

Šijačić-Nikolić M., Milovanović J., Nonić M., Knežević R., Babić V. 2012. *Ecotypal 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.

Мирјана Шијачић-Николић  
Јелена Миловановић  
Марина Нонић  
Радмила Кнежевић  
Виолета Бабић

UDK: 630\*164.5+630\*165.5:582.632.2  
Оригинални научни рад  
DOI: 10.2298/GSF1206197S

## ЕКОТИПСКА КАРАКТЕРИЗАЦИЈА ГЕНЕТИЧКЕ ВАРИЈАБИЛНОСТИ ПРОВЕНИЈЕНЦИЈА БУКВЕ ИЗ ЈУГОИСТОЧНЕ ЕВРОПЕ НА ОСНОВУ МОРФОМЕТРИЈСКИХ СВОЈСТАВА ЛИСТОВА

**Извод:** Истраживања су спроведена у провенијеничном тесту букве основаном на територији Наставне базе „Мајданпечка домена” Шумарског факултета Универзитета у Београду. У раду су приказани резултати анализе морфометријских карактеристика листова, на нивоу 10 провенијенција из југоисточне Европе, у јувенилној етапи развића. Хербаризован материјал је употребљен за анализу следећих морфометријских својстава: дужина листа, ширина листа, дужина петелјке, ширина основе на 1 cm (од базе петелјке), број бочних нерава – лево, број бочних нерава – десно, размак између 3. и 4. нерва - лево. На бази спроведених истраживања, може се констатовати да су добијене разлике између средњих вредности свих мерених фолијарних својстава, анализираних провенијенција, статистички значајне и да постоји значајна повезаност између дужине, односно ширине, листова и *Ellenberg*-овог коефицијента (EQ). Повезаност адаптивних својстава букве различитих провенијенција и еколошких параметара њихових материнских састојина указује на генетску диференцијацију букве, као последицу адаптације саме популације на локалне услове средине. Стога се, еколошки критеријум избора семенског и садног материјала у будућности може сматрати приоритетним, нарочито ако се имају у виду глобалне климатске промене.

**Кључне речи:** буква, јувенилна етапа развића, листови, варијабилност

др Мирјана Шијачић-Николић, редовни професор, Универзитет у Београду – Шумарски факултет, Београд (e-mail: mirjana.sijacic-nikolic@sfb.bg.ac.rs)

др Јелена Миловановић, ванредни професор, Универзитет Сингидунум – Факултет за примењену екологију „Футура“, Београд

дипл инж. Марина Нонић, истраживач сарадник, Универзитет у Београду – Шумарски факултет, Београд

мр Радмила Кнежевић, лаборант, Универзитет у Београду – Шумарски факултет, Београд

мр Виолета Бабић, асистент, Универзитет у Београду – Шумарски факултет, Београд

**ECOTYPICAL CHARACTERIZATION OF GENETIC VARIATION  
OF BEECH PROVENANCES FROM SOUTH-EASTERN EUROPE  
BASED ON THE MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF LEAVES**

**Abstract:** The research was conducted on a provenance test of beech established in the Educational-research centre „Majdanpečka domena” - Faculty of Forestry, University of Belgrade. This paper presents the results of an analysis of the morphometric characteristics of leaves, at the level of 10 provenances in the juvenile developmental stage, originating from South-Eastern Europe. Herbaria material was used to measure the following parameters: leaf length, leaf width, petiole length, leaf base width at 1 cm (from petiole base), the number of veins –on the left, the number of veins – on the right, and distance between the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> vein – on the left. Based on research results, it can be concluded that the obtained differences between the mean values of all measured foliar characteristics of the analyzed provenances are statistically significant, and that there is significant correlation between the length and width of leaves and the Ellenberg’s quotient (EQ). The relationship between the adaptive traits of beech from different provenances and ecological parameters of their seed source stands indicates genetic differentiation of beech, as a consequence of the population adaptation to local environmental conditions. Therefore, in the future, ecological criteria must be a priority in the selection of seed sources and planting materials, with special consideration of the global climate change.

**Keywords:** beech, juvenile developmental stage, leaves, variability

## 1. УВОД

Буква (*Fagus sylvatica* L.) је најраспрострањенија, а према еколошкој, социјалној и економској вредности и најзначајнија врста дрвећа у Европи. Део ареала у југоисточној Европи, од Грчке на југу, Мађарске на северу, Словеније на западу и Румуније на истоку, обухвата површину од 9 000 000 ha. Велико подручје распрострањености, у хоризонталном и вертикалном смислу, указује на значајну еколошку пластичност (прилагодљивост путем модификација), али и на велику разноврсност селекционих притисака, који су могли утицати на обликовање структуре генетске разноврсности ове врсте (Ivanović *et al.*, 2011).

Провенијенични тестови се оснивају у циљу процене степена варијабилности, потенцијала и адаптивне способности неке врсте дрвећа у различитим условима средине. Њихово оснивање има нарочит значај код врста са великим ареалом и израженим генетским полиморфизмом, као што је буква (Šijačić-Nikolić *et al.*, 2010).

Испитивање генетске разноликости и адаптивне способности букве започето је још давне 1886. године, оснивањем првог провенијеничног теста у Немачкој. Нешто касније, основани су тестови у Белгији, Данској, Француској и другим европским земљама.

У периоду од 1995. до 1998. године, основана је серија европских провенијеничних тестова букве, на територији 21 европске земље. Укупно је основано 47

провенијеничних тестова, који обухватају 202 провенијенције. Последња серија европских провенијеничних тестова основана је у пролеће 2007. године. У овој серији основана су и два провенијенична теста на територији Републике Србије: један у Националном парку Фрушка гора и други у Наставној бази „Мајданпечка домена” Шумарског факултета Универзитета у Београду. У марту 2006. године, установљена је COST Action E52 „*Evaluation of Beech Genetic Resources for Sustainable Forestry*”, чији је главни задатак праћење варијабилности и адаптивног потенцијала различитих провенијенција букве у контексту глобалних климатских промена ([http://www.bfafh.de/inst2/cost\\_e52/index.htm](http://www.bfafh.de/inst2/cost_e52/index.htm)).

## 2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Провенијенични тест букве основан на територији Наставне базе „Мајданпечка домена” Шумарског факултета Универзитета у Београду, налази се на локалитету „Припор-фељешана” (N 44° 19' 34.01", E 21° 52' 20.39"), чија је надморска висина 742 m. За оснивање теста коришћене су двогодишње и трогодишње саднице, 22 европске провенијенције, које су сађене у блокове (50 садница по блоку) у два понављања, са размаком садње 2,0 × 1,0 m. Саднице су произведене у Институту за шумарску генетику у Großhansdorf-у, Немачка, одакле су транспортоване у Србију.

За приказивање климатских прилика подручја Дебелог Луга коришћени су подаци метеоролошких мерења на климатолошкој станици у Дебелом Лугу, која се налази на 290 m надморске висине, за период 1994-2004. године, према Основи газдовања шумама за ГЈ „Пек-Грабова река” (2012). Подручје се одликује хумидно континенталном климом, са хладним зимама и прохладним влажним летима. Средња годишња температура ваздуха у Дебелом Лугу износи 9,3° C. Највеће разлике у температури ваздуха јављају се лети, а најмање зими. Највиши измерени максимум температуре у Дебелом Лугу, у периоду од 1994-2004. године, износио је 41,3° C, број дана са максималном температуром већом од 30° C је мали. Апсолутна минимална температура, за исти период, износила је -18,9° C. Средње трајање периода са температуром већом од 5° C је од 220-260 дана, док је средња дужина без мрза 110 дана. Падавине су прилично повољне за развој вегетације и равномерно распоређене, са максимумом у мају и јуну, док је најсувљи месец септембар. Релативна влажност ваздуха у априлу износи 72%, док је највећа у децембру, када износи 88%. Просечна облачност за поменути период износи 6,1%. Најучесталији ветар је кошава, која дува из правца истока и југоистока, док северо-западни ветрови дувају углавном лети, када доносе освежење.

Процена генетске варијабилности различитих провенијенција букве у овом провенијеничном тесту је вршена на различитим нивоима (Šijačić-Nikolić *et al.*, 2009, von Wuehlisch *et al.*, 2010, Stojnić *et al.*, 2010a, 2010b, Šijačić-Nikolić *et al.*, 2011, Vilotić *et al.*, 2011).

У овом раду анализиране су морфометријске карактеристике листова, као адаптивна својства која до сада нису истраживана на нивоу различитих

провенијенција у јувенилној етапи развића. Спроведена истраживања у оквиру овог провенијеничног теста имају одређене предности, као што су: уједначени услови станишта, релативно мале крошње у којима су сви листови изложени подједнакој количини светлости и уједначена позиција свих стабала. Истраживањима је обухваћено десет провенијенција, у старости од 7 и 8 година, које потичу са територије југоисточне Европе (табела 1).

**Табела 1.** Основни подаци о анализираним провенијенцијама

**Table 1.** Basic data on the studied provenances

Ознака провенијенције Provenance label	Назив провенијенције Provenance name	Земља Country	Географска дужина Longitude	Географска ширина Latitude	Надморска висина Altitude (m)	Година сакуп. семена Year of seed collecting
24	Сјеверни Диљ Чаглински	Хрватска	18° 01'	45° 17'	350	2003
25	Врани камен 12а, 15b	Хрватска	17° 19'	45° 37'	600	2003
59	Враница-Бистица	БиХ	17° 49'	43° 33'	750	2004
60	Црни врх	БиХ	17° 59'	44° 33'	500	2004
61	Грмеч	БиХ	16° 14'	44° 45'	720	2004
63	Алесд, У.П.П / 51А	Румунија	22° 15'	47° 11'	490	2004
66	Авала	Србија	20° 45'	44° 23'	475	2004
67	Борања	Србија	19° 45'	44° 00'	410	2004
68	Фрушка гора	Србија	19° 55'	45° 10'	370	2004
69	Цер	Србија	19° 50'	44° 12'	745	2004

Климатски параметри матичних састојина анализираних провенијенција и подручја на коме је основан провенијенични тест приказани су на основу података најближих метеоролошких станица (табела 2).

У циљу дефинисања станишних прилика матичних састојина анализираних провенијенција и подручја на коме је основан провенијенични тест у Србији, израчунат је *Ellenberg*-ов климатски коефицијент (EQ), по формули:

$$EQ = \left( \frac{T_{jul}}{P_{god}} \right) \cdot 1.000, \dots \dots \dots (1)$$

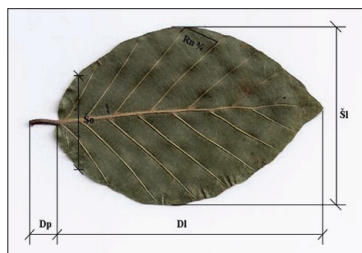
где је:  $T_{jul}$  – средња месечна температура у јулу ( $^{\circ}C$ ),  $P_{god}$  – средња годишња количина падавина ( $mm$ )

**Табела 2.** Климатски параметри матичних састојина анализираних провенијенција и станишта теста, на основу података најближих метеоролошких станица

**Table 2.** Climatic parameters of the researched provenance source stands, taken from the nearest meteorological stations

Ознака провенијенције Provenance label	Средња годишња температура (C°) Average annual temperature (C°)	Средња температура вегетационог периода (C°) Vegetation period mean temperature (C°)	Средња температура месеца јула (C°) Average July temperature (C°)	Средња годишња количина падавина (mm) Average annual precipitation (mm)	Средња количина падавина током вегетационог периода (mm) Vegetation period average precipitation (mm)	EQ (C°/mm)
24	9,2	15,4	18,9	829,0	472,0	23
25	9,1	15,3	18,9	901,0	523,0	21
59	4,6	9,7	13,5	1.159,0	546,0	12
60	10,0	16,2	19,8	906,0	483,0	22
61	8,7	14,6	18,3	1.138,0	533,0	16
63	10,3	17,1	20,7	614,0	364,0	34
66	11,6	17,9	21,2	693,0	388,0	31
67	10,2	17,5	21,0	670,3	378,2	31
68	10,6	17,2	20,7	661,0	373,0	31
69	9,5	15,4	18,8	847,0	476,0	22
<b>Станиште теста Test site</b>	<b>8,8</b>	<b>15,3</b>	<b>18,7</b>	<b>829,0</b>	<b>455,0</b>	<b>23</b>

Анализа морфометријских својстава листова, спроведена је на узорку од по десет, случајно изабраних стабала, из сваке провенијенције. Крајем вегетационог периода, са сваког стабла, сакупљено је по 20 листова (укупно 200 листова по провенијенцији). На хербаризованом материјалу мерена су следећа својства листа: дужина листа (DI), ширина листа (ŠI), дужина петелјке (Dp), ширина основе листа на 1 cm удаљености од базе петелјке (Šo), број бочних нерава – лево (NI) и број бочних нерава – десно (Nd), у односу на централни нерв, размак између 3. и 4. нерва – лево (Rn 3-4), слика 1. Прикупљени подаци, укупно 14000 мерења, обрађени су помоћу статистичког програма STATISTICA 8.0 (StatSoft Inc 2005).



Слика 1. Анализиране морфометријске карактеристике листова

Figure 1. Analyzed morphometric characteristics of leaves

За свако анализирано својство листа урађена је дескриптивна статистика (распон варирања, средња вредност и стандардна девијација). Међупровенијична варијабилност, на основу анализираних својстава, испитивана је анализом варијансе (ANOVA). Додатно тестирање обављено је помоћу LSD-теста и кластер анализе у циљу процене блискости између провенијенција. Метод корелационе и регресионе анализе употребљен је у циљу одређивања јачине зависности између седам анализираних морфометријских својстава листова, односно, у циљу утврђивања облика зависности између анализираних фолијарних својстава и станишних карактеристика матичних састојина одабраних провенијенција, исказаним кроз EQ коефицијент.

### 3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА



Слика 2. Варијабилност морфометријских карактеристика листова, различитих провенијенција букве у јуvenilној етапи развића

Figure 2. Variability of morphometric leaf characteristics in different beech provenances in the juvenile developmental stage

Табела 3. Дескриптивна статистика за морфометријска својства листова  
 Table 3. Descriptive statistical parameters for the measured morphological traits of leaves

Дескриптивни показатељи Descriptive parameters	No.	DI (mm)	ŠI (mm)	Dp (mm)	Šo (mm)	NI	Nd	Rn 3-4 (mm)
$X_{\min} - X_{\max}$	24	45-77	29-54	4-10	20-44	6-9	6-9	6-9
	25	46-79	26-53	3-11	17-40	6-10	7-10	5-8
	59	38-70	20-51	2-12	16-43	5-9	5-8	5-9
	60	48-90	25-51	5-10	15-33	6-10	6-9	5-10
	61	42-77	26-48	3-10	15-38	6-10	6-10	5-9
	63	37-67	20-44	2-8	13-36	6-10	6-10	4-8
	66	44-82	24-45	3-9	15-35	6-10	6-10	5-10
	67	46-73	27-48	3-8	16-38	6-9	6-9	5-9
	68	40-70	22-46	3-6	15-36	5-9	6-9	5-8
	69	44-76	24-45	2-9	14-37	6-10	6-9	5-8
$\bar{X}$	24	62,42	39,35	6,47	28,63	7,62	7,66	7,20
	25	63,13	38,94	6,16	27,92	7,96	7,92	7,15
	59	52,28	32,95	6,30	26,21	7,40	7,44	6,81
	60	66,25	37,22	7,20	23,55	7,94	7,94	7,42
	61	60,10	36,13	6,39	26,37	7,99	7,97	7,09
	63	53,93	31,32	5,25	23,04	7,80	7,81	6,37
	66	59,40	34,35	5,76	23,92	8,08	8,08	7,32
	67	56,85	35,29	5,45	26,11	7,61	7,61	7,03
	68	53,29	31,33	4,75	23,47	7,77	7,74	6,90
	69	57,72	33,70	5,0	25,24	7,97	7,95	6,77
S	24	7,63	5,55	1,45	6,19	0,85	0,82	0,63
	25	7,32	5,25	1,47	4,73	0,85	0,84	0,79
	59	6,61	5,68	1,81	5,48	0,75	0,69	0,96
	60	8,80	5,74	1,19	4,20	0,80	0,76	0,88
	61	7,27	5,34	1,39	4,91	0,82	0,81	0,79
	63	6,60	5,01	1,26	4,78	0,79	0,79	0,92
	66	8,50	4,99	1,37	5,53	0,87	0,84	0,91
	67	4,99	4,88	1,21	5,44	0,71	0,68	0,70
	68	6,57	4,82	0,99	3,90	0,86	0,84	0,90
	69	6,97	5,09	1,46	5,04	0,69	0,67	0,75

Легенда / Legend: DI - дужина листа/leaf length, ŠI - ширина листа/leaf width, Dp - дужина петелјке/petiole length, NI - број бочних нерава-лево/number of veins-left, Nd - број бочних нерава-десно/ number of veins-right, Šo - ширина основе листа на 1 cm од базе петелјке/leaf base width at 1 cm from petiole base, Rn - 3-4 - размак између трећег и четвртог нерва - лево/ 3-4 - distance between the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> vein - left,  $\bar{x}$  - средња вредност/ average value,  $X_{\min}$  - минимална вредност/ minimum value,  $X_{\max}$  - максимална вредност/ maximum value, S - стандардна девијација/standard deviation.

**Табела 4.** Резултати анализе варијансе (ANOVA)  
**Table 4.** Results of the analysis of variance (ANOVA)

<b>Између провенијенција</b> <b>Between provenances</b>			
<b>Својство</b> <b>Trait</b>	<b>Mean</b> <b>Square</b>	<b>F-ratio</b>	<b>P-Value</b>
Дужина листа ( <i>mm</i> ) Leaf length ( <i>mm</i> )	2.114,12	40,78	0,00
Ширина листа ( <i>mm</i> ) Leaf width ( <i>mm</i> )	818,92	29,77	0,00
Дужина петељке ( <i>mm</i> ) Petiole length ( <i>mm</i> )	58,36	30,80	0,00
Ширина основе на 1 <i>cm</i> од базе петељке Leaf base width on 1 <i>cm</i> from petiole base	332,87	12,62	0,00
Број бочних нерава - лево Number of veins – left	4,62	7,18	0,00
Број бочних нерава - десно Number of veins – right	3,90	6,49	0,00
Размак између 3. и 4. нерва - лево Distance between the 3 <sup>rd</sup> and 4 <sup>th</sup> vein - left	7,64	11,42	0,00

Варијабилност морфометријских карактеристика листова, различитих провенијенција букве у јувенилној етапи развића, приказана је на слици 2.

Резултати дескриптивне статистичке анализе приказани су у табели 3. Средње вредности дужине листа налазе се у дијапазону од 52,28 (провенијенција 59) до 66,25 *mm* (провенијенција 60), а ширине листа од 31,32 (провенијенција 63) до 39,24 *mm* (провенијенција 24). Средње вредности дужине петељке крећу се у опсегу од 4,75 (провенијенција 68) до 7,20 *mm* (провенијенција 60). Ширина основе на 1 *cm* има средње вредности у опсегу од 23,04 (провенијенција 61) до 28,63 *mm* (провенијенција 24).

Највећи средњи број бочних нерава, са леве и десне стране у односу на главни нерв, констатован је код провенијенције 66 (8,08), а најмањи код провенијенције 59 (7,40). Средње вредности размака између 3. и 4. нерва – лево крећу се у опсегу од 6,37 (провенијенција 61) до 7,32 *mm* (провенијенција 63).

На основу резултата анализе варијансе (табела 4), може се констатовати да су разлике између средњих вредности за сва морфометријска својства листова између провенијенција статистички значајне.

Статистички значајна корелација између анализираних морфометријских карактеристика листова констатована је за дужину и ширину листова, дужину листова и размак између 3. и 4. нерва - лево, односно, за број бочних нерава са леве и десне стране листа у односу на главни нерв (табела 5).



Табела 5. Корелациона матрица

Table 5. Correlation matrix

	DI	Šl	Dp	Šo	NI	Nd	Rn 3-4
DI	1,00	0,8672**	0,6991*	0,3111*	0,5054	0,5276	0,7784**
Šl		1,00	0,7040*	0,7282*	0,1508	0,1665	0,7161*
Dp			1,00	0,3519	-0,0097	0,0366	0,6367*
Šo				1,00	-0,2939	-0,2966	0,2697
NI					1,00	0,9950**	0,3150
Nd						1,00	0,3318
Rn							1,00

Легенда / Legend: DI - дужина листа/leaf length, Šl - ширина листа/leaf width, Dp - дужина петелјке/petiole length, NI - број бочних нерава-лево/number of veins-left, Nd - број бочних нерава-десно/ number of veins-right, Šo - ширина основе листа на 1 cm од базе петелјке/leaf base width at 1 cm from petiole base, Rn - 3-4 - размак између трећег и четвртог нерва – лево/ 3-4 - distance between the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> vein – left, \* значајност корелације на p<0,05/ significance of correlation at p<0,05, \*\* значајност корелације на p<0,01/significance of correlation at p<0,01

Резултати LSD-теста (табела 6) указују на постојање различитих хомогених група унутар анализираних провенијенција код појединих морфометријских карактеристика листова.

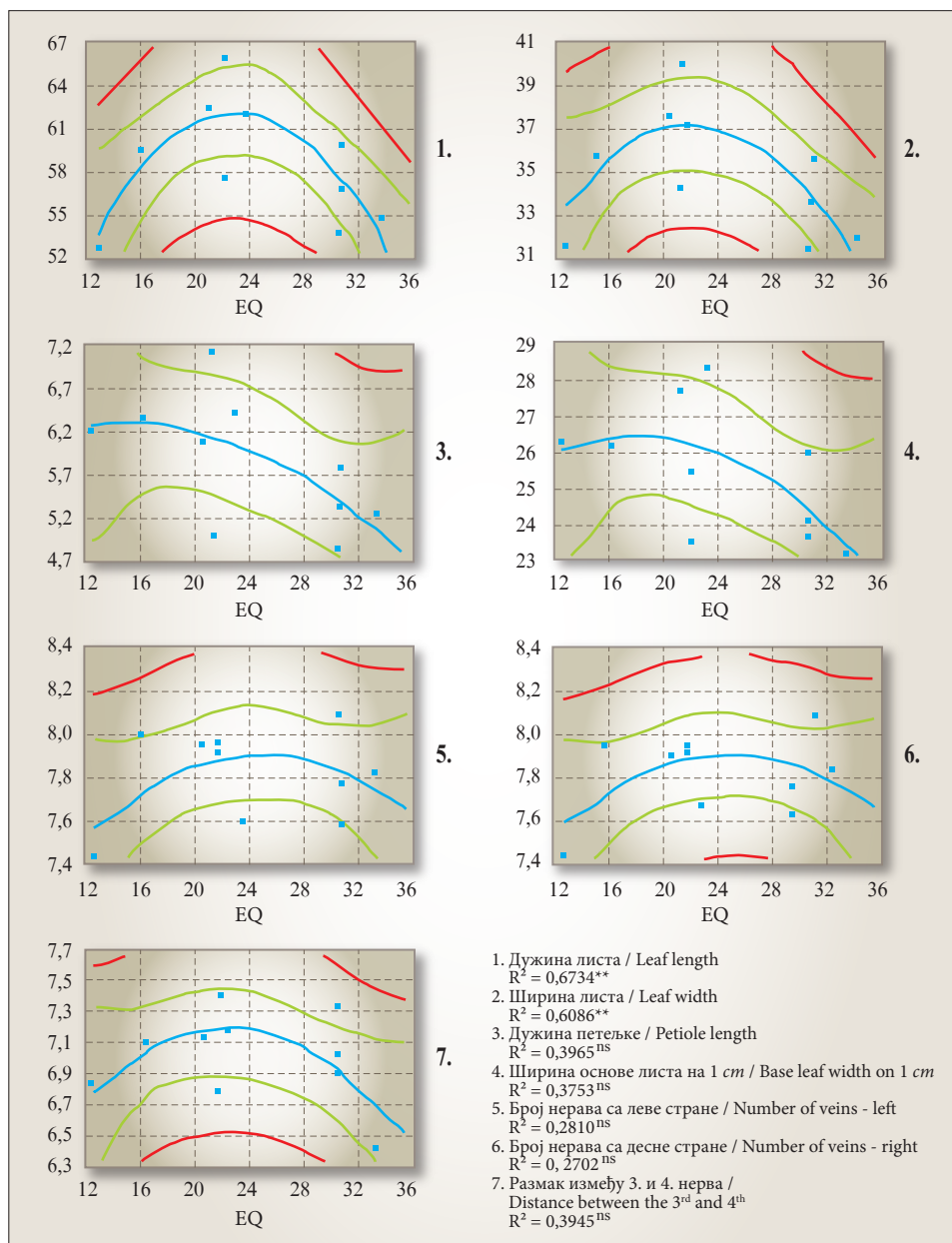
Табела 6. LSD-тест за морфометријска својства листова

Table 6. LSD-test for different morphological traits of leaves

Пр.	Средња вредност Average	Хомогене групе Homogenous groups	Пр.	Средња вредност Average	Хомогене групе Homogenous groups
Дужина листа (mm) Leaf length (mm)			Ширина листа (mm) Leaf width (mm)		
59	52,28	X	63	31,32	X
68	53,29	X	68	31,37	X
63	53,93	X	59	32,95	X
67	56,85	X	69	33,64	XX
69	57,72	XX	66	34,46	XX
66	59,40	XX	67	35,26	XX
61	60,10	X	61	36,13	XX
24	62,42	X	60	37,22	X
25	63,13	X	25	38,94	X
60	66,25	X	24	39,35	X

Табела 6. LSD-тест за морфометријска својства листова  
 Table 6. LSD-test for different morphological traits of leaves

Пр.	Средња вредност Average	Хомогене групе Homogenous groups	Пр.	Средња вредност Average	Хомогене групе Homogenous groups
<b>Дужина петељке (mm) Petiole length (mm)</b>			<b>Ширина основе листа на 1 cm од базе петељке Base leaf width at 1 cm from petiole base</b>		
68	4,75	X	61	23,04	X
69	5,00	XX	67	23,47	X
63	5,25	XX	63	23,92	XX
67	5,45	XX	69	25,24	XX
66	5,76	X	68	25,24	XX
25	6,16	X	66	26,11	X
59	6,30	X	59	26,21	X
61	6,39	X	60	26,37	X
24	6,47	X	25	27,92	X
60	7,20	X	24	28,63	X
<b>Број нерава - лево Number of veins – left</b>			<b>Број нерава - десно Number of veins – right</b>		
59	7,40	X	59	7,44	X
67	7,61	XX	67	7,61	XX
24	7,62	XX	24	7,66	X
68	7,77	XX	68	7,74	XX
63	7,80	XX	63	7,81	XXX
60	7,94	XX	25	7,92	XXX
25	7,96	XX	60	7,94	XXX
69	7,97	XX	69	7,95	XXX
61	7,99	XX	61	7,97	XX
66	8,08	X	66	8,08	X
<b>Размак између 3. и 4. нерва - лево Distance between the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> vein - left</b>					
61	6,37	X			
69	6,77	X			
68	6,77	X			
59	6,81	XX			
67	6,90	XXX			
66	7,03	XXX			
60	7,09	XX			
25	7,15	XX			
24	7,20	XX			
63	7,32	X			



**Граф. 1:** Полиномна регресија анализираних морфометриских својстава листова различитих провенијенција и *Ellenberg*-ових коефицијента (EQ) њихових матичних састојина  
**Diagram 1:** Polynomial regression of the morphological traits of leaves from different provenances and their parent stands' Ellenberg's quotients (EQ)

Највеће средње вредности имају провенијенција из Босне и Херцеговине - Црни Врх (60) за четири анализирана својства, хрватске провенијенције 24 и 25 за четири, односно пет, анализираних својстава и провенијенција 61 - Грмеч (БиХ) за три анализирана својства. Најмање средње вредности констатоване су код српске провенијенције Фрушка гора (68), провенијенције 59, Враница-Бистрица (БиХ), и румунске провенијенције (63) за четири анализирана својства, као и код српске провенијенције Борања (67) за три анализирана својства.

Повезаност аритметичких средина анализираних својстава листа провенијенција са станишним карактеристика матичних састојина, које су изказане преко *Ellenberg*-овог коефицијента (EQ), представљена је полиномном регресијом (графикон 1).

Статистички значајна повезаност констатована је за:

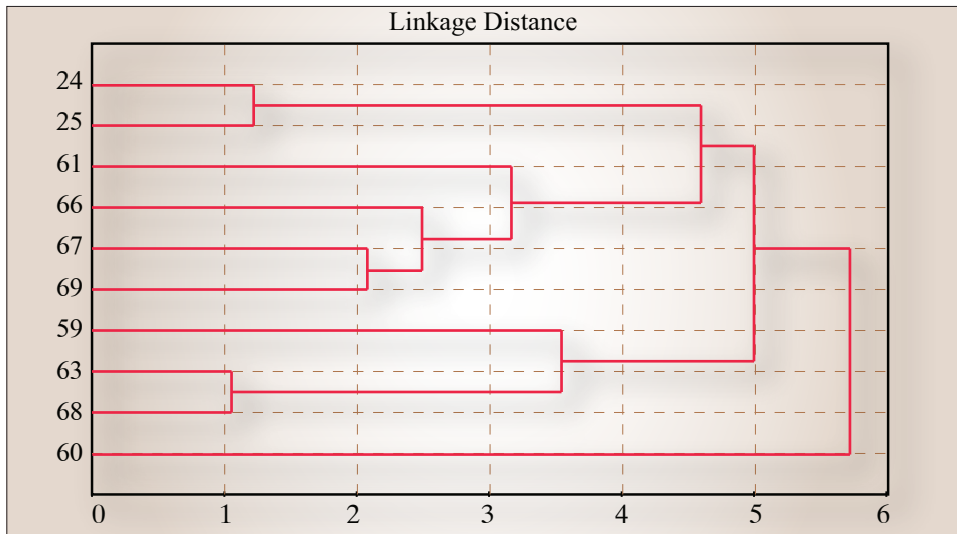
- дужину листова и EQ ( $R^2 = 0,6734$ ), при чему једначина параболичне регресије гласи:

$$Y = 21,3744 + 3,60074 X - 0,0789327 X^2, \dots\dots\dots (2)$$

- ширину листова и EQ ( $R^2 = 0,6086$ ), при чему једначина параболичне регресије гласи:

$$Y = 16,8632 + 1,86792 X - 0,0426467 X^2, \dots\dots\dots (3)$$

Просечне вредности других морфометријских својстава статистички нису значајно повезане са станишним приликама материнских састојина.



**Графикон 2:** Дендрограм кластер анализе урађен на основу 7 морфометријских карактеристика листова, различитих провенијенција букве

**Diagram 2:** Cluster analysis diagram based on the analysis of seven morphometric characteristics of leaves of different beech provenances

На основу дендрограма кластер анализе (графикон 2), може се констатовати да се на најмањој дистанци групишу румунска (63) и српска (68) провенијенција, које заједно са провенијенцијом из Босне и Херцеговине (59) чине једну хомогену групу. На нешто већој дистанци групишу се хрватске провенијенције 24 и 25, које чине посебну хомогену групу.

Трећу хомогену групу чине српске провенијенције 67 и 69, које се групишу са српском провенијенцијом 66 и провенијенцијом 61 (БиХ), чинећи засебну хомогену групу. Независно од три напред наведене хомогене групе, налази се провенијенција из Босне и Херцеговине (60), која се издваја од свих осталих девет провенијенција.

#### 4. ДИСКУСИЈА

На основу приказаних резултата истраживања, може се закључити да су морфометријска својства листова (дужина листа, ширина листа и ширина основе листа) анализираних провенијенција у јувенилној етапи развића највише зависна од станишних карактеристика материнских састојина (графикон 1).

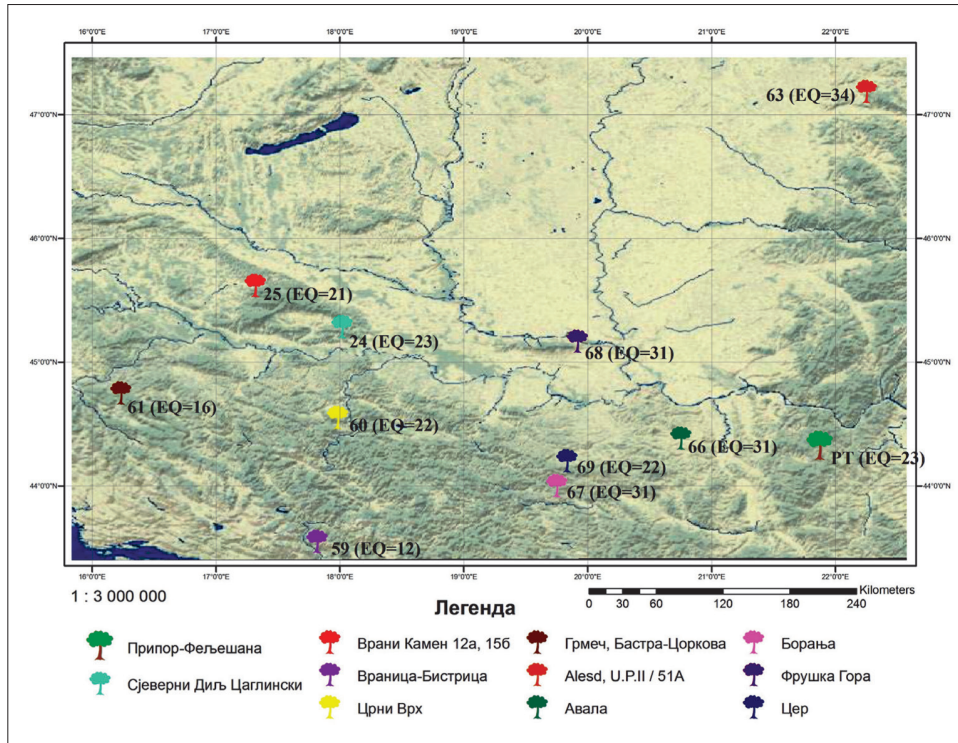
Највеће средње вредности дужине и ширине листова показују провенијенције чије матичне састојине имају приближно идентичан *Ellenberg*-ов коефицијент (EQ), онеме који има подручје на коме је основан провенијенцијски тест (EQ=23). То су хрватске провенијенције 24 (EQ=23), 25 (EQ=21) и провенијенције из Босне и Херцеговине - 60 и 69 (EQ=22). Провенијенције чије матичне састојине имају веће или мање вредности *Ellenberg*-овог коефицијента од станишта теста (EQ=23), имају знатно мање димензије морфометријских својстава листова. Најмање средње вредности дужине и ширине листова констатоване су код босанско-херцеговачке провенијенције 59 (EQ=12), румунске провенијенције 63 (EQ=34) и српске провенијенције 68 (EQ=31), слика 3.

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 аутокорејације (Ivetić, 2009).

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), на основу истраживања висинског раста и фенологије листања истих провенијенција букве у јувенилној етапи развића у Хрватској, као и у овим истраживањима.

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. Стога, еколошки критеријум за избор семенског и садног материјала, у будућности треба да буде примаран, нарочито ако се имају у виду глобалне климатске промене.



**Слика 3.** Локација матичних састојина анализираних провенијенција и локалитета „Припор-фељешана” на коме је основан провенијенцини тест у Југоисточној Европи.  
**Figure 3.** Location of seed source stands of the analyzed provenances and „Pripor felješana” locality, where provenance test was established in South-Eastern Europe

## 5. ЗАКЉУЧЦИ

На бази спроведених истраживања морфометријских карактеристика листова различитих провенијенција букве из југоисточне Европе, може се констатовати:

- да су разлике између средњих вредности испитиваних морфометријских својстава листова, код одабраних провенијенција у јуvenilној етапи развића, статистички значајне;

- статистички значајна корелација између дужине и ширине листова, дужине листова и размака између 3. и 4. нерва - лево, као и између броја бочних нерава са леве и десне стране у односу на главни нерв;
- да највеће средње вредности анализираних морфометријских својстава листова имају провенијенција из Босне и Херцеговине - Црни Врх (60) за четири анализирани својства, хрватске провенијенције 24 и 25 за четири, односно пет, анализираних својстава и провенијенција 61 Грмеч – БиХ, за три анализирани својства;
- да најмање средње вредности имају српска провенијенција Фрушка гора (68), босанско-херцеговачка провенијенција Враница-Бистрица (59) и румунска провенијенција (63) за четири анализирани својства, односно српска провенијенција Борања (67) за три анализирани својства;
- статистички значајна повезаност између дужине листова и *Ellenberg*-овог коефицијента EQ ( $R^2 = 0,6734$ ), односно, ширине листова и EQ ( $R^2 = 0,6086$ );
- груписање провенијенција у хомогене групе, које чине провенијенције са истим или сличним вредностима EQ матичних састојина;
- екотипска карактеризација генетичке варијабилности провенијенција са територије југоисточне Европе.

**Напомена:** Овај рад је реализован у оквиру пројекта „Истраживање климатских промена на животну средину: праћење утицаја, адаптација и ублажавање” (43007) који финансира Министарство за просвету и науку Републике Србије у оквиру програма Интегрисаних и интердисциплинарних истраживања за период 2011-2014. године.

## ЛИТЕРАТУРА

- Chmura D. J., Rozkowski R. (2002): *Variability of beech provenances in spring and autumn phenology*, *Silvae Genetica* 51(2–3), Germany (123–127)
- 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)
- Gömöry D., Hunek 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. (2008/6): *Genetic variation of flushing and winter leaf retention in European Beech provenance test in Croatia*, In: *Proceedings – The 8<sup>th</sup> IUFRO International Beech Symposium organized by IUFRO working party*

- 1.01.07 "Ecology and Silviculture of Beech". Nanae, Hokkaido, Japan; Hokkaido Rehabili, Kitahiroshima, Hokaio, 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., Šegotić K., Ivanković M., Marjanović H., Perić S. (2007): *Ranking of European beech provenances in Croatia using statistical analysis and analytical hierarchy process*, Forestry 80 (2) (151-162)
- 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)
- 2012: *Osnova gazdovanja šumama za GJ „Pek-Grabova reka” (2012-2021)*, Biro za planiranje i projektovanje u šumarstvu, Beograd
- Paule L. (1995): *Gene conservation in European beech (Fagus sylvatica L.)*, Forest Genetics 2 (3), (161-170)
- Stojnić S., Orlović S., Pilipović A., Šijačić-Nikolić M., Vilotić D., Katanić M. (2010): *Variability of anatomical-morphological traits of different beech provenances significant for adaptability to climate change – International Conference: Forestry: Bridge to the future, 85 Years Higher Forestry Education in Bulgaria, Sofia, Bulgaria, Book of Abstracts*, 186
- Stojnić S., Orlović S., Pilipović A., Kebert M., Šijačić-Nikolić M., Vilotić D. (2010b): *Variability of physiological parameters of different European beech provenances in international provenance trials in Serbia*, Acta Silv. Hung. Vol. 6 (135-142)
- Šijačić-Nikolić M., Milovanović J., Pilipović A., Orlović S. (2009): *Plant survive variability of different beech provenances within the serie of european provenance tests in Serbia*, Book of abstracts of the IV Congress of the Serbian genetic society, Tara, (258)
- Šijačić-Nikolić M., Milovanović J. (2010): *Konzervacija i usmereno korišćenje šumskih genetičkih resursa*, Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, Beograd
- 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 Bohemicae, Vol. 25, Forestry and Game Management Research Institute, Strnady (210-219)
- Šijačić-Nikolić M., Vilotić D., Milovanović J., Stanković D. (2011): *Spring phenology of european beech (Fagus sylvatica L.) provenances within interenational provenance trail in Serbia*, The 9<sup>th</sup> International Beech Symposium: Ecology and Silviculture of Beech, Dresden, Germany, IUFRO, Technische Universitat Dresden, Conference guide, (70)
- Vilotić D., Šijačić-Nikolić M., Stojnić S., Orlović S. (2011): *Variability of growth parameters of different european beech (Fagus sylvatica L.) provenances in interenational provenance trail in Serbia*, The 9<sup>th</sup> International Beech Symposium: Ecology



and Silviculture of Beech, Dresden, Germany, IUFRO, Technische Universitat Dresden, Conference guide, (75)

Wuehlisch von 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)

Wuehlisch von G., Ballian D., Bogdan S., Forstreuter M., Giannini M., Götz B., Ivanković M., Orlović S., Pilipović A., Šijačić-Nikolić M. (2010): *Early results from provenance trials with European beech established 2007*, COST E52 "Evaluation of Beech Genetic Resources for Sustainable Forestry" Final Meeting, Genetic Resources of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) for Sustainable Forestry, Burgos, Spain, Book of abstracts, (29)

[http://www.bfafh.de/inst2/cost\\_e52/index.htm](http://www.bfafh.de/inst2/cost_e52/index.htm) (posećeno: mart 2012. godine)

Mirjana Šijačić-Nikolić

Jelena Milovanović

Marina Nonić

Radmila Knežević

Violeta Babić

#### ECOTYPICAL CHARACTERIZATION OF GENETIC VARIATION OF BEECH PROVENANCES FROM SOUTH-EASTERN EUROPE ON THE BASIS OF THE MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF LEAVES

##### Summary

This paper presents the results of an analysis of the morphometric characteristics of leaves, as well as the adaptive traits that have not been investigated, at the level of 10 provenances in the juvenile developmental phase, originating from South-Eastern Europe. The study was conducted in a provenance trial of beech established in the Educational-research centre „Majdanpečka dome-na”- Faculty of Forestry, University of Belgrade (N 44° 19' 34.01", E 21° 52' 20.39"). The tests were established by planting 2-and-3-year-old seedlings of 22 provenances at a spacing of 2m between rows and 1m between plants. Herbaria material was used to measure the following parameters: leaf length, leaf width, petiole length, leaf base width at 1 cm (from petiole base), the number of veins – on the left, the number of veins – on the right, distance between the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> vein – on the left.

Based on the research results of the morphometric characteristics of leaves of different beech provenances originating from South-Eastern Europe, it can be concluded that: (1) the obtained differences between the mean values of all measured characteristics of leaves in the analyzed provenance in the juvenile developmental stage, are statistically significant; (2) there is significant correlation between the length and width of leaves, between the length of leaves and the distance between the 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> vein – on the left, as well as the correlation between the number of veins on both leaf sides; (3) the highest average values of the analyzed morphometric characteristics of leaves are recorded in provenance 60 (Crni Vrh – Bosnia and Herzegovina) for 4 of the analyzed characteristics, the Croatian provenances (24 and 25) for 4 and 5 of the analyzed characteristics, respectively, and the Grmec provenance (61) for 3 of the analyzed characteristics; (4) the lowest average values are recorded in the Serbian Fruska gora provenance (68), provenance 59 Vranica-Bistrica (Bosnia and Herzegovina), the Romanian provenance (63) for 4 of the analyzed characteristics, and the Croatian provenances (24 and 25) for 4 and 5 of the analyzed characteristics, respectively, and also in the Serbian Boranja provenance (67) for 3 of the analyzed

characteristics; (5) there is a significant correlation between the length of leaves and the Ellenberg's quotient EQ ( $R^2 = 0.6734$ ), and between the width of leaves and the EQ ( $R^2 = 0.6086$ ); (6) provenances grouping into homogeneous groups, which form provenances with the same, or similar EQ values; (7) there is an ecotypical characterization of genetic variation of different beech provenances originating from South-Eastern Europe.

Relationship between the adaptive traits of beech from different provenances and the ecological parameters of their seed source stands indicate genetic differentiation of beech, as a consequence of the population adaptation to local environmental conditions. Therefore, in the future, ecological criteria must be a priority in the selection of seed sources and planting materials, with special consideration of the global climate change.