

ВАРИЈАБИЛНОСТ ПОПУЛАЦИЈА СЛАДУНА (*Quercus frainetto* Ten.) У СРБИЈИ ПРЕМА МОРФОЛОШКИМ СВОЈСТВИМА ЖИРА

ВЛАДАН ПОПОВИЋ¹

АЛЕКСАНДАР ЛУЧИЋ

ЉУБИНКО РАКОЊАЦ

Извод: У циљу упознавања варијабилности природних популација сладуна у делу природног ареала у Србији извршене су анализе морфолошких својстава жира. За потребе истраживања у октобру 2019. године сакупљен је жир у девет природних популација сладуна. На основу три мерена морфолошка параметара и два изведена односа утврђена је међупопулациона варијабилност. Добијени резултати су показали постојање значајне варијабилности морфолошких својстава жира и указују на високу фенотипску варијабилност истраживаних својстава и генетску диференцијацију популација сладуна у Србији. Резултати анализе варијансе показују статистички значајне разлике између истраживаних популација за сва посматрана својства.

Расположиви генофонд сладуна одликује се задовољавајућим степеном генетичке варијабилности и представља добру полазну основу за процес даљег оплемењивања.

Кључне речи: сладун, варијабилност, генофонд, популација

VARIABILITY OF HUNGARIAN OAK (*Quercus frainetto* Ten.) POPULATIONS IN SERBIA BASED ON MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ACORNS

Abstract: The analysis of acorn morphological characteristics was performed to acquire knowledge on the variability of natural Hungarian oak populations in part of their natural range of distribution in Serbia. Acorns were sampled in nine natural Hungarian oak populations for the research purpose in October 2019. The variability among populations was determined based on three morphological parameters and two derived relationships. The results obtained revealed significant variability in the acorn morphological characteristics and pointed to the high phenotypic variability of the investigated traits and genetic differentiation of Hungarian oak populations in Serbia. The results of the analysis of variance showed statistically significant differences among the investigated populations for all the observed traits. The available Hungarian oak gene pool is characterised by a satisfactory degree of genetic variability and represents a good starting point for the breeding process.

Keywords: Hungarian oak, variability, gene pool, population

1. УВОД

Сладун (*Quercus frainetto* Ten.) је врста храста који расте у термофилним листопадним шумама у југоисточној Европи. Највећи део распрострањења

¹ др Владан Појовић, виши научни сарадник; др Александар Лучић, виши научни сарадник; др Љубинко Ракоњац, научни савешњик, Институт за шумарство, Београд

ове врсте налази се на Балканском полуострву, али се јавља и на северозападу Турске и на југу Италије. Расте у широком вегетацијском појасу богатом дрвенастим врстама, углавном на стаништима са субконтиненталним климатским условима, честим летњим сушама, највећом количином падавина у пролеће, широком температурном амплитудом, ниским зимским температурама (Horvat, L. *et al.*, 1974). Сладун, као један од едификатора, најчешће је присутан у Србији заједно са цером, у климатогеној заједници сладуна и цера *Quercetum frainetto-cerridis* Rudski 1949. Осим типичне климазоналне шуме *Quercetum farnetto-cerris* Rud. 1949., у Србији је описан већи број субсоцијација, које представљају различите еколошке варијанте шуме сладуна и цера (Стајић, С. *et al.*, 2008). Осим субсоцијација, у оквиру шире схваћене шуме сладуна и цера издвојено је и неколико географских варијанти (Томић, З., Ракоњас, Лј., 2013). Шуме сладуна и цера често се налазе у непосредној близини насељених места и пољопривредног земљишта, па су под константним притиском што доводи до постепеног смањења површина наведених шума. Због антропогеног утицаја у прошлом веку, површине под сладуновим шумама значајно су редуковане, а то је веома негативно утицало на његов генетички диверзитет. Природно обнављање сладуна је веома отежано, углавном се обнавља вегетативним путем, што додатно утиче на смањење генетичког диверзитета.

Будући да се Србија налази у близини северозападне границе природног ареала ове врсте, одабир и истраживање природних популација на овом подручју је оправдано и нужно како би се очували и циљано користили њени генетски ресурси. Виталност и опстанак популација шумских дрвенастих врста у промењеним станишним приликама условљени су очувањем високог нивоа њихове генетске разноликости као основа за адаптацијско-евољуционе процесе (Šijačić Nikolić, М., Milovanović, Ј., 2012). Висок ниво диверзитета у погледу генетичких ресурса, бројности врста и разноликости станишта шуме сврстава у најкомпексније екосистеме на Земљи (Geburek, Т., Konrad, Н., 2008). Услед константног притиска на шуме у последњих неколико векова и нестајања природних шума биодиверзитет је угрожен (Carabeo, М. *et al.*, 2016). Дугорични опстанак врста уско је повезан са њиховом генетичком разноликошћу (Garare, W. Ј., 2014). Под утицајем промењених услова спољашње средине, биотичких проузроковача болести и оштећења опстанак и еволуција врста зависе од нивоа генетичке разноврсности (Reed, D.Н., Frankham, R. 2003). Истраживања која се баве генетичком разноликошћу и којима се идентификују популације, које се одликују високом генетичком варијабилношћу могу помоћи у смањењу ризика од губитка биолошке разноврсности (Souto, С. *et al.*, 2015). Степен истражености генетичке варијабилности квантитета и квалитета уroda семена различитих врста шумског дрвећа и могућности њиховог коришћења у нашим условима, још увек је испод стварних потреба и није у складу са економским значајем који ова област може да пружи (Поповић, В. *et al.*, 2015). Употреба морфометријских маркера семена и плода за процену уну-

тарпопулационе и међупопулационе варијабилност потврђена је код различитих врста шумског дрвећа (Šijačić Nikolić, M. *et al.*, 2010; Лучић, А. *et al.*, 2011), Поповић, В. *et al.*, 2012, 2015, 2020а, 2020б, 2020с; Нонић, М. *et al.*, 2013). Како би се створила основа за очување генофонда сладуна и квалитетно газдовање његовим генским ресурсима, неопходна су детаљна истраживања степена, обрасца и узрока генетске разноликости.

Циљ овог истраживања био је да се утврди ниво и образац фенотипске варијабилности морфолошких својстава жира у природним популацијама сладуна у Србији, и тиме допринесе познавању варијабилности природних популација у рубном делу природног ареала. Резултати добијени овим истраживањем могу бити основа за даља истраживања генетске разноликости, зачетак оплемењивања врсте, потпомогнуту миграцију, као и генетско очување ове вредне врсте дрвећа у њеном природном подручју распрострањења.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

За потребе истраживања сакупљен је жир из урода 2019. године, у девет природних популација сладуна у Републици Србији (Табела 1). По свакој популацији сакупљено је око 5 kg окуларно здравог и неоштећеног жира, без обзира на димензије. Након сакупљања жир је просушен на 35% влажности и складиштен на температури 3-5 °C.

Табела 1. Основни подаци о истраживаним популацијама сладуна
Table 1 The investigated Hungarian oak populations – basic information

Ознака популације / Population Mark	Популација / Population	Средња надморска висина / Elevation (m)	Географска ширина / Latitude WGS84	Географска дужина / Longitude WGS84
A	Пасјача	480	43.093544	21.594439
B	Стол	430	43.556586	21.761478
C	Грлиште	300	43.832973	22.200391
D	Губеревац	280	44.516003	20.52091
E	Котленик	550	43.807455	20.679271
F	Смишаљ	500	43.887172	20.028195
G	Левач	300	43.857749	21.072649
H	Букуља	230	44.236827	20.713145
I	Сињевац	500	43.449406	21.02471

Анализе мерених и изведених морфометријских својстава вршене су на случајном узорку, који је чинило 50 жирева по свакој популацији. Мерени су: дужина (mm), ширина на најширем делу (mm) и маса жирева (g). Дужина и ширина мерени су помичним кљунастим мерилом са тачношћу од 0,01 mm, а маса електронском вагом са тачношћу од 0,01 g. На основу измерених вредности израчуната су следећа својства: индекс облика, запремина жирева

и просечан број жирева у једном килограму. Индекс жи́ра израчуна́т је као количник дужине и ширине жи́ра. Запремина жи́ра израчуна́та је по формули за запремину ваљка (облик жи́ра апроксимиран је ваљком). Просечан број жирева у једном килограму израчуна́т је на основу просечне масе једног жи́ра, посебно за сваку узорковану популацију.

Морфолошка својства семена описана су путем дескриптивних статистичких показатеља: аритметичка средина (\bar{x}), минимум (min), максимум (max), стандардна девијација (SD), коефицијент варијабилности (CV%). У сврху утврђивања међупопулационе варијабилности коришћена је једнофакторијална анализа варијансе (ANOVA). Анализирани фактор варијабилности била је популација. Проведено је и додатно тестирање Фишеровим мултипним тестовима сигнификантности најмањих квадратних разлика (LSD) с циљем утврђивања популација које се међусобно статистички значајно разликују. Све наведене статистичке анализе урађене су помоћу статистичког програма STATISTICA 7.0 (StatSoft Inc. 2004).

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

Табела 2 приказује описну статистику пет различитих карактеристика случајно одабраних узорака жи́ра сладуна из девет различитих популација.

Средња вредност дужине жи́ра износила је 25,97 mm. Највећа средња вредност утврђена је код популације Букуља (29,15 mm), а најмања код популације Смишаљ (21,99 mm). Највећа вредност дужине жи́ра је измерена код популације Букуља (34,06 mm), а најмања код популације Пасјача (13,84 mm). Најмањи коефицијент варијабилност имала је популација Стол (6,42%), а највећи популација Пасјача (22,28%).

Средња вредност дебљине жи́ра износила је 13,17 mm. Највећу средњу вредност дебљине жи́ра имала је популација Котленик (13,60 mm), а најмању популација Смишаљ (11,39 mm). Највећа вредност дебљине жи́ра је измерена код популације Пасјача (17,82 mm), а најмања такође код популације Пасјача (9,09 mm). Коефицијент варијабилности кретао се од 4,83% код популације Стол до 19,43% код популације Пасјача.

Средња вредност масе жи́ра износила је 2,69 g. Највећу средњу вредност масе жи́ра имала је популација Стол (3,95 g), а најмању популација Смишаљ (1,63 g). Највећа вредност масе жи́ра је измерена код популације Котленик (5,30 g), а најмања код популације Пасјача (0,68 g). Коефицијент варијабилности био је највећи код популације Пасјача (51,18%), а најмањи код популације Стол (16,03%).

Средња вредност индекса облика износила је 1,98. Највећа средња вредност индекса облика је утврђена код популације Букуља (2,28), а најмања код популације Пасјача (1,76). Највећа вредност индекса облика је измерена код популације Губеревац (2,74), а најмања код популација Пасјача (1,41). Највећа вредност коефицијента варијабилности је утврђена код популације Грлиште (12,91%), а најмања код популације Стол (5,24%).

Средња вредност запремине жи́ра износила је 3,66 cm³. Највећа средња вредност запремине жи́ра је утврђена код популације Стол (4,83 cm³), а најмања код популације Смишаљ (2,22 cm³). Највећа вредност запремине жи́ра је измерена код популације Пасјача (7,77 cm³), а најмања такође код популација Пасјача (1,02 cm³). Највећа вредност коефицијента варијабилности је утврђена код популације Пасјача (51,99%), а најмања код популације Стол (14,13%).

Просечан број жирева у једном килограму на нивоу истраживаних популација износи 372 комада/kg, креће се у распону од 253 комада/kg (Стол) до 612 комада/kg (Смишаљ).

Табела 2. Основни показатељи дескриптивне статистике морфолошких параметара семена на нивоу популације

Table 2 Basic indicators of descriptive statistics of seed morphological parameters at the population level

Дескриптивни Показатељи / Descriptive parameters	Популација / Population	Својство / Trait				
		Дужина / Length (mm)	Ширина / Width (mm)	Маса / Mass (g)	Индекс облика / Shape index	Запремина / Volume (cm ³)
x	A	23,80	13,50	2,62	1,76	3,79
	B	27,93	14,81	3,95	1,89	4,83
	C	26,23	12,91	2,88	2,05	3,47
	D	26,94	12,86	2,40	2,11	3,55
	E	26,99	13,60	2,79	1,99	4,02
	F	21,29	11,39	1,63	1,87	2,22
	G	25,86	13,42	2,65	1,94	3,69
	H	29,15	12,81	2,61	2,28	3,81
	I	25,57	13,27	2,67	1,93	3,58
	mean	25,97	13,17	2,69	1,98	3,66
min	A	13,84	9,09	0,68	1,41	1,02
	B	23,14	13,36	2,79	1,62	3,50
	C	21,17	10,03	1,30	1,61	2,05
	D	22,29	10,64	1,09	1,70	2,05
	E	19,37	10,75	0,92	1,67	1,99
	F	17,06	9,59	1,00	1,50	1,34
	G	22,77	9,65	1,49	1,62	1,86
	H	23,36	10,45	1,28	1,61	2,21
	I	21,75	10,54	1,31	1,68	2,14
	mean	20,53	10,46	1,32	1,60	2,02

max	A	31,15	17,82	5,02	1,99	7,77
	B	30,66	16,25	5,19	2,06	5,87
	C	32,10	15,67	4,14	2,59	5,38
	D	33,10	15,70	4,29	2,74	6,40
	E	34,37	16,74	5,30	2,38	7,29
	F	26,46	13,78	3,05	2,15	3,88
	G	32,26	14,79	4,23	2,63	5,54
	H	34,06	14,57	3,76	2,68	5,24
	I	31,03	15,79	3,91	2,33	5,28
	mean	31,69	15,68	4,32	2,39	5,85
sd	A	5,30	2,62	1,34	0,13	1,97
	B	1,79	0,72	0,63	0,10	0,68
	C	2,39	1,26	0,69	0,26	0,77
	D	2,65	1,30	0,73	0,25	0,93
	E	3,23	1,44	1,02	0,20	1,22
	F	2,22	1,12	0,51	0,13	0,66
	G	1,81	1,15	0,54	0,20	0,71
	H	3,06	1,03	0,69	0,20	0,86
	I	2,40	1,12	0,62	0,18	0,82
	mean	2,76	1,31	0,75	0,18	0,96
CV (%)	A	22,28	19,43	51,18	7,22	51,99
	B	6,42	4,83	16,03	5,24	14,13
	C	9,11	9,79	24,07	12,91	22,17
	D	9,85	10,13	30,60	11,83	26,23
	E	11,97	10,59	36,57	10,15	30,39
	F	10,43	9,81	31,01	7,15	29,72
	G	7,01	8,53	20,28	10,36	19,22
	H	10,51	8,04	26,28	8,91	22,56
	I	9,40	8,47	23,19	9,40	22,93
	mean	10,78	9,96	28,80	9,24	26,59

Табела 3. Анализа варијансе за морфолошка својства семена
Table 3 Analysis of variance of seed morphological traits

Популација / Population	Својство / Trait				
	Дужина / Length (mm)	Ширина / Width (mm)	Маса / Mass (g)	Индекс облика / Shape index	Запремина / Volume (cm ³)
A	23,80 ^b	13,50 ^{bc}	2,62 ^{bc}	1,76 ^a	3,79 ^{bc}
B	27,93 ^{dc}	14,81 ^d	3,95 ^d	1,89 ^b	4,83 ^d
C	26,23 ^c	12,91 ^{bc}	2,88 ^c	2,05 ^{de}	3,47 ^b

D	26,94 ^{cd}	12,86 ^b	2,40 ^b	2,11 ^e	3,55 ^{bc}
E	26,99 ^{cd}	13,60 ^c	2,79 ^{bc}	1,99 ^{cd}	4,02 ^c
F	21,29 ^a	11,39 ^a	1,63 ^a	1,87 ^b	2,22 ^a
G	25,86 ^c	13,42 ^{bc}	2,65 ^{bc}	1,94 ^{bc}	3,69 ^{bc}
H	29,15 ^e	12,81 ^b	2,61 ^{bc}	2,28 ^f	3,81 ^{bc}
I	25,57 ^c	13,27 ^{bc}	2,67 ^{bc}	1,93 ^{bc}	3,58 ^{bc}
P-value	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Резултати спроведене анализе варијансе (ANOVA) показују да се популације сигнификантно разликују према свим истраживаним својствима. Популације показују статистички значајне разлике, на нивоу сигнификантности 0,01 за сва посматрана морфолошка својства семена (Табела 3). У наставку спроведено је и додатно тестирање Фишеровим мултиплим тестовима (LSD) за све парове популација са циљем утврђивања које се тачно популације међусобно статистички значајно разликују (Табела 4). На основу добијених резултата може се закључити да се међусобно највише разликују парови популација Пасјача и Стол, Стол и Грлиште, Грлиште и Смишаљ, Котленик и Смишаљ, Смишаљ и Букуља, Смишаљ и Сињевац (сигнификантне разлике за сва посматрана својства). Међусобно најсличније су популације Котленик и Левач, Левач и Сињевац, Грлиште и Левач (нису утврђене сигнификантне разлике за посматрана својства).

Табела 4. Резултати компарације парова популација
Table 4 Results of populations pairwise comparisons

Компарација популација / Comparison of populations	Својство / Trait				
	Дужина / Length (mm)	Ширина / Width (mm)	Маса / Mass (g)	Индекс облика / Shape index	Запремина / Volume (cm ³)
A – B	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
A – C	p<0,05	0,27	0,36	p<0,01	0,41
A – D	p<0,01	0,23	0,43	p<0,01	0,55
A – E	p<0,01	0,85	0,58	p<0,01	0,59
A – F	p<0,05	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
A – G	p<0,05	0,88	0,91	p<0,01	0,81
A – H	p<0,01	0,18	0,98	p<0,01	0,97
A – I	0,11	0,65	0,84	p<0,01	0,59
B – C	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
B – D	0,11	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
B – E	0,19	p<0,01	p<0,01	p<0,05	p<0,01
B – F	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,69	p<0,01

B – G	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,21	p<0,01
B – H	0,06	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
B – I	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,21	p<0,01
C – D	0,28	0,87	p<0,05	0,37	0,71
C – E	0,31	p<0,05	0,71	0,34	p<0,05
C – F	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
C – G	0,51	0,11	0,16	0,07	0,24
C – H	p<0,01	0,73	0,15	p<0,01	0,12
C – I	0,29	0,25	0,24	p<0,05	0,58
D – E	0,94	p<0,05	0,09	p<0,05	0,99
D – F	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
D – G	0,07	0,08	0,13	p<0,01	0,51
D – H	p<0,01	0,87	0,24	p<0,01	0,28
D – I	p<0,05	0,19	0,12	p<0,01	0,89
E – F	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
E – G	0,11	0,59	0,51	0,32	0,21
E – H	p<0,01	p<0,05	0,44	p<0,01	0,43
E – I	p<0,05	0,32	0,59	0,25	0,11
F – G	p<0,01	p<0,01	p<0,01	0,14	p<0,01
F – H	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
F – I	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,01
G – H	p<0,01	p<0,05	0,83	p<0,01	0,58
G – I	0,59	0,59	0,87	0,92	0,58
H – I	p<0,01	0,11	0,73	p<0,01	0,31

Добијени резултати у овом истраживању потврдили су постојање значајне варијабилности морфолошких својстава жири и указују на високу фенотипску варијабилност популација сладуна у Србији.

На основу добијених резултата може се констатовати да се расположиви генофонд сладуна у Србији одликује задовољавајућим степеном генетичке варијабилности, те представља добру полазну основу за процес даљег opleмњивања. За потребе шумарства саднице сладуна производе се генеративним начином, због чега су особине жири један од кључних фактора квалитетне производње шумског репродуктивног материјала. Избор погодних састојина, у којима се може сакупљати семе игра пресудну улогу за успех пошумљавања, па је познавање фенотипских и генотипских својстава састојина посебно значајно. Да би се заштитили сви шумски екосистеми, као и услуге и добра која шуме пружају, од потенцијалних будућих климатских промена, требало би подизати мешовите шуме. За будућу адаптацију током климатских промена, популације у којима ће се сакупљати семе треба да са-

држе високу генетску разноликоност, веће стопе раста и бољи квалитет дрвета (Šeho, M. *et al.*, 2019).

У циљу очувања и усмереног коришћења генофонда сладуна на неком подручју, најпре је потребно упознати његову генетску разноликоност и структуру. Познавање генетске разноликоности сладуна у природним популацијама недовољно је и до сада су обављена скромна истраживања. Прилагодљивост популација шумског дрвећа на климатске промене у великој мери одређена је индивидуалним нивоима сродства (Lloret, F., García, C., 2016). Повећавање прилагодљивости врста генетским побољшањем би могло у великој мери повећати еколошку, економску и социјалну вредност састојина сладуна и побољшати очување ове врсте у њеном природном станишту (Cetera, P. *et al.*, 2018). Програми генетског унапређења укључују индивидуални избор плус стабала из већине драгоцених популација (укључујући генетске ресурсе шума и регистроване извора семена) и испитивање њиховог потомства у упоредним тестовима (Wright, J.W., 1976). Генерално, сладун се природно обнавља, мада постоје многе ситуације у којима је за потребе попуњавања, поновног пошумљавања или замене врста потребан шумски репродуктивни материјал, пореклом из одабраних извора семена (Blujdea, V., 2000). Један од најважнијих изазова за шумарске генетичаре, је идентификовање, очување, испитивање и промоција оних врста дрвећа које се највише могу прилагодити измењеним условима средине, а сладун је несумњиво једна од њих. Генетски побољшане шуме биће главни извор репродуктивних материјала за будуће стабилне шуме. Врсте отпорне на сушу (укључујући сладун), биће високо цењене у будућности (Apostol, E.N. *et al.*, 2020). Очување и унапређење стања расположивог генофонда сладуна требало би да игра кључну улогу у будућем одрживом развоју шума у свим земљама у којима се ова врста јавља (Роровић, V. *et al.*, 2020b). Сладун има широку еколошку амплитуду, углавном се јавља на топлијим југоисточним експозицијама (Стајић, С. *et al.*, 2019), што су особине које га могу препоручити за употребу у променљивим климатским условима, као изворну врсту дрвећа за стабилизацију угрожених шумских састојина (Исајев, В. *et al.*, 2006; Роровић, V. *et al.*, 2020b; Стајић, С., Ракоњац, Љ. 2006; Стојановић, Љ. *et al.*, 2007).

4. ЗАКЉУЧЦИ

Резултати овог истраживања показали су постојање значајне варијабилности морфолошких својстава жира и указују на високу фенотипску варијабилност истраживаних својстава и генетску диференцијацију популација сладуна у Србији. Основа су за наставак истраживања која је неопходно спровести у циљу давања смерница и препорука за очување и усмерено коришћење генетских ресурса сладуна на подручју Србије и Балканског полуострва.

Да би се осигурало одрживо газдовање шумама у контексту климатских промена проучаване популације морају бити укључене у трајне процесе очу-

вања и оплемењивања, нарочито кроз одговарајуће облике *in situ* и *ex situ* конзервације.

Како би резултати били јаснији, неопходно је истражити генетску разноликост и структуру популација применом анализа разноврсних фенотипских својстава у посебно дизајнираним огледима (нпр. провенијентни тестови, тестови потомства) као и анализама одговарајућих DNA маркера.

Напомена: Овај рад је реализован у оквиру Уговора о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИО у 2020. години, које финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, др. 451-03-68/2020-14/200027 од 24.01.2020. године.

ЛИТЕРАТУРА

- Apostol, E.N., Stuparu, E., Scarlatescu, V., Budeanu, M. (2020): Testing Hungarian oak (*Quercus frainetto* Ten.) provenances in Romania, iForest, 13: 9-15.
- Blujdea, V. (2000): Cercetari ecofiziologice incerte si grnitete afectate de fenomene de us-care [Ecophysiological research in the Turkey oak and Hungarian oak stands affected by drying phenomena]. PhD thesis, Forest Science Department, Transylvania University of Brasov, Brasov, Romania, pp. 43. [in Romanian]
- Gapare, W.J. (2014): Merging applied gene conservation activities with advanced generation breeding initiatives: a case of study of *Pinus radiata* D. Don. New For. 45: 311-331.
- Geburek, T., Konrad, H. (2008): Why the conservation of forest genetic resources has not worked. Conserv. Biol. 22(2): 267-274.
- Исајев, В., Вукин, М., Иветић, В. (2006): Уношење других врста дрвећа у хрстове шуме са посебном наменом у Србији. Шумарство 3. Удружење шумарских инжењера и техничара Србије, Универзитет у Београду Шумарски факултет Београд. стр. 29-45.
- Lloret, F., García, C. (2016): Inbreeding and neighbouring vegetation drive drought induced die off within juniper populations, Functional Ecology, 30: 1696-1704.
- Лучић, А., Ракоњац, Љ., Исајев, В., Керкез Јанковић, И. (2011): Варијабилност морфометријских својстава шишарица белог бора (*Pinus sylvestris* L.) у Србији. Шумарство 1-2. Удружење шумарских инжењера и техничара Србије, Универзитет у Београду Шумарски факултет Београд. Стр. 83-94.
- Нонић, М., Поповић, В., Керкез, И., Шијачић Николић, М. (2013): Варијабилност морфометријских карактеристика семена различитих тест стабала дивље трешње (*Prunus avium* L.) са подручја Београда. Шумарство 1-2. Удружење шумарских инжењера и техничара Србије, Универзитет у Београду Шумарски факултет Београд. Стр. 113-123.
- Popović, V., Šijačić Nikolić, M., Rakonjac, Lj., Jokanović, D. (2012): Variability in cone morphometric characters among test trees of bald cypress (*Taxodium distichum* L. Rich.) in seed stand near Вацка Palanka. Sustainable Forestry, 65-66: 15-27.
- Поповић, В., Шијачић Николић, М. (2015): Анализа квалитета и морфометријских карактеристика семена букве (*Fagus toesiaca/Domin, Maly/Czeczott.*) у Србији. Шумарство 1-2. Удружење шумарских инжењера и техничара Србије, Универзитет у Београду Шумарски факултет Београд. стр. 109-120.
- Поповић, В., Лучић, А., Ракоњац, Љ., Керкез Јанковић, И. (2020а): Варијабилност морфометријских својстава жира и једногодишњих садница хрста лужњака (*Quercus*

- robur* L.) на нивоу семенске састојине RS-2-2-qro-11-828. Шумарство 1-2. Удружење шумарских инжењера и техничара Србије. Београд. стр- 1-11.
- Popović, V., Lučić, A., Rakonjac, Lj., Jovanović, S., Lazarević, I. (2020b): Variability of morphometric characteristics of Hungarian oak (*Quercus frainetto* Ten.) acorn. Sustainable Forestry, 81-82: 19-28.
- Popović, V., Lučić, A., Kerkez Janković, I., Rakonjac, Lj., Bogdan, S. (2020c): Varijabilnost svojstava plodova kod provenijencija divlje trešnje (*Prunus avium* L.) u Srbiji, Šumarski list 11-12. Zagreb. str. 585-596.
- Reed, D.H., Frankham, R. (2003): Correlation between fitness and genetic diversity. Conserv. Biol. 17: 230–237.
- Souto, C., Mathiasen, P., Acosta, M. (2015): Identifying genetic hotspots by mapping molecular diversity of widespread trees: when commonness matters. J. Hered. 106: 537–545.
- Стајић, С., Ракоњац, Љ. (2006): Уношење четинара на станишту сладуна и цера на подручју Боговађе. Шумарство 3. Удружење шумарских инжењера и техничара Србије, Универзитет у Београду Шумарски факултет Београд. Београд. стр. 149-164.
- Stajić, S., Rakonjac, Lj., Čokeša, V. (2008): Phytocoenological characteristics of Hungarian oak and Turkey oak with hornbeam forest (*Carpino betuli-Quercetum farnetto-cerris*) in the area of Bogovadja. Sustainable Forestry, 57-58: 104-114.
- Стајић, С., Крстић, М., Чокеша, В., Бабић, В. (2019): Утицај орографских фактора на распрострањење шумске вегетације на Космају, Шумарство 1-2. Удружење шумарских инжењера и техничара Србије. Београд.: 69-86.
- Стојановић, Љ., Вукин, М., Бјелановић, И. (2007): Узгојни циљеви и мере у изданаичким шумама сладуна и цера на подручју Враћевшнице-Рудник, Шумарство 3-4. Удружење шумарских инжењера и техничара Србије, Универзитет у Београду Шумарски факултет Београд. Београд. стр. 23-32.
- StatSoft Inc., 2004. STATISTICA, version 7.
- Томич, З., Ракоњац, Љ. (2013): Šumske fitocenozе Srbije. Institut za šumarstvo Beograd. Univerzitet Singidunum Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Beograd.
- Horvat, L., Glavac, V., ElleMBERG, H. (1974): Vegetation Suedosteuropas. Geobot. Selecta 4. G. Fischer, Stuttgart.
- Carabeo, M., Simeone, M.C., Cherubini, M., Mattia, C., Chiocchini, F., Bertini, L., Caruso, C., La Mantia, T., Villani, F., Mattionia, C. (2016): Estimating the genetic diversity and structure of *Quercus trojana* Webb populations in Italy by SSRs: implications for management and conservation. Can J Forest Res. 47: 331-339.
- Cetera, P., D'Auria, M., Mecca, M., Todaro, L. (2018): Gallic acid as main product in the water extractives of *Quercus frainetto* Ten, Natural Product Research, 33 (19): 2864-2867.
- Šeho, M., Ayan, S., Huber, G., Kahveci, G. (2019): A Review on Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.): A Promising Tree Species for Future Assisted Migration Attempts. South-east Eur for 10 (1): 53-63.
- Šijačić Nikolić, M., Milovanović, J., Knežević, R. (2010): Variability of cone morphological traits and seed quality parameters of Norway spruce sample genotypes from Kopaonik mountain – First Serbia Forestry Congress - Future with Forests, 11-13 November, 2010. Faculty of Forestry Belgrade, Serbia, Congress Abstracts, 157.
- Wright, J.W. (1976): Introduction to forest genetics. Academic Press, New York, USA, pp. 463.

VARIABILITY OF HUNGARIAN OAK (*QUERCUS FRAINETTO* TEN.) POPULATIONS IN
SERBIA BASED ON MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ACORNS

Vladan Popović
Aleksandar Lučić
Ljubinko Rakonjac

Summary

Hungarian oak (*Quercus frainetto* Ten.) grows in thermophilous deciduous forests of Southeast Europe. Having in mind that Serbia is a country near the north-western border of its natural range distribution, the selection and study of Hungarian oak natural populations in this area are justified and necessary for the conservation and targeted use of its genetic resources. The research was aimed to determine the level and pattern of phenotypic variability of morphological characteristics of Hungarian oak acorns in the borderline of its natural range of distribution. The paper presents the results of the morphological analysis of Hungarian oak acorns originated from nine natural populations in the Republic of Serbia. The analyses of measured and derived morphometric characteristics and relationships were performed using a random sample of 50 acorns per mother tree. The length, width at the widest acorn part, and weight were measured. The results obtained were used to calculate the following relationships: shape index, acorn volume, and the average number of acorns per kilogram. At the level of the study populations, the following average values were determined: acorn length 20.97 mm, acorn width 13.17 mm, weight 2.69 g, shape index 1.98, volume 3.66 cm³, and 372 acorns per kilogram. The results obtained revealed significant variability of the acorn morphological characteristics and indicated their high phenotypic variability and genetic differentiation of Hungarian oak populations in Serbia. The results can serve as the basis to continue the research necessary to provide guidelines and recommendations for the preservation and targeted use of Hungarian oak genetic resources in Serbia and the Balkans. To ensure sustainable forest management in the context of climate change, the investigated populations must be involved in continuous conservation and breeding processes, in particular through appropriate forms of in situ and ex situ conservation.