

KOMPIUTERINIŲ PROGRAMŲ, SKIRTŲ SUMEDĖJUSIŲ AUGALŲ LAPŲ MORFOLOGINIŲ POŽYMIŲ ĮVERTINIMUI, PALYGINAMASIS TYRIMAS

Tadas Vaidelys

Aleksandro Stulginskio universiteto Miškų ir ekologijos fakulteto Miško biologijos ir miškininkystės institutas
Studentų g. 11, Akademija, 53361 Kauno r., el. paštas: tvaidelys@gmail.com

Recenzentas: Donatas Misiūnas, Kauno kolegija

Anotacija

Kompiuterinės programos turi didelę reikšmę sumedėjusių augalų moksliniuose tyrimuose, nes pagreitina ir palengvina duomenų rinkimą ir analizę. Labai svarbu pasirinkti tinkamiausią medžių lapų morfologinių požymių nustatymo tyrimams programą. Tyrimui buvo naudotos atsitiktinai pasirinktos keturios kompiuterinės programos: *Black Spot*, *Compu Eye*, *ImageJ* ir *Lamina*, kuriomis nustatytas keturių medžių rūšių: paprastojo ąžuolo (*Quercus robur*), karpotojo beržo (*Betula pendula*), paprastojo klevo (*Acer platanoides*), mažalapės liepos (*Tilia cordata*) lapų (surinktų rudenį) paviršiaus plotai. Tyrimas parodė, kad universalių programų nėra – vienos programos pateikdavo geresnius rezultatus su vienomis medžių rūšimis, kitos su kitomis medžių rūšimis. Nustatant paprastojo ąžuolo, karpotojo beržo ir mažalapės liepos lapų paviršiaus plotus, gauti panašūs rezultatai. Paprastojo klevo lapų ploto rezultatai labiausiai išsiskyrė.

Raktiniai žodžiai: kompiuterinės programos, medžių lapų morfologiniai požymiai, medžio lapo plotas.

Įvadas

Kompiuterinės programos tampa vis svarbesnės augalų tyrimuose. Jos palengvina mokslininkų darbą. Programos gali nustatyti lapų, ūglių, šaknų, žiedų, vaisių, viso augalo įvairius parametrus (plotą, perimetrą, ilgį, plotį, skersmenį, formą, įvairius pažeidimus bei jų plotą ir daugelį kitų, įvertinti tam tikrų augalo organų sandaros ypatumus). Kai kurios kompiuterinės programos gali tik įvertinti tam tikrus parametrus, o kitos ir išanalizuoti. Tai priklauso nuo programos sudėtingumo. Programos ne tik palengvina tam tikrų augalo parametrų nustatymą, bet ir kelis kartus pagreitina atliekamus darbus, per trumpą laiką apdoroja didelius duomenų kiekius.

Kompiuterinės programos skirtos augalų moksliniams tyrimams pradėtos kurti prieš dešimtmetį ir šiuo metu jų pasiūla yra nemaža. Problema, kad daugelio šių programų įsigijimas yra mokamas ir kai kurių kaina yra pakankamai didelė. Jeigu mokslininkas dirba didesnėje įstaigoje, tokias programas įsigyti bus jam lengviau, kitu atveju tenka ieškoti rėmėjų, ypač jauniems mokslininkams. Paskutiniu metu ši problema nėra tokia aštri, nes atsirado mokslininkai entuziastai, kurie savo sukurtomis programomis dalinasi su kitais be atlygio. Taip sudėtinga programinė įranga tampa prieinama visiems mokslininkams.

Kiekviena kompiuterinė programa, nesvarbu ar ji mokama ar ne, ne visada tinka visiems augalams tyrinėti. Todėl tenka eksperimentuoti ir pasirinkti pačią tinkamiausią. Svarbu, kad vėliau pasirinkus tinkamą programą, kokiai nors tiriamajai augalo rūšiai, tik vieną ją ir naudoti, kitaip gauti rezultatai bus nepatikimi.

Tyrimui buvo atsitiktinai pasirinktos keturios atviros prieigos kompiuterinės programos: *Black Spot*, *Compu Eye*, *ImageJ* ir *Lamina*, su sąlyga, kad visomis galima bus nustatyti medžių lapų paviršiaus plotą iš ankščiau nuskanuotų paprastu skeneriu ar fotografuotų nuotraukų.

Black Spot Leaf Area Calculator kompiuterinė programa sukurta Indijos Nacionalinio Biologijos Mokslų Centro mokslininkų 2013 metais – skirta nustatyti tik lapų paviršiaus plotui. Programa yra skirta *Microsoft Windows* operacinėms sistemoms, bet reiktų turėti šiek tiek patirties su *MS-DOS* programomis, įvedant pradines komandas. Programa dirba visiškai automatiškai, be mokslininko priežiūros. Gali apdoroti didelius kiekius skanuotų lapų nuotraukų. Kūrėjų teigimu tinka daugeliui augalų rūšių. Programos duomenys lengvai ir greitai perkeliama į bet kokią lentelę. Programos kalibracija atliekama automatiškai, pagal nuotraukų duomenis (ne visų skenerių programinė įranga įrašo visą informaciją apie nuotrauką, tokiu atveju programa negalės kalibruotis bei nustatyti lapo ploto) (Varma, Osuri, 2013).

Compu Eye, Leaf & Symptoms kompiuterinė programos sukurta Egipto Augalų Apsaugos tyrimų instituto mokslininko 2005 metais – skirta lapų paviršiaus plotui ir perimetrai nustatyti bei matomų lapų pažeidimų plotui identifikuoti. Taip pat programa galima matuoti lapų plotį ir ilgį. Programa plotą, perimetrą ir pažeidimų plotą galima nustatinėti automatiškai visoms nuotraukoms arba kiekvienai atskirai, pasirinktinai. Programa skirta *Microsoft Windows* operacinėms sistemoms (netinka su 64 bitų operacinėmis sistemomis). Programą prieš naudojant reikia kalibruoti. Programos duomenys lengvai perkeliama į bet kokią statistinės programos lentelę (Bakr, 2005).

ImageJ kompiuterinė programa yra viena iš seniausių, daugiausiai turinčių funkcijų, atviros prieigos programų (Schneider, Rasband, Eliceiri, 2012). Ši programa ne tik nustato lapų paviršiaus plotą ir daugelį kitų parametrų (formą (Igathinathane, Pordesimo, Columbus, Batchelor, Methuku, 2008), gyslotumą, skeletiškumą (Swedlow, Eliceiri, 2009) ir kt.)), bet ir atlieka gautų rezultatų statistinę analizę. *ImageJ* programa analizuoja ne tik skeneriu ar fotoaparatu darytas nuotraukas, bet ir filmuojančiu mikroskopu (Collins, 2007). Programa yra papildoma naujais moduliais, praplečiančiais kompiuterinės programos galimybes. Programos gauti duomenys lengvai perkeliama į kitas statistines programas. Programa daugelį funkcijų atlieka automatiškai, bet dalį tarpinių funkcijų tenka suaktyvinti pačiam vartotojui. Kompiuterinė programa dirba su daugeliu populiarių operacinių sistemų (Sheffield, 2007).

Lamina kompiuterinė programa, sukurta Švedijos ir Kanados mokslininkų, skirta nustatyti lapo paviršiaus plotui, perimetrai ir lapo formos parametrus. Programa skaičiavimus atlieka automatiškai. Prieš naudojant – reikia kalibruoti. Kompiuterinė programa tinka daugeliui populiarių operacinių sistemų. Duomenų iš programos perkėlimas į kitas statistinių programų lenteles reikalauja daugiau darbo (Bylesjo, Segura, Soolanayakanahally, Rae, Trygg, Gustafsson, Jansson, Street, 2008)

Tyrimo tikslas – palyginti kompiuterines programas nustatant jomis keturių lapuočių medžių rūšių lapų paviršiaus plotus.

Tyrimo objektas – atsitiktinai pasirinktos keturios kompiuterinės programos lapų morfologiniams požymiams nustatyti.

Metodika (metodai)

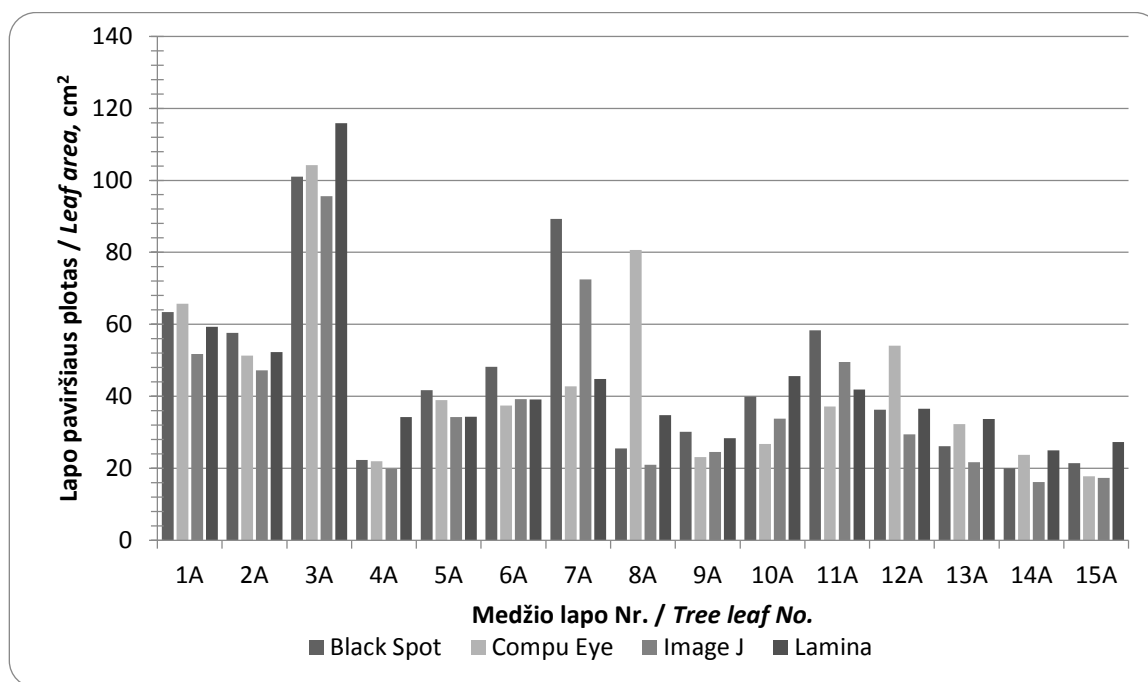
Tyrimui buvo atsitiktinai pasirinktos keturios atviros prieigos programos: *Black Spot*, *Compu Eye*, *ImageJ* ir *Lamina* – su sąlyga, kad visos programos matuotų medžių lapų paviršiaus plotą. Pasirinktos tyrimui keturios vietinės medžių rūšys: paprastasis ąžuolas, karpotasis beržas, paprastasis klevas ir mažalapė liepa. Rudenį jų nukritę lapai buvo surinkti iš Kauno miesto želdinių. Lapai nuvalyti, išdžiovinti ir išlyginti (kad įgautų plokščią formą). Iš surinktų ir sutvarkytų lapų atsitiktinai atrinkta kiekvienos medžio rūšies po 15 lapų.

Visi atrinkti lapai skenuoti Epson Stylus DX7450 daugiafunkciniu skeneriu-spausdintuvu (galima naudoti daugelį kitų skenerių ar fotoaparata), nustačius 180 DPI rezoliuciją. Papildomai kalibracijai ta pačia rezoliucija nuskenotas paveikslas su figūra keturkampiu ir kita nuotrauka su 10 cm ilgio liniuote. Prieš naudojimą sukalibruojamos keturios pasirinktos tyrimui programos. *Black Spot* programos kalibruoti nereikia, nes ji tai padaro automatiškai, pagal nuotraukos duomenis. *Compu Eye* programa kalibruojama naudojant 10 cm liniuotę. *ImageJ* ir *Lamina* programos kalibruojamos naudojant skenuotą figūrą keturkampį.

Sukalibravus programas atliekama nuotraukų matavimo darbai. Kadangi matavimai visų programų atliekami automatiškai, reikia tik įvesti pradines komandas, kad programos pradėtų darbą. Gauti duomenys perkeliama į *Microsoft Excel* skaičiuoklės lentelės analizei. Ilgesnis duomenų perkėlimas užtrunka su *Lamina* programa, nes jos gauti rezultatai pateikiami tekste su daugeliu kitų parametrų, o ne lentelių pavidalu stulpeliuose. Papildomi statistiniai skaičiavimai atliekami programa *Statistica*.

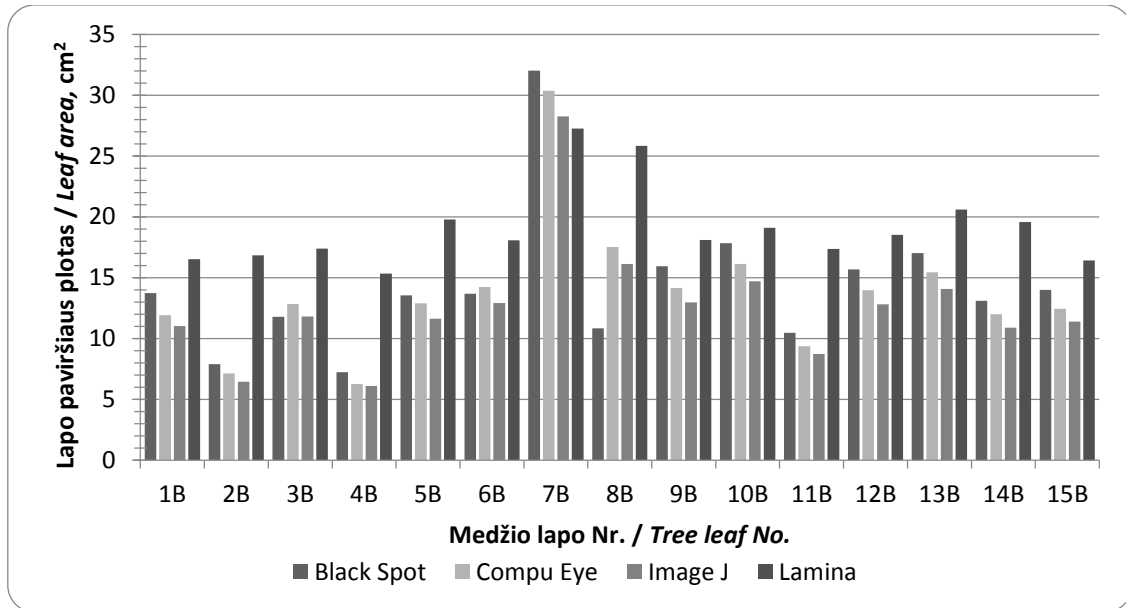
Rezultatai

Gauti rezultatai parodo, kad nėra universalios kompiuterinės programos, kuri tikėtų visų medžių rūšių lapų paviršiaus plotui nustatyti, ypač jeigu tie lapai buvo surinkti rudenį su daugeliu pažeidimų. Kitaip galbūt būtų, jeigu lapai būtų surinkti nuo medžių vegetacijos metu be pažeidimų. Tai reiktų patikrinti ateities tyrimuose. Paprastojo ąžuolo lapų paviršiaus ploto rezultatai pateikiami 1 paveiksle.



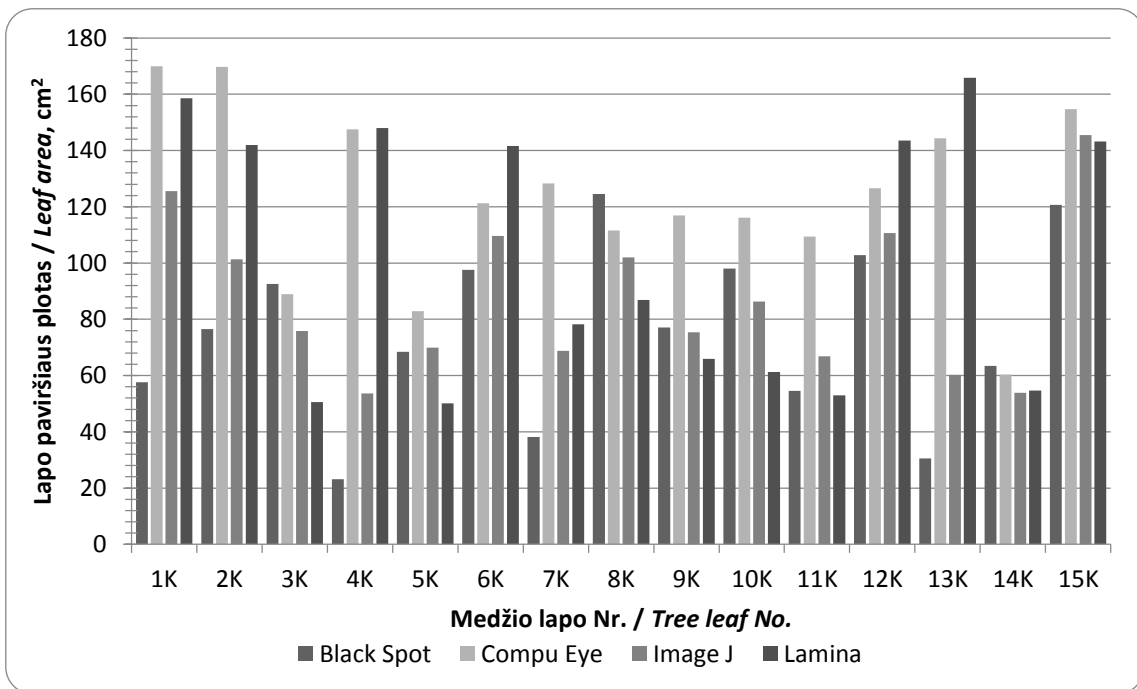
1 pav. Paprastojo ąžuolo lapų paviršiaus ploto duomenys pagal tiriamąsias kompiuterines programas
Fig. 1. The results of leaf area of *Quercus robur* by softwares which were used in research

Iš grafiko matyti, kad visos keturios kompiuterinės programos paprastojo ąžuolo lapų plotą nustato panašiai, todėl galima būtų pasirinkti bet kurią iš šių programų kitiems paprastojo ąžuolo tyrimams atlikti. 7 ir 8 lapų duomenų išsiskyrimas sunkiai paaiškinamas. Nagrinėjant karpotojo beržo lapų paviršiaus plotą, nustatyta, kad *Lamina* kompiuterinės programos duomenys labiau išsiskyrė nuo kitų trijų programų, todėl būtų tikslinga nenaudoti šios programos karpotojo beržo pažeistų lapų paviršiaus plotui nustatyti, o jos duomenis naudoti tik lapo formos parametrui nustatyti (2 pav.).



2 pav. Karpotojo beržo paviršiaus ploto duomenys pagal tiriamąsias kompiuterines programas
 Fig. 2. The results of leaf area of *Betula pendula* by softwares which were used in research

Paprastojo kleva lapų paviršiaus plotų duomenys išsidėstė labai plačiame intervale, todėl sunku be gilesnės analizės būtų teigti, kuri programa tikslesnius duomenis pateikia (3 pav.).

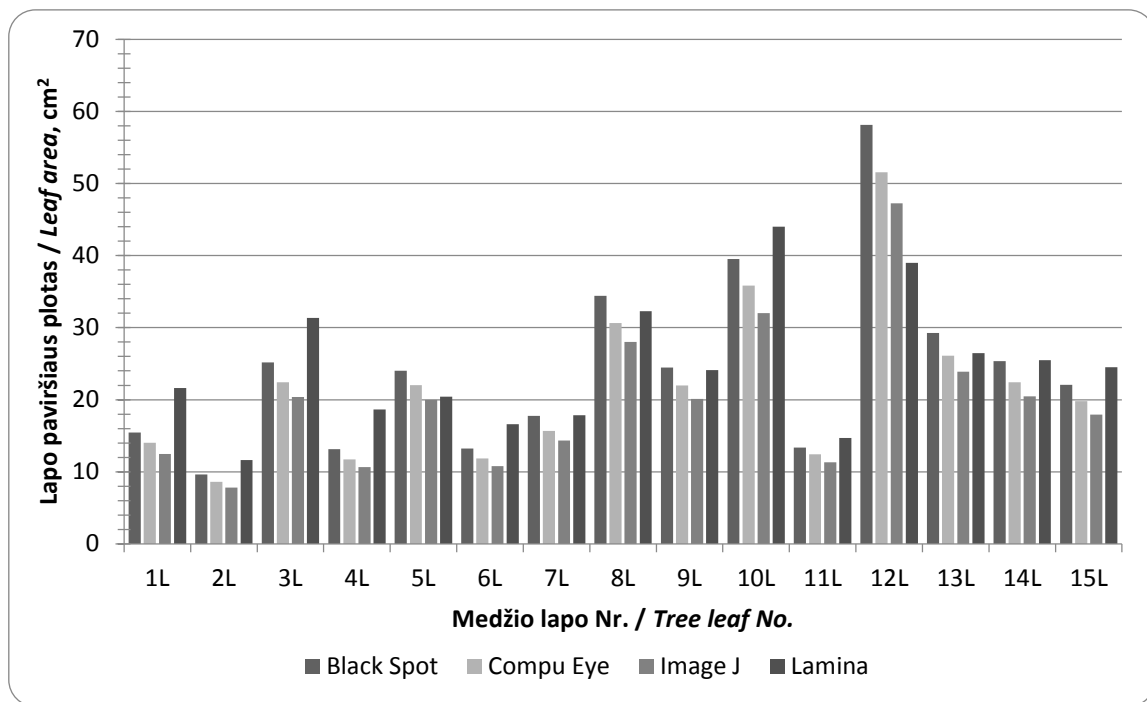


3 pav. Paprastojo kleva paviršiaus ploto duomenys pagal tiriamąsias kompiuterines programas
 Fig. 3. The results of leaf area of *Acer platanoides* by softwares which were used in research

Tokį duomenų išsidėstymą grafike galėjo lemti klevų lapų forma, spalva bei kompiuterinių programų skaičiavimo specifika. Visos skaitmeninės nuotraukos yra sudarytos iš mažų kvadratukų (pikselių), kurių dydis priklauso nuo nuotraukos rezoliucijos. Kompiuterinės programos lapo plotą apskaičiuoja pagal kvadratų skaičių ir jų plotą. Programos skaičiuoja tuos kvadratus kurie nėra baltos spalvos. *Compu Eye* kompiuterinė programa skaičiuoja visų spalvų kvadratukus išskyrus baltus. *Black Spot* ir *ImageJ* programos skaičiuoja tik juodos spalvos

kvadratus, todėl šios programos visų spalvų kvadratus išskyrus baltos spalvos verčia į juodos spalvos kvadratus ir juos suskaičiuoja. Kažkodėl šios programos šviesių atspalvių plotus, kurie dažniausiai būna tarp lapo gyslų išsišakojimų paverčia baltais kvadratais, todėl šių spalvų į lapo plotą neįskaičiuoja, todėl lapo plotas stipriai sumažėja. *Lamina* kompiuterinė programa pirmiausia įvertina lapo formą, o tik po to pagal ją paskaičiuoja plotą. Paprastojo klevo lapo forma yra viena iš sudėtingiausių, nes turi daug tolygiai smailėjančių skiaučių. Šias skiautes programai nepavyksta įvertinti ir jos būna dažnai nupjaunamos, taip sumažinant lapo plotą. Taigi, pagal gautus grafike rezultatus, tinkamiausiai plotą nustatė ta programa, kurios vidutinis apskaičiuotas lapo plotas buvo didžiausias, šiuo atveju *Compu Eye* kompiuterinė programa.

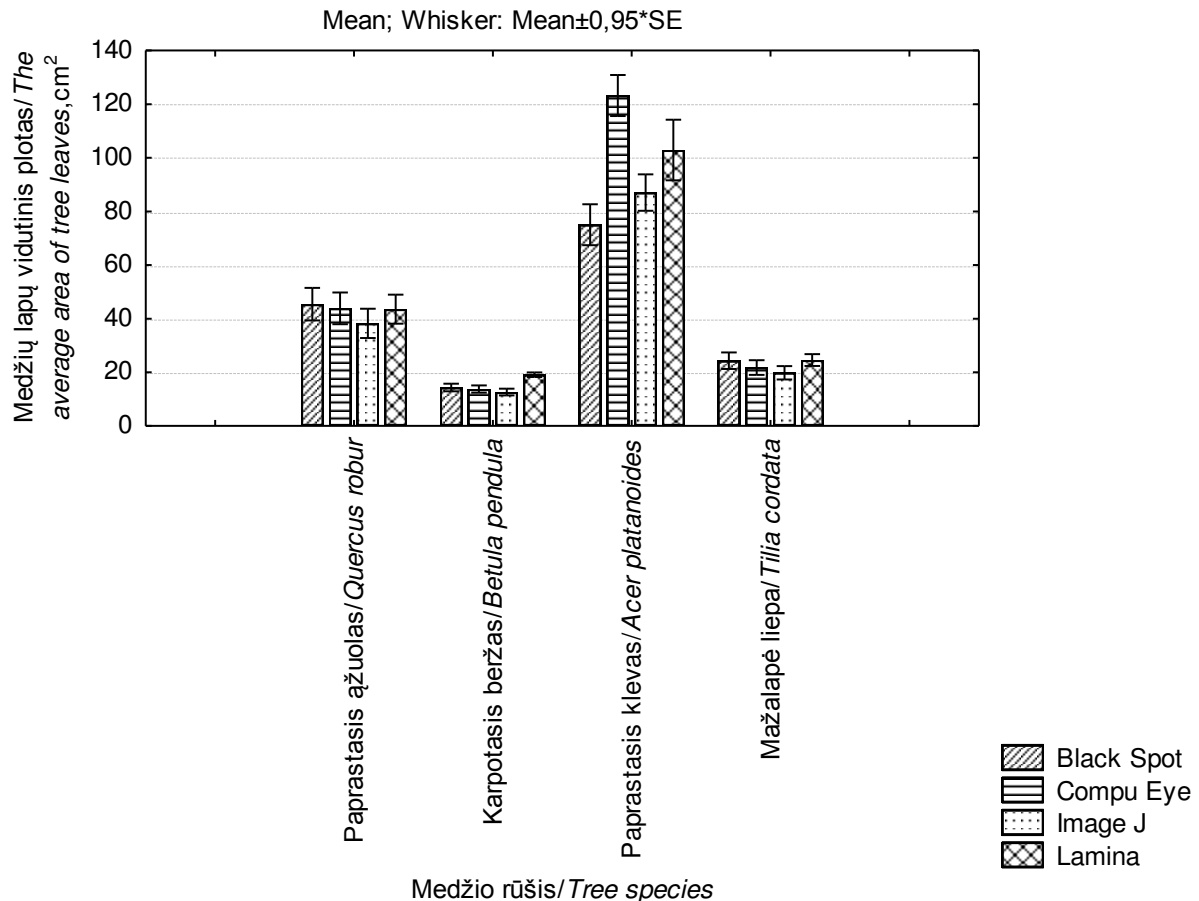
Mažalapės liepos lapų plotų duomenys parodė panašią tendenciją, kaip paprastojo ąžuolo lapų tyrime (4 pav.).



4 pav. Mažalapės liepos paviršiaus ploto duomenys pagal tiriamąsias kompiuterines programas
Fig. 4. The results of leaf area of *Tilia cordata* by softwares which were used in research

Visos keturios kompiuterinės programos mažalapės liepos lapų plotą nustato panašiai, todėl galima būtų pasirinkti bet kurią iš šių programų kitiems mažalapės liepos tyrimams atlikti.

Panaši tendencija visam atliktam tyrimui išryškėja vertinant vidutinį lapo plotą kiekvienai rūšiai bendrai (5 pav.). Ypač tai gerai matyti iš grafiko paprastojo klevo atveju.



5 pav. Paprastojo ąžuolo, karpotojo beržo, paprastojo kleva ir mažalapės liepos lapų vidutinių plotų duomenys pagal tiriamąsias kompiuterines programas

Fig. 5. The results of average of leaf area of *Quercus robur*, *Betula pendula*, *Acer platanoides* and *Tilia cordata* by softwares which were used in research

Išvados

1. Nėra universalios kompiuterinės programos, kuri tiktų visų medžių rūšių lapų paviršiaus plotams nustatyti.
2. Paprastojo ąžuolo (*Quercus robur*) ir mažalapės liepos (*Tilia cordata*) lapų plotams nustatyti tinka visos keturios tyrinėtoms kompiuterinės programos.
3. Paprastojo kleva (*Acer platanoides*) lapų, surinktų rudenį, plotams nustatyti tiksliausia naudoti *Compu Eye* kompiuterinę programą.
4. Reikalingi tolimesni tyrimai lapų ploto nustatymui, su vegetacijos metu surinktais sveikais lapais.

Literatūra

1. Bakr E. M. 2005. A new software for measuring leaf area and area damaged by *Tetranych usurticae* Koch. Journal of Applied Entomology. No. 129 (3). P. 173–175.
2. Bylesjo M., Segura V., Soolanayakanahally R. Y., Rae A. M., Trygg J., Gustafsson P., Jansson S., Street N. R. 2008. LAMINA: a tool for rapid quantification of leaf size and shape parameters. BMC Plant Biology No. 8.
3. Collins T. J. 2007. ImageJ for microscopy. BioTechniques. P. 25–30.
4. Igathinathane C., Pordesimo LO., Columbus EP., Batchelor WD, Methuku SR. 2008. Shape identification and particles size distribution from basic shape parameters using ImageJ. Comput Electron Agr. P. 168–182.

5. Schneider CA., Rasband WS., Eliceiri KW. 2012. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. No. 9 (7). P. 671.
6. Sheffield J. B. 2007. ImageJ, a useful tool for biological image processing and analysis. *Microsc Microanal.* P. 200–201.
7. Swedlow J. R., Eliceiri K. W. 2009. Open source bioimage informatics for cell biology. *Trend sin Cell Biology.* P. 656–660.
8. Varma V., Osuri A. M. 2013. BlackSpot: a platform for automated and rapid estimation of leaf area from scanned images. *Plant Ecology* No. 214. P. 1529–1534.

COMPARATIVE RESEARCH ON SOFTWARE FOR ASSESSMENT OF LEAF MORPHOLOGICAL ATTRIBUTES OF WOODY PLANTS

Tadas Vaidelys

*Aleksandras Stulginskis University, Faculty of Forest Science and Ecology, Institute of Forest Biology and Silviculture
Studentų 11, Akademija, 53361 Kaunas distr., Lithuania, e-mail: tvaidelys@gmail.com*

Peer reviewer: Donatas Misiūnas, Kauno kolegija / University of Applied Sciences

Summary

Softwares becomes very important for woody plants research every day, because accelerates and facilitates data collection and analysis. It's very important to choose the most suitable software for leaf morphological research. Leaf area of *Quercus robur*, *Betula pendula*, *Acer platanoides* and *Tilia cordata* were assessed by these softwares: *Black Spot*, *Compu Eye*, *ImageJ* and *Lamina* (leaf collected in autumn). The research showed that there is no universal software. Some software are better for one tree species, some for other tree species. The similar results showed data of leaf area of *Quercus robur*, *Betula pendula*, and *Tilia cordata*. The results of leaf area of *Acer platanoides* are more contradictory.

Key words: software, leaf morfological attributes, leaf area.

Gauta: 2015 m. vasario mėn. 27 d.
Gauta recenzija: 2015 m. kovo mėn. 23 d.
Priimta: 2015 m. balandžio mėn. 4 d.

Received: February 27, 2015.
Revisionreceived: March 23, 2015.
Accepted: April 4, 2015.