

PAPRSTOJO AŽUOLO (*QUERCUS ROBUR L.*) EVOLIUCINIŲ LINIJŲ SĄSAJOS SU GILIŲ MORFOMETRINIAIS POŽYIMIAIS

Žilvinas DOVIDAITIS, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Miškų ir ekologijos fakultetas, el. paštas: zilvinas.dovidaitis@vdu.lt

Santrauka

Siekiant išsaugoti ir atkurti paprastojo ąžuolo (*Quercus robur L.*) medynus Lietuvoje bei išsaugoti Lietuvos ąžuolynų autochtoninį genofondą, reikalingi išsamūs haplotipinių (motininės) kilmės sąsajų su morfometriniais požymiais tyrimai. Šio tyrimo tikslas – ištirti paprastojo ąžuolo GPO gilių morfometrinių požymių skirtumus, remiantis cpDNR žymenimis. Tyrimo metu buvo vertinamos paprastojo ąžuolo gilių morfometrinių požymių sąsajos su haplotipais bei su Lietuvos miškų gamtiniais rajonais. Tyrimui gilės surinktos nuo 39 skirtingų paprastojo ąžuolo klonų Josvainių ąžuolų GPO klonų rinkinyje (iš viso 1560 gilių). Haplotipų ištyrimui naudoti 3 cpDNR mikrosatelitų lokusai (haplotipuoti 39 medžiai). Statistinei duomenų analizei atlikti taikyti 3 metodai: Dispersinė analizė (ANOVA), Tukey (HSD) ir Chi-kvadrato testas. Rezultatai parodė, kad gilių morfometriniai požymiai reikšmingai skiriasi, priklausomai nuo ąžuolo cpDNR haplotipinės (motininės) kilmės. Reikšmingai savo ilgiu ir pločiu išsiskiria itališkos haplotipinės kilmės (H6_H1_IT) gilės – jos yra trumpiausios ir siauriausios iš tirtų gilių. Taip pat nustatyta, kad gilių morfometriniai požymiai reikšmingai skiriasi, priklausomai nuo Lietuvos miškų gamtinio rajono. Gilės ilgiu ir pločiu reikšmingai išsiskiria Lietuvos šiaurės rytų aukštumos regionas. Šio regiono gilės yra ilgiausios ir siauriausios. Tai rodo, jog morfometriniai požymiai gali išlaikyti motininės linijos genetinę kilmę ir jai būdingus požymius bei požymiams įtakos turi augavietės aplinka ir gilės išlaiko regionui būdingus adaptacinius požymius.

Reikšminiai žodžiai: *Quercus robur L.*, morfometriniai požymiai, cpDNR, mikrosatelitai, haplotipas, gilė, evoliucinė linija, adaptacinė aplinka.

Ivadas

Paprastasis ąžuolas (*Quercus robur L.*) yra viena ekologiškai ir ekonomiškai reikšmingiausių ir plačiausiai paplitusių lapuočių medžių rūšių Europoje (Popovic et al., 2024). Su ąžuolais siejama daugiau nei 2300 rūšių, kurioms ąžuolai sukuria gyvybiškai svarbias buveines (Krutovsky et al., 2024). Būtent todėl ąžuolai užtikrina visos miško ekosistemos stabilumą ir palaiko aukštą biologinės įvairovės lygį. Tačiau, nepaisant jų ekologinės svarbos, ąžuolynai susiduria su žmogaus veiklos keliamomis grėsmėmis: intensyvėjančia brandžių medynų eksploatacija ir tinkamose augti teritorijose sparčiai besivystančiu žemės ūkiu. Išvardyti veiksniai stipriai veikia populiacijų fragmentaciją, izoliaciją ir genetinės įvairovės mažinimą, o tai turi įtakos ilgalaikiam rūšies evoliuciniam gyvybingumui.

Lietuvoje ąžuolynai stipriai nukentėjo nuo šimtmečius vykdytos ąžuolynų eksploatacijos, kurios rezultate buvo išimta daug geros ūkinės vertės medžių ir taip sumažintas ąžuolų genofondas. Pasak D. Danusevičiaus ir kt. (2021) ąžuolų tyrimai Lietuvoje parodė, kad Lietuvoje randami 8 paprastojo ąžuolo haplotipai iš trijų ledynmečio prieglobsčio zonų – Apeninų, Balkanų ir Iberijos pusiasalių. Siekiant išsaugoti ir atkurti paprastojo ąžuolo (*Quercus robur L.*) medynus Lietuvoje bei išsaugoti Lietuvos ąžuolynų autochtoninį genofondą, reikalingi ne tik išsamūs haplotipinių (motininės) kilmės tyrimai, bet ir sąsajų su morfometriniais požymiais tyrimai, kurie gali parodyti, ar haplotipinės kilmės išlaiko savo požymius.

Lietuvoje buvo vykdyti paprastojo ąžuolo lapų morfologijos ir haplotipų sąsajų tyrimai, tačiau gilių morfometrinių požymių sąsajos su haplotipinėmis (motininėmis) linijomis dar nebuvo tirtos.

Tyrimo tikslas – ištirti paprastojo ąžuolo (*Quercus robur L.*) GPO gilių morfologinių požymių skirtumus, remiantis cpDNR žymenimis.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Ištirti paprastojo ąžuolo gilių morfologinių požymių skirtumus tarp skirtingų haplotipų.
2. Ištirti paprastojo ąžuolo gilių morfologinių požymių skirtumus tarp klonų iš skirtingų Lietuvos miškų gamtinių rajonų.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimo objektas: paprastojo ąžuolo (*Quercus robur L.*) gilės Josvainių ąžuolų GPO klonų rinkinyje.

Tyrimo metodai: Gilių morfometriniai matavimai: gilės surinktos nuo 39 skirtingų paprastojo ąžuolo klonų Josvainių ąžuolų GPO klonų rinkinyje (kodas 11AKR015) 2024 m. rudenį (paprastojo ąžuolo sėkliniais metais). Rinkta po 40 gilių nuo kiekvieno medžio. Kiekviena surinkta gilė buvo išmatuota naudojant elektrinį skaitmeninį slankmatį, kurio tikslumas $\pm 0,01$ mm. Pagrindiniai morfometriniai gilių parametrai matuoti remiantis modifikuota Bakis ir Babac (2014), gilių morfometrinių matavimų metodika ir vertinti šie parametrai: gilės ilgis (NL), gilės ilgis su dygliuku (NLKI), dygliuko ilgis (KI), gilės plotis (ND), gilės pločio ir ilgio santykis bei prisegimo vietos plotis (NSD). Iš viso šiam tyrimui išmatuota 1560 gilių.

Haplotipavimas. Kiekvienas ažuolas, nuo kurio buvo surinktos gilės, buvo haplotipuotas, t.y. ištirtas jo haplotipas. Nuo 39 ažuolų buvo surinkti lapai haplotipams ištirti. DNR išskirta iš džiovintų ant silikagelio lapų pagal modifikuotą Lefort (Lefort, Douglas, 1999) DNR išskyrimo metodą. Haplotipams nustatyti naudoti trys chloroplasto DNR mikrosatelitų lokusai (udt1, ucd4, udt4), kurie pagal M. F. Deguilloux ir kt. (2003) tyrimus patikimai atskiria paprastųjų ažuolų chloroplasto DNR haplotipus. Kiekvienas lokusas buvo amplifikuotas 14,5 µl reakcijos mišinyje (7,5 µl Qiagen Multiplex PCR Master Mix, 1 µl Primer Mix, 3 µl RNase free water, 1 µl PVP 1%, 1 µl BSA 20 mg/ml, 1 µl DNR). DNR pagausinimo reakcijos atliktos termocikleryje Veriti 96-Well (0,1 ml) pagal skirtingas programas priklausomai nuo lokuso. Pirminė denatūracija 95 °C 12 min., 10 ciklų denatūracija 94 °C 30 s, pradmenų prisijungimas 60 °C 45 s ir DNR sintezė 72 °C 1 min., 25 ciklai denatūracija 94 °C 30 s, pradmenų prisijungimas 60 °C 45 sek. ir DNR sintezė 72 °C 1 min., galutinė DNR sintezė 72 °C 10 min. PGR produktų vizualizavimas atliktas kapiliarinės elektroforezės būdu automatiškai DNR sekvenatoriuje SeqStudio, o alelinis jų vertinimas atliktas naudojant kompiuterinę programą GeneMapper v6. Tyrimo metu aptikti haplotipai buvo vertinami haplotipų charakteristikos vertinimo metodu.

Gilių morfologinių požymių skirtumų tarp klonų iš skirtingų Lietuvos miškų gamtinių rajonų tyrimas. Populiacijos išskirtos pagal savivaldybių ribas ir formuojant kiek galima vienodesnes medžių senolių imtis kiekvienoje populiacijoje. Tam, kad būtų galima įvertinti platesnio geografinio mastelio genetinės įvairovės pasiskirstymo dėsningumus, populiacijos suskirstytos remiantis Karazijos (1968) pasiūlytu miškų gamtinių rajonavimu: 1 – Vakarų Lietuva, 2 – Vidurio Lietuvos žemumos šiaurinė dalis, 3 – Šiaurės rytų aukštuma, 4 – Pietų Lietuva.

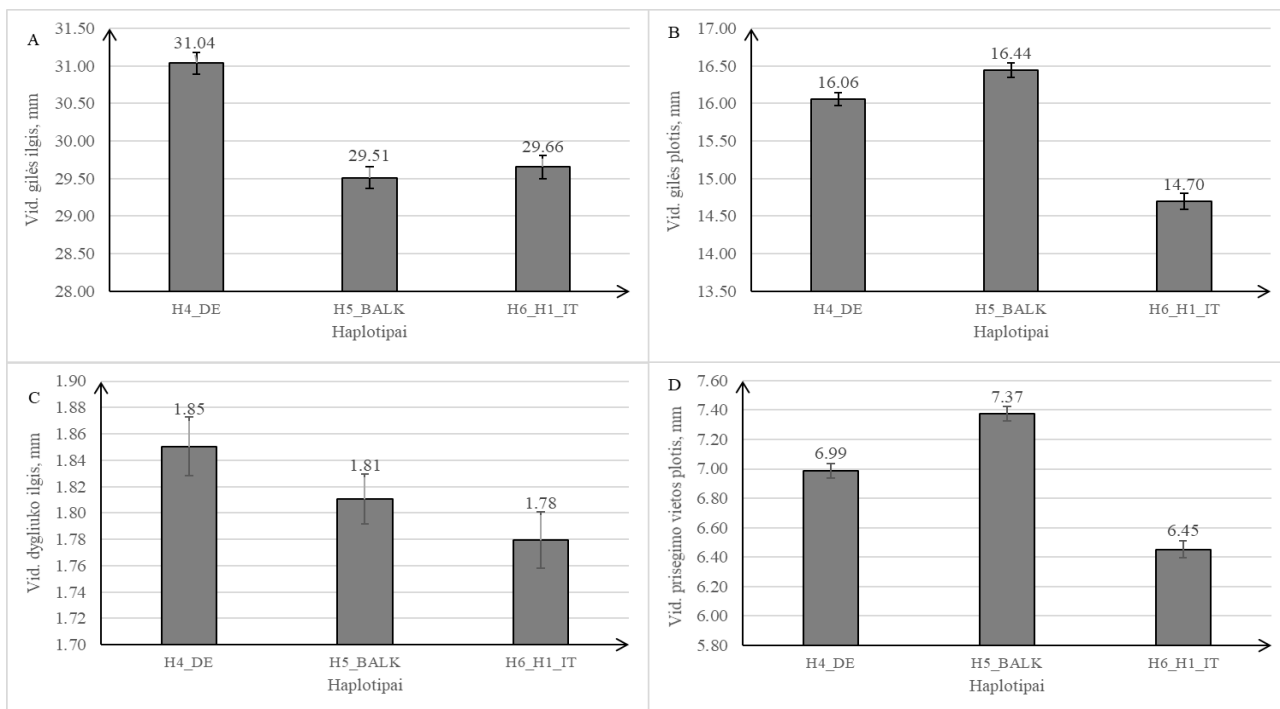
Statistinės analizės metodai. Gilių morfometrinių požymių skirtumų tarp haplotipų ir rajonų statistiniam patikimumui nustatyti buvo taikyti trys statistiniai metodai: ANOVA, Tukey (HSD) ir Chi kvadrato testas. Statistinė analizė atlikta PAST 4.03 ver. programa.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Ažuolų gilės labai skiriasi dydžiu tarp rūšių, porūšių ir net tos pačios populiacijos viduje, priklausomai nuo taksono ir aplinkos (Bonito et al., 2011). Norint nustatyti šiuos skirtumus, tyrimo metu buvo atlikta paprastojo ažuolo gilių morfometrinė analizė, vertinant rodiklių kintamumą tiek genetinių haplotipų, tiek skirtingų Lietuvos regionų lygmeniu.

Atlikus vienpusę dispersinę analizę (ANOVA) nustatyta, kad paprastojo ažuolo gilių ilgis (A) statistiškai reikšmingai priklauso nuo haplotipų ($F = 34,41$; $p < 0,001$) (žr. 1 pav.). Nors Levene kriterijus parodė duomenų homogeniškumą ($p = 0,716$), rezultatai papildomai patvirtinti Kruskal-Wallis testu, kurio Chi-kvadrato vertė nurodė aukštą patikimumą tarp tiriamų grupių ($H = 81,4$; $p < 0,001$). Poriniai Tukey HSD testo palyginimai atskleidė, kad H4_DE haplotipo ažuolo gilės ($31,04 \pm 0,14$ mm) yra reikšmingai ilgesnės už H5_BALK ($29,51 \pm 0,15$ mm) ir H6_H1_IT ($29,66 \pm 0,16$ mm) giles, tačiau tarp pastarųjų dviejų haplotipų esminio skirtumo nenustatyta.

Atlikta vienpusė dispersinė analizė (ANOVA) parodė, kad paprastojo ažuolo gilių plotis (B), taip pat kaip ir ilgis, statistiškai reikšmingai priklauso nuo haplotipų ($F = 83,82$; $p < 0,001$) (žr. 1 pav.).



1 pav. Paprastojo ažuolo gilių morfometrinių požymių: gilių ilgio (A), gilių pločio (B), gilės dygliuko ilgio (C) ir prisegimo vietos pločio (D) sąsajos su haplotipais. Paklaidų linijos – standartinė paklaida.

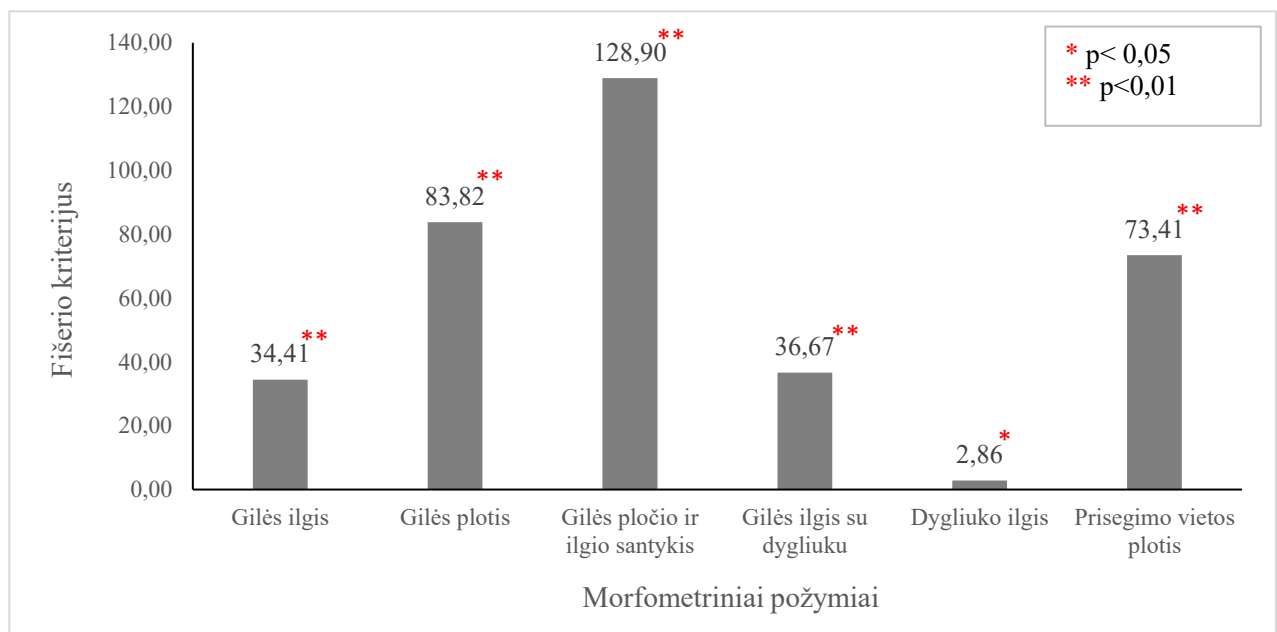
Fig. 1. Morphometric traits of pedunculate oak acorns: the length of acorn (A), acorn width (B), acorn spine length (C) and attachment point width (D) associations with haplotypes. Error bars – standard error.

Išanalizavus Levene kriterijaus rezultatus gautas duomenų nehomogeniškumas ($p = 0,003$). Todėl rezultatai papildomai patvirtinti Kruskal-Wallis testu, kurio Chi-kvadrato reikšmė parodė itin aukštą gilių pločio priklausomybę nuo genetinės grupės ($H = 150,00$; $p < 0,001$). Atlikus porinius Tukey HSD testo palyginimus buvo gauta, kad visų trijų tirtų haplotipų gilių plotis statistiškai patikimai skiriasi tarpusavyje ($p < 0,01$): Pats didžiausias vidutinis plotis nustatytas H5_BALK ($16,44 \pm 0,10$ mm), o mažiausias – H6_H1_IT ($14,70 \pm 0,11$ mm).

Taip pat vienpusė dispersinė analizė (ANOVA) buvo atlikta paprastojo ąžuolo gilių dygliuko ilgiui (C). Gauti duomenys parodė, kad dygliuko ilgis taip pat statistiškai reikšmingai priklauso nuo haplotipų ($F = 2,855$; $p < 0,001$) (žr. 1 pav.). Remiantis Levene kriterijaus rezultatais, gautas duomenų homogeniškumas ($p = 0,0568$). Rezultatai papildomai patvirtinti Kruskal-Wallis testu, kuris šiuo atveju buvo priešingas vienpusi dispersinei analizei (ANOVA). Chi-kvadrato vertė fiksavo statistiškai reikšmingą skirtumą ($H = 10,67$; $p = 0,005$). Analizuojant porinius Tukey HSD testo duomenis buvo gauta, kad esminis skirtumas nustatytas tik tarp H4_DE ($1,85 \pm 0,02$ mm) ir H6_H1_IT ($1,78 \pm 0,02$ mm) haplotipų ($p = 0,048$). Kiti tarpusavio palyginimai statistinio patikimumo neparodė ($p > 0,05$).

Atlikus vienpusę dispersinę analizę (ANOVA) prisegimo vietos pločiui, (D) gauta, kad paprastojo ąžuolo gilių prisegimo vietos plotis taip pat statistiškai reikšmingai priklauso nuo haplotipų ($F = 73,41$; $p < 0,001$) (žr. 1 pav.). Atlikus Levene kriterijų gautas dispersijų nehomogeniškumas ($p = 0,003$). Gauti rezultatai papildomai patvirtinti neparametriniu Kruskal-Wallis testu, kurio Chi-kvadrato vertė parodė itin aukštą prisegimo vietos pločio priklausomybę nuo genitinių grupių ($H = 148,5$; $p < 0,001$). Naudojant Tukey HSD testą atlikti palyginimai parodė, kad visų trijų tirtų haplotipų gilių prisegimo vietos pločiai tarpusavyje taip pat skiriasi statistiškai patikimai ($p < 0,001$). Didžiausiu vidutiniu prisegimo vietos pločiu pasižymėjo H5_BALK ($7,37 \pm 0,05$ mm), o mažiausiu – H6_H1_IT ($6,45 \pm 0,06$ mm).

Siekiant įvertinti paprastojo ąžuolo gilių morfometrinių požymių reikšmingumą tarp tirtų haplotipų, naudota Fišerio kriterijaus analizė (žr. 2 pav.). Atlikus morfometrinę diferenciaciją tarp haplotipų, gauta, kad visi tirti požymiai pasižymi statistiškai reikšmingais skirtumais. Vertinant Fišerio kriterijaus reikšmes, didžiausia ir statistiškai reikšmingiausia Fišerio kriterijus reikšmė nustatyta gilės pločio ir ilgio santykiui ($128,90 < 0,01$), gilės pločiui ($83,82 < 0,01$) ir prisegimo vietos pločiui ($73,41 < 0,01$). Mažiausiu kintamumu tarp genitinių grupių pasižymėjo dygliuko ilgis, kurio Fišerio kriterijaus reikšmė žemiausia, tačiau taip pat statistiškai reikšminga ($2,86 < 0,05$).



2 pav. Paprastojo ąžuolo gilių morfometrinių požymių reikšmingumas tarp haplotipų pagal Fišerio kriterijų. Paklaidų linijos – standartinė paklaida.

Fig. 2. Significance of the morphometric characteristics of pedunculate oak acorns among haplotypes according to Fisher's criterion. Error bars – standard error.

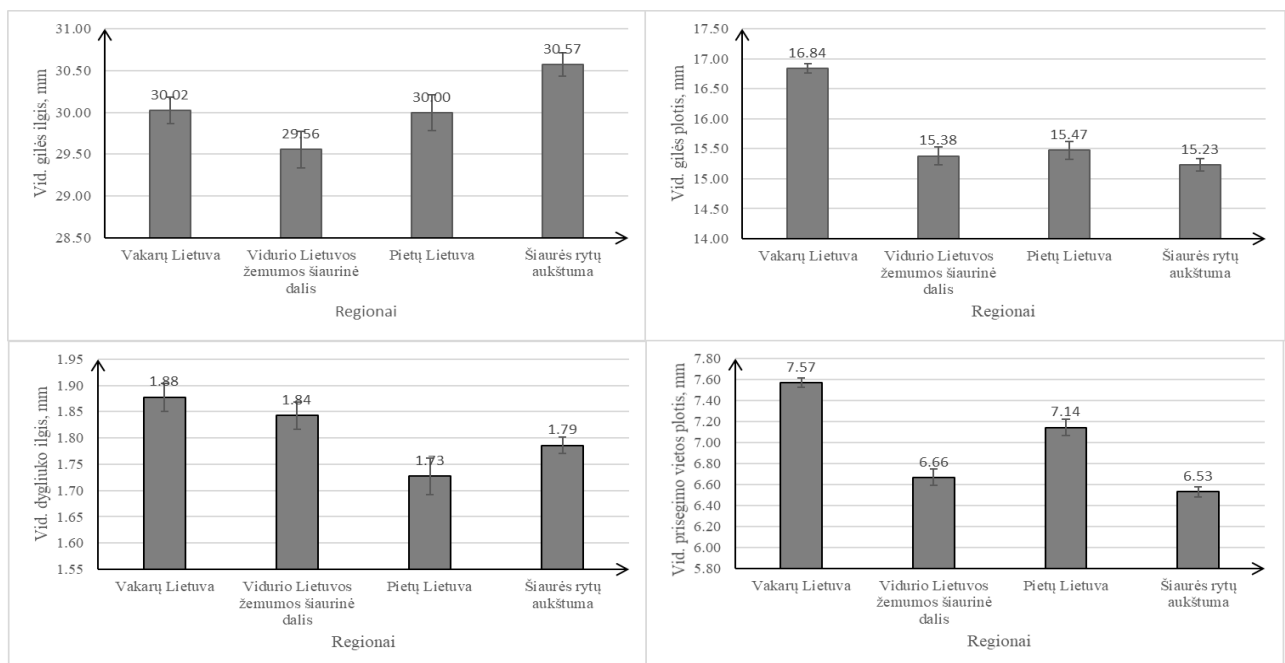
Atlikus vienpusę dispersinę analizę (ANOVA), gauta, kad paprastojo ąžuolo gilių ilgis (A) statistiškai reikšmingai priklauso nuo regionų ($F = 6,007$; $p < 0,001$) (žr. 3 pav.). Analizuojant Levene kriterijų nustatytas duomenų heterogeniškumas ($p < 0,01$), todėl gauti rezultatai papildomai patvirtinti Kruskal-Wallis testu, kurio Chi-kvadrato vertė parodo aukštą ryšio patikimumą tarp tiriamų grupių ($H = 21,13$; $p < 0,001$). Atlikus porinius Tukey HSD testo palyginimus gauta, kad šiaurės rytų aukštumos regiono paprastojo ąžuolo gilės ($30,57 \pm 0,14$ mm) yra patikimai ilgesnės, lyginant su vidurio Lietuvos žemumos šiaurinės dalies regiono ($29,56 \pm 0,22$ mm; $p = 0,0003$) ir vakarų Lietuvos regiono ($30,02 \pm 0,16$ mm; $p = 0,045$) gilėmis. Atsižvelgiant į gautus rezultatus, tarp pietų Lietuvos regiono ($30,00 \pm 0,21$ mm) ir pastarųjų dviejų regionų esminio ilgio skirtumo nenustatyta.

Atlikta vienpusė dispersinė analizė (ANOVA) parodė, kad paprastojo ąžuolo gilių plotis (B) statistiškai reikšmingai priklauso nuo visų tirtų regionų ($F = 55,82$; $p < 0,001$) (žr. 3 pav.). Apskaičiuota Levene kriterijaus reikšmė parodė, kad duomenys yra heterogeniški ($p < 0,001$), todėl gauti rezultatai papildomai patvirtinti Kruskal-Wallis testu, kurio Chi-kvadrato vertė parodė itin aukštą patikimumą tarp geografinių grupių ($H = 170,7$; $p < 0,001$). Poriniais Tukey

HSD testo palyginimais nustatyta, kad vakarų Lietuvos regiono paprastojo ąžuolo gilių plotis ($16,84 \pm 0,08$ mm) yra statistiškai reikšmingai didesnis už vidurio Lietuvos žemumos šiaurinės dalies ($15,38 \pm 0,15$ mm), pietų Lietuvos ($15,47 \pm 0,15$ mm) ir šiaurės rytų aukštumos ($15,23 \pm 0,10$ mm) regionų ąžuolo gilių pločius. Atsižvelgiant į duomenis apie vidurio Lietuvos žemumos šiaurinės dalies, pietų Lietuvos ir šiaurės rytų aukštumos regionus, nustatyta, kad esminių gilių pločio skirtumo tarp jų nėra.

Atlikus tą pačią, vienpusę dispersinę analizę (ANOVA) nustatyta, kad paprastojo ąžuolo gilių dygliuko ilgis (C) taip pat statistiškai reikšmingai priklauso nuo regionų ($F = 6,221$; $p < 0,001$) (žr. 3 pav.). Levene kriterijus panaudotas nustatant duomenų heterogeniškumą ($p < 0,001$), o gauti rezultatai papildomai patvirtinti Kruskal-Wallis testu, kurio Chi-kvadrato vertė parodė patikimą ryšį tarp tiriamųjų grupių ($H = 37,28$; $p < 0,001$). Atsižvelgiant į atliktus porinius Tukey testo rezultatus buvo nustatyta, kad vakarų Lietuvos regiono paprastojo ąžuolo gilių dygliukai ($1,88 \pm 0,03$ mm) yra statistiškai patikimai ilgesni už pietų Lietuvos ($1,73 \pm 0,04$ mm; $p = 0,0007$) ir šiaurės rytų aukštumos ($1,79 \pm 0,02$ mm; $p = 0,0009$) regionų gilių dygliukus. Pagal gautus duomenis galima sakyti, kad pietų Lietuvos paprastojo ąžuolo gilių dygliukai yra patikimai trumpesni už vidurio Lietuvos žemumos šiaurinės dalies ($1,84 \pm 0,03$ mm; $p = 0,04$) gilių dygliukus. Tuo tarpu tarp kitų regionų esminių skirtumų nėra.

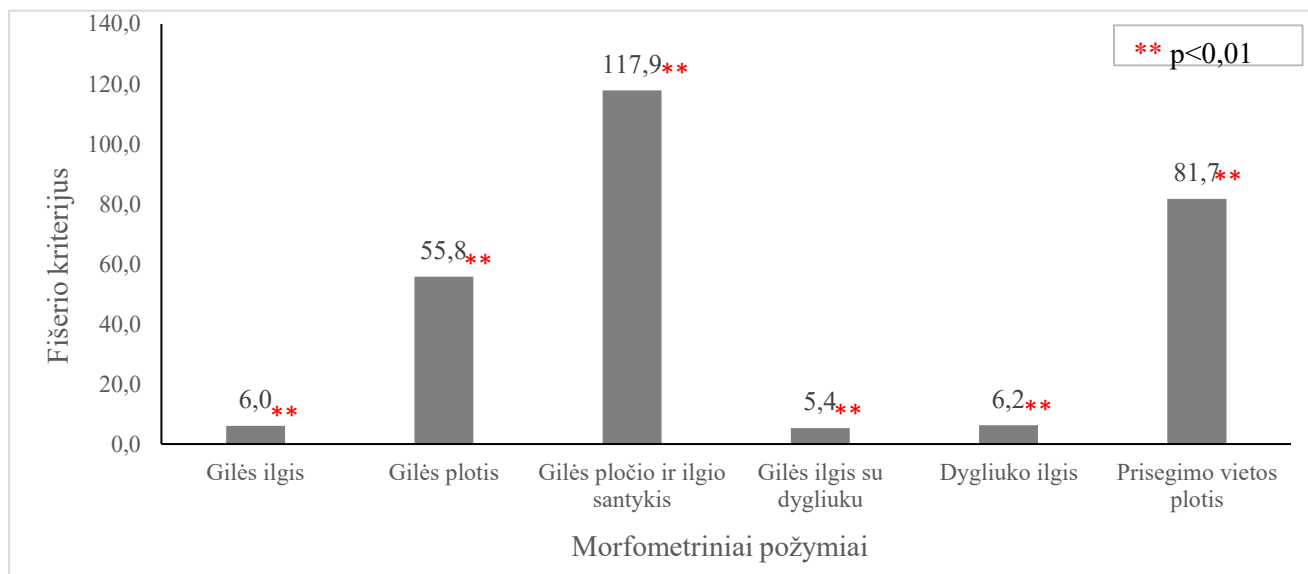
Dar kartą atlikus šią vienpusę dispersinę analizę (ANOVA) išsiaiškinta, kad ir paprastojo ąžuolo gilių prisegimo vietos plotis (D) yra statistiškai reikšmingai priklausomas nuo regionų ($F = 81,7$; $p < 0,001$) (žr. 3 pav.). Atliktas Levene kriterijus parodė duomenų heterogeniškumą ($p < 0,001$). Gauti rezultatai papildomai patvirtinti naudojantis Kruskal-Wallis testu, kurio Chi-kvadrato analizė parodė labai aukštą patikimumą tarp tirtų grupių ($H = 219,1$; $p < 0,001$). Poriniai Tukey HSD testo palyginimai parodė, kad vakarų Lietuvos regiono paprastojo ąžuolo gilių prisegimo vieta ($7,57 \pm 0,04$ mm) yra patikimai platesnė už vidurio Lietuvos žemumos šiaurinės dalies, pietų Lietuvos ir šiaurės rytų aukštumos regionuose vyraujančias gilių prisegimo vietas. Buvo gauta, kad pietų Lietuvos regione esančių paprastojo ąžuolo gilių prisegimo vietos plotis yra patikimai didesnis nei šiaurės rytų aukštumos populiacijų ($p < 0,001$). Tarp kitų regionų esminių skirtumų nustatyta nebuvo.



3 pav. Paprastojo ąžuolo gilių morfometrinių požymių: gilių ilgio (A), gilių pločio (B), gilės dygliuko ilgio (C) ir prisegimo vietos pločio (D) sąsajos su Lietuvos miškų gamtiniais rajonais. Paklaidų linijos – standartinė paklaida.

Fig. 3. Morphometric traits of pedunculate oak acorns: the length of acorn (A), acorn width (B), acorn spine length (C) and attachment point width (D) associations with the natural forest regions of Lithuania. Error bars – standard error.

Fišerio kriterijaus analizė taip pat naudota analizuojant paprastojo ąžuolo gilių morfometrinių požymių reikšmingumą tarp regionų (žr. 4 pav.). Atlikus morfometrinių diferenciacijų tarp regionų buvo gauta, kad visi 6 požymiai pasižymi statistiškai reikšmingais skirtumais. Atsižvelgiant į Fišerio kriterijaus reikšmes didžiausia Fišerio kriterijaus reikšmė nustatyta gilės pločio ir ilgio santykiui ($117,9 < 0,01$), prisegimo vietos pločiui ($81,7 < 0,01$) ir gilės pločiui ($55,82 < 0,01$). Mažiausia Fišerio kriterijaus reikšmė, tačiau taip pat statistiškai reikšminga, nustatyta dygliuko ilgiui ($6,221 < 0,01$), gilės ilgiui ($6,007 < 0,01$) ir gilės ilgiui su dygliuku ($5,363 < 0,01$)



4 pav. Paprastojo ąžuolo gilių morfometrinių požymių reikšmingumas tarp tirtų Lietuvos miškų regionų pagal Fišerio kriterijų. Paklaidų linijos – standartinė paklaida.

Fig. 4. The significance of the morphometric characteristics of pedunculate oak acorns among researched forest regions of Lithuania according to Fisher's criterion. Error bars – standard error.

Apibendrinus, tyrimo rezultatai parodė, kad gilių morfometriniai požymiai gali išlaikyti motininės linijos genetinę kilmę ir jai būdingus požymius. Taip pat šis tyrimas parodė, kad gilių morfometriniais požymiais įtakos turi adaptacinė aplinka ir gilės šio tyrimo atveju išlaikė regionui būdingus adaptacinius požymius.

Išvados

1. Ištyrus paprastojo ąžuolo (*Quercus robur* L.) cpDNR haplotipų ir gilių morfometrinių požymių sąsajas, nustatyta, kad gilių morfometriniai požymiai reikšmingai skiriasi, priklausomai nuo ąžuolo cpDNR haplotipinės (motininės) kilmės. Reikšmingai savo ilgiu ir pločiu išsiskiria itališkos haplotipinės kilmės (H6_H1_IT) gilės – jos yra trumpiausios ir siauriausios iš tirtų gilių. Šie rezultatai rodo, kad gilių morfometriniai požymiai gali išlaikyti motininės linijos genetinę kilmę ir jai būdingus požymius.

2. Ištyrus paprastojo ąžuolo gilių morfometrinių požymių sąsajas su Lietuvos miškų gamtiniais rajonais, nustatyta, kad gilių morfometriniai požymiai reikšmingai skiriasi, priklausomai nuo miškų gamtinio rajono. Reikšmingai gilės ilgiu ir pločiu išsiskiria Lietuvos šiaurės rytų aukštumos regionas. Šio regiono gilės yra ilgiausios ir siauriausios. Šie rezultatai rodo, kad gilių morfometriniais požymiais įtakos turi adaptacinė aplinka ir gilės išlaiko regionui būdingus adaptacinius požymius.

Literatūra

1. Bakış Y., Babaç, M. T. (2014). Morphological variability of acorns and its taxonomic significance in *Quercus* L. from Turkey. *Bangladesh Journal of Botany*, 43 (3), 293-299. <https://doi.org/10.3329/bjb.v43i3.21601>.
2. Danusevičius D., Baliuckas V., Buchovska J., Kembrytė R. (2021). Geographical Structuring of *Quercus robur* (L.) Chloroplast DNA Haplotypes in Lithuania: Recolonization, Adaptation, or Overexploitation Effects? *Forests*, 2021; 12(7), 831. <https://doi.org/10.3390/f12070831>.
3. Deguilloux M.-F., Bumolin-Lapegue S., Gielly L., Grivet D., Petit R.J. (2003). A set of primers for the amplification of chloroplast microsatellites in *Quercus*. *Molecular Ecology Notes*, 3, 24-27. <https://doi.org/10.1046/j.1471-8286.2003.00339.x>.
4. Krutovsky K.V., Popova A. A., Yakovlev I., Yalay Y., Matveev S.M. (2024). Response of Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) to Adverse Environmental Conditions in Genetic and Dendrochronological Studies. *Plants*, 14 (1), 109. <https://doi.org/10.3390/plants14010109>.
5. Lefort F., Douglas, G.C. (1999). An efficient micro-method of DNA isolation from mature leaves of four hardwood tree species *Acer*, *Fraxinus*, *Prunus* and *Quercus*. *Annals for Forest Science*, 56 (3), 259-263. <https://doi.org/10.1051/forest:19990308>.
6. Popovic V., Vemic A., Lazic S., Lučić A., Rakonjac L., Ivanovic B., Miljkovic D. (2024). The influence of origin on the quality of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) seedlings. *REFORESTA*, 1(17):32-40. DOI:10.21750/REFOR.17.04.115.

ASSOCIATIONS BETWEEN EVOLUTIONARY LINEAGES AND ACORN MORPHOMETRIC TRAITS OF PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR* L.)

Abstract

To preserve and restore pedunculate oak (*Quercus robur* L.) stands in Lithuania and their autochthonous gene pool, comprehensive studies are needed on the association of haplotype (maternal) origins with morphometric traits. The aim of this research is to study differences in the morphometric traits of acorns from pedunculate oak natural heritage objects trees based on cpDNA markers. For the study, acorns were collected from 39 different oak clones in the Josvainiai oak natural heritage objects clone collection (n = 1560). 3 cpDNA microsatellite loci were used for haplotype analysis. The results showed that the morphometric traits of oak acorns differ significantly depending on the cpDNA haplotype (maternal) origin. Acorns of Italian haplotype origin (H6_H1_IT) are significantly different in length and size. It was also found that the morphometric characteristics of acorns differ significantly depending on the natural forest region of Lithuania. The northeastern highlands region of Lithuania is significantly different in terms of acorn length and width. Acorns from this region are the longest and narrowest. This indicates that morphometric traits can preserve the genetic origin of the maternal line and its characteristic traits, and that these traits are influenced by the growing environment, while the acorns retain the adaptive traits typical to the region.

Keywords: *Quercus robur* L., morphometric traits, cpDNA, microsatellites, haplotype, acorn, evolutionary lineage, adaptive environment.