

**ნატო კობახიძე
ნანა გობინაშვილი**

**ფოთლის მორფოლოგია-
მორფომეტრიის საფუძვლები**



ნატო კობახიძე
ნანა გოგინაშვილი

ფოთლის
მორფოლოგია-მორფომატიკის
საფუძვლები



გამომცემლობა „უნივერსალი“
თბილისი 2021

ნატო კობახიძე – ბიოლოგიის დოქტორი, საქართველოს
აგრარული უნივერსიტეტის პროფესორი

ნანა გოგინაშვილი – სოფლის მეურნეობის დოქტორი, საქარ-
თველოს აგრარული უნივერსიტეტის
ასოცირებული პროფესორი

რეცენზენტი – **ნინო მემიაძე**, ბიოლოგიის დოქტორი, ბათუ-
მის ბოტანიკური ბაღის ადგილობრივი
ფლორისა და კონსერვაციის განყოფილების
უფროსი



ნაშრომი შესრულებულია შოთა
რუსთაველის საქართველოს ეროვ-
ნული სამეცნიერო ფონდის ფინან-
სური მხარდაჭერით [გრანტი
#FR17_621, "ტყის გენეტიკურად
მნიშვნელოვანი სახეობების შეს-
წავლა და ტაქსონომიური იდენტი-
ფიცირება საქართველოში"]



საქართველოს გარემოს დაცვისა და
სოფლის მეურნეობის სამინისტროს,
სსიპ სოფლის მეურნეობის სამეცნიერ-
ო კვლევითი ცენტრი

© ნ. კობახიძე, ნ. გოგინაშვილი, 2021

გამომცემლობა „**უნივერსალი**“

თბილისი, 0186, ა. ჯოლიბაძის ქ. №4, ☎: 5(99) 33 52 02, 5(99) 17 22 30
E-mail: universal505@ymail.com; gamomcemlobauniversal@gmail.com

ISBN 978-9941-26-995-0

ს ა რ ჩ ე ვ ი

შესავალი	4
ფოთლის მორფოლოგია	5
ფოთლის ნაწილები	5
ფოთოლთგანლაგება	7
ფოთლის ტიპები	10
ფოთლის ფორმები	11
ფოთლის ზომები	14
ფოთლის კიდეები	15
ფოთლის დაძარღვა	18
ფოთლის მორფომატრია	22
ფოთლის ნიშნების აღების მეთოდი	24
მორფომატრიული დასახრიებოები	26
იმერული მუხა – <i>Quercus imeretina</i> Stev.	27
ქართული ნეკერჩხალი – <i>Acer ibericum</i> M.Bieb	35
შიშველი თელა – <i>Ulmus glabra</i> Huds	39
ქართული ნუში - <i>Amygdalus georgica</i> Desf	43
ლიტერატურა	49

შესავალი

მცენარეთა თანამედროვე სისტემატიკა ეფუძნება მორფოლოგიურ, ანატომიურ, ქიმიურ, ემბრიოლოგიურ და გენეტიკურ მონაცემებს. აღნიშნულ მახასიათებლებს შორის მორფოლოგიური აღწერა ერთ-ერთი პირველი და მნიშვნელოვანია.

მორფოლოგიური სიმბოლოების გამოსახატად იყენებენ სპეციფიურ ტერმინთა ფართო სპექტრს. მორფოლოგიური აღწერები მეტ-ნაკლებად ატარებს სუბიექტურ ხასიათს და ხშირ შემთხვევაში არ არის ზუსტი, რის გამოც ბოლო წლებში ბიოლოგიური ორგანიზმების ფორმების შესასწავლად გამოყენებულია მორფომეტრიული კვლევები. მორფომეტრია ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს ფორმების გაზომვას (*morphē* – ფორმა, *metreō* – ვზომავ), ეს არის ბიოლოგიური ფორმების რაოდენობრივი ანალიზი, რომელიც ბოლო 20 წლის განმავლობაში ძალიან სწრაფად განვითარდა და ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა დისციპლინაში, განსაკუთრებით ცოცხალ ორგანიზმთა სისტემატიკაში (Marcus, 1990).

სახეობების მორფომეტრიული ანალიზი სათავეს იღებს 1950-იანი წლებიდან, მას შემდეგ როცა მეცნიერ მკვლევარებისთვის ხელმისაწვდომი გახდა კომპიუტერული ტექნოლოგიები. მიუხედავად იმისა რომ, სახეობების იდენტიფიცირებისთვის მოლეკულურ-სისტემატიკური კვლევები ითვლება პრიორიტეტულ მიმართულებად, მცენარეთა მრავალფეროვნების შესწავლისას მორფოლოგიური აღწერები და განსაკუთრებით მორფომეტრიული ანალიზი, რჩება ერთ-ერთ უმთავრეს საიდენტიფიკაციო მახასიათებლად.

მცენარეებში და განსაკუთრებით მერქნიანი მცენარეების ტაქსონომიასა და სისტემატიკაში ცენტრალური ადგილი ფოთოლს უჭირავს, მცენარის არცერთი სხვა ორგანო არ არის ისეთი მრავალფეროვანი როგორც ფოთოლი, რომლის მახასიათებლები შესაძლოა სახეობის მახასიათებლად იქნეს მიჩნეული. ფოთლებით მცენარის იდენტიფიცირებისას როგორც მორფოლოგიური აღწერისათვის, ისე მორფომეტრიული ანალიზისთვის მნიშვნელოვანია ფოთლის მორფოლოგიური სიმბოლოების სპეციფიკურ ტერმინთა ცოდნა.

ფოთლის მორფოლოგია

ფოთოლი (Folium), უმაღლეს მცენარეთა ორგანოა, რომელიც ასრულებს ჰაერიდან კვებისა (ფოტოსინთეზი) და ტრანსპირაციის ფუნქციას. ფოთოლი ეგზოგენური გამონაზარდის სახით წარმოიქმნება ლეროზე, იზრდება უმთავრესად ინტერკალურად და ბაზიპეტალურად და არასოდეს არ წარმოქმნის სხვა ფოთოლს.

ფოთლები განსხვავდებიან ერთიმეორისაგან სიცოცხლის ხანგრძლივობით, შემაღენელი ნაწილების რაოდენობით და ფორმით, ზომით, დაძარღუელობით, დანაწევრებით და მთელი რიგი სხვა ნიშნებით (Bell & Bryan, 2008; Koning, 2009).

ადგილები ყლორტებზე, სადაც ფოთლები არიან მიმაგრებული იწოდება მუხლად, ყლორტის მონაკვეთები მუხლებს შორის მუხლთშორისად. ყლორტს თუ იმდენად მოკლე მუხლთშორისები აქვს, რომ მუხლები თითქმის ერთიმეორეზე სხედან და ამის გამო ფოთლები თითქოს ერთი რგოლიდან გამოდიან კონისებურად, ეწოდება **დამოკლებული ყლორტი**, ყლორტს კარგად განვითარებული მუხლთშორისით, **დაგრძელებული ყლორტი**. ზოგ მცენარეს მხოლოდ დაგრძელებული ყლორტები აქვს, ზოგს ორივე – დაგრძელებული და დამოკლებული (გოგოლაძე, 1964).

ფოთლის ნაწილები

ფოთოლი შედგება 1-დან 4 -მდე ნაწილისაგან, ეს ნაწილებია:

- **ფირფიტა** – ფოთლის ყველაზე არსებითი გაგანიერებული ბრტყელი ნაწილი;

- **ყუნწი** – ვიწრო და წვრილი ნაწილი, რომლის მეშვეობით ფოთოლი ყლორტზეა მიმაგრებული;

- **ფოთლის (ყუნწის) ძირი** – რითაც ფოთოლი უშუალოდ დაკავშირებულია ყლორტთან;

- **ფოთლის წვერო**;

- **თანაფოთლები** – ჩვეულებრივ წყვილი (ფოთლისებრი, ჯაგრისებრი, ეკლადქცეული ან სხვაგვარი) განსაკუთრებული დანამატი ფოთლის ძირთან, რომელიც ცვივა ზოგჯერ ძლიერ მალე, ზოგჯერ ფოთლებთან ერთად, იშვიათად უფრო გვიანაც.

ფოთოლს რომელსაც ყველა ეს ნაწილი აქვს ეწოდება **სრული ფოთოლი**. ფოთოლი შეიძლება იყოს ყუნწიანი და უყუნწო ანუ მჯდომარე. ფოთოლს რომელსაც არ აქვს ყუნწი და ყლორტზე მიმაგრებულია უშუალოდ ფირფიტის ძირით **მჯდომარე ფოთოლი** ეწოდება, ხოლო თუ იგი ძირით გადასულია მუხლთა-შორისზე – **ძირმიზრდილი**.

- **ვაგინა** – ზოგიერთი მცენარის ფოთოლს ქვედა ნაწილი ღარივით აქვს გაფართოებული და ხშირად მილის სახით ღეროზეა შემოხვეული, უმთავრესად დამახასიათებელია მარცვლოვნებისათვის, ისლისებრთათვის, ქოლგოსნებისა და ჯადვარისებრთათვის.

ე.წ. ფოთოლმცვენი ხეების და ბუჩქების ფოთლები ცოცხლობენ მხოლოდ ერთ სავეგეტაციო წელიწადს და ყოველი შემოდგომისთვის ყველა ფოთოლი ცვივა. ამიტომაც, რომ მათ შემოთლილი აქვთ მხოლოდ მიმდინარე წლის ყლორტები.

ე.წ. მარადმწვანე მცენარეების ფოთლები კი ცოცხლობენ 1-15 წლიწადს და მეტსაც, ამიტომ შემოთლილი აქვთ არა მარტო მიმდინარე წლის, არამედ წინა წლის და უფრო ხნოვანი ყლორტებიც. ფოთლების მრავლფეროვნებას განაპირობებს არა იმდენად მისი შემადგენელი ნაწილების რაოდენობა ან მისი სიცოცხლის ხანგრძლივობა, არამედ ამ ნაწილების ფორმები, მაგრამ აქაც მთავრია ფოთლის ფირფიტა და არა ფოთლის სხვა რომე-

ლიმე ნაწილი და შესაბამისად ყველა ტერმინი, რომელიც გამოხატავს ფოთლის სხვადასხვა ფორმას და ზომას ეხება სწორედ ფოთლის ფირფიტას (გუგავა, 2005).



ფოთლის აგებულება

ფოთოლთგანლაგება

ფოთოლთგანლაგება ყლორტებზე შეიძლება იყოს:

- **მოპირისპირე** – თუ თითოეულ მუხლზე, ერთმანეთის პირისპირ ორი ფოთოლი ზის;
- **მორიგეობითი** – თუ ღეროს თითო მუხლზე მორიგეობით ერთი ფოთოლი ზის;

• **ორმწკრივ-მორიგეობითი** – თუ მესამე ფოთოლი ზის პირველი ფოთლის პირდაპირ ზევით, მეოთხე ფოთოლი – მეორე ფოთლის პირდაპირ ზევით და ა.შ. ისე, რომ ყველა ფოთოლი ყლორტზე ქმნის ერთ სიბრტყეში მოქცეულ ორ მოპირდაპირე მწკრივს, ერთ მწკრივში ყველა – წყვილი, ხოლო მეორე მწკრივში ყველა – კენტი ფოთლით;

• **ჯვარედინად-მოპირისპირე** – ამ დროს ზედა წყვილის ფოთლები არ ჩრდილავენ მის ქვემოთ მდებარე წყვილის ფოთლებს ანუ ფოთლების მეორე წყვილი ზის პირველი წყვილის პერპენდიკულარული მიმართულებით, მესამე წყვილი მეორე წყვილის პერპენდიკულარული მიმართულებით და ა.შ. (ოჯახი ტუჩოსნები, მიხაკისებრნი, ზოგიერთი შავნამალასებრნი);

• **ორმწკრივი** – თუ ყველა ფოთოლი განლაგებულია ყლორტის მარჯვნივ და მარცხნივ, ზუსტად ერთიმეორის ზევით პირდაპირ ისე, რომ ყველა ფოთოლი ქმნის ერთ სიბრტყეში მოქცეულ ორ მოპირდაპირე მწკრივს;

• **რგოლური** ფოთოლთგანლაგება – თუ მუხლიდან სამი ან მეტი ფოთოლი გამოდის, (ჩვეულებრივი ღვია, შვიტა, ყვავისთვალა);

• **სპირალური** – ორზე მეტ მწკრივად განლაგებული ფოთლები.



ლეროზე ფოთლის განლაგების ტიპები

1. სპირალური, 2. მორიგეობითი, 3. მოპირდაპირე, 4. რგოლური

მიშველთესლოვანებში უმთავრესად ყლორტზე ფოთოლთა განწყობის თავისებურ სახეებს წარმოადგენს **კრამიტისებური და ორმხრივ სავარცხლისებური** ფოთოლგანლაგება.

- **კრამიტისებრად** იწოდება ჩვეულებრივ ქერქლისებური 1-5 მმ სიგრძის ფოთლების ისეთი განწყობა ყლორტზე, როცა ფოთლები მთელი სიგანით და ძირიდან წვერომდე ან თითქმის მეტ-ნაკლებად მჭიდროდ არიან მიკრული ყლორტზე და ერთი მეორეზე კრამიტებივით არიან დაფარებული ისე, რომ მომდევნო ფოთლები წვეროებით გადადის წინა ფოთლების ძირებზე, გვერდითი ნაპირებით კი გადასულია და დაფარებულია მის მარჯვნივ და მარცხნივ მდებარე ფოთლების ნაპირებზე და ყლორტს ყოველი მხრიდან ერთიანად ფარავენ კრამიტებივით.

- **ორმხრივ-სავარცხლისებურად** – იწოდება ხაზურა ან ნემსისებრი ფოთლების ისეთი განწყობა, როცა ყლორტზე ძლიერ ახლო-ახლო განლაგებული ფოთლები ძირში შეტრიალებულია ისე, რომ განწყობილი არიან ყლორტის მარცხნივ და მარჯვნივ სწორი ან თითქმის სწორი კუთხით, ზედა მხრით ყლორტის ზედა მხრისაკენ და ამასთან ფოთლების ორივე ეს წყება მოყვანილია ერთ სიბრტყეში.

- **ზუსტად ორმხრივ სავარცხლისებური** ფოთოლგანწყობაა თუ ყლორტის ყველა ფოთლები ორმხრივ სავარცხლისებურადაა განლაგებული და ყლორტის მარცხნივ და მარჯვნივ ფოთლების მხოლოდ თითო-თითო მწკრივია.

- **არაზუსტად ორმხრივ სავარცხლისებური** ფოთოლგანწყობაა თუ ყლორტის მარცხნივ და მარჯვნივ ფოთლების 2-2 ან მეტი მწკრივია ან ყლორტზე უდიდესი ნაწილი ფოთლებისა ორმხრივ სავარცხლისებურადაა განლაგებული, ნაწილი მიმართულია ყლორტის წვეროსკენ (ლორთქიფანიძე, 1979).

ფოთლები, როგორც წესი, ერთმანეთს არ ჩრდილავენ და მოზაიკურად არიან განლაგებული. ამას განაპირობებს სხვადასხვა ზომის ყუნწები, მათი მოლუნვის სიდიდე, ფოთოლთა უთანაბრო სიდიდე და სხვა. ზოგიერთ მცენარეს სხვადასხვა

ტოტზე განსხვავებული ფოთლები ახასიათებს, ამ მოვლენას ჰეტეროფილია ეწოდება და განსაკუთრებით ხშირია წყლის მცენარეებში, წყალში მდებარე ფოთლები და წყლის ზედაპირის ზემოთა ფოთლები ფორმით განსხვავებულია (წყლის ბაია, წყლის ვაზი). ჰეტეროფილია ახასიათებს ვერხვის გვარის სახეობებსაც (გოგინაშვილი და სხვ., 2021).

ფოთლის ტიპები

ფოთლები შეიძლება იყოს მარტივი და რთული, თუ ფოთლის ყუნწს აქვს ერთი ფირფიტა ფოთოლი **მარტივია**, ხოლო თუ ერთ ყუნწზე რამდენიმე ფირფიტაა ფოთოლი **რთულია**, ამ შემთხვევაში ფოთლის ფირფიტები იწოდებიან **ფოთოლაკებად**.

რთული ფოთოლი შეიძლება იყოს:

- **სამფოთოლაკიანი** – როცა ფოთოლს აქვს სამი ფოთოლაკი
- **თათისებრ-რთული** – ფოთოლს აქვს სამზე მეტი ფოთოლაკი და ყველა ფოთოლაკი ფოთლის ყუნწზე მიმაგრებულია თითქმის ერთ წერტილში, სახელდობრ ყუნწის თავზე და იშლებიან რადიალურად;
- **ფრთისებრ-რთულ** – ფოთოლს აქვს სამზე მეტი ფოთოლაკი და ყველა ფოთოლაკი ფოთლის ყუნწზე განლაგებულია ყუნწის სიგრძეზე და მის ორივე მხარეზე ერთმანეთის მიყოლებით, ამასთან თუ ასეთი ფოთლის ყუნწი ბოლოვდება წვეროზე მდებარე ერთი ფოთილაკით, ფოთოლი **კენტფრთისებრ-რთულია**, ხოლო თუ ყუნწი ორი ფოთოლაკითაა დაბოლოებული **ფოთოლი წყვილ-ფრთისებრ-რთულია**;
- **ორჯერ ფრთისებრ-რთული** – თუ ფრთისებრ რთული ფოთლის ყუნწზე განლაგებული არიან არა ფოთოლაკები, არამედ ფრთისებრადვე განწყობილი მეორადი ყუნწები ფრთისებრ განლაგებული ფოთოლაკებით;
- **სამჯერ ფრთისებრ-რთული** – თუ ფოთოლაკები განლაგებულნი არიან არა მეორად ყუნწებზე, არამედ მეორადი ყუნწების ფრთისებრადვე განწყობილ განტოტებაზე – მესამე რიგის ყუნწებზე;

• **პალმისებრი** – ფრთართული – ორ რიგად განლაგებული ფრთისებრ-რთული ფოთლები.

ფოთლები ორ მწკრივად განლაგებული ფოთოლაკებით.

ფოთლები შეიძლება ასევე იყოს ორგზის ან სამგზის თათისებრ-რთული, იმ განსხვავებით, რომ მეორადი (ან მესამე რიგის) ყუნწები და ფოთოლაკები განლაგებული იქნება თათისებურად. თუ ფოთლის ყუნწის განშტოებანი 3 ფოთოლაკიანია, ფოთოლს შესაბამისად ეწოდება ორგზის ან სამგზის სამყურა.

როგორც მარტივი ფოთლების ისე რთული ფოთლის ფოთოლაკების უმთავრეს მორფოლოგიურ დამახასიათებელ ნიშნებად ითვლება მათი ფორმა, ნაპირების (კიდეების) და ზედაპირების ხასიათი, დანაწევრების სახე და დაძარღვის ტიპი.



ფოთლის ტიპები

ა) სამყურა; ბ) თათისებრ-რთული;

გ) კენტფრთისებრ-რთული; დ) წყვილფრთისებრ-რთული

ფოთლის ფირფიტა, როგორც ფოთლის მთავარი ნაწილი მეტად მრავალფეროვანია: ფორმით, ზომით, ხნოვანებით, სიმეტრიით, მისი ძირითადი ნაწილების ფუძის, წვეროს, კიდეების, ძარღვებისა და შებუხვის თავისებურებებით.

ფოთლის ფორმა

ფოთლის ფორმა ეს არის ფოთლის (ფოთოლაკის) ფირფიტის სიბრტყის გარემოხაზულობა, კიდედაკბილული და დანაკვეთული ფოთლების (ფოთოლაკების) ფორმად მიიჩნევა ფირფიტის განაპი-

რა წერტილებით წარმოდგენითი შემაერთებული ხაზით მიღებული ფოთლის გარემოხაზულობა.

ფოთლის ფორმას განსაზღვრავს ფოთლის ფირფიტის სიგრძის ფარდობა სიგანესთან და უდიდესი სიგანის ადგილი ფირფიტაზე (გოგოლაძე, 1964).

თუ ფოთლის ფირფიტის სიგრძე მისივე სიგანეს 1.5 – 2-ჯერ აღემატება ფოთლები შეიძლება იყოს:

- **კვერცხისებრი** – როცა უდიდესი განი ფირფიტას აქვს ძირის სიახლოვეს;
- **ოვალური (ანუ ელიფსური)** – როცა უდიდესი განი ფირფიტას აქვს შუანელზე;
- **უკუკვერცხისებრი** – როცა უდიდესი განი ფირფიტას აქვს წვეროს სიახლოვეს.

თუ ფოთლის ფირფიტის სიგრძე ტოლია სიგანისა, ან სიგრძე მცირედ აღემატება სიგანეს ფოთლები შეიძლება იყოს:

- **ფართო-კვერცხისებრი** – როცა უდიდესი განი ფირფიტას აქვს ძირის სიახლოვეს;
- **ფართო-უკუკვერცხისებრი** – როცა უდიდესი განი ფირფიტას აქვს წვეროს სიახლოვეს;
- **მომრგვალო** – როცა უდიდესი განი ფირფიტას აქვს შუანელზე.

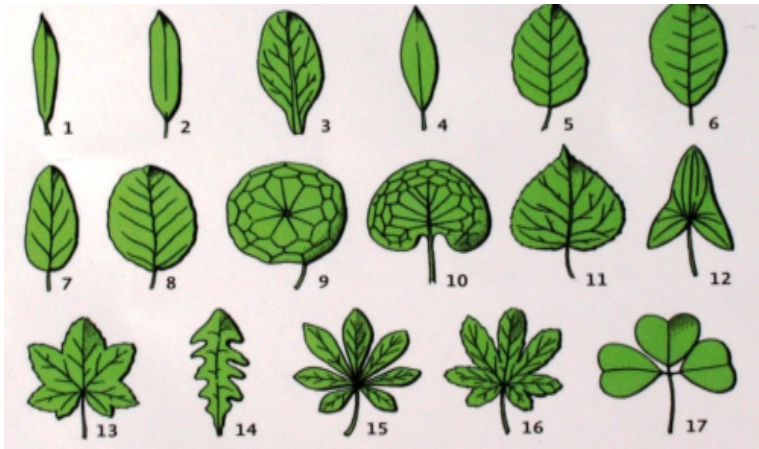
თუ ფოთლის სიგრძე აღემატება მისივე სიგანეს 3-4-ჯერ ფოთლები შეიძლება იყოს:

- **ლანცეტა** – როცა უდიდესი განი ფირფიტას აქვს ძირის სიახლოვეს;
- **მოგრძო** – როცა უდიდესი განი ფირფიტას აქვს შუანელზე;
- **უკულანცეტა** – როცა უდიდესი განი ფირფიტას აქვს წვეროს სიახლოვეს.

თუ ფოთლის სიგრძე აღემატება მისივე სიგანეს 5-ჯერ და

მეტწერ, ფოთოლი **ხაზურაა**, თუ ასეთი ფოთლის ფირფიტა **არაბრტყელია**, ე.ი. მისი სიგანე და სისქე ერთმანეთისგან დიდად განსხვავებული არ არის და ამავე დროს მისი სიგრძე მრავალჯერ აღემატება სისქე-სიგანეს, რითაც ნემსს მოგვაგონებს მიუხედავად განივჭრილის ფორმისა, იწოდება **ნემსისებრ** ფოთლად, ხოლო თუ იგი ძირიდანვე თანდათანობითაა წანვეტებული – **სადგისისებრ** ფოთლად.

გარდა აღნიშნულისა ფოთლები საერთო მოხაზულობით შეიძლება იყოს აგრეთვე გარდამავალი ფორმებისაც: **მოგრძო-კვერცხისებრი**, **სამკუთხა-კვერცხისებრი**, **ხაზურ-ლანცეტა**, **ვინრო-ლანცეტა**, **ფართო-ლანცეტა**, **ვინრო-კვერცხისებრი** და სხვა; **ტრანსვერსალური** – ყველა ისეთი ფოთოლია, რომელთა სიგანე აღემატება სიგრძეს.



ფოთლის ფირფიტის ფორმები:

1. ხაზური; 2. ლანცეტა; 3. ნიჩბისებრი; 4. წაგრძელებული;
5. კვერცხისებრი; 6. უკუკვერცხისებრი; 7. წაგრძელებულკვერცხისებრი; 8. მომრგვალო; 9. ფარისებრი; 10. თირკმლისებრი; 11. გულისებრი; 12. შუბისებრი; 13. თათისებრი; 14. ფოთლისებრდანაკეთული;
15. თათისებრდაკვეთილი (შვიდფოთოლაკიანი); 16. თათისებრდაყოფილი; 17. სამფოთოლაკიანი

ფოთლის ზომაები

ფოთოლი შეიძლება იყოს რამდენიმე მმ–დან 10-15 მ–მდე სიგრძის. მაგ., პალმა რაფიას ფოთლის სიგრძე 20 მ–მდეა. ფოთლების სიცოცხლის ხანგრძლივობაც განსხვავებულია, ერთი სავეგეტაციო პერიოდიდან 1-5-15 წლამდე. მაგ., აფრიკული ველვიჩიას დაფლეთილ-დაძენილი ფოთლები წვეროდან კვდებიან, ხოლო ზრდა ფუძიდან ხდება და სიცოცხლის ხანგრძლივობა 100 წელს აღემატება. ფოთლებს სახეცვლილებები ახასიათებთ. ზოგიერთი მცენარის ფოთოლი სახეცვლილია ეკლად (ბაძგი ანუ ჭყორი, აკანტოები, კონახური). მრავალი მცოცავი ლიანას ფოთლები გადაქცეულია ულვაშად (არჯაკელი, ბარდა, ცერცველა). აქ ფოთლის ფუნქციას ასრულებენ დიდი ფოთლისებრი თანაფოთლები. მაგალითად, ეკალიჭს თანაფოთლები გადაქცეული აქვს ულვაშებად. ზოგიერთ მცენარეს ფოთლის ფირფიტა არ უვითარდება და მის მაგივრობას ასრულებს ფოთლის ფირფიტის მსგავსად გაბრტყელებული ყუნწი. მას ფილოდიუმი ეწოდება. არსებობენ ე.წ. მწერიჭამია მცენარეები. ისინი აზოტოვან და მინერალურ ნივთიერებებს დამატებითი ცხოველური საკვების სახით იღებენ: მწერები და სხვა წვრილი ცხოველები ხვდებიან ზოგიერთი მცენარის სახეცვლილი ფოთლებისგან წარმოქმნილ პატარა ქილებში, ურნებში და ბუშტებში, საიდანაც ველარ ამოდიან და კვდებიან. იქვე ხდება მათი მონელება. ზოგი მცენარე მათ იჭერს თავისებური წებოვანი, ჯირკვლოვანი ბუსუსებით. ზოგიერთი კი მწერების დაჭერას ფოთლის სწრაფი მოძრაობის მეშვეობით ახერხებს. დაჭერილი ცხოველების მონელება ხდება პროთეოლიტური ფერმენტებით, რომლებსაც დამჭერი აპარატი გამოყოფს. მწერიჭამია მცენარეებია: დროზერა (იზრდება ჭარბტენიან ადგილებში), ვენერას ბუზიჭერია (გავრცელებულია აღმოსავლეთ ამერიკის ტორფიან ჭაობებში), ნეპენტესი (გავრცელებულია ინდო-მალაის

ტროპიკულ ტყეებში), ბუშტოსანა და სხვა. სულ 450-მდე ასეთი სახეობაა ცნობილი (ლორთქიფანიძე, 1979).

სიმეტრიული ფოთლის ფირფიტა შეიძლება იყოს მაშინ, როდესაც მთავარი ძარღვის მიხედვით ფირფიტა ორ თანატოლ ნაწილად იყოფა (ვაშლი, თუთა, ნეკერჩხალი) თუ ფირფიტა ორ თანატოლ ნაწილად არ იყოფა მაშინ ფირფიტა **ასიმეტრიულია** (თელა, ცაცხვი, ბეგონია).

ფოთლის ჰიდაუბი

კიდეების თავისებურების მიხედვით არჩევენ კიდეშეზღუდულ და კიდედაკბილულ ფოთლებს.

მთლიანი ეწოდება ისეთ ფოთოლს, რომელსაც აქვს მთლიანი, ყოველგვარ ამონაკვეთებს მოკლებული ნაპირები;

კიდედაკბილულია ფოთლები რომლის ნაპირები ამოკვეთილია კბილისებრად.

კიდედაკბილულ ფოთლის ფორმაში გამოიყოფა:

- კიდეხერხბილა;
- კიდეორჯერხერხბილა;
- კიდეეკლიანი;
- კიდეშრგვალკბილა;
- კიდეამოღრღნილი;
- კიდედაკლაკნილი და სხვა ტიპის ფოთლები.

კიდეხერხბილა – როცა კბილები მახვილია ან ბლაგვი, მაგრამ არა მომრგვალებული, ერთი გვერდი მეორეზე უფრო მოკლე აქვთ და წვეროებით მიმართული არიან ფოთლის წვეროსაკენ;.

კიდეშრგვალკბილა – როცა კბილები თავში მომრგვალებულია, ხოლო კბილთამორისები მახვილი;

კიდეამოღრღნილი, როცა კბილთამორისები ფართოა და

მრგვალად ამოჭრილი, კბილები კი ვიწრო და წვეტიანი. ფოთო-
ლი შეიძლება იქნეს ორმაგად კიდედაკბილული, როცა კბილებს
თავის მხრივ აქვთ პატარა კბილები (იშვიათად, მაგრამ არის
სამგზის კიდედაკბილული ფოთლებიც);

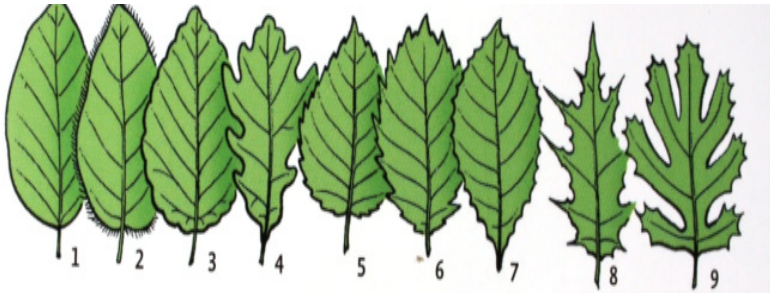
დანაკვეთილი ეწოდება ისეთ ფოთოლს, თუ ფოთლის კიდე
ამოკვეთილია ფოთლის ფირფიტის მეოთხედამდე;

დაყოფილ ფოთოლს ვუწოდებთ ისეთ ფოთოლს თუ ამონაკ-
ვეთები ფირფიტის მეოთხედზე უფრო ღრმაა;

დაკვეთილი ეწოდება ფოთოლს თუ ამონაკვეთები ფირფი-
ტის ძარღვამდე ან ფუძემდეა დასული;

ნაკვეთების განლაგების მიხედვით ფოთლები შეიძლება იყოს
თათისებრ-დანაკვეთილი და ფრთისებრ-დანაკვეთილი.

ფოთოლი **თათისებრ-დანაკვეთილია** თუ ყველა ნაკვეთი გან-
ლაგებულია ფოთლის ძირიდან გავლებულ რადიუსებზე, იგივე
ბაზალურ ძარღვებზე, ანუ ყველა გვერდითი ნაკვეთის სიგრძეზე
გამავალი ძარღვები, რომლებიც ნაკვეთების წვეროებში გადიან
და ნაკვეთს შუაზე ჰყოფენ, შუა ძარღვს ჰკვეთენ ერთ წერტილ-
ში, სახელდობრ ყუნწის თავთან ან ოდნავ ზევით. ფოთოლი
ფრთისებრ-დანაკვეთილია თუ გვერდითი ნაკვეთები განლაგებუ-
ლია ფირფიტის სიგრძეზე მარჯვნივ და მარცხნივ ერთიმეორის
ზემოთ, მიყოლებით, ანუ ნაკვეთების სიგრძეზე გამავალი გვერ-
დითი ძარღვები, რომლებიც გადიან ნაკვეთის წვეროებში და
ჰყოფენ ნაკვეთს შუაზე, შუაძარღვს ჰკვეთენ სხვადასხვა სიმაღ-
ლეზე (უკიდურეს შემთხვევაში ყველა გვერდით ნაკვეთებში გა-
მავალი ძარღვები შუა ძარღვს ყუნწის თავთან არ ჰკვეთენ).

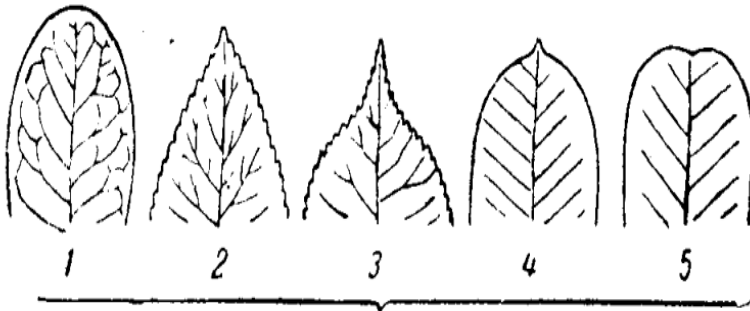


ფოთლის კიდეები

1. კიდეშთლიანი, 2. კიდეწამწამებიანი, 3. მრგვალკბილა,
4. დანაკვეთული, 5. ხერხკბილა, 6. ორმაგხერხკბილა, 7. დაკბილული,
8. წანვეტებულდაკბილული, 9. დაკბილულ დანაკვეთული

ფირფიტის ფუძე სხვადასხვა ფოთოლს სხვადასხვანაირი აქვს. ფუძის ფორმის მიხედვით ფოთოლი შეიძლება იყოს: მრგვალი, სელისებრი, გულისებრი, ისრისებრი და შუბისებრფუძიანი.

ფირფიტის წვეროს მიხედვით ფოთოლს შეიძლება ჰქონდეს ბლაგვი ან მახვილი ფირფიტის წვერო, ზოგიერთის წვერო კი წანვეტილი, წვეტიანი ან ამოკვეთილია.



1. ფოთლის ბლაგვი წვერო, 2. წვეტიანი, 3. წანვეტილი,
4. ბოლოწანვეტილი, 5. ამოკვეთილი.

ფოთლის ღაძარღვა

ღაძარღვის ტიპს პირველ რიგში განსაზღვრავს ფოთლის ფირფიტაში მსხვილი ძარღვების განსაზღვრული განლაგება, რომელიც ყალიბდება მცენარის ევოლუციური განვითარების პროცესში და ამიტომ მუდმივია, მდგრადი და წარმოადგენს მნიშვნელოვან და ძლიერ სისტემატიკურ ნიშანს (გეგეჭკორი და სხვ., 2011).

ფოთლები ღაძარღვის ტიპის მიხედვით შეიძლება იყოს:

- პარალელურძარღვიანი (მარცვლოვანები, ისლები);
- რკალურძარღვიანი (შროშანა);
- თათისებრძარღვიანი (ნეკერჩხალი);
- ფრთისებრძარღვიანი;
- ბადისებრძარღვიანი;
- თათისებრ-ფრთისებრი;
- ერთძარღვიანი;
- ძარღვებჩამალული.

პარალელურძარღვიანია ფოთოლი, როცა ფოთოლში რამოდენიმე წერტილიდან შედის ფოთლის წვეროსკენ მიმართული თანაბარი სიმსხოს და სიგრძის მქონე სწორი და ერთმანეთის პარალელური რამდენიმე ძარღვი, რომელთაც დატოტვა არ ემჩნევათ.

რკალძარღვიანია ფოთოლი, როცა ძარღვები ფოთლის ძირიდანვე ერთი წერტილიდან გამოდის, ფირფიტაში შედის და ფირფიტის წვეროში ერთადვე იყრება რამდენიმე თანაბარი სისქისა და სიგრძის მქონე რკალისებრ მოხრილი ძარღვი, რომელთაც დატოტვა არ ემჩნევათ (ზოგჯერ შუა ძარღვს შეიძლება ჰქონდეს რამდენიმე მეორადი ძარღვი).

თათისებრძარღვიანია ფოთოლი, როცა თითქოს ფოთლის ყუნწის თავი უცბად იტოტება და ფირფიტაში შედის მეტნაკლებად თანაზომიერი 3 და მეტ მძლავრ მთავარ ძარღვად. ამ ძარღვებიდან 1-შუა, რომელიც ყუნწის პირდაპირ გაგრძელებას წარმოადგენს და ფოთლის წვეროში ბოლოვდება იწოდება შუა ბაზალურ ანუ შუა ძარღვად, დანარჩენი – გვერდით ბაზალურ ძარღვებად;

შუა და გვერდითი ბაზალურ ძარღვებს, ძირიდან დაცილებით მთელ სიგრძეზე განეტოტებიან რამდენჯერმე მათზე წვრილი და მოკლე ძარღვები, ეს ძარღვები **გვერდითმეორად ძარღვებად ანუ გვერდით ძარღვებად იწოდებიან**. გვერდითი მეორადი ძარღვები ზოგჯერ იმდენად სუსტებია, რომ თითქმის არ ჩანან, ან ჩამალულია. გვერდითი ბაზალური ძარღვები შუა ძარღვთან შედარებით ზოგჯერ ბევრად წვრილებია და მოკლეები, მაგრამ უკიდურეს შემთხვევაში შუა ძარღვის მომიჯნავე წყვილი მაინც სიმძლავრით უდავოდ უფრო შუა ძარღვს შეედრება, ვიდრე შუა ძარღვის გვერდითი მეორადი ძარღვების ყველაზე მძლავრ პირველ წყვილს.

ფოთოლი, რომელსაც აქვს მხოლოდ სამი მძლავრი ბაზალური ძარღვი (ერთი შუა და ორი გვერდითი) და ამასთანავე ჩამალული ან ძლიერ მოკლე და სუსტი, მცირედ შესამჩნევი გვერდითი მეორადი ძარღვები, იწოდება სამძარღვიანად.

თათისებრძარღვიანი და თათისებრ-სამძარღვიან ფოთლებში გვერდითი ბაზალური ძარღვები ძლიერ იშვიათად შუა ძარღვს ყუნწის თავიდან ოდნავ ზევით გამოეყოფიან, მაგრამ მაშინ გვერდითი ბაზალური ძარღვები აშკარად რამდენჯერმე აღემატებიან სისქით და სიგრძით ყველა მეორად გვერდითძარღვებს.

ფრთისებრძარღვიანია ფოთოლი მაშინ, როცა ფოთოლში ყუნწის თავიდან შედის მხოლოდ ერთი მთავარი ანუ შუა ძარღვი, ყუნწის უშუალო პირდაპირი გაგრძელება, გაივლის ფირფიტის შუაზე და მის წვეროში ბოლოვდება, და შუა ძარღვს

ყუნწის თავიდან დაცილებით მთელ სიგრძეზე ერთიმეორის მიყოლებით ორივე მხრიდან განეტოტებიან ფოთლის ნაპირებისკენ ან წვეროსკენ მიმართული მასზე ბევრად წვრილი ძარღვები. ე.წ. მეორადი გვერდითი ძარღვები. იშვიათად ერთი წყვილი გვერდითი მეორადი ძარღვი შუა ძარღვს განეტოტება ყუნწის თავიდანვე, ჩვეულებრივ ეს ძარღვები მათ ზემოთ მდებარე გვერდით მეორად ძარღვებზე ბევრად უფრო პატარებია, ძლიერ იშვიათად დიდები, მაგრამ ყოველთვის უდავოდ შეეფარდებიან მათ ზემოთ მდებარე გვერდით მეორად ძარღვებს და არა ბაზალური ძარღვების რიგს.

ერთძარღვიანია ფოთოლი, რომელსაც ეტყობა მხოლოდ შუა ერთი ძარღვი, გვერდითი ძარღვები ან არა აქვს, ან ისინი ჩამალულია ფირფიტაში და არ ჩანს.

ძარღვებჩამალულია ფოთოლი, რომელსაც, როგორც შუა ისე საერთოდ ყველა ძარღვი ჩამალული აქვს.

თათისებრ-ფრთისებრ დაძარღვულია ფოთოლი, როცა ძირში თათისებრძარღვიანია, ხოლო ზედა ნაწილში ფრთისებრძარღვიანი, როდესაც ყუნწის თავიდანვე შუა ძარღვის გარდა ფირფიტაში შედის 2 და მეტი ბაზალური ძარღვი, ამავე დროს შუა ძარღვს იმდენად მძლავრი გვერდითი მეორადი ძარღვები აქვს, რომ უკანასკნელთა პირველი ძირა წყვილი თითქმის არ განსხვავდება გვერდითი ბაზალური ძარღვებისაგან, თუმცა გვერდით ბაზალური ძარღვების ერთი წყვილი მაინც, რომელიც შუა ძარღვს ესაზღვრება (როცა გვერდითი ბაზალური ძარღვი ორზე მეტია), ყოველთვის აღემატება ყველა გვერდით მეორად ძარღვს.

გვერდითი მეორადი ძარღვების მიხედვით ფოთლები შეიძლება იყოს: **სრულფრთისებრი, სრულთათისებრი და სრულთათისებრ-ფრთისებრი დაძარღვით**, როცა გვერდითი მეორადი ძარღვები შედიან და ბოლოვდებიან პირდაპირ ან ორთითისებრ განტოტვილი ბოლოებით კბილის წვეროებში ან კბილთაშორისებში ან ფოთლის ნაპირში, ისე რომ ფოთლის ნაპირზე მის-

ვლამდე ერთიმეორეს არ უერთდებიან, არც მრავალგზის განტოტვის შედეგად არ იკარგებიან ძარღვების ქსელში და არც ფოთლის ნაპირში მისვლამდე არ ბოლოვდებიან.

არასრულფრთისებრი, არასრულთათისებრი და არასრულთათისებრფრთისებრი დაძარღვით, როცა გვერდითი მეორადი ძარღვები ფოთლის კიდებიდანვე ერთმანეთთან შეერთებული არიან მოხრილი (განუტოტავი ან განტოტვილი) ბოლოებით ე.წ. ყულფებით (მარყუჟებით) ან იკარგებიან მრავალგზის განტოტვებში. ზოგჯერ ბოლოვდებიან ფოთლის კიდებზე; ყველა აღნიშნულ შემთხვევებში ფოთლის კიდებში, კბილებში ან კბილთაშორისებში შედიან მხოლოდ მეორადი ძარღვებიდან გასული განტოტვები ე.წ. მესამე რიგის ან მეოთხე რიგის ძარღვები.

გვერდით მეორად ძარღვებად ითვლება მხოლოდ „ნამდვილი“ გვერდითი ძარღვები, რომლებიც გადიან ფოთლის კიდებზე, შედიან კბილებში ან ნაკვთების წვეროებში, ან ფოთლის კიდებიდან ერთმანეთს უერთდებიან ან განსაკუთრებით მძლავრად განიტოტებიან. გვერდით მეორად ძარღვებად არ ჩაითვლებიან ე.წ. საშორისო ძარღვები, რომლებიც ზოგჯერ განტოტებიან ბაზალურ ძარღვებს და განსაკუთრებით შუა ძარღვს „ნამდვილ“ გვერდით მეორად ძარღვებს შორის. საშორისო ძარღვები მათ მოსაზღვრე „ნამდვილ“ გვერდით მეორად ძარღვებზე ყოველთვის უფრო მოკლეა და უფრო წვრილია, ამიტომ ერთმანეთს არასოდეს არ უერთდებიან და იშვიათად მცირედ, ჩველებრივ კი სრულიად არ იტოტებიან (შეთეკაური, 2013).

ფოთოლი კონსისტენციით (თხელსიფრიფანა, ხეშეშტყავი-სებრი, სქელხორცოვანი და სხვა მრავალი გარდამავალი ფორმით მეტად მრავალფეროვანია.

ფოთოლი ზოგჯერ შიშველია, ხშირად კი მას ქვედა ან ზედა მხარეზე უვითარდება სხვადასხვა სახის გამონაზარდი ბეწვის / ტრიქომების სახით. ბეწვები ეპიდერმისის გამონაზარდე-

ბია, ბენეები ერთი ან მრავალუჯრედიანია და ფოთლის დამცველ საშუალებას წარმოადგენენ (წყლის დაგროვება და აორთქლება, ცხოველური ორგანიზმებიდან დაცვა და სხვა.) ბენეები ქმნიან ფოთლის სხვადასხვანაირ შებუსვას.

ფოთლის შებუსვა შეიძლება იყოს: აბრეშუმისებრი, ხავერდისებრი, ხაოიანი ქეჩისებრი, ბანჯგელიანი, ჯაგრისებრი, ჯირკვლოვანი და სხვა. ზოგიერთ ფოთოლს ძლიერი შებუსვა ახასიათებს ზოგიერთს კი ნაკლები. ფოთლის მთელ ფირფიტაზე, ძარღვებზე ან მათ გასწვრივ შებუსვა ხშირი მოვლენაა (ლორთქიფანიძე, 1979).

ფოთლის მორფომეტრია

სამეცნიერო და ტექნოლოგიურმა პროგრესმა განაპირობა რევოლუციური ცვლილებები ტრადიციულ კვლევებში მორფოლოგიასა და მცენარეთა ეკოლოგიაში. მორფოლოგიური თავისებურებების სტატისტიკური ანალიზი იქნა გამოყენებული სახეობების იდენტიფიკაციისთვის და არსებული სახეობების ტაქსონომიური დაზუსტებისთვის. მორფოლოგიური მახასიათებლების გაზომვა (რომელიც მოიცავს ზომას, არქიტექტურას, შინაგან ანატომიას და სხვ.) და ვარიაციების სტატისტიკური ანალიზი არის მორფომეტრია.

მორფომეტრიული ანალიზი არის სასარგებლო მეთოდოლოგია, რომელიც გამოიყენება მცენარეთა ბიოლოგიის მრავალ სფეროში (Chuanromanee et al., 2019), დაწყებული ეკოლოგიიდან (Gómez et al., 2016 და ევოლუციიდან გენეტიკამდე (Leiboff et al., 2015) და სოფლის მეურნეობამდე (de Oliveira et al., 2016). ამჟამად მორფომეტრიულ კვლევებში ორი მიდგომა დომინირებს ტრადიციული და გეომეტრიული მორფომეტრია (Viscosi

and Cardini, 2011) ტრადიციული მორფომეტრია გულისხმობს სხვადასხვა სიმბოლოების გაზომვას ინდივიდთა ჯგუფებში (სიგრძე, სიგანე და კოეფიციენტები) და მონაცემების დამუშევისათვის დასკვნითი სტატისტიკის გამოყენებას, ინდივიდთა ერთიანი ჯგუფების გამოსავლენად. მაგ. ANOVA ან მრავალ-ცვლადიანი სტატისტიკური ანალიზი (Andersson, 1994; Marhold, 2011). ეს მეთოდი გამოიყენეს ასევე სახეობების იდენტიფიცირებისათვის და მორფოლოგიური ვარიაციების შესაფასებლად სახეობების გეოგრაფიულ დიაპაზონში (Andersson, 1994; Boyd, 2002; Bateman and Rudall, 2006; Marhold, 2011; Garcia-Cruz and Sosa, 2006; Jimenez-Mejias et al., 2017).

1980 – 1990 – იან წლებში ფოტოლის მორფომეტრია განვითარდა გეომეტრიული მორფომეტრიის მიმართულებით, რის საფუძველსაც წარმოადგენს ორგანიზმებისა და მათი შემადგენელი ნაწილების ფორმის ცვალებადობის ანალიზი. გეომეტრიული მორფომეტრია უპირატესობას ანიჭებს მახასიათებლების უფრო მეტ რაოდენობას, ვიდრე ეს შესაძლებელია და ადვილად შესამჩნევია ტრადიციული მორფომეტრიისთვის (Kuhl and Giardina, 1982). გეომეტრიული მორფომეტრიას აქვს ფართო გამოყენება (Adams et al., 2013; Manacorda and Asurmendi, 2018) და როგორც ტრადიციული მორფომეტრია, სახეობების მრავალფეროვნების შესწავლის საშუალებაა (Chitwood and Otoni, 2017; Klein et al., 2017). ამჟამად ხელმისაწვდომია ჰერბარიუმის დიგიტალიზებული ნიმუშების გამოყენება გეომეტრიული მორფომეტრიისთვის, მაგ., JSTOR-ის გლობალური მცენარეთა მონაცემთა ბაზა [<https://plants.jstor.org>] და SEINet ნიმუშების მონაცემთა ბაზები [<http://swbiodiversity.org/seinet/collections/index>]. php].

ფოთლის ნიმუშის აღების მეთოდი

მერქნიან მცენარეთა ფოთლის მორფოლოგიურ-მორფომეტრიული კვლევისთვის საჭიროა ფოთლის ნიმუშები აღებული იქნას შესაბამისი მეთოდით. კონკრეტულად ყველა ლოკაციაზე, სადაც გავრცელებულია სამიზნე სახეობა, ფოთლის ნიმუშების აღება ხდება მინიმუმ 10 ხიდან, რომლებიც ერთმანეთისგან დაშორებულია 50 მ-ით. თითოეული ხიდან იღებენ 5-5 ზრდასრულ, ჯანსაღ ფოთოლს, ხის სხვადასხვა ადგილიდან.

აღებული ფოთლები თავსდება ფილტრის ქაღალდებში ან ქაღალდის ხელსახოცში შესაბამისი ნარწნერებით, სადაც მითითებულია სახეობა, ალების დრო და ადგილი. ათობით ფოთლის ნიმუში იკვრება ერთად, ორივე მხრიდან მუყაოს ქაღალში თავსდება, რომ არ დაკარგოს ფოთოლმა ფორმა ლაბორატორიაში მიტანამდე.

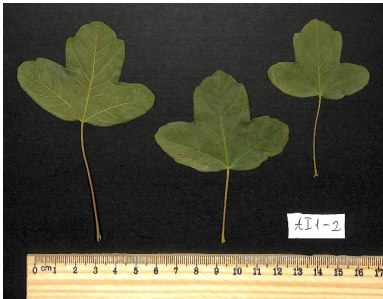
ლაბორატორიაში სპეციალურ სკანერზე ხდება ფოთლების დიგიტალიზაცია სათითაოდ. ამის შემდეგ იწყება გაზომვები.



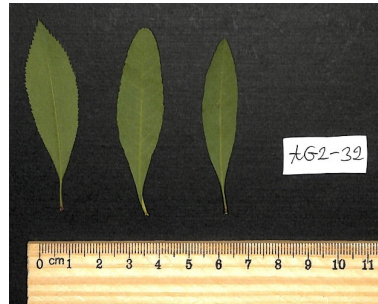
მუხის ფოთლის ნიმუშების აღება ველზე



ქართული მუხისა და იმერული მუხის სკანირებული ფოთლები
Quercus iberica Stev. (QIB) – *Quercus imeretina* Steven
ex Woronow (QI)



ქართული ნეკერჩხლის ფოთლები
Acer ibericum M.Bieb



ქართული ნუშის ფოთლები
Amygdalus georgica Desf.

მორფომატრიული დესკრიპტორები

მორფომეტრიაში გამოიყენება მაკრო და მიკრომორფოლოგიური პარამეტრების, როგორც აბსოლუტური, ისე ფარდობითი განაზომები. წინამდებარე ნაშრომში განხილულია ტრადიციული მაკრომორფომეტრიული გაზომვები.

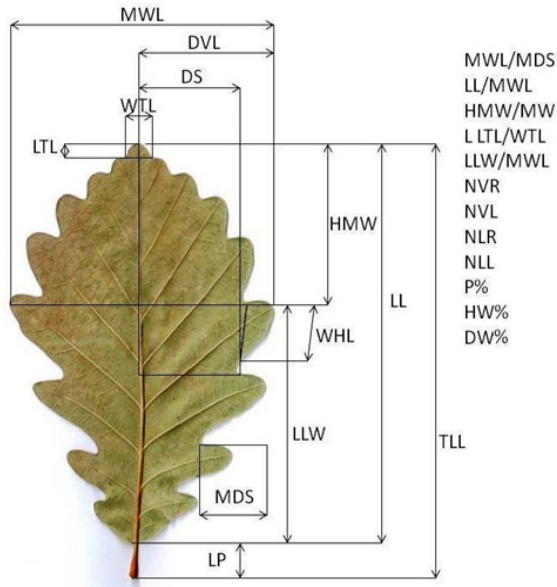
კვლევის ფარგლებში რამდენიმე სახეობაზე:

- იმერული მუხა – *Quercus imeretina* Steven ex Woronow;
- ქართული ნეკერჩხალი – *Acer ibericum* M. Bieb;
- შიშველი თელა – *Ulmus glabra* Huds;
- ქართული ნუში – *Amygdalus georgica* Desf.;

განხორციელდა ფოთლების ტრადიციული მორფოლოგიურ-მორფომეტრიული კვლევა, რისთვისაც გამოყენებული იქნა საფრანგეთის სოფლის მეურნეობის კვლევის ეროვნული ინსტიტუტის (INRA) მიერ შემუშავებული დესკრიპტორები (<http://www.pierroton.inra.fr>).

იმერული მუხა – *Quercus imeretina* Steven ex Woronow

საქართველოში მუხის შვიდი სახეობაა გავრცელებული. მუხის გვარისთვის დამახასიათებელი ფოთლის დესკრიპტორები არის მრავალფეროვანი და შედარებით რთული.



სურ. 1. მუხის ფოთლის დესკრიპტორები

ცხრილი # 1. მუხის (*Quercus*) ფოთლის დესკრიპტორები

თვლადები		
N	დესკრიპტორი	განმარტება
1	NVR	ინტერკალარული ძარღვების რაოდენობა მარჯვენა მხარეს

2	NLL	ინტერკალარული ძარღვების რაოდენობა მარცხენა მხარეს
3	NLR	ნაკვთების რაოდენობა მარჯვენა მხარეს
4	NLL	ნაკვთების რაოდენობა მარცხენა მხარეს
აბსოლუტური განაზომები		
N	დესკრიპტორი	განმარტება
1	TLL	ფოთლის მთლიანი სიგრძე
2	LP	ყუნწის სიგრძე
3	LL	ფოთლის ფირფიტის სიგრძე
4	MWL	ფოთლის მაქსიმალური სიგანე
5	HMW	სიმაღლე ფოთლის წვეროდან იმ პირველადი ძარღვის წერტილამდე, რომელსაც მაქსიმალურად განიერი ადგილის ხაზი გადაკვეთს
6	LLW	სიმაღლე ფოთლის ფუძიდან იმ პირველადი ძარღვის წერტილამდე, რომელსაც მაქსიმალურად განიერი ადგილის ხაზი გადაკვეთს
7	MDS	სინუსის მაქსიმალური სიღრმე
8	WHL	პირველადი ძარღვიდან ყველაზე მეტად გამოწეული ნაკვთის სიგანე
9	DVL	მანძილი, პირველადი ძარღვიდან ყველაზე მეტად გამოწეული ბიბილოს წვერამდე
10	DS	მანძილი, პირველადი ძარღვიდან იმ სინუსამდე, რომელიც ყველაზე მეტად გამოწეული ნაკვთის ქვეშ მდებარეობს
11	WTL	ფოთლის წვერში არსებული ნაკვთის სიგანე
12	LTL	ფოთლის წვერში არსებული ნაკვთის სიმაღლე
ფარდობითი განაზომები		
N	დესკრიპტორი	განმარტება
1	P%	ყუნწის პროცენტული ფარდობა ფოთლის მთლიან სიგრძესთან

2	HW%	სიმაღლე ფოთლის წვეროდან იმ პირველადი ძარღვის წერტილამდე, რომელსაც მაქსიმალურად განიერი ადგილის ხაზი გადაკვეთს, პროცენტული ფარდობა ფოთლის მთლიან სიგრძესთან
3	DW%	მაქსიმალურად განიერი მანძილის პროცენტული ფარდობა ფოთლის მთლიან სიგრძესთან
4	MWL/MDS	ფოთლის მაქსიმალური სიგანე/სიწესის მაქსიმალურ სიღრმესთან
5	LL/MWL	ფოთლის ფირფიტის სიგრძე/ფოთლის მაქსიმალურ სიგანესთან
6	HMW/MWL	სიმაღლე ფოთლის წვეროდან იმ პირველადი ძარღვის წერტილამდე, რომელსაც მაქსიმალურად განიერი ადგილის ხაზი გადაკვეთს/ფოთლის მაქსიმალურ სიგანესთან
7	LTL/WTL	ფოთლის წვერში არსებული ნაკვთის სიმაღლე/ ფოთლის წვერში არსებული ნაკვთის სიგანესთან
8	LLW/MWL	სიმაღლე ფოთლის ფუძიდან იმ პირველადი ძარღვის წერტილამდე, რომელსაც მაქსიმალურად განიერი ადგილის ხაზი გადაკვეთს/ფოთლის მაქსიმალურ სიგანესთან.
ნიშნები		
N	დესკრიპტორი	განმარტება
1	PET	შეზუსტილობა ფოთლის ყუნწზე
2	AXI	შეზუსტილობა ფოთლის უბეზე
3	DOR	შეზუსტილობა ფოთლის პირველადი ძარღვის გაყოფილებაზე ფოთლის ბოლომდე
4	BS	ყუნწის ამონაკვთის ფორმა

როგორც ცხრილიდან ჩანს დესკრიპტორები გვაქვს სამი ჯგუფის: თვლადი – დათვლილია ძარღვების რაოდენობა, რაც სახეობისთვის დამახასიათებელი ერთ-ერთი მყარი ნიშანია და ფოთლის ნაკვთების რაოდენობა.

აბსოლუტური განაზომებია, სადაც იზომება ფოთლის ფიტ-ფიტის სიგრძე, სიგანე, ყუნწის სიგრძე და სხვ.

ხოლო ფარდობითი განაზომებია – როდესაც ხდება აბსოლუტური განაზომების თანაფარდობების დადგენა, მაგ. ფოთლის ფირფიტის სიგრძე შეფარდებული ფოთლის მაქსიმალურ სიგანესთან და სხვ.

მუხის გვარიდან სრული მორფომეტრიული კვლევა ჩატარდა იმერული მუხის პოპულაციებზე.

იმერული მუხის არეალში (იმერეთის რეგიონი) აღებულია 10 ლოკაცია, სულ 80 ხე, საიდანაც აღებულია 400-მდე ფოთლის ნიმუში.

ცხრილი # 2. იმერული მუხის ლოკაციები

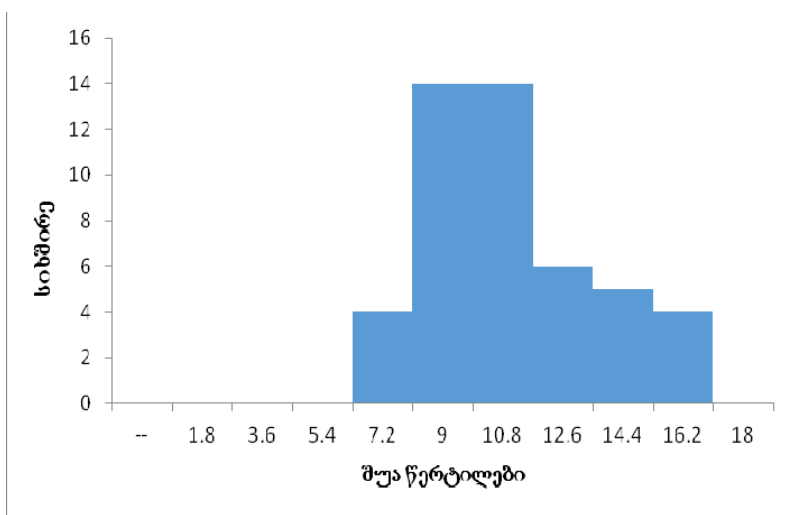
პოპულაცია	ადგილმდებარეობა	ფოთლის ნიმუშების რაოდენობა	გრძელი E	განედი N	სიმაღლე ბღვის დონიდან (მ)
CHDARK	ჭიათურის მუნიციპალიტეტი, სოფ. დარკვეთი	24	43.31843	42.32393	557
ZEAJ	ბაღდათის მუნიციპალიტეტი, აჯამეთის აღკვეთილი, კვარტალი 14, ლიტერი 1	30	42.90844	42.12913	205
ZEAJ	ბაღდათის მუნიციპალიტეტი, აჯამეთის აღკვეთილი, კვარტალი 19	27	42.78719	42.13584	171
ZEAJ	ბაღდათის მუნიციპალიტეტი, აჯამეთის აღკვეთილი, კვარტალი 12	23	42.77451	42.14165	144

TRB	თერჯოლის მუნი- ციპალიტეტი, ბროლის ქედი	25	42.79093	42.23009	159
TVG	ტყიბულის მუნი- ციპალიტეტი, მდ. წყალწითელას ხეობა, მონამეთას მონასტერთან, სოფ. გელათი	6	42.74554	42.29534	232
CHVZ	ჭიათურის მუნი- ციპალიტეტი სოფ. ზოდი	23	43.33694	42.34583	604
TKVO	ტყიბულის მუნი- ციპალიტეტი, წყალწითელას ხე- ობა, სოფ.ორპი- რის მიმდებარედ	8	42.81908	42.32502	318
KSF	ქუთაისის მუნი- ციპალიტეტი, სა- ლორის ტყე	28	42.71185	42.22574	173
TKVX	ტყიბულის მუნი- ციპალიტეტი, მდ.წყალწითელას ხეობა, სოფ. ხრე- სილის მიმდებარედ	10	42.87591	42.34473	392
KVCHO	სამტრედიის მუნი- ციპალიტეტი, სოფ. ჭოგნარის მიმდებარედ	21	42.77596	42.236	168

აღებული მონაცემებით ხდება შედარებები როგორც, ერთი სახეობის შედარებით სხვა სახეობის შორის, ასევე სხვადასხვა მონათესავე სახეობის პოპულაციებს შორის.

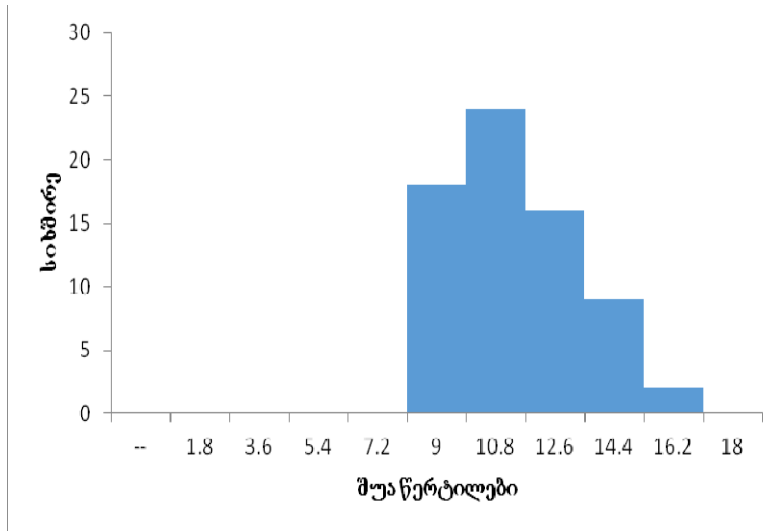
განვიხილოთ ერთი მარტივი განაზომით მიღებული შედეგები. მუხის არეალში ერთ-ერთ ლოკაციაზე, კერძოდ ჭიათურის

სოფ. დარკვეთიდან აღებული იმერული მუხის ფოთლის ნიმუშების განაზომებიდან ქვემოთ დიაგრამაზე წარმოდგენილია ფოთლის მთლიანი სიგრძე ყუნწიანად. როგორც ჰისტოგრამიდან (სურ.2) ჩანს ფოთლის სიგრძე ყუნწით - მერყეობს 6.0 სმ-დან 17.0 სმ-მდე, მაგრამ ყველაზე მაღალი სიხშირით გვხვდება ფოთლები 8.0 სმ-დან 11.0 სმ-მდე სიგრძის.

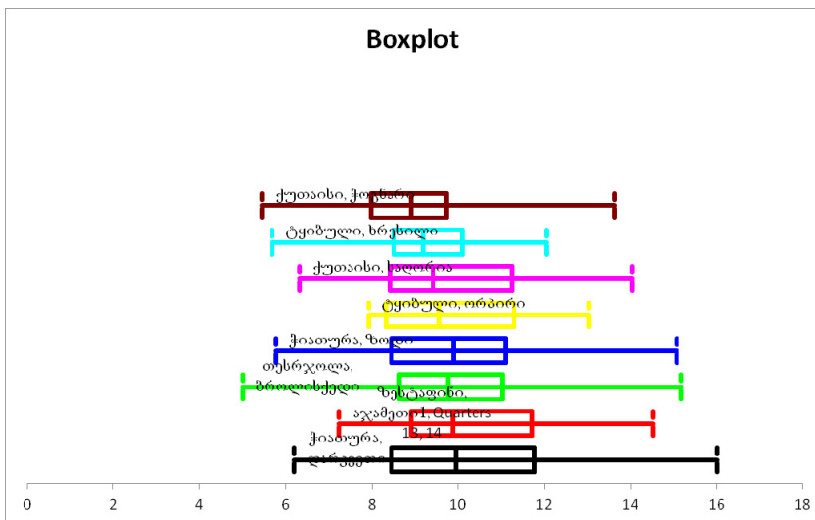


სურ. 2. ჰისტოგრამა – იმერული მუხის ფოთლის სიგრძე (ჭიათურა, სოფ. დარკვეთი)

მაშინ როდესაც მეორე ლოკაციაზე – აჯამეთის დაცულ ტერიტორიაზე აღებული იმერული მუხის ფოთლის სიგრძის ჰისტოგრამა (სურ.3) გვიჩვენებს, რომ ფოთლის სიგრძე აქ მერყეობს 8.0 სმ-დან 17.0 სმ-მდე, მაგრამ მაქსიმალური რაოდენობა ფოთლების გვაქვს 10-11 სმ-ის დიაპაზონში, ასევე სიხშირე ანუ შეხვედრილობა მაღალია 8-13 სმ სიგრძის ფოთლების.



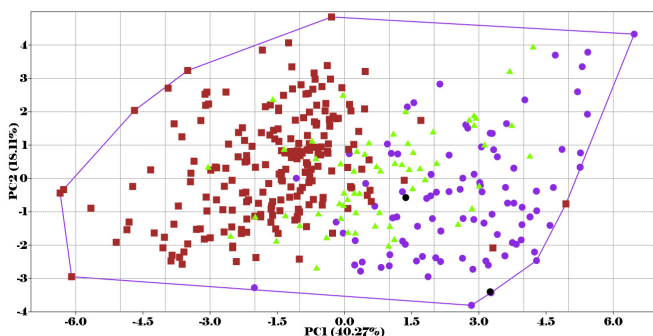
სურ. 3. ჰისტოგრამა – იმერული მუხის ფოთლის სიგრძე
(აჯამეთის აღკვეთილი)



სურ. 4. იმერული მუხის რვა ლოკაციიდან აღებული ფოთლის
ნიმუშების სიგრძე

როგორც ბოქსპლოტიდან (სურ.4) ჩანს იმერული მუხის ფოთლის სიგრძე დაახლოებით ერთგვაროვანია რვავე ლოკაციაზე. ყველაზე გრძელი ფოთოლი (16 სმ) აღმოაჩნდა ჭიათურაში სოფ. დარკვეთთან არსებულ მუხებს. უნდა აღინიშნოს რომ აჯამეთის აღკვეთილის შემდეგ იმერული მუხის ყველაზე კარგი ნმინდა კორომი სწორედ სოფ. დარკვეთთან იქნა აღწერილი.

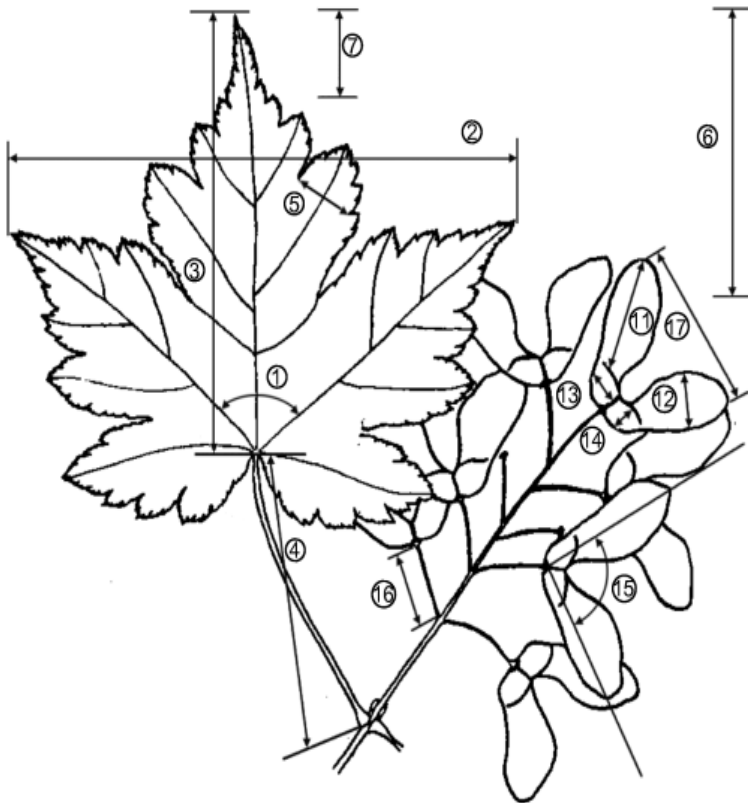
მუხის სამი ტაქსონის (*Q. Imeretina* Steven ex Wor, *Q. Pedunculiflora* K.Koch., *Q. Iberica* M.Bieb.) შედარებისას ფოთლის 24 მაკრომორფოლოგიურ მახასიათებელზე PCA ანალიზის ჩატარების შედეგად შეირჩა სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი 15 მორფომეტრიული დესკრიპტორი (4 თვლადი, 8 აბსოლუტური და 3 ფარდობითი განაზომი). მოხდა მუხის სამი სახეობის ერთმანეთისგან განმასხვავებელი ფოთლის ნიშნების იდენტიფიცირება, რომელთა ცვალებადობა განპირობებულია გარემოს კლიმატური (ტენიანობა და ტემპერატურა) ფაქტორების ჰეტეროგენურობით (Goginashvili et al., 2020), რაც ასახულია ქვემოთ მოტანილ დიაგრამაზე.



სურ. 5. საქართველოში ტემპერატურისა და ნალექიანობის განსხვავებულ პირობებში გავრცელებული კავკასიური მუხის 3 ტაქსონის დიაგრამა აგებული პრინციპულ კომპონენტებზე ფოთლის მაკრომორფოლოგიური ნიშნების გამოყენებით

- – ქართული მუხა (*Q. Iberica* M.Bieb)
- – იმერული მუხა (*Q. Imeretina* Steven ex Wor)
- ▲ – ჭალის მუხა (*Q. Pedunculiflora* K.Koch)

ქართული ნეკერჩხალი – *Acer ibericum* M. Bieb



სურ. 6. ნეკერჩხლის ფოთლის დესკრიპტორები

ცხრილი # 3. ნეკერჩხლის (*Acer*) ფოთლის დესკრიპტორები

N	დესკრიპტორი	განმარტება
1	AA	გვერდით ბაზალურ და მთავარ ძარღვებს შორის კუთხე
2	WW	ფოთლის ფირფიტის სიგანე

3	LL	ფოთლის ფირფიტის სიგრძე
4	TLL	ფოთლის სიგრძე ყუნწით
5	PL	ფოთლის ყუნწის სიგრძე
9	AR	ფოთლის ფირფიტის ფარდობა (ფირფიტის წვე- როს ფარდობა/სიგრძესთან)

ნეკერჩხლის მაგალითზე განვიხილოთ ფოთლის ფირფიტის სიგანის (WW) განაზომებზე მომზადებული სტატისტიკური გათვლები და შედეგები.

ცხრილი # 4. ქართული ნეკერჩხლის ლოკაციები საქართველოში

პოპულა- ცია	ლოკაცია	ფოთლის ნიმუშების რაოდენობა	გრძედი	განედი	სიმაღლე ზ.დ.მ
DK	დედოფლისწყარო, ყაშები	9	41.3119	46.5802	715
DKT	დედოფლისწყარო კასრის წყალი	7	41.2832	46.4689	597
DBM	დედოფლისწყარო შავი მთა	50	41.2658	46.6356	813
BD	ბოლნისი, დისველი	28	41.4994	44.5508	647
TS	თეთრიწყარო, სამშვილდე	8	41.5108	44.487	843
TMB	თბილისი, ბეთანიის მონასტ.	17	41.6905	44.6114	780

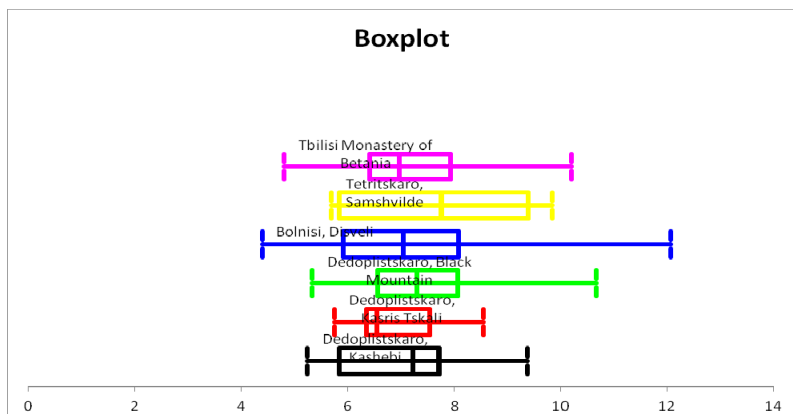
ქართული ნეკერჩხლის არეალი ძლიერ შევიწროვებულია, სახეობა გავრცელებულია ფრაგმენტულად, შეტანილია საქართველოს წითელ ნუსხაში და მინიჭებული აქვს მონაცვლადი ტაქსონის სტატუსი (VU). გამომდინარე აქედან ზოგიერთ ლოკაციაზე მხოლოდ რამდენიმე ხე იქნა დაფიქსირებული, შესაბამისად ფოთლის ნიმუშების რაოდენობაც ნაკლებია.

ჩატარებული აღწერებით და ფოთლის ნიმუშების განაზომების სტატისტიკურად დამუშავების შემდეგ გაირკვა, რომ ყველაზე დიდი ზომის ფოთლები აქვს ბოლნისის პოპულაციას, ყველაზე მცირე ზომის -კასრისწყლიდან აღებული ნიმუშები აღმოჩნდა.

კლიმატური პირობების (ტენიანობა, ტემპერატურა) გათვალისწინებით ეს განსხვავება გასაგები ხდება. ბოლნისი ყველაზე ტენიანი ადგილია ამ 6 ლოკაციას შორის, ხოლო კასრისწყალი ყველაზე - მშრალი.



სურ. 7, 8. ქართული ნეკერჩხალი ბეთანიის ეკლესიის მიმდებარედ



სურ. 9. ქართული ნეკერჩხლის ფოთლის სიგანის მონაცემები (სმ)

როგორც მოცემული ბოქსპლოტიდან (სურ.9) ჩანს ბოლნისის ნიმუშებში ფოთლის სიგანე მერყეობს 4.2 სმ-დან 12.2 სმ-მდე, მაშინ როდესაც კასრისწყლის ნიმუშებში ეს მაჩვენებელი 4,8 სმ-დან 8,3 სმ-მდეა. ფოთლის ზომები ყველაზე სტაბილური თეთრინყაროს მუნიციპალიტეტის ნიმუშებს აღმოაჩნდა.

ქართული ნეკერჩხლის ყველაზე დიდი პოპულაცია არის დედოფლისწყაროს მუნიციპალიტეტში – შავ მთაზე, სადაც მორფოლოგიურადაც და გენეტიკურადაც მეტი მრავალფეროვნება ახასიათებს ამ სახეობას.

შიშველი თელა – *Ulmus glabra* Huds

საქართველოს ფოთლოვან ტყეებში შიშველი თელა ზღვის დონიდან ძირითადად 700-800 მ-დან 1700 მ-მდე იზრდება მცირე დაჯგუფებების ან ერთეული ხეების სახით.

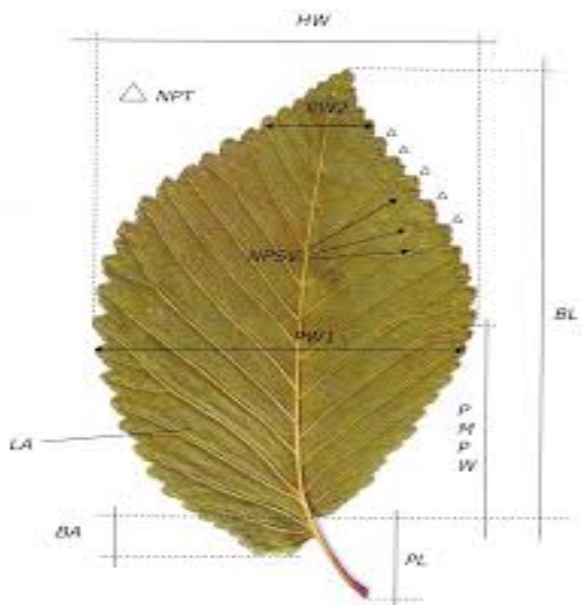
წინამდებარე კვლევის ფარგლებში ფოთლის ნიმუშები აღებული იქნა 32 ლოკაციიდან.



სურ. 10. შიშველი თელის გავრცელება საქართველოში



სურ. 11. შიშველი თელის ფოთლის ფორმები

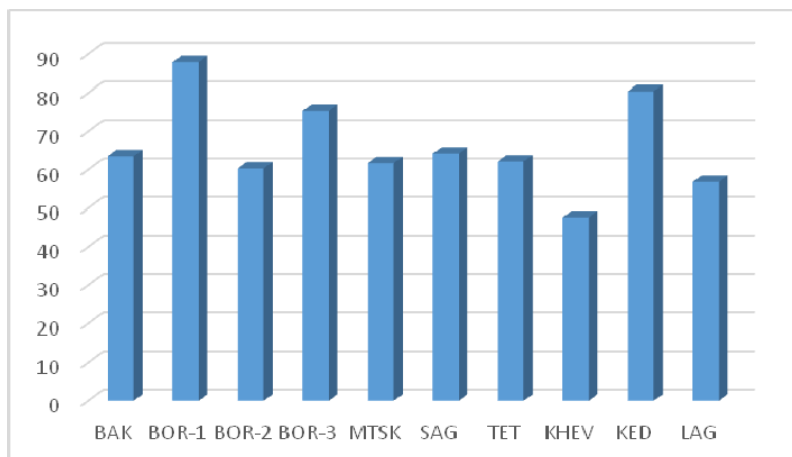


სურ. 12. თელის ფოთლის დესკრიპტორები

ცხრილი #4. თელის (Ulmus) ფოთლის დესკრიპტორები

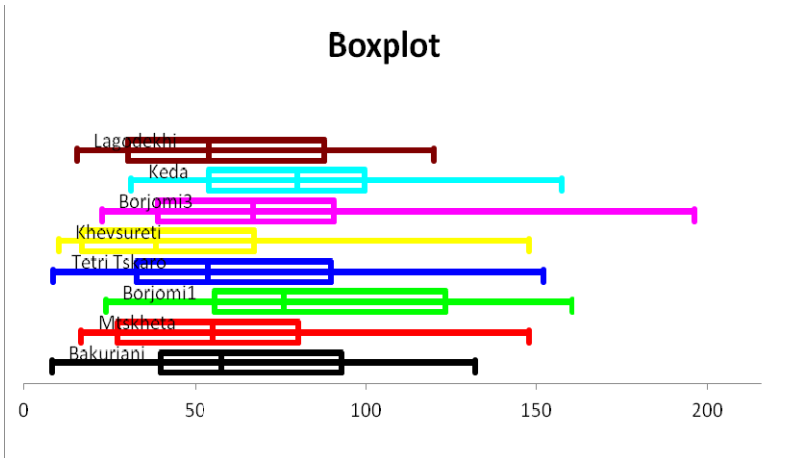
N	დესკრიპტორი	განმარტება
1	LA	ფოთლის ფირფიტის ფართობი
2	HW	ფოთლის ფირფიტის მაქსიმალური სიგანე
3	PMPW	ფოთლის ფირფიტის სიგრძე, რომელიც იზომება ფოთლის ფირფიტის მოკლე ფუძიდან დაწყებული ფოთლის მაქსიმალურ სიგანამდე.
4	PW1	ფოთლის ფირფიტის სიგანე – ფირფიტის სიგრძის 50%-ზე, აიღება ფოთლის ფუძის მოკლე ნაწილიდან
5	PW2	ფოთლის თავში ფირფიტის სიგანე ფოთლის ფირფიტის სიგრძის 90%-ზე, აიღება მოკლე ფირფიტიდან.
6	PL	ყუნწის სიგრძე
7	BA	ფოთლის ფუძის ასიმეტრია
8	BL	ფირფიტის სიგრძე

შიშველი თელის მაგალითზე განვიხილოთ მიღებული მონაცემები ფოთლის ფირფიტის ფართობის მიხედვით.



**სურ. 13. შიშველი თელის ფოთლის საშუალო
ფართობები (სმ²) 10 ლოკაციაზე**

სახეობის ათი ძირითადი ლოკაციიდან აღებული ნიმუშების განზომებით გამოანგარიშებულია ფოთლის საშუალო ფართობი. როგორც ჩანს ყველაზე ფართო ფოთლიანი თელები იზრდება ბორჯომის ხეობასა და ქედის მუნიციპალიტეტში.



სურ. 14. შიშველი თელის ფოთლის ფართობი რვა ლოკაციაზე
წარმოდგენილ ბოქსპლოტზე (სურ.14) ანალოგიური შედეგია მიღებული, ბორჯომის ხეობიდან აღებული ნიმუშები ყველაზე ფართოფოთლიანი აღმოჩნდა. მათი ზომა მერყეობს 30 სმ²-დან 200 სმ²-მდე.

ქართული ნუში-*Amygdalus georgica* Desf.

ქართული ნუში (*Amygdalus georgica* Desf.) 1.0 მ-მდე სიმაღლის ბუჩქია. ფოთლები ლანცეტაა, 8.0 სმ-მდე სიგრძის, კიდეებზე არათანაბრად ხერხისებრ დაკბილული.



სურ. 15,16, ქართული ნუში (ყვავილი, ფოთოლი)

ცხრილი #5. ნუშის (*Amygdalus*) დესკრიპტორები

თვლადები		
N	დესკრიპტორი	განმარტება
1	NVR	ინტერკალარული ძარღვების რაოდენობა მარჯვენა მხარეს
2	NLL	ინტერკალარული ძარღვების რაოდენობა მარცხენა მხარეს
აბსოლუტური განაზომები		
N	დესკრიპტორი	განმარტება
1	LA	ფოთლის ფირფიტის ფართობი
2	TLL	ფოთლის მთლიანი სიგრძე
3	LP	ყუნწის სიგრძე
4	LL	ფოთლის ფირფიტის სიგრძე
5	MWL	ფოთლის მაქსიმალური სიგანე
6	HMW	სიმაღლე ფოთლის წვეროდან იმ პირველადი

		ძარღვის წერტილამდე, რომელსაც მაქსიმალურად განიერი ადგილის ხაზი გადაკვეთს
7	LLW	სიმაღლე ფოთლის ფუძიდან იმ პირველადი ძარღვის წერტილამდე, რომელსაც მაქსიმალურად განიერი ადგილის ხაზი გადაკვეთს

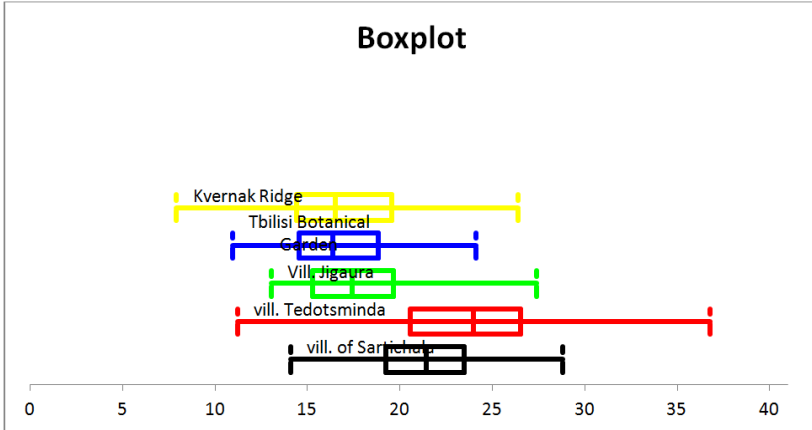
ფარდობითი განაზომები		
N	დესკრიპტორი	განმარტება
1	P%	ყუნწის პროცენტული ფარდობა ფოთლის მთლიან სიგრძესთან
2	HW%	სიმაღლე ფოთლის წვეროდან იმ პირველადი ძარღვის წერტილამდე, რომელსაც მაქსიმალურად განიერი ადგილის ხაზი გადაკვეთს, პროცენტული ფარდობა ფოთლის მთლიან სიგრძესთან
3	DW%	მაქსიმალურად განიერი მანძილის პროცენტული ფარდობა ფოთლის მთლიან სიგრძესთან
4	LL/MWL	ფოთლის ფირფიტის სიგრძე/ფოთლის მაქსიმალურ სიგანესთან
5	HMW/MWL	სიმაღლე ფოთლის წვეროდან იმ პირველადი ძარღვის წერტილამდე, რომელსაც მაქსიმალურად განიერი ადგილის ხაზი გადაკვეთს/ფოთლის მაქსიმალურ სიგანესთან
ნიშნები		
N	დესკრიპტორი	განმარტება
1	PET	შებუსვილობა ფოთლის ყუნწზე
2	AXI	შებუსვილობა ფოთლის უბეზე
3	DOR	შებუსვილობა ფოთლის პირველადი ძარღვის გაყოლებაზე ფოთლის ბოლომდე
4	BS	ყუნწის ამონაკეთის ფორმა

ქართული ნუშის სულ 5 ლოკაციიდან იქნა აღებული ფოთლის ნიმუშები, მათ შორის სამი ბუნებრივი არეალიდან, ხოლო 2 (თბ. ბოტანიკური ბაღი და სოფ. ჯილაურა) ხელოვნურად გაშენებული ნარგაობიდან.

ცხრილი №6. ქართული ნუშის ლოკაციები

პოპულაცია	ლოკაცია	ფოთლის ნიმუშების რაოდენობა	გრძედი	განედი	სიმაღლე ფ.მ.
SAG	საგარეჯო, სოფ. სართიჭალა	32	41.719749	45.180033	700
GORI-TDTS	გორი, სოფ. თედონშინდა	33	42.020771	44.07154	680
MTSK	მცხეთა, ჯილაურა	15	41.6003	44.0248	590
TBG	თბ. ბოტ. ბაღი	14	41.685266	44.802304	540
GORI.KVR	გორი, კვერნაკის ქედი	36	42.015	44.159	756

ქართული ნუშის მაგალითზე განვიხილოთ ყუნწის პროცენტული თანაფარდობა ფოთლის მთლიან სიგრძესთან.



სურ. 17. ქართული ნუშის ფოთლის ყუნწის პროცენტული თანაფარდობა ფოთლის მთლიან სიგრძესთან

ბოქსფლოტიდან (სურ.17) ჩანს რომ კვერნაკის ქედის, ბოტანიკური ბაღის და ჯილაურას ნიშუშები შედარებით ერთგვაროვანია, ხოლო თედონმინდის პოპულაცია გამოირჩეულია ფოთლის ყუნწისა და მთლიანი სიგრძის თანაფარდობის ძალიან დიდი განსხვავებებით, რაც ფოთლის ვარიაციების ფართო სპექტრთან არის დაკავშირებული.

მადლიერება

ავტორები მადლობას უხდიან შოთა რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდს პროექტის "ტყის გენეტიკურად მნიშვნელოვანი სახეობების შესწავლა და ტაქსონომიური იდენტიფიცირება საქართველოში" ხელშეკრულების #FR17_621 ფინანსური მხარდაჭერისთვის. ასევე მადლობას უხდიან საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტის სატყეო საქმის მაგისტრანტს რეზო დობორჯგინიძეს ფოთლის გაზომვებისა და მონაცემების სტატისტიკური დამუშავებისათვის.

ლიტერატურა

გეგეჭკორი ა., მურვანიძე მ., შეთეკაური შ., (2011). ბიომრავალფეროვნება და კონსერვაცია, თბილისი.

გოგინაშვილი ნ., ქავთარაძე გ., ბაჩილაშვილი მ., (2021). ვერხვი: ბიოეკოლოგია, ტაქსონომია და ჰაბიტატები, საქართველოს აგრარული უნივერსიტეტი, თბილისი.

გოგოლაძე ალ., (1964). ხეების და ბუჩქების სარკვევი, თბილისი.
გუგავა ე ., (2005) ბოტანიკა, მცენარეთა ანატომია და მორფოლოგია, თბილისი.

ლორთქიფანიძე ა., (1979). ბოტანიკა. განათლება, თბილისი.

შეთეკაური შ., (2013) ბიომრავალფეროვნება (ბოტანიკა), თბილისი.

Adams D. C., Rohlf F. J., Slice D. E., (2013). A field comes of age: Geometric morphometrics in the 21st century. J. Hystrix, vol. 24(1):7–14.

Andersson E., (1994). On the identity of orchid populations: A morphometric study of the *Dactylorhiza traunsteineri* complex in eastern Sweden. Nordic Journal of Botany, Vol. 14, Issue 3, 269-275.

Bateman R. M., Rudall P. J., (2006). Evolutionary and morphometric implications of morphological variation among flowers within an inflorescence: A case-study using European orchids. Annals of Botany, 98(5):975-993.

Bell A.D., Bryan, A., (2008). Plant Form: An Illustrated Guide to Flowering Plant Morphology (Second Edition). Timber Press. (ISBN: 978-0881928501). 432 pp.

Boyd A., (2002). Morphological analysis of Sky Island populations of *Macromeria viridiflora* (Boraginaceae). Systematic Botany, Vol. 27, No. 1.

Chitwood D. H., W. C. Otoni., (2017). Morphometric analysis of *Passiflora* leaves: The relationship between landmarks of the vasculature and elliptical Fourier descriptors of the blade, *GigaScience*, 6(1):1-13

Chuanromanee, T. S., J. I. C ohen, and G. L. Ryan., (2019). Morphological Analysis of Size and Shape (MASS): An integrative software program for morphometric analyses of leaves. *Applications in Plant Sciences* 7(9): e11288.

De Oliveira R. R., F. L. Campos de Andrade I. M. (2016). Foliar morphometric study of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). *Journal of Plant Sciences* 4(2):23-28

France's new National Research Institute for Agriculture, Food and Environment, <http://www.pierroton.inra.fr>

Garcia-Cruz, J., Sosa V., (2006). Coding quantitative character data for phylogenetic analysis: A comparison of five methods. *J. Systematic Botany* 31(2):302-309

Goginashvili N., Ekhvaia J., Doborjginidze R., Bachilava M., Tvauri I., Kobakhidze N., (2020). Comparative analysis of the three Caucasian oak taxa in Georgia (South Caucasus) based on leaf macromorphological variation. *J. Annals of Agrarian Science* Vol. 18 No.4, 490–499 <http://journals.org.ge/index.php/aans/issue/view/20/24>

Gómez J.M., Torices R, Lorite J, Klingenberg C.P., Perfectti F., (2016). The role of pollinators in the evolution of corolla shape variation, disparity and integration in a highly diversified plant family with a conserved floral bauplan. *Ann Bot.* Apr;117(5):889-904.

Jimenez-Mejias, P., Cohen J. I., Naczi R. F. (2017). The study of online digitized specimens revalidates. *J. Phytotaxa*, 295(1):22-34

Klein L.L., Svoboda, **H.T.**, (2017). Comprehensive methods for leaf geometric morphometric analyses. Bio-protocol, 7, p.e 2269.

Koning R., (2009). Plant Form: An Illustrated Guide to Flowering Plant Morphology. The American Biology Teacher, 71(5), 311-312.

Kuhl F. P., C.R. Giardina., (1982). Elliptic Fourier features of a closed contour. Journals & Books, ScienceDirect, Vol.18, Issue 3, 236-258.

Leiboff, S., X. Li, H. C. Hu, N. Todt, J. Yang, X. Li, X. Yu, (2015). Genetic control of morphometric diversity in the maize shoot apical meristem. *Nature Communications*, 20;6:8974

Manacorda C. A., Asurmendi S., (2018). *Arabidopsis* phenotyping through geometric morphometrics. GigaScience, Vol. 7, Issue 7, giy 073.

Marcus LF. (1990). Traditional morphometrics. In: Rohlf FJ, Bookstein FL, eds. Proceedings of the Michigan morphometrics workshop. Special Publication No. 2 The University of Michigan Museum of Zoology Ann Arbor, Michigan. ISBN: 0-9628499-0-1, ISSN: 1053-6477.

Marhold K., (2011). Multivariate morphometrics and its application to monography at specific and infraspecific levels. In book: Monographic plant systematics: Fundamental assessment of plant biodiversity Edition: 1. Chapter: 6. 75-101.

Viscosi V, Cardini A., (2011). Leaf Morphology, Taxonomy and Geometric Morphometrics: A Simplified Protocol for Beginners. PLoS ONE 6(10): e25630. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025630>



გამომცემლობა „უნივერსალი“

თბილისი, 0186, ა. ჰოლიტაოვსკაიას №4. ☎: 5(99) 33 52 02, 5(99) 17 22 30
E-mail: universal505@ymail.com; gamomcemlobauniversal@gmail.com

ISBN 978-9941-26-995-0



9 789941 269950