

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ**



**АНАЛИЗА ГЕНЕКОЛОШКОГ ПОТЕНЦИЈАЛА РАЗЛИЧИТИХ
ПРОВЕНИЈЕНЦИЈА БУКВЕ У ОКВИРУ МРЕЖЕ ЕВРОПСКИХ
ПРОВЕНИЈЕНИЧНИХ ТЕСТОВА**

Коначан извештај

Београд, новембар 2023. год.

Пројекат „Анализа генеколошког потенцијала различитих провенијенција букве у оквиру мреже европских провенијеничних тестова” реализован је на основу Уговора бр. 401-00-704/2023-10, од 13. јуна 2023. године, који је закључен између Републике Србије-Министарства пољопривреде и заштите животне средине – Управе за шуме и Универзитета у Београду-Шумарског факултета.

Циљ пројекта је био: да се утврди проценат преживљавања биљака различитих провенијенција у 17. години након оснивања теста, у старости биљака од 19 и 20 година; да се изврше узгојне мере у тесту и трајно обележи свако стабло ради даљег праћења; да се процени међупровенијенична варијабилност на основу морфолошких карактеристика листова и да се процени међупровенијенична варијабилност на основу пречника и висина биљака. Сви прикупљени подаци компарирани су са резултатима ранијих истраживања у циљу процене адаптивног и производног потенцијала различитих провенијенција.

Пројекат је реализовао мултидисциплинарни истраживачки тим, у следећем саставу:

1. др Мирјана Шијачић-Николић, ред. проф. Универзитета у Београду - Шумарског факултета, руководилац пројекта

2. др Драгица Вилотић, ред. проф. Универзитета у Београду - Шумарског факултета, у пензији

3. др Мартин Бобинац, ред. проф. Универзитета у Београду - Шумарског факултета

4. др Владан Иветић, ред. проф. Универзитета у Београду - Шумарског факултета

5. др Јелена Миловановић, ред. проф. Универзитета Сингидунум – Животна средина и одрживи развој

6. др Марина Нонић, ванр. проф. Универзитета у Београду - Шумарског факултета

7. др Јована Деветаковић, ванр. проф. Универзитета у Београду - Шумарског факултета

8. Марија Јовановић, мастер еколог, докторанд

9. Ивона Керкез-Јанковић, мастер инжењер шумарства, истраживач сарадник

У оквиру теренских и лабораторијских истраживања учествовали су и Вела Јанков, дипл. инж., сарадник и Филип Максимовић, мастер инжењер шумарства, студент докторских студија на Катедри Семенарства, расадничарства и пошумљавања.

Коначан извештај о реализацији пројекта усвојило је Наставно-научно веће Шумарског факултета на седници која је одржана у новембру 2023. године.

Руководилац пројекта
Проф. др Мирјана Шијачић-Николић

Декан
Проф. др Бранко Стајић

АНАЛИЗА ГЕНЕКОЛОШКОГ ПОТЕНЦИЈАЛА РАЗЛИЧИТИХ ПРОВЕНИЈЕНЦИЈА БУКВЕ У ОКВИРУ МРЕЖЕ ЕВРОПСКИХ ПРОВЕНИЈЕНИЧНИХ ТЕСТОВА

Проширени резиме

Провенијенични тест букве, као део мреже европских провенијеничних тестова, основан је 2007. године на подручју Наставне базе “Дебели Луг” локалитет “Припор-фељешана”. Тест је основан од двогодишњих (провенијенције 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68 и 69) и трогодишњих садница (провенијенције 24, 25, 30, 32, 33, 36, 38, 42, 47, 48, 49 и 56) различитих провенијенција, пореклом из Србије (6 провенијенција), Хрватске (2 провенијенције), Босне и Херцеговине (6 провенијенција), Мађарске (1 провенијенција), Румуније (2 провенијенције), Аустрије (1 провенијенција), Немачке (3 провенијенције) и Швајцарске (1 провенијенција).

Од оснивања теста до 2023. године вршена су различита истраживања чији је циљ био: анализа пријема садница; анализа преживљавања биљака у различитим етапама онтогенезе; анализа варијабилности пречника и висина у различитој старости биљака; анализа пролећне и јесење фенологије; анализа варијабилности анатомских, физиолошких и морфолошких карактеристика листова и анализа генетичке варијабилности применом нуклеарних и хлоропластних микросателита као основа за дефинисање таксономског статуса букве у Србији.

Током 2023. године, у истраживањима која су реализована у оквиру овог пројекта, обављена је процена преживљавања биљака различитих провенијенција у 17-ој години након оснивања теста. Од укупно посађених 1250 садница, у делу теста који је било могуће реконструисати, евидентирано је 795 дубећих стабала. Процент преживљавања израчунат је као однос између броја евидентираних дубећих стабала и укупног броја посађених садница у блоку. На нивоу провенијеничног теста утврђен је проценат преживљавања од 63,6%, док се на нивоу провенијенција кретао од 34% код мађарске провенијенције 42 до 92,5% код босанске провенијенције 32. Највећи проценат преживљавања биљака, у старости од 19 и 20 година, евидентиран је код српских провенијенција Цер (67), Фрушка гора (36 и 68), Авала (66) и Борања (67).

У оквиру провенијеничног теста спроведене су узгојне мере које су обухватиле уклањање спонтано обновљене дрвенасте вегетације и чишћење младика. Санитарном сечом уклоњено је 149 стабала (18,7%) након чега је у тесту остало 646 стабала, односно 51,68% од укупног броја посађених садница. Свако стабло је трајно обележено плочицом ради даљих истраживања.

У циљу процене међупровенијеничне варијабилности на основу морфолошких карактеристика листова, крајем лета 2023. године, сакупљено је по 30 листова са 10 стабала

из сваке провенијенције, укупно 300 листова по провенијенцији односно 6600 листова на нивоу теста. Мерења морфолошких параметара листа обављена су коришћењем софтвера *ImageJ* са тачношћу од 1 mm. Мерене су следеће морфолошке карактеристике листа: дужина лисне плоче, ширина листа, дужина петељке, ширина основе листа на 1 cm од базе петељке, размак између 3. и 4. нерва. Поред морфолошких карактеристика евидентиран је и број нерава са леве и десне стране, у односу на главни лисни нерв. Прикупљени подаци статистички су обрађени помоћу софтвера *Statistica 8.0* и *Statgraphics Centurion XVI*. За свако анализирано фолијарно својство урађена је дескриптивна статистика: распон варирања, средња вредност, стандардна девијација и коефицијент варијације. Међупровенијенична варијабилност, на нивоу анализираних карактеристика, утврђена је једнофакторијалном анализом варијансе (ANOVA). Додатно тестирање обављено је помоћу LSD-теста и кластер анализе, у циљу процене груписања провенијенција, односно њихове блискости/удаљености, на основу средњих вредности својстава. Упоредна анализа је коришћена за поређење података добијених мерењима листова сакупљених различитих година (2010, 2011, 2016, 2017. и 2023. године). На основу добијених резултата, може се констатовати међупровенијенична варијабилност која је у складу са резултатима ранијих истраживања. Највеће димензије листова (дужина и ширина лисне плоче) евидентирани код српских провенијенција: Цер (69), Авала (66) и Борања (67), и босанских провенијенција 60 и 32. Најмање вредности димензија листова евидентирани су код немачких провенијенција: 47, 48 и 49; аустријске провенијенције 56 и швајцарске провенијенције 65.

За процену међупровенијеничне варијабилности примењене су и методе специфичних тачака које су обухватале генерализовану Прокрустову анализу (GPA), која је служила за добијање почетних података који су даље анализирани Прокрустовом анализом варијансе (Procrustes ANOVA), анализом главних компоненти (PCA) и канонијском дискриминантном анализом (CDA). Коришћењем CDA анализе, добијене су Махаланобисове дистанце између провенијенција и коришћене су за кластер анализу. Поменути анализе извршене су у програму *MorphoJ*. Као мера величине листова, коришћена је величина центрода (CS), која је анализирана анализом варијансе (ANOVA). Генерализована Прокрустова анализа омогућила је добијање просечне контуре листа из целог узорка, а затим је ова контура поређена са просечном контуром листа по провенијенцији. На основу добијених података, уочава се да су хрватске (24 и 25), босанске (32 и 36) и српска провенијенција 68 највише одступале од просечне контуре, док су од просека најмање одступале немачка провенијенција 48, швајцарска провенијенција 65 и српске провенијенције 38, 66, 67 и 69. Поред поменутог, уочен је значајан ефекат индивидуе и провенијенције на величину и облик листа. Анализа главних компоненти, канонијска дискриминантна анализа и кластер анализа омогућиле су уочавање разлика у облику. На основу ових анализа, уочено је груписање провенијенција 59, 61, 63, 65, 66, 67, 68 и 69 на основу зашиљеног и издуженог горњег дела лисне плоче са једне стране, и провенијенција 24, 48, 49, 25, 42, 47 и 64 на основу ширег горњег и ужег доњег дела лисне плоче са друге стране. На основу резултата уочљиво је да су провенијенције из Србије груписане у доњем делу кластера, делимично измешане са провенијенцијама из Босне и Херцеговине, Румуније, Аустрије и Швајцарске, док су провенијенције из Хрватске, Немачке и Мађарске груписане у горњем делу кластера. Стога, варирање у облику делимично прати географски

распоред порекла провенијенција. Разлике међу провенијенцијама уочене су и у величини листа, са босанском провенијенцијом 32 која је имала највеће вредности и швајцарском провенијенцијом 65 која је имала најмање вредности. Мађарска провенијенција 42, немачке провенијенције (47, 48 и 49) и аустријска провенијенција 56 су се, такође, одликовале мањим димензијама листова, што је у складу са резултатима који су добијени анализом морфолошких карактеристика листова у више година истраживања.

У јесен 2023. године свим живим стаблима су измерена два унакрсна прсна пречника, са тачношћу од 1 mm, а висиномером *Vertex III* (Haglöf, Sweden) су измерене висине стабала на узорку, обухватајући заступљени распон дебљина из сваке провенијенције. Приликом премера стабала извршено је разврставање стабала по биолошком положају и квалитету дебла, на основу тростепене класификације (Модификована класификација по Assmann-у, 1970). За издвојене категорије стабала израчунати су стандардни нумерички параметари дебљинске структуре: аритметичка средина, стандардна девијација, коефицијент варијације, варијациона ширина, минимум, максимум, коефицијент асимилације и коефицијент спљоштености. Средњи пречник стабала у провенијеничном тесту се креће у распону од 5,21 cm (провенијенција 47) до 7,79 cm (провенијенција 32). Средњи пречник стабала у провенијеничном тесту је 6,32 cm. Најмање вредности средњег пречника забележене су код немачких провенијенција: 47, 48 и 49 и румунских провенијенција 63 и 64, док су највеће средње вредности пречника евидентиран код босанских провенијенција 30 и 32 и српских провенијенција 67, 69 и 66. Висина измерених стабала се налази у распону од минимално измерених 4,7 m до максималних 10,3 m. Средња висина свих измерених стабала је $7,86 \text{ m} \pm 1,28$. Стабла унутар провенијеничног теста имају висине унутар приказаног опсега, без јасно уочљивих великих одсупања између блокова провенијенција. Услед густог склопа крошњи ових стабала, у фази пре опадања листова, није било могуће спровести тотални премер висина, али је мерењем узорка већег од 10% свих стабала и укључујући најниже и највише индивидуе приказан опсег висина у ком се налазе сва стабла у провенијеничном тесту. На основу биолошке и квалитативне структуре стабала у тесту идентификоване су провенијенције у којима су заступљена најквалитетнија стабала у тренутној старости.

Добијени резултати истраживања спроведених током 2023. године јасно указују на диференцијацију између провенијенција која је у складу са резултатима ранијих истраживања, у оквиру овог провенијеничног теста, као и са резултатима истраживања у другим провенијеничним тестовима у којима су заступљене исте провенијенције. На основу резултата истраживања може се закључити да постоје разлике између провенијенција из различитих еколошких ниша, односно да генофонд саме провенијенције у интеракцији са еколошким условима станишта на коме је тест основан условљавају диференцијацију међу провенијенцијама. Задовољавајући број стабала у провенијеничном тесту, који је остао након спроведених узгојних мера и трајно обележена стабла по провенијенцијама, представљају добру полазну основу за даља истраживања која треба континуирано спроводити у наредном периоду.

Extended summary

The provenance test of beech, as part of the Network of European provenance tests, was established in 2007 in the area of the Educational Base "Debeli Lug" locality "Pripor-Felješana". The test was based on two-year-old (provenances 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68 and 69) and three-year-old seedlings (provenances 24, 25, 30, 32, 33, 36, 38, 42, 47, 48, 49 and 56) of different provenances, originally from Serbia (6 provenances), Croatia (2 provenances), Bosnia and Herzegovina (6 provenances), Hungary (1 provenance), Romania (2 provenances), Austria (1 provenance), Germany (3 provenances) and Switzerland (1 provenance).

From the establishment of the test until 2023, various research was carried out, the aim of which was: evaluation of the reception of seedlings; analysis of plant survival in different stages of ontogenesis; evaluation of the variability of diameter and height at different ages of plants; analysis of spring and autumn phenology; evaluation of the variability of anatomical, physiological and morphological characteristics of leaves, and the analysis of the variability of nuclear and chloroplast microsatellites as a basis for defining the taxonomic status of beech in Serbia.

During the year 2023, in the research carried out as part of this project, an assessment of the survival of plants of different provenances was performed in the 17th year after the establishment of the test. Out of a total of 1250 seedlings planted, in the part of the test that could be reconstructed, 795 living trees were recorded. The percentage of survival was calculated as the ratio between the number of recorded living trees and the total number of seedlings planted in the block. At the test level, the percentage of survival was determined to be 63.6%, while at the level of provenances, it ranged from 34% for Hungarian provenance, 42 to 92.5% for Bosnian provenance 32. The highest percentage of plant survival, at the age of 19 and 20 years, was recorded for Serbian provenances of Cer (67), Fruška gora (36 and 68), Avala (66), and Boranja (67).

Silvicultural measures were carried out within the test, which included the removal of spontaneously regenerated woody vegetation and the clearing of saplings. The total of 149 trees (18.7%) was removed by sanitary felling, after which 646 trees or 51.68% of the total number of planted seedlings remained in the test. Each tree was permanently marked with a plaque for further monitoring.

In order to assess inter-provenance variability based on leaf morphological characteristics, at the end of summer, 30 leaves from 10 trees from each provenance were collected, a total of 300 leaves per provenance, or 6600 leaves at the test level. Measurements of leaf morphological parameters were performed using *ImageJ* software with an accuracy of 1 mm. The following morphological characteristics of the leaf were measured: leaf blade length, leaf width, petiole length, leaf axis width 1 cm from the petiole base, the distance between the 3rd and 4th nerves. In

addition to the morphological characteristics, the number of nerves on the left and on the right side was recorded, in relation to the main leaf nerve. Collected data were statistically processed using the software *Statistica 8.0* and *Statgraphics Centurion XVI*. Descriptive statistics were performed for each analyzed foliar property: range of variation, mean value, standard deviation, and coefficient of variation. Inter-provenance variability, among the analyzed characteristics, was determined by one-factor analysis of variance (ANOVA). Additional testing was performed using the LSD-test and cluster analysis, in order to assess the grouping of provenances, or their proximity/distance, based on the mean values of the assessed traits. A comparative analysis was used to compare the data obtained by the measurements of leaves collected in different years (2010, 2011, 2016, 2017). Based on the results obtained, interprovincial variability can be stated, which is in accordance with the results of previous research. The largest leaf dimensions (length and width of the leaf blade) were recorded in Serbian provenances: Cer (69), Avala (66) and Boranja (67), and Bosnian provenances 60 and 32. The smallest values of leaf dimensions were recorded for German provenances: 47, 48 and 49; Austrian provenance 56 and Swiss provenance 65. For the assessment of interprovincial variability, landmark methods were also applied, which included the generalized Procrustes analysis (GPA), which were used to obtain initial data that were further analyzed by Procrustes ANOVA, principal component analysis (PCA) and canonical discriminant analysis (CDA). Using CDA analysis, Mahalanobis distances between provenances were obtained and used for cluster analysis. The mentioned analyzes were performed in the *MorphoJ* program. As a measure of leaf size, centroid size (CS) was used, which was analyzed by analysis of variance (ANOVA). Generalized Procrustes analysis made it possible to obtain the average leaf contour from the entire sample, and to be compared with the average leaf contour by provenance. Based on the obtained data, it can be observed that Croatian (24 and 25), Bosnian (32 and 36) and Serbian provenance 68 deviated the most from the average contour, while German provenance 48, Swiss provenance 65 and Serbian provenance 38, 66, 67 and 69 deviated from the average the least. In addition, a significant effect of individual and provenance on leaf size and shape was observed. Principal component analysis, canonical discriminant analysis, and cluster analysis made it possible to observe differences in shape. Based on these analyses, the grouping of provenances 59, 61, 63, 65, 66, 67, 68 and 69 was observed based on the pointed and elongated upper part of the leaf blade on one side, and provenances 24, 48, 49, 25, 42, 47 and 64 based on the wider upper and narrower lower part of the leaf blade on the other side. Based on the results, it is noticeable that provenances from Serbia are grouped in the lower part of the cluster, partially mixed with provenances from Bosnia and Herzegovina, Romania, Austria and Switzerland, while provenances from Croatia, Germany and Hungary are grouped in the upper part of the cluster. Therefore, the variation in leaf shape partly follows the geographical distribution of the origin of the provenances. Differences between provenances were also observed in leaf size, with Bosnian provenance 32 having the highest values and Swiss provenance 65 having the lowest values. The Hungarian provenance 42, the German provenances (47, 48 and 49) and the Austrian provenance 56 were also characterized by smaller leaf dimensions, which is in accordance with the results obtained during previous years by analyzing the morphological characteristics of the leaves.

In the fall of 2023, all living trees were measured with two crossed chest diameters, with 1 mm accuracy, and the tree heights of the sampled trees were measured with a Vertex III height meter (Haglöf, Sweden), including the represented range of thicknesses from each provenance.

During the measurement of growth, the trees were classified according to their biological condition and trunk quality, based on the third-level classification (modified classification according to Assmann, 1970). For selected categories of trees, standard numerical parameters of the thickness structure were calculated: arithmetic mean, standard deviation, coefficient of variation, variation width, minimum, maximum, assimilation coefficient and flattening coefficient. The average diameter of the trees in the provenance test ranged from 5.21 cm (provenance 47) to 7.79 cm (provenance 32). The average diameter of the trees in the provenance test was 6.32 cm. The smallest mean diameter values were recorded for German provenances: 47, 48 and 49, and Romanian provenances 63 and 64, while the highest mean diameter values were recorded for Bosnian provenances 30 and 32, and Serbian provenances 67, 69 and 66. The height of the measured trees was ranging from a minimum measured 4.7 m to 10.3 m. The mean height of all measured trees was 7.86 m (standard deviation: 1.28). Trees within the provenance test had heights within the range shown, with no clearly visible large deviations between provenance blocks. Due to the high density of the crowns of these trees, in the phase before the leaves fall, it was not possible to carry out a total height measurement. However by measuring a sample of more than 10% of all trees and including the shortest and tallest individuals, the range of heights in which all the trees in the provenance test are located was shown. Based on the biological and qualitative structure of the trees in the test provenances that contain the best quality trees at the current age have been identified.

The obtained results of research carried out during 2023 clearly indicate a differentiation between provenances that is in accordance with the results of previous research within this provenance test as well as with the results in other provenance tests in which the same provenances are represented. Based on the results of the research, it can be concluded that there are differences between provenances from different ecological niches, suggesting that the gene pool of the provenance itself, in interaction with the ecological conditions of the habitat on which the test was based, determines the differentiation between the provenances. A satisfactory number of trees in the provenance test, which remained after the conducted silvicultural measures and permanently marked trees by provenance, represent a good starting point for further research that should be continuously performed in the future.

САДРЖАЈ

1. УВОД	1
1.1. Провенијенични тест у Дебелом Лугу	2
1.2. Климатске карактеристике Дебелог Луга	4
2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊНИХ ИСТРАЖИВАЊА	6
3. ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ ПРОВЕНИЈЕНИЧНОГ ТЕСТА У ДЕБЕЛОМ ЛУГУ	13
4. УЗГОЈНИ ТРЕТМАН У ПРОВЕНИЈЕНИЧНОМ ТЕСТУ	16
4.1. Карактеристике санитарне сече	18
4.2. Разматрање питања примене селективне прореде у провенијеничном тесту	20
5. АНАЛИЗА ПРЕЖИВЉАВАЊА БИЉАКА	24
6. АНАЛИЗА МОРФОЛОШКИХ КАРАКТЕРИСТИКА ЛИСТОВА	27
6.1. Компаративна анализа морфолошких карактеристика листова различитих провенијенција	38
7. АНАЛИЗА ЛИСТОВА ПРИМЕНОМ МЕТОДА ГЕОМЕТРИЈСКЕ МОРФОМЕТРИЈЕ	44
8. АНАЛИЗА ПРЕЧНИКА И ВИСИНЕ БИЉАКА	54
8.1. Варијабилност пречника	54
8.2. Варијабилност висина	59
9. ЛИТЕРАТУРА	60

СПИСАК ТАБЕЛА У ТЕКСТУ ПО ПОГЛАВЉИМА

- Табела 1.1.** Основни подаци о провенијенцијама букве које су обухваћене тестом
- Табела 4.1.** Нумерички показатељи дебљинске структуре стабала букве по биолошком положају и квалитету дебла у тесту и провенијенцијама
- Табела 4.2.** Нумерички показатељи дебљинске структуре надстојних стабала букве (БП1) са деблом доброг квалитета (КД1) у тесту и провенијенцијама
- Табела 4.3.** Нумерички показатељи дебљинске структуре надстојних стабала букве (БП1) са деблом средњег квалитета (КД2) у тесту и провенијенцијама
- Табела 5.1.** Процент преживљавања биљака различитих провенијенција букве 2007., 2010. и 2023. године
- Табела 6.1.** Преглед провенијенција из којих је сакупљен биљни материјал за потребе анализе морфометријских карактеристика листова у различитим годинама
- Табела 6.2.** Дескриптивна статистика и ANOVA за дужину лисне плоче (mm)
- Табела 6.3.** Дескриптивна статистика и ANOVA за ширину листа (mm)
- Табела 6.4.** Дескриптивна статистика и ANOVA за дужину петељке (mm)
- Табела 6.5.** Дескриптивна статистика и ANOVA за ширину основе на 1 cm од базе петељке (mm)
- Табела 6.6.** Дескриптивна статистика и ANOVA за размак између трећег и четвртог нерва - лево (mm)
- Табела 6.7.** Дескриптивна статистика и ANOVA за број нерава – лево
- Табела 6.8.** Дескриптивна статистика и ANOVA за број нерава – десно
- Табела 6.9.** Компаративни приказ средњих вредности дужине лисне плоче (mm) листова различитих провенијенција букве узоркованих у пет година. Одговарајућим бојама означене су провенијенције пореклом из различитих земаља.
- Табела 6.10.** Компаративни приказ средњих вредности ширине листа (mm) листова различитих провенијенција букве узоркованих у пет година. Одговарајућим бојама означене су провенијенције пореклом из различитих земаља
- Табела 6.11.** Компаративни приказ просечног броја нерава (mm) листова различитих провенијенција букве узоркованих у пет година. Одговарајућим бојама означене су провенијенције пореклом из различитих земаља
- Табела 7.1.** Структура узорка за анализу листова методом геометријске морфометрије – нумеричка ознака и назив провенијенције, земља порекла провенијенције и број узоркованих индивидуа
- Табела 7.2.** Резултати Прокрустове анализе варијансе за величину и облик
- Табела 8.1.** Сумарна статистика, анализа варијансе за пречнике стабала различитих провенијенција букве у октобру 2023. године.
- Табела 8.2.** LSD тест за пречнике стабала различитих провенијенција букве у октобру 2023. године
- Табела 8.3.** Сумарна статистика за висине стабала у провенијеничном тесту у октобру 2023. године.

СПИСАК СЛИКА У ТЕКСТУ ПО ПОГЛАВЉИМА

- Слика 1.1.** Географски распоред провенијенција букве које су обухваћене тестом
- Слика 3.1.** Изглед површине на коме је основан провенијенични тест букве у Дебелом Лугу, март 2007. године
- Слика 3.2.** Изглед биљака у провенијеничном тесту у мају 2007. године
- Слика 3.3.** Изглед провенијеничног теста букве у лето 2017. године
- Слика 4.1.** Чишћење младика и уклањање спонтано обновљене вегетације у провенијеничном тесту
- Слика 4.2.** Трајно обележавање редова и стабала по провенијенцијама
- Слика 4.3.** Изглед провенијеничног теста пре мера чишћења младика
- Слика 4.4.** Изглед провенијеничног теста после мера чишћења младика и санитарне сече
- Слика 5.1.** Просторни распоред и проценат преживљавања биљака различитих провенијенција букве
- Слика 6.1.** Узорковање листова букве у провенијеничном тесту
- Слика 6.2.** Узорковани листови букве спремни за хербаризовање
- Слика 6.3.** Морфолошке карактеристике листа букве
- Слика 7.1.** Специфичне тачке забележене на листу букве: 1) почетак лисне дршке, 2) спој лисне дршке и лисне плоче, 3) врх лисне плоче, 4) завршетак првог лисног нерва на крају лисне плоче (десна страна), 5 и 6) завршетак лисних нерава на најширем делу лисне плоче (десна страна), 7) завршетак последњег лисног нерва на крају лисне плоче (десна страна), 8) завршетак првог лисног нерва на крају лисне плоче (лева страна), 9 и 10) завршетак лисних нерава на најширем делу лисне плоче (лева страна), 11) завршетак последњег лисног нерва на крају лисне плоче (лева страна)
- Слика 7.2.** Резултати ГРА анализе листова букве (а), са приказом просечне контуре листа (б) за цео узорак
- Слика 7.3.** Просечни облик листова букве по провенијенцији (зелена контура), са приказом просечног облика за цео узорак (наранџаста контура). Називи провенијенција по нумеричкој ознаци приказани су у табели 7.1
- Слика 7.4.** Сумарни приказ величине и облика листа по земљама порекла провенијенција. У круговима је одговарајућом бојом представљен просечан облик листа по земљи порекла, испрекидана зелена линија указује на просечан облик за цео узорак. Одступања контура листа по земљи порекла провенијенције од испрекидане зелене линије указују на одступање од просечног облика. Црне стрелице окренуте на горе (↑) указују на вредности величине листа изнад просека за цео узорак, док црне стрелице на доле (↓) указују на вредности величине листа испод просека за цео узорак
- Слика 8.1.** Стабла букве у провенијеничном тесту у Дебелом Лугу обележена плочицама са бројевима и са обележеним местима мерења пречника

СПИСАК ГРАФИКОНА У ТЕКСТУ ПО ПОГЛАВЉИМА

- Графикон 1.1.** Тренд кретања средње температуре ваздуха за Браничевски округ за период од 1950. до 2020. године (<https://atlas-klime.eko.gov.rs>)
- Графикон 1.2.** Тренд кретања максималне температуре ваздуха за Браничевски округ за период од 1950. до 2020. године (<https://atlas-klime.eko.gov.rs>)
- Графикон 1.3.** Тренд кретања минималне температуре ваздуха за Браничевски округ за период од 1950. до 2020. године (<https://atlas-klime.eko.gov.rs>)
- Графикон 1.4.** Тренд кретања количине падавина за Браничевски округ за период од 1950. до 2020. године (<https://atlas-klime.eko.gov.rs>)
- Графикон 1.5.** Тренд кретања количине падавина и средњих температура ваздуха у Дебелом Лугу за период од 2016. до 2022. године
- Графикон 6.1.** Дендрограм кластер анализе урађен на основу анализираних морфолошких карактеристика листова букве
- Графикон 7.1.** Ординација индивидуа букве по провенијенцијама добијена на основу РСА анализе, са приказом промене облика дуж прве и друге РС осе (тамно плава контура – промена облика, светло плава контура – просечан облик за цео узорак). Називи провенијенција по нумеричкој ознаци приказани су у табели 7.1
- Графикон 7.2** Ординација провенијенција букве добијена на основу РСА анализе, са приказом промене облика дуж прве и друге РС осе (тамно плава контура – промена облика, светло плава контура – просечан облик за цео узорак). Називи провенијенција по нумеричкој ознаци приказани су у табели 7.1
- Графикон 7.3.** Ординација индивидуа букве по провенијенцијама добијена на основу СДА анализе, са приказом промене облика дуж прве и друге канонијске осе (тамно плава контура – промена облика, светло плава контура – просечан облик за цео узорак). Називи провенијенција по нумеричкој ознаци приказани су у табели 7.1
- Графикон 7.4.** Релације међу провенијенцијама на основу кластер анализе, са приказом земље порекла провенијенција. Називи провенијенција по нумеричкој ознаци приказани су у табели 7.1
- Графикон 7.5.** Резултати анализе варијансе величине центроида (CS). Вертикалне линије представљају 95% интервал поверења. Називи провенијенција по нумеричкој ознаци приказани су у табели 7.1
- Графикон 7.6.** Просечне вредности величине центроида поређане од најмање до највеће, са приказом земље порекла провенијенција. Називи провенијенција по нумеричкој ознаци приказани су у табели 7.1
- Графикон 8.1.** Дебљина садница у кореновом врату (mm) измерена 2009. године и 2010. године и стабла на прсној висини (cm) измерена 2023. године код различитих провенијенција

1. УВОД

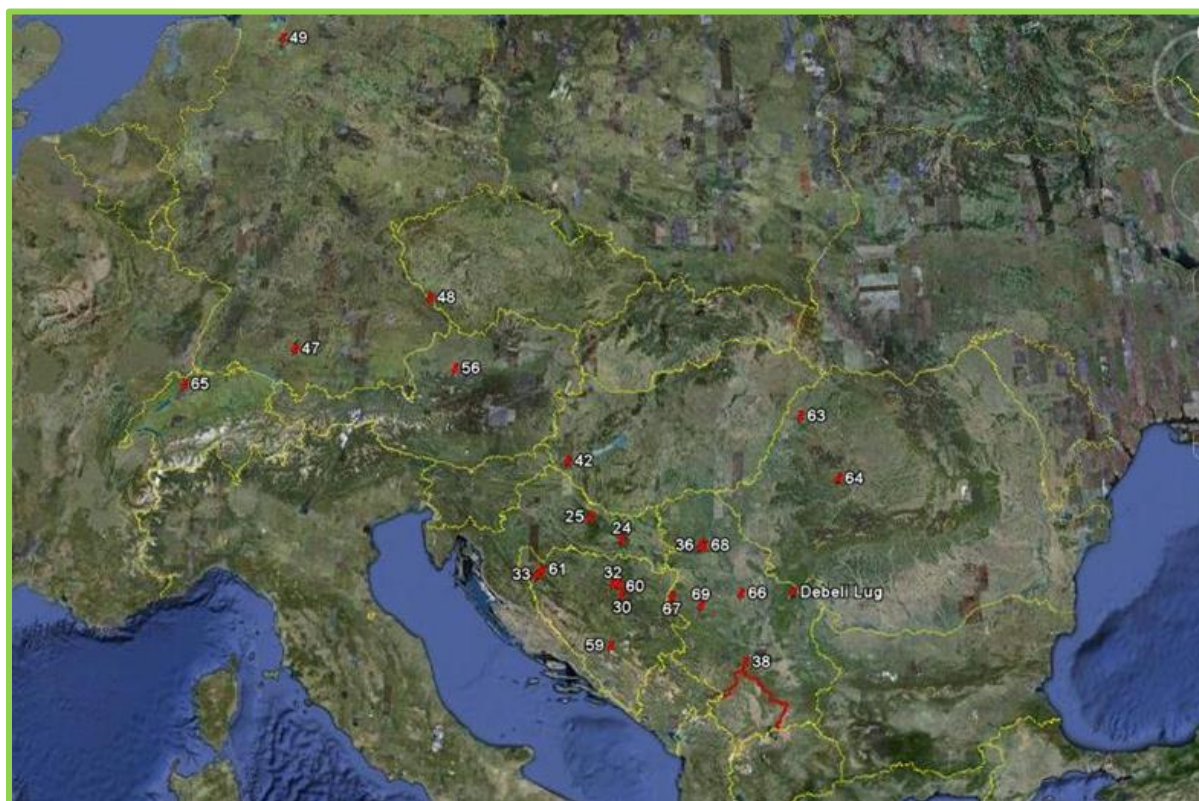
Провенијенични тесови представљају вид *ex situ* конзервације генофонда у којима се врши процена варијабилности и потенцијала различитих провенијенција аутохтоних или алохтоних врста дрвећа. Главни циљ оснивања провенијеничних тестова јесте идентификација провенијенција које су способне да се адаптирају на конкретне услове станишта и у њима покажу добре производне карактеристике, како би се у будућности користиле као семенски извор. Eriksson и Ekberg (2001) наводе два циља у истраживањима везаним за провенијеничне тестове: (1) примарни, чија је главна сврха примењивост у практичне сврхе, а састоји се од идентификовања 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. По правилу провенијеничне тестове би требало оснивати на више различитих локалитета како би се утврдио пун потенцијал провенијенција који је последица интеракције „провенијенција × локалитет“. Први провенијенични тест је снован 1820. године и од тада се број провенијеничних тестова полако повећава. У Србији је до сада основано релативно мало провенијеничних тестова: три смрче (*Picea abies* L./ Karst.), два дуглазије (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) и два букве (*Fagus* sp.).

Провенијенични тестови букве у Србији основани су 2007. године у оквиру мреже европских провенијеничних тестова. До данас су у оквиру ове мреже, провенијенични тестови букве основани у 6 циклуса: 1986, 1987, 1988, 1995, 1998. и 2007. године. Главни разлог оснивања ових тестова је нарастајућа потреба за семеном букве у централној Европи током '70-их година прошлог века. Како се у то време семе углавном увозило из југоисточне Европе, јавила се потреба за тестирањем садног материјала произведеног из овог семена, с обзиром да је постојала велика непознаница везано за његове особине. Убрзо се схватило да није довољно да се оснују засебни провенијенични тестови, тако да се приступило проширењу нивоа тестирања, што је на крају резултирало оснивањем европске мреже провенијеничних тестова (Muhs *et al.*, 2010). Током '80-их и '90-их година основано је укупно 60 провенијеничних тестова, у 21 земљи Европе. У ове тестове је било укључено 396 провенијенција букве (von Wuehlisch, 2004). Последња серија европских провенијеничних тестова букве је основана током 2007. године у оквиру COST Action E52: „*Evaluation of the Genetic Resources of Beech for Sustainable Forestry*“ („Процена генетских ресурса букве за одрживо шумарство“). Том приликом је основано укупно 7 провенијеничних тестова (по два у Србији и Немачкој, и по један у Хрватској, Босни и Херцеговини и Италији), у којима је заступљено 20 провенијенција из балканског региона (Србија, Хрватска и Босна и Херцеговина) и 12 провенијенција из Аустрије, Немачке, Мађарске, Италије, Швајцарске и Румуније. Тестови су конципирани тако да је 15 провенијенција заједничко за све локалитете (von Wuehlisch *et al.*, 2010). С обзиром да је и Србија била учесник овог програма, на њеној територији су основана два провенијенична теста, на локалитетима Фрушка гора (северна Србија) и Дебели Луг (источна Србија).

1.1. Провенијенични тест у Дебелом Лугу

Од два пројенијенична теста букве који су основани у Србији, један је основан на подручју Наставне базе “Дебели Луг” локалитет “Припор-фељешана”, КО “Дебели Луг”, парцела 824, одсек 49 f, укупна површина 2,03 ha (величина употребљене површине око 0,8 ha). GPS координате огледа су: 7569980; 4909413. Тест је основан на надморској висини од 742 m; експозиција: исток-североисток; на гребену уједначеног нагиба (5 до 7 степени); на земљишту: ранкери (хумусно-силикатна земљишта).

За оснивање провенијеничног теста коришћене су саднице 22 провенијенције које воде порекло из Србије (2+4), Хрватске (2), Босне и Херцеговине (6), Мађарске (1), Немачке (3), Аустрије (1), Швајцарске (1) и Румуније (2). Коришћене саднице за оснивање теста, у моменту садње, нису биле исте старости. Тест је основан од двогодишњих (провенијенције 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68 и 69) и трогодишњих садница (провенијенције 24, 25, 30, 32, 33, 36, 38, 42, 47, 48, 49 и 56), различитих провенијенција чији је географски распоред приказан на слици 1.1. а основни подаци у табели 1.1.



Слика 1.1. Географски распоред провенијенција букве које су обухваћене тестом

Табела 1.1. Основни подаци о провенијенцијама букве које су обухваћене тестом

Регистарска ознака	Провенијенција	Земља порекла	Геог. дужина		Геог. ширина		Над. висина (m)	Експозиција	Просечна годишња температура (°C)	Просечна температура током вег. периода (°C)	Сума годишњих падавина (mm)	Сума падавина током вег. периода (mm)	Година сакупљања семена
			сте-пени	мину-ти	сте-пени	мину-ти							
HR24	Sjeverini Dilj Čaglinski	Хрватска	18	1	45	17	350	NE	10.8	17.2	779	360	2003
HR25	Vrani kamen	Хрватска	17	19	45	37	600	NS	8.5	15.9	972	470	2003
BiH30	Tajan, Žerče	БиХ	18	3	44	23	700	N	10.3	16.6	804	416	2003
BiH32	Crni vrh, Tešanj	БиХ	17	59	44	33	500	N	9.6	15.9	1069	579	2003
BiH33	Grmeč, Bosanska Krupa	БиХ	16	16	44	46	650	NS	10.3	16.2	1304	666	2003
SRB36	Fruška gora	Србија	19	55	45	10	370	N-NE	11.2	18.0	782	351	2003
SRB38	Kopaonik	Србија	20	50	43	10	820	-	3.6	9.0	985	564	2003
HU42	Valkonya	Мађарска	16	45	46	30	300	S	9.5	17.8	800	500	2003
DE47	Schelkingen	Немачка	10	-	48	-	650	-	6.0	14.0	840	260	2003
DE48	Höllerbach	Немачка	13	14	49	1	755	-	5.0	11.7	1200	580	2003
DE49	Hasbruch	Немачка	8	26	53	8	35	NS	8.6	15.0	760	360	2003
AT56	Scharnstein, Mitterndorf	Аустрија	13	58	47	54	480	W	7.4	14.6	1263	706	2003
BiH59	Vranica-Bistrica	БиХ	17	49	43	33	750	N	8.8	14.8	826	383	2004
BiH60	Crni vrh	БиХ	17	59	44	33	500	N	9.6	15.9	1069	579	2004
BiH61	Grmeč, Bastra-Corkova	БиХ	16	14	44	45	720	-	10.3	16.2	1304	666	2004
RO63	Alesd, U.P.II/51A	Румунија	22	15	47	11	490	S-W	8.5	18.3	800	397	2004
RO64	Alba-Iulia, U.P.V/154A	Румунија	23	5	46	10	860	N	8.0	14.1	850	420	2004
SRB66	Avala	Србија	20	45	44	23	475	S-SE	11.6	17.9	693	388	2004
SRB67	Boranja	Србија	19	45	44	0	410	N-NW	10.2	17.5	670	378	2004
SRB68	Fruška gora	Србија	19	55	45	10	370	N-NE	11.2	18.0	782	351	2004
SRB69	Cer	Србија	19	50	44	12	745	SE	9.5	15.4	847	476	2004

1.2. Климатске карактеристике Дебелог Луга

Клима Дебелог Луга спада у хумидну континенталну климу са хладним зимама и прохладним влажним летима. Основни климатски подаци о локалитету на коме је основан провенијентни тест приказани су на основу података добијених са сајта “Дигитални атлас климе Србије“ (<https://atlas-klime.eko.gov.rs>) за Браничевски округ у коме се налази и Дебели Луг. Температура ваздуха приказује благи тренд пораста за период од 2007. до 2020, односно од момента оснивања провенијентног теста (2007) до 2020. (до када су доступни подаци) (графикони 1.1 до 1.3). Падавине су у сталном осцилирању и није уочљив тренд пораста или пада средњих годишњих падавина (графикон 1.4). Међутим, посматрајући распоред падавина у последњих 6 година (графикон 1.5., период од 2016. до 2022) уочава се неравномеран распоред количине падавина током године, посебно за последње две године (2020-2022) у периоду месеца маја када се бележи значајан пад количине падавина. Свеукупно гледано, промене временских прилика од оснивања теста до данас иду у правцу повећања средњих, минималних и максималних температура ваздуха и неравномерног и неповољног распореда падавина, посебно на почетку вегетационог периода. Овакве временске прилике су у сагласности са актуелним променама климе и као такве потпомажу експресији адаптивног потенцијала појединих провенијентција.

Температура ваздуха

Средња годишња температура ваздуха: 8,8°C

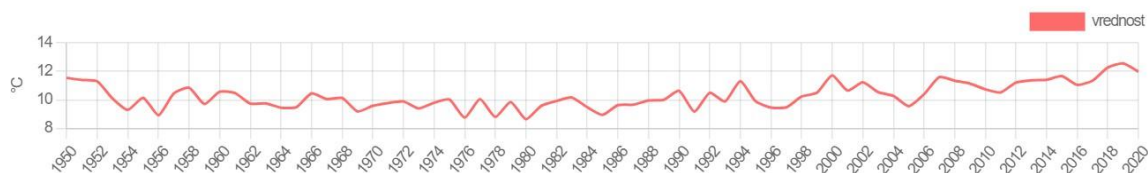
Средња максимална температура ваздуха: 15,1°C

Средња минимална температура ваздуха: 4,1°C

Највиша температура ваздуха: 38,5 °C

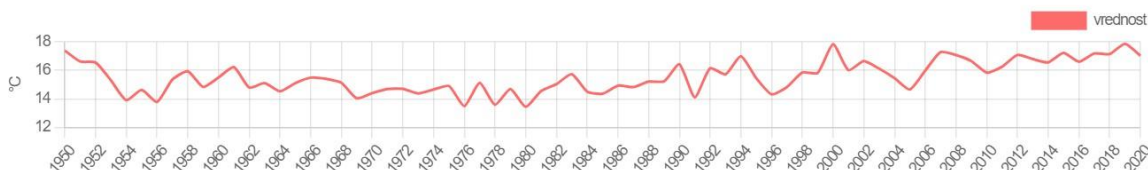
Најнижа температура ваздуха: -22,2 °C

Браничевски Управни Округ / Средња дневна температура (tas) - за период 1950-2020



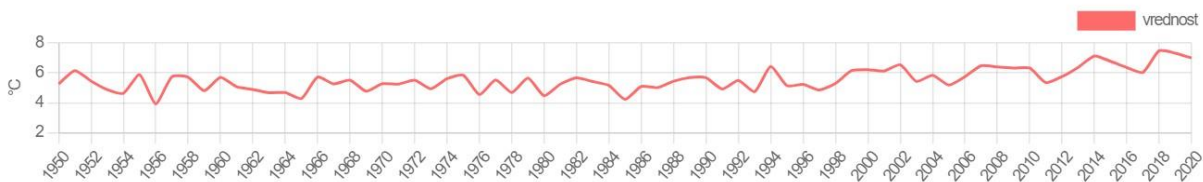
Графикон 1.1. Тренд кретања средње температуре ваздуха за Браничевски округ за период од 1950. до 2020. године (<https://atlas-klime.eko.gov.rs>)

Браничевски Управни Округ / Максимална дневна температура (tasmax) - за период 1950-2020



Графикон 1.2. Тренд кретања максималне температуре ваздуха за Браничевски округ за период од 1950. до 2020. године (<https://atlas-klime.eko.gov.rs>)

Bраниčevski Upravni Okrug / Minimalna dnevna temperatura (tasmin) - za period 1950-2020



Графикон 1.3. Тренд кретања минималне температуре ваздуха за Браничевски округ за период од 1950. до 2020. године (<https://atlas-klime.eko.gov.rs>)

Средње месечне падавине

Просечан број дана са падавинама (најмање 0,1 mm дневно): 118,1 дан/год.

Број дана са јаким падавинама (више од 10,0 mm дневно): 26,3 дан/год.

Средњи дневни интензитет падавина (mm/дан) 7,1 дан/год.

Распоред падавина

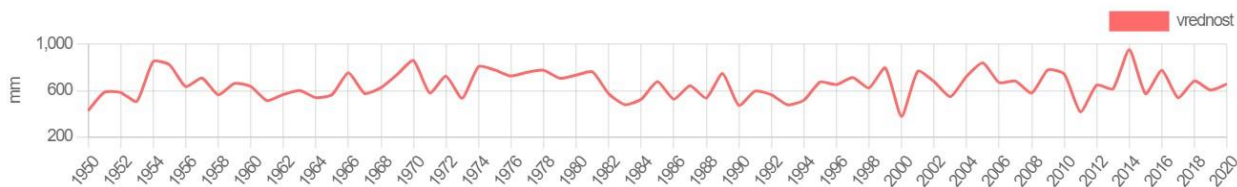
Пролеће (март-април): 229 mm

Лето (јун-август): 231 mm

Јесен (септембар-новембар): 190 mm

Зима (децембар-фебруар): 179 mm

Bраниčevski Upravni Okrug / Padavine (pr) - za period 1950-2020



Графикон 1.4. Тренд кретања количине падавина за Браничевски округ за период од 1950. до 2020. године (<https://atlas-klime.eko.gov.rs>)

У току вегетационог периода (април-септембар) падне 455 mm што износи 54% од укупне количине годишњих падавина. Највећа количина падавина падне у мају и јуну месецу.



Графикон 1.5. Тренд кретања количине падавина и средњих температура ваздуха у Дебелом Лугу за период од 2016. до 2022. године

Ветрови

Најучесталији ветар је југоисточни (кошава 21% и северно-западни 19%). У току године је тихо и без ветра. Јачина ветрова је релативно мала и ретко прелази 3m/сек.

2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊНИХ ИСТРАЖИВАЊА

2.1. Провенијенични тестови букве у Европи

Први провенијенични тестови букве основани су у Ботаничкој башти у Миндену у Немачкој 1877. године и обухватили су укупно 123 провенијенције из различитих области ове земље (Kienitz, 1886). Затим је основан тест који је поредио швајцарске и данске провенијенције (Engler, 1909) и чији су резултати показали да су провенијенције из северног дела ареала и са виших надморских висина имале спорији раст, а да су оне са нижих надморских висина листале раније. Касније се слични провенијенични тестови оснивају и у другим европским земљама, као што су Белгија, Данска и Француска (Vidaković, Krstinić 1985).

Осамдесетих и деведесетих година XX века започиње оснивање провенијеничних тестова букве од стране Института за шумарску генетику и оплемењивање шумског дрвећа из Грошансдорфа у Немачкој на територији 21 европске земље. Тада је основано око 60 тестова са око 400 провенијенција из Европе. Ова мрежа је основана у шест циклуса у периоду од 1986. до 2007. године (von Wuehlich, 2004), а у њу је укључено и пет српских провенијенција – Авала, Фрушка гора, Цер, Борања и Копаоник (Nonić *et al.*, 2019). Главни разлог оснивања ових тестова била је нарастајућа потреба за семеном букве у централној Европи током 70-их година XX века. Пошто се тада семе букве углавном увозило из југоисточне Европе, јавила се потреба за тестирањем садног материјала произведеног из овог семена. Убрзо је утврђено да није довољно оснивање засебних провенијеничних тестова, па је ниво тестирања проширен, што је резултирало оснивањем европске мреже провенијеничних тестова (Stojnić, 2013). Главни циљеви свих серија европских провенијеничних тестова букве били су: (1) тестирање провенијенција на различитим стаништима, селекција полазног материјала и давање препорука за трговину и коришћење провенијенција на националном и међународном нивоу; (2) процена генетичке варијабилности и фенотипске пластичности, развијање стратегије конзервације генетичких ресурса, усаглашавање методологије за процену генетичке варијабилности; (3) проучавање адаптивности, утицаја станишних и климатских фактора, као и утицаја глобалних климатских промена; (4) подстицање сарадње у истраживања у шумарству (von Wuehlich, 2004).

Хронолошки посматрано, у периоду раних '80-их година XX века, 15 провенијеничних тестова који укључују 188 провенијенција је успостављено. У оквиру ових тестова, Muhs (1985) је утврдио да провенијенције из источног и североисточног дела области распрострањености, као и оне са виших надморских висина захтевају ниже

температуре за листање, наглашавајући важност фенологије у процени способности прилагођавања састојина букве различитим условима средине. Kleinschmit (1985) исте године даје резултате из провенијеничних тестова у сверном делу Немачке. Током '90-их година XX века успостављају се нови провенијенични тестови који укључују и источни део ареала букве. Muhs *et al.* (1992) су тада дали податке за морфолошку, фенолошку и генетичку варијабилност букве на интер- и интрапопулационом нивоу. Liesebach (1993) је приказао резултате интернационалног провенијеничног теста успостављеног на 27 локалитета у Европи. Мерени су параметри раста и преживљавања, и примећено је варирање између провенијенција, али није детектована значајна корелација међу параметрима. von Wuehlisch *et al.* (1995) су истраживали 159 провенијенција букве и показали значајне интер- и интрапопулационе разлике, док су Liesebach *et al.* (1999) истраживањем 15 европских провенијенција из осам земаља показали значајну интер- и интрапопулациону варијабилност фенолошких својстава букве. Године 2001, Gračan и Ivanković (2001) дали су прве податке о преживљавању букве у Хрватској.

Прекретница у проучавању провенијеничних тестова букве у Европи је установљење последње серије провенијеничних тестова букве у Европи, у оквиру COST акције E52 (*Evaluation of Beech Genetic Resources for Sustainable Forestry*) 2007. године, чији је главни циљ предвиђање будуће области распрострањености екосистема букових шума под претпоставком одређених сценарија у погледу климатских промена, на основу анализе образаца реакције популација букве дефинисаног порекла, под измењеним климатским условима у провенијеничним тестовима широм Европе. Добијени резултати требало је да омогуће заједничку евалуацију генетичких ресурса букве ради бољег економског коришћења уз поштовање захтева за одрживо управљање шумама (Giannini, von Wuehlisch, 2008, 2009; Robson *et al.*, 2018). У оквиру COST акције E52 основано је укупно седам провенијеничних тестова (по два у Србији и Немачкој, и по један у Хрватској, Босни и Херцеговини и Италији), у којима је заступљено 20 провенијенција из балканског региона (Србија, Хрватска и Босна и Херцеговина) и 12 провенијенција из Аустрије, Немачке, Мађарске, Италије, Швајцарске и Румуније. Тестови су конципирани тако да је 15 провенијенција заједничко за све локалитете (von Wuehlisch *et al.*, 2010).

Велики број истраживања је спроведен у оквиру COST акције E52 широм Европе, укључујући и Балканско полуострво. Ivanković *et al.* (2008) су, на пример, истраживали варијабилност висинског раста провенијенција букве у два теста смештена у Хрватској и Словенији. Тестови су основани током пролећа 1998. године. Хрватски тест обухватао је 36, а словеначки 38 провенијенција пореклом из Европе. Резултати истраживања провенијенција на различитим стаништима указали су да су поједине провенијенције фенотипски стабилне, односно показују општу адаптабилност, за разлику од других које су фенотипски нестабилне, односно одликују се специфичном адаптабилношћу. Нешто касније, Ivanković *et al.* (2011) су спровели истраживање у провенијеничном тесту букве у коме је анализирано 13 провенијенција пореклом из југоисточне Европе. Ови аутори проучавали су висину биљака, фенологију листања и зимску ретенцију лишћа. Њихови

результати су указали на високе нивое генетичке варијабилности за све анализиране карактеристике, са значајним разликама између провенијенција и географском структурираношћу за висину, преживљавање и зимску ретенцију лишћа у погледу постепених разлика у смеру исток-запад и са трендом ранијег листања са повећањем континенталности станишта. Ballian и Zukić (2011) исте године дају резултате истраживања различитих провенијенција букве код Какња у Босни и Херцеговини, у погледу преживљавања, пречника кореновог врата и висине биљака. Истраживања су обухватала 22 провенијенције пореклом из Хрватске, Босне и Херцеговине, Мађарске, Швајцарске, Немачке, Румуније и Србије. Резултати поменутих истраживања показали су постојање разлика међу популацијама из различитих еколошких ниша, указујући да станиште утиче на морфолошку диференцијацију међу провенијенцијама. Ови аутори, међутим, нису водили рачуна о старости садница, због чега се значај ових истраживања првенствено огледа у добијању просечних вредности пречника и висина измерених код датих провенијенција, а које се могу користити за порђење са истим мерењима из других провенијеничних тестова. Auñón *et al.* (2011) су сумирали критеријуме коришћене у различитим земљама за разграничење провенијенција букве у Европи у оквиру COST акције E52. Према овим ауторима, у највећем броју земаља примењена је дивизивна методологија (територија је подељена на одвојене еколошки хомогене регионе, са освртом на климатске, географске и педолошке карактеристике везане за преживљавање врсте), а у свега неколико агломеративна методологија (састојине врсте са сличним фенотипским, генетичким и еколошким карактеристикама се групишу и формира провенијенцију). Исте године, Alia *et al.* (2011) су проучавали 57 провенијенција букве пореклом из читаве Европе у оквиру интернационалних провенијеничних тестова установљених у COST акцији E52. Ови аутори су одредили нивое генетичке варијабилности букве у погледу преживљавања и висине, анализирали корелацију између ових карактеристика, значај интеракције гена и средине и формирали мапе варијабилности преживљавања букве дуж датог подручја. Ово истраживање је показало постојање ефекта провенијенције на интеракцију гена и средине за преживљавање и висину. Thiel *et al.* (2014) су тестирали три маргиналне провенијенције (Шпанија, Бугарска и Пољска) и три провенијенције из централног дела ареала букве (Немачка) и њихов одговор на сушу и различите типове земљишта у тесту смештеном у Ландау у Немачкој. Ови аутори су показали да је суша утицала негативно на параметре раста, док је пешчани супстрат додатно погоршавао овај ефекат. Међутим, провенијенције су се разликовале у свом одговору на сушу и тип земљишта. Присуство локалне адаптације на летњу сушу је забележено, посебно у погледу стопе морталитета. У овом истраживању, провенијенције из Бугарске и Шпаније показале су стабилност у сувим условима у поређењу са провенијенцијама из Пољске и Немачке. Две године касније, Ballian *et al.* (2015) су истраживали фенолошку варијабилност 22 провенијенције букве у интернационалном тесту код Какња у Босни и Херцеговини у погледу јесење обојености и зимске ретенције лишћа. Тест је садржао осам провенијенција из Босне и Херцеговине, четири из Немачке, три из Србије, две из Хрватске, две из Румуније, две из Швајцарске и

једну из Мађарске. Резултати овог истраживања показали су постојање фенолошке варијабилности између провенијенција на почетку, током и по завршетку појединих фенофаза, а за све истраживане фенолошке карактеристике утврђен је висок степен генетичке диференцијације анализираних провенијенција. Hajek *et al.* (2016) су истраживали 10 двадесетогодишњих провенијенција које представљају читаву област распрострањености букве у Европи, које се значајно разликују по порасту надземне биомасе. Ови аутори су истраживали анатомске, хидрауличке и фолијарне карактеристике грана у провенијеничном тесту у северној Европи. Квантификовано је у којој мери су хидрауличке одлике ксилема и карактеристике листа под генетичком контролом и која је њихова међусобна корелација. Резултати су показали да су свега три од 22 екофизиолошке карактеристике имале значајну генетичку диференцијацију и да је већина анатомских карактеристика и неке фолијарне карактеристике било повезано са климатским одликама области из које провенијенције потичу. Ови аутори су закључили да буква компензује неповољне водне услове повећавајући број проводних судова, али не и њихов пречник и да поседује висок потенцијал да се избори са климатским променама услед високог степена интрапопулационе генетичке варијабилности. Kramer *et al.* (2017) су, такође, анализирали провенијеничне тестове букве успостављене широм Европе. Истраживање се базирало на фенолошком моделу који представља кључни процес формирања пупољака у умереним и бореалним зонама листопадних шума. Аутори су закључили да постоје адаптивне разлике између провенијенција у критичним захтевима неопходним за формирање пупољака, са постојањем пластичних одговора на локалне услове животне средине. Robson *et al.* (2018) су презентovali базу података за фенотипске параметре у генетичким тестовима широм Европе. Ова база података је формирана и усклађена током 2006-2010. године и касније поново процењена ради обезбеђивања доследности података између тестова и провенијенција. Фенотипске карактеристике су забележене на 32 локалитата где је 217 провенијенција букве успостављено у оквиру COST акције E52 и које покривају читаву европску област распрострањености ове врсте. Поменута база података садржи информације о значајној генетичкој и фенотипској интраспецијској варијабилности букве. Нешто касније, Војић и Kraigher (2019) су у свом истраживању сумирали успостављање и допуњавање провенијеничних тестова букве у оквиру интернационалног теста провенијенције који је започет у Грошандсдорфу у Немачкој 1996/1998. године. Аутори су презентovali климатске и педолошке податке за сваку провенијенцију, као и назив, број лотова семена, географске координате и надморску висину. Мемешевић Ходџић и Ballian (2019) истраживали су морфолошке карактеристике букве различитих провенијенција у провенијеничном тесту код Какња у Босни и Херцеговини и указали на значајне разлике међу провенијенцијама, са провенијенцијом Диљ Чаклински пореклом из Хрватске која је показала најбоље параметре преживљавања. Мемешевић Ходџић и Ballian (2021) су, такође, одређивали динамику раста и хабитус букве по провенијенцији у интернационалном провенијеничном тесту у Босни и Херцеговини, како би изабрали најбоље провенијенције у погледу продукције и квалитета дрвета. Ово истраживање спроведено је у

провенијеничном тесту који је садржао осам провенијенција из Босне и Херцеговине, четири из Немачке, три из Србије, по две из Хрватске, Румуније и Швајцарске и једну из Мађарске. Резултати датог истраживања показали су да је провенијенција из хрватске (Диљ Чаглински) имала највеће, а провенијенција из Румуније (Алба Јулија) најмање вредности висине. Такође, иста хрватска провенијенција имала је највеће вредности пречника кореновог врата, док су најмање вредности забележене у Швајцарској провенијенцији (Силвалд). Са друге стране, највећи проценат идеалног хабитуса имала је провенијенција из Немачке (Бад Вилбад). У поменутом истраживању, утврђено је постојање значајне корелације између висине, пречника кореновог врата и хабитуса.

2.2. Провенијенични тестови букве у Србији

Први провенијенични тестови букве у Србији основани су у пролеће 2007. године у оквиру COST акције E52 на два локалитета – Фрушка гора (у северном делу Србије) и Дебели Луг (у источном делу Србије). Од тада, ова два локалитета била су предмет бројних истраживања. Šijačić-Nikolić *et al.* (2009) дали су прве податке о варијабилности преживљавања биљака из различитих провенијенција. Податке о преживљавању, висини раста, листању и ретенцији листова у овим провенијеничним тестовима дали су и von Wuehlisch *et al.* (2010), који су описали генетичку варијабилност у погледу адаптација између провенијенција у балканском региону и оних у Аустрији, Немачкој, Мађарској, Италији, Швајцарској и Румунији. Šijačić-Nikolić *et al.* (2010) су, исте године, објавили и прве податке о генофонду популација букве пореклом из Србије. Stojnić *et al.* (2010a, b), су, дали податке о варијабилности амнатомско-морфолошких карактеристика различитих провенијенција и њиховом значају у прилагођавању климатским променама, као и о варијабилности физиолошких параметара датих провенијенција. Нешто касније, Šijačić-Nikolić *et al.* (2011) и Vilotić *et al.* (2011) дају податке о варијабилности пролећне фенологије и параметара фактора раста букве из поменутих провенијенција. Stojnić *et al.* (2012a) су испитивали климатске и станишне карактеристике локалитета и закључили да се Фрушка гора и Дебели Луг значајно разликују у погледу ових карактеристика, а тиме и по погодности за раст и преживљавање садница букве. Stojnić *et al.* (2012b) су, проучавали варијабилност нето фотосинтезе, транспирације, стоматалне проводљивости и ефикасност коришћења воде код три провенијенције букве у провенијеничном тесту основаном на Фрушкој гори, које потичу са три локалитета у Немачкој, Швајцарској и Мађарској. Резултати поменутог истраживања показали су да су физиолошки параметри били под утицајем карактеристика станишта и генетичке конституције провенијенција, са значајним разликама између провенијенција у погледу интензитета транспирације и ефикасности коришћења воде. Šijačić-Nikolić *et al.* (2012) су спровели истраживања у провенијеничном тесту букве основаном у оквиру Наставне базе „Мајданпечка домена“ (Дебели Луг) Шумарског факултета Универзитета у Београду. Ови аутори су представили резултате анализе морфометријских карактеристика листова на нивоу 10 провенијенција из

југоисточне Европе у јувенилној фази развоја. Њихови резултати указали су на повезаност адаптивних својстава букве из различитих провенијенција и еколошких параметара њихових материнских састојина, што указује на генетичку диференцијацију као последицу адаптације на локалне услове средине. Stojnić (2013) године, у својој докторској дисертацији, проучава варијабилност анатомских, физиолошких и морфолошких карактеристика различитих провенијенција букве у Србији. Ово истраживање обухватило је 21 провенијенцију са провенијеничних тестова Фрушка гора и Дебели Луг, а резултати су указали на значајну генетичку варијабилност унутар и међу провенијенцијама, као и да су резултати били под утицајем генетичке конституције провенијенција и срединских услова на којима су тестови основани. Нешто касније, Stojnić *et al.* (2014) проучавали су варијабилност висинског раста букве из различитих провенијениција из Србије, Босне и Херцеговине и Хрватске. Stojnić *et al.* (2015a) су презентовали резултате истраживања стоматалне варијабилности листа букве из пет провенијенција пореклом из Аустрије, Босне и Херцеговине, Немачке, Румуније и Србије. Циљ ових аутора био је да прикажу на који начин се карактеристике стома из различитих провенијенција и из различитих средина мењају под утицајем суше и да процене њихову фенотипску пластичност. Ово истраживање је спроведено током две узастопне године (2010 и 2011) које су се одликовале различитим условима, а резултати су показали да се провенијенције значајно разликују у погледу густине стома, ширине стома, потенцијалног индекса проводљивости и релативне површине отвора стома између две сезоне. Током сушне године (2011) код свих провенијенција густина стома значајно се повећала, док су индекси фенотипске пластичности били високи код густине стома, потенцијалног индекса проводљивости и релативне површине отвора стома. Stojnić *et al.* (2015b) су код 15 провенијенција букве проценили стабилност и адаптабилност на основу висине садница на четири локалитета у Босни и Херцеговини, Хрватској и Србији. Подаци седам шестогодишњих и осам петогодишњих провенијенција су добијени 2009. године и одвојено су анализирани. У овом истраживању, аутори су испитивали интеракцију провенијенције и локалитета и идентификовали су провенијенције које су се показале стабилним у различитим срединама. Stojnić *et al.* (2015c) су, такође, проучавали пластичност одређених анатомских карактеристика листа букве из различитих провенијенција, као одговор на срединске услове, пореклом из два провенијенична теста. Један локалитет представљао је изоловану, маргиналну област, док је други био у оквиру ареала букве у Србији. Ово истраживање укључивало је 12 провенијенција пореклом из Аустрије, Босне и Херцеговине, Мађарске, Румуније и Србије. Резултати су показали да су генетичке разлике између провенијенција, углавном, одговорне за разлике у карактеристикама листа, као и одсуство везе између провенијенција из истог географског региона, указујући на фенотипску хетерогеност између њих. Такође, ови аутори су указали и на могућност постојања пластичног одговора провенијенција као последице утицаја услова средине. Високе вредности индекса пластичности, опсервиране за стоматалну густину и дебљина палисадног и сунђерастог паренхима, указале су на регулативну функцију стома и структуру мезофила у погледу

физиолошких адаптација на неповољне услове раста у маргиналним областима. Ове склерофилне структуре листа, које указују на отпорност на сушу, опсервиране су у централним провенијенцијама из централне/источне Европе и умереним срединама, указујући да провенијенције букве из топлијих области у јужној Европи не морају бити једини извор екотипова отпорних на сушу. *Stojnić et al.* (2016) су проучавали интра- и интерпровенијеничну генетичку варијабилност одређених морфолошких карактеристика између девет провенијенција букве и показали да се буква одликује присуством неколико екотипских образаца генетичке варијабилности, а не клиналним варирањем. На основу резултата овог истраживања уочен је значајан ефекат локалитета и провенијенције на истраживане особине букве, са две провенијенције које су промениле свој ранг у висини раста између два локалитета. Провенијенција са највећом висином раста истовремено је имала и највеће просечне вредности пречника кореновог врата. Нешто касније, *Čortan et al.* (2019) су проучавали обрасце интерпровенијеничне генетичке диференцијације на основу морфолошких карактеристика букве и морфолошку пластичност листа као адаптацију на локалне услове климе, са провенијеничног теста Дебели Луг. Резултати овог истраживања показали су присуство значајне генетичке варијабилности између провенијенција букве, чак и између провенијенција које потичу из истог географског региона, где је генетичка диференцијација између истраживаних провенијенција показала екотипски образац. *Nonić et al.* (2019) наставили су ова истраживања проучавајући интерпровенијеничну генетичку варијабилност букве применом морфолошких маркера листа из 13 провенијенција током две истраживачке године, поново наглашавајући значај климатских услова на подручју провенијеничног теста. *Vastag et al.* (2019) су проучавали варирање стоматалних карактеристика листа између и унутар 14 провенијенција букве пореклом из шест земаља (Босна и Херцеговина, Румунија, Србија, Немачка и Мађарска) у провенијеничном тесту основаном на Фрушкој гори и показали екотипски образац генетичке варијабилности међу анализираним провенијенцијама, који је утицао на стоматалне карактеристике листа. Једно од најновијих истраживања спроведеног на провенијеничним тестовима букве у Србији тичало се морфометријских карактеристика листа букве. *Stojnić et al.* (2022) су проучавали просторне и срединске обрасце варирања величине и облика листа коришћењем метода геометријске морфометрије. Истраживање ових аутора укључивало је осам провенијенција из три биогеографска региона (алпског, континенталног и панонског), дуж више европских земаља (Босна и Херцеговина, Хрватска, Немачка, Мађарска, Румунија и Србија), а њихови резултати указали су на постојање директне селекције која у неповољним условима фаворизује облик листа који представља адаптацију на услове високе температуре и недостатак воде.

3. ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ ПРОВЕНИЈЕНИЧНОГ ТЕСТА У ДЕБЕЛОМ ЛУГУ

Након оснивања провенијеничног теста букве, у пролеће 2007. године, прва истраживања су обављена у јесен исте године када је анализиран проценат пријема и преживљавања садница различитих провенијенција, у оквиру пројекта „Програм оснивања семенске плантаже европског провенијеничног теста“ (2007) који је финансирало Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде - Управа за шуме (слика 3.1. и 3.2).



Слика 3.1. Изглед површине на коме је основан провенијенични тест букве у Дебелом Лугу, март 2007. године

У периоду од 2008. до 2010. године, у оквиру пројекта под називом „Истраживање генетског потенцијала различитих провенијенција букве у оквиру мреже европских провенијеничних тестова“ (2008; 2009-2010), који је финансирала Управа за шуме, реализована су следећа истраживања:

- анализа пријема и преживљавања садница;
- анализа висина и пречника садница;
- анализа пролетње фенологије и
- анализа јесење фенологије.

Истраживања у оквиру провенијеничног теста букве настављена су током 2010. и 2011. године у оквиру докторске дисертације др Срђана Стојинића, под насловом: „Варијабилност анатомских, физиолошких и морфолошких карактеристика различитих провенијенција букве у Србији“ (2013). Истраживања су обухватила процену варијабилности анатомских, физиолошких и морфолошких карактеристика листова, као и анализу висина и пречника биљака различитих провенијенција у старости од 5 и 6 година (2010) и 6 и 7 година (2011).



Слика 3.2. Изглед биљака у провенијеничном тесту у мају 2007. године

Истраживања међупровенијеничне варијабилности на основу морфолошких карактеристика листова започета су 2012. године, у старости биљака од 7 и 8 година. Истраживањима је обухваћено 10 провенијенција које потичу са територије југоисточне Европе. 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 (Dl), ширина листа ($\check{S}l$), дужина петелјке (Dp), ширина основе листа на 1 cm удаљености од базе петелјке ($\check{S}o$), број бочних нерава – лево (Nl) и број бочних нерава – десно (Nd), у односу на централни нерв, размак између 3. и 4. нерва – лево ($Rn\ 3-4$). (\check{S} ijačić-Nikolić *et al.* 2012).

Истраживања морфолошких карактеристика листова, као основе за диференцијацију између провенијенција, настављена су и у оквиру пројекта „Дефинисање таксономског статуса букве у Србији - фаза I и II“ (2016-2018), који је финасирала Управа за шуме (слика 3.3). Анализа морфолошких карактеристика листова различитих провенијенција букве обављена је у две сукцесивне године: 2016. и 2017., на нивоу 17, односно 16 провенијенција. Анализа морфолошких својстава листова спроведена је на узорку од по десет, случајно изабраних стабала, из 20 провенијенција. Са сваког стабла, сакупљено је по 30 листова (укупно 300 листова по провенијенцији). На хербаризованом материјалу мерена су следећа фолијарна својства: дужина листа (Dl), ширина листа (Šl), дужина петелке (Dp), број нерава – лево (Nl), број нерава – десно (Nd), размак између 3. и 4. нерва (Rp 3-4). Површине листова одређене су истом узорку. У оквиру истог пројекта спроведене су молекуларно-генетичке анализе за које су коришћени једарни и хлоропластни микросателити. Анализом варијабилности нуклеарних и хлоропластних микросателита у испитиваним провенијенцијама утврђени су параметри генетичког диверзитета и генетичке диференцијације између 14 провенијенција које су биле обухваћене овим истраживањима.



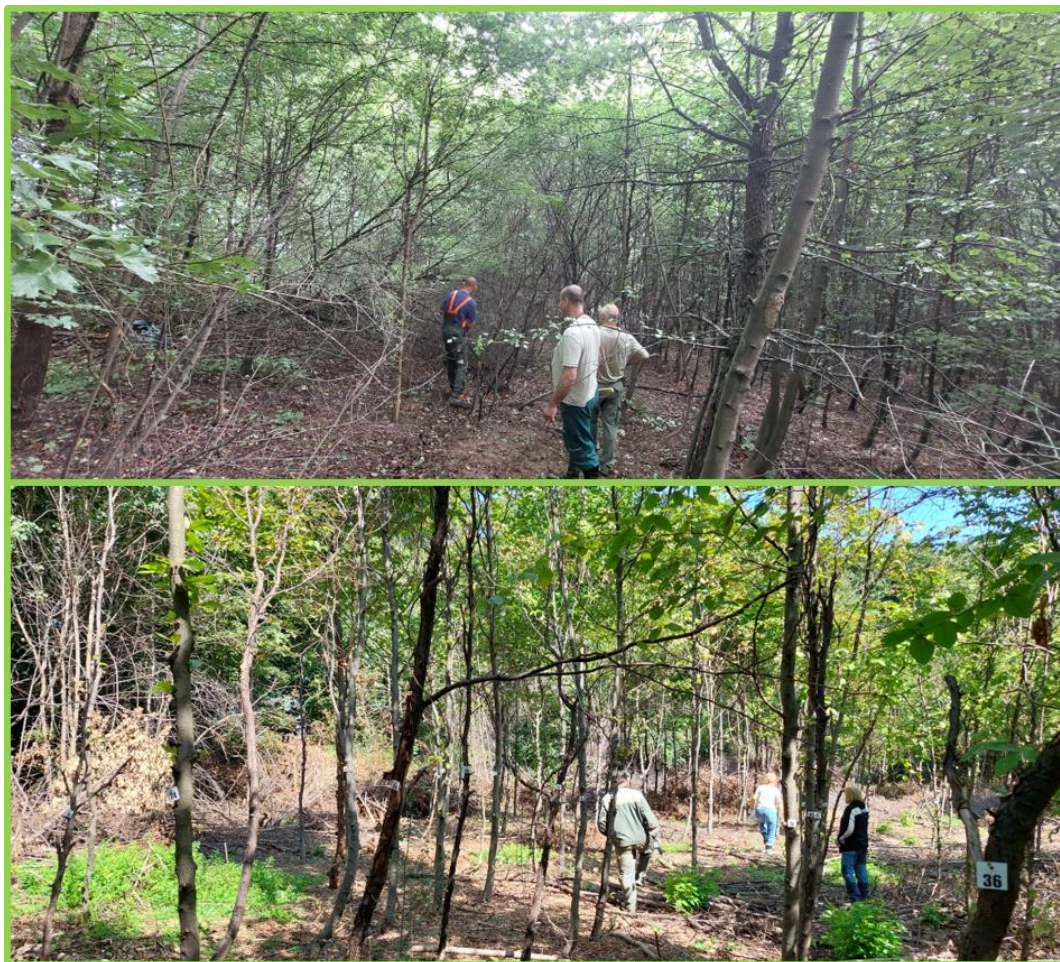
Слика 3.3. Изглед провенијеничног теста букве у лето 2017. године

У оквиру овог пројекта, током 2023. године, настављена су истраживања у циљу процене варијабилности између провенијенција на основу морфолошких карактеристика листова, пречника и висине биљака.

Током протеклог периода резултати спроведених истраживања публиковани су у међународним и националним часописима и саопштени на бројним скуповима у земљи и иностранству.

4. УЗГОЈНИ ТРЕТМАН У ПРОВЕНИЈЕНИЧНОМ ТЕСТУ

Током 2023. године, у старости провенијеничног теста од 17 година и старости стабала различитих провенијенција 19 и 20 година, приступило се његовој реконструкцији и премеру стабала. У циљу уређења провенијеничног теста спроведена је мера чишћења младика и потпуно су уклоњене спонтано обновљене дрвенасте врсте у провенијеничном тесту(слика 4.1). Приликом премера, дубећа стабла букве су евидентирана у две категорије, као жива и као сува, а затим су санитарном сечом уклоњена сва сува стабла. Редови и стабла по провенијенцијама су трајно обележена плочицама различите боје и димензија(слика 4.2).



Слика 4.1. Чишћење младика и уклањање спонтано обновљене вегетације у провенијеничном тесту

У јесен 2023. године, помоћу пречнице свим живим стаблима су премерена два унакрсна прсна пречника, са тачношћу 1 mm, а са са висиномером Vertex III (Haglöf, Sweden) су измерене висине стабала на узорку, обухватајући заступљени распон дебљина из сваке провенијенције.

Приликом премера стабала извршено је разврставање стабала по биолошком положају и квалитету дебла, на основу тростепене класификације (Модификована класификација по Assmann-у, 1970).

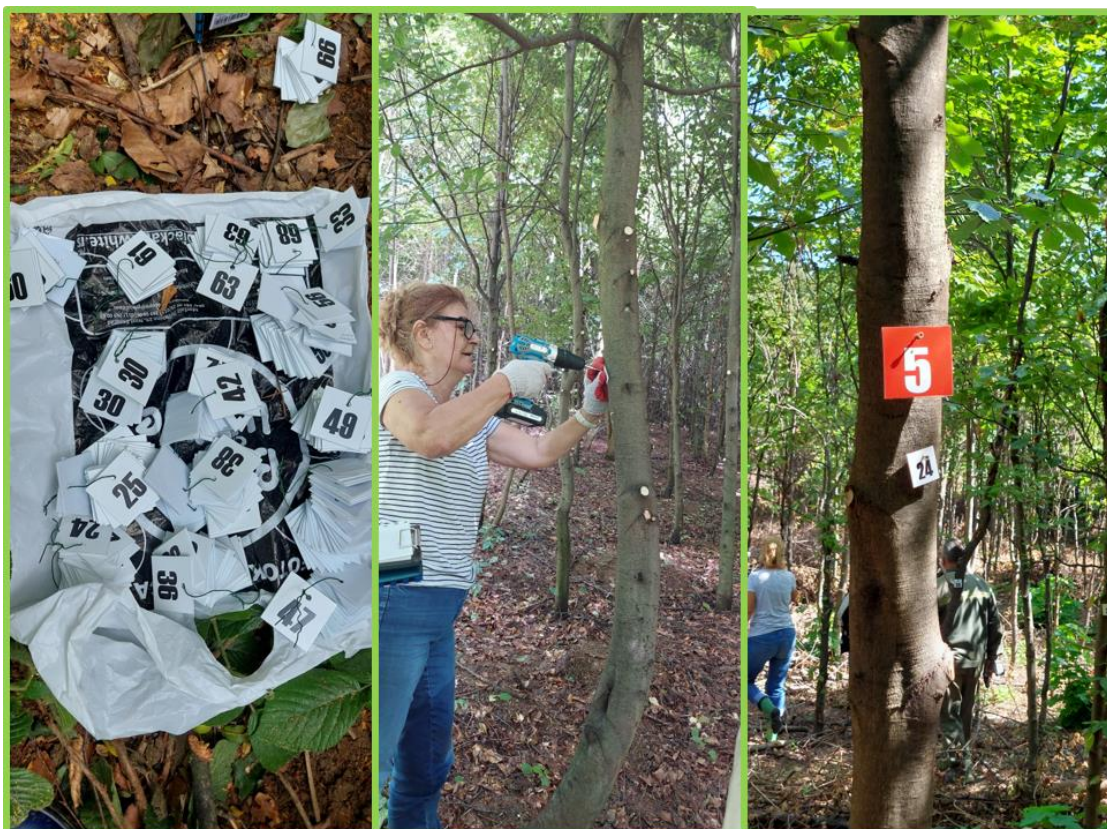
Биолошки положај (БП) је процењен као:

- 1 – надстојно стабло (по Kraft-у (1884) 1. и 2. категорија),
- 2 – међустојеће стабло (по Kraft-у (1884) 3. категорија) и
- 3 – подстојно стабло (по Kraft-у (1884) 4. и 5. категорија).

Квалитет дебла (КД) је процењен као:

- 1 – дебло доброг квалитета,
- 2 – дебло средњег квалитета и
- 3 – дебло лошег квалитета.

За издвојене категорије стабала израчунати су стандардни нумерички параметари дебљинске структуре: аритметичка средина (da), стандардна девијација (sd), коефицијент варијације (cv), варијациона ширина ($v\check{s}$), минимум ($dmin$), максимум ($dmax$), коефицијент асимилације (α_3) и коефицијент спљоштености (α_4). На основу биолошке и квалитативне структуре стабала у тесту, идентификоване су провенијенције у којима су заступљена најквалитетнија стабала у тренутној старости.



Слика 4.2. Трајно обележавање редова и стабала по провенијенцијама

4.1. Карактеристике санитарне сече

Услед несметаног развоја спонтано обновљених бројних дрвенастих врста и инкорпорирања у надстојни положај, у 2023. години у тесту је затечно интензивно биолошко диференцирање и морталитет стабала. Од укупно посађених 1250 (100%) стабала букве, у 2023. години укупно је евидентирано 795 (63,6%) дубећих стабала букве, од којих је 149 стабала (18,7%) било суво и посечено је санитарном сечом у склопу мера на уређивању провенијеничног теста. Присуство сувих стабала резултат је процеса биолошког диференцирања стабала у тесту при наведеним условима гајења. Изглед провенијеничног теста у 2023. години пре мера чишћења младика и санитарне сече и после наведених мера, приказан је на слици 4.3. После спроведених узгојних мера у тесту је преостало 646 стабала (слика 4.4). Све посађене провенијенције и даље су остале заступљене у провенијеничном тесту са 30 и више стабала, осим мађарске провенијенције (42).



Слика 4.3. Изглед провенијеничног теста пре мера чишћења младика



Слика 4.4. Изглед провенијеничног теста после мера чишћења младика и санитарне сече, септембар 2023. године

4.2. Разматрање питања примене селективне прореде у провенијеничном тесту

После спроведене санитарне сече 2023. године у тесту је разматрано питање примене селективне прореде, усмерене на стабла са идеалним хабитусом, која се бирају при првој прореди, примарно у оквиру надстојних стабала са квалитетним деблом. Од укупно 646 стабала преосталих после санитарне сече било је 458 надстојних стабала (70,9%), 87 међустојећих (13,5%) и 101 подстојних стабала (15,6%). Присуство 188 стабала (29,1%) изван категорије надстојних стабала резултат је процеса биолошког диференцирања у тесту при наведеним условима гајења. Дobar квалитет дебла процењен је код 42 стабала у засаду (6,5%), дебло средњег квалитета имало је 272 стабла (42,1%), а дебло лошег квалитета имало је 332 стабала (51,4%) (табела 4.1).

Табела 4.1. Нумерички показатељи дебљинске структуре стабала букве по биолошком положају и квалитету дебла у тесту и провенијенцијама

Група		n	%	d_a	d_{min}	d_{max}	s_d	kv	skew	kurt
		stabala		cm	cm	cm	cm	%		
Укупно		646	100	6,32	1,90	12,30	1,89	30,0	0,291	-0,182
БП	БП 1	458	70,9	7,07	2,95	12,30	1,58	22,4	0,509	0,195
	БП 2	87	13,5	4,85	1,90	7,80	1,12	23,2	0,451	0,155
	БП 3	101	15,6	4,18	2,20	8,55	1,21	29,0	1,205	2,089
КД	КД 1	42	6,5	6,01	3,30	9,55	1,50	25,0	0,048	-0,580
	КД 2	272	42,1	6,15	2,20	10,80	1,81	29,5	0,174	-0,428
	КД 3	332	51,4	6,50	1,90	12,30	1,99	30,6	0,320	-0,172
Провенијенција	24	41	6,3	6,45	3,15	10,25	1,57	24,3	0,158	-0,291
	25	18	2,8	6,01	3,25	10,15	1,55	25,8	0,698	2,095
	30	25	3,9	7,00	4,45	10,00	1,54	22,0	0,272	-0,800
	32	33	5,1	7,79	3,95	12,30	2,03	26,1	0,224	-0,425
	33	47	7,3	6,44	2,35	11,70	2,10	32,6	0,346	-0,070
	36	32	5,0	6,42	2,45	10,10	1,91	29,8	-0,119	-0,668
	38	20	3,1	6,27	3,05	12,20	2,27	36,2	0,867	1,115
	42	17	2,6	6,46	4,00	9,40	1,65	25,6	0,297	-1,005
	47	25	3,9	5,21	2,70	8,95	1,50	28,7	0,680	0,155
	48	33	5,1	5,74	2,80	9,95	1,73	30,1	0,756	0,441
	49	39	6,0	5,36	3,00	9,45	1,69	31,5	0,498	-0,582
	56	15	2,3	6,18	2,60	10,10	2,08	33,6	0,237	0,086
	59	25	3,9	6,35	3,90	9,70	1,41	22,1	0,211	0,170
	60	23	3,6	6,34	2,75	10,20	2,02	31,8	0,024	-0,669
	61	36	5,6	5,91	2,75	9,90	1,82	30,9	0,246	-0,366
	63	37	5,7	5,55	2,20	9,30	1,66	29,8	-0,046	-0,329
	64	24	3,7	5,88	3,35	10,20	1,82	31,0	0,379	-0,432
	65	30	4,6	6,41	2,50	11,80	2,12	33,1	0,151	0,174
	66	19	2,9	6,84	1,90	10,85	2,31	33,8	-0,380	0,291
	67	47	7,3	6,91	3,30	10,65	1,67	24,1	-0,167	-0,299
68	29	4,5	6,46	3,35	10,45	1,81	28,0	0,481	0,409	
69	31	4,8	6,91	4,40	10,25	1,87	27,1	0,480	-1,190	

У оквиру 458 надстојних стабала (БП1) је евидентирано укупно 37 стабала са деблом доброг квалитета (8.1%), а присуство 5 стабала или 11,9% од укупног броја стабала са деблом доброг квалитета је изван категорије надстојних стабала(табела 4.2). Највеће учешће стабала букве са деблом доброг квалитета (КД1) има српска провенијенција 67

(Борања), док у оквиру хрватске провенијенције 24, немачке провенијенције 49 и аустријске провенијенције 56, нису евидентирана таква стабла.

Табела 4.2. Нумерички показатељи дебљинске структуре надстојних стабала букве (БП1) са деблом доброг квалитета (КД1) у тесту и провенијенцијама

Група		n		%	d_a	d_{min}	d_{max}	S_d	k_v	skew	kurt
		stabala			cm	cm	cm	cm	%		
Укупно		37	100		6,24	3,50	9,55	1,40	22,5	0,045	-0,366
БП1 и КД1	Провенијенција	25	4	10,8	5,44	3,95	7,35	1,56	28,7	0,493	-2,547
		30	3	8,1	5,55	4,45	6,25	0,96	17,4	-1,545	
		32	1	2,7	7,60	7,60	7,60				
		33	2	5,4	6,78	6,45	7,10	0,46	6,8		
		36	2	5,4	6,88	6,20	7,55	0,95	13,9		
		38	1	2,7	3,50	3,50	3,50				
		42	1	2,7	7,60	7,60	7,60				
		47	1	2,7	7,05	7,05	7,05				
		48	2	5,4	5,03	4,75	5,30	0,39	7,7		
		59	1	2,7	6,05	6,05	6,05				
		60	1	2,7	6,95	6,95	6,95				
		61	4	10,8	7,00	5,75	8,70	1,25	17,9	0,962	1,212
		63	3	8,1	5,53	4,00	6,55	1,35	24,4	-1,469	
		64	2	5,4	6,23	4,75	7,70	2,09	33,5		
		65	1	2,7	9,55	9,55	9,55				
		66	1	2,7	7,55	7,55	7,55				
		67	5	13,5	6,08	4,70	8,00	1,55	25,5	0,582	-2,889
		68	1	2,7	6,30	6,30	6,30				
69	1	2,7	5,50	5,50	5,50						

У оквиру 458 надстојних стабала је евидентирано укупно 196 стабала са деблом средњег квалитета (42,8%)(табела 4.3). Највеће учешће стабала букве са деблом средњег квалитета, са 21 стаблом (10,7%), има српска провенијенција 67 (Борања). Од укупног броја стабала са деблом доброг и средњег квалитета у засаду (314 стабала) у оквиру надстојних стабала укупно је заступљено 233 стабала (74,2%), а 81 стабало (25,8%) заступљено је изван категорије надстојних стабала.

Табела 4.3. Нумерички показатељи дебљинске структуре надстојних стабала букве (БП1) са деблом средњег квалитета (КД2) у тесту и провенијенцијама

Група		n	%	d_a	d_{min}	d_{max}	s_d	$kv\%$	$skew$	$kurt$	
Укупно		196	100	6,89	2,95	10,80	1,48	21,4	0,340	-0,087	
БП1и КД1	Провенијенција	24	14	7,1	6,47	4,75	9,60	1,38	21,3	0,883	0,312
		25	5	2,6	6,72	5,30	10,15	1,95	29,1	2,030	4,305
		30	16	8,2	7,18	4,55	10,00	1,52	21,2	0,285	-0,494
		32	10	5,1	8,23	6,80	10,80	1,58	19,2	0,916	-1,153
		33	9	4,6	7,07	5,85	8,15	0,84	11,9	-0,325	-1,545
		36	7	3,6	7,37	5,45	10,10	1,47	19,9	1,006	1,621
		38	6	3,1	6,79	4,30	8,85	1,51	22,2	-0,568	1,472
		42	5	2,6	7,53	5,35	8,90	1,48	19,6	-0,875	-0,597
		47	5	2,6	6,32	5,00	7,05	0,78	12,3	-1,683	3,525
		48	8	4,1	6,99	5,55	8,90	1,27	18,1	0,338	-1,759
		49	13	6,6	6,30	3,90	9,45	1,76	27,9	0,329	-1,129
		56	6	3,1	6,28	4,60	7,20	0,97	15,4	-1,239	1,013
		59	8	4,1	6,95	4,40	9,70	1,55	22,3	0,240	1,123
		60	7	3,6	6,21	5,10	7,80	1,04	16,7	0,503	-1,522
		61	11	5,6	6,28	4,05	9,45	1,50	23,9	0,639	1,074
		63	13	6,6	6,00	2,95	9,30	1,48	24,7	0,137	2,210
		64	6	3,1	6,62	5,60	7,65	0,92	13,9	-0,155	-2,549
		65	7	3,6	7,29	5,85	8,85	1,18	16,2	0,037	-1,577
		66	2	1,0	6,75	6,05	7,45	0,99	14,7		
67	21	10,7	7,32	4,25	9,95	1,35	18,4	-0,290	0,412		
68	5	2,6	7,13	5,80	10,05	1,71	24,0	1,738	3,211		
69	12	6,1	7,36	5,20	9,85	1,88	25,5	0,134	-1,794		

Према резултатима које износи Ballian и Zukić (2011) може се закључити да буква није генетски диференцирана у односу на еколошку и вегетацијску карактеризацију станишта, односно да буква показује сличне морфолошке и производне карактеристике са различитих подручја, што имплицира да многи други фактори утичу на морфолошку и производну диференцијацију букве. Генерални закључак у том смислу је да се не може са сигурношћу утврдити супериорност провенијенција у расту у основаним провенијеничним тестовима све док стабла не достигну старост од 40 година, односно једну трећину опходње (Vidaković, Krstinić, 1985).

На основу карактеристика биолошког диференцирања стабала у старости природних састојина букве 40-50 година, при спонтаном развоју или после једне или две прореди, интензивно је биолошко диференцирање стабала. Од укупног броја стабала, 20-30% стабала заузима надстојни положај, а 70-80% има међустојећи и подстојни положај и у узгојном

смислу секундарну улогу у састојинама (Vobinas, 2003, 2006). На основу средње (7,9 m) и максималне висине (10,3 m) стабала букве у старости 19 (20) година у провенијеничном тесту може се закључити да просечан раст стабала у висину има карактеристике раста као буква у природни састојинама на најповољнијем станишту на подручју источне Србије (Stajić *et al.*, 2016), где се тест и налази. Присуство 22 провенијенције букве и вештачко порекло могу се сматрати опредељујућим за остварени раст у висину на датом станишту.

Под утицајем фактора ендogene и екзогене природе, који опредељују раст стабала у тесту, затечен морталитет 18,7% стабала и утврђена структура стабала по биолошком положају после санитарне сече, са 70,9% надстојних стабала и 29,1% стабала са међустојећим и подстојним положајем, резултат је биолошког диференцирања стабала у тесту при наведеним условима гајења.

Добар квалитет дебла имало је укупно 42 стабала у засаду (6,5%), а у оквиру 458 надстојних стабала је евидентирано 37 таквих стабала (8,1%). Заступљеност 88,1% стабала са деблом доброг квалитета у оквиру надстојних стабала указује да се у старости стабала 19 (20) година идеални хабитус доминантно реализује у надстојном биолошком положају стабала у провенијеничном тесту.

5. АНАЛИЗА ПРЕЖИВЉАВАЊА БИЉАКА

Анализа преживљавања биљака различитих провенијенција, у старости од 19 и 20 година, у 17 години након оснивања провенијеничног теста обављена је у јулу 2023. године евидентирањем свих дубећих стабала. Процент преживљавања у овој години израчунат је на основу броја дубећих стабала и броја посађених садница у оквиру сваког блока. Добијени подаци поређени су са подацима који су прикупљени у ранијим годинама истраживања.

У години садње, у јесен 2007. године, скоро све провенијенције су показале висок проценат преживљавања биљака (између 90% и 100%), док су само две румунске провенијенције имале нешто слабији проценат преживљавања (78% и 88%).

У јесен 2010. године, ситуација је била слична. Процент преживљавања скоро свих провенијенција био је између 90 и 100, са изузетком румунских провенијенција, код којих је забележен наставак негативног тренда. У четвртој години након садње српске провенијенције показују пад процента преживљавања биљака – Фрушка гора (36) бележи пад са 98% на 76%, Фрушка гора (68) са 92% на 90%, Копаоник са 98% на 88%, Авала са 100% на 85% и Цер са 96% на 88%. Провенијенција Борања је задржала максимални проценат преживљавања биљака (100%).

Анализа преживљавања биљака у 2023. години показала је значајан пад процента преживљавања биљака у свим провенијенцијама, укључујући и провенијенције из Србије и региона. Готово све провенијенције имају проценат преживљавања биљака преко 50%, а просечни проценат преживљавања биљака за све провенијенције у оквиру теста износи 63,6%.

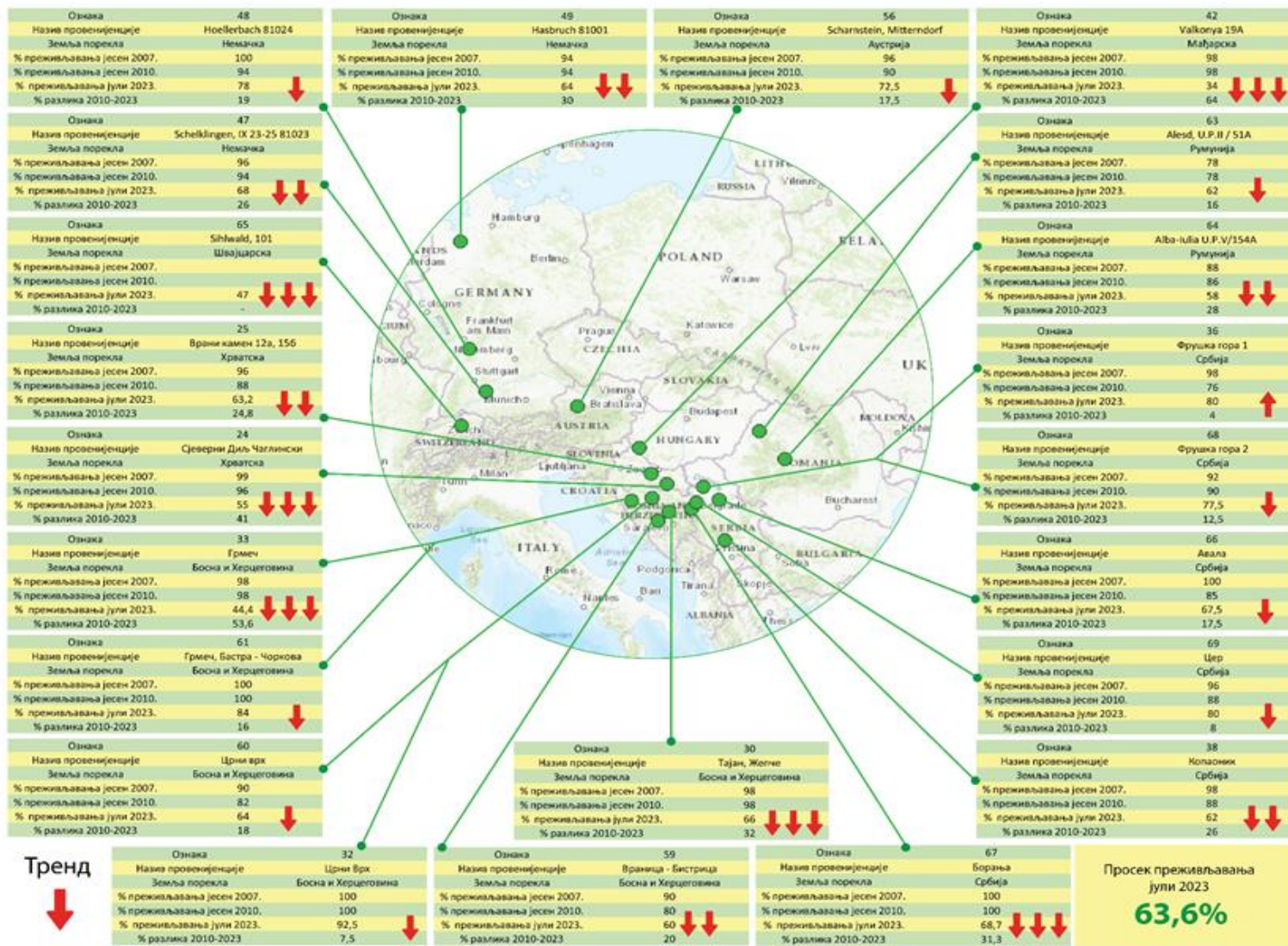
Највећи пад процента преживљавања током последњих година забележен је код провенијенције број 42 (Valkoуа 19А, Мађарска) где износи 64%, затим код провенијенције

број 33 (Грмеч, Босна и Херцеговина) где износи 53,6% и код провенијенције број 24 (Sjeverni Dilj Caglini, Хрватска) где износи 41%. Такође, низак је проценат преживљавања у 2023. години забележен је и код провенијенције број 65 (Sihlwald, 101, Швајцарска), за коју не постоје подаци из претходног периода. Остале провенијенције показују пад процента преживљавања биљака испод 35%. Тренд смањења преживљавања биљака различитих провенијенција може бити последица изостанка адекватних узгојних мера у провенијеничном тесту као и итерације самих провенијенција и локалних услова средине.

Процент преживљавања сваке провенијенције, по годинама у којима је вршена процена, приказан је у табели 5.1 и на слици 5.1.

Табела 5.1. Процент преживљавања биљака различитих провенијенција букве 2007., 2010. и 2023. године

Ознака	Назив провенијенције	Земља порекла	% преживљавања јесен 2007.	% преживљавања јесен 2010.	% преживљавања јули 2023.	% разлика 2010-2023	тренд
24	Sjeverni Dilj Caglini	Хрватска	99	96	55	41	☹☹☹
25	Vrani kamen 12a, 15b	Хрватска	96	88	63,2	24,8	☹☹
30	Тajan, Zepce	БиХ	98	98	66	32	☹☹☹
32	Crni Vrh	БиХ	100	100	92,5	7,5	☹
33	Грмеч	БиХ	98	98	44,4	53,6	☹☹☹
36	Фрушка гора 1	Србија	98	76	80	4	☹
38	Копaоник	Србија	98	88	62	26	☹☹
42	Valkonya 19A	Мађарска	98	98	34	64	☹☹☹
47	Schelklingen, IX 23-25 81023	Немачка	96	94	68	26	☹☹
48	Hoellerbach 81024	Немачка	100	94	78	19	☹
49	Hasbruch 81001	Немачка	94	94	64	30	☹☹
c56	Scharnstein, Mitterndorf	Аустрија	96	90	72,5	17,5	☹
59	Vranica – Bistrica	БиХ	90	80	60	20	☹☹
60	Crni vrh	БиХ	90	82	64	18	☹
61	Грмеч, Bastra - Corkova	БиХ	100	100	84	16	☹
63	Alesd, U.P.II / 51A	Румунија	78	78	62	16	☹
64	Alba-Iulia, U.P.V/154A	Румунија	88	86	58	28	☹☹
65	Sihlwald, 101	Швајцарска			47	-	☹☹☹
66	Авала	Србија	100	85	67,5	17,5	☹
67	Борања	Србија	100	100	68,7	31,3	☹☹☹
68	Фрушка гора 2	Србија	92	90	77,5	12,5	☹
69	Цер	Србија	96	88	80	8	☹
	ПРОСЕК				63,6		☹☹☹



Слика 5.1. Просторни распоред и проценат преживљавања биљака различитих провенијенција букве

Резултати истраживања показали су да се процена варијабилности преживљавања биљака различитих провенијенција букве може користити за процену адаптивног потенцијала, као последице адаптације саме провенијенције на локалне услове средине. Као и у ранијим истраживањима (Šijačić-Nikolić *et al.*, 2009; Stojnić, 2013; Ballian *et al.*, 2019), проценат преживљавања биљака је варирао међу провенијенцијама током различитих година. Уочено варирање може бити последица различитих фактора, од којих се способност прилагођавања карактеристикама станишта, пре свега климатским параметрима који на њему владају, може сматрати једним од најзначајнијих.

Резултати су показали значајан пад процента преживљавања биљака у свим провенијенцијама током 2023. године, укључујући и провенијенције из Србије и региона. Stojnić (2013) наглашава да је 2011. година била изузетно неповољна за преживљавање букве у оба провенијенична теста (Дебели Луг и Фрушка гора), са изузетно малим количинама падавина, што може бити један од узрока опадања процента преживљавања у 2023. години. Поред поменутог, Šijačić-Nikolić (2018) истиче 2016. годину као изразито влажну, што такође указује да добијени проценат преживљавања може бити резултат интеракције генофонда самих провенијенција и климатских карактеристика које су владале у истраживаним годинама.

Локалне провенијенције (из Србије) су током 2023. године задржале нешто виши ниво преживљавања у поређењу са другим провенијенцијама, што је примећено и у истраживањима у другим провенијеничним тестовима који су укључивали локалне провенијенције (Gračan, 2001; Gračan *et al.*, 2006). Раније студије су показале да провенијенције букве чије се место порекла налази до неколико стотина километара од места оснивања теста показују највећи степен преживљавања (Von Wuehlisch *et al.*, 2008), Стога, може се закључити да је уочено варирање у преживљавању међу провенијенцијама резултат различитих одговора на селекционе притиске који се јављају на самим локалитетима где су провенијенични тестови основани.

Будуће активности требало би да обухвате наставак процене преживљавања биљака различитих провенијенција током већег броја узастопних година, уз праћење климатских карактеристика станишта, као и других фактора који могу негативно утицати на преживљавање.

6. АНАЛИЗА МОРФОЛОШКИХ КАРАКТЕРИСТИКА ЛИСТОВА

Анализа морфолошких карактеристика листова различитих провенијенција букве обухватила је све 22 провенијенције које су заступљене у провенијеничном тесту. Преглед провенијенција из којих је сакупљен биљни материјал за потребе ових истраживања, приказани су у табели 6.1. Провенијенције из исте земље порекла означене су истом бојом у табели.

Поред анализе морфолошких карактеристика листова сакупљених 2023. године, урађена је и компарација резултата добијених мерењем листова различитих провенијенција, који су сакупљени са стабала букве из истог провенијеничног теста током 2010, 2011, 2016.

и 2017. године. У последњој колони табеле 6.1. приказано је из којих су провенијенција узорковани листови за потребе претходних истраживања, чији су резултати компарирани са резултатима истраживања из 2023. године.

Анализа морфолошких својстава листова спроведена је на узорку од по десет, случајно изабраних стабала, из сваке провенијенције. Листови су сакупљани у септембру 2023. године (слика 6.1), при чему је са сваког стабла узорковано по 30 листова (укупно 300 листова по провенијенцији, односно 6600 листова)(слика 6.2). Листови су хербаризовани и скенирани.



Слика 6.1. Узорковање листова букве у провенијеничном тесту



Слика 6.2. Узорковани листови букве спремни за хербаризовање

Табела 6.1. Преглед провенијенција из којих је сакупљен биљни материјал за потребе анализе морфометријских карактеристика листова у различитим годинама

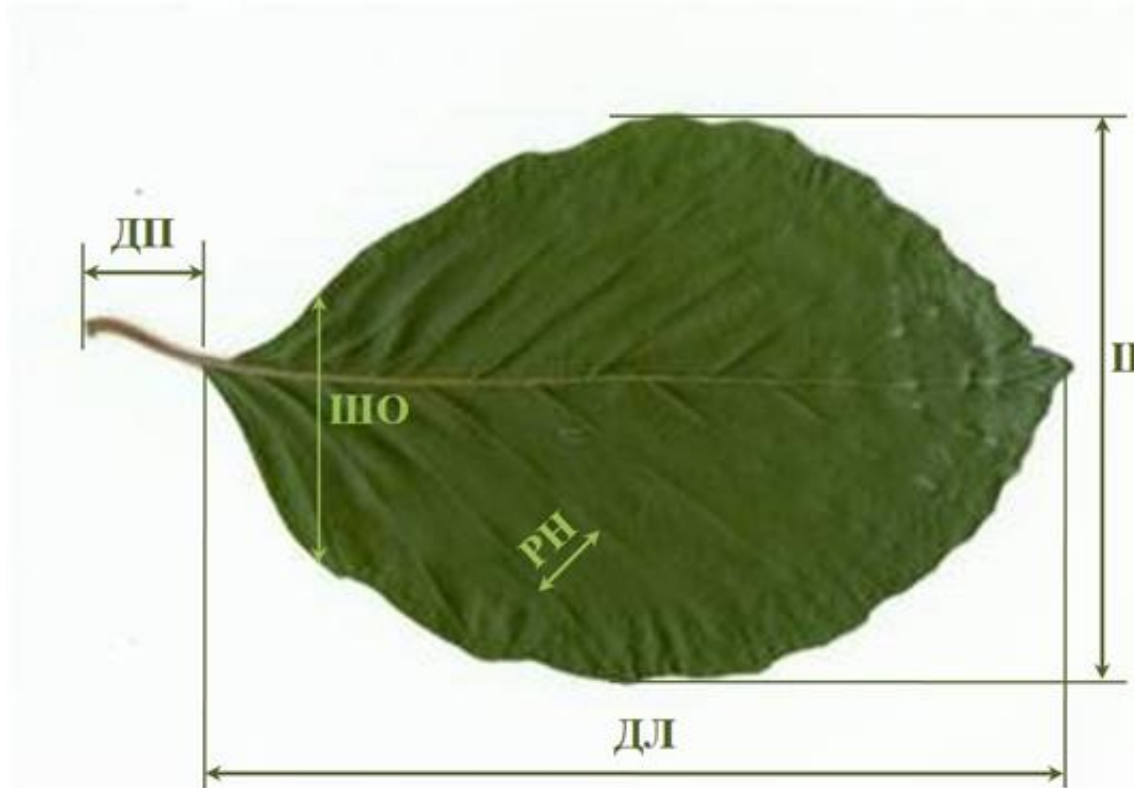
Ознака	Провенијенција	Земља порекла	Геогр. дужина	Геогр. ширина	Надм. висина (m)	Година узорковања				
						2010.	2011.	2016.	2017.	2023.
24	Sjeverini Dilj Čaglinski*	Хрватска	18° 01'	45° 17'	350	+	+	+	+	+
25	Vrani kamen 12a, 15b*	Хрватска	17° 19'	45° 37'	600	+	+	+	+	+
30	Tajan, Žepče*	БиХ	18° 03'	44° 23'	700	+		+		+
32	Crni Vrh, Tešanj*	БиХ	17° 59'	44° 33'	500	+		+	+	+
33	Grmeč, Bosanska krupa *	БиХ	16° 16'	44° 46'	650			+	+	+
36	Fruška gora*	Србија	19° 55'	45° 10'	370	+		+	+	+
38	Kopaonik*	Србија	20° 50'	43° 10'	820	+		+	+	+
42	Valkonya 19A*	Мађарска	16° 45'	46° 30'	300	+		+	+	+
47	Schelkingen*	Немачка	10° 00'	48° 00'	650	+		+	+	+
48	Höllerbach 81024*	Немачка	13° 14'	49° 01'	755			+	+	+
49	Hasbruch 81001*	Немачка	08° 26'	53° 08'	35	+		+	+	+
56	Scharnstein, Mitterndorf*	Аустрија	13° 58'	47° 54'	480	+		+	+	+
59	Vranica-Bistrica**	БиХ	17° 49'	43° 33'	750		+			+
60	Crni vrh**	БиХ	17° 59'	44° 33'	500		+		+	+
61	Grmeč, Bastra-Corkova**	БиХ	16° 14'	44° 45'	720		+		+	+
63	Alesd, U.P.II / 51A**	Румунија	22° 15'	47° 11'	490		+	+	+	+
64	Alba-Iulia, U.P.V/154A**	Румунија	23° 05'	46° 10'	860			+	+	+
65	Sihlwald, 101**	Швајцарска	07° 21'	47° 12'	1050				+	+
66	Avala**	Србија	20° 45'	44° 23'	475		+	+		+
67	Boranja**	Србија	19° 12'	44° 26'	410		+	+		+
68	Fruška gora**	Србија	19° 55'	44° 10'	370		+			+
69	Cer**	Србија	19° 50'	44° 12'	745		+	+		+
УКУПНО						10	10	17	16	22

Напомена: * семе сакупљено 2003. године; ** семе сакупљено 2004. године, одговарајућим бојама означене су провенијенције пореклом из различитих земаља

Мерења морфолошких параметара листа обављена су коришћењем софтвера *ImageJ*. Са тачношћу од 1 mm, мерене су следеће морфолошке карактеристике листа (слика 6.3):

- дужина лисне плоче (ДЛ),
- ширина листа (ШЛ),
- дужина петељке (ДП),
- ширина основе листа на 1 cm од базе петељке (ШО),
- размак између 3. и 4. нерва (РН).

Поред морфолошких карактеристика приказаних на слици 6.3, евидентиран је и број нерава са леве (НЛ) и десне стране (НД), у односу на главни лисни нерв.



Слика 6.3. Морфолошке карактеристике листа букве

Прикупљени подаци 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 (X), стандардна девијација (S) и коефицијент варијације ($CV\%$). Међупровенијенична варијабилност, на нивоу анализираних карактеристика, утврђена је једнофакторијалном анализом варијансе (ANOVA). Додатно тестирање обављено је помоћу LSD-теста и кластер анализе, у циљу процене груписања провенијенција, односно њихове блискости/удаљености, на основу средњих вредности својстава. Упоредна анализа је коришћена за поређење података добијених мерењима листова сакупљених различитих година.

Дескриптивни показатељи варијабилности за дужину лисне плоче (mm) и резултати анализе варијансе приказани су у табели 6.2. Резултати анализе варијансе за дужину лисне плоче указују на статистички значајне разлике између провенијенција ($p < 0,05$). Вредности овог параметра кретале су се од 59,34 mm (аустријска провенијенција 56) до 116,22 mm (српска провенијенција 69). Најнижа средња вредност овог параметра забележена је за листове немачке провенијенције 47 (78,23 mm), а највиша за листове српске провенијенције 69 (98,41 mm). Коефицијент варијације био је најнижи за српску провенијенцију 36 (4,22%), а највиши за аустријску провенијенцију 56 (15,34%). Резултати LSD-теста за овај параметар указују на постојање 9 хомогених група.

Табела 6.2. Дескриптивна статистика и ANOVA за дужину лисне плоче (mm)

Провенијенција	Средња вредност	Стандардна девијација	Коефицијент варијације	Минимум	Максимум
24	89,36 ^{defg}	9,53	10,66%	69,70	103,33
25	88,63 ^{def}	5,92	6,68%	80,74	101,43
30	84,76 ^{abcde}	5,77	6,81%	76,60	93,49
32	95,86 ^{ghi}	7,69	8,02%	87,99	110,36
33	89,86 ^{efgh}	6,74	7,50%	75,37	98,56
36	87,04 ^{cde}	3,67	4,22%	81,98	92,77
38	86,72 ^{cde}	5,13	5,91%	82,20	98,76
42	78,90 ^{ab}	5,64	7,15%	70,43	87,15
47	78,23 ^a	7,07	9,04%	65,37	86,41
48	87,19 ^{cde}	7,07	8,11%	72,91	95,45
49	81,25 ^{abc}	6,14	7,55%	65,85	87,23
56	81,90 ^{abc}	12,56	15,34%	59,64	106,64
59	86,05 ^{cde}	8,49	9,87%	74,74	97,61
60	97,31 ⁱ	10,44	10,73%	81,16	108,91
61	85,55 ^{bcd}	6,49	7,59%	77,43	99,55
63	89,20 ^{def}	8,92	10,00%	72,92	102,15
64	87,82 ^{cdef}	7,27	8,28%	73,47	101,74
65	82,78 ^{abcd}	7,45	8,99%	74,61	96,48
66	96,09 ^{hi}	4,93	5,13%	89,51	106,13
67	94,34 ^{fghi}	9,00	9,54%	76,49	108,45
68	85,92 ^{cde}	6,61	7,69%	72,16	95,22
69	98,41 ⁱ	7,81	7,94%	89,31	116,22
Између провенијенција					
ANOVA	Средина квадрата		F-однос		P-вредност
	326,35		5,74		0,00

Напомена: ознаке a, b, c, d, e, f, g, h, i означавају хомогене групе

Резултати дескриптивне статистике и анализе варијансе за ширину листа (mm) приказани су у табели 6.3. Резултати анализе варијансе за ширину листа указују на статистички значајне разлике између провенијенција ($p < 0,05$). Вредности ширине листа кретале су се од 37,45 mm (аустријска провенијенција 56) до 78,28 mm (провенијенција 60 из Босне и Херцеговине). Најнижа средња вредност овог параметра забележена је за листове немачке провенијенције 47 (48,63 mm), а највиша за листове српске провенијенције 69 (58,77 mm), као и у случају дужине лисне плоче.

Коефицијент варијације био је најнижи за немачку провенијенцију 47 (4,50%), а највиши за аустријску провенијенцију 56 (18,12%). Резултати LSD-теста за овај параметар указују на издвајање 6 хомогених група.

Табела 6.3. Дескриптивна статистика и ANOVA за ширину листа (mm)

Провенијенција	Средња вредност	Стандардна девијација	Коефицијент варијације	Минимум	Максимум
24	54,78 ^{bcdef}	4,55	8,31%	47,65	60,89
25	57,62 ^{ef}	4,03	6,99%	51,17	65,82
30	48,97 ^a	5,92	12,08%	39,54	56,54
32	58,19 ^{ef}	6,97	11,97%	50,22	74,99
33	55,32 ^{cdef}	5,93	10,72%	48,77	69,96
36	54,74 ^{bcdef}	2,53	4,61%	50,6	58,51
38	51,94 ^{abcd}	4,85	9,34%	44,91	58,8
42	49,92 ^{ab}	4,11	8,23%	42,35	54,09
47	48,63 ^a	2,19	4,50%	45,07	52,28
48	51,11 ^{abcd}	4,88	9,54%	41,64	56,98
49	49,51 ^a	2,99	6,04%	46,08	56,14
56	49,76 ^{ab}	9,02	18,12%	37,45	66,1
59	52,39 ^{abcd}	8,43	16,08%	47,07	73,28
60	58,21 ^f	8,27	14,20%	48,05	78,28
61	50,68 ^{abc}	3,96	7,80%	44,93	58,13
63	53,14 ^{abcde}	8,34	15,68%	39,96	70,57
64	52,20 ^{abcd}	5,04	9,65%	42,37	61,36
65	48,92 ^a	4,92	10,07%	42,98	56,78
66	56,05 ^{def}	6,05	10,80%	50,76	67,92
67	55,49 ^{cdef}	5,50	9,91%	46,57	66,14
68	50,60 ^{abc}	4,29	8,47%	44,53	56,11
69	58,77 ^f	6,61	11,24%	49,38	71,16
Између провенијенција					
ANOVA	Средина квадрата		Ф-однос	Р-вредност	
	112,75		3,43	0,00	

Напомена: ознаке a, b, c, d, e, f означавају хомогене групе

У табели 6.4 приказани су дескриптивни показатељи варијабилности за дужину петелке (mm) и резултати анализе варијансе. Резултати анализе варијансе указују на постојање статистички значајних разлика ($p < 0,05$) између 22 провенијенције букве, на основу измерених вредности овог параметра. Дужина петелке се кретала у распону од 5,69 mm (српска провенијенције 69) до 17,17 mm (провенијенција 32 из Босне и Херцеговине). Најнижа средња вредност овог параметра забележена је за листове српске провенијенције 36 (8,13 mm), а највиша за листове немачке провенијенције 49 (11,53 mm). Румунска провенијенција 64 се одликовала најнижим коефицијентом варијације (12,61%), а највишим румунска провенијенција означена бројем 63 (29,32%). На основу резултата LSD-теста за овај параметар констатовано је постојање 7 хомогених група.

Табела 6.4. Дескриптивна статистика и ANOVA за дужину петељке (mm)

Провенијенција	Средња вредност	Стандардна девијација	Коефицијент варијације	Минимум	Максимум
24	9,55 ^{abcdef}	1,83	19,16%	7,39	13,04
25	8,76 ^{ab}	1,91	21,83%	6,68	12,87
30	8,84 ^{ab}	1,42	16,11%	6,71	10,96
32	10,88 ^{defg}	2,65	24,33%	7,58	17,17
33	10,41 ^{bdefg}	1,99	19,13%	8,04	14,27
36	8,13 ^a	2,01	24,73%	5,94	11,67
38	8,76 ^{ab}	1,49	17,03%	7,02	12,18
42	8,84 ^{ab}	1,74	19,67%	6,03	10,98
47	9,11 ^{abcd}	2,39	26,23%	6,58	14,57
48	9,95 ^{abcdefg}	3,10	31,16%	6,17	15,51
49	11,53 ^g	2,35	20,34%	6,57	14,34
56	10,57 ^{bdefg}	1,46	13,83%	7,56	12,46
59	9,05 ^{abc}	1,67	18,43%	7,2	12,62
60	11,25 ^{fg}	1,46	13,01%	8,45	13,33
61	10,18 ^{bdefg}	2,12	20,87%	7,55	14,46
63	10,77 ^{cdefg}	3,16	29,32%	6,7	17,13
64	10,98 ^{efg}	1,38	12,61%	8,92	12,67
65	10,70 ^{cdefg}	1,66	15,53%	8,16	12,99
66	9,89 ^{abcdefg}	2,67	27,03%	6,02	14,14
67	10,01 ^{bdefg}	1,94	19,37%	7,37	13,21
68	9,19 ^{abcde}	1,49	16,24%	6,99	11,95
69	9,54 ^{abcdef}	2,29	23,98%	5,69	12,71
Између провенијенција					
ANOVA	Средина квадрата	F-однос		P-вредност	
	9,00	2,09		0,01	

Напомена: ознаке a, b, c, d, e, f, g означавају хомогене групе

Дескриптивни показатељи варијабилности за ширину основе на 1 cm од базе петељке (mm) и резултати анализе варијансе приказани су у табели 6.5. Резултати анализе варијансе указују на постојање статистички значајних разлика између анализираних провенијенција, на основу измерених ширина основа листа на 1 cm од базе петељке ($p < 0,05$). Минимална вредност овог параметра забележена је за листове босанске провенијенције 59 (21,75 mm), као и максимална вредност (50,55 mm). Најнижа средња вредност овог параметра забележена је за листове аустријске провенијенције 56 (27,35 mm), а највиша за листове хрватске провенијенције 25 (36,87 mm). Коефицијент варијације био је најнижи за српску провенијенцију 36 (6,82%), а највиши за босанску провенијенцију 59 (27,97%). Резултати LSD-теста за овај параметар указују на издвајање 6 хомогених група.

Табела 6.5. Дескриптивна статистика и ANOVA за ширину основе на 1 cm од базе петелјке (mm)

Провенијенција	Средња вредност	Стандардна девијација	Коефицијент варијације	Минимум	Максимум
24	30,35 ^{bcd}	4,56	15,03%	24,96	38,40
25	36,87 ^f	3,78	10,26%	31,19	44,88
30	28,86 ^{abcd}	2,75	9,53%	24,82	33,92
32	32,43 ^{de}	4,50	13,87%	24,00	40,36
33	29,94 ^{abcd}	2,80	9,35%	25,85	34,97
36	28,98 ^{abcd}	1,98	6,82%	25,09	31,00
38	27,24 ^{ab}	3,31	12,14%	23,25	33,28
42	27,91 ^{ab}	4,10	14,69%	21,87	34,59
47	28,09 ^{abc}	2,11	7,50%	25,16	32,76
48	29,15 ^{abcd}	3,86	13,25%	23,71	35,93
49	28,19 ^{abc}	3,75	13,31%	21,92	36,41
56	27,35 ^{ab}	3,60	13,15%	22,22	32,66
59	29,40 ^{abcd}	8,22	27,97%	21,75	50,55
60	29,93 ^{abcd}	6,26	20,90%	23,71	46,89
61	28,57 ^{abc}	3,77	13,21%	22,19	33,49
63	30,85 ^{bcde}	6,33	20,52%	24,83	46,23
64	30,23 ^{bcd}	2,73	9,03%	25,01	33,44
65	26,42 ^a	2,84	10,75%	23,01	31,56
66	31,86 ^{cde}	6,08	19,07%	23,29	44,55
67	29,89 ^{abcd}	2,68	8,97%	23,93	34,27
68	28,82 ^{abcd}	3,21	11,14%	23,60	34,94
69	34,15 ^{ef}	5,11	14,96%	29,17	41,94
Између провенијенција					
ANOVA	Средина квадрата	F-однос		P-вредност	
	56,83	3,08		0,00	

Напомена: ознаке a, b, c, d, e, f означавају хомогене групе

У табели 6.6 приказани су дескриптивни показатељи варијабилности и резултати анализе варијансе за размак између трећег и четвртог нерва - лево (mm). За овај параметар су, на основу резултата анализе варијансе, констатоване статистички значајне разлике између анализираних провенијенција ($p < 0,05$). Вредности овог параметра кретале су се од 6,06 mm (аустријска провенијенција 56) до 15,57 mm (провенијенција 60 из Босне и Херцеговине). Најнижа средња вредност за размак између трећег и четвртог нерва - лево забележена је за листове немачке провенијенције 49 (7,98 mm), а највиша за листове босанске провенијенције 32 (10,28 mm). Коефицијент варијације био је најнижи за српску провенијенцију 36 (7,91%), а највиши за босанску провенијенцију 60 (22,68%). Резултати LSD-теста указују на постојање 7 хомогених група за овај параметар.

Табела 6.6. Дескриптивна статистика и ANOVA за размак између трећег и четвртог нерва - лево (mm)

Провенијенција	Средња вредност	Стандардна девијација	Коефицијент варијације	Минимум	Максимум
24	9,70 ^{defg}	1,20	12,36%	7,34	11,63
25	9,87 ^{efg}	0,80	8,14%	8,53	10,90
30	8,94 ^{abcde}	1,15	12,83%	7,19	10,39
32	10,28 ^g	1,04	10,08%	8,80	11,65
33	9,07 ^{bcde}	1,45	15,95%	7,77	12,60
36	8,67 ^{abcd}	0,69	7,91%	7,85	9,82
38	9,45 ^{bcdefg}	1,01	10,72%	8,21	11,66
42	8,50 ^{abc}	1,36	15,97%	6,28	10,71
47	8,38 ^{ab}	1,26	15,07%	6,59	10,15
48	8,75 ^{abcd}	0,87	9,96%	7,09	10,12
49	7,98 ^a	1,06	13,28%	6,79	10,03
56	8,73 ^{abcd}	1,77	20,23%	6,06	12,82
59	8,63 ^{abcd}	1,47	17,03%	7,13	12,49
60	10,24 ^{fg}	2,32	22,68%	7,11	15,57
61	8,67 ^{abcd}	0,81	9,37%	7,71	9,92
63	9,19 ^{bcdef}	1,08	11,70%	7,76	10,88
64	9,30 ^{bcdefg}	1,65	17,69%	6,48	11,61
65	8,67 ^{abcd}	0,82	9,44%	7,39	10,35
66	9,41 ^{bcdefg}	1,13	12,02%	8,17	11,87
67	9,41 ^{bcdefg}	1,21	12,83%	8,18	12,30
68	8,61 ^{abc}	0,70	8,16%	7,08	9,43
69	9,51 ^{cdefg}	1,01	10,61%	7,88	11,47
Између провенијенција					
ANOVA	Средина квадрата		Ф-однос	Р-вредност	
	3,62		2,38	0,00	

Напомена: ознаке a, b, c, d, e, f, g означавају хомогене групе

Дескриптивни показатељи варијабилности за број нерава - лево и резултати анализе варијансе приказани су у табели 6.7. Све разлике у добијеним резултатима биле су статистички значајне ($p < 0,05$). Најнижа средња вредност овог параметра (7,20), забележена је за листове српске провенијенције 38 и мађарске провенијенције 42, а највиша за листове хрватске провенијенције 24 (8,70). Коефицијент варијације се кретао од 5,14% (провенијенције: 25, 36, 61 и 67) до 10,96% (провенијенција 42). Резултати LSD-теста за овај параметар указују на постојање 5 хомогених група.

Табела 6.7. Дескриптивна статистика и ANOVA за број нерава – лево

Провенијенција	Средња вредност	Стандардна девијација	Коефицијент варијације	Минимум	Максимум
24	8,70 ^e	0,48	5,55%	8	9
25	8,20 ^{cde}	0,42	5,14%	8	9
30	8,30 ^{de}	0,82	9,92%	7	9
32	8,30 ^{de}	0,48	5,82%	8	9
33	8,10 ^{bcd}	0,74	9,11%	7	9
36	8,20 ^{cde}	0,42	5,14%	8	9
38	7,20 ^a	0,42	5,86%	7	8
42	7,20 ^a	0,79	10,96%	6	8
47	7,70 ^{abc}	0,67	8,77%	7	9
48	7,90 ^{bcd}	0,74	9,34%	7	9
49	7,60 ^{ab}	0,52	6,79%	7	8
56	8,00 ^{bcd}	0,47	5,89%	7	9
59	7,90 ^{bcd}	0,57	7,19%	7	9
60	8,20 ^{cde}	0,79	9,62%	7	9
61	8,20 ^{cde}	0,42	5,14%	8	9
63	8,20 ^{cde}	0,63	7,71%	7	9
64	8,00 ^{bcd}	0,47	5,89%	7	9
65	7,90 ^{bcd}	0,74	9,34%	7	9
66	8,00 ^{bcd}	0,47	5,89%	7	9
67	8,20 ^{cde}	0,42	5,14%	8	9
68	7,70 ^{abc}	0,48	6,27%	7	8
69	8,10 ^{bcd}	0,88	10,81%	7	9
Између провенијенција					
ANOVA	Средина квадрата		Ф-однос	Р-вредност	
	1,23		3,37	0,00	

Напомена: ознаке а, b, c, d, e означавају хомогене групе

Дескриптивни показатељи варијабилности за број нерава - десно и резултати анализе варијансе приказани су у табели 6.8. Резултати анализе варијансе показују да су разлике добијене на основу броја нерава - десно статистички значајне ($p < 0,05$). Најнижа средња вредност овог параметра забележена је за листове мађарске провенијенције 42 (7,30), а највиша за листове хрватске провенијенције 24 (8,60). Румунска провенијенција 63 се одликовала најнижим коефицијентом варијације (5,14%), а највишим немачка провенијенција 47 (13,24%). Резултати LSD-теста указују на постојање 6 хомогених група.

Табела 6.8. Дескриптивна статистика и ANOVA за број нерава – десно

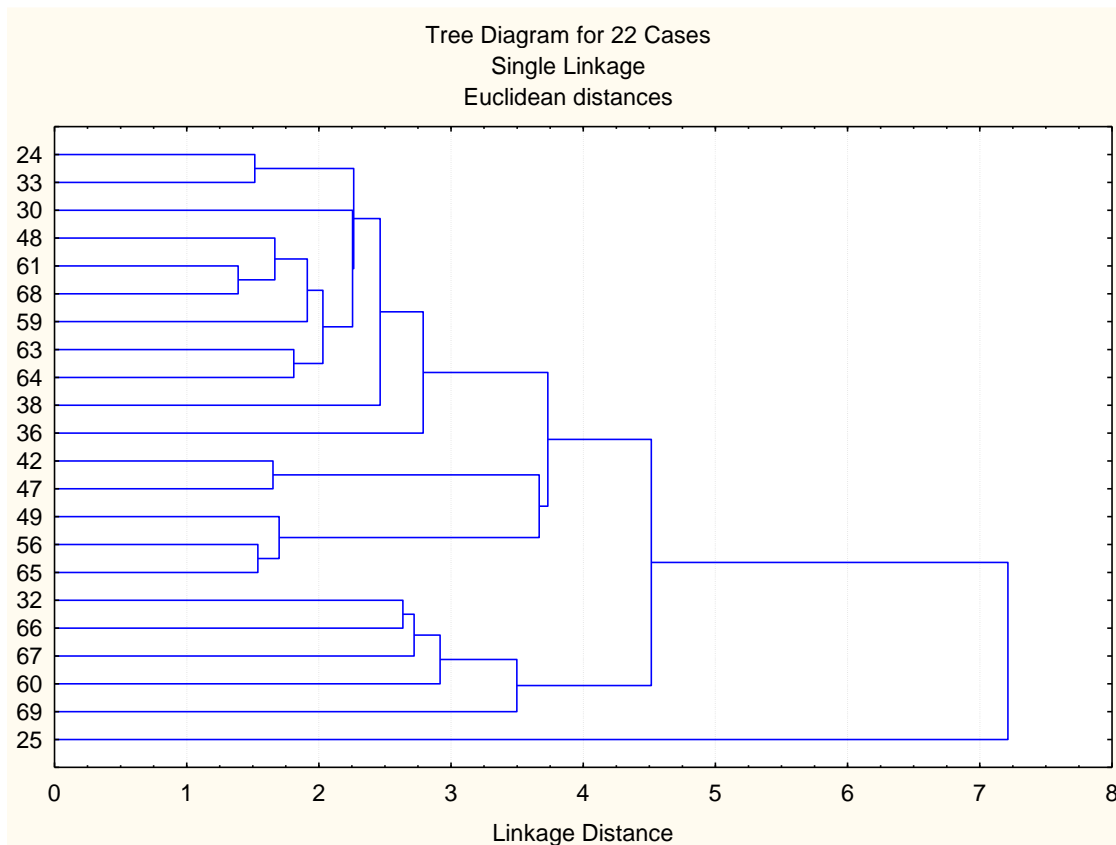
Провенијенција	Средња вредност	Стандардна девијација	Коефицијент варијације	Минимум	Максимум
24	8,60 ^f	0,70	8,13%	7	9
25	8,50 ^{ef}	0,53	6,20%	8	9
30	8,40 ^{def}	0,70	8,32%	7	9
32	8,40 ^{def}	0,52	6,15%	8	9
33	8,30 ^{cdef}	0,48	5,82%	8	9
36	8,30 ^{cdef}	0,48	5,82%	8	9
38	7,70 ^{ab}	0,67	8,77%	7	9
42	7,30 ^a	0,67	9,25%	6	8
47	7,80 ^{abc}	1,03	13,24%	6	9
48	8,10 ^{bcdef}	0,57	7,01%	7	9
49	7,70 ^{ab}	0,67	8,77%	7	9
56	7,90 ^{bcd}	0,57	7,19%	7	9
59	7,90 ^{bcd}	0,57	7,19%	7	9
60	8,30 ^{cdef}	0,67	8,13%	7	9
61	8,40 ^{def}	0,52	6,15%	8	9
63	8,20 ^{bcdef}	0,42	5,14%	8	9
64	8,10 ^{bcdef}	0,57	7,01%	7	9
65	7,80 ^{abc}	0,63	8,11%	7	9
66	8,00 ^{bcde}	0,47	5,89%	7	9
67	8,30 ^{cdef}	0,48	5,82%	8	9
68	7,70 ^{ab}	0,48	6,27%	7	8
69	8,30 ^{cdef}	0,82	9,92%	7	9
Између провенијенција					
ANOVA	Средина квадрата		Ф-однос	Р-вредност	
	1,09		2,85	0,00	

Напомена: ознаке a, b, c, d, e, f означавају хомогене групе

На графикону 6.1 приказани су резултати кластер анализе, који су добијени на основу средњих вредности анализираних морфолошких карактеристика листова букве.

На дендрограму кластер анализе уочава се издвајање три групе (кластера). Прву групу чине једна хрватска провенијенција (24), четири провенијенције из Босне и Херцеговине (30, 33, 61 и 59), три провенијенције из Србије (68, 38, 36), две из Румуније (63 и 64) и једна немачка провенијенција (48). Другу групу чине мађарска провенијенција (42), две немачке провенијенције (47 и 49), аустријска (56) и швајцарска провенијенција (65). Трећу групу чине провенијенције из Босне и Херцеговине (32 и 60), Србије (66, 67 и 69) и Хрватске (25), која се на највећој дистанци повезала са осталим провенијенцијама.

Може се констатовати да је већина провенијенција са подручја југоисточне Европе груписана у посебним групама (1 и 3), у односу на провенијенције из централне Европе, које су чиниле засебну групу (2).



Графикон 6.1. Дендрограм кластер анализе урађен на основу анализираних морфолошких карактеристика листова букве

На најмањој дистанци су груписане босанска (61) и српска (68) провенијенција; затим су, на такође малој дистанци, повезане хрватска (24) и босанска провенијенција (33), две румунске провенијенције (63 и 64), аустријска (56) и швајцарска (65) провенијенција, као и мађарска (42) и немачка (47) провенијенција.

6.1. Компаративна анализа морфолошких карактеристика листова различитих провенијенција

У циљу процене диференцијације између анализираних провенијенција, приступило се компаративној анализи морфолошких карактеристика листова сакупљених 2010. (Šijačić-Nikolić *et al.*, 2013), 2011. (Šijačić-Nikolić *et al.*, 2012), 2016. (Nonić *et al.*, 2019), 2017. (Nonić *et al.*, 2019) и 2023. године.

На основу средњих вредности дужине лисне плоче различитих провенијенција букве (табела 6.9), може се закључити да су мале вредности за четири од пет година констатоване код немачких провенијенција број 49 и 47 и аустријске провенијенције број 56, са изузетком 2011. године, у којој ове провенијенције нису анализиране. Највеће средње вредности овог својства констатоване су код провенијенција из Босне и Херцеговине, Србије и Хрватске,

за свих пет година. За разлику од провенијенција 47 и 49, које су, на основу димензија листова, биле ближе аустријској, швајцарској и мађарској провенијенцији, немачка провенијенција број 48 је била ближа провенијенцијама из Србије, Хрватске и/или Босне и Херцеговине.

Уколико се сагледа распон варирања овог својства, може се констатовати да су све вредности приликом мерења обављених на листовима сакупљеним 2010, 2011. и 2016. године, биле распоређене у две групе (50-60 и 60-70 mm).

Листови су 2017. године били већих димензија, када је у питању дужина лисне плоче, у анализираним провенијенцијама, а распоређени су у две категорије (60-70 и 70-80 mm).

У истраживањима обављеним на листовима узоркованим 2023. године, констатовано је да су били знатно већих димензија у погледу дужине лисне плоче, у односу на 2017, а нарочито у односу на претходне године истраживања. Кретали су се у распону од 70-80 mm (две провенијенције), 80-90 mm (15 провенијенција) и од 90-100 mm (пет провенијенција). У распонима варирања 80-90 и 90-100 mm, у свим претходним годинама истраживања, није било ниједне провенијенције са средњим вредностима дужине лисне плоче за наведене категорије.

Овакви резултати се могу повезати са старости биљака. Ранија истраживања (2010. и 2011. године) односила су се на младе биљке у раној фази онтогенезе, док су актуелна истраживања третирали листове стабала која су у старости 19 и 20 година.

У односу на литературне податке које износи Јовановић (Jovanović, 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, при чему се провенијенције са подручја Србије јасно не диференцирају у односу на остале анализирани провенијенције.

На основу средњих вредности ширине листа, различитих провенијенција букве (табела 6.10), може се закључити да су мале вредности за четири од пет година констатоване код аустријске провенијенције број 56 и немачких провенијенција број 47 и 49, као што је био случај и са дужином лисне плоче, са изузетком 2011. године, у којој ове провенијенције нису укључене у анализу. Највеће средње вредности овог својства констатоване су код провенијенција из Босне и Херцеговине, Хрватске и/или Србије, за свих пет година.

Табела 6.9. Компаративни приказ средњих вредности дужине лисне плоче (mm) листова различитих провенијенција букве узоркованих у пет година. Одговарајућим бојама означене су провенијенције пореклом из различитих земаља

Распон варирања	Средње вредности дужине лисне плоче									
	2010.		2011.		2016.		2017.		2023.	
50-60 mm	56	50,13	59	52,28	49	55,04				
	49	53,79	68	53,29	47	56,17				
	30	53,88	63	53,93	64	57,31				
	42	54,73	67	56,85	56	57,89				
	47	56,40	69	57,72	63	58,82				
			66	59,40	67	59,54				
				38	59,94					
Σ	5		6		7		0		0	
60-70 mm	38	60,65	61	60,10	48	60,33	56	60,59		
	36	62,26	24	62,42	66	60,34	49	64,24		
	24	62,42	25	63,13	42	60,88	65	65,13		
	25	63,13	60	66,25	33	62,43	38	66,92		
	32	65,89			25	65,37	42	68,00		
					24	66,09	64	68,24		
					69	66,37	61	68,25		
					32	68,62	47	68,66		
				30	68,63	63	69,01			
				36	69,02	36	69,31			
Σ	5		4		10		10		0	
70-80 mm							60	70,87	47	78,23
							33	71,03	42	78,90
							32	71,59		
							48	73,42		
							25	74,77		
						24	75,09			
Σ	0		0		0		6		2	
80-90 mm									49	81,25
									56	81,9
									65	82,7
									30	84,76
									61	85,55
									68	85,92
									59	86,05
									38	86,72
									36	87,04
									48	87,19
									64	87,82
									25	88,63
								63	89,20	
								24	89,36	
								33	89,86	
Σ	0		0		0		0		15	
90-100 mm									67	94,34
									32	95,86
									66	96,09
									60	97,31
								69	98,41	
Σ	0		0		0		0		5	

Табела 6.10. Компаративни приказ средњих вредности ширине листа (mm) листова различитих провенијенција букве узоркованих у пет година. Одговарајућим бојама означене су провенијенције пореклом из различитих земаља

Распон варирања	Средње вредности ширине листа									
	2010		2011		2016		2017		2023	
30-35 mm	56	30,71	63	31,32	47	32,41				
	30	31,23	68	31,37	49	33,58				
	42	33,08	59	32,95	64	33,78				
	49	34,00	69	33,64	67	34,20				
	47	34,60	66	34,46	48	34,21				
					66	34,26				
					38	34,71				
				63	34,92					
Σ	5		5		8		0		0	
35-40 mm	38	36,02	67	35,26	56	35,05	56	38,75		
	25	38,94	61	36,13	42	36,97	65	39,94		
	36	39,14	60	37,22	33	37,26	33	40,88		
	24	39,35	25	38,94	69	38,90				
			24	39,35	30	38,98				
					32	39,49				
					25	39,65				
				24	39,96					
Σ	4		5		8		3		0	
40-45 mm	32	42,17			36	41,14	42	41,49		
							38	41,53		
							61	41,97		
							36	42,22		
							32	42,38		
							47	42,49		
							49	42,59		
							63	42,59		
						60	42,68			
						64	42,96			
Σ	1		0		1		10		0	
45-50 mm							25	45,65	47	48,63
							48	46,04	65	48,92
							24	47,12	30	48,97
									49	49,51
									56	49,76
								42	49,92	
Σ	0		0		0		3		6	
50-55 mm									68	50,60
									61	50,68
									48	51,11
									38	51,94
									64	52,20
									59	52,39
									63	53,14
								36	54,74	
								24	54,78	
Σ	0		0		0		0		9	
55-60 mm									33	55,32
									67	55,49
									66	56,05
									25	57,62
									32	58,19
									60	58,21
								69	58,77	
Σ	0		0		0		0		7	

Уколико се сагледа распон варирања овог својства, може се констатовати да су све вредности приликом мерења обављених на листовима сакупљеним 2010, 2011. и 2016. године, биле распоређене у три групе (30-35, 35-40 и 40-45 mm). Листови су 2017. године били нешто већих димензија у анализираним провенијенцијама, а распоређени су у три категорије (35-40, 40-45 и 45-50 mm). У истраживањима обављеним на листовима узоркованим 2023. године, констатовано је да су били знатно већих димензија у погледу ширине листа, у односу на 2017., а нарочито у односу на претходне године истраживања. Кретали су се у распону од 45-50 mm (шест провенијенција), затим 50-55 mm (девет провенијенција) и од 55-60 mm (седам провенијенција). У распонима варирања 50-55 и 55-60 mm, у свим претходним годинама истраживања, није било ниједне провенијенције са средњим вредностима ширине листа за наведене категорије.

Добијени резултати су у складу са чињеницом да су 2023. године листови узорковани са биљака које су знатно старије, у поређењу са биљкама са којих су узорковани листови 2010, 2011. или пар година касније.

Према Јовановићу (Јовановић, 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. Према спроведеним истраживањима може се констатовати да је 2010. и 2011. године у девет од десет случајева просечан број нерава био 7. Године 2016. просечан број нерава кретао се од 6 до 8, при чему је код највећег броја провенијенција забележено просечно 7 нерава по листу (табела 6.11), у 12 од 17 провенијенција. У 2017. години, просечан број нерава код највећег броја провенијенција је био 7 (10 од 16 провенијенција), док је шест провенијенција имало просечно 8 нерава по листу. Када су у питању резултати истраживања 2023. године, у 14 од 22 провенијенције констатовано је 8 лисних нерава, а у преосталих осам провенијенција тај број је износио 7. Може се закључити да све анализирани провенијенције имају просечан број нерава на листу који одговара литератутним подацима за европску букву, просечно 7, при чему се српске провенијенције јасно не диференцирају у односу на провенијенције из осталог дела ареала.

Резултати из табела 6.9, 6.10 и 6.11 јасно показују да су средње вредности димензија листова (дужине лисне плоче и ширине листа) и просечног броја нерава биле веће 2023. године, у поређењу са резултатима анализа из пет година истраживања, обављених у истом провенијеничном тесту.

Табела 6.11. Компаративни приказ просечног броја нерава (mm) листова различитих провенијенција букве узоркованих у пет година. Одговарајућим бојама означене су провенијенције пореклом из различитих земаља

Број нерава	Просечан број нерава									
	2010		2011		2016		2017		2023	
6					47	6,42				
					66	6,82				
					56	6,86				
					42	6,90				
Σ	0		0		4		0		0	
7	47	7,55	59	7,42	49	7,04	56	7,62	38	7,45
	56	7,63	67	7,61	64	7,16	49	7,63	42	7,25
	24	7,64	24	7,64	38	7,30	65	7,67	47	7,75
	30	7,74	68	7,75	48	7,33	32	7,69	49	7,65
	42	7,78	63	7,80	32	7,41	36	7,71	56	7,95
	49	7,90	60	7,93	25	7,42	60	7,81	59	7,90
	32	7,94	25	7,95	63	7,44	48	7,96	65	7,85
	36	7,95	69	7,96	69	7,47	38	7,96	68	7,70
	25	7,94	61	7,98	33	7,47	61	7,97		
					24	7,55	24	7,98		
				67	7,56					
				36	7,77					
Σ	9		9		12		10		8	
8	38	8,06	66	8,08	30	8,16	42	8,05	24	8,65
							64	8,07	25	8,35
							63	8,09	30	8,35
							47	8,10	32	8,35
							33	8,14	33	8,20
							25	8,29	36	8,25
									48	8,00
									60	8,25
									61	8,30
									63	8,20
									64	8,05
									66	8,00
									67	8,25
								69	8,20	
Σ	1		1		1		6		14	

Морфологија биљака се разликује како биљка расте и развија се, од клијања до адултне фазе (Valladares *et al.* 2007; Valluru *et al.* 2012). Морфолошке карактеристике листова које се односе на њихове димензије су веома осетљиве и на локалне услове станишта, што може бити разлог велике морфолошке разноврсности многих врста дрвећа (Hatziskakis *et al.* 2011; Jarni *et al.* 2011; Paridari *et al.* 2013; Šijačić-Nikolić *et al.* 2013; Devetaković, Šijačić-Nikolić 2013; Čortan *et al.* 2013, 2014, 2015; Stojnić *et al.* 2016). Stojnić (2013), у својој докторској дисертацији, наводи да су добијени резултати потврдили

опсервације да се код букве, у условима оптималне обезбеђености водом, лисна површина примарно повећава под утицајем повишене температуре ваздуха. Различити климатски услови, који су владали на подручју провенијенчног теста у истраживаним годинама, би могли имати утицаја на димензије листова, уколико се, на пример, узме у обзир да је 2017. година имала више сунчаних дана, а мање падавина, него 2016. година, која је била изразито влажна година. Генерално, димензије листа (ширина и дужина) су карактеристике које се сматрају најпластичнијим, које су делимично под генетском контролом (Čortan *et al.* 2015, 2019). Број нерава је, на пример, својство које је више генетски условљено, у поређењу са димензијама листа.

Поред знатне разлике у погледу старости биљака у тренутку узорковања листова, варијабилност морфолошких карактеристика листова различитих провенијенција букве, на нивоу пет истраживаних година (2010, 2011, 2016, 2017. и 2023), резултат је и интеракције генофонда самих провенијенција и климатских карактеристика које су владале у истраживаним годинама, што може бити једна од тема будућих истраживања.

Свакако, одређене провенијенције су се одликовале мањим (провенијенције из Аустрије, Швајцарске и део немачких провенијенција), а друге већим димензијама листова (део провенијенција из Босне и Херцеговине, Хрватске и Србије) у више истраживаних година, што би могао бити одраз њихове генетичке конституције. У будућим истраживањима би требало у неколико сукцесивних година анализирати варијабилност листова који су сакупљени са стабала из исте провенијенције, како би се извели конкретни закључци и утврдило да ли су разлике одраз старости биљака са којих се узоркују листови или је у питању знатан утицај средине у којој се биљке развијају.

7. АНАЛИЗА ЛИСТОВА ПРИМЕНОМ МЕТОДА ГЕОМЕТРИЈСКЕ МОРФОМЕТРИЈЕ

Процена варијабилности листова различитих провенијенција букве применом геометријске морфометрије укључивала је узорковање листова и одређивање специфичних тачака, статистичку анализу и интерпретацију резултата у складу са досадашњим публикацијама.

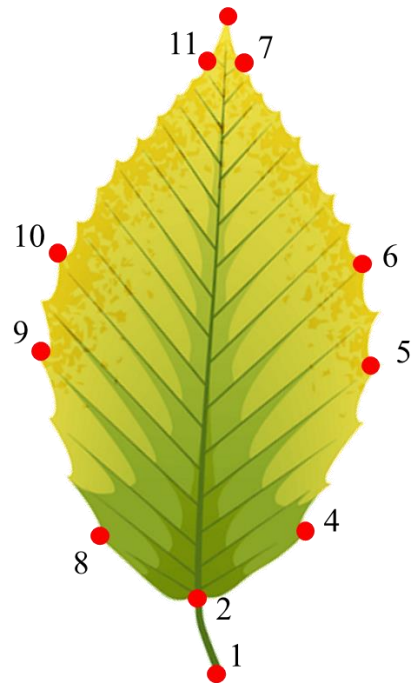
За анализу листова букве методом геометријске морфометрије узорковано је 10 листова са индивидуа букве у оквиру 22 провенијенције (табела 7.1). Укупно је узоркована 221 индивидуа. На сваком листу, укупно је зебележено 11 специфичних тачака, приказаних на слици 7.1, коришћењем програма *tpsDig* и *tpsUtil* (Rohlf, 2015).

Табела 7.1. Структура узорка за анализу листова методом геометријске морфометрије – нумеричка ознака и назив провенијенције, земља порекла провенијенције и број узоркованих индивидуа

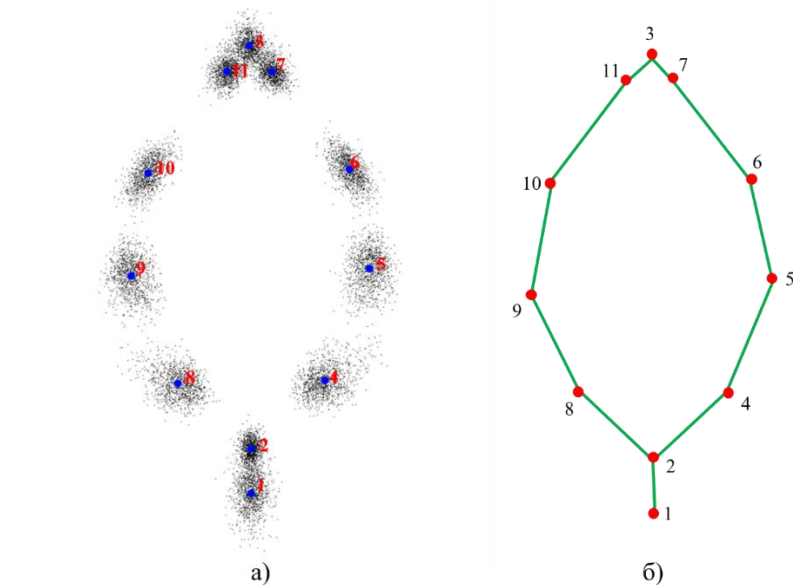
Ознака	Назив провенијенције	Земља порекла	Број узоркованих индивидуа
24	Sjeverni Dilj Caglinski	Хрватска	10
25	Vrani kamen 12a, 15b	Хрватска	11
30	Tajan, Zepce	БиХ	10
32	Crni Vrh	БиХ	10
33	Grmec	БиХ	10
36	Фрушка гора 1	Србија	10
38	Копаоник	Србија	10
42	Valkonya 19A	Мађарска	10
47	Schelklingen, IX 23-25 81023	Немачка	10
48	Hoellerbach 81024	Немачка	10
49	Hasbruch 81001	Немачка	10
56	Scharnstein, Mitterndorf	Аустрија	10
59	Vranica – Bistrica	БиХ	10
60	Crni vrh	БиХ	10
61	Grmec, Bastra - Corkova	БиХ	10
63	Alesd, U.P.II / 51A	Румунија	10
64	Alba-Iulia, U.P.V/154A	Румунија	10
65	Sihlwald, 101	Швајцарска	10
66	Авала	Србија	10
67	Борања	Србија	10
68	Фрушка гора 2	Србија	10
69	Цер	Србија	10

Метод специфичних тачака обухватале су генерализовану Прокрустову анализу (GPA), која је служила за добијање почетних података који су даље анализирани Прокрустовом анализом варијансе (Procrustes ANOVA), анализом главних компоненти (PCA) и канонијском дискриминантном анализом (CDA). Коришћењем CDA анализе, добијене су Махаланобисове дистанце између провенијенција и коришћене су за кластер анализу. Поменуте анализе извршене су у програму *MorphoJ* (Klingenberg, 2011). Као мера величине листова, коришћена је величина центрода (CS), која је анализирана анализом варијансе (ANOVA).

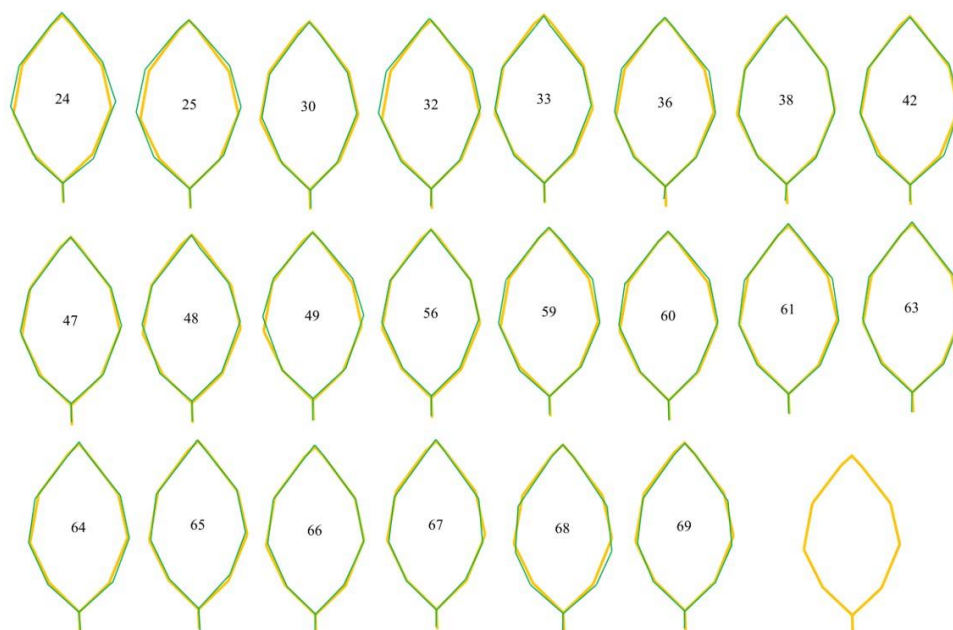
Прокрустове координате за листове сваке узорковане индивидуе (слика 7.2), добијене коришћењем GPA анализе, коришћене су као полазни подаци за даље анализе. За сваку провенијенцију добијени су просечни облици листа, који су представљени наспрам просечног облика листа за цео узорак (слика 7.3).



Слика 7.1. Специфичне тачке забележене на листу букве: 1) почетак лисне дршке, 2) спој лисне дршке и лисне плоче, 3) врх лисне плоче, 4) завршетак првог лисног нерва на крају лисне плоче (десна страна), 5 и 6) завршетак лисних нерава на најширем делу лисне плоче (десна страна), 7) завршетак последњег лисног нерва на крају лисне плоче (десна страна), 8) завршетак првог лисног нерва на крају лисне плоче (лева страна), 9 и 10) завршетак лисних нерава на најширем делу лисне плоче (лева страна), 11) завршетак последњег лисног нерва на крају лисне плоче (лева страна)



Слика 7.2. Резултати GPC анализе лисова букве (а), са приказом просечне контуре листа (б) за цео узорак



Слика 7.3. Просечни облик листова букве по провенијенцији (зелена контура), са приказом просечног облика за цео узорак (наранџаста контура). Називи провенијенција по нумеричкој ознаци приказани су у табели 7.1

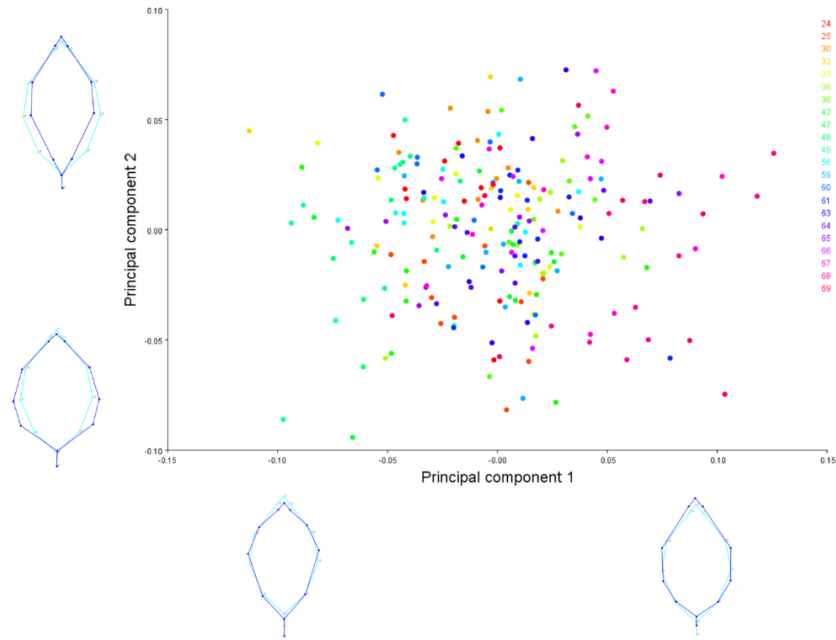
Прокрстова анализа варијансе показала је статистички значајан ефекат провенијенције и индивидуе на величину и облик листа (табела 7.2).

Табела 7.2. Резултати Прокрстова анализе варијансе за величину и облик

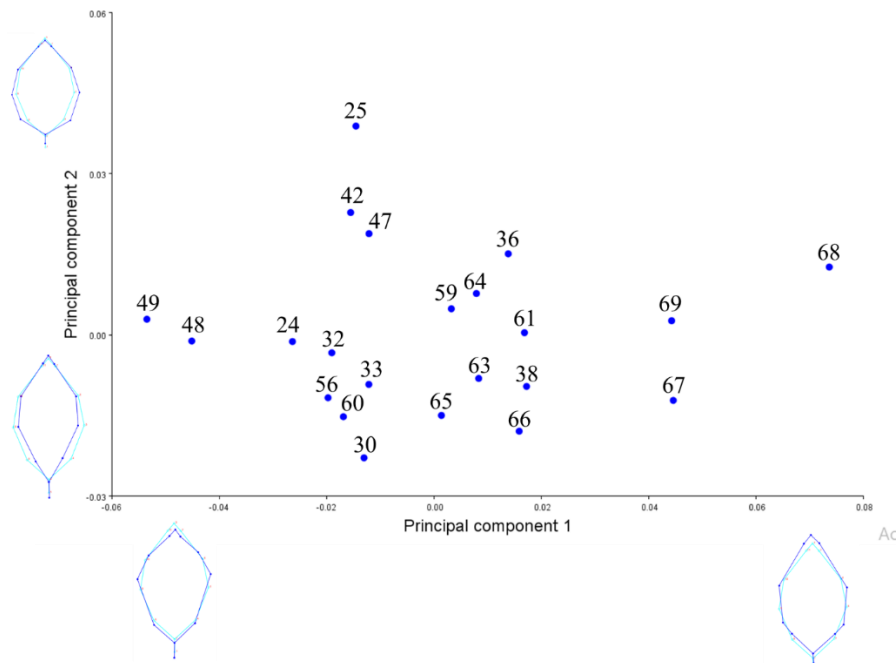
Ефекат	SS	MS	df	F	p
Величина					
Провенијенција	6761064,275990	321955,441714	21	3,98	p < 0,001
Индивидуа	16088572,646382	80847,098726	199	7,02	p < 0,001
Облик					
Провенијенција	1,42723840	0,0037757630	378	3,64	p < 0,001
Индивидуа	3,71691578	0,0010376649	3582	2,53	p < 0,001

Скраћенице: SS – збир квадрата (*sum of squares*), MS – просечни квадрати (*mean squares*), df – степени слободe (*degrees of freedom*), F – F вредност, p – статистичка значајност

РСА анализа са провенијенцијом као групишућом променљивом показала је варирање у облику листа међу индивидуама букве (графикон 7.1). Прве четири РС осе објасниле су укупно 83,31% варијабилности у узорку (РС-1: 37,27%; РС-2: 23,11%; РС-3: 15,97%; РС-4: 6,95%). РСА анализа са просечним вредностима по провенијенцији потврдила је ове опсервације (графикон 7.2). Код поменуте анализе, прве четири РС осе објасниле су укупно 93,32% варијабилности у узорку (РС-1: 63,82%; РС-2: 16,61%; РС-3: 9,12%; РС-4: 3,77%).

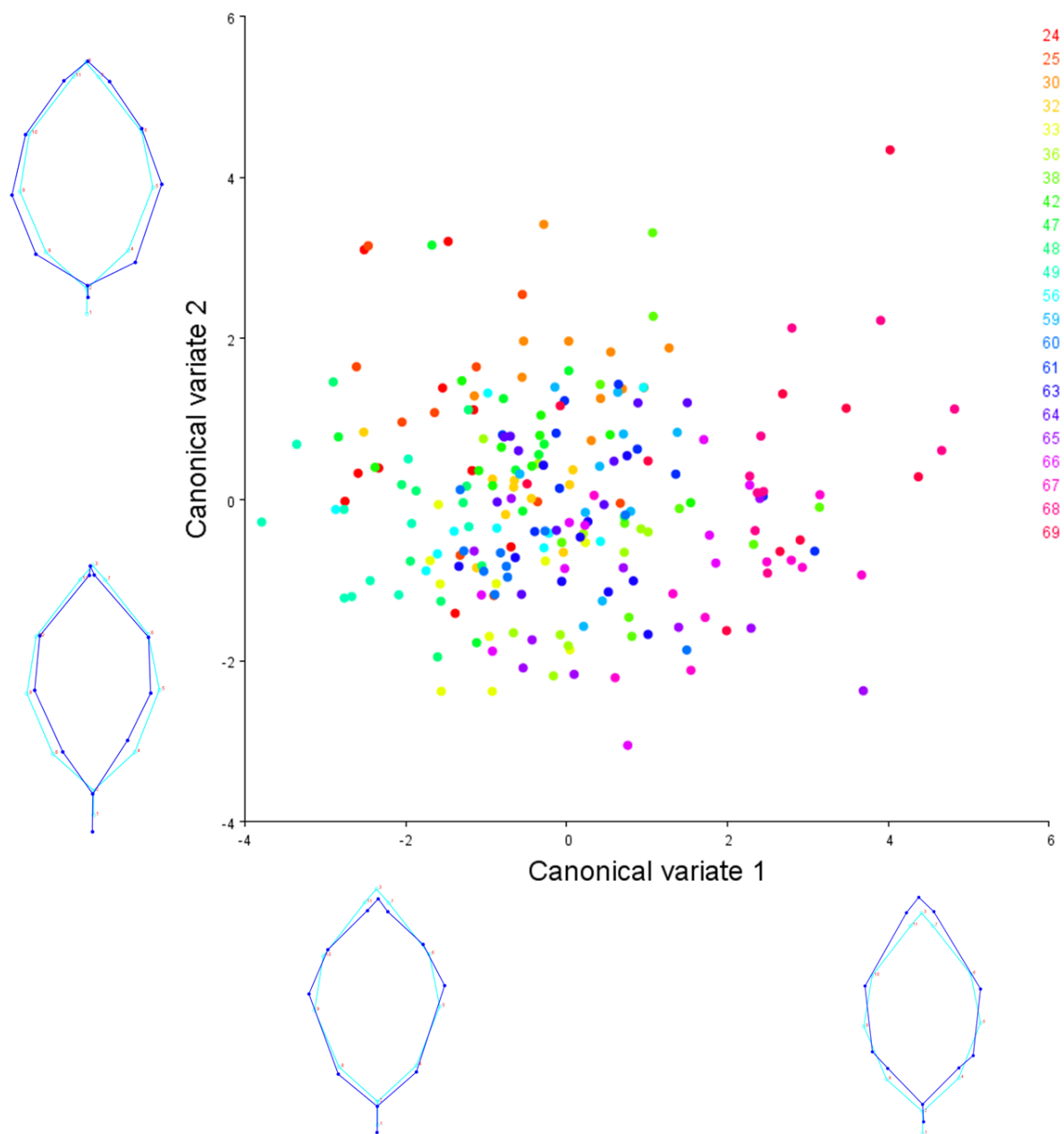


Графикон 7.1. Ординација индивидуа букве по провенијенцијама добијена на основу PCA анализе, са приказом промене облика дуж прве и друге PC осе (тамно плава контура – промена облика, светло плава контура – просечан облик за цео узорак). Називи провенијенција по нумеричкој ознаци приказани су у табели 7.1

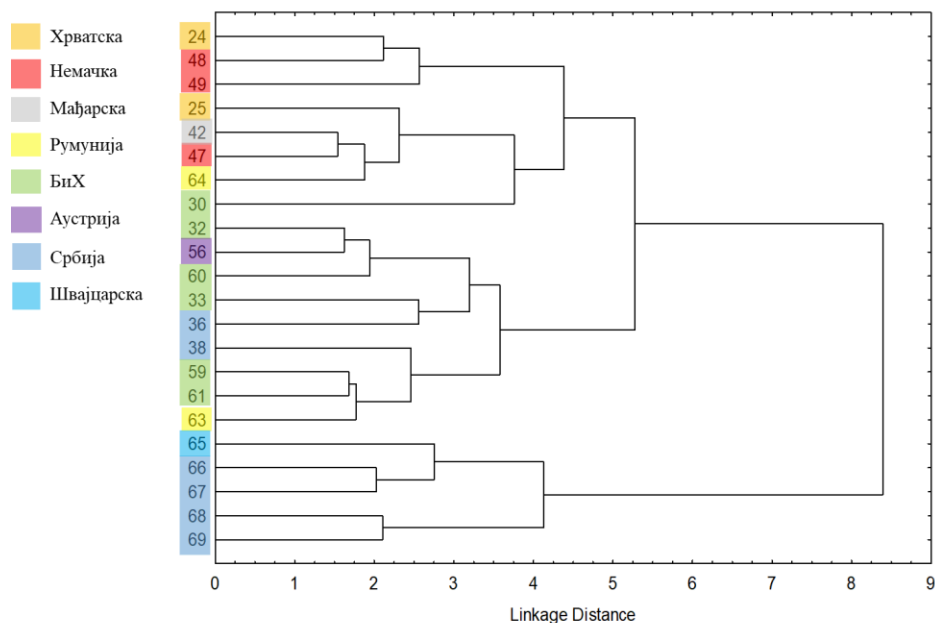


Графикон 7.2 Ординација провенијенција букве добијена на основу PCA анализе, са приказом промене облика дуж прве и друге PC осе (тамно плава контура – промена облика, светло плава контура – просечан облик за цео узорак). Називи провенијенција по нумеричкој ознаци приказани су у табели 7.1

Резултати CDA анализе показали су извесни степен груписања индивидуа по провенијенцијама (графикон 7.3). Међусобне релације провенијенција на основу облика листа добијене су кластер анализом Махаланобисових дистанци и приказане су на графикону 7.4.

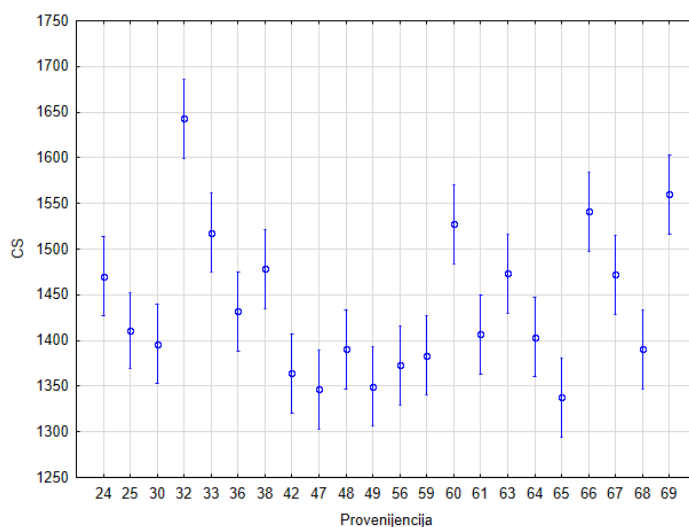


Графикон 7.3. Ординација индивидуа букве по провенијенцијама добијена на основу CDA анализе, са приказом промене облика дуж прве и друге канонијске осе (тамно плава контура – промена облика, светло плава контура – просечан облик за цео узорак). Називи провенијенција по нумеричкој ознаци приказани су у табели 7.1

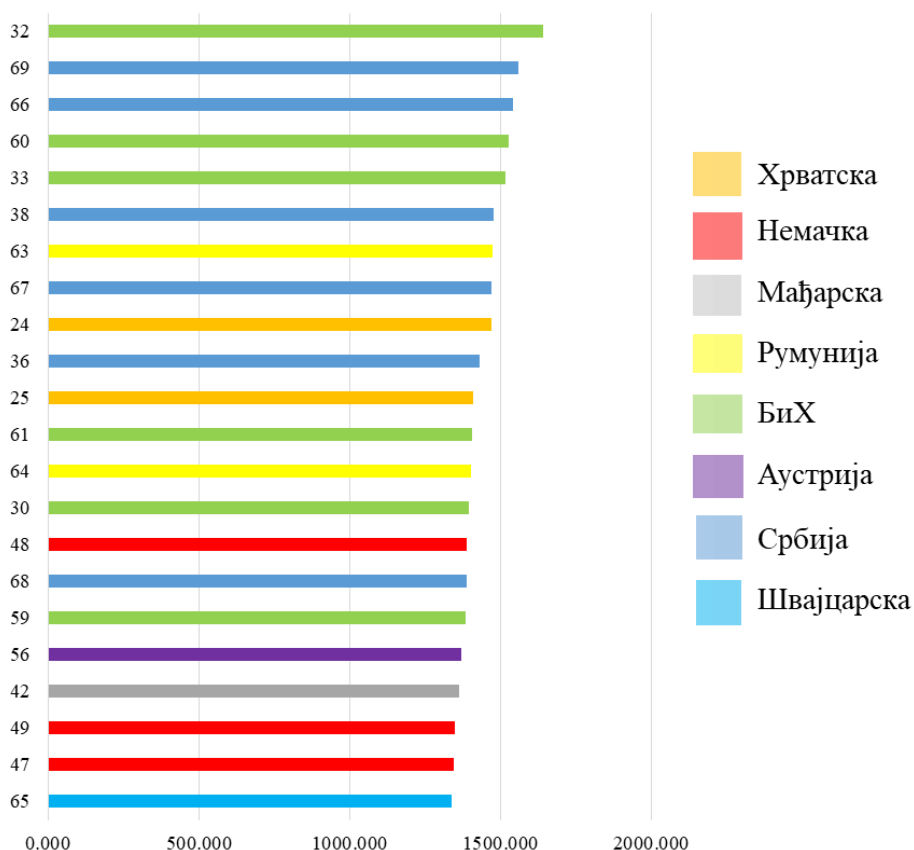


Графикон 7.4. Релације међу провенијенцијама на основу кластер анализе, са приказом земље порекла провенијенција. Називи провенијенција по нумеричкој ознаци приказани су у табели 7.1

Анализа варијансе величине центроида показала је статистички значајне разлике у величини листа међу провенијенцијама букве ($F = 13,7$, $p < 0,01$). Највеће вредности величине центроида забележене су у провенијенцији 32, а најмање у провенијенцији 65 (графикони 7.5 и 7.6).



Графикон 7.5. Резултати анализе варијансе величине центроида (CS). Вертикалне линије представљају 95% интервал поверења. Називи провенијенција по нумеричкој ознаци приказани су у табели 7.1

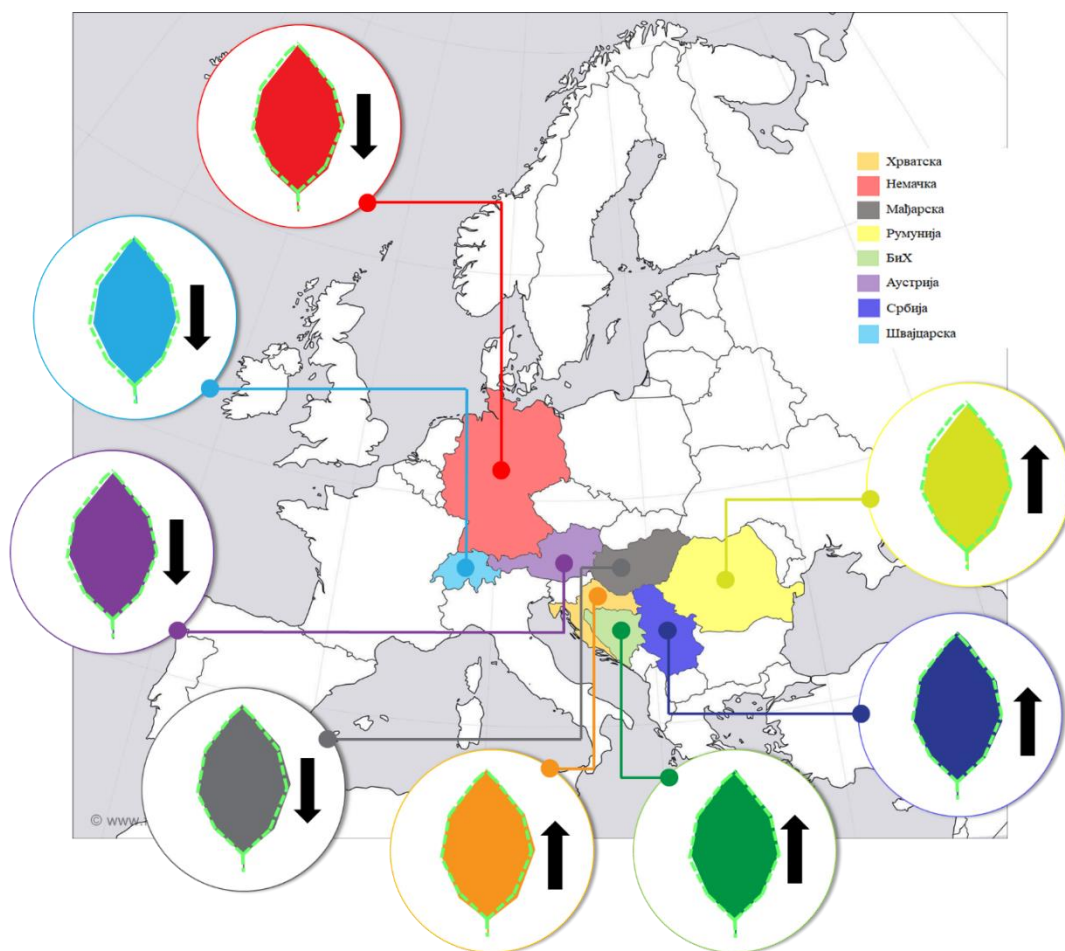


Графикон 7.6. Просечне вредности величине центроида поређане од најмање до највеће, са приказом земље порекла провенијенција. Називи провенијенција по нумеричкој ознаци приказани су у табели 7.1

Генерализована Прокрустова анализа омогућила је добијање просечне контуре листа из целог узорка, а затим је ова контура поређана са просечном контуром листа по провенијенцији. На основу добијених података, уочава се да су провенијенције 24, 25, 32, 36 и 68 највише одступале од просечне контуре, док су провенијенције 38, 48, 65, 66, 67 и 69 најмање одступале од просека. Поред поменутог, уочен је значајан ефекат и индивидуе и провенијенције на величину и облик листа. Анализа главних компоненти, канонијска дискриминантна анализа и кластер анализа омућиле су уочавање разлика у облику. На основу ових анализа, уочено је груписање провенијенција 59, 61, 63, 65, 66, 67, 68 и 69 на основу зашиљеног и издуженог горњег дела лисне плоче са једне стране, и провенијенција 24, 48, 49, 25, 42, 47 и 64 на основу ширег горњег и ужег доњег дела лисне плоче са друге стране. На основу резултата уочљиво је да су провенијенције из Србије груписане у доњем делу кластера, делимично измешане са провенијенцијама из Босне и Херцеговине, Румуније, Аустрије и Швајцарске, док су провенијенције из Хрватске, Немачке и Мађарске груписане у горњем делу кластера. Стога, варирање у облику делимично прати географски распоред порекла провенијенција.

Разлике међу провенијенцијама уочене су и у величини листа, са провенијенцијом 32 која је имала највеће вредности и провенијенцијом 65 која је имала најмање вредности. Провенијенције 42, 47, 48, 49 и 56 су се, такође, одликовале мањом величином листа. На основу резултата, уочљиво је да су се провенијенције из Немачке, Аустрије, Мађарске и Швајцарске одликовале мањим вредностима величине листа, док су се провенијенције из Србије и Босне и Херцеговине одликовале нешто већим вредностима. Као и код облика листа, дата подела делимично прати географски распоред порекла провенијенција.

Сумарни приказ добијених резултата, на основу географског порекла провенијенција, представљен је на слици 7.4.



Слика 7.4. Сумарни приказ величине и облика листа по земљама порекла провенијенција. У круговима је одговарајућом бојом представљен просечан облик листа по земљи порекла, испрекидана зелена линија указује на просечан облик за цео узорак. Одступања контура листа по земљи порекла провенијенције од испрекидане зелене линије указују на одступање од просечног облика. Црне стрелице окренуте на горе (↑) указују на вредности величине листа изнад просека за цео узорак, док црне стрелице на доле (↓) указују на вредности величине листа испод просека за цео узорак

Резултати анализе листова букве различитих провенијенција показале су значајно варирање у величини и облику, у складу са ранијим истраживањима (Šijačić-Nikolić, 2018; Stojnić *et al.*, 2022).

Облик листа показао је извешан степен груписања између провенијенција на основу њиховог географског порекла – провенијенције из Србије груписане су са једне стране, делимично преклопљене са провенијенцијама из Босне и Херцеговине, Румуније, Аустрије и Швајцарске, док су провенијенције из Хрватске, Немачке и Мађарске груписане са друге стране. Ово је у складу са ранијим истраживањима (Stojnić *et al.*, 2022) која су указала на клинални образац варирања облика листа букве у правцу северозапад-југоситок. Величина листа је, такође, указала на груписање међу провенијенцијама на основу њиховог порекла – провенијенције из Немачке, Аустрије, Мађарске и Швајцарске су се одликовале мањим вредностима величине листа, док су се провенијенције из Србије и Босне и Херцеговине одликовале нешто већим вредностима, што је, као и код облика листа, у складу са ранијим истраживањима (Šijačić-Nikolić, 2018). Посебно треба нагласити да је анализа листова букве методом геометријске морфометрије показала делимично груписање провенијенција из Србије, иако потпуно јасна диференцијација од осталих провенијенција није уочена, што је у складу са ранијим истраживањима спроведеним коришћењем линеарних мера (Šijačić-Nikolić, 2018) и специфичних тачака (Stojnić *et al.*, 2022).

Добијени резултати могу бити последица адаптације на локалне услове средине, као што указују претходна истраживања (Šijačić-Nikolić, 2012; Stojnić *et al.*, 2015c), која су показала повезаност адаптивних својстава букве из различитих провенијенција и еколошких параметара њихових материнских састојина, као и могућност постојања пластичног одговора провенијенција као последице утицаја услова средине.

Будућа истраживања требало би да се фокусирају на утицај срединских параметара (пре свега климатских карактеристика условљених географском ширином и дужином) на величину и облик листова букве анализираних провенијенција током више узастопних година, да би се утврдило у којој мери је варијабилност величине и облика листа резултат интеракције генофонда самих провенијенција и климатских карактеристика. Такође, и други фактори који утичу на варијабилност морфолошких карактеристика листа букве морају бити разматрани, као што су карактеристике земљишта (Robson *et al.*, 2013; Stojnić *et al.*, 2022).

Резултати истраживања наглашавају поузданост и статистичку моћ методе геометријске морфометрије (Viscosi, Cardini, 2011), која се показала адекватном за анализу листова букве. Лист букве чини веома погодну структуру за примену метода геометријске морфометрије, јер на унутарврсној нивоу може представљати показатељ утицаја локалних услова средине и генетичких фактора. Употребом ове методе, геометријска информација о разликама у облику листа је очувана, статистичка моћ је израженија и подаци се лако могу визуализовати.

На основу наведеног, може се закључити да је испуњен циљ истраживања, односно процењена је варијабилност листова букве различитих провенијенција, а поређење добијених података са до сада публикованим подацима за исте провенијенције показало је усклађеност резултата актуелних и ранијих истраживања. Добијени резултати могу бити корисни за наставак дефинисања таксономског статуса букве у Србији.

8. АНАЛИЗА ПРЕЧНИКА И ВИСИНЕ БИЉАКА

У октобру 2023. године извршено је пребројавање живих стабала у провенијеничном тесту букве у Дебелом Лугу, након чега је сваком живом стаблу извршено мерење пречника на прсној висини. Пречник на прсној висини је одређен као просек два мерења (два унакрсна пречника са тачношћу 0,1 cm измерена употребом пречнице) уз истовремено обележавање места на ком је пречник измерен, употребом трајне фарбе (слика 8.1). Висина стабала је измерена на узорку нешто већем од 10% свих живих стабала (78 стабала) уз употребу висиномера. Премер висина на свим стаблима није био могућ због густог склопа у коме се није могао видети врх сваког стабла. Мерења висина укључила су различити број стабала која припадају провенијенцијама 24, 25, 30, 32, 33, 36, 38, 42, 47, 48, 49, 60, 61, 63, 65, 66 и 67, док висине нису измерене стаблима из провенијенција 56, 59, 64, 68 и 69. Сумарна статистика (средња вредност, стандардна девијација, минимална и максимална вредност), једнофакторијална анализа варијансе (*OneWay ANOVA*, $p < 0,05$) и *post-hoc LSD* тест су одређени за параметар пречник стабала за сваку од провенијенција. Висина стабла је приказана као просек свих мерења и односи се на цео провенијенични тест, те се не може користити за процену варијабилности између провенијенција.

8.1. Варијабилност пречника

Средњи пречник стабала у провенијеничном тесту се креће у распону од 5,21 cm (провенијенција 47) до 7,79 cm (провенијенција 32). Апсолутно најмањи пречник је измерен код стабла провенијенције 65 (1,90 cm), док је апсолутно највећи пречник измерен код стабла провенијенције 32 (12,30 cm). Средњи пречник стабала у провенијеничном тесту је 6,32 cm, а средњи пречник мањи од њега је забележен код провенијенција 47, 49, 63, 48, 64, 61, 25 и 56. Средњи пречници већи од просечног пречника у провенијеничном тесту забележени код провенијенција 60, 59, 65, 36, 33, 24, 68, 42, 66, 69, 67, 30 и 32 (табеле 8.1 и 8.2).



Слика 8.1. Стабла букве у провенијеничном тесту у Дебелом Лугу обележена плочицама са бројевима и са обележеним местима мерења пречника

Табела 8.1. Сумарна статистика, анализа варијансе за пречнике стабала различитих провенијенција букве у октобру 2023. године.

Сумарна статистика				
Провенијенција	Min	Max	Средња вредност (cm)	Стандардна девијација
24	3,15	10,25	6,45	1,57
25	3,25	10,15	6,01	1,55
30	4,45	10,00	7,00	1,54
32	3,95	12,30	7,79	2,03
33	2,35	11,70	6,44	2,10
36	2,45	10,10	6,42	1,91
38	3,05	12,20	6,27	2,27
42	4,00	9,40	6,46	1,65
47	2,70	8,95	5,21	1,50
48	2,80	9,95	5,74	1,73
49	3,00	9,45	5,36	1,69
56	2,60	10,10	6,18	2,08
59	3,90	9,70	6,35	1,41
60	2,75	10,20	6,34	2,02
61	2,75	9,90	5,91	1,82
63	2,20	9,30	5,55	1,66
64	3,35	10,20	5,88	1,82
66	2,50	11,80	6,41	2,12
65	1,90	10,85	6,84	2,31
67	3,30	10,65	6,91	1,67
68	3,35	10,45	6,46	1,81
69	4,40	10,25	6,91	1,87
Анализа варијансе				
Између провенијенција	Mean Square	F-Ratio	P-Value	
	11,0048	3,2959	0,0000	

Табела 8.2. LSD тест за пречнике стабала различитих провенијенција букве у октобру 2023. године

LSD тест		
Провенијенција	Средња вредност	Хомогене групе
47	5,21	X
49	5,36	X
63	5,55	XX
48	5,74	XXX
64	5,88	XXXX
61	5,91	XXXX
25	6,01	XXXXX
56	6,18	XXXXX
38	6,27	XXXXX
60	6,34	XXXX
59	6,35	XXXX
65	6,41	XXXX
36	6,42	XXXX
33	6,44	XXX
24	6,45	XXX
68	6,46	XXX
42	6,46	XXXX
66	6,84	XXX
69	6,91	XX
67	6,91	X
30	7,00	XX
32	7,79	X

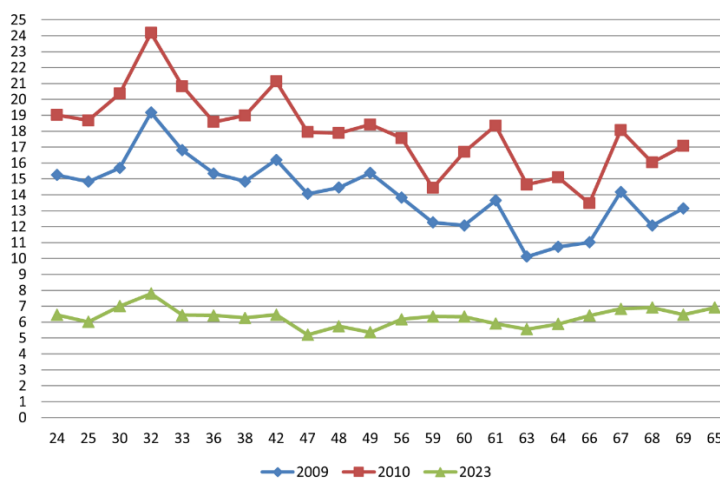
Најмање вредности средњег пречника забележене су код немачких провенијенција: 47, 48 и 49, као и код румунских провенијенција 63 и 64. Мале вредности пречника садница код румунских провенијенција забележене су и у провенијеничном тесту букве основаном у Босни и Херцеговини (Ballian, Zukić, 2011) у којима се наводи да су најмање просечне вредности пречника у зони кореновог врата код провенијенција из Румуније: "Alesd" (RO63) и "Alka-Iulia" (RO64). Stojnić (2013) наводи да су истраживања обављена током 2010. и 2011. године у провенијенчним тестовима у Србији који су основани на Фрушкој гори и у Дебелом Лугу показала да су код провенијенција: "Alesd" (RO63) и "Alka-Iulia" (RO64) просечне вредности, у обе године истраживања, биле испод просека за оба локалитета на којима су тестови основани. Такође, на Фрушкој гори, током обе године истраживања,

најмање вредности пречника измерене су код провенијенција "Alka-Iulia" (RO64), док је у Дебелом лугу, румунска провенијенција "Alesd" имала најмањи пречник у 2011. години.

Истраживања у провенијеничном тесту букве на Фрушкој гори која су спроведена 2010. године показала су доминацију садница које припадају хрватској провенијенцији 24 (Сјеверни Диљ Чаглински; 28,77 mm), српској провенијенцији 38 (Копаоник; 27,34 mm) и хрватској провенијенцији 25 (Врани Камен; 26,90 mm), посматрано по пречнику кореновог врата. Истраживања спроведена у истом периоду у провенијеничном тесту у Дебелом Лугу показала су доминантност босанских провенијенција 32 (Црни врх-Тешањ; 23,83 mm) и 33 (Грмеш, Босанка Крупа; 22,04 mm), као и мађарске провенијенција 42 (Валконија; 21,11 mm) посматрано по истом параметру (Stojnić 2013).

Код провенијенција старости 5 година, највеће вредности пречника у кореновом врату у провенијеничном тесту на Фрушкој гори и у Дебелом лугу, евидентирани су код босанске провенијенције 61 (Грмеч, Бастра-Џоркова), српске провенијенције 67 (Борања), босанске провенијенције 60 (Црни врх) и српске провенијенције 69 (Цер). Ове провенијенције су имале исти поредак на оба локалитета (Stojnić, 2013).

Пречник кореновог врата садница измерен у у првим годинама након садње може се довести у везу са првим пречником измереним на крају 2023. године (графикон 8.1). Провенијенције које су показале доминантност у средњем пречнику кореновог врата у млађем добу, углавном су задржале доминантност и у каснијим годинама. Највећи средњи пречник садница током истраживаног периода (2009, 2010, 2023) евидентиран је код босанске провенијенције 32 (Црни Врх), мађарске провенијенције 42, немачке провенијенције 49, босанске провенијенције 61 (Грмеч-Бастра) и српске провенијенције 67 (Борања), док су најмање вредности средњег пречника забележене код хрватске провенијенције 25 (Врани Камен), босанске провенијенције 33 (Грмеш), српских провенијенција 36 (Фрушка гора 1), 68 (Фрушка гора 2) и 38 (Копаоник) и немачких провенијенција 47 и 49.



Графикон 8.1. Дебљина садница у кореновом врату (mm) измерена 2009. године и 2010. године и стабла на прсној висини (cm) измерена 2023. године код различитих провенијенција

Мерења у провенијеничном тесту букве у Босни и Херцеговини, која су спроведена током 2017. године, показала су доминантност стабала из хрватских и босанских провенијенција, као и мађарске провенијенције. Са друге стране, неке од српских провенијенција (68 – Фрушка гора и 69 – Цер) у провенијеничном тесту у Босни и Херцеговини имале су вредности пречника кореновог врата испод просека (Мемішевић Нодџић, Ballian, 2019), док су у провенијеничном тесту у Дебелом Лугу ове провенијенције међу првима по вредностима пречника на прсној висини.

8.2. Варијабилност висина

Висина измерених стабала се налази у распону од минимално измерених 4,7 m до 10,3 m. Средња висина свих измерених стабала је $7,86 \pm 1,28$ m. Стабла унутар провенијеничног теста имају висине унутар приказаног опсега, без јасно уочљивих великих одсупања између блокова провенијенција (табела 8.3). Услед густог склопа крошњи ових стабала, у фази пре опадања листова, није било могуће спровести тотални премер висина, али је мерењем узорка већег од 10% свих стабала и укључујући најниже и највише индивидуе приказан опсег висина у ком се налазе сва стабла у провенијеничном тесту. Детаљна алализа висина стабала, по провенијенцијама, биће спроведена у наредним истраживањима.

Табела 8.3. Сумарна статистика за висине стабала у провенијеничном тесту у октобру 2023. године.

Провенијенција	Висина (m)
24	8,13
25	8,37
30	7,09
32	10,15
33	8,75
36	9,07
38	9,22
42	6,73
47	7,43
48	7,7
49	7,35
60	8,13
61	7,10
63	8,13
65	6,78
66	6,85
67	9,02
Средња вредност\pmSD	$7,86 \pm 1,28$

Ранија мерења која су спровођена у овом провенијеничном тесту у Дебелом Лугу указивала су на постојање статистички значајних разлика у висинима садница у зависности од провенијенције (Stojnić, 2013), што је био случај и у другим провенијеничним тестовима букве који су истовремено оснивани и на другим местима: Фрушка гора (Stojnić, 2013) и Какањ у Босни и Херцеговини (Ballian, Zukić, 2011; Memišević Hodžić, Ballian, 2019). Да ли су ове разлике у висинама и даље присутне, на основу спроведеног премера није могуће егзактно утврдити, али се може закључити да је код свих стабала у протеклом периоду забележен интензиван пораст у висину. Memišević Hodžić и Ballian (2019) након спроведеног премера у провенијеничном тесту у Босни и Херцеговини пријављују средњу вредност висине стабала од 164,6 cm и највеће просечне висине код стабала која припадају хрватским (провенијенција 24 и 25) и босанским (провенијенција 30) провенијенцијама. У том периоду премер није вршен у провенијеничном тесту у Дебелом Лугу, али се може закључити да су данас просечне висине стабала у овом провенијеничном тесту далеко изнад вредности висина које су пријављене за период од пре 6 година у провенијеничном тесту у Босни и Херцеговини.

9. ЛИТЕРАТУРА

- Alia, R., Božić, G., Gömöry, D., Huber, G., Rasztoivits, E., von Wühlisch, G. 2011. The survival and performance of beech provenances over a Europe-wide gradient of climate. Madrid: Ministerio de Ciencia e Innovacion. S. pp. 115-126.
- Assmann, E. (Ed.). 1970. The Principles of Forest Yield Study, Studies in the Organic Production, Structure, Increment and Yield of Forest Stands. Pergamon.
- Auñón, F.J., García del Barrio, J.M., Mancha Núñez, J.A., de Vries, S.M.G., Alía Miranda, R. 2011. Regions of provenance of european beech (*Fagus sylvatica* L.) in Europe. Genetic Resources of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) for Sustainable Forestry: proceedings of the COST E52 Final Meeting, 4-6 May 2010, Burgos, Spain, 2010, ISBN 978-84-7498-532-0, pp. 130-136.
- 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 11-12: 521-533.
- Ballian, D., Westergen, M., Kraigher, H. 2019. Varijabilnost obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u Bosni i Hercegovini. Fond za zaštitu okoliša, Federacija BiH.
- Bobinac M. 2003. Karakteristike biološkog diferenciranja stabala u sastojinama bukve i njihov značaj u procesu nege. Bulletin of Faculty of Forestry, Belgrade 88: 27-40.
- Bobinac, M. 2006. Učinak proreda na prirast stabala različitih bioloških položaja u srednjodobnoj sastojini bukve. Šumarski List 5-6: 183-191.
- Božić, G., Kraigher, H. 2019. International European Beech Provenance Trial Kamenski hrib/Straža in Slovenia. Forests of Southeast Europe Under a Changing Climate. Chapter 24, 277-282. In: Šijačić-

- Nikolić, M., Milovanović, J., Nonić, M. (eds) Forests of Southeast Europe Under a Changing Climate. Advances in Global Change Research, vol 65. Springer, Cham.
- Čortan, D., Šijačić-Nikolić, M., Knežević, R. 2013. Variability of leaves morphological traits in black poplar (*Populus nigra* L.) from two populations in Vojvodina. Šumarstvo 65: 193-202.
- Čortan, D., Šijačić-Nikolić, M., Knežević, R. 2014. Variability of morphometric leaf characteristics of Black poplar from the area of Vojvodina. Glasnik Sumarskog Fakulteta 109: 63-72.
- Čortan, D., Tubić, B., Šijačić-Nikolić, M., Borota, D. 2015. Variability of black poplar (*Populus nigra* L.) leaf morphology in Vojvodina, Serbia. Šumarski List 139(5-6): 245–251.
- Čortan, D., Nonić, M., Šijačić-Nikolić, M. 2019. Phenotypic plasticity of European beech from international provenance trial in Serbia. In: Šijačić-Nikolić, M., Milovanović, J., Nonić, M. (eds.): Forests of Southeast Europe Under a Changing Climate: Conservation of Genetic Resources. Springer Nature Switzerland AG, Cham, pp. 333-351.
- Devetaković, J., Šijačić-Nikolić, M. 2013. Variability of morphometric characteristics of the leaves of European white elm from the area of great war island. Glasnik Šumarskog Fakulteta 107: 57-69.
- Engler, A. 1909. Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. Mitt. Schweiz.
- Eriksson, G., Ekberg, I. 2001. An introduction to forest genetics. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. pp. 166.
- Giannini, R., von Wuehlisch, G. 2009. Workshop COST E52 “Evaluation of beech genetic resources for sustainable forestry”. iForest 2: 104.
- Gračan, J., Ivanković, M. 2001. Prvi rezultati uspijevanja obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u Hrvatskoj. The first growth results of beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances in Croatia. Znanost u potrajnom gospodarenju Hrvatskim šumama, Znanstvena knjiga, Šumarski fakultet, Zagreb, Šumarski institut, Jastrebarsko, "Hrvatske šume", pp. 175-190.
- Gračan, J., Ivanković, M., Marjanović, H., Perić, S. 2006. Istraživanje uspijevanja provenijencija domaćih i stranih vrsta drveća, s osvrtom na međunarodni pokus provenijencija obične bukve (*Fagus sylvatica* L.). Radovi Šumarskog instituta Jastrebarsko, Izvanredno izdanje 9: 337-352.
- Hajek, P., Kurjak, D., von Wuehlisch, G., Delzon, S., Schuldt, B. 2016. Intraspecific Variation in Wood Anatomical, Hydraulic, and Foliar Traits in Ten European Beech Provenances Differing in Growth Yield. Frontiers in Plant Science 7: 791.
- Hatziskakis, S., Tsiripidis, I., Papageorgiou, A. C. 2011. Leaf morphological variation in beech (*Fagus sylvatica* L.) populations in Greece and its relation to their post-glacial origin. Botanical Journal of the Linnean Society 165(4): 422-436.
- Ivanković, M., Bogdan, S., Božić, G. 2008. Varijabilnost visinskog rasta obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u testovima provenijencija u Hrvatskoj i Sloveniji, Šumarski list 132 (11-12), Zagreb, pp. 529-541.
- 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).

- Jarni, K., Westergren, M., Kraigher, H., Brus, R. (2011). Morphological variability of *Fraxinus angustifolia* Vahl in the north-western Balkans. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 80(3).
- Jovanović, B. 1991. *Dendrologija*. Naučna knjiga, Beograd.
- Kienitz, M. 1886. Über die Formen und Abarten heimischer Waldbäume. *Forstl. Z.* 1: 241-260.
- Kleinschmit, J. 1985. Results of beech (*Fagus sylvatica*) provenance experiments in Northern Germany. „Symp. Verbesserung und Waldbau der Buche“ in: *Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst-und Holzwirtschaft, Hamburg* Nr. 150: 65-84.
- Kraft, G. 1884. Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen Schlagstellungen und Lichtungshieben.
- Kramer, K., Ducouso, A., Gömöry, D., Kehlet Hanse, J., Ionita, L., Liesebach, M., Lorent, A., Schüler, S., Sulkowska, M., de Vries, S., von Wühlisch, G. 2017. Chilling and forcing requirements for foliage bud burst of European beech (*Fagus sylvatica* L.) differ between provenances and are phenotypically plastic. *Agricultural and Forest Meteorology* 234: 172-181.
- Liesebach, M., Degen, B., Sholz, F. 1999. Zur genetischen Anpassungsfähigkeit der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L. *Berichte über Landwirtschaft. Münster*, 77: 128-133.
- Liesebach, M. 2017. International beech provenance trial 1993/95 - site Schädtebek (Bu19-1), 131-138.
- Memišević Hodžić, M., Ballian, D. 2019. Morphological traits of common beech (*Fagus sylvatica* L.) in international provenance test. X International Agriculture Symposium “AGROSYM” 2019; Jahorina, 3-6 October 2019, Bosnia and Herzegovina.
- Memišević Hodžić, M., Ballian, D. 2021. Growth Dynamics and Tree Shape of Common Beech (*Fagus sylvatica* L.) in the International Provenance Test. *South-east European forestry*, 12: 2.
- Muhs, H. J. 1985. International provenance trial of beech (*Fagus sylvatica* L.) from 1983/85. *Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst-und Holztechnologie*, 3. IUFRO Buchensymposium, pp. 77-83.
- Muhs, H.-J., Von Wühlisch, G. 1992. Research on the improvement of beech in the last decade. In: R.E. Rosello (wd) *Proceedings of International Congress on Beech*. Pamplona 1992. *Investigacion Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 1: 311-318.
- Muhs, H.J., Paule, L., Ionita, L., von Wuehlisch, G. 2010. Concept and design of the international beech provenance trials of 1995 and 1998, and suggestions for future trials. COST E52 "Evaluation of Beech Genetic Resources for Sustainable Forestry" Final Meeting. Book of abstracts. 4-6th May 2010, Burgos, Spain. pp. 19.
- Nonić, M., Čortan, D., Batalo, T., Šijačić-Nikolić, M. GODINA Usporedna analiza morfoloških karakteristika listova bukve iz evropskog provenijeničnog testa. *Glasnik Šumarskog fakulteta* 119: 145-174.
- Paridari, I. C., Jalali, S. G., Sonboli, A., Zarafshar, M., Bruschi, P. 2013. Leaf macro-and micro-morphological altitudinal variability of *Carpinus betulus* in the Hyrcanian forest (Iran). *Journal of Forestry Research* 24: 301-307.
- Robson, T. M., Garzón, M. B. 2018. BeechCOSTe52 database consortium. Phenotypic trait variation measured on European genetic trials of *Fagus sylvatica* L. *Scientific Data* 5: 180149.
- Šijačić-Nikolić, M. (2007): Program osnivanja semenske plantaže evropskog provenijeničnog testa. Izveštaj za projekat. Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu.

- Šijačić-Nikolić, M. (2008): Istraživanje genetskog potencijala različitih provenijencija bukve u okviru mreže evropskih provenijeničnih testova. Izveštaj za projekat, Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- Šijačić-Nikolić, M. (2009-2010): Istraživanje genetskog potencijala različitih provenijencija bukve u okviru mreže evropskih provenijeničnih testova. Izveštaj za projekat, Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- 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, pp. 258.
- 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, Forestry and Game Management Research Institute 25: 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 9th International Beech Symposium: Ecology and Silviculture of Beech, Dresden, Germany, IUFRO, Technische Universitat Dresden, Conference quide, pp. 70.
- Šijačić-Nikolić, M., Milovanović, J., Nonić, M., Knežević, R., Babić, V. 2012. Ekotipska karakterizacija genetičke varijabilnosti provenijencija bukve iz jugoistočne Evrope na osnovu morfometrijskih svojstava listova. Glasnik Šumarskog fakulteta 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 45 (2): 369-380.
- Šijačić-Nikolić, M. 2018. Definisavanje taksonomskog statusa bukve u Srbiji – faza II. Konačni izveštaj. Šumarski fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- Stajić, B., Janjatović, Ž., Aleksić, P., Baković Z., Kazimirović, M., Milojković, N. 2016. Anamorphic site index curves for moesian beech (*Fagus × taurica* Popl.) in the region of Žagubica, Eastern Serbia. Šumarski list 5-6: 251-258.
- Stojnić, S., Orlović, S., Pilipović, A., Šijačić-Nikolić, M., Vilotić, D., Katanić, M. 2010a. Variability of anatomical-morphological trails 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, pp. 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 Silvatica et Lignaria Hungarica 6: 135-142.
- Stojnić, S., Orlović, S., Galić, Z., Vilotić, D., Knežević, M., Šijačić-Nikolić, M. 2012a. Stanišne i klimatske karakteristike u provenijeničnim testovima bukve na Fruškoj gori i u Debelom lagu. Topola 189/190: 125-142.
- Stojnić, S., Orlović, S., Pilipović, A., Vilotić, D., Šijačić-Nikolić, M., Miljković, D. 2012b. Variation in leaf physiology among three provenances of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in provenance trial in Serbia. Genetika 44: 341-353.

- Stojnić S, Orlović S, Pilipović A, Vilotić D, Šijačić-Nikolić M, Miljković D. 2012b. Variation in leaf physiology among three provenances of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in provenance trial in Serbia. *Genetika* 2012 Volume 44, Issue 2, Pages: 341-353
- Stojnić, S. 2013. Varijabilnost anatomskih, fizioloških i morfoloških karakteristika različitih provenijencija bukve u Srbiji, Doktorska disertacija, Šumarski fakultet, Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- Stojnić, S., Ballian, D., Ivanković, M., Šijačić-Nikolić, M., Orlović, S., Pilipović, A., Bogdan, S., Kvesić, S., Mataruga, M., Daničić, V., Cvjetković, B., Miljković, D., von Wuehlisch, G. 2014. Height growth variability of European beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances in common garden experiments in Bosnia and Herzegovina, Croatia and Serbia, V Congress of the Serbian Genetic Society, Kladovo, Septembar 28th – October 2nd, Book of Abstracts, pp. 339.
- Stojnić, S., Orlović, S., Trudić, B., Živković, U., von Wuehlisch, G. 2015a. Phenotypic plasticity of European beech (*Fagus sylvatica* L.) stomatal features under water deficit assessed in provenance trial. *Dendrobiology* 73: 163173,
- Stojnić, S., Orlović, S., Ballian, D., Ivanković, M., Šijačić-Nikolić, M., Pilipović, A., Bogdan, S., Kvesić, S., Mataruga, M., Daničić, V., Cvjetković, B., Miljković, D., von Wuehlisch, G. 2015b. Provenance by site interaction and stability analysis of European beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances grown in common garden experiments. *Silvae Genetica* 64: 133-147
- Stojnić S, Orlović S, Miljković D, Galić Z, Kebert M, von Wuehlisch G. 2015c. Provenance plasticity of European beech leaf traits under differing environmental conditions at two Serbian common garden sites. *Eur J Forest Res* 134, 1109–1125 (2015).
- Stojnić S, Orlović S, Miljković D, von Wuehlisch G. 2016. Intra- and interprovenance variations in leaf morphometric traits in European beech (*Fagus sylvatica* L.). *Archives of Biological Sciences* 2016 Volume 68, Issue 4, Pages: 781-788.
- Stojnić, S., Viscosi, V., Marković, M., Ivanković, M., Orlović, S., Tognetti, R., Coccozza, C., Vasić, V., Loy, A. 2022. Spatial patterns of leaf shape variation in European beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances. *Trees* 36: 497-511.
- Thiel, D., Kreyling, J., Backhaus, S. Beierkuhnlein, C., Buhk, C., Egen, K., Huber, G., Konnert, M., Nagy L., Jentsch, A. 2014. Different reactions of central and marginal provenances of *Fagus sylvatica* to experimental drought. *European Journal of Forest Research* 133: 247-260.
- Uputstva za gazdovanje šumama – Nacrt (2023) - <https://upravazasume.gov.rs/wp-content//Uputstva-za-gazdovanje-sumama.docx>
- Valladares, F., Gianoli, E., Gómez, J. M. 2007. Ecological limits to plant phenotypic plasticity. *New Phytologist* 176 (4): 749763.
- Valluru, R., Link, J., Claupein, W. 2012. Consequences of early chilling stress in two *Triticum* species: Plastic responses and adaptive significance. *Plant Biology* 14(4): 641-651.
- Vastag, E., Kovačević, B., Orlović, S., Kesić, L., Bojović, M., Stojnić, S. 2019. Leaf stomatal traits variation within and among fourteen European beech (*Fagus sylvatica* L.) provenances. *Genetika* 51 (3): 937-959.
- Vidaković, M., Krstinić, A. 1985. *Genetika i oplemenjivanje šumskog drveća*. Šumarski fakultet, Zagreb, pp. 505.

- 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 9th International Beech Symposium: Ecology and Silviculture of Beech, Dresden, Germany, IUFRO, Technische Universitat Dresden, Conference guide, pp. 75.
- von Wuehlisch, G., Krusch, D., Muhs, H. J. 1995. Variation in temperature sum requirement for flushing of beech provenances. *Silvae Genetica* 44: 343-346.
- 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, pp. 135-144.
- von Wuehlisch, G. 2008. Euforgen Technical Guidelines for genetic conservation and use for European beech (*Fagus sylvatica*). Biodiversity International, Rome, Italy.
- von Wuehlisch, G., Hansen, J. K., Mertens, P., Liesebach, M., Meierjohann, E., Muhs, H.J., du Cross, T. E., de Vries, S. 2008. Variation among *Fagus sylvatica* and *Fagus orientalis* provenances in young international field trials. In: Terezawa, K., Madsen, P., Sagheb-Telebi, K. (Eds.). Proceedings from the 8th IUFRO International Beech Symposium "Ecology and Silviculture of Beech", 8-13 September, Nanae, Hokkaido, Japan. pp. 25-27.
- von Wuehlisch, 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, pp. 29.