

ВАРИЈАБИЛНОСТ МОРФОЛОШКИХ ОСОБИНА ПОЛЕНА ХРАСТА ЛУЖЊАКА (*Quercus robur* L.)

БРАНИСЛАВА БАТОС¹

Извод: У раду је анализирана варијабилност морфолошких особина полена 13 генотипова храста лужњака, из 4 популације на подручју Београда, током 3 године сакупљања. Потврђено је да је полен лужњака спљоштеног облика и да спада у групу средње крупног полена. Просечна вредност димензија и коефицијента облика полена била је 39,0/21,7 μm и 56,0%, респективно. Учешће абнормалних поленових зрна није премазило 2,5%. Потврђене су статистички оправдане разлике између популација као и између генотипова за све анализирани особине, осим за коефицијент облика полена. Година сакупљања полена је такође била значајан фактор варијабилности димензија и облика полена. Потврђена генотипска варијабилност може да буде корисна у систематички врсте и одређивању унутар и међуврсних хибрида.

Кључне речи: храст лужњак, полен, димензије, генотип, популација, варијабилност.

VARIABILITY OF POLLEN MORPHOLOGICAL TRAITS OF PEDUNCULATE OAK
(*Quercus robur* L.)

Abstract: This paper studies the variability of morphological traits of the pollen taken from 13 pedunculate oak genotypes belonging to 4 populations in the city of Belgrade in 3 years of pollen collection. It was confirmed that the pedunculate oak pollen grains were flattened in shape and belonged to the group of medium-sized pollen. The average values of the size and shape coefficient of pollen were 39.0/21.7 μm and 56%, respectively. The share of abnormal pollen grains was below 2.5%. There were statistically significant differences between populations as well as between genotypes for all studied traits, except for the shape coefficient of pollen. The year of pollen collection was another very important factor of variability in the size and shape of pollen. Confirmed genotypic variability may be useful in species systematics and determination of intra- and interspecific hybrids.

Keywords: *Quercus robur*, pollen, dimensions, genotype, population, variability.

1. УВОД

Род *Quercus* је најбројнији род фамилије *Fagaceae*, који обухвата од 300 до 600 врста, широко распрострањених у умереној зони северне хемисфере (Melchior, Н., 1964). Одређивање тачног броја и класификација врста унутар овог рода је тешко управо због великог ареала и појаве унутарврсне и међуврсне хибридизације (Kleinschmit, J.R.G. *et al.*, 1995; Bruschi, P. *et al.*, 2000; Kremer, A. *et al.*, 2002; Luo, Y., Zhou, Z.K., 2002; Trinajstić, I., 2007). Највећи број врста храстова заступљен је на подручју Северне Америке (Borazan, A., Babac, M.T., 2003). Балканско полуострво спада у подручја са великим диверзитетом храстова и као такво значајно је у проучавању њихове еволуције (Broshtilov, K., 2006). Од свих храстова у Европи је нај-

¹ др Бранислава Батос, научни сарадник, Институт за шумарство, Београд

распрострањенији лужњак.

Храст лужњак је једна од 10 аутохтоних врста храстова заступљених на подручју Србије. У оквиру врсте издвојен је већи број подврста и варијетета (Чанак, М. *et al.*, 1981; Вашић, Н. *et al.*, 2007). Последњих деценија површине под лужњаком су знатно смањене. То је последица глобалних климатских промена, промењених станишних услова и експлоатације, и недовољног и неадекватног обнављања лужњакових шума (Thomas, F.M. *et al.*, 2003; Helama, S. *et al.*, 2009).

Храст лужњак је анемофилна једнодомна врста са просторно одвојеним мушким и женским цветовима. Цвета у априлу/мају у зависности од географске ширине и, првенствено, температурних услова (Rodríguez-RaJo, F.J. *et al.*, 2003). Полен је, због своје специфичне улоге и функције у репродуктивном циклусу биљака, мање подложен утицају спољашње средине и као такав погодан за анализу диверзитета и еволуције врста (Van der Knaap, W.O. *et al.*, 2005). Особине полена, пре свега морфолошке, углавном су карактеристика врсте и мање зависе од спољашње средине. Спољашњи фактори (температура, влага, ветар, аерополутанти, зрачење) имају значајног утицаја на обилност цветача, дистрибуцију и физиолошке особине полена (Cecich, R.A., Haenchen, W.W., 1995; Пуч, М., Wolski, Т., 2002). Генотипска варијабилност, која такође утиче на квалитет и квантитет полена, утиче и на нормално одвијање процеса полинације, продукцију семена, обнављање и опстанак популације (Pasonen, L.H. *et al.*, 2001; Sutyemez, М., 2007; Franjić, J. *et al.*, 2011).

О полену храстова највише истраживања има на нивоу врсте и унутарврских хибрида у области систематике, обзиром на, и даље, актуелан таксономски статус неких храстова (Solomon, A.M., 1983; Makino, M. *et al.*, 2009), затим у области оплемењивања (Rushton, B.S., 1978; Minihan, W.B., Boavida, L.C. *et al.*, 2001), палеоботаници и палинологији (Lindbladh, M. *et al.*, 2002; Liu, Y. *et al.*, 2007; Naryshkina, N.N., Evstigneeva, T.A., 2009), аеробиологији и алергологији (Kasprzyk, I., 2009; Grewling, I. *et al.*, 2013).

Периодично и нередовно плодношење, недовољна количина жира и отежани услови природног обнављања разлог су за оснивање генеративних и вегетативних плантажа лужњака. За успешну плантажу потребни су одабрани генотипови - полинатори, што захтева добро познавање особина полена.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Варијабилност морфолошких особина полена анализирана је на 13 генотипова лужњака из 4 популације: „Кошутњак” - градска шума, „Баново брдо” - градски парк, „Ада Циганлија” - градска парк/шума, „Бојчинска шума” - приградска шума, током 3 узастопне године.

Анализирана стабла и популације налазе се у градској и приградској зони подручја града Београда (северна географска ширина 44° 49', источна географска дужина 20° 27'). Према фитоценолошком саставу популације се налазе на стаништима мешовитих шума: популације „Баново брдо” и

„Кошутњак” - заједница сладуна и цера (*Qurcetum frainetto-cerris* Руд. 1949), популација „Ада Циганлија” - заједница лужњака и пољског јасена (*Fraxino angustifoliae-Quercetum roboris* Јов. и Том. 1979), и популација „Бојчинска шума” - заједница лужњака и граба (*Carpino-Quercetum roboris* Рауш 1969). По пореклу и структури то су разнодобне културе мешовитог састава. У целини анализирано подручје припада умерено континенталној клими, са равномерним распоредом падавина током читаве године, без битних разлика између појединих популација.

Полен је сакупљен са стабала старости 40-60 година, у трећој/четвртој недељи априла (у зависности од године сакупљања, популације и стабла) у преподневним часовима, у дану без ветра, са североисточне стране круне, директно са мушких цветова - реса које су биле у фази пуне зрелости (прашења). Избор стабала је био по принципу случајног узорка. Мерење је обављено на прочишћеном и просушеном полену (30 °C/48 h), на 100 поленових зрна по узорку у три видна поља. Мерене су дужина (E) и ширина (P) поленовог зрна, из чијег односа је обрачунат коефицијент облика поленовог зрна ($CS = 100 \cdot P/E$) (слика 1). Мерене величине су путем одговарајућег коефицијента преведене у микрометре (μm). Мерење је обављено на систему микроскопа са камером и рачунаром типа „LAICA GALEN III”, објектив x40, окулар x10.

Резултати истраживања представљени су дескриптивном статистиком, тестом индивидуалних разлика (*ANOVA*, *LSD test*, $p < 0,05$ ниво значајности) и корелационом анализом, у програму *STATISTIKA*.

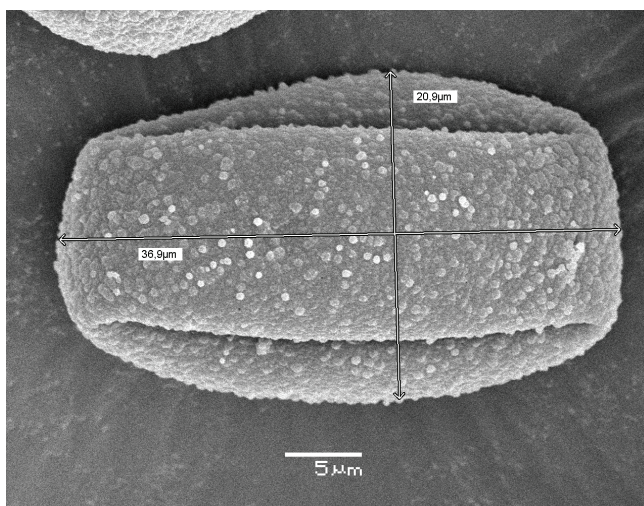
3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

На основу спроведених истраживања добијене вредности за дужину, ширину и коефицијент облика полена лужњака на нивоу 13 генотипова и 4 популације су 35,4 - 42,8 μm , 19,6 - 22,7 μm , 53,3 - 58,3%, респективно. У односу на свих 1300 прегледаних поленових зрна ранг варијабилности је био за дужину 22,0 - 53,8 μm , ширину 14,2 - 30,0 μm , и коефицијент облика полена 37,1 - 92%. У просеку анализираних фактора варијабилности (стабло, популација) констатовано је да полен лужњака има димензије 39,0/21,7 μm и коефицијент облика 56% (табела 1).

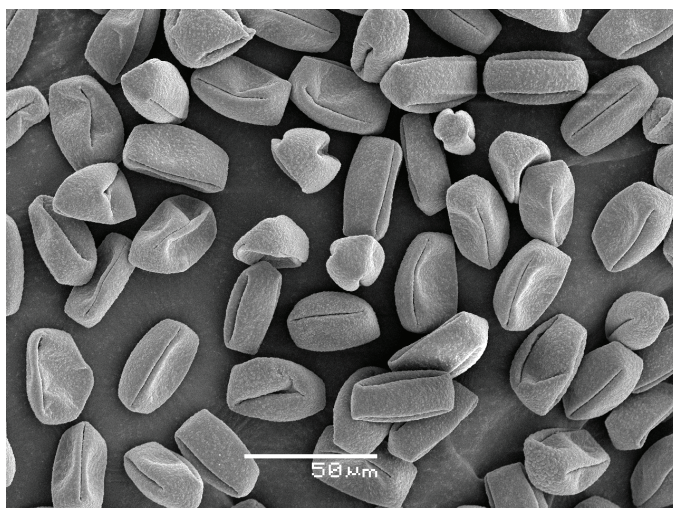
Вредности стандардне девијације указују на значајну варијабилност морфолошких особина полена у оквиру стабла, односно између појединачних узорака поленових зрна. Према вредностима коефицијента варијације између анализираних особина нема великих разлика; најваријабилнији је коефицијент облика (13,74%), затим ширина поленовог зрна (12,27%), а најмање варијабилна особина је дужина поленовог зрна (10,16%) (табела 1).

Према резултатима анализе варијансе (*ANOVA*) између анализираних популација и генотипова постоје статистички високо значајне разлике за све анализиране особине, осим за коефицијент облика полена на нивоу популације (табела 2). Између година сакупљања полена постоје оправдане разлике док између анализираних стабала у овом случају није било оправданих разлика за анализиране особине полена (табела 3). На основу резултата

LSD - теста, уочава се да издвојене хомогене групе не повезују генотипове пореклом из истих популација (табела 4). Битно је истаћи да се на основу спроведене анализе уочава да су разлике између анализираних генотипова веће у односу на разлике између популација.



Слика 1. Полен лужњака, x3000 - Универзитетски Центар за Електронску Микроскопију Нови Сад
Figure 1. Pollen of *Quercus robur* L., x3000 – The University Center for Electron Microscopy Novi Sad (UCEM - NS)



Слика 2. Полен лужњака, x500 - Универзитетски Центар за Електронску Микроскопију Нови Сад
Figure 2. Pollen of *Quercus robur* L., x500 – The University Center for Electron Microscopy Novi Sad (UCEM - NS)

Табела 1. Дескриптивна статистика за морфолошке особине полена лужњака

Table 1. Descriptive statistics for the measured morphological traits of the pedunculate oak pollen

Популација Population	Стабло Tree	Дужина - equatorial diameter (E)				Ширина - polar axis (P)				Коефицијент облика - CS = 100*P/E			
		Средина Mean (μm)	Ранг Range (μm)	CV (%)	SD \pm Ssd	Средина Mean (μm)	Ранг Range (μm)	CV (%)	SD \pm Ssd	Средина Mean	Ранг Range	CV (%)	SD \pm Ssd
Баново брло	1	39,5	29,0- 47,5	8,71	3,44 \pm 0,24	22,5	14,3-30,0	13,22	2,98 \pm 0,21	57,4	39,3-81,3	15,28	8,77 \pm 0,62
	2	38,3	31,0- 46,0	7,86	3,01 \pm 0,21	21,5	15,0-27,0	12,21	2,62 \pm 0,19	56,4	39,9-72,3	13,45	7,59 \pm 0,54
	3	39,0	29,2- 48,2	10,41	4,06 \pm 0,29	21,5	15,3-28,2	12,10	2,60 \pm 0,18	55,5	37,1-78,1	13,77	7,65 \pm 0,54
	Средина	38,9	29,0- 48,2	9,13	3,56-0,14	21,8	14,3-30,0	12,70	2,77-0,11	56,4	37,1-81,3	14,22	8,03-0,33
Кошутњак	4	42,8	29,7- 53,8	9,36	4,01 \pm 0,28	22,7	17,0-29,0	11,36	2,58 \pm 0,18	53,3	39,8-69,9	12,21	6,51 \pm 0,46
	5	35,4	25,1- 43,9	11,25	3,98 \pm 0,28	19,6	14,8-27,1	12,41	2,44 \pm 0,17	56,0	40,2-83,1	14,15	7,92 \pm 0,56
	Средина	39,1	25,1- 53,8	13,94	5,45-0,27	21,2	14,8-29,0	13,88	2,93-0,15	54,6	39,8-83,1	13,45	7,35-0,36
Бојинска шума	6	40,2	29,5- 47,4	9,07	3,64 \pm 0,26	22,2	17,0-28,1	11,10	2,46 \pm 0,17	55,6	39,4-88,3	14,73	8,20 \pm 0,58
	7	39,6	23,3- 49,4	12,19	4,83 \pm 0,34	22,2	14,2-29,5	12,67	2,82 \pm 0,20	56,7	38,5-80,7	14,73	8,35 \pm 0,59
	8	39,9	22,0- 47,4	9,85	3,93 \pm 0,28	22,0	14,6-29,3	12,46	2,74 \pm 0,19	55,4	44,1-90,8	13,22	7,32 \pm 0,52
	Средина	39,9	22,0- 49,4	10,42	4,16-0,17	22,1	14,2-29,5	12,06	2,67-0,11	55,9	38,5-90,8	14,24	7,96-0,33
Ала Циганлија	9	38,8	26,4- 44,9	7,65	2,96 \pm 0,21	21,6	15,5-26,2	10,38	2,24 \pm 0,16	55,8	39,0-80,0	11,89	6,64 \pm 0,47
	10	37,9	28,3- 46,3	7,57	2,87 \pm 0,20	21,6	15,2-28,4	11,79	2,55 \pm 0,18	57,3	38,7-72,9	12,74	7,30 \pm 0,52
	11	38,3	30,5- 50,1	8,65	3,31 \pm 0,23	21,5	17,1-29,3	11,05	2,38 \pm 0,17	56,5	40,7-82,6	13,28	7,50 \pm 0,53
	12	36,9	28,0- 45,0	8,14	3,01 \pm 0,21	21,4	14,9-28,2	12,01	2,57 \pm 0,18	58,3	40,4-92,0	13,86	8,09 \pm 0,57
	13	40,9	31,6- 46,5	6,46	2,64 \pm 0,19	21,7	17,1-27,9	11,07	2,40 \pm 0,17	53,3	40,7-68,4	12,37	6,59 \pm 0,47
	Средина	38,6	26,4- 50,1	8,40	3,24-0,10	21,6	14,9-29,3	11,24	2,42-0,08	56,3	38,7-92,0	13,18	7,41-0,23
	Средина	39,0	22,0- 53,8	10,16	3,97-0,78	21,7	14,2-30,0	12,27	2,66-0,52	56,0	37,1-92,0	13,74	7,69-0,15

Табела 2. Анализа варијансе - ANOVA за морфолошке особине полена лужњака (популациона и генотипска варијабилност)

Table 2. Analysis of variance - ANOVA for the measured morphological traits of the pedunculate oak pollen (population and genotypic variability)

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squares	F - Ratio	P - Value
Дужина					
Популација	347,8	3	115,9	7,476	0,0000
Стабло	4069,0	12	339,1	26,65	0,0000
Ширина					
Популација	127,5	3	42,5	6,07	0,0004
Стабло	678,5	12	56,5	8,53	0,0000
Коефицијент облика					
Популација	459	3	153	2,59	0,0511
Стабло	2513	12	209	3,62	0,0000

* P<0.05 ** P<0.01 *** P<0.001 **** P<0.0001

Табела 3. Анализа варијансе - ANOVA за морфолошке особине полена лужњака (годишња варијабилност)

Table 3. Analysis of variance - ANOVA for the measured morphological traits of the pedunculate oak pollen (annual variability)

Source	Sum of Squares	Df	Mean Squares	F - Ratio	P - Value
Дужина					
Година	123,8	2	61,9	7,4	0,0007
Стабло	1,6	1	1,6	0,2	0,6638
Интеракција	55,0	2	27,5	3,3	0,0380
Ширина					
Година	592,3	2	296,1	31,31	0,0000
Стабло	1,5	1	1,5	0,16	0,6861
Интеракција	82,1	2	41,0	4,34	0,0134
Коефицијент облика					
Година	3720	2	1860	25,21	0,0000
Стабло	0	1	0	0,00	0,9602
Интеракција	278	2	139	1,98	0,1526

Међусобна веза појединих морфолошких особина полена анализирана је и путем коефицијента корелације (r). Корелациона анализа је урађена на обједињеном узорку свих популација и стабала, односно свих 1300 узорака поленових зрна. Према добијеним резултатима потврђена је слаба корелациона веза између дужине и ширине ($r = 0,30$; $y = 13,9617 + 0,1982x$), умерено јака негативна корелација између коефицијента облика и дужине ($r = - 0,50$; $y = 53,4504 - 0,2547x$) и јака корелациона веза између коефицијента облика

и ширине поленовог зрна ($r = 0,67$; $y = 8,6863 + 0,2325x$). Јака позитивна корелација између коефицијента облика и ширине поленовог зрна објашњава значајан пораст вредности зависно променљиве вредности - коефицијента облика поленовог зрна, уколико се независно променљива вредност - ширина поленовог зрна мења.

Током прегледа и мерења полена примећен је мањи број поленових зрна који се према облику и величини издвајао од типичних, а по облику је најчешће био деформисан. Учешће ових тзв. „абнормалних” поленових зрна није било значајно, свега 0,2 - 2,5%, у зависности од генотипа - стабла, и она као таква нису улазила у обраду димензије и облика полена.

Табела 4. *LSD* - тест за морфолошке особине полена лужњака

Table 4. *LSD* - test of morphometric characteristics of the pedunculate oak pollen

Дужина		Ширина		Коефицијент облика	
Популација	Хомогене групе	Популација	Хомогене групе	Популација	Хомогене групе
Ада Циганлија	X	Кошутњак	X	Кошутњак	X
Баново брдо	X	Ада Циганлија	XX	Бојчин. шума	XX
Кошутњак	X	Баново брдо	XX	Ада Циганлија	X
Бојчин. Шума	X	Бојчин. шума	X	Баново брдо	X
Број стабла	Хомогене групе	Број стабла	Хомогене групе	Број стабла	Хомогене групе
5	X	6	X	13	X
12	X	12	X	4	XX
10	X	2	XX	8	XX
2	XX	11	XX	3	X
11	XX	3	XX	6	X
9	XXX	9	XXX	9	X
3	XXX	10	XXX	5	X
1	XXX	13	XXX	2	XX
7	XXX	8	XXXX	11	XX
8	XX	6	XXXX	7	XX
6	XX	7	XXX	10	XX
13	X	1	XX	1	XX
4	X	4	X	12	X

Проучавањем морфолошких особина полена бави се палинологија. Она је уско повезана са палеопалинологијом, науком која на основу величине и грађе полена врши детерминацију биљних врста у геолошким слојевима, односно анализу њихове распрострањености и сукцесије у прошлости. Променљивост боје, величине и облика полена користи се у поленотаксономији за издвајање нижих систематских категорија. Ове особине су мање или више специфичне за одређену врсту и на основу њихове сличности или различитости могуће је одредити степен сродности.

Полен различитих врста се разликује по боји: полен лишћара је најчешће жут, а полен четинара у нијансама смеђе боје. Облик и величина полена је

такође различита за различите врсте. Полен хрстова је спљоштеног облика = *oblate* (0,75 - 0,50) за разлику од полена врбе, јавора, липе и бреста код којих је мање/више округлао, а по величини спада у групу средње крупног полена (25 - 50 μm), за разлику од полена четинара који је углавном крупнији, или полена неких других лишћара (Erdtman, G., 1957). Облик полена више карактерише род, а величина полена врсту (Gómez-Casero, M.T. *et al.*, 2004). Облик, величина и структура полена могу да укажу на блискост оних врста, за које се иначе не претпоставља да су у сродству, док са друге стране код неких родова или чак и унутар једне врсте могу се наћи поленова зрна различитог типа (Ho, R.H., Sziklai, O., 1972). Према Liu, Y. *et al.* (2007) идентификација хрстова на основу величине полена могућа је углавном на нивоу рода: полен рода *Quercus* (21 - 44/17 - 40 μm) је мањи од полена рода *Fagus* (32,4/35,5 μm) а већи у односу на полен рода *Castanea* (14,2/11,7 μm). Такође, и полен разних врста хрстова се разликује по величини (Rushton, B.S., 1976; Syed, S.T. *et al.*, 2005; Batos, B. *et al.*, 2012; Panahi, P. *et al.*, 2012). Постоје и значајне разлике у погледу структуре поленовог зрна хрстова: *Quercus dilatata* Royle (*tricolporate*) < *Q. ballota* Griff. (*rounded*) < *Q. incana* Roxb. (*reticulate*) (Shah, T.S. *et al.*, 2005).

Резултати овде изнетих истраживања о величини полена лужњака су мање/више слични са наведеним подацима из литературе као и са подацима за лужњак са подручја Србије. Константована изразита индивидуална променљивост величине полена потврђена је и од стране домаћих аутора који су проучавали полен хрстова, белог бора и оморике (Vuletić, D., 1973; Mikić, T., 1979; Grbović, B., Isajev, V., 1997; Grbović, B., 1998; Batos, B., Nikolić, B., 2013). Такође, у истраживању је потврђена и варијабилност полена унутар стабла, што се тумачи различитим условима исхране, положајем цветова у круни као и положајем прашника дуж цветног вретена (Popnikola, N., 1973). Према наведеном аутору најкрупнији полен је из горњег дела круне и са северне и западне експозиције. У овом истраживању, утицај средине је колико је било могуће умањен, тиме што је код свих стабала полен сакупљен из микростробила са истог положаја у круни и истој фази зрелости.

Често се при анализи полена могу уочити „абнормална” поленова зрна која морфолошки одступају од полена типичног за врсту и која су углавном стерилна (Ho, R.H., Sziklai, O., 1972). Јованчевић, М., (1962) је констатовао њихово значајно присуство код неких шумских врста: код оморике 5,2%; врбе 4,0%; китњака 5,0%; а код лужњака чак 20,0%. Аномалије у величини и структури полена могу да укажу на природну полиплоидију (Karlsdotir, Lj. *et al.*, 2008). Њихова појава је значајна, углавном зависи од услова под којима се развија полен, а може да буде и последица генотипских аберација, има значаја у систематици, тумачењу еволутивних промена, као и у реконструкцији климатских промена (Foster, B.C., Afonin, A.C., 2005).

Утицај средине у овом истраживању био је значајан са аспекта анализираних популација и година сакупљања полена. Иако се популације развијају у различитим станишним условима оне се налазе на подручју без већих разлика у клими. Климатске промене очигледно имају утицаја, што

је потврђено разликама у годинама сакупљања полена. Претпоставка је, да је евидентирана значајна популациона и унутарпопулациона варијабилност последица различитог порекла анализираних стабала и структуре популације. Утицај средине, односно разлике између популација, потребно је још детаљније анализирати узорковањем полена из популација различитих станишних и срединских услова као и са још већег броја генотипова. Предложене мере би свакако допринеле јаснијем сагледавању популационих и унутарпопулационих односа у погледу варијабилности морфологије полена. Добијени резултати су основ даљих истраживања, обзиром да је полен храстова на овом подручју практично неистражен. Морфолошке особине полена могу да буду корисне за систематику при чему треба бити обазрив јер је класификација храстова на основу морфологије и даље дискутабилна и непотпуна (Panahi, P. *et al.*, 2012).

4. ЗАКЉУЧЦИ

Анализа морфолошких особина полена потврдила је да полен храста лужњака спада у групу средње крупног полена (39,0/21,7 μm), спљоштеног облика (56%). Потврђене су статистички оправдане разлике између популација као и између генотипова за све анализираних особине, осим за коефицијент облика полена на нивоу популације.

Климатске промене такође имају значаја на морфолошке особине полена, што је потврђено разликама у годинама сакупљања полена.

Евидентиране разлике између популација су основ за претпоставку о њиховом различитом пореклу, структури и унутарврсној варијабилности.

Спроведена истраживања су основ будућих истраживања генотипске и популационе варијабилности полена лужњака корисних за оплемењивање, очување генетичког диверзитета као и диференцијацију врста и нижих категорија храстова.

Напомена: Рад је реализован у оквиру пројекта III 43007 (2011-2014), финансирано од стране Министарства за просвету и науку Републике Србије.

ЛИТЕРАТУРА

- Batos, B., Nikolić, B. (2013): Variability of in vitro germination of *Picea omorika*. Dendrobiology, Vol. 69: 13-19.
- Batos, B., Miljković, D., Bobinac, M. (2012): Some characters of the pollen of spring and summer flowering common oak (*Quercus robur* L.). Archives of biological sciences, Vol. 64. No. 1: 89-95, Belgrade.
- Bašić, N., Kapić, J., Ballian, D. (2007): Morfometrijska analiza varijabilnosti svojstava lista hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na području sjeverne Bosne. Radovi Šumarskog Instituta Jastrebarsko 42. br. 1: 5-18, Zagreb.
- Boavida, L.C., Silva, J.P., Feijó, J.A. (2001): Sexual reproduction in the cork oak (*Quercus suber* L.). II. Crossing intra- and interspecific barriers. Sexual Plant Reproduction, Vol. 14. No. 3: 143-152.

- Borazan, A., Babac, M.T. (2003): Morphometric leaf variation in oaks (*Quercus*) of Bolu, Turkey. *Annales Botanici Fennici*, Vol. 40: 233-242.
- Broshtilov, K. (2006): *Quercus robur* L. leaf variability in Bulgaria. *Plant Genetic Resources Newsletter*, Vol. 147: 64-71.
- Bruschi, P., Vendramin, G.G., Bussotti, F., Grossoni, P. (2000): Morphological and Molecular Differentiation between *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus pubescens* Willd. (*Fagaceae*) in Northern and Central Italy. *Annals of Botany*, Vol. 85: 325-333.
- Van der Knaap, W.O., van Leeuwen, J.F.N., Finsinger, W., Gobet, E., Pini, R., Schweitzer, A., Valsecchia, V., Ammann, B. (2005): Migration and population expansion of *Abies*, *Fagus*, *Picea*, and *Quercus* since 15000 years in and across the Alps, based on pollen-percentage threshold values. *Quaternary Science Reviews*, Vol. 24: 645-680.
- Vuletić, D. (1973): Proučavanje morfološko-fizioloških karakteristika polena domaćih vrsta hrastova (*Quercus* L. spp.) i mogućnosti produženja njegove klijavosti. Magistarski rad. Šumarski fakultet, Univerzitet Beograd str. 43, Beograd.
- Gómez-Casero, M.T., Hidalgo, P.J., Garcia-Mozo, H., Dominguez, E., Galan, C. (2004): Pollen biology in four Mediterranean *Quercus* species. *Grana*, Vol. 43: 22-30.
- Grbović, B. (1998): Individual variability of regularity, abundance and morphometric properties of Serbian spruce (*Picea omorika* /Panč./Purkyne) microstrobiles. In I. Tsekos, and M. Moustakas (Ed.), *Progress in Botanical Research* pp. 493-496. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Grbović, B., Isajev, V. (1997): Variability of pollen viability of 25 Serbian spruce (*Picea omorika* /Pančić/ Purkyne) test trees. In *Proceedings of the 3rd International Conference on the Development of Forestry and Wood Science/Technology*, Goč-Belgrade, Serbia, Faculty of Forestry, University of Belgrade, Vol. II: 64-74.
- Grewling, L., Jackowiak, B., Smith, M. (2013): Variations in *Quercus* sp. pollen seasons (1996–2011) in Poznan, Poland, in relation to meteorological parameters. *Aerobiologia*, DOI 10.1007/s10453-013-9313-3.
- Erdtman, G. (1957): *Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Angiosperms*. Almqvist & Wiksell, Stockholm, Sweden. The Chronica Botanica CO, Waltham, Mass, U.S.A.
- Jovančević, M. (1962): Određivanje klijavosti polena šumskog drveća prema veličini, obliku i boji polenovih zrnaca. *Narodni šumar* br. 10-12: 493-501. Sarajevo.
- Karlsdottir, Lj., Halsdottir, M., Thorsson, A., Anamthawat-Jonson, K. (2008): Characteristics of pollen from natural triploid *Betula* hybrids. *Grana*, Vol. 47. No. 1: 52-59.
- Kasprzyk, I. (2009): Forecasting the start of *Quercus* pollen season using several methods - the evaluation of their efficiency. *International Journal of Biometeorology*, Vol. 53:345-353.
- Kleinschmit, J.R.G., Bacilieri, R., Kremer, A., Roloff, A. (1995): Comparison of Morphological and Genetic Traits of Pedunculate Oak (*Q. robur* L.) and Sessile Oak (*Q. petraea* (Matt.) Liebl.). *Silvae Genetica*, Vol. 44. No. 5-6: 256-269.
- Kremer, A., Dupuey, J.L., Deans, D., Cottrell, J., Csaiki, U., Finkeldey, R., Espinel, S., Jensen, J., Kleinschmit, J., Van Dam, B., Ducouso, A., Forrest, I., Lopez de Heredia, U., Lowe, A., Tutkova, M., Munro, R.C., Steinhoff, S., Badeau, V. (2002): Leaf morphological differentiation between *Quercus robur* and *Quercus petraea* is stable across western European mixed oak stands. *Annals of Forest Science*, Vol. 59: 777-787.
- Lindbladh, M., O Konnor, R., Jacobson, L.G. (2002): Morphometric analysis of pollen grains for paleological studies: classification of *Picea* from eastern North America. *American Journal of Botany*, Vol. 89. No. 9: 1459-1467.
- Liu, Y., Zetter, R., Ferguson, D.K., Mohr, B.A.R. (2007): Discrimination fossil evergreen and deciduous *Quercus* pollen: A case study from Miocene of eastern China. *Review of Paleobotany and Palynology*, Vol. 145: 289-303.
- Luo, Y., Zhou, Z.-K. (2002): Leaf architecture in *Quercus* subgenus *Cyclobalanopsis* (Fagaceae)

- from China. *Botanical Journal of the Linnean Society*, Vol. 140: 283-295.
- Makino, M., Hayashi, R., Takahara, H. (2009): Pollen morphology of the genus *Quercus* by scanning electron microscope. *Scientific Reports of Kyoto Prefectural University, Life and Environmental Sciences*, Vol. 61: 53-81.
- Melchior, H. (1964): *Englers Süllabus der Pflanzenfamilien. Angiospermen*, Gebrüder Bornträger, Berlin.
- Minihan, V.B., Rushton, B.S. (1984): The taxonomic status of oaks (*Quercus* spp.) in Breen Wood, Co. Antrim, Northern Ireland. *Watsonia*, Vol. 15: 27-32.
- Mikić, T. (1979): Proučavanje modifikacione i genetičke promjenljivosti morfološko-fizioloških karakteristika polena klonova belog bora (*Pinus silvestris* L.) iz semenske plantaže u Rakovici. Magistarski rad, Univerzitet Sarajevo str. 70. Sarajevo.
- Naryshkina, N.N., Evstigneeva, T.A. (2009): Sculpture of pollen grains of *Quercus* L. from the holocene of the south of the Sea of Japan. *Paleontological Journal*, Vol. 43. No. 1: 1309-1315.
- Panahi, P., Pourmajidian, M.R., Fallah., A. Pourhashemi, M. (2012): Pollen morphology of *Quercus* (subgenus *Quercus*, section *Quercus*) in Iran and its systematic implication. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, Vol. 81. No. 1: 33-41.
- Pasonen, L.H., Pulkkinen, P., Kapyla, M. (2001): Do pollen donors with fastest-growing pollen tubes sire the best offspring in an anemophilous tree, *Betula pendula* (Betulaceae)? *American Journal of Botany*, Vol. 88. No. 5: 854-860.
- Popnikola, N. 1973. Proučavanje na fiziološko-morfološke karakteristiki na polenot od *Pinus peuce* Gris. Godišnik, knjiga IX, Skopje.
- Puc, M., Wolski, T. (2002): *Betula* and *Populus* pollen counts and meteorological conditions in Szczecin, Poland. *Annales of Agricultural and Environmental Medicine*, Vol. 9: 65-69.
- Rodríguez-RaJo, F.J., Frenguelli, G., Jato, V. (2003): The influence of air temperature on the starting date of *Quercus* pollination in the South of Europe. *Grana*, Vol. 42. No. 3: 145-152.
- Rushton, B.S. (1976): Pollen grain size in *Quercus robur* and *Quercus petraea*. *Watsonia*, Vol. 11. No. 2: 137-140.
- Rushton, B.S. (1978): *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.: a multivariate approach to the hybrid problem, 1. Data acquisition, analysis and interpretation. *Watsonia*, Vol. 12: 81-101.
- Shah, T.S., Ahmad†, H., Zamir, R. (2005): Pollen Morphology of Three Species of *Quercus* (Family Fagaceae). *Journal of agriculture & social sciences*. 1813-2235/2005/01-4-359-360.
- Solomon, A.M. (1983): Pollen morphology and plant taxonomy of red oaks in eastern North America. *American Journal of Botany*, Vol. 70. No. 4: 495-507.
- Sutyemez, M. (2007): Determination of Pollen Production and Quality of Some Local and Foreign Walnut Genotypes In Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, Vol. 31: 109-114.
- Syed, S.T., Habib, A., Roshan, Z. (2005): Pollen Morphology of Three Species of *Quercus* (Family Fagaceae). *Journal of Agriculture and Social Science*, 1813-2235/2005/01-4-359-360.
- Thomas, F.M., Blank, R., Hartmann, G. (2003): Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Forest Pathology*, Vol. 32. No. 4-5: 277-307.
- Trinajstić, I. (2007): O problemu međusobnog razlikovanja hrastova *Quercus pubescens* Willd. i *Quercus virgiliana* (Ten.). *Šumarski list*, br. 1-2: 57-60. Zagreb.
- Foster, B.C., Afonin, A.S. (2005): Abnormal pollen grains: an outcome of deteriorating atmospheric conditions around the Permian-Triassic boundary. *Journal of the Geological Society*, Vol. 162. No. 4: 653-659.
- Franjić, J., Sever, K., Bogdan, S., Škvorc, Ž., Krstonošić, D. (2011): Phenological Asynchronization as a Restrictive Factor of Efficient Pollination in Clonal Seed Orchards of Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.). *Croatian Journal for Engineering*, Vol. 32. No. 1: 141-156.
- Helama, S., Laanela, A., Raisio, J., Tuomenvirta, H. (2009): Oak decline in Helsinki portrayed by tree-rings, climate and soil data. *Plant and Soil*, Vol. 319: 163-174.

- Ho, R.H., Sziklai, O. (1972): On the pollen morphology of *Picea* and *Tsuga* species. Grana, Vol. 12: 31-40.
- Cecich, R.A., Haenchen, W.W. (1995): Pollination biology of northern red and black oak. General Technical Report Northeastern Forest Experiment Station, USDA Forest Service (NE-197): 238-246.
- Чанак, М., Парабуцки, С., Гајић, М. (1981): О неким одликама лужњака-*Quercus robur* L. у нашој земљи. Шумарство, бр. 2-3:3-10, Београд, Југославија.

VARIABILITY OF POLLEN MORPHOLOGICAL TRAITS OF PEDUNCULATE OAK
(*Quercus robur* L.)

Branislava Batos

Summary

Pedunculate oak is native to the territory of Serbia and the most common oak species of the *Quercus* genus in Europe. Morphological traits of pollen grains may be useful characters in the study of plant taxonomy as well as in the study of species diversity and their evolutionary history. The confirmed genotypic variability may be used in the systematics of species, determination of intra- and interspecific hybrids and selection of pollinator trees for the purpose of the establishment of plantations.

This research studied morphological traits of pedunculate oak pollen (size and shape coefficient) of 13 genotypes from 4 populations in the wider area of Belgrade in 3 years of pollen collection. It was confirmed that the pedunculate oak pollen grains were flattened in shape and belonged to the group of medium-sized pollen. The study populations and genotypes had pollen grains that were 39.0 μm in length, 21.7 μm in width and whose shape coefficient amounted to 56.0%. The share of abnormal pollen grains didn't exceed 2.5%. There were statistically significant differences between populations as well as between genotypes for all studied traits, except for the shape coefficient of pollen. It is assumed that the significant population and intrapopulation variability was due to different origin of the studied trees and different population structure. Climate change also had significant impact, as confirmed by the differences in the years of pollen collection.

The obtained results are the basis for further research, given that oak pollen in this area is practically unexplored.