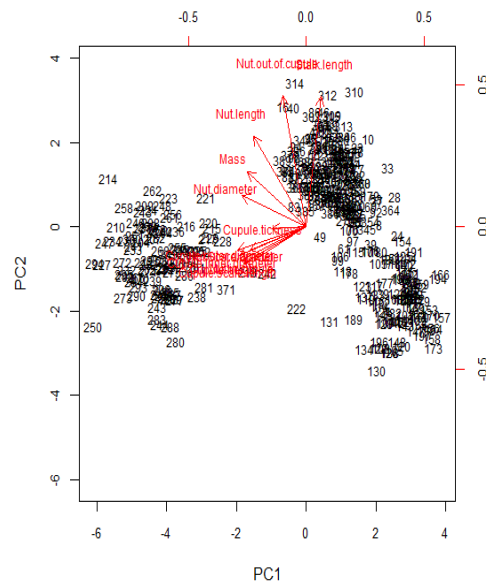
Karakter	Vrsta	Srednja vrednost	F	p
Dužina žira <i>Nut length (mm)</i>	<i>Quercus robur</i>	31.75 ^B	387.22***	<0.001
	<i>Quercus petraea</i>	23.82 ^C		
	<i>Quercus cerris</i>	35.07 ^A		
Širina žira <i>Nut width (mm)</i>	<i>Quercus robur</i>	16.44 ^B	462.02***	<0.001
	<i>Quercus petraea</i>	13.38 ^C		
	<i>Quercus cerris</i>	20.25 ^A		
Prečnik ožiljka <i>Scar diameter (mm)</i>	<i>Quercus robur</i>	7.10 ^B	207.06***	<0.001
	<i>Quercus petraea</i>	6.59 ^C		
	<i>Quercus cerris</i>	10.09 ^A		
Masa <i>Mass (g)</i>	<i>Quercus robur</i>	5.02 ^B	498.32***	<0.001
	<i>Quercus petraea</i>	1.20 ^C		
	<i>Quercus cerris</i>	7.55 ^A		
Dužina žira u kupuli <i>Nut in cupule (mm)</i>	<i>Quercus robur</i>	25.26 ^A	181.16***	<0.001
	<i>Quercus petraea</i>	17.98 ^C		
	<i>Quercus cerris</i>	23.75 ^B		
Dužina žira izvan kupule <i>Nut out of cupule (mm)</i>	<i>Quercus robur</i>	6.49 ^B	179.22***	<0.001
	<i>Quercus petraea</i>	5.84 ^C		
	<i>Quercus cerris</i>	11.32 ^A		
Visina kupule <i>Cupule height (mm)</i>	<i>Quercus robur</i>	8.23 ^B	2177.75***	<0.001
	<i>Quercus petraea</i>	7.21 ^C		
	<i>Quercus cerris</i>	21.17 ^A		
Unutrašnji prečnik kupule <i>Cupule inner diameter (mm)</i>	<i>Quercus robur</i>	13.63 ^B	968.46***	<0.001
	<i>Quercus petraea</i>	12.57 ^C		
	<i>Quercus cerris</i>	21.48 ^A		
Spoljašnji prečnik kupule <i>Cupule outer diameter (mm)</i>	<i>Quercus robur</i>	15.39 ^B	1041.37***	<0.001
	<i>Quercus petraea</i>	13.80 ^C		
	<i>Quercus cerris</i>	23.10 ^A		
Debljina kupule <i>Cupule thickness (mm)</i>	<i>Quercus robur</i>	1.01 ^B	43.65***	<0.001
	<i>Quercus petraea</i>	0.83 ^C		
	<i>Quercus cerris</i>	1.31 ^A		
Dužina ljuspice na kupule <i>Cupule scale length (mm)</i>	<i>Quercus robur</i>	2.53 ^B	1130.87***	<0.001
	<i>Quercus petraea</i>	2.35 ^B		
	<i>Quercus cerris</i>	7.73 ^A		
Dužina drške <i>Stalk length (mm)</i>	<i>Quercus robur</i>	44.33 ^A	657.44***	<0.001
	<i>Quercus petraea</i>	5.68 ^C		
	<i>Quercus cerris</i>	9.59 ^B		
Širina drške na 1 cm dužine <i>Stalk width at 1 cm of length (mm)</i>	<i>Quercus robur</i>	1.06 ^C	1267.46***	<0.001
	<i>Quercus petraea</i>	2.61 ^B		
	<i>Quercus cerris</i>	4.68 ^A		
Odnos dužine i širine žira <i>Nut length by width ratio</i>	<i>Quercus robur</i>	1.95 ^A	28.71***	<0.001
	<i>Quercus petraea</i>	1.81 ^B		
	<i>Quercus cerris</i>	1.74 ^C		
Odnos dužine i širine drške <i>Stalk length by width ratio</i>	<i>Quercus robur</i>	43.67 ^A	668.10***	<0.001
	<i>Quercus petraea</i>	2.32 ^B		
	<i>Quercus cerris</i>	2.21 ^B		

Napomena: ** nivo značajnosti $p < 0.01$; *** nivo značajnosti $p < 0.001$
 Notification: ** significance level $p < 0.01$; *** significance level $p < 0.001$

Razultati su ukazali na to da vrsta *Q. robur* ima najdužu dršku, da se žir nalazi najviše izvan kupule, da je okarakterisana najvećim odnosom dužine i širine ploda i najvećim odnosom dužine i širine drške. Rezultati *post-hoc* testa za karaktere: dužina ploda, širina ploda, prečnik ožiljka, masa, koliko se žir nalazi u

kupule, visina kupule, unutrašnji i spoljašnji prečnik kupule, debljina kupule, dužina ljuspice i debljina drške na 1cm, pokazali su najveće vrednosti kod vrste *Q. cerris*, dok su najmanje vrednosti izmerene za vrstu *Q. petraea*. Samo za dužinu ljuspice na kupuli i odnos dužine i širine drške je zabeleženo da nema razlika u varijabilnosti između *Q. robur* i *Q. petraea*. Svi gore navedeni podaci su u skladu sa Bakis i Babac, (2015).

U analizi glavnih komponenti (PCA) korišćene su dve (PC) ose. Procenat varijanse je kod prve ose iznosio 57%, a kod druge 43%. U odnosu na prvu (PC1) osu u pozitivnom delu se izdvaja samo jedan karakter (dužina drške), dok se u negativnom delu izdvajaju svi ostali karakteri. Posmatrajući drugu (PC2) osu u pozitivnom delu se izdvajaju masa žira, dužina i širina žira, dužina žira izvan kupule i dužina drške, dok se u negativnom delu izdvajaju svi ostali karakteri (Slika 2). Shodno ovim rezultatima dužina i širina žira se mogu koristiti za procenu volumena žira, što je prethodno dokumentovano od strane i drugih autora (Aizen i Patterson, 1990; Bakis i Babac, 2014). Posmatrajući analizu glavnih komponenti (PCA) zasnovanu na morfološkim karakteristikama ploda i kupula ispitivanih vrsta hrastova, na osnovu prve dve ose omogućila je jasno izdvajanje jedinki tri vrste (Slika 2).



Slika 2. PCA projekcije za sve tri vrste u odnosu na prve dve ose
Figure 2. PCA projections for all three species according to first and second axis

S obzirom na to da se oblik žira smatra važnim taksonomskim karakterom, rezultati dobijeni primenom PCA mogu se koristiti prilikom opisivanja i razlikovanja taksona u okviru istog roda ili sekcije.

Tabela 5. Korelacioni koeficijenti za 16 morfoloških varijabli hrasta lužnjaka (*Q. robur* L.)
Table 5. Correlation coefficients for 16 morphological variables of pedunculate oak (*Q. robur* L.)

Karakteristi Characters	NL	ND	NDS	MASS	NOC	NIC	CH	CID	COD	CT	CSL	SL	SDI	MDS	D/ŠN	D/ŠS
NL	1															
ND	0.066	1														
NDS	-0.201	0.550**	1													
Mass	0.163*	0.621**	0.347**	1												
NOC	0.817**	0.115	0.036	-0.114	1											
NIC	0.237**	-0.088	-0.093	0.454**	-0.366**	1										
CH	0.125	-0.426**	-0.156*	-0.298**	0.070	0.083	1									
CID	0.096	0.388**	0.494**	0.255**	0.106	-0.125	0.126	1								
COD	0.065**	0.417**	0.480**	0.261**	0.097	-0.059	0.125	0.946	1							
CT	-0.046	-0.131	0.102	-0.165*	0.002	-0.076	0.345**	0.187	0.336**	1						
CSL	0.059	0.032	0.212**	0.027	0.065	-0.013	0.269**	0.336	0.346**	0.249**	1					
SL	0.193**	-0.102	-0.159*	-0.085	0.190**	-0.008	0.128	-0.110**	-0.122	-0.006	0.069	1				
SDI	0.096	0.068	0.112	0.110	0.052	0.067	0.177*	0.327	0.282**	0.117	0.014	0.019	1			
MSD	0.109	0.168*	0.080	0.161*	0.127	-0.039	0.084	0.303	0.306**	0.103	0.113	-0.026	0.628**	1		
D/ŠN	0.685**	-0.675**	-0.383**	0.330**	0.520**	0.229**	0.397**	-0.217**	-0.264**	0.046	0.021	0.205**	0.028	-0.046	1	
D/ŠS	0.118	-0.142*	-0.194**	-0.132	0.126	-0.021	0.014	-0.295	-0.292**	-0.092	0.037	0.824**	-0.509**	-0.341**	0.180*	1

Napomena: * nivo značajnosti $p < 0.05$; ** nivo značajnosti $p < 0.01$; NL-dužina žira (mm); ND-dužina žira (mm); NSD-prečnik ožiljka (mm); Mass-masa žira (g); NOC-dužina žira izvan kupule (mm); NIC-debljina žira u kupulji (dubina kupule) (mm); CH-visina kupule (mm); CID-unutrašnji dijаметar kupule (mm); COD-spoljašnji dijаметar kupule (mm); CT-debljina kupule (mm); CSL-dužina ljuspice (mm); SL-dužina drške (mm); SD-dužina drške (mm); SDI - širina drške na 1cm dužine (mm); D/ŠN-odnos dužine i širine žira; D/ŠS-odnos dužine i širine drške

Notification: * significance level $p < 0.05$; ** significance level $p < 0.01$; NL-Nut length (mm); ND-Nut length (mm); NSD-Scar diameter (mm); Mass-Nut mass (g); NOC-Nut out of cupule (mm); NIC-Nut in cupule (cupule depth) (mm); CH-Cupule height (mm); CID-Cupule inner diameter (mm); COD-Cupule outer diameter (mm); CT-Cupule thickness (mm); CSL-Scal length (mm); SL-Stalk length (mm); SD-Stalk length (mm); SDI-Stalk width at 1 cm of length (mm); D/ŠN-Nut length by width ratio; D/ŠS-Stalk length by width ratio

Tabela 6 Korelacioni koeficijenti za 15 morfoloških varijabli hrasta kitnjaka (*Q. petraea* (Matt.) Liebl.)
 Table 6. Correlation coefficients for 15 morphological variables of Sessile oak (*Q. petraea* (Matt.) Liebl.)

Karakteristi Characters	NL	ND	NDS	MASS	NOC	NIC	CH	CID	COD	CT	CSL	SL	SDI	D/ŠN	D/ŠS
NL	1														
ND	0.377**	1													
NDS	0.092	0.473**	1												
Mass	0.298**	0.417**	0.092	1											
NOC	0.742**	0.102	-0.137	0.347**	1										
NIC	0.501**	0.418**	0.311**	-0.014	-0.209*	1									
CH	0.294**	0.070	-0.060	0.211*	0.164	0.217*	1								
CID	-0.069	0.416**	0.279**	0.303*	-0.103	0.032	0.132	1							
COD	-0.172	0.487**	0.237*	0.512**	-0.137	-0.073	0.250*	0.676**	1						
CT	-0.081	0.093	0.066	0.108	0.046	-0.178	-0.045	0.065	0.265**	1					
CSL	0.123	-0.173	-0.188	-0.081	0.123	0.021	0.372**	0.053	-0.049	-0.140	1				
SL	0.098	0.111	0.010	-0.106	0.009	0.131	0.265**	0.043	0.023	0.133	0.164	1			
SDI	-0.047	0.023	0.081	-0.120	0.046	-0.128	0.002	0.030	0.054	0.082	0.080	0.406**	1		
D/ŠN	0.504**	-0.578**	-0.153	-0.141	0.511**	0.075	0.177	-0.402**	-0.573**	-0.135	0.245*	-0.011	-0.029	1	
D/ŠS	0.066	0.086	-0.007	-0.074	0.002	0.093	0.240*	0.026	0.007	0.122	0.158	0.935**	0.156	-0.022	1

Napomena: * nivo značajnosti p<0.05; ** nivo značajnosti p<0.01; NL-dužina žira (mm); ND-širina žira (mm); NDS-širina ožljika (mm); Mass-masa žira (g); NOC-dužina žira izvan kupule (mm); NIC-dužina žira u kupuli (dubina kupule) (mm); CH-visina kupule (mm); CID-unutrašnji dijametar kupule (mm); COD-spoljašnji dijametar kupule (mm); C T-debljina kupule (mm); CSL-dužina ljušpice (mm); SL-dužina drške (mm); SDI-širina drške (mm); SDI- širina drške na 1 cm dužine (mm); D/ŠN-odnos dužine i širine žira; D/ŠS-odnos dužine i širine drške

Notification: * significance level p<0.05; ** significance level p<0.01; NL-Nut length (mm); ND-Nut width (mm); NDS-Scar diameter (mm); Mass-Nut mass (g); NOC-Nut out of cupule (mm); NIC-Nut in cupule (cupule depth) (mm); CH-Cupule height (mm); CID-Cupule inner diameter (mm); COD-Cupule outer diameter (mm); C T-Cupule thickness (mm); C T-Cupule length (mm); CH-Cupule length (mm); SL-Stalk length (mm); SDI-Stalk width (mm); SDI-Stalk width at 1 cm of length (mm); D/ŠN-Nut length by width ratio; D/ŠS-Stalk length by width ratio

Tabela 7. Korelacioni koeficijenti za 15 morfoloških varijabli hrasta cera (*Q. cerris* L.)
Table 7. Correlation coefficients for 15 morphological variables of Turkey oak (*Q. cerris* L.)

Karakteristi Characters	NL	ND	NDS	MASS	NOC	NIC	CH	CID	COD	CT	CSL	SL	SD1	D/ŠN	D/ŠS
NL	1														
ND	0.534**	1													
NDS	-0.030	0.418**	1												
Mass	0.513**	0.810**	0.390**	1											
NOC	0.527**	0.267**	-0.021	0.486**	1										
NIC	0.268**	0.160	-0.003	-0.107	-0.678**	1									
CH	0.134	0.204*	0.059	0.211*	0.026	0.087	1								
CID	0.204*	0.384**	0.201*	0.334**	0.058	0.111	0.526**	1							
COD	0.229*	0.321**	0.143	0.246*	-0.020	0.221*	0.490**	0.915**	1						
CT	-0.125	-0.069	-0.176	-0.011	-0.073	-0.025	0.143	0.176	0.292**	1					
CSL	-0.078	-0.034	-0.019	0.061	0.207*	-0.302**	0.086	0.158	0.194	0.329**	1				
SL	-0.101	-0.159	0.047	-0.162	0.117	0.046	-0.331**	-0.198*	-0.092	0.041	0.135	1			
SD1	-0.019	-0.074	0.070	-0.035	-0.146	0.150	-0.003	0.1714	0.194	0.044	-0.038	0.171	1		
D/ŠN	0.601**	-0.350**	-0.426**	-0.184	0.332**	0.143	-0.030	-0.126	0.0430	-0.074	-0.048	0.040	0.052	1	
D/ŠS	0.105	-0.146	0.057	-0.179	-0.092	0.014	-0.329**	-0.278**	-0.192	-0.051	0.082	0.958**	-0.018	0.020	1

Napomena: * nivo značajnosti p<0.05; ** nivo značajnosti p<0.01; NL-dužina žira (mm); ND-širina žira (mm); NSD-prečnik ožiljka (mm); Mass-masa žira (g); NOC-dužina žira izvan kupule (mm); NIC-dužina žira u kupuli(dubina kupule) (mm); CH-visina kupule (mm); CID-unutrašnji dijametar kupule (mm); COD-spoljašnji dijametar kupule (mm); CT-debljina kupule (mm); CSL-dužina ljuspice (mm); SL-dužina drške (mm); SD1-širina drške (mm); SD1- širina drške na 1cm dužine (mm); D/ŠN-odnos dužine i širine žira; D/ŠS-odnos dužine i širine drške

Notification: * significance level p<0.05; ** significance level p<0.01; NL-Nut length (mm); ND-Nut width (mm); NSD-Scar diameter (mm); Mass-Nut mass (g); NOC-Nut out of cupule (mm); NIC-Nut length i cupule (cupule depth) (mm); CH-Cupule height (mm); CID-Cupule inner diameter (mm); COD-Cupule outer diameter (mm); CT-Cupule thickness (mm); CSL-Scal length (mm); SL-Stalk length (mm); SD-Stalk width (mm); SD1-Stalk width at 1 cm of length (mm); D/ŠN-Nut length by width ratio; D/ŠS-Stalk length by width ratio

Rezultati korelacione analize su pokazali postojanje istih obrazaca korelacije između tri istraživane vrste. Isti obrazac korelacija između istraživanih vrsta ustanovljen je za dvanaest morfoloških karaktera (Tabele 5, 6 i 7).

Visoka pozitivna korelacija ($r > 0.6$) kod sve tri vrste hrasta ustanovljena je između dužine žira (NL) i dužine žira izvan kupule (NOC), kao i između dužine žira (NL) i odnosa dužine i širine žira (D/ŠN). Pored toga, visoka pozitivna korelacija ustanovljena je i između dužine drške (SL) i odnosa dužine i širine drške (D/ŠS). Takođe, visoke pozitivne korelacije su ustanovljene između širine žira (ND) i mase (Mass), dok je visoka negativna korelacija ustanovljena između širine žira (ND) i odnosa dužine i širine žira (D/ŠN).

ZAKLJUČAK

Utvrđivanje varijabilnosti morfoloških karaktera sprovedeno je na tri vrste roda *Quercus* (lužnjak, kitnjak i cer) koje pripadaju različitim sekcijama. Primenom statističkih metoda utvrđene su statistički značajne razlike između grupe stabala hrasta lužnjaka, između vrsta u okviru jedne sekcije i između sve tri vrste. Posmatrajući grupe stabala vrste *Q. robur* sa dva različita lokaliteta, može se ustanoviti da postoje statistički značajne razlike između nekih morfoloških karaktera ploda. Primenom analize glavnih komponenti izdvojili su se karakteri koji se mogu koristiti u taksonomske svrhe, a ti karakteri su dužina i širina žira, masa žira, dužina žira izvan kupule i dužina drške. Korelacionom analizom ustanovljen je obrazac korelacija koji je specifičan za istraživane vrste.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Biosensing tehnologije i globalni sistem za kontinuirana istraživanja i integrisano upravljanje ekosistemima (III43002)“ koji finansira Ministarstvo za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije u okviru programa integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja.

LITERATURA

- Aizen, M. A., Patterson III, W. A. (1990): Acorn size and geographical range in the North American oaks (*Quercus* L.). *Journal of Biogeography* 17(3): 327-332.
- Aizen, M.A., Woodcock, H. (1996): Effects of acorn size on seedling survival and growth in *Quercus rubra* following simulated spring freeze. *Canadian Journal of Botany* 74(2): 308-314.
- Bakis, Y., Babaç, M.T. (2015): Morphological variability of acorns and its taxonomic significance in *Quercus*. from Turkey. *Bangladesh Journal of Botany* 43(3): 293-299.

- Bonfil, C. (1998): The effects of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). *American Journal of Botany* 85(1): 79-87.
- Elena-Rossello, J., Rio, Jd., Valdecantos, JG., Santamaria, I. (1993): Ecological aspects of the floral phenology of the cork-oak (*Q. suber* L.): why do annual and biennial biotypes appear? In *Annales des sciences forestières*. 50(1): 114-121.
- Ivanković, M., Popović, M., Bogdan, S. (2011): Acorn Morphometric Traits and Seedling Heights Variation of Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) from the Seed Stands in Croatia. *Šumarski list* 135(13): 46- 57.
- Janković, M (1970): *Familija Fagaceae Dum. U: Josifović, M. (Ed.) Flora SR Srbije II. Srpska Akademija Nauka i Umetnosti, Odeljenje prirodno-matematičkih nauka, Beograd.*
- Jensen, R.J., Tomlinson, P.T. (2003): Leaves, acorns, and character variability in *Quercus* (Fagaceae). *Botany 2003 Conference, Mobile, Alabama*
- Jump, A. S., Ruiz-Benito, P., Greenwood, S., Allen, C. D., Kitzberger, T., Fensham, R., Martínez -Vilalta, J. and Lloret, F. (2017): Structural overshoot of tree growth with climate variability and the global spectrum of drought-induced forest dieback. *Global Change Biology* 23: 3742 – 3757.
- Kovačević, B., Orlović, S. (2007): Trends in vegetative propagation in Common oak (*Quercus robur* L.). *Topola/Poplar* 179/180: 63-70.
- Major, S. (2002): Variability of *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. acorn size in the region of the Pomeranian plains. *Dendrology* 47(25): 1-3.
- Manos, P.S., Zhou, Z., Cannon, C.H. (2001): Systematics of Fagaceae: phylogenetic tests of reproductive trait evolution. *International Journal of Plant Sciences* 162: 1361–1379.
- Mataruga, M., Isajev, V., Orlović, S. (2013): Šumski genetički resursi. Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet.
- Nikolić, N., Orlović, S. (2002): Genotypic variability of morphological characteristics of English oak (*Quercus robur* L) acorn. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke* (102): 53-58.
- Roth, V., T. Dubravac, I. Pilaš, S. Dekanić, Z., Brekalo, (2009): Krupnoća žira hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) i kitnjaka (*Quercus petraea* Liebl.), kao čimbenik rasta i razvoja sadnica. *Šumarski list* (5–6): 257–266.
- Stojnić, S., Trudić, B., Galović, V., Šimunovački, Đ., Đorđević. B., Rađević, V., Orlović, S. (2014): Očuvanje genetičkih resursa hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na području Javnog Preduzeća „Vojvodinašume“. *Topola/Poplar* 193/194: 47-71.
- Tecklin, J., McCreary, D.D. (1991): Acorn size as a factor in early seedling growth of blue oaks. *USDA Forest Service General Technical Report PSW PSW-126: 48–53.*
- Uslu, E., Bakis, Y. (2014): Morphometric analyses of the leaf variation within *Quercus* L. Sect. *Cerris* Loudon in Turkey. *Dendrobiology* 71(1): 109-117.
- Valladares, F., Chico, I. Aranda, L. Balaguer, P. Dizengremel, E., Manrique, E., Dreyer, E. (2002): The greater seedling highlight tolerance of *Quercus*

robur over *Fagus sylvatica* is linked to a greater physiological plasticity. Trees 16: 395–403.

Vaštag, E., Orlović, S., Stojnić, S., Vaštag, T., Bojović, M. (2017): Variability of the morphological characteristics of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) fruits from Novi Sad. Topola/Poplar 199-200: 95-105.

Summary

VARIABILITY OF THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PEDUNCULATE (*QUERCUS ROBUR* L.), SESSILE (*Q. PETRAEA* (MATT.) LIEB.) AND TURKEY OAK (*Q. CERRIS* L.) ACORNS

by

Lazar Kesić, Srđan Stojnić, Saša Orlović, Lazar Pavlović, Rade Lozjanin, Aleksandar Tepavac, Erna Vaštag

The aim of this research was to examine the morphological characteristics of acorn in order to determine differences between three species. In total, sixteen primary and two secondary parameters were measured and statistically processed. The present study included a total number of 400 acorns from three oak species (pedunculate, sessile and Turkey oak). Acorns were collected from four different sites. Pedunculate oak acorns were collected in Novi Sad and Bačko Petrovo Selo, while sessile and Turkey oak acorns were collected from two different sites at Fruska gora Mt. Following statistical methods were used in this paper: t-test, ANOVA, principal component analysis and analysis of correlation. The results of t-test pointed out statistically significant differences between all characters within two different sections. Statistically significant differences in the examined characteristics were also found between the acorns of two pedunculate oak populations collected at two different sites. The analysis of variance showed statistically significant differences between all investigated characters for all three oak species. The results of PCA pointed out that acorn mass, stalk length, nut length, nut diameter and nut out of cupule are the characteristics, which can be used to differentiate three mentioned oak species. The same patterns of correlations were established for all three examined oak species. The present study is discussing the significance of the results related to assessment of morphological characteristics of acorns for application in selection and breeding programmes.

