

სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

მარინა ზარქუა

**მცენარეთა ანატომიისა და
მორფოლოგიის პრაქტიკული კურსი**



გამომცემლობა „უნივერსალი“
თბილისი 2012

უაკ (UDC) 581.8+581.4

ზ – 355

სახელმძღვანელოში მოცემულია მცენარეთა ანატომიისა და მორფოლოგიის სასწავლო პროგრამის საკვანძო საკითხები მოკლე თეორიული ცნობების სახით, ლაბორატორიული პრაქტიკუმი, მეთოდური მითითებანი დამოუკიდებელი მუშაობისათვის, დეტალური რეკომენდაციები ლაბორატორიული სამუშაოების ჩასატარებლად კონკრეტული თემების მიხედვით.

სახელმძღვანელო შედგენილია მცენარეთა ანატომიისა და მორფოლოგიის სასწავლო კურსის შესაბამისად და განკუთვნილია სპეციალობების – ბიოლოგიისა და ფარმაციის სტუდენტებისათვის, ასევე ამ დარგით დაინტერესებული საზოგადოების ფართო წრისათვის.

რედაქტორი ელდარ გუგავა

სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი

რეცენზენტები:

შამილ შეთეკაური

ბიოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი

ევა ჩხუბიანიშვილი

ბიოლოგიის აკადემიური დოქტორი

© მ. ზარქუა, 2012

გამომცემლობა „**უნივერსალი**“, 2012

თბილისი, 0179, ი. ჭავჭავაძის გამზ. 19, ☎: 2 22 36 09, 5(99) 17 22 30
E-mail: universal@internet.ge

ISBN 978-9941-17-????

წინასიტყვაობა

ლაბორატორიული პრაქტიკუმი მნიშვნელოვანი დამატებაა ბოტანიკის თეორიული კურსისათვის. მისი ძირითადი ამოცანაა – ლექციებზე მიღებული ცოდნის გაღრმავება და განმტკიცება, დამოუკიდებელი კვლევითი მუშაობისათვის უნარ-ჩვევების გამომუშავება. იგი ხელს უწყობს სტუდენტებისთვის ზოგად-სამეცნიერო, ინსტრუმენტალური, ზოგად-პროფესიონალური კომპეტენციების გამომუშავებას, დაკვირვებების, აღწერის, იდენტიფიკაციის, ბიოლოგიური ობიექტების კლასიფიკაციის, მათზე მუშაობის ექსპერიმენტალური მეთოდების გამოყენების, ბიოლოგიური ობიექტების უჯრედული, სტრუქტურული და ფუნქციონალური ორგანიზაციის შესწავლას. ლაბორატორიული სამუშაოების ჩატარების პროცესში სტუდენტები ეცნობიან სხვადასხვა ეკოლოგიურ პირობებში მოზარდი მცენარეების ანატომიური და მორფოლოგიური აგებულების თავისებურებებს. გამოიმუშავენ ანალიტიკური აზროვნების ჩვევებსა და სწავლობენ დაკვირვების შედეგების სწორად გაფორმებას, რაც უდაოდ გამოადგებათ მომავალში სამეცნიერო მუშაობისას. ლაბორატორიული სამუშაოების შედეგს წარმოადგენს მეცადინეობის თემის განხილვა, დამოუკიდებლად ინდივიდუალური წერიტი დავალების შესრულება და ალბომში ნახატების გაფორმება. ლაბორატორიული პრაქტიკუმი წარმოადგენს სასწავლო-მეთოდური მუშაობის აუცილებელ ნაწილს.

სახელმძღვანელოში მოცემულია მცენარეული ორგანიზმების ანატომიური და მორფოლოგიური აგებულების, მათი საბინადრო გარემოსთან კავშირის შესახებ თეორიული მონაცემები და დეტალურადაა აღწერილი სასწავლო ნიმუშების მომზადების, შესწავლისა და აღწერის მსვლელობა.

მცენარეთა ანატომიისა და მორფოლოგიის კურსი წინ უძღვის ყველა დანარჩენი ბოტანიკური დისციპლინის კითხვას, წარმოადგენს დამოუკიდებელ მეცნიერულ დისციპლინას და თეორიულ საფუძველს მთელი რიგი ბიოლოგიური საგნებისათვის.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია ბიოლოგიისა და ფარმაციის სპეციალობის ბაკალავრიატის სტუდენტთათვის, აგრეთვე ბიოლოგიის დარგში მომუშავე მასწავლებლებისა და მეცნიერ თანამშრომლებისათვის და ბიოლოგიის საკითხებით დაინტერესებულ პირთათვის.

რეკომენდებულია სოხუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა და ჯანდაცვის ფაკულტეტის საბჭოს მიერ სახელმძღვანელოდ ბიოლოგიისა და ფარმაციის სპეციალობების სტუდენტებისათვის.

თავი I.

მცენარეთა ციტოლოგიისა და ჰისტოლოგიის საფუძვლები

თემა – ბოტანიკური ობიექტების მიკროსკოპირება

სამუშაოს მიზანი: მიკროსკოპის აგებულებისა და ბოტანიკის ლაბორატორიაში მუშაობის წესების გაცნობა.

ამოცანა: 1. ბოტანიკის ლაბორატორიაში მუშაობისას უსაფრთხოების ტექნიკის წესების გაცნობა.

2. მიკროსკოპის აგებულებისა და მასთან მუშაობის თანმიმდევრობის გაცნობა.

3. პრეპარატების დამზადების ტექნიკის დაუფლება.

თეორიული ცნობები

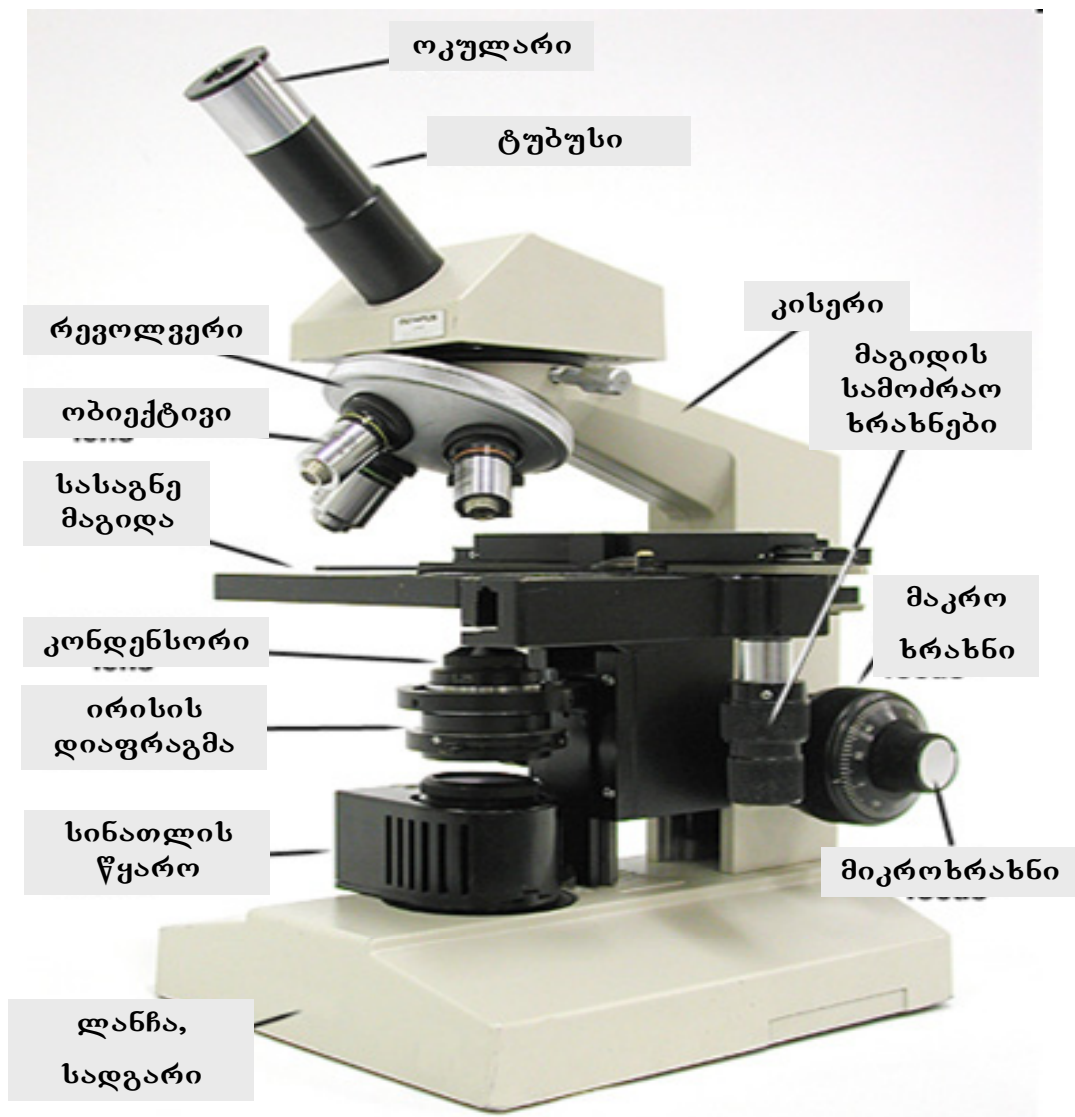
მიკროსკოპი წარმოადგენს ოპტიკურ-მექანიკურ ხელსაწყოს, რომელიც საშუალებას იძლევა მივიღოთ დასათვალიერებელი საგნის ძლიერ გადიდებული გამოსახულება, რომლის ზომები აღემატება შეუარაღებელი თვალის გარჩევადობის უნარს. მიკროსკოპის ძირითადი ნაწილებია: ოპტიკური (ძირითადი ნაწილი), გამანათებელი და მექანიკური.

მექანიკურ ნაწილს ეკუთვნის: შტატივი, ტუბუსი, სასაგნე მაგიდა, რევოლვერი, მაკრო და მიკროხრაზნები. მაკროხრაზნს აქვს დიდი დისკი და ამოძრავებს ტუბუსს. მიკროხრაზნიც იგივე ფუნქციას ასრულებს, ამოძრავებს ტუბუსს თვალისათვის უხილავ მანძილზე და გამოიყენება ფოკუსზე უკეთ ორიენტაციისათვის (ნახ. 1).

გამანათებელი სისტემა მიკროსკოპისა განკუთვნილია პრეპარატზე სინათლის სხივის მისამართავად, ობიექტის ოპტიმალური განათების რეგულირებისათვის. მას მიეკუთვნება სარკე, კონდენსორი და ირის-დიაფრაგმა. სარკე შეიძლება ვამოძრაოთ ნებისმიერი მიმართულებით. ეს იძლევა საშუალებას გამოყენებულ იქნას სინათლის წყარო. სარკე არეკლავს სინათლის სხივებს და კონდენსორის საშუალებით

ბით გზავნის ობიექტში. კონდენსორი მოთავსებულია სარკესა და სასაგნე მაგიდას შორის. იგი შედგება სამი ლინზისაგან, რომლებიც საერთო ჩარჩოშია მოთავსებული. კონდენსორის მდგომარეობის ცვლით (ზევით, ქვევით) შესაძლებელია შევცვალოთ ობიექტის განათების ინტენსივობა. კონდენსორის სამოძრაო ხრახნი მოთავსებულია მაკრო და მიკროხრახნის წინ. კონდენსორის ქვევით დაშვებისას განათება მცირდება, ზევით აწევისას – მატულობს. ირის-დიაფრაგმა მოთავსებულია კონდენსორის ქვედა ნაწილზე. მისი დახმარებით შესაძლებელია შესასწავლი საგნის განათების შემცირება ან გადიდება. ის შედგება ფირფიტებისაგან, რომლებიც ნაწილობრივ ფარავენ ერთმანეთს ისე, რომ ცენტრში რჩება ნასვრეტი სინათლის სხივის გასასვლელად.

ოპტიკური სისტემა მიკროსკოპისა შედგება ოკულარისა და ობიექტივისაგან. თითოეული ობიექტივი შედგება ლითონის საერთო ბუდეში მოთავსებული რამდენიმე ლინზისაგან. ყველაზე მთავარია გარეთა (ფრონტალური) ლინზა, რომლის ფოკუსურ მანძილზე არის დამოკიდებული ობიექტივის გადიდება. ბუდეზე აღნიშნულია გადიდების მაჩვენებელი ციფრი. ოკულარი შედგება ორი ლინზისაგან და ადიდება მხოლოდ ობიექტივისაგან მიღებულ გამოსახულებას. არსებობს ოკულარები შემდეგი გამადიდებლებით: $\times 5$, $\times 7$, $\times 10$, $\times 15$. ეს ციფრები ოკულარზეა აღნიშნული. მიკროსკოპის საერთო გადიდების უნარი უდრის ობიექტივის გამადიდებლის ნამრავლს ოკულარის გამადიდებელზე. ოკულარი შეიძლება ამოვიღოთ ტუბუსიდან და შევცვალოთ სხვით. ტუბუსის საწინააღმდეგო მხარეზე მოთავსებულია მოძრავი (მბრუნავი) ფირფიტა ანუ რევოლვერი (ლათ. revolve – ვაბრუნებ), რომელზეც მოთავსებულია სამი ბუდე ობიექტივისათვის. ობიექტივიც, როგორც ოკულარი წარმოადგენს ლინზების სისტემას. ობიექტივი ეხრახნება რევოლვერის ბუდეს. ობიექტივის გადიდების ხარისხი სხვადასხვაა. არსებობს ობიექტივები, შემდეგი გამადიდებლებით: $\times 8$, $\times 40$ და $\times 90$. ობიექტივის გადიდებაზე დამოკიდებულია მისი ორი მახასიათებელი – სამუშაო მანძილი ე.ი. მანძილი ფრონტალური ლინზიდან პრეპარატის სიბრტყემდე და თვალთახედვის არის ფართობი. რაც მეტია ობიექტივის გადიდების ხარისხი, მით ნაკლებია მისი სამუშაო მანძილი და ვიწროა თვალთახედვის არე.



ნახ. 1. მიკროსკოპის აგებულება

სუბუჯრედული სტრუქტურების ან ორგანოიდების უმეტესობა ძალიან მცირეა იმისათვის, რომ სინათლის მიკროსკოპით გამოჩნდეს. უჯრედული ბიოლოგია სწრაფად განვითარდა ელექტრონული მიკროსკოპის გამოგონებით გასული საუკუნის 50-იან წლებში. სინათლის გამოყენების სანაცვლოდ ელექტრონული მიკროსკოპი (ემ) ელექტრონების კონას მიმართავს ნიმუშის შიგნით ან მისი ზედაპირისაკენ. მიკროსკოპის გარჩევითობა უკუპროპორციულია მის მიერ ასარეკლად გამო-

ყენებული გამოსხივების ტალღის სიგრძისა. ელექტრონთა კონის ტალღის სიგრძე კი გაცილებით მოკლეა, ვიდრე ხილული სინათლის ტალღის სიგრძე. ამიტომ თანამედროვე ელექტრონულ მიკროსკოპებს თეორიულად შეუძლიათ მიაღწიონ დაახლოებით 0.002 ნმ გარჩევითობას, მაგრამ ბიოლოგიური სტრუქტურებისათვის პრაქტიკული ლიმიტი, ჩვეულებრივ, არის 2 ნმ – ასჯერადი გაუმჯობესება სინათლის მიკროსკოპთან შედარებით. ბიოლოგები ტერმინ უჯრედის ულტრასტრუქტურას იყენებენ ელექტრონული მიკროსკოპით მიღებული უჯრედის ანატომიის აღსანიშნად. არსებობს ორი ძირითადი ტიპის ელექტრონული მიკროსკოპი: მასკანირებელი ელექტრონული მიკროსკოპი (მემ, S) და ტრანსმისიური ელექტრონული მიკროსკოპი (ტემ, T). მემ განსაკუთრებით გამოსადეგია ნიმუშის ზედაპირის დაწვრილებით შესწავლისათვის. ელექტრონთა კონა ახდენს ნიმუშის ზედაპირის სკანირებას, რომელიც ჩვეულებრივ ოქროს ძალიან თხელი ფენით არის დაფარული. ელექტრონთა კონა აღაგზნებს ნიმუშის ზედაპირზე მყოფ ელექტრონებს და ეს მეორადი ელექტრონები რეგისტრირდებიან მონოხილობით, რომელსაც ელექტრონთა კვალი გადაჰყავს ელექტრონულ სიგნალად ვიდეომონიტორისაკენ.

ამის შედეგად მიიღება ნიმუშის ტოპოგრაფიული გამოსახულება. მემ-ს ველის დიდი სიღრმე გააჩნია, რაც სამგანზომილებიანი გამოსახულების მიღების შესაძლებლობას იძლევა. უჯრედული ბიოლოგია ტემ-ს მხოლოდ უჯრედის შიდა ულტრასტრუქტურის შესასწავლად იყენებს. ტემ-ში ელექტრონთა კონა ნიმუშის ძალიან თხელ ანათალში გადის, სწორედ ისევე, როგორც სინათლის მიკროსკოპში სინათლე გადის სასაგნე მინაში. ნიმუში იღებება მძიმე მეტალების ატომებით, რომლებიც გარკვეულ უჯრედულ სტრუქტურებს ემაგრება და ამით უჯრედის ზოგიერთი ნაწილის სიმკვრივე სხვებთან შედარებით იზრდება. ნიმუშში გასული ელექტრონები უფრო მეტად გაიბნევიან უფრო მკვრივ რეგიონებში და შესაბამისად, ნაკლებია გასული ელექტრონების რიცხვი. გასული ელექტრონების მეშვეობით მიიღება გამოსახულება. მინის ლინზების ნაცვლად ტემ ელექტრომაგნიტებს იყენებს ელექტრონთა კონის გარდასატეხად და, საბოლოოდ, გამოსახულების ეკრანისაკენ ან კიდევ ფოტოგრაფიული ფირისაკენ მისამართად. ზოგიერთი მიკროსკოპი აღჭურვილია ციფრული კამერით, სხვე-

ბი კი – ციფრული დეტექტორით. ელექტრონული მიკროსკოპები გამოავლენენ ბევრ ისეთ ორგანიზმს, რომელთა დანახვა სინათლის მიკროსკოპით შეუძლებელია.

მაგრამ ცოცხალი უჯრედების შესწავლისათვის უპირატესობა სინათლის მიკროსკოპს ენიჭება. მიკროსკოპები მეტად მნიშვნელოვანი ხელსაწყოებია ციტოლოგიისათვის – უჯრედის სტრუქტურის შემსწავლელი მეცნიერებისათვის.

მიკროსკოპთან მუშაობის წესები

1. დავდგათ მიკროსკოპი ისე, რომ შტატივი ჩვენსკენ იყოს მიმართული.

2. მუშა მდგომარეობაში დავაყენოთ ობიექტივი მცირე გადიდებით. ამისათვის უნდა შემოვაბრუნოთ რევოლვერი ისე, სანამ საჭირო ობიექტივი არ დაიკავებს ცენტრალურ მდგომარეობას, დადგება სასაგნე მაგიდის ცენტრის პირდაპირ (ამ დროს რევოლვერი დაფიქსირდება).

3. მაკრომეტრული ხრახნის საშუალებით ავწიოთ ობიექტივი სასაგნე მაგიდიდან მიახლოებით 0,5სმ-ზე. გავხსნათ დიაფრაგმა და ავწიოთ კონდენსორი.

4. ჩავხედოთ ოკულარში მარცხენა თვალით და ვატრიალოთ სარკე სხვადასხვა მიმართულებით, სანამ მხედველობის არე კარგად არ განათდება.

5. სასაგნე მაგიდაზე მოვათავსოთ მომზადებული პრეპარატი საფარი მინით ზევით, რომ ობიექტი მოექცეს სასაგნე მაგიდის ნასვრეტის ცენტრში.

6. თანდათან ჩამოვუშვათ ტუბუსი მაკროხრახნის საშუალებით ისე, რომ ობიექტივი მდებარეობდეს 2მმ-ის დაცილებით პრეპარატიდან.

7. ვიხედოთ ოკულარში და ამავე დროს ნელ-ნელა ავწიოთ ტუბუსი მაკრო-ხრახნის საშუალებით მანამ, სანამ მხედველობის არეში არ გამოჩნდება ობიექტის გამოსახულება.

8. უფრო დიდ გადიდებაზე გადასასვლელად, უპირველესად, საჭიროა პრეპარატის ცენტრირება ანუ ობიექტი, ან მისი ნაწილი, რომელსაც ვაკვირდებით, უნდა მოვათავსოთ მხედველობის არის ცენტრში. თუ ობიექტი არ იქნება ცენტრირებული, მეტი გადიდებისას ის მხედველობის არის გარეთ აღმოჩნდება.

9. რევოლვერის შემობრუნებით გადავიყვანოთ მუშა მდგომარეობაში ობიექტივი მეტი გამაღიებლით.

10. ჩამოვუშვათ ტუბუსი, თითქმის პრეპარატს რომ ეხებოდეს.

11. ვიხედოთ ოკულარში და ფრთხილად, ნელ-ნელა ავწიოთ ტუბუსი, სანამ მხედველობის არეში არ გამოჩნდება გამოსახულება.

12. ზუსტი ფოკუსირებისათვის გამოვიყენოთ მიკროხრახნი.

13. პრეპარატის ჩახატვისას ოკულარში ჩავიხედოთ მარცხენა თვალით, ალბომში – მარჯვენათი.

დაკვირვების შედეგების გაფორმება

მცენარეთა ანატომიისა და მორფოლოგიის პრაქტიკულ მეცადინეობებზე დიდი ყურადღება უნდა დაეთმოს ნახატს. ამისათვის საჭიროა სტუდენტმა აწარმოოს ალბომი. ნახატების გაკეთება უნდა ხდებოდეს უბრალო ფანქრით, ხოლო შეღებილი პრეპარატების ჩახატვა შეიძლება ფერადი ფანქრებით. წარწერები კეთდება პასტით. ალბომის ზედა ნაწილში იწერება თარიღი და სამუშაოს თემა. ნახატის ქვეშ იწერება ნომერი (მაგ. ნახ.1) და მისი სახელწოდება. ნახატზე აღნიშნული პირობითი ნიშნები უნდა აიხსნას სახელწოდების ქვეშ.

მიკროპრეპარატების დამზადების წესები

დროებითი მიკროპრეპარატების დასამზადებლად აუცილებელია სასაგნე და საფარი მინების ნაკრები, ნემსები, პიპეტები, სამართებელი, სკალპელი, მინის წკირი, ფილტრის ქაღალდი და რეაქტივები.

სამუშაოს დაწყების წინ საფარ და სასაგნე მინებს რეცხავენ წყლით და კარგად ამშრალენ რბილი ჩვრით. შემდეგ შესასწავლი

მცენარეული ობიექტის თხელ ანათალს ათავსებენ წყლის წვეთში და ზევიდან აფარებენ საფარ მინას. საფარ მინას ხელში იღებენ კიდეებით ცერი და საჩვენებელი თითებით. თავისუფალი მხარით კი ნელ – ნელა აფარებენ პრეპარატს. თუ სითხემ გამოჟონა საფარი მინიდან, მას ფილტრის ქაღალდით აშორებენ. პრეპარატის რეაქტივით შეღებვისას საფარი მინიდან წყალს გამოიწოვენ ფილტრის ქაღალდით, ხოლო რეაქტივის წვეთი შეაქვთ საფარი მინის კიდეზე მეორე მხრიდან. რეაქტივები, რომლებიც ხშირად გამოიყენება მცენარეული პრეპარატების შესაღებად, შემდეგია: იოდი, გახსნილი კალიიოდიდში (სახამების მარცვლების შესაღებად), ფუქსინი (ციტოპლაზმის შესაღებად), გემატოქსილინი (ბირთვების შესაღებად), ქლორ-თუთია-იოდი (ცელულოზის შემცველი უჯრედის კედლების შესაღებად), ფლოროგლუცინი და მარილმჟავა (გამერქნებული გარსების შესაღებად), გლიცინი (პრეპარატების გასაღიაველად) და სხვა.

საკონტროლო კითხვები:

1. დაასახელეთ სინათლის მიკროსკოპის ძირითადი ნაწილები.
2. რომელი ელემენტები მიეკუთვნება მიკროსკოპის მექანიკურ და გამანათებელ ნაწილს და დაასახელეთ მათი დანიშნულება.
3. დაასახელეთ მიკროსკოპის ოპტიკური ნაწილის დანიშნულება. დაახასიათეთ ობიექტივები.
4. როგორია მიკროსკოპთან მუშაობის თანმიმდევრობა?
5. როგორ უნდა გაფორმდეს მიღებული შედეგები?
6. დაასახელეთ დროებითი პრეპარატების მომზადების ეტაპების თანმიმდევრობა.
7. რომელი რეაქტივები გამოიყენება მცენარეული ობიექტების შესაღებად?

თემა – მცენარეული უჯრედის აგებულება და დაყოფა

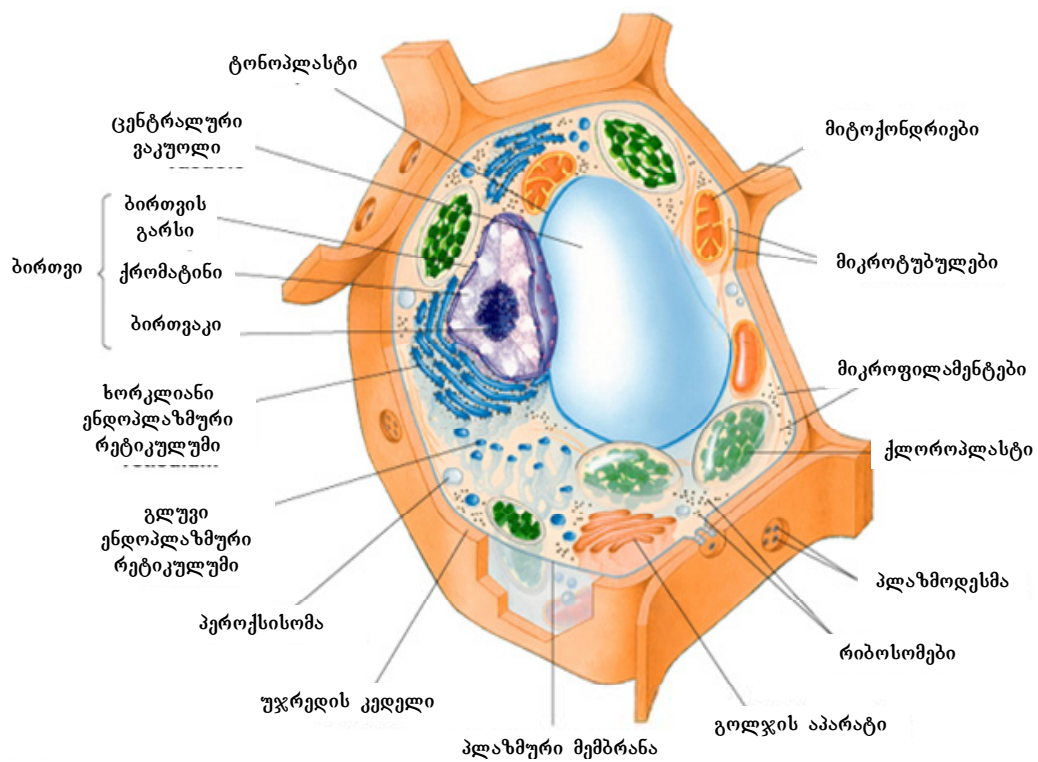
სამუშაოს მიზანი: უჯრედის ძირითადი სტრუქტურული კომპონენტების გაცნობა, დროებითი პრეპარატების დამზადების ტექნიკის მეთოდის ათვისება.

ამოცანა: 1. დროებითი პრეპარატების დამზადება და პლასტიდების, ბირთვის, ცენტრალური ვაკუოლის, უჯრედის კედლისა და ჩანარების შესწავლა.
2. ხახვის ფესვაკის უჯრედებში მიტოზის სტადიებზე დაკვირვება.

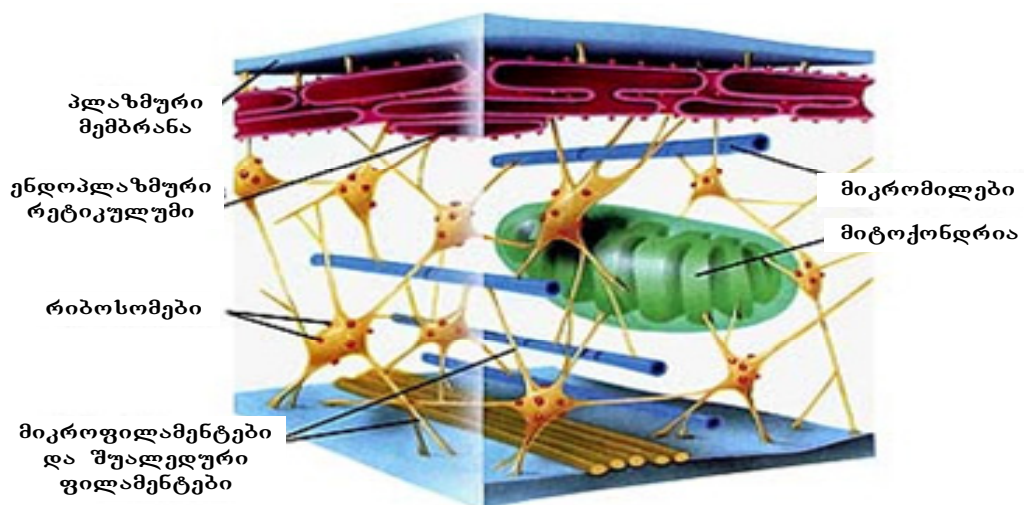
თეორიული ცნობები

უჯრედი ყველა ცოცხალი ორგანიზმის ძირითადი სტრუქტურული და ფუნქციური ერთეულია. მცენარეთა შორის არიან სახეობები, რომლებიც მხოლოდ ერთი უჯრედისაგან შედგება (ზოგიერთი წყალმცენარე), უმეტესობა მრავალუჯრედიანი ორგანიზმია. უჯრედების აგებულება მრავალფეროვანია და დამოკიდებულია შესასრულებელ ფუნქციაზე. ტიპურ შემთხვევაში მცენარეული უჯრედი შედგება პროტოპლასტისა (ცოცხალი შიგთავსი) და უჯრედის გარისაგან (უჯრედის კედელი). პროტოპლასტი შეიძლება დავყოთ ციტოპლაზმად და ბირთვად. ციტოპლაზმა შედგება ჰიალოპლაზმისა და ორგანელებისაგან (ნახ. 2). ჰიალოპლაზმა წარმოადგენს უჯრედის უწყვეტ წყლოვან კოლოიდურ ფაზას და ახასიათებს გარკვეული სიბლანტე. მას აქვს აქტიური მოძრაობის უნარი ქიმიური ენერგიის მექანიკურ ენერგიად ტრანსფორმაციის ხარჯზე. ჰიალოპლაზმა აერთიანებს მის შემადგენლობაში მყოფ ორგანელებს, უზრუნველყოფს რა მათ მუდმივ ურთიერთობას. მისი მეშვეობით მიმდინარეობს ამინომჟავების, ცხიმოვანი მჟავების, ნუკლეოტიდების, შაქრების, არაორგანული იონების, ატფ-ს ტრანსპორტი. ჰიალოპლაზმის კომპონენტების შემადგენლობაში მყოფი სტრუქტურული ცილების ნაწილი ქმნის მიკრომილაკებსა და მიკროფილამენტებს, რომლებიც წარმოქმნიან უჯრედის ციტოჩონჩხს.

ციტოჩონჩხი ურთიერთდაკავშირებული ძაფებისა და მიკრომილების სისტემაა, რომელიც განლაგებულია ბირთვსა და პლაზმურ მემბრანას შორის სივრცეში.



ნახ. 2. მცენარეული უჯრედის აგებულება



ნახ.3. ციტოონჩის სტრუქტურა.

ელექტრონულმიკროსკოპულმა გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ ციტოპლაზმა ორგანიზებული სისტემაა, რომლის მთავარი ელემენტებია ცილოვანი ბოჭკოები.

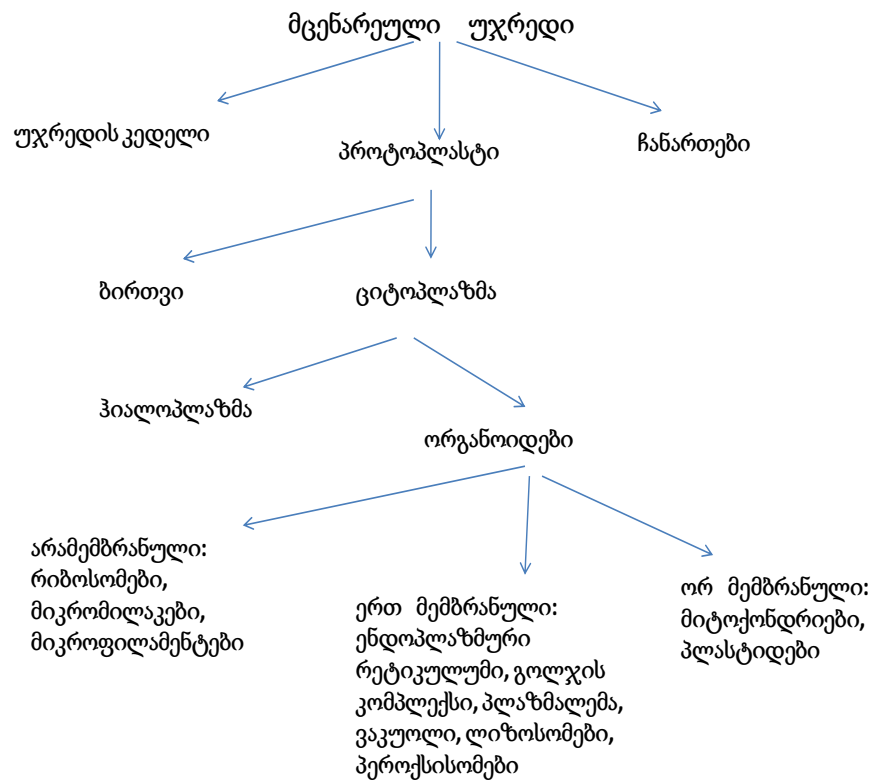
მიკრომილები მცირე ზომის ღრუ ცილინდრებია (დიამეტრი – 256მ, სიგრძე – 200-2500 ნმ) და განლაგებული არიან ერთმანეთის პარალელურად პლაზმალემასთან ახლოს. ისინი შედგებიან გლობულარული ცილისაგან – ტუბულინისაგან (ალფა- და ბეტა-ტუბულინის კომპლექსი), მონაწილეობენ პროტოპლასტის ფორმის შენარჩუნებაში, შიდაუჯრედულ ტრანსპორტში, ორგანელათა გადაადგილებაში, ცელულოზის მიკროფიბრილების ორიენტაციაში.

მიკროფილამენტები დიამეტრში შეადგენენ 4-10ნმ-ს და შედგებიან სპირალურად განლაგებული ცილოვანი სუბერთეულებისაგან. ისინი ციტოჩონჩხის კუმშვადი ელემენტებია და მონაწილეობენ ციტოპლაზმის მოძრაობასა და ორგანელების გადაადგილებაში.

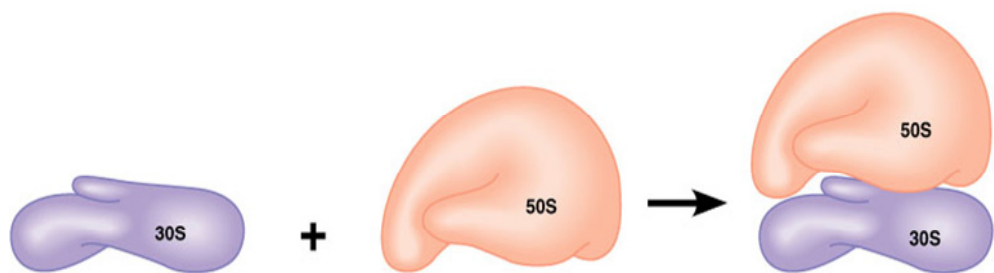
შუალედური ფილამენტების დიამეტრია 8-11ნმ-დე, ანუ ზომით აქტინის ძაფებსა და მიკრომილებს შორის იმყოფებიან. ისინი წარმოადგენენ ბოჭკოვანი პოლიპეტიდების თოკისმაგვარ სტრუქტურებს. ზოგიერთი მათგანი ამაგრებს ბირთვულ მემბრანას, ზოგი – პლაზმურ მემბრანას, ზოგი ქმნის უჯრედშორის კავშირებს (ნახ. 3).

ორგანელები ციტოპლაზმის სტრუქტურულ-ფუნქციონალური ერთეულებია. უჯრედში გამოყოფენ 3 ტიპის ორგანელებს: არამემბრანულს, ერთი მემბრანის მქონეს და ორმემბრანიანს (ნახ. 4).

რიბოსომები მიეკუთვნება არამემბრანულ ორგანოიდებს. ისინი რიბონუკლეოპროტეიდებისაგან შედგებიან. სტრუქტურულად რიბოსომები ორი სუბერთეულისაგან შედგება (ნახ.5) – მცირე და დიდი. რიბოსომების წინამორბედები ფორმირდება ბირთვაკში, ხოლო მათი საბოლოო ფორმირება ხდება ციტოპლაზმაში. რიბოსომები შეიძლება განლაგებული იყოს ჰიალოპლაზმაში, გრანულარულ მემბრანებზე, მიტოქონდრიებსა და პლასტიდებში. ყოველი უჯრედი შეიცავს ათეულ ათასობით და მილიონობით რიბოსომას. მათი ძირითადი ფუნქციაა ცილის სინთეზი. ხშირად, რიბოსომების ჯგუფები დაკავშირებულია ენდოპლაზმურ მემბრანის ზედაპირთან და სძენენ მას ხორკლიან შეხედულებას. ასეთ სტრუქტურულ წარმონაქმნებს პოლირიბოსომა ანუ პოლისომა ეწოდება (ნახ. 6).

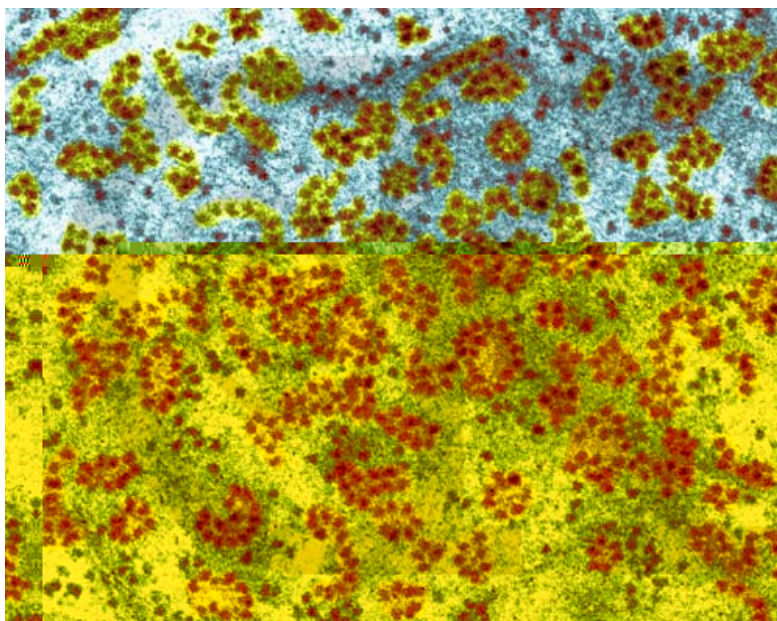


ნახ.4. მცენარეული უჯრედის აგებულების ზოგადი სქემა



(ა) მცირე სუბერთეული (ბ) დიდი სუბერთეული (გ) სრული 70S რიბოსომა

ნახ.5. ეუკარიოტული რიბოსომის დიდი და მცირე სუბერთეული



ნახ.6. პოლირიბოსომა ენდოპლაზმურ რეტიკულუმზე

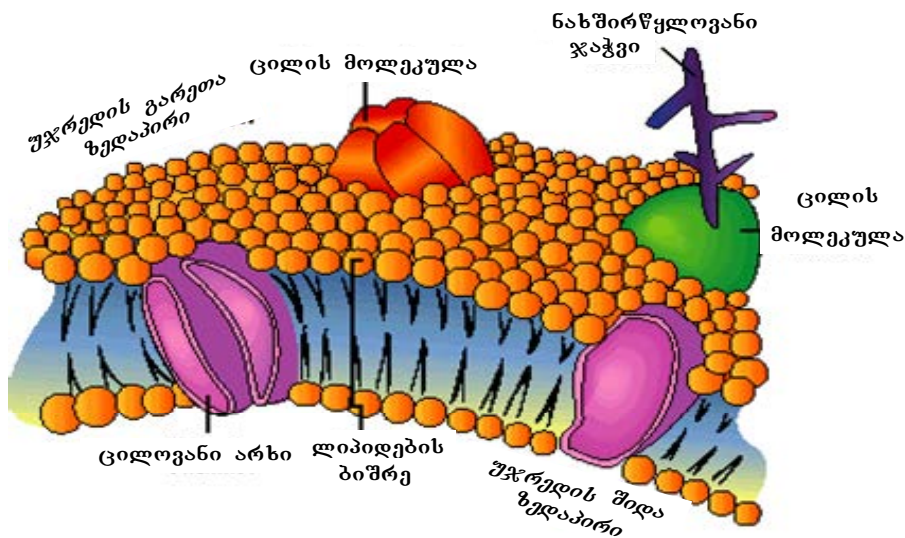
ერთმემბრანულ ორგანოიდებს ეკუთვნის პლაზმალემა, ენდოპლაზმური რეტიკულუმი, გოლჯის აპარატი, ლიზოსომები, პეროქსისომები.

პლაზმალემა წარმოადგენს ციტოპლაზმის გარეთა სასაზღვრო მემბრანას. იგი მჭიდროდ ეკვრის უჯრედის კედელს და გამიჯნავს პროტოპლასტს გარემოსაგან. პლაზმალემა ადვილად ატარებს წყალს, რომელიც უჯრედში ხვდება დიფუზიის გზით. დიდი ზომის მოლეკულებისათვის ის ძირითადად გაუმტარია, ხოლო უფრო მცირე ზომის მოლეკულები და იონები გადიან პლაზმალემაში განსხვავებული სიჩქარით. პლაზმალემას ახასიათებს შერჩევითი განვლადობის ფუნქცია. პლაზმალემა მოქმედებს როგორც ნახევრადგამტარი ბარიერი – უჯრედში ატარებს მოლეკულების შეზღუდულ ჩამონათვალს და ამავე დროს ხელს უშლის უჯრედიდან ორგანული მოლეკულების გასვლას. ელექტრონული მიკროსკოპით მემბრანების გამოკვლევამ გამოავლინა მისი სამშრიანობა – ლიპიდების ორი შრე, რომელშიც ჩართულია ერთი ცილოვანი შრე. 1972 წელს ს.ჯ. სინგერმა და გ.ნიკოლსონმა ივარაუდეს, რომ მემბრანული ცილები გაფანტულია და სათითაოდ არის ჩართული ფოსფოლიპიდურ ორმაგ შრეში, მხოლოდ მათი ჰიდროფი-

ლური უბნები საკმაოდ სცილდება ორმაგ შრეს და განიცდის წყლის ზემოქმედებას. მოლეკულების ასეთი განლაგებით მოხდება ცილებისა და ფოსფოლიპიდების ჰიდროფილური უბნების მაქსიმალური კონტაქტი წყალთან, ხოლო ჰიდროფობური ნაწილები, უწყლო გარემოთი იქნება უზრუნველყოფილი. ამ მოდელის მიხედვით, მემბრანა ცილის მოლეკულების მოზაიკაა, რომელიც თხევადი ფოსფოლიპიდების ორმაგ შრეში დახტის (ფლიპ-ფლოპ მოძრაობა).

ლიპიდები ძირითადად წარმოდგენილია ფოსფოლიპიდებით, რომელთაც გააჩნია პოლარული (ჰიდროფილური) თავი და ორი არაპოლარული (ჰიდროფობური) კუდი. ფოსფოლიპიდების ეს მოლეკულები ორიენტირებულია ერთმანეთის მიმართ კუდებით, ისე რომ წარმოქმნიან თავებისაგან შემდგარ ჰიდროფილურ არეს მემბრანის გარეთა და შიდა ზედაპირებზე. ასეთ იერარქიულ სტრუქტურას უწოდებენ ორშრიანი მემბრანის მოდელს, რომელიც ნაჩვენებია ნახ. 7-ზე.

გარდა ამისა, პლაზმური მემბრანა ასრულებს უჯრედის კედლის ცელულოზის მიკროფიბრილების სინთეზისა და ჰორმონალური სიგნალების აღქმის ფუნქციას.

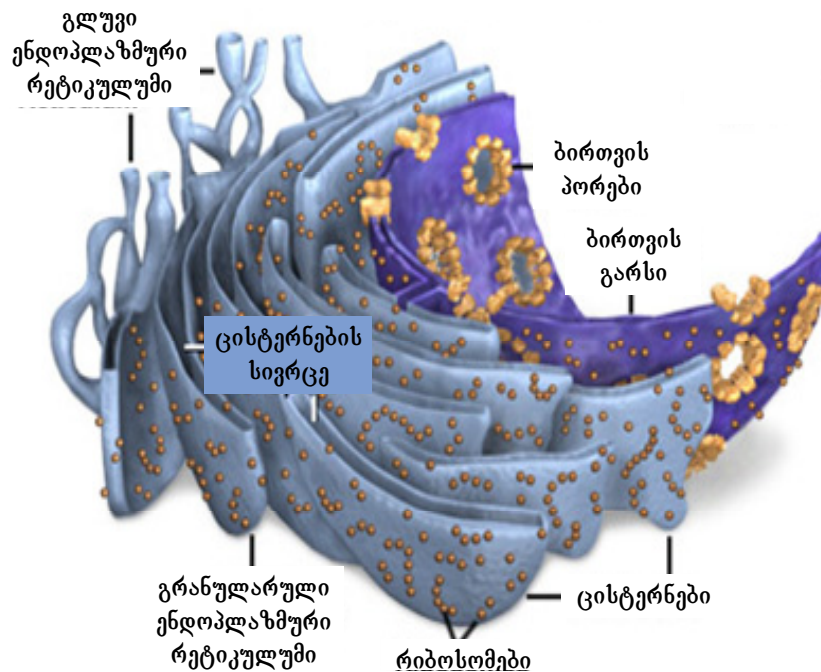


ნახ. 7. პლაზმური მემბრანა

ენდოპლაზმური რეტიკულუმი წარმოადგენს სუბმიკროსკოპული არხების სისტემას, რომლებიც დაკავშირებულია ერთმანეთთან,

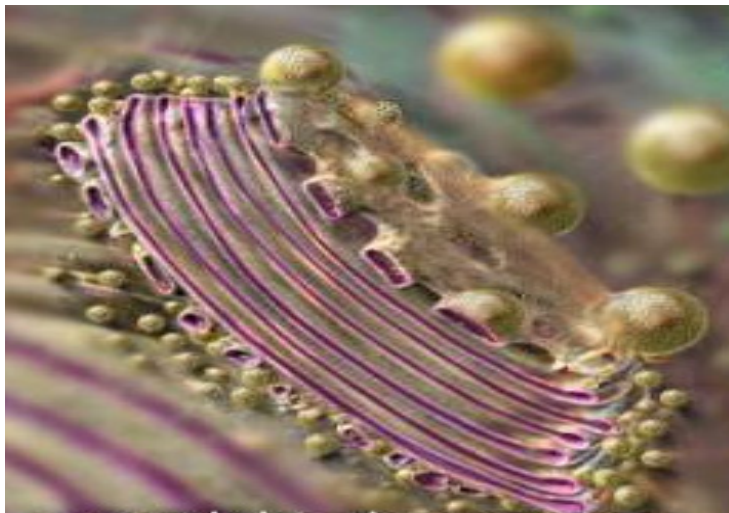
შემოფარგლულია ერთშიანი მემბრანით და გასჭოლავს ჰიალოპლაზმას (ნახ. 8). განასხვავებენ ორი სახის ენდოპლაზმურ რეტიკულუმს – გრანულარულსა და აგრანულარულს. **გრანულარული (მარცვლოვანი) ენდოპლაზმურ ბადის** მემბრანაზე მოთავსებულია რიბოსომები. მისი ფუნქციაა ცილების სინთეზი, მაკრომოლეკულებისა და იონების ტრანსპორტი უჯრედში, მონაწილეობა ვაკუოლების, ლიზოსომების, დიქტიოსომების წარმოქმნაში. ასევე გრანულარული ენდოპლაზმური ბადე აკავშირებს უჯრედის ყველა სტრუქტურულ – ფუნქციონალურ ერთეულს.

აგრანულარული (გლუვი) ენდოპლაზმური რეტიკულუმი არ შეიცავს რიბოსომებს, წარმოადგენს წვრილ მილაკებს, ბუშტუკებს, ცისტერნებს. ჩვეულებრივ ის უფრო სუსტადაა განვითარებული, ვიდრე გრანულარული. ძირითადი ფუნქციაა ლიპიდების სინთეზი და მათი ტრანსპორტი. კარგადაა განვითარებული უჯრედებში, რომლებიც ასინთეზირებენ ეთეროვან ზეთებს, ფისს, კაუჩუკს.



ნახ.8. ენდოპლაზმური რეტიკულუმი

გოლჯის აპარატი შედგება დიქტიოსომებისა და ბუშტუკებისაგან (ნახ.9). დიქტიოსომა წარმოადგენს 5-7 (20-მდე) 1 მკმ-მდე ზომის ცისტერნისაგან წარმოშობილ დასტას, შემოსაზღვრულს მემბრანით. განივჭრილზე დიქტიოსომების ცისტერნებს აქვთ სწორი ან რკალური, წყვილი მემბრანების სახე. დიქტიოსომები ბოლოებში გადადიან თხელი, დატოტვილი მილების სისტემაში. მათ გააჩნიათ რეგენერაციული პოლუსი, სადაც წარმოიქმნება ცისტერნები ენდოპლაზმური რეტიკულუმის მემბრანებიდან და სეკრეტორული პოლუსი, საიდანაც გამოიყოფა (გამოთავისუფლდება) გოლჯის ბუშტუკები. ცისტერნებში მიმდინარეობს უჯრედის კედლის მატრიქსის ამორფული პოლისაქარიდების (ჰემიცელულოზისა და პექტინური ნივთიერებების) სინთეზი და ტრანსპორტი. გარდა ამისა, გოლჯის აპარატი მონაწილეობს პლაზმალემის განახლებაში, ცილების ტრანსპორტში, ვაკუოლებისა და ლიზოსომების წარმოქმნაში.



ნახ.9. გოლჯის კომპლექსი

ლიზოსომები წარმოადგენენ წვრილ ციტოპლაზმურ ვაკუოლებსა და ბუშტუკებს, რომლებიც წარმოიქმნება ენდოპლაზმური რეტიკულუმიდან ან გოლჯის აპარატიდან (ნახ. 10). ისინი შეიცავენ ჰიდროლიზურ ფერმენტებს და ასრულებენ მონელების (გადამუშავების) ფუნქციას.



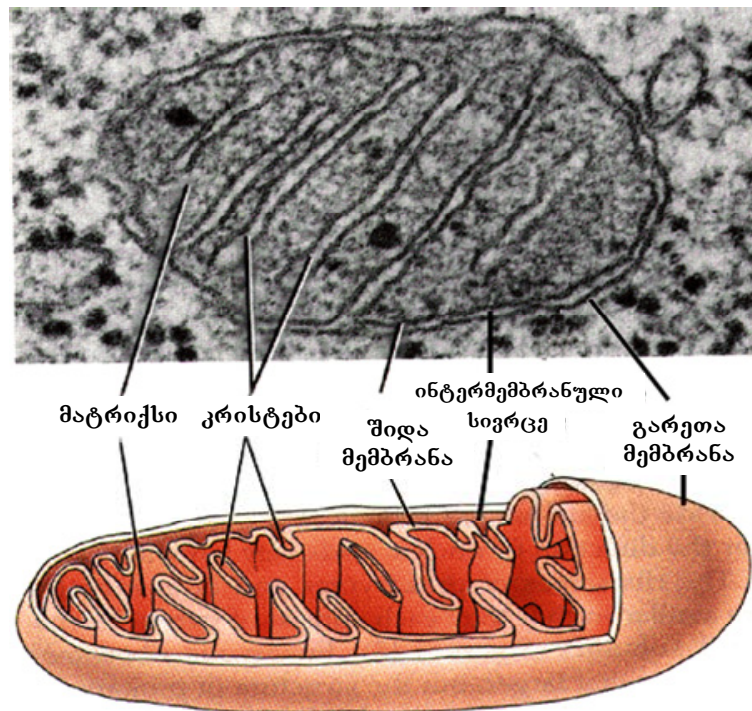
ნახ.10. ლიზოსომები

პეროქსისომები პატარა ბუშტუკებია, სადაც მიმდინარეობს ფოტოსინთეზის პროცესი (ფოტოსინთეზის პროდუქტების ჟანგბადით დაჟანგვა). ამ დროს წარმოქმნილი წყალბადის ზეჟანგი უჯრედისათვის ტოქსიურია და იშლება ფერმენტ კატალაზას მეშვეობით.

ორმემბრანიან ორგანოიდებს მიეკუთვნება მიტოქონდრიები და პლასტიდები.

მიტოქონდრიები ცხოველებისა და მცენარეების უჯრედში ერთნაირი აგებულებისაა. ისინი შემოსაზღვრულია ორშრიანი მემბრანით (ნახ. 11). გარეთა მემბრანა აკონტროლებს ნივთიერებათა ცვლას მიტოქონდრიასა და ჰიალოპლაზმას შორის. შიგნითა მემბრანა წარმოქმნის მრავალრიცხოვან გამონაზარდებს – კრისტებს. კრისტებს შორის სივრცეს ეწოდება მატრიქსი, რომელშიაც განლაგებულია რიბოსომები, დნმ-ს ძაფები. მიტოქონდრიები შეიცავენ თავის საკუთარ რგოლურ დნმ-ს. ფიქრობენ, რომ ისინი ბაქტერიების მსგავსი ორგანიზმები იყვნენ ოდესღაც და სიმბიონტურად ჩაერთვნენ ეუკარიოტულ უჯრედებში. მიტოქონდრიის ძირითადი ფუნქციაა ადფ – დან ატფ-ს სინთეზი ე.ი. უჯრედის უზრუნველყოფა ენერგიით. ისინი წარმოადგენენ უჯრედის „ელექტროსადგურებს“, წარმოქმნიან უნივერსალურ ენერგეტიკულ ნივთიერებას – ატფ-ს (უჯრედის ენერგეტიკული „ვალუტა“). ატფ-ს სინთეზი ხორციელდება შაქრების დაჟანგვის შედეგად და იწოდება ჟანგვით ფოსფორირებად. ეს პროცესი მიმდინარეობს მიტოქონდრიის შიგნითა მემბრანაზე, რომლის აქტიური ზედა-

პირი მრავალჯერაა გადიდებული დიდი რაოდენობით კრისტების წარმოქმნით. გარდა ამისა მიტოქონდრიებს შეუძლიათ ცილების სინთეზი საკუთარ რიბოსომებზე საკუთარი დნმ-ს კონტროლის გზით. ზოგიერთ უჯრედში მიტოქონდრიები მონაწილეობენ ლიპიდებისა და ნახშირწყლების სინთეზში.

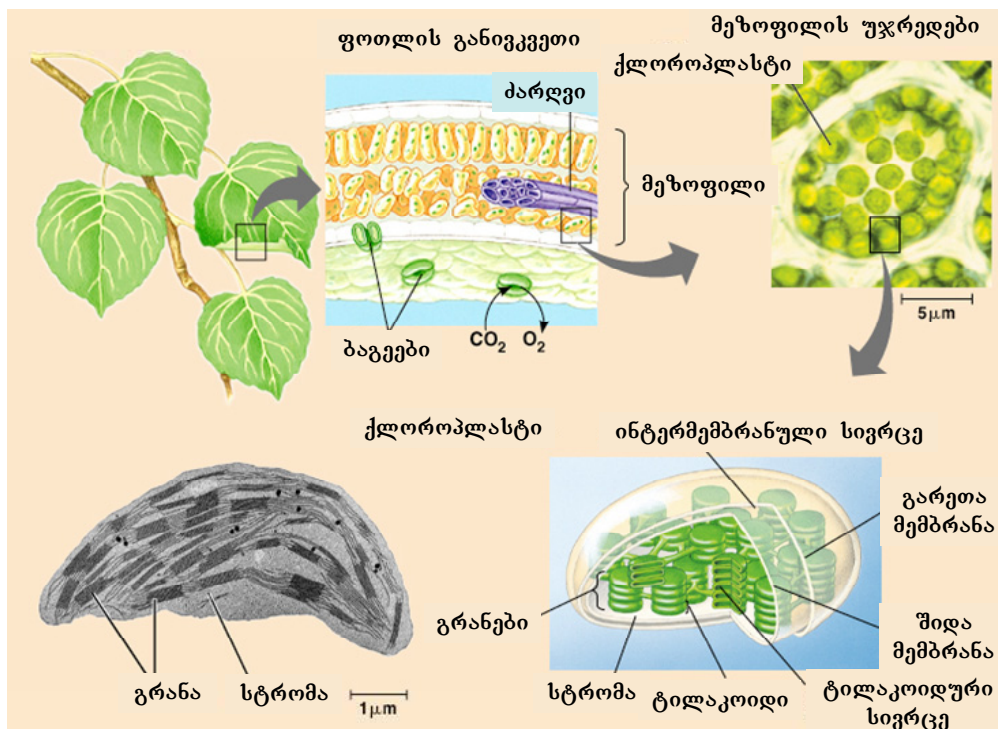


ნახ.11. მიტოქონდრია

პლასტიდები გვხვდება მხოლოდ მცენარეულ უჯრედებში. განასხვავებენ 3 სახის პლასტიდებს: ქლორო-, ლეიკო- და ქრომოპლასტებს. ისინი განსხვავდება ერთმანეთისაგან პიგმენტთა შემადგენლობით (ფერით), აგებულებითა და ფუნქციით.

ქლოროპლასტები მწვანე ფერის პლასტიდებია და გვხვდება მცენარის მწვანე ორგანოებში (ფოთლებში, ყლორტებში, მწვანე ნაყოფებში). ისინი შეიცავენ მწვანე პიგმენტს – ქლოროფილს, ასევე კაროტინოიდების ჯგუფის პიგმენტებს – ყვითელ ქსანტოფილსა და ნარინჯისფერ კაროტინს. ქლოროპლასტებს აქვთ რთული აგებულება. გარედან შემოსაზღვრული არიან ორი მემბრანით. მათ კარგად აქვთ

განვითარებული შიდა მემბრანების ქსელი, რომელთაც აქვთ ბრტყელი ტომსიკების ფორმა და ეწოდებათ ტილაკოიდები. მათ მემბრანაზე მოთავსებულია პიგმენტები. ტილაკოიდები უმეტესად წარმოქმნიან დასტებს-გრანებს. ქლოროპლასტების შიგნითა სივრცეს ეწოდება სტრომა. სტრომაში მოთავსებულია რიბოსომები, დნმ-ს ძაფები, იშვიათად სახამებლის მარცვლები, ცილის კრისტალები. ქლოროპლასტების ძირითადი ფუნქციაა ფოტოსინთეზი. ისევე როგორც მიტოქონდრიაში, მათში მიმდინარეობს ატფ-ს სინთეზი (ფოტოფოსფორილება). ასევე ქლოროპლასტებში მიმდინარეობს პოლისაქარიდების, ზოგიერთი ლიპიდის, ამინომჟავების და საკუთარი ცილების სინთეზი (ნახ. 12).



ნახ. 12. ქლოროპლასტების სტრუქტურა

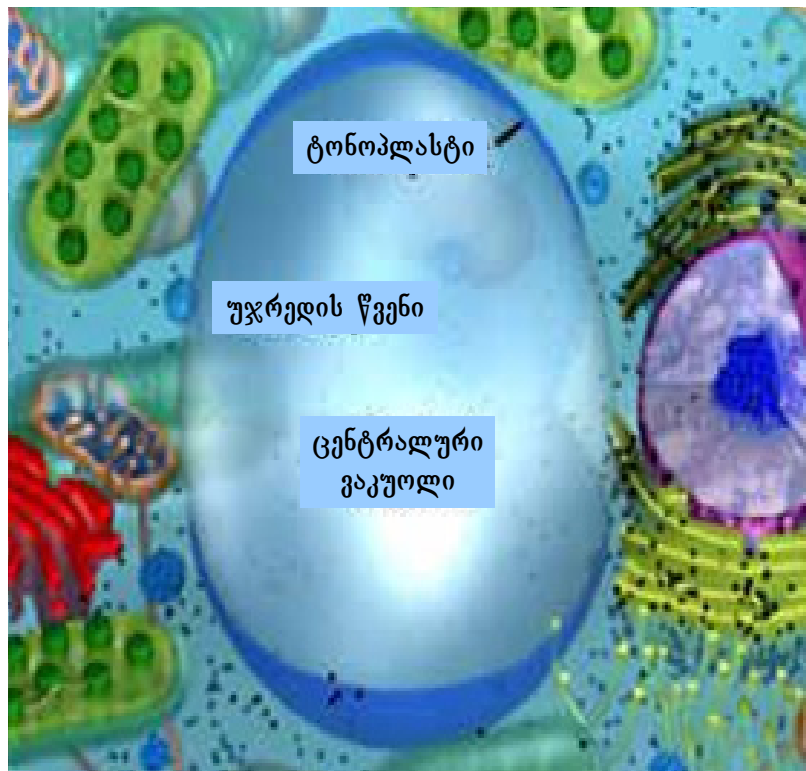
ლეიკოპლასტები უფერული, მცირე ზომის პლასტიდებია, რომლებიც მცენარის სამარაგო ორგანოებში (გორგლებში, ბოლქვებში, ფესურებში, თესლებში და ა.შ.) გვხვდება. მათთვის დამახასიათებელია შინაგანი მემბრანების სისტემის სუსტად განვითარება, რომლებიც წარ-

მოდგენილია ერთეული ტილაკოიდებით, ზოგჯერ ბუშტუკებითა და მილაკებით. ლეიკოპლასტებს დანარჩენი კომპონენტები (მემბრანა, სტრომა, რიბოსომები, დნმ) ქლოროპლასტების მსგავსი აქვთ. ლეიკოპლასტების ძირითადი ფუნქციაა სამარაგო ნივთიერებათა სინთეზი და დაგროვება, პირველ რიგში სახამებლის, ზოგჯერ ცილების. ლეიკოპლასტები, რომლებიც სახამებელს აგროვებენ, იწოდება ამილოპლასტებად, ცილებს – პროტეოპლასტებად, ცხიმოვან მჟავებს – ოლეოპლასტებად.

ქრომოპლასტები ყვითელ, ნარინჯისფერ, წითლად შეღებილი პლასტიდებია. ისინი გვხვდებიან ყვავილთა გვირგვინის ფურცლებში (ტიტა), ძირხვენებში (სტაფილო), მწიფე ნაყოფებში (პომიდორი, ხურმა) და შემოდგომის ფოთლებში. ქრომოპლასტების შეფერილობა განპირობებულია პიგმენტ კაროტინოიდებით. შინაგანი მემბრანების სისტემა მათ არა აქვთ. გვირგვინის ფურცლებისა და ნაყოფების შეფერილობა იზიდავს დამტვერავ მწერებს, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს მცენარის დამტვერვის პროცესებისა და ნაყოფების გავრცელებისათვის.

ვაკუოლები გვხვდება თითქმის ყველა მცენარეულ უჯრედში. ისინი წარმოადგენენ ღრუებს, რომლებიც უჯრედის წვენიტაა სავსე და გამიჯნულია ციტოპლაზმისაგან მემბრანით – ტონოპლასტით. ხნიერი უჯრედებისათვის დამახასიათებელია ცენტრალური ვაკუოლი (ნახ. 13). ის იმდენად დიდი ზომისაა (უჯრედის მოცულობის 70-90%), რომ პროტოპლასტს ყველა ორგანოიდით უჭირავს კედლისპირა მდებარეობა. უჯრედის წვენი, რომელიც ვაკუოლშია, წარმოადგენს უჯრედის ცხოველქმედების სხვადასხვა პროდუქტების წყალხსნარს. მის შემადგენლობაში შეიძლება შედიოდეს ნახშირწყლები, ცილები, ორგანული მჟავები და მათი მარილები, მინერალური იონები, ალკალოიდები, გლიკოზიდები, ტანინები და სხვა წყალში ხსნადი ნაერთები. მცენარეულ უჯრედებში ვაკუოლები ასრულებენ ორ ძირითად ფუნქციას – ნივთიერებათა დაგროვებისა და ტურგორის შენარჩუნების. იონებისა და შაქრების კონცენტრაცია ვაკუოლის უჯრედის წვენში, როგორც წესი მეტია, ვიდრე უჯრედის გარსში. ამიტომ უჯრედის კედლის წყლით საკმარისი გაჯერებისას იგი ვაკუოლში მოხვდება დიფუზიის გზით. წყლის ასეთი ცალმხრივი ტრანსპორტი ნახევრადშეღწევადი მემბრანის საშუალებით იწოდება „ოსმოსად“. უჯრედის წვენში შესული წყალი ახდენს წნევას კედლისპირა პროტოპლასტზე და მისი მემ-

ვეობით უჯრედის გარსზე, რაც განაპირობებს მის დაჭიმულ მდგომარეობას ანუ ტურგორს. ის აძლევს ფორმას და სივრცეში ორიენტაციას მცენარის წვნიან ორგანოებს და წარმოდგენს უჯრედის ზრდის ერთ – ერთ ფაქტორს. თუ უჯრედს მოვათავსებთ ოსმოსურად აქტიური ნივთიერებების (NaCl , KNO_3 , საქაროზა) ჰიპერტონულ ხსნარში ანუ ხსნარში, რომლის კონცენტრაცია მეტია უჯრედის წვენის კონცენტრაციაზე, დაიწყება წყლის ოსმოსური გამოსვლა ვაკუოლიდან. შედეგად უჯრედის მოცულობა შემცირდება, პროტოპლასტი გამოეყოფა უჯრედის კედელს უჯრედის ცენტრისაკენ, ტურგორი ქრება. ეს მოვლენა შექცევადია და იწოდება „პლაზმოლიზად.“

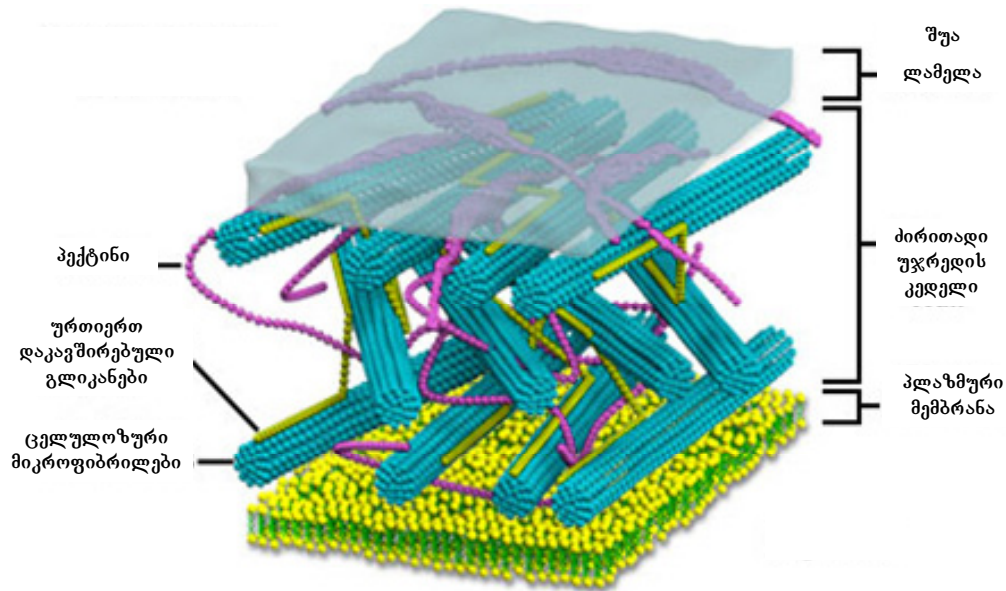


ნახ. 13. მცენარეული უჯრედის ცენტრალური ვაკუოლი

უჯრედის კედელი სტრუქტურული წარმონაქმნია უჯრედის პერიფერიაზე, რომელიც მას მდგრადობას ანიჭებს, აძლევს ფორმას და იცავს პროტოპლასტს (ნახ. 14). უჯრედის კედელი განლაგებულია პლაზმური მემბრანის გარეთ. მისი მეშვეობით უჯრედში მოძრაობს

წყალი და მასში გახსნილი დაბალმოლეკულური ნივთიერებები. მეზობელი უჯრედების კედლები ერთმანეთთან დაკავშირებულია პექტინური ნივთიერებებით, რომლებიც ქმნიან შუალედურ ფირფიტას. უმაღლეს მცენარეთა უჯრედის კედლის ჩონჩხს წარმოადგენს ცელულოზა. ცელულოზის მოლეკულები, რომლებიც ძალიან გრძელ ჯაჭვებს წარმოადგენენ, შეკრებილია რამდენიმე ათეული მიკროფიბრილების ჯგუფად. მათში მოლეკულები განლაგებულია ერთმანეთის პარალელურად და „გაკერილია“ მრავალრიცხოვანი წყალბადური ბმით. ისინი გამოირჩევიან ელასტიურობით, მაღალი სიმტკიცით და ქმნიან უჯრედის კედლის სტრუქტურულ კარკასს. ცელულოზის მიკროფიბრილები ჩაძირულია გარსის ამორფულ მატრიქსში, რომელიც შედგება ჰემიცელულოზისა და პექტინოვანი ნივთიერებებისაგან. მატრიქსული პოლისაქარიდების მოლეკულები ბევრად მოკლეა ცელულოზის მოლეკულებზე. მათი ჯაჭვები განლაგებულია გარსში საკმაოდ მონესრიგებულად და წარმოქმნიან ერთმანეთთან და ცელულოზოვან მიკროფიბრილებთან მრავალრიცხოვან განივ (კოვალენტურ) კავშირებს. ეს კავშირები მნიშვნელოვნად ზრდიან უჯრედის გარსის მდგრადობას. ქსოვილის ტიპიდან გამომდინარე, რომელის შემადგენლობაში იმყოფება უჯრედი, მის მატრიქსში შეიძლება შედიოდეს სხვა ორგანული (ლიგნინი, კუტინი, სუბერინი, ცვილი) და არაორგანული (სილიციუმის დიოქსიდი, კალციუმის ოქსალატი) ნივთიერებები. უჯრედის კედლის სტრუქტურული ელემენტების წარმოქმნაში მონაწილეობას ღებულობს პლაზმალემა, გოლჯის აპარატი, მიკრომილაკები. პლაზმალემაზე მიმდინარეობს ცელულოზის მიკროფიბრილების სინთეზი, ხოლო მიკრომილაკები ხელს უწყობენ მათ ორიენტაციას. გოლჯის აპარატის ფუნქციაა მატრიქსის ნივთიერებათა სინთეზი, კერძოდ ჰემიცელულოზისა და პექტინოვანი ნივთიერებების. განასხვავებენ უჯრედის პირველად და მეორად გარსს. მერისტემულ და ახალგაზრდა მოზარდ უჯრედებს, იშვიათად ძირითადი ქსოვილის უჯრედებს აქვთ თხელი, მდიდარი პექტინითა და ჰემიცელულოზით პირველადი გარსი. მეორადი გარსი წარმოიქმნება მას შემდეგ, რაც უჯრედი მიაღწევს საბოლოო ზომას და დაეფინება შრეებად პირველად გარსს პროტოპლასტის მხრიდან. ის უმთავრესად სამშრიანია, გამოირჩევა ცელულოზის მაღალი შემცველობით. ბევრი უჯრედისათვის (ჭურჭლები, ტრაქეიდები, მექანიკური ბოჭკოები, კორპის უჯრედები) მეორადი გარსის წარ-

მოქმნა არის მათი მაღალსპეციალიზებული დიფერენციაციის ძირითადი მომენტი. უჯრედის პროტოპლასტი ამ დროს კვდომას განიცდის და უჯრედი მის ძირითად ფუნქციას ასრულებს ძლიერ განვითარებული მეორადი გარსის ხარჯზე.



ნახ.14. მცენარეული უჯრედის კედელი

პლაზმოდესმები (ბერძნულიდან: desmos – შეკვრა) ახასიათებს მხოლოდ მცენარეულ უჯრედებს. ისინი წარმოადგენენ თხელ ციტოპლაზმურ ხიდაკებს, რომლებიც აკავშირებენ მეზობელ უჯრედებს. ერთ უჯრედში შეიძლება იყოს რამდენიმე ასეულიდან ათეულ ათასამდე პლაზმოდესმა. მათი არხების კედლები ამოფენილია პლაზმალემით, რომელიც წარმოადგენს მომიჯნავე უჯრედების პლაზმალემის უწყვეტ ნაწილს. არხის ცენტრში გადის მემბრანული ცილინდრი – პლაზმოდესმის ძირითადი ღერძი, რომელიც დაკავშირებულია ენდოპლაზმური რეტიკულუმის მემბრანასთან. ცენტრალურ ღერძსა და პლაზმალემას შორის არხში მოთავსებულია ჰიალოპლაზმა. პლაზმოდესმების ფუნქციაა ნივთიერებათა უჯრედშორისი ტრანსპორტი.

ფორები – ასე იწოდება გარსის გაუსქელებელი ადგილები (ჩაღრმავებები), რომლებსაც არა აქვთ მეორადი გარსი. ისინი შედგებიან

უთხელესი ხვრელებისაგან, რომლებშიც გადიან პლაზმოდესმები. ფოროვანი არხები ფორმის მიხედვით არსებობს მარტივი და გაქვავებული. მარტივებს არხის დიამეტრი თითქმის თანაბარი აქვთ მთელს მონაკვეთში უჯრედის ღრუდან პირველად გარსამდე და არხს აქვს ვიწრო ცილინდრის ფორმა. გაქვავებულებს (ტრაქეალური ელემენტები) არხები უვინროვდება მეორადი გარსის წარმოქმნის შედეგად, ამიტომ ფორის შიგნითა ხვრელი, რომელიც უჯრედის ღრუსაკენაა მიმართული, უფრო ვიწროა, ვიდრე გარეთა, რომელიც პირველად გარსს ებჯინება. მომიჯნავე უჯრედებში ფორები განლაგებულია ერთმანეთის პირისპირ. ეს აიოლებს წყლისა და გახსნილი ნივთიერებების ტრანსპორტს უჯრედიდან უჯრედში. საერთო ფორებს აქვთ არხის ფორმა, რომელიც გაყოფილია შუალედი ფირფიტისაგან წარმოქმნილი ტიხარითა და პირველადი გარსით.

ჩანართების წარმოქმნა მცენარეულ უჯრედებში დაკავშირებულია ნივთიერებათა ცვლის ზოგიერთი პროდუქტის ლოკალური კონცენტრაციით მის ზოგიერთ მონაკვეთში (ადგილას): ჰიალოპლაზმაში, ზოგიერთ ორგანელაში, იშვიათად უჯრედის გარსში. ნივთიერებათა ასეთი ქარბი დაგროვება ხშირად იწვევს მათ დაღექვას ამორფული სახით ან კრისტალების ფორმით. ფუნქციონალური თვალსაზრისით ჩანართები წარმოადგენენ ნივთიერებათა ცვლის პროცესიდან დროებით გამოთავისუფლებულ (გამოყოფილ) ნაერთებს (სამარაგო ნივთიერებებს) ან ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტებს. პირველი კატეგორიის ჩანართებია: სახამებლის მარცვლები, ლიპიდური წვეთები, ცილები, მეორის-ზოგიერთი ნივთიერების კრისტალები.

სახამებლის მარცვლები მცენარეთა უჯრედების ყველაზე გავრცელებული და მნიშვნელოვანი ჩანართებია, რომლებიც სინთეზირდება პლასტიდების სტრომაში. ქლოროპლასტებში სინათლეზე გროვდება ასიმილაციური (პირველადი) სახამებლის მარცვლები, რომლებიც წარმოიქმნება ფოტოსინთეზის პროდუქტის – შაქრების სიჭარბისას. ოსმოსურად არააქტიური სახამებლის წარმოქმნა ხელს უშლის ოსმოსური წნევის საზიანო მატებას მაფოტოსინთეზირებელ უჯრედებში. ღამით, როცა ფოტოსინთეზი არ მიმდინარეობს, ასიმილაციური სახამებელი ფერმენტების ზემოქმედებით განიცდის ჰიდროლიზს შაქრებად და ტრანსპორტირდება მცენარის სხვა ნაწილებში. გაცილებით დიდი ზომისაა სამარაგო (მეორადი) სახამებლის მარცვლები,

რომლებიც გროვდება ლეიკოპლასტებში (ამილოპლასტებში). სახამებელი წარმოადგენს მცენარის ძირითად სამარაგო ნივთიერებას და შეიძლება დაგროვდეს სპეციალიზირებულ ორგანოებში: ფესურებში, გორგლებში, თესლებში, ნაყოფებში და ა.შ. მცენარეთა ყოველი სახეობისათვის დამახასიათებელია სახამებლის მარცვლების განსაზღვრული ფორმა.

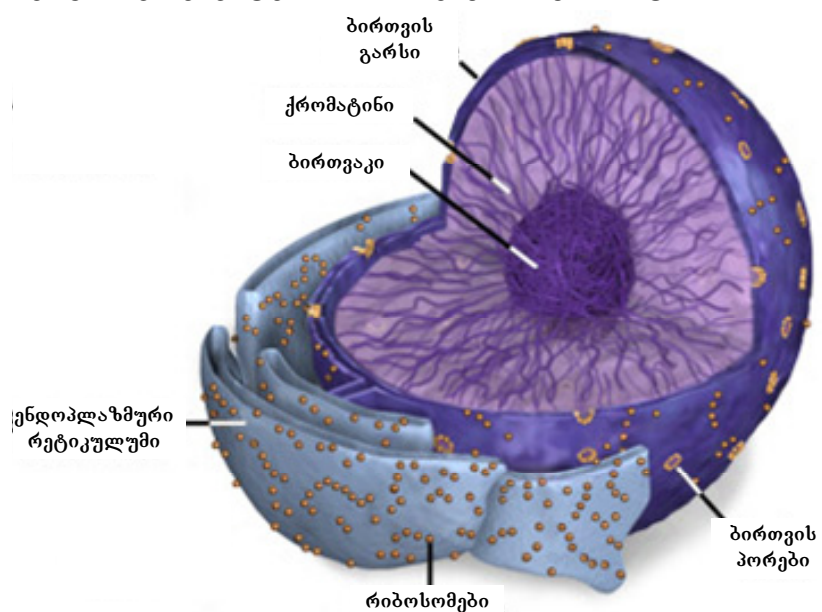
ლიპიდური (ცხიმოვანი) წვეთები გვხვდება პრაქტიკულად ყველა მცენარეულ უჯრედში, თუმცა მათი რიცხვი და ზომა ვარირებს. ყველაზე მდიდარია ლიპიდური წვეთებით თესლები და ნაყოფები. ისინი უმთავრესად ჰიალოპლაზმაში გროვდებიან და წარმოადგენენ სუბმიკროსკოპული ზომის სფერულ სხეულებს. სინათლის მიკროსკოპში ჩანან, როგორც სინათლის სხივების ძლიერი გარდამტეხის მქონე წერტილები.

ცილოვანი ჩანართები მოთავსებულია უჯრედის სხვადასხვა ნაწილში: ნუკლეოპლაზმსა და ბირთვის პერინუკლეარულ სივრცეში, ჰიალოპლაზმაში, ლეიკოპლასტების სტრომაში, ვაკუოლებში, ენდოპლაზმური რეტიკულუმის ცისტერნებში, მიტოქონდრიების მატრიქსში. სამარაგო ცილები გროვდება მომრგვალო ან ოვალური ფორმის მარცვლების სახით, რომლებიც იწოდება ალეირონის მარცვლებად. თუ მათ არა აქვთ შესამჩნევი შინაგანი სტრუქტურა, იწოდებიან **მარტივებად**. ზოგჯერ მათში ამორფული ცილის შიგნით შეინიშნება ცილის ერთი ან რამდენიმე კრისტალი. ნამდვილი კრისტალებისაგან განსხვავებით, ცილის კრისტალები ჯირჯვდება წყალში, სუსტ მჟავებსა და ტუტეებში, იღებება საღებავებში, ამიტომ მათ **კრისტალიტებს** უწოდებენ. გარდა ამისა, მათ მარცვლებში გვხვდება უფერული, მბრწყინავი მრგვალი სხეულები, რომლებიც იწოდება **გლობოიდებად**. ალეირონის მარცვლები, რომლებიც შეიცავენ კრისტალიტებსა და გლობოიდებს, იწოდება **რთულად**. უჯრედის წყლით გაჯერებისას ასეთი მარცვლები იხსნება. სხვადასხვა სახეობის მცენარის ალეირონის მარცვლებს, სახამებლის მარცვლების მსგავსად, აქვთ განსაზღვრული სტრუქტურა.

მცენარეთა უჯრედებში ხშირად გვხვდება **კალციუმის ოქსალატის კრისტალები**, რომლებიც ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტებს წარმოადგენენ. ისინი ჩვეულებრივ გროვდება ვაკუოლებში. მათი ფორმა მრავალგვარია და გარკვეული ჯგუფის მცენარეთათვის

ხშირად სპეციფიურია. ეს შეიძლება იყოს ცალკეული კრისტალები რომბის, ოქტაედრის ან წაგრძელებული ფორმის (ხახვის ბოლქვის გარეთა მკვდარი ქერქლების უჯრედები) მომრგვალო წარმონაქმნები, რომლებიც მრავალი წვრილი კრისტალის შეზრდის შედეგად წარმოიქმნება (ფესურის, კორპის, ქერქის, ყუნწისა და ფოთლის ეპიდერმის უჯრედები), ნემსისებრი კრისტალები (ყურძნის ღეროსა და ფოთლებში), კრისტალური სილა – მრავალი წვრილი ცალკეული კრისტალის გროვა (ანწლის პარენქიმის უჯრედებში) და ა.შ. კალციუმის ოქსალატის გარდა კრისტალური ჩანართები ხანდახან შედგება კალციუმის კარბონატისა და სილიციუმის დიოქსიდისაგან. უკანასკნელი გროვდება უჯრედის კედელში.

ბირთვი წამოადგენს მცენარეული უჯრედის აუცილებელ ორგანოიდს. ის ყოველთვის მოთავსებულია ციტოპლაზმაში. ახალგაზრდა უჯრედში მდებარეობს ცენტრში. უჯრედის დიფერენციაციასა და მასში დიდი ცენტრალური ვაკუოლის წარმოქმნის შემდეგ გაიწევის უჯრედის კედლისაკენ, მაგრამ ყოველთვის გამოყოფილია მისგან ციტოპლაზმის შრით. ზოგჯერ ბირთვი უჯრედის ცენტრში რჩება. იგი გამოყოფილია ციტოპლაზმისაგან ორმემბრანული ბირთვის გარსით, რომელიც გასჭოლილია უამრავი ფორებით. ინტერფაზული ბირთვის შემცველობას შეადგენს ნუკლეოპლაზმა და მასში მოთავსებული ფორმირებული ელემენტები – ბირთვაკი და ქრომატინი (ნახ. 15).



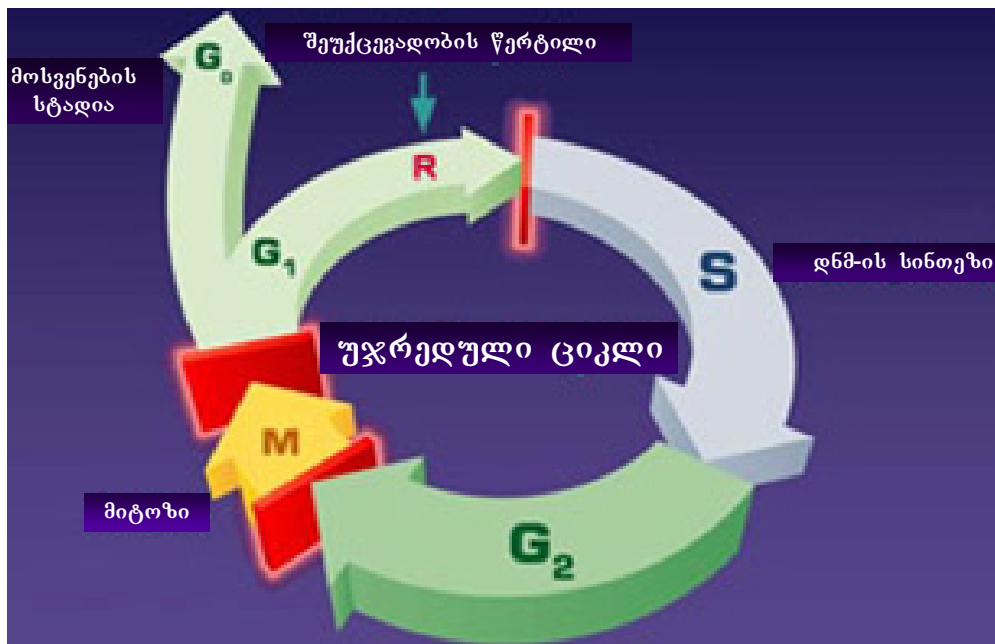
ნახ.15. უჯრედის ბირთვის სტრუქტურა

ბირთვაკი სფერული, საკმაოდ მკვრივი სხეულაკია, რომელიც შედგება რიბოსომული რნმ-ს, ცილისა და მცირე რაოდენობით დნმ-საგან. ბირთვში ერთი, ორი ან რამდენიმე ბირთვაკია. მისი ძირითადი ფუნქციაა-რიბოსომული რნმ-ს სინთეზი და რიბონუკლეოპროტეიდების (რ-რნმ+ცილა) – რიბოსომის წინამორბედის წარმოქმნა. რიბოსომის წინამორბედები (სუბერთეულები) ხვდებიან ნუკლეოპლაზმაში და ბირთვის გარსის ფორების საშუალებით გადადიან ციტოპლაზმაში, სადაც მთავრდება მათი ფორმირება.

ქრომატინი შეიცავს ბირთვის თითქმის მთელ დნმ-ს. ინტერფაზულ ბირთვში მას აქვს გრძელი წვრილი ძაფების ფორმა, რომელიც წარმოადგენს დნმ-ს ორმაგ სპირალს. დნმ დაკავშირებულია ცილა-ჰისტონებთან, რომლებიც მძივების მსგავსადაა განლაგებული დნმ-ს ძაფებზე. ქრომატინი, წარმოადგენს რა სხვადასხვა რნმ-ს სინთეზის (ტრანსკრიპციის) ადგილს, არის განსაკუთრებული მდგომარეობა ქრომოსომებისა, რომლებიც გამოვლინდება ბირთვის დაყოფისას. შეიძლება ითქვას, რომ ქრომატინი არის ფუნქციონირებადი, აქტიური ფორმა ქრომოსომებისა. ინტერფაზულ ბირთვში ქრომოსომები ძალიან ფაშარია და აქვთ აქტიური, დიდი ზედაპირი. გენეტიკური მასალის ასეთი დიფუზური განაწილება საუკეთესოდ შეესაბამება ქრომოსომების მაკონტროლებელ როლს უჯრედის ნივთიერებათა ცვლის პროცესში. შესაბამისად, ქრომოსომები არიან ბირთვში ყოველთვის, მაგრამ ინტერფაზულ ბირთვში არ ჩანან, რადგანაც დეკონდესირებულ (ფაშარ) მდგომარეობაში არიან.

უჯრედული ციკლი. უჯრედის მიტოზური დაყოფა

უჯრედში მიმდინარე პროცესთა ერთობლიობას, რომელიც მიმდინარეობს ერთი გაყოფიდან მომდევნო გაყოფამდე, ეწოდება **უჯრედული ციკლი**. აღნიშნულ ციკლში გამოყოფენ 4 ძირითად პერიოდს: პრესინთეზურს (G_1), სინთეზურს (S), პოსტსინთეზურს (G_2) და მიტოზს (M) (ნახ. 16).



ნახ.16. უჯრედული ციკლი

G₁ სტადია უჯრედის გაყოფის დასრულებისთანავე იწყება. სტადიათა შორის ის ყველაზე ხანგრძლივია. ინტენსიურად მიმდინარეობს ბიოსინთეზის პროცესები და უჯრედის ზრდა. ხორციელდება მიტოქონდრიებისა და პლასტიდების წარმოქმნა, ხდება ლიზოსომების, რიბოსომების, გოლჯის აპარატის და სხვა ორგანოიდების ჩამოყალიბება.

S სტადიაში მიმდინარეობს დნმ-ს რეპლიკაცია, ქრომოსომების გაორმაგება.

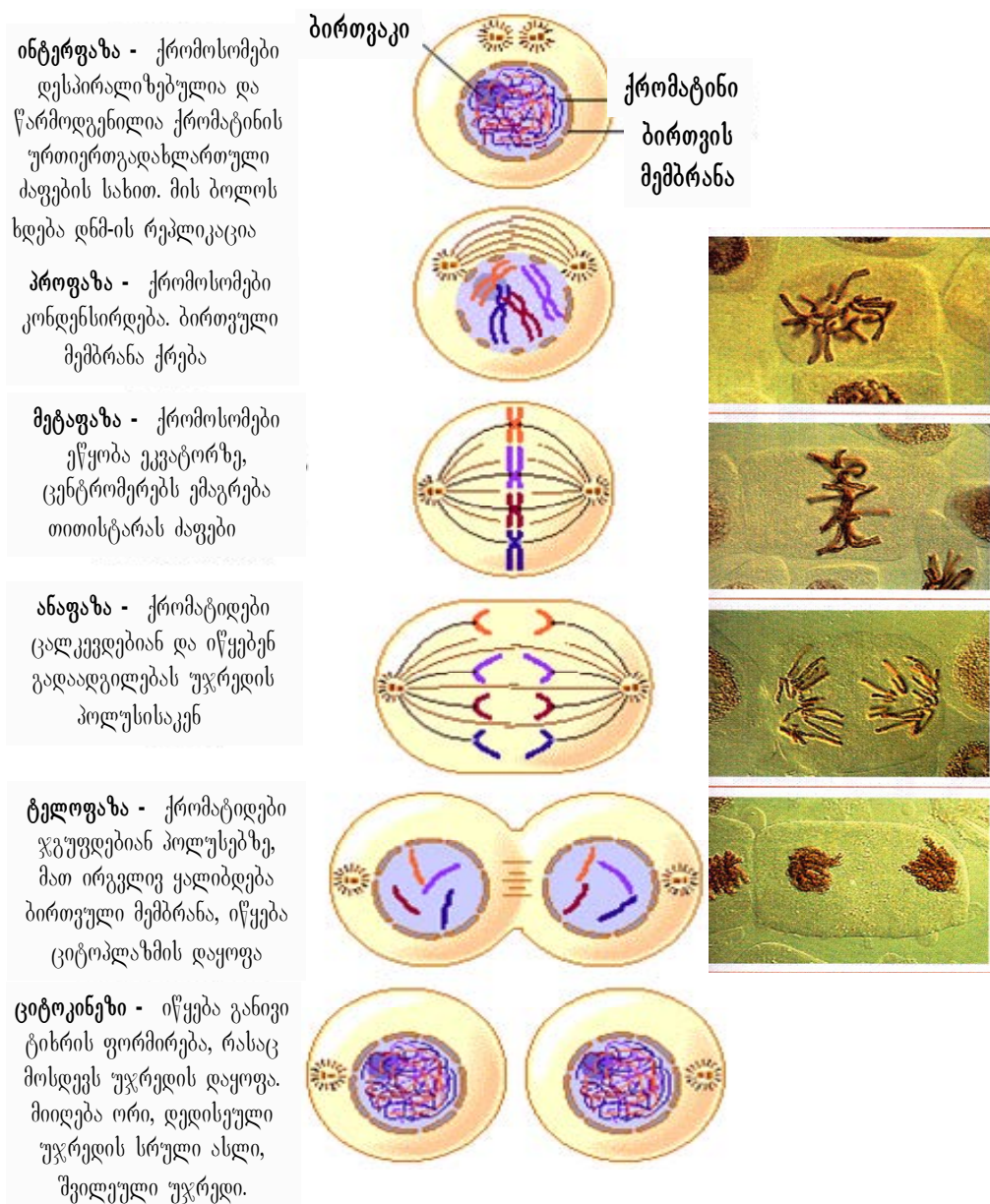
G₂ სტადიაში გროვდება მიტოზისათვის საჭირო ენერგია (ბიოსინთეზის პროცესები მიმდინარეობს ინტენსიურად).

უჯრედული ციკლის პირველ სამ პერიოდს (G₁, S, G₂) აერთიანებენ ერთი სახელწოდებით – ინტერფაზა.

მიტოზი(M) უჯრედის სასიცოცხლო ციკლის ხანმოკლე პერიოდია. მისი ხანგრძლივობა მთელი ციკლის 1/7 – 1/10 ნაწილს შეადგენს.

მიტოზის ბიოლოგიური მნიშვნელობა მდგომარეობს შვილეულ უჯრედებს შორის გენეტიკური მასალის მკაცრად ერთნაირ განაწილებაში, რაც უზრუნველყოფს იდენტური უჯრედების წარმოქმნას და

მთელ რიგ უჯრედულ თაობაში უწყვეტობის შენარჩუნებას. მიტოზის პროცესში გამოყოფენ შემდეგ ფაზებს: პროფაზა, მეტაფაზა, ანაფაზა, ტელოფაზა (ნახ17).



ნახ.17. მიტოზი

პროფაზის მთავარი ნიშანია ქრომოსომათა კონდენსაცია. ამ დროს თითოეული ქრომოსომა სპირალურად ეხვევა, მოკლდება და კარგად შესამჩნევი ხდება. იგი ორი სიგრძივი ნახევრის – ქრომატიდი-საგან (შვილეული დნმ-ისა და ცილა-ჰისტონების კომპლექსი) შედგება. შვილეული ქრომატიდების ერთმანეთთან კონტაქტის ადგილი ცნობილია ცენტრომერების სახელით. ბირთვაკი თანდათან მცირდება და ქრება, ირღვევა და ქრება ბირთვის გარსი. ციტოპლაზმაში წარმოიქმნება ე.წ. მიტოზური აპარატი. ცენტრიოლები მიგრირებენ უჯრედის მოპირისპირე პოლუსებთან. მათ შორის წარმოიქმნება კუმშვადი ძაფები, რომლებიც ე.წ. გაყოფის თითისტარას ქმნიან.

მეტაფაზა – ქრომოსომები ლაგდებიან ეკვატორულ სიბრტყეში და წარმოქმნიან ე.წ. მეტაფაზურ ფირფიტას. ცენტრომერები ემაგრებიან გაყოფის თითისტარას ძაფებს. მეტაფაზაში შესწავლილი ქრომოსომათა რაოდენობით და ფორმით ადგენენ სახეობის კარიოტიპს. მკვეთრადაა გამოხატული ქრომოსომათა წყვილადობა.

ანაფაზა მიტოზის ყველაზე ხანმოკლე ფაზაა. ცენტრომერებს შორის კავშირი ირღვევა. ქრომატიდები ერთმანეთს სცილდება და დამოუკიდებელ ქრომოსომად იქცევა. ქრომატიდები სინქრონულად სცილდებიან უჯრედის ეკვატორულ სიბრტყეს და თითისტარას ძაფების მეშვეობით მიემართებიან მოპირდაპირე პოლუსებისაკენ.

ტელოფაზა მიტოზის ბოლო ფაზაა. თითოეულ პოლუსზე ჩამოყალიბდება ინტერფაზული ბირთვი, მთავრდება ქრომოსომათა დეკონდენსირება, ფორმირდება ბირთვის მემბრანა, წარმოიქმნება ბირთვაკი, ქრება მიტოზური აპარატი.

ტელოფაზას ჩვეულებრივ მოსდევს **ციტოკინეზი**, რომლის დროსაც ხდება შვილეული უჯრედების საბოლოო გამოცალკევება. ციტოკინეზი – შვილეული უჯრედების ერთმანეთისაგან გამოყოფის პროცესია. ანუ, თუ მიტოზი, ფაქტიურად, ბირთვის დაყოფაა, ციტოკინეზი ციტოპლაზმის დაყოფა და შვილეულ უჯრედებს შორის გოლჯის აპარატის, პლასტიდების, მიტოქონდრიების და სხვა ორგანოების განაწილებაა.

იმ დროს, როდესაც გაყოფად უჯრედში ხდება მიტოზური თითისტარას დაშლა, უჯრედის ეკვატორულ პოლუსზე წარმოიქმნება მრავალრიცხოვანი ახალი, შედარებით მოკლე მიკრომილაკები, რომლებიც ეკვატორული სიბრტყის პერპენდიკულარულადაა ორიენტი-

რებული. მილაკების ასეთი სისტემა იწოდება „ფრაგმობლასტად“. ფრაგმობლასტის ცენტრალურ ნაწილში წარმოიქმნება გოლჯის მრავალრიცხოვანი კომპლექსები, რომლებიც შეიცავენ პექტინოვან ნივთიერებებს. ითვლება, რომ მიკრომილაკები აკონტროლებენ გოლჯის კომპლექსის მოძრაობის მიმართულებას. ბუშტუკების თანდათანობითი შერწყმის შედეგად ცენტრიდან პერიფერიისაკენ წარმოიქმნება გრძელი ბრტყელი ტომსიკები – მემბრანული ცისტერნები, რომლებიც პლაზმატურ მემბრანასთან შერწყმის შედეგად ყოფენ დედისეულ უჯრედს ორ შვილეულად. ასე წარმოიქმნება უჯრედშორისი შუალედი ფირფიტა. გოლჯის კომპლექსის მემბრანები შვილეული უჯრედების პლაზმალემის ნაწილები ხდებიან. შემდეგ თითოეული უჯრედი იწყებს თავისი უჯრედის კედლის წარმოქმნას.

ბირთვის მეიოზური დაყოფა

მეიოზი ბირთვის რედუქციული დაყოფაა, რომლის დროსაც ჰომოლოგიური ქრომოსომების ერთი კომპლექტი ხვდება ერთ შვილეულ უჯრედში (სასქესო გამეტაში), მეორე – მეორეში. მეიოზი ხორციელდება გამეტოგენეზის დროს და მოიცავს ორ, ერთმანეთის თანმიმდევრობით მიმდინარე გაყოფას: პირველ მეიოზურ გაყოფას და მეორე მეიოზურ გაყოფას (ნახ. 18). ყოველი მათგანი შეიცავს მიტოზის ანალოგიურ ფაზებს. მეიოზის დროს ფაქტიურად ხდება ბირთვის 2 დაყოფა – I მეიოზი (რედუქციული დაყოფა) და II მეიოზი (ჩვეულებრივი დაყოფა). მეიოზის შედეგად წარმოიქმნება 4 ჰაპლოიდური უჯრედი, ხოლო მიტოზის დროს – მხოლოდ 2 დიპლოიდური. I მეიოზური დაყოფის დროს ხდება უჯრედის პლოიდობის შემცირება – რედუქცია $2n$ – დან n – ზე. II მეიოზური დაყოფა კი მიტოზის მსგავსია.

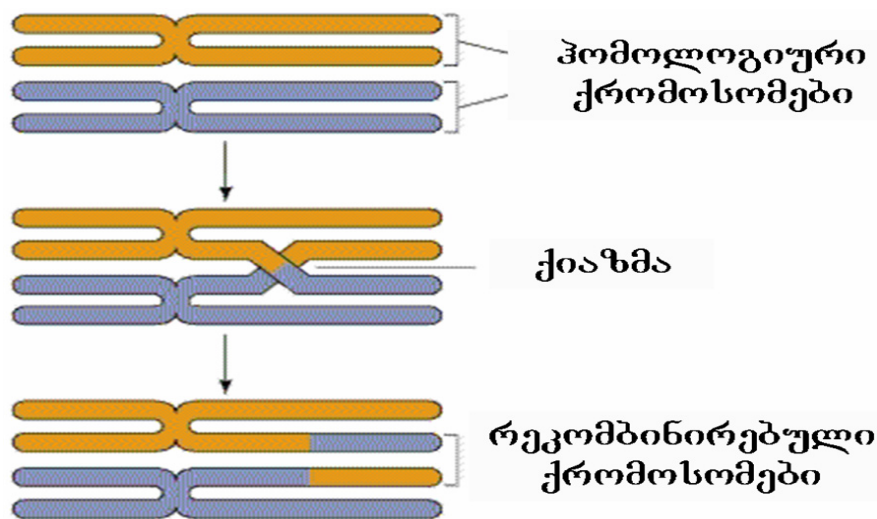
I მეიოზური დაყოფის პროფაზა მეიოზის ფაზებს შორის ყველაზე ხანგრძლივი და რთულია. მასში არჩევენ 5 ერთმანეთის თანმიმდევრობით მიმდინარე სტადიებს: ლეპტონემა, ზიგონემა, პაქინემა, დიპლონემა და დიაკინეზი.

ლეპტონემა ან ლეპტოტენა წვრილი, გრძელი, სუსტად სპირალიზებული ქრომოსომების სტადიაა, რომელთაც ემჩნევათ გამსხვილებული ქრომომერები, ე.ი. ლეპტონემური ქრომოსომები ჩვეულებ-

რივი მიტოზური ქრომოსომებისაგან განსხვავდებიან იმით, რომ სიგ-
რძივად ერთნაირად გამოიყურებიან და გააჩნიათ ქრომომერები.

ზიგონემა ან ზიგოტენა წყვილად შეკავშირებული ჰომოლოგიუ-
რი ქრომოსომების სტადიაა, რომლის დროსაც ქრომომერები ჩაგრე-
ხილი არიან ერთმანეთში. ამ მოვლენას **კონიუგაცია** ანუ **სინაპსისი**
ენოდება.

პაქინემა ან პაქიტენა მსხვილი ძაფების სტადიაა. ჰომოლოგიუ-
რი ქრომოსომები შეერთებული არიან წყვილებად. ბივალენტების
რიცხვი შეესაბამება ქრომოსომების ჰაპლოიდურ სტადიას. ამ სტადი-
აზე ყოველი ქრომოსომა შედგება ორი ქრომატიდისაგან, ე.ი. ყოველი
ბივალენტი შეიცავს ოთხ ქრომატიდს. ამ დროს ხდება **კროსინგოვე-**
რი, რომლის დროსაც, ჰომოლოგიური ქრომოსომები ერთმანეთს უც-
ვლიან გარკვეულ ფრაგმენტებს. კროსინგოვერის პროცესს განაპირო-
ბებს ჰომოლოგიურ ქრომოსომებს შორის ქიაზმების წარმოქმნა.



სურ. კროსინგოვერი

დიპლონემა ან დიპლოტენა სტადიაა, რომლის დროსაც ჰომო-
ლოგიური ქრომოსომები იწყებენ ერთმანეთისაგან დაცილებას, მაგ-
რამ ზოგიერთ ადგილას, იქ სადაც ხდება კროსინგოვერი, ისინი ისევ
შეკავშირებული არიან.

დიაკინეზი სტადიაა, რომლის დროსაც ჰომოლოგიური ქრომოსომების დაცილება გრძელდება. ქრომოსომები ამ სტადიაზე მაქსიმალურად სპირალიზებულნი, დამოკლებულნი და გასქელებულნი არიან. ბირთვის გარსის გახსნა, ბირთვაკის გაქრობა, გაყოფის თითისტარას ფორმირება ხდება უშუალოდ დიაკინეზის შემდეგ.

მეტაფაზა I დროს ბივალენტები (ტეტრადები) ლაგდებიან გაყოფის თითისტარას ეკვატორულ სივრცეში ისე, რომ ჰომოლოგიური ქრომოსომების ცენტრომერები მიმართულია ურთიერთსაწინააღმდეგო პოლუსებისაკენ და განიზიდებიან ერთმანეთისაგან. სხვა მეტაფაზური მოვლენები ისეთივეა, როგორც მიტოზისას.

ანაფაზა I – პოლუსებისაკენ მიემართება არა ქრომატიდები, არამედ მთელი ჰომოლოგიური წყვილიდან თითოეული ქრომოსომა. მიტოზის ანაფაზისაგან განსხვავებით ამ დროს ცენტრომერა არ იყოფა და ქრომატიდები არ სცილდებიან ერთმანეთს. ეს არის პრინციპული განსხვავება მიტოზსა და I მეიოზურ დაყოფას შორის.

ტელოფაზა I მეიოზისას, მიტოზის ანალოგიურია, განსხვავება მდგომარეობს პოლუსებზე განაწილებული ქრომოსომების რაოდენობაში – ყოველი მათგანი ქრომოსომების განახევრებულ რაოდენობას შეიცავს – ერთი უჯრედიდან ყალიბდება ქრომოსომათა განახევრებული კომპლექსის შემცველი ორი უჯრედი, ოღონდ თითოეული ქრომოსომა ორი ქრომატიდისაგან შედგება. ჰომოლოგიური ქრომოსომების განაწილება შვილეულ ბირთვებში შემთხვევით ხასიათს ატარებს.

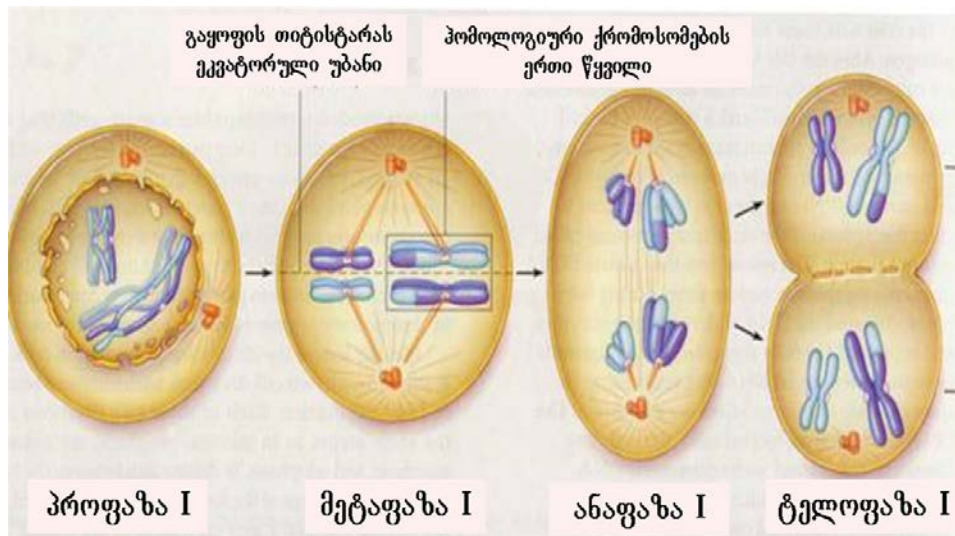
ტელოფაზა I-ს თან სდევს ხანმოკლე ინტერფაზა, რომლის დროსაც დნმ-ს სინთეზი არ ხდება. იწყება II მეიოზური დაყოფა, რომელიც ზუსტად იმეორებს მიტოზს – ქრომოსომების ქრომატიდებად განაწილებით.

პროფაზის II დროს I ტელოფაზის ბოლოს ფორმირებული ბირთვის გარსი იშლება და თითისტარას ძაფები რეორგანიზდება.

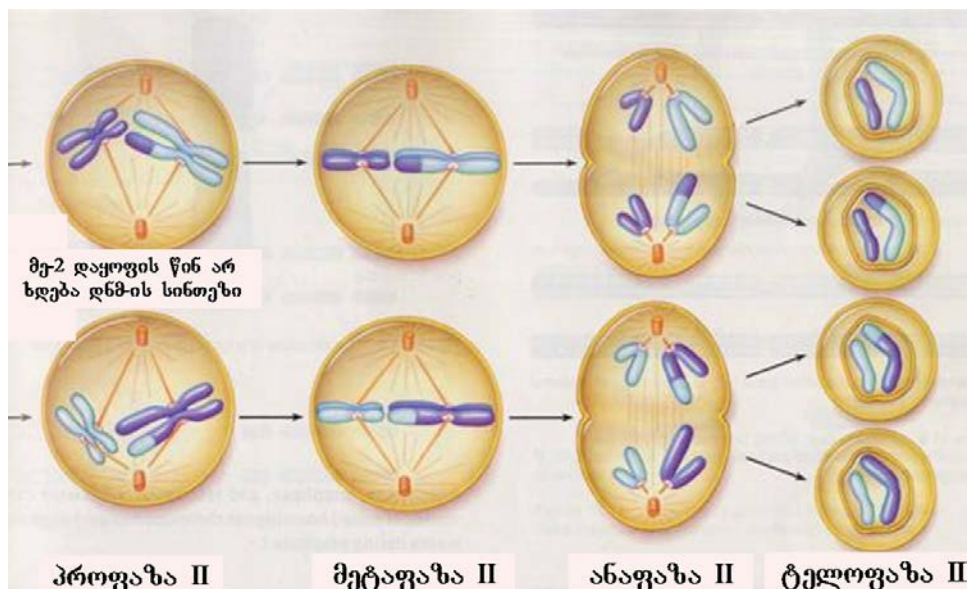
მეტაფაზის II დროს ქრომოსომები, რომლებიც შეიცავენ ქრომატიდებს, ლაგდებიან ეკვატორიალურ სიბრტყეზე. ცენტრომერები იყოფიან.

ანაფაზა II – ცენტრომერები იშლება და პოლუსებისაკენ გადაადგილდება შვილეული ქრომოსომები (ქრომატიდები).

ტელოფაზა II – უჯრედის პოლუსებზე ქრომოსომების ირგვლივ ფორმირდება ბირთვის გარსი, შემდგომ იყოფა ციტოპლაზმა და მას მოსდევს ციტოკინეზი.



სურ. I მეიოზური დაყოფა



სურ. II მეიოზური დაყოფა

ნახ. 18. მეიოზის ფაზები

საბოლოო ჯამში, მეიოზისას ერთი უჯრედიდან მიიღება 4 შვილელი უჯრედი, რომლებსაც ქრომოსომების განახევრებული რაოდენობა – ჰაპლოიდური კომპლექტი გააჩნიათ. კროსინგოვერის შედეგად, ისინი რეკომბინირებულია.

მეიოზის ბიოლოგიური მნიშვნელობა შემდეგში გამოიხატება: 1. მისი საშუალებით ნარჩუნდება სახეობის ქრომოსომთა მუდმივი რაოდენობა სქესობრივი გამრავლების დროს, 2. მეიოზის დროს დიდი რაოდენობით წარმოიქმნება ქრომოსომათა ახალი კომბინაციები, რაც ხელს უწყობს სახეობების მრავალფეროვნებას.

დავალება 1. ელოდეას ფოთლის უჯრედის აგებულების შესწავლა

სამუშაოს მსვლელობა: მოამზადეთ სასაგნე მინა, ელოდეას მოაცილეთ ფოთოლი, მოათავსეთ ის წყლის წვეთში და დააფარეთ საფარი მინა. პრეპარატის შესწავლა დაიწყეთ მცირე გადიდებისას ($\times 8$), ჯერ დაათვალიერეთ ფოთლის კბილანების უჯრედები, შემდეგ ფოთლის ფირფიტის ქვედა მხარეს შუა ძარღვთან ახლოს მოთავსებული უჯრედები. უჯრედის სტრუქტურების დეტალური დათვალიერების შემდეგ დათვალიერება გააგრძელეთ $\times 20$ – $\times 40$ გადიდებისას.

ჩაიხატეთ ელოდეას ფოთლის უჯრედების აგებულება.

აღნიშნეთ: ნახატზე ქლოროპლასტები, ბირთვი, უჯრედის კედელი.

დავალება 2. პლაზმოლიზის პროცესზე დაკვირვება ელოდეას ფოთლის უჯრედებში

სამუშაოს მსვლელობა: სასაგნე მაგიდიდან აიღეთ ელოდეას ფოთლის პრეპარატი. პრეპარატზე საფარი მინის კიდეზე მოათავსეთ ფილტრის ქაღალდი ისეთნაირად, რომ ქაღალდის ნაპირი ეხებოდეს საფარი მინის ქვეშ არსებულ წყალს. ფილტრის ქაღალდი პრეპარატიდან წყალს შეიწოვს. საფარი მინის მეორე – მოპირისპირე მხრიდან დააწვეთეთ ისეთი ხსნარი, რომლის კონცენტრაცია მეტი იქნება, ვიდრე ელოდეას უჯრედის წვენის კონცენტრაცია (საქაროზას ხსნარი ან კა-

ლიუმის გვარჯილის ხსნარი). ფილტრის ქაღალდის მიერ შეწოვილი წყლის ადგილს საფარი მინის ქვეშ ეს ხსნარი დაიჭერს, რაც ცვლილებას გამოიწვევს ელოდეას უჯრედებში. 10-15 წუთის შემდეგ მცირე გადიდებისასაც კი შესამჩნევი გახდება, რომ პროტოპლასტი თანდათან მოსცილდება უჯრედის კედელს ჯერ კიდევში, შემდეგ ყველგან. ეს მოვლენა (პროტოპლაზმის გარსიდან მოცილება) ცნობილია **პლაზმოლიზის** სახელწოდებით.

ჩაიხატეთ ელოდეას ფოთოლის უჯრედებში პლაზმოლიზის მოვლენა.

აღნიშნეთ უჯრედის კედელი, პროტოპლასტი.

დავალბა 3. ხახვის ბოლქვის სახეშეცვლილი ფოთლის უჯრედების შესწავლა

სამუშაოს მსვლელობა: ხახვის ბოლქვს მოაცილეთ სახეშეცვლილი ხორციანი ფოთოლი. ნემსის წვერით მოაცილეთ მას ეპიდერმისის მცირე ნაწილი და მოათავსეთ იგი სასაგნე მინაზე დაწვეთებულ წყალში, ისე, რომ მისი გარეთა ზედაპირი ზემოთ მოექცეს. ეცადეთ, ქსოვილი გასწორებულად იყოს წყალში ჩაძირული. ფრთხილად დააფარეთ საფარი მინა მიღებული წესების დაცვით: საფარი მინის დაფარებისას მისი ერთი ნაპირით შეეხეთ წყალს და ფრთხილად დაუშვით იმგვარად, რომ წყალი თანდათანობით ავსებდეს სივრცეს სასაგნე მინასა და საფარ მინას შორის. ამ წესის დაცვისას პრეპარატში აღარ დარჩება ჰაერის ბუშტები, რომლებიც სტრუქტურის გარკვევაში ხელის შემშლელია. თუ წყალი, რომელშიც განსახილველი ობიექტი თავსდება, დიდი რაოდენობითაა, იგი საფარი მინის გარეთ გამოვა, რის გამოც შეიძლება აცურდეს საფარი მინა და პრეპარატის გასინჯვა ვერ მოხერხდეს. საჭიროა ზედმეტი წყალი საფარი მინის კიდეზე ფილტრის ქაღალდის მიდებით ავაშროთ. წყალი მხოლოდ საფარი მინის ფარგლებში უნდა დარჩეს.

დამზადებული პრეპარატი დაათვალიერეთ ჯერ მცირე, შემდეგ დიდი გადიდებით. პრეპარატში მოცემული ქსოვილი ერთი მიმართულებით წაგრძელებული უჯრედებისაგან

შედგება. მათი სიგრძე სიგანეს ბევრად არ აღემატება, ამიტომ ეს უჯრედები პარენქიმულია.

ჩაიხატეთ ხახვის ბოლქვის სახეშეცვლილი ფოთლის უჯრედების აგებულება

აღნიშნეთ: უჯრედის კედელი, ვაკუოლი, ბირთვი, ბირთვაკი.

დავალეზა 4. ქრომოპლასტების აგებულების დათვალიერება ასკილის ნაყოფში

სამუშაოს მსვლელოზა: ასკილის მწიფე ნაყოფიდან სამართებლით ათაღეთ თხელი განაკვეთი, გადაიტანეთ იგი სასაგნე მინაზე წყლის წვეთში, დააფარეთ საფარი მინა. თუ ნაყოფი ძალიან მწიფეა და მისი უჯრედები მაცერირებულია (მაცერაცია – უჯრედების ერთმანეთისაგან მოცილება უჯრედშორისი ფირფიტის გახსნის შედეგად), ასკილის ნაყოფიდან შეიძლება ნემსის წვერით აიღოთ მასა და წყლის წვეთში ფრთხილად დაშალოთ. დაათვალიერეთ პრეპარატი მიკროსკოპში ჯერ მცირე და შემდეგ დიდი გადიდებით. ყურადღება მიაქციეთ ნარინჯისფერ, წითელ, სხვადასხვა ზომისა და მოყვანილობის სხეულებს – ქრომოპლასტებს.

ჩაიხატეთ ასკილის ნაყოფის უჯრედების აგებულება.

დავალეზა 5. სახამებლის მარცვლების შესწავლა კარტოფილის ტუბერიდან

სამუშაოს მსვლელოზა: გაჭერით კარტოფილის ტუბერი და გადანაჭერის ზედაპირი დანით ან სკალპელით აფხიკეთ. ცოტაოდენი წვენი ანაფხეკი მასიდან გადაიტანეთ სასაგნე მაგიდაზე დაწვეთებულ სუფთა წყალში და დააფარეთ საფარი მინა. მიკროსკოპში დაათვალიერეთ სხვადასხვა ზომისა და მოყვანილობის სახამებლის მარცვლები. სამუშაოს დასასრულს, იმის დასადასტურებლად, რომ თქვენს პრეპარატში ნამდვილად სახამებლის მარცვლებია, მასზე იმოქმედეთ სახამებლის აღმომჩენი რეაქტივით – იოდისა და იოდკალიუმის

ხსნარით. მიკროსკოპის მაგიდაზე მოთავსებულ პრეპარატზე საფარი მინის ერთ კიდეზე საწვეთურით დაანვეთეთ იოდისა და იოდკალიუმის ხსნარი იმგვარად, რომ ხსნარი საფარ მინაზე არ გადავიდეს. პრეპარატში ხსნარის შესვლის დასაჩქარებლად საფარი მინის მოპირისპირე მხრიდან ფილტრის ქაღალდით მოაცილეთ წყალი. სახამებლის მარცვლები ლურჯად შეიღებება.

ჩაიხატეთ კარტოფილის ტუბერის სახამებლის მარცვლების აგებულება.

დავალება 6. უჯრედული ციკლის სხვადასხვა სტადიების დათვალიერება – შესწავლა ხახვის ფესვაკის უჯრედებში

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალიერეთ პრეპარატი დიდი გადიდებით ($\times 40$). ინტერფაზულ უჯრედებში ბირთვი კარგადაა გამოხატული. უჯრედებში, რომლებიც მიტოზის სხვადასხვა სტადიაზე არიან, კარგადაა გამოხატული ქრომოსომები.

ჩაიხატეთ უჯრედული ციკლის სხვადასხვა სტადიები ხახვის ფესვაკის უჯრედებში.

აღნიშნეთ: ინტერფაზა, პროფაზა, მეტაფაზა, ანაფაზა, ტელოფაზა და ციტოკინეზი.

საკონტროლო კითხვები:

1. დაასახელეთ მცენარეული უჯრედის ძირითადი სტრუქტურული ელემენტები.
2. როგორია ჰიალოპლაზმის ქიმიური შედგენილობა და რა ფუნქციას ასრულებს ის?
3. დაასახელეთ უჯრედის ერთმემბრანული ორგანოები, დაახასიათეთ მათი აგებულება, ფუნქციები.
4. რა როლს ასრულებენ მიტოქონდრიები უჯრედის ცხოველქმედებაში?
5. რამდენი ტიპის პლასტიდებია თქვენთვის ცნობილი? დაახასიათეთ მათი აგებულება და ფუნქციები.

6. დაასახელეთ უჯრედის კედლის ძირითადი ელემენტები, დაახასიათეთ მათი აგებულება და როლი მექანიკური სიმტკიცის უზრუნველყოფაში. მიუთითეთ პირველადი და მეორადი გარსის განმასხვავებელი ნიშნები.
7. რა როლი ეკისრებათ პლაზმოდესმებსა და ფორებს მცენარეული უჯრედის ფუნქციონირებაში?
8. დაასახელეთ და დაახასიათეთ მცენარეული უჯრედის ჩანართები – მათი ლოკალიზაცია, აგებულება და მნიშვნელობა.
9. აღწერეთ უჯრედის ბირთვის აგებულება და ფუნქცია.
10. დაახასიათეთ მიტოზისა და მეიოზის ფაზები. მიუთითეთ მათი ბიოლოგიური მნიშვნელობა მცენარეთა ონტოგენეზში.

თემა – წარმომშობი, მფარავი, ძირითადი ქსოვილები

სამუშაოს მიზანი: სხვადასხვა ტიპის ქსოვილების აგებულების გაცნობა მუდმივი პრეპარატების გამოყენებით

ამოცანა: 1. ღეროს აპიკალური მერისტემის აგებულების გაცნობა.
2. ძირითადი ქსოვილების აგებულების თავისებურებების შესწავლა.
3. მფარავი ქსოვილების აგებულების გაცნობა ნემსინვერას ფოთლისა და დიდგულას ღეროს მაგალითზე.

თეორიული ცნობები

ქსოვილები წარმოადგენენ მდგრად, კანონზომიერად განმეორებად უჯრედთა ჯგუფს, რომელთაც მსგავსი წარმოშობა, აგებულება აქვთ და მსგავს ფუნქციას ასრულებენ. თუ ქსოვილი შედგება ერთი ტიპის უჯრედებისაგან, მას **მარტივი ქსოვილი** (საასიმილაციო, მექანიკური ქსოვილი) ეწოდება, თუ ქსოვილი შედგება განსხვავებული ტიპის უჯრედებისაგან – იგი **რთულია** (გამტარი ქსოვილი). სხვადასხვა ქსოვილში გვხვდება ერთუჯრედიანი ან მრავალუჯრედიანი სტრუქტურები, რომლებიც მკვეთრად განსხვავდება აგებულებითა და ფუნქციებით ძირითადი ქსოვილის უჯრედებისაგან. მათ ეწოდებათ იდიობლასტები.

მცენარის ქსოვილთა დაჯგუფებას შეიძლება საფუძვლად დაედოს ქსოვილში შემავალი უჯრედების აგებულება, გენეზისი, ფუნქცია, წარმოშობა და სხვა. **უჯრედთა ფორმის მიხედვით ქსოვილები შეიძლება გაიყოს პარენქიმულად და პროზენქიმულად.** პარენქიმულები – იზოდიამეტრული, მომრგვალო უჯრედებისაგან შედგება (მაგ. ძირითადი, საასიმილაციო, მფარავი ქსოვილის უჯრედები), პროზენქიმულები – ნაგრძელებული უჯრედებისაგან (ბოჭკოები, პროკამბიუმი, კამბიუმი, გამტარი ელემენტები).

ქსოვილის შემადგენელ უჯრედთა ცოცხალი შიგთავსის მიხედვით შეიძლება გავარჩიოთ ცოცხალი (კანი) და მკვდარი ქსოვილები (კორპი),

დაყოფის უნარის მიხედვით – წარმომშობი (ზრდის კონუსი, პროკამბიუმი, კამბიუმი და სხვ.) **და ძირითადი** ანუ მარადი (საასიმილაციო, გამტარი, მექანიკური და სხვ.),

წარმოშობის (გენეზისის) მიხედვით – პირველადი (ზრდის კონუსი, პროკამბიუმი) **და მეორადი** (კამბიუმი, კორპი და სხვ.),

ქსოვილში უჯრედთა ურთიერთგანლაგების მიხედვით: მკვრივი – მჭიდროდ განლაგებული უჯრედებით (ეპიდერმისი, კორპი, მექანიკური ქსოვილი და სხვ.), **ფაშარი** – კარგად გამოხატული უჯრედშორისებით (ლრუბლისებრი პარენქიმა, აერენქიმა),

ქსოვილის შემადგენელი უჯრედების გარსის გასქელების მიხედვით – თხელგარსიანი (საასიმილაციო ქსოვილი, საცრიანი მილები) **და სქელგარსიანი** (ჭურჭლები, კორპი, მექანიკური ქსოვილები),

დღეისათვის ყველაზე მიღებულია **ქსოვილთა ანატომიურ – ფიზიოლოგიურ კლასიფიკაცია**, რომელიც ქსოვილთა ფუნქციასა და შემადგენელ უჯრედთა აგებულებას ეყრდნობა. **მცენარეში არსებულ ქსოვილებში გამოყოფენ: წარმომშობს, მფარავს, მექანიკურს, გამტარსა და ძირითადს.**

წარმომშობი ქსოვილები ანუ მერისტემები

მცენარეთა ერთ-ერთი თავისებურება – ხანგრძლივი ზრდის უნარი განისაზღვრება მათში **წარმომშობი ქსოვილების ანუ მერისტემების** არსებობით, რომლებიც საწყისს აძლევენ ძირითად ქსოვილებს. მერისტემები შედგება მჭიდროდ განლაგებული პარენქიმული უჯრედებისაგან დიდი ბირთვითა და თხელი გარსით. მერისტემული ქსოვილი უმთავრესად მცენარის ორგანოს გარკვეულ ადგილშია ლოკალიზებული და იწვევს ორგანოს ზრდას სხვადასხვა მიმართულებით. წარმომშობი ქსოვილები მათი მდებარეობის მიხედვით იყოფა: **კენწრული ანუ აპიკალური, გვერდითი ანუ ლატერალური, ჩამატებითი ანუ ინტერკალარული და ჭრილობის ანუ ტრავმატული.**

კენწრულ ანუ აპიკალურ მერისტემას მიეკუთვნება ღეროსა და ფესვის როგორც ღერძითი, ისე გვერდითი განშტოებების ზრდის კონუსები. ისინი უზრუნველყოფენ ორგანოს სიგრძეში ზრდას.

გვერდით ანუ ლატერალურ მერისტემებს მიეკუთვნება პროკამბიუმი, კამბიუმი, პერიციკლი და კორპის კამბიუმი. ისინი მოთავსებულია მცენარეული ორგანიზმის სხვადასხვა ნაწილში – ძირითად ქსოვილებს შორის უჯრედთა ჯგუფების, რკალის ან რგოლის სახით და უზრუნველყოფენ ორგანოების ზრდას სისქეში (სიმსხოში). მათი მოქმედება უფრო ინტენსიურია მცენარის ღერძით ორგანოებში – ღეროსა და ფესვში.

ჩამატებითი ანუ ინტერკალარული მერისტემა გვხვდება ღეროს მუხლთაშორისის ქვედა ნაწილში მუხლთან ახლოს. ამ მერისტემების მოქმედებით გამოწვეული მუხლთაშორისების ჩამატებითი ზრდის გამო ხდება მთლიანად ღეროს სიგრძეზე მატება. იგი კარგადაა გამოხატული ზოგიერთი ერთლებნიანი მცენარის ღეროში (სიმინდი, ხორბალი, ბამბუკი და სხვ.), გვხვდება აგრეთვე მრავალი ერთლებნიანი მცენარის ფოთლის ფუძესთან და განაპირობებს ფოთლის სიგრძეზე ზრდას.

ჭრილობის ანუ ტრავმატული მერისტემა ყალიბდება მცენარის ნაწილებში ჭრილობის მიყენებისას. ამ დროს შეიმჩნევა კორპის ფენის წარმოშობა ჭრილობაზე, რის მეოხებითაც ხდება მისი შეხორცება. მცენარეთა კალმებით და მცნობით გამრავლებისას ის დანით ზიანდება. შეხორცება იწყება უშუალოდ ჭრილობის ქვეშ ან თვით ჭრილობასთან განლაგებული პარენქიმული უჯრედების ძლიერ გააქტივებით. ასეთი უჯრედების უსისტემოდ დაყოფის შედეგად ყველა მიმართულებით ფორმირდება ამომვსები ქსოვილი, რომელსაც **კალუსი** (ლათ. callus-კოჟრი) ეწოდება. ხშირად კალუსის მერისტემული უჯრედებიდან ფორმირდება ფელოგენი, რომელიც ზედაპირზე წარმოშობს კორპს და ეს ჭრილობის შეხორცებას უწყობს ხელს.

წარმოშობის დროის მიხედვით არჩევენ **პირველად და მეორად მერისტემებს**.

პირველადი მერისტემები მცენარის სხეულის თავდაპირველ ფორმირებას ახდენენ. თესლში არსებული ჩანასახი მთლიანად პირველადი მერისტემისაგან შედგება. მცენარის ზრდასთან ერთად ჩანასახის მერისტემები შემორჩებიან ღეროსა და ფესვში და ამ ორგანოების ზრდის კონუსად ანუ კენწრულ მერისტემებად გარდაიქმნებიან. კენწრული მერისტემის უჯრედები არაა ერთნაირი. მის სულ ზედა ნაწილს შეადგენს პრომერისტემა. ეს უჯრედები პარენქიმულია, მჭიდ-

როდ განლაგებული და ზრდის კონუსის სხვა უჯრედებისაგან განსხვავდებიან მაღალი მერისტემული აქტივობით. ყველაზე კენწრული მერისტემის უჯრედები მოქმედებენ მთელი სიცოცხლის მანძილზე და მათ **ინიციალური** (ლათ. initio – დასაწყისი) უჯრედები ეწოდება. ინიციალური უჯრედები იყოფიან, წარმოშობენ პრომერისტემის უჯრედებს, რომლებიც ასევე აქტიურად იყოფიან, აყალიბებენ პირველად მერისტემას, რაც შეადგენს ფესვისა და ღეროს კენწრული მერისტემის ძირითად მასას. პირველადი მერისტემების უჯრედები განაგრძობენ მიტოზურ დაყოფას და წარმოშობენ ახალ მერისტემულ უჯრედებს, რომლებიც სივრცობრივად შორდებიან პრომერისტემის უჯრედებს, წყვეტენ დაყოფას, იწყებენ ზრდას, შემდეგ დიფერენცირებას განიცდიან მუდმივი ქსოვილების უჯრედებად და აყალიბებენ ღეროს ან ფესვის პირველად სტრუქტურას. პირველად მერისტემებს მიეკუთვნება აგრეთვე – **პროკამბიუმი, პერიციკლი და ინტერკალარული მერისტემები**.

მეორადი მერისტემები ფორმირდებიან ფესვისა და ღეროს პირველადი სტრუქტურის ჩამოყალიბების შემდეგ მუდმივი ქსოვილების უჯრედებიდან. მეორად მერისტემებს მიეკუთვნება **კამბიუმი და კორპის კამბიუმი** (ფელოგენი), რომელებიც ღეროში და ფესვში წრიულად არიან განლაგებული. კამბიუმის ჩამოყალიბება ხდება პროკამბიუმის უჯრედებიდან, ღეროს პარენქიმიდან და წარმოშობს ფლოემასა და ქსილემას. კორპის კამბიუმი (ფელოგენი) ყალიბდება ან ეპიდერმისის ან ეპიდერმისის ქვეშ არსებული პარენქიმული უჯრედებისაგან და წარმოშობს მფარავ ქსოვილს – კორპს.

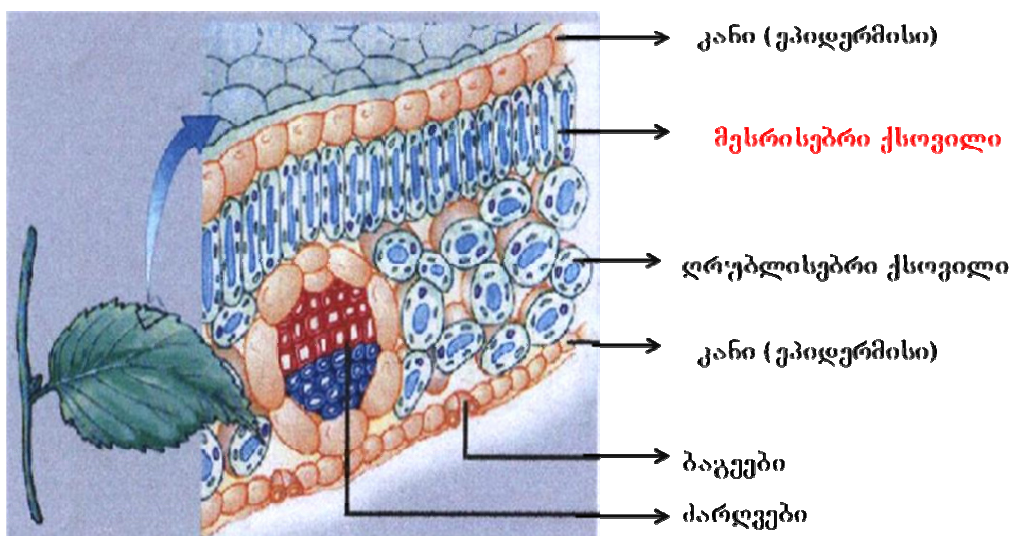
ძირითადი (პარენქიმა) ქსოვილი და მისი ტიპები

მცენარეული ორგანოების ძირითადი მასა შედგება ცოცხალი, ნივთიერებათა ცვლის აქტიური უნარის მქონე უჯრედებისაგან. ისინი ფორმირდებიან პირველადი და მეორადი მერისტემებისაგან, რომლებიც განლაგებულია ორგანოთა სხვადასხვა ნაწილში. ძირითადი ქსოვილი შეადგენს ყველა ორგანოს საფუძველს და გვხვდება ძირითადი მასის სახით ღეროს ქერქში, გულგულში, ფოთლის მეზოფილსა და ნა-

ყოფის რბილობში, ქმნის ჰორიზონტალურ სხივებს გამტარ ქსოვილში. უჯრედები ცოცხალია, გაყოფის უნარის მქონე, თამაშობენ მნიშვნელოვან როლს ჭრილობების შეხორცებასა და რეგენერაციაში, წარმოქმნიან დამატებით ფესვებს ღეროსეულ კალმებზე, მონაწილეობენ ფოტოსინთეზში (შეიცავენ ქლოროპლასტებს), მონაწილეობენ ნივთიერებათა დაგროვებასა და სეკრეციაში, ახორციელებენ აირთა ცვლას.

უმეტესად პარენქიმული უჯრედები სხვა ქსოვილებისათვის ასრულებენ დამხმარე როლს. მაგ. ის უჯრედები, რომლებიც გამტარ ელემენტებს ერტყმიან გარშემო, აძლიერებენ ამ ქსოვილების შემწოვ და მატრანსპორტირებელ ძალას. პარენქიმული ქსოვილები ასევე ღებულობენ მონაწილეობას საკვებ ნივთიერებათა გატარებაში. პარენქიმული ქსოვილის ფიზიოლოგიურ მოქმედებასთან დაკავშირებით არჩევენ: **საასიმილაციო, შთანთქმელ, სამარაგო, წყალმომარაგებელ და საჰაერო პარენქიმას.**

საასიმილაციო პარენქიმა (ქლორენქიმა) – ძირითადი ქსოვილის ეს ტიპი წარმოქმნის ორგანულ ნივთიერებებს არაორგანულიდან ფოტოსინთეზის პროცესში. შედგება თხელკედლიანი ცოცხალი უჯრედებისაგან, რომლებიც ქლოროპლასტებს შეიცავენ (ნახ. 19). ძირითადად ის მოთავსებულია მფარავი ქსოვილის ქვეშ ფოთლებსა და ახალგაზრდა ღეროებში.



ნახ. 19. ფოთლის საასიმილაციო ქსოვილი

ქლორენქიმა არ წარმოქმნის ერთგვაროვან შრეს. ის შედგება უჯრედების ორნაირი ტიპისაგან. ერთი ტიპი წარმოდგენილია პრიზმის ფორმის უჯრედებით, რომლებიც ეპიდერმისის ქვეშაა მოთავსებული და ეწოდება მესრისებრი პარენქიმა. მეორე შრე მოთავსებულია ფოთლის ქვედა მხარეს და შეიცავს დიდი რაოდენობით უჯრედშორისებს. იგი იწოდება ღრუბლისებრი პარენქიმად. წინვოვან მცენარეთა წინვებში ქლორენქიმა წარმოდგენილია განსაკუთრებული მომრგვალო, დანაოჭებულგარსიანი უჯრედებით, რომელსაც ნაოჭებიან პარენქიმას უწოდებენ.

მომმარაგებელი პარენქიმა – ამ ქსოვილის უჯრედებში გროვდება და ინახება ორგანული ნივთიერებები: ცილები, ცხიმები, ნახშირწყლები, ვიტამინები, რომლებიც მეტად ეკონომიურად იხარჯება მცენარის ზრდისა და განვითარების პროცესში. მომმარაგებელი პარენქიმა მცენარის ყველა ორგანოშია. მათი უჯრედების გარსი თხელია, ხოლო უჯრედთა ღრუ, სადაც ორგანული ნივთიერებები გროვდება, განიერი და ტევადია. ზოგიერთ შემთხვევაში სამარაგო ნივთიერებები გროვდება უჯრედის გარსშიც. მაშინ ასეთი გარსი ძალიან გასქელებულია ხოლმე (მაგ. ყავისა და ფინიკის პალმის თესლში).

სხვადასხვა სახეობის მცენარეში ორგანული ნივთიერებები გროვდება სხეულის განსაზღვრულ ნაწილებში. ხეებსა და ბუჩქებში მომმარაგებელი პარენქიმის როლს ასრულებენ ქერქის, ღეროს მერქნის, გულგულის სხივების პარენქიმული უჯრედები. ბალახოვან მრავალწლიან მცენარეებში ეს ნივთიერებები გროვდება განსაკუთრებული სპეციალიზებული ორგანოების პარენქიმაში, ბოლქვებში, ფესვისეულ და ღეროსეულ ტუბერებში, ფესურებში და ა.შ. ერთლებნიან მცენარეთა წარმომადგენლებში სამარაგო პარენქიმა იმყოფება მთელს ღეროში.

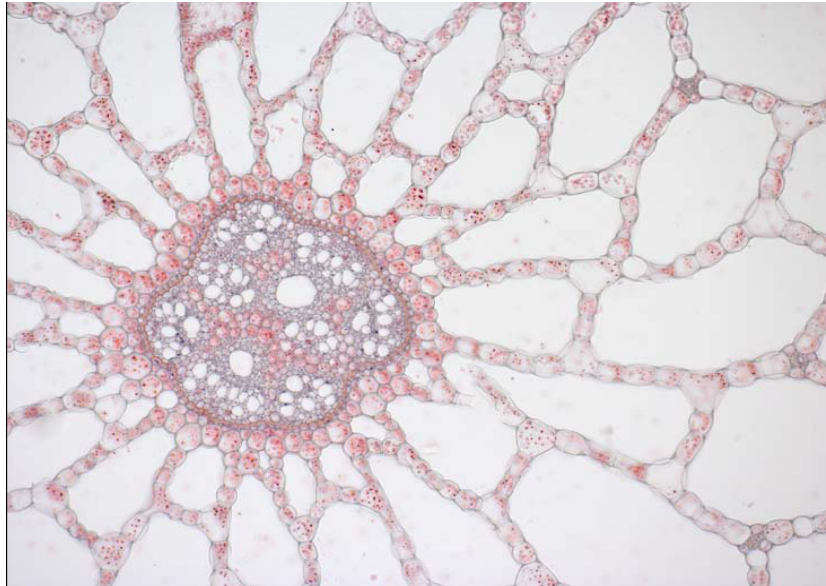
სხვადასხვა ძვირფასი ორგანული ნივთიერებების დაგროვება ხდება წვნიანი ნაყოფებისა და თესლის პარენქიმაში, ზოგან გვირგვინის ფურცლებში (ფეიხოა, კომში, ვაშლი).

არის მომმარაგებელი ქსოვილები, რომლებშიც წყალი გროვდება (**წყალმომმარაგებელი ქსოვილი**). იგი ფართოდაა გავრცელებული მშრალი ადგილების მცენარეებში (ქსეროფიტებში). ძლიერ მსხვი-

ლუჯრედიანი საწყალე პარენქიმა გვხვდება სუკულენტების ღეროსა და ფოთლებში (კაქტუსები, აგავეები, კალანხოე და სხვ.).

შთანთქმელი პარენქიმა – იმყოფება ფესვის ბუსუსების ზონაში ეპიბლემის ქვეშ. ეს ფესვის პირველადი ქერქის ახალგაზრდა პარენქიმა-ლი უჯრედებია. ისინი ბუსუსების მიერ შეწოვილი მინერალური მარილების წყალხსნარს გადასცემენ წყლის გამტარ ელემენტებს, რომლებიც ფესვის ცენტრალურ ცილინდრშია მოთავსებული. შთანთქმელი პარენქიმის უჯრედები თხელგარსიანია, მომრგვალო ფორმის, დიდი უჯრედ-შორისებით.

საჭაერო პარენქიმა (აერენქიმა) არის ქსოვილი ძლიერ განვითარებული უჯრედშორისებით. მას ასევე სავენტილაციო პარენქიმას უწოდებენ. იგი კარგადაა განვითარებული წყლისა და ჭაობის მცენარეთა ღეროსა და ფესვებში, წყლის მცენარეთა წყალქვეშა ფოთლებში. მისი დანიშნულებაა ქსოვილების მომარაგება ჟანგბადით (ნახ. 20).



ნახ.20. აერენქინა წყლის ვაზის ღეროში

მფარავი ქსოვილები

ესენი სულ განაპირა ქსოვილებია მცენარის სხეულზე, რომელთა დანიშნულებაა გარემოს არახელსაყრელი პირობებისაგან, ფიზიკური და მექანიკური ზემოქმედებისაგან (ტემპერატურის მკვეთრი ცვალებადობის, სიცხისა და სიცივის, აორთქლების, გამოშრობის, მიკროორგანიზმების შეჭრისაგან და სხვ.) მცენარის დაცვა. ამასთან ისინი არეგულირებენ გაზთა ცვლასა და ტრანსპირაციას (წყლის აორთქლებას). წარმოშობის მიხედვით არჩევენ მფარავი ქსოვილის ორ ტიპს – პირველადსა და მეორადს.

პირველად მფარავ ქსოვილს ეკუთვნის **კანი ანუ ეპიდერმისი** – იგი ფოთლის, ყვავილისა და ბევრი ნაყოფის მუდმივი მფარავი ქსოვილია, ასევე ბალახოვან მცენარეთა ღეროებისა და მერქნიან მცენარეთა ახალგაზრდა ყლორტების. კანი ძირითადად შედგება ცოცხალი, უფერული, მჭიდროდ განლაგებული უჯრედებისაგან. ბევრ შემთხვევაში მათი გარსი კლაკნილია, რაც აძლიერებს უჯრედთა კონტაქტს. ეპიდერმისის უჯრედები დიდხანს ინარჩუნებენ გაყოფის უნარს, რის გამოც არ აფერხებენ ორგანოს ზრდას. კანი მის ქვეშ მდებარე პარენქიმულ უჯრედებთან სუსტადაა დაკავშირებული, ამიტომაც იგი ადვილად სცილდება სხეულის ზედაპირს მის დაუზიანებლად.

განსხვავებული ორგანოების ეპიდერმისი ასრულებს განსხვავებულ ფუნქციას, რის გამოც მას განსხვავებული ბიოლოგიური მნიშვნელობა გააჩნია. ფოთლის ეპიდერმისი დამცველ ფუნქციასთან ერთად გაზთა ცვლისა და ტრანსპირაციის რეგულაციას ახდენს. მისი კედლები გარედან იჟღინთება ცვილისებრი ნივთიერებით – კუტინით. ეპიდერმისის ზედაპირზე კუტინის ფენას ეწოდება კუტიკულა (ლათ. cutis – ტყავი) ანუ კანზედა. კუტიკულის საერთო სისქე და მისი გასქელების ხასიათი სხვადასხვა მცენარესა და მათ ორგანოებზე სხვადასხვანაირია. მშრალი ადგილების მცენარეებში ის ძლიერ განვითარებულია, რადგანაც გადამეტებული წყლის აორთქლებისაგან იცავს.

კანი თავისი კუტიკულით კარგი საშუალებაა მცენარის გამოშრობისაგან დასაცავად, მაგრამ მცენარის შინაგანი ქსოვილები მარტო ამას როდი საჭიროებენ. პირიქით, გარკვეული რაოდენობით და გარკვეულ პირობებში წყლის დაკარგვა საჭიროა აორთქლების სახით. ამის გარდა საჭიროა, რომ მცენარეში შედიოდეს CO_2 ფოტოსინთეზისათვის და O_2 სუნთქვისათვის. ამიტომ მცენარეს უნდა გააჩნდეს ისეთი მოწყობილობა კანში, რითაც კავშირი ექნება ატმოსფეროსთან. ასეთ მოწყობილობას **ბაგე** ეწოდება. იგი შედგება ორი ნახევარმთვარისებრი ან ლობიოს ლებნების მსგავსი უჯრედებისგან, რომელთა შეზნექილი გვერდები ურთიერთმოპირდაპირეა. ეპიდერმისის ჩვეულებრივ უჯრედებთან შედარებით ისინი მცირე ზომისაა და მ კ ე ტ ა ვ ი უჯრედები ეწოდება. ეს უჯრედები არეგულირებენ ბაგეების გახსნასა და დახურვას. ზოგჯერ ეპიდერმისის ის უჯრედები, რომლებიც მკეტავ უჯრედებს ეხებიან, მონაწილეობენ ბაგეთა გახსნა-დახურვასა და გაზთა ცვლაში. მსგავს შემთხვევაში ისინი თითქოს ორგანულად არიან ბაგეებთან შერწყმული და შედიან მის შემადგენლობაში. ბაგური აპარატი შედგება ორი მკეტავი უჯრედისა და მათ შორის არსებული



ნახ. 21. ფოთლის ბაგეების აგებულება

ხვრელით. წყლის აორთქლების რეგულირება ბაგეების მიერ ხდება მკეტავი უჯრედების ტურგორული მდგომარეობით. ტურგორულ მდგომარეობაში მკეტავი უჯრედები იჭიმებიან და ბაგის ხვრელი იხ-

ლი ბაგის ხვრელისაგან. მის განივჭრილზე (ნახ. 21) მკეტავი უჯრედების ქვეშ კარგად ჩანს ბაგის საჭაერო ანუ სასუნთქი კამერა. სასუნთქი კამერა ატმოსფეროს უკავშირდება ბაგის ხვრელის საშუალებით. ბაგის ხვრელის სულ გარეთა გაფართოებულ ნაწილს ეწოდება **ნ ი ნ ა ე ზ ო**, ხოლო შიგნითა ნაწილს – **უ კ ა ნ ა ე ზ ო**. წინა და უკანა ეზოები ერთმანეთს უკავშირდება ბაგის ცენტრალური

სნება. პლაზმოლიზის დროს კი მკეტავი უჯრედების დაუჭიმავი გარსი იკუმშება და ბაგის ხვრელი იხურება.

ბაგეების უჯრედები, კანის სხვა უჯრედებისაგან განსხვავებით, შეიცავენ ქლოროპლასტებს, რასაც გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ტურგორის რეგულირებისათვის. როცა ქლოროპლასტებში შაქრები წარმოიშობა, უჯრედის წვენის კონცენტრაცია იზრდება, მათი შემწოვი ძალა დიდდება და ისინი წყალს შეიწოვენ მეზობელი უჯრედებიდან. ამ დროს, მკეტავი უჯრედები გადადიან რა ტურგორულ მდგომარეობაში, იჭიმებიან და ბაგის ხვრელი იხსნება. როცა შაქარი სახამებლად გარდაიქმნება, მკეტავი უჯრედები პლაზმოლიზურ მდგომარეობაში გადადიან და ბაგის ხვრელი იხურება. მთლიანობაში, მკეტავი უჯრედების გახსნა-დახურვას ბევრად რთული მექანიზმები განაპირობებენ, რაც დამოკიდებულია სხვადასხვა პირობებსა და მიზეზებზე (უჯრედების წყლით გაჯერების ხარისხზე, განათების ინტენსიურობაზე, CO₂-ის შემცველობაზე, ტემპერატურაზე და სხვ.)

სხვადასხვა მცენარის ბაგეები მორფოლოგიურად განსხვავდება ერთმანეთისაგან მკეტავი უჯრედების აგებულებით, ბაგის ხვრელით, თანმხლები უჯრედებით და სხვა თავისებურებებით. მათ აგებულებაზე, რიცხვზე, განლაგებაზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგურ-კლიმატური პირობები. ხმელეთის მცენარეებს ბაგეები უმეტესად განლაგებული აქვთ ფოთლის ქვედა ეპიდერმისში. წყლის მცენარეებში ზედაპირზე მოცურავე ფოთლებზე ბაგეები განლაგებულია ფოთლის ზედა მხარეზე. წყლის მცენარეებსა და ჭარბტენიანი ადგილების მცენარეებს უვითარდებათ საწყალე ბაგეები – ჰიდატომატი. ჩვეულებრივი ბაგეებისაგან განსხვავებით ისინი წარმოიშობიან პარენქიმული უჯრედების ჯგუფიდან ფოთლის წვეროზე ან კბილანებზე. ჰიდატოდების ხვრელის საშუალებით ამ უჯრედებიდან გამოიყოფა წყლის წვეთები. წყლის გამოყოფას წვეთების სახით ეწოდება გუტაცია (ნახ. 22).

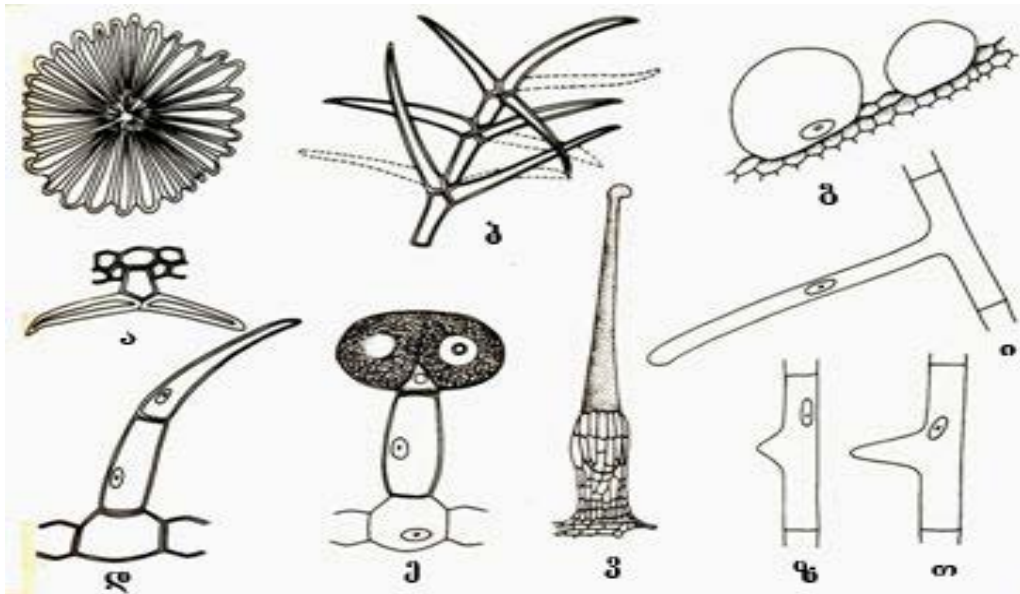
ტრიქომები (ბუსუსები) – წარმოადგენენ ერთ ან მრავალუჯრედიან გამონაზარდებს ეპიდერმისის ზედაპირზე. მათ ყოფენ მფარავად (ბუსუსები, ქერქლები, საწოვარები და სხვ.) და ჯირკვლოვანად. მფარავები უმეტესად მკვდარი წარმონაქმნებია, ჰაერით სავსე, რომლებიც ფარავენ ბევრი ქსეროფიტი მცენარის ღეროებსა და ფოთლებს. ჯირკვლოვანები ცოცხალი სტრუქტურებია, რომლებიც გამოყოფენ ეთერზეთებს, შაქრებს, ალკალოიდებს, ფისებს და სხვ.



ნახ. 22 გუტაციის მოვლენა

ტრიქომების ბიოლოგიური მნიშვნელობა სხვადასხვა მცენარისათვის სხვადასხვანაირია. ბევრ შემთხვევაში ბუსუსების ხშირი ფენა იცავს გადახურებისა და ზედმეტი წყლის აორთქლებისაგან. უხეში ჯაგრისებური ბუსუსები მცენარეებს იცავენ ბალახისჭამია ცხოველების, ლოკოკინებისა და სხვათა დაზიანებისაგან. ჯირკვლოვანი ბუსუსებიც იცავენ მცენარეს ცხოველების მიერ დაზიანებისაგან. ბევრ მათგანს აქვს ერთი ან რამდენიმე თავაკი, სადაც გროვდება გამონაყოფები. ზოგ შემთხვევაში ბუსუსების უჯრედთა გარსი იჟღინთება სილიციუმითა და კუტინით, მაგალითად ჭინჭრის მსუსხავი ბუსუსები (ნახ. 23).

ეპიდერმისის ზედაპირზე ხშირად წარმოიშობა განსაკუთრებული გამონაზარდები, რომელთა წარმოქმნაში გარდა ეპიდერმისისა, მონაწილეობენ მის ქვეშ მდებარე უჯრედები. ასეთ გამონაზარდებს ეწოდება **ე მ ე რ გ ე ნ ც ე ბ ი**. მათ მიეკუთვნება ვარდის, ასკილის, ჟოლოს ქაცვები, რომლებიც წარმოიშობა ფოთლის ყუნწებსა და ნორჩ ყლორტებზე.



ნახ.23. სხვადასხვა სახის ტრიქომები ეპიდერმისის ზედაპირზე

- ა – კარტოფილის (*Solanum tuberosum*), ბ – გულსოსანას (*Verbascum thapsus*),
 გ – ლავანდას (*Lavandula vera.*), დ-ფუტკარას (*Digitalis*), ე – გერანის
 (*Pelargonium roseum*),
 ვ- ჭინჭრის (*Urtica urens*), ზ, თ, ი – ფესვის ბუსუსის განვითარება.

პერიდერმა. ეპიდერმისი მერქნიან მცენარეებში და ზოგიერთ ორლებნიან ბალახოვნებში ჩქარა იცვლება მეორადი მფარავი ქსოვილით – კორპით (ფელემით), რომელიც შედის მფარავ ქსოვილთა კომპლექსში – პერიდერმაში. პერიდერმის ძირითად მასას გაკორპებული უჯრედები წარმოადგენენ, რომლებიც მეტად მჭიდროდ არიან განლაგებული. იგი მრავალი წყება უჯრედისაგან შედგება და ამის გამო ღეროს ზედაპირზე ქმნის სქელ საფარველს, რომელიც ხასიათდება სუსტი სითბოგამტარობით, არ ატარებს აირებს, სითხეებსა და მიკროორგანიზმებს. ასეთი მფარავი ქსოვილი დამახასიათებელია მეორადი გასქელების ღეროსა და ფესვისათვის.

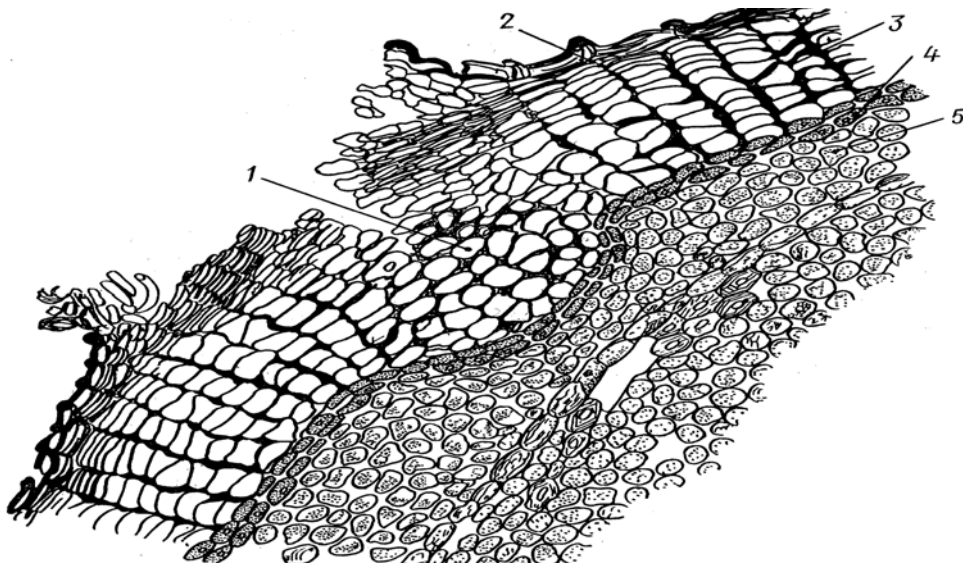
პერიდერმის ფორმირება იწყება განსაკუთრებული მეორადი მერისტემის, ე.წ. ფელოგენის ანუ კორპის კამბიუმის წარმოშობის მომენტიდან (ნახ. 24). სხვადასხვა მცენარეში ფელოგენის ჩასახვა ხდება სხვადასხვანაირად. ზოგ შემთხვევაში იგი წარმოიშობა უშუალოდ ეპიდერმის ქვეშ მდებარე პარენქიმული უჯრედებიდან, ან ქერქის პარენ-

ქიმის ღრმად მდებარე ფენებიდან, ან ზოგჯერ პერიციკლის რგოლიდან. ყველა შემთხვევაში ფელოგენი ჩაისახება რგოლურად და იყოფა პერიკლინალურად. ახლადწარმოშობილი უჯრედების გამოყოფა ხდება ორივე მხარეს. ამასთან გარეთ უფრო მეტი რაოდენობით, ვიდრე შიგნით. გარეთ გამოყოფილი უჯრედები ოთხკუთხედის ფორმისაა. ისინი ჩამოყალიბების შემდეგ გაკორპებას განიცდიან და კვდებიან. ამის შედეგად გარეთა მხარეს იქმნება ახალი მფარავი ქსოვილის უჯრედების შრე-კორპი ანუ ფ ე ლ ე მ ა.

ფელოგენის მიერ შიგნით წარმოშობილი უჯრედები ცოცხალია, პარენქიმული, მომრგვალო ფორმისაა და შეიცავენ ქლოროპლასტებს. ისინი სუსტად განირჩევიან ქერქის პარენქიმის უჯრედებისაგან და მათი რაოდენობა უმნიშვნელოა. ამ შრეს ეწოდება ფ ე ლ ო დ ე რ მ ა.

ამრიგად, ყალიბდება ახალი კომპლექსური მფარავი ქსოვილი, რომელიც შედგება: 1) ფელემისაგან ანუ გაკორპებული უჯრედების შრისაგან, 2) ფელოგენისაგან ანუ კორპის კამბიუმისაგან, 3) ფელოდერმისაგან – ფელოგენის მიერ წარმოშობილი ქლოროფილის შემცველი პარენქიმისაგან.

იშვიათ შემთხვევაში ფელოგენის მიერ გამოყოფილი უჯრედები განიცდიან არა გაკორპებას, არამედ გახევებას, რის შედეგად ყალიბდება გახევებული უჯრედების ცალკეული მწკრივები. ასეთ უჯრედებს ეწოდება კორპისებრი, ანუ ფელოიდები, ხოლო მათ მიერ შექმნილ ქსოვილს—ფელოიდური ქსოვილი. ხშირ შემთხვევაში ფელოიდური უჯრედების რიგი კორპის უჯრედების რიგთან მონაცვლეობს. კორპის შრე გაუმტარია აირების, სითხეებისა და მიკროორგანიზმებისათვის. ღეროსა და ფესვის ნაწილები, რომელთაც განიცადეს მეორადი გასქელება და დაფარული არიან გაუმტარი ქსოვილით – კორპით, გაზთა ცვლის განსახორციელებლად აღიჭურვნენ სტრუქტურული მოწყობილობით – მეჭეჭებით. მეჭეჭები შედგება ფაშარად განლაგებული მომრგვალო პარენქიმული უჯრედებისაგან, რომლებიც ქმნიან ბურცოებს. ისინი არღვევენ პერიდერმის მთლიანობას და გარეგანი დათვალიერებისას მეჭეჭების ამობურცულობა შეუიარაღებელი თვალითაც ჩანს (ნახ. 24).



ნახ. 24. ანწლის პერიდერმისა და მეჭეჭების აგებულება
1 – მეჭეჭების ამომფენი ქსოვილი, 2 – ეპიდერმისი, 3 – კორპი,
4 – ფელოგენი, 5 – ფელოდერმა.

ფუტი. მერქნიანებსა და ბუჩქოვანებში ფელოგენი რგოლად ჩაისახება ხოლმე და მოქმედებს რამდენიმე წელს. შემდეგ წარმოიშობა ფელოგენის ახალი უბნები და ყალიბდება ახალი პერიდერმა ქერქის პარენქიმის სხვადასხვა სიღრმეში ფლოემის ნაწილების ჩართვით. ამის შედეგად ქერქში ხდება რამდენადმე უთანაბრო ზრდა. შიგნით ახლად წარმოშობილი პერიდერმის უბნების მოწოლის გამო მისი გარეთა ხნიერი ნაწილები სკდება და ამგვარად წარმოიშობა ფუტი. მერქნიან მცენარეებში ეს პროცესი გრძელდება მთელი სიცოცხლის მანძილზე. პერიდერმის გარეთა ხნიერი ნაწილები მთლიანად კვდებიან, ნაწილობრივ შეფერადდებიან და ცვივიან, ხოლო შიგნითა მხრიდან ხდება პერიდერმის ახალი ნაწილების წარმოშობა. ამის შედეგად ყალიბდება თითქოს მესამეული მფარავი ქსოვილი ანუ ფუტი (ნახ. 25), რომელიც შედგება ქსოვილების მეტად რთული კომპლექსისაგან. იგი იცავს მის შიგნითა ქსოვილებს სიცხის, სიცივისა და მზის დამწვრობისაგან, ცეცხლისადმი გამძლეა. ტყის ხანძრისას სქელფუტიანი ხეები ჩვეულებრივ უფრო გადარჩებიან ხოლმე.



ნახ. 25. სქელფუტიანი მცენარე

დავალება 1. ღეროს აპიკალური მერისტემის აგებულების შესწავლა მუდმივი პრეპარატის გამოყენებით

სამუშაოს მსვლელობა: ღეროს აპექსის განივჭრილის პრეპარატი დაათვალიერეთ მცირე გადიდებით და იპოვეთ ზრდის კონუსი. კონუსისაგან გარკვეულ მანძილზე, ღეროს ზედაპირზე ჩანს ფოთლის ჩანასახი – ფოთლების პრიმორდიუმები, რომელთა ზომა მატულობს ზრდის კონუსისაგან დაშორების მანძილთან ერთად. დიდ გადიდებაზე დაათვალიერეთ მერისტემულ უჯრედთა აგებულება.

ჩაიხატეთ ღეროს აპიკალური მერისტემის სქემატური აგებულება.

აღნიშნეთ ზრდის კონუსი, ფოთლის პრიმორდიუმი.

დავალება 2. აერენქიმის აგებულების შესწავლა წყლის ვაზის განივ-ჭრილის მუდმივი პრეპარატის გამოყენებით

სამუშაოს მსვლელობა: მცირე გადიდებით დაათვალიერეთ მოცემული პრეპარატი. განივჭრილზე ჩანს, რომ უშუალოდ ეპიდერმისის ქვეშ განლაგებულია ქსოვილი დიდი უჯრედშორისებით, რომლებიც ერთმანეთისაგან გამოყოფილია პატარა ზომის, ცისფრად შეღებილ უჯრედთა ერთი შრით. ეს ქსოვილი იწოდება აერენქიმად.

ჩაიხატეთ წყლის ვაზის აერენქიმის სქემატური აგებულება.

აღნიშნეთ: ეპიდერმისი, უჯრედშორისები, აერენქიმა.

დავალება 3. პირველადი მფარავი ქსოვილის აგებულების შესწავლა ნემსინვერას ფოთლის ეპიდერმისის მუდმივი პრეპარატის გამოყენებით

სამუშაოს მსვლელობა: მცირე გადიდებით დაათვალიერეთ ნემსინვერას ფოთლის ეპიდერმისის აგებულება. უჯრედების ძირითადი მასა უფერულია და აქვთ კლაკნილი კედლები. ბაგეების მკეტავ უჯრედებს აქვთ მცირე ზომები და შეფერილი არიან მოყვითალო-ყავისფრად. მიკროხრახნის მოძრაობით შეიძლება დაინახოთ ნემსინვერას ეპიდერმისის უჯრედებზე მარტივი და ჯირკვლოვანი ტრიქომები. ამ უკანასკნელებს აქვთ ბოლოებზე ეთეროვანი ზეთების სათავსოები. ტრიქომების უჯრედები განსხვავდებიან გარეგნულად ეპიდერმისის ძირითადი უჯრედებისაგან.

ჩაიხატეთ ნემსინვერას ფოთლის ეპიდერმისის აგებულება.

აღნიშნეთ: ეპიდერმისის ძირითადი უჯრედები, მარტივი და ჯირკვლოვანი ტრიქომები, ბაგეების მკეტავი უჯრედები, ბაგის ხვრელი.

დავალება 4. პერიდერმის აგებულების გაცნობა ანწლის ღეროს განივჭრილის მუდმივი პრეპარატის გამოყენებით

სამუშაოს მსვლელობა: პრეპარატზე იპოვეთ პერიდერმის მონაკვეთი მეჭეჭით. ღეროს გარეთა მხარეს განლაგებულია მკვდარი ეპიდერმისის ფენა, მის ქვეშ რადიალურად განლაგებული, ყავისფრად შეღებილი, მჭიდროდ მიჯრილი უჯრედთა რიგები. ეს კორპია. მის ქვემოთ მოთავსებულია კორპის კამბიუმი (ფელოგენი), ქვეშ კი – ფელოდერმა. უკანასკნელი ქსოვილები ცოცხალია და შეფერილი არიან მწვანედ ან ცისფრად. ტრანსპირაციისა და გაზთა ცვლისათვის პერიდერმაში მოთავსებულია მეჭეჭები.

ჩაიხატეთ ანწლის პერიდერმისა და მეჭეჭების აგებულება

აღნიშნეთ: კორპი, ფელოგენი, ფელოდერმა, მეჭეჭები.

საკონტროლო კითხვები:

1. რომელ მცენარეებს აღნიშნათ პირველად ქსოვილური აგებულება? რას წარმოადგენენ მცენარეული ქსოვილები?
2. დაასახელეთ მერისტემის ტიპები, მათი ლოკალიზაცია და უჯრედების აგებულება.
3. რომელი ქსოვილები მიეკუთვნება ძირითადს? დაასახელეთ მათი აგებულებისა და ფუნქციის თავისებურებანი, განსაზღვრეთ მცენარის სხეულში მათი ლოკალიზაციის ადგილები.
4. ჩამოთვალეთ ეპიდერმისის ძირითადი ფუნქციები. მიუთითეთ მათი შემადგენელი უჯრედთა ტიპები და ფუნქციები. როგორი აგებულებისაა ბაგური აპარატი?
5. აღწერეთ პერიდერმისა და კორპის აგებულება, მიუთითეთ მათი ლოკალიზაცია და ძირითადი ფუნქციები.

თემა – მექანიკური, გამტარი და საკრეატორული ქსოვილები

სამუშაოს მიზანი: მექანიკური და გამტარი მცენარეული ქსოვილების აგებულების გაცნობა.

ამოცანა: 1. მექანიკურ ქსოვილთა მრავალფეროვნების გაცნობა გოგრის ღეროს განივჭრილის მაგალითზე.
2. დახურული კოლატერალური და ღია ბიკოლატერალური გამტარი კონების აგებულების გაცნობა.
3. ტრაქეალური ელემენტების სხვადასხვა ტიპების გასქელებათა გაცნობა გოგრის ღეროს გრძივი განაჭერის პრეპარატის მაგალითზე.

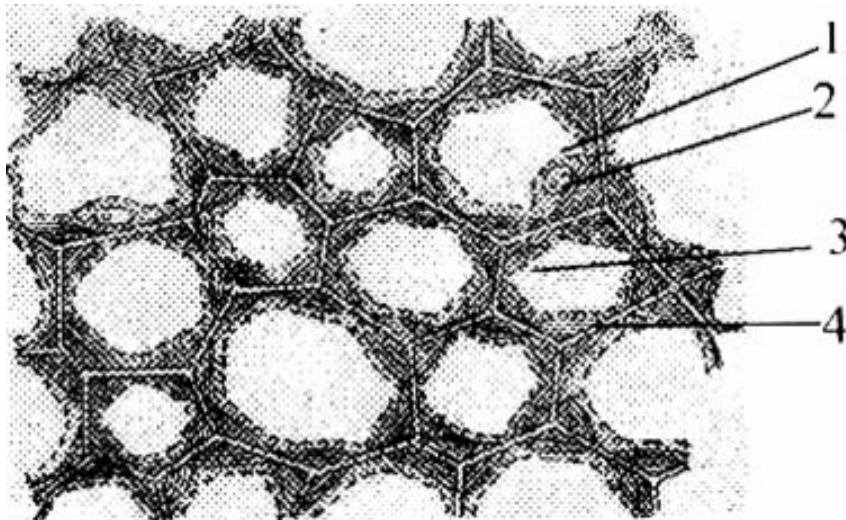
თეორიული ცნობები

მექანიკური ქსოვილები მცენარეს აძლევენ საშუალებას, წინააღმდეგობა გაუწიონ გარეგან მექანიკურ ზემოქმედებას: ქარს, წვიმას, თოვლის დანოლას და ამავე დროს უმკლავდებიან მთელი სხეულის სიმძიმეს. ამდენად ისინი მცენარეული სხეულის ფიზიკური სიმტკიცის შენარჩუნების ფუნქციას ასრულებენ და მცენარეში იმ არმატურას ქმნიან, რომელშიც ყველა სხვა ქსოვილია მოქცეული. მათი მეშვეობით მცენარის ორგანოები დაცულია გადატეხის, გახლეჩისა თუ განწყვეტისაგან. ამ ქსოვილის შემადგენელ უჯრედებს ახასიათებს გარსის ძლიერი გასქელება. ზოგიერთი გამონაკლისის გარდა უჯრედები მკვდარია. გამოყოფენ სამი ტიპის მექანიკურ ქსოვილს: **კოლენქიმას, სკლერენქიმასა და სკლერეიდებს.**

კოლენქიმა პირველადი წარმოშობის მექანიკური ქსოვილია. შედგება ცოცხალი უჯრედებისაგან ძლიერ გასქელებული გარსით. კოლენქიმად გარდაიქმნება პირველადი ქერქის პარენქიმული უჯრედები, რომლებიც განლაგებულნი არიან მფარავი ქსოვილის ქვეშ. ცოცხალი შიგთავსისა და ქლოროპლასტების შემცველობის მეოხებით კოლენქიმის უჯრედებში აქტიურად მიმდინარეობს ნივთიერებათა ცვლის რეაქციები. კოლენქიმის უჯრედების გარსი ხასიათდება უთანაბრო გასქელებებით, რაც უჯრედების ერთმანეთთან განწყობაზეა დამოკიდებული.

ლი. არჩევენ ფირფიტოვან, კუთხურ და ფაშარ კოლენქიმას. ფირფიტოვანისას სქელდება კოლენქიმის უჯრედების ტანგენტალური გარსები, რადიალურები კი თხელი რჩება. კუთხურ კოლენქიმაში გასქელებულია უჯრედის გარსის კუთხეები (ნახ. 26). ფაშარი კოლენქიმა კუთხურისა და ფირფიტოვანისაგან განსხვავდება დიდი უჯრედშორისებით. კოლენქიმის უჯრედების მექანიკური თვისებების განსაკუთრებული მნიშვნელობა მდგომარეობს იმაში, რომ ისინი თითქოს ასრულებენ ზამბარული ქსოვილის დანიშნულებას. მათი გარსის არათანაბარი გასქელება ამ უჯრედებს უქმნის განსაკუთრებულ გამძლეობას გრეხილობაზე, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ძლიერი ქარის დროს.

კოლენქიმა ძირითადად მცენარის ახალგაზრდა, მოზარდ ნაწილებში გვხვდება. იგი დამახასიათებელია ბალახოვანი მცენარეების ღეროს, ფოთლების, ყვავილებისა და ზოგჯერ ნაყოფების ყუნწისათვის. მერქნიან მცენარეებში კოლენქიმა გვხვდება 1-2 წლიან ყლორტებში პირველადი ქერქის ჩამოშლამდე, მეორადი მფარავი ქსოვილის – კორპის წარმოშობის წინ. კოლენქიმის განსაკუთრებულ ფორმას წარმოადგენს ფოთლის ჰიპოდერმა, რომელიც მექანიკურ ფუნქციასთან ერთად ასრულებს ზედმეტი წყლის აორთქლებისაგან ფოთლის დამატებითი დაცვის ფუნქციას. ერთლებნიან მცენარეებში იგი ზოგჯერ ღეროს მუხლებშია განლაგებული, რაც მათ ჩანოლისაგან იცავს.



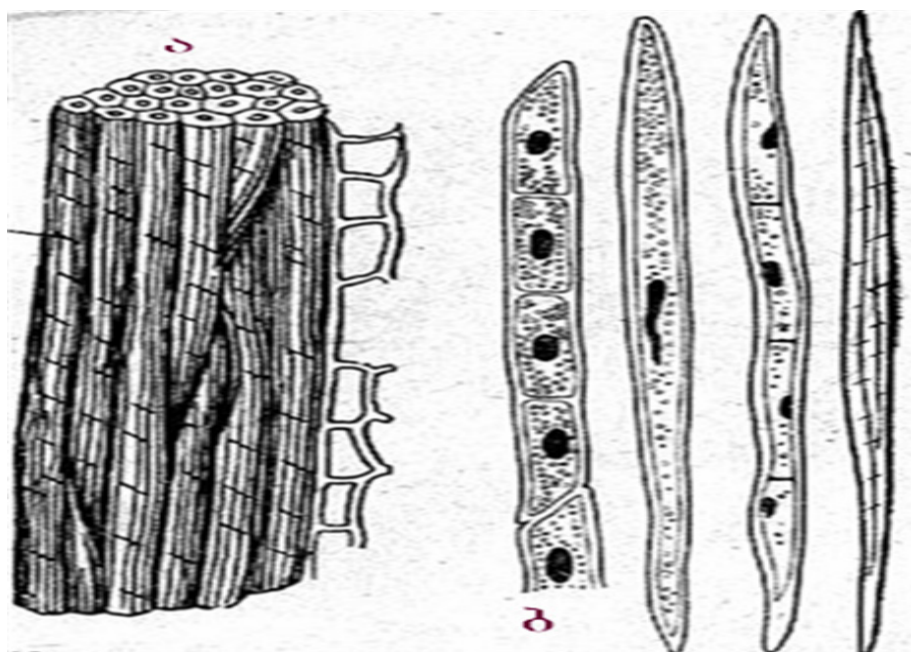
ნახ. 26. კუთხური კოლენქიმა

1 – ციტოპლაზმა, 2 – ბირთვი, 3 – ვაკუოლი,
4 – გასქელებული უჯრედის კედელი.

სკლერენქიმა თესლოვანი მცენარეების ყველა წარმომადგენელში არმატურის მეტად მნიშვნელოვანი და ფართოდ გავრცელებული ფორმაა. იგი გვხვდება ყველა ორგანოში: ფესვში, ღეროში, ფოთოლში, ნაყოფში, ყვავილში და ა.შ. მისი უჯრედები პროზენქიმულია, ნანვეტებული ბოლოებით და ძლიერ გასქელებული მაგარი გარსით. კოლენქიმისაგან განსხვავებით სკლერენქიმის უჯრედების გარსი გასქელებულია თანაბრად, უჯრედები განლაგებულია მჭიდროდ, რის გამოც უჯრედშორისები არაა გამოხატული. სკლერენქიმის ცალკეულ უჯრედებს უწოდებენ სქელგარსიან ან ელემენტარულ ბოჭკოს.

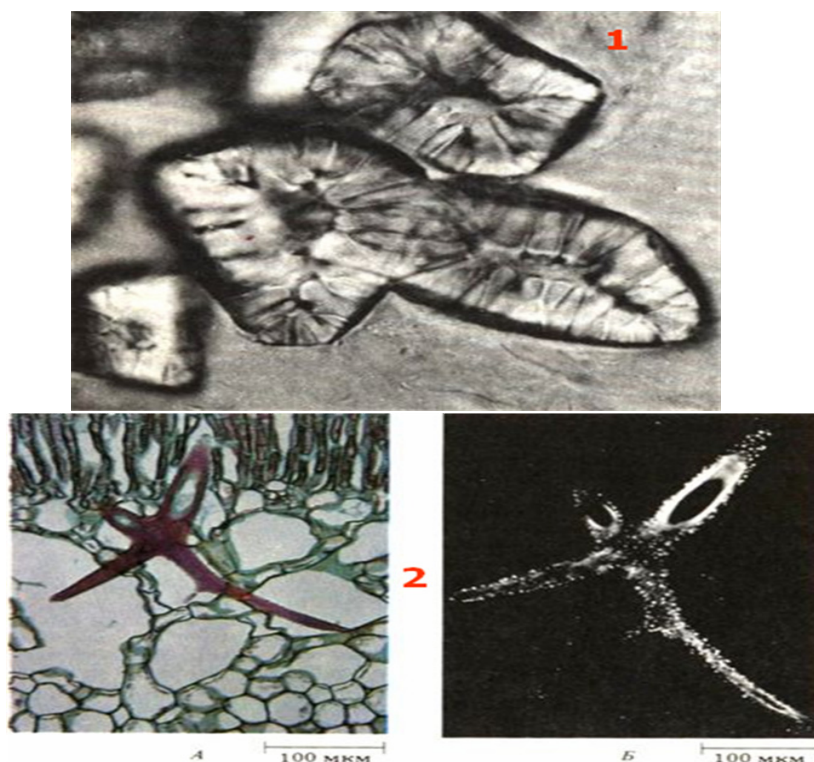
წარმოშობის მიხედვით არჩევენ პირველად და მეორად სკლერენქიმას. პირველადი წარმოიშობა პროკამბიალური კონების უჯრედებისაგან, ან პერიციკლური ბოჭკოებისაგან. მეორად სკლერენქიმას აყალიბებს კამბიუმი. სკლერენქიმულ ბოჭკოებს, რომლებიც განლაგებულია ღერძითი ორგანოების ქერქის ნაწილში, ეწოდებათ **ფლოემური ლაფნის ბოჭკოები**. ხშირად ისინი ყალიბდებიან პერიციკლისაგან და ეწოდებათ პერიციკლური ბოჭკოები. კამბიუმისაგან ფორმირებულ ქსილემაში (მერქანში) მყოფ სკლერენქიმულ ბოჭკოს ეწოდება **მერქნის მოჭკო** ანუ ლიბრიფორმი. ლაფნის ბოჭკოებისაგან განსხვავებით ისინი შესამჩნევად მოკლეები არიან. მერქნის ბოჭკოს მთავარი განმასხვავებელი ნიშანია შესამჩნევად გასქელებული გარსი, მერქნის სხვა ელემენტებთან შედარებით. ლიბრიფორმის უჯრედები ძლიერ გამძლეა, მაგრამ ელასტიურობა თითქმის არ გააჩნია. იმის გამო, რომ ისინი უმთავრესად ღერძითი ორგანოების ცენტრში იმყოფებიან, მათ მთავარ მექანიკურ ფუნქციას წარმოადგენს საყრდენობა და თვით მთელი მცენარის სიმძიმის ატანაც კი.

ლაფნის ბოჭკო გვხვდება ღეროსა და ფესვის ქერქში, ფოთლის ყუნწსა და ფირფიტაში, ყვავილისა და ნაყოფის ყუნწში და ზოგჯერ ნაყოფებშიც. ის უფრო ხშირად გვხვდება ბალახოვანი მცენარეების ღეროში. ლაფნის ბოჭკოს ძვირფასმა თვისებებმა (სიმტკიცე, განსაკუთრებული ელასტიურობა, ბოჭკოს სიგრძე და გაუხველობა) შესაძლებელი გახდა საფეიქრო მრეწველობაში მათი გამოყენება. მეორეული ლაფნის ბოჭკო პირველადზე შესამჩნევად მოკლეა და ხშირად გახევებას განიცდის (ნახ. 27).



ნახ. 27. ა – ლაფნის ბოჭკოები, ბ – მერქნის ბოჭკოები.

სკლერეიდები – ესაა იზოდიამეტრული უჯრედები ძლიერ გასქელებული გარსით. გარსი ხშირად იჟლინთება კირით, სილიციუმითა და კუტინით. ძლიერ გასქელებული გარსის გახელება ხშირად იწვევს უჯრედების შიგთავსის კვდომას. სკლერეიდები შეიძლება ქმნიდნენ ქსოვილურ დაჯგუფებებს, ან ერთეული უჯრედების – იდიობლასტების სახით იყვნენ მცენარის სხეულში განლაგებული. ზოგჯერ მათ გაქვავებულ უჯრედებსაც უწოდებენ. გაქვავებული მტკიცე უჯრედებიანი ქსოვილი ყალიბდება კაკლის, თხილის ნაჭუჭში, ალუბლის, ატმის, ტყემლის და სხვანაყოფების კურკაში. საყრდენ-გაქვავებული უჯრედები გვხვდება მცენარის ღეროში, ზოგიერთი მცენარის გულ-გულში, ნაყოფებში (მსხლში, კომშში), ბევრ ტყავისებრ ფოთლებიან მარადმწვანე მცენარეებში. ლამაზი, დატოტვილი, ძლიერ კუტინიზებული საყრდენი უჯრედები არის წყლის მცენარე ღუმფარას ფოთლებში (ნახ. 28).



ნახ. 28. 1–სკლერეიდები (გაქვავებული უჯრედები) მსხლის ნაყოფში,
2–განტოტვილი სკლერეიდა მცენარე დუმფარას ფოთოლში,
მისი გარსი შეიცავს წვრილ კრისტალებს.

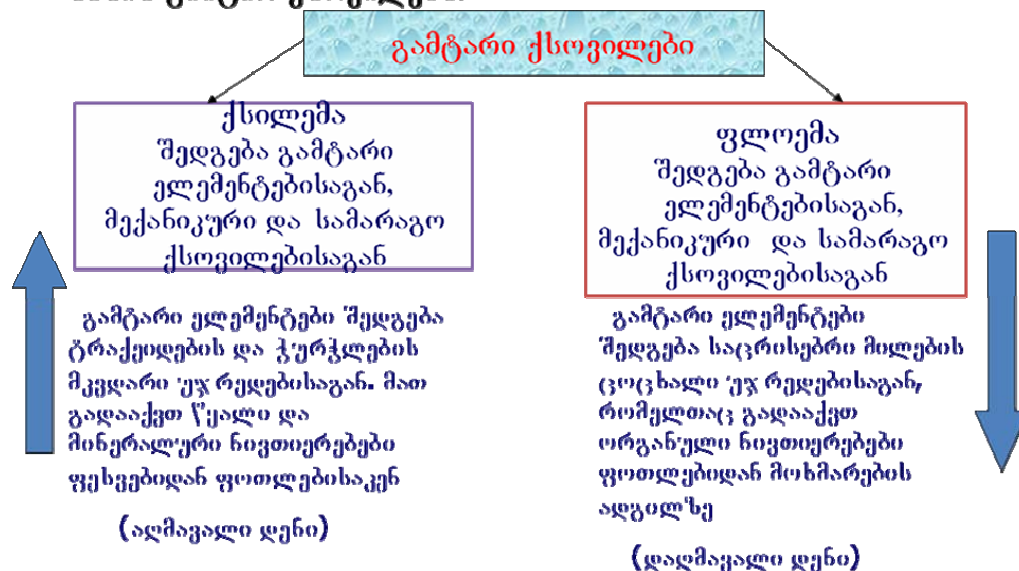
გამტარი ქსოვილები

გამტარი ქსოვილები ასრულებენ ნივთიერებებთან ტრანსპორტირების ფუნქციას მცენარეში. ისინი მცენარეთა სხეულში წარმოქმნიან უწყვეტ დატოტიანებულ სისტემას, რომელიც ყველა ორგანოს ერთმანეთთან აკავშირებს. მცენარე ნიადაგიდან იღებს წყალსა და მასში გახსნილ მინერალურ მარილებს ფესვების საშუალებით და გადაამოძრავებს მათ ფოთლებისაკენ. ფოთლებში კი ხდება ორგანულ ნივთიერებებთან სინთეზი ფოტოსინთეზის პროცესში. ეს ნივთიერებები აგრეთვე მცენარის სხვადასხვა ორგანოსა და ნაწილში იგზავნება. გამტარი სისტემა ორი კომპლექსური ქსოვილისაგან შედგება: **ქსილემით** ხდება ნივთიერებებთან გადაადგილება ფესვებიდან ღეროებსა და ფოთლებში (აღმავალი დენი), ხოლო **ფლოემით**, წყალში გახსნილი

ორგანული ნივთიერებების – ნახშირწყლების, ამინომჟავების და სხვ. გადაადგილება ფოთლებიდან ღეროებსა და იქედან ფესვებში (დაღმავალი დენი).

გამტარი ქსოვილები

- ◆ გამტარ ქსოვილებს გადააქვთ წყალი და მასში გახსნილი მინერალური ნივთიერებები, ასევე ორგანული ნივთიერებები მცენარის სხვადასხვა ორგანოში. მცენარეებში გამოყოფენ ორი სახის გამტარ ქსოვილებს:



ქსილემა წარმოადგენს რთულ ქსოვილს, რომელიც შედგება **გამტარი ელემენტების** (ჭურჭლებისა და ტრაქეიდებისაგან), **მექანიკური ბოჭკოებისა** და **პარენქიმული უჯრედებისაგან**. ქსილემის წყალგამტარი ჰისტოლოგიური ჭურჭლები ორი ტიპისაა: ტრაქეები და ტრაქეიდები. ერთიც და მეორეც გასწვრივ რიგებადაა განლაგებული. მოქმედ მდგომარეობაში მკვდარი, პროზენქიმული უჯრედებია უთანაბროდ გასქელებული, ლიგნიფიცირებული კედლებით. **ტრაქეიდები** – უნასვრეტო განივი კედლებით, **ტრაქეები** – ნასვრეტო განივი კედლებით. ტრაქეიდების განივი ტიხრების უნასვრეტობა განპირობებულია წყლის დენის სხლეტითი მოძრაობით მის დახრილ, მრავალ გარემოიან ფორების მქონე ზედაპირზე. ისინი წარმოიშობა პროკამბიალური კონებიდან. გვიმრანაირებსა და შიშველთესლოვნებში ქსილემის ძირითადი მასა

მხოლოდ ტრაქეიდებისაგან შედგება. ფარულთესლოვანებში ტრაქეიდები ძირითადად ფორმირდებიან პირველად ქსილემაში.

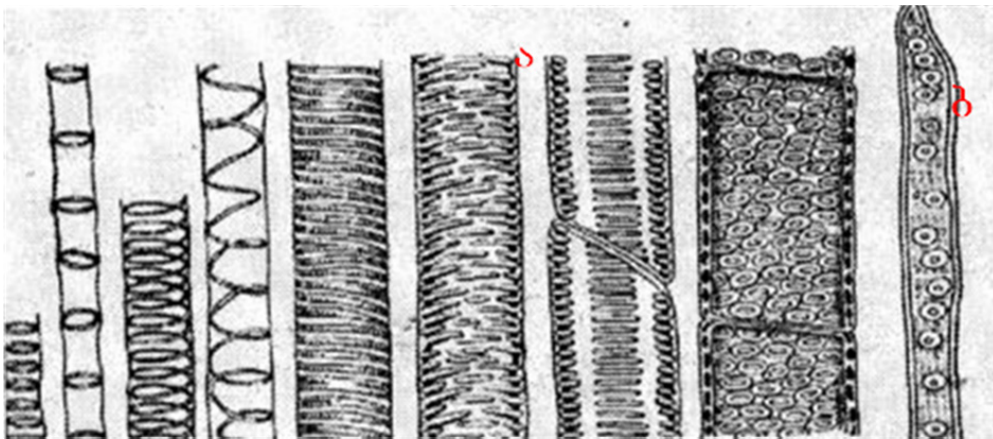
ტრაქეები ანუ ჭურჭლები ერთნაირად ერთი მეორეზე ვერტიკალურად განლაგებული უჯრედების გაერთიანებით წარმოიქმნება, რომელთა შორის ტიხრები გახვრეტილია (პერფორაციანებიანია) და ამის გამო წყალი თავისუფლად მოძრაობს. თითოეული ჭურჭელი შედგება აუარებელი სახსრებისაგან. ისინი ყალიბდებიან ფესვისა და ღეროს პროკამბიალური უჯრედებისაგან, რომლებიც ორგანოს სიგრძის გასწვრივ ერთიმეორეზე არიან განლაგებული. ამ უჯრედების გარსი სქელდება და ყალიბდება ფორების მნიშვნელოვანი რიცხვი. გასქელების დამთავრების შემდეგ გარსი განიცდის გახევებას, ხოლო ჭურჭლების სახსრები კარგავენ ცოცხალ შიგთავსს. ჭურჭლების სახსრებს შორის განივი ტიხრების გახვრეტის შედეგად ყალიბდება ჭურჭელი (ტრაქეა). სახსრებს შორის წარმოშობილ ხვრელს ეწოდება პერფორაცია. პერფორაციების ფორმირების მიხედვით სახსრებს შორის განივი ტიხრები იხსნებიან და წყალხსნარი თავისუფლად გადამოძრავდება ფესვის წვეროდან ღეროს გავლით მთელ სიმაღლეზე კენწერომდე და ფოთლებამდე. ჭურჭლების კედლების გასქელების მიხედვით არჩევენ სპირალურ, რგოლურ, კიბენაირ, ბადისებრ, ფოროვან ჭურჭლებს (ნახ. 29). სპირალურ და რგოლურ ჭურჭლებს ახასიათებთ ელასტიკურობა, მათ შეუძლიათ გაჭიმვა. ისინი მეტი რაოდენობითაა მცენარის მოზარდ ნაწილებში, რადგან არ აპრკოლებენ მათ ზრდას.

ქსილემის მექანიკური ელემენტები – ლიბრიფორმის ბოჭკოები – წარმოადგენენ საყრდენს მთელი მცენარისათვის, თითქოს ცვლიან ჩონჩხს, რომელიც მცენარეს არ გააჩნია. ჭურჭლები (ნახ. 30) და ტრაქეიდები ასევე გარშემორტყმულნი არიან ცოცხალი პარენქიმული უჯრედებით, რომლებიც ხშირად გახევებას განიცდიან, მაგრამ ინარჩუნებენ ცოცხალ შიგთავსს. ეს მერქნის პარენქიმაა. მერქნის პარენქიმის უჯრედები, ერტყმიან რა გარშემო ტრაქეებსა და ტრაქეიდებს, აძლიერებენ მათ შემწოვუნარიანობას. ასევე პარენქიმას შეუძლია შეასრულოს სამარაგო ფუნქცია.

წარმოშობის მიხედვით არჩევენ პირველად და მეორად ქსილემას. პირველადს აყალიბებს კენწრული მერისტემა, მეორადს – კამბიუმი. თავის მხრივ, პირველადი ქსილემა ონტოგენეზში ფორმირდება პრო-

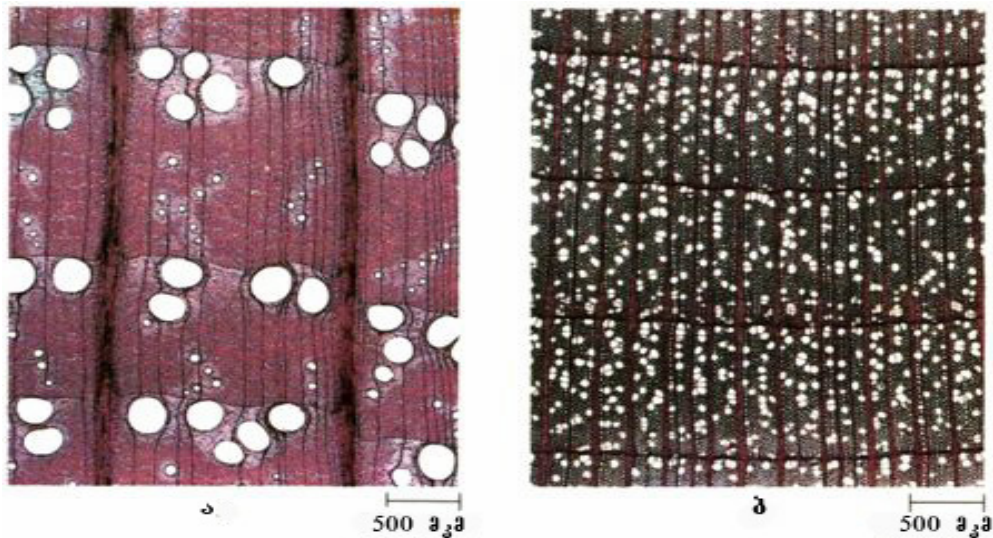
ტოქსილემიდან და მეტაქსილემიდან (ჯერ წარმოიქმნება პროტოქსილემა, მოგვიანებით მეტაქსილემა).

ერთწლიან და მრავალწლიან ბალახოვან მცენარეთა უმრავლესობაში ჭურჭლები და ტრაქეიდები, მცირე გამონაკლისით, მოქმედებენ მთელ სავეგეტაციო პერიოდში. სხვანაირადაა საქმე მერქნიან მცენარეებში, რომლებიც მრავალ წელს ცოცხლობენ. მათ ჭურჭლებსა და ტრაქეიდებს არ შეუძლიათ უწყვეტად იმოქმედონ. დროთა განმავლობაში მათი ღრუ იხშობა და ისინი წყვეტენ წყლისა და მასში გახსნილი ნივთიერებების გატარებას. ჭურჭლები ხშირად იხშობიან მათ ღრუში ფორების გზით მეზობელი პარენქიმული უჯრედებიდან შემოზრდილი ბუშტისებრი ნუჟრით, რომელსაც თ ი ლ ე ნ ი ანუ თ ი ლ ო ზ ი ს ი ეწოდება. პარენქიმული უჯრედების ჭურჭლის ღრუში შეზრდას ეწოდება **თილენთწარმოქმნა**. ზოგიერთ მერქნიან მცენარეში თილენთწარმოქმნა არ შეიმჩნევა, ჭურჭლების დახშობა ხდება სხვადასხვა ორგანული და მინერალური ნივთიერებებით, რის შედეგადაც ისინი წყვეტენ მოქმედებას (ალუბალი, არყი, ნეკერჩხალი). ჭურჭლების ფუნქციონალური მოქმედების ხანგრძლივობა მერქნიან ჯიშებში სხვადასხვაა 2 – 3-დან 40 – 45 წლამდე. თილენების წარმოქმნას აქვს სერიოზული ბიოლოგიური მნიშვნელობა, რადგან აძლიერებს მცენარის ღეროს ცენტრალური ნაწილის მექანიკურ სიმტკიცეს, ახდენს მის კონსერვირებას ფისისმაგვარი ორგანული ნაერთებით, რომლებიც არ ექვემდებარებიან სხვადასხვა მიკროორგანიზმებისა და მწერების ზემოქმედებას.



ნახ. 29. ა – ჭურჭლები კედლების გასქელების სახეებით:

სპირალური, ფოროვანი, კიბისებრი და რგოლოვანი., ბ – ტრაქეიდა.

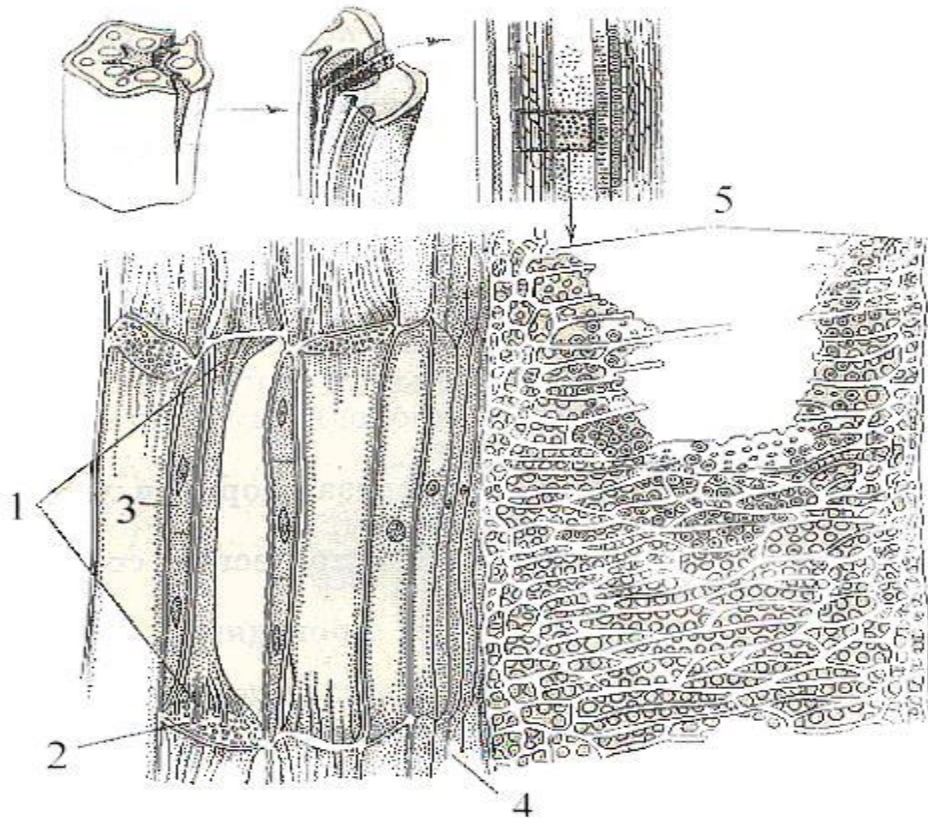


ნახ. 30. მერქნის განივჭრილი. კარგად ჩანს ჭურჭლები ადრეულ მერქანში

ფლოემა – ასევე წარმოადგენს რთულ ქსოვილს, რომელიც შედგება **გამტარი ელემენტებისაგან** (საცრიანი მილები და თანამგზავრი უჯრედები), **მექანიკური ბოჭკოებისა** და **პარენქიმული უჯრედებისაგან**. იგი ემსახურება დაღმავალი დენით ორგანული ნივთიერებების გატარებას. წარმოშობის მიხედვით არჩევენ პირველად ფლოემას (პროტოფლოემასა და მეტაფლოემას) და მეორეულ ფლოემას. პირველადი ფორმირდება ზრდის კონუსში კენწრული მერისტემის პროკამბიალური კონებიდან, მეორეული წარმოიშობა კამბიუმის მოქმედების შედეგად.

საცრიანი მილები, ისევე როგორც ჭურჭლები, უწვრილეს კაპილარებს წარმოადგენენ, მაგრამ განსხვავდებიან ჭურჭლების სახსრებისაგან იმით, რომ ისინი ცოცხალი უჯრედებია. საცრიანი მილები დაცხრილულია საცრის მსგავსად (ნახ. 31). მათი სახელწოდებაც აქედან წარმოდგება. პროკამბიუმის დედაუჯრედი, რომელიც საცრიან მილს წარმოშობს, ჯერ სიგრძივი და შემდეგ განივი დაყოფის შედეგად გამოყოფს თანამგზავრ (თანმხლებ) უჯრედსაც. ისინი ახორციელებენ ფიზიოლოგიურ ფუნქციებს საცრიან მილებთან მჭიდრო კონტაქტში. თავისი ფორმირების დასაწყისში საცრიან მილს აქვს კედლისთანა ცი-

ტოპლაზმა, ბირთვი, ვაკუოლი და თხელი გარსი. ფუნქციონალური მოქმედების დაწყებისას ის იჭიმება და გარსი რამდენადმე სქელდება.



ნახ. 31. გოგრის (*Cucurbita pepo*) გამტარი კონის ფრაგმენტის გრძივი ჭრილი
1 – საცრიანი მილი, 2 – საცრიანი ფირფიტა, 3 – თანამგზავრი უჯრედი,
4 - კამბიუმი, 5 – ფოროვანი ქურჭელი

ამ პროცესში ადგილი აქვს ფორმებისა და ნარღვევების წარმოშობას. ორგანულ ნივთიერებათა მოძრაობის დაწყება ფორმირებადი საცრიანი მილის განივ ტიხრზე ხელს უწყობს ნახვრეტების წარმოშობას, რომლებიც გარდაიქმნებიან მრავალრიცხოვან უმცირეს პერფორაციებად. ამის შედეგად ყალიბდება საცრიანი ტიხარი. უჯრედებში, რომლებიც საცრიან მილებად გარდაიქმნებიან, პროტოპლასტი გარდაქმნას განიცდის. საცრიანი მილის ვერტიკალურად შეერთებული უჯრედების პლაზმოდესმების ძაფები შეერთდებიან და წარმოქმნიან პლაზმურ ჭიმებს, რომლებიც გადიან საცრიანი მილის განივი ტიხრების ფორეებში. ახალგაზრდა საცრიან მილებში ორგანული ნივთიერე-

ბის ხსნარის შესვლა დიდ გავლენას ახდენს მათი ციტოპლაზმის ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებზე. ბირთვი და ლეიკოპლასტები იხსნებიან, საზღვარი ციტოპლაზმასა და ვაკუოლს შორის იკარგება. ყველაფრის შერწყმა ხდება ერთ მთლიან ცოცხალ მასად. ციტოპლაზმის უჯრედშიდა მოძრაობა წყდება. ციტოპლაზმის ასეთ მდგომარეობას ეწოდება დ ე ნ ა ტ უ რ ი რ ე ბ უ ლ ი. ამასთან ციტოპლაზმა კარგავს ნახევრადშელწევადობის უნარს და ხდება ორგანული და არაორგანული ნივთიერების ხსნარების გამტარი, ამით საცრისებური მილის ფორმირება მთავრდება. მორფოლოგიურად საცრისებრი მილები წყლის გამტარ ელემენტებთან შედარებით უფრო ერთგვაროვანია. საცრიანი მილების ფუნქციონირების ხანგრძლივობა დიდი არ არის. ერთწლოვან ბალახოვან მცენარეებში და მრავალწლოვანი ბალახების მიწისზედა ნაწილებში საცრიანი მილი ერთ სავეგეტაციო წელზე მეტ ხანს არ ფუნქციონირებს. მერქნიან-ბუჩქოვან მცენარეებში ერთი საცრიანი მილი მოქმედებს ორი წლის განმავლობაში. მერქნიან ჯიშებში საცრისებური მილები მუშაობენ 3-4 წლამდე. ამ შემთხვევაში შემოდგომაზე დახშული საცრიანი მილების ფორები გაზაფხულზე კვლავ იხსნებიან. საცრის ხვრელების დახშობა ხდება განსაკუთრებული ამორფული მჟღენთავი ნივთიერება კალეზის მიერ წარმოქმნილი კალუსით, რომელიც არა მარტო ხვრელებს, არამედ მთელ საცერს ფარავს. კალეზი ფარავს რა საცრის ხვრელებს, იწვევს ციტოპლაზმური ჭიმების დაწყვეტას, რის გამოც მილის ცოცხალი შიგთავსი კარგავს მეზობელ უჯრედებთან კავშირს და კვდება. ასეთ საცრისებურ მილს გაჟღენთილი და დახშული საცრით დ ა კ ო ყ ი ყ ე ბ უ ლ ი სხეული ეწოდება. შემდგომ დაკოჟიჟებული სხეული მეზობელი ცოცხალი უჯრედების დაწოლის გამო იჭეჭყება და ბოლოს მისი მთლიანი ობლიტერაცია ხდება.

თანამგზავრი უჯრედებიც, რომლებიც საცრიან მილებთან დაკავშირებული არიან პლაზმოდესმებით, ასრულებენ მნიშვნელოვან როლს ასიმილაციების გატარებაში. ასევე, სავარაუდოდ, ისინი მონაწილეობენ საცრიანი მილების მეტაბოლიზმის რეგულაციაში, ვინაიდან ეს უკანასკნელნი ჩამოყალიბულ მდგომარეობაში ბირთვებს მოკლებულნი არიან.

ფლოემის პარენქიმა მისი ერთ-ერთი მეტად მნიშვნელოვანი ელემენტია. მის უჯრედებში აქტიურად მიმდინარეობს ნივთიერებათა ცვლის რეაქციები და ხშირად გროვდება სამარაგო ნივთიერებები.

პირველადი და მეორეული ფლოემის შემადგენლობაში შედიან მექანიკური ბოჭკოებიც, რომლებიც ასევე პირველადი და მეორადი წარმოშობის არიან.

გამტარი კონები

გამტარი ქსოვილები – ქსილემა და ფლოემა – მცენარეში ერთადაა თავმოყრილი. მათგან შემდგარ შემჭიდროვებულ ქსოვილთა ჯგუფებს **გამტარი (ან ჭურჭელ – ბოჭკოვანი) კონები** ეწოდება. ჭურჭელბოჭკოვანი კონების მეოხებით მცენარის ყველა ორგანო მთლიანობაშია მოცემული და მცენარეში შექმნილია ნივთიერებათა ცვლის ერთიანი პროცესი მთელი თავისი მრავალმხრივობით.

იმის მიხედვით, თუ რამდენად სხვადასხვაგვარია როგორც სტრუქტურულად, ისე დანიშნულების მიხედვით გამტარ კონებში შემავალი ქსოვილები, შეიძლება გავარჩიოთ მარტივი და რთული გამტარი კონები. მარტივი კონა ძირითადად გამტარი ელემენტებისაგან შედგება, ხოლო რთული კონაში მოცემულია ასევე მომმარაგებელი და მექანიკური ქსოვილები. როდესაც რთული გამტარი კონა მექანიკურ ქსოვილებსაც შეიცავს მას ჭურჭელ – ბოჭკოვან კონას უწოდებენ.

გამტარი კონა ან მის შემადგენლობაში შემავალი ქსოვილები შეიძლება **პირველადი** ან **მეორადი** წარმოშობის იყოს. პირველადია კონა ან მისი ქსოვილები, როდესაც იგი პროკამბიუმისაგანაა წარმოშობილი. მეორადი წარმოშობის შეიძლება იყოს მთლიანი კონა ან კონაში შემავალი მხოლოდ ზოგიერთი ქსოვილი. ერთლებნიანებში, როგორც წესი, პირველადი წარმოშობის გამტარი კონებია. ორლებნიანებსა და წინვოვნებში კონა დასაწყისში პირველადი ქსოვილებისაგან შედგება, ხოლო შემდეგ ამ კონებს მეორადი წარმოშობის ქსოვილები ემატება.

ისეთ კონებს, რომლებშიაც პროკამბიუმისაგან წარმოშობილი ყველა ქსოვილი მარად ქსოვილად იქცევა, გამსხვილების (ე.ი. ზომაში მატების) თვისება არ ექნება. ამიტომ მათ **დახურული კონები** ეწოდება. ისეთ კონებს, სადაც პროკამბიუმისაგან, მარადი ქსოვილების გარდა, წარმოშობი ქსოვილი – კამბიუმიც ვითარდება, **ღია კონა** ეწოდება. ერთლებნიანებში უმეტესად დახურული კონებია, ხოლო ორლებნიანებსა და წინვოვნებში კონები ღიაა.

გამტარი კონა არა თუ ყველა სახის ქსოვილს, არამედ ზოგჯერ ან ფლოემას, ან ქსილემას შეიძლება სულ არ შეიცავდეს. ისეთი კონა, რომელშიც მხოლოდ ფლოემა, ან მხოლოდ ქსილემაა, იწოდება **არასრულ კონად**, განსხვავებით **სრული კონისაგან**, რომელშიც გამტარი კონის ორივე ძირითადი შემადგენელი ნაწილია მოცემული.

კონები, რომლებიც ღეროსა და სხვა ორგანოს აკავშირებს, **საერთო კონებად** იწოდება. კონა, რომელიც მხოლოდ ერთი ორგანოს ფარგლებში ვრცელდება, **სპეციალური კონაა**. იმ საერთო კონას, რომელიც ღეროდან ფოთოლში გრძელდება, **ფოთლის კვალი** ეწოდება; ხოლო ის კონა, რომელიც მთავარი ღეროდან ტოტში გადადის, **ტოტის კვალია**.

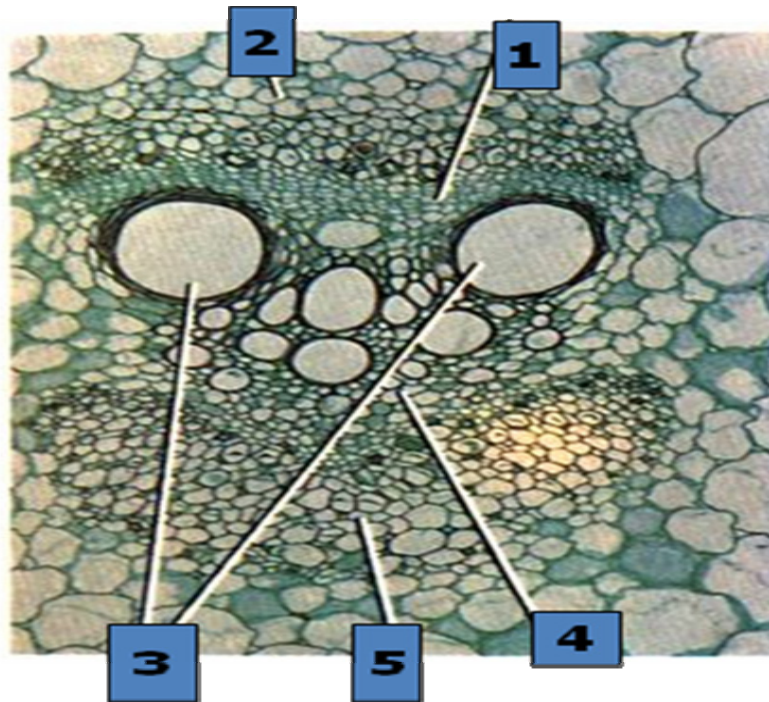
ფლოემა და ქსილემა გამტარ კონაში ერთმანეთის მიმართ შეიძლება სხვადა-სხვაგვარად იყოს განლაგებული. ამის მიხედვით არჩევენ გამტარი კონის სხვადასხვა ტიპს (ნახ. 32-33):

კოლატერალური ანუ გვერდული კონა – ფლოემა და ქსილემა გვერდიგვერდაა განლაგებული, ე.ი. კონის ერთ მხარეზე ფლოემაა, მეორეზე – ქსილემა. ღერძით ორგანოებში (ღეროში, ფესვში) ქსილემა ჩვეულებრივად მოქცეულია ორგანოს ცენტრისაკენ, განლაგებულია ცენტრთან ახლოს – ადაქსიალურად, ხოლო ფლოემა – პერიფერიისაკენ, ე.ი. დაშორებულია ცენტრიდან, განლაგებულია აბაქსიალურად. ფოთლის ფირფიტაში ქსილემა მოქცეულია ზედა მხარისაკენ, ხოლო ფლოემა ქვედა მხარისაკენ. კონის ეს ტიპი ყველაზე მეტადაა გავრცელებული და გვხვდება, მცირე გამოჩაკლისით, ყველა ერთლებნიან და ორლებნიან ბალახოვან და მერქნოვან მცენარეებში, აგრეთვე შიშველთესლოვნებში.

ბიკოლატერალური ანუ ორგვერდული კონა – ფლოემა ქსილემის გვერდებზეა განლაგებული (ადაქსიალურ და აბაქსიალურ მხარეს). ვარაუდობენ, რომ ბიკოლატერალური კონა წარმოიშვა ორი კოლატერალური კონის ქსილემური უბნებით შეერთების გზით. ასეთი კონა უფრო იშვიათადაა გავრცელებული (გოგროვანებში, ძაღლყურძენასებრნში, ნაცარქათამას ზოგიერთ წარმომადგენელში).

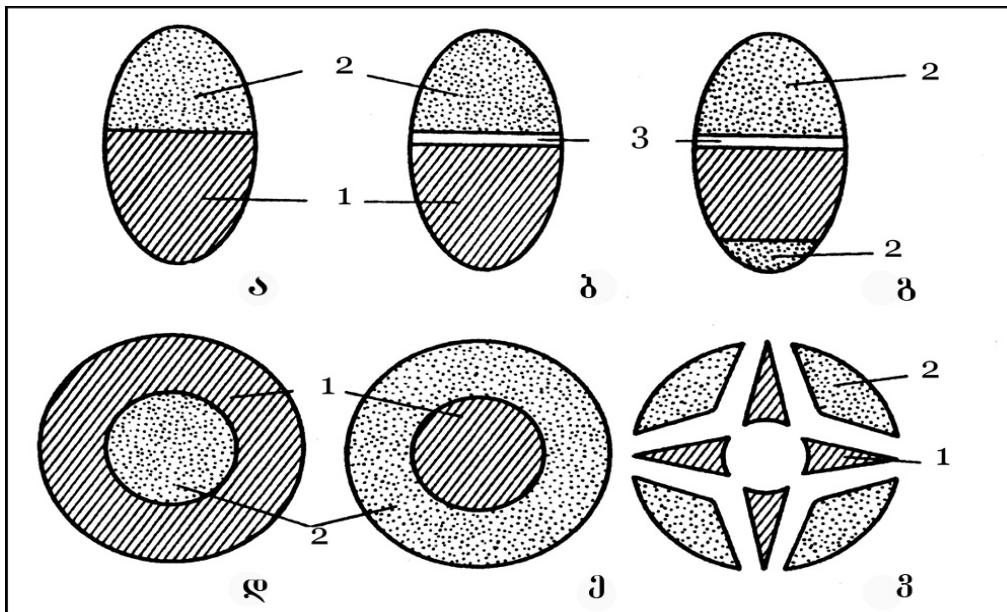
კონცენტრული კონა, როდესაც ან ფლოემა რგოლურად ეკვრის ქსილემას (გვიმრა) – **ამფიკრიბრალური ტიპის კონცენტრული კონა** ან ქსილემა რგოლურად ეკვრის ფლოემას (შროშანა) – **ამფივაზალური კონცენტრული კონა**.

რადიალური კონა – ფლოემისა და ქსილემის უბნები მორიგეობენ რადიუსის გასწვრივ და ქმნიან ერთგვარ რადიალურ-სხივურ სიმეტრიას. იგი გვხვდება ორლებნიან მცენარეთა ფესვების პირველად აგებულებაში. ერთლებნიანებში ასეთი კონები შენარჩუნებულია სიცოცხლის ბოლომდე. სხვადასხვა მცენარეში ფესვის პირველადი აგებულების წარმოშობისას ყალიბდება ფლოემისა და ქსილემის სხივთა განსაზღვრული რიცხვი, თანაც ფლოემის რიცხვი ქსილემის რიცხვის ტოლია. გვხვდება ერთსხივიანი (მონარქული), ორსხივიანი (დიარქული), სამსხივიანი (ტრიარქული), ოთხსხივიანი (ტეტრარქული) და მრავალსხივიანი (პოლიარქული) კონები. უფრო გავრცელებულია ხუთსხივიანი (პენტარქული) რადიალური კონები.



ნახ. 32. ბიკოლატერალური გამტარი კონის აგებულება
გოგრის ღეროში (განივჭრილი)

- 1 – კამბიუმი, 2 – გარეთა ფლოემა, 3 – მეორადი ქსილემის ჭურჭლები,
4 – პირველადი ქსილემა, 5 – შიგნითა ფლოემა.



ნახ. 33. გამტარი კონების ტიპების სქემა:

ა – კოლატერალური დახურული, ბ – კოლატერალური ღია,
 გ – ბიკოლატერალური, დ – კონცენტრული ამფივალური,
 ე – კონცენტრული ამფიკრიბრალური, ვ – რადიალური.
 1 – ქსილემა; 2 – ფლოემა; 3 – კამბიუმი

უმაღლესი სპოროვანი და თესლოვანი მცენარეების ფილოგენეზში ჭურჭელობოჭკოვან კონათა ტიპები უფრო სრულყოფილი ხდებოდნენ. დასახელებული ტიპებიდან ყველაზე პრიმიტიულია კონცენტრული, ხოლო ევოლუციურად ყველაზე სრულყოფილია ღია ტიპის კოლატერალური კონა.

სეკრეტორული (გამომყოფი) ქსოვილები

გამომყოფი ქსოვილი ასრულებს ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტების დაგროვებისა და გამოყოფის ფუნქციას, ასევე გამოყოფს მცენარისათვის მავნე ნივთიერებებს (ნახ.34-35). მათი დაგროვება შეიძლება მოხდეს როგორც უჯრედის შიგნით, ასევე უჯრედშორისებში. გამომყოფი ქსოვილები განლაგებულია მცენარის სხვა-

დასხვა ნაწილში. გამონაყოფი ნივთიერებები – სეკრეტი მრავალნაირია და გროვდება ქსოვილურ წარმონაქმნებში, რომელნიც ხშირად არ არიან მორფოლოგიურად მსგავსნი. გამომყოფი ქსოვილები იყოფა ორ ჯგუფად: **შინაგანი სეკრეციისა და გარეგანი სეკრეციის** გამომყოფი ქსოვილები.

გარეგანი სეკრეციის გამომყოფ ქსოვილებს მიეკუთვნება:

ჯირკვლოვანი ბუსუსები, რომლებიც წარმოადგენენ ტრიქომებს ან ემერგენცებს და არიან მრავალუჯრედოვანი სტრუქტურები, ასრულებენ გამომყოფ და დამცველობით ფუნქციებს. ჯირკვლოვანი ბუსუსები გამოყოფენ ეთეროვან ზეთებს (ყვავილში), ფისისებრ ნებოვან ნივთიერებებს (კვირტის ქერქლზე, ბევრ მიხაკისებრი ყვავილის ყუნწზე და ყვავილთანის ქერქლზე), ალკალოიდებს (თამბაქო და ნეკო).

ჰიდატოდები გამოყოფენ წყალსა და მარილებს ფოთლის ზედაპირზე. ეს პროცესი იწოდება გუტაციად. ჰიდატოდები უმეტესად ფოთლის ფირფიტის განაპირას, ფოთლების კბილანებზეა განთავსებული. გუტაცია მიმდინარეობს ძირითადად ნიადაგში წყლის ჭარბი რაოდენობისა და გაძნელებული ტრანსპირაციის პირობებში (ატმოსფეროს მაღალი ტენიანობისას).

სანექტრები – სანექტრე ჯირკვლები-გამოყოფენ ნექტარს, რომელიც წარმოადგენს სხვადასხვა შაქრის ხსნარს ვიტამინებისა და სხვა ნივთიერებების მინარევებით.

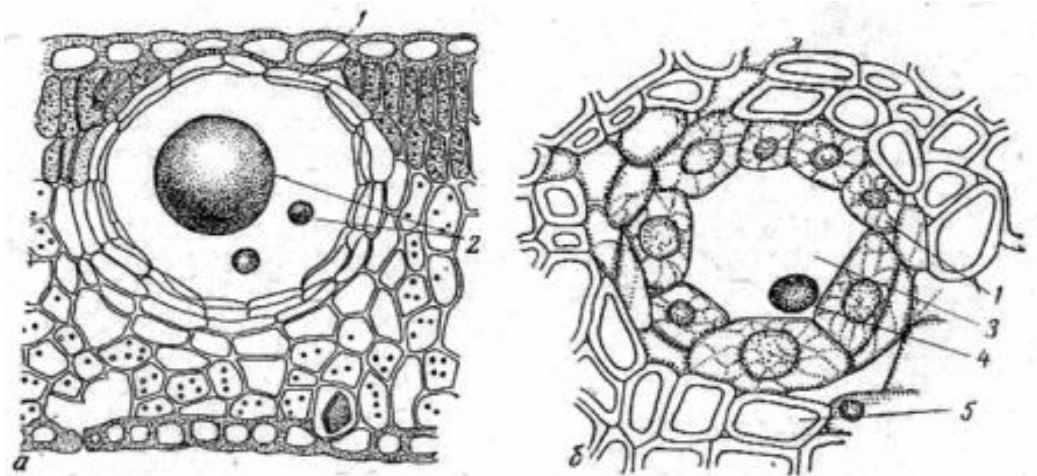
საჭმლის მომნელებელი ჯირკვლები აქვთ მწერიჭამია მცენარეებს, რომლებიც გამოყოფენ ფერმენტებსა და მჟავებს, რაც საჭიროა მწერების მოსანელებლად.

შინაგანი სეკრეციის გამომყოფ ქსოვილებს მიეკუთვნება:

სეკრეტორული იდიობლასტები – დიდი ზომის პარენქიმული უჯრედები, რომლებიც გაბნეულია სხვადასხვა ქსოვილში და ამოვსებულია ამა თუ იმ სეკრეტით: მჟაუნმჟავასა და სხვა მარილების სხვადასხვანაირი კრისტალებით (სუკულენტებსა და ქსეროფიტებში), ეთეროვანი ზეთებით (გერანის ფოთლებისა და ყუნწის პარენქიმაში) და სხვ.

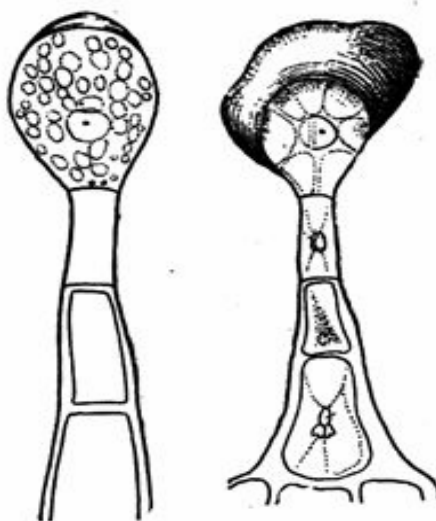
გამომყოფი სავალები და შინაგანი ჯირკვლები ყალიბდება ორი გზით და ამის შესაბამისად იყოფიან გამონაყოფების *სქიზოგენურ* და *ლიზოგენურ* სათავსოებად.

სქიზოგენური საცავები (სქიზო-ვნევი) წარმოიშობიან უჯრედ-შორისებში გამონაყოფების დაგროვების შედეგად. გამონაყოფების დაგროვებასთან დაკავშირებით ხდება უჯრედების განევა, რის შედეგად წარმოიშობა *ნაგრძელებული სავალები*, რომლებიც ვრცელდება მთელს ორგანოში და ზოგჯერ სხვა ორგანოშიც გადადის, ან ვითარდება მოგრძო-მომრგვალო გამომყოფი ჯირკვლები.



ნახ. 34. გამომყოფი ქსოვილი

1-ეპითელიუმის უჯრედები, 2 – ეთერზეთების წვეთები,
3-ფისის გამომყოფი სავალი, 4 – ფისის წვეთები.



ნახ.35. მცენარე გერანის ფოთლის ყუნწზე
არსებული მარტივი გამომყოფი ბუსუსები

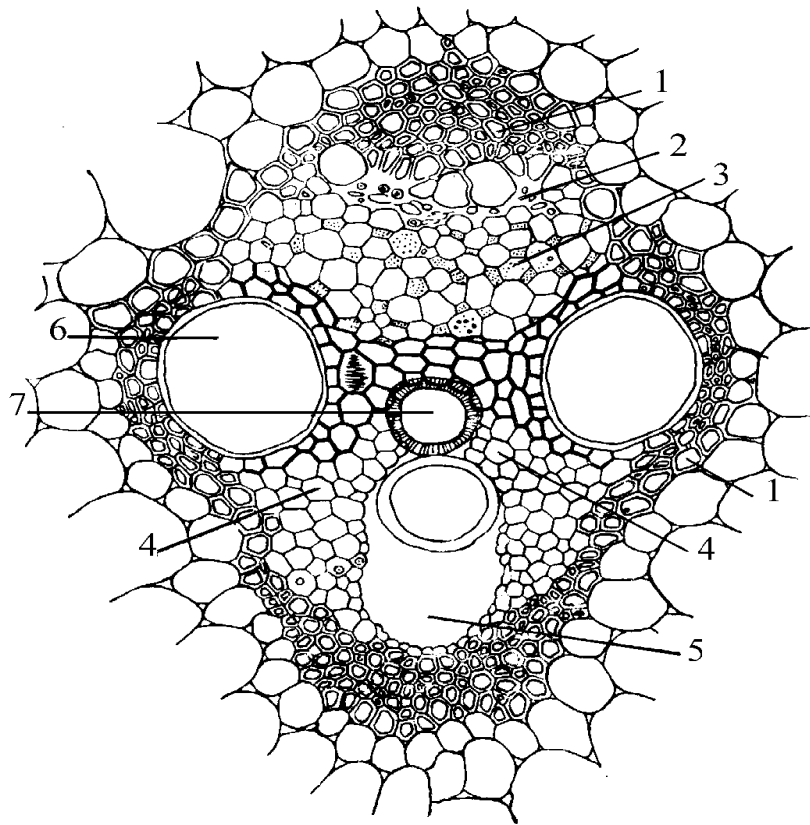
ზოგიერთი მცენარის ფესვებში, ღეროებში, ფოთლებსა და სხვა ორგანოებში გროვდება წვენი, რომელიც გარეგნულად რძეს მოგვაგონებს. ეს არის რძისებრი სითხე ანუ ლატექსი. იგი გროვდება განსაკუთრებულ უჯრედებში ან უჯრედების სახსრებში, რომლებსაც უწოდებენ **სარძევეებს**. ლატექსი სარძევეების უჯრედის წვენია. მისი ქიმიური შემადგენლობა რთული და მრავალფეროვანია. ის წარმოადგენს სხვადასხვა სამარაგო ნივთიერებების და ნივთიერებათა ცვლის საბოლოო პროდუქტების ემულსიას, შეიცავს სხვადასხვა ალკალოიდს, გლუკოზიდებს, ტანინებს, ორგანულ მჟავებს, ეთეროვან ზეთებს, გუმფის, ფისს, კაუჩუკს, აგრეთვე წყალს. სარძევეები მორფოლოგიური სტრუქტურის მიხედვით შეიძლება იყოს *სახსრებიანი* და *უსახსრებო*. **უსახსრებო სარძევეები** ვითარდება ერთი უჯრედიდან და ფესვისა და ღეროს ზრდასთან ერთად იზრდება, იტოტება და სოკოს ჰიფების მიერ ყველა ორგანოს დაქსელვას ახდენს. ასეთ სარძევეებს ტიხარი არა აქვს. უსახსრებო სარძევეები რძიანებს უვითარდებათ.

სახსრებიანი სარძევეები ფორმირდებიან ჭურჭლების მსგავსად. სარძევე უჯრედები ერთიანდებიან ვერტიკალურ რიგებად ჯაჭვისებურად, რომელთა განივი ტიხრები იხსნება ლატექსში, რის შედეგად სარძევეების მთელი სისტემა ანასტომოზებით ქსელავს მცენარის ყველა ორგანოს. სახსრებიანი სარძევეები ფართოდაა გავრცელებული რთულყვავილოვანთა წარმომადგენლებში, ყაყაჩოსნაირებსა და ზოგიერთ სხვა მცენარეში.

ლიზოგენური საცავი (ლიზისი-გახსნა) წარმოიშობა იმ უჯრედების გარსის ჩაშლით, რომლებიც განლაგებული არიან გამონაყოფების ირგვლივ. ამის შედეგად ყალიბდება ან გამომყოფი სავალები, ან შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლები (ციტრუსოვანთა კანში, ევკალიპტის ფოთლებში).

გამონაყოფის თითოეული საცავი წარმოადგენს გამომყოფ ქსოვილს. ერთი ორგანიზმის ფარგლებში გამომყოფი ქსოვილები შეადგენენ გამომყოფ სისტემას.

დავალება 1. დახურული კოლატერალური გამტარი კონის აგებულების გაცნობა სიმინდის ღეროს განივჭრილის პრეპარატის საშუალებით.



ნახ. 36. სიმინდის გამტარი კონის აგებულება

1 – სკლერენქიმა, 2 – პროტოფლოემა, 3 – მეტაფლოემა,
4 – ქსილემის პარენქიმა, 5 – პროტოქსილემა, 6 – მეტაქსილემის ჭურჭელი,
7 – პროტოქსილემის ჭურჭელი

სამუშაოს მსვლელობა: პრეპარატის მცირე გადიდებით დათვალიერებისას კარგად ჩანს გამტარი კონების დიდი რაოდენობა, რომლებიც მოთავსებულია ღეროს ძირითადი პარენქიმის დიდი ზომის უჯრედებს შორის. ამოარჩიეთ ერთ – ერთი მათგანი და დაათვალიერეთ დიდი გადიდებით (ნახ.36). კონის ირგვლივ მოჩანს წითელ – ყავისფრად შეღებილი ქსოვილი. ეს სკლერენქიმაა. კონის შუაგულში და ღეროს ცენტრთან ახლოს განლაგებულია პირველადი ქსილემის დიდი ზომის ჭურჭლები. მათ ირგვლივ განლაგებულია პარენქიმის უჯრედები. ჭურჭლების გარეთ მდებარეობს ფლოემა, რო-

მელიც ცისფრადაა შეფერილი. სიმინდის ღეროში ის შედგება საცრიანი მილებისა და თანამგზავრი უჯრედებისაგან. გამტარი კონის ყველა ქსოვილი პირველადი წარმოშობისაა, რადგანაც ისინი პროკამბიუმისაგან არიან წარმოშობილი. ერთლებნიან მცენარეთა კონებში კამბიუმი არ არის.

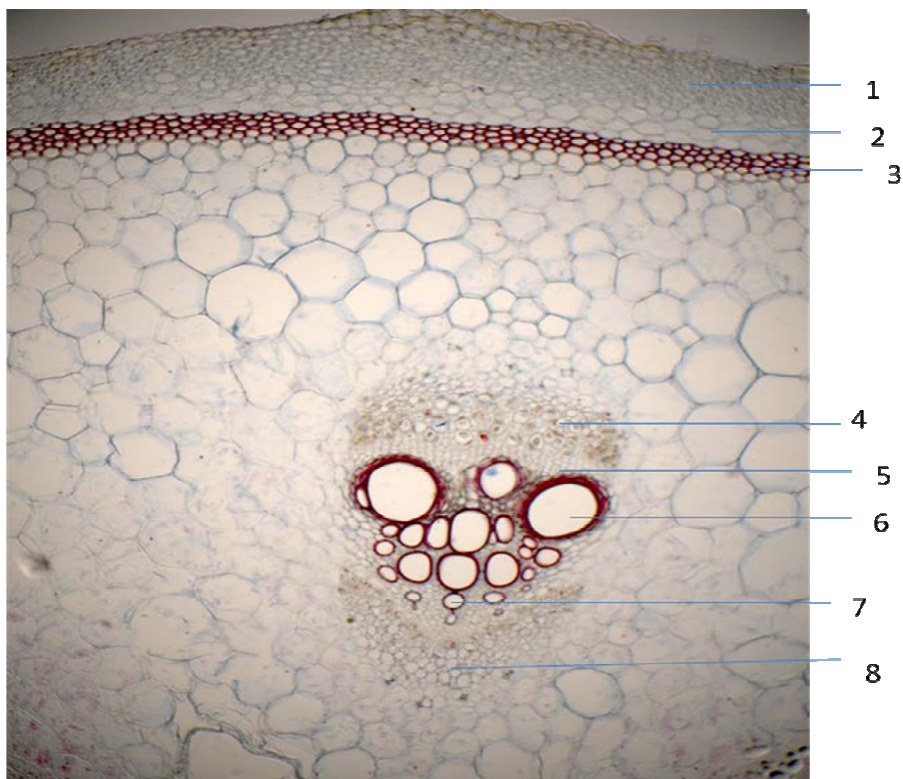
ჩაიხატეთ სიმინდის დახურული კოლატერალური გამტარი კონის აგებულება.

მიუთითეთ: ღეროს ძირითადი პარენქიმა, ქსილემის ჭურჭლები, ქსილემის პარენქიმა. საცრიანი მილები, თანამგზავრი უჯრედები, სკლერენქიმა.

დავალეზა 2. მექანიკური და გამტარი ქსოვილების აგებულების გაცნობა გოგრის ღეროს განივჭრილის პრეპარატის გამოყენებით.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალიერეთ პრეპარატი მცირე გადიდებით. გოგრის ღერო მომრგვალო-ხუთკუთხა მოხაზულობისაა ხუთსხივიანი საჰაერო ღრუებით. ღრუში სხივებს შორის მოთავსებულია ხუთი დიდი ზომის გამტარი კონა, რომლიც შეუარაღებელი თვალთ კარგად მოჩანს. სხივების მოპირდაპირედ, პერიფერიისაკენ მდებარეობს მეორე რგოლი ხუთი ისეთივე, მაგრამ უფრო მცირე ზომის კონებით. ღერო გარედან დაფარულია ერთშრიანი ეპიდერმისით. მის ქვეშ მდებარეობს კუთხური კოლენქიმის უბნები (ნახ. 37). მათი გასქელებული კედლები სხივების ძლიერი გარდატეხის გამო ბრწყინავს. კოლენქიმის მონაკვეთებს შორის, უშუალოდ მათ ქვეშ, სხვა სპეციალიზებულ ქსოვილებსა და გამტარ კონებს შორის მდებარეობს პარენქიმის თხელკედლიანი უჯრედები. პარენქიმა, რომელიც კოლენქიმის უბნების ქვეშ მდებარეობს, ესაზღვრება სკლერენქიმის მჭიდროდ მიჯრილ მრავალკუთხა უჯრედებს. მათი კედლები თანაბრადაა გასქელებული და პრეპარატზე შეფერილია მონითალო-ყავისფრად. განივჭრილზე სკლერენქიმა განლაგებულია რგოლურად. გოგრის გამტარი კონები სკლერენქიმას არ შეი-

ცავს. პრეპარატზე წითელ-ყავისფრად შეღებილია ქსილემის გამტარი ელემენტები. ნათლად ჩანს მეორადი ქსილემის დიდი ზომის ჭურჭლები, მათ შორის კი მეორადი ქსილემის პარენქიმა. ღეროს ცენტრისკენ ქსილემა ბოლოვდება მცირე ზომის ჭურჭლებით. ეს პირველადი ქსილემაა. უფრო ქვევით განლაგებულია ცისფრად შეღებილი შინაგანი ფლოემა. მეორადი ქსილემის ჭურჭლებს შორის განლაგებულია მცირე ზომის უჯრედების სწორი რიგები, რომლებიც ასევე ცისფრადაა შეფერილი. ეს კონის კამბიუმია. მის ზემოთ, ღეროს პერიფერიისკენ მდებარეობს გარეგანი ფლოემა. გოგრაში იგი წარმოდგენილია საცრიანი მილებით, თანამგზავრი უჯრედებითა და ლაფნის პარენქიმით. ზოგიერთ საცრიან მილში ჩანს საცრიანი ფირფიტა.



ნახ. 37. გოგრის ღეროს განივჭრილი

- 1 – კოლენქიმა, 2 – პარენქიმა, 3 – სკლერენქიმა, 4 – გარეგანი ფლოემა,
5 – კამბიუმი, 6 – მეორადი ქსილემა, 7 – პირველადი ქსილემა,
8 – შინაგანი ფლოემა.

ჩაიხატეთ სქემატურად გოგრის ღეროს განივჭრილი.

აღნიშნეთ: ეპიდერმისი, კუთხოვანი კოლენქიმა, ღეროს ძირითადი პარენქიმა, სკლერენქიმა, პირველადი ქსილემა, მეორადი ქსილემა, გარეგანი ფლოემა, შინაგანი ფლოემა, კამბიუმი, საჰაერო ღრუ.

დავალება 3. ჭურჭლის ტიპების დათვალიერება მზესუმზირას ღეროს სიგრძივ ჭრილზე (მუდმივი პრეპარატი).

სამუშაოს მსვლელობა: მონახეთ პრეპარატზე გასქელების სხვადასხვა ტიპის მქონე ქსილემის ჭურჭლები.

ჩაიხატეთ სქემატურად ქსილემის ჭურჭლების გასქელების სხვადასხვა ტიპები.

აღნიშნეთ რგოლოვანი, სპირალური და კიბენაირი გასქელების ჭურჭლები.

დავალება 4. სელის ლაფნის ბოჭკოების აგებულების შესწავლა.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალიერეთ პრეპარატი მცირე გადიდებით. მიკროსკოპის ქვეშ ლაფნის ბოჭკოები ჩანს, როგორც გრძელი ღია ფერის ძაფები. ლაფნის ბოჭკოების უჯრედთა კედლები გამერქნებას არ განიცდის, ამიტომ მათ ღია ფერი აქვთ.

ჩაიხატეთ სელის ლაფნის ბოჭკოების აგებულება.

საკონტროლო კითხვები:

1. რომელი ქსოვილები მიეკუთვნება სეკრეტორულს? დაახასიათეთ გარეგანი და შინაგანი სეკრეტორული ქსოვილები.
2. რომელი ტიპის მექანიკური ქსოვილებია თქვენთვის ცნობილი? რა განსხვავება კოლენქიმასა და სკლერენქიმს შორის?

3. რა ფუნქციას ასრულებენ გამტარი ელემენტები? რა საერთო ნიშნები ახასიათებთ ქსილემასა და ფლოემას?
4. აღწერეთ ტრაქეალური ელემენტების აგებულება. რით განსხვავდება ტრაქეები (ჭურჭლები) და ტრაქეიდები? რატომ ითვლება ჭურჭლების წარმოშობა მცენარეთა ევოლუციის პროცესში დიდ არომორფოზად?
5. დაასახელეთ ქსილემის შემადგენლობაში მყოფი ქსოვილები.
6. აღწერეთ საცრიანი ელემენტების აგებულება. რა განსხვავებაა საცრიან უჯრედებსა და საცრიან ელემენტებს შორის?
7. რა ფუნქციას ასრულებენ თანამგზავრი უჯრედები?
8. დაასახელეთ გამტარი კონების ძირითადი ტიპები.

თავი II.

მცენარის ვეგეტატიური ორგანოები

თემა – ფესვის ანატომიური და მორფოლოგიური აგებულება

სამუშაოს მიზანი: ფარულტესლოვან მცენარეთა მორფოლოგიური და ანატომიური აგებულების გაცნობა.

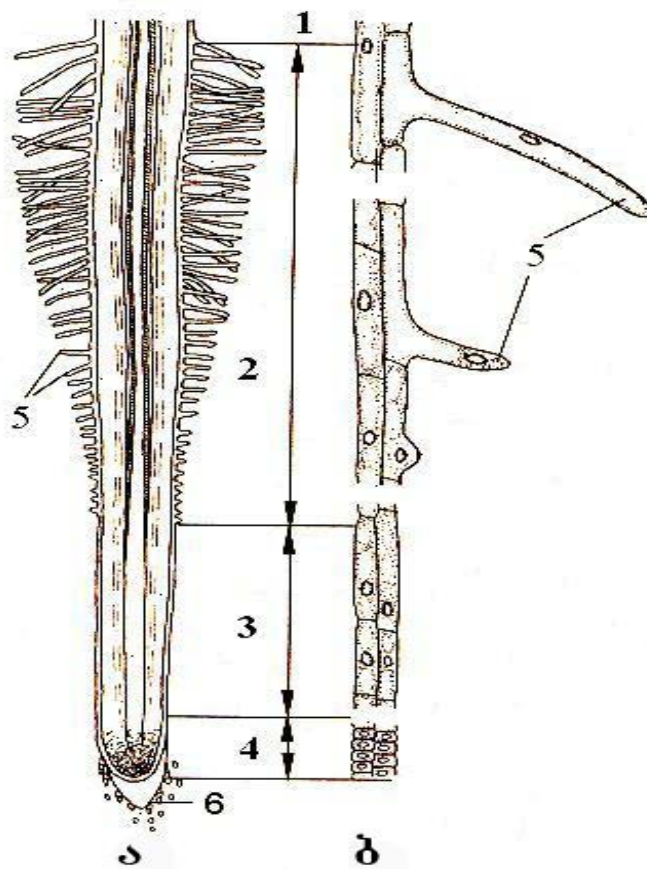
ამოცანები:

1. ფესვის ზონების შესწავლა.
2. ფესვის პირველადი აგებულების გაცნობა ზამბახის ფესვის მაგალითზე.
3. ფესვის მეორადი აგებულების სხვადასხვა ტიპების გაცნობა.
4. პოლიკამბიალურობის მოვლენის შესწავლა ქარხლის ფესვის მაგალითზე.
5. ჰერბარიუმების ნიმუშების გამოყენებით ფესვთა სისტემის სხვადასხვა ტიპების გაცნობა.

თეორიული ცნობები

ფესვი უმაღლეს მცენარეთა ძირითადი ვეგეტატიური ორგანოა, რომელიც ამაგრებს მცენარეს სუბსტრატზე და შეიწოვს მისგან წყალსა და მინერალურ ნივთიერებებს. ასევე ფესვს შეუძლია შეასრულოს სხვადასხვა ნივთიერებათა სინთეზისა და დაგროვების ფუნქცია, უზრუნველყოს ურთიერთქმედება სხვა ორგანიზმებთან (ბაქტერიებთან, სოკოებთან, სხვა მცენარეთა ფესვებთან). ახალგაზრდა ფესვების შესწავლისას შეიძლება გამოვყოთ შემდეგი ზონები (ნახ. 38): ფესვის წვეროში მოთავსებულია აპიკალური მერისტემის უჯრედები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ფესვის ზრდას სიგრძეში და წარმოქმნიან **დაყოფის ზონას**. მისი სიგრძე საშუალოდ შეადგენს 1-5 მმ-ს. გარედან მერისტემა დაფარულია ფესვის შალითით, რომელიც ასრულებს დამცველობით ფუნქციას და აიოლებს ფესვის მოძრაობას ნიადაგში. დაყოფის ზონას მოსდევს **დაჭიმვის (ზრდის) ზონა**. მასში უჯრედების

ზომა მატულობს სიგრძივი მიმართულებით, მაგრამ უჯრედების და-
ყოფა თითქმის არ ხდება. ფესვის მოცულობა იზრდება უჯრედების
წყლით გაჯერებისა და დიდი ვაკუოლების წარმოქმნის შედეგად. ზე-
ვით განლაგებულ **შენოვის ზონაში** ზრდა წყდება და იწყება დიფერენ-
ციაციის პროცესი. მფარავ ქსოვილში წარმოიქმნება ფესვის ბუსუსე-
ბი, რომლებიც წყლისა და მინერალურ ნივთიერებათა შენოვის ფუნ-
ქციას ასრულებენ. **გამტარი ზონა** გამოირჩევა კარგად განვითარებუ-
ლი გამტარი ქსოვილით და უზრუნველყოფს ნიადაგის ხსნარების გა-
ტარებას ზედა ნაწილებისაკენ. ამ ზონაში წარმოიქმნება გვერდითი
ფესვებიც.



ნახ. 38. ა – ფესვის ზონები, ბ – რიზოდერმისა და ეგზოდერმის უჯრედთა
დიფერენციაცია.

1 – გამტარი ზონა, 2 – შემწოვი ზონა, 3 – გაჭიმვის ზონა, 4 – დაყოფის ზონა,

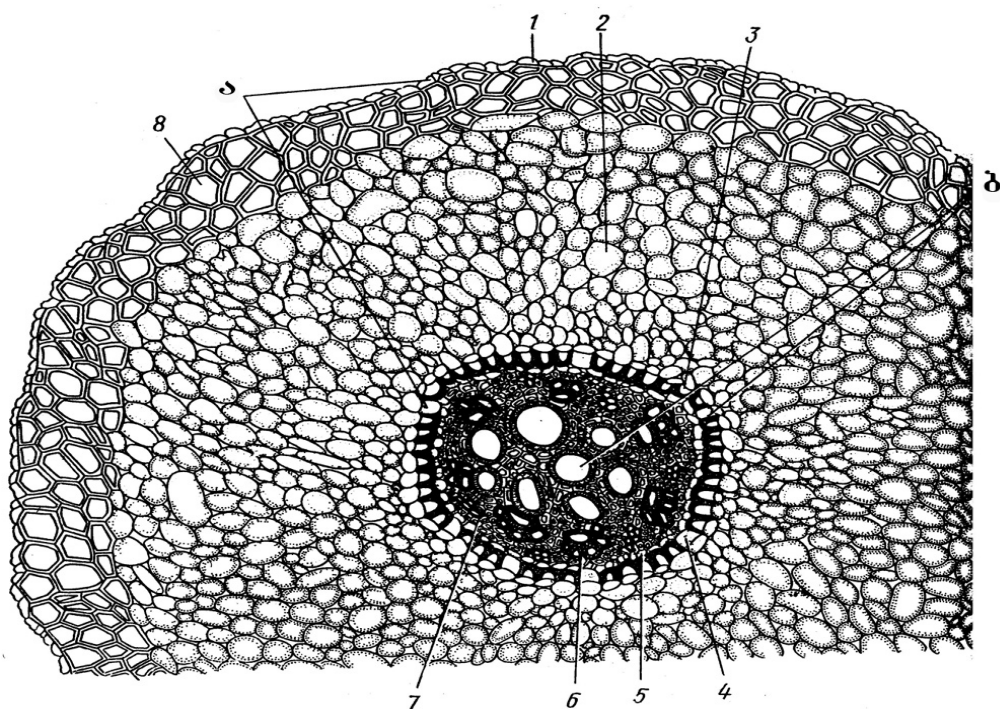
ფესვის პირველადი ანატომიური აგებულება

განვიხილოთ ფესვის განივჭრილი გაკეთებული შენოვის ზონაში. ასეთი პირველადი აგებულება ახასიათებს თესლოვან მცენარეთა უმრავლესობას. გარედან განლაგებულია **რიზოდერმა** – შემწოვი ქსოვილი, რომლის მაშვეობით ხდება წყლისა და მინერალურ ნივთიერებათა შეწოვა და ნიადაგის ცოცხალ ორგანიზმებთან ურთიერთქმედება. მასში გამოყოფენ 2 ტიპის უჯრედებს: **ტრიქოპლასტებს**, რომლებიც წარმოქმნიან ფესვის ბუსუსებს და **არქიპლასტებს**. რიზოდერმის ქვეშ მოთავსებულია **პირველადი ქერქი**, რომელიც ასრულებს დამცველობით, გამტარ, სამარაგო და სხვა ფუნქციებს. მისი გარეთა შრე ფესვის ბუსუსების კვდომისა და რიზოდერმის ჩამოშლის შემდეგ დიფერენცირდება პირველად მფარავ ქსოვილად (**ეგზოდერმად**), ხოლო შიგნითა შრისაგან წარმოიქმნება **ენდოდერმა**. ენდოდერმამ თავისი განვითარების პროცესში შეიძლება გაიაროს 3 საფეხური. პირველად მისი უჯრედები განლაგებულია მჭიდროდ – უჯრედშორისების გარეშე და დამახასიათებელია რადიალურ და განივ კედლებზე ჩარჩოს მსგავსი გასქელება, რომელიც უჯრედებს სარტყელივითაა შემოხვეული (**კასპარის რგოლები**), მათში გროვდება ჰიდროფობული ნივთიერება, მსგავსი სუბერინისა და ლიგნინისა. გვერდითი უჯრედების სარტყლები ერთმანეთს ერწყმის და წარმოიქმნება უწყვეტი ჯაჭვი ცენტრალური ცილინდრის ირგვლივ. კასპარის რგოლები გაუმტარია ხსნარებისათვის, შესაბამისად ნივთიერებები ქერქიდან ცენტრალურ ცილინდრში და პირიქით აღწევენ მხოლოდ სიმპლასტის მეშვეობით ანუ მხოლოდ ენდოდერმის უჯრედების ცოცხალი პროტოპლასტის გზით. ამდენად, ენდოდერმის ფუნქციას წარმოადგენს ნივთიერებათა გატარების კონტროლი. ბევრ მცენარეში ენდოდერმა განიცდის მეორეულ და მესამეულ განვითარებას. განვითარების მეორე საფეხურზე სუბერინის მსგავსი ნივთიერება მთლიანად ეფინება ენდოდერმის უჯრედების შიგნითა კედლებს, მაგრამ ამავე დროს იგი არ არის აბსოლუტურად გაუმტარი ხსნარებისათვის, რადგანაც მასში არის გამშვები უჯრედები, რომლებიც ინარჩუნებენ პირველად აგებულებას (ნახ.39). მესამე საფეხურისათვის დამახასიათებელია შიგნითა და გვერდითი კედლების ძლიერი გასქელება, გამერქნება და პროტოპლასტის კვდომა. გამ-

შვები უჯრედები ნარჩუნდება და უზრუნველყოფს პირველად ქერქსა და ცენტრალურ ცილინდრს შორის ფიზიოლოგიურ კავშირს. ფესვის ცენტრში მოთავსებულია **ცენტრალური ცილინდრი (სტელი)**. მისი აგებულება შემდეგია: უშუალოდ ენდოდერმის ქვეშ მოთავსებულია **პერიციკლი** – ქსოვილი, რომელიც წარმოქმნის გვერდით ფესვებს. პროკამბიუმის უჯრედები წარმოქმნიან პირველად გამტარ ელემენტებს. ფესვში ფლოემა და ქსილემა ვითარდება პერიფერიიდან ცენტრისაკენ, ე.ი. ეგზარქულად. ფესვის ცენტრი ჩვეულებრივ დაკავებულია ჭურჭლების მიერ. ჯერ ყალიბდება პროტოქსილემა და პროტოფლოემა, რომელიც განლაგებულია პერიციკლის მახლობლად. პროტოქსილემა ფორმირდება რგოლური და სპირალური ტრაქეიდებისაგან. პროტოქსილემის წყლის გამტარი ელემენტების დიამეტრიც დიდი არ არის. მეტაქსილემაში წარმოიშობა მეტად დიდი დიამეტრის ჭურჭლები. პირველადი ქსილემის წარმოშობისას მისი ელემენტების ფორმირება ხდება პერიფერიიდან ცენტრისაკენ, ამის გამო ადრე წარმოშობილი ტრაქეიდური ელემენტები მდებარეობენ ქსილემის გარეთა მხარეს, ხოლო უფრო ახალგაზრდები – ცენტრთან ახლოს, ანუ, პროტოქსილემა განლაგებულია პერიციკლის გვერდით და მეტაქსილემა – ცენტრში. ამასთან დაკავშირებით, შედარებით მსხვილი ჭურჭლები იმყოფებიან ცენტრში, წვრილები კი – ქსილემის პერიფერიულ ნაწილში. ფლოემა და ქსილემა ერთმანეთს რადიალურად ენაცვლებიან. ქსილემა განლაგებულია ცენტრში და აქვს ვარსკვლავის ფორმა, მისი სხივების რიცხვი სხვადასხვა სახეობის მცენარეებისათვის განსაზღვრულია. ერთსხივიანს ეწოდება მონარქული, ორსხივიანს-დიარქული, სამსხივიანს-ტრიარქული, ოთხსხივიანს-ტეტრარქული და ა.შ. მრავასხივიანს-პოლიარქული.

ფესვში მონარქული ჭურჭლოვანი ელემენტები იშვიათად გვხვდება და მხოლოდ ზოგიერთ გვიმრანაირებში შეინიშნება. ვაშლისა და მსხლის ფესვებში 5-7 სხივიანი ქსილემაა, მარცვლოვნებში – 6 სხივიანი. ასი და მეტი შეიმჩნევა ზოგიერთ პალმაში.

ჩვეულებრივ ფესვში გულგული არ წარმოიშობა. ზოგიერთ მცენარეში (სიმინდი, ზამბახი) ფესვის ცენტრს იკავებს პარენქიმული უჯრედები და ყალიბდება გულგული. ზოგიერთ მცენარეში წარმოშობილ მომცრო გულგულის უჯრედებში გროვდება სამარაგო ნივთიერებები.



ნახ. 39. ზამბახის ფესვის განივჭრილის მონაკვეთი

ა – პირველადი ქერქი, ბ – ცენტრალური ცილინდრი.

1 – ეპიბლემა, 2 – პირველადი ქერქის პარენქიმა, 3 – ენდოდერმა, 4 – გამშვები უჯრედები, 5 – პერიციკლი, 6 – ქსილემა, 7 – ფლოემა, 8 – ეგზოდერმა.

ფესვის მეორადი ანატომიური აგებულება

ორლებნიანი და შიშველთესლოვანი მცენარეებისათვის დამახასიათებელია ფესვის მეორადი გასქელება, კამბიუმისა და ფელოგენის მოქმედების შედეგად.

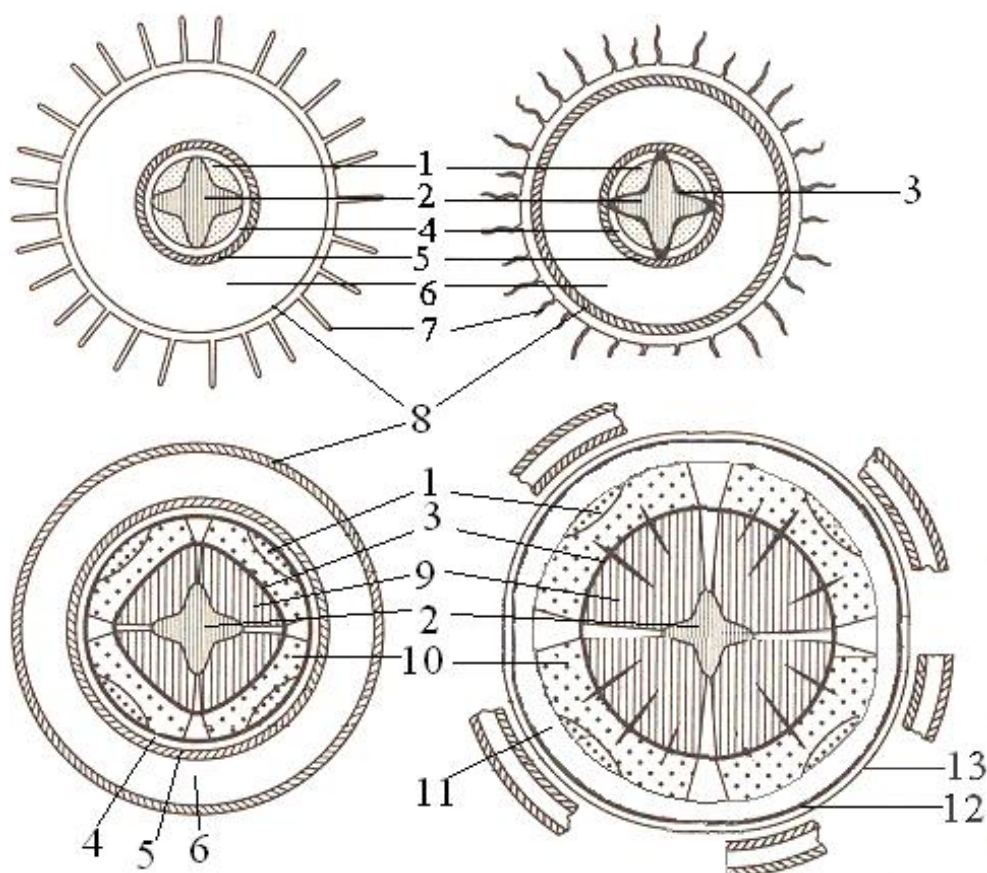
მეორადი ცვლილებები ფესვში იწყება გვერდითი ფესვების ზონის ზემოთ კამბიუმის რგოლის ჩასახვის მომენტიდან. კამბიუმი იღებს საწყისს ფლოემის პარენქიმული უჯრედებიდან, რომლებიც მოქცეულია ცენტრისაკენ (ფლოემასა და ქსილემას შორის) და ქსილემის სხივების პირდაპირ მდებარე პერიციკლის რამდენიმე დაყოფადი უჯრედებისაკენ. ამის შედეგად წარმოიშობა მუდმივად დაყოფის უნარიანი უჯრედების რიგი უწესრიგო რგოლის სახით, რომელიც ქსილემის სხივებს გარედან ეკვრის, ხოლო ფლოემის სხივებს – შიგნიდან. ასე ჩაისა-

ხება კამბიუმის რგოლი. კამბიუმი პერიფერიისაკენ გამოყოფს ფლოემის ელემენტებს, ხოლო ცენტრისკენ-ქსილემის ელემენტებს. ამის შედეგად კონების რადიალური განლაგება იცვლება კოლატერალურით. პარალელურად იმ ცვლილებებისა, რომლებიც ხდება ცენტრალურ ცილინდრში, მნიშვნელოვან ცვლილებებს განიცდის ფესვის ქერქოვანი ნაწილიც. წარმოიშობა ახალი მეორეული ქერქი.

მეორადი ქერქის ფორმირებაში მონაწილეობს პერიციკლიც. დასაწყისში პერიციკლიდან გამოიყოფა უჯრედები, რომლებიც აგრეთვე განიცდიან დაყოფას. უჯრედების ეს ფენა ფელოგენის ფუნქციას განაგრძობს და პერიფერიისაკენ გამოყოფს უჯრედებს, რომლებიც განიცდიან გაკორპებას. შიგნით გამოიყოფიან დიდი ზომის პარენქიმული უჯრედები, რომლებიც გარდაიქმნებიან ფელოდერმის უჯრედებად. ამის შედეგად წარმოიშობა ფესვის პერიდერმა. ფორმირების პროცესში კორპის ქსოვილი იმყოფება ენდოდერმის ქვეშ, რის შედეგადაც პირველადი ქერქი კარგავს კავშირს ცენტრალურ ცილინდრის ცოცხალ უჯრედებთან. ამ დროისათვის ქსოვილების ძლიერ გაზრდილი მასა ცენტრალურ ცილინდრში ახდენს დაწოლას პირველად ქერქზე, რომელიც კვდება და ცვივა. პირველადი ქერქი იცვლება მეორადით. ზოგჯერ ფელოგენი ჩაისახება ქერქის პირველად პარენქიმაში.

ამგვარად, ფესვის პირველადი აგებულების მეორადში გადასვლისათვის დამახასიათებელია: 1. კამბიუმის წარმოშობა პირველადი ფლოემისა და ქსილემის უბნებს შორის, 2. ფელოგენის წარმოშობა პერიციკლიდან და მეორადი ქერქის ფორმირება, 3. პირველადი ქერქის ჩამოცვენა, 4. რადიალური კონების შეცვლა კოლატერალურით (ნახ.40).

ფესვებისათვის, რომლებიც ასრულებენ სამარაგო ფუნქციას, შესაძლებელია გადახრა ტიპური მეორადი გასქელებისაგან. მაგ. ჭარხლის ფესვში მეორადი გასქელება ხდება ანომალური ზრდის შედეგად: ჩაისახება არა ერთი, არამედ კამბიუმის რამდენიმე შრე. დამატებითი შრეები წარმოიქმნება ცენტრალური ცილინდრის გარეთ, შედეგად წარმოიშობა გამტარი ელემენტებისა და სამარაგო პარენქიმის რამოდენიმე რგოლი. მათ შორის მოთავსებულია რადიალური პარენქიმის ჭიმები.



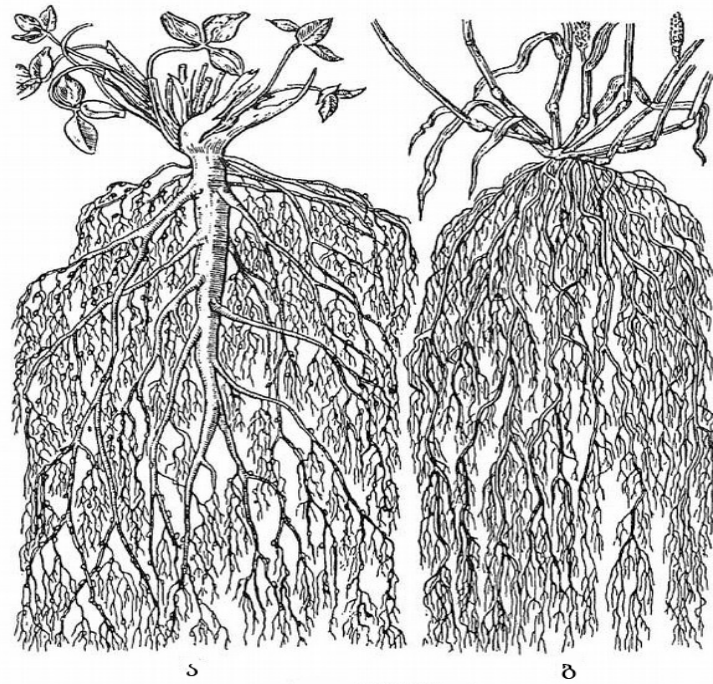
ნახ.40. ფესვის პირველადი აგებულებიდან მეორადში გადასვლა
 1 – პირველადი ფლოემა, 2 – პირველადი ქსილემა, 3 – კამბიუმი,
 4 – პერიციკლი, 5 – ენდოდერმა, 6 – მეზოდერმა, 7 – რიზოდერმა,
 8 – ეგზოდერმა, 9 – მეორადი ქსილემა, 10 – მეორადი ფლოემა,
 11 – მეორადი ქერქი, 12 – ფელოგენი, 13 – ფელემა.

ფესვთა სისტემა

ჩვეულებრივ მცენარეებს აქვთ მრავალრიცხოვანი და ძალიან დატოტვილი ფესვები. ერთი მცენარის ყველა ფესვთა ერთობლიობას ეწოდება **ფესვთა სისტემა**. ფესვთა სისტემის შემადგენლობაში შედის სხვადასხვა მორფოლოგიური ბუნების ფესვები: მთავარი, გვერდითი და დამატებითი ფესვები. **მთავარი ფესვი** ვითარდება ჩანასახოვანი ფესვაკიდან, გვერდითი წარმოიშობა ფესვიდან (მთავარიდან, გვერდი-

თიდან, დამატებითიდან), პერიციკლიდან და წარმოიქმნება გამტარ ზონაში ან უფრო მაღლა (ფესვს ზრდაში ხელს არ უშლის). დამატებითი წარმოიქმნება ღეროზე, ფოთლებზე მერისტემიდან, ფლოემიდან, ფელოდერმიდან, რადიალური სხივებიდან.

უმაღლეს სპოროვან მცენარეთა (გვიმრების, შვიტების, ლიკოპოდიუმების) ფესვთა სისტემა შედგება მხოლოდ დამატებითი ფესვებისაგან და იწოდება პირველად ჰომორიზულად. შიშველთესლოვნებსა და ფარულთესლოვან ორლებნიანებს უვითარდებათ მთავარი ფესვი, რომლისაგანაც გამოდის გვერდითი და დამატებითი ფესვები. ასეთი ფესვთა სისტემა იწოდება ალორიზულად ანუ **მთავარღერძიანად**. ერთლებნიან მცენარეებში თავდაპირველად ჩაისახება მთავარი ფესვი, მაგრამ ის ადრე კვდება ან საერთოდ არ ვითარდება და წარმოიქმნება მეორადი ჰომორიზული ანუ **ფუნჯა** ფესვთა სისტემა, რომელიც შედგება დამატებითი ფესვებისაგან. ფესვთა სისტემის ტიპი (ნახ.41) წარმოადგენს მემკვიდრულად გამყარებულ ნიშანს, მაგრამ მისი განვითარების სიძლიერე და ნიადაგში გავრცელება იცვლება ნიადაგის ტიპის, მისი ტენიანობის, აერაციის და სხვა თვისებების მიხედვით. განსაკუთრებით დიდ გავლენას ფესვების განვითარების ხარისხსა და განაწილებაზე ახდენს ნიადაგის ტენიანობა. მშრალ ადგილებში მცხოვრები ბევრი მცენარის ფესვის უკიდურესი სიგრძე განისაზღვრება გრუნტის წყლების განლაგების სიღრმით. მერქნიანი ჯიშების ფესვები საშუალოდ ჩაღიან 10-15 მეტრის სიღრმეზე. ფესვთა სიმძლავრეზე მსჯელობა არ შეიძლება მხოლოდ სიღრმეში მისი განვითარების ხარისხის მიხედვით. მერქნიან ჯიშებში გვერდითი ფესვების გავრცელების რადიუსი შესამჩნევად აღემატება ხის ვარჯის პროექციის რადიუსს. გვერდითი ფესვების დიდი მასის განვითარება ფესვის ბუსუსებით ძალიან ადიდებს ფესვთა სისტემის შემწვავ ზედაპირს. ფესვთა სისტემის განვითარების სიძლიერე, ერთის მხრივ რეგულირდება ნიადაგური პირობებით და, ამის შესაბამისად, ფესვისა და ნიადაგური ფაქტორების ურთიერთქმედებით, და, მეორე მხრივ – წყლისა და მინერალურ ნივთიერებებზე მოთხოვნილებით.



ნახ. 41. ფესვთა სისტემის ტიპები: ა – მთავარღერძიანი, ბ – ფუნჯა.

დავალება 1. ფესვის ზონების შესწავლა მუდმივი პრეპარატის (ხორბლის ფესვის გრძივი ქრილის პრეპარატი) გამოყენებით.

მუშაობის მსვლელობა: დაათვალიერეთ პრეპარატი მცირე გადიდებით. ფესვის წვეროში ჩანს შალითა. მის შუა ნაწილში, მთელ სიგრძეზე განლაგებულია უჯრედების 4-6 შრე – კოლონა. ამ უჯრედებში მოთავსებულია ამილოპლასტები – სახამებლის განსაკუთრებული მარცვლები, რომლებიც პასუხისმგებელია ფესვის გეოტროპიზმის მოვლენაზე. შალითის ზემოთ განლაგებულია ფესვის აპიკალური მერისტემა, რომელიც შედგება დიდი ბირთვების მქონე იზოდიამეტრული უჯრედებისაგან. შემდეგ არის დაჭიმვის ზონა. მას მოსდევს შემწოვი ზონა, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ფესვის ბუსუსები. შემდეგი ზონაა გამტარი.

ჩაიხატეთ ფესვის ზონები.

აღნიშნეთ: ფესვის შალითა, აპიკალური მერისტემა, გაჭიმვის, შემწოვი და გამტარი ზონები.

დავალება 2. ფესვის პირველადი აგებულების შესწავლა ზამბახის ფესვის განივჭრილის მუდმივი პრეპარატის გამოყენებით.

მუშაობის მსვლელობა: დაათვალიერეთ პრეპარატი მცირე გადიდებით მიკროსკოპის ქვეშ. დათვალიერებისას ნათლად ჩანს პირველადი ქერქი და ცენტრალური ცილინდრი (ნახ.39). პირველადი ქერქის გარეთა შრე – ეგზოდერმა შედგება მჭიდროდ მიჯრილი, გასქელებული კედლის მქონე უჯრედებისაგან. პირველადი ქერქის შიგნითა შრე – ენდოდერმა შედგება უჯრედების ერთი შრისაგან. ენდოდერმაში, გასქელებული კედლების მქონე უჯრედების გარდა (რომლებიც წითლადაა შეღებილი), გვხვდება გამშვები უჯრედები. პრეპარატზე ჩანს, რომ ეს უჯრედები უმთავრესად განლაგებულია პროტოქსილემის წვრილი ჭურჭლების გასწვრივ. ცენტრალური ცილინდრის გარეთა შრე – პერიციკლი – წარმოქმნილია ცოცხალი უჯრედების ერთი შრით. ცენტრალური ცილინდრის ცენტრალური ნაწილი უჭირავს რადიალურ გამტარ კონებს. ქსილემა მუდმივ პრეპარატზე შეფერილია წითლად. იგი შედგება პროტოქსილემის წვრილი (მცირე ზომის) ტრაქეებისა და და მეტაქსილემის დიდი ტრაქეებისაგან. ქსილემის სხივებს შორის მოთავსებულია ფლოემა.

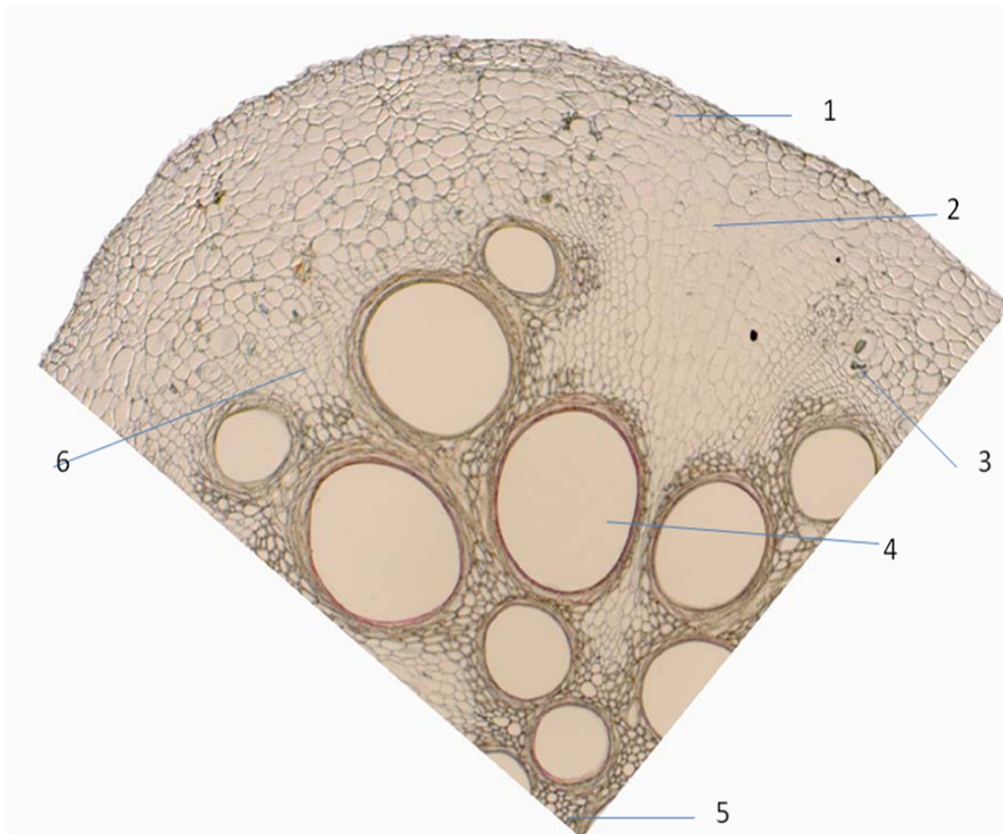
ჩაიხატეთ ზამბახის ფესვის პირველადი აგებულება.

აღნიშნეთ: ეგზოდერმა, ენდოდერმა, გამშვები უჯრედები, პერიციკლი, პროტოქსილემა, მეტაქსილემა, ფლოემა.

დავალება 3. გოგრის ფესვის განივჭრილის მეორადი აგებულების შესწავლა მუდმივი პრეპარატის გამოყენებით.

მუშაობის მსვლელობა: დაათვალიერეთ პრეპარატი მცირე გადიდებით. ფესვის ცენტრში მოთავსებულია ოთხსხივიანი პირველადი ქსილემა. მეორადი ქსილემის დიდი ტრაქეები წარმოქმნიან 4 ჯგუფს. მათ შორის კარგად ჩანს რადიალური სხივები, რომლებიც პარენქიმული უჯრედებისაგან შედგება. მეორადი ქსილემის საზღვარზე შეიძლება კამბიუმის დანახვა, რომელსაც უჯრედების მცირე რადიალური რიგისაგან შედ-

გება. მის გარეთ, მეორადი ქსილემის ყოველი მონაკვეთის გასწვრივ, განლაგებულია მეორადი ფლოემა. ფესვი გარედან დაფარულია პერიდერმით. კამბიუმის გარეთ განლაგებული ქსოვილები (ფლოემა, ძირითადი პარენქიმა, ფელოდერმა, ფელოგენი და კორპი) იწოდება მეორად ქერქად (ნახ. 42).



ნახ. 42. გოგრის ფესვის განივჭრილი

1 – პარენქიმა, 2 – რადიალური სხივი, 3 – ფლოემა, 4 – მეორადი ქსილემა, 5 – პირველადი ქსილემა, 6 – კამბიუმი.

ჩაიხატეთ სქემატურად გოგრის ფესვის მეორადი აგებულება.

აღნიშნეთ: პირველადი და მეორადი ქსილემა, რადიალური სხივები, კამბიუმი, პირველადი და მეორადი ფლოემა, მეორადი ქერქის პარენქიმა, პერიდერმა.

დავალეზა 4. სტაფილოს ფესვის განივჭრილის მეორადი აგებულების შესწავლა მუდმივი პრეპარატის გამოყენებით.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალერეთ პრეპარატი მცირე გადიდებაზე. დააკვირდით, რომ სტაფილოს ფესვს, გოგრის ფესვისაგან განსხვავებით რადიალური სხივი აქვს დიარქული. გარდა ამისა, ფესვის დიდი მოცულობა უკავია მეორად ქერქს (ნახ. 43). ქსოვილთა განლაგება მოცემულია დავალეზა 3-ში.

ჩაიხატეთ სქემატურად სტაფილოს ფესვის განივჭრილი.

აღნიშნეთ: პირველადი და მეორადი ქსილემა, რადიალური სხივები, კამბიუმი, ფლოემა, მეორადი ქერქის პარენქიმა, პერიდერმა.

დავალეზა 5. ბოლოკის ფესვის მეორადი აგებულების შესწავლა მუდმივი პრეპარატის გამოყენებით.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალერეთ პრეპარატი მცირე გადიდებაზე. დააკვირდით, რომ ბოლოკის ფესვს აქვს ასევე დიარქული გამტარი კონა, მაგრამ სტაფილოს ფესვისაგან განსხვავებით ორგანოს დიდი მოცულობა უკავია ქსილემას (ნახ. 43). ქსოვილების განლაგება მოცემულია დავალეზა 3-ში.

ჩაიხატეთ სქემატურად ბოლოკის ფესვის განივჭრილი.

აღნიშნეთ: პირველადი და მეორადი ქსილემა, რადიალური სხივები, კამბიუმი, ფლოემა, მეორადი ქერქის პარენქიმა, პერიდერმა.

დავალეზა 6. პოლიკამბიალური ფესვების აგებულების შესწავლა ჭარხლის ფესვის განივჭრილის მუდმივი პრეპარატის გამოყენებით.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალერეთ პრეპარატი მცირე გადიდებით. ჭარხლის ფესვს აქვს ასევე დიარქული გამტარი კონა

პირველად და მეორად აგებულებისას. ფესვის შემდგომი გასქელება გრძელდება კამბიუმის დამატებითი შრეების ჩასახვით, რომელიც გარეთ წარმოქმნის ქსილემასა და შიგნით ფლოემას კოლატერალური კონების სახით. ისინი გამოყოფილია ერთმანეთისაგან პარენქიმით (ნახ. 43).

ჩაიხატეთ სქემატურად ჭარხლის პოლიკამბიალური ფესვის განივჭრილი.

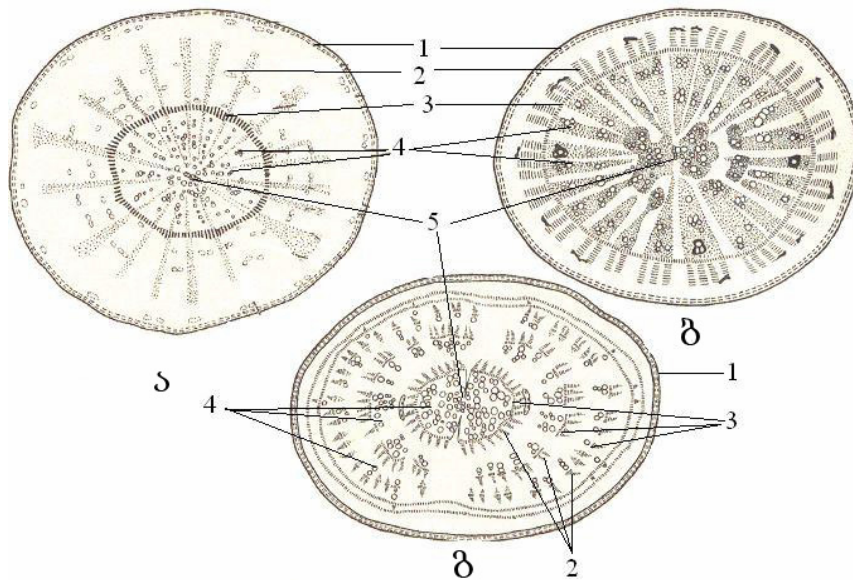
აღნიშნეთ: პირველადი და მეორადი ქსილემა, რადიალური სხივები, კამბიუმი, პირველადი და მეორადი ფლოემა, კამბიუმის დამატებითი შრეები, კოლატერალური გამტარი კონები, პერიდერმა.

დავალეზა 7. ხანჭკოლას კოჟრიანი ფესვის განივჭრილის მუდმივი პრეპარატის დაათვალიერება.

სამუშაოს მსვლელობა. დაათვალიერეთ პრეპარატი მცირე გადიდებაზე. ნახეთ, რომ ხანჭკოლას კოჟრიანი ფესვის განივჭრილის მუდმივი პრეპარატზე კარგად ჩანს ფესვის მეორადი აგებულება პირველადი ქსილემით ცენტრში და მეორადი ქსილემის მონაკვეთებით. ხანდახან რადიალური პარენქიმული სხივები ნაკლებად ჩანს და მეორადი ქსილემა თითქმის მთლიანია. მის ირგვლივ განლაგებულია კამბიუმი, ხოლო შემდეგ მეორადი ფლოემა. ფლოემის გარეთ არის პარენქიმის უჯრედების დიდი რაოდენობა, რომლებიც სახამებლითაა ამოვსებული. ასეთივე უჯრედები არის კოჟრების გარე ზედაპირზე, ისინი გარს ერტყმიან კოჟრის ძლიერ განსხვავებულ ცენტრალურ ნაწილს, რომელიც მუქი შეფერილობისაა. ამ ბაქტეროიდულ ქსოვილში ცხოვრობენ ბაქტერიები, რომლებიც ითვისებენ აზოტს.

ჩაიხატეთ სქემატურად კოჟრის განივჭრილი ხანჭკოლას ფესვის განივჭრილთან ერთად.

აღნიშნეთ: ფესვი, კოჟრები, ბაქტეროიდული ქსოვილი.



ნახ. 43. ძირხვენებიანი მცენარეების ფესვის განივჭრილი:

ა-სტაფილო (*Daucus sativus*); ბ-ბოლოკი (*Raphanus sativus*);

გ- ჭარხალი (*Beta vulgaris*).

1 - პერიდერმა, 2 - მეორადი ფლოემა, 3 - კამბიუმი,

4 - მეორადი ქსილემა, 5 - პირველადი ქსილემა.

საკონტროლო კითხვები:

1. რა ფუნქციებს ასრულებს ფესვი?
2. დაასახელეთ და აღწერეთ ახალგაზრდა ფესვის ზონების აგებულება.
3. აღწერეთ ფესვის პირველადი აგებულება. რა ფუნქციას ასრულებენ კასპარის რგოლები?
4. დაასახელეთ ფესვში მეორადი ელემენტების ფორმირების ძირითადი ეტაპები.
5. აღწერეთ ფესვის მეორადი აგებულება. რომელი ქსოვილები განეკუთვნება მეორად ქერქს? რომელი მცენარეების რომელ ფესვებს ახასიათებს პოლიკამბიალურობა?
6. დაასახელეთ ფესვთა რომელი სახეები იცით. რა განსხვავებაა გვერდითსა და დამატებით ფესვებს შორის?
7. რას უწოდებენ ფესვთა სისტემას და ფესვთა სისტემის რომელი ტიპებია თქვენთვის ცნობილი?

თემა – ყლორტი. ღეროს პირველადი აგებულება.

სამუშაოს მიზანი: ფარულთესლოვან მცენარეთა ყლორტისა და ღეროს აგებულების გაცნობა; უმაღლეს მცენარეთა ცენტრალური ცილინდრის ევოლუციის კანონზომიერებათა შესწავლა.

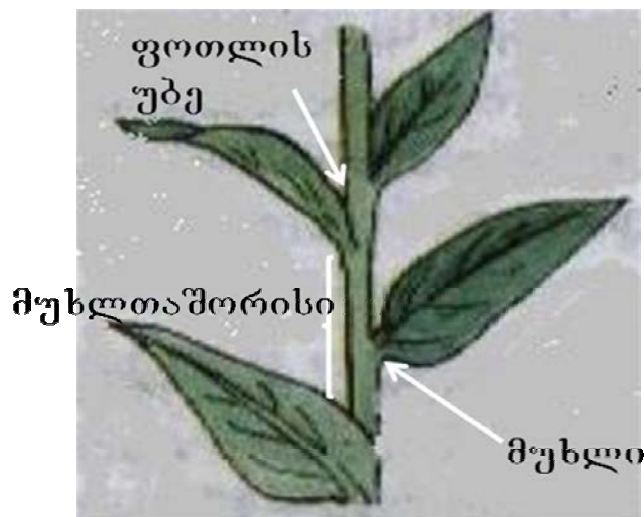
ამოცანები:

1. ფარულთესლოვან მცენარეთა ღეროს პირველადი აგებულების გაცნობა.
2. სპოროვან და თესლოვან მცენარეთა სტელის ტიპების ნაირფეროვნების შესწავლა.

თეორიული ცნობები

ყლორტს უწოდებენ შეფოთლილ **ღეროს**. ღეროს საშუალებით ხდება წყლისა და მინერალური მარილების ხსნარის გადატანა მცენარის მთელ სხეულში, ამასთან, ღეროს საშუალებით ფოტოსინთეზისა და ასიმილაციის პროდუქტები ტრანსპორტირდება მცენარის ყველა ნაწილში. ამგვარად, ის აკავშირებს მცენარის ორ მნიშვნელოვან ორგანოს ერთმანეთთან – ფოთოლსა და ფესვს. იგი ასრულებს მექანიკურ ფუნქციასაც, ყველა ფოთლისა და გვერდითი ყლორტის სიმძიმეს იტანს. მის პარენქიმაში გროვდება საკვებ ნივთიერებათა მარაგი. ღერომ სიცოცხლის წესის მიხედვით შეიძლება სახე შეიცვალოს და სხვა ფუნქციებიც შეასრულოს.

ღეროს დატოტვის მეოხებით იზრდება მცენარის მიწისზედა ნაწილთა შთანთქმელი ზედაპირი. ღერო ფორმირდება ჩანასახოვანი კვირტიდან, რომელშიც უკვე მოცემულია ჩანასახოვანი ღერო. ფესვისაგან განსხვავებით მასზე გამოირჩევა მუხლები და მუხლთაშორისები. **მუხლი** ეწოდება ღეროზე ფოთლის მიმაგრების ადგილს, ხოლო ორ მუხლს შორის მდებარე ღეროს მონაკვეთს **მუხლთაშორისი ეწოდება**. კუთხეს წარმოქმნილს ყლორტსა და ფოთოლს შორის ეწოდება **ფოთლის უბე** (ნახ. 44). მუხლთაშორისები შეიძლება იყოს წაგრძელებული და დამოკლებული – შესაბამისად ფორმირდება წაგრძელებული ან მოკლე ყლორტები (მაგ. კომბოსტოს თავი).



ნახ. 44. ღერო მუხლებითა და მუხლთაშორისებით.

დატოტვის ტიპები

დატოტვის მეოხებით მცენარის მიწისზედა ნაწილების საერთო მასა იზრდება. მერქნიან ჯიშებში მიწისზედა ნაწილების დატოტვის შედეგად წარმოიქმნება ვარჯი. მცენარის ვარჯს წარმოადგენს ღეროს სხვადასხვა ხნოვანების ტოტები. დატოტვა წარმოიქმნა ევოლუციის პროცესში ჯერ კიდევ ორგანოთა წარმოქმნამდე. ხმელეთის ფლორის უძველეს წარმომადგენლებს გააჩნდათ 2 სრულიად განსხვავებული დატოტვის წესი: კენწრული (დიქოტომიური) და გვერდითი (მონო-და სიმპოდირი). კენწრული დატოტვა დაკავშირებულია ზრდის კონუსის გაყოფასთან, ხოლო გვერდითი – მისი სიცოცხლის ხანგრძლივობასთან.

ღერძითი ორგანოების დატოტვის ძირითადი ტიპებია (ნახ.45):

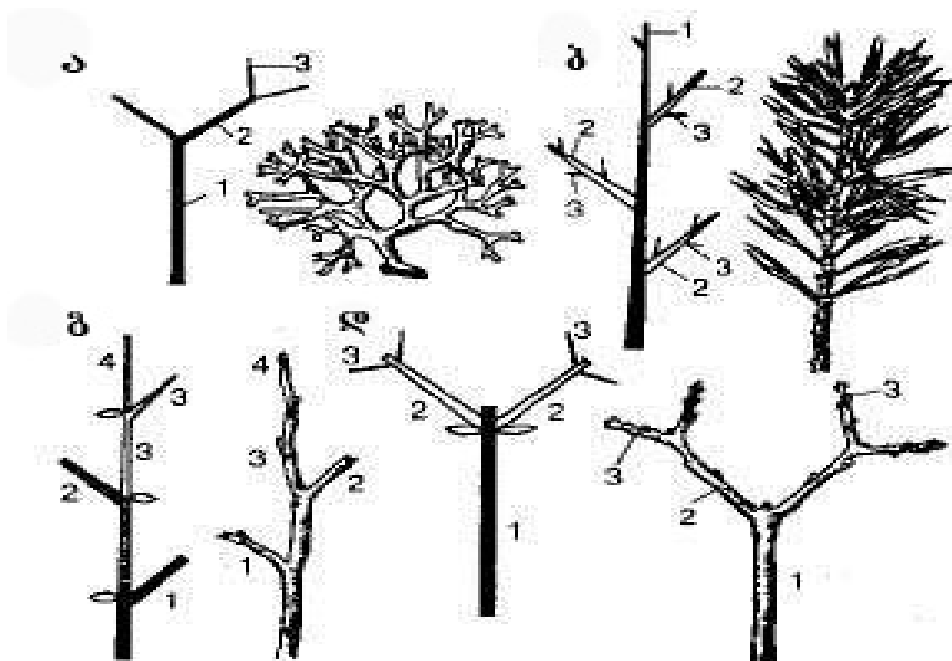
დიქოტომიური ანუ ორთითა. ამ წესით დატოტვისას ყლორტის ზრდა ხორციელდება ორი ერთმანეთის პირდაპირ განლაგებული კენწრული (აპიკალური) კვირტებით, რომლებიც ერთნაირი სისწრაფით იზრდებიან – ორთითისებურად. ეს დატოტვის მეტად ძველი წესია. იგი გვხვდება ხავსებში, ლიკოპოდიუმებში, ბევრ გვიმრანაირში და ზოგიერთ შიშველთესლოვანში.

მონოპოდიური დატოტვისას კენწრული კვირტი ყოველთვის აქტიურია და აგრძელებს მცენარის მიწისზედა ნაწილის სიმაღლეზე

ზრდას, ხოლო მთავარი ღერო, გვერდით ყლორტებთან შედარებით, ძლიერ იზრდება. ამ წესით დატოტვისას წარმოიშობა სიმეტრიული ვარჯი და სწორი, თანაბრად გამსხვილებული ღერო. ამ მცენარეთა ღერო ძვირფასია, გამოიყენება ელექტროგაყვანილობის ბოძებად და მშენებლობაში. მონოპოდიურად იტოტებიან შიშველთესლოვანები (ფიჭვი, კიპაროსი, სოჭი, ნაძვი და სხვ.).

სიმპოდიური დატოტვა მცენარეული სამყაროს ევოლუციაში საკმაოდ გვიან გამომჟღავნდა. სიმპოდიური დატოტვის საფუძველს შეადგენს დიქოტომიური და მონოპოდიური დატოტვა. დიქოტომიური დატოტვის სიმპოდიურში გადასვლისას ხდება ზრდის კონუსის ერთ-ერთი აპიკალური ინიციალის გადანევა მეორე აპიკალის მხარეს, რაც წარმოადგენს გადანეული აპიკალის ზრდაში ჩამორჩენის და მეორე აპიკალის ზრდის გააქტიურების მიზეზს. თუ მონოპოდიური დატოტვის წესი შეიცვალა სიმპოდიურით, მაშინ აქტიური ხდება გვერდითი კვირტი, რომელიც მდებარეობს კენწრული კვირტის მეზობლად და თავისი ზრდით თრგუნავს ამ უკანასკნელს. ამის გამო სიგრძეზე ზრდა გრძელდება არა კენწრულის, არამედ გვერდითი კვირტის მეოხებით. სიმპოდიური დატოტვა წარმოიშვა მცენარეული სამყაროს ევოლუციის შედარებით მაღალ საფეხურზე. იგი გვხვდება ფარულთესლოვან მცენარეთა უმრავლესობაში, მაგრამ ფარულთესლოვან მცენარეთა უმრავლესობაში მონოპოდიური და სიმპოდიური დატოტვა კომბინირებულია. მონოპოდიურად დატოტვილი ყლორტები უზრუნველყოფენ ზრდას, ხოლო სიმპოდიურად დატოტვილი ყლორტები იძლევიან ყვავილს, ნაყოფსა და თესლს. კომბინირებული დატოტვა ახასიათებს მსხალს, ვაშლს, ქლიავს, მუხას, ჭადარს და სხვ.

სიმპოდიური დატოტვის განსაკუთრებულ ფორმას წარმოადგენს ცრუდიქოტომიური დატოტვა. ასეთი დატოტვა გვხვდება ზოგიერთ ფარულთესლოვან მცენარეში, როცა აპიკალური წერტილი კვდება, ან უბრალოდ არ ვითარდება, ხოლო ზრდას კი აგრძელებს ორი გვერდითი კვირტი, რომლებიც განლაგებული არიან მოპირდაპირედ, კენწრული კვირტის ქვემოთ. ასეთი დატოტვა გვხვდება ბევრ მიხაკისებრში, იასამანსი, ფითრში და სხვ.



ნახ. 45. დატოტვის ძირითადი ტიპები (სქემა):

ა-დიქტომიური (წყალმცენარე დიქტიოტა), ბ-მონოპოდიური (ფიჭვი),
გ, დ-სიმპოდიური (შოთხვი და იასამანი).
1, 2, 3 – პირველი, მეორე და მესამე რიგის ღერძები.

ყლორტის ფორმა და ტიპები

ყლორტების ფორმა ძლიერ განსხვავებულია და ეს დიდად განპირობებულია ფილოგენეზით. სხვადასხვა მცენარის ყლორტები განსხვავდებიან საერთო ფორმით, მოხაზულობით, გახევეების ხარისხითა და სხვა თავისებურებებით.

მცენარეთა უმრავლესობის ყლორტს განივ ჭრილში მომრგვალო მოხაზულობა აქვს, ზოგიერთისას – სამწახნაგოვანი (ისლი), ოთხწახნაგოვანი (ტუჩოსნები), ნიბოვანი (ბევრი ქოლგოსნები) და ა.შ.

ბევრი მცენარის ყლორტი ღრუა და ამოვსებულია მხოლოდ მუხლებში. ასეთ ყლორტს ეწოდება ნამჯა (მარცვლოვნები). მცენარეთა უმრავლესობის ღერო დატოტვილია, მაგრამ გვხვდება დაუტოტავი ღეროებიც (ბაბუანვერა).

ყლორტის ფორმაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მასში მექანიკური ქსოვილის განვითარების ხარისხი. ამასთან დაკავშირებით გვხვდება **სწორმდგომი, ხვარა, მცოცავი, მწოლიარე და მხოხავი ყლორტები**. მცენარეების უმრავლესობას აქვს სწორმდგომი ღეროები. ასეთ ღეროებს აქვთ კარგად განვითარებული მექანიკური ქსოვილი და ამის გამო შეუძლიათ სწორად დგომა. **ხვარები და მცოცავები** მიისწრაფიან შეინარჩუნონ სწორმდგომობა საყრდენის დახმარებით. მცენარეებს **ხვარა და მცოცავი ღეროებით** ეწოდება **ლიანები**. ლიანებს ხვარა ღეროთი მიეკუთვნება ხვარა ლობიო, სვია, გლიცინია, ხვარა ვარდი და სხვა. მცოცავ ლიანებს აქვთ განსაკუთრებული ორგანოები – მისაკიდები, რომელთა დახმარებით მცენარე დგას ვერტიკალურად. მისაკიდების რამდენიმე ტიპი არსებობს. ვაზი საყრდენს ეკიდება ულვაშების დახმარებით, სურო – მისაკიდი ფესვების დახმარებით.

მწოლიარე ანუ გართხმულ ყლორტებს არ შეუძლიათ ვერტიკალურად დგომა, საყრდენის ირგვლივ შემოხვევა და მოკლებული არიან მისაკიდ ორგანოებს. ასეთი ყლორტები აქვთ გოგროვანთა უმრავლესობას, კიტრს, საზამთროს, ნესვს და სხვა. კიტრისა და გოგრის ზოგიერთ ჯიშს აქვს მისაკიდი ყლორტები. საზამთროს აგრეთვე უვითარდება ულვაშები, მაგრამ ისინი არ მოქმედებენ და ღერო ისევ მწოლიარე რჩება.

მხოხავ ყლორტებს მწოლიარესაგან განსხვავებით შეუძლიათ მუხლებიდან წარმოშვან დამატებითი ფესვები. ამის გამო მათ შეუძლიათ დიდი ტერიტორიის დაკავება. მხოხავ მცენარეებს ეკუთვნიან: მარწყვი, დანდური, მაყვალი და სხვ.

ღეროს გახევების ხარისხთან დაკავშირებით არჩევენ ბალახოვან და მერქნიან მცენარეებს. ბალახოვანი მცენარეების ღერო წვნიანი, რბილია და ხშირად ხორცოვანი, მერქნიანი მცენარეების (ხეებისა და ბუჩქების) ღერო გახევებულია. გახევებული ღეროიანი მცენარეები ცოცხლობენ დიდხანს – მრავალწლოვანი არიან. ბალახოვანი მცენარეები სიცოცხლის ხანგრძლივობის მიხედვით იყოფიან 3 ჯგუფად: ერთწლოვანი ბალახები, ორწლოვანი ბალახები, რომლებიც პირველ წელიწადს წარმოშობენ მიწისზედა და მიწისქვეშა სავეგეტაციო ორგანოებს, მეორე წელს ყვავილობენ, წარმოშობენ ნაყოფსა და თესლს

და ამით ამთავრებენ თავიანთ განვითარებას. მრავალწლოვანი ბალახები ცოცხლობენ რიგი წლების მანძილზე.

მერქნიანი მცენარეები დატოტვის ხასიათისა და გახევების ხარისხის მიხედვით 3 ჯგუფისაა. **ხეები** შედარებით მაღალი ტანისაა, მთავარი ღერო – მიწისზედა ღერძი ყოველთვის მკვეთრადაა გამოხატული და მიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეზე იტოტება. **ბუჩქებს** ახასიათებს შედარებით დაბალი ზრდა. ღერო არ არის გამოხატული, მიწისზედა ნაწილი იტოტება ფესვის ყელთანვე. ბუჩქებია: ანწლი, შინდი, ბროწეული, იაპონური ზღრმატლი, მოცხარი და სხვა მრავალი. **ნახევრადბუჩქები** გარდამავალი ფორმებია ბუჩქოვნებსა და ბალახოვან მცენარეებს შორის. მათ ყლორტების ქვედა ნაწილი უხევდებათ, ზედა ნაწილი გახევებას არ განიცდის და წლის ბოლოს კვდება, მაგ: ავშანი, მოცვი, ხურხუმო და სხვ.

ღეროს პირველადი ანატომიური აგებულება

ღეროში, რომელსაც პირველადი აგებულება აქვს, განარჩევენ ეპიდერმისს, პირველად ქერქსა და სტელს (ცენტრალურ ცილინდრს). გარეთა შრე ეპიდერმისია. პირველადი ქერქის შემადგენლობაში შეიძლება შედიოდეს საასიმილაციო, მექანიკური, სამარაგო, გამომყოფი ქსოვილი, აერენქიმა. საასიმილაციო ქსოვილი ჩვეულებრივ ეპიდერმისის ქვეშ არის მოთავსებული მთლიანი შრის სახით ან ცალკეულ მონაკვეთებად. ქერქის შიგნითა შრე არის ენდოდერმა-რომელიც ღეროში ნაკლებადაა გამოხატული, ვიდრე ფესვში. ცენტრალურ ცილინდრს აქვს უფრო რთული აგებულება. ბევრ მცენარეში პირველად ქერქს უშუალოდ ესაზღვრება პერიციკლი, რომელმაც ფესვისაგან განსხვავებით დაკარგა მერისტემული აქტივობა და წარმოდგენილია პარენქიმა და სკლერენქიმა. პირველადი გამტარი ქსოვილები ჩვეულებრივ თავმოყრილია ერთ ან რამოდენიმე სხვადასხვა ტიპის გამტარ კონად (კოლატერალურად, ბიკოლატერალურად, კონცენტრულად). კონები ხშირად გამოყოფილია პარენქიმის მონაკვეთებით. პირველადი გამტარი ელემენტების განლაგება დამოკიდებულია პროკამბიუმის ჩასახვასა და ფუნქციონირებაზე. თუ ის ჩაისახება ცალკეულ მონაკვეთებად, წარმოიქმნება კონებრივი აგებულება, თუ მთლიანი შრის სახით – უკონო. პირველადი ქსილემა მოთავსებულია გულგულის გვერ-

დით, მის გარეთ კი მდებარეობს ფლოემა. ღეროს ცენტრში განლაგებულია გულგული, რომელიც ასრულებს სამარაგო ფუნქციას ან გვხვდება საჰაერო ღრუები (მაგ. გოგრაში).

სტელი და მისი ტიპები

ღერძული ორგანოების (ღეროსა და ფესვის) ცენტრალური ნაწილი ჭურჭელბოჭკოვან სისტემასთან ერთად ქმნის ე.წ. სტელს. ეს ტერმინი იხმარება ცენტრალური ცილინდრის აღსანიშნავად.

უმაღლეს მცენარეთა სხვადასხვა წარმომადგენელში სტელმა ევოლუციის მხრივ განიცადა სხვადასხვა მორფო-ფიზიოლოგიური ცვლილება. სტელის გარდაქმნის უმაღლესი ფორმა წარმოდგენილია ფარულთესლოვანი მცენარეების ღეროში.

უმაღლესი მცენარეების სხვადასხვა წარმომადგენელში, რომლებიც ევოლუციური ფორმირების სხვადასხვა საფეხურზე დგანან, გამოყოფენ სტელის სამ მთავარ ტიპს. სტელის ეს კლასიფიკაცია დაფუძნებულია გამტარი ელემენტებისა და პარენქიმის შეფარდებაზე და მათი განლაგების წესზე ღეროს ცენტრალურ ცილინდრში.

პროტოსტელი სტელის ყველაზე უძველესი და პრიმიტიული ტიპია. ქსილემა განლაგებულია ღეროს ცენტრში და თითქმის მის ცენტრში ქმნის სვეტს. ქსილემას რგოლურად ერტყმის ფლოემა. ქსილემასა და ფლოემაში პარენქიმა არაა, არც გულგულის სხივები. პროტოსტელი წარმოდგენილი იყო დევონის ფსილოფიტებში, გვხვდება გვიმრანაირების ზოგიერთ თანამედროვე წარმომადგენელში.

სიფონოსტელი განსხვავდება პროტოსტელისაგან იმით, რომ მის ცენტრში არის პარენქიმისაგან შემდგარი გულგული. იგი წარმოადგენს სტელის ევოლუციის შემდგომ საფეხურს და უმაღლეს მცენარეთა ბევრ წარმომადგენელში არის მისი სხვადასხვა ვარიანტი. ზოგიერთ სახეობაში შიგნითა ფლოემა არასრული რგოლის სახითაა, სხვებს გარდა გარეგანი ენდოდერმის რგოლისა აქვთ შიგნითა ენდოდერმის რგოლი. სიფონოსტელი გვხვდება გვიმრანაირების მცირერიცხოვან წარმომადგენლებში.

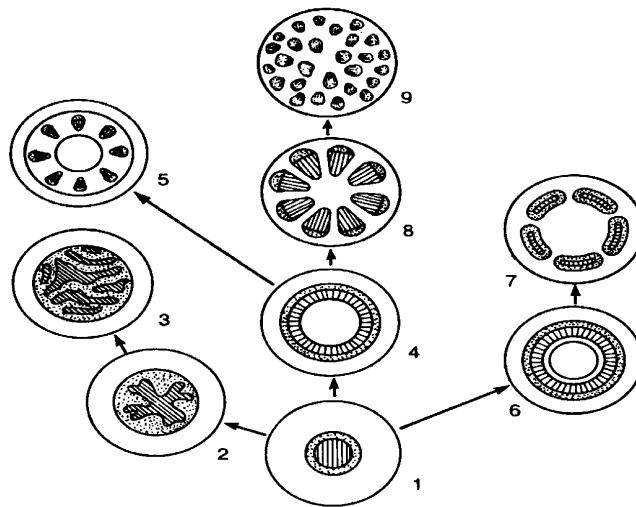
დიქტიოსტელი განსხვავდება სტელის წინა ტიპებისაგან იმით, რომ სიფონის მთლიანი რგოლი წყდება პარენქიმის უბნებით და შედეგად ფორმირდება გაპოხილი სტელი. უმაღლეს მცენარეებში სტელის ევოლუციის მწვერვალი აღმოჩნდა სტელის პარენქიმიზაცია, რაც მდგომარეობს იმაში, რომ თითოეული საცრიანი მილი, თითოეული

ტრაქეიდა და ჭურჭელი ეხება ცოცხალ პარენქიმულ უჯრედს. დიქტიოსტელში პარენქიმამ დაიკავა ადგილი არა მარტო გულგულში, გულგულის სხივებში, ფოთლისა და ყლორტის ნარღვევში, არამედ პერიციკლური უჯრედების რგოლი (პარენქიმა მერისტემული თვისებებით) წარმოიშვა ენდოდერმის ქვეშ.

ფილოგენეზის თანამედროვე დონეზე ფარულთესლოვანების სტელი წარმოდგენილია დიქტიოსტელის ორი ქვეტიპით: **ევსტელითა და ატაქტოსტელით**.

ევსტელის პროტოტიპს შექველად წარმოადგენდა სიფონოსტელი, რომელიც დანაწევრებული იყო პირველადი გულგულის მწკრივების პარენქიმის სიგრძივი ფენებით. ევსტელი დამახასიათებელია ორლენიანებისათვის.

ერთლენიანი მცენარეებისათვის დამახასიათებელია ატაქტოსტელი (ბერძ. ataktos – მოუწესრიგებელი), როცა სტელი დანაწევრებულია ძირითადი პარენქიმის მრავალი რგოლით და თითოეული ჭურჭლოვანი კონა წარმოადგენს ფოთლის კვალს. ატაქტოსტელი გვხვდება ძლიერ შეფოთლილ ღეროებში მათში უამრავი ფოთლის ნარღვევების წარმოშობასთან დაკავშირებით. სტელის ტიპების ევოლუცია ნაჩვენებია ნახ. 46-ზე.



ნახ. 46. სტელის ტიპების ევოლუცია:

1 – პროტოსტელი, 2 – აქტინოსტელი, 3 – პლექტოსტელი, 4 – ექტოფილური სიფონოსტელი, 5 – არტროსტელი, 6 – ამფიფლოური სიფონოსტელი, 7 – დიქტიოსტელი, 8 – ევსტელი, 9 – ატაქტოსტელი.

დავალება 1-4. სელაგინელას, ლიკოპოდიუმის, წყალიკრეფიას ლერძითი ორგანოების, სვინტრის ლეროს განივჭრილის მუდმივი პრეპარატების დათვალიერება.

სამუშაოს მსვლელობა: განსაზღვრეთ თითოეული პრეპარატისათვის სტელის ტიპები. მიაქციეთ ყურადღება, რომ სელაგინელას, წყალიკრეფიასა და ლიკოპოდიუმის მიკროსკოპის მცირე გადიდებისას ნათლად ჩანს პირველადი ქერქი და ცენტრალური ცილინდრი. სვინტრის ლეროს პრეპარატზე მრავალრიცხოვანი გამტარი კონები მკაცრად არის ორიენტირებული, გარეთ განლაგებულია ფლოემა, ხოლო შიგნით – ქსილემა.

ჩაიხატეთ სელაგინელას, ლიკოპოდიუმის, გვიმრის, სვინტრის ლერძითი ორგანოების განივჭრილი.

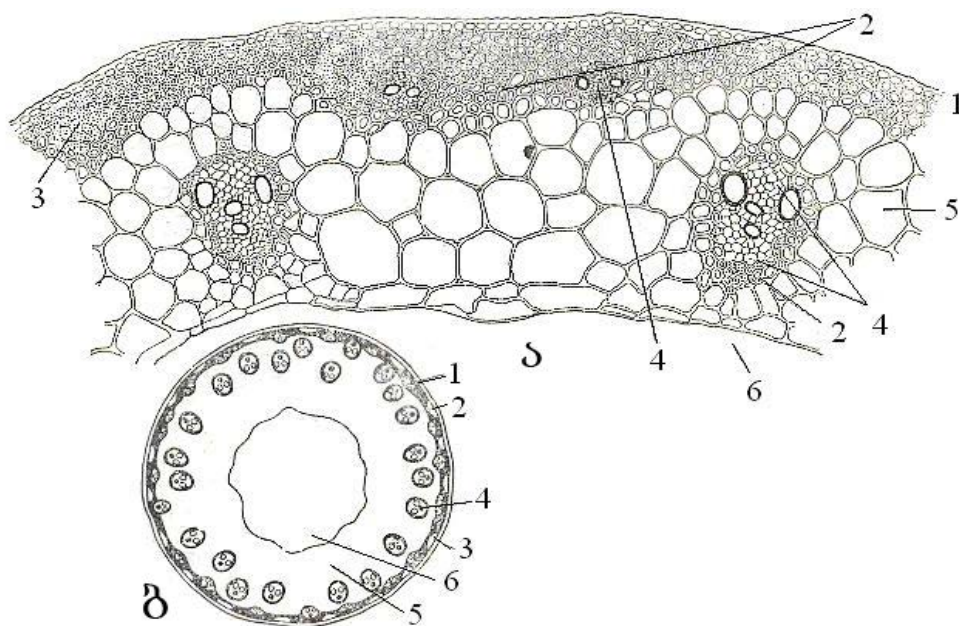
მიუთითეთ: სტელის ტიპები, ფლოემა, ქსილემა, სკლერენქიმა.

დავალება 5. ჭვავის ლეროს განივჭრილის მუდმივი პრეპარატის დათვალიერება.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალიერეთ ჭვავის ლეროს განივჭრილის მუდმივი პრეპარატი მიკროსკოპის ქვეშ. დააკვირდით, რომ მარცვლოვან მცენარეთა უმრავლესობაში ლეროს ცენტრში არის დიდი ღრუ (ლერო ღრუიანია). ეპიდერმისის ქვეშ განლაგებულია სკლერენქიმა, პირველადი ქერქი გამოხატული არ არის. სკლერენქიმის შრეში მოთავსებულია საასიმილაციო ქსოვილის ცალკეული მონაკვეთები. დახურული კოლატერალური გამტარი კონები ერთ რიგად კი არ არის განთავსებული, როგორც ეს ახასიათებს ევსტელს, არამედ ჭადრაკულად – ორ ან სამ რიგად (ნახ.47).

ჩაიხატეთ ჭვავის ლეროს განივჭრილი.

მიუთითეთ: ეპიდერმისი, ქლორენქიმა, ბაგეები, ფლოემა, ქსილემა, სკლერენქიმა, ძირითადი პარენქიმა.



ნახ. 47. ჭვავის ღეროს განივი ჭრილი (ა) და მისი სქემა(ბ):

1 - ეპიდერმა, 2 - სკლერენქიმა, 3 - ქლორენქიმა, 4 - დახურული კოლატერალური კონა, 5 - ძირითადი პარენქიმა, 6 - ცენტრალური ღრუ.

საკონტროლო კითხვები:

1. რომელი ორგანოები შედიან ყლორტის შემადგენლობაში და რა ფუნქციას ასრულებენ ისინი?
2. დაასახელეთ დატოტვის ძირითადი ტიპები. რატომ ითვლება დატოტვის სიმპოდიური ტიპი ევოლუციურად უფრო თანამედროვედ?
3. დაასახელეთ ღეროს ძირითადი ფუნქციები.
4. დაასახელეთ ღეროს მორფოლოგიური კლასიფიკაციის ტიპები.
5. აღწერეთ ღეროს პირველადი აგებულება.
6. დაასახიანეთ უმაღლეს მცენარეთა სტელის ძირითადი ტიპები. რა მიმართულებით მიდიოდა მათი ევოლუცია?

თემა – ღეროს მეორადი აგებულება

სამუშაოს მიზანი: თესლოვან მცენარეთა ღეროს მეორადი აგებულების ძირითადი ტიპების გაცნობა.

ამოცანები:

1. დაათვალიერეთ ღეროს მეორადი აგებულების კონებრივი ტიპი ძირმწარას ღეროს მაგალითზე.
2. გაეცანით ღეროს მეორადი აგებულების გარდამავალ ტიპს სამყურას ღეროს მაგალითზე.
3. შეისწავლეთ მერქნიან მცენარეთა ღეროს ანატომიური აგებულება.

თეორიული ცნობები

უმრავლესობა ერთლებნიან და ზოგიერთ ბალახოვან ორლებნიან მცენარეს პირველადი ქსოვილების დიფერენციაციის დასრულების შემდეგ ღეროს ზრდა უჩერდება. პრაქტიკულად ყველა ორლებნიან და შიშველთესლოვან მცენარეს ახასიათებს ღეროს მეორადი გასქელება. მეორადი ცვლილებები დაკავშირებულია კამბიუმისა და ფელოგენის (კორპის კამბიუმის) მოქმედებასთან. კამბიუმის წარმოქმნა და მისი მუშაობის ინტენსივობა სხვადასხვა მცენარეს განსხვავებული აქვს. განასხვავებენ მეორადი გასქელების სხვადასხვა ტიპებს:

1. **კონებრივი** აგებულებისას კამბიალური რგოლის წარმოშობა ხდება კონათშორისი და კონის კამბიუმის შეერთებით. კონის კამბიუმი წარმოიშობა კონის ფლოემასა და ქსილემას შორის შემორჩენილი აქტიური პროკამბიალური უჯრედებისაგან. კონათშორისი კამბიუმი კი წარმოიშობა გულგულის სხივების პარენქიმული უჯრედების ზოლისაგან. გულგულის სხივებს უწოდებენ პარენქიმული უჯრედების უბანს, რომელიც განლაგებულია ორ მეზობელ კონას შორის (ეს პირველადი გულგულის სხივია). გულგულის სხივები აერთიანებენ ღეროში გულგულსა და ქერქს პარენქიმული ქსოვილების ერთიან სისტემად.

კონის კამბიუმი პერიფერიისაკენ (პირველადი ფლოემის მხარეს) გამოყოფს მეორეულ ფლოემას და ცენტრისაკენ (პირველადი ქსილემის მხარეს) მეორეულ ქსილემას. კონათშორისი კამბიუმი განაგრძობს

პარენქიმული უჯრედების წარმოშობას როგორც პერიფერიისაკენ, ისე ცენტრისაკენ ე.ი. განაგრძობს გულგულის სხივის ფორმირებას, ან წარმოქმნის მექანიკურ ელემენტებს – მექანიკურ ბოჭკოებს, ფლოემის ბოჭკოებს, კონათშორის მექანიკურ ქსოვილს.

ღეროს აგებულების კონებრივი ტიპი (*Aristolochia-tip*) უმეტეს შემთხვევაში გვხვდება ორლებნიან ბალახოვან მცენარეებში, მაგ: ბაი-აში, მზესუმზირაში, ძირმწარაში, მერქნოვან მცენარეებში – საქსაულსი, ვაზში და სხვ.

2. **გარდამავალი** აგებულებისას პროკამბიალურ უჯრედების ფენაში წარმოიქმნება კონის კამბიუმი, შემდეგ გამტარ კონებს შორის – კონათშორისი კამბიუმის გადასვლები. ამის შემდეგ კამბიუმი მთელს გაყოლებაზე გამოყოფს გამტარ ელემენტებს (*Ricinus-tip*). ზოგიერთ მცენარეში ფართე პირველადი სხივებით კონათშორისი კამბიუმის ზოგიერთი მონაკვეთები წარმოქმნიან უფრო მცირე მეორად გამტარ კონებს (*Helianthus-tip*).

3. **არაკონებრივი** (მაგ. სელი) აგებულებისას კამბიუმი ჩაისახება მთლიანი რგოლის სახით პროკამბიალური რგოლიდან და აყალიბებს გამტარ ელემენტებს. (*Saponaria-tip*). ბევრ მერქნიან მცენარეში პირველადი კონები მჭიდროდაა განლაგებული, ამიტომ მეორადი გასქელებისას წარმოიქმნება გამტარი ელემენტების შრე, რომელიც რადიალური სხივებითაა გამოყოფილი (*Tilia-tip*).

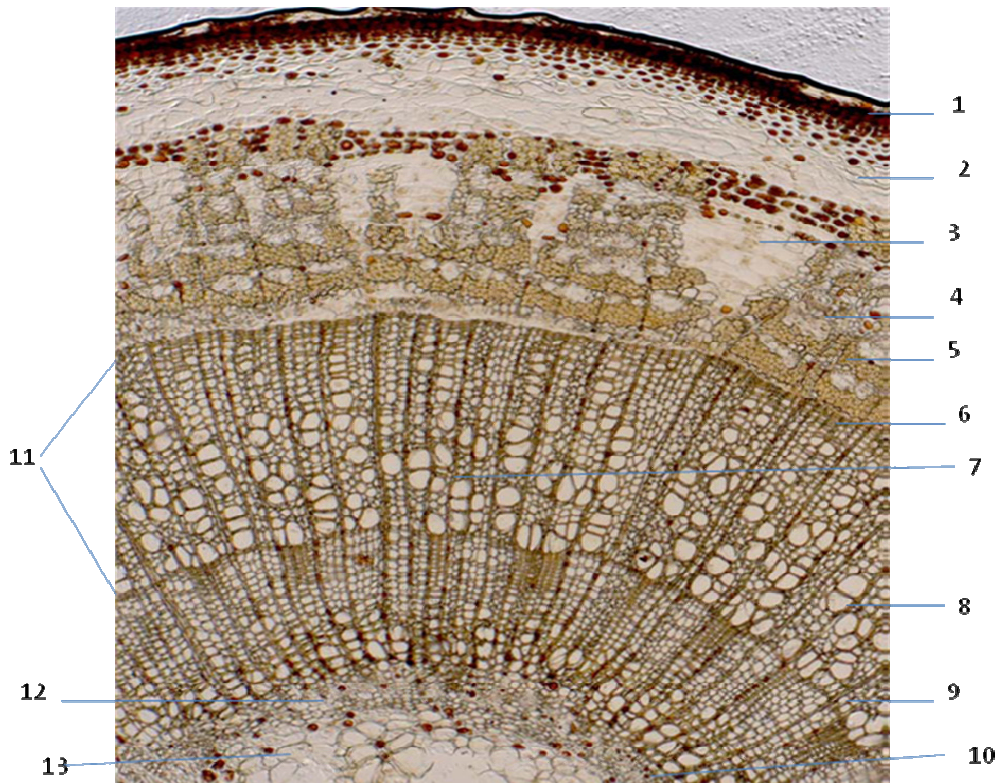
მერქნიან მცენარეთა ღეროს აგებულების თავისებურებანი

მერქნიან მცენარეთა ღერო განსხვავდება ბალახოვანთა ღეროსაგან ბევრი სტრუქტურული თავისებურებით. ეს განსხვავება გამოწვეულია ბიოლოგიური თავისებურებებითა და ფუნქციონალური მოქმედებებით. მერქნიან მცენარეთა ღეროს მრავალი წლის განმავლობაში აწევა მიწისზედა ორგანოების უდიდესი სიმძიმე, ამიტომ მას ახასიათებს მექანიკური ქსოვილების მძლავრი განვითარება, ამასთან გახევებული და მექანიკური ელემენტების ძირითადი მასა ღეროს ცენტრშია თავმოყრილი. მერქნიან თესლოვან მცენარეებს ახასიათებს მეორედი გასქელების არაკონებრივი (უკონო) ტიპი. ამასთან შეიძლება

გამოვყოთ 3 შრე: მერქანი (მეორადი ქსილემა), კამბიუმი და ლაფანი (მეორადი ფლოემა). ღეროს ცენტრალურ ნაწილს იკავებს გულგული, რომელიც ცოცხალი, თხელგარსიანი, პარენქიმული უჯრედებისაგან შედგება. მათში გროვდება სამარაგო საკვები ნივთიერებები. მისი უჯრედები ზომებით განსხვავდება. პერიფერიული ზონა შედგება უფრო მცირე ზომის სქელგარსიანი უჯრედებისაგან, რომლებშიც გროვდება სახამებელი (ნახ. 48). გულგულის გარეთ განლაგებული მერქანი რთული ქსოვილია, რომლის შემადგენლობაში შედის ტრაქეალური ელემენტები (ტრაქეიდები და ჭურჭლები), მექანიკური ბოჭკოები (ლიბრიფორმი) და პარენქიმა. მერქანს ღეროს მთელი მოცულობის 90% უჭირავს. ტრაქეალური ელემენტებით წყალი და მასში გახსნილი მინერალური ნივთიერებები გადაადგილდება აღმავალი დენით ფესვიდან ფოთლების მიმართულებით. სქელგარსიანი გამტარი ელემენტები მექანიკურ ფუნქციასაც ასრულებენ. ლიბრიფორმი მერქნის მეტად მნიშვნელოვანი ელემენტია, რომელიც ასრულებს მექანიკურ ფუნქციას. ლიბრიფორმს უწოდებენ მერქნის ბოჭკოების ერთობლიობას. ეს მერქნის სკლერენქიმაა. ლიბრიფორმის ცალკეულ უჯრედებს უწოდებენ მერქნის ბოჭკოებს ან ლიბრიფორმის ბოჭკოებს. ისინი განსხვავდებიან სკლერენქიმის სხვა ბოჭკოებისაგან თავიანთი მცირე ზომებით ($0,3 - 1,7\text{მმ}$). მათი გარსი აუცილებლად გახევებულია. მერქნის პარენქიმა წარმოდგენილია სამარაგო ელემენტებით, მერქნის პარენქიმული უჯრედებითა და გულგულის სხივების უჯრედებით. მერქნის პარენქიმის განსაკუთრებულ ჯგუფს შეადგენს მერქნის სიგრძივი პარენქიმის უჯრედები. ისინი განლაგებულია ჭურჭლებსა და ლიბრიფორმის უჯრედებს შორის.

ხე-მცენარეები მერქნის ღირსებით ფასდება, ხოლო მერქნის ღირსება განპირობებულია მისი სტრუქტურული და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით. მერქნის ცენტრს (უფრო ძველ ნაწილს), რომელიც განსაკუთრებული შეფერადებით გამოირჩევა, ეწოდება გული, ხოლო შედარებით ახალგაზრდა ნაწილს, რომელიც გარს ერტყმის გულს-ცილა. ლამაზად შეფერილი მერქნის გული ძვირად ფასობს, რადგან მისგან მზადდება ავეჯი და მხატვრული ნაკეთობები. კაკლის, კეთილშობილი ნაბლის გული შეფერილია მუქ-ნაბლისფრად., მუხის, თელის – ყავისფრად, უთხოვარის (წითელი ხის) – მუქ წითლად. მეტყვევობის პრაქტიკაში გულს ეწოდება მწიფე მერქანი. მწიფე მერქანი გაჟღენ-

თლია სხვადასხვა ფისით, ეთეროვანი ზეთებით, გუმფისით, მთრიმ-
ლავი და სხვა ნივთიერებებით. გული და მნიფე მერქანი შეიძლება
ჰქონდეს როგორც ფოთლოვან, ასევე წიწვოვან მცენარეებს. მერქნის
გული ყოველთვის არ არის გაჟღენთილი მყარი და ძნელად დასაშლე-
ლი ნივთიერებებით. ასეთ შემთხვევაში ფორმირდება არა მაგარი,
არამედ რბილი გული, რომელშიც ადვილად სახლდება სოკოები,
სხვა მიკროორგანიზმები და ახდენენ მის დაშლას. ასეთ მცენარეებს
(ვერხვი, ჭადარი, ტირიფი) უვითარდებათ ფულურო.



ნახ. 48. ცაცხვის ღეროს განივჭრილი

- 1 – პერიდერმა, 2 – მეორადი ქერქის პარენქიმა, 3 – ლაფნის სხივი,
4 – რბილი ლაფანი, 5 – მკვრივი ლაფანი, 6 – კამბიუმი, 7 – მერქნის სხივი,
8 – გაზაფხულის მერქანი, 9 – შემოდგომის მერქანი,
10 – პირველადი ქსილემა, 11 – წლიური რგოლები,
12 – პერიმედულური ზონა, 13 – გულგული.

ქერქსა და მერქანს შორის მოთავსებულია წარმომშობი ქსოვილის შრე – კამბიუმი. კამბიუმის უჯრედების დაყოფა განაპირობებს გამტარი სისტემის (ქსილემისა და ფლოემის) ფორმირებასა და ღეროს დიამეტრში (სისქეში) ზრდას. კამბიალური უჯრედები ფუნქციონირებენ რამდენადმე სხვანაირად, ვიდრე დანარჩენი მერისტემული უჯრედები და აქვთ დამახასიათებელი აგებულება. ისინი წაგრძელებული ფორმისაა და იყოფიან ტანგენტალური მიმართულებით (ბრტყელი მხარეების პარალელურად). თავდაპირველად გაყოფილი კამბიუმის უჯრედი რჩება დედაუჯრედად, ანუ ინიციალურ უჯრედად და ინარჩუნებს უნარს, წარმოშვას უჯრედები უსასრულოდ. ინიციალური უჯრედების გაყოფის შედეგად ფორმირდება დედაუჯრედი, რომელიც იყოფა განმეორებით. წარმოშობილი უჯრედისაგან ფორმირდება ფლოემისა და ქსილემის მუდმივი ელემენტები. კამბიუმის გაყოფადი უჯრედი ქსილემის ელემენტებს წარმოშობს 3-5 ჯერ მეტს, ვიდრე ფლოემის ელემენტებს. არათანაბარი მოქმედების შედეგად კამბიალური რგოლი სულ უფრო შორდება ცენტრს და მატულობს მასაში უჯრედების დაყოფის მეოხებით რადიალური მიმართულებით.

კამბიუმის მოქმედება და ფუნქციონალური აქტივობა წლის სხვადასხვა სეზონში არათანაბარია. კამბიუმი მეტად აქტიურია გაზაფხულზე. ამ დროს იგი დიდი რაოდენობით აყალიბებს წყლის გამტარი ელემენტების კომპლექსს. გაზაფხულზე ფორმირებულ ჭურჭლებსა და ტრაქეიდებს აქვს დიდი დიამეტრი. მათი გარსი შედარებით თხელია და უფრო იჭიმება რადიალური მიმართულებით. ზაფხულში მისი აქტივობა მცირდება და წარმოიქმნება ვიწრო ტრაქეალური ელემენტები სქელი კედლებით. შემოდგომით კამბიუმი მნიშვნელოვნად ამცირებს და თანდათან წყვეტს თავის მოქმედებას. შემოდგომა-ზამთრის შესვენების პერიოდის შემდეგ კამბიუმის მოქმედება გაზაფხულზე კვლავ განახლდება. კამბიუმის უჯრედების უთანაბრო მოქმედების შედეგად წარმოიქმნება წლიური რგოლები. წლიური რგოლი არის მერქნის ის ნაწილი, რომელსაც კამბიუმი წარმოშობს ერთ სავეგეტაციო პერიოდში. კლიმატოლოგები და პალეონტოლოგები წლიური რგოლების სისქის მიხედვით იგებენ არამც თუ წინა წლების, არამედ წარსული საუკუნეების (ნამარხების მიხედვით) ჰავასაც კი. ხის ასაკს არკვევენ წლიური რგოლების რიცხვის მიხედვით. წლიური რგო-

ლების წარმოქმნა დამახასიათებელია იმ მცენარეებისათვის, რომლებიც სეზონების მკვეთრი ცვლის პირობებში ბინადრობენ.

კამბიუმის გარეთ მდებარეობს ქერქი – რთული ქსოვილი, რომლის შიგნითა ნაწილი – ლაფანი კამბიუმისაგან წარმოიქმნება. მეორადი ფლოემის ჰისტოლოგიური ელემენტები წარმოიშობიან კამბიუმისაგან ეკზარქულად (ცენტრიდან პერიფერიისაკენ). ლაფანი შედგება ორი სისტემის ელემენტებისაგან: ვერტიკალურისა და ჰორიზონტალურისაგან. ვერტიკალურს მიეკუთვნება საცრიანი ელემენტები, თანამგზავრი უჯრედები, ლაფნის პარენქიმისა და ლაფნის ბოჭკოების ვერტიკალური მწკრივები. ჰორიზონტალური ელემენტები წარმოდგენილია გულგულის სხივებით, რომლებიც ფლოემის მთლიან რგოლს კვეთენ რადიალური მიმართულებით. პირველადი გულგულის სხივები, რომლებიც იწყებიან ღეროს გულგულიდან, ფლოემაში მარაოსებრად ფართოვდებიან. ჩვეულებრივ გულგულის სხივებიდან გადიან განშტოებები, რომლებიც ფლოემას კვეთენ ტანგენტალური მიმართულებით. პარენქიმის ეს ზოლები აერთებენ მეზობლად მდებარე ორ სხივს და ამით აპირობებენ ნივთიერებათა გადაადგილებას ტანგენტალური მიმართულებით. გულგულის სხივების ტანგენტალური განშტოებანი შეიძლება მივაკუთვნოთ ფლოემური კატეგორიის პარენქიმას.

ფლოემის პარენქიმას მიეკუთვნება აგრეთვე წაგრძელებული უჯრედები, რომლებიც ფორმით გვაგონებენ კამბიალურს. ამ უჯრედებს ეწოდება კამბიოფორმის უჯრედები. ხანში შესვლასთან დაკავშირებით ლაფნის პარენქიმის უჯრედების გარსი განიცდის უმნიშვნელო გახევებას. ლაფნის პარენქიმაში მარაგდება სახამებელი, ჰემიცელულოზა. ლაფნის პარენქიმულ უჯრედებში არის გამონაყოფი ნივთიერებები – სხვადასხვა ალკალოიდები, გლიკოზიდები, მთრიმლავი ნივთიერებები და სხვ. ზოგიერთი პარენქიმული უჯრედი შეიცავს მჟაუნ-მჟავა კალციუმის კრისტალებს. ზოგიერთ მერქნიან მცენარეს ფლოემაში აქვს სარძევეები (კაუჩუკის ხეს).

ქერქის გარეთა შრეს წარმოადგენს პერიდერმა. პერიდერმის ჰისტოლოგიური შემადგენლობა სხვადასხვა ჯიშში სხვადასხვანაირია. მრავალფეროვანი ფელემა (კორპი) შედგება ან თხელგარსიანი უჯრედებისაგან, როგორც შოთხეში ან ანწლში, ან თხელგარსიანი უჯრედები მონაცვლეობენ სქელგარსიანთან. ზოგ შემთხვევაში გასქე-

ლებას განიცდის გაკორპეზადი უჯრედების მხოლოდ შიგნითა კედელი (ძახველი), ან ტანგენტალური კედლები (ტირიფი), ან გარსი სქელდება თანაბრად (არყი). ბევრი ჯიშის ღერო, როგორც წიფელის, რცხილასი, მრავალი წლის განმავლობაში დაფარულია გლუვი პერიდერმით და ფუტი ასეთ ხეებს არ უვითარდებათ. ფუტი ქმნის დამახასიათებელ ბზარებს, რომლებსაც შეუძლია განლაგება ღეროს სიგრძეზე პარალელურ ან ირიბად დაგრეხილ ღმეჭებად, სიგრძივ-განივ კვადრატებად და ა.შ. მერქნიანი მცენარეებისათვის ფუტს აქვს განსაკუთრებული მნიშვნელობა. როგორც კარგი იზოლატორი, იგი იცავს მათ სიცივისაგან, სიციხისაგან, მზის დამწვრობისაგან, ტყის ხანძრებისაგან, მეხისაგან და ა.შ.

ერთლებნიან მცენარეთა ღეროს აგებულების თავისებურება

ერთლებნიანთა კლასს ეკუთვნის როგორც ბალახოვანი, ისე მერქნოვანი მცენარეები. ერთლებნიანების ფართოდ გავრცელებული წარმომადგენლებია: მარცვლოვანები, შროშანისებრნი, ზამბახისებრნი, ამარილისებრნი, მერქნოვნებიდან – პალმები, დრაცენები და სხვ. ერთლებნიან მცენარეთა დამახასიათებელ თავისებურებას წარმოადგენს დახურული ტიპის გამტარი კონების არსებობა, რომლებშიც კამბიუმი არ ვითარდება. ერთლებნიანთა სტელი არის ატაქტოსტელი, რომელიც წარმოდგენილია მრავალობითი კონებით, რომლებიც განლაგებულია ღეროს მთელ განივკვეთზე. მათ ასევე ახასიათებთ: ნამდვილი მეორადი ზრდის არარსებობა (მცირეოდენი გამონაკლისით), პირველად ქერქსა და ცენტრალურ ცილინდრს შორის საზღვრის არამკვეთრი გამოსახულება. ყველა ჭურჭელბოჭკოვანი კონა ფოთლის კვალია და ფოთლიდან გადადიან ღეროში. სხვადასხვა ერთლებნიანის ღეროებს აქვთ კონებრივი აგებულება. სხვადასხვა ბალახოვან ერთლებნიანებში ვხვდებით ღეროს ორ ტიპს, რომლებიც განსხვავდებიან ანატომიური სტრუქტურით: ღეროს კარგად გამოსახული პირველადი ქერქით და ღეროს გამოუსახავი პირველადი ქერქით.

შროშანისებრთა, ზამბახისებრთა, ამარილისებრთა წარმომადგენლებში პირველადი ქერქი, პერიციკლური სკლერენქიმული ბოჭკო-

ების სარტყლით, კარგადაა გამოსახული. პირველად ქერქს შეადგენს უჯრედები, რომლებიც შეიცავენ ქლოროპლასტებს (ქლორენქიმა). ისინი რამდენიმე ფენად არიან განლაგებული ეპიდერმისის ქვეშ. ყველა ერთლებნიანი ბალახოვანი მცენარის ღერო მოკლებულია კოლენქიმას. ქერქის პარენქიმა შიგნითა მხრიდან ეყრდნობა მექანიკური ბოჭკოების მრავალშრიან პერიციკლურ რგოლს. მცირე სიდიდის ჭურჭელბოჭკოვანი კონები განლაგებული არიან მექანიკური ქსოვილის რგოლში.

მარცვლოვანებში პირველადი ქერქი არაა გამოსახული. ეპიდერმისის ქვეშ უშუალოდ არის რამდენიმე მწკრივად განლაგებული გახევებული სკლერენქიმული ბოჭკოები, ზოგიერთ მარცვლოვანში ჭურჭელბოჭკოვანი კონები მცირე ზომისაა, ნაწილობრივ განლაგებული არიან მექანიკური ბოჭკოს პერიფერიულ რკალში და მჭიდროდ გარემოცული სკლერენქიმული ბოჭკოებით.

ზოგიერთ მარცვლოვანში სკლერენქიმული ბოჭკოების რგოლში უშუალოდ ეპიდერმისის ქვეშ შენარჩუნებულია გაუხევებელი თხელგარსიანი პარენქიმულ უჯრედთა ჯგუფები ქლოროპლასტებით (სიმინდი, ჭვავი და სხვ.). ფოტოსინთეზის ფუნქციასთან ერთად ეს პარენქიმა ღეროს და მექანიკურ სარტყელს სძენს ელასტიკურობას. ცალკეული ჭურჭელბოჭკოვანი კონის აგებულება მეტად დამახასიათებელია ერთლებნიანებისათვის. სხვადასხვა მარცვლოვანებისათვის ისინი თითქმის ერთი ტიპისანი არიან – დახურული კოლატერალურ კონები (ნახ. 47).

მარცვლოვანთა უმრავლესობაში გვხვდება ღრუ ღერო (ხორბალი, ქერი, შვრია და ბევრი სხვა).

მერქნიან ერთლებნიანებში – პალმა, იუკა, დრაცენა, ალოე და სხვა – კამბიუმის არარსებობის მიუხედავად ხდება მეორადი გამსხვილება, განსაკუთრებული გამსხვილების რგოლის საშუალებით. გამსხვილების რგოლი წარმოიშობა პირველადი ქერქის პარენქიმის პერიფერიული რგოლის უჯრედებისაგან ღეროს პერიციკლური უჯრედების ჯგუფის მოქმედების შედეგად. ამ რგოლის უჯრედები აქტიურად იყოფიან და ცენტრისაკენ გამოყოფენ ახალ მერისტემულ უჯრედებს. გამსხვილების რგოლში ზოგ ადგილას მერისტემული უჯრედების რაოდენობა იზრდება და გამსხვილების რგოლის ეს ნაწილები ყალიბდებიან ჭურჭელბოჭკოვან კონებად. ასეთი ხდება მრავალჯერ და ამის

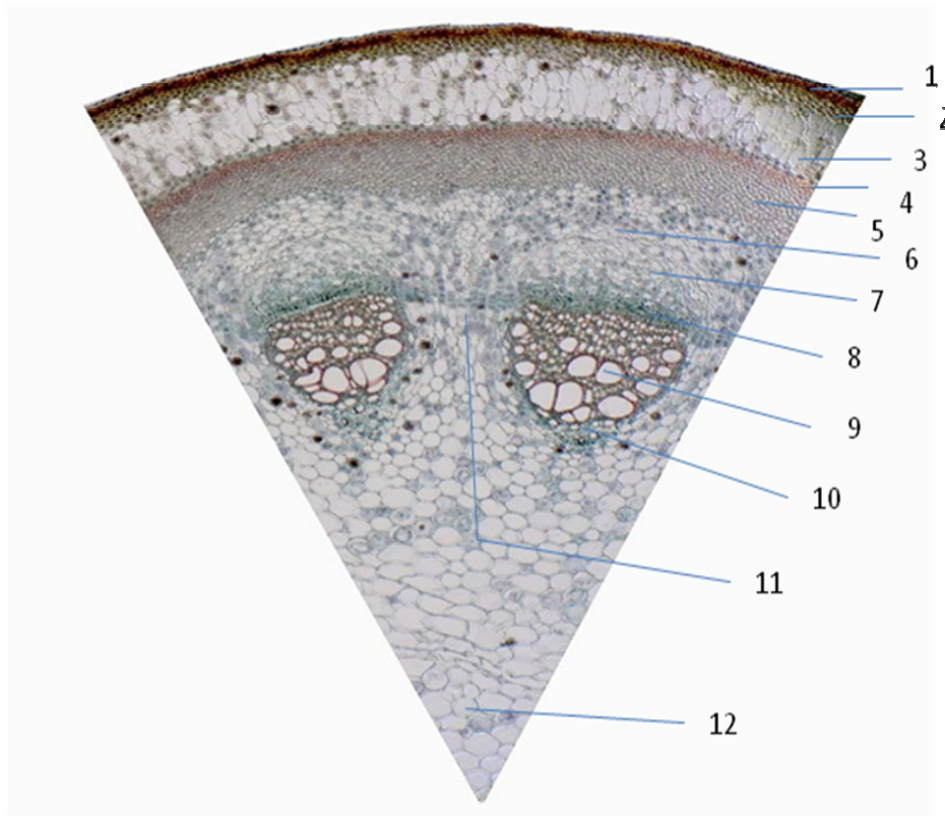
გამო ღერო მსხვილდება. გამსხვილების რგოლის ფორმირების პარალელურად ეპიდერმისი იცვლება პერიდერმით.

დავალება 1. ღეროს კონეზრივი მეორადი აგებულების შესწავლა ძირმწარას ღეროს განივჭრილის მუდმივი პრეპარატის გამოყენებით.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალიერეთ პრეპარატი მცირე გადიდებით. ღეროს ზედაპირზე მდებარეობს ეპიდერმისი. მის ქვეშ განლაგებულია კოლენქიმის მონაკვეთები, უფრო ღრმად დიდი ზომის თხელკედლიანი პარენქიმის უჯრედები. პარენქიმის ქვეშ მოთავსებულია ენდოდერმის უჯრედების ერთი შრე (ნახ. 49). ცენტრალური ცილინდრის გარეთა შრე წარმოდგენილია პერიციკლის ფართე შრით, რომელიც შედგება სკლერენქიმისა და კოლენქიმის უჯრედებისაგან. პირველადი ქსილემა განთავსებულია გულგულის საზღვარზე. მეორადი ქსილემა, წარმოქმნილი კამბიუმის მიერ, შედგება დიდი დიამეტრის მქონე ჭურჭლებისაგან, მერქნის ბოჭკოებისა და მერქნის პარენქიმისაგან. მის ზედაპირზე განლაგებულია კონის კამბიუმის შრე, რომელიც ღეროს პერიფერიისაკენ წარმოქმნის მეორადი ფლოემის ჰისტოლოგიურ ელემენტებს. კონის კამბიუმს ებჯინება კონათაშორისი კამბიუმი, წარმოქმნის რა მთლიან კამბიალურ შრეს. კონათაშორისი კამბიუმი განიცდის დიფერენცირებას მხოლოდ გულგულის სხივების პარენქიმად. ჭრილის ცენტრში მდებარეობს გულგულის პარენქიმა.

ჩაიხატეთ სქემატურად ძირმწარას ღეროს მეორადი აგებულება.

აღნიშნეთ: ეპიდერმისი, პირველადი და მეორადი ფლოემა, პირველადი და მეორადი ქსილემა, კონის კამბიუმი, კონათაშორისი კამბიუმი, გულგული.



ნახ. 49. ძირმწარას ღეროს განივჭრილი

1 – ეპიდერმისი, 2 – კოლენქიმა, 3 – ქერქის პარენქიმა, 4 – ენდოდერმა, 5 – პერიციკლის სკლერენქიმა, 6 – პირველადი ფლოემა, 7 – მეორადი ფლოემა, 8 – კონის კამბიუმი, 9 – მეორადი ქსილემა, 10 – პირველადი ქსილემა, 11 – კონათშორისი კამბიუმი, 12 – გულგული.

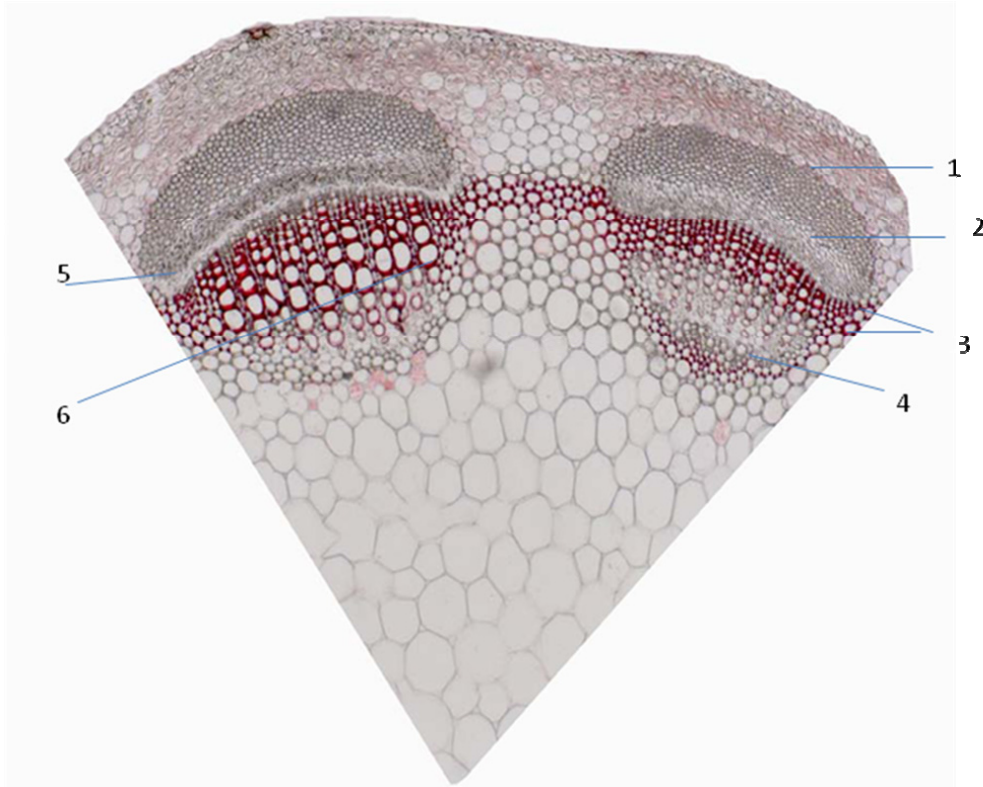
დავალება 2. სამყურას ღეროს მეორადი აგებულების შესწავლა.

სამუშაოს მსვლელობა: მცირე გადიდებით მიკროსკოპში დაათვალიერეთ სამყურას ღეროს მეორადი აგებულება. დააკვირდით, რომ ყველა გამტარი კონა სამყურას ღეროში განლაგებულია ერთ რიგად (ნახ. 50). კონები თითქოს დაკავშირებულია უფრო მუქი ფერის მქონე წვრილი უჯრედების ტალღისებური ზოლით. ეს არის პარენქიმიდან წარმოქმნილი კონათაშორისი კამბიუმი. მისგან დიფერენცირდება ახალი გამტარი

კონები, რომლებიც განლაგებულია უფრო მსხვილ პირველად კონებს შორის.

ჩაიხატეთ სამყურას ღეროს მეორადი აგებულება.

აღნიშნეთ: კონის კამბიუმი, კონათაშორისი კამბიუმი, პირველადი ქსილემა, მეორადი ქსილემა, პირველადი ფლოემა, მეორადი ფლოემა, პარენქიმა.



ნახ. 50. სამყურას ღეროს განივჭრილი

1 – პირველადი ფლოემა, 2 – მეორადი ფლოემა, 3 – მეორადი ქსილემა, 4 – პირველადი ქსილემა, 5 – კონის კამბიუმი, 6 – კონათაშორისი კამბიუმი.

დავალეზა 3. მერქნიან მცენარეთა ღეროს აგებულების შესწავლა ცაცხვის ტოტის განივჭრილის მუდმივი პრეპარატის გამოყენებით.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალიერეთ პრეპარატი მცირე გადიდებით. ღერო ზემოდან დაფარულია პერიდერმით. მის ქვეშ პე-

რიფერიიდან ცენტრის მიმართულებით განლაგებულია ქერქი, რომელიც შედგება კოლენქიმისა და ქერქის პარენქიმისაგან. პარენქიმის უჯრედებში გვხვდება მჟაუნმჟავა კალციუმის კრისტალები (ნახ. 48). შემდეგ განლაგებულია ლაფანი, რომელიც გასჭოლილია ლაფნის სხივებით. ისინი მერქნის სხივებთან ერთიანდება და გასჭოლავენ ღეროს რადიალური მიმართულებით. ტრაპეციის ფორმის ლაფნის მონაკვეთები ვიწრო მხარით მიმართულია გარეთ (პერიფერიისაკენ), ფართო მხრით კი—ღეროს ცენტრისაკენ. ისინი შემდეგი ქსოვილებისაგან შედგებიან: (პერიფერიიდან ცენტრისაკენ) ვარდისფრად შეღებილი სკლერენქიმის პირველი შრეები იწოდება პერიციკლურ ზონად (წარმოიშვნენ პერიციკლიდან). შემდეგაა პირველადი ფლოემის შრე, შემდეგ—ლაფნის ბოჭკოების შრე (მაგარი ლაფანი), რომელიც მონაცვლეობს საცრიანი მილების, თანამგზავრი უჯრედების და ლაფნის პარენქიმისაგან შემდგარ რბილ ლაფანთან. ლაფნისა და მერქნის საზღვარზე მოთავსებულია კამბიუმი. განივჭრილში ნათლად ჩანს წლიური რგოლები, წარმოდგენილი გაზაფხულისა და ზაფხულის მერქნით. მათზე გადის რადიალური სხივები, რომლებიც არის პირველადი ანუ გულგულისაგან წარმოქმნილი და მეორადი, რომელიც იწყება მერქანში. პირველი წლის მერქნის რგოლი წარმოდგენილია პირველადი ქსილემის უჯრედების ჯგუფით. ღეროს ცენტრში მოთავსებულია გულგული. მერქნის ახლოს განლაგებულია გულგულის უფრო წვრილი უჯრედები, რომლებიც მდიდარია სახამებლით.

ჩაიხატეთ ცაცხვის ტოტის განივჭრილი.

აღნიშნეთ: ფუტი, ქერქის პარენქიმა, პირველადი ფლოემა, მაგარი ლაფანი, რბილი ლაფანი, პირველადი რადიალური სხივი, მეორადი რადიალური სხივი, კამბიუმი, პირველადი ქსილემა, მეორადი ქსილემა, გაზაფხულის მერქანი, ზაფხულის მერქანი, გულგული.

დავალება 4. ფიჭვის ტოტის აგებულების შესწავლა მუდმივი პრეპარატის გამოყენებით. მისი აგებულებისა და ცაცხვის ტოტის აგებულების შედარება.

სამუშაოს მსვლელობა: შეისწავლეთ მასალა და შეასრულეთ დავალება.

ჩაიხატეთ ფიჭვის ტოტის განივჭრილი.

აღნიშნეთ: ფუტი, ქერქის პარენქიმა, ფლოემა, კამბიუმი, გაზაფხულის ტრაქეიდები, ზაფხულის ტრაქეიდები, პირველადი ქსილემა, მეორადი ქსილემა, პირველადი რადიალური სხივი, მეორადი რადიალური სხივი, ფისის სავალები, გულგული.

საკონტროლო კითხვები:

1. ღეროს მეორადი გასქელების რომელი ტიპებია თქვენთვის ცნობილი?
2. ფუნქციონირების რა თავისებურებები ახასიათებს მერქნიან მცენარეთა კამბიუმს?
3. აღწერეთ ფარულთესლოვანთა მერქნის აგებულება ცაცხვის მაგალითზე.
4. რა თავისებურება ახასიათებს მერქნიან მცენარეთა ლაფანს?
5. დაასახელეთ ერთლებნიან მცენარეთა ღეროს აგებულების თავისებურებანი.

თემა – ფოთლის ანატომიური და მორფოლოგიური აგებულება

სამუშაოს მიზანი: სხვადასხვა ტიპის ფოთლების მორფო-ანატომიური აგებულების შესწავლა.

ამოცანები: 1. საჭერბარიუმო მასალების გამოყენებით ფოთოლთა ნა-
ირგვარობის შესწავლა.
2. ბიფაციალური და უნიფაციალური ფოთლების ანატომიუ-
რი აგებულების გაცნობა.

თეორიული მონაცემები

ფოთოლი მცენარის ერთ-ერთი ძირითადი ორგანოა, რომელიც ღეროზეა განლაგებული და ასრულებს ფოტოსინთეზის, ტრანსპირაციისა და აირთა ცვლის ფუნქციას. უმეტეს ფოთოლს აქვს ბრტყელი ფორმა, რითაც მიღწეულია გარემოსთან შეხების ზედაპირის გადიდება. ფარულთესლოვან მცენარეთა სხვადასხვა წარმომადგენლისათვის დამახასიათებელია ფოთლის ფირფიტის დორზოვენტრალური (ზურგ-მუცლის) აგებულება. მას ყოველთვის აქვს ზედა და ქვედა მხარე და ზედაპირით მიქცეულია მზისაკენ. ეს პრინციპი ხანდახან ირღვევა გარემოს განსაკუთრებული ფაქტორების ზეგავლენით. თუ ფოთოლს ორივე მხარე მორფოლოგიურად და ანატომიურად განსხვავებული აქვს, ასეთ ფოთოლს ეწოდება **ბიფაციალური**. ფოთლები, რომელთა მხარეები პრაქტიკულად არ განსხვავდება, იწოდება **ეკვიფაცალურად**. არის აგრეთვე **უნიფაციალური** ფოთლები (ერთი ზედაპირით), რომელთა დორზალური და ვენტრალური ნაწილის გარჩევა შეუძლებელია (ხახვის, ჭილის ზოგიერთი სახეობა). ზოგიერთი ფოთოლი იკავებს მკაცრად ვერტიკალურ მდგომარეობას, როგორც ბევრ ზამბახში და ამ შემთხვევაში აგრეთვე ირღვევა ფოთლის სტრუქტურის დორზოვენტრალური პრინციპი.

ფოთოლს ახასიათებს შეზღუდული ზრდა. გარკვეული ზომის მიღწევის შემდეგ, სიცოცხლის ბოლომდე იგი არ იცვლება.

ყლორტზე ფოთლების მიმაგრების სამი წესი არსებობს: მორიგეობითი, მოპირდაპირე და რგოლური (ნახ. 51).



ა

ბ

გ

ნახ. 51. ფოთოლგანლაგება: ა- მორიგეობითი; ბ- მოპირდაპირე; გ- რგოლური

მორიგეობითი განლაგების დროს ფოთლები ღეროს მუხლზე თითო-თითოდაა მიმაგრებული. ყლორტზე ფოთლების მორიგეობა ქმნის სპირალს.

მოპირდაპირე ფოთოლგანლაგებისას მუხლზე ორი ფოთლია მოპირდაპირედ განლაგებული. ისინი ქმნიან ფოთლის ციკლს, ე.ი. წყვილად განლაგებული ფოთლები მორიგეობენ და წარმოქმნიან სპირალს. სპირალი შედგება ხვეულების განსაზღვრული რიცხვისაგან.

რგოლური ფოთოლგანლაგების დროს ერთ მუხლზე სამი და მეტი ფოთლია ხოლმე.

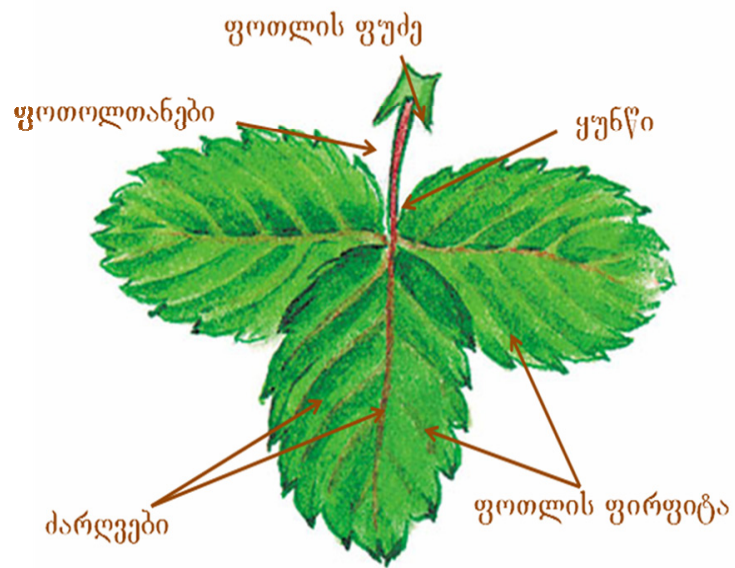
ყლორტზე ფოთლების განლაგების ყველა წესის დროს მთავარ როლს ასრულებს მათი შეგუება განათების რეჟიმთან ისე, რომ თითოეული ფოთოლი იყოს მზეზე. ფოთოლთა ისეთ განლაგებას, როდესაც ისინი ნაკლებად ჩრდილავენ ერთმანეთს, ეწოდება **ფოთლის** მოზაიკა.

ტიპიური ფოთოლი შედგება სამი ნაწილისაგან: ფოთლის ფირფიტის, ყუნწისა და ფოთოლთანებისაგან (ნახ 52). ფოთოლს, რომელსაც ყუნწი აქვს ეწოდება ყუნწიანი ფოთოლი, უყუნწოს – მჯდომარე ფოთოლი. ასეთი ფოთლის ფირფიტა ღეროს ემაგრება ფირფიტის ფუძით. ბევრ ერთლებნიანში ასეთი ფოთლის ფირფიტა ღეროს მუხლს მთლიანად შემოეკვრება და წარმოქმნის მილს, რომელსაც ფოთლის ხალთას (ვაგინას) უწოდებენ.

ფოთოლთანები ფოთლის ყუნწის ფუძესთან წყვილადაა განვითარებული. ისინი არ წარმოადგენენ ფოთლის აუცილებელ ნაწილს. ჩვეულებრივ ისინი მცირე ზომისაა, ხანდახან არის მიზრდილებიც, ფოთლისმაგვარი. ბევრ მცენარეს ისინი ადრე სცვივა, ფოთლის გაშლის მომენტში (ვაშლი, მსხალი მუხა და სხვ.), ზოგიერთ მცენარეში (ვარდის სახეობები) ფოთოლთანები შეეზრდებიან ხოლმე ყუნწის ფუძეს. ბევრ მცენარეს ფოთოლთანები არა აქვს.

ერთიდაიმავე მცენარეზე ვითარდება ფოთლების სამი კატეგორია: ქვევითური, შუა და ზევითური. ქვევითურ ფოთლებს ეკუთვნის კვირტის, ბოლქვის, ფესურის ქერქლა ფოთლები. ზოგი ლეხნებსაც ქვევითურ ფოთლებს აკუთვნებს. შუა ფოთლები მცენარის ტიპური მწვანე ფოთლებია. ზევითურ ფოთლებს მიაკუთვნებენ ყვავილთაებს, ყვავილების მფარავ ფოთლებს. ქვევითური და ზევითური ფოთლები თავიანთი მორფოლოგიით მნიშვნელოვნად დასცილდნენ ტიპურ ფოთლებს, რადგან შეწყვიტეს ფოთლის მთავარი ფუნქციის შესრულება. ისინი შეიძლება მივაკუთვნოთ ფოთლის მეტამორფოზების კატეგორიას.

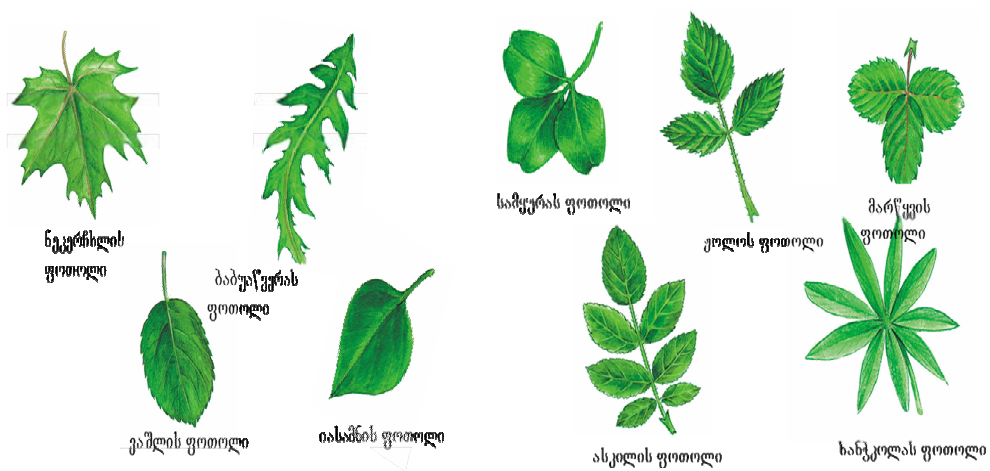
ფარულთესლოვან მცენარეებს ახასიათებთ ფოთლების მრავალგვარობა. განასხვავებენ მარტივ და რთულ ფოთლებს (ნახ. 53). მარტივი ფოთლები შედგება ფოთლის ერთი ფირფიტისაგან. რთული კი ერთ ყუნწზე განლაგებული რამდენიმე ფოთლის ფირფიტისაგან, რომელთაც ფოთოლაკებს უწოდებენ. რთული ფოთლები შეიძლება იყოს თათისებრ რთული (ყველა ფოთოლაკი მიმაგრებულია ყუნწის ბოლოზე – თათისებურად) და ფრთისებრ რთული (ფოთოლაკები განლაგებული არიან წაგრძელებულ ყუნწზე მოპირდაპირედ, ფრთისებრად) (ნახ. 54). ფრთისებრ რთულ ფოთლებს ყოფენ წყვილ ფრთისებრ რთულ (ბარდა) და კენტ ფრთისებრ რთულ ფოთლებად (თეთრი აკაცია, კაკალი, ასკილი). არსებობს ორმაგი, სამმაგი და უფრო მეტად ფრთისებრ რთული ფოთლები.



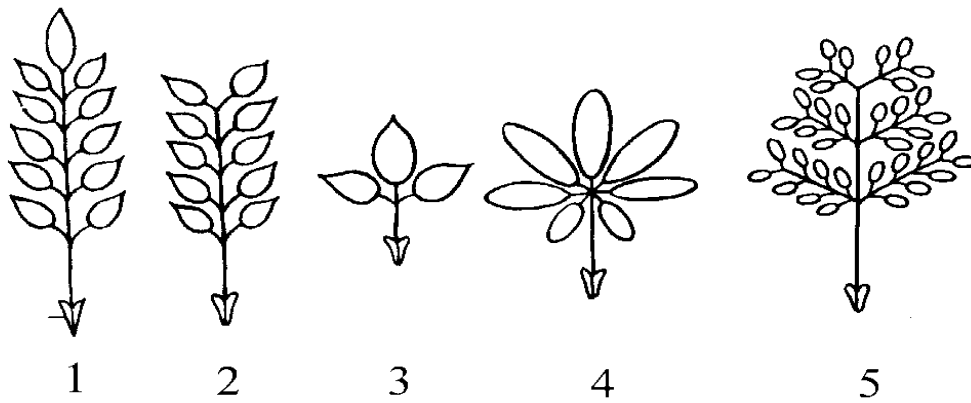
ნახ. 52. ფოთლის გარეგანი აგებულება

მარტივი ფოთლები

რთული ფოთლები

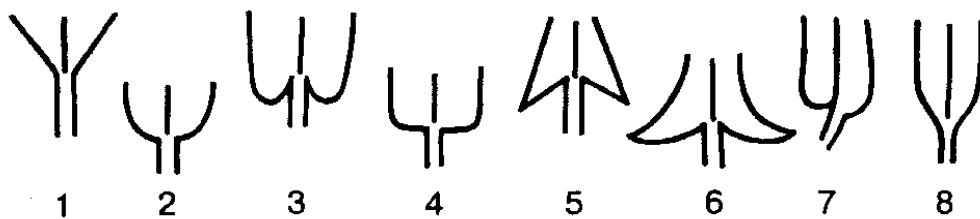


ნახ. 53. მარტივი და რთული ფოთლები

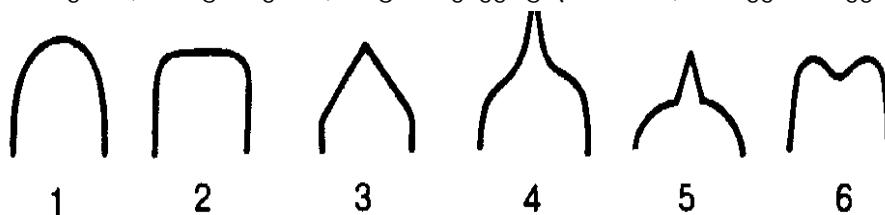


ნახ. 54. რთული ფოთლების ტიპები: 1 – კენტ ფრთისებრ რთული.,
2 – წყვილ ფრთისებრ რთული, 3 – სამყურასებრ რთული,
4 – თათისებრ რთული, 5 – ორჯერ წყვილ ფრთისებრ რთული.

ფოთლის ფირფიტები განსხვავდებიან ფუძისა და წვეროს ფორმით. ფოთლის ფირფიტის ფუძე შეიძლება იყოს მომრგვალო, ისრისებრი, გულისებრი, თირკმლისებური, წაწვეტებული და ა.შ. (ნახ. 55). ფირფიტის წვერო გვხვდება წვეტიანი, სადგისისებური, ამოჭრილი და ა.შ. (ნახ. 56).



ნახ. 55. ფოთლის ფირფიტის ფუძის ფორმა:
1 – სოლისებრი, 2 – მომრგვალო, 3 – გულისებრი, 4 – განკვეთილი,
5 – ისრისებრი, 6 – შუბისებრი, 7 – განსხვავებულმხრიანი, 8 – შევიწროვებული.



ნახ. 56. ფოთლის ფირფიტის წვეროს ფორმა:
1 – ბლაგვი, 2 – წამახული, 3 – მახვილი, 4 – წაწვეტებული,
5 – სადგისისებური, 6 – ამოჭრილი.

ფოთლის ფირფიტის ფორმა უკიდურესად სხვადასხვანაირია და ერთი მეორისაგან განსხვავდება მოხაზულობით, დანაკვეთის ხარისხით, ფუძისა და წვეროს ფორმით. ფოთლის ფირფიტის საერთო მოხაზულობის მიხედვით არჩევენ მომრგვალოს (დედოფლის ყვავილი), ოვალურს (ვაშლი, მსხალი), კვერცხისებურს (ჭინჭარი), უკუღმაკვერცხისებურს (ფეიჭოა), ლანცეტისებურს (ფშატი, ტირიფი), ხაზურას (მარცვლოვანები), ხანჯლისებურს (ზამბახი), ნემსისებურს (ფიჭვი, ნაძვი), ქერქლისებურს (კვიპაროსი, ღვია).

ფოთლის ფირფიტები განსხვავდებიან ფუძისა და წვეროს ფორმით. ფოთლის ფირფიტის ფუძე შეიძლება იყოს მომრგვალო, ისრისებური, გულისებური, თირკმლისებური, ნაწვეტებული და ა.შ. ფირფიტის წვერო გვხვდება წვეტიანი, სადგისისებრი, წამახული, ამოჭრილი და ა.შ.

სხვადასხვანაირია ფოთლის ფირფიტის დანაკვეთულობის ხარისხი. არჩევენ მთლიანსა და დანაკვეთულ ფოთლის ფირფიტას. თუ დანაკვეთის ხარისხი არ აღემატება ფოთლის ფირფიტის $1/4$ ნაწილს, ასეთ ფოთოლს ეწოდება **მთლიანი**. მთლიანი ფოთოლი თავის მხრივ შეიძლება იყოს კიდემთლიანი (იასამანი), დაკბილული (ჭინჭარი), ხერხკბილა (ვაშლი, მსხალი), მრგვალკბილა (გერანი), ამოკვეთილი (ნაცარქათამა), ბევრი მცენარის ფოთლის კიდეები წარმოადგენს დასახელებული ფორმების კომბინაციას (ნახ. 57).

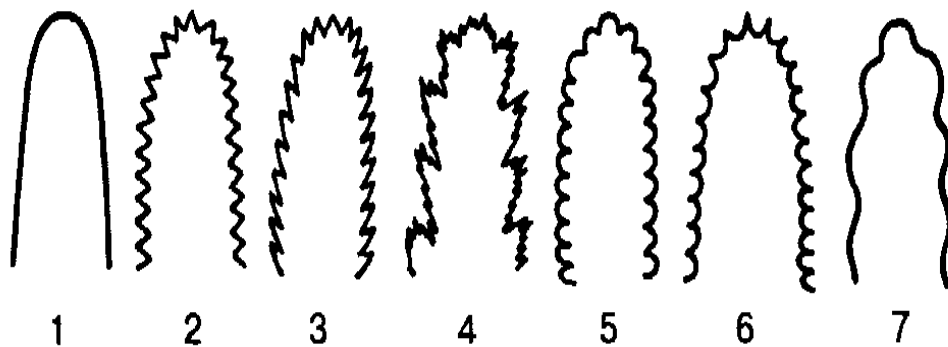
დანაკვეთულ ფოთოლს ეკუთვნის ისეთი, რომლის ფოთლის ფირფიტა $1/4$ ან მეტზეა განკვეთილი. არჩევენ დანაკვეთული ფოთლების 3 ფორმას: **დანაკვეთილი, დაყოფილი და განკვეთილი**. თითოეული ფორმა გვხვდება 2 ვარიანტში: თათისებრად დანაკვეთული (სურო, ბამბა), ფრთისებრ განკვეთილი (მუხა, ჭადარი), თათისებრ დაყოფილი (კანაფი, გერანი), დაყოფილი (ბაბუაწვერა).

თათისებრ და ფრთისებრ დანაკვეთულ ფოთლებს ეკუთვნის ისეთები, რომელთა დანაკვეთვა ფოთლის ფირფიტის $1/4$ -მდე აღწევს. ასეთი ფოთლების დაყოფილ ნაწილებს ეწოდებათ ნაკვეთები.

განკვეთილი ფოთლის ჭრილი აღემატება ფოთლის ფირფიტის $1/4$ -ს და შეიძლება $1/2$ მივიდეს. ასეთი დანაკვეთული ფოთლის ცალკეულ ნაწილს ეწოდება სეგმენტები.

დაყოფილი ფოთლის ჭრილები აღემატება ფოთლის ფირფიტის ნახევარს და შეიძლება მივიდეს მის ფუძესთან. ასე დაყოფილი ფოთლის

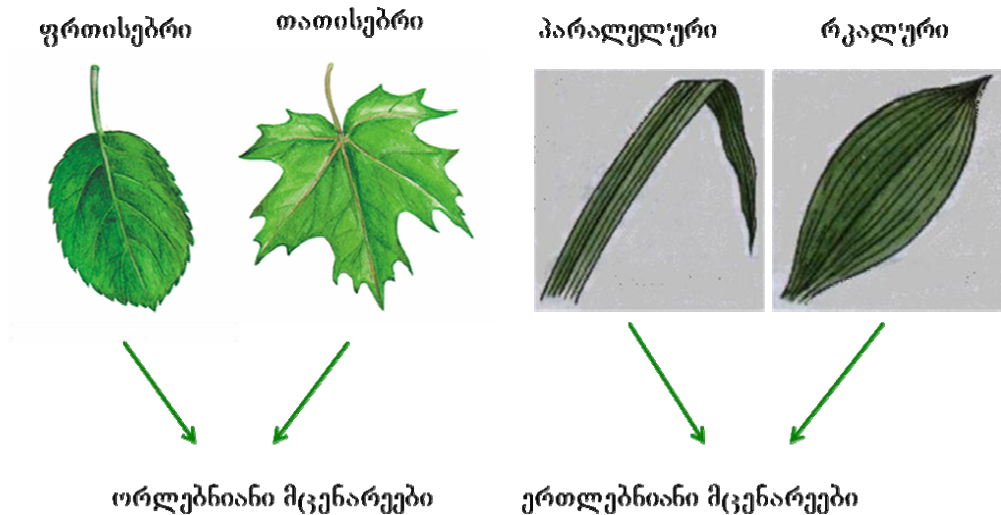
ცალკეულ უბნებს ეწოდება ნაკვთები. ზოგიერთ მცენარეში გვხვდება დანაკვთული ფოთლების სხვადასხვა ვარიანტი, მაგ. კარტოფილის ფოთლის დიდი ზომის ნაკვთები მონაცვლეობენ მცირეებთან. ასეთ ფოთოლს ეწოდება წყვეტილ ფრთისებრ დანაკვთული. თაღგამის ფრთადანკვთული ფოთლის ბოლო ნაკვთი დიდი ზომისაა და მომრგვალოა. ასეთ ფოთოლს ჩანგისებურს უწოდებენ.



ნახ. 57. ფოთლის ფირფიტის კიდეების ფორმა:

1 – კიდემთლიანი, 2 – დაკბილული, 3 – ხერხისებრი, 4 – ორმაგ ხერხისებრი, 5 – მრგვალკბილა, 6 – ამოკვეთილი, 7 – ტალღისებრი.

ფოთლის ერთ-ერთი მთავარი მორფოლოგიური ნიშანია **დაძარღვის ტიპი** (ნახ. 58). დაძარღვა ანუ ნერვაცია წარმოდგენილია ფოთლის გამტარი კონების სისტემით ანუ ბადით, რომლის შემადგენლობაში შედის ტრაქეალური ელემენტები და მექანიკური ბოჭკოები. ფილოგენურად დაძარღვის ყველაზე ძველი ტიპია **დიქოტომიური**, გვხვდება შიშველთესლოვან მცენარე გინკოში. თანამედროვე მცენარეებში იგი იშვიათად გვხვდება. ორლებნიან მცენარეებში გვხვდება **ბადისებრი** დაძარღვა. ბადისებრი დაძარღვა შეიძლება იყოს **ბადისებრ-თათისებრი** (ძარღვები სხივისებურად გამოდიან ფოთლის ფუძის ერთი წერტილიდან და შემდეგ იტოტებიან) და **ბადისებრ-ფრთისებრი** (სადაც გამოკვეთილია მთავარი ძარღვი, რომლისაგანაც გამოდიან გვერდითი ძარღვები, რომლებიც თავის მხრივ იტოტებიან მრავალგზის და უფრო წვრილდებიან). ერთლებნიანებისათვის დამახასიათებელია **პარალელური** და **რკალური** დაძარღვა.



ნახ. 58. დაძარღვის ტიპები

ფოთლის ანატომიური აგებულება

ფოთლის ანატომიური აგებულება შეესაბამება მის მიერ შესასრულებელ ფუნქციებს. იგი იცვლება გარემოს (მიკროკლიმატის) ცვლილებების შესაბამისად. მიუხედავად ამისა, მცენარეთა სხვადასხვა სახეობაში ფოთლის ძირითად მასას შეადგენს მისი რბილობი, პარენქიმა – მეზოფილი, რომელიც განლაგებულია ზედა და ქვედა ეპიდერმის შორის. მეზოფილში განლაგებულია ჭურჭელ-ბოჭკოვანი კონები, რომლებიც ფირფიტას ქსელავენ ყველა მიმართულებით, აგრეთვე მექანიკური ქსოვილი – სკლერეიდები, ლაფნისა და სკლერენქიმის ბოჭკოები, კოლენქიმა. სხვადასხვა მცენარის ფოთლებში მექანიკური ქსოვილების განლაგების ხასიათი და სტრუქტურა ერთნაირი არაა. ფოთლის ეპიდერმისი ტრანსპირაციისა და გაზთა ცვლის რეგულირებას აწარმოებს. ის იცავს ფოთოლს გამოშრობისაგან, გარემოს ფიზიკური და მექანიკური ზემოქმედებისაგან, ბაქტერიების შეჭრისაგან. ეპიდერმისი ჩვეულებრივ შედგება ერთნაირი, ერთიმეორესთან მჭიდროდ განლაგებული უჯრედებისაგან. ზედა ეპიდერმისის კედლები ხშირად იფლანტება კუტინით. მშრალი ადგილის მცენარეთა ფოთლები დაფარულია სქელი კუტიკულით, რომელიც ამცირებს წყლის

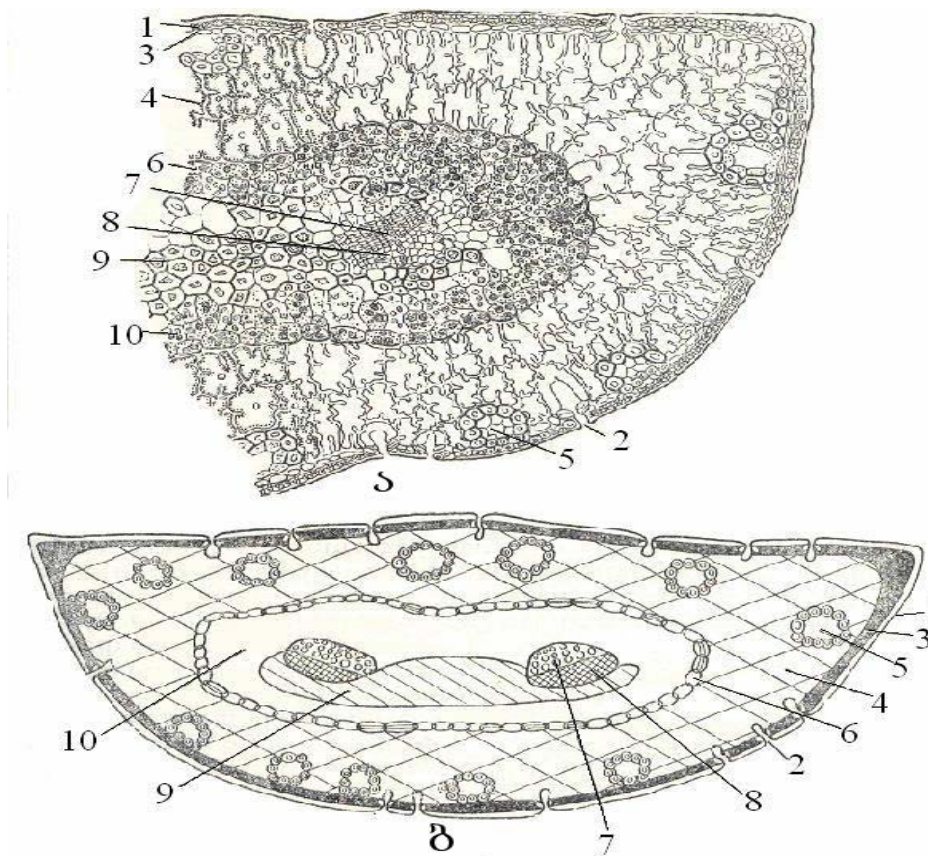
აორთქლებას. ზედა ეპიდერმისის უჯრედები უფრო დიდი ზომისაა, ვიდრე ქვედა ეპიდერმისის და ისინი თითქოს ფანჯრების როლს ასრულებენ სინათლის შიგნით შეშვების მხრივ. ჩვეულებრივ ეპიდერმისის უჯრედები ქლოროპლასტებს არ შეიცავენ, გამონაკლისს შეადგენს ზოგიერთი სუკულენტი. ხშირად ზედა ეპიდერმისის უჯრედის წვენში იმყოფება პიგმენტი ანტოციანი, რომელიც ფოთოლსა და ყუნწს აძლევს სხვადასხვა შეფერილობას.

ქვედა ეპიდერმისის უჯრედები მცირე ზომისაა და მცენარეთა უმრავლესობაში აქვს კლაკნილი ფორმა. უმეტეს ხმელეთის მცენარეს ბაგეები მოთავსებული აქვს ქვედა ეპიდერმისში. ზოგიერთ მცენარეში ეპიდერმისის ქვეშ წარმოიშობა უჯრედების განსაკუთრებული ფენა, რომელიც მის გამძლეობას ზრდის. ხშირად ამ უჯრედების გარსი გასქელებას განიცდის და მექანიკურ ფუნქციას ასრულებს, ხოლო მშრალი ადგილის მცენარეებს იცავს წყლის ზედმეტად აორთქლებისაგან. უჯრედების ამ ფენას ეწოდება ჰიპოდერმა (ნახ. 59). წინვოვან მცენარეებში წინვის ჰიპოდერმა ერთნეებაა. წინვს აძლევს მექანიკურ სიმტკიცეს და აძლიერებს.

ეპიდერმისის ქვეშ მოთავსებულია მეზოფილი. ტიპური დორზოვენტრალური ფოთლის მეზოფილი ორი მორფოლოგიურად და ფიზიოლოგიურად განსხვავებული პარენქიმისაგან – მესრისებრი და ღრუბლისებრისაგან შედგება.

მესრისებრი პარენქიმის უჯრედებს, რომლებიც ზედა ეპიდერმისის ქვეშ მდებარეობენ აქვთ ცილინდრული ფორმა, უჯრედები მჭიდროდაა მიჯრილი და შეიცავენ მთელი ფოთლის ქლოროპლასტების 75%-ს. მისი ძირითადი ფუნქციაა ფოტოსინთეზი. ღრუბლისებრ პარენქიმას შეადგენს შედარებით მომრგვალო უჯრედები დიდი უჯრედშორისებით. მათში ქლოროპლასტების რაოდენობა უფრო ნაკლებია. მას სავენტილაციო პარენქიმასაც უწოდებენ. უჯრედშორისი სივრცეების სიმრავლის გამო ღრუბლისებრი ქსოვილი ფოტოსინთეზთან ერთად გაზთა ცვლის ფუნქციასაც ასრულებს.

ფოთლებს, რომელთა დორზოვენტრალურობა დარღვეულია, სხვანაირი ანატომიური აგებულება აქვთ. ასეთ ფოთლებში მეზოფილი შედგება ერთნაირი ქლორენქიმისაგან, რომელიც არ არის დიფერენცირებული მესრისებურ და ღრუბლისებურ პარენქიმად. ასეთ ფოთლებს ეწოდება იზოლატერალური (ნახ. 60).



ნახ. 59. ფიჭვის (*Pinus sylvestris*) ნიწვის განივი განაკვეთი მეზოფილის ცენტრალური ტიპით:

ა – დეტალური ნახატი; ბ – სქემატური ნახატი.

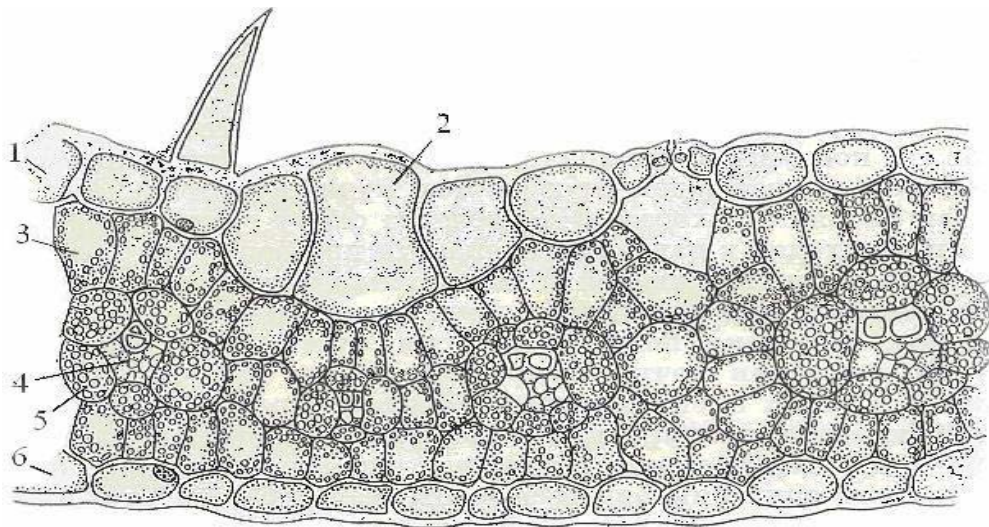
- 1 - ეპიდერმისი, 2 – ბაგის აპარატი, 3 - ჰიპოდერმა, 4 – ნაოჭიანი პარენქიმა, 5 – ფისის სავალი, 6 - ენდოდერმა, 7 – ქსილემა, 8 - ფლოემა, 7-8 – გამტარი კონა, 9 - სკლერენქიმა, 10 - პარენქიმა.

ფოტოლში გამტარი ქსოვილები წარმოქმნიან დახურულ კოლატერალურ კონებს. კონის ქსილემა მიმართულია ფოთლის ზედა მხრისაკენ, ფლოემა – ქვედასაკენ. მთავარ კონებს თან ახლავს მექანიკური ქსოვილი-სკლერენქიმიანი ბოჭკოები. როგორც მთავარი გამტარი კონები, ასევე მათი განშტოებები გარშემორტყმულია პარენქიმიური უჯრედების ერთი მწკრივით, რომელსაც კონის შემომფენ უჯრედებს უწოდებენ. ისინი კონის ფლოემის ნაწილს გადასცემენ ფოტოსინთე-

ზის პროდუქტებს, რომლებიც მათში შემოდის ღრუბლისებრი პარენქიმიდან.

კონის გამტარი ელემენტები თანმხლები ქსოვილებით იწოდება ძარღვებად. მეზოფილს გასჭოლავს ძარღვები, რომლებიც ქმნიან ერთიან გამტარ სისტემას და გრძელდება ღეროში.

ფოთოლი შეიცავს არმატურის ელემენტებს, რომლებიც განლაგებული არიან მის სხვადასხვა ნაწილში. ფოთლის მძლავრი არმატურა წარმოდგენილია გამტარი კონების სისტემით. თითოეულ კონას აქვს სკლერენქიმული ბოჭკოების ორი შემონაფენი, რომლებიც განლაგებულია ქსილემისა და ფლოემის პერიფერიაზე. ასეთი არმატურის მეშვეობით ფოთლის ნაზი ფირფიტა კარგადაა დაცული დაზიანებისაგან. სიმტკიცისა და გამძლეობის შენარჩუნების გარდა თხელი და ნაზი ფირფიტა უნდა იყოს დრეკადი და ელასტიური. ალბათ, ამის გამოა, რომ ფართოფოთლიან მცენარეებს კონის სკლერენქიმული შემონაფენის მაგიერ აქვთ კოლენქიმის შემონაფენი (დიყი, მრავალძარღვა).



ნახ. 60. სიმინდის ფოთლის აგებულება (*Zea mays*)

იზოლატერალური ტიპის მეზოფილით:

- 1 – ზედა ეპიდერმისი, 2 – საჭაერო ღრუ, 3 - მეზოფილი, 4 – გამტარი კონა,
5 – გამტარი კონის შემომფენი უჯრედები, 6 ქვედა ეპიდერმისი.

დავალება 1. ბიფაციალური ფოთლის მიკროსკოპული აგებულების შესწავლა კამელიის ფოთლის განივჭრილის მუდმივ პრეპარატზე.

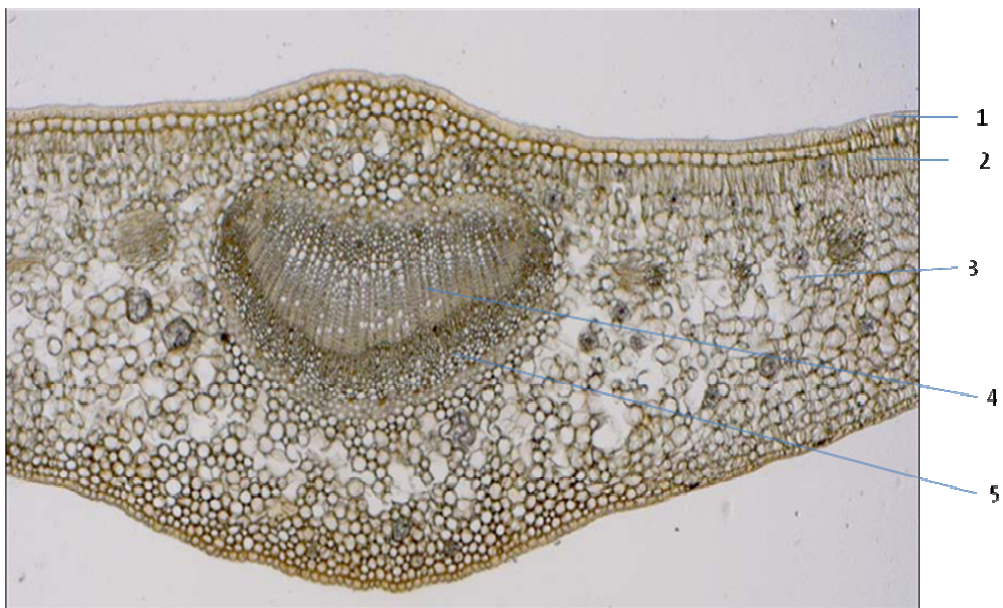
სამუშაოს მსვლელობა: ფოთლის ქრილი დაათვალიერეთ მიკროსკოპში მცირე გადიდებით. დათვალიერებისას ჩანს, რომ გარედან იგი დაფარულია ეპიდერმისით (ნახ. 61). ზედა ეპიდერმისი ქვედასაგან გამოირჩევა უფრო მძლავრი კუტიკულით და ბაგეების არქონით. ფოთლის ზედა ეპიდერმისის ქვეშ განლაგებულია მესრისებრი მეზოფილი, რომელთა უჯრედები არის წაგრძელებული, მჭიდროდ მიჯრილი. მის ქვეშ მდებარეობს ღრუბლისებრი პარენქიმა, რომელიც შედგება ფაშარად განლაგებული უჯრედებისაგან. ფოთლის მეზოფილში გვხვდება სკლერეიდები (იდიობლასტები), რომლებიც საყრდენ ფუნქციას ასრულებენ.

ფოთლის მთავარი ძარღვი შედგება ქსილემისა და ფლოემისაგან, რომლებიც ზევიდან და ქვევიდან გამყარებულია სკლერენქიმიტ, ქსილემა ყოველთვის მიმართულია ფოთლის ანატომიურად ზედა მხარისაკენ, ფლოემა კი – ქვედა მხრისაკენ. კონის ზევითა და ქვევით განლაგებულია კოლენქიმა, რომელიც ეპიდერმისს ესაზღვრება.

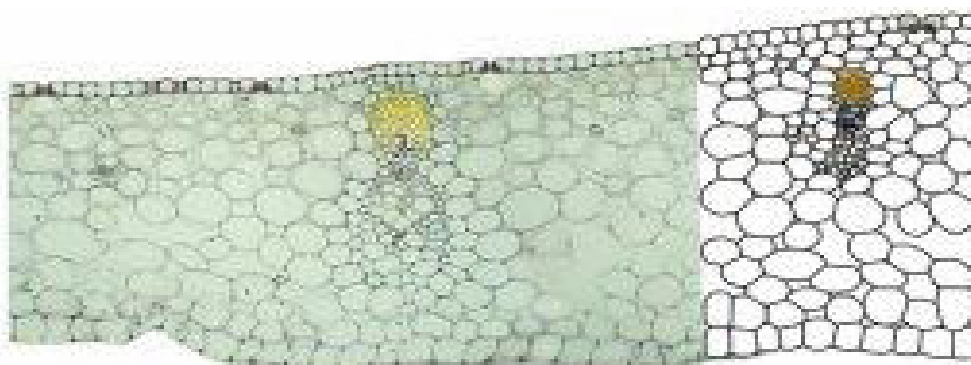
ჩაიხატეთ კამელიის ფოთლის განივჭრილის აგებულება.

მიუთითეთ: ქსილემა, ფლოემა, სკლერენქიმა, ღრუბლისებრი და მესრისებრი მეზოფილი, ეპიდერმისი, ბაგეები.

დავალება 2. უნიფაციალური ფოთლის მიკროსკოპული აგებულების შესწავლა ზამბახის ფოთლის განივჭრილის მუდმივ პრეპარატზე.



ნახ. 61. კამელიის (*Camelia japonica*) ფოთლის განივჭრილი
 1 – ზედა ეპიდერმისი, 2 – მესრისებრი მეზოფილი,
 3 – ღრუბლისებრი მეზოფილი, 4 – ქსილემა, 5 – ფლოემა.



ნახ. 62. ზამბახის ფოთლის მიკროსურათი.

სამუშაოს მსვლელობა: ფოთლის ჭრილი დათვალიერეთ მიკროსკოპში მცირე გადიდებით. ჩვეულებრივ უნიფაციალური ფოთლები ორიენტირებულია არა ჰორიზონტალურად, არამედ ვერტიკალურად, ასევე შებრტყელებულია გვერდებიდან. ზამბახის ფოთლის მეზოფილი ერთგვაროვანია (ნახ. 62). გამტარი კონეები დახურული კოლატერალუ-

რია. გარედან მათ აკრავთ სკლერენქიმა, ცენტრში მოთავსებულია ფლოემა, გვერდით კი – ქსილემა.

სქემატურად ჩაიხატეთ ზამბახის ფოთლის განივჭრილი.

მიუთითეთ: ქსილემა, ფლოემა, სკლერენქიმა, მეზოფილი, ეპიდერმისი, ბაგეები.

დავალება 3. საჰერბარიუმო მასალის გამოყენებით რთული ფოთლების მორფოლოგიური ტიპების დაათვალიერება და განსაზღვრა.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალიერეთ ფოთლის ტიპები.

ჩაიხატეთ სქემატურად და აღნიშნეთ რთული ფოთლების ტიპები.

დავალება 4. საჰერბარიუმო მასალის გამოყენებით მარტივი ფოთლების მორფოლოგიური ტიპების დაათვალიერება და აღწერა შემდეგი სქემის მიხედვით:

1. ფოთლის ფირფიტის ფორმა.
2. ფოთლის ფირფიტის კიდეების ტიპები.
3. ფოთლის ფირფიტის დანაკვეთულობა.
4. ფოთლის ფირფიტის ფუძის ფორმა.
5. წვეროს ფორმა.
6. დაძარღვის ტიპი.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალიერეთ ფოთლის ტიპები.

სქემატურად ჩაიხატეთ მარტივი ფოთლების ტიპები.

დავალება 5. ცოცხალი და საჰერბარიუმო მასალის გამოყენებით ღეროსეული წარმოშობის მეტამორფოზირებული ორგანოების დათვალიერება და გაანალიზება

სამუშაოს მსვლელობა: გაეცანით ღეროს მეტამორფოზებს ხახვის ბოლქვის, შროშანის ფესურის, კუნელის ეკლების, მარწყვის ულვაშის, კარტოფილის გორგლის მაგალითზე. ამ მეტამორ-

ფოზების ღეროსეულ წარმოშობაზე მიუთითებს შემდეგი ნიშნები: ფოთლებისა და ფოთლის კვალის, მუხლებისა და მუხლთაშორისების, ფოთლების უბეებში კვირტების არსებობა. მაგალითისთვის დაათვალიერეთ კარტოფილის გორგალი. მის ზედაპირზე შეიძლება შევამჩნიოთ ფოთლის კვალი და თვლები (კვირტები). ეს კვირტები ხელსაყრელ პირობებში ახალ ყლორტად ვითარდება. კარტოფილის გორგალი წარმოადგენს სახეშეცვლილ ყლორტს მორიგეობითი ფოთოლგანლაგებით.

ხახვის ბოლქვში სამარაგო ნივთიერებები მოთავსებულია სახეშეცვლილ ფოთლებში.

ჩაიხატეთ ღეროს აღწერილი სახეცვლილებები.

მიუთითეთ მათი ნაწილები და დაახასიათეთ თითოეული ნიმუში.

საკონტროლო კითხვები:

1. რა ფუნქციას ასრულებს ფოთოლი?
2. დაასახელეთ ფოთლის ძირითადი ტიპები და მიუთითეთ რომელ მცენარეებს ახასიათებს ისინი.
3. დაასახელეთ ფოთოლგანლაგების ტიპები.
4. რითი განსხვავდება ერთმანეთისაგან მარტივი და რთული ფოთლები? დაასახელეთ რთული ფოთლების ძირითადი ტიპები.
5. რა ნიშნები უდევს საფუძვლად ფოთლების მორფოლოგიურ კლასიფიკაციას?
6. აღწერეთ ფოთლის ანატომიური აგებულება.
7. აგებულების რა თავისებურება ახასიათებს მშრალი ადგილსამყოფელის მცენარეთა ფოთლის ეპიდერმისს?
8. დაასახელეთ განსხვავება სინათლისმოყვარულ და ჩრდილისამტან მცენარეთა ფოთლების აგებულებაში.
9. რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს ფოთოლცვენას?

თემა – ყვავილის აგებულება

სამუშაოს მიზანი: ყვავილის მორფოლოგიური აგებულების შესწავლა, ანდროცეუმისა და გინეცეუმის ანატომო-ფუნქციონალური თავისებურებების გაცნობა.

ამოცანები:

1. მტვრიანას სამტვერეების ანატომიური აგებულების შესწავლა.
2. გინეცეუმის აგებულების გაცნობა.
3. სხვადასხვა ტიპის ყვავილის ფორმულის შედგენა სველი პრეპარატების გამოყენებით.

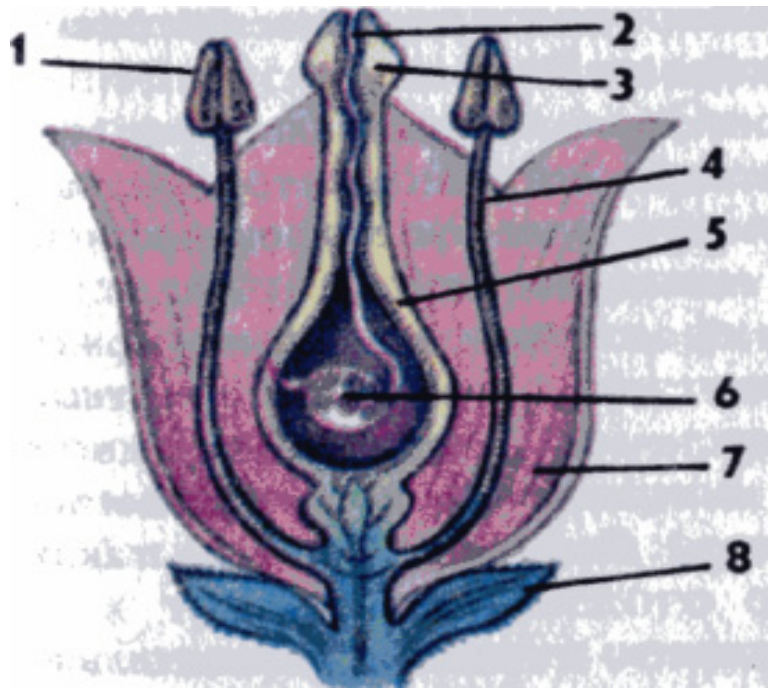
თეორიული ცნობები

ყვავილი წარმოადგენს სახეშეცვლილ, შემოკლებულ, დაუტოტავ ყლორტს შეზღუდული ზრდით, რომელიც სქესობრივი გამრავლებისა და მის შედეგად თესლისა და ნაყოფის წარმოსაშობადაა მომარჯვებული. ყვავილებში მიმდინარეობს მიკრო და მეგაგამეტოგენეზის პროცესები, დამტვერვა, განაყოფიერება, თესლისა და ნაყოფის წარმოქმნა. მცენარეთა დიდ უმრავლესობას აქვს ორსქესიანი ყვავილები. ყვავილი შემდეგი ნაწილებისაგან შედგება: ყვავილის ყუნწი, ყვავილსაჯდომი, ყვავილსაფარი, ანდროცეუმი და გინეცეუმი (ნახ. 63).

ყვავილის ყუნწი წარმოადგენს მუხლთაშორისს ყვავილის ქვეშ და აკავშირებს მას ღეროსთან. ზოგჯერ ყუნწი არაა და მაშინ ყვავილი მჯდომარეა.

ყვავილსაჯდომი ყვავილის ყუნწის გაფართოებული ნაწილია. იგი თითქოს აგრძელებს ყვავილის ყუნწს და მასზე განწყობილია ყვავილის ყველა ნაწილი.

ყვავილის ნაწილები ყვავილსაჯდომზე შეიძლება განლაგებული იყოს სამნაირი წესით: 1. სპირალურად, 2. რგოლურად (წრიულად) ანუ ციკლურად, 3. ნახევრადციკლურად ანუ ჰემიციკლურად.



ნახ. 63. ყვავილის აგებულება

1 – მტვრიანა სამტვრე პარკით, 2 – მტვრის მარცვლის გაღივება, 3 – დინგი, 4 – სამტვრე ძაფი, 5 – ნასკვი, 6 – თესლკვირტი, 7 – გვირგვინი, 8 – ჯამი.

ყვავილის ორგანოები ნაწილდებიან ორ ჯგუფად: მფარავ ფოთლებად და სპორებისა და გამეტების წარმომშობ ფოთლებად.

ჯამის ფოთოლაკები და **გვირგვინის ფურცლები** წარმოადგენენ ყვავილის **მფარავ ფოთლებს**. ჯამის ფოთლები ქმნიან ყვავილის **ჯამს (Calex)**, გვირგვინის ფურცლები – **გვირგვინს (Corolla)**. ზოგჯერ ჯამი ორმაგია(ბამბა), ასეთ შემთხვევაში გარეთა ჯამს ეწოდება ჯამ-ქვეშა. ჯამის ფოთოლაკები თითქმის ყოველთვის მწვანეა, იშვიათად შეფერადებულია (წითლად, ვარდისფრად, ყვითლად, ცისფრად, ლურჯად და ა.შ.).

ჯამი შეიძლება იყოს ფოთლებგანცალკევებული და ფოთლებშეზრდილი. ასევე **გვირგვინიც** შეიძლება იყოს ფურცლებგანცალკევებული და ფურცლებშეზრდილი. ვაშლს, ბროწეულს ჯამი ფოთლებშეზრდილი აქვს, ხოლო გვირგვინი – ფურცლებგანცალკევებული. ყაყაჩოს ყვავილს აქვს ფოთლებგანცალკევებული გვირგვინი. მაჩიტას ჯამი ფოთლებშეზრდილია, ხოლო გვირგვინი—ფურცლებშეზრდილი.

ჩვეულებრივად ფურცლებგანცალკევებულებს ფურცელი ფუძისაკენ შევიწროებული აქვთ, წვეროსაკენ კი – გაფართოებული (მაგ. მიხაკს). გვირგვინის ფურცლის შევიწროებულ ნაწილს ეწოდება ფრჩხილი, ფართოს – ფირფიტა. ფურცლებშეზრდილი გვირგვინი შედგება სამი ნაწილისაგან: მილის (შეზრდილი ნაწილი), ფირფიტისა და ხახისაგან (მილის ფირფიტაში გადასვლის ადგილი). ზოგიერთ მცენარეს ფრჩხილისა და ფირფიტის საზღვარზე უვითარდება სხვადასხვანაირი გამონაზარდები, კბილანები, დანამატები და ა. შ, რომელთაც ეწოდებათ გვირგვინთანები.

ყვავილის მფარავი ფოთლები (ჯამის ფოთოლაკები და გვირგვინის ფურცლები) ერთად შეადგენენ **ყვავილსაფარს**. ყვავილსაფარი შეიძლება იყოს **მარტივი ანუ ერთსაფარიანი** – თუ ყვავილს არა აქვს ან ჯამი, ან გვირგვინი. ასეთ შემთხვევაში მარტივი ყვავილსაფარი შეიძლება იყოს ან გვირგვინისებური (შროშანა, ტიტა) ან მწვანე, ჯამისებური, როგორც მარცვლოვნებს, მუხას, არყს და ა.შ.

ყვავილსაფარი შეიძლება იყოს ორმაგი, თუ ყვავილში არის ჯამიც და გვირგვინიც. ყვავილოვანი მცენარეების უმრავლესობაში **ყვავილსაფარი ორმაგია**. ზოგჯერ ყვავილში სრულებით არ არის ყვავილსაფარი. ასეთ ყვავილს ეწოდება **შიშველი ანუ უსაფრო**.

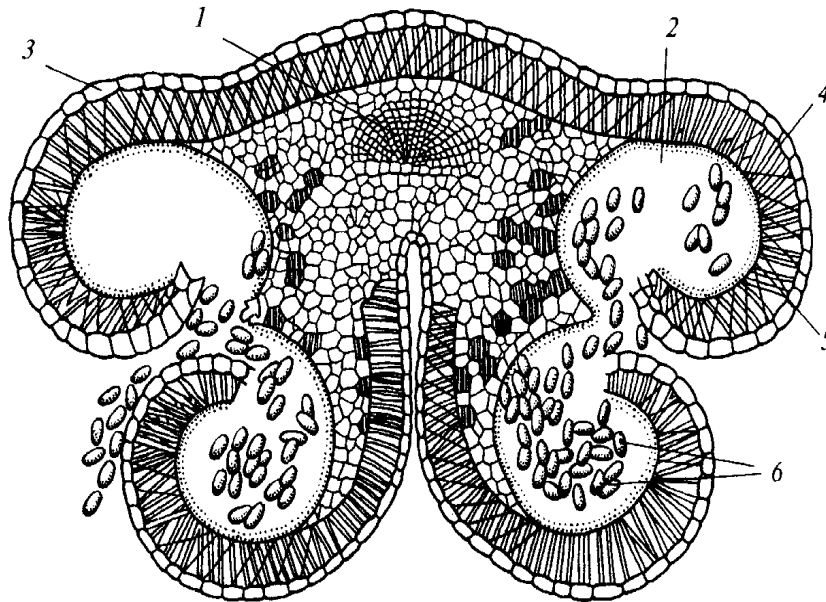
ყვავილში მტვრიანების ერთობლიობას ეწოდება **ანდროცეუმი** (ბერძ. „ანდროს“-მამრობითი), ხოლო ნაყოფის ფოთლების ერთობლიობას – **გინეცეუმი** (ბერძ. „გინე“-მდედრობითი)

თუ ყვავილში წარმოდგენილია ყველა ზემოთაღნიშნული ორგანო, მაშინ ასეთ ყვავილს ეწოდება სრული, ერთ-ერთი ორგანოს არარსებობის შემთხვევაში ყვავილს არასრული ეწოდება.

სიმეტრიის მიხედვით ყვავილში არსებობს აგებულების ორი ვარიანტი. უმეტეს შემთხვევაში ყვავილს აქვს რადიალური სიმეტრია, ე.ი. რადიალური მიმართულებით ბევრჯერ შეიძლება სიბრტყეზე გავყოთ ის ორ სიმეტრიულ ნაწილად. ასეთ ყვავილებს ეწოდება **სწორი ანუ აქტინომორფული** (მაგ. ვაშლის, კომშის, შროშანის). სხვა შემთხვევაში ყვავილს აქვს მონოსიმეტრიული აგებულება. ასეთ ყვავილებს ეწოდება **არასწორი, ანუ ზიგომორფული** (მაგ. იაჟუჟუნა, ორქიდეა, დევისპირა და სხვ.).

ფარულთესლოვან მცენარეთა უმრავლესობის ყვავილებს აქვთ მტვრიანები და ბუტკო. ასეთ ყვავილებს ეწოდება **ორსქესიანი ანუ**

ჰერმაფროდიტული (მაგ. ხორბლის, ბამბის, მზესუმზირის და სხვ.). ზოგიერთ მცენარეთა ყვავილი **ერთსქესიანია** (მაგ. კაკლის, ტირიფის, სიმინდის, კიტრის და სხვ.) ან მტვრიანი-მამრობითი, ან ბუტკოიანი-მდედრობითი. მცენარე ერთსქესიანი ყვავილებით შეიძლება იყოს ერთსახლიანი, ორსახლიანი და მრავალსახლიანი. **ერთსახლიან** მცენარეებს ეკუთვნიან ისეთები, რომლებსაც მამრობითი და მდედრობითი ყვავილები განვითარებული აქვთ ერთიდაიმავე ეგზემპლარზე (კაკალი, სიმინდი, საზამთრო, კიტრი და სხვ.) **ორსახლიან** მცენარეებს ეკუთვნიან ისინი, რომელთაც მდედრობითი ყვავილები უვითარდებათ ერთ ეგზემპლარზე, მამრობითი – მეორეზე (კანაფი, ისპანახი, ტირიფი, ვერხვი და სხვ.). **მრავალსახლიან** ანუ სქესის პოლიგამურ მცენარეებს ეკუთვნიან ისეთი სახეობები, სადაც გვხვდება სქესის მიხედვით სხვადასხვა ყვავილთა კომბინაცია – მდედრობითის, მამრობითის, ორსქესიანის და მათი სხვადასხვანაირი განლაგება ერთიდაიმავე მცენარეზე (მაგ. ნეკერჩხალი, ბარდა, თუთა, ლელვი და სხვ.).



ნახ. 64. შროშანის სამტვრე პარკის განივჭრილი

- 1 – დამაკავშირებელი პარენქიმა, 2 – სამტვრე ბუდეები, 3 – ეპიდერმისი, 4 – ენდოტეციუმი, 5 – ტაპეტუმი, 6 – მტვრის მარცვლები.

ყვავილში მტვრიანების ერთობლიობას ეწოდება **ანდროციუმი** (ბერძ. „ანდროს“-მამრობითი). მტვრიანა შედგება ორი ნაწილისაგან: მტვრიანას ძაფისა და სამტვრე პარკისაგან. მტვრიანას ძაფი მიკროსპოროფილის ჰომოლოგია, ხოლო სამტვრე პარკი – სორუსის. მტვრიანას ძაფი შეიძლება იყოს ცილინდრული, ბრტყელი, ლენტისებური და ა.შ. ზოგჯერ ის ძალიან მოკლეა და სამტვრე პარკი მჯდომარედ გვეჩვენება. სამტვრე პარკი მტვრიანას ძირითადი ნაწილია, უმეტეს შემთხვევაში ის ოთხბუდიანია, იშვიათად-ორბუდიანი. თითოეული სამტვრე პარკი შეესაბამება მიკროსპორანგიუმს.

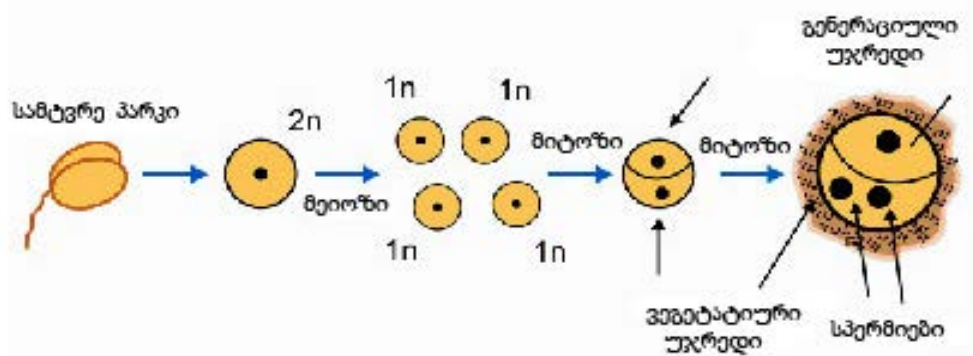
სამტვრე პარკის განივჭრილზე შეიძლება შევამჩნიოთ შემდეგი ქსოვილები (ნახ. 64): გარედან ვითარდება ეპიდერმისი, მის ქვეშ მოთავსებულია ენდოტეციუმი, რომლის უჯრედებს ახასიათებს სხვადასხვანაირი გასქელებები, რომლებიც ხელს უწყობენ სამტვრე პარკის გახსნას. ენდოტეციუმის ქვეშ განლაგებულია პარენქიმული უჯრედების 1-3 შრე. სამტვრე პარკის კედლის ყველაზე ბოლო შრეა ტაპეტუმი, რომელიც სპოროგენულ ქსოვილს აწვდის საკვებ ნივთიერებებს, მაგრამ მიკროსპორების წარმოქმნის შემდეგ იგი, როგორც წესი, იშლება.

მტვრიანას განვითარება შემდეგი თანმიმდევრობით ხდება: სულ პირველად ყალიბდება ეპიდერმისი. ეპიდერმისის ქვეშა უჯრედები იწყებენ გაყოფას ტანგენტალური მიმართულებით (ზედაპირის პარალელურად). ამასთან სამტვრე პარკის კუთხეებში ყალიბდება არქესპორიუმი, შემდეგ ტაპეტუმი. ჩვეულებრივ გაყოფადი უჯრედების შიგნითა ფენიდან ყალიბდება არქესპორიული ქსოვილი, გარეთა ფენიდან-ტაპეტუმი. სამტვრე ბუდეებს ტაპეტუმი გარს ერტყმის ყველა მიმართულებით. ტაპეტუმის ნაწილი, რომელიც პერიფერიისაკენაა მიქცეული, წარმოიშობა ეპიდერმისის ქვეშა უჯრედებისაგან, ხოლო შიგნითა ფენა-დამაკავშირებელი პარენქიმისაგან. ბუდეებში მტვრის მარცვლის ფორმირებისას ტაპეტუმის უჯრედები იხარჯება, როგორც საკვები ნივთიერების წყარო ამ მარცვლების ფორმირებაზე. მიკროსპორების წარმოქმნის შემდგომ მისი უჯრედები, როგორც წესი, ნადგურდება.

სამტვრე პარკში მოთავსებულია სპოროგენული ქსოვილი, რომელიც წარმოქმნის მიკროსპორებს (მტვრის მარცვლებს). მათი წარმოქმნა ხდება მეიოზის პროცესის შედეგად.

მტვრიანის სამტვერეებში მოთვსებულია ბევრი დიპლოიდური უჯრედი, რომლებიც იყოფა მეიოზის გზით. შედეგად ყოველი დიპლოიდური უჯრედიდან წარმოიქმნება 4 ჰაპლოიდური უჯრედი (მიკროსპორები), რომლებიც მტვრის მარცვლად გარდაიქმნება. თითოეული მტვრის მარცვლის ჰაპლოიდური უჯრედი კვლავ იყოფა მიტოზურად და წარმოიქმნება 2 ჰაპლოიდური უჯრედი: ვეგეტატიური და გენერაციული. გენერაციული ისევ იყოფა მიტოზურად და წარმოიქმნება 2 სპერმია. ისინი უმოძრაოა, ამიტომაც მოძრაობენ სამტვრე მილთან ერთად (ნახ. 65).

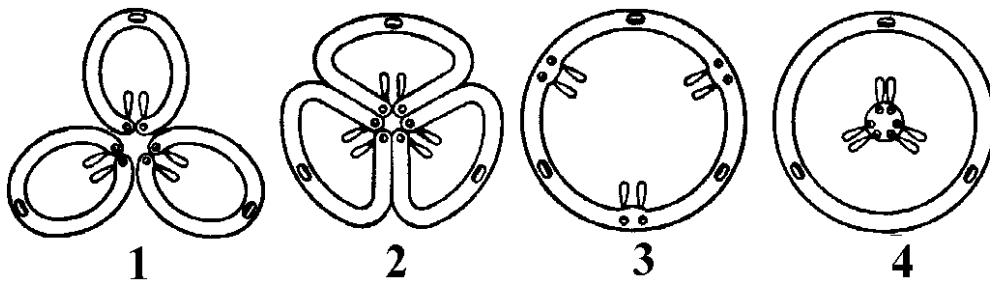
მტვრის მარცვალს აქვს ორი გარსი: ინტინა (შიგნითა გარსი) და ეგზინა (გარეთა გარსი). ინტინას აქვს თხელი აპკის სტრუქტურა. ეგზინა სქელია და გაჟღენთილია ცვილითა და კუტინით. მტვრის მარცვალი, რომელიც შედგება ორი უჯრედისაგან – ვეგეტატიური და გენერაციული – ითვლება მომნიშვნეულად. ორუჯრედიან მტვრის მარცვალში სასქესო უჯრედები ჯერ კიდევ არაა. ისინი წარმოიშობიან მაშინ, როცა მტვრის მარცვალი მოხვდება ბუტკოს დინგს, დაიწყებს გაღივებას და წარმოშობს ბუტკოს სვეტში მტვრის მილს.



ნახ. 65. მომნიშვნეული მამრობითი გამეტოფიტის – მტვრის მარცვლის ფორმირების სქემა.

ნაყოფის ფოთლების ერთობლიობას ეწოდება **გინეცეუმი** (ბერძ. „გინე“-მდედრობითი). ნაყოფის ფოთლები (მეგასპოროფილები) კიდევებით შეზრდისას ქმნიან დახშულ ორგანოს – ბუტკოს, რომელიც მეგასპორების, მეგაგამეტების (კვერცხუჯრედის) განვითარებისა და განაყოფიერების განსახორციელებლად არის მომარჯვებული.

ზოგჯერ რამდენიმე ნაყოფის ფოთოლი ერთად შეზრდის შემდეგ წარმოქმნის ერთ ბუტკოს, ან კიდევ ყვავილის თითოეული ნაყოფის ფოთოლი ქმნის დამოუკიდებელ ბუტკოს. ამასთან დაკავშირებით არჩევენ ჰინეცეუმის ორ ტიპს (ნახ. 66.): ა) **აპოკარპულს**, როდესაც ნაყოფის ფოთლები შეუზრდელად, თავისუფლად სხედან და თითოეული მათგანი ფორმირდება, როგორც ერთი დამოუკიდებელი ბუტკო (ბაია, მაგნოლია), და 2) **ცენოკარპულს**, როცა ბუტკო ერთია და წარმოშობილია შეზრდილი ნაყოფის ფოთლებისაგან.



ნახ. 66. ჰინეცეუმის ძირითადი ტიპები:

1 – აპოკარპული, 2 – სინკარპული, 3 – პარაკარპული, 4 – ლიზიკარპული.

არჩევენ **ცენოკარპული** ბუტკოს სამ ტიპს:

1. **სინკარპული** – წარმოიშობა რამდენიმე ღრმად შეზრდილი ნასკვის ფოთლისაგან, რომლებიც წარმოადგენენ მრავალბუდიან ნასკვს (შროშანისებრში, ვაშლისებრში).

2. **პარაკარპული** – წარმოიშობა რამდენიმე ნაყოფის ფოთლისაგან, რომლებიც ღრმად არ არიან შეზრდილი და ქმნიან ერთბუდიან ნასკვს (ქვატეხიები, ფხიჯა).

3. **ლიზიკარპული** – წარმოშობილია რამდენიმე ნაყოფის ფოთლისაგან, რომლებიც აგრეთვე ქმნიან ერთბუდიან ნასკვს (მიხაკისებრი).

ბუტკო შედგება 3 ნაწილისაგან: **ნასკვის, სვეტისა და დინგისაგან.**

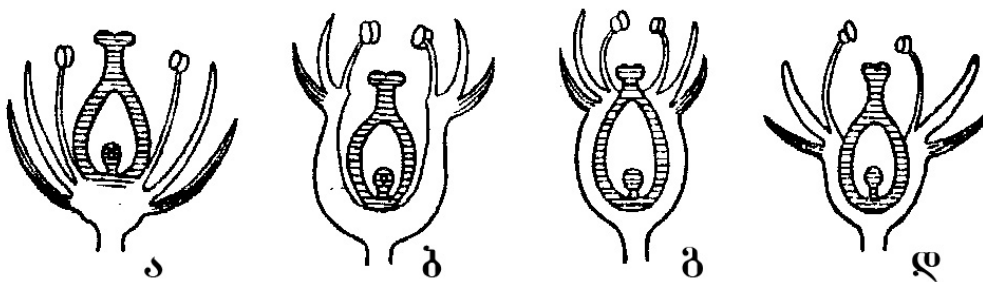
ნასკვი ბუტკოს ყველაზე მნიშვნელოვანი ნაწილია. ნაყოფის ფოთლები კიდევებით შეზრდისას წარმოშობენ ბუტკოს დახშულ ნაწილს – ნასკვს. ნასკვის შიგნითა ზედაპირზე წარმოიშობა თესლკვირტები. ნასკვის დახშული შიგნითა ღრუ – კამერა ასრულებს თეს-

ლკვირტისა და მასში მიმდინარე პროცესების დამცველ ფუნქციას. სვეტი და დინგი წარმოიშობა კიდეებით შეზრდილი ნაყოფის ფოთლების ზედა წაგრძელებული ნაწილიდან. ზოგჯერ სვეტი არ ვითარდება, ამ შემთხვევაში დინგი მჯდომარეა.

სხვადასხვა ყვავილში ნასკვის მდებარეობა დამოკიდებულია ნასკვის ყვავილსაფართან შეზრდის ხარისხზე. არჩევენ **ზედა, ქვედა და ნახევრადქვედა ნასკვს** (ნახ. 67).

ზედა ნასკვს უწოდებენ თავისუფალ, ყვავილსაფართან შეუზრდელ ნასკვს. ზედა ნასკვი თავისუფლად ზის ყვავილსაჯდომზე და თითქოს ყვავილის შემოკლებული ღეროს დაბოლოებას წარმოადგენს (ქლიავისებრნი, პარკოსნები, ჯვაროსნები და სხვა). ყვავილს ამ შემთხვევაში ეწოდება ბუტკოსქვეშა.

ქვედას უწოდებენ ისეთ ნასკვს, რომელიც ან მთლიანად არის შეზრდილი გაფართოებულ ყვავილსაჯდომსა და ჯამთან, და ასეთ შემთხვევაში ყვავილსაფარი ბუტკოს ზევითაა (კაქტუსისებრნი, გოგრასებრნი), ან როცა ყვავილსაჯდომი ნასკვის ფორმირებაში არ ღებულობს მონაწილეობას და ნაყოფის ფოთლები ეხორცებიან მტვრიანებისა და ყვავილსაფრის ფუძეებს (ვაშლისებრნი, მოცვი და სხვ.). **ნახევრადქვედა ნასკვი** ყვავილსაჯდომთან და ჯამთან შეზრდილია ნახევრად და ყვავილში ამოშვერილია მისი მხოლოდ ზედა ნახევარი (ბროწეულის ზოგიერთი ჯიში, ასკილის, მარწყვის ზოგიერთი სახეობა და სხვ.). ნახევრადქვედა ნასკვიანი ყვავილსაფრის მდებარეობა ბუტკოსთანაა.



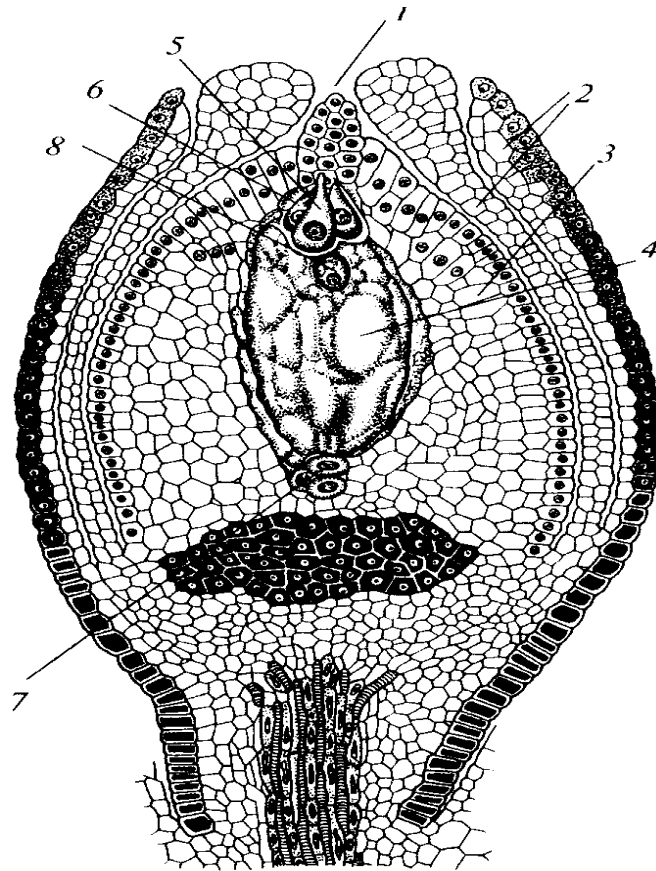
ნახ. 67. ნასკვის მდებარეობა ყვავილში
ა,ბ, – ზედა, გ – ქვედა, დ – ნახევრადქვედა.

ნასკვის შიგნით მდებარეობს თესლკვირტი, რომლისაგანაც ვითარდება თესლი. თესლკვირტი ყალიბდება ბორცვიდან, რომელიც ნაყოფის ფოთოლზე წარმოიშობა. განვითარების დასაწყისში თესლკვირტის ბორცვის გარშემო ორ რგოლად ჩაისახება თესლკვირტის საფარველი. ფორმირებული თესლკვირტი წარმოადგენს მრავალუჯრედიან კვერცხისებურ წარმონაქმნს ორი, იშვიათად ერთი საფარველით. წარმოშობის ადგილს, ანუ თესლკვირტის მიმავლების ადგილს ნაყოფის ფოთლებზე ეწოდება **პლაცენტა**.

განვითარებულ თესლკვირტს აქვს შემდეგი ნაწილები: 1. **ფუნიკულუსი** ანუ თესლკვირტის ყუნწი, 2. **ნუცელუსი** – თესლკვირტის ცენტრალური ნაწილი (ნუცელუსი თესლკვირტის მნიშვნელოვანი ნაწილია, მასში ყალიბდება ერთადერთი მეგასპორა მდედრობით გამეტოფიტად, სადაც შემდგომ ხდება განაყოფიერება და ჩანასახის წარმოშობა), 3. **ინტეგუმენტები** – თესლკვირტის საფარველი (ჩვეულებრივ, ფარულთესლოვან მცენარეთა თესლს აქვს ორმაგი საფარველი). ერთსაფარველიანი თესლკვირტი გვხვდება ზოგიერთ პარკოსანში, ბაიასებრში, ვარდისებრში და სხვა. ვარაუდობენ, რომ თესლკვირტის ერთსაფარველიანობა მეორადი მოვლენაა, ორი საფარველის შეზრდის შედეგია. 4. **მიკროპილე** ანუ მტვერსავალი – თესლკვირტის წვერო, 5. **ქალაძა** – თესლკვირტის ფუძე.

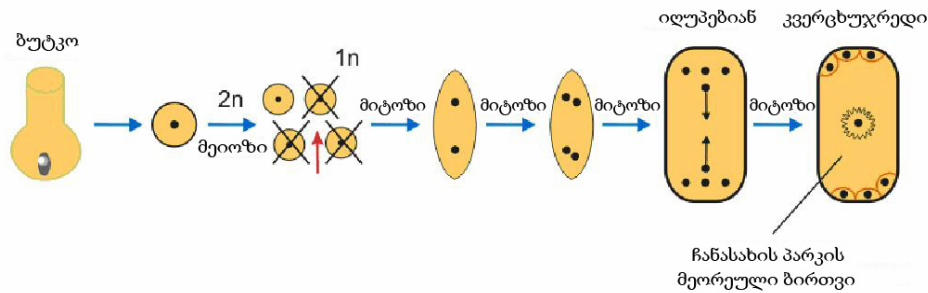
თესლკვირტის ნუცელუსში ფორმირდება მეგასპორა. მეგასპორის წარმოშობამდე თესლკვირტის ნუცელუსის სუბეპიდერმულ ფენაში ვითარდება ერთი არქესპორული უჯრედი – მეგასპორის დედა უჯრედი. ეს უჯრედი რედუქციულად იყოფა და წარმოშობს ოთხ მეგასპორას. ეს მეგასპორები ვითარდებიან უთანაბროდ. ერთი მათგანი უფრო ჩქარა ვითარდება სხვებთან შედარებით, რის გამოც დანარჩენი სამი მეგასპორა დეგენერირებას განიცდის (განიწოვება). მეგასპორის გაღივება და მდედრობითი გამეტოფიტის განვითარება იწყება მეგასპორის ბირთვის დაყოფით და მისი უჯრედის გაჭიმვით. მეგასპორის ბირთვი შუალედებით იყოფა სამჯერ მიტოზის გზით. წარმოიქმნება 8 ბირთვი, რომელთაგან ოთხი განლაგდება მეგასპორის გაღივებული უჯრედის ერთ პოლუსზე და ოთხი – მეორეზე. შემდეგ მეგასპორის თითოეული პოლუსიდან თითო ბირთვი მიემართება ცენტრისაკენ. ამ ბირთვებს ეწოდება ცენტრალური ბირთვები. დარჩენილი სამი ბირთვი მიემართება მიკროპილესაკენ და განცალკევდებიან თავიანთი ცი-

ტოპლაზმით (ნახ. 68). ერთი მათგანი განსხვავდება ზომით და გარდაიქმნება მდედრობით გამეტად – კვერცხუჯრედად. ორი გვერდიგვერდ განლაგებული ერთნაირი უჯრედი წარმოადგენს დამხმარეებს და ეწოდება სინერგიდები. სინერგიდების ბირთვები უფრო წვრილი და მცირე ზომისაა, ვიდრე კვერცხუჯრედის. კვერცხუჯრედი სინერგიდებთან ერთად ქმნის საკვერცხე აპარატს. საკვერცხე აპარატის მოპირდაპირე პოლუსზე, ქალაძის მხარეს, დანარჩენი სამი ბირთვი ასევე გამოცალკევდება, თითოეული თავისი ციტოპლაზმით და გარდაიქმნება დამოუკიდებელ უჯრედად. ეს უჯრედები შეადგენენ გალივებუ-
ლი მეგასპორის ანტიპოდების ჯგუფს. თესლკვირტის ცენტრში ხდება პოლარული ბირთვების შერწყმა (ნახ. 69).



ნახ. 68. მათიტელას თესლკვირტის აგებულება:

- 1 – მიკროპილე, 2 – ინტეგუმენტები, 3 – ნუცელუსი,
4 – ჩანასახის პარკი, 5 – კვერცხუჯრედი, 6 – სინერგიდები,
7 – ანტიპოდები, 8 – მეორადი ბირთვი.



ნახ. 69. მდედრობითი გამეტოფიტის – ჩანასახის პარკის ფორმირების სქემა.

იმის გამო, რომ ფარულთესლოვან მცენარეთა მდედრობითი გამეტოფიტი გარეგნულად პარკს გვაგონებს და განაყოფიერების შემდეგ კვერცხუჯრედიდან ჩანასახი ვითარდება, მას ჩანასახოვანი პარკი ეწოდება.

ფორმირებული ჩანასახის პარკი შეიცავს შემდეგ ელემენტებს:

1. **საკვერცხე აპარატს**, რომელიც კვერცხუჯრედისა და ორი სინერგიდისაგან შედგება. ის განლაგებულია ჩანასახის პარკში მიკროპილეს მხარეს. საკვერცხე აპარატის ყველა უჯრედი ჰაპლოიდურია.

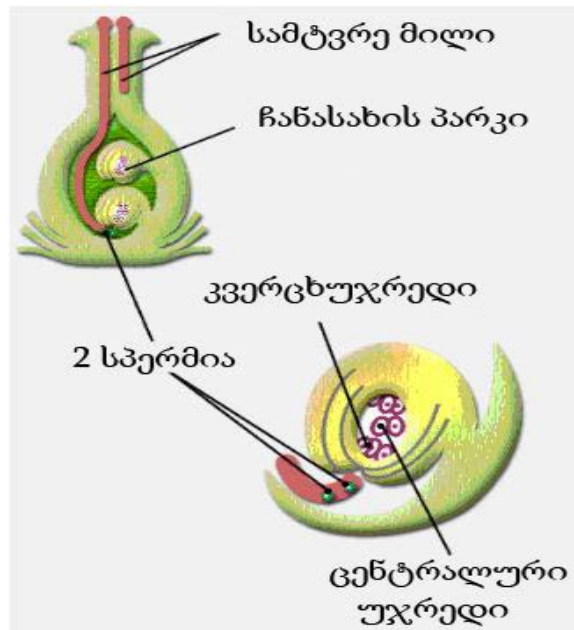
2. **ანტიპოდებს** – სამი ანტიპოდური უჯრედი განლაგებულია ჩანასახის პარკის პოლუსზე ქალაძისკენ, ისინი ჩანასახის პარკს ამარაგებენ საკვები ნივთიერებებით, უჯრედები ჰაპლოიდურია.

3. ჩანასახის პარკის **ცენტრალურ ანუ მეორად ბირთვს** – მდებარეობს პარკის ცენტრში, დიპლოიდურია.

ასეთი უჯრედებისაგან ჩამოყალიბებული ჩანასახის პარკი მზადაა გასანაყოფიერებლად.

განაყოფიერება. დაახლოებით ჩანასახის პარკის მომწიფების მომენტში დინგი გამოყოფს განსაკუთრებულ მოტკბო სითხისებურ საკვებს, რომელიც წარმოადგენს მტვრის მარცვლის გაღივების არეს. მომწიფებული მარცვლები დინგზე მოხვედრისას იწყებენ გაღივებას. ამ დროს წარმოიშობა მტვრის მილი. ბუტკოს სვეტში ჩაზრდილ სამტვრე მილში თესკლვირტისაგან მიემართებიან ვეგეტატიური და გენერაციული ბირთვები. გენერაციული ბირთვი გზადაგზა შუაზე იყოფა და წარმოშობს ორ უჯრედ – სპერმიას, მომსხო ბირთვით, ცოტაოდენი ციტოპლაზმით მათ ირგვლივ. ნასკვში შესვლისას სამტვრე მილი განაგრძობს ზრდას, აღწევს თესკლვირტის მიკროპილეს და შედის ნუცელუსში, იქიდან ჩანასახის პარკში. ჩანასახის პარკში მოხვედრილი

ორი სპერმია ახდენს ორმაგ განაყოფიერებას: ერთი უერთდება კვერცხუჯრედს, რის შემდეგ ყალიბდება დიპლოიდური ზიგოტა. მეორე სპერმია კი უერთდება ჩანასახის პარკის ცენტრალურ დიპლოიდურ უჯრედს, რის შედეგად ყალიბდება ტრიპლოიდური უჯრედი (ტრიპლოფაზა) (ნახ. 70). ვეგეტატიური ბირთვი და მტვრის მარცვლის ციტოპლაზმა განიწოვება ჩანასახის პარკის ციტოპლაზმაში. განაყოფიერებული კვერცხუჯრედიდან წარმოიშობა თესლის ჩანასახი. ჩანასახის პარკის განაყოფიერებული ცენტრალური ბირთვიდან იქმნება თესლის ენდოსპერმი. ორმაგი განაყოფიერების დასრულების შემდეგ თესლკვირტი ვითარდება თესლად.



ნახ. 70. ყვავილოვან მცენარეთა ორმაგი განაყოფიერება

1სპერმია+ კვერცხუჯრედი = ზიგოტა—> ჩანასახი

სპერმია+ დიპლოიდური უჯრედი= ტრიპლოიდური უჯრედი —> ენდოსპერმი (სამარაგო ქსოვილი)

თესლკვირტის კანი —> თესლის კანი

ნასკვის კედელი —> ნაყოფგარემო

ნაყოფი

განაყოფიერების პროცესისათვის აუცილებელი პირობებია:

1. სასქესო უჯრედების ერთდროული მომწიფება.
2. გამეტების დროული შეხვედრა.
3. სასქესო უჯრედების ბიოლოგიური შეთავსებადობა

ორმაგი განაყოფიერების ბიოლოგიური არსი მეტად დიდია. მცენარეთა განვითარების ციკლში ჩართულია ტრიპლოფაზა, რომელიც წარმოდგენილია ენდოსპერმით და მომავალ ჩანასახს გადასცემს აუცილებელ საკვებ ნივთიერებებთან ერთად დედ-მამის მემკვიდრულ თვისებებს. ფარულთესლოვანი მცენარეები ორმაგი განაყოფიერების მეშვეობით და ჰიბრიდული წარმოშობის ენდოსპერმით ფლობენ მაღალ სასიცოცხლო თვისებებს.

განაყოფიერების ნორმალური პროცესი, როცა ხდება სამტვრე მილის შეღწევა ჩანასახის პარკში მიკროპილეს გზით, იწოდება **პარაგამიად**.

განაყოფიერება, როდესაც სამტვრე მილის შეღწევა ჩანასახის პარკში ხდება არა მიკროპილეს გზით, არამედ ქალაძის გზით, იწოდება **ქალაძოვამიად** (მაგ. თხილში, არყში, რცხილასა და მურყანში).

ყვავილის ფორმულა

ყვავილის აგებულების პირობითად აღნიშნისათვის გამოიყენება მისი ფორმულა. მისი შედგენისას ითვალისწინებენ ყვავილის სიმეტრიას, სქესობრივ ტიპს, მისი ორგანოების რიცხვსა და განლაგების წესს ყვავილში, აგებულების სხვა თავისებურებებს.

ყვავილის ფორმულას ადგენენ შემდეგნაირად:

♂ —მამრობითი ყვავილი

♀ —მდედრობითი ყვავილი

♂ —ორსქესიანი ყვავილი

აქტინომორფულ ყვავილს აღნიშნავენ ვარსკვლავით(*), ზიგომორფულს ისრით(↑ ან ↓),მარტივ ყვავილსაფარს აღნიშნავენ ასო **P**,

ჯამს – **Ca**(Calux),

გვირგვინს-- **Co** (Corona),

მტვრიანა (ანდროცეუმი) – **A** (Androceum)

ბუტკო (გინეცეუმი) – **G** (Gynoeceum)

ყვავილის ნაწილების რიცხვი იწერება გვერდით შესაბამისი ნიშნით (მაგ. G_5 , A_5), თუ ყვავილის თითოეული წევრის ნაწილები შეზრდილია, მაშინ რიცხვი ჩაისმება ფრჩხილებში(**Ca**₍₅₎). თუ ნასკვი ქვედაა, ციფრს, რომელიც გვიჩვენებს ნაყოფის ფოთლების რიცხვს, უკეთდება პორიზონტალური ხაზი ზემოდან და თუ ზედაა-ქვემოდან. როცა ყვავილის ნაწილების რიცხვი 12-ს აღემატება, ისმება უსასრულობის ნიშანი ∞ . თუ ყვავილის მოცემული ნაწილები განლაგებულია არა ერთ, არამედ ორ რიგად, მაშინ ასოსთან იწერება ორი ციფრი, რომლებიც შეერთებულია «+» ნიშნით (მაგ. P_{3+3}).

ვაშლი — $\phi^*Ca_5 Co_5 A_\infty G_5$

ასკილი — $*Ca_5 Co_5 A_\infty G_\infty$

ბარდა — $\uparrow Ca_5 Co_{(1,2,1)} A_{(9),1} G_1$ **ზიგომორფული ყვავილი**

კარტოფილი — $*Ca_{(5)} Co_{(5)} A_5 G_{(2)}$

დავალება 1. მუდმივი პრეპარატის გამოყენებით მტვრიანს სამტვრე პარკის მიკროსკოპული აგებულების გაცნობა.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალიერეთ პრეპარატი მცირე გადიდებაზე. გარედან სამტვრე პარკი დაფარულია ერთშრიანი ეპიდერმისით, მის ქვეშ მოთავსებულია ფიბროზული შრე (ენდოტეციუმი), რომელიც შედგება დიდი ზომის უჯრედების ერთი ან რამდენიმე რიგისაგან. სამტვრეს ყველაზე შიგნითა შრე არის ტაპეტუმი. სამტვრეს ბუდეებში მოთავსებულია მიკროსპორები.

ჩაიხატეთ მტვრიანას სამტვრე პარკის განივჭრილი.

აღნიშნეთ: ეპიდერმისი, ენდოტეციუმი, შუა შრეები, ტაპეტუმი, მიკროსპორები.

დავალება 2. დამტვერვის პროცესის ერთ-ერთი სტადიის შესწავლა მუდმივი პრეპარატის „მტვრის მარცვალ ბუტკოს დინგზე“ გამოყენებით.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალიერეთ ბუტკოს დინგი (მტვრის მარცვალთ).

ჩაიხატეთ მტვრის მარცვალ ბუტკოს დინგზე.

აღნიშნეთ ბუტკოს დინგი, მიკროსპორები.

დავალება 3-5. სხვადასხვა ტიპის ყვავილების აგებულების შესწავლა და მათი ფორმულების შედგენა.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალიერეთ სხვადასხვა ტიპის ყვავილების აგებულება.

ჩაიხატეთ შემოთავაზებულ მცენარეთა ყვავილების სქემატური აგებულება. ნახატების ქვეშ მიაწერეთ მათი ფორმულები.

საკონტროლო კითხვები:

1. რომელი ძირითადი ელემენტებისაგან შედგება ყვავილი?
2. დაასახელეთ ყვავილების ძირითადი მორფოლოგიური ტიპები.
3. დაასახელეთ ყვავილსაფარის ნაწილების ფუნქციები და აღწერეთ მათი აგებულება.
4. აღწერეთ მტვრიანას მორფოლოგიური და ანატომიური აგებულება. სად მიმდინარეობს ფარულთესლოვან მცენარეებში მიკროსპოროგენეზის პროცესი, მამრობითი გამეტოფიტის ფორმირება, მიკროგამეტოგენეზი?
5. დაასახელეთ გინეცეუმის ტიპები. რომელია ბუტკოს ძირითადი ნაწილები? რა მნიშვნელობა აქვს მცენარეთა ევოლუციაში ნასკვის წარმოქმნას?
6. აღწერეთ თესლკვირტის აგებულება. სად მიმდინარეობს ფარულთესლოვან მცენარეებში მეგასპოროგენეზის პროცესები? როგორი აგებულება აქვს მდედრობით გამეტოფიტს?
7. რა ბიოლოგიური მნიშვნელობა აქვს ორმაგ განაყოფიერებას ფარულთესლოვან მცენარეებში?

თემა – ყვავილედის ტიპი. მცენარეთა დამტვერვა.

სამუშაოს მიზანი: ყვავილედების ნაირგვარობისა და ფარულთესლოვან მცენარეთა დამტვერვის ტიპების შესწავლა.

ამოცანა:

- 1.სხვადასხვა ტიპის ყვავილედების მორფოლოგიური ანალიზის ჩატარება ჰერბარიუმის ნიმუშების მიხედვით.
- 2.ენტომოფილური და ანემოფილური ყვავილების აგებულების თავისებურებების შესწავლა.

თეორიული ცნობები

ყვავილები მცენარეზე განლაგებულია ჯგუფებად, რომელთაც **ყვავილედები** ეწოდებათ. ყვავილები მცენარეზე განლაგებულია ან ცალ-ცალკე ან ჯგუფურად. ყვავილეთი წარმოადგენს განსაკუთრებული ტიპის ყლორტს. ყვავილედის ღერძზე ნაცვლად ფოთლებისა იმყოფება ყვავილები.

ყვავილედების კალასიფიკაციას საფუძვლად უდევს ორი ნიშანი: ღერძის დატოტვის თავისებურება და მათი დატოტიანების ხარისხი.

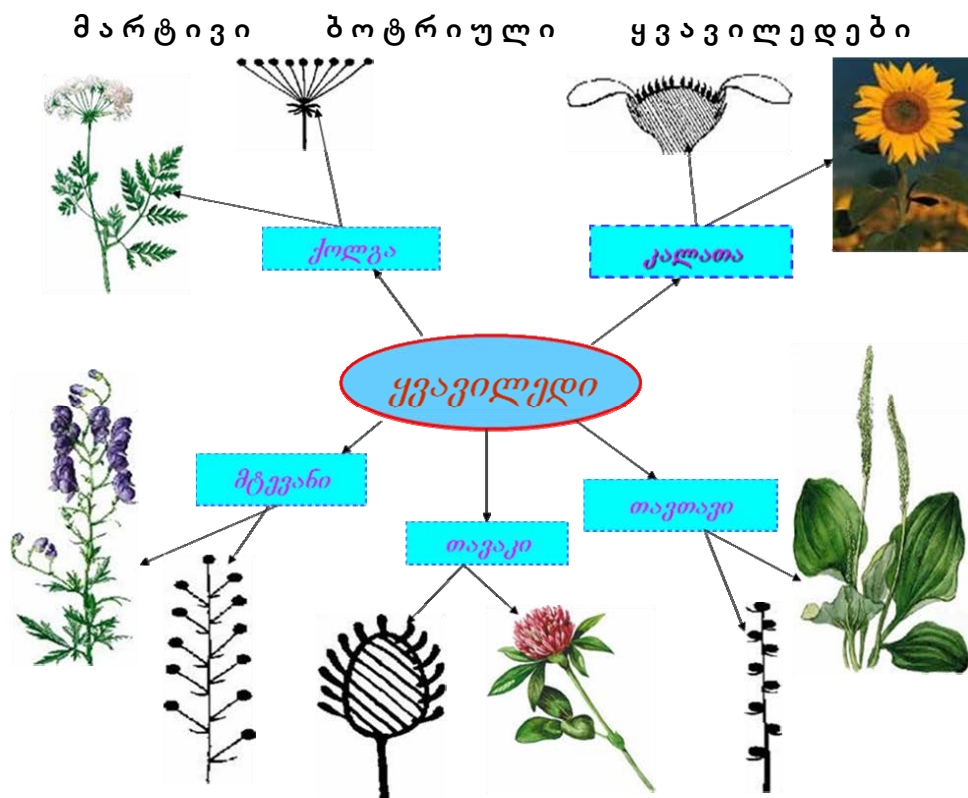
დატოტვის წესის მიხედვით არჩევენ ყვავილედის ორ ჯგუფს: **მონოპოდიურს ანუ ბოტრიულს** და **სიმპოდიურს ანუ ციმოზურს**.

ბოტრიული ყვავილედის ზრდა შეუზღუდავია, გვერდითი ტოტების რიცხვი განუსაზღვრელი, ამიტომ ხშირად **განუსაზღვრელ** ყვავილედს ეძახიან. ბოტრიულ ყვავილედში მთავარი ღერძი კარგადაა გამოსახული და ყვავილების გაშლა ხდება ფუძიდან წვეროსაკენ, ე.ი. აკროპეტალურად.

ციმოზური ყვავილედის ზრდა შეზღუდულია. ასეთი ყვავილეთი წარმოადგენს **განსაზღვრულს**, რადგან გვერდითი ტოტების რიცხვი განსაზღვრულია და დამახასიათებელია სახეობისა და გვარისათვის.

მონოპოდიური ანუ ბოტრიული ყვავილედები არიან მარტივი და რთული. მარტივები არ იტოტებიან, ყვავილები მთავარ ღერძზე მარტოულად არიან განლაგებული. რთული ბოტრიულები იტოტებიან და მთავარ ღერძზე იმყოფებიან გვერდითი განშტოებები ყვავილებით.

მარტივი ბოტრიული ყვავილედებია:



მტევანი – მთავარ ღერძზე ყვავილები სხედან დაახლოებით თანაბარი სიგრძის ყუნწებზე (კომბოსტო, თეთრი აკაცია, ხანჭკოლა, შროშანი, სუმბული)

თავთავი – ყვავილები წაგრძელებულ ღერძზე მჯდომარეა (მრავალძარღვა, თუთის მდედრობითი ყვავილედი, ტირიფი)

ხორცოვანი თავთავი – ჩვეულებრივი თავთავისაგან განსხვავებით ყვავილედის მთავარი ღერძი ძლიერ გამსხვილებულია (სიმინდის მდედრობითი ყვავილედი).

მჭადა – განსხვავდება მტევანისა და თავთავისაგან იმით, რომ ყვავილედის ღერძი მოხრილია (თხილი, კაკალი, არყი, ვერხვი).

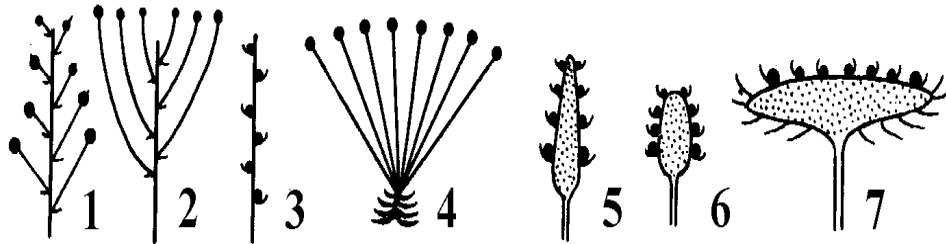
ფარი – ყვავილები ყვავილედის წაგრძელებულ ღერძზეა განლაგებული სხვადასხვა სიგრძის ყვავილის ფეხზე, ისე რომ ყველა ყვავილი იმყოფება ერთ სიბრტყეში (მსხალი, ვაშლის ზოგიერთ ჯიშში).

მარტივი ქოლგა – ყვავილედის ღერძი შემოკლებულია, ყვავილებს აქვთ თანაბარი სიგრძის ყუნწები, რომლებიც განლაგებულია

ერთ სიბრტყეში, რითაც გვაგონებენ ქოლგას (შინდი, ხახვი, ფურისულა, ალუბალი, ბალი).

თავაკი – ყვავილედის ღერძი შემოკლებულია, ყვავილები ახლო-ახლო მყოფ მუხლებზე მჯდომარეა, ან ძლიერ მოკლე ყუნწები აქვთ. ყვავილედის წვერი ქინძისთავივით გაგანიერებულია(სამყურა).

კალათა – ყვავილედის მთავარი ღერძი შემოკლებულია და თეფშის მაგვარად გაგანიერებული, ყვავილები ამ თეფშისებრ ყვავილედში მჯდომარეა. თითქმის ყველა რთულყვავილოვნების ყვავილედი კალათაა(გვირილა, ბაბუნაწვერა, მზესუმზირა) (ნახ. 71.).



ნახ. 71. მარტივი ბოტრიული ყვავილედების ტიპების სქემა
1 – მტევანი, 2 – ფარი, 3 – თავთავი, 4 – ქოლგა, 5 – ხორცოვანი თავთავი,
6 – თავაკი, 7 – კალათა.

რთული ბოტრიული ყვავილედებია (ნახ. 72):

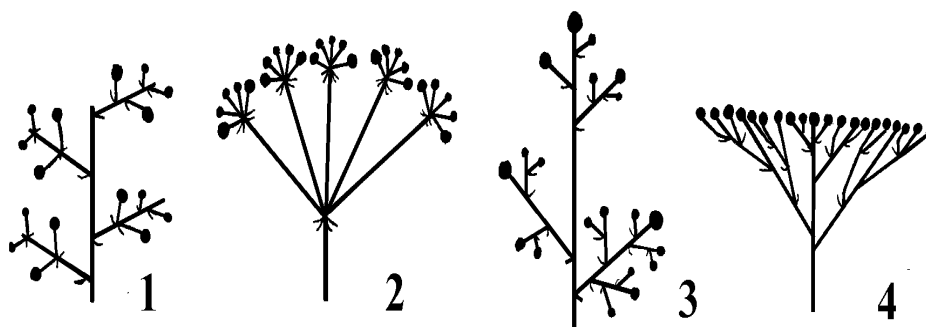
რთული მტევანი ანუ საგველა – ყვავილედის მთავარ ღერძზე ყვავილები კი არაა განლაგებული, არამედ მტევანი (ვაზი, იასამანი) ან თავთავისებური ყვავილედი (შვრია, წივანა),

რთული თავთავი – ყვავილედის მთავარ ღერძზე განლაგებულია თავთუნები (ხორბალი, ქერი, ჭვავი და სხვ.),

რთული ქოლგა – ყვავილედის შემოკლებული მთავარი ღერძის განშტოებებზე (მეორე რიგის ღერძებზე) თანაბარი სიგრძის ფეხებით განლაგებულია ქოლგები (კამა, დიყი და სხვა ქოლგოსნები),

რთული ფარი ან ფარისებრი საგველა იტოტება იმგვარად, რომ ყვავილედის მთავარი ღერძი ყვავილებით ერთ სიბრტყეში ივითარებს მარტივ ფარებს (ასფურცელა, ძახველი, ანწლი),

რთული თავთავი წარმოადგენს ორი ტიპის ყვავილედის რთულ შეხამებას. ამ ტიპში მთავარი ღერძის გვერდით განშტოებებზე იმყოფება მარტივი თავთავები (სიმინდის მამრობითი ყვავილედი).



ნახ. 72. რთული ბოტრიული ყვავილედების ტიპების სქემა
1 – ორმაგი მტევანი, 2 – რთული ქოლგა, 3 – საგველა, 4 – რთული ფარი.

ციმოზური (სიმპოდიური) ყვავილედი – ეკუთვნის სიმპოდიურად და ცრუ დიქოტომიურად დატოტვილი ყვავილედები. ყვავილების ზრდა განსაზღვრულია. არჩევენ ციმოზური ყვავილების სამ ტიპს (ნახ. 73):

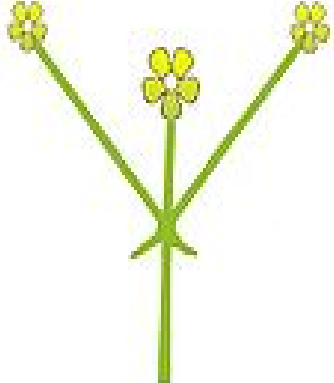
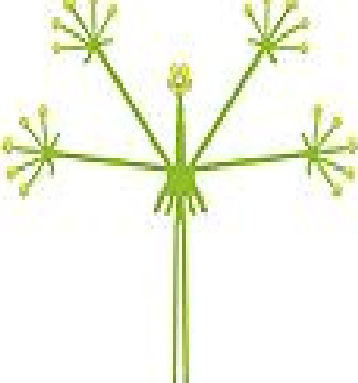
1. **მონოხაზიუმი** (ერთსხივიანი კენწრულყვავილა) – ყვავილების თითოეული რიგი ყვავილედში წარმოადგენს გვერდით ტოტს, რომელიც ბოლოვდება ყვავილით. ისინი ორი სახისაა:

ხვეულა ანუ ლოკოკინა – ყვავილები ვითარდება ცალმხრივად. ღერძი წარმოშობს ყვავილების ხვეულ რიგს ერთი მიმართულებით და ბოლოვდება ყვავილით (კესანე),

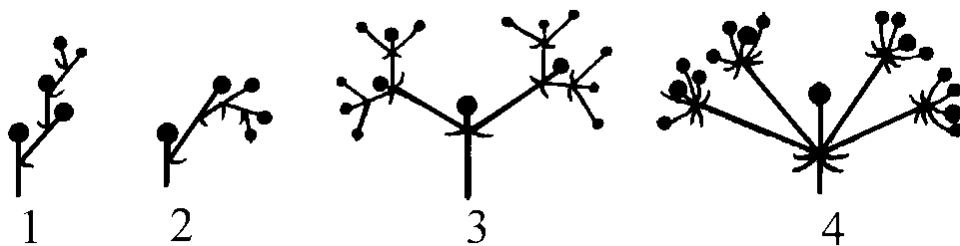
კლაკნია – ყვავილები განლაგებულია გვერდით ტოტზე, რომლებიც გამოდიან თანმიმდევრობით ხან ერთ, ხან მეორე მხარეზე (გლადიოლუსი, ლენცოფა),

2. **დიხაზიუმი** (ორსხივიანი კენწრულყვავილა) – ყვავილედი თანმიმდევრობით ცრუდიქოტომიურად დატოტვილი რიგები ბოლოვდებიან ყვავილით (მიხაკისებრნი),

3. **პლეოხაზიუმი** (მრავალსხივიანი კენწრულყვავილა) – ღერძი, რომელიც ბოლოვდება ყვავილით, გვერდით ტოტზე უფრო ძლიერად იზრდება (ბევრი ტუჩოსანი) (ტაბულა 1).

მონოხაზიუმი ერთხივიანი თითოეული რიგი ყვავი- ლედში წარმო- ადგენს გვერ- დით ტოტს, რომელიც ბო- ლოვდება ყვა- ვილით (კესანე, გლადი- ოლუსი)  ხვეულა, ლოკო- კინა  კლაკნია	დიხაზიუმი ორხივიანი ყვავილედის ცრუ- დიქოტომიურად დატოტვილი რიგე- ბი სრულდება ყვა- ვილით (მიხაკისებ- რნი) 	პლეოხაზიუმი მრავალხივიანი ღერძი, რომლითაც ბო- ლოვდება ყვავილი, გვერდით ტოტზე უფრო ძლიერად იზრდება. (რძიანები) 
--	--	--

ტაბულა 1. ციმოზური ყვავილედების ტიპები



ნახ. 73. ციმოზური ყვავილედების სქემა

1 – ხვეულა, 2 – კლაკნია (მონოხაზიუმი), 3 – დიხაზიუმი, 4 – პლეოხაზიუმი.

ყვავილედების წარმოქმნა არის დამტვერვისადმი მაღალი სპეცი-
ალიზაციის ნიშანი. როგორც ენტომოფილიისას, ისე ანემოფილიისას
ყვავილედებში ყვავილთა დამტვერვის ალბათობა იზრდება. ამავე
დროს ყვავილედებში ყვავილების გახსნა ხდება არა ერთდროულად,
არამედ თანმიმდევრობით, რაც ახანგრძლივებს შესძლებელი დამ-
ტვერვის პერიოდს. ყვავილედებში იზრდება ნასკვის მწერებისაგან
დაცვის გარანტია არახელსაყრელი ფაქტორებისაგან ყვავილის დაზი-
ანების დროს.

დ ა მ ტ ვ ე რ ვ ა

დამტვერვა ეწოდება მტვრის დაცემას ბუტკოს დინგზე. დამ-
ტვერვა ორი სახისაა: *თვითდამტვერვა* და *ჯვარედინი დამტვერვა*.
ერთსქესიან მცენარეებში დამტვერვა ჯვარედინია.

**თვითდამტვერვა ეწოდება მტვრის მარცვლის მოხვედრას თა-
ვისივე ყვავილის ბუტკოს დინგზე.** ცხადია, თვითდამტვერვა ხდება
ორსქესიან ყვავილებში, მაგრამ ყვავილის აგებულება საამისოდ უნდა
იყოს მოწყობილი: მტვრიანები განლაგებული უნდა იყოს დინგის ზე-
მოდან, სამტვრე პარკის გახსნა უნდა მოხდეს დინგის მხარეს – მტვე-
რი ადვილად უნდა დაეცეს მას, მტვერსა და კვერცხუჯრედს შორის
უნდა იყოს ფიზიოლოგიური შესაბამისობა, რაც მდგომარეობს მათ
ერთდროულად მომწიფებაში – დიქოგამია (მტვრის უფრო ადრეული
მომწიფება იწოდება – პროტერანდრიად, ხოლო ბუტკოს – პროტოჰი-
ნიად). თვითდამტვერვის შესაძლებლობა წარმოადგენს მცენარისათ-
ვის სარეზერვო საშუალებას, თუ არ შედგა ჯვარედინი დამტვერვა.

თვითდამტვერვის შემდეგ ხდება თვითგანაყოფიერება. კვერ-
ცხუჯრედის განაყოფიერებას თავისივე მტვრით ეწოდება ავტოგამია
(ხორბალი, შვრია, ქერი, ბარდა, ლობიო, და სხვ.). ზოგიერთ მცენარეში
ყვავილები არ იშლება და მათი დამტვერვა ხდება კოკორში. ასეთ გაუხ-
სნელ ყვავილებს ეწოდება კლეისტოგამიური. ამ ყვავილებში მტვერი
უმნიშვნელო რაოდენობით წარმოიქმნება, სამტვრე პარკები არც კი იხ-
სნება და მტვერი ღივდება სამტვრე პარკშივე, რომელიც დინგს ეხება.

თვითდამტვერვას აქვს დიდი მნიშვნელობა წმინდა ჯიშების შე-
სანარჩუნებლად.

ჯვარედინი დამტვერვა როდესაც ერთი მცენარის მტვერი ეცემა მეორე მცენარის ბუტკოს დინგზე. ფაქტორები რომლებიც განაპირობებენ ჯვარედინ დამტვერვას, შემდეგია: როდესაც თავისივე მტვრით განაყოფიერება არ ხდება (თვითსტერილურობა), ყვავილები ერთსქესიანია, ორსახლიანია, მტვრიანები განლაგებულია დინგს ქვემოთ, მტვერი და კვერცხუჯრედები მწიფდებიან სხავადასხვა დროს.

ჯვარედინი დამტვერვის განსახორციელებლად მცენარე მოითხოვს განსაზღვრულ დამხმარე ფაქტორებსა და აგენტებს. აგენტებად უმეტესად გვევლინება მწერები და ქარი. მწერებით დამტვერვას ეწოდება **ენტომოფილია**, ქარის საშუალებით – **ანემოფილია**, წყლით – **ჰიდროფილია**, ფრინველებით – **ორნიტოფილია**, ჭიანჭველებით – **მიომეკოფილია**.

ანემოფილია ანუ ქარით დამტვერვა. მცენარეები, რომლებიც ქარით იმტვერება, გამოირჩევიან ულამაზო წვრილი ყვავილებით, ისინი ნექტარს არ გამოყოფენ და სურნელს მოკლებულნი არიან. ბევრ მცენარეში წვრილი ყვავილები შეკრებილია მჭადასა (ასეთი ტიპის ყვავილეები ჰაერის მცირე მოძრაობით ადვილად ირხევა და გამუდმებით ფანტავს მტვერს) და თავთავის ტიპის უსანდომო ყვავილეებად. ქარით დამტვერავი მცენარეების მტვერი ძალიან მსუბუქია, რის გამოც ჰაერის მცირე მოძრაობას ის გადააქვს დიდ მანძილზე – 3-5 კილომეტრზე და უფრო შორს. მტვერი წარმოიშობა დიდი რაოდენობით, რაც იძლევა იმის გარანტიას, რომ მისი მცირე ნაწილი მაინც მოხვდება დინგს (მაგ. სიმინდის ერთი მცენარე წარმოშობს 50 000 000 მტვრის მარცვალს), ზოგიერთ მცენარეს (ჭვავი) უვითარდება მოქანავე სამტვერეები (სამტვრე პარკები ჩამოკიდებულია მტვრიანას გრძელ ძაფზე და რხევისას ფანტავს მტვერს). ქარით დამტვერავი მცენარეები გვხვდება როგორც ბალახოვან, ისე მერქნიან მცენარეებში.

ენტომოფილია, ანუ მწერებით დამტვერვა. მწერები ეტანებიან ყვავილებს ნექტრისა და ჭეოს (მტვერი) მოპოვების მიზნით და ახდენენ ჯვარედინ დამტვერვას – გადააქვთ მტვერი ერთი ყვავილიდან მეორე ყვავილის დინგზე. მწერების მისაზიდად ენტომოფილური მცენარეების შეგუებანი მეტად მრავალფეროვანია:

1. მათი ყვავილები ლამაზია, მიმზიდველი, მკვეთრად შეფერილი ყვავილსაფარით. ბევრს აქვს საინტერესო, ლამაზი ყვავილელები – კა-

ლათა (რთულყვავილოვანი), თავაკი (სამყურა), მტევანი (აკაცია, იასამანი) და სხვა.

2. ბევრს განვითარებული აქვს განსაკუთრებული ჯირკვლები – სანექტრეები. ნექტრით მდიდარ მცენარეებს ეწოდება თაფლოვანი (ვარდნაირები, ქოლგოსნები, რთულყვავილოვანები და სხვ.).

3. მწერებით დამტვერავი მცენარეების ყვავილები მდიდარია მტვრით. ასეთ მცენარეებს ეწოდება მტვეროსანი ანუ ჭეოსანი. მათი მტვრიანები დიდრონია, ხოლო მტვერი – ნებოვანი. მტვრის მარცვლის ზედაპირი ხაოიანია, რითაც ადვილად ჩერდება მწერის სხეულზე.

4. ყვავილები მდიდარია არომატული ეთეროვანი ზეთებით. არომატი მიიღება ეთეროვანი ზეთების თანდათან აორთქლებით, რომელიც აძლევს ორიენტაციას მწერებს დიდ მანძილზე. სასიამოვნო არომატი განპირობებულია ამ ყვავილებში ბენზოლოიდური, პარაფინოიდური ნაერთებით, ტერპენული ეთეროვანი ზეთების ჯგუფით.

ზოგიერთი მცენარის ყვავილში გროვდება ინდოლის ჯგუფის ეთეროვანი ზეთები, რომლებიც გამოსცემენ არასასიამოვნო სუნს. ასეთ ყვავილებს მტვერავენ ბუზები, ხოჭოები და სხვა მწერები (კუნელის ზოგიერთი სახეობა, რაფლებია და სხვ).



ჯვარედინ დამტვერვას დიდი მნიშვნელობა აქვს ყვავილოვანი მცენარეების ევოლუციაში. ჯვარედინი დამტვერვის შედეგად ყოველ მომდევნო თაობაში მემკვიდრული საფუძველი განახლებასა და გაზრდას განიცდის ახალი თვისებებით, რაც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სახეობათა წარმოშობის პროცესში. ჯვარედინი დამტვერვის შედეგად წარმოიშობა ჰიბრიდი, რომელიც ფლობს ორმაგ მემ-

კვიდრულ საფუძველს და ცხოველუნარიანობით აღემატება მშობლიურ ფორმებს.

დავალება 1-4. ჰერბარიუმების გამოყენებით ყვავილედების სხვადასხვა ტიპების დათვალიერება და აღწერა.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალიერეთ სხვადასხვა ტიპის ყვავილედები.

ჩაიხატეთ სქემატურად მარტივი და რთული ბოტრიული ყვავილედების და ციმოზური ყვავილედების ტიპები.

დავალება 5. სველი პრეპარატების გამოყენებით ენტომოფილური ყვავილეების დათვალიერება და აღწერა.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალიერეთ ენტომოფილური ყვავილეები.

ჩაიხატეთ ენტომოფილური მცენარეების ყვავილთა აგებულება.

მიუთითეთ: სანექტრეები, ანდროცეუმი, გინეცეუმი, ჯამი, გვირგვინი.

დავალება 6. სველი პრეპარატების გამოყენებით ანემოფილური ყვავილების დათვალიერება და აღწერა.

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალიერეთ ანემოფილური ყვავილეები.

ჩაიხატეთ ანემოფილური მცენარეების ყვავილთა აგებულება.

მიუთითეთ ანდროცეუმი, გინეცეუმი.

საკონტროლო კითხვები:

1. როგორია ყვავილედის ბიოლოგიური მნიშვნელობა?
2. რა ნიშან – თვისებებს გამოიყენებენ ყვავილედების აღწერისა და კლასიფიკაციისათვის?
3. დაასახელეთ მარტივი და რთული ყვავილედების ტიპები.
4. რა უპირატესობა აქვს ჯვარედინ დამტვერვას თვითდამტვერვასთან შედარებით?
5. რომელი აგენტები გვევლინებიან მტვრის გადამტანებად?
6. რა ნიშნებით ხასიათდებიან ენტომოფილური მცენარეების ყვავილეები?
7. აღწერეთ ანემოფილური მცენარეების ყვავილთა აგებულება.

თემა – თესლევისა და ნაყოფების აგებულება

სამუშაოს მიზანი: ერთლებნიან და ორლებნიან მცენარეთა თესლების აგებულების გაცნობა. სხვადასხვა ტიპის ნაყოფების მორფოლოგიური ანალიზი. თესლებისა და ნაყოფების გავრცელების გზების გაცნობა.

ამოცანები:

1. ორლებნიან მცენარეთა თესლების მორფოლოგიური აგებულების გაცნობა ლობიოს თესლის მაგალითზე.
2. მარცვლოვანთა თესლის ანატომიური აგებულების შესწავლა.
3. სხვადასხვა ტიპის აპოკარპული, სინკარპული, პარაკარპული ნაყოფების გაცნობა.

თეორიული ცნობები

თესლი თესლოვან მცენარეთა გამრავლებისა და განსახლების ორგანოა, რომელიც თესლკვირტიდან ვითარდება. გარედან იგი დაფარულია კანით, რომელიც წარმოიქმნება ინტეგუმენტებიდან და ასრულებს დამცავ ფუნქციას. ყვავილოვან მცენარეთა თესლი შედგება ჩანასახისა და ენდოსპერმისაგან (ქსოვილი სამარაგო ნივთიერებებით). ორმაგი განაყოფიერების დასრულების შემდეგ კვერცხუჯრედებიდან წარმოიშობა თესლის ჩანასახი, ხოლო თესლკვირტის ცენტრალური ბირთვიდან – ენდოსპერმი. განაყოფიერებული კვერცხუჯრედი (ზიგოტა) დასაწყისში იფარება სქელი გარსით, რის შემდეგ იწყება მოსვენების პერიოდი (3-4 საათიდან – რამდენიმე თვემდე). მოსვენების პერიოდის შემდეგ ზიგოტა იყოფა განივი ტიხარით და წარმოშობს ორ უჯრედს. ერთი ამ უჯრედთაგანი მიემართება მიკროპილესაკენ და აყალიბებს საკიდარს, რომელიც ამაგრებს ჩანასახს ჩანასახის პარკის კედელზე. ქვედა უჯრედიდან ვითარდება ჩანასახი. იგი მატულობს ზომაში და წარმოშობს პროემბრიონს. მისი დაყოფის შედეგად იქმნება ჯერ ჩანასახის სფეროსებრი სხეული, შემდეგ იგი ღებულობს ორფრთიან ფორმას. ორლებნიანებში ეს ორი ფრთა სიმეტრიულად ვითარდება და წარმოშობს ორ ლეხანს. ერთლებნიანებში ერთი ჩანასა-

ხის ლებანი ვითარდება ენერგიულად, მეორე – ზრდაში ჩამორჩება და რჩება რუდიმენტის სახით. ღეროს ზრდის წერტილი ისახება ლებნებს შორის. ლებნებსა და საკიდარს შორის ყალიბდება ლებნისქვეშა მუხ-ლი და ჩანასახის ფესვი. დაახლოებით ამაზე ჩერდება ჩანასახის გან-ვითარება და განახლდება თესლის მომნიშვნის პროცესში.

ენდოსპერმი ვითარდება ჩანასახის პარკში. ჩანასახის პარკის გა-ნაყოფიერებული ცენტრალური ბირთვი – ტრიპლოიდური „ზიგოტა“ – არ გადის მოსვენების პერიოდს, იყოფა და დასაწყისს აძლევს ენ-დოსპერმს. არჩევენ ენდოსპერმის სამ ტიპს: ნუკლეალურს, ცელულა-ლურსა და შუალედურს.

ნუკლეალური ტიპის დროს განაყოფიერებული ცენტრალური ბირთვი მრავალჯერ იყოფა და ჩანასახის პარკის ღრუში აყალიბებს მრავალ ტრიპლოიდურ ბირთვს. დასაწყისში ეს ბირთვები განლაგდება ჩანასახის პარკის გასწვრივ. ამ დროისათვის ჩანასახის პარკში გროვ-დება სამარაგო ნივთიერება. ბირთვებს შორის ტიხარები წარმოიშობა ბოლოს. ენდოსპერმის ნუკლეალური ტიპი გვხვდება ერთლებნიანებსა და ზოგიერთ ორლებნიანში.

ცელულალური ტიპის ენდოსპერმი განსხვავდება იმით, რომ უჯრედის ტიხარები წარმოიშობა დასაწყისშივე (ეს ტიპი გვხვდება ყველაზე მაღალორგანიზებულ ორლებნიან მცენარეებში).

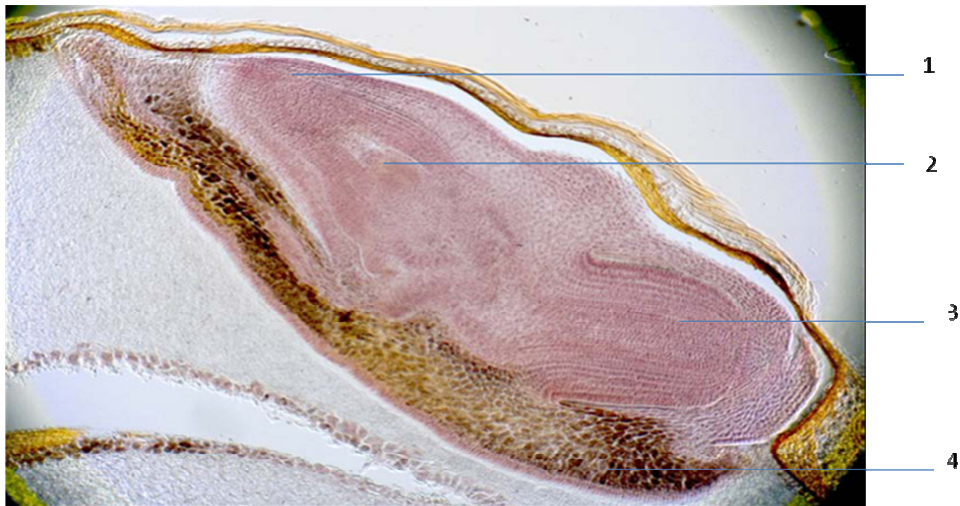
შუალედური ტიპი განსხვავდება იმით, რომ თავდაპირველად ორად დაყოფისას ტიხარი წარმოიშობა ორ ბირთვს შორის და ჩანასა-ხის პარკი იყოფა ორ ასიმეტრიულ ნაწილად. შემდგომში ბირთვების გაყოფისას, აღნიშნული ტიხარის ორივე მხარეს ბირთვებს შორის ტი-ხარი არ წარმოიშობა. მისი წარმოშობა ხდება მხოლოდ მაშინ, როცა წარმოიშობა ბირთვების საკმარისი რაოდენობა. ეს ტიპი ითვლება პრიმიტიულად და გვხვდება ბაიასებრებში, დუმფარასებრებში და ვარდნაირების ზოგიერთ წარმომადგენელში.

ზოგიერთ მცენარეში ენდოსპერმი არ წარმოიშობა. მის ფუნქცი-ას ასრულებს ნუცელუსის უჯრედებიდან წარმოშობილი ქსოვილი. იგი იწოდება **პერისპერმად** (მაგ. მიხაკისებრებში, ნაცარქათამასებრებ-ში).

ზოგ მცენარეში ენდოსპერმი და პერისპერმი არ წარმოიშობა და საკვები ნივთიერებების მარაგი გროვდება ლებნებში. ასეთ თესლებს

ენოდება **უენდოსპერმო** (მაგ.პარკოსნებში, რთულყვავილოვანებში, ჯვაროსნებში და ა.შ.).

ენდოსპერმიანი თესლი შედგება სამი ნაწილისაგან: თესლის კანისაგან, ჩანასახისა და ენდოსპერმისაგან. ჩანასახს გააჩნია ჩანასახოვანი კვირტი, რომლისგანაც თესლის გაღივების დროს წარმოიშობა მიწისზედა ნაწილი. მიწისქვეშა ნაწილი სანყის იღებს ჩანასახოვანი ფესვაკიდან. მარცვლოვანების ჩანასახზე (ნახ. 74) არის მეტად მნიშვნელოვანი ნაწილი, ე.წ. ფარი. იგი იმყოფება ჩანასახის კვირტის ქვემოთ და წაგრძელების შედეგად იკავებს საზღვარს ჩანასახსა და ენდოსპერმს შორის. მორფოლოგიურად ფარი წარმოადგენს ჩანასახოვანი კვირტის პირველ ფოთოლს. ჩანასახის პირველ ფოთლებს ეწოდება ლებნები. მარცვლოვნების, შროშანისებრთა და ბევრ სხვა მცენარეში ერთი ლებანია. ასეთ მცენარეებს ეწოდება **ერთლებნიანები**.



ნახ. 74. ხორბლის თესლის ჩანასახის აგებულება
1 – კოლეოპტილე, 2 – ჩანასახოვანი კვირტი,
3 – ჩანასახოვანი ფესვაკი, 4 – ფარი.

ფარის ფიზიოლოგიური დანიშნულებაა ენდოსპერმიდან თესლის გაღივების დროს საკვები ნივთიერების შეწოვა.

უენდოსპერმო თესლი (ლობიო, ბარდა და სხვ.) შედგება ორი ნაწილისაგან – თესლის კანისა და ჩანასახისაგან. საკვებ ნივთიერებათა მარაგი გროვდება თვით ჩანასახის ნაწილებში, ხშირ შემთხვევაში

ლებნებში. მცენარეებს, რომელთა თესლის ჩანასახს აქვს ორი ლებანი, ეწოდება **ორლებნიანი**.

გალივებული თესლიდან ფორმირდება პატარა მცენარე, რომელსაც ეწოდება **აღმონაცენი**. აღმონაცენის ფესვი საწყისს ლებულობს ჩანასახოვანი ფესვიდან და მცენარის მთავარ ფესვად იქცევა. ფესვის ღეროში გადასვლის საზღვარზე არის ფესვის ყელი. ღეროსეულ ნაწილს ფესვის ყელიდან ლებნებამდე ეწოდება ლებნებისქვეშა მუხლი. ღეროზე ლებნების მიმაგრების ადგილი წარმოადგენს პირველ მუხლს. ღეროს ნაწილს ლებნებიდან პირველი ნამდვილი ფოთლების მუხლამდე ეწოდება ლებნისზედა მუხლი, ანუ ღეროს პირველი მუხლთაშორისი.

ნაყოფის განვითარება. განაყოფიერების შემდეგ ნასკვიდან ვითარდება ნაყოფი, თესლკვირტი კი გადაიქცევა თესლად. ნაყოფი იცავს გარედან თესლს ფიზიკური და მექანიკური ზემოქმედებისაგან. **ნაყოფი** შედგება ორი ნაწილისაგან: თესლისა და ნაყოფგარემოსაგან. თითქმის ყველა მცენარეში თესლი მომწიფებამდე სავსებით დაფარულია ნაყოფგარემოთი, ხოლო მომწიფების შემდეგ ზოგიერთ მცენარეში ნაყოფგარემო იხსნება და თესლი მიმოიფანტება. ამასთან დაკავშირებით არჩევენ ხსნად და უხსნად ნაყოფებს.

მომწიფებულ ნაყოფში ნაყოფგარემო შედგება სამი შრისაგან: ეგზოკარპიუმის, მეზოკარპიუმის და ენდოკარპიუმისაგან. ენდოკარპიუმი შედგება გახევებული უჯრედების – სკლერეიდების შრისაგან. იგი გარდაქმნილია თესლის გახევებულ საფარველად, რომელსაც კურკა ეწოდება. კურკაში მომწიფებული თესლი მტკიცეა და დაცული არახელსაყრელი პირობების ზემოქმედებისაგან, რის გამოც ჩანასახი ინარჩუნებს გალივების უნარს ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. ეგზო და ენდოკარპიუმს შორის შრეს ეწოდება მეზოკარპიუმი. იგი ხშირად იზრდება, ხდება ხორციანი და წვნიანი, რის შედეგადაც წარმოიქმნება წვნიანი ნაყოფი. ნაყოფგარემოს სამი შრე ქმნის პერიკარპიუმს. ზოგჯერ ნაყოფის მომწიფების დროისთვის პერიკარპიუმი მშრალი რჩება, სხვა შემთხვევაში – ხორცოვანი და წვნიანი. ამასთან დაკავშირებით, ნაყოფგარემოს კონსისტენციის მიხედვით არჩევენ მშრალსა (ნახ. 75) და ხორცოვან – წვნიან ნაყოფებს (ნახ. 76).

ნაყოფების მორფოლოგია მეტად განსხვავებულია. ნაყოფის ფოთლების ერთმანეთთან და ყვავილის სხვა ნაწილებთან დამოკიდე-

ბულების მიხედვით არჩევენ ნაყოფების სამ ჯგუფს: **მარტივს, რთულსა და ნაყოფედს.**

მარტივი ნაყოფი წარმოიშობა ერთი ბუტკოსაგან, რომელიც წარმოდგენილია ერთი ან რამდენიმე შეზრდილი ნაყოფის ფოთლები-საგან (ანუ ცენოკარპული გინეცეუმისაგან).

მარტივი ნაყოფი შეიძლება იყოს თვითხსნადი და უხსნადი, მშრალი და წვნიანი.

თვითხსნადი მშრალი ნაყოფებია: ფოთლურა, პარკი, ჭოტი, ჭოტაკი, კოლოფი. უხსნადი მშრალი ნაყოფებია: კაკალი ან კაკლუჭა, თესლურა, ფრთიანთესლურა, მარცვალი.

თვითხსნადი მშრალი ნაყოფები:

ფოთლურა – წარმოიშობა ერთი ნაყოფის ფოთლისაგან, იხსნება ცალ მხარეზე – წინა (მუცლის) წიბურით. გახსნისას გვავიწყდება ფოთოლს, **ერთი ან მრავალთესლიანია.** გვხვდება ბევრ ბაიასებრში.

პარკი – წარმოიშობა ერთი ნაყოფის ფოთლისაგან. თესლი განლაგებულია ერთ მწკრივად, იხსნება ორივე მხარეზე – მუცლისა და ზურგის წიბურით, **ერთი ან მრავალთესლიანია.** გვხვდება პარკოსნების წარმომადგენლებში.

ჭოტი – წარმოიშობა ორი ნაყოფის ფოთლისაგან, რომლებიც ქმნიან ერთ ბუტკოს. ნაყოფის სიგრძე რამდენჯერმე აღემატება სიგანეს, ორბუდიანია, **მრავალთესლიანია.** თესლი განლაგებულია ტიხრის კიდეებზე. იხსნება ორივე მხარეზე ქვევიდან ზევით. გვხვდება ჯვაროსნების (კომბოსტო, ბოლოკი) წარმომადგენლებში.

ჭოტაკი – მსგავსია ჭოტის. განსხვავდება იმით, რომ ნაყოფის განი 3-4ჯერ აღემატება სიგრძეს (წინმატურა და სხვა ჯვაროსნები).

კოლოფი – წარმოიშობა ორი ან მეტი ნაყოფის ფოთლისაგან, ორი ან მრავალბუდიანია, ზოგჯერ ერთბუდიანიც (ყაყაჩო). კოლოფი იხსნება ხუფით (ლენცოფა), წიბურებით (ბამბა), ნაპრალეებით (ყაყაჩო), კბილანებით (მიხაკისებრნი) და სხვ.

უხსნადი მშრალი ნაყოფები:

კაკალი ან კაკლუჭა – ახასიათებს მაგარი გახევებული ნაყოფსა-ფარი, რომელიც გვავიწყდება კურკას (მუხა, წიფელი და სხვ.). ბევრ შემთხვევაში წარმოიშობა ერთი ნაყოფის ფოთლისაგან, **ერთთესლიანია.** თესლი დახშულ ნაყოფის საფარში განლაგებულია თავისუფლად. მუ-

ხის რკოც შეიძლება მივაკუთვნოთ კაკალს (წარმოშობილია სამი ნაყოფის ფოთლისაგან).

თესლურა – განსხვავდება კაკლისა და კაკლუჭისაგან უფრო რბილი ტყავისებური ნაყოფსაფარით. წარმოიშობა ორი ნაყოფის ფოთლისაგან, **ერთთესლიანია**, თესლი თავისუფლია, ნაყოფსაფართან არ არის შეზრდილი. გვხვდება რთულყვავილოვანებსა და ქოლგოსნებში.

ფრთიანთესლურა – წარმოიშობა ერთი ნაყოფის ფოთლისაგან, **ერთთესლიანია**, გვაგონებს კაკალს, კაკლუჭას და თესლურას, განსხვავდება იმით, რომ მას აქვს ფრთისებრი დანამატი (თელასებრნი, იფანი, არყი, რცხილა და სხვ.).

მარცვალი – წარმოიშობა თესლის კანისა და ნასკვის კედლების შეზრდის შედეგად ერთი ნაყოფის ფოთლისაგან, **ერთთესლიანია**, დამახასიათებელია მარცვლოვანებისათვის (ხორბალი, ქერი, სიმინდი, შვრია და სხვ.).

წვნიანი ნაყოფები – წარმოიშობა ერთი ან რამდენიმე ნაყოფის ფოთლისაგან. გვხვდება სხვადასხვა ოჯახში:

კენკრა – წარმოიშობა ერთი ან რამდენიმე ნაყოფის ფოთლისაგან, **მრავალთესლიანია**, თესლი მომწყვდეულია ნაყოფის ხორცოვან მასაში (პომიდორი, ბადრიჯანი, ხურმა, მოცხარი და სხვ.).

კურკოვანა ერთთესლიანია, ენდოკარპიუმი მრავალშრიანია და გახევებული, ქმნის კურკას (ატამი, ჭერამი, ტყემალი და სხვ.). კაკლის ნაყოფი **ცრუ კურკაა**, ის წარმოშობილია ქვედა ნასკვისაგან, რომელიც შეზრდილია ყვავილსაჯდომთან და ჯამთან.

ვაშლურა – წარმოიშობა ხუთი ნაყოფის ფოთლისაგან. ნაყოფის შექმნაში ნასკვის გარდა მონაწილეობს ყვავილსაჯდომი და ჯამი. იგი განსხვავდება კურკიანი ნაყოფებისაგან ნაკლებად მკვრივი ენდოკარპიუმით (ვაშლი, მსხალი, კომში და სხვ.).

გოგრულა მრავალთესლიანია, ფორმირდება ქვედა ნასკვისაგან, კენკრას ტიპისაა (მას ხშირად მიაკუთვნებენ ცრუ ნაყოფების კატეგორიას და უწოდებენ „ცრუ კენკრას“). დამახასიათებელია გოგროვანებისათვის (გოგრა, კიტრი, ნესვი, საზამთრო და სხვ.).

ნარინჯი მრავალთესლიანია, მრავალბუდიანი, ღრუბელ-ტყავისებრი ეგზო – მეზოკარპიუმით (ნაყოფის ქერქით). დამახასიათებელია ციტრუსოვანებისათვის (ლიმონი, ფორთოხალი, მანდარინი და სხვ.).

რთული ნაყოფები და ნაყოფედები. ერთი ყვავილის თითოეული ბუტკო (აპოკარპული ჰინეცეუმი) წარმოშობს რთულ ნაყოფს. მაყვლის, ჟოლოს ნაყოფი **რთული კურკოვანაა**, წყალკრეფიასა და სხვა ბაიასებრთა ნაყოფი – **რთული თესლურა**. ხშირად რთული ნაყოფები კომბინირდება მშრალი და წვნიანი ნაყოფებისაგან, მაგ, მარწყვში წვნიანი ნაწილი წარმოშობილია ყვავილსაჯდომისაგან, რომელშიც ჩართულია თესლურები. მარწყვის ნაყოფს შეიძლება, ვუწოდოთ **რთული წვნიანი თესლურა**. ლოტოსში ხორცოვან გაზრდილ – გაფორმებულ ქსოვილში ჩართულია კაკლუჭები, განლაგებული მის შემკვრივებულ ზედაპირზე. ამ ნაყოფს შეიძლება ვუწოდოთ **რთული ხორცოვანი კაკლუჭი**, ხორცოვანი საჯდომით.

ზოგიერთი მცენარის ნაყოფი წარმოიშობა ყვავილედიდან და ასეთ ნაყოფს ეწოდება **ნაყოფედი**. თუთის, ლელვის, ჭარხლის, ანანასის, სიმინდის ნაყოფი რთულია. სიმინდის ნაყოფედს, რომელიც წარმოშობილია ხორცოვანი თავთავისაგან, ეწოდება **ტარო** და მის ცალკეულ ნაყოფს – მარცვალი.



ნახ. 75. მშრალი ნაყოფები

მარცხნიდან მარჯვნივ: კაკალი (თხილი), პარკი (ბარდა), კოლოფი (ყაყაჩო), თესლურა (მზესუმზირა), მარცვალი(ხორბალი), ფრთიან თესლურა (ნეკერჩხალი).



ნახ. 76. წვნიანი ნაყოფები

მარცხნიდან მარჯვნივ: ვაშლურა (ვაშლი), კენკრა (პომიდორი), მრავალკაკალი (მარწყვი), კურკიანა (ატამი), მრავალკაკალი (მოცვი).

თესლებისა და ნაყოფების გავრცელება

მცენარეთა სახეობების მიერ განსაზღვრული ტერიტორიის დაკავებაში დიდი მნიშვნელობა აქვს თესლისა და ნაყოფების გავრცელებას. მათ გავრცელებაში მონაწილეობას ლებულობს წყალი, ქარი, ფრინველები, ცხოველები და ადამიანი.

ავტოქორია – თესლის გაფანტვა თვით მცენარეების მიერ, შუამავლის გარეშე. ამ დროს ხდება თესლის ან აქტიური გაბნევა, ან თვითნებური გაფანტვა თავისი წონის ზემოქმედებით (პალმა). ზოგიერთ მცენარეში, როგორიცაა კიტრანა, უკადრისა და სხვა, თესლის მომწიფებისას ნაყოფი დიდი ტურგორული წნევისაგან სკდება და ფანტავს თავის თესლს მანძილზე, რომელიც აღემატება 15 მეტრს.

ანემოქორია – ქვეტყის ბალახოვანი მცენარეები წარმოშობენ იმდენად მსუბუქ თესლს, რომ ჰაერის უმნიშვნელო მოძრაობისას ისინი გადაიტანებიან შორ მანძილზე. ქარის საშუალებით ვრცელდებიან თესლები ბენვისებური გამონაზარდებით, ფრთისებრი დანამატებით და სხვ.

ჰიდროქორია – თესლის გავრცელება წყლის საშუალებით. ასე ვრცელდებიან სანაპირო მცენარეების თესლები.

ზოოქორია – თესლის გავრცელება ცხოველების (მწერების, ფრინველების, ძუძუმწოვრების) მიერ. იგი ხორციელდება სამი გზით:

ენდოზოოქორია – ცხოველები იკვებებიან რა თესლებით, მათ საჭმლის მომწიფებელ ორგანოებში თესლი არ გადამუშავდება, არ კარგავს გაღივების უნარს და ორგანიზმიდან ექსკრემენტებით დაუზიანებლად გამოდის. როგორც წესი, ცხოველები იკვებებიან წვნიანი ნაყოფებით.

სინზოოქორია – ცხოველებს გადააქვთ თესლები, მარაგად ინახავენ, ნაწილობრივ ფლავენ მინაში (ჭიანჭველები, მღრღნელები, ფრინველები).

ეპიზოოქორია – შემთხვევითი გადატანა. ბევრი მცენარის თესლს აქვს კაუჭა, მისაკიდები, რომელთა საშუალებით ისინი ემაგრებიან ცხოველების ბალანს, ფრინველთა ბუმბულს და გადაიტანებიან სხვადასხვა მანძილზე.

ანტროპოქორია – თესლისა და ნაყოფის ყველაზე დიდი გამავრცელებელია ადამიანი. მას არა მარტო გადააქვს რომელიმე მცენა-

რის თესლი დედამიწის სხვადასხვა ნაწილში, არამედ მონაწილეობასაც ღებულობს თესლების სტიქიურად გავრცელებაში (მაგ. ტანსაცმლით ან ფეხსაცმლით).

დავალება 1. ლობიოს თესლის აგებულების შესწავლა.

სამუშაოს მსვლელობა: ჯერ დაათვალიერეთ ლობიოს თესლის გარეგანი აგებულება. თესლის კანის მოცილების შემდეგ დაათვალიერეთ ჩანასახი, რომელიც შედგება ორი ლებნისაგან, მათში კი მოთავსებულია საკვები სამარაგო ნივთიერება, ჩანასახოვანი ფესვაკისაგან, ჩანასახოვანი ღერაკისაგან და ჩანასახოვანი კვირტისაგან.

ჩაიხატეთ ლობიოს თესლის შინაგანი და გარეგანი აგებულება.

მიუთითეთ: მიკროპილე, ლებნები, ჩანასახოვანი ფესვაკი, კვირტი, ჰიპოქოტილე.

დავალება 2. მარცვლოვანთა თესლის მიკროსკოპული აგებულების შესწავლა მუდმივი პრეპარატის გამოყენებით.

სამუშაოს მსვლელობა: მცირე გადიდებაზე დაათვალიერეთ თესლის ორი კარგად გამოკვეთილი ნაწილი: ჩანასახი და ენდოსპერმი. ენდოსპერმში ნახეთ ალელირონის შრე. დაათვალიერეთ ჩანასახის აგებულება, რომელიც შედგება ფარის, ჩანასახოვანი ფესვაკის, ჩანასახოვანი ღერაკისა და ჩანასახოვანი კვირტისაგან. იპოვეთ კოლეოპტილე (გარეთა სარქველისებრი ფოთოლი, რომელიც გარს ეკვრის ჩანასახოვან კვირტსა და პრიმორდიუმს) და კოლეორიზა (მრავალშრიანი შალითა, რომელიც გარს ეკვრის ჩანასახოვან ფესვაკს). ფარის მოპირდაპირე მხარეს შეეცადეთ აღმოაჩინოთ ქერქლისმაგვარი გამონაზარდი – ეპიბლასტი, რომელსაც მეორე ლებნის ნარჩენად მიიჩნევენ ზოგიერთი მეცნიერი.

ჩაიხატეთ მარცვლოვანთა თესლის აგებულება.

მიუთითეთ: ფესვაკი, კოლეორიზა, ჩანასახოვან კვირტი, ღერაკი, კოლეოპტილე, ფარი, ეპიბლასტი, ენდოსპერმი.

დავალება 3. შემოთავაზებული ნაყოფების მორფოლოგიური ანალიზის ჩატარება

სამუშაოს მსვლელობა: დაათვალიერეთ და აღწერეთ შემოთავაზებული ნაყოფები.

ჩაიხატეთ ნაყოფების ტიპები.

მიუთითეთ: რომელ ტიპს ეკუთვნიან ისინი (გინეცეუმის აგებულების მიხედვით).

საკონტროლო კითხვები:

1. რომელი ძირითადი ნაწილებისაგან შედგება ფარულთესლოვან მცენარეთა თესლი? თესლკვირტის რომელი ნაწილები მონაწილეობენ თესლის ფორმირებაში?
2. აღწერეთ ერთლებნიან და ორლებნიან მცენარეთა ჩანასახის აგებულება.
3. რა პირობებია საჭირო თესლის გასაღივებლად?
4. აღწერეთ თესლის გაღივების ძირითადი ეტაპები.
5. რა ნიშნები უდევს საფუძვლად ნაყოფების მორფოლოგიურ კლასიფიკაციას?
6. თესლებისა და ნაყოფების გავრცელების რომელი გზებია თქვენთვის ცნობილი?

თავი IV.

მცენარე და გარემო

თემა – მცენარეთა სასიცოცხლო ფორმები და ეკოლოგიური ჯგუფები

სამუშაოს მიზანი: მცენარეთა სასიცოცხლო ფორმებისა და ეკოლოგიური ჯგუფების სხვადასხვა კლასიფიკაციის გაცნობა.

ამოცანები:

1. სინათლისმოყვარულ და ჩრდილისამტან მცენარეთა ფოთლების ანათლების დამზადება და შესწავლა.
2. წყალთან მიმართებაში მცენარეთა სხვადასხვა ეკოლოგიური ჯგუფების აგებულების გაცნობა.
3. სხვადასხვა სასიცოცხლო ფორმების მქონე მცენარეთა მორფოლოგიური აგებულების გაცნობა.

თეორიული ცნობები

მცენარის ანატომიური და მორფოლოგიური აგებულება კავშირშია არა მარტო შესასრულებელ ფუნქციასთან, არამედ მათ სასიცოცხლო გარემოსთანაც. ევოლუციის პროცესში მცენარეებს, რომლებმაც ადაპტაცია განიცადეს მსგავსი გარემო პირობებისადმი, გამოუმუშავდათ გარეგანი აგებულების (ჰაბიტუსის), ზრდის დინამიკის, ანატომიური აგებულების საერთო ნიშნები. გარკვეული ეკოლოგიური ფაქტორებისადმი რეაქციათა მსგავსი ტიპი საშუალებას გვაძლევს გავაერთიანოთ მცენარეები ეკოლოგიურ ჯგუფებში. ამავე დროს მსგავს გარემო პირობებს მცენარე ეგუება განსხვავებულად, გამოიმუშავებს რა სპეციფიურ ჰაბიტუსს და ორგანოთა ანატომიურ აგებულებას. ჰაბიტუსის ძირითადი თავისებურებანი, განპირობებული მიწისზედა და მიწისქვედა ვეგეტატიური ორგანოების განვითარებისა და კვდომის თავისებურებებით, იწოდება სასიცოცხლო ფორმად ანუ ბიომორფად. აღსანიშნავია, რომ, ერთის მხრივ, მცენარეთა ყოველი ეკოლოგიური ჯგუფი შეიძლება აერთიანებდეს სხვადასხვა სასიცოცხლო ფორმის

მქონე მცენარეებს, მეორე მხრივ, ერთი და იმავე სასიცოცხლო ფორმის მცენარე შეიძლება ეკუთვნოდეს სხვადასხვა ეკოლოგიურ ჯგუფს.

მცენარეთა ეკოლოგიური ჯგუფები

მცენარეთა ეკოლოგიურ ჯგუფებს გამოყოფენ გარემოს ამა თუ იმ ფაქტორთან მიმართებაში, რომელსაც გააჩნია მნიშვნელოვანი ფორმათწარმოქმნელი და ფიზიოლოგიური მნიშვნელობა და იწვევს შეგუებით რეაქციებს.

მნიშვნელოვან ეკოლოგიურ ფაქტორებს, რომლებიც გავლენას ახდენენ მცენარის სტრუქტურასა და ცხოველქმედებაზე, მიეკუთვნება ნიადაგისა და ჰაერის ტენიანობა, სინათლე, ნიადაგის თავისებურება, ტემპერატურა და სხვა. ტენთან მიმართებაში გამოყოფენ მცენარეთა შემდეგ ეკოლოგიურ ჯგუფებს:

ჰიდროფიტები– მცენარეები, რომლებიც ნაწილობრივ არიან წყალში ჩაძირული, უმეტესად გვხვდებიან წყალსატევების ნაპირებთან და ჭარბტენიან მდელოებზე. აქვთ დიდი ფოთლები, არაღრმა და სუსტად განვითარებული ფესვთა სისტემა, ბევრი უჯრედშორისები ქსოვილები. მათი ღერო გადაჭრისას სწრაფად ხმება.

ჰიდატოფიტები – წყლის ბალახები (ელოდია, ვალისნერია, ქოთანა). ჰიდატოფიტები მთლიანად ჩაძირული არიან წყალში. ისინი ბინადრობენ ისეთ პირობებში, სადაც მცირეა გახსნილი აირები (ჟანგბადი, ნახშირორჟანგი) და მინერალური მარილები, ამიტომაც ამ ჯგუფის მცენარეებში სხეულის ზედაპირის ფართობი მათ მოცულობას ბევრად აღემატება. მათი ფოთლები ძალიან თხელია, ხშირად დანაკვეთული. საკვები ნივთიერებების შეწოვა ხდება სხეულის მთელი ზედაპირით. ღეროს თითქმის არ უვითარდება მექანიკური ქსოვილი და ისინი კავდებიან წყლით, რომელიც ბევრად მკვრივია ჰაერზე. ქსოვილებში ბევრია უჯრედშორისები (კარგად აქვთ განვითარებული აერენქიმა), რომლებშიც ჰაერი გროვდება.

ჰიგროფიტები ტენიანი ადგილების მცენარეებია, სადაც ჰაერის ტენიანობა ასევე მაღალია (დიდბაია, ისლი, ჭილი). ვინაიდან ეს მცენარეები წყლის დეფიციტს არ განიცდიან, მათ აგებულებაში არ შეიმჩნევა ისეთი სტრუქტურები და მექანიზმები, რომლებიც ზღუდავენ წყლის ხარჯვას. მათ ახასიათებს ზედაპირული, არა ღრმა ფესვთა სისტემა, ეპიდერმისისა და კუტიკულის, გამტარი სისტემის, მექანი-

კური ქსოვილების სუსტი განვითარება. კარგადაა განვითარებული აერენქიმა, ვინაიდან ჭარბტენიან ნიადაგში შეინიშნება ფესვთა სუნთქვისათვის აუცილებელი ჟანგბადის დეფიციტი. ამ მცენარეებს ახასიათებთ დიდი ზომის ბაგეები, რომლებიც უმეტესად ღიაა. ჰიგროფიტებს არ შეუძლიათ გადაიტანონ წყლის მცირე რაოდენობით დაკარგვაც კი.

მეზოფიტები მცენარეებია, რომლებიც ზომიერი ტენიანობის პირობებში ბინადრობენ, ტემპერატურული პირობებიც ზომიერია და მინერალური კვებაც ნორმალური აქვთ. მათ შორის არიან ხეებიც და ბალახებიც (ვაშლი, მუხა, ნაძვი, შროშანა, მარწყვი, შალგი, მინდვრის გვირილა, ჭორტანა). ბინადრობენ ტყეებში, მდელოებზე, ველებზე. აქვთ კარგად განვითარებული ფესვთა სისტემა. ბაგეები უმეტესად მოთავსებული აქვთ ფოთლის ფირფიტის ქვედა მხარეზე. უმეტესობა სასოფლო-სამეურნეო მცენარეებისა – მეზოფიტია. ისინი დამატებით მორწყვისას უკეთ ვითარდებიან.

ქსეროფიტები მშრალი ადგილსამყოფელის მცენარეებია, რომლებმაც აქვთ უნარი, ონტოგენეზის პროცესში შეეგუონ წყლით მომარაგებაში შეფერხებებს. ქსეროფიტები არ წარმოადგენენ ფიზიოლოგიურად ერთფეროვან ჯგუფს. ზოგიერთ მათგანს ახასიათებს ტრანსპირაციის დაბალი ინტენსივობა, ზოგიერთს პირიქით – მაღალი ინტენსივობა. გვალვამტანობა ხორციელდება სხვადასხვა ფიზიოლოგიური გზით. მათი კლასიფიკაცია დეტალურად შესწავლილია პ.ლ. ჰენკელის მიერ. ყველა ქსეროფიტი შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად:

1. მცენარეები, რომლებიც აგროვებენ ტენს (ცრუ ქსეროფიტები). მათ მიეკუთვნება **სუკულენტები**, უპირველესად კაქტუსები და მსუქანასებრთა ოჯახის მცენარეები (Crassulaceae — Sedum, Sempervivum). ეს მცენარეები აგროვებენ წყალს გამსხვილებულ, წვნიან ღეროებსა და გამსხვილებულ ფოთლებში. ფოთლოვან სუკულენტებს მიეკუთვნება: აგავა, ალოე, მსუქანა, კლდისვაშლა. ღერო სუკულენტებს მიეკუთვნება კაქტუსები, რძიანა. ამაორთქლებელი ზედაპირი ძალზე რედუცირებულია, ფოთლები ხშირად რედუცირებულია, მთელი ზედაპირი დაფარულია კუტიკულის სქელი შრით, რის გამოც მათ აქვთ შეზღუდული ტრანსპირაცია. სუკულენტებს ახასიათებთ

არა ღრმა, მაგრამ ფართოდ გასული ფესვთა სისტემა. ფესვის უჯრედები ხასიათდებიან უჯრედის წველის შედარებით დაბალი კონცენტრაციით. ისინი ბინადრობენ ისეთ ადგილებში, სადაც გვალვიანი პერიოდი მონაცვლეობს წვიმიან პერიოდთან და მათი ფესვთა სისტემა შეგუებულია ამ წვიმის წყლის შთანთქმას. სხვა დროს ისინი იმ წყალს იყენებენ, რომელიც დაგროვდა მათ ხორცოვან ორგანოებში და თანაც მას ძალიან ეკონომიურად ხარჯავენ. წყლის შემცველობის კლებასთან ერთად ტრანსპირაციის ინტენსივობაც კლებულობს. სუკულენტებს გააჩნიათ თავისებური ნივთიერებათა ცვლის პროცესი, რომელიც იწოდება CAM-მეტაბოლიზმად. ასეთ მცენარეებს დღისით ბაგეები დახურული აქვთ, ღამე კი – ღია, რაც ხელს უწყობს წყლის ხარჯვის მკვეთრ შემცირებას ტრანსპირაციის პროცესში. ღამით CO₂ გროვდება ორგანული მჟავების სახით, დღისით კი აქცეპტირებული CO₂ გამოთავისუფლდება და გამოიყენება ფოტოსინთეზის პროცესში. ასეთი უნარი მცენარეებს აძლევთ საშუალებას, აწარმოონ ფოტოსინთეზი დღისით, დახურული ბაგეების მეშვეობით. მაგრამ მათი ფოტოსინთეზი მიმდინარეობს ძალიან ნელა. ამიტომ მათთვის დამახასიათებელია მშრალი ნივთიერებების დაგროვებისა და ზრდის ნელი ტემპი. სპეციფიურ ნივთიერებათა ცვლის შედეგია ბმული წყლის დიდი რაოდენობა და ციტოპლაზმის მაღალი სიბლანტე. ამ ჯგუფის მცენარეები არ არიან გამძლე გვალვებისა და უწყლობის მიმართ. მაგ. კაქტუსებს უწყლობა გადააქვთ შედარებით ცუდად (ციტოპლაზმის დაბალი ელასტიურობის გამო) და შეიძლება დაილუპნონ. ამასთან ისინი უძლებენ მაღალ ტემპერატურებს. ამდენად, ესენია მცენარეები, რომლებიც იმარაგებენ წყალს, ეკონომიურად ხარჯავენ მას და ახასიათებთ ნელი ზრდა.

2. ევქსეროფიტები (ნამდვილი ქსეროფიტები) სიცხის მიმართ გამძლენი არიან, ისინი კარგად იტანენ გვალვას. მათ აქვთ უმნიშვნელო ტრანსპირაცია, მაღალი ოსმოსური წნევა, ციტოპლაზმა გამოირჩევა მაღალი სიბლანტით. ფესვთა სისტემა განშტოებული აქვთ. ძირითადი მასა მოთავსებულია ნიადაგის ზედა ფენაში. ამ ქსეროფიტებს შეუძლიათ ფოთლებისა და ტოტების მოცილება. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება ასტრა, ავშანი, ცერცვეკალა და სხვა. ამ ჯგუფის მცენარეებს ახასიათებთ უნარი, მკვეთრად შეამცირონ ტრანსპირაცია წყლის დე-

ფიციტის პირობებში. მათ გააჩნიათ მთელი რიგი შეგუებულობა წყლის დანაკარგის შესამცირებლად: ციტოპლაზმის მაღალი ელასტიურობა, წყლის დაბალი შემცველობა, მაღალი წყალშემაკავებელი უნარი და სიბლანტე. უჯრედის წვენის დაბალი ოსმოსური პოტენციალი იძლევა საშუალებას წყლის შთანთქმისა ტენიით ღარიბი ნიადაგიდან. ზოგიერთ შემთხვევაში ასეთი მცენარეების მიწისქვეშა ორგანოები, განსაკუთრებით ზედა ნაწილებში, დაფარულია კორპის სქელი შრით. ხანდახან კორპით იფარება ღეროც. ფოთლები დაფარულია კუტიკულის სქელი შრით. ბევრი შებუსუსია, ზოგს ბაგეები მოთავსებული აქვთ ფოთლის ჩაღრმავებებში, ზოგს დახშული აქვს ბაგეები ცვილოვანი და ფისოვანი ნივთიერებათა შრით. ზოგიერთ მცენარეს ფოთლები მილივით ეხვევა და ბაგეები შიგნით მოექცევა.

ამ ჯგუფის მცენარეებს აქვთ უნარი, გადაიტანონ უწყლობა და ხანგრძლივი ჭკნობა. განსაკუთრებით კარგად გადააქვთ წყლის დაკარგვა მცენარეებს, რომელთაც აქვთ უხეში ფოთლები (ე.წ. სკლეროფიტები). მათ ტურგორის დაკარგვის შემთხვევაშიც აქვთ წყლის მცირე რაოდენობა. ეს მცენარეები ხასიათდებიან კარგად განვითარებული მექანიკური ქსოვილით, რაც მათ აძლევთ საშუალებას, ტურგორის დაკარგვისას არ დაზიანდნენ. მათ მიეკუთვნება საქსაული, სელინი, ავშანი და სხვ.

3. ჰემიქსეროფიტები (ნახევრად ქსეროფიტები) – ამ მცენარეებს არ შეუძლიათ, გადაიტანონ უწყლობა და მაღალი სიცხე. პროტოპლასტების ელასტიურობა უმნიშვნელოა. გამოირჩევა მაღალი ტრანსპირაციით, ღრმა ფესვთა სისტემით, რომელთაც შეუძლიათ მიაღწიონ მიწისქვეშა წყლებამდე, რაც უზრუნველყოფს მცენარისათვის წყლის უწყვეტ მიწოდებას. მათ მიეკუთვნება: სალბი, კოფრჩხილა და სხვა. ეს მცენარეებია, რომელთაც აქვთ წყლის მოპოვების უნარი კარგად განვითარებული. მათ გააჩნიათ ღრმად მიმავალი, ძლიერ განტოტვილი ფესვთა სისტემა, ფესვის უჯრედები გამოირჩევიან უჯრედის წვენის მაღალი კონცენტრაციით, დაბალი (ძალიან უარყოფითი) წყლის პოტენციალით. ასეთი თავისებურებების გამო ამ მცენარეებს შეუძლიათ, გამოიყენონ წყლის შესაგროვებლად ნიადაგის დიდი მოცულობა. მათი ფესვთა სისტემა აღწევს გრუნტის წყლებს. აქვთ კარგად განვითარებული გამტარი სისტემა. ფოთლები მათი თხელია, ძალიან დაძარღული, რაც მაქსიმალურად ამოკლებს წყლის მოძრაობის

გზას ცოცხალ უჯრედებამდე. ამ მცენარეებს ახასიათებთ ტრანსპირაციის ძალიან მაღალი ინტენსივობა. ძალიან ცხელ, მშრალ დღეებშიც მათ ბაგეები ღია აქვთ. მაღალი ტრანსპირაციის წყალობით ფოთლების ტემპერატურა საგრძნობლად კლებულობს. ამიტომ ისინი ახორციელებენ ფოტოსინთეზს დღისით, მაღალი ტემპერატურების პირობებშიც. ასეთ თხელფოთლიან, მაღალი ტრანსპირაციით გამორჩეულ ქსეროფიტებს მიეკუთვნება: ველის იონჯა, ველური საზამთრო, სალბი, კოფრჩხილა. ბევრი მათგანის ფოთლებს აქვთ ბუსუსები, რომლებიც თითქოს ეკრანს ქმნიან მცენარის გადახურებისაგან დასაცავად.

4. მცენარეები, რომლებიც გაურბიან გვალვას (**ფსევდოქსეროფიტები**). ამ მცენარეებს არ ახასიათებთ გვალვაგამძლეობის ნიშნები, მაგრამ აქვთ მოკლე სავეგეტაციო პერიოდი და სასიცოცხლო ციკლი დაკავშირებულია წვიმების პერიოდთან. ეფემერები იტანენ გვალვას თესლების (ყაყაჩო), ეფემეროიდები-ბოლქვების, ფესურების, ძირხვენების სახით (ნარგიზი, რევანდი და სხვა).

5. **პოიკილოქსეროფიტები** – ისინი ვერ არეგულირებენ თავიანთი წყლის რეჟიმს, გვალვის დროს გადადიან ანაბიოზის მდგომარეობაში, როდესაც ნივთიერებათა ცვლა ან ძალიან დამუხრუჭებულია, ან წყდება, მაგრამ სიცოცხლის ორგანიზაცია მთლიანად შენარჩუნებულია. მათ მიეკუთვნება ლიქენების უმეტესობა, ზოგიერთი წყალმცენარე, გვიმრა და მცირე ჯგუფი ფარულთესლოვანი მცენარეებისა. ამ ჯგუფის მცენარეების დამახასიათებელი თავისებურებაა პროტოპლასტის თვისება – ძლიერი გაუწყლოებისას გადავიდეს გელის მდგომარეობაში. ესენი არიან მცენარეები, რომელთაც შეუძლიათ გამოშრნენ მშრალ მდგომარეობამდე, არ დაზიანდნენ, ხოლო წვიმის შემდეგ აღიდგინონ ნორმალური ცხოველმყოფელობა. ამდენად გაუწყლოება მათთვის არ წარმოადგენს პათოლოგიას, არამედ ნორმალური ფიზიოლოგიური მდგომარეობაა. ბუნებრივია, რომ ბუნებაში არ არსებობს მკვეთრი დაყოფა და არსებობს უამრავი გარდამავალი ტიპი. ამ ვიწრო გაგებით, გვალვისადმი გამძლეებს წარმოადგენენ მხოლოდ ევქსეროფიტები და პოიკილოქსეროფიტები, რომელთაც მართლა შეუძლიათ გადაიტანონ უწყლობა.

კიდევ ერთი წამყვანი ეკოლოგიური ფაქტორი არის სინათლე, რომლის გარეშე შეუძლებელია ფოტოსინთეზის პროცესი. სინათლესთან მიმართებაში გამოყოფენ შემდეგ ეკოლოგიურ ჯგუფებს:

სინათლისმოყვარულები (ჰელიოფიტები) გაშლილი ადგილების მცენარეებია, რომელთა ზრდა-განვითარება წარმატებით მიმდინარეობს იმ ადგილებში, სადაც უზრუნველყოფილია განათება. ყველაზე სინათლისმოყვარული ხე-მცენარეებია – იფანი, ვერხვი, არყი, ლარიქსი, ფიჭვი. ჰელიოფიტებს ახასიათებთ მეტად მსხვილი ტოტები, კარგად განვითარებული ქსილემა და მექანიკური ქსოვილი. ფესვები უფრო გრძელი და დატოტვილი აქვთ, იმიტომ, რომ მეტი სინათლის პირობებში ნიადაგის ტენიის დიდი რაოდენობა სჭირდებათ.

სინათლისმოყვარული მცენარეები სხვადასხვაგვარად ეგუებიან მკვეთრ განათებას. ეს უპირველესად აისახება ფოთლის ფირფიტის აგებულებაზე. ბევრი ჰელიოფიტის ფოთლებს აქვს სქელი, უხეში ფირფიტა, ძლიერ განვითარებული, რამდენიმე შრიანი მესრისებრი პარენქიმა. თუ ფოთოლი განათებულია ორივე მხარიდან, მესრისებრი პარენქიმა ვითარდება როგორც ზედა, ისე ქვედა ეპიდერმისის ქვეშ. ფოთლის ეპიდერმისი შედგება მცირე ზომის, სქელკედლიანი უჯრედებისაგან და დაფარულია კუტიკულის სქელი შრით. ბაგეები დიდი რაოდენობითაა და ღრმადაა განლაგებული (ჩაძირულია) ფირფიტაში. კარგადაა განვითარებული ძარღვების სისტემა, მექანიკური ქსოვილი. ჰელიოფიტები თავიანთი ნიშნებით ემსგავსებიან ქსეროფიტებს, რაც იმით აიხსნება, რომ სინათლის პირდაპირი სხივები იწვევენ მცენარის გათბობას, ეს კი ზრდის ტრანსპირაციას.

ჩრდილისამტანი მცენარეები–მათ შეუძლიათ განვითარდნენ კარგად განათებულ ადგილებში, მაგრამ უკეთ გრძნობენ თავს, რამდენადმე დაჩრდილულ ადგილებში. ასეთი მცენარეებია – ნაძვი, რცხილა, ნიფელი, ბზა, სოჭი, დაფნა. ჩრდილისამტანი მცენარეების ვარჯი უფრო შეკრულია, ხშირად შეფოთლილია. ნორმაზე ნაკლები განათების გამო ქვედა ტოტები უხმებათ უფრო ადრე, ხდება ხის ღერძის სწრაფად წმენდა წვრილი ტოტებისაგან. ამიტომ ამ ჯგუფის მცენარეების ვარჯი ძირითადად განლაგებულია მაღლა.

ჩრდილისმოყვარული მცენარეები (სციოფიტები) – ცუდად ვითარდებიან კარგი განათების პირობებში. გავრცელებული არიან მუქწიწვოვანი ტყეების ქვედა იარუსებში, გამოქვაბულებში, წყალსატევე-

ბის ღრმა ფენებში. ამ მცენარეებს თხელი, დიდი ზომის, მუქი მწვანე ფერის (ქლოროფილის მაღალი კონცენტრაციის გამო) ფოთლები აქვთ, რომლებიც ჰორიზონტალურადაა განლაგებული. ეპიდერმისის უჯრედები დიდი ზომისაა, თხელკედლიანი. კუტიკულა არ უვითარდებათ. ბაგეების რაოდენობა უფრო მცირე აქვთ, ვიდრე ჰელიოფიტების ფოთლებს. ბაგეები არაღრმადაა განლაგებული. მესრისებრი პარენქიმა ან ერთშრიანია, ან არაა გამოხატული. სუსტადაა განვითარებული მექანიკური და გამტარი ქსოვილები.

მცენარეთა სასიცოცხლო ფორმები

ცნება „სასიცოცხლო ფორმები“, როგორც შეგუებითი ნიშნების ერთიანობა პირველად შემოღებულ იქნა 1884 წელს, მცენარეთა ეკოლოგიის ფუძემდებლის ე. ვარმინგის მიერ. მისი განმარტებით, ესაა ფორმა, რომლითაც მცენარის ვეგეტატიური სხეული ჰარმონიაშია გარემოსთან მთელი თავისი სიცოცხლის მანძილზე.

მცენარეთა სასიცოცხლო ფორმები წარმოიქმნება ონტოგენეზის პროცესში გარკვეულ ეკოლოგიურ პირობებში ზრდის შედეგად და გამოხატავს ძირითადი შემგუებლობის ნიშნების ერთობლიობას. არსებობს მცენარეთა სასიცოცხლო ფორმების რამდენიმე კლასიფიკაცია. ყველაზე გამარტივებულად ითვლება ეკოლოგიურ-მორფოლოგიური კლასიფიკაცია, რომელიც ეფუძნება მცენარეთა ზრდის ტიპსა და ვეგეტატიურ ორგანოთა სიცოცხლის ხანგრძლივობას. ამ კლასიფიკაციის მიხედვით გამოყოფენ შემდეგ ჯგუფებს:

მერქნიან მცენარეებს, რომლთაც მიეკუთვნება ხეები, ბუჩქები და ჩირგვები, **ნახევრადმერქნიან მცენარეებს**, გარდამავალ ფორმებს, რომლთაც მიეკუთვნება ნახევრადბუჩქები და **ბალახოვან მცენარეებს**, რომლთაც მიეკუთვნება მრავალწლოვანი და ერთწლოვანი ბალახები.

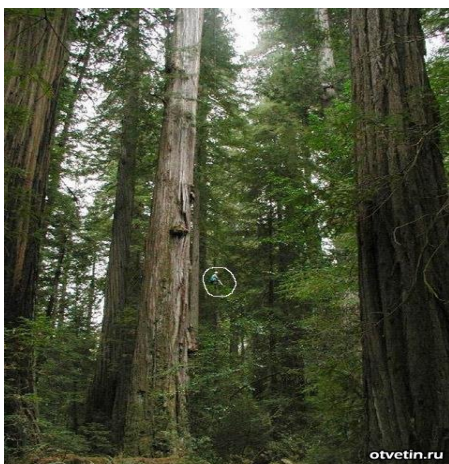
ხეები – ხასიათდებიან კარგად განვითარებული, გამოკვეთილი ღეროთი, რომელიც მიწის ზედაპირიდან გარკვეულ სიმაღლეზე იტოტება. ამ მცენარეთა სიცოცხლის ხანგრძლივობა ათეულ, ასეულ და ზოგჯერ ათასეულ წელს ითვლის. მცენარეთა სასიცოცხლო ფორმე-

ბიდან ხეები ყველაზე მეტად გავრცელებულნი არიან. დედამიწის სხვადასხვა გეოგრაფიული რაიონის ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებთან დაკავშირებით გავრცელებულია მეტად სხვადასხვანაირი ხეები როგორც სიმაღლის, ისე სიცოცხლის ხანგრძლივობის მხრივ. ყველაზე მაღალი მცენარეებია ავსტრალიური ევკალიპტები, რომლებიც 155 მეტრს აღწევენ, ყველაზე მძლავრ მცენარეს – სექვოიას ანუ მამონტის ხეს აქვს 140-150 მ. სიმაღლე და ღეროს სისქის მიხედვით პირველი ადგილი უკავია ყველა დანარჩენ მერქნიან მცენარეთა შორის(ნახ. 77).

ბუჩქები – ხასიათდებიან ან სუსტად გავითარებული ძირითადი ღეროთი, ან იგი სულ არ გააჩნიათ. მიწისზედა ნაწილი იტოტება ფესვის ყელიდან. ახასიათებთ შედარებით დაბალი ზრდა. მათი სიმაღლე ძირითადად 6-8 მეტრს არ აღემატება. ბუჩქებს ეკუთვნიან: შინდი, ანწლი, ბრონეული, ძახველი, მოცხარი და სხვა.

ჩირგვები – ხასიათდებიან დაახლოებით ისეთივე მონაცემებით, როგორც ბუჩქები, იმ განსხვავებით, რომ ისინი უფრო დაბალმოზარდნი არიან. ხასიათდებიან სიცოცხლის ნაკლები ხანგრძლივობით 5-10 წელი (წითელი მოცვი, შავი მოცვი).

ნახევრადბუჩქები გარდამავალი ფორმებია ბუჩქოვნებსა და ბალახოვან მცენარეებს შორის. მათ ყლორტების ქვედა (მრავალწლოვანი) ნაწილი უხევდებათ, ზედა ნაწილი (ბალახოვანი) გახევებას არ განიცდის და წლის ბოლოს კვდება. ნახევრადბუჩქებს ეკუთვნის გლერდის ზოგიერთ სახეობა, ავშანი, ხურხუმო და სხვა.



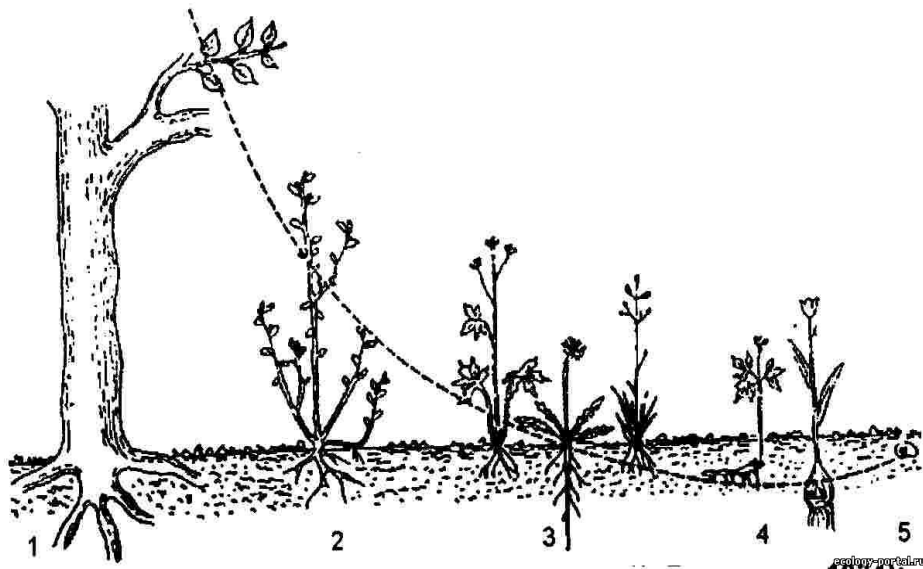
ნახ. 77. ავსტრალიური ევკალიპტი და ჩრდილო ამერიკული სექვოია

ბალახები – ამ მცენარეთა მიწისზედა ნაწილები ილუპებიან ერთი წლის სავეგეტაციო პერიოდის გავლის შემდეგ, ხოლო მიწისქვედა ნაწილებიდან ვითარდება მოზამთრე კვირტები, რომლებიდანაც აღმოცენდება მომავალი მცენარე. ბალახები არსებობენ ერთწლოვანი, ორწლოვანი, მრავალწლოვანი. **ერთწლოვანი ბალახები** ცოცხლობენ ერთ სავეგეტაციო პერიოდში. ისინი თესლის გაღივებიდან სრულ სიმწიფემდე თავის სიცოცხლეს ამთავრებენ ერთ წელიწადში (მაგ: ხორბალი, ქერი, სიმინდი, ლობიო და სხვ.).

ორწლოვანი ბალახები – თავიანთ ონტოგენეზს ორი წლის განმავლობაში ამთავრებენ. პირველ წელიწადს ისინი წარმოშობენ მიწისზედა და მიწისქვეშა სავეგეტაციო ორგანოებს, მეორე წელს (სავეგეტაციო პერიოდში) ყვავილობენ, წარმოშობენ ნაყოფსა და თესლს და ამით ამთავრებენ თავიანთ განვითარებას (ხახვი, სტაფილო, ბოლოკი, კომბოსტო და სხვ.).

მრავალწლოვანი ბალახები – ცოცხლობენ რიგი წლების მანძილზე. მათი სიცოცხლის ხანგრძლივობაზე გავლენას ახდენს ონტოგენეზის პერიოდში ეკოლოგიური ფაქტორებიც. ისინი იყოფიან ორ ჯგუფად: 1. მრავალწლოვანი ბალახები მრავალწლოვანი მიწისზედა ნაწილებით (ბეგონია, კაქტუსი, გერანი და სხვ.) და 2. მრავალწლოვანი ბალახები ერთწლოვანი მიწისზედა ნაწილებით (ბაბუანვერა, იები, ბაიები, მარწყვი და სხვ.).

დანიელი ბოტანიკოსის კ. რაუნკიერის (1934) მიერ შემოთავაზებული იქნა სასიცოცხლო ფორმების კლასიფიკაცია, რომელსაც საფუძვლად უდევს გარემოსთან მცენარეთა მსგავსი შეგუების ტიპები – ეს უპირველესად რთული პირობების გადატანის მსგავსი უნარია. მან გამოყო ერთი ნიშანი – წლის არახელსაყრელი პერიოდის განმავლობაში, კვირტების მდებარეობა ნიადაგის ზედაპირთან მიმართებაში. ამ ნიშანს აქვს ღრმა ბიოლოგიური აზრი (მერისტემის დაცვა, რომელიც ემსახურება ზრდას და ორგანიზმის არსებობის უზრუნველყოფა მკვეთრად ცვალებად გარემო პირობებში) და ეკოლოგიური შინაარსი, რადგან საუბარია არა ერთი რომელიმე ფაქტორის, არამედ გარემო ფაქტორების კომპლექსისადმი შეგუებულობაზე. კ. რაუნკიერის კლასიფიკაციით ყველა მცენარე იყოფა 5 ტიპის სასიცოცხლო ფორმად (ნახ. 78.):



ნახ. 78. მცენარეთა სასიცოცხლო ფორმები კ. რაუნკიერის კლასიფიკაციით: 1 — **ფანეროფიტები** (ვერხვი), 2 — **ჰამეფიტები** (მოცვი), 3 — **ჰემიკრიფტოფიტები** (ბაია, ბურბუშელა, მარცვლოვნები), 4 — **გეოფიტები** (ტიტა), 5 — **ტეროფიტები** (ლობოს თესლი).

ფანეროფიტები – მიეკუთვნება ხეები, ბუჩქები, ლიანები, ეპიფიტები (განსხვავებული მორფოლოგიისა და ბიოლოგიის მცენარეები, რომლებიც ცხოვრობენ ხე მცენარეებზე და ბუჩქებზე). მათი კვირტები განლაგებულია ნიადაგის ზედაპირიდან 30სმ-ზე მაღლა და დაცულია ქერქლებით.

ჰამეფიტები – კვირტები განლაგებული აქვთ თითქმის ნიადაგის ზედაპირთან ან არა უმეტეს 20-30 სმ. სიმაღლისა. მიეკუთვნება ბუჩქები და ნახევრადბუჩქები.

ჰემიკრიფტოფიტები – მათი კვირტები ვითარდება ნიადაგის ზედაპირთან. მიეკუთვნება მრავალწლოვანი ბალახები, რომელთა მიწის-ზედა ორგანოები ვეგეტაციის დამთავრების შემდეგ ილუპებიან.

კრიფტოფიტები – აერთიანებენ მცენარეთა იმ ჯგუფებს, რომელთა კვირტები ვითარდებიან მიწის ქვეშ (გეოფიტები) ან წყლის ქვეშ (ჰიდროფიტები). მათ მიეკუთვნება ფესურიანი, ტუბერიანი, ბოლქვიანი მცენარეები, რომელთაც გააჩნიათ დიდი რაოდენობით სა-

მარაგო საკვები ნივთიერება და სათანადო პირობების დადგომისას შეუძლიათ, სწრაფად განაახლონ სავეგეტაციო პროცესი.

ტეროფიტები – ერთწლიანი მცენარეები, რომელთა ყველა ვეგეტაციური ორგანო ვეგეტაციის ბოლოს კვდება, მოზამთრე კვირტები არ რჩება, ხოლო მცენარეთა განახლება მომდევნო წელს თესლით ხდება.

დავალება 1. სინათლისა და ჩრდილისმოყვარულ მცენარეთა ფოთლების აგებულების შესწავლა

სამუშაოს მსვლელობა: საჰერბარიუმო მასალის გამოყენებით მერქნიან მცენარეთა ვარჯის განათებული და დაჩრდილული მხარეებიდან აღებული ფოთლების დათვალიერება და შედარება.

ჩაიხატეთ სინათლისა და ჩრდილის ფოთლების აგებულება.

ალბომში მიუთითეთ ორივე ტიპის ფოთლებისათვის დამახასიათებელი ნიშნები.

დავალება 2. ტენთან მიმართებაში სხვადასხვა ეკოლოგიური ჯგუფის მცენარეთა გაცნობა.

სამუშაოს მსვლელობა: საჰერბარიუმო მასალისა და ცოცხალი მცენარეების დათვალიერება და მათი დაყოფა ეკოლოგიურ ჯგუფებად ტენთან მიმართებაში.

მიუთითეთ რომელ ეკოლოგიურ ჯგუფებს (ჰიდროფიტებს, ჰიგროფიტებს, მეზოფიტებს, სუკულენტებს, სკლეროფიტებს) ეკუთვნის მცენარეთა წარმოდგენილი სახეობები და აღნიშნეთ მათთვის დამახასიათებელი ნიშნები.

დავალება 3. მცენარეთა სასიცოცხლო ფორმების გაცნობა კ.რაუნკიერის კლასიფიკაციის მიხედვით.

სამუშაოს მსვლელობა: მცენარეთა სასიცოცხლო ფორმების ცოდნის საფუძველზე საჰერბარიუმო მასალების დალაგება 5 კატე-

გორიის სასიცოცხლო ფორმად, კ.რაუნკიერის კლასიფიკაციის გამოყენებით.

ჩაიხატეთ სხვადასხვა სასიცოცხლო ფორმის მქონე მცენარეები.

მიუთითეთ სხვადასხვა სასიცოცხლო ფორმების დამახასიათებელი ნიშნები.

საკონტროლო კითხვები:

1. დაახასიათეთ სხვადასხვა ეკოლოგიური ჯგუფის მცენარეები ძირითად გარემო ფაქტორებთან მიმართებაში.
2. რა საერთო და განმასხვავებელი ნიშნები აქვთ სუკულენტებსა და სკლეროფიტებს?
3. დაასახელეთ სინათლისმოყვარულ და ჩრდილისმოყვარულ მცენარეთა ფოთლების აგებულების განმასხვავებელი ნიშნები.
4. რა ნიშნები უდევს საფუძვლად მცენარეთა სასიცოცხლო ფორმების ეკოლოგიურ-მორფოლოგიურ კლასიფიკაციას?
5. რა ნიშნები უდევს საფუძვლად მცენარეთა სასიცოცხლო ფორმებს კ. რაუნკიერის კლასიფიკაციის მიხედვით? რომელი მცენარეები ეკუთვნიან მოცემული კლასიფიკაციით განსზღვრულ კატეგორიებს?

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ქ.ცხაკაია, ე.მირიანაშვილი – მცენარეთა ანატომია. პრაქტიკული კურსი. თბილისი 1957.
2. ვ.ტუტაიუკი – მცენარეთა ანატომია და მორფოლოგია. თბილისი 1984.
3. Бавтуто Т.А., Еремин В.М. Ботаника: морфология и анатомия растений. Минск: Высш. Школа., 1997.
4. Басов В.М., Ефремова Т.В. Практикум по анатомии, морфологии и систематике растений. Изд.: Книжный дом „ЛИБРОКОМ” 2010. 240 с.
5. Березина Н. А., Афанасьева Н. Б. Экология растений Изд: Москва. "Академия" 2009
6. Воронова О.Г., Мельникова М.Ф. Ботаника (морфология и анатомия растений) Изд: Тюменский гос. университет 2006
7. Викторов В. П., Гуленкова М. А., Дорохина Л. Н. и др.- Практикум по анатомии и морфологии растений: учеб. пособие. М: Академия, 2001.
8. Дорохина Л.Н. Практикум по анатомии и морфологии растений. Москва. "Академия" 2004
9. Лотова, Л. И. Ботаника : Морфология и анатомия высших растений Изд.4, доп. учеб. М: КомКнига, 2010. – 512 с.
10. Рейвн П. и др. Современная ботаника. - М.: Мир, 1990. - Т.1-2.
11. Н. В. Степанов, И. Е. Ямских, Е. А. Иванова и др. Ботаника [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. комплекс по дисциплине . Красноярск: ИПК СФУ, 2009
12. Эзау К. Анатомия семенных растений. Книга 1и 2. М: Изд-во Мир., 1980
13. Ямских, И.Е. Ботаника с основами экологии растений : учеб. пособие Красноярск : Изд-во Краснояр. ун-та, 2005.
14. Атлас ультраструктуры растительных тканей, (под ред. М.Ф. Даниловой и Г.М. Косубова), Петрозаводск, Изд-во „Карелия“, М; 1980.
15. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Портал:Ботаника>

შინაარსი

წინასიტყვაობა	3
თავი I. მცენარეთა ციტოლოგიისა და ჰისტოლოგიის	
საფუძვლები.....	5
თემა. ბოტანიკური ობიექტების მიკროსკოპირება.....	5
თემა. მცენარეული უჯრედის აგებულება და დაყოფა	12
თემა. წარმომშობი, მფარავი, ძირითადი ქსოვილები	43
თემა. მექანიკური, გამტარი და სეკრეტორული ქსოვილები....	60
თავი II. მცენარის ვეგეტატიური ორგანოები	83
თემა. ფესვის ანატომიური და მორფოლოგიური აგებულება..	83
თემა. ყლორტი. ღეროს პირველადი აგებულება.....	97
თემა. ღეროს მეორადი აგებულება.....	107
თემა. ფოთლის ანატომიური და მორფოლოგიური აგებულება.....	120
თავი III. მცენარის გენერაციული ორგანოები.....	135
თემა. ყვავილის აგებულება	135
თემა. ყვავილედის ტიპები. მცენარეთა დამტკვერვა	150
თემა. თესლებისა და ნაყოფების აგებულება	159
თავი IV. მცენარე და გარემო	169
თემა. მცენარეთა სასიცოცხლო ფორმები და ეკოლოგიური ჯგუ- ფები.....	169
გამოყენებული ლიტერატურა	182



გამომცემლობა „უნივერსალი“

თბილისი, 0179, ი. ჯავახიშვილის გამზ. 19, ☎: 2 22 36 09, 5(99) 17 22 30
E-mail: universal@internet.ge