

UDK: 630*165.51+630*232.12:582.632.2

Оригинални научни рад

<https://doi.org/10.2298/GSF1919145N>

УПОРЕДНА АНАЛИЗА МОРФОЛОШКИХ КАРАКТЕРИСТИКА ЛИСТОВА БУКВЕ ИЗ ЕВРОПСКОГ ПРОВЕНИЈЕНИЧНОГ ТЕСТА

Др Марина Нонић, доцент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд, Србија
(marina.nonic@sfb.bg.ac.rs)

Др Дијана Чортан, Faculty of Environmental Sciences - Czech University of Life Sciences Prague, Czech Republic

Дипл. инж. Татјана Батало, докторанд, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд, Србија

Др Мирјана Шијачић-Николић, редовни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд, Србија

Извод: У раду су приказани резултати истраживања спроведених у оквиру европског провенијеничног теста букве, у Наставној бази Шумарског факултета у Дебелом Лугу. У циљу утврђивања међупровенијеничне генетичке варијабилности букве, применом морфолошких маркера, и упоредне анализе добијених резултата у две сукцесивне године, узорковано је по 10 стабала из сваке одабране провенијенције, са којих је сакупљено по 30 листова (укупно 300 листова по провенијенцији годишње). Међупровенијеничне разлике за све морфолошке карактеристике листа биле су статистички значајне и може се претпоставити да су резултат генетичке конституције самих провенијенција. На основу упоредне анализе морфолошких карактеристика листова букве из 13 различитих провенијенција у две истраживачке године, констатовано је да су средње вредности већине анализираних морфолошких карактеристика биле веће 2017. године, у поређењу са резултатима из 2016. године. Овакви резултати би се могли објаснити различитим климатским условима, који су владали на подручју провенијеничног теста у истраживаним годинама.

Кључне речи: међупровенијенична варијабилност; провенијенични тест букве; лист; *Fagus sylvatica* L.

УВОД

Провенијенични тестови представљају вид *ex situ* конзервације генфонда одређене врсте и могу служити за утврђивање степена варијабилности и адаптивног потенцијала различитих дрвенастих врста, као и степена дивергентности изолованих популација и одређивање разлика у генетичкој варијабилности унутар и између провенијенција (Šijačić-Nikolić, Milovanović, 2010).

Према Götörü (2010), главни циљ истраживања у провенијеничним тестовима је иден-

тификација провенијенција које се карактеришу добрим прирастом и адаптабилношћу, како би се искористиле као извор семена за будућа пошумљавања. Eriksson и Ekberg (2001) наводе два циља у истраживањима везаним за провенијеничне тестове: (1) *џримарни*, чија је главна сврха применљивост у пракси, и састоји се у идентификовању провенијенција које дају најбоље производне резултате на датом станишту и (2) *научни*, који треба да уђе у траг адаптацији која се одвија, као и станишним факторима

који на ту адаптацију утичу. Из тих разлога, провенијентичне тестове треба оснивати на више различитих локалитета, што омогућава тестирање интеракције „провенијенција x локалитет”.

Тестирањем провенијенција у различитим станишним условима могу се идентификовати провенијенције које се карактеришу специфичном адаптабилношћу, као и оне које се карактеришу општом адаптабилношћу (Kang, 2002).

У Србији је број основаних провенијентичних тестова релативно мали, као и број врста које су обухваћене тестирањем: орах, дивља трешња, дуглазија, лужњак, смрча, црни и бели бор, јавор и буква (Isajev et al., 1999; Šijačić-Nikolić et al., 2014).

Њихово оснивање је посебно значајно код врста са израженим „генетским полиморфизмом” и великим ареалом, као што је буква (Šijačić-Nikolić et al., 2010; 2012).

Осамдесетих и деведесетих година прошлог века, Институт за шумарску генетику и оплеменивање шумског дрвећа (*Institute for Forest Genetic and Forest Tree Breeding*) из Großhansdorf-а у Немачкој је започео оснивање серија провенијентичних тестова букве (*Fagus sylvatica* L.) на територији 21 европске земље - приближно 60 тестова у које је укључено око 400 европских провенијенција (Šijačić-Nikolić, Milovanović, 2010). Мрежа је оснивана у шест циклуса: 1986.; 1987.; 1988.; 1995.; 1998. и 2007. године (von Wuehlisch, 2004; Stojnić et al., 2015), а 2003. године је у мрежу укључено укупно пет српских провенијенција (Авала, Фрушка гора, Цер, Борања и Копаоник).

На територији Републике Србије су 2007. године основана два провенијентична теста букве: на Фрушкој гори и у Наставној бази Шумарског факултета у Дебелом Лугу (Šijačić-Nikolić, Milovanović, 2010; Šijačić-Nikolić et al., 2014).

Од момента оснивања до данас, у оквиру ових провенијентичних тестова, спроведена су различита истраживања. Праћен је успех преживљавања садница различитих провенијенција букве, њихов висински и дебљински прираст, и анализирана су различита фенолошка, физиолошка, анатомска и морфолошка својства (Čortan, et al., 2019; Kerkez et al., 2018; Nonić et al., 2017; 2018; Stojnić, 2013; Stojnić et al., 2010a, 2010b, 2010c, 2010d, 2012, 2015,

2016; Šijačić-Nikolić et al., 2007, 2009, 2010, 2012, 2013).

Овакви тестови представљају добру полазну основу за континуирано праћење и процену степена варијабилности, адаптабилности и потенцијала различитих провенијенција букве током онтогенезе. На овај начин, у координацији са другим земљама на чијој територији су основани провенијентични тестови, могуће је сагледати укупну генетичку варијабилност врсте на територији њеног целокупног распрострањења. Такође, прикупљени подаци могу показати и способност прилагођавања букве на глобалне климатске промене.

Чињеница да се на једном локалитету, у оквиру провенијентичног теста, налази већи број различитих европских провенијенција, међу којима су провенијенције из балканског дела ареала, погодна је за тестирање генетичке варијабилности букве, што може бити и прилог дефинисању њеног таксономског статуса у Србији, на бази морфолошких маркера.

Циљ овог рада је: 1) утврђивање међупровенијентичне генетичке варијабилности букве из осам земаља применом морфолошких маркера и 2) упоредна анализа морфолошких карактеристика листова букве из 13 европских провенијенција у две сукцесивне године.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Провенијентични тест букве

Провенијентични тест букве је основан у пролеће 2007. године, у Наставној бази „Мајданпечка домена” Шумарског факултета, Универзитета у Београду, на локалитету „Припор-фељешана” (N 44°19'34.01", E 21°52'20.39", 742 m н.в.). За оснивање провенијентичног теста коришћене су дво- и трогодишње саднице саднице 22 европске провенијенције из Србије (6), Хрватске (2), Босне и Херцеговине (6), Мађарске (1), Немачке (3), Аустрије (1), Швајцарске (1) и Румуније (2), чије су локације приказане на карти 1.

Биљни материјал

Анализа морфолошких карактеристика листова букве из различитих провенијенција оба-



Карта 1. Локалитети провенијенција које су уграђене у провенијенцини тест букве у Дебелом Лугу

вљена је у две сукцесивне године, на узорку од 17 (2016.), односно 16 (2017.) провенијенција. Укупно је у истраживање укључено 20 провенијенција из осам земаља, при чему је 13 провенијенција анализирано у две узастопне године, што је омогућило и компарацију добијених података.

Основне карактеристике провенијенција из којих је сакупљен биљни материјал за потребе ових истраживања приказане су у табели 1.

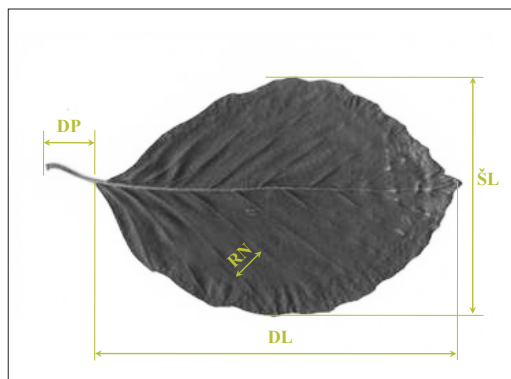
Анализа морфолошких својстава листова спроведена је на узорку од по десет, случајно изабраних стабала, из сваке одабране провенијенције. Листови су сакупљани 2016. и 2017. године, при чему је са сваког стабла сакупљено по 30 листова (укупно 300 листова по провенијенцији за сваку годину истраживања).

На хербаризованом материјалу, са тачношћу од 1 mm, мерене су следеће морфолошке карактеристике листа (слика 1):

- дужина лисне плоче (DL),
- ширина лисне плоче (ŠL),

- дужина петељке (DP),
- размак између 3. и 4. нерва (RN).

Поред морфолошких карактеристика приказаних на слици 1, евидентан је и број нерава са леве стране (NL) и број нерава са десне стране листа (ND).



Слика 1. Анализиране морфолошке карактеристике листа букве

Табела 1. Основни подаци о провенијенцијама букве укљученим у анализе морфолошких карактеристика листова (2016. и 2017.)

Ознака	Провенијенција	Земља порекла	Геогр. дужина	Геогр. ширина	Надм. висина (m)	Година узорковања	
						2016	2017
HR 24	Sjeverini Dilj Čaglinski *	Хрватска	18° 01'	45° 17'	350	+	+
HR 25	Vrani kamen 12a, 15b*	Хрватска	17° 19'	45° 37'	600	+	+
BIH 30	Tajan, Žepče *	БиХ	18° 03'	44° 23'	700	+	
BIH 32	Crni Vrh, Tešanj *	БиХ	17° 59'	44° 33'	500	+	+
BIH 33	Grmeč, Bosanska krupa *	БиХ	16° 16'	44° 46'	650	+	+
SR 36	Fruška gora*	Србија	19° 55'	45° 10'	370	+	+
SR 38	Kopaonik*	Србија	20° 50'	43° 10'	820	+	+
HU 42	Valkonya 19A*	Мађарска	16° 45'	46° 30'	300	+	+
DE 47	Schelklingen*	Немачка	10° 00'	48° 00'	650	+	+
DE 48	Höllerbach 81024*	Немачка	13° 14'	49° 01'	755	+	+
DE 49	Hasbruch 81001*	Немачка	08° 26'	53° 08'	35	+	+
AT 56	Scharnstein, Mitterndorf*	Аустрија	13° 58'	47° 54'	480	+	+
BIH 60	Crni vrh**	БиХ	17° 59'	44° 33'	500		+
BIH 61	Grmeč, Bastra-Corkova**	БиХ	16° 14'	44° 45'	720		+
RO 63	Alesd, U.P.II / 51A**	Румунија	22° 15'	47° 11'	490	+	+
RO 64	Alba-Iulia, U.P.V/154A**	Румунија	23° 05'	46° 10'	860	+	+
CH 65	Sihlwald, 101**	Швајцарска	07° 21'	47° 12'	1050		+
SR 66	Avala**	Србија	20° 45'	44° 23'	475	+	
SR 67	Boranja**	Србија	19° 12'	44° 26'	410	+	
SR 69	Cer**	Србија	19° 50'	44° 12'	745	+	

Напомена: * семе сакупљено 2003. године; ** семе сакупљено 2004. године

Обрада података

Прикупљени подаци (укупно 59400) статистички су обрађени помоћу софтвера Statistica 8.0 и Statgraphics Centurion XVI. За свако анализирано фолијарно својство урађена је дескриптивна статистика: распон варирања ($X_{\min-\max}$), средња вредност (\bar{X}), стандардна девијација (S) и коефицијент варијације ($CV\%$). Међупровенијенцијна варијабилност је утврђена анализом варијансе (ANOVA). Додатно тестирање обављено је помоћу LSD-теста и Кластер анализе, у циљу процене груписања провенијенција, на основу средњих вредности својстава. Упоредна анализа је коришћена за поређење података

добијених мерењима листова сакупљених 2016. и 2017. године и основних климатских података у две сукцесивне године, добијених на основу Годишњих билтена за Србију, Републичког хидрометеоролошког завода (2016; 2017).

РЕЗУЛТАТИ СА ДИСКУСИЈОМ

Резултати дескриптивне статистичке анализе, анализе варијансе и LSD теста, морфолошких карактеристика листова, приказани су посебно за листове 17 провенијенција букве сакупљене 2016. године и за листове 16 провенијенција букве сакупљене 2017. године. Приказана је и упо-

редна анализа резултата за 13 провенијенција из којих су листови сакупљени у обе године истраживања, као и кластер анализа.

Варијабилност морфолошких карактеристика листова различитих провенијенција букве сакупљених 2016. године

На основу резултата дескриптивне статистичке анализе података добијених мерењима листова сакупљених 2016. године (табела 2), може се констатовати да су дужина и ширина лисне плоче најваријабилнија својства, затим, по степену варијабилности, долази дужина петељке, док су број нерава, као и размак између 3. и 4. нерва знатно мање варијабилне карактеристике.

Према вредностима *дужине лисне плоче*, све провенијенције се могу поделити у три групе: прва група, у којој се средња дужина лисне плоче креће од 55 до 60 mm; друга група, у којој се средња дужина лисне плоче креће од 60 до 65 mm и трећа група, у којој се средња дужина лисне плоче креће од 65 до 70 mm.

Према вредностима *ширине лисне плоче* све провенијенције се могу поделити у две групе: прва група, у којој се средња ширина лисне плоче креће од 30 до 35 mm и друга група, у којој се средња ширина лисне плоче креће од 35 до 40 mm, с тим да провенијенција SR 36, пореклом из Србије са Фрушке горе има средњу ширину лисне плоче преко 40 mm (41,14 mm).

Анализирајући димензије листова (дужину и ширину лисне плоче), може се констатовати да постоји значајна варијабилност између анализираних провенијенција, при чему немачке, румунске, мађарске и аустријске провенијенције показују мање средње вредности дужине и ширине листова од хрватских и провенијенција из Босне и Херцеговине. Српске провенијенције бележе и релативно мале средње вредности димензија листова, као што је то случај са провенијенцијом Борања (SR 67) и Копаоник (SR 38), као и релативно високе средње вредности димензија листова, провенијенција Фрушка гора (SR 36) и Цер (SR 69).

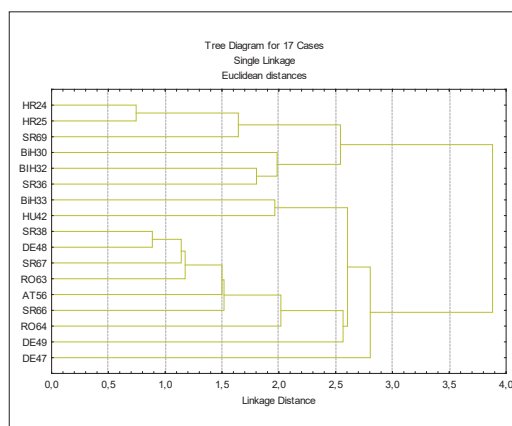
Дужина њеиљке је знатно мање варијабилно својство од дужине и ширине лисне плоче. Анализирани провенијенције се могу поделити на групу у којој се средња дужина петељке креће од 6 до 7 mm и групу у којој су средње вредности од 7 до 8 mm.

Број нерава са леве и десне стране лисца су најмање варијабилна својства код анализираних провенијенција. Просечан број нерава креће се од 7, код већине провенијенција, до 8, код српске (SR 36) и босанске (BH 30) провенијенције.

Размак између 3. и 4. нерва је варијабилније својство од броја нерава. Анализирани провенијенције се могу поделити у три групе: прва група, у којој се средња вредност креће од 4,5 до 5 mm; друга група, са средњом вредношћу између 5 и 6 mm и трећа група, у коју спадају провенијенције чија се средња вредност креће између 6 и 7 mm.

Резултати анализе варијансе (табела 3), указују на постојање статистички значајних разлика ($p < 0,00$) између провенијенција код свих анализираних морфолошких карактеристика листова сакупљених 2016. године.

У циљу процене генетичке диференцијације између анализираних провенијенција, урађена је кластер анализа, на основу морфолошких карактеристика листова сакупљених 2016. године (графикон 1).



Графикон 1. Дендрограм кластер анализе урађен на основу морфолошких карактеристика листова букве (2016. година)

Табела 2. Резултати дескриптивне статистике и LSD теста за морфолошке карактеристике листова букве из 17 европских провенијенција (2016. година)

Svojstvo	Provenijencija	HR 24	HR 25	BIH 30	BIH 32	BIH 33	SR 36	SR 38	SR 66	SR 67	SR 69	HU 42	DE 47	DE 48	DE 49	AT 56	RO 63	RO 64
DL (mm)	$X_{\min-max}$	30-99	32-94	38-90	37-100	40-87	30-100	35-97	30-84	31-85	41-97	30-92	22-87	28-87	32-82	39-78	32-82	38-75
	X	66,09 ^g	65,37 ^g	68,63 ^h	68,62 ^h	62,43 ^f	69,02 ^h	59,94 ^{de}	60,34 ^{de}	59,54 ^{de}	66,37 ^g	60,88 ^{ef}	56,17 ^{ab}	60,33 ^{de}	55,04 ^a	57,89 ^c	58,82 ^{cd}	57,31 ^{bc}
	S	10,55	12,54	9,83	12,23	8,98	8,75	10,02	9,17	10,02	9,90	10,24	9,91	9,47	8,10	7,53	8,81	7,02
ŠL (mm)	CV (%)	15,96	19,18	14,32	17,82	14,38	12,68	16,72	15,20	16,83	14,92	16,82	17,64	13,70	14,72	13,01	14,98	12,25
	$X_{\min-max}$	20-64	20-59	23-62	20-58	20-61	15-65	17-55	20-55	16-55	20-66	16-64	17-51	14-50	20-60	23-53	18-63	20-52
	X	39,96 ^f	39,65 ^f	38,98 ^f	39,49 ^f	37,26 ^e	41,14 ^g	34,71 ^{cd}	34,26 ^{bcd}	34,20 ^{bcd}	38,90 ^f	36,97 ^e	32,41 ^a	34,21 ^{bcd}	33,58 ^b	35,05 ^d	34,92 ^d	33,78 ^{bc}
DP (mm)	S	8,37	7,82	6,75	7,18	6,81	7,47	6,88	6,06	6,95	7,21	8,50	5,99	5,72	6,44	6,25	6,94	5,82
	CV (%)	20,95	19,72	17,32	18,18	18,28	18,16	19,82	17,69	20,32	18,53	23,00	18,48	16,72	19,18	17,83	19,87	17,23
	$X_{\min-max}$	2-15	1-16	1-16	2-13	3-19	1-12	2-13	3-11	2-14	3-13	2-13	2-13	2-13	3-11	3-11	3-11	2-11
NL	X	7,65 ^h	7,50 ^h	8,15 ⁱ	6,92 ^{de}	7,44 ^h	7,41 ^{gh}	7,09 ^{ef}	6,10 ^b	7,52 ^h	7,01 ^{ef}	6,46 ^c	5,65 ^a	7,33 ^{gh}	6,82 ^{de}	6,67 ^{cd}	7,11 ^{efg}	6,36 ^{bc}
	S	2,50	2,21	2,54	2,06	2,36	1,63	1,91	1,57	2,44	1,82	1,78	1,95	2,08	1,75	1,74	1,57	1,67
	CV (%)	32,68	29,47	31,17	29,77	31,72	22,00	26,94	25,74	32,45	25,96	27,55	34,51	28,38	25,66	26,09	22,08	26,26
ND	$X_{\min-max}$	5-9	4-10	4-11	5-10	5-10	4-10	5-10	5-10	5-10	6-10	4-10	4-10	5-9	5-10	4-9	5-10	5-10
	X	7,45 ^{de}	7,34 ^d	8,18 ⁱ	7,9 ^{gh}	7,51 ^{ef}	8,14 ⁱ	7,52 ^{ef}	7,54 ^{ef}	7,61 ^f	7,94 ^h	7,34 ^{cd}	7,19 ^{ab}	7,33 ^{bcd}	7,27 ^{bc}	7,05 ^a	7,78 ^e	7,97 ^h
	S	0,81	1,00	1,03	0,95	0,95	0,89	0,87	0,88	0,83	0,85	0,98	1,04	0,87	0,92	0,97	0,93	0,97
RN (mm)	CV (%)	10,87	13,62	12,59	12,03	12,65	10,93	11,57	11,67	10,91	10,71	13,35	14,46	11,87	12,65	13,76	11,95	12,17
	$X_{\min-max}$	5-9	5-10	5-11	5-10	5-10	5-10	5-10	5-9	5-10	6-10	3-10	4-11	4-9	4-10	4-9	4-10	5-10
	X	7,31 ^b	7,41 ^{bc}	8,24 ^f	7,81 ^e	7,47 ^{cd}	7,91 ^e	7,59 ^d	7,57 ^d	7,41 ^{bc}	7,84 ^e	7,47 ^{cd}	7,33 ^{bc}	7,05 ^a	7,00 ^a	6,94 ^a	7,47 ^{cd}	7,81 ^e
RN (mm)	S	0,81	0,93	1,05	0,93	0,90	0,76	0,86	0,85	0,85	0,85	1,01	1,11	0,88	0,94	0,86	0,91	0,95
	CV (%)	11,08	12,55	12,74	11,91	12,05	9,61	11,33	11,23	11,47	10,84	13,52	15,14	12,48	13,43	12,39	12,18	12,16
	$X_{\min-max}$	4-9	3-10	1-10	4-9	4-10	3-8	3-10	3-10	3-7	4-10	3-10	3-12	3-8	3-9	3-9	3-8	3-7
RN (mm)	X	5,91 ^{hi}	5,85 ^h	6,99 ^j	5,61 ^g	6,67 ⁱ	5,36 ^d	5,46 ^{def}	6,44 ⁱ	4,65 ^a	6,63 ⁱ	6,05 ⁱ	6,81 ⁱ	5,44 ^{de}	4,80 ^{ab}	5,63 ^g	5,03 ^c	4,98 ^{bc}
	S	1,02	1,42	1,08	1,11	1,05	0,93	1,06	1,29	0,86	1,27	1,29	1,49	0,92	0,88	1,13	1,02	0,92
	CV (%)	17,26	24,27	15,45	19,79	15,74	17,35	19,41	20,03	18,49	19,15	21,32	21,88	16,91	18,33	20,07	20,28	18,47

Напомена: Ознаке морфолошких својстава и провенијенција дефинисане су у поглављу 2. Материјал и методе рада; латинична слова поред средњих вредности означавају резултате LSD теста

Табела 3. Резултати анализе варијансе за морфолошке карактеристике листова 17 провенијенција букве (2016. година)

ИЗМЕЂУ ПРОВЕНИЈЕНЦИЈА			
Својство	Mean square	F-ratio	P-value
Дужина лисне плоче (mm)	624,38	66,49	0,00
Ширина листа (mm)	226,84	47,13	0,00
Дужина петељке (mm)	11,70	29,19	0,00
Број нерава - лево	34,47	39,67	0,00
Број нерава - десно	35,34	41,85	0,00
Размак између 3. и 4. нерва (mm)	15,83	125,59	0,00

Дендрограм кластер анализе, урађен на основу морфолошких карактеристика листова сакупљених 2016. године (графикон 1), показује да се анализирани провенијенције групишу на релативно малој дистанци (*Linkage Distance* до 4). Прву групу чине провенијенције из Хрватске (HR 24 и HR 25), Србије (SR 36 и SR 69) и Босне и Херцеговине (BIH 30 и BIH 32), повезане на *Linkage Distance* 2,6, док све остале провенијенције чине другу групу.

Варијабилност морфолошких карактеристика листова различитих провенијенција букве сакупљених 2017. године

На основу резултата добијених мерењима листова сакупљених 2017. године (табела 4), може се, такође, констатовати да су дужина и ширина лисне плоче најваријабилнија својства, као и дужина петељке, док је број нерава својство са знатно мањом варијабилношћу, као и размак између 3. и 4. нерва.

Средње вредности *дужине лисне њлоче* кретале су се у дијапазону од 60,59 mm код аустријске провенијенције (AT 56) до 75,09 mm код хрватске провенијенције (HR 24). Најниже средње вредности *дужине лисне плоче*, од 60 до 65 mm имају аустријска (AT 56), немачка (DE 49) и швајцарска (CH 65) провенијенција. Највећи број анализираних провенијенција има

вредности *дужине лисне плоче* у распону од 65 до 70 mm, док *дужину лисне плоче* од 70 до 75 mm имају босанске (BIH 60, BIH 33 и BIH 32), једна немачка (DE 48) и обе хрватске (HR 24 и HR 25) провенијенције.

Најмања средња вредност *ширине лисне њлоче* такође је евидентирана код провенијенције из Аустрије (AT 56), где износи 38,75 mm, а највећа код хрватске провенијенције (HR 24) - 47,12 mm. Према ширини листа, провенијенције се могу поделити у три групе: прва са најмањим вредностима - до 40 mm (аустријска - AT 56 и швајцарска провенијенција - CH 65), друга група у коју спада највећи број анализираних провенијенција, са распном ширине од 40 до 45 mm, и трећа са ширином листова преко 45 mm, у коју спадају две хрватске провенијенције (HR 24 и HR 25) и једна немачка провенијенција (DE 48).

Средња вредност *дужине њељке* кретала се у распону од 7,65 mm (босанска провенијенција - BIH 32) до 10,39 mm (немачка провенијенција - DE 48). Вредност *дужине петељке* је износила око 8 mm на листовима највећег броја провенијенција.

Просечан број нерава, са леве и десне стране листа, је износио око 7 или 8 у свим анализираним провенијенцијама.

Размак између 3. и 4. нерва кретао се у распону од 6,29 mm, код аустријске провенијенције (AT 56) до 7,68 mm, код хрватске провенијенције (HR 24).

Табела 4. Резултати дескриптивне статистике и LSD теста за морфолошке карактеристике листова буре из 16 европских провенијенција (2017. година)

Svoјstvo	Provenijencija	HR 24	HR 25	ВН 32	ВН 33	ВН 60	ВН 61	SR 36	SR 38	HU 42	DE 47	DE 48	DE 49	AT 56	RO 63	RO 64	CH 65
DL (mm)	$X_{\text{min-max}}$	39-119	54-109	32-09	44-113	47-108	43-92	45-93	39-95	38-108	47-99	45-105	39-93	39-82	50-95	37-94	37-96
	X	75,09 ^g	74,77 ^g	71,59 ^f	71,03 ^{ef}	70,87 ^{ef}	68,25 ^{cd}	69,31 ^{de}	66,92 ^c	68,00 ^{cd}	68,66 ^{cd}	73,42 ^g	64,24 ^b	60,59 ^a	69,01 ^d	68,24 ^{cd}	65,13 ^b
	S	12,77	10,67	15,20	12,40	10,56	9,09	9,66	10,33	13,10	10,46	10,49	10,19	7,86	9,66	8,62	11,66
	CV (%)	17,01	14,27	21,23	17,47	14,90	13,31	13,94	15,43	19,26	15,24	14,28	15,86	12,98	13,99	12,63	17,91
ŠL (mm)	$X_{\text{min-max}}$	24-75	31-69	23-77	25-66	25-71	27-64	26-67	25-65	24-84	28-69	19-73	26-64	22-63	29-70	22-68	23-65
	X	47,12 ^g	45,65 ^f	42,38 ^{de}	40,88 ^{bc}	42,68 ^{de}	41,97 ^{cd}	42,22 ^{de}	41,53 ^{cd}	41,49 ^{cd}	42,49 ^{de}	46,04 ^g	42,59 ^{de}	38,75 ^a	42,59 ^{de}	42,96 ^e	39,94 ^{ab}
	S	10,09	6,35	8,51	7,44	7,47	7,25	8,26	7,92	9,44	8,81	8,99	7,78	7,40	7,89	7,67	8,75
	CV (%)	21,41	13,91	20,09	18,20	17,50	17,28	19,56	19,08	22,75	20,72	19,54	18,28	19,10	18,53	17,85	21,92
DP (mm)	$X_{\text{min-max}}$	3-25	5-18	2-17	5-16	1-22	3-13	4-14	1-15	4-20	4-21	6-16	3-15	2-15	3-14	4-14	3-15
	X	10,25 ^{hi}	10,29 ^{hi}	7,65 ^a	9,29 ^f	8,84 ^e	8,24 ^{bc}	8,66 ^{de}	8,41 ^{bcd}	9,94 ^{gh}	9,67 ^g	10,39 ⁱ	8,18 ^b	8,40 ^{bcd}	8,16 ^b	8,59 ^{de}	8,23 ^{bc}
	S	2,95	2,02	2,93	2,18	2,35	2,13	1,90	2,18	2,58	2,71	1,95	2,33	2,44	2,17	2,03	2,43
	CV (%)	28,81	19,59	38,34	23,51	26,61	25,85	21,97	25,92	25,97	27,99	18,74	28,52	29,05	26,62	23,67	29,46
NL	$X_{\text{min-max}}$	5-10	6-10	5-10	5-11	5-10	6-10	4-10	5-10	5-11	6-11	5-10	5-11	4-10	6-10	5-10	5-10
	X	7,99 ^c	8,29 ^e	7,64 ^{ab}	8,16 ^{de}	7,77 ^b	7,98 ^c	7,73 ^{ab}	7,96 ^c	8,05 ^{cd}	8,10 ^{cd}	8,02 ^{cd}	7,60 ^b	7,62 ^{ab}	8,17 ^{de}	8,11 ^{cd}	7,69 ^{ab}
	S	1,00	0,87	1,21	1,00	1,01	0,97	0,99	1,13	1,09	0,92	0,96	1,02	0,93	0,84	0,93	0,98
	CV (%)	12,51	10,48	15,80	12,31	13,04	12,17	12,85	14,18	13,60	11,36	12,00	13,36	12,16	10,25	11,53	12,72
ND	$X_{\text{min-max}}$	5-10	6-10	5-10	5-10	5-10	6-10	5-10	5-10	5-11	6-11	5-10	5-11	4-10	6-10	5-10	5-10
	X	7,97 ^{defg}	8,30 ^g	7,75 ^{abc}	8,13 ^e	7,85 ^{bcd}	7,96 ^{def}	7,70 ^{ab}	7,96 ^{def}	8,06 ^{fg}	8,10 ^g	7,90 ^{de}	7,67 ^a	7,62 ^a	8,01 ^{efg}	8,03 ^{efg}	7,65 ^a
	S	1,00	0,88	1,20	0,96	1,04	0,92	1,00	1,14	1,06	0,92	0,94	1,04	0,93	0,86	0,92	0,95
	CV (%)	12,52	10,64	15,43	11,81	13,29	11,59	12,99	14,32	13,14	11,32	11,94	13,57	12,16	10,75	11,48	12,42
RN (mm)	$X_{\text{min-max}}$	5-12	5-9	5-10	4-8	5-11	4-10	5-11	3-10	4-12	4-11	5-12	4-10	4-10	4-10	3-10	3-10
	X	7,68 ^g	6,87 ^g	7,20 ^h	6,40 ^{ab}	6,79 ^{ef}	6,58 ^{cd}	7,02 ^{gh}	6,46 ^{abc}	6,54 ^{bc}	6,62 ^{de}	7,17 ^h	6,92 ^{fg}	6,29 ^a	6,74 ^{def}	6,51 ^{bc}	6,56 ^{bc}
	S	1,11	0,73	0,87	0,97	1,09	1,21	1,05	1,33	1,34	1,24	1,04	1,24	1,13	1,31	1,16	1,23
	CV (%)	14,51	10,62	12,06	15,18	15,99	18,42	15,01	20,67	20,49	18,65	14,44	17,89	17,96	19,49	17,84	18,84

Напомена: Ознаке морфолошких својстава и провенијенција дефинисане су у поглављу 2. Материјал и методе рада: латинична слова поред средњих вредности означавају резултате LSD теста

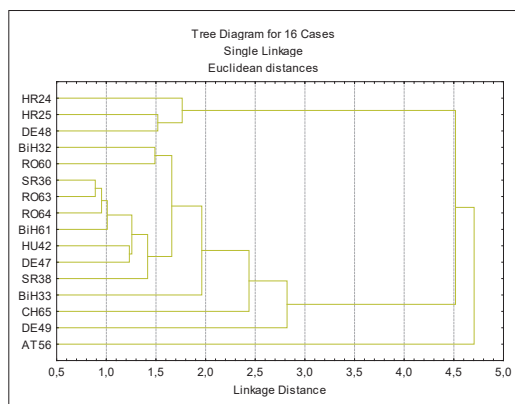
Табела 5. Резултати анализе варијансе за морфолошка својства листова 16 провенијенција букве (2017. година)

ИЗМЕЂУ ПРОВЕНИЈЕНЦИЈА			
Својство	Mean square	F-ratio	P-value
Дужина лисне плоче (mm)	4383,51	36,60	0,00
Ширина листа (mm)	1391,70	20,81	0,00
Дужина петељке (mm)	238,39	43,09	0,00
Број нерава - лево	14,88	15,03	0,00
Број нерава - десно	11,40	11,65	0,00
Размак између 3. и 4. нерва (mm)	39,31	30,22	0,00

На основу резултата анализе варијансе за морфолошка својства листова букве сакупљених 2017. године (табела 5), може се констатовати да су разлике између провенијенција за сва анализирана својства статистички значајне ($p < 0,00$).

Резултати LSD теста указују на постојање неколико хомогених група за свако од анализираних морфолошких својстава листова (табела 4), при чему се не може утврдити јасна генетичка диференцираност провенијенција према њиховом пореклу.

Дендрограм кластер анализе урађен на основу морфолошких карактеристика листова сакупљених 2017. године (графикон 2), показује да се анализиране провенијенције групишу на релативно малој дистанци (*Linkage Distance* до 4,7), нешто већој него 2016. године (*Linkage Distance* до 4,0).

**Графикон 2.** Дендрограм кластер анализе урађен на основу морфолошких карактеристика листова букве (2017. година)

Прву групу чине провенијенције из Хрватске (HR 24 и HR 25) и Немачке (DE 48) повезане на *Linkage Distance* од 1,8. Све остале провенијенције чине другу групу, при чему су на најмањој дистанци груписане српска (SR 36) и румунска провенијенција (RO 63).

Упоредна анализа морфолошких карактеристика листова различитих провенијенција букве у две сукцесивне године

У циљу процене диференцијације између анализираних провенијенција, приступило се упоредној анализи резултата дескриптивне статистике за морфолошке карактеристике листова букве сакупљене у оквиру 13 европских провенијенција током 2016. и 2017. године (табела 6).

На основу средњих вредности *дужине лисне њлоче*, различитих провенијенција букве (табела 6), може се закључити да су средње вредности овог својства 2016. године биле мање од средњих вредности 2017. године и кретале су се у распону од 55 до 70 mm, док су листови 2017. године имали средње вредности у распону од 60 до 75 mm. Ниске средње вредности овог својства су у обе године истраживања констатоване код немачке (DE 49) и аустријске провенијенције (AT 56), док су високе средње вредности констатоване код хрватских (HR 24 и HR 25) и босанске провенијенције (BIH 32).

Код истих немачких и аустријских провенијенција (DE 49 и AT 56), констатоване су најниже средње вредности димензија листова сакупљених 2011. године, на основу резултата истражи-

вања спроведених у оквиру истог провенијентног теста, које су презентовали Šijačić-Nikolić et al. (2013). У истраживању Šijačić-Nikolić et al. (2013) се, такође, провенијенције из Хрватске (HR 24 и HR 25) и босанска провенијенција (BIH 32) разликују од осталих на основу високих средњих вредности већине анализираних својстава, што је случај и у овом истраживању, спроведеном након 5, односно 6 година. У односу на литературне податке које износи Јовановић (1991), а према којима се дужина листа код европске букве креће у распону од 40-100 mm, а код источне у распону од 70 до 140 mm, може се закључити да све анализирани провенијенције имају дужину листа карактеристичну за европску букву.

Средње вредности *ширине лисне плоче* различитих провенијенција букве (табела 6) показују да је највећи број провенијенција 2016. године имао средњу ширину листа у распону од 30 до 40 mm, односно 2017. године у распону од 35 до 50 mm. Високе средње вредности ширине листа, у обе посматране године, евидентирани су код хрватских провенијенција (HR 24 и HR 25), док је немачка провенијенција (DE 48), 2017. године, издвојена по великим димензијама листова (дужина и ширина), за разлику од 2016. године, када су код исте провенијенције констатоване знатно ниже димензије листова.

Вредности *дужине њишљике* (табела 6), биле су знатно веће на листовима сакупљеним 2017. у односу на 2016. годину. Средње вредности овог својства су 2016. године биле у опсегу од 5,65 mm (DE 47) до 7,65 mm (HR 24), док су се 2017. године имале знатно веће вредности, од 7,65 mm (BIH 32) до 10,39 mm (DE 48).

Просечан *број нерава* (табела 6) се 2016. године кретао од 7 до 8, при чему је код највећег броја провенијенција забележено просечно 7 нерава по листу. У 2017-ој години, просечан број нерава код највећег броја провенијенција је био 7, док је један број провенијенција имао просечно 8 нерава по листу. Према Јовановићу (1991), просечан број нерава на листу код европске букве креће се од 5 до 9, најчешће 8; код источне букве 7 до 14, најчешће 10-12, а код мезијске 5 до 12. Може се констатовати да све анализирани провенијенције имају просечан број нерава који одговара литературним подацима за европску букву, просечно 7.

Код 11 од укупно 13 провенијенција, констатоване су више вредности размака између нерава код листова сакупљених 2017. год. (табела 6).

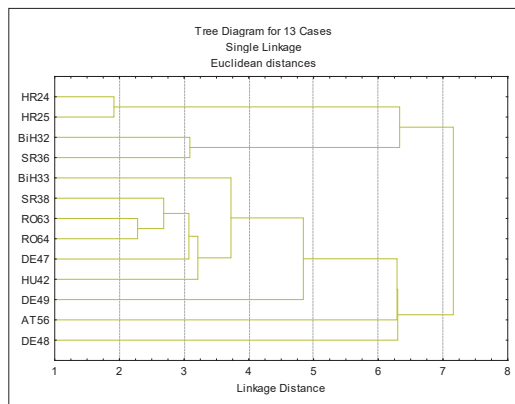
Резултати из табеле 6 јасно показују да су средње вредности димензија листова (дужине и ширине лисне плоче), дужине петелке, просечног броја нерава по листу и размака између трећег и четвртог нерва биле веће 2017. године, у поређењу са резултатима из 2016. године. Ово би се могло објаснити различитим климатским условима, који су владали на подручју провенијентног теста, у истраживаним годинама, при чему је 2017. година имала више сунчаних дана, а мање падавина, него 2016. година, која је била изразито влажна година (2016; 2017).

На основу анализираних климатских карактеристика локалитета на коме је основан провенијентни тест, може се констатовати да је, према просторној расподели средњих годишњих температура (°C), одређеној методом перцентиља, просечна средња годишња температура, у обе посматране године, била у распону од 10,1-12,0 °C; годишња количина падавина је у 2016-ој години била у распону од 900,1 до 1000,0 mm, односно у 2017-ој години у распону од 700,1 до 800,0 mm, при чему је подручје на коме је основан провенијентни тест у 2016-ој години окарактерисано као веома кишно, а у 2017-ој години као нормално (2016; 2017). Број осунчаних часова на подручју провенијентног теста у 2016-ој години кретао се од 1901,0 до 2000,0 односно од 2201,0 до 2300,0 у 2017-ој години (2016; 2017).

Stojnić (2013), наводи да су добијени резултати потврдили најновија мишљења, да се код букве, у условима оптималне обезбеђености водом, лисна површина примарно повећава под утицајем повишене температуре ваздуха, што потврђују и резултати ових истраживања.

У циљу процене генетичке диференцијације између анализираних провенијенција, урађена је и кластер анализа на основу морфолошких карактеристика листова букве, сакупљених 2016. и 2017. године (графикон 3).

Дендрограм кластер анализе урађен на основу морфолошких карактеристика листова букве сакупљених 2016. и 2017. год. из 13 провенијенција (графикон 3), показује да се анализирани провенијенције групишу на већој дистанци у односу на графиконе 1 и 2 (*Linkage Distance* >



Графикон 3. Дендрограм кластер анализе урађен на основу морфолошких карактеристика листова букве из 13 провенијенција (2016. и 2017. година)

7,0). Прву групу чине провенијенције из Хрватске (HR 24 и HR 25), са провенијенцијама из Босне и Херцеговине (BiH 32) и Србије (SR 36). Све остале провенијенције чине другу групу.

У истраживању Šijačić-Nikolić et al. (2013) су исте провенијенције из Хрватске (HR 24 и HR 25), заједно са провенијенцијама из Босне и Херцеговине (BiH 32) и Србије (SR 36) формирале једну хомогену групу, као што је случај и у овом истраживању, обављеном након више година у истом провенијеничном тесту.

На основу резултата кластер анализе, може се констатовати да, осим у случају две хрватске и две румунске провенијенције, није дошло до груписања провенијенција из географски блиских подручја, што је у складу са резултатима до којих су дошли Ballian и Zukić (2011) и Šijačić-Nikolić et al. (2012), проучавајући морфолошке карактеристике у провенијеничним тестовима букве основаним 2007. године. Ivetić (2009), наводи да се на основу кластеровања природних популација букве, применом UPGMA анализе, не може уочити груписање популација по јасном географском обрзцу.

У досадашњим истраживањима адаптивних својстава букве, аутори су утврдили: клинални образац генетичке варијабилности букве у смеру северозапад-југоисток (von Wuehlisch et al., 1995; Nielsen, Jorgensen, 2003; Gömöry et al., 2007), или екотипски карактер генетичке варијабилности букве

(Comps et al., 1991; Paule, 1995, Gömöry et al., 1998; Chmura, Rozkowski, 2002; Jazbec et al., 2007), као и присуство просторне аутокорељације (Ivetić, 2009).

У раду Šijačić-Nikolić et al. (2012), изнето је да добијени резултати говоре у прилог екотипској карактеризацији генетичке варијабилности провенијенција са територије југоисточне Европе. До сличних закључака дошли су и Ivanković et al. (2008/a, 2008/b, 2011), на основу истраживања висинског раста и фенологије листања истих провенијенција букве у јувенилној етапи развића, у провенијеничном тесту који је основан у Хрватској. Повезаност адаптивних својстава букве различитих провенијенција и еколошке карактеризације њихових материнских састојина, преко *Ellenberg*-овог коефицијента, указује на генетску диференцијацију букве, као последице адаптације саме провенијенције на локалне услове средине.

Након истраживања фенолошке варијабилности 22 провенијенције обичне букве у међународном провенијеничном тесту код Какња (Босна и Херцеговина), која су спровели Ballian et al. (2015), закључује се да је обична буква генетички издиференцирана према еколошким и вегетацијским подручјима, те да показује различите морфолошке и физиолошке карактеристике из различитих провенијеничних подручја. У прилог изнетом, говоре и резултати истраживања приказани у овом раду, засновани на морфолошким карактеристикама листова различитих провенијенција букве, сакупљених у две сукцесивне године.

На основу резултата ових истраживања, може се закључити да је присутан екотипски образац генетичке варијабилности букве, који Ivanković et al. (2011) дефинишу као „*образац њенойичке варијабилности који није повезан са географским параметрима, већ макроклиматским специфичностима*“. Како се буква јавља на широком простору, који се карактерише различитим климатским и станишним условима, може се констатовати велика пластичност врсте. У таквим условима, може се сматрати да је генетичка варијабилност обликована под утицајем различитих селекционих притисака, што је водило ка диференцијацији различитих екотипова букве (Stojnić, 2013).

Табела 6. Упоредни приказ резултата дескриптивне статистике и LSD теста за морфолошке карактеристике листових букве из 13 провенијенција (2016. и 2017.)

Svojstvo	Y	Provenijencija	HR 24	HR 25	BIH 32	BIH 33	SR 36	SR 38	HU 42	DE 47	DE 48	DE 49	AT 56	RO 63	RO 64
DL (mm)	2016	X _{min-max}	30-99	32-94	37-100	40-87	30-100	35-97	30-92	22-87	28-87	32-82	39-78	32-82	38-75
		X	66,09 ^g	65,37 ^g	68,62 ^h	62,43 ^f	69,02 ^h	59,94 ^{de}	60,88 ^{ef}	56,17 ^b	60,33 ^{de}	55,04 ^a	57,89 ^c	58,82 ^{cd}	57,31 ^{bc}
		S	10,55	12,54	12,23	8,98	8,75	10,02	10,24	9,91	9,47	8,10	7,53	8,81	7,02
		CV (%)	15,96	19,18	17,82	14,38	12,68	16,72	16,82	17,64	13,70	14,72	13,01	14,98	12,25
		X _{min-max}	39-119	54-109	32-09	44-113	45-93	39-95	38-108	47-99	45-105	39-93	39-82	50-95	37-94
		X	75,09 ^g	74,77 ^g	71,59 ^f	71,03 ^{ef}	69,31 ^{de}	66,92 ^c	68,00 ^{cd}	68,66 ^{cd}	73,42 ^g	64,24 ^b	60,59 ^a	69,01 ^d	68,24 ^{cd}
ŠL (mm)	2016	S	12,77	10,67	15,20	12,40	9,66	10,33	13,10	10,46	10,49	7,86	9,66	8,62	
		CV (%)	17,01	14,27	21,23	17,47	13,94	15,43	19,26	15,24	14,28	15,86	12,98	13,99	12,63
		X _{min-max}	20-64	20-59	20-58	20-61	15-65	17-55	16-64	17-51	14-50	20-60	23-53	18-63	20-52
		X	39,96 ^f	39,65 ^f	39,49 ^f	37,26 ^e	41,14 ^g	34,71 ^{cd}	36,97 ^e	32,41 ^a	34,21 ^{bcd}	33,58 ^b	35,05 ^d	34,92 ^d	33,78 ^{bc}
		S	8,37	7,82	7,18	6,81	7,47	6,88	8,50	5,99	5,72	6,44	6,25	6,94	5,82
		CV (%)	20,95	19,72	18,18	18,28	18,16	19,82	23,00	18,48	16,72	19,18	17,83	19,87	17,23
DP (mm)	2017	X _{min-max}	24-75	31-69	23-77	25-66	26-67	25-65	24-84	28-69	19-73	26-64	22-63	29-70	22-68
		X	47,12 ^g	45,65 ^f	42,38 ^{de}	40,88 ^{bc}	42,22 ^{de}	41,53 ^{cd}	41,49 ^{cd}	42,49 ^{de}	46,04 ^g	42,59 ^{de}	38,75 ^a	42,59 ^{de}	42,96 ^e
		S	10,09	6,35	8,51	7,44	8,26	7,92	9,44	8,81	8,99	7,78	7,40	7,89	7,67
		CV (%)	21,41	13,91	20,09	18,20	19,56	19,08	22,75	20,72	19,54	18,28	19,10	18,53	17,85
		X _{min-max}	2-15	1-16	2-13	3-19	1-12	2-13	2-13	2-13	2-13	3-11	3-11	3-11	2-11
		X	7,65 ^h	7,50 ^h	6,92 ^{de}	7,44 ^h	7,41 ^{gh}	7,09 ^{ef}	6,46 ^c	5,65 ^a	7,33 ^{gh}	6,82 ^{de}	6,67 ^{cd}	7,11 ^e	6,36 ^{bc}
DP (mm)	2017	S	2,50	2,21	2,06	2,36	1,63	1,91	1,78	1,95	2,08	1,75	1,74	1,57	1,67
		CV (%)	32,68	29,47	29,77	31,72	22,00	26,94	27,55	34,51	28,38	25,66	26,09	22,08	26,26
		X _{min-max}	3-25	5-18	2-17	5-16	4-14	1-15	4-20	4-21	6-16	3-15	2-15	3-14	4-14
		X	10,25 ^{hi}	10,29 ^{hi}	7,65 ^a	9,29 ^f	8,66 ^{de}	8,41 ^{bcd}	9,94 ^{gh}	9,67 ^g	10,39 ^f	8,18 ^b	8,40 ^{bcd}	8,16 ^b	8,59 ^{de}
		S	2,95	2,02	2,93	2,18	1,90	2,18	2,58	2,71	1,95	2,33	2,44	2,17	2,03
		CV (%)	28,81	19,59	38,34	23,51	21,97	25,92	25,97	27,99	18,74	28,52	29,05	26,62	23,67

		2016												
		X _{min-max}	5-9	4-10	5-10	5-10	4-10	4-10	5-10	5-9	4-10	4-10	5-10	4-9
NL	X	7,45 ^{de}	7,34 ^{cd}	7,9 ^{gh}	7,51 ^{ef}	8,14 ^f	7,52 ^{ef}	7,34 ^{cd}	7,19 ^{ab}	7,33 ^{bcd}	7,27 ^{bc}	7,05 ^a	7,78 ^e	7,97 ^h
	S	0,81	1,00	0,95	0,95	0,89	0,87	0,98	1,04	0,87	0,92	0,97	0,93	0,97
	CV (%)	10,87	13,62	12,03	12,65	10,93	11,57	13,35	14,46	11,87	12,65	13,76	11,95	12,17
	X _{min-max}	5-10	6-10	5-10	5-11	4-10	5-10	5-11	6-11	5-10	5-11	4-10	6-10	5-10
	X	7,99 ^c	8,29 ^e	7,64 ^{ab}	8,16 ^{de}	7,73 ^{ab}	7,96 ^c	8,05 ^{cd}	8,10 ^{cd}	8,02 ^{cd}	7,60 ^a	7,62 ^{ab}	8,17 ^{de}	8,11 ^{cd}
	S	1,00	0,87	1,21	1,00	0,99	1,13	1,09	0,92	0,96	1,02	0,93	0,84	0,93
	CV (%)	12,51	10,48	15,80	12,31	12,85	14,18	13,60	11,36	12,00	13,36	12,16	10,25	11,53
	X _{min-max}	5-9	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	3-10	4-11	4-9	4-10	4-9	4-10	5-10
ND	X	7,31 ^b	7,41 ^{bc}	7,81 ^e	7,47 ^{cd}	7,91 ^e	7,59 ^d	7,47 ^{cd}	7,33 ^{bc}	7,05 ^a	7,00 ^a	6,94 ^a	7,47 ^{cd}	7,81 ^e
	S	0,81	0,93	0,93	0,90	0,76	0,86	1,01	1,11	0,88	0,94	0,86	0,91	0,95
	CV (%)	11,08	12,55	11,91	12,05	9,61	11,33	13,52	15,14	12,48	13,43	12,39	12,18	12,16
	X _{min-max}	5-10	6-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-11	6-11	5-10	5-11	4-10	6-10	5-10
2017	X	7,97 ^{defg}	8,30 ^g	7,75 ^{abc}	8,13 ^g	7,70 ^{ab}	7,96 ^{def}	8,06 ^{fg}	8,10 ^{fg}	7,90 ^{cde}	7,67 ^a	7,62 ^a	8,01 ^{efg}	8,03 ^{efg}
	S	1,00	0,88	1,20	0,96	1,00	1,14	1,06	0,92	0,94	1,04	0,93	0,86	0,92
	CV (%)	12,52	10,64	15,43	11,81	12,99	14,32	13,14	11,32	11,94	13,57	12,16	10,75	11,48
	X _{min-max}	4-9	3-10	4-9	4-10	3-8	3-10	3-10	3-12	3-8	3-9	3-9	3-8	3-7
2016	X	5,91 ^{hi}	5,85 ^h	5,61 ^g	6,67 ⁱ	5,36 ^d	5,46 ^{def}	6,05 ⁱ	6,81 ^j	5,44 ^{de}	4,80 ^{ab}	5,63 ^g	5,03 ^c	4,98 ^{bc}
	S	1,02	1,42	1,11	1,05	0,93	1,06	1,29	1,49	0,92	0,88	1,13	1,02	0,92
	CV (%)	17,26	24,27	19,79	15,74	17,35	19,41	21,32	21,88	16,91	18,33	20,07	20,28	18,47
	X _{min-max}	5-12	5-9	5-10	4-8	5-11	3-10	4-12	4-11	5-12	4-10	4-10	4-10	3-10
2017	X	7,68 ⁱ	6,87 ^g	7,20 ^h	6,40 ^{ab}	7,02 ^{gh}	6,46 ^{bc}	6,54 ^{bc}	6,62 ^{cde}	7,17 ^h	6,92 ^g	6,29 ^a	6,74 ^{def}	6,51 ^{bc}
	S	1,11	0,73	0,87	0,97	1,05	1,33	1,34	1,24	1,04	1,24	1,13	1,31	1,16
	CV (%)	14,51	10,62	12,06	15,18	15,01	20,67	20,49	18,65	14,44	17,89	17,96	19,49	17,84
	X _{min-max}	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10

Напомена: Ознаке морфолошких својстава и провенјенција дефинисане су у поглављу 2. Магеријал и методе рада: латинична слова поред средњих вредности означавају резултате LSD тест

ЗАКЉУЧЦИ

На основу приказаних резултата, може се претпоставити да је варијабилност између провенијенција букве, за већину анализираних морфолошких карактеристика листова, резултат генетичке конституције самих провенијенција.

Упоредном анализом 13 провенијенција букве из европског провенијенцијног теста констатовано је да се уочене разлике морфолошких карактеристика листова, које се испољавају између две сукцесивне године, највероватније могу објаснити различитим климатским карактеристикама које су владале на подручју провенијенцијног теста у истраживаним годинама.

Напомена: Истраживање је финансирано средствима пројекта „Шумски засади у функцији њовећања њошумљености Србије” (ТР 31041), Министарства просвете и науке Републике Србије и пројекта „Дефинисање њаксонској сѡаѡуса букве у Србији - фаза 2”, Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Србије - Управе за шуме. Аутори се захваљују колеги др Срђану Стојнићу за помоћ у прикупљању узорака 2016. године. Део резултата из овог рада презентован је на међународном научном скупу *The 15th International Phytotechnology Conference*, одржаном у Новом Саду 2018. године (Nonić et al., 2018).

COMPARATIVE ANALYSIS OF MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BEECH LEAVES FROM THE EUROPEAN PROVENANCE TRIAL

Dr. Marina Nonić, Assistant Professor, University of Belgrade - Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia (marina.nonic@sfb.bg.ac.rs)

Dr. Dijana Čortan, Faculty of Environmental Sciences - Czech University of Life Sciences Prague, Czech Republic
Grad. Eng. Tatjana Batalo, PhD student, University of Belgrade - Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia

Dr. Mirjana Sijačić-Nikolić, Full Professor, University of Belgrade - Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia

Abstract: The paper presents the results of the research conducted within the European provenance beech trial, in the Teaching Base of the Faculty of Forestry - Debeli Lug. To assess the inter-provenance genetic variability of beech, using morphological markers, and comparative analysis of the results obtained in two successive years, 10 trees per each selected provenance were sampled. Thirty leaves were collected from each tree (total of 300 leaves per provenance per year). The inter-provenance differences of all morphological leaf characteristics were statistically significant and can be assumed to be the result of the genetic constitution of the provenances themselves. Based on the comparative analysis of the morphological characteristics of beech leaves from 13 different provenances in two research years, it was found that the mean values of most analyzed morphological characteristics were higher in 2017, compared to the results from 2016. Such results could be explained by the different climatic conditions that prevailed in the provenance trial in research years.

Keywords: interprovenance variability; beech provenance trial; leaf; *Fagus sylvatica* L.

INTRODUCTION

Provenance trials represent *ex situ* genepool conservation of particular species and can be used for assessing the degree of variability and adaptive potential of various tree species, as well as the de-

gree of divergence of isolated populations and determination of the differences in the genetic variability both within and between provenances (Šijačić-Nikolić and Milovanović, 2010).

According to Gömöry (2010), the main objective of researches in the provenance trials is the identification of provenances that are characterized by good growth and adaptability, in order to use it as a seed source for future afforestation.

Eriksson and Ekberg (2001) state two objectives in research relating to the provenance trials: (1) *the primary*, whose main purpose is applicability in practice, which consists in identifying the provenances that show the best production results in a specific habitat; and (2) *scientific*, which needs to trace the adaptation that occurs, as well as the habitat factors that influence this adaptation. For these reasons, provenance trials should be established at different locations, which allows testing the „provenance x site” interaction.

The provenances which are characterized by specific adaptability, as well as those which are characterized by general adaptability, could be identified by testing those provenances in different sites (Kang, 2002).

In Serbia, the number of established provenance trials is relatively small, as well as the number of species involved in those trials: walnut, wild cherry, Douglas fir, oak, spruce, black and white pine, maple and beech (Isayev et al., 1999; Šijačić-Nikolić et al., 2014).

Their establishment is particularly important for species with pronounced „genetic polymorphism” and large areal, such as beech (Šijačić-Nikolić et al., 2010; 2012).

In the eighties and nineties of the last century, the *Institute for Forest Genetic and Forest Tree Breeding* from Großhansdorf, Germany, began the establishment the series of beech (*Fagus sylvatica* L.) provenance trials in the territory of 21 European countries - approximately 60 trials, involving about 400 European provenances (Šijačić-Nikolić and Milovanović, 2010).

In 2007, two provenance beech trials were established in the territory of the Republic of Serbia: at Fruška Gora and Debeli Lug, within the Teaching Base of the Faculty of Forestry (Šijačić-Nikolić and Milovanović, 2010; Šijačić-Nikolić et al., 2014).

From its establishment to date, within these provenance trials, various studies have been conducted. The success of seedlings survival, originating from the different beech provenances, and its height and diameter increment were analyzed, as

well as different phenological, physiological, anatomical and morphological characteristics (Čortan, et al., 2019; Kerkez et al., 2018; Nonić et al., 2017; 2018; Stojnić, 2013; Stojnić et al., 2010a, 2010b, 2010c, 2010d, 2012, 2015, 2016; Šijačić-Nikolić et al., 2007, 2009, 2010, 2012, 2013). Such trials represent a good starting point for the continuous monitoring and assessment of the degree of variability, adaptability, and potential of different beech provenances during ontogenesis.

In this way, in coordination with the other countries on whose territory provenance trials are established, it is possible to observe the overall genetic variability of the species in the territory of its entire distribution. In addition, the collected data can indicate the ability of beech to adapt to global climate change.

The fact that there are a large number of different European provenances in one site, within the provenance trial, including the provenances from the Balkan part of the range, is suitable for testing the genetic variability of beech, which can contribute to defining its taxonomic status in Serbia, based on morphological markers.

The aim of this paper is 1) determination of the inter-provenance genetic variability of beech originating from eight countries using morphological markers, and 2) a comparative analysis of the morphological characteristics of beech leaves from 13 European provenances, in two successive years.

MATERIAL AND METHODS

Beech provenance trial

The beech provenance trial was established in the spring of 2007, within the Teaching Base of the University of Belgrade - Faculty of Forestry „Majdanpečka domena”, at the locality „Pripor-felješana” (N 44°19'34.01”, E 21°52'20.39”, 742 m a.s.l.). The trial was established by planting 2 and 3-year-old seedlings of 22 provenances originated from Serbia (6), Croatia (2), Bosnia and Herzegovina (6), Hungary (1), Germany (3), Austria (1), Switzerland (1) and Romania (2), whose locations are presented on Map 1.



Map 1. Localities of the provenances included in the beech provenance trial in Debeli Lug

Plant material

The analysis of morphological characteristics of beech leaves from different provenances was conducted in two successive years, at the sample of 17 (2016) and 16 (2017) provenances. In total, 20 provenances originating from eight countries

were included in the study, from which 13 provenances were analyzed in two consecutive years, which enabled the obtained data comparison.

The basic characteristics of the provenances from which the plant material was collected for the purposes of this research are shown in Table 1.

The analysis of the morphological characteristics of leaves was carried out on a sample of ten, randomly selected trees per provenance. Leaf samples were collected in 2016 and 2017, and 30 leaves were collected per tree (in total 300 leaves per provenance for each research year).

The following morphological leaf characteristics were measured on herbarized material, with an accuracy of 1 mm (figure 1):

- lamina length (LL),
- lamina width (LW),
- petiole length (PL),
- distance between the 3rd and 4th vein (DV).

In addition to the morphological characteristics shown in figure 1, the number of veins on the left side (VL) and the number of veins on the right side (VR) of the leaf, were recorded.

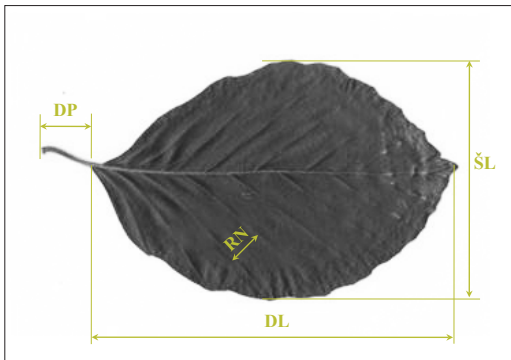


Figure 1. Analyzed morphological characteristics of beech leaf

Table 1. Basic data on the beech provenances included in the analyses of the morphological characteristics of leaves (in 2016 and 2017)

Provenance label	Provenance name	Country	Longitude E	Latitude N	Altitude (m)	Year of sampling	
						2016	2017
HR 24	Sjeverini Dilj Čaglinski *	Croatia	18° 01'	45° 17'	350	+	+
HR 25	Vrani kamen 12a, 15b*	Croatia	17° 19'	45° 37'	600	+	+
BIH 30	Tajan, Žepče *	Bosnia and Herzegovina	18° 03'	44° 23'	700	+	
BIH 32	Crni Vrh, Tešanj *	Bosnia and Herzegovina	17° 59'	44° 33'	500	+	+
BIH 33	Grmeč, Bosanska krupa *	Bosnia and Herzegovina	16° 16'	44° 46'	650	+	+
SR 36	Fruška gora*	Serbia	19° 55'	45° 10'	370	+	+
SR 38	Kopaonik*	Serbia	20° 50'	43° 10'	820	+	+
HU 42	Valkonya 19A*	Hungary	16° 45'	46° 30'	300	+	+
DE 47	Schelkingen*	Germany	10° 00'	48° 00'	650	+	+
DE 48	Höllerbach 81024*	Germany	13° 14'	49° 01'	755	+	+
DE 49	Hasbruch 81001*	Germany	08° 26'	53° 08'	35	+	+
AT 56	Scharnstein, Mitterndorf*	Austria	13° 58'	47° 54'	480	+	+
BIH 60	Crni vrh**	Bosnia and Herzegovina	17° 59'	44° 33'	500		+
BIH 61	Grmeč, Bastra-Corkova**	Bosnia and Herzegovina	16° 14'	44° 45'	720		+
RO 63	Alesd, U.P.II / 51A**	Romania	22° 15'	47° 11'	490	+	+
RO 64	Alba-Iulia, U.P.V/154A**	Romania	23° 05'	46° 10'	860	+	+
CH 65	Sihlwald, 101**	Switzerland	07° 21'	47° 12'	1050		+
SR 66	Avala**	Serbia	20° 45'	44° 23'	475	+	
SR 67	Boranja**	Serbia	19° 12'	44° 26'	410	+	
SR 69	Cer**	Serbia	19° 50'	44° 12'	745	+	

Note: *seed collected in 2003; **seed collected in 2004

Data processing

The collected data (a total of 59,400) were statistically processed using the Statistica 8.0 and Statgraphics Centurion XVI software. For each analyzed foliar trait, the following descriptive statistical parameters were evaluated: variation range (Xmin-max), mean value (X), standard deviation (S) and variation coefficient (CV%).

Inter-provenance variability, at the level of analyzed characteristics, was determined by the analysis of variance (ANOVA). Additional testing was performed using the LSD test and cluster analysis, to assess the provenance grouping, based on the mean values of the analyzed characteristics. A comparative analysis was used to compare the data obtained from the measurements of leaves collected in 2016 and 2017 and basic climatic data

in two successive years, obtained on the basis of the Annual Bulletin for Serbia published by the Republic Hydrometeorological Service of Serbia (2016, 2017).

RESULTS AND DISCUSSION

The results of descriptive statistical analysis, analysis of variance and LSD test, of morphological leaf characteristics, are presented separately for leaves collected in 2016 originating from 17 beech provenances and for leaves collected in 2017, originating from 16 beech provenances. A comparative analysis of the results for the 13 provenances, from which the leaves are collected in both years, was also presented, as well as the cluster analysis.

Variability of morphological characteristics of leaves collected in 2016 from different beech provenances

Based on the results of descriptive statistical analysis of data obtained by the measurement of leaves collected in 2016 (Table 2), it can be noted that the lamina length and width are the most variable traits. Then, according to the degree of variability, follows the petiole length, while the number of veins, as well as the distance between the 3rd and 4th vein, are significantly less variable characteristics.

According to the *lamina length* values, all provenances may be divided into three groups. The first group, where the average lamina length value ranges from 55 to 60 mm; the second group, in which the average lamina length value ranges from 60 to 65 mm, and the third group, where the average lamina length value ranges from 65 to 70 mm.

Based on the *lamina width* values, all provenances may be divided into two groups. The first group, where the average lamina width value ranges from 30 to 35 mm, and the second group, in which the average lamina width value ranges from 35 to 40 mm, whereby provenance SR 36, originating from Serbia - Fruška Gora, showed the average lamina width value of over 40 mm (41.14 mm).

Analyzing the dimensions of leaves (lamina length and width), significant variability can be

noted among the analyzed provenances, wherein German, Romanian, Hungarian and Austrian provenances show lower average values of lamina length and width than Croatian and provenances from Bosnia and Herzegovina. In Serbian provenances such as Boranja (SR 67) and Kopaonik (SR 38), were also recorded relatively low mean leaf dimensions, as well as relatively high mean leaf dimensions in provenances Fruška Gora (SR 36) and Cer (SR 69).

The *petiole length* is significantly less variable trait than the lamina length and width. The analyzed provenances may be divided into a group in which the average petiole length ranges from 6 to 7 mm, and a group with the average value from 7 to 8 mm.

The *number of veins on the left and right side of the leaf* is the least variable trait in the analyzed provenances. The average number of veins varies from 7, in most provenances, to 8, in Serbian (SR 36) and Bosnian (BIH 30) provenance.

The *distance between the 3rd and 4th vein* is a more variable trait than the number of veins. The analyzed provenances may be divided into three groups: the first group, in which the average value ranges from 4.5 to 5 mm; the second group, with the average value between 5 and 6 mm, and the third group, which includes provenances whose average value varies between 6 and 7 mm.

The results of the analysis of variance (Table 3) indicate the existence of statistically significant differences ($p < 0.00$) between provenances in all analyzed morphological characteristics of the leaves collected in 2016.

To assess the genetic differentiation among the analyzed provenances, cluster analysis was performed based on the morphological characteristics of the leaves collected in 2016 (Graph 1).

Dendrogram of cluster analysis performed based on morphological characteristics of leaves collected in 2016 (Graph 1), shows that the analyzed provenances are grouped at a relatively small distance (Linkage Distance to 4). The first group consists of provenances from Croatia (HR 24 and HR 25), Serbia (SR 36 and SR 69) and Bosnia and Herzegovina (BIH 30 and BIH 32), linked at the Linkage Distance 2.6, while all other provenances are included in the second group.

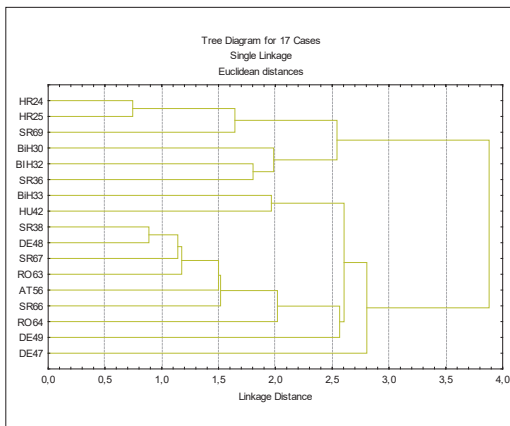
Table 2. Results of descriptive statistics and LSD test for the morphological characteristics of beech leaves originated from 17 European provenances (2016)

Leaf trait	Provenance	HR 24	HR 25	BIH 30	BIH 32	BIH 33	SR 36	SR 38	SR 66	SR 67	SR 69	HU 42	DE 47	DE 48	DE 49	AT 56	RO 63	RO 64
LL (mm)	X _{min-max}	30-99	32-94	38-90	37-100	40-87	30-100	35-97	30-84	31-85	41-97	30-92	22-87	28-87	32-82	39-78	32-82	38-75
	X	66.09 ^g	65.37 ^h	68.63 ^h	68.62 ^h	62.43 ^f	69.02 ^h	59.94 ^{de}	60.34 ^{de}	59.54 ^{de}	66.37 ^h	60.88 ^{de}	56.17 ^{ab}	60.33 ^{de}	55.04 ^a	57.89 ^c	58.82 ^{cd}	57.31 ^{bc}
	S	10.55	12.54	9.83	12.23	8.98	8.75	10.02	9.17	10.02	9.90	10.24	9.91	9.47	8.10	7.53	8.81	7.02
LW (mm)	CV (%)	15.96	19.18	14.32	17.82	14.38	12.68	16.72	15.20	16.83	14.92	16.82	17.64	13.70	14.72	13.01	14.98	12.25
	X _{min-max}	20-64	20-59	23-62	20-58	20-61	15-65	17-55	20-55	16-55	20-66	16-64	17-51	14-50	20-60	23-53	18-63	20-52
	X	39.96 ^f	39.65 ^f	38.98 ^f	39.49 ^f	37.26 ^e	41.14 ^g	34.71 ^{cd}	34.26 ^{bcd}	34.20 ^{bcd}	38.90 ^f	36.97 ^e	32.41 ^a	34.21 ^{bcd}	33.58 ^b	35.05 ^d	34.92 ^d	33.78 ^{bc}
PL (mm)	S	8.37	7.82	6.75	7.18	6.81	7.47	6.88	6.06	6.95	7.21	8.50	5.99	5.72	6.44	6.25	6.94	5.82
	CV (%)	20.95	19.72	17.32	18.18	18.28	18.16	19.82	17.69	20.32	18.53	23.00	18.48	16.72	19.18	17.83	19.87	17.23
	X _{min-max}	2-15	1-16	1-16	2-13	3-19	1-12	2-13	3-11	2-14	3-13	2-13	2-13	2-13	3-11	3-11	3-11	2-11
VL	X	7.65 ^h	7.50 ^h	8.15 ⁱ	6.92 ^{de}	7.44 ^h	7.41 ^{gh}	7.09 ^{ef}	6.10 ^b	7.52 ^h	7.01 ^{ef}	6.46 ^c	5.65 ^a	7.33 ^{gh}	6.82 ^{de}	6.67 ^{cd}	7.11 ^{fg}	6.36 ^{bc}
	S	2.50	2.21	2.54	2.06	2.36	1.63	1.91	1.57	2.44	1.82	1.78	1.95	2.08	1.75	1.74	1.57	1.67
	CV (%)	32.68	29.47	31.17	29.77	31.72	22.00	26.94	25.74	32.45	25.96	27.55	34.51	28.38	25.66	26.09	22.08	26.26
VR	X _{min-max}	5-9	4-10	4-11	5-10	5-10	4-10	5-10	5-10	5-10	6-10	4-10	4-10	5-9	5-10	4-9	5-10	5-10
	X	7.45 ^{de}	7.34 ^{cd}	8.18 ⁱ	7.9 ^{gh}	7.51 ^{ef}	8.14 ⁱ	7.52 ^{ef}	7.54 ^{ef}	7.61 ^f	7.94 ^h	7.34 ^{cd}	7.19 ^{ab}	7.33 ^{bcd}	7.27 ^{bc}	7.05 ^a	7.78 ^g	7.97 ^h
	S	0.81	1.00	1.03	0.95	0.95	0.89	0.87	0.88	0.83	0.85	0.98	1.04	0.87	0.92	0.97	0.93	0.97
DV (mm)	CV (%)	10.87	13.62	12.59	12.03	12.65	10.93	11.57	11.67	10.91	10.71	13.35	14.46	11.87	12.65	13.76	11.95	12.17
	X _{min-max}	5-9	5-10	5-11	5-10	5-10	5-10	5-10	5-9	5-10	6-10	3-10	4-11	4-9	4-10	4-9	4-10	5-10
	X	7.31 ^b	7.41 ^{bc}	8.24 ^f	7.81 ^e	7.47 ^{cd}	7.91 ^e	7.59 ^{de}	7.57 ^{de}	7.41 ^{bc}	7.84 ^e	7.47 ^{cd}	7.33 ^{bc}	7.05 ^a	7.00 ^a	6.94 ^a	7.47 ^{cd}	7.81 ^e
DV (mm)	S	0.81	0.93	1.05	0.93	0.90	0.76	0.86	0.85	0.85	0.85	1.01	1.11	0.88	0.94	0.86	0.91	0.95
	CV (%)	11.08	12.55	12.74	11.91	12.05	9.61	11.33	11.23	11.47	10.84	13.52	15.14	12.48	13.43	12.39	12.18	12.16
	X _{min-max}	4-9	3-10	1-10	4-9	4-10	3-8	3-10	3-10	3-7	4-10	3-10	3-12	3-8	3-9	3-9	3-8	3-7
DV (mm)	X	5.91 ^{hi}	5.85 ^h	6.99 ⁱ	5.61 ^{fg}	6.67 ⁱ	5.36 ^d	5.46 ^{def}	6.44 ⁱ	4.65 ^a	6.63 ^j	6.05 ^f	6.81 ^j	5.44 ^{de}	4.80 ^{ab}	5.63 ^g	5.03 ^c	4.98 ^{bc}
	S	1.02	1.42	1.08	1.11	1.05	0.93	1.06	1.29	0.86	1.27	1.29	1.49	0.92	0.88	1.13	1.02	0.92
	CV (%)	17.26	24.27	15.45	19.79	15.74	17.35	19.41	20.03	18.49	19.15	21.32	21.88	16.91	18.33	20.07	20.28	18.47

Note: The labels of morphological traits and provenance labels are defined in Chapter 2. Material and methods; Latin letters next to the mean values indicate the results of LSD test

Table 3. Results of the analysis of variance for morphological characteristics of leaves originating from 17 beech provenances (2016)

Between provenances			
Trait	Mean square	F-ratio	P-value
Lamina length (mm)	624.38	66.49	0.00
Lamina width (mm)	226.84	47.13	0.00
Petiole length (mm)	11.70	29.19	0.00
Number of veins - left	34.47	39.67	0.00
Number of veins - right	35.34	41.85	0.00
Distance between the 3rd and 4th vein (mm)	15.83	125.59	0.00

**Graph 1.** Dendrogram of cluster analysis performed based on morphological characteristics of beech leaves (2016)

Variability of morphological characteristics of leaves collected in 2017 from different beech provenances

Based on the results obtained by measurements of leaves collected in 2017 (Table 4), it can be also noted that the lamina length and width are the most variable traits, as well as petiole length. The number of veins is a significantly less variable characteristic, as well as the distance between the 3rd and 4th vein.

The average *lamina length* values were in the range from 60.59 mm in Austrian provenance (AT 56) to 75.09 mm in Croatian provenance (HR 24). The lowest average lamina length values, from 60 to 65 mm, were recorded in Austrian (AT 56), German (DE 49) and Swiss (CH 65) provenances. The

largest number of analyzed provenances has lamina length values ranging from 65 to 70 mm, while the lamina length values from 70 to 75 mm have Bosnian (BIH 60, BIH 33 and BIH 32), one German (DE 48) and both Croatian (HR 24 and HR 25) provenances.

The lowest average *lamina width* value was also recorded in Austrian provenance (AT 56), where the value is 38.75 mm, and the highest in Croatian provenance (HR 24) - 47.12 mm.

According to the lamina width the provenances may be divided into three groups. The first group, with the lowest values - up to 40 mm (Austrian - AT 56 and Swiss provenance - CH 65), the second group which includes the largest number of analyzed provenances, with a width range from 40 to 45 mm, and a third one with a lamina width over 45 mm, which includes two Croatian provenances (HR 24 and HR 25) and one German provenance (DE 48).

The average *petiole length* value ranged from 7.65 mm (Bosnian provenance - BIH 32) to 10.39 mm (German provenance - DE 48). The petiole length value was about 8 mm in the largest number of provenances.

The average number of veins on the left and right leaf sides was about 7 or 8 in all analyzed provenances.

The distance between the 3rd and 4th vein ranged from 6.29 mm, in Austrian provenance (AT 56) to 7.68 mm, in Croatian provenance (HR 24).

Based on the results of an analysis of variance for morphological characteristics of beech leaves collected in 2017 (Table 5), it can be concluded that the differences between the provenances are statistically significant ($p < 0.00$) for all the analyzed traits.

Table 4. Results of descriptive statistics and LSD test for the morphological characteristics of beech leaves originated from 16 European provenances (2017)

Leaf trait	Provenance	HR 24	HR 25	BIH 32	BIH 33	BIH 60	BIH 61	SR 36	SR 38	HU 42	DE 47	DE 48	DE 49	AT 56	RO 63	RO 64	CH 65
LL (mm)	$X_{\min-max}$	39-119	54-109	32-09	44-113	47-108	43-92	45-93	39-95	38-108	47-99	45-105	39-93	39-82	50-95	37-94	37-96
	X	75.09 ^g	74.77 ^g	71.59 ^f	71.03 ^{ef}	70.87 ^{ef}	68.25 ^{cd}	69.31 ^{de}	66.92 ^c	68.00 ^{cd}	68.66 ^{cd}	73.42 ^e	64.24 ^b	60.59 ^a	69.01 ^d	68.24 ^{cd}	65.13 ^b
	S	12.77	10.67	15.20	12.40	10.56	9.09	9.66	10.33	13.10	10.46	10.49	10.19	7.86	9.66	8.62	11.66
LW (mm)	$X_{\min-max}$	24-75	31-69	23-77	25-66	25-71	27-64	26-67	25-65	24-84	28-69	19-73	26-64	22-63	29-70	22-68	23-65
	X	47.12 ^g	45.65 ^f	42.38 ^{de}	40.88 ^{bc}	42.68 ^{de}	41.97 ^{de}	42.22 ^{de}	41.53 ^{cd}	41.49 ^{cd}	42.49 ^{de}	46.04 ^{fg}	42.59 ^{de}	38.75 ^a	42.59 ^{de}	42.96 ^e	39.94 ^{ab}
	S	10.09	6.35	8.51	7.44	7.47	7.25	8.26	7.92	9.44	8.81	8.99	7.78	7.40	7.89	7.67	8.75
PL (mm)	$X_{\min-max}$	3-25	5-18	2-17	5-16	1-22	3-13	4-14	1-15	4-20	4-21	6-16	3-15	2-15	3-14	4-14	3-15
	X	10.25 ^{hi}	10.29 ^{hi}	7.65 ^a	9.29 ^f	8.84 ^e	8.24 ^{bc}	8.66 ^{de}	8.41 ^{bcd}	9.94 ^{gh}	9.67 ^g	10.39 ⁱ	8.18 ^b	8.40 ^{bcd}	8.16 ^b	8.59 ^{de}	8.23 ^{bc}
	S	2.95	2.02	2.93	2.18	2.35	2.13	1.90	2.18	2.58	2.71	1.95	2.33	2.44	2.17	2.03	2.43
VL	$X_{\min-max}$	28.81	19.59	38.34	23.51	26.61	25.85	21.97	25.92	25.97	27.99	18.74	28.52	29.05	26.62	23.67	29.46
	X	5-10	6-10	5-10	5-11	5-10	6-10	4-10	5-10	5-11	6-11	5-10	5-11	4-10	6-10	5-10	5-10
	S	7.99 ^c	8.29 ^e	7.64 ^{ab}	8.16 ^{de}	7.77 ^b	7.98 ^c	7.73 ^{ab}	7.96 ^c	8.05 ^{cd}	8.10 ^{cd}	8.02 ^{cd}	7.60 ^a	7.62 ^{ab}	8.17 ^{de}	8.11 ^{cd}	7.69 ^{ab}
VR	$X_{\min-max}$	1.00	0.87	1.21	1.00	1.01	0.97	0.99	1.13	1.09	0.92	0.96	1.02	0.93	0.84	0.93	0.98
	X	12.51	10.48	15.80	12.31	13.04	12.17	12.85	14.18	13.60	11.36	12.00	13.36	12.16	10.25	11.53	12.72
	S	5-10	6-10	5-10	5-10	6-10	6-10	5-10	5-10	5-11	6-11	5-10	5-11	4-10	6-10	5-10	5-10
DV (mm)	$X_{\min-max}$	7.97 ^{de}	8.30 ^e	7.75 ^{abc}	8.13 ^e	7.85 ^{bcd}	7.96 ^{def}	7.70 ^{ab}	7.96 ^{def}	8.06 ^g	8.10 ^g	7.90 ^{de}	7.67 ^a	7.62 ^a	8.01 ^{efg}	8.03 ^{efg}	7.65 ^a
	X	1.00	0.88	1.20	0.96	1.04	0.92	1.00	1.14	1.06	0.92	0.94	1.04	0.93	0.86	0.92	0.95
	S	12.52	10.64	15.43	11.81	13.29	11.59	12.99	14.32	13.14	11.32	11.94	13.57	12.16	10.75	11.48	12.42
DV (mm)	$X_{\min-max}$	5-12	5-9	5-10	4-8	5-11	4-10	5-11	3-10	4-12	4-11	5-12	4-10	4-10	4-10	3-10	3-10
	X	7.68 ⁱ	6.87 ^{fg}	7.20 ^h	6.40 ^{ab}	6.79 ^{ef}	6.58 ^{cd}	7.02 ^{gh}	6.46 ^{abc}	6.54 ^{bc}	6.62 ^{de}	7.17 ^h	6.92 ^g	6.29 ^a	6.74 ^{def}	6.51 ^{bc}	6.56 ^{bc}
	S	1.11	0.73	0.87	0.97	1.09	1.21	1.05	1.33	1.34	1.24	1.04	1.24	1.13	1.31	1.16	1.23
$X_{\min-max}$	14.51	10.62	12.06	15.18	15.99	18.42	15.01	20.67	20.49	18.65	14.44	17.89	17.96	19.49	17.84	18.84	18.84

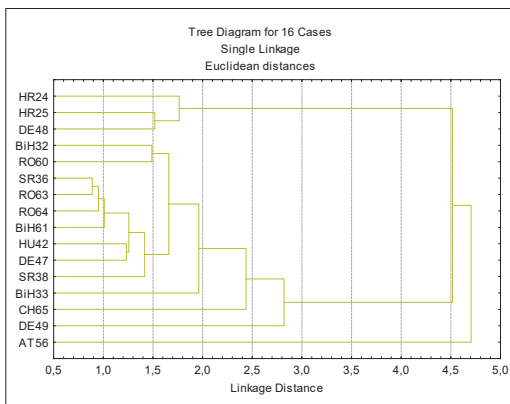
Note: The labels of morphological traits and provenance labels are defined in Chapter 2. Material and methods; Latin letters next to the mean values indicate the results of LSD test

Table 5. Results of analysis of variance for the morphological characteristics of leaves originating from 16 beech provenances (2017)

Between provenances			
Trait	Mean square	F-ratio	P-value
Lamina length (mm)	4383.51	36.60	0.00
Lamina width (mm)	1391.70	20.81	0.00
Petiole length (mm)	238.39	43.09	0.00
Number of veins - left	14.88	15.03	0.00
Number of veins - right	11.40	11.65	0.00
Distance between the 3 rd and 4 th vein (mm)	39.31	30.22	0.00

The results of the LSD test indicate the existence of several homogeneous groups for each of the analyzed morphological leaf traits (Table 4), whereby no clear genetic differentiation of provenances can be determined by their origin.

Dendrogram of cluster analysis performed based on morphological characteristics of leaves collected in 2017 (Graph 2), shows that the analyzed provenances are grouped at a relatively small distance (Linkage Distance to 4.7), slightly higher than 2016 (Linkage Distance to 4.0). The first group consists of provenances from Croatia (HR 24 and HR 25) and Germany (DE 48), linked at the Linkage Distance 1.8. All other provenances are included in the second group, wherein Serbian (SR 36) and Romanian provenance (RO 63) are grouped at the smallest distance.

**Graph 2.** Dendrogram of cluster analysis performed based on morphological characteristics of beech leaves (2017)

Comparative analysis of morphological characteristics of leaves of different beech provenances in two successive years

To assess the differentiation between the analyzed provenances, a comparative analysis of the results of the descriptive statistics, obtained for the morphological characteristics of beech leaves collected in 2016 and 2017 within 13 European provenances (Table 6), was performed.

Based on the average *lamina length* values, from different beech provenances (Table 6), it can be concluded that the mean values of this trait in 2016 were lower than the mean values in 2017 and ranged from 55 to 70 mm, while the leaves in 2017 had mean values ranging from 60 to 75 mm. The low mean values of this trait were found in German (DE 49) and Austrian provenance (AT 56), in both research years, while high mean values were found in Croatian (HR 24 and HR 25) and Bosnian provenance (BIH 32).

The same German and Austrian provenances (DE 49 and AT 56), showed the lowest mean values of the dimensions of leaves collected in 2011, based on the results of the research conducted within the same provenance trial, presented by Šijačić-Nikolić et al. (2013). In the research conducted by Šijačić-Nikolić et al. (2013) provenances from Croatia (HR 24 and HR 25) and Bosnian provenance (BIH 32) also differ from the other provenances according to the high mean values of most analyzed traits, which is also the case in this research, conducted after 5 and 6 years respectively.

In comparison with the literature data from Jovanović (1991), according to which the European beech leaf length ranges from 40-100 mm, and in Eastern beech ranges from 70 to 140 mm, it can be concluded that all analyzed provenances have a leaf length characteristic for European beech.

The mean values of *lamina width* from different beech provenances (Table 6) show that the largest number of provenances in 2016 and 2017 had an average leaf width ranging from 30 to 40 mm, and 35 to 50 mm, respectively. The high mean lamina width values in both observed years were recorded in Croatian provenances (HR 24 and HR 25). The German provenance (DE 48) in 2017 differed from the others by large leaf dimensions (length and width), as opposed to 2016, when significantly lower leaf dimensions were found in the same provenance.

The *petiole length* values (Table 6) were significantly higher in the leaves collected in 2017 compared to 2016. The mean values of this trait were in the range of 5.65 mm (DE 47) up to 7.65 mm (HR 24) in 2016, while in 2017 the values were significantly higher, ranging from 7.65 mm (BIH 32) to 10.39 mm (DE 48).

The average *number of veins* (Table 6) ranged from 7 to 8 in 2016, with an average of 7 veins per leaf in most provenances. In 2017, the average number of veins was 7 in most provenances, while some provenances had an average of 8 veins per leaf. According to Jovanović (1991), the average number of leaf veins in European beech ranges from 5 to 9, most often 8; in Eastern beech from 7 to 14, usually 10-12 veins, and in Moesian beech from 5 to 12. It can be noted that all analyzed provenances have an average number of veins corresponding to literary data for European beech, on average 7.

In 11 out of 13 provenances, the higher values of distance between veins were found in the leaves collected in 2017 (Table 6).

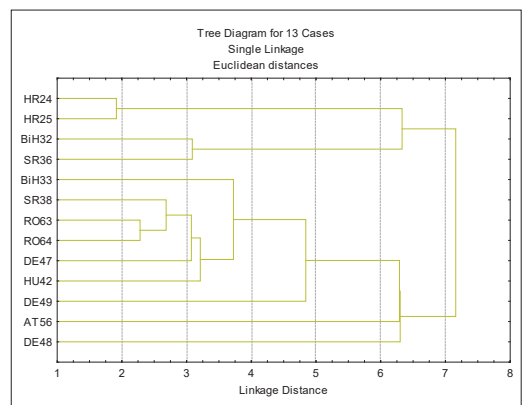
The results in Table 6 clearly show that the mean values of leaf dimensions (*lamina length and width*), *petiole length*, the average number of veins per leaf and the distance between the third and fourth veins were higher in 2017, compared to the results from 2016. This could be explained by the different climatic conditions that prevailed in

the provenance trial, in research years, with more sunny days in 2017 and less precipitation than in 2016, which was a particularly moist year (2016; 2017).

Based on the analyzed climatic characteristics of the site in which the provenance trial was established, it can be concluded that the average mean annual temperature in both observed years ranged from 10.1-12.0 °C, according to the spatial distribution of mean annual temperatures (°C) determined by the percentile method. The annual precipitation in 2016 ranged from 900.1 to 1000.0 mm, while in 2017 ranged from 700.1 to 800.0 mm, whereby the site in which the provenance trial was established is characterized as very rainy in the year 2016, and normal in 2017 (2016; 2017). The number of sunshine hours in the area of provenance trial ranged from 1901.0 to 2000.0 in the year 2016, and from 2201.0 to 2300.0 in 2017 (2016, 2017).

Stojnić (2013) states that the obtained results confirmed the latest opinion that in the case of beech, in the conditions of optimal water supply, the leaf surface is primarily increased under the influence of elevated air temperature, as confirmed by the results of these studies.

To assess the genetic differentiation among the analyzed provenances, a cluster of analyzes based on the morphological characteristics of beech leaves, collected in 2016 and 2017 (Graph 3), was performed.



Graph 3. Dendrogram of the cluster analysis performed based on morphological characteristics of beech leaves from 13 provenances (2016 and 2017)

Table 6. Comparison of the results of descriptive statistics and LSD test for the morphological characteristics of beech leaves from 13 provenances (2016 and 2017)

Leaf trait	Y	Provenance	HR 24	HR 25	BIH 32	BIH 33	SR 36	SR 38	HU 42	DE 47	DE 48	DE 49	AT 56	RO 63	RO 64	
2016	$X_{\min-max}$	X	30-99	32-94	37-100	40-87	30-100	35-97	30-92	22-87	28-87	32-82	39-78	32-82	38-75	
		S	66,09 ^g	65,37 ^g	68,62 ^h	62,43 ^f	69,02 ^h	59,94 ^{de}	60,88 ^{ef}	56,17 ^{ab}	60,33 ^{de}	55,04 ^a	57,89 ^c	58,82 ^{cd}	57,31 ^{bc}	
	CV (%)	X	10,55	12,54	12,23	8,98	8,75	10,02	10,24	9,91	9,47	8,10	7,53	8,81	7,02	
		S	15,96	19,18	17,82	14,38	12,68	16,72	16,82	17,64	13,70	14,72	13,01	14,98	12,25	
	2017	$X_{\min-max}$	X	39-119	54-109	32-09	44-113	45-93	39-95	38-108	47-99	45-105	39-93	39-82	50-95	37-94
			S	75,09 ^g	74,77 ^g	71,59 ^f	71,03 ^{ef}	69,31 ^{de}	66,92 ^c	68,00 ^{cd}	68,66 ^{cd}	73,42 ^g	64,24 ^b	60,59 ^a	69,01 ^d	68,24 ^d
CV (%)		X	12,77	10,67	15,20	12,40	9,66	10,33	13,10	10,46	10,49	10,19	7,86	9,66	8,62	
		S	17,01	14,27	21,23	17,47	13,94	15,43	19,26	15,24	14,28	15,86	12,98	13,99	12,63	
2016		$X_{\min-max}$	X	20-64	20-59	20-58	20-61	15-65	17-55	16-64	17-51	14-50	20-60	23-53	18-63	20-52
			S	39,96 ^f	39,65 ^f	39,49 ^f	37,26 ^e	41,14 ^g	34,71 ^{cd}	36,97 ^e	32,41 ^a	34,21 ^{bcd}	33,58 ^b	35,05 ^d	34,92 ^d	33,78 ^{bc}
	CV (%)	X	8,37	7,82	7,18	6,81	7,47	6,88	8,50	5,99	5,72	6,44	6,25	6,94	5,82	
		S	20,95	19,72	18,18	18,28	18,16	19,82	23,00	18,48	16,72	19,18	17,83	19,87	17,23	
	2017	$X_{\min-max}$	X	24-75	31-69	23-77	25-66	26-67	25-65	24-84	28-69	19-73	26-64	22-63	29-70	22-68
			S	47,12 ^g	45,65 ^f	42,38 ^{de}	40,88 ^{bc}	42,22 ^{de}	41,53 ^{cd}	41,49 ^{cd}	42,49 ^{de}	46,04 ^{fg}	42,59 ^{de}	38,75 ^a	42,59 ^{de}	42,96 ^e
CV (%)		X	10,09	6,35	8,51	7,44	8,26	7,92	9,44	8,81	8,99	7,78	7,40	7,89	7,67	
		S	21,41	13,91	20,09	18,20	19,56	19,08	22,75	20,72	19,54	18,28	19,10	18,53	17,85	
2016		$X_{\min-max}$	X	2-15	1-16	2-13	3-19	1-12	2-13	2-13	2-13	2-13	3-11	3-11	3-11	2-11
			S	7,65 ^h	7,50 ^h	6,92 ^{de}	7,44 ^h	7,41 ^h	7,09 ^{ef}	6,46 ^c	5,65 ^a	7,33 ^{gh}	6,82 ^{de}	6,67 ^{cd}	7,11 ^{efg}	6,36 ^{bc}
	CV (%)	X	2,50	2,21	2,06	2,36	1,63	1,91	1,78	1,95	2,08	1,75	1,74	1,57	1,67	
		S	32,68	29,47	29,77	31,72	22,00	26,94	27,55	34,51	28,38	25,66	26,09	22,08	26,26	
	2017	$X_{\min-max}$	X	3-25	5-18	2-17	5-16	4-14	1-15	4-20	4-21	6-16	3-15	2-15	3-14	4-14
			S	10,25 ^{hi}	10,29 ^{hi}	7,65 ^a	9,29 ^f	8,66 ^{de}	8,41 ^{bcd}	9,94 ^{gh}	9,67 ^g	10,39 ⁱ	8,18 ^b	8,40 ^{bcd}	8,16 ^b	8,59 ^{de}
CV (%)		X	2,95	2,02	2,93	2,18	1,90	2,18	2,58	2,71	1,95	2,33	2,44	2,17	2,03	
		S	28,81	19,59	38,34	23,51	21,97	25,92	25,97	27,99	18,74	28,52	29,05	26,62	23,67	

	$X_{\min-max}$	5-9	4-10	5-10	5-10	4-10	5-10	4-10	4-10	5-10	4-10	5-10	4-9	5-10	5-10
2016	X	7,45 ^{de}	7,34 ^{cd}	7,9 ^{gh}	7,51 ^{ef}	8,14 ⁱ	7,52 ^{ef}	7,34 ^{cd}	7,19 ^{ab}	7,33 ^{bcd}	7,27 ^{bc}	7,05 ^a	7,78 ^e	7,97 ^h	
	S	0,81	1,00	0,95	0,95	0,89	0,87	0,98	1,04	0,87	0,92	0,97	0,93	0,97	
	CV (%)	10,87	13,62	12,03	12,65	10,93	11,57	13,35	14,46	14,46	11,87	12,65	13,76	11,95	12,17
2017	$X_{\min-max}$	5-10	6-10	5-10	5-11	4-10	5-10	5-11	6-11	5-10	5-11	4-10	4-10	6-10	5-10
	X	7,99 ^c	8,29 ^e	7,64 ^{ab}	8,16 ^{de}	7,73 ^{ab}	7,96 ^c	8,05 ^{cd}	8,10 ^{cd}	8,10 ^{cd}	8,02 ^{cd}	7,60 ^b	7,62 ^{ab}	8,17 ^{de}	8,11 ^{cd}
	S	1,00	0,87	1,21	1,00	0,99	1,13	1,09	0,92	0,92	0,96	1,02	0,93	0,84	0,93
2016	CV (%)	12,51	10,48	15,80	12,31	12,85	14,18	13,60	11,36	12,00	13,36	12,16	10,25	11,53	
	$X_{\min-max}$	5-9	5-10	5-10	5-10	5-10	5-10	3-10	4-11	4-9	4-10	4-9	4-10	5-10	
	X	7,31 ^b	7,41 ^{bc}	7,81 ^e	7,47 ^{cd}	7,91 ^e	7,59 ^d	7,47 ^{cd}	7,33 ^{bc}	7,05 ^a	7,00 ^a	6,94 ^a	7,47 ^{cd}	7,81 ^e	
2017	S	0,81	0,93	0,93	0,90	0,76	0,86	1,01	1,11	0,88	0,94	0,86	0,91	0,95	
	CV (%)	11,08	12,55	11,91	12,05	9,61	11,33	13,52	15,14	12,48	13,43	12,39	12,18	12,16	
	$X_{\min-max}$	5-10	6-10	5-10	5-10	5-10	5-10	5-11	6-11	5-10	5-11	4-10	6-10	5-10	
2016	X	7,97 ^{defg}	8,30 ^g	7,75 ^{abc}	8,13 ^g	7,70 ^{ab}	7,96 ^{def}	8,06 ^{fg}	8,10 ^{fg}	7,90 ^{cde}	7,67 ^a	7,62 ^a	8,01 ^{efg}	8,03 ^{efg}	
	S	1,00	0,88	1,20	0,96	1,00	1,14	1,06	0,92	0,94	1,04	0,93	0,86	0,92	
	CV (%)	12,52	10,64	15,43	11,81	12,99	14,32	13,14	11,32	11,94	13,57	12,16	10,75	11,48	
2016	$X_{\min-max}$	4-9	3-10	4-9	4-10	3-8	3-10	3-10	3-12	3-8	3-9	3-9	3-8	3-7	
	X	5,91 ^{hi}	5,85 ^h	5,61 ^{fg}	6,67 ⁱ	5,36 ^d	5,46 ^{def}	6,05 ⁱ	6,81 ^j	5,44 ^{de}	4,80 ^{ab}	5,63 ^g	5,03 ^c	4,98 ^{bc}	
	S	1,02	1,42	1,11	1,05	0,93	1,06	1,29	1,49	0,92	0,88	1,13	1,02	0,92	
2017	CV (%)	17,26	24,27	19,79	15,74	17,35	19,41	21,32	21,88	16,91	18,33	20,07	20,28	18,47	
	$X_{\min-max}$	5-12	5-9	5-10	4-8	5-11	3-10	4-12	4-11	5-12	4-10	4-10	4-10	3-10	
	X	7,68 ^l	6,87 ^{fg}	7,20 ^h	6,40 ^{ab}	7,02 ^{gh}	6,46 ^{abc}	6,54 ^{bc}	6,62 ^{de}	7,17 ^h	6,92 ^{fg}	6,29 ^a	6,74 ^{def}	6,51 ^{bc}	
2017	S	1,11	0,73	0,87	0,97	1,05	1,33	1,34	1,24	1,04	1,24	1,13	1,31	1,16	
	CV (%)	14,51	10,62	12,06	15,18	15,01	20,67	20,49	18,65	14,44	17,89	17,96	19,49	17,84	

Note: The labels of morphological traits and provenance labels are defined in Chapter 2. Material and methods; Latin letters next to the mean values indicate the results of LSD test

Dendrogram of the cluster analysis performed based on morphological characteristics of beech leaves collected from 13 provenances in 2016 and 2017 (Graph 3), shows that the analyzed provenances are grouped at a higher distance, in comparison to graphs 1 and 2 (Linkage Distance > 7.0). The first group consists of provenances from Croatia (HR 24 and HR 25), Bosnia and Herzegovina (BiH 32) and Serbia (SR 36). All other provenances are included in the second group.

In the research conducted by Šijačić-Nikolić et al. (2013), the same provenances from Croatia (HR 24 and HR 25) formed one homogeneous group with provenances from Bosnia and Herzegovina (BiH 32) and Serbia (SR 36), as is the case in this research, performed after several years in the same provenance trial.

Based on the results of the cluster analysis, it can be noted that, except in the case of two Croatian and two Romanian provenances, there was no grouping of provenances from geographically close areas. This is in line with the results obtained by Ballian and Zukić (2011) and Šijačić-Nikolić et al. (2012), who studied the morphological characteristics in provenance beech trials established in 2007. Ivetić (2009) states that based on clustering of natural beech populations, using the UPGMA analysis, the population grouping cannot be noticed in clear geographical coverage. Ivetić (2009), states that no grouping of populations can be perceived in clear geographical pattern, based on the clustering of natural beech populations, using UPGMA analysis.

In previous studies of the adaptive properties of beech, the authors have determined: the clinical pattern of the genetic variability of beech in the northwest-southeast direction (von Wuehlisch et al., 1995; Nielsen, Jorgensen, 2003; Gömöry et al., 2007), the ecotypic character of the genetic variability of beech (Comps et al., 1991; Paule, 1995; Gömöry et al., 1998; Chmura, Rozkowski, 2002; Jazbec et al., 2007), as well as the presence of spatial autocorrelation (Ivetić, 2009).

In the paper presented by Šijačić-Nikolić et al. (2012), it was stated that the obtained results support the ecotypic characterization of the genetic variability of provenances from the territory of Southeast Europe. Similar conclusions were

reached by Ivanković et al. (2008/a, 2008/b, 2011), based on the research of height growth and the phenology of leafing of the same beech provenances in the juvenile developmental stage, in a provenance trial established in Croatia. The correlation of adaptive properties of beech from different provenances and the ecological characterization of their native stands, via Ellenberg's coefficient, indicate the genetic differentiation of beech as a result of the adaptation of the provenance itself to the local environmental conditions.

After investigating the phenological variability of 22 European beech provenances in an international provenance trial in Kakanj (Bosnia and Herzegovina), conducted by Ballian et al. (2015), it is concluded that European beech is genetically differentiated according to ecological and vegetational areas, and shows relevant morphological and physiological characteristics from different provenance areas. In support of the preceding, the results of this paper are presented, based on the research of morphological characteristics of leaves of different beech provenances, collected in two successive years.

Based on the results of this research, it can be concluded that there is an ecotypic pattern of genetic variability of beech, which Ivanković et al. (2011) defined as „a pattern of genetic variability that is not related to geographical parameters, but to macroclimate specificities”.

As the beech grows in a wide area, characterized by different climatic and habitat conditions, it can be noted great plasticity of the species. In such conditions, it can be considered that genetic variability was shaped by the influence of different selection pressures, which led to the differentiation of various beech ecotypes (Stojnić, 2013).

CONCLUSIONS

Based on the presented results, it can be assumed that the variability among beech provenances, for most analyzed morphological characteristics of leaves, is the result of the genetic constitution of the provenances themselves.

According to the comparative analysis of 13 beech provenances from the European provenance trial, it was found that the observed differ-

ences in the morphological characteristics of leaves, which occur between two successive years, can probably be explained by the different climate conditions that prevailed in the provenance trial in the studied years.

Note: This research is funded by the project „Establishment of forest plantations to increase the afforested areas in Serbia” (TR 31041), the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia and the project „Defining taxonomic status of beech in Serbia - Phase 2”, Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management of the Republic of Serbia - Forest Directorate. The authors thank colleague Dr. Srdjan Stojnić for assistance in collecting samples in 2016. Part of the results from this paper was presented at the International Scientific Conference *The 15th International Phytotechnology Conference*, held in Novi Sad in 2018 (Nonić et al., 2018).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Ballian D., Zukić N. (2011): Analysis of the growth of common beech provenances (*Fagus sylvatica* L.) in the international experiment near Kakanj. Works of the Faculty of Forestry, University of Sarajevo 2 (75-91)
- Ballian D., Jukić B., Balić B., Kajba D., von Wuehlisch, G. (2015): Fenološka varijabilnost obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u međunarodnom pokusu provenijencija. Šumarski list 2015, 11-12 (521-533)
- Chmura D. J., Rozkowski R. (2002): *Variability of beech provenances in spring and autumn phenology*, *Silvae Genetica* 51(2-3), Germany (123-27)
- Comps B., Thiebaut B., Šugar I., Trinajstić I., Plazibat M. (1991): Genetic variation of the Croatian beech stands (*Fagus sylvatica* L.): spatial differentiation in connection with the environment, *Ann. Sci. For.* 48 (15-28)
- Čortan, D., Nonić, M., Šijačić-Nikolić M. (2019): Phenotypic plasticity of European beech from international provenance trial in Serbia, „Forests of Southeast Europe under a Changing Climate Conservation of Genetic Resources”, eds. Šijačić-Nikolić, M., Milovanović, J., Nonić, M., Springer International Publishing (333-351)
- Eriksson G., Ekberg I. (2001): An introduction to forest genetics. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences (166)
- (2016): Godišnji bilten za Srbiju 2016. godina, Republički hidrometeorološki zavod Srbije, <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/2016.pdf> (počeňeno 25.01.2019.)
- (2017): Godišnji bilten za Srbiju 2017. godina, Republički hidrometeorološki zavod Srbije, <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/2017.pdf> (počeňeno 25.01.2019.)
- Gömöry D., Hynek V., Paule L. (1998): Delineation of seed zones for European beech (*Fagus sylvatica* L.) in the Czech Republic based on isozyme gene markers, *Ann. Sci. For.* 55 (425-436)
- Gömöry D., Paule L., Vysny J. (2007): Patterns of allozyme variation in western Eurasian *Fagus*, *Botanical Journal of Linnean Society* 154 (165-174)
- Ivanković M., Bogdan S., Božić G. (2008/a): Varijabilnost visinskog rasta obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u testovima provenijencija u Hrvatskoj i Sloveniji, *Šumarski list* 132 (11-12), Zagreb (529-541)
- Ivanković M., Bogdan S., Littvay T. (2008/b): Genetic variation of flushing and winter leaf retention in European Beech provenance test in Croatia, In: Proceedings – The 8th IUFRO International Beech Symposium organized by IUFRO working party 1.01.07 “Ecology and Silviculture of Beech”. Nanae, Hokkaido, Japan; Hokkaido Rehabil. Kitahiroshima, Hokkaido, Japan (28-30)
- Ivanković M., Popović M., Katičić I., Wuehlisch von G., Bogdan S. (2011): Kvantitativna genetska varijabilnost provenijencija obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) iz jugoistočne Evpore, *Šumarski list – Posebni broj* (25-37)
- Ivetić V. (2009): Izdvajanje regiona provenijencija bukve u Srbiji primenom prostorne analize genetičkog diverziteta, Doktorska disertacija u rukopisu, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd
- Jazbec A., Segotic K., Ivankovic M., Marjanovic H., Peric S. (2007): Ranking of European beech provenances in Croatia using statistical analysis and analytical hierarchy process, *Forestry* 80 (151-162)
- Kang M.S. (2002): Genotype–Environment Interaction: Progress and Prospects, „Quantitative

- Genetics, Genomics and Plant Breeding”, ed. Kang, M.S., Louisiana State University, USA (221-243)
- Kerkez, I., Nonić, M., Batalo, T., Šijačić-Nikolić, M. (2018): Među-provenijenična varijabilnost bukve na osnovu dvogodišnjeg merenja površine lista, Book of abstracts of The VI Symposium of the Section for Breeding Organisms of Serbian Genetics Society, Vrnjačka Banja, 07-11 May 2018 (132-133)
- Nielsen Ch. N., Jorgensen F.V. (2003): Phenology and diameter increment in seedlings of European beech (*Fagus sylvatica* L.) as affected by different soil water contents: variation between and within provenances, Forest Ecology and Management 174 (233-249)
- Nonić, M., Batalo, T., Šijačić-Nikolić, M., Kerkez, I. (2017): Variability of morphological characteristics of beech leaves at the level of provenance trial established in Serbia, Book of abstracts of International Scientific Conference „Forest Science for Sustainable Development of Forests - 25 Years of Forestry of the Republic of Srpska” December 7-9, 2017, Banja Luka, the Republic of Srpska - Bosnia and Herzegovina (98)
- Nonić, M., Kerkez, I., Batalo, T., Šijačić-Nikolić, M. (2018): Comparative analysis of morphological leaf characteristics from different beech provenances in two successive years, Book of abstracts of The 15th International Phytotechnology Conference, 1-5 October, Novi Sad, Serbia (220)
- Paule L. (1995): Gene conservation in European beech (*Fagus sylvatica* L.), Forest Genetics Vol. 2, No. 3 (161-170)
- Stojnić S. (2013): Varijabilnost anatomskih, fizioloških i morfoloških karakteristika različitih provenijencija bukve u Srbiji, Doktorska disertacija u rukopisu, Šumarski fakultet, Univerziteta u Beogradu, Beograd
- Stojnić S., Pilipović A., Šijačić-Nikolić M., Vilotić D., Orlović S. (2010a): Growth variability of Beech in international provenance trials in Serbia, Book of abstracts of the International scientific conference: Forest ecosystems and climate changes, Belgrade, 9-10th March 2010 (40)
- Stojnić S., Orlović S., Pilipović A., Galović V., von Wühlisch G. (2010b): Variability of morphological and physiological parameters of different European Beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances in international provenance trial in Serbia, Book of abstracts, COST E52 “Evaluation of Beech Genetic Resources for Sustainable Forestry” Final Meeting, Burgos, Spain, 4-6th May 2010, 22.
- Stojnić S., Orlović S., Pilipović A., Šijačić-Nikolić M., Vilotić D., Katanić M. (2010c): Variability of anatomical-morphological traits of different Beech provenances significant for adaptability to climate changes, Book of abstracts of International Scientific Conference: „Forestry: Bridge to the Future”, Sofia, 13-15th May, 2010 (186)
- Stojnić S., Orlović S., Pilipović A., Kebert M., Šijačić-Nikolić M., Vilotić D. (2010d): Variability of physiological parameters of different European beech provenances in international provenance trials in Serbia. Acta Silvatica & Lignaria Hungarica 6 (135-142)
- Stojnić S., Orlović S., Pilipović A., Vilotić D., Šijačić-Nikolić M., Miljković D. (2012): Variation in leaf physiology among three provenances of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in provenance trial in Serbia. Genetika, Vol. 44 No. 2 (341-353)
- Stojnić, S., Orlović, S., Miljković, D., Galić, Z., Kebert, M., & von Wuehlisch, G. (2015): Provenance plasticity of European beech leaf traits under differing environmental conditions at two Serbian common garden sites. European Journal of Forest Research, Vol. 134 No. 6 (1109-1125)
- Stojnić, S., Orlović, S., & Miljković, D. (2016): Intra-and interprovenance variations in leaf morphometric traits in European beech (*Fagus sylvatica* L.), Archives of Biological Sciences 68, 4 (781-788)
- Šijačić-Nikolić M., Milovanović J., Pilipović A., Orlović S. (2009): Varijabilnost preživljavanja biljaka različitih provenijencija bukve u okviru evropskih provenijeničnih testova u Srbiji. Zbornik apstakata sa IV kongresa genetičara Srbije, 1-5. jun 2009. (258)
- Šijačić-Nikolić M., Milovanović J. (2010): Konzervacija i usmereno korišćenje šumskih genetičkih resursa. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, Beograd (200)
- Šijačić-Nikolić M., Orlović S., Pilipović A. (2010): Current state of Balkan Beech (*Fagus sylvatica* ssp. *sylvatica*) gene pool in the Republic of Serbia, Communicationes Instituti Forestalis Bo-

- hemicae, Vol. 25, Forestry and Game Management Research Institute, Strnady (210-219)
- Šijačić-Nikolić M., Milovanović J., Nonić M., Knežević R., Babić V. (2012): Ecotypical characterization of genetic variation of beech provenances from South-Eastern Europe based on the morphometric characteristics of leaves. *Bulletin of the Faculty of Forestry* 106 (197-214)
- Šijačić-Nikolić M., Milovanović J., Nonić M., Knežević R., Stanković D. (2013): Leaf morphometric characteristics variability of different beech provenances in juvenile development stage, *Genetika* Vol. 45, No. 2 (369-380)
- Šijačić-Nikolić M., Milovanović J., Nonić M. (2014): Forest genetic resources in Serbia - state and recommendations for improvement in this area, *Bulletin of the Faculty of Forestry, Special issue* (51-70)
- von Wuehlisch G. (2004): Series of International Provenance Trials of European Beech. Proceedings from the 7th International Beech Symposium IUFRO Research Group 1.10.00 "Improvement and Silviculture of Beech". 10-20 May 2004, Tehran, Iran (135-144)
- von Wuehlisch G., Krusch D., Muhs H.J. (1995): Variation in temperature sum requirement for flushing of beech provenances, *Silvae Genetica* 44 (5-6), Frankfurt (343-346)
- von Wuehlisch G., Ballian D., Bogdan S., Forstreuter M., Giannini R., Götz B., Ivankovic M., Orlovic S., Pilipovic A., Sijacic Nikolic M. (2010): Early results from provenance trials with European beech established 2007, Book of abstracts, COST E52 „Evaluation of Beech Genetic Resources for Sustainable Forestry” Final Meeting, 4-6th May 2010, Burgos, Spain (21)

