საქართველოს სახელმწიფო აგრარული
უნივერსიტეტი

სატყეო ფაკულტეტი

ბიოლოგიის დეპარტამენტი

მეთოდური მითითება

მცენარეთა ფიზიოლოგიაში
აგრონომიული და სატყეო სპეციალობის
ბაკალავრებისათვის

თბილისი – 2009

განხილულია და მოწონებულია ბიოლოგიის დეპარტამენტის
სხდომაზე, ოქმი №.8 . . . . . 2009წ
ხარისხის უზრუნველყოფის სხდომის ოქმი № 2009წ

შემდგენლები:

ასოც. პროფ. (სმ.მ.დ.) ლილი ტაბიძე

უფ. მასწავლებელი (ს.მ.მ.კ) ლელა მახაური

უფ. მასწავლებელი (ს.მ.მ.კ) ქეთევან რობაქიძე,

მასწავლებელი – ნუგზარ ჭიჭინაძე
მერი ზურაბიშვილი

რეცენზენტი – სრული პროფ. ე. გუგავა (ს.მ.მ.დ)

საქართველოს სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტი
2009წ.

მეთოდური განმარტებანი

წარმოგდენილი მეთოდური მითითება საგან მცენარეთა ფიზიოლოგიაში აღწერს თუ როგორ უნდა შესრულდეს ესა თუ ის სამუშაო (ე. ი. მოიცავს ცდებს), რაც გათვალისწინებულია სასწავლო გეგმით.

მეთოდური მითითებებით გათვალისწინებული სამუშაოების უმეტესი ნაწილი სრულდება ორსაათიანი მეცადინეობების პროცესში.

შესასრულებელი სამუშაოს შესახებ პედაგოგი იძლევა მოკლე ახსნა-განმარტებას, ხოლო სტუდენტი მოცემული მეთოდური მითითების საფუძველზე ასრულებს დავალებას, აკეთებს ჩანაწერს რვეულში, სადაც მოცემულია: 1. სამუშაოს დასახელება, 2. სამუშაოს მსვლელობის მოკლე აღწერა. 3. შედეგები. 4. დასკვნები.

საკითხის მიმართ ასეთი მიდგომა ხელს უწყობს სტუდენტის დამოუკიდებელი მუშაობის ჩვევისა და უნარის გამომუშავებას, რაც დაეხმარება მას შესასწავლი მასალის საფუძვლიანად დამუშავებასა და ათვისებაში.

სტუდენტის მიერ ჩათვლილი უნდა იყოს თითოეული თემა, რომელიც პედაგოგმა ახსნა.

თითოეული თემის შემდეგ პედაგოგის მიერ ჩატარებული უნდა იქნეს შემაჯამებელი კოლოქვიუმი.

თავი 1

უმაღლეს მცენარეებში ყველა სასიცოცხლო პროცესი უჯრედებში მიმდინარეობს. უჯრედის ციტოპლაზმაში მოთავსებულია ის ძირითადი ორგანოიდები, როგორიცაა: ბირთვი, პლასტიდები, გოლჯის აპარატი, მიტოქონდრიები, რიბოსომები და სხვა. აგრეთვე ნივთიერებათა ცვლის ესა თუ ის პროდუქტები – ჩანართები.

მცენარეული უჯრედი ფორმის მიხედვით შეიძლება იყოს პარენქიმული და პროზენქიმული. პირველი ტიპის უჯრედის სიგრძე და სიგანე თითქმის ტოლია, ხოლო პროზენქიმული უჯრედის სიგრძე ყოველთვის აღემატება სიგანეს.

განსხვავებულია მცენარეული უჯრედების სიდიდე, რომელიც ცვალებადობს ულტრამიკროსკოპული სიდიდიდან რამდენიმე მმ-დე. ყველაზე პატარა უჯრედები აქვთ ბაქტერიებს, რომელთა ზომა განისაზღვრება მიკრონებით (მილიმეტრის მეათასედი ნაწილი)

ფარულთესლიანი მცენარეების უჯრედების ზომები შედარებით დიდია. მნიშვნელოვნად დიდი ზომისაა ქსოვილების დამცველი პარენქიმული უჯრედები. მაგ: ტუბერის ან წვნიანი ნაყოფის უჯრედების სიგრძე შეიძლება იყოს 1მმ ან მეტი. შედარებით დიდი ზომისაა საკანაფე ბოჭკოს პროზენქიმული უჯრედები (სელის და კანაფის – 20-40მმ, ჭინჭრის – 80მმ, რამის 200მმ.)

უმაღლესი მცენარეების გარსი ძირითადად შედგება ცელულოზასაგან, რომელიც დაკავშირებულია პექტინურ ნივთიერებებსა და ლიგნინთან.

ხნოვანებასთან ერთად შეიძლება შეიცვალოს უჯრედის გარსის ქიმიური შედგენილობა. ამ ცვლილებათა სახეებია: გახევება და გაკორპება. გახევების დროს ხდება გარსის ლიგნიფიკაცია ე. ი. ივსება ლიგნინით /$C_{57}H_{60}O_{10}$/ ლიგნინით გაჟღენთილი გარსი ინარჩუნებს წყლისა და წყალხსნარების შეღწევადობის უნარს.

გაკორპების დროს ცელულოზოვანი გარსის მეორადი /შუა/ შრის შუაგულში გადაიდება ცხიმისმაგვარი ნივთიერების – სუბერინის ფირფიტა. გაკორპებული გარსი კარგავს შეღწევადობის უნარს წყლის და აირებისათვის, რის გამოც გაკორპებული გარსიანი უჯრედების პროტოპლასტი ყოველთვის კვდება.

უჯრედის გარსი უჯრედს აძლევს რა ფორმას, ასევე იცავს უჯრედის შიგთავს გარეგან ფაქტორების ზემოქმედებისაგან.

უჯრედის უმნიშვნელოვანესი შემადგენელი ნაწილია ციტოპლაზმა. ციტოპლაზმა ეკვრის გარსს შიგნიდან და ახალგაზრდა უჯრედებში უჯრედის მთელ ღრუს იკავებს.

ციტოპლაზმის ქიმიური შედგენილობა მეტად რთულია. ქიმიური ანალიზების საშუალებით დადგენილია, რომ პროტოპლაზმის მშრალ ნივთიერებაში შედის: ცილები – 63%, ცხიმებისა და ლიპოიდები 21%, ნაცრის – 6,5% და სხვა ნივთიერებები 9,5%

ციტოპლაზმა შეიცავს 80-85% - მდე წყალს.

ციტოპლაზმის შემადგენლობაში შემავალი ნივთიერებები კოლოიდურ მდგომარეობაში არიან.

ციტოპლაზმის ცილები დიდი ჰიდროფილურობით ხასიათდებიან ე.ი. მათ მოლეკულების ირგვლივ წყლის მოლეკულათა მნიშვნელოვანი რაოდენობის შეკავების უნარი აქვთ.

კოლოიდურ ნაწილაკთა ზედაპირით შეკავებულ წყალს კოლოიდურად ბმული წყალი ეწოდება. თავისუფალი წყლისგან განსხვავებით, რომელიც კოლოიდური ნაწილაკების მხრივ უშუალო გავლენას არ განიცდის, ბმული წყალი კარგავს ძვრადობას, გამხსნელის მოვალეობის უნარს და მისი გაყინვის ტემპერატურა ძლიერ ეცემა.

ციტოპლაზმა თავისი აგებულებითა და შედგენილობით არაერთგვაროვანია. ანსხვავებენ ზედაპირულ შრეს, რომელიც ციტოპლაზმას უჯრედის გარსისგან განაცალკევებს. მას უწოდებენ პლაზმალემას. ამ აპკს იქითაა პლაზმის ძირითადი მასა, მეზოპლაზმა. აპკს რომელიც განაცალკევებს მეზოპლაზმას ვაკუოლისაგან, ტონოპლასტი ეწოდება.

პლაზმალემა – ძირითადად ლიპოიდებისგან შედგება, უფრო ნაკლებად ცილებისგან. მეზოპლაზმაში, პირიქით ლიპოიდებს ცილები ჭარბობენ, ტონოპლასტი კი ლიპოიდთა ორმაგი შრისგან არის წარმოქმნილი, რომელთაგან ერთი – თავის წარმოშობას მეზოპლაზმას უნდა უმადლოდეს, მეორე კი – უჯრედის წვენს. ტონოპლასტი არეგულირებს ციტოპლაზმასა და უჯრედის წვენს შორის ნივთიერებათა ცვლას.

სამუშაო 1.

ციტოპლაზმის ნახევრადშეღწევადობის თვისების დადგენა.

მასალა და მოწყობილობა: 1. სისხლის ყვითელი მარილის $[K_4F_e(CN)_6]_4$ 4%-იანი ხსნარი, 2. სპილენძის ქლორიდი, C_uCI_2 3. ძაფი, მაკრატელი, 4. დოლბანდი, 5. მინის წკირი, 6. ქიმიური ჭიქა.

განმარტება. პლაზმა ნახევრად თხევადი სხეულია. მას არავითარი ფორები ან არხები არა აქვს. ციტოპლაზმის შეღწევადობა ამა თუ იმ გახსნილ ნივთიერებათა მიმართ, ციტოპლაზმის ნივთიერებაში მათი გახსნის უნარზეა დამოკიდებული. თუ შევადარებთ პლაზმის შეღწევადობას წყლისა და ნივთიერებებთათვის, მაშინ ციტოპლაზმის შეღწევადობა ამ უკანასკნელთათვის მნიშვნელოვნად ნაკლები აღმოჩნდება. მრავალ ნივთიერებას საერთოდ ციტოპლაზმის ნივთიერებათა მასაში გახსნის უნარი არ აქვს. ე.ი. ციტოპლაზმა მათ მიმართ შეუღწევადია.

აქედან გამომდინარე, პლაზმა წყლისა და მასში გახსნილ ნივთიერებათათვის ერთნაირად შეღწევადი არ არის, მას ნახევრადშეღწევად სხეულთა რიცხვს მიაკუთვნებენ. ციტოპლაზმის ნახევრადშეღწევადობის ქვეშ ნაგულისხმევია მისი უნარი თავის ფენებში გაატაროს წყალი და არ გაუშვას ან ძლიერ შეაკავოს წყალში გახსნილ ნივთიერებათა შეღწევა. ნახევრადშეღწევადობა გამოსახავს გამხსნელისა და

გახსნილი ნივთიერებების მიმართ ციტოპლაზმის სხვადასხვა ურთიერთობას. ციტოპლაზმის ნახევრადშეღწევადობის უნარს არეგულირებს მისი განაპირა შრეები-პლაზმალემა და ტონოპლასტი, რადგანაც მათ შემადგენლობაში ცილებს ჭარბობს ლიპოიდები.

ზედაპირულ ციტოპლაზმურ აპკებს – პლაზმალემასა და ტონოპლასტს სხვადასხვა აგებულება აქვთ. პლაზმალემა ლიპოიდების მონომოლეკულური აპკია,ხოლო ტონოპლასტი ლიპოიდთა მოლეკულების ორი შრისაგან შემდგარი აპკი. სხვადასხვა აგებულების გამო მათი შეღწევადობაც განსხვავებულია. პლაზმალემა უფრო შეღწევადია, ვიდრე ტონოპლასტი. პროტოპლაზმის შეღწევადობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: ქიმიურ შედგენილობაზე, აგებულებაზე, აგრეთვე როგორც ზედაპირული პლაზმატური აპკების, ისე უჯრედში შეღწევადი ნივთიერებების ელექტრელ დამუხტვაზე.

ორგანული ნივთიერებები, უჯრედში შეღწევის უნარის მიხედვით, იყოფიან ნივთიერებათა ორ ჯგუფად – პოლარული და არაპოლარული. პორალური შენაერთები, რომელთაც ორმაგი და სამმაგი კავშირები აქვთ, უჯრედში ძნელად შეაღწევენ. არაპოლარული შენაერთები, რომლებიც ელექტრონეიტრალურები არიან და რომელთა ტიპური წარმომადგენლები ნახშირწყალბადებია უჯრედში შედარებით სწრაფად შეაღწევენ.

ზოგიერთი ორგანული ნივთიერება შეიცავს როგორც პოლარულ, ისე არაპოლარულ ჯგუფებს. ასეთ შენაერთებში ერთი ჯგუფის სიჭარბე მეორეზე საზღვრავს უჯრედში მათ შეღწევადობის უნარს. მაგალითად ეთილის სპირტი /CH_3CH_2OH/ ისევე როგორც სხვა შენაერთები, რომლებშიც მოლეკულის პოლარული ნაწილი ჭარბობს არაპოლარულს, უჯრედში უფრო ნელა შეაღწევს. შენაერთები ორი OH პოლარული ჯგუფით, ისეთები როგორიცაა ეთილენგლიკოლი /OH CH_2 CH_2 OH/ ციტოპლაზმაში ნელა შეაღწევს, ხოლო ნივთიერებები სამი OH-ჯგუფით, როგორიცაა, მაგალითად, გლიცერინი, შეაღწევს გაცილებით ნელა. ექვსატომიანი სპირტისათვის, რომელიც შეიცავს ექვს OH- ჯგუფს, პროტოპლაზმა თითქმის შეუღწევადია.

მოლეკულის არაპოლარულობის ხარისხზე შეღწევადობის დამოკიდებულობის შესახებ წარმოდგენა საშუალებას გვაძლევს სარეველებსა და მავნე მწერებთან საბრძოლველად ყველაზე მეტად აქტიური შხამიანი ნივთიერებების /ჰერბიციდების/ შექმნის თეორიულ საფუძველს. ჰერბიციდები, რომლებიც შეიცავენ უფრო მეტ არაპოლარულ ჯგუფებს, უფრო აქტიურები არიან, რადგან უფრო სწრაფად შეაღწევენ უჯრედში. მეორე მხრივ, მღრღნელ მწერებთან საბრძოლველად უფრო ხელსაყრელია გამოვიყენოთ ისეთი შხამიანი ნივთიერებები, რომლებიც უფრო მეტ პოლარულ ჯგუფებს შეიცავენ და ამიტომ უფრო ძნელად შეაღწევენ უჯრედებში და ნაკლებად ავნებენ თვით მცენარეს.

არაორგანული ნივთიერებების შეღწევა უჯრედში მნიშვნელოვნად უფრო ნელა ხდება, ვიდრე არაპოლარული ორგანული შენაერთების. ერთვალენტიანი კათიონები და ანიონები, როგორიცაა K^+, Na^+, B^-, Cl^-, ჩვეულებრივ უფრო სწრაფად შეაღწევს პროტოპლაზმაში, ვიდრე ორვალენტიანი Sr^{++}, Ca^{++}, და SO_4^{--}, ხოლო კიდევ უფრო ნელა შეაღწევენ სამვალენტიანები.

ძლიერ დისოცირებული არაორგანული მჟავები და ტუტეები, ისეთები როგორიცაა HCl და KOH შეაღწევენ ძალზე ნელა მაშინ, როდესაც სუსტი მჟავები და ტუტეები, როგორიცაა H_2CO_3 და NH_4OH შედარებით სწრაფად შეაღწევენ. აირები – ნახშირორჯანგი, ჟანგბადი, ამონიაკი, გოგირგწყალბადი – სწრაფად შეაღწევენ უჯრედში. გახსნილი ნივთიერებები უჯრედში შეიძლება შევიდნენ მთელი მოლეკულებითა და ცალკეული იონებით. წყალი და პრაქტიკულად არადისოცირებული შენაერთები, ისეთები, როგორიცაა შაქრები, უჯრედში შეაღწევენ

მთელი მოლეკულების სახით, ელექტროლიტები კი როგორც მთელი მოლეკულების, ისე ცალკეული იონების სახით.

პლაზმის ზედაპირული აპკის სხვადასხვა შეღწევადობა უჯრედის მნიშვნელოვანი შეგუებულობის თვისებაა. ეს მას საშუალებას აძლევს სხვადასხვა ქიმიური შედგენილობის არეებში შეინარჩუნოს შედარებით ერთნაირი შედგენილობა. ამის გამო წყლის მცენარეების უჯრედებიდან არ გამოირიცხებიან ბიოლოგიურად ისეთი მნიშვნელოვანი ნივთიერებები, როგორიცაა მაგალითად შაქრები. ამ თვისებების გარეშე წყალქვეშა მცენარეების არსებობა შეუძლებელი იქნებოდა. მაგრამ მეორე მხრივ, ისეთი ნივთიერებები, როგორიცაა ჟანგბადი, რომელიც წარმოიქმნება მწვანე უჯრედებში ფოტოსინთეზის დროს და ნახშირორჯანგი, რომელიც წარმოიქმნება სუნთქვის დროს, თავისუფლად გადიან ზედაპირულ პლაზმატურ აპკებში.

სამუშაოს მიმდინარეობა: ცდის ჩასატარებლად ვიღებთ დოლბანდის ნაჭერს, მასში ვახვევთ სპილენძის ქლორიდის $CuCl_2$ ფხვნილს და მჭიდროდ გამოვკრავთ ძაფით. თუ $CuCl_2$ მოცემულია კრისტალების სახით, მაშინ კრისტალს გამოვაბამთ ძაფს და ჩავუშვებთ სისხლის ყვითელი მარილის 4% ხსნარში, რომელიც ჩასხმულია შუშის მომაღლო ცილინდრში.

რამდენიმე ხნის შემდეგ დოლბანდის პარკიდან დაიწყება ბუშტების გამოსვლა და პარკის გარშემო ახალ-ახალი ბუშტების გაჩენა. ამ ბუშტებს ტრაუბე უწოდებდა ”ხელოვნურ უჯრედს”.

ამ მოვლენის ახსნა ასეთია: როდესაც $K_4 Fe (CN)_6$ 4% -იანი ხსნარი დაასველებს $CuCl_2$ -ის ფხვნილს, მათ შორის ხდება რეაქცია.

$$2\ CuCl_2 + K_4 Fe (CN)_6 – Cu_2Fe(CN)_6 + 4\ KCl$$

მიღებული $Cu_2\ Fe(CN)_6$ -ის ნაერთი მიხაკისფერი აპკია, რომელსაც აქვს ნახევრად ჟონვადობის /შეღწევადობის/ თვისება, რითაც რამდენადმე მიემსგავსება ციტოპლაზმის ჟონვადობა – შეღწევადობას. წარმოდგენილი აპკი უკეთესად ატარებს შიგნით წყალს, ვიდრე მასში გახსნილ სისხლის ყვითელ მარილის $K_4Fe(CN)_6$ ხსნარს. ამის გამო აპკსა და ფხვნილს შორის მიიღება $CuCl_2$ -ის სხნარი, რომლის კონცენტრაცია თანდათანობით იზრდება, რადგან მასში იხსნება სპილენძის ქლორიდის ახალ-ახალი რაოდენობა /ულუფები/, ეს კი ხელს უწყობს აპკის შიგნით წყლის მეტი რაოდენობით შეღწევას, რაც იწვევს აპკზე დაწოლის გაძლიერებას, /ტურგორს/. აპკი ვერ უძლებს შინაგან ძლიერ დაწოლას, სკდება რამდენიმე ადგილას და გამოიღვრება $CuCl_2$-ის ხსნარი.

რაც შეეხება $Ku\ Fe\ (CN)_6$, მაშინვე მოხდება რეაქცია და ისევ წარმოიქმნება ახალი აპკი და აპკის შიგნით მაღალი კონცენტრაცია, რომელიც კიდევ იწოვს წყლის ახალ-ახალ ულუფებს. ამის გამო შიგნით იზრდება დაწოლა და აპკი სკდება, კიდევ მიიღება ახალი აპკები და ა.შ. მიიღება მთელი რიგი ბუშტებისა. ზოგიერთი ამ ბუშტთაგანი სიმძიმის გავლენითა და ამასთანავე აპკის სისუსტის გამო, წყდება და ვარდება ჭურჭლის ფსკერზე.

პირველ ხანებში აპკი თხელია, გამჭირვალე. მის შიგნით მოჩანს მწვანე ხსნარი, შემდეგში კი რამდენადაც მასში მეტი რაოდენობით შევა სისხლის ყვითელი მარილი, აპკი იმდენად სქელდება და ღებულობს მიხაკის ფერს.

ეს სამუშაოები საინტერესოა იმ მხრივ, რომ წარმოიქმნება რა $Cu_2\ Fe(CN)_6$-ის აპკი, იგი ნახევრად ჟონვა – შეღწევადობის საქმეში რამდენადმე მიემსგავსება ციტოპლაზმის ჟონვადობას.

სამუშაო 2.

პლაზმოლიზისა და დეპლაზმოლიზის მოვლენა.

მასალა და მოწყობილობა: 1. წყლის მცენარე ელოდეა ან ვალესნერია 9. 2. კალიუმის გვარჯილის /KNO_3/ მოლური ხსნარი, 3. საწვეთური, 4. მინის წკირი, 5. ლანცეტი 6. სასაგნე და საფარი მინები, 7. წყლიანი ჭიქა, 8. ფილტრის ქაღალდი, 9. მიკროსკოპი და სხვ.

განმარტება. მცენარეული უჯრედის მიერ წყლის შთანთქმის აუცილებელი პირობაა უჯრედის წვენის ოსმოსური პოტენციალის სიჭარბე გარეგანი ხსნარის ოსმოსურ პოტენციალთან შედარებით. წინააღმდეგ შემთხვევაში უჯრედი არა თუ ვერ შეძლებს გარედან წყლის მიღებას, არამედ იძულებულიც კი იქნება წყლის ნაწილი მისცეს გარე ხსნარს. უჯრედის გარეთ მყოფი უფრო კონცენტრირებული ხსნარის მიერ წყლის გამოწოვით განპირობებული უჯრედის გაუწყლოება იწვევს მოვლენას, რომელსაც პლაზმოლიზი ეწოდება.

წყლით საკმაოდ უზრუნველყოფილ უჯრედში, უჯრედის წვენი ავითარებს ჰიდროსტატიკურ წნევას, რომელიც შიგნიდან ჭიმავს პლაზმას. უჯრედის წვენის წნევა, რასაც ციტოპლაზმა განიცდის, გადაეცემა გარსს და გარსიც იჭიმება. დაჭიმულ მდგომარეობაში მყოფ უჯრედს ტურგესცენტული ეწოდება, ხოლო თვით გარსის დაჭიმულ მდგომარეობას – ტურგორი.

უჯრედის მოთავსებისას ხსნარში, რომლის ოსმოსური პოტენციალიც უჯრედის ოსმოსურ პოტენციალზე მაღალია, მაღალი ოსმოსური პოტენციალის მქონე გარე ხსნარი იწყებს წყლის გამოწოვას უჯრედის წვენიდან, ციტოპლაზმა მცირდება მოცულობაში, იგი უჯრედის კუთხეებში დასცილდება გარსს, შემდეგ კი სავსებით კარგავს მასთან კავშირს. ციტოპლაზმასა და გარსს შორის წარმოქმნილი არე გარე ხსნარით ივსება. ასეთი სახის მქონე უჯრედს პლაზმოლიზებელს უწოდებენ, ხოლო თვით გარსიდან პლაზმის დაცილების მოვლენას კი, რაც უჯრედის წვენის გაუწყლოებით არის განპირობებული, პლაზმოლიზი ეწოდება.

უჯრედის ხანგრძლივი დაყოვნებისას მაპლაზმოლიზებელ ნივთიერებაში კვლავ იზრდება უჯრედის მოცულობა, მატულობს მისი წნევა ციტოპლაზმაზე და უჯრედი აღიდგენს თავის ტურგორს. უჯრედის დაბრუნებას პლაზმოლიზებული მდგომარეობიდან ტურგესცენტულში ეწოდება დეპლაზმოლიზი. უჯრედის დეპლაზმოლიზი კი იმით აიხსნება, რომ მაპლაზმოლიზებელი ნივთიერება მართალია ნელა, მაგრამ მაინც შეაღწევს ვაკუოლში და იზრდება უჯრედის წვენის ოსმოსური პოტენციალიც, გადაამეტებს რა გარე ხსნარის პოტენციალს, უზრუნველყოფს წყლის შესწავლას უჯრედში.

სამუშაოს მიმდინარეობა: სამართებლით გაკეთდეს ისეთი უჯრედების ეპიდერმისის ანათალი, რომელიც ანტოციანის შემცველია. უჯრედთა ეპიდეპმისი, რომ არ დაზიანდეს, სასურველია ანათალში უჯრედთა ორი შრე მოჰყვეს.

ანათალი /შედებილი უჯრედის წვენის მქონე უჯრედები/ მოვათავსოთ სასაგნე მინაზე დაწვეთებულ წყალში, დავაფაროთ საფარი მინა და გავსინჯოთ მიკროსკოპში. შემდეგ /სასაგნე მინაზე არსებული/, წყალი შევცვალოთ სახაროზის 1 M ხსნარით. საფარი მინისქვეშ არსებული წყლის ერთ მხარეზე საქაროზის მოლური ხსნარი დავასხათ, მეორე მხრისკენ კი ფილტრის ქაღალდის ნაწერი მოვათავსოთ. ქაღალდი წყალს შეიწოვს, მის ადგილს კი საქაროზა დაიკავებს და მცენარეული მასალა საქაროზის ხსნარში აღმოჩნდება. მომზადებულ პრეპარატს ვსინჯავთ მიკროსკოპში. 15-20 წთ-ში მივიღებთ მკაფიოდ გამოსახულ პლაზმოლიზს. პლაზმოლიზებულ უჯრედებს თუ ისევ ჩვეულებრივ წყალში მოვათავსებთ, შევნიშნავთ, რომ წყალი

დაიწყებს უჯრედებში შესვლას, პროტოპლაზმა აღიდგენს პირვანდელ მდგომარეობას, ე.ი. მოხდება დეპლაზმოლიზი.

მომზადდეს ეპიდერმისის მეორე ჭრილიც, მოვათავსოთ იგი სასაგნე მინაზე უფრო მოზრდილ წყლის წვეთში და ოდნავ წამოვადუღოთ სპირტქურაზე /წამოდუღებისას სასაგნე მინაზე წყალი არ უნდა აშრეს/. სასაგნე მინაზე დარჩენილი წყალი ფილტრის ქაღალდით გამოვწოვოთ, ხოლო სასაგნე მინაზე წყლის ადგილი დავაკავებინოთ სახაროზის 1 M ხსნარს, დავახუროთ საფარი მინით და ასეთნაირად მომზადებული პრეპარატი გავსინჯოთ მიკროსკოპში. დავაკვირდეთ და დავადგინოთ ხდება თუ არა უჯრედებში პლაზმოლიზი. თუ არ ხდება რატომ?

დაკვირვების შედეგები ჩავიწეროთ. ჩავხატოთ უჯრედის ძირითადი შემადგენელი ნაწილები, ასოებით ვაჩვენოთ პლაზმოლიზის და დეპლაზმოლიზის პროცესები.

სამუშაო 3.

დაკვირვება ჩაჩისებურ პლაზმოლიზზე

მასალა და მოწყობილობა: 1. ხახვი; 2. მიკროსკოპი; 3. სასაგნე და საფარი მინები; 4. მინის წკირები; 5. სამართებელი; 6. KNO_3-ის მოლური ხსნარი.

განმარტება. როგორც უკვე ავღნიშნეთ, ზედაპირულ პლაზმატურ აპკებს - პლაზმალემასა და ტონოპლასტს სხვადასხვა აგებულება აქვთ. პლაზმალემა ლიპოიდების მონომოლეკულური აპკია, ხოლო ტონოპლასტი - ლიპოიდთა მოლეკულების ორი შრისგან შემდგარი აპკი. სხვადასხვა აგებულებასთან დაკავშირებით მათი შეღწევადობაც განსხვავებულია. პლაზმალემა უფრო შეღწევადია, ვიდრე ტონოპლასტი. ამაში ადვილად გვარწმუნებს ჩაჩისებრი პლაზმოლიზი. ჩაჩისებრი პლაზმოლიზი ეწოდება ისეთ პლაზმოლიზს, რომლის დროსაც შეიმჩნევა მეზოპლაზმის ძლიერი გაჯირჯვება. ეს გაჯირჯვება ვლინდება იმაში, რომ პლაზმოლიზებული პროტოპლასტის ბოლოებში წარმოიქმნება პლაზმის ჩაჩი.

ჩაჩისებური პლაზმოლიზი წარმოიშვება მარილების მოქმედებით, რომელნიც პლაზმალემის გავლით აღწევენ მეზოპლაზმას და იწვევენ მის /ე.ი. მეზოპლაზმის/ გაჯირჯვებას. ეს მარილები ტონოპლასტს შიგნით ვერ აღწევენ, ანდა გადიან მეტად ნელა.

მუშაობის მიმდინარეობა ხახვის ეპიდერმისის ანათლებს, რომლის უჯრედებიც შეიცავენ წითელ უჯრედოვან წვენს, 1 სთ-ით ათავსებენ კალიუმის გვარჯილის 1,0 მოლურ ხსნარში. მიკროსკოპული გასინჯვის დროს მთელ რიგ უჯრედებში ნათლად მჟღავნდება ჩაჩისებრი პლაზმოლიზი. უჯრედის პლაზმალემა და ბირთვი მოცულობაში მეტისმეტად იზრდებიან. მეზოპლაზმის სისქე იმდენად მნიშვნელოვანი ხდება, რომ ღებულობს ჩაჩისებრი გროვების სახეს, რომლებიც დაკიდებულია შეღებილ ვაკუოლზე. ციტოპლაზმის მოცულობის ეს ზრდა /ჩაჩი/ შეპირობებულია კალიუმის იონების გამათხევადებელი მოქმედებით. კალიუმის იონები პლაზმალემის საშუალებით შედარებით ადვილად შეაღწევენ მეზოპლაზმაში და უფრო ნელაშეაღწევენ შემდეგ ვაკუოლში, რაც გვიჩვენებს, რომ ტონოპლასტი კალიუმის იონებისთვის გაცილებით ნაკლებად შეღწევადია. ამის შემდეგ აწარმოებენ ცალკეული უჯრედების ჩახატვას, სადაც კარგად გამოხატულია ჩაჩისებური პლაზმოლიზი.

სამუშაო 4.

შეღებვის მეთოდით თესლის ცხოველმყოფელობის განსაზღვრა.

მასალა და მოწყობილობა: 1. მეცადინეობის დაწყებამდე რამდენიმე სთ-ით ადრე წყალში დამბალი ბარდას თესლი /მუშაობისთვის სასურველია აღებული იქნეს თესლები, რომელთა აღმოცენების უნარი 80-%-ზე მეტი არაა/ 2. ინდიგოკარმინის ხსნარი 1:2000 /ე. ი. 0,5 გ. 1ლ გამოხდილ წყალზე/; 3. ფაიფურის ან მინის ჯამი; 4. ჭიქა ნახერხით; 5. საპრეპარატო ნემსი. 6. თეფში; 7. მინაზე მწერი ფანქარი.

განმარტება. თესლის აღმოცენების უნარის განსაზღვრისთვის თესლთა შეღებვის წესი დაფუძნებულია საღებავისთვის /მაგ. ინდიგოკარმინი, მუავე ფუქსინი/ ცოცხალი ციტოპლაზმის გაუმტარებლობაზე, მაშინ როდესაც მკვდარი ციტოპლაზმა ადვილად იღებება. არის შემთხვევები, როდესაც ჩანასახი მკვდარია და მაინც საღებევში თესლის ჩაშვებისას იგი არ იღებება, რადგანაც თესლის ჩანასახის გარშემომფენი ნაწილი არ ატარებს საღებავს. ამისათვის აუცილებელია ჩანასახის წინასწარი გაშიშვლება /კანის შემოცლა/. ენდოსპერმიან თესლებს ჩანასახი უნდა მოვაცილოთ ან თესლი სიგრძეზე გაიჭრას, ხოლო უენდოსპერმო თესლებს მოვაცილოთ თესლსაფარი.

სამუშაოს მიმდინარეობა. არჩევის გარეშე ავთვალოთ წყალში გაღივებული ბარდის ათი თესლი და ფრთხილად, ლებნების დაუზიანებლად საპრეპარატო ნემსით კანისგან გავწმინდოთ. გაწმენდილ თესლებს დავასხათ ინდიგოკარმინის ხსნარი და დავტოვოთ მასში 30--40წთ, ამის შემდეგ საღებავი უკან ბოთლში გადავასხათ, ხოლო თესლები კი საღებავის ზედმეტი ნაწილისაგან წყლით ჩავრეცხოთ. გამოვთვალოთ თესლები, რომელთაც არ აქვთ აღმოცენების უნარი /ლურჯ ფერად შეღებილი, სუსტად შეღებილი და შეუღებავი თესლები.

სამუშაო 5.

პლაზმის ჟონვადობის ცვლილება დაზიანების დროს.

მასალა და მოწყობილობა: 1. 30%-იანი ძმარმჟავა; 2. 50%-იანი სპირტი; 3.ქლოროფორმი; 4. წყალი; 5. ჭარხლის ნაჭერი; 6. სინჯარები; 7. სპირტქურა; 8.სახაზავი.

განმარტება; ცოცხალ პლაზმას აქვს თვისება შეაკავოს და არ გაატაროს უჯრედის წვენში არსებული ნივთიერება. ხოლო არაცოცხალი ციტოპლაზმა კარგავს ნივთიერებათა შერჩევით გატარების უნარს, რის შემდეგ უჯრედის წვენში არსებული ნივთიერებანი თავისუფლად გამოდის გარეთ. ასეთი მოვლენა განსაკუთრებით მაშინ შეინჩნევა, როდესაც უჯრედის წვენი შეფერილია.

მუშაობის მიმდინარეობა: სუფთად გარეცხილი წითელი ჭარხლის რბილი ნაწილისაგან გამოჭრიან თანაბარი ზომის 1,5 - 2სმ-ის სიგრძისა და 0,5 - 0,7 სმ-ის სიგანის ნაჭრებს და რეცხავენ წყლით მანამ, სანამ არ შეწყდება წითელი პიგმენტების გამოყოფა. მოათავსებენ 5 სინჯარაში თითო-თითო ნაჭერს.

№1 სინჯარაში მოთავსებულია ადუღებული წყალი /გაციებული/.

№2 სინჯარაში - ადუღებული წყალი

№3 სინჯარაში - 10 მლ. ადუღებული წყალი, 6 წვეთი ქლოროფორმი.
№4 სინჯარაში - 10 მლ. 30%-იანი ძმარმჟავა.
№5 სინჯარაში - 10 მლ. 50%-იანი სპირტი.

№2 სინჯარაში მოთავსებულ ჭარხლის ნაჭერს ადუღებენ 1 წთ-ის განმავლობაში. შემდგომ გადაასხამენ ცხელ წყალს.

ყველა სინჯარას დააყოვნებენ 1სთ-ის განმავლობაში. ამის შემდეგ თითოეულ სინჯარაში აღნიშნავენ ხსნარის შეფერვას და აკეთებენ დასკვნას თუ როგორ იმოქმედა ციტოპლაზმის ჟონვადობაზე მაღალმა ტემპერატურამ, ნარკოზულმა ნივთიერებებმა /ქლოროფორმა/ და შხამებმა /ძმარმჯავამ და სპირტმა/.

სამუშაო 6.

პლაზმური მეთოდით უჯრედის ოსმოსური წნევის განსაზღვრა.

მასალა და მოწყობილობა: 1. ლურჯი ხახვის ბოლქვი ან ტრადესკანციის ფოთოლი; 2. NaCl-ის ან სახაროზის 1M ხსნარი; 3. გამოხდილი წყალი; 4. ბიურეტები ძაბრით /2/. 5. საათის მინები; 6. ქილები ან ტიგელები ხსნარებისათვის /7/. 7. სახურავი ან მინის ნაჭრები ქილების დასახურავად /7ბ/; 8. მიკროსკოპი; 9. საფარი და სასაგნე მინები; 10. ლანცეტი; 11. სამართებელი; 12. საპრეპარატო ნემსი; 13. ფუნჯი; 14. მინის წკირები; 15. ჭიქა ადუღებული წყლით; 16. ფილტრის ქაღალდის ნაჭრები; 17. მინაზე საწერი ფანქარი; 18. ოთახის თერმომეტრი.

განმარტება. წნევას, რომელიც შეიძლება ხსნარმა განავითაროს და ნახევრად შეღწევადი აპკით შეიწოვოს წყალი, ოსმოსური ეწოდება. რომელიმე ხსნარის ოსმოსური წნევის სიდიდე პირდაპირპროპორციულია მისი კონცენტრაციის ე.ი. მოცულობის ერთეულში გახსნილი ნაწილაკების რიცხვის და აბსოლუტური ტემპერატურის. უჯრედის წვენის კონცენტრაცია, რომელიც ორგანულ და მინერალურ ნივთიერებათა დიდი რაოდენობის სხვადასხვაგვარი ხსნარია, უმეტესად ისაზღვრება მისი ოსმოსური წნევის სიდიდით. უჯრედის წვენის ოსმოსური წნევის განსაზღვრის ყველაზე მარტივი პლაზმოლიზური მეთოდია. ცნობილი, რომ პლაზმოლიზი შეიძლება გამოიწვიოს მხოლოდ ჰიპერტონულმა ხსნარებმა, მაშინ როდესაც იზოტონურ და ჰიპოტონურ ხსნარებში პლაზმოლიზი არ შეინიშნება.

პლაზმოლიზური მეთოდით უჯრედის წვენის ოსმოსური წნევის განსაზღვრისათვის საკვლევი ქსოვილი ჭრილები თავსდება ცნობილი კონცენტრაციის რიგ ხსნარებში. პლაზმოლიტიკად ჩვეულებრივ სახაროზას იყენებენ, თუმცა შეიძლება კარგი შედეგები იქნეს მიღებული ქლორონატრიუმის ხსნარის გამოყენების დროსაც. ნახულობენ ისეთ ხსნარს, რომელიც იწვევს პლაზმოლიზის /კუთხეებში/ დაწყებას. ამასთან ასეთი ოდნავ შესამჩნევი პლაზმოლიზი უნდა შეინიშნებოდეს ხსნარში ჩაშვებულ უჯრედთა 50%-ის მიმართ. იზოტონური ხსნარი მოთავსებული იქნება ამ ხსნარსა და შემდგომ უფრო სუსტ ხსნარს შორის /რომელიც პლაზმოლიზს არ იწვევს/. აქედან გამომდინარეობს, რომ იზოტონური ხსნარის კონცენტრაცია მოსაზღვრე /მეზობელ/ ხსნართა კონცენტრაციების საშუალო არითმეტიკულის ტოლი იქნება.

ადგენენ რა იზოტონური ხსნარის კონცენტრაციას, ოსმოსურ წნევას ანგარიშობენ, ვანტ-ჰოფის მიხედვით.

$$P=RTCI$$

სადაც
P– არის ოსმოსური წნევა ატმოსფეროებში
R– უნივერსალური გაზთა მუდმივა / 0,0821 /
T–აბსოლუტური ტემპერატურა / 273+t^0C /
C–ხსნარის კონცენტრაცია მოლებში
I–იზოტონური კოეფიციენტი
არაელექტროლიტებისათვის, მაგალითად სახაროზისთვის --- 1.

ელექტროლიტი ხსნარებისთვის სიდიდე --- დამოკიდებულია იონების რიცხვზე, რომლებზედაც მოლეკულები იშლებიან და დისოციაციის ხარისხზე.
მნიშვნელობა --Nacl ხსნარებისთვის მოცემულია ცხრილში №1

ცხრილი 1.

კონცენტაცია ---------	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,01
იზოტონური კოეფიციენტი	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,73	1,75	1,78	1,83	1,93

მუშაობის მიმდინარეობა. მომზადდეს Nacl -ის ან სახაროზის 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; და 0,1 კონცენტრაციის ხსნარები. ჩავასხათ ქილებში სათანადო მოლური ხსნარები. ქილებზე უნდა იქნეს წარწერები, თუ რომელში რომელი მოლური ხსნარია.
მოლურ ხსნართა დამზადებისთვის შემდეგნაირად ვიქცევით; ასე მაგ. 10 მლ. 0,7 M ხსნარის მოსამზადებლად საჭიროა ავიღოთ 7 მლ ხსნარი და 3 მლ წყალი. 0,6 M ხსნარის მოსამზადებლად –– 6 მლ ხსნარი და 4 მლ წყალი და ა.შ. კარგად არევის შემდეგ აორთქლების თავიდან ასაცილებლად ვხურავთ მათ თავისივე სახურავით ან მინის ფირფიტით.
სამართებლის საშუალებით მომზადდეს საკვლევი ქსოვილების 14 ჭრილი: მაგ. ლურჯი ხახვის კანი მოვათავსოთ წყლიან საათის მინაზე / წყალი უნდა გადადუღდეს, რათა მასში არ იქნეს ჰაერის ბუშტები /. წყალში ჭრილების ჩაშვებისას დაზიანებული უჯრედების ზედაპირიდან გადმოდინებული წვენი მოირეცხება და ყველა ჭრილის ერთნაირი მდგომარეობა მიიღწევა რამდენიმე წუთის შემდეგ ფუნჯით /ჯაგრისით/ წყლიდან ამოიღება ჭრილები, გავაშრობთ მათ ფილტრის ქაღალდით და ყოველ ხსნარში უმაღლესი კონცენტრაციიდან უმდაბლესამდე ჩავდებთ ორ-ორ ჭრილს.
საყურადღებოა ის, რომ ჭრილები ხსნარის ზედაპირზე კი არ უნდა ტივტივებდნენ, არამედ ჩაშვებული უნდა იყოს სითხეში /თუ ჭრილი ტივტივებს საპრეპარატო ნემსით, ჩავძიროთ/, 20-30 წთ-ის შემდეგ კონცენტრაციების თანმიმდევრობით სასაგნე მინაზე მოთავსებულ ხსნარის წვეთში მყოფი ჭრილები გავსინჯოთ მიკროსკოპში. მინის წკირი /რომლითაც ხსნარი გადაგვქონდა სასაგნე მინაზე/, ფუნჯი, მინები უსათუოდ უნდა გაირეცხოს მუშაობის შემდეგ, გაიწმინდოს სუფთა ტილოთი ან ფილტრის ქაღალდით.
ცდის შედეგები გავაფორმოთ ცხრილი 2-ის შევსებით.

ცხრილი 2.

ხსნარის კონცენტრაცია მოლებში - M	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
პლაზმოლიზის ხარისხი							
უჯრედების სურათი							

მეორე სტრიქონში უნდა ვუჩვენოთ რა მდგომარეობაშია ჭრილის უჯრედთა უმეტესობა. მესამე სტრიქონში სქემატურად უნდა ჩაიხატოს ერთი უჯრედი, რომელიც დამახასიათებელი იქნება მოცემული ჭრილისთვის.

მოვძებნოთ იზოტონური კონცენტრაცია და ვანტ-ჰოფის განტოლებით გამოვიანგარიშოთ უჯრედის წვენის ოსმოსური წნევა.

გაკეთდეს დასკვნა, იმ დამოკიდებულებაზე რაც არის გარემო ხსნარის კონცენტრაციასა და უჯრედების პლაზმოლიზის ხარისხს შორის.

სამუშაო 7.

უჯრედის შემწოვი ძალის განსაზღვრა /უშპრუნგის გამარტივებული მეთოდი/

მასალა და მოწყობილობა: 1. კარტოფილის ტუბერი; 2. ქლორიანი ნატრიუმის 1% ხსნარი; 3. გამოხდილი წყალი; 4. ბიურეტები /2ცალი/ ძაბრებით; 5. ფილტრის ქაღალდი; 6. თეფში; 7. დანა დიდი /სამზარეულოსი/ 8. ლანცეტი; 9. პეტრის ჯამის სახურავები /7ცალი/ 10. პინცეტი; 11. მინაზე საწერი ფანქარი; 12. მინის ნაჭერი სწორი კუთხეებით სასაგნე მინა/; 13. მილიმეტრებიანი ქაღალდი 1X10 სმ-ზე; 14. ოთახის თერმომეტრი.

განმარტება. ხსნარს, რომელსაც უჯრედის წვენზე მეტი შემწოვი ძალა აქვს მასში საკვლევი მცენარეული ქსოვილის ნაჭრების მოთავსებისას, ქსოვილი წყალს ართმევს და მისი ზომა მცირდება. ხოლო თუ უჯრედების შემწოვი ძალა მეტია ხსნარის შემწოვ ძალაზე, მაშინ უჯრედები იწოვენ წყალს და მოცულობაშიც მატულობს. უჯრედებისა და ხსნარის შემწოვ ძალათა ტოლობისას, უჯრედების ზომა უცვლელი რჩება.

სამუშაოს მიმდინარეობა. მომზადებული იქნეს Nacl-ის 20 მ-ლის მოცულობით შემდეგი კონცენტრაციის ხსნარები: 1,0; 0,8; 0,6; 0,4; 0,2 და 0,1 ჯამში შესაბამისი მოლური ხსნარის რაოდენობა და გამოხდილი წყალი კარგად ერევა ერთმანეთში. ერთ ჯამზე დავასხათ წმინდა /სუფთა/ წყალი. კარტოფილის ტუბერიდან დანით გამოვჭრათ 3-4 მმ-სისქის ფირფიტა /რეკომენდებულია ანათალი გაკეთდეს ტუბერის განივ ჭრილზე. რაც უფრო გრძელია ანაჭერი, მით უკეთესია ამ ფირფიტიდან გამოვჭრათ სწორკუთხედი 40-60 მმ-ის სიგრძის /თუ მეტი სიგრძის იქნება სჯობია/, ამის შემდეგ ეს სწორკუთხედი დავჭრათ რამდენიმე ცალად /გამზადებული ხსნარების რაოდენობის მიხედვით/, ერთნაირი ზოლების სახით, სიგანით 2-3 მმ-ი/ სახაზავის მაგიერ შეიძლება გამოვიყენოთ სწორკუთხოვანი მინა. ნაჭრის სიგრძე გაიზომოს ზუსტად /0,5 მმ-ის სიზუსტამდე/. ნაჭრების მომზადება და გაზომვა სწრაფად უნდა ჩატარდეს, რათა არ

მოხდეს მისი გაშრობა და დაჭკნობა. ამავე დროს მასალა წყალს არ უნდა ეხებოდეს.. მშრალი ტუბერის გაჭრისას გამოდინებული წვენი ფილტრის ქაღალდით უნდა იქნეს მოცილებული /ამშრალი/.

ტუბერიდან გაკეთებული თითოეული გამონაჭერი ჩავუშვათ განსხვავებული კონცენტრაციის ნატრიუმ ქლორის ხსნარებში. ჭრილები მთლიანად ჩავუშვათ ხსნარში.

30 წთ-ის შემდეგ გავიმეოროთ სიგრძეზე ნაჭრების გაზომვები და შედეგები შევიტანოთ ცხრილში.

ტუბერიდან გაკეთებული გამონაჭრების გაზომვ

ცხრილი 3.

Nacl კონცენტრაცია	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0
ნაჭრების საწყისი ზომა							
ნაჭრების სიგრძე 30 წთ-ის შემდეგ მმ-ში							
სხვაობა მმ-ში							
ტურგორი							

მონაცემი მეოთხე სტრიქონისთვის მიღებული უნდა იქნეს გამოანგარიშებით დიდი სიდიდიდან მცირეს გამოკლებით. ამასთან სიგრძის მომატება აღვნიშნოთ ნიშანი + -ით. ხოლო შემცირება ნიშანი – -ით. უკანასკნელ სტრიქონში აღვნიშნოთ როგორია უჯრედების ტურგორი /ძლიერი, სუსტი, საშუალო თუ სულ არაა,/.

გაკეთდეს დასკვნები, აიხსნას ჭრილების /ზოლების/ სიგრძის ცვლილების მიზეზი და მოიძებნოს ხსნარში ჩაწყობის წინა უჯრედებში არსებული შემწოვი ძალა და სათანადო ფორმულით გამოანგარიშებული იქნეს შესაბმისი ხსნარის ოსმოსური წნევა. S= RTCI

სადაც: S – ქსოვილის შემწოვი ძალა, რომელიც უდრის გარე ხსნარის ოსმოსურ წნევას.

R- გაზის კონსტანტა (მუდმივს) უდრის 0,082.

T- აბსოლიტური ტემპერატურა 273 t^0

C – გარე ხსნარის კონცეტრაცია, რომლის დროსაც ქსოვილის მონაკვეთის სიგრძე არ იცვლება.

I- იზოტონური კოეფიციენტი – 1,5

გ ა ნ ა კ ვ ე თ ი 2

მცენარეთა წყალცვლა

წყლის მნიშვნელობა მცენარისათვის. მცენარეები, ისე როგორც სხვა ცოცხალი ორგანიზმები, შედგებიან წყლისაგან. წყალი არის ციტოპლაზმაზში, დაახლოებით 90%. იგი ვაკუოლში არსებული უჯრედის წვენის 90%-ს შეადგენს. ყველა ფიზიოლოგიური პროცესი უჯრედში წყლის მაღალი შემცველობის დროს მიმდინარეობს. წყლის სულ მცირე დაკარგვაც კი ამცირებს აღნიშნული პროცესების ინტენსიურობას, ხოლო ჰაერმშრალ მდგომარეობამდე ქსოვილების გაუწყლოება, ციტოპლაზმის სიკვდილს იწვევს.

მინერალურ ნივთიერებათა იონების შესვლა უჯრედებში წყლიანი ხსნარებიდან წარმოებს მათი ადსორბციის გზით. ქლოროფილის მატარებელ უჯრედებში ნახშირორჟანგის შესვლაც, აგრეთვე მჭიდროთაა დაკავშირებული წყლიან არესთან და წარმოებს უჯრედების კოლოიდების გამაჯერებელ წყალში ნახშირორჟანგის გახსნის გზით. ამრიგად, წყალი უჯრედის კვებისათვის აუცილებელ ნივთიერებათა გამხსნელია. უჯრედის შიგნით ნივთიერებათა გადამუშავების პროცესები ბიოქიმიური კატალიზატორი-ფერმენტების უშუალო მონაწილეობით წარმოებს, რომელთა მოქმედების ინტენსიურობა და ხასიათი იმით ისაზღვრება, თუ რამდენადაა უჯრედი წყლით ნაჯერი. ამგვარად, არამარტო შეღწევა, არამედ უჯრედებში ნივთიერებათა გადამუშავება მუდმივ დამოკიდებულებაშია წყალზე. როგორც წყალი უზრუნველყოფს უჯრედის კონტაქტს გარემო არესთან, ასევე, ერთიმეორესთან უჯრედების კავშირიც წყლის მონაწილეობით ხორციელდება. წყლის დენასთან ერთად, ადგილი აქვს ფესვიდან ფოთლების და ზრდის წერტილისაკენ გახსნილ მინერალურ ნივთიერებათა მიწოდებას. ასევე მოხმარების ადგილებისაკენ გახსნილი სახით გადადიან ფოთლების მიერ გამომუშავებული ორგანული ნივთიერებებიც.

და ბოლოს, მნიშვნელოვანი ფიზიოლოგიური პროცესი-ფოტოსინთეზი ხასიათდება ნახშირორჯანგიდან-ნახშირბადის, ხოლო წყლიდან-წყალბადის ერთდროულად შეთვისებით.

ამრიგად, წყალი მცენარის სიცოცხლისათვის მეტად მნიშვნელოვანი და აუცილებელია, იგი მრავალმხრივად მოქმედებს მასზე.

ზემოაღნიშნული ყველა მიზნისათვის, მცენარეებს შედარებით წყლის მცირე რაოდენობა ესაჭიროებათ, მიუხედავად ამისა, წყალზე მცენარეთა ფაქტიური მოთხოვნილება ძალიან დიდია. ეს იმით აიხსნება, რომ მცენარის მიწისზედა ნაწილები, გამუდმებით და ძალიან დიდი რაოდენობით კარგავენ წყალს აორთქლებია პროცესში. ფოთლების მიერ წყლის მარაგის დაკარგვა-გაცემა, აუცილებელს ხდის ნიადაგიდან წყლის შეწოვას. მცენარეში მიმდინარე წყალცვლის მთელ ამ ერთიანობას-წყლის რეჟიმი ეწოდება.

მთლიანად წყლის რეჟიმი სამი ელემენტისაგან შედგება. ა) ნიადაგიდან წყლის შეთვისება, ბ) მისი გატარება ფესვის, ღეროსა და ფოთლის ქსოვილებში და გ) წყლის აორთქლება მიწისზედა ორგანოების მიერ, უმთავრესად ფოთლებით /ტრანსპირაცია/.

ყველა ეს სამივე ელემენტი მჭიდრო დამოკიდებულებაშია ერთიმეორესთან, რადგან ნიადაგიდან წყლის შეწოვითა და მცენარეში მისი შემდგომი გადასვლით ხდება მატრანსპირირებელი ფოთლების წყლის მარაგის უზრუნველყოფა. ასევე, მცენარეში წყლის დენის მამოძრავებელი ძალა ტრანსპირაციის პროცესში წარმოიქმნება. მიღებულ და დახარჯულ წყლებს შორის შეფარდებით განისაზღვრება მცენარის წყლის ბალანსი, როდესაც წყლის ხარჯვა აღემატება მის მიღებას, მცენარეებში წყლის დეფიციტია.

სამუშაო 8.

წყლისა და მშრალი ნივთიერებების განსაზღვრა მცენარეულ მასალაში

მასალა და მოწყობილობა: 1. ანალიზური სასწორი, 2. საშრობი კარადა, 3. ბიუქსი, 4. ექსიკატორი.

განმარტება. ცოცხალი მცენარის მუდმივი შემადგენელი ნაწილია წყალი. წყლის ყველაზე მეტი შემცველობით ხასიათდება ზრდის წერტილის ცხოველმოქმედი უჯრედები, ფოთლის მეზოფილი და წვნიანი ნაყოფების რბილობი. აქ, წყლის შემცველობა ნედლი მასის წონის 80-85 %-ს აღწევს. ამ ქსოვილების ფიზიოლოგიური აქტივობა პირდაპირ დამოკიდებულებაშია წყლით უჯრედების ნაჯერობის ხარისხთან. უფრო მეტი წყალია წვნიან ნაყოფებში, მაგ. კიტრში-96% მწიფე პომიდორში -94%, საზამთროში - 92%, ვაშლში-84%, კარტოფილში-77%. ვეგეტაციური ორგანოებიდან წყლით შედარებით მდიდარია, ფოთლები, რომლებშიც წყალი 85%-მდეა.

წყლის შემცველობა მცენარეში არამყარია და იცვლება როგორც დღის განმავლობაში, ისე ვეგეტაციის პერიოდში. ვეგეტაციის პერიოდის ბოლოს წყლის შემცველობა კლებულობს მცენარის ხელოვნური რწყვის დროსაც კი. წყალი აუცილებელია მცენარის აქტიური სინთეზური მოქმედების განხორციელებისთვის, რომელიც ეცემა მისი შემცველობის კლებასთან ერთად ჰიდროლიზური პროცესების შედარებით გაძლიერების დროს. მხოლოდ დაბალ საფეხურზე მდგომ, ხავსის მსგავს მცენარეებს შეუძლიათ უვნებლად გადაიტანონ უწყლობა ჰაერმშრალ მდგომარეობამდე. მაღალ საფეხურზე მდგომი მცენარეებიდან ასეთ გაუწყლოებას მხოლოდ უდაბნოს ფლორის ზოგიერთი წარმომადგენელი იტანს.

მცენარეში შესული წყლის დიდი რაოდენობიდან მხოლოდ მისი უმნიშვნელო ნაწილი შედის ორგანულ ნივთიერებათა შემადგენლობაში. ზომიერი ჰავის პირობებშიც კი მცენარეში შესული წყლის 1000 გ-დან მხოლოდ 1,5-2გ ხმარდება ორგანულ ნივთიერებათა სინთეზს, ხოლო დანარჩენი 998,5 – 99მგ აორთქლებაზე დახარჯულ წყალს ანაზღაურებს.

წყლის შემცველობა მცენარეულ ქსოვილებში ჩვეულებრივ გამოითვლება პროცენტებში ან მშრალი მასიდან.

მუშაობის მიმდინარეობა. წყლისა და მშრალი ნივთიერების რაოდენობა ფოთლებში ისაზღვრება წონითი მეთოდით. ცდა ტარდება ორ ვარიანტად, რისთვისაც გამოიყენება ქვედა და ზედა იარუსის ფოთლები. ცდისთვის უნდა ავიღოთ მხოლოდ ნორმალურად განვითარებული და მწვანე ფოთლები, რომლებსაც არ ექნებათ დაზიანებისა და ჭკნობის ნიშნები. თითოეული განსაზღვრა უნდა ჩატარდეს 3 განმეორებად, საანალიზოდ აღებული უნდა იქნას არანაკლებ 5გ ნედლი ფოთოლი. ზუსტად უნდა დავადგინოთ, რომელი ფოთოლი მიეკუთვნება ქვედა იარუსს და რომელი ზედას. ეს აუცილებელია დავიცვათ ცდისთვის განკუთვნილი ყველა მცენარისთვის.

დასაწყისში განისაზღვრება აბოლუტურად მშრალი ბიუქსის მასა, რისთვისაც ბიუქსი სახურავთან ერთად უნდა გავრეცხოთ და მოვათავსოთ ვერტიკალურ მდგომარეობაში საშრობ კარადის თაროზე 100-105^0 -C ტემპერატურაზე. ერთი საათის შემდეგ პინცეტით ვიღებთ ბიუქსებს და ვათავსებთ ღია მდგომარეობაში ექსიკატორში 30 წთ-ით. გასაცივებლად. ამის შემდეგ ბიუქსს ვახურავთ თავს, ვიღებთ პინცეტით და ვწონით ანალიზურ სასწორზე. შემდეგ ხელმეორედ თავსდება საშრობ კარადაში 20-30 წთ-ით, ვაცივებთ ექსიკატორში და ხელმეორედ ვწონით. თუ ბიუქსის მასა არ შეცვლილა, მასში შეიძლება მოვათავსოთ სინჯი.

ბიუქსს მცენარეული მასალით ვწონით ანალიზურ სასწორზე და ვდგამთ 5სთ საშრობ კარადაში 105^{0}C ტემპერატურაზე, შემდეგ ვაცივებთ ექსიკატორში /ბიუქსი შეიძლება თავდაუხურავი იყოს/. და ხელმეორედ ვწონით. მაგრამ 5სთ ზოგჯერ საკმარისი არ არის, რისთვისაც ბიუქსს ხელმეორედ ვათავსებთ საშრობ კარადაში იმავე ტემპერატურაზე, შემდეგ ვაცივებთ ბიუქსს ექსიკატორში და ხელახლა ვწონით. ასე ვიმეორებთ მანამ, სანამ ბიუქსის მასას არ ექნება მუდმივი წონა. მუშაობის დროს აუცილებელია შემდეგი წესების დაცვა. ბიუქსში ნედლი მასალა უნდა მოთავსდეს ფხვიერად. არ შეიძლება მისი გაჩერება საშრობ კარადაში 5 სთ შემდეგ შესვენების გარეშე და სხვ. /ცხრ.5/

წყლის შემცველობის განსაზღვრა მცენარის ფოთლებში

ცხრილი 5.

კულტურა	რომელი იარუსის ფოთოლია	განმეორება	ბიუქსის №	ბიუქსის მასა გ	ბიუქსის მასა ნედლ. მასალ.	ბიუქსის მას. მშრალი მას. გ.	ნედლი მასა გ	მშრალი მასა გ	წყლის შემცველობა		
									გ.	ნედლ მასა ზე %	მშრალ მასა ზე %
	ქვედა	1									
		2									
		3									
		საშუალო									
	ზედა	1									
		2									
		3									
		საშუალო									

სამუშაო 9.

ქლორკობალტის მეთოდის გამოყენებით ფოთლის ქვედა და ზედა მხარეების ტრანსპირაციის შედარება.

მასალა და მოწყობილობა: 1. რომელიმე მცენარის ახლად მოწყვეტილი ფოთოლი /ტრადენსკაცია, ჰორტენზია, ფუქსია/; 2. ქლორკობალტიანი ქაღალდის ნაჭერი ზომით 8X10 სმ; 3. ერთიანი შუშის ფირფიტები 6X9სმ /2 ცალი/; 4. რეზინის რგოლები, მინის ფირფიტის შესახვევი /2 ცალი/; 5. ელექტროქურა; 6. პინცეტი; 7. მიკროსკოპი; 8. სამართებელი; 9. სასაგნე და საფარი მინები; 10. საპრეპარატო ნემსი; 11. ჭიქა წყალით.

განმარტება. თუ ფოთოლზე მივაკრავთ ქლორიანი კობალტის ხსნარით გაუღენთილ და წინასწარ გამომშრალ ფილტრის ქაღალდს, ტრანსპირაციის დროს გამოყოფილი წყლის ორთქლის შთანთქმის გამო დაიწყებს ფერის შეცვლას, ცისფერიდან /მშრალი $COCL_2$-იისფერი გადავა ვარდისფერში /$COCL_2$ $6H_2O$/ იმისდა მიხედვით თუ გავარდისფერება რა სისწრაფით ხდება, დაახლოებით შეიძლება ვიმსჯელოთ ტრანსპირაციის ინტენსიობაზე.

მუშაობის მიმდინარეობა. ელექტროქურაზე ან სხვა საცხელებელზე გავაშროთ $COCL_2$-ში გავლებული ფილტრის ქაღალდი. გაშრობა გაგრძელდეს, ვიდრე არ მიიღება, მკაფიო ცისფერი. ამის შემდეგ სწრაფად დავადოთ ისინი ახლად მოწყვეტილ ან უშუალოდ მცენარეზე მყოფ ფოთოლს ორივე მხარეზე. ქლორკობალტიანი ქაღალდი უნდა გვეკავოს პინცეტით, ისე რომ მას თითებით არ შევეხოთ /რადგან თითებიდან გადასული ტენით შეიძლება გავარდისფერდეს და ვარდისფერი ლაქა გაჩნდეს/. ატმოსფეროს ტენი რომ ავაცილოთ ფოთოლზე დადებულ ცისფერ ქაღალდებს ვადებთ მინის ფირფიტებს და გადავახვევთ /დავამაგრებთ/ რეზინის რგოლებით.

დავაკვირდეთ ქლორკობალტიანი /ცისფერი/ ქაღალდის ფერის ცვლას და შედეგი ჩავიწეროთ. გავაკეთოთ ჭრილები საკვლევი ფოთლის ქვედა და ზედა ეპიდერმისების /ან იმავე მცენარის სხვა ფოთლის/ დიდი გადიდებით, გავსინჯოთ ისინი მიკროსკოპში და ჩავიხატოთ.

გავაკეთოთ დასკვნები მოცემული მცენარის ფოთლის ზედა და ქვედა მხრის ტრანსპირაციის ინტენსივობის განსხვავებულობის მიზეზზე. შეფარდება ბაგური და კუტიკულარული ტრანსპირაციის შესახებ გამოვიყვანოთ.

სამუშაო 10.

მცენარის წყლის დამჭერუნარიანობის განსაზღვრა "ჭკნობის " მეთოდით (არლანდის მიხედვით)

მასალა და მოწყობილობა: 1. შტატივი, 2. ტექნიკური სასწორი, 3. მაკრატელი, 4. 15 დღიანი შვრია, ანდა ხორბალი, 5. პარაფინი, 6. შეფერილი სუდან 111 .

განმარტება. მცენარის წყლის რეგულირებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს წყლის დამჭერი ძალა, რომელიც ძირითადად განპირობებულია უჯრედებში ოსმოსურად აქტიური ნივთიერებების შემცველობაზე და კოლოიდებით გაჯირჯვების უნარზე.

უჯრედის წყლისდამჭერი უნარიანობა დამოკიდებულია მცენარის აღზრდის პირობებზე. სახელდობრ, დიდ გავლენას ახდენს კვების პირობები. ოპტიმალურ პირობებში წყლის დამჭერუნარიანობა იზრდება, წყლის გაცემა 30 წთ - ში შეადგენს 4 - 6 % საწყისი სიდიდისგან.

არლანდის მიხედვით წყლის დამჭერუნარიანობა დაფუძვნებულია ჭკნობის დროს დაკარგული წყლის აღრიცხვაზე.

მუშაობის მიმდინარეობა. აიღეთ 15 დღიანი შვრიის მცენარე აღზრდილი სილაზე, სადაც შეტანილი იყო სასუქები (საცდელი და უსასუქო საკონტროლო). ფრთხილად ამოიღეთ 40 მცენარე თითოეული ვარიანტიდან და გამოყავით მიწისზედა ნაწილები ფესვებისაგან. შემდეგ ღეროს ნაწილი, რომელიც იყო მიწის ქვევით, დაფარეთ პარაფინით, რათა გამორიცხული იქნას მისი მონაწილეობა წყლის აორთქლებაში. რისთვისაც ღეროს ქვედა ეთიოლირებული ნაწილი ჩავუშვათ გამდნარ პარაფინში შეფერილი სუდან III-ით, რომლის ტემპერატურა არ უნდა აღემარებოდეს 50^0C.

აიწონოს მთლიანად მცენარე ტექნიკურ სასწორზე ფრთხილად დამაგრებულ შტატივთან ერთად, 30 წთ-ის ინტერვალის გამოტოვებით. მასაში კლება გიჩვენებთ წყლის აბსოლუტურ რაოდენობას აორთქლებულს საცდელი მცენარის მიერ, ყოველი 30 წთ-ის ინტერვალში.

ამაორთქლებელი მასის დადგენისთვის აიწონოს პარაფინირებული ნაწილი და გამოაკლდეს იგი მცენარის საწყის მასას.

ისარგებლეთ მიღებული მონაცემებით, გამოაკლეთ აორთქლებული წყლის რაოდენობა პროცენტებში ამაორთქლებელი მასიდან 30 წთ-ის ინტერვალში.

გამოხატეთ გრაფიკულად წყლის გაცემის დინამიკა, გაკეთდეს დასკვნა მცენარის წყლის დამჭერუნარიანობაზე, კვების სხვადასხვა პირობებში გამოზრდისას. ცდის შემდეგ შეიტანეთ ცხრილში.

მცენარის წყლისდამჭერუნარიანობის განსაზღვრა

ცხრილი 6.

ცდის ვარიანტი	მცენარის რაოდენობა ცალობით	მცენარის მასა გ.						აორთქლებული წყ. რაოდ. ყოველ 30წთ-ში.				30წთ-ში დაკარგული მასა გრ.				წყალი % საწ. მასა			
								1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		საწყისი	30წთ. შემდეგ	1 სთ. შემდეგ	1 სთ 30 წთ შემდეგ	2 სთ შემდეგ	პარაფინ. ნაწილის მასა გ.												

სამუშაო 11.

ტრანსპირაციის განსაზღვრა წონითი მეთოდით (შეცვლილი ვარიანტი)

მასალა და მოწყობილობა: 1. გერანი; 2. სასწორი; 3. გირები; 4. მაკრატლები; 5. მილიმეტრებიანი სახაზავი; 6. აბაზანა; 7. ქაღალდი; 8. საათი; 9. 100–მლ-იანი კონუსური კოლბა კაუჩუკის საცობით.

მუშაობის მიმდინარეობა. გერანს მოაჭრიან ფოთოლს ყუნწიანად. ყუნწს მჭიდროდ ჩაამაგრებენ გახვრეტილ რეზინის საცობში და ყუნწისა და საცობის შეერთების ადგილს საცხით გოზავენ. შემდეგ ყუნწს ქვევიდან 1 სმ-ზე გადაჭრიან წყალში და ასეთ ფოთოლჩამაგრებულ საცობს დაუცობენ კონუსურ კოლბს, რომელიც ოთახის ტემპერატურის პირობებში წინასწარაა ავსებული წყლით. კოლბას (მასში ყუნწით ჩამაგრებული ფოთოლითურთ) ცდის დაწყებისას წონიან ტექნიკურ სასწორზე. ერთი საათის შემდეგ კვლავ წონიან. პირველ და მეორე წონას შორის სხვაობით ადგენენ წყლის იმ რაოდენობას, რომელიც საცდელმა ფოთოლმა ააორთქლა ერთი საათის განმავლობაში.

მიღებული შედეგების საფუძველზე გამოიანგარიშება ტრანსპირაციის ინტენსივობა, ე. ი. წყლის რაოდენობა გრამობით, რომელსაც ააორთქლებს ფოთლის

ფართობის ერთეული (1 მ^2) დროის ერთეულში (1 საათში) ასეთი გაანგარიშებისათვის საჭიროა იმ ფოთლის ფართობის განსაზღვრა რომელზედაც ჩატარდა ცდა.

ფოთლის ფართობის განსაზღვრისათვის (გამოსაანგარიშებლად) საჭიროა ქაღალდისაგან გამოიჭრას 100 სმ^2 მოცულობის კვადრატი (ე. ი. 10X10 სმ) და აიწონოს იგი. შემდეგ ამ კვადრატზე ასეთსავე ქაღალდის სხვა ნაჭერზე დადებენ ცდის დროს გამოყენებულ ფოთოლს. ქაღალდზე ზუსტად შემოხაზავენ ფოთლის კონტურს, ამოჭრიან და წონიან მას.

მიღებული მონაცემების მიხედვით ადგენენ პროპორციას და მონახავენ უცნობს ანუ ფოთლის ზედაპირს.

მაგ. თუ კვადრატის ფორმის ქაღალდი იწონის A გრამს, მისი კვადრატის ფართობია 100 სმ^2, ფოთლის კონტურის შესაბამისი ნაწილი იწონის B გრამს, ფოთლის საძიებელი ფართობი კი არის x სმ^2, მაშინ გვექნება ტოლობა:

$$X = \frac{100x\ B}{A} = C \text{ სმ}^2$$

ტრანსპირაციის ინტენსივობის გაანგარიშებას აწარმოებენ შემდეგნაირად: C სმ2 ფოთლის ფართობმა ერთი საათის განმავლობაში ააორთქლა D გრამი წყალი. ფოთლის 10.000 სმ^2 ფართობის ერთი საათის განმავლობაში ააორთქლებს X გრამ წყალს.

აქედან

$$X = \frac{D \times 10000}{C} = E \text{ გრამს.}$$

სამუშაო 12.

ბაგეთა გახსნილობის ხარისხის გამორკვევა ინფილტრაციის მეთოდით

ნაკლებად ზუსტი, მაგრამ სამაგიეროდ ბუნებრივ პირობებში ძალიან ადვილი გამოსაყენებელია ინფილტრაციული მეთოდი, რომელიც შემოიღო მოლიშმა. თუ გახსნილბაგეებიანი ფოთლის ზედაპირზე დავაწვეთებთ სითხეს, რომელიც კარგად ასველებს კუტიკულას და საზოგადოდ უჯრედის გარსს. იგი კაპილარებით სწრაფად შევა ფოთლის სირბილეში და ამოავსებს მახლობელ უჯრედთშორისებს. ამგვარად მოხდება უჯრედთშორისების ინფილტრაცია სითხით და ამის გამო ფოთლებზე წარმოიშობა ცალ-ცალკე, პატარ-პატარა მუქი წერტილები (გამავალ სინათლეში კი გამჭვირვალე), რომლებიც ბოლოს შეერთდებიან და ერთ მთლიან მოზრდილ ლაქას შექმნიან.

მასალა და მოწყობილობა: 1. ბიუქსები; 2. სპრტი, ბენზოლი, ქსილოლი; 3. პინცეტები; 4. სკალპელი; 5. სხვადასხვა ფოთლოვანი მცენარე; 6. მინის წკირი.

მუშაობის მიმდინარეობა. სუფთა სპირტს, ბენზოლს ან ქსილოლს (ან სხვა შერჩეულ სითხეს) ათავსებენ შუშებში, რომლებიც რეზინის საცობებითაა დაცობილი. ამ საცობებში დამრგვალებული ბოლოთი გაყრილია მინის წკირი. ამ წკირის საშუალებით შერჩეული სითხის წვეთი გადააქვთ სრულიად სად, დაუზიანებელ ფოთოლზე და თვალყურს ადევნებენ ლაქების წარმოშობას. იმის მიხედვით, თუ რომელი სითხე მოახდენს ინფილტრაციას, მსჯელობენ ბაგეების მდგომარეობის შესახებ.

ცხრილი 7

მოლიშის წყება	**შტალის წყება**	**ბაგეების მდგომარეობა**
სპირტი ბენზოლი ქსილოლი	თხევადი პარაფინი ნავთი ნავთობ-ეთერი	ძალიან გახსნილი შევიწროებული თითქმის დახურული

სრულიად დახურულ ბაგეებში არც ერთი აღნიშნული სითხე არ გაივლის. კაპერლინგი სუფთა სპირტის მაგიერ ურჩევს სპირტში გახსნილი ფუქსინის ხმარებას. ასეთი ხსნარი ააშკარავებს ინფილტრაციის არსებობას ზოგიერთი საეჭვო შემთხვევის დროსაც კი.

ინფილტრაციის მეთოდი სრულიად საიმედო შედეგებს მხოლოდ იმ ფოთლებზე იძლევა, რომლებსაც ორივე მხარეზე აქვს ბაგეები, რადგან ამ შემთხვევაში უჯრედთშორისებიდან გამოდევნილი ჰაერი ადვილად გამოდის გარეთ მოწინააღმდეგე მხარეს განლაგებული ბაგეებიდან. იმ ფოთლებზე, რომელთაც ბაგეები მხოლოდ ერთ მხარეზე აქვთ დამაკმაყოფილებელი შედეგების მისაღებად საჭირო მხოლოდ ერთი, ძალიან პატარა სითხის დაწვეთება, რათა ჰაერს მეზობელი ბაგეებიდან გამოსვლის საშუალება მიეცეს. თუ მოზრდილ წვეთს დავაწვეთებთ, როგორც ეს ჩვეულებრივად კეთდება ხოლმე, იგი შეიძლება სულ შევიდეს ფოთოლში იმ შემთხვევაშიც კი, როცა ბაგეები გახსნილია. შეიძლება აგრეთვე, რომ ინფილტრაცია მხოლოდ წვეთის ნაპირებზე მოხდეს და დამკვირვებლისათვის შეუმჩნეველი დარჩეს (ლ. ჯაფარიძე).

მუშაობის მიმდინარეობა. დღის განმავლობაში, სახელდობრ დილის 8 საათიდან 10 საათამდე, დღის 12 საათიდან 2 საათამდე და საღამოს 6 საათიდან 8 საათამდე, მცენარის გარკვეული სართულის ფოთლის ზედა და ქვედა მხარეზე (სასურველია ყველა ვარიანტში ერთი და იგივე სართული იყოს) პიპეტით ან მინის წკირით დააწვეთებენ სპირტის, ბენზოლის ან ქსილოლის წვეთს. იმისდა მიხედვით, ეს წვეთი ფოთოლს დააჩნდება თუ აორთქლდება და გაქრება, მსჯელობენ დღის სხვადასხვა საათში ბაგეთა გახსნილობის ხარისხზე. მიღებული შედეგები შეაქვთ ქვემომოყვანილ ცხრილში (ცხრილი 8). ბაგის გახსნილობა აღინიშნება +, ხოლო დახურულობა–(ფოთოლზე ლაქის გაჩენა მიუთითებს ბაგის გახსნილობაზე. წვეთის გაქრობა–ბაგეთა დახურულობაზე და სხვ.)

ცხრილი 8

№	ვარიანტი	8-დან 10-მდე		12-დან 2 სთ-მდე		6-დან 8 სთ-მდე	
		სპირტი	ქსილოლი	სპირტი	ქსილოლი	სპირტი	ქსილოლი
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							

სამუშაო 13.

წყლის დეფიციტის განსაზღვრა მცენარეში

მასალა და მოწყობილობა: 1. ანალიზური სასწორი 2. ბიუქსები 3. ექსიკატორი 4. მაშა 5. საცობის ხვრეტელა 6. რეზინის ფირფიტები 7. კრისტალიზატორი 8. ფილტრის ქაღალდი 9. საშრობი კარადა 10. 10-15 დღიანი მზესუმზირის, ანდა სიმინდის მცენარე.

განმარტება. ჰაერსა და ნიადაგში ტენის უკმარისობა არღვევს მცენარეში წყალცვლას. ქსოვილებში წყლის შემცირება ცვლის უჯრედში ბიკოლოიდების მდგომარეობას, რის შედეგადაც ირღვევა პროტოპლასტის სტრუქტურა, ფერმენტთა მოქმედება და მდგომარეობა, რაც მცენარეში ნივთიერებათა ცვლას არღვევს. მცენარეში წყლის შემცირება იწვევს ფოტოსინთეზის ინტენსივობის მკვეთრ დაქვეითებას, სუნთქვის ინტენსივობის გაძლიერებას, ირღვევა დაჟანგვა და ფოსფორილირება, რის შედეგადაც ძლიერ მცირდება სუნთქვის ინტეგრალური ეფექტურობა. მცენარეში წყლის რეჟიმის დაძაბულობის ხარისხობრივ მაჩვენებლად გამოიყენება წყლის დეფიციტი. ორივე შემთხვევაში მცენარეულ ქსოვილებში წყლის შემცველობა ედარება მის რაოდენობას იმავე ქსოვილებში სრულ ტურგორულ მდგომარეობაში ყოფნისას.

ტენით უჯრედის სრული გაჯერებისათვის ფოთოლი თავსდება წყალში, ანდა ტენიან ატმოსფეროში. წყლის საერთო შემცველობა განისაზღვრება ფოთლების 100-105^0 გამოშრობით.

წყლის დეფიციტის ქვეშ იგულისხმება უჯრედის წყლით არასაკმარისი გაჯერება გამოხატული პროცენტებით, მის საერთო შემცველობასთან, როცა ქსოვილები წყლით სრულადაა გაჯერებული.

ბუნებრივ პირიბებში ფოთლების წყლით სრული გაჯერება პრაქტიკულად არ შეინაშნება, უმეტეს შემთხვევაში მცენარეებში წყლის დეფიციტი მერყეობს 10-12-დან 30-35%-მდე. ასეთი მაჩვენებელი კარგ კორელაციაშია მცენარის წყალმომარაგებასთან და შეიძლება იყოს გამოყენებული წყლის რეჟიმის დახასიათებისთვის.

სამუშაოს მიმდინარეობა. აიღეთ მზესუმზირის ან სიმინდის მცენარე, გამოზრდილი არაერთნაირი ტენიანობის ნიადაგზე. მაგალითისთვის ფოთლიდან ამოკვეთილი 1გ მასალა მოთავსდეს წინასწარ აწონილ აბსოლუტურად მშრალ ბიუქსში, დაიხუროს და დაუყონებლივ აიწონოს: შემდეგ მასალა მოთავსდეს წყლის ზედაპირზე დახურულ პეტრის ჯამში და დარჩეს 2სთ-ით ქსოვილების წყლით გაჯერებისთვის ფოთლის გარედან გამოიშროს ტურგესცენტრული ამონაკვეთი ფილტრის ქაღალდით და აიწონოს. კონტროლისთვის დისკი ხელახლა მოთავსდეს წყალში 30წთ-ით და აიწონოს.

თუ ქსოვილის მასა არ შეიცვალა, მაშინ ის სრულადაა გაჯერებული წყლით. ამის შემდეგ განისაზღვრება აბსოლუტურად მშრალი ქსოვილის მასა.

მიღებული მონაცემების საფუძველზე გამოითვლება მცენარის წყალმომარაგების მაჩვენებელი.

$$\text{წყლის დეფიციტი} = \frac{\text{ორგანოებში წყლის რაოდენობა გაჯერებულ მდგომარეობაში} - \text{/წყლის რაოდენობა/}}{\text{წყლის რაოდენობა გასაჯერებელ ორგანოებში}} \times 100$$

ფარდობითი ტურგესცენტულობა არის სიდიდე, რომელიც გვიჩვენებს პროცენტის რა ნაწილს შეადგენს წყლის რაოდენობა სრული ტურგორის დროს მისი შემცველობისგან.

$$\text{ფარდობითი ტურგესცენტრულობა} = \frac{\text{ნედლი ქსოვილის მასა} - \text{მშრალი ქსოვილის მასა}}{\text{ტურგესცენტრული ქსოვილების მასა} - \text{მშრალი ქსოვილის მასა}} \times 100$$

სიდიდეს, რომელიც გვიჩვენებს რამდენი წყალია აუცილებელი მცენარის ფოთლების ტურგესცენტრულ მდგომარეობამდე მოყვანისთვის, ეწოდება შეფარდებითი ტურგესცენტრულობის დეფიციტი.

.

$$\text{შეფარდებითი ტურგესცენტ.დეფიციტი} = 100 - \frac{\text{ნედლი ქსოვილის მასა} - \text{მშრალი ქსოვილის მასა}}{\text{ტურგესცენტ. ქსოვილის მასა} - \text{მშრალი ქსოვილის მასა}}$$

ცდის შედეგები შეგვაქვს ცხრილში

ცხრილი 9

ცდის ვარიანტი	ბიუქსის №	ბიუქსის მასა	ფოთლის წონა, გ.	ტურგესცენტრული ქსოვილის მასა გ.	აბსოლუტურად მშრალი ქსოვილის მასა გ.	წყლის რაოდენობა გაჯერებულ ფოთლებში	წყლის დეფიციტი	წყლით უზრუნველყოფის მაჩვენებელი %			
								შეფარდებითი ტურგესცენტ.	ფარდობითი ტურგესცენტრული		

სამუშაო 14.

ტრანსპირაციის კოეფიციენტისა და პროდუქტიულობის განსაზღვრა

მასალა და მოწყობილობა: 1. ტექნიკური სასწორი 2. საშრობი კარადა 3. კრისტალიზატორი 4. პერგამენტი 5. ფილტრის ქაღალდი 6. მინის ჭიქა 7. 3 და 5 დღიანი ხორბლის მცენარე 8. ქვიშის კულტურაზე აღზრდილი 1ლ ტევადობის ჭურჭლებში.

განმარტება. მცენარის წყალცვლის სრული დახასიათებისთვის აუცილებელია წყლის ხარჯვის ეფექტურობის მაჩვენებლების ცოდნა: ტრანსპირაციის პროდუქტიულობის ე.ი. მშრალი ნივთიერების რაოდენობა გ-ში წარმოქმნილი 1კგ /ლიტრი/ წყლის აორთქლებისას და შებრუნებული სიდიდის – ტრანსპირაციის კოეფიციენტის (1გ ნივთიერების შესაქმნელად საშუალოდ იხარჯება 300-500გ წყალი). უფრო დაბალი მნიშვნელობის ტრანსპირაციის კოეფიციენტით გამოირჩევა მარცვლოვანი ფეტვი, სელი და მრავალწლიანი ბალახები, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს წყლის გამოყენების ეფექტურობაზე მცენარის აღზრდის პირობები: რაც უფრო უკეთესია კვების პირობები და მცენარის წყალმომარაგება, მით მაღალია მოსავალი და ნაკლები რაოდენობით იხარჯება წყალი მის წარმოქმნაზე.

წყლის გამოყენების პროდუქტიულობის მაჩვენებელი ჩვეულებრივ განისაზღვრება ვეგეტაციის განმავლობაში, მაგრამ მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული, რომ ის ონტოგენეზში ცვალებადია. მაგ. საშემოდგომო ხორბლისთვის ტრანსპირაციის კოეფიციენტი უფრო დიდია აღმოცენების პერიოდში, შემდეგ მცირდება და მინიმუმს აღწევს ბარტყობის დამთავრებისას, ამის შემდეგ ხელახლა მატულობს აღერების პერიოდში, მაქსიმუმს აღწევს დათავთავების ფაზაში, შემდეგ მცირდება. სამუშაოს მიზანია ხორბლის მიერ წყლის ხარჯვის ეფექტურობის განსაზღვრა ბარტყობისა და დათავთავების ფაზაში.

სამუშაოს მიმდინარეობა. მუშაობისთვის ქვიშის კულტურაში 1/2 ნორმის ხოგლანდის მკვებავ ნარევზე გამოზარდეთ 3 და 5 დღიანი მცენარეები. შეარჩიეთ ექვს-ექვსი ჭურჭელი თანაბარი განვითარების ერთდროულად ნათესი მცენარეებით. ყოველი ვარიანტის სამი ჭურჭლიდან ფრთხილად ამოიღეთ მცენარეები, გასუფთავდეს ქვიშისგან, გააშვრეთ ფილტრის ქაღალდით და განსაზღვრეთ ჰაერმშრალი მასალის საწყისი მასა ყოველ ჭურჭელში ცალ-ცალკე. ამისთვის მცენარე დააქუცმაცეთ და ღია კოლოფში პერგამენტით მოათავსეთ საშრობ კარადაში, 105° ტემპერატურაზე. ასეთ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს ყველა ფერმენტის ინაქტივაცია, რაც გამოთიშავს მშრალი ნივთიერების შემდგომ ცვლილებას. ამის შემდეგ მასალა გამოაშრეთ ჰაერზე ან საშრობ კარადაში 60° C და აწონეთ ტექნიკურ სასწორზე მეორე ნიშნამდე სიზუსტით.

ყოველი ვარიანტის დარჩენილი სამი ჭურჭელი დანომრეთ, მორწყეთ სადრენაჟო მილით მუდმივ მასამდე /60% ტენიანობა ზღვრული ტენტევადობა/ და ერთი კვირის განმავლობაში შეისწავლეთ მცენარის მიერ გახარჯული წყლის რაოდენობა.

ზუსტი აღრიცხვა შესაძლებელია მხოლოდ ფესვთა სამყოფელი გარემოდან წყლის აორთქლების გამოთიშვით. ამისთვის ქვიშის ზედაპირზე დაასხით გამდნარი პარაფინი /ცხელი არ უნდა იყოს/ რომელიც ფენას ამაგრებს და წყლისთვის შეუღწევადს ხდის. პარაფინი შეიძლება შეიცვალოს არაჰიგროსკოპული ბამბის ფენით.

ერთი კვირის შემდეგ განისაზღვრება ყოველ ჭურჭელში მცენარის ჰაერმშრალი მასა. მიღებული მონაცემები მცენარის მიერ თითოეული ჭურჭლიდან გახარჯული წყლის რაოდენობით და ამ პერიოდში დაგროვილი მშრალი ნივთიერებით გაიანგარიშება ტრანსპირაციის პროდუქტიულობა და ტრანსპირაციის კოეფიციენტი.

.

წყლის ხარჯვის ეფექტურობის განსაზღვრის მაჩვენებელი

ცხრილი 10

ობიექტი	ხნოვანება	განვითარების ფაზა	საწყისი ჰაერმშრალი მასა, გ.				კვირაში გახარჯული წყალი, მ.				დაგროვილი ჰაერმშრალი მასა, გ.				ტრანსპირაციის კოეფიციენტი	ტრანსპირაციის პროდუქტიულობა
			1	2	3	საშ.	1	2	3	საშ.	1	2	3	საშ.		
ხორბალი	3-4 კვირა 5,6 კვირა	ბარტყობა დათავთავება														

ფოტოსინთეზი

მცენარის მწვანე უჯრედებში ხდება სხვადასხვა ორგანული ნივთიერების სინთეზი, რომელთა შორის რაოდენობის მხრივ პირველ ადგილზე უნდა დავაყენოთ ნახშირწყლები. ამ სინთეზს ეწოდება ფოტოსინთეზი, რადგან ის მიმდინარეობს მზის ენერგიის ხარჯზე. ორგანიზმებში ორგანულ ნივთიერებათა გარდაქმნის გზა სხვადასხვაა, მაგრამ მიუხედავად ამისა არაორგანული შენაერთებიდან ორგანული ნივთიერების პირველადი სინთეზი ყველა მწვანე ორგანიზმებისათვის ერთნაირია და გამოისახება შემდეგი შემაჯამებელი განტოლებით: $6\ CO_2+6H_2O+674$ კკალ$\rightarrow C_6H_{12}O_6+6O_2$

ფოტოსინთეზს სხვანაირად ნახშირორჟანგის ასიმილაციასაც უწოდებენ. ამიტომ ფოტოსინთეზის უნარის მქონე ორგანოებს საასიმილაციოს უწოდებენ.

მცენარის მშრალი ნივთიერების დაახლოებით 90-95% ორგანული ნივთიერებაა, რომელიც იქმნება ფოტოსინთეზისა და მის პირველად პროდუქტთა შემდგომი გადამუშავების შედეგად ცოცხალი ნივთიერების შედგენილობაში შემავალი აზოტის, გოგირდის, ფოსფორის და სხვა ელემენტების ათვისებით.

ორგანულ ნივთიერებათა სინთეზის გარდა, მწვანე მცენარეები ფოტოსინთეზის პროცესში ატმოსფეროში ყოველწლიურად გამოჰყოფენ 460 მლრდ. ტ თავისუფალ ჟანგბადს. მწვანე მცენარეთა მოქმედებით შეიქმნა და განისაზღვრა სიცოცხლის ის მრავალფეროვნება და სილამაზე, რომელიც დედამიწის ზედაპირზეა, ამიტომ, როგორც სრულიად სამართლიანად განსაზღვრა კ. ა. ტიმირიაზევმა, მათი როლი ნამდვილად კოსმიურია.

მწვანე მცენარეებს აქვთ უნარი მიაღწიონ განსაკუთრებულ გაძლიერებულ ზრდას, ხასიათდებიან რა მათ შედგენილობაში შემავალ ნივთიერებათა განუწყვეტელი დაგროვებით. ზრდადამთავრებული მცენარე ათასჯერ, მილიონ და მილიარდჯერ აღემატება წონაში იმ თესლს, რომლიდანაც თვით მცენარეა მიღებული. მცენარის მშრალი ნივთიერება საშუალოდ შეიცავს 45% C-ს, 42% O-ს, 6,5% H-ს, 1,5%N-ს და 5% ნაცარს.

მთავარ შემადგენელ ნაწილად ითვლება ჟანგბადი, რომელზედაც მცენარის მშრალი მასის თითქმის ნახევარი მოდის. მცენარეში შემავალ თითქმის ყველა ნივთიერება შეიცავს ნახშირბადს, ამ ელემენტის უნარი-სხვადასხვანაირად შეეხამოს სხვა ელემენტებს, აპირობებს ორგანულ ნივთიერებათა იმ მრავალფეროვნებას, რაც დამახასიათებელია ცხოველებისა და მცენარეებისათვის.

სამუშაო 15.

ფოთლის მწვანე პიგმენტები

მასალა და მოწყობილობა: 1. ნედლი ან გამხმარი რომელიმე მცენარის ფოთლები; 2. 96%-იანი ეთილის სპირიტი; 3. KOH-ის 20%-იანი ხსნარი; 4. HCl-ის 10%-იანი ხსნარი; 5. ბენზინი; 6. ფერადი ფანქრები; 7. ძმარმჟავა თუთია; 8. კვარცის ქვიშა ან შუშის ფხვნილი; 9. ფაიფურის როდინი; 10. ძაბრი; 11. მინის წკირი; 12. შტატივი სინჯარებით; 13. წყალი; 14. პიპეტები; 15. მაკრატელი; 16. ლანცეტი; 17. სინჯარების დამჭერი; 18. სპირტნათურა. 19. ვაზელინი; 20. ფილტრის ქაღალდი; 21. ასანთი.

განმარტება. ფოტოსინთეზი შეიძლება განხორციელდეს მცენარის მხოლოდ მწვანე ნაწილებში და მხოლოდ იმ უჯრედებში, რომლებიც მწვანე პიგმენტს –

ქლოროფილს შეიცავს. ქლოროფილი თავმოყრილია განსაკუთრებულ წარმონაქმნებში – მწვანე პლასტიდებში – ქლოროპლასტებში, რომელშიც სინათლეზე ნახშირორჟანგის შეთვისება და ჟანგბადის გამოყოფა ხდება. ქლოროპლასტები რთული შედგენილობისაა, მასში შედიან ცილოვან-ლიპოიდური პლაზმური ფუძე /სტრომა/ და შემდეგი პიგმენტები: ქლოროფილი **"ა"** $\mathbf{C_{55}\ H_{72}\ O_5\ N_4\ Mg}$ მომწვანო-მოლურჯო ფერით; ქლოროფილი **"ბ"** $\mathbf{C_{55}H_{70}\ O_6\ N_4\ Mg}$ მომწვანო-მოყვითალო ფერით. ისინი წარმოადგენენ ქლოროფილის დიკარბომჟავას რთულ ეთერებს, რომლის ერთ კარბოქსილში წყალბადი ჩანაცვლებულია მეთილის სპირიტს ნარჩენით /CH_6 OH/, ხოლო მეორეში კი ერთატომიანი უჯერი სპირტის – ფიტოლის ნარჩენით.

"ბ" ქლოროფილი, "ა" ქლოროფილისაგან მხოლოდ იმით განსხვავდება, რომ მესამე ნახშირბადოვან ატომთან მეორე პერიოდულ რგოლში CH_3 მეთილის ჯგუფის ნაცვლად დგას ალდეჰიდური ჯგუფი

/ H.

C ქლოროფილის მოლეკულაში ცენტრალური ადგილი უკავია მაგნიუმის ატომს.

\\O

ქლოროფილები როგორც რთული ეთერები, იხსნებიან სპირტში, ქლოროფორმში, ეთერში, გოგირდნახშირბადში და ლიპოფილური ნაერთების სხვა გამხსნელში.

ქლოროპლასტებში ქლოროფილს მუდამ თან ახლავს ყვითელი პიგმენტები, რომლებიც მონაწილეობენ სინათლის შთანთქმასა და ფოტოსინთეზში. ყვითელ პიგმენტებთან, რომლებიც გაერთიანებული არიან კაროტინოიდების საერთო სახელწოდებით უმაღლეს მცენარეებში ტიპობრივია და ფართოდაა გავრცელებული ორი კაროტინი, რომლის ზოგადი ფორმულაა $C_{40}H_{56}$ ყვითელი ნარინჯისფერი და ორატომიანი სპირტი – ქსანტოფილი $C_{40}H_{56}O_2$ მოყვითალო-ოქროსფერი.

ყველა ეს პიგმენტი უხსნადია წყალში, მაგრამ იხსნებიან ორგანულ გამხსნელებში /სპირიტი, აცეტონი, ბენზინი და სხვ/. ამ სამუშაოს დანიშნულებაა მცენარის მწვანე ფოთლებიდან სპირტული გამონაწურის მიღება და პიგმენტების ზოგიერთ თვისებათა გაცნობა.

სპირტული გამონაწურის მიღება /მომზადება/

მუშაობის მიმდინარეობა. ნედლ ან ხმელ ფოთლებს მოვაცილოთ მთავარი ძარღვი და ყუნწი, დავჭრათ მაკრატლით წვრილად და მოვათავსოთ ფაიფურის სანაყში, დავუმატოთ მცირე რაოდენობით Ca Co_3 /უჯრედის წვენის მჟავას განეიტრალების მიზნით/ კვარცის ქვიშა და გავსრისოთ, თანაც თანდათანობით ვუმატოთ ცოტა-ცოტა ეთილის სპირტი. გასრესა გავაგრძელოთ სპირტის ინტენსიური მწვანე ფერის მიღებამდე. გასრესილი მასალა მინის წკირის დახმარებით გადავიტანოთ ფილტრიან ძაბრში. მიღებული სპირტული ხსნარი წარმოადგენს პიგმენტების ნარევ ხსნარს, რომელშიც გახსნილია, როგორც მწვანე ისე ყვითელი ფერის პიგმენტები.

თუ სპირტული გამონაწურის შენახვაა საჭირო რამდენიმე დღით, მაშინ ჭურჭელი, რომელშიც იგი ჩავასხით, უნდა დაიხუროს საცობით და მოვათავსოთ ბნელ ადგილას, რადგანაც სინათლისა და ჟანგბადის მოქმედების პირობებში ქლოროფილის გამონაწური სწრაფად იშლება, კარგავს დამახასიათებელ მწვანე ფერს და მურა წაბლისფერი ხდება.

პიგმენტთა გაყოფა კრაუსის მიხედვით

მუშაობის მიმდინარეობა. პიგმენტების ერთმანეთისაგან დაცლილების ეს ხერხი ემყარება სპირტსა და ბენზინში ამ პიგმენტთა განსხვავებული ხსნადობის უნარს.

სინჯარაში ჩავასხათ 4-5 მლ სპირტული გამონაწური და დავუმატოთ 6-8 მლ ბენზინი. სპირტი რომ არ შეერიოს ბენზინში დავუმატოთ რამდენიმე /2-5/ წვეთი წყალი. შემდეგ სინჯარას დავაჭიროთ თითი, რამდენჯერმე ძლიერ შევანჯღრიოთ და დავაყოვნოთ, ვნახავთ, რომ სინჯარაში ხსნარი ორ შრედ გაიყოფა. ბენზინი, როგორც უფრო მსუბუქი ზევით მოექცევა, ხოლო სპირტი ქვემოთ. სპირტული შრე შეიღებება ყვითლად, რადგანაც მასში გადავა ყვითელი პიგმენტი ქსანტოფილი, რომელიც როგორც ორფუძიანი სპირიტი, თითქმის არ იხსნება ბენზინში, ხოლო ბენზინის შრე – მწვანედ, მწვანე ფერის პიგმენტების, ქლოროფილების არსებობის გამო. მეორე ყვითელი ფერის პიგმენტი კაროტინი ბენზინის შრეში გადავა.

მუშაობის შემდეგ ჩავიხატოთ პიგმენტების დაცილების სურათი.

ქლოროფილის გასაპვნა ტუტით

გასაპვნის დროს ქლოროფილის მოლეკულიდან ფიტოლის მოცილებისას, შეინარჩუნება მწვანე ფერის შეფერილობა და იზრდება მიღებული მარილების ჰიდროფილობა.

$$C_{32}H_{30}ON_4Mg \begin{matrix} COOCH_3 \\ COOC_2OH_{39} \end{matrix} + 2NaOH = C_{32}H_{30}ON_4Mg \begin{matrix} COONaN \\ COONa \end{matrix} + \underset{\text{მეთილის სპირტი}}{CH_3OH} + \underset{\text{ფიტოლი}}{C_{20}H_{39}OH}$$

ქლოროფილი “ა”

ქლოროფილინმჟავას მარილი - ქლოროფილის გასაპვნა

ქლოროფილმჟავას მარილები ხსნადია განზავებულ სპირტში.

მუშაობის მიმდინარეობა. სინჯარაში ჩასხმულ 4-5 მლ სპირტულ გამონაწურს დავუმატოთ 2-3 მლ ნატრიუმის ტუტის 20%-იანი ხსნარი და შევანჯღრიოთ. ტუტესთან გამონაწურის შერევის შემდეგ სინჯარა ჩავდგათ მდუღარე წყლიან ჭურჭელში, როგორც კი ხსნარი დაიწყებს დუღილს, სინჯარა ამოვიღოთ და გავაციოთ. გაციებულ ხსნარს იმავე სინჯარაში ხსნარის უკეთესად გაყოფის მიზნით დავუმატოთ გამონაწურის მოცულობის ბენზინი და რამდენიმე წვეთი წყალი. შემდეგ სინჯარა ძლიერ შევანჯღრიოთ და დავაყოვნოთ.

ბენზინის შრეში გადავა კაროტინი და ქსანტოფილი, ხოლო სპირიტში – ქლოროფილინმჟავას ნატრიუმის მარილი.

ამგავარად, ქლოროფილის გასაპვნის შედეგად ხდება სპირტების–მეთილის და ფიტოლის გახლეჩა, ხოლო ორფუძიანი მჟავა– ქლოროფილინი იძლევა მარილს /ქლოროფილის გასაპვნა/ აღნიშნული მარილი მწვანე ფერისაა, მაგრამ ქლოროფილისაგან განსხვავდება – ხასიათდება ბენზინში უხსნადობით.

ფეოფიტინის მიღება და ლითონორგანული კავშირის აღდგენა

ქლოროფილის მოლეკულის ცენტრალური ნაწილის აგებულება საშუალებას იძლევა მივაკუთვნოთ იგი პორფირინების ჯგუფს. მის მოლეკულაში, როგორც ცნობილია, ცენტრალური ადგილი უკავია მაგნიუმის ატომს. ქლოროფილზე მჟავების მოქმედებისას მაგნიუმი შეინაცვლება წყალბადის ორი ატომით და მიიღება წენგო-მურაფერის ნაერთი, რომელსაც ფეოფიტინი ეწოდება. თუ ფეოფიტინის მოლეკულაში ისევე შევიტანთ მეტალს, მაგ: Zn, CH ან P მწვანე შეფერილობა აღდგება, თუმცა ამ შემთხვევაში მწვანე შეფერილობა რამდენადმე ელფერისაა.

მუშაობის მიმდინარეობა. ავიღოთ ორი სინჯარა, რომელშიც ჩასხმულია 4-5 მლ სპირტული გამონაწური და ორთავეს დავუმატოთ მარილმჟავას 10%-იანი ხსნარის 2-3 წვეთი. მივიღებთ ყომრალი ფერის ნივთიერებას – ფეოფიტინს – პროდუქტს, სადაც მაგნიუმის მაგივრად ჩანაცვლებულია წყალბადის ორი ატომი.

ერთერთ ფეოფიტინიან სინჯარაში ლანცეტის წვერით შევიტანოთ ძმარმჟავა თუთიის მცირე რაოდენობა და გავაცხელოთ ადუღებამდე. თუ ფეოფიტინის ფერი არ შეიცვლება, ისევ დავუმატოთ ძმარმჟავა თუთია და განვაგრძოთ გაცხელება. აღვნიშნოთ ფერის ცვალებადობა, რაც ხდება ლითონორგანული კავშირის აღდგენის შედეგად. დავწეროთ ამ რეაქციის განტოლება.

$$C_{32}H_{30}ON_4Mg + 2HCl = C_{32}H_{30}ON_4H_2 \begin{matrix} COOCH_3 \\ COOC_{20}H_{39} \end{matrix} \quad \begin{matrix} COOCH_3 \\ COOC_{20}H_{39} \end{matrix} + MgCl_2$$

$$C_{32}H_{30}ON_4H_2 \begin{matrix} COOCH_3 \\ COOC_{20}H_{39} \end{matrix} + C_4(CH_3COO)_2 \rightarrow C_{32}H_{30}N_4C_4 \begin{matrix} COOCH_3 \\ COOC_{20}H_{39} \end{matrix} + 2CH_3COOH$$

სამუშაო 16.

პიგმენტების ოპტიკური თვისებები.

მასალა და მოწყობილობა: 1. მწვანე ფოთლის პიგმენტთა სპირტოვანი ან აცეტილოვანი გამონაწური. 2. კაროტინისა და ქსანტოფილის ხსნარი. 3. სპექტროსკოპი. 4. მაგიდის ნათურა. 5. 5-10 მლ-იანი დანაყოფებიანი პიპეტი. 6. სინჯარები. 7. ფერადი ფანქრები.

განმარტება. მწვანე ფოთოლი შთანთქავს მასზე დაცემული სხივის დაახლოებით 70%ს, ხოლო 30% მისი ზედაპირიდან აირეკლება და გატარდება ფოთოლში.

მზე დედამიწაზე აფრქვევს სხივებს, რომელთა ტალღის სიგრძე და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავებულია. ცნობილია, რომ ფოტოსინთეზური თვალსაზრისით ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანია ტალღის ის ნაწილი, რომლის სიგრძე მერყეობს 400- 720 წმ-მდე. მას ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაცია /ფარ/ უწოდეს. ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაცია ხილული რადიაციაა.

ფოტოსინთეზურად აქტიური /ხილული/ რადიაცია შემდეგი ტალღებისაგან შედგება. 1. 400-500 გრძელტალღიანი ულტრაიისფერი და ლურჯ-იისფერი სხივები. 2. 500-720 მწვანე, ნარინჯისფერი, წითელი და ყვითელი სხივები. სპექტრის ეს ნაწილი ყველაზე მნიშვნელოვანია ფოტოსინთეზისათვის. ფოტოსინთეზის მაქსიმუმი მოდის წითელ სხივებზე /430-660 /, რადგანაც სწორედ ეს სხივები შთაინთქმებიან მწვანე პიგმენტების მიერ. კერძოდ, დამტკიცებული იქნა, რომ "ა" ქლოროფილის შთანთქმის სპექტრის მაქსიმუმი მოდის სწორედ წითელსა და ლურჯი ფერის ტალღებზე /429-660/, ხოლო "ბ" ქლოროფილისა კი 453-643 სიგრძის ტალღაზე.

ქიმიური სტრუქტურის თავისებურებებით შეპირობებული ქლოროფილის ოპტიკური თვისებები საზღვრავენ სხივური ენერგიეს ამორჩევით შთანთქმას, რაც საჭიროა ფოტოსინთეზის განხორციელებისათვის. "ა" და "ბ" ქლოროფილების შთანთქმის სპექტრი ახლოს დგანან ერთმანეთთან. მათ აქვთ ორი მკვეთრად გამოსახული მაქსიმუმი, ერთი წითელ სხივებში, რომელიც შეესაბამება 660 და 640 წმ და ლურჯ-იისფერ სხივებში 430 და 450 წმ. შთანთქმის მინიმუმი მოდის მწვანე სხივებში. ამით აისახება პიგმენტების მწვანე შეფერილობა.

ცოცხალ ფოთლებში ქლოროფილებს აქვთ უფრო ფართო და მკვეთრად გამოსახული შთანთქმის სპექტრი. მაგ. ქლოროპლასტში ქლოროფილ "ა"-ს წითელ მაქსიმუმში აქვს რამდენიმე პიკი: 670, 683, 700 წმ /წონა მეტრი/, ქლოროფილ "ბ"-ში ის მოდის 650-655 ნმ ტალღის სიგრძეზე, ანალოგიურ გადაადგილებას გრძელტალღოვან ნაწილის მხარეს განიცდის ლურჯი მაქსიმუმიც. აღნიშნული განსხვავება ქლროფილის შთანთქმის სპექტრში ფოთოლსა და ხსნარში განპირობებულია პიგმენტის მოლეკულის აგრეგაციის ხარისხით და ლამელებში ლიპოპროტეინულ კომპლექსთან მათი კავშირის ხასიათით.

კაროტინები და ქსანტოფილები სინათლეს შთანთქავენ მხოლო ლურჯ-იისფერ ტალღაზე.

პიგმენტების ოპტიკური თვისებები გამოწვეულია მათი ქიმიური აგებულების თავისებურებებით. ქლოროფილის მოლეკულაში ლითონორგანული ბმის არსებობა საზღვრავს მის მიერ სპექტრის გრძელტალღიანი სხივების შთანთქმას.

ქლოროფილს სხივური ენერგიის შთანთქმის სპეციფიკური სპექტრი გააჩნია. ამ შთანთქმის განსაზღვრისათვის ჩვეულებრივ სპექტროსკოპს იყენებენ. თუ ქლოროფილის ხსნარიან სინჯარას სპექტროსკოპის დამშლელ პრიზმაში გამდინარე მზის სხივის გზაზე მოვათავსებთ, სპექტრში ცალკეული შავი ზოლები გაჩნდება. ეს იმას ნიშნავს, რომ შესაბამისი სხივები ქლოროფილის მიერ შთაინთქმება. ქლოროფილის შთანთქმის სპექტრში ყოველთვის არის 2 ასეთი შავი ზოლი. ერთი მარცხნივ – წითელ სხივებში, მეორე სპექტრის მარჯვენა ნაწილში – ლურჯ და იისფერ სხივებში. ქლოროფილის კონცენტრაციის ზრდის მიხედვით წითელ სხივებში შთანთქმის ვიწრო ზოლი იზრდება. პირველად მარჯვნივ, სპექტრის მწვანე ნაწილამდე, გაფართოების ხარჯზე, მარცხნივ კიდურა წითელი და ინფრაწითელი სხივებისაკენ შთანთქმის ზოლი თითქმის არ ფართოვდება ლურჯ-მწვანე სხივების ხარჯზე. ამგვარად, შედარებით კონცენტრირებული ხსნარები არ შთანთქავენ მხოლოდ მწვანე და კიდურა წითელ სხივებს. ფოთლების ხილული შეფარდება სწორედ ამ ორი ფერის შეხამებით არის შეპირობებული.

მუშაობის მიმდინარეობა. მწვანე პიგმენტთა შთანთქმის სპექტრი. მივმართოთ სპექტროსკოპი სინათლის წყაროსაკენ ისე, რომ მთლიანად სპექტრს ჰქონდეს

ერთნაირი განათება. ჩავასხათ საკვლევი ხსნარი კიუვეტში და მოვათავსოთ სპექტროსკოპის წინ. განვსაზღვროთ შავი ზოლების რაოდენობა, რომელიც შეესაბამება ქლოროფილის შთანთქმის სპექტრს.

შთანთქმის სპექტრი დამოკიდებულია პიგმენტების კონცენტრაციაზე ან ხსნარის სისქეზე. ქლოროფილის სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარებში შთანთქმის სპექტრის შესასწავლად უნდა განვაზავოთ ხსნარი სპირტით ასეთი თანმიმდევრობით: 1:1, 1:3, 1:5, 1:15 და განვსაზღვროთ თითოეულის შთანთქმის სპექტრი. ცდის დამთავრების შემდეგ გავაკეთოთ დასკვნა ქლოროფილის შთანთქმის სპექტრზე. კონცენტრაციაზე დამოკიდებულებით და ავხსნათ მომხდარი ფაქტი.

ქლოროფილის შთანთქმის სპექტრი

ცხრილი 11

განზავებული გამონაწური	იისფერი ლურჯი	ცისფერი	მწვანე	ყვითელი	ნარინჯის-ფერი	წითელი
1:15						
1:5						
1:3						
1:1						
განუზავებელი გამონაწური						

კაროტინისა და ქსანტოფილის შთანთქმის სპექტრი. კაროტინოიდების შთანთქმის სპექტრის მისაღებად ფრთხილად ვიღებთ ბენზინის ხსნარს პიპეტით, რომელშიც გადასულია კაროტინი და ქსანტოფილი ქლოროფილის გასაპვნის შედეგად. გადაგვაქვს ხსნარი კიუვეტში და კიუვეტს ვათავსებთ სპექტროსკოპის წინ. ვნახავთ ყვითელი პიგმენტების შთანთქმის სპექტრს და მას შევადარებთ ქლოროფილის შთანთქმის სპექტრს.

შემდეგ ჩავხატავთ ორივე შთანთქმის სპექტრს.

ყვითელ პიგმენტთა შთანთქმის სპექტრი

ცხრილი 12

ხსნარი	იის-ფერი	ლურჯი	ცის-ფერი	მწვანე	ყვითელი	ნარინჯის ფერი	წითე-ლი
კაროტინი							
ქსანტოფილი							

ქლოროფილის ფლუორენსცენცია. ქლოროფილების დამახასიათებელი თვისებაა ფლუორენსცენცია. “ა” ქლოროფილის სპირტული ხსნარი არეკლილ სინათლეზე

გვეჩვენება ალუბლისფერ-წითელ ფერად, ხოლო “ბ” ქლოროფილის – მიხაკისფერ-წითლად. ცოცხალ, ნორმალურად მომუშავე ფოთოლში ქლოროფილის ფლუორენსცენცია გაცილებით სუსტია, ვიდრე ქლოროფილის ხსნარში. ფლუორენსცენცია იზრდება მცენარის ფუნქციის მოშლასთან ერთად, რაც ამა თუ იმ ხარისხით არღვევს ფოტოსინთეზს. როგორც ჩანს, ფლუორენსცენციის ინტენსიურობა როგორღაც დაკავშირებულია ფოტოსინთეზის წარმოებისათვის ფოთლის მიერ შთანთქმული ენერგიის გამოყენების ხარისხთან. ქლოროფილის ფლუორენსცენცია კოლოიდურ ხსნარებში შემცირებულია. ფლუორენსცენცია აიხსნება აღგზნებული ქლოროფილის ნორმალურ მდგომარეობაში გადასვლით. ფლუორენსცენცია მაჩვენებელია ქლოროფილის ფოტოქიმიური აქტივობისა.

ფლუორენსცენციაზე დასაკვირვებლად პიგმენტების გამონაწურიანი სინჯარა მოვათავსოთ ფანჯრის ან ელნათურის ბნელ ფონზე და გავხედოთ იმ მხრიდან, საიდანაც ეცემა სინათლე. ქლოროფილის გამონაწური იქნება მუქი წითელი შეფერილობის.

ფლუორენსცენციაზე დაკვირვება შეიძლება ცოცხალ ფოთლებზეც. ამისათვის ავიღოთ წყლის მცენარე ელოდეა. მოვათავსოთ საკვლევი მცენარე სასაგნე მინაზე და გავსინჯოთ მიკროსკოპში. მიკროსკოპს ანათებენ იისფერი-ლურჯი სხივებით, რომელთა მოქმედების შედეგად მწვანე პიგმენტები დაიწყებენ ნათებას წითელ ფერად.

სამუშაო 17.

პიგმენტების დაცილება ქაღალდის ქრომატოგრაფიის მეთოდით.

მასალა და მოწყობილობა: 1. მცენარის ნედლი ფოთლები; 2. 96%-იანი სპირტი; 3. პეტროლენტის ეთერი; 4. ბენზოლი; 5. აცეტონი; 6. კვარცის ქვიშა ან შუშის ფხვნილი; 7. $CaCo_3$; 8. ქრომატოგრაფიის ქაღალდი; 9. 50 მლ-იანი კოლბები; 10. 10 მლ-იანი ცილინდრი; 11. მინის წკირი; 12. 1 მლ-იანი პიპეტი; 13. ფილთაქვა; 14 ბუნზენის მშრალი, სუფთა კოლბი საცობით, რომელშიაც ჩადგმულია შუშის №2 ფილტრი; 15. კომოვსკის ტუმბო; 16. მინის ბიუქსები /2ც/; 17. მინის ცილინდრები 20x25 სმ სიმაღლის მილესილი სახურავით; 18. სასწორი საწონებით; 19. მაკრატელი; 20. ვაზელინი.

განმარტება. ქაღალდის ქრომატოგრაფიის მეთოდი სულ უფრო და უფრო გამოყენებას პოულობს პიგმენტების რაოდენობრივ განსაზღვრაში და მათი ერთმანეთისაგან დაცილებაში. ქრომატოგრაფიული მეთოდის გამოყენებამ საშუალება მოგვცა მცენარეების სხვადასხვა კლასებიდან გამოგვეყო 10-მდე ქლოროფილი და 30-მდე კაროტინოიდები.

პიგმენტების ერთმანეთისაგან დაცილების მიზნით ქრომატოგრაფიის ქაღალდზე ქვემოთ გადააქვთ გამონაწური ვიწრო ზოლის სახით. შემდეგ ქაღალდს ათავსებენ გამხსნელში. გამხსნელი აიწევს რა ქაღალდზე თან მოაქვს პიგმენტები. სხვადასხვა პიგმენტები ხასიათდებიან რა სხვადასხვა ხსნადობით ამ გამხსნელში და სხვადასხვა ადსორბციის უნარით, ქაღალდზე გადაადგილდებიან სხვადასხვა ადგილას. რაც მეტია პიგმენტთა ხსნადობა გამხსნელში და რაც უფრო ნაკლებია ქაღალდზე მისი ადსორბცია, მით უფრო ჩქარა და შორს გადაადგილდება მისი ზოლი.

მუშაობის მიმდინარეობა. დაკუწული 1 გ ნედლი ფოთოლი მოვათავსოთ ფიალაში, დავუმატოთ ცოტაოდენი კვარცის ქვიშა ან შუშის ფხვნილი და $CaCO_3$. დავასხათ 3-4 მლ აცეტონის სპირტთან ნარევი 3:1 და გავსრისოთ. გამონაწური გადავიტანოთ ბენზინის კოლბაში ჩადგმულ შუშის №2 ფილტრში ისე, რომ არ დაიკარგოს არც ერთი წვეთი. გამოვქაჩოთ გამონაწური ტუმბოს დახმარებით. ეს

ოპერაცია გავიმეოროთ პიგმენტთა სრულ გახსნამდე. გამონაწური ჩავასხათ 25 მლ-იან საზომ კოლბაში და შევავსოთ ნიშან ხაზამდე.

მიღებული აცეტოვან-სპირტოვანი გამონაწური გამოიყენება პიგმენტების განსაზღვრისათვის.

ქრომატოგრაფიის ქაღალდზე ზომით 16x16 სმ გადააქვთ 1-2 მლ გამონაწური ვიწრო ზოლის სახით. ქვედა ბოლოზე ყოველი წვეთის გადატანის შემდეგ ქაღალდი უნდა გავაშროთ ვენტილიატორით. გამონაწურის მთლიანად გადატანის შემდეგ წარმოიქმნება მუქი მწვანე ზოლი. ზოლი არ უნდა აღემატებოდეს 0,5-0,6 სმ. შემდეგ გამოვაშროთ ქრომატოგრაფიის ქაღალდი აცეტონის სუნის სრულ გაქრობამდე. მოვამრგვალოთ ისე რომ ქვედა ბოლოები არ ემთხვეოდეს ერთმანეთს. ხოლო ზედა ბოლოები დავაკავშიროთ სამაგრიოთ და ჩავდოთ ცილინდრში, რომელშიც ჩასხმულია 20 მლ ბენზოლისა და პეტროლეინის ეთერის ნარევი შეფარდებით 2:1. ცილინდრს დავახუროთ მჭიდროთ მილესილი სახურავი და შემოვაკრათ შავი ნაჭერი ან ქაღალდი.

20-30 წუთის შემდეგ გახსნილი პიგმენტები ქაღალდზე განლაგდება შემდეგი თანამიმდევრობით: ქვემოთ ქლოროფილი "ბ", მის მაღლა ქლოროფილი "ა", შემდეგ ქსანტოფილი, ხოლო ყველაზე ზემოთ კაროტინი.

ამის შემდეგ ამოვიღებთ ქაღალდს ცილინდრიდან, გამოვაშრობთ და გამოვჭრით ცალკეულ ზოლებს, როგორც ყვითელი ისე მწვანე პიგმენტებისა. შემდეგ თითოეულ ზოლს ცალცალკე დავჭრით პატარა ნაწილებად მოვათავსებთ ბიუქსებში ან ფაიფურის ჯამში, დავასხამთ 2-3 მლ აცეტონისა და სპირიტს ნარევს 3:1 შეფარდებით პიგმენტების გასახსნელად. ამ ოპერაციას ვიმეორებთ მანამ სანამ ქაღალდი მთლიანად არ გაუფერულდება. შემდეგ გამხსნელი გადაგვაქვს 10 მლ საზომ ცილინდრში, ვავსებთ ნიშან ხაზამდე და ვსაზღვრავთ პიგმენტების კონცენტრაციას ფოტოელექტროკოლორიმეტრზე, /ფეკ/-ზე.

ქლოროფილ "ა" და"ბ"-ს შემცველობას საზღვრავენ ფორმულით:

$$X = \frac{C\,V\,U}{m\,n}$$

სადაც X ქლოროფილის რაოდენობაა მლ/გ-ში ნედლ წონაში; C – პიგმენტების კონცენტრაცია ნაპოვნი საყალიბო მრუდზე, მგ/მლ ხსნარში; V – გამონაწურის საერთო რაოდენობა, მლ; U – ელუატის მოცულობა, მლ; m – ანალიზისათვის აღებული ფოთლის წონა გრამობით; n – ქრომატოგრაფიის ქაღალდზე გადატანილი გამხსნელის რაოდენობა, მლ.

ანალოგიურად იქცევიან ყვითელი პიგმენტების განსაზღვრის დროს.

სამუშაო 18.

ფოტოსინთეზის აღმოჩენა სახამებლის სინჯით

მასალა და მოწყობილობა: 1. 2-3 დღით სიბნელეში მოთავსებული ბალბა /სასურველია ჭრელფოთლიანი/; 2.სპირტი; 3. იოდის ხსნარი /კონცენტრირებული ხსნარი წყალში განზავებული 3-ჯერ/; 4. ტუტის 30%-იანი ხსნარი; 5. ელექტრონათურა 200-300 ვატ; 6. მაკრატელი; 7. პინცეტი; 8. სინჯარიანი შტატივი; 9. სპირტქურა; 10. კონუსური კოლბა; 11. ფაიფურის ჯამი; 12. წყლის აბაზანა; 13. ელექტროქურა; 14. მინის სადგარზე დადგმული შუშის ზარხუფი; 15. ლანოდინი; 16. პატარა ჭიქები /2 ცალი/; 17. ძაბრი; 18. სინჯარების დამჭერი; 19. სამართებელი; 20. ასანთი; 21. ფერადი ფანქრები.

განმარტება: ფოტოსინთეზის შედეგად ფოთლებში დაგროვილ ნახშირწყლებიდან ყველაზე ადვილად შიძლება გამოვლინდეს სახამებელი. სახამებლის გამოსავლინებლად სინათლეზე ნამყოფ ფოთოლს გააუფერულებენ სპირტში და შემდეგ დაამუშავებენ იოდის ხსნარით. სახამებლის წარმოქმნის მიხედვით შეიძლება აღვნიშნოთ მეტად მკვეთრი ფოტოსინთეზური რეაქცია. ფოთოლში წარმოქმნილ სახამებელს, როგორც ფოტოსინთეზის პირველადი პროდუქტების უახლოესი გარდაქმნის შედეგს ეწოდება პირველადი სახამებელი, განსხვავებით მეორადი სახამებლისაგან, რომელიც ფოთლებიდან უკუდენილი ნახშიწყლებიდან წარმოიქმნება მცენარის უფერულ ნაწილებში /ღერო, ტუბერები/.

სახამებელზე იოდის სინჯი, მისი ინტენსიურობა ფოთლის განათებას და ფოტოსინთეზისათვის საჭირო სხვა პირობებზე დამოკიდებულებით შეიძლება განიხილოს როგორც ფოტოსინთეზის განსაზღვრის თვისებრივი მეთოდი. ამ მეთოდით ადვილია იმის ჩვენება, რომ ფოტოსინთეზი მიმდინარეობს მხოლოდ მცენარის განათებულ მწვანე ფოთლებში.

სახამებლის სინჯით ფოტოსინთეზის აღმოსაჩენად უმჯობესია ცდა ჩავატაროთ მოწყვეტილ და წყალში ყუნწით ჩაშვებულ ფოთოლზე, რადგან გამორიცხულია ნივთიერებათა უკუდენა.

პირველადი სახამებლის წარმოქმნაზე დასაკვირვებლად საჭიროა თავდაპირველად ფოთოლში არ იყოს ეს ნივთიერება. სახამებლისგან ფოთლის დაცლა შეიძლება მისი სიბნელეში მოთავსებით რამდენიმე დღის განმავლობაში. ამ დროის განმავლობაში იქ არსებული სახამებელი გადადის შაქრებში, რომელთა ნაწილი გადავა ღეროში, ხოლო ნაწილი დაიხარჯება უჯრედის სუნთქვაზე.

მუშაობის მიმდინარეობა. მცენარე მოვრწყათ და მოვათავსოთ სიბნელეში 2-3 დღით /ან ცალკეული ფოთლები დავხუროთ შუქგაუმტარი მასალით/.

შევამოწმოთ ფოთოლი მთლიანად დაიცალა თუ არა სახამებლისაგან, რისთვისაც ფოთოლს მოვაჭრათ პატარა ნაჭერი, მოვათავსოთ სინჯარაში და ვადუღოთ წყალში, უჯრედების მოსაკლავად. გადავასხათ წყალი, შემდეგ სინჯარაში ჩავასხათ სპირტი და ვადუღოთ წყლის აბაზანაზე პიგმენტების სრულ გახსნამდე. დუღილი უნდა ვაწარმოოთ ფრთხილად, რათა თავიდან ავიცილოთ სინჯარიდან სპირიტის ამოსხმა. ამის შემდეგ გადავღვაროთ სპირტი. სპირტის მოქმედებით ფოთოლი უხეშდება. ფოთლის ნაჭრის დასარბილებლად სინჯარაში ჩავასხათ წყალი. თუ ფოთოლი ლურჯად არ შეიღება, ეს ნიშნავს, რომ ფოთოლში არ არის სახამებელი. თუ სინჯი შეიღებება ლურჯად, მაშინ ეს ფოთოლი საცდელად არ გამოდგება, რადგან ძნელია დაკვირვება ვაწარმოოთ სახამებლის წარმოქმნაზე.

ორივე მხრიდან ფოთოლი დავფაროთ მუყაოს ნაჭრით, რომელზედაც ამოჭრილია ფიგურები, ან ზემოდან ფოთოლს დავაკრათ კონტრასტული, მაგრამ არა ძალიან მუქი ფოტონეგატივი.

მეორე ფოთოლი, რომელიც არ შიცავს სახამებელს, ყუნწით ჩავუშვათ წყლიან სინჯარაში და მოვათავსოთ უნახშირორჟანგო ატმოსფეროში, რისთვისაც სინჯარის გვერდით დავდგათ – მოვათავსოთ ძლიერი ტუტე და შევდგათ ზარხუფის ქვეშ. ჰერმეტულობისათვის საჭიროა ფოთლიანი სინჯარა და მწვავე ტუტე დავდგათ მინის ნაჭერზე და ზარხუფის კიდეები შემოვლესოთ ლანოლინით. გამოვდგათ ორივე ფოთოლი მზის სხივების ან ელექტრო განათებაზე. /ელექტრო განათების გამოყენებისას 200-300 ვატიანი ვარვარანათურების შემთხვევაში ფოთლების გადახურების თავიდან ასაცილებლად ნათურებსა და ფოთლებს შორის მანძილი უნდა იყოს არანაკლებ 30 სმ/.

ერთი ან რამდენიმე სთ-ის შემდეგ დავამუშაოთ ფოთლები, როგორც ეს აღწერილი იყო ფოთლის ნაჭრებისათვის, როცა შევამოწმეთ ფოთლებში სახამებლის არსებობა; ჩავდოთ ადუღებულ წყალში, გავაუფერულოთ სპირტში, დავალბოთ წყალში

და დავამუშაოთ იოდის ხსნარით. /ფოთლების გაუფერულებას აწარმოებენ თავდახურულ კოლბში სპირტის აორთქლების თავიდან აცილების მიზნით./

ჩავიწეროთ შედეგები. აღვნიშნოთ, ფოთლის რა ნაწილებში წარმოიქმნება სახამებელი /ჭრელი ფოთლებისათვის ყურადღება მივაქციოთ თეთრ უბნებს/ ჩავიხატოთ ცდა და ავხსნათ შედეგები. იოდის ხსნარით დამუშავებული ფოთოლი შეიძლება შევინახოთ, თუ მას გამოვაშრობთ გაზეთის ორ ნაჭერს შორის წნეხის ქვეშ.

დასკვნებში ვუჩვენოთ, რა პირობებია საჭირო ფოტოსინთეზისათვის.

სამუშაო 19.

სინათლის გავლენა ქლოროფილის წარმოქმნაზე /ეთიოლაციის მოვლენა/

მასალა და მოწყობილობა: 1. ხორბლის თესლები; 2. პეტრის ჯამი /2 ცალი/; 3. პინცეტი; 4. ფილტრის ქაღალდი; 5. წყალი; 6. ბნელი კარადა; 7. ზარხუფი.

განმარტება. ქლოროფილი მეტად რთული ნივთიერებაა და წარმოიქმნება მის წინამორბედ ნივთიერებათა გარდაქმნით. ამ დროს არსებით როლს ასრულებს სინათლე /სხვა ფაქტორებთან ერთიანობაში/. ქლოროფილის წარმოქმნა სინათლეზე ხდება. ამის კარგი დადასტურებაა სიბნელეში თესლთა აღმონაცენი. უსინათლო პირობებში მცენარე ქლოროფილს ვერ ივითარებს. რჩება მოთეთრო-ყვითელი ფერის, რასაც ეთიოლირებული მცენარე ეწოდება.

ეთიოლირებული მცენარე მწვანე მცენარეებისაგან განსხვავდება იმით, რომ მათი ღერო სუსტი და განუვითარებელია. ასევე განუვითარებელია ფოთლებიც.

ეთიოლირებულ მცენარეთა სინათლეზე მოთავსებისას იწყება გამწვანება; ე.ი. წარმოიქმნება ქლოროფილი. ამრიგად, დგინდება სინათლის აუცილებლობა ქლოროფილის წარმოქმნისათვის. ეთიოლირებულ მცენარეებში წარმოქმნილი ნივთიერება, რომელიც განათების შემთხვევაში ადვილად გარდაიქმნება ქლოროფილად, ცნობილია პროტოქლოროფილის სახელწოდებით. “ა” და “ბ” ქლოროფილებს შეესაბამება თავისი პროტოქლოროფილები.

მუშაობის მიმდინარეობა. ავიღოთ პეტრის ორი ჯამი და მათ ფსკერზე მოვათავსოთ ფსკერის ზომაზე გამოჭრილი ფილტრის დასველებული ქაღალდი და პინცეტის დახმარებით ამ ქაღალდზე დავთესოთ ხორბლის თესლები. ჯამები ცალ-ცალკე დავდგათ ორი ზარხუფის ქვეშ სადგარზე, გვერდით დავდგათ წყლიანი ჭიქა, მაღალი ტენიანობის შექმნის მიზნით ზარხუფის შიგნით. ერთი მოვათავსოთ სინათლეზე, მეორე სიბნელეში. აღმოცენების შემდეგ დავუკვირდეთ და გავაკეთოთ დასკვნები სინათლის როლის შესახებ ქლოროფილის წარმოქმნაში.

სამუშაო 20.

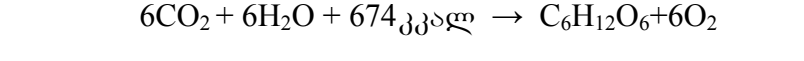
ფოტოსინთეზის პროდუქტიულობის აღრიცხვა დაგროვილ ნივთიერებათა რაოდენობის მიხედვით /ფოთლის ნახევრების მეთოდი/

მასალა და მოწყობილობა: 1. მცენარე სიმეტრიული ფოთლებით; 2. ბიუქსის ჭიქები; 3. თერმომეტრი; 4. ანალიზური სასწორი; 5. ხვრეტელა; 6. მაკრატელი.

განმარტება. ფოტოსინთეზის განსაზღვრის მეთოდები დამყარებულია ფოტოსინთეზის შეჯამებულ განტოლებაზე. ფოტოსინთეზი შეიძლება აღირიცხოს შთანთქმული ნახშიროჟანგისა და გამოყოფილი ჟანგბადის რაოდენობის მიხედვით – აიროვანი მეთოდები. წარმოქმნილი ორგანული ნივთიერებათა რაოდენობისა – წონითი მეთოდი და დაგროვილი ენერგიის რაოდენობის მიხედვით.

ფოტოსინთეზის განსაზღვრის წონითი მეთოდი მდგომარეობს იმაში, რომ დროის ტოლ შუალედში, ჩვეულებრივ 2-3 სთ-ში აღრიცხავენ განსაზღვრული ფართობის ფოთლის წონის ცვლილებებს. ამ დროის განმავლობაში ფოთოლში გროვდება ფოტოსინთეზის პროდუქტები – ორგანული ნივთიერებები და ფოთლის წონა შესაბამისად იზრდება. ფოთოლში ორგანულ ნივთიერებათა დაგროვებასთან ერთად ხდება მათი უკუდენა მცენარის სხვა ორგანოებისაკენ. ფოთლებიდან ნივთიერებათა უკუდენის სისწრაფეზე გავლენას ახდენს როგორც მათი რაოდენობა, ისე გარემო პირობები, განსაკუთრებით სინათლე. ამიტომ წონითი მეთოდით ასიმილაციის ზუსტი განსაზღვრისათვის საჭიროა ან შევაჩეროთ ნივთიერებათა უკუდენა ფოთლიდან, ან გავითვალისწინოთ მისი სიდიდე.

ფოთლის ნახევრების მეთოდი ფოტოსინთეზის გამორკვევის არაპირდაპირ მეთოდს ეკუთვნის. ამ მეთოდითაც შეიძლება დავაკვირდეთ ფოტოსინთეზის დროს ორგანულ ნივთიერებათა დაგროვებას ფორმულით:



$$6CO_2 + 6H_2O + 674\text{კკალ} \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

როგორც ფორმულიდან ჩანს, ფოტოსინთეზის პროცესში ნახშირორჟანგისა და წყლის ექვს-ექვსი მოლეკულისაგან და ქლოროფილის მიერ სინათლის სახით შთანთქმული 674 000 კალორიით იქმნება ნახშირწყლის ერთი მოლეკულა /$C_6H_{12}O_6$/ და თანაურ პროდუქტად გამოიყოფა ჟანგბადი /$6O_2$/ ამრიგად, შაქრის სინთეზზე დახარჯული ენერგია ბმული სახით ორგანულ ნივთიერებაში რჩება.

მუშაობის მიმდინარეობა. მუშაობის დაწყების წინ ერთი ღამით ან მეტი დროით აბნელებენ სიმეტრიული ფოთლების მქონე მცენარეს. შემდეგ დილით ადრე მოჭრიან ფოთლის ნახევარს, ხოლო მეორე ნახევარს მთავარი ძარღვით ტოვებენ მცენარეზე. მოჭრილი ფოთლის ნაწილს ათავსებენ სწორ ზედაპირზე და აწარმოებენ ზუსტად განსაზღვრული ფართობის ამოჭრას. ამოჭრის დროს ყურადღება უნდა მიექცეს იმასაც, რომ სინჯებს არ გაჰყვეს მთავარი ძარღვი. ამოჭრილ ნაწილს ათავსებენ ფაიფურის ჯამებზე და ერთი საათის განმავლობაში აშრობენ საშრობ კარადაში 70 C ტემპერატურაზე. გამშრალი მასალა გადააქვთ ზუსტად გამოწონილ ბიუქსებში და განაგრძობენ გამოშრობას მუდმივ წონამდე. ასეთი წესით ადგენენ ცდის წინ ფოთლის გარკვეული ფართობის წონას. მცენარეზე დატოვებული და კარგი განათების პირობებში მყოფი ფოთლის მეორე ნახევარს ჭრიან 4 ან 8 სთ-ის გავლის შემდეგ. დამუშავებას აწარმოებენ იმავე წესით, როგორც ფოთლის პირველი ნახევარი დამუშავდება. სინათლეზე ნამყოფი ფოთლის მეორე ნახევრის წონა მეტი იქნება, ვიდრე პირველი ნახევრისა. წონის მომატებას გადაიანგარიშებენ დროის ერთეულზე /ერთ სთ-ზე/.

მგვარად, მიღებული წონითი სხვაობა მაინც არ იძლევა ზუსტ წარმოდგენას ფოტოსინთეზის სიძლიერეზე. იგი წარმოადგენს მხოლოდ სხვაობას ფოტოსინთეზის დროს შექმნილი პროდუქტების /ასიმილატების/ და იმ პროდუქტების წონას შორის, რომლებმაც ფოთლიდან მოასწრეს გადასვლა მცენარის სხვა ნაწილებში ან კიდევ სუნთქვის პროცესში დაიხარჯნენ.

მეტი სიზუსტისათვის ცდაში შეაქვთ ასეთი შესწორება. დანაკლისის აღსარიცხავად იღებენ ისეთივე /მსგავს/ ფოთოლს და მის ნახევარს ტოვებენ სიბნელეში. შემდეგ ამუშავებენ იმავე წესით, როგორც ეს ზემოთ იყო აღწერილი. ამ შემთხვევაში გაანგარიშების შედეგად ღებულობენ არა ნამატს, არამედ დანაკლისს ფართობის ერთეულზე. ამ დანაკლისისა და ცდის დროს /სინათლეზე/ მიღებული ნამატის შეჯამებით ღებულობენ სინამდვილესთან მიახლოებულ სიდიდეს.

მაგალითი. მშრალი ნივთიერების წონა 50 სმ^2-- ფოთოლში დილის 8 სთ-ზე უდრიდა 0,250 გ-ს, მშრალი ნივთიერების წონა 50 სმ^2—განათებულ ფოთოლში დღის 2 სთ-ზე უდრიდა 0,285 გ-ს.

მშრალი ნივთიერების წონა 50 სმ^2-- ფოთოლში დილის 2 სთ-ზე უდრიდა 0,225გ-ს, აქედან 6სთ-ის განმავლობაში წონის ნამატი უდრიდა 0,285–0,225 =0,035. დანაკლისი ასიმილატების ღეროში გადასვლის გამო 0,250–0,225=0,025 გ.

50 სმ^2 —ფოთოლში 6 სთ-ის განმავლობაში შექმნილი ნივთიერების საერთო რაოდენობა = 0,035 – 0,025 – 0,060 გ-ს. ფოთლის ფართობის 1 კვ.მ-ზე კი /10000 სმ^2 / 1 სთ-ის განმავლობაში.

$$\frac{\frac{0{,}060}{50} \cdot 10000}{6} = \frac{12}{6} = 2 \text{ გ-ს}$$

სამუშაო 21.

გარეგანი პირობების გავლენა წყლის მცენარის ფოტოსინთეზის ინტენსივობაზე

მასალა და მოწყობილობა: 1. აკვარიუმი ელოდიათი; 2. 250 მლ-იანი სამი ქილა. 3. 10 %-იანი კალიუმის ბიქრომატი; 4. 4 %-იანი შაბიამინის ხსნარი; 5. ამიაკი; 6. საცობები; 7. სინჯარები; 8. ელექტრონათურა; 9. ქვიშის 1-3-5 წთ-იანი საათები; 10. თერმომეტრი; 11. საჭმელი სოდა; 12. კოლბები; 13. სახაზავი;

განმარტება. ფოტოსინთეზის აიროვან მეთოდებს ეკუთვნის ბუშტების დათვლის მეთოდი, რომელიც გამოიყენება სადემონსტრაციო მიზნების და აგრეთვე ფოტოსინთეზის რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის. სინათლეზე ფოთოლში ხდება ფოტოსინთეზი, რომლის პროდუქციაა ჟანგბადი და რომელიც გროვდება უჯრედშორისებში. ყლორტების მოჭრისას ზედმეტი ჰაერი გამოედინება ჭრილობის ზედაპირიდან ბუშტების სახით. მათი წარმოშობის სიჩქარე დამოკიდებულია ფოტოსინთეზის ინტენსივობაზე.

ბუშტების დათვლის მეთოდი არ შეიძლება ჩაითვალოს ზუსტ მეთოდად, რადგან გადაჭრილი ღეროდან გამოყოფილი აირი ჟანგბადის გარდა შეიცავს სხვა აირებსაც, მაგ. აზოტსა და ნახშირორჟანგს, მაგრამ მარტივი და მოხერხებულია იმისათვის, რომ ნათელ წარმოდგენას იძლევა ფოტოსინთეზის კავშირზე გარემო ფაქტორებთან.

ამავე სამუშაოებში გავეცნობით სპექტრის სხვადასხვა სხივების გავლენას ფოტოსინთეზის პროცესზე.

ტიმირიაზევის გამოკვლევებამდე ფიქრობდნენ, რომ თითქოს ფოტოსინთეზი ყველაზე ძლიერად ყვითელ /ენერგიით ღარიბ/ სხივებში წარმოებდა. ტიმირიაზევმა მის მიერ კონსტრუირებულ ხელსაწყოთი, ფოტოსინთეზის სპექტრის შემადგენელ სხვადასხვა ფერში ცალ-ცალკე განსაზღვრა. დადგინდა, რომ წითელი სხივებით განათებული ფოთლის უბანი მეტი რაოდენობით სახამებელს აგროვებდა, ბევრი იყო სახამებელი ფოთლის იმ ნაწილში, სადაც ხდებოდა ლურჯ-იისფერი სხივებით განათება. ე.ი. იქ, სადაც ყველაზე უფრო ინტენსიურად ხდებოდა ქლოროფილის მიერ სინათლის შთანთქმა.

ფიზიკოსთა მიერ სინათლის კვანტური თეორიის დამუშავებამდე ნათელი გახდა წითელ ფერებში ფოტოსინთეზის მაქსიმალური მიმდინარეობა. დადგინდა, რომ კვანტის სიდიდე ტალღის სიგრძის მიხედვით იცვლება, რაც უფრო გრძელია ტალღის სიგრძე, მით უფრო ნაკლებია კვანტის სიდიდე. გრძელტალღიან წითელ სხივებს პატარა ზომისა და მეტი რაოდენობის კვანტი აქვს, რის გამოც ისინი ფოტოქიმიურად უფრო პროდუქტიული არიან ფოტოსინთეზის პირველი ფოტოქიმიური ფაზის ჯეროვანი სისწრაფით წარმართვისათვის.

ისიც დადგინდა, რომ ფოთოლი მასზე დაცემული ენერგიის დაახლოებით 85-90%-ს შთანთქავს, მაგრამ ენერგიის ამ რაოდენობიდან ფოტოსინთეზზე 1-5% /იშვიათად 10%-მდე/ გამოიყენება. ფოთლის მიერ შთანთქმული ენერგიის 90%-ზე მეტი თბურ ენერგიაში გადადის და ხმარდება წყლის აიროვან მდგომარეობაში გადაყვანასა და ტრანსპირაციის პროცესს. ამ სამუშაოს ჩატარების მიზანია სტუდენტებმა ნახონ სპექტრის სხვადასხვა ფერში როგორი განსხვავებულობით არის წარმოდგენილი ფოტოსინთეზის პროცესი, რომელში უფრო ძლიერია და სხვა.

მუშაობის მიმდინარეობა. ელოდეას ყლორტი, რომლის კენწრული კვირტი დაუზიანებელია მოვათავსოთ წყლიან ჭიქაში და განვაახლოთ ჭრილობა, რომ თავიდან ავიცილოთ გამტარი ჭურჭლის დაცობა ჰაერის ბუშტებით. გადანაჭერი ყლორტი ბოლოთი ჩავუშვათ წყლიან სინჯარაში. წყალი წინასწარ გამდიდრებულია ნახშირორჟანგით, რაც ხერხდება წყალში სოდის ჩამატებით. სინჯარა ელოდეას ყლორტით მოვათავსოთ ქვემოთ აღწერილ ამა თუ იმ პირობებში და დაველოდოთ ჰაერის ბუშტების თანაბარ გამოყოფამდე. გადავაბრუნოთ ქვიშის საათი და ავთვალოთ ბუშტების გამოყოფა განსაზღვრული დროის მანძილზე. სინათლის წყაროდ გამოვიყენოთ 200-300 ვატ. ნათურა და ჩავატაროთ შემდეგი ცდები.

ა. განათებულობის გავლენა. 30^0 C-მდე გამთბარი წყალი ჩავასხათ კოლბში ან ცილინდრში, რომელზედაც მიმაგრებულია წყლის გამოსაშვები და ამ ჭურჭელში მოვათავსოთ ელოდეას ყლორტიანი სინჯარა. დავითვალოთ ჟანგბადის გამოყოფა სხვადასხვა განათებულობაზე.

ბ. სინათლის სპექტრული შედგენილობის გავლენა.
ცდისათვის იღებენ ერთნაირი მოცულობისა და ფორმის სამ ქილას. შიგ ასხამენ ქიმიურ ხსნარებს, რომლებიც ასრულებენ ფერადი ეკრანის დანიშნულებას. ასეთი ხსნარებია: 1. 1%-იანი ორქრომიანი კალიუმის ხსნარი, რომელიც შთანთქავს სპექტრის ლურჯ-იისფერ სხივებს და ატარებს წითელს. 2. 4%-იანი შაბიამნის ამიაკური ხსნარი, რომელიც შთანთქავს სპექტრის წითელი ფერის ნახევარს და ატარებს ლურჯ-იისფერს.

შაბიამნის ამიაკური ხსნარი მზადდება შემდეგი წესით: იღებენ $CuSO_4$ -ის 4%-იან ხსნარს, უმატებენ ამიაკს, სანამ დასაწყისში წარმოშობილი ნალექი არ გაიხსნება და ხსნარი არ მიიღებს კრიალა ლურჯ-იისფერს.

მესამე ქილაში ასხამენ სუფთა წყალს /უფერული ეკრანი/. ქილებში საცობის საშუალებით ამაგრებენ სინჯარებს. ქილები და მასში ჩასადგმელი სინჯარები ისე უნდა შევარჩიოთ, რომ ქილების კედელსა და მასში ჩადგმული სინჯარების კედელს შორის მანძილი 0,5 სმ-ს უდრიდეს. სავალდებულოა, რომ სამივე ქილაში სითხის სისქე ერთნაირი იყოს.

სინჯარაში შეაქვთ ელოდეას ტოტი, რომელიც აწარმოებს ფოტოსინთეზს. როდესაც ტოტის გადანაჭერიდან ბუშტების გამოყოფა დროის თანაბარ მონაკვეთში ინტენსივიბით დაიწყება, შეუდგებიან გამოყოფილი ბუშტების აღრიცხვას.

ცდის თანმიმდევრობა ასეთია: ჯერ ელოდეას ტოტიდან სინჯარას ჩაუშვებენ ქილაში, რომელშიც სუფთა წყალია /უფერული ეკრანი/, შემდეგ გადააქვთ ორქრომიან კალიუმის ხსნარში – წითელი ეკრანი, ხოლო შემდეგ იმ ქილაში, რომელშიც ამიაკის 4%-იანი ხსნარია – ლურჯი ეკრანი.

თითოეულ ხსნარში ბუშტებს ითვლიან ერთი წუთის განმავლობაში. ათვლას იმეორებენ დაახლოებით 5-6-ჯერ, ხოლო შემდეგ გამოჰყავთ საშუალო და ადარებენ ერთმანეთს.

ყოველ ხსნარში ცდა ერთსა და იმავე ელოდეას ტოტით წარმოებს. სხვადასხვა ტოტის გამოყენების შემთხვევაში შესაძლებელია თავი იჩინოს ინდივიდუალურმა თავისებურებამ და ბუშტები ისეთი განსხვავებული რაოდენობით გამოიყოს, რაც შეცდომაში შეგვიყვანს.

მიღებული ციფრობრივი მონაცემები შეაქვთ ცხრილში. ცხრილიდან ჩანს, რომ ბუშტები დიდი რამოდენობით გამოიყოფა თეთრ და წითელ სხივებში, ხოლო ლურჯ ფერში გამოყოფილი ჟანგბადის ბუშტების რამოდენობა მცირეა. მიღებული შედეგი მიგვითითებს, რომ ფოტოსინთეზი უფრო ინტენსიურად უფრო თეთრ და წითელ სხივებში მიმდინარეობს.

ცხრილი 13.

ელოდეას ტოტის მიერ წუთში გამოყოფილი ბუშტების რაოდენობა

№	სპექტრის სხივები	ჟანგბადის ბუშტების რაოდენობა
1	თეთრი ეკრანი	140
2	წითელი ეკრანი	117
3	ლურჯი ეკრანი	22

3. <u>ტემპერატურის გავლენა</u>. გარე ჭურჭელში ჩავასხათ ჯერ თბილი, ხოლო შემდეგ ცივი წყალი და ავთვალოთ ბუშტების გამოყოფა, სინათლის წყაროდან ერთნაირ მანძილზე.

ცხრილი 14

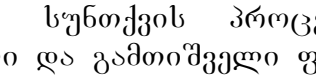
მანძილი სინათლის წყაროდან სმ-ში	ეკრანი	ტემპერატურა
5	თეთრი	30
10	თეთრი	30
20	თეთრი	30
5	თეთრი	30
5	წითელი	30
5	ლურჯი	30
5	თეთრი	30
5	თეთრი	10

შედეგები ჩავწეროთ ცხრილში. /მანძილი სინათლის წყაროდან და ტემპერატურა მოცემულია საორიენტაციოდ/.

გამოვიტანოთ დასკვნები მოქმედი ფაქტორებიდან ფოტოსინთეზის ინტენსიობაზე.

მცენარეთა სუნთქვა

სუნთქვა ეწოდება ორგანულ ნივთიერებათა ბიოქიმიურ დაჟანგავას ნახშირორჟანგამდე და წყლამდე, რასაც თან სდევს ენერგიის განთავისუფლება.



$$C_6H_{12}O_6+6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 674$$ კკალ

მოყვანილი განტოლების თანახმად, გლუკოზის ყოველ დაჟანგულ მოლეკულაზე შთაინთქმება 6 მოლეკულა O_2 და წარმოიქმნება 6 მოლეკულა წყალი, ამ დროს თავისუფლდება ის ენერგია, რომელიც შებოჭილი იყო. ფოტოსინთეზის პროცესში. ცოცხალ ორგანიზმში შაქრის დაჟანგვა მიმდინარეობს შედარებით დაბალი ტემპერატურის დროს და ხორციელდება შუალედური რეაქციების მთელი სერიით, რომლებიც კატალიზდებიან სათანადო ფერმენტებით. ამიტომ ენერგიის განთავისუფლება ხდება არა ერთბაშად, არამედ საფეხურეობრივად მისი ერთი ფორმის მეორე ფორმაში გარდაქმნით.

ენერგია, რომელიც სუნთქვის დროს გამოთავისუფლდება, მრავალგვარ ბიოქიმიურ და ფიზიოლოგიურ პროცესში გამოიყენება.

სუნთქვა დამახასიათებელია ყოველი ცოცხალი უჯრედისათვის და მასში იგი განუწყვეტლივ მიმდინარეობს. სუნთქვის პროცესში ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვა დამჟანგავ-აღმდგენელი და გამთიშველი ფერმენტების მონაწილეობით ხდება. სხვა ფიზიოლოგიურ მოვლენათა მსგავსად სუნთქვა სხვადასხვა ინტენსიურობით ხასიათდება, რაც გარემო პირობებსა და მცენარის ასაკობრივ მდგომარეობაზეა დამოკიდებული.

სუნთქვა შეიძლება განისაზღვროს სხვადასხვა მეთოდით, რომელიც ემყარება მცენარის გარემომცველ ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის აირისა და ჟანგბადის შემცველობათა ცვალებადობის აღრიცხვასა და აგრეთვე, მცენარის მშრალი ნივთიერების დანაკარგის მიხედვით, რომელიც ცდის განმავლობაში მშრალი წონის დანაკარგით გაითვალისწინება.

მწვანე მცენარეებში პირველი ორი მაჩვენებელი შესამჩნევი იქნება მაშინ, თუ გამორიცხული იქნება საწინააღმდეგო, ე.ი. ფოტოსინთეზის პროცესის მიმდინარეობა. ამიტომ, მცენარის ქლოროფილის შემცველი ორგანოების სუნთქვა შეიძლება განისაზღვროს მხოლოდ სიბნელეში, თუმცა თვით სუნთქვის პროცესი მათში სინათლეზეც მიმდინარეობს.

რადგან სუნთქვა მხოლოდ ცოცხალი უჯრედების თვისებაა, ამიტომ ინტენსიურად ის ორგანოები სუნთქავენ, რომელთა ქსოვილებიც მრავალ ასეთ უჯრედს შეიცავენ. ამიტომ ფოთლებს ღეროებთან შედარებით სუნთქვის მაღალი ინტენსიურობა ახასიათებს, ძველი გახევებული ყლორტები უფრო სუსტად სუნთქავენ, ვიდრე ახალგაზრდა, ჯერ კიდევ გაუხევებელი ყლორტები; ერთი და იმავე ორგანოს სხვადასხვა ქსოვილის სუნთქვის ინტენსივობაც სხვადასხვანაირია. სუნთქვის ინტენსივობა კიდევ უფრო ძლიერ არის დამოკიდებული თვით ცოცხალი უჯრედის ფიზიოლოგიურ მდგომარეობაზე. მაგ: ზრდის წერტილების უჯრედები მოსვენების მდგომარეობაში ძლიერ სუსტ სუნთქვას ამჟღავნებენ, ხოლო როდესაც უჯრედები დაყოფას იწყებენ, მათი სუნთქვა რამდენჯერმე დიდდება. მცენარის ყველა ორგანო სუნთქვის პროცესის ინტენსივობის მიხედვით შეიძლება შემდეგი თანმიმდევრობით დავალაგოთ: მაღივარი თესლები, გაშლის მდგომარეობაში მყოფი ყვავილები – მოზარდი ფესვები – კვირტები – ხნიერი ფოთლები – ხნიერი ღეროები და ფესვები.

სამუშაო 22.

დაკვირვება მაღივარი თესლების მიერ სუნთქვის დროს შთანთქმულ ჟანგბადზე

მასალა და მოწყობილობა: 1. ხორბლის მაღივარი თესლები; 2. სუნთქვის ხელსაწყო – ბუნზენის კოლბა; 3. შეფერილი სითხე; 4. კორპის საცობი კოლბის დასახურავად; 5. მინის მილები; 6. სინჯარები KOH-ის ხსნარით.

განმარტება. სუნთქვისათვის მნიშვნელოვანი ფაქტორი მცენარის გარემომცველ ატმოსფეროში ჟანგბადია. სუნთქვის ინტენსივობა არ ეცემა ჟანგბადის პარციალური წნევის 0,2 ატმ-მდე შემცირებისასაც კი, ხოლო ჟანგბადის – 0,1-0,05 ატმ-ზე ნაკლები. წნევის დროს სუნთქვა მკვეთრად მცირდება. მცენარის მიწისზედა ნაწილები ჩვეულებრივ კარგად არის უზრუნველყოფილი ჟანგბადით, ხოლო მიწისქვეშა ორგანოები – ფესვები, ფესვურები, ძირხვენები, ძირნაყოფები კი არც თუ ყველა პირობებში არიან ჟანგბადით კარგად უზრუნველყოფილნი.

მცენარეთა სუნთქვა თავისი არსით ცხოველთა სუნთქვის ანალოგიურია, რაც ცხოველური და მცენარეული ორგანიზმების წარმოშობის ერთიანობას მოწმობს.

სუნთქვის დროს გამოყოფილი ენერგია საჭიროა პროტოპლაზმის სტრუქტურის შესანარჩუნებლად, სინთეზისა და ნივთიერებათა გადაადგილების, მცენარის ორგანოთა ზრდისა და მოძრაობის პროცესებისათვის და აგრეთვე ნიადაგიდან მინერალურ ნივთიერებათა შთანთქმისათვის.

მუშაობის მიმდინარეობა. კოლბაში ყრიან გაღივებულ თესლებს, რომელზედაც ვერტიკალურად დგამენ სინჯარას. სინჯარაში ჩასხმულია KOH. კოლბის ყელი მჭიდროდ იხურება კაუჩუკის საცობით. კოლბას აქვს გვერდითი მილი, რომლის ბოლო ჩაშვებულია ფერად სითხეში. სუნთქვის პროცესში მაღივარი თესლები შთანთქავენ ჟანგბადს, ხოლო ამ დროს გამოყოფილ ნახშირორჟანგა გაზს ტუტე შთანთქავს. გაზის მოცულობა შემცირდება და კოლბიდან გამოსულ მილში შეფერილი სითხე აიწევს.

სამასალო ქილაში ყრიან გაღივებულ თესლებს კარგად /მჭიდროდ/ დაახურავენ კორპის საცობს და დგამენ ბნელ ადგილას. მეორე დღეს ქილას ხდიან საცობს და შეაქვთ შიგ ანთებული კვარი. კვარი ჩაქვრება რადგან ქილაში მოხვდება ნახშირორჟანგის დაგროვება.

სამუშაო 23.

სუნთქვის ინტენსივობის განსაზღვრა გამოყოფილი ნახშირორჟანგის რაოდენობით /ბოისნე-იენსენის მიხედვით/

მასალა და მოწყობილობა: 1. გაღივებული და გაუღივებელი თესლები. გაღვიძებული კვირტები, ფოთლები, ყვავილები და სხვა მცენარეული მასალა; 2. Ba(OH)-ის 0,1 N ხსნარი, ჩასხმული სინჯარაში და დახურული საცობი, სადაც ჩადგმულია ნატრონის კირიანი მილი; 3. HCl-ის 0.1 N ხსნარი – ბიურეტში; 4. ფენოფტალეინი საწვეთურში; 5. სასწორი; 6. საწონები; 7. ერთნაირი კონუსური კოლბები /3 ცალი/ და მათზე მორგებული რეზინის საცობები /2 საცობი ლითონის

სახურავით/; 8. დოლბანდის ნაჭერი 10x10 სმ ზომისა /2 ცალი/; 9. პარაფინი; 10. ელექტრო ქურა.

განმარტება. სუნთქვის ინტენსივობის განსაზღვრისათვის გამოყოფილი ნახშირორჟანგის მიხედვით, დახურულ ჭურჭელში მოათავსებენ საკვლევ მასალასა და ტუტის განსაზღვრულ რაოდენობას. სუნთქვის დროს გამოყოფილი ნახშირორჟანგი რეაგირებს ტუტესთან და ტუტის კონცენტრაცია მცირდება:

$$Ba(OH_2 + CO_2) = BaCO_3 + H_2O$$

განსაზღვრული დროის შემდეგ ჭურჭელში დარჩენილ ტუტეს ტიტრავენ:

$$Ba(OH)_2 + 2HCl = BaCl_2 + H_2O$$

მიღებულ სიდიდეს ადარებენ იმავე მოცულობის საწყისი ხსნარის გატიტვრისას მიღებულ შედეგებს. ეს აუცილებელია ტუტის საწყისი კონცენტრაციის დადგენისათვის და ერთდროულად CO_2 –ის იმ რაოდენობის განსაზღვრისათვის, რომელიც იყო ჭურჭელში ცდის დაწყებამდე. საცდელ და საკონტროლო ხსნარების ტიტრის სხვაობა პირდაპირ პროპორციულია სუნთქვის დროს გამოყოფილ CO_2 –ის რაოდენობისა.

ექსპოზიციის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია მასალის წონასა და სუნთქვის ინტენსივობაზე. მოკლე ექსპოზიციისას საკვლევ და საკონტროლო ხსნართა ტიტრის სხვაობა არასაიმედოა, პირიქით თუ კოლბში დარჩება ცოტა ბარიტი, მაშინ შესაძლებელია მოხდეს CO_2 –ის არასრული შთანთქმა. ამისათვის სასურველია გავზარდოთ ექსპოზიცია იმ ანგარიშით რომ CO_2 –ის შებოჭვაზე დაიხარჯოს ტუტის 10-40% /მაგ. თუ საკონტროლო ბარიტის გასატიტრავად დაიხარჯა 10 მლ HCl, მაშინ საცდელი ბარიტის გასატიტრავად უნდა დაიხარჯოს არა უმეტეს 9-ისა და არა ნაკლებ 6 მლ HCl-ისა/.

მუშაობის მიმდინარეობა. საკვლევი მასალა /5-10 გ/ მოვათავსოთ დოლბანდის პარკში და მივამაგროთ საცობს მასში ჩადგმული კაუჭის საშუალებით. ცდის დაწყების წინ შევამოწმოთ თავისუფლად ჩადის თუ არა მასალიანი პარკი კაუჭის ყელში და ხომ არ ეშვება ძალიან დაბლა. კოლბში ჩავაწვეთოთ ფენოფტალეინის 22 წვეთი, რის შემდეგ ჩავასხათ 10 მლ. $Ba(OH)_2$ –ის დეცინორმალური ხსნარი, კოლბში სწრაფად ჩავუშვათ საკვლევი მასალა, დავხუროთ საცობით და დავინიშნოთ დრო. თუ საცობი კორპისაა საჭიროა მისი პარაფინირება.

ცდის დანიშნულებაა – სხვადასხვა ობიექტების სუნთქვის ინტენსივობის ერთმანეთთან შედარება. ამისათვის საჭიროა ავიღოთ 2 კოლბა და მასში მოვათავსოთ ერთი და იგივე მცენარის სხვადასხვა ნაწილი. მაგ. ფოთლები და ყლორტები, ან გაღივებული და გაუღივებელი თესლები და ა.შ.

საკონტროლო /ცარიელ/ კოლბაში ჩავასხათ 10 მლ ბარიტის ხსნარი, 2 წვეთი ფენოფტალეინი და მჭიდროდ დავახუროთ საცობით. ქლოროფილის შემცვლელი მასალა ფოტოსინთეზის თავიდან აცილების მიზნით აუცილებლად უნდა მოვათავსოთ სიბნელეში.

დროდადრო საჭიროა კოლბის შენჯღრევა, რათა დაიშალოს ბარიტის ზედაპირზე წარმოშობილი თხელი აპკი $BaCO_3$, რომელიც ხელს უშლის CO_2 –ის შთანთქმას. ამასთან არავითარ შემთხვევაში ბარიტის წვეთები არ უნდა მოხვდეს მასალიან პარკს.

1-2 სთ-ს შემდეგ მასალა ამოვიღოთ, კოლბა ჩქარა დავხუროთ საცობით და დავინიშნოთ ცდის დამთავრების დრო. კოლბაში დარჩენილი ტუტე, გავტიტროთ 0,1 /ნორმალობის/ მარილმჟავას ხსნარით ვარდისფრის გაქრობამდე აცილებისათვის, რაც ხდება ჰაერის ნახშირორჟანგის ბარიტის კონცენტრაციის დაცემის თავიდან

შთანთქმის ხარჯზე. კოლბა უნდა დაიხუროს ორხვრელიანი საცობით, ერთ მათგანში გატარებულია ნატრინოვანი კირი, ხოლო მეორეში ბიურეტი.

საკონტროლო კოლბაში მოთავსებული ბარიტი შეიძლება გაიტიტროს ცდის დაწყებიდან 20 წუთის შემდეგ /ამ დროის განმავლობაში საჭიროა კოლბი დროდადრო შევანჯღრიოთ/.

შედეგები ჩავწეროთ ცხრილში

ცხრილი 15.

ობიექტი	მასალის წონა გ-ში	ჩასხმული $Ba(OH)_2$ მლ	დრო			წავიდა H_2O მლ		ტიტრის შესწორება	სუნთქვის ინტენსივობა მგ-ით
			დაწყება	დამთავრება	ცდის ხანგრძლივობა სთ-ში	საკონტროლო	საცდელი		

სუნთქვის ინტენსიობა გაიანგარიშებაშემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$X = \frac{(q+d)K\ 22}{Pt}$$

სადაც q არის საკონტროლო კოლბში მოთავსებული ხსნარის ტიტრი, *d* – საცდელ კოლბში მოთავსებული ხსნარის ტიტრი; K- ტიტრის HCl-ის შესწორება; 2,2 მგ CO_2, რომელიც ეკვივალენტურია 1 მლ /ნორმალობის/ HCl-ის;

P – მასალის წონა გ-ში; t – ცდის ხანგრძლივობა საათებში.

გავაკეთოთ დასკვნები, შევუდაროთ ერთმანეთს სხვადასხვა ობიექტის სუნთქვის ინტენსივობა.

სამუშაო 24.

დაკვირვება სუნთქვის დროს გამოყოფილ სითბოზე

მასალა და მოწყობილობა: 1. დიუარის ხელსაწყო; 2. მგრძნობიარე თერმომეტრი, 0,1 დანაყოფით, ბამბა, ბიუქსი; 3. NaOH-ის 5-10% ხსნარი; 4. საცდელ მასალად შეიძლება ავიღოთ მაღივარი თესლები.

განმარტება. სუნთქვის დროს ორგანულ ნივთიერებათა ბიოქიმიურ ჟანგვას თან სდევს ენერგიის გამოთავისუფლება, რაც მოიხმარება მცენარეში მიმდინარე სასიცოცხლო პროცესებისათვის. სუნთქვა უფრო ძლიერად მიმდინარეობს მცენარის იმ ქსოვილებში, სადაც დიდი რაოდენობითაა ცოცხალი უჯრედები და, მაშასადამე ცოცხალი მატერიის /მოცემულ/ შემთხვევაში – პროტოპლასტის არსებობასთან გვაქვს საქმე. ინტენსიური სუნთქვით ხასიათდება კვირტები, ყვავილები, გაღივების მდგომარეობაში მყოფი თესლები და ა. შ.

მუშაობის მიმდინარეობა. 2-3 კგ ხორბალს ასველებენ წყალში 12 სთ-ის განმავლობაში და აღივებენ განიერ კრისტალიზატორებში ან სხვა რამე შესაფერ ჭურჭელში სველი ფილტრის ქაღალდზე. გაღივებული ხორბალი შემდეგ გადააქვთ დიუარის ჭურჭელში ან თერმოსის რეზერვუარში, რომელიც კარგად არის დაცული სითბოს დაკარგვისაგან. ჭურჭლის ფსკერზე წინასწარ მოათავსებენ ზონარზე შებმულ პატარა ჭიქას მწვავე კალიუმის ტუტით. ეს ტუტე შთანთქავს სუნთქვის დროს გამოყოფილ CO_2 –ს; მარცვლები ამ ჭიქაში რომ არ ჩაცვივდეს, უკანასკნელს შეუკრავენ პირს დოლბანდით. ჭურჭლის გავსების შემდეგ, მასში ჩაუშვებენ თერმომეტრს იმ ანგარიშით, რომ ვერცხლის წყლის სვეტის ბოლო ნაწილი მოხვდეს ჭურჭელში ჩაყრილი თესლის მასის შუაგულში. სივრცე თერმომეტრსა და ჭურჭლის ყელს შუა უნდა ამოივსოს ბამბით, რომელიც არ უნდა იყოს ძალიან დატკეპნილი. რამდენიმე საათის შემდეგ სინჯავენ თერმომეტრის ჩვენებას. ეს ცდა წარმოდგენას იძლევა იმაზე, თუ რამდენად მაღალი ტემპერატურის განვითარება შეუძლიათ გაღივების დროს ენერგიულად მსუნთქავ თესლებს.

ჟანგვა-აღმდგენელი ფერმენტები

ორგანიზმის ყველა სასიცოცხლო პროცესი მოითხოვს ნივთიერებათა ცვლას, რის დროსაც სინთეზისა და დაშლის პროცესები ერთდროულად მიმდინარეობს. ამ დროს ადგილი აქვს ნივთიერებათა გარდაქმნას. ერთი მათგანის ჟანგვას თან სდევს მეორის აღდგენა. ფერმენტებს, რომლებიც ამ პროცესს აწარმოებენ, ჟანგვა-აღმდგენი ფერმენტები ეწოდება.

ჟანგბადის მიერთება ან წყალბადისა და ელექტრონების ართმევა ჟანგვას წარმოადგენს, ხოლო ჟანგბადის ართმევა ან წყალბადისა და ელექტრონების მიერთება აღდგენაა. ერთი ნივთიერების მოლეკულის დაკარგული ყოველი ელექტრონი დაუყოვნებლივ შთაინთქმება მეორე ნივთიერების მოლეკულის მიერ ცოცხალ ორგანიზმებში. ჟანგვას ჩვეულებრივ ორგანული ნივთიერებები განიცდიან, რომელთა მოლეკულები წყალბადს გასცემს.

რადგანაც წყალბადის ატომი შედგება ერთი პროტონისა და ელექტრონისაგან, ნივთიერების მიერ წყალბადის დაკარგვა /დაჟანგვა/ დაკავშირებულია მის მიერ ერთდროულად ელექტრონის დაკარგვასთანაც. ნივთიერება, რომელიც წყალბადს იერთებს /აღდგენა/ ელექტრონსაც იერთებს.

ჟანგვა, რაც წყალბადის ართმევასთან არის დაკავშირებული, სხვანაირად დეჰიდრირებად იწოდება. მისი რეაქცია სქემატურად შემდეგნაირად გამოიხატება.

$$AH_2 + B \qquad A + BH_2$$

ნივთიერება AH_2, რომელიც H_2 –ს გასცემს, წყალბადის დონორად იწოდება, ხოლო ნივთიერება B, რომელიც დონორიდან H_2 –ს ღებულობს – წყალბადის აქცეპტორად. ეს სქემატური რეაქცია არ ასახავს კატალიზატორების მოქმედების შუალედურ რეაქციებს, რომლებიც წყალბადის გადამტანებს წარმოადგენეს.

ცოცხალ უჯრედებში წყალბადის გადამტანების შუალედურ როლს განსხვავებული ფერმენტები – დეჰიდრაზები ასრულებენ.

სუნთქვა სპეციპიკური, ე.წ. სუნთქვის ფერმენტების მონაწილეობით ხორციელდება, მათგან უფრო მნიშვნელოვანია: ჰიდროლაზები, ფოსფორილაზები, კატალაზები, დეჰიდრაზები და ოქსიდაზები.

ჰიდროლაზები აკატალიზებენ ჰიდროლიზის რეაქციებს, ე.ი. რთულ ორგანულ ნივთიერებათა დახლეჩას წყლის მონაწილეობით.

ფოსფორილაზები აკატალიზებენ რთულ ორგანულ ნივთიერებების გახლეჩის რეაქციებს ფოსფორმჟავას მონაწილეობით, რის შედეგადაც წარმოიქმნებიან შედარებით მარტივი ნივთიერებები და ფოსფორმჟავას რთული ცხიმები.

კატალაზა ორკომპონენტიანი ფერმენტია, რომელიც ცილისაგან და მასთან დაკავშირებული აქტიური ჯგუფისაგან შედგება. ამ ფერმენტის როლი საკმაოდ დიდია, რადგან იგი შლის სუნთქვის პროცესში წარმოქმნილი უჯრედისათვის მომშხამველ წყალბადის ზეჟანგს. იგი ყველა ცოცხალ უჯრედში გვხვდება.

ოქსიდაზები ისეთი ფერმენტებია, რომელთა ფუნქციას ატმოსფეროს ჟანგბადის აქტივაცია წარმოადგენს, სხვანაირად მათ აერობული დეჰიდროგენაზებს უწოდებენ. ისინი ახორციელებენ ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებს წყალბადის ატომების ან ცალკეული ელექტრონების გადატანის გზით. წყალბადი ამ დროს უერთდება დეჰიდრაზას და აღადგენს მას, ხოლო ნივთიერება, რომელსაც წყალბადი მოსცილდება დაიჟანგება. დეჰიდროგენაზების მაგ. შეიძლება დავასახელოთ ფერმენტი პოლიფენოლოქსიდაზა, რომელიც პოლიფენოლების ჟანგვას აკატალაზებს და წყლის გამოყოფით გარდაქმნის მას შესაბამის ქინონებად.

დეჰიდროგენაზა ბევრი გვხვდება მაღივარ თესლებში, სადაც გაძლიერებულად მიმდინარეობს ჟანგვა-აღდგენითი პროცესები. საფუარა სოკოს უჯრედებიც ფერმენტთა მთელ კომპლექსს შეიცავს, მათ შორის ბევრია დეჰიდროგენაზაც, რის გამოც იგი ხასიათდება ძლიერი აღდგენითი უნარით.

პეროქსიდაზა ზეჟანგების ჟანგბადის მააქტივირებელი ფერმენტია, კერძოდ წყალბადის ზეჟანგის დამჟანგველი უნარი პეროქსიდის მოქმედებით ძლიერდება.

სამუშაო 25.

პეროქსიდაზის განსაზღვრა

წყალბადზეჟანგით ორგანულ ნაერთთა დაჟანგვა ორგანიზმში მიმდინარეობს ფერმენტის მოქმედებით, რომელსაც პეროქსიდაზა ეწოდება. პეროქსიდაზას შეუძლია ამა თუ იმ ნაერთის დაჟანგვა წყალბადზეჟანგის ან რომელიმე ორგანულ ზეჟანგის დახმარებით. პეროქსიდაზა წყალბადზეჟანგთან წარმოქმნის კომპლექს -- ნაერთს, რის შედეგადაც ზეჟანგი აქტიურდება და იძენს თვისებას იმოქმედოს, როგორც წყალბადის აქცეპტორმა.

პეროქსიდაზა ჟანგავს პოლიფენოლებს და ზოგიერთ არმოატულ ამინს. პეროქსიდაზა ისევე როგორც კატალაზა ორკომპონენტიანი ფერმენტია, რომლის აქტიური ჯგუფი შეიცავს სამვალენტიან რკინას მძიმე, ჰემატინისებურად შეერთებულს ოთხი პიროლის რგოლის ნაშთებთან. პეროქსიდაზას და კატალაზას ჰემატინს ერთი და იგივე აღნაგობა აქვთ. კატალაზას და პეროქსიდაზას კატალიზური ფუნქციის სხვადასხვაობა აისახება ამ ფერმენტებში ერთსა და იმავე აქტიურ ჯგუფთან შეკავშირებული ცილების თვისებათა სხვაობით.

რამდენადაც პეროქსიდაზა განსაკუთრებით ადვილად ჟანგავს პოლიფენოლებს ის მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მცენარეთა სუნთქვაში, რადგანაც პოლიფენოლოქსიდაზასთან ერთად შეუძლია კ.ი. პალადინის სუნთქვის ქრომოგენების დაჯანგვა სუნთქვის პიგმენტებად.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ პეროქსიდაზა ზეჟანგების ჟანგბადის, კერძოდ წყალბადის ზეჟანგის მააქტივირებელი ფერმენტია, წყალნბადის ზეჟანგის დამჟანგველი უნარი დიდდება პეროქსიდაზის მოქმედებით. მასზეა დაფუძნებული ამ ფერმენტის გამომჟღავნების მეთოდი.

მასალა და მოწყობილობა: 1. კარტოფილის გორგალი; 2. 1 %-იანი ჰიდროქინონის ხსნარი; 3. 3 %-იანი წყალბადის ზეჟანგის ხსნარი; 4. დანა; 5. სახეხი; 6. დოლბანდი; 7. ძაბრი; 8. კოლბა; 9. სინჯარები სადგარით; 10. 1 მლ და 10 მლ პიპეტები.

მუშაობის მიმდინარეობა. გასუფთავებულ კარტოფილის გორგალს ხეხავენ სახეხზე. მისგან დოლბანდში გამოწურავენ წვენს და აგროვებენ კოლბაში. მოამზადებენ 4 სინჯარას. მასში შეაქვთ 5 მლ 1 %-იანი ჰიდროქინონის ხსნარი. პირველ სინჯარაში უმატებენ 1 მლ 3 %-იანი წყალბადის ზეჟანგის ხსნარს და 1 მლ კარტოფილის წვენს. მეორეში – 1 მლ 3 %-იან წყალბადის ზეჟანგის ხსნარს, მესამეში 1 მლ კარტოფილის წვენს, მეოთხეში – 1 მლ კარტოფილის წვენს, წინასწარ წამოდუღებულს 1 წუთის განმავლობაში და 1 მლ წყალბადის ზეჟანგს.

ჰიდროქინონის ქინონად დაჟანგვისას ხდება ხსნარის სწრაფი გახურება. შეინიშნება გახურება თვით კარტოფილის წვენშიც ჰიდროქინონისა და წყალბადის ზეჟანგის ხსნარის დამატების გარეშე, რომელიც დაკავშირებულია პოლიფენოლოქსიდაზის მოქმედებასთან.

აღნიშნავენ სინჯარებში ხსნარების შეფერილობას და ცდის შედეგები შეაქვთ ცხრილში.

პეროქსიდაზის აღმოჩენა კარტოფილის ტუბერის წვენში.

ცხრილი 16.

ვარიანტი	ნარევის შემადგენლობა სინჯარებში			სინჯარებში ხსნარის შეფერილობა
	კარტოფილის წვენი	H_2O_2	ჰიდროქინონი	
1	+	+	+	
2	–	+	+	
3	+	–	+	
4	–	–	+	

სამუშაო 26.

კატალაზას აქტივობის განსაზღვრა მცენარეულ ობიექტში

კატალაზას აქტივობის განსაზღვრა დაფუძნებულია ამ ფერმენტის უნარზე – დაშალოს წყალბადის ზეჟანგი წყლად და მოლეკულურ ჟანგბადად.

ამ დროს გამოყოფილი ჟანგბადის მოცულობა ფერმენტის აქტივობის მაჩვენებელია.

მასალა და მოწყობილობა: 1. კარტოფილის გორგალის ღივები და რბილობი, ან სხვა მცენარეული მასალა; 2. 3 %-იანი წყალბადის ზეჟანგი. 3. 5 მლ-იანი პიპეტი. 6. ცარცის ფხვნილი. 7. ფაიფურის როდინი; 8. კატალაზას განმსაზღვრელი ხელსაწყო. 9. წამმზომი.

მუშაობის მიმდინარეობა. 1 გ მცენარეულ მასალას კვარცის ქვიშასთან ერთად სრესენ ფაიფურის როდინში. ტუტე არეს შესაქმნელად უმატებენ ცარცის ფხვნილს /pH 7,7 ოპტიმალურია მოცემული ფერმენტისათვის/.

დასრესის დროს მცირე ულუფებით ასხამენ წყალს, რომლის საერთო მოცულობა უნდა შეადგენდეს 20 მლ-ს. მიღებული ნარევი შეაქვთ საკატალაზეს ერთ მუხლში, მეორე მუხლში კი – 5 მლ 3% წყალბადის ზეჟანგი. საკატალაზეს უერთებენ კაუჩუკის მილს, ისე რომ არ მოხდეს სითხეების ერთმანეთში შერევა.

აღნიშნულის შემდეგ ხსნიან მომჭერს და ძაბრის გადანაცვლებით წყლის დონე ბიურეტში ნულამდე დაჰყავთ. კეტავენ მომჭერს და საკატალიზეს მდგომარეობის სწრაფი შეცვლით ორივე მუხლში ურევენ სითხეებს. მის შემდეგ საკატალიზეს განუწყვეტლივ ანჯღრევენ, ბიურეტში წყლის დონის დაწევის მიხედვით აღნიშნავენ ჟანგბადის მოცულობის მილილიტრობით, რომელიც გამოიყო 3 წთ-ის განმავლობაში.

ათვლის დროს წყალი მრგვალ ძაბრსა და ბიურეტში ერთ დონეზე უნდა იყოს გაჩერებული.

ანგარიშობენ აგრეთვე ფერმენტ კატალაზას აქტივობას ზედა და ქვედა იარუსის ფოთლებში და შედეგებს იწერენ ცხრილში.

ფერმენტ კატალაზას აქტივობის განსაზღვრა

ცხრილი 17.

იარუსი	ფოთლის წონა	გამოყოფილი O_2 3 წთ განმავლობაში	კატალაზას აქტივობა 1 გ ნედლ მასალიდან გამოყოფილ O_2 მლ-ით
ზედა ქვედა	1 1		

მცენარეთა მინერალური კვება

მინერალური კვების ფიზიოლოგია შეისწავლის მცენარის ფესვის ,ღეროს, ფოთლის, გამტარი სისტემის ქსოვილებისა და ცალკეული უჯრედების სტრუკტურული თავისებურებების მნიშვნელობას, იონური და მოლეკულური ტრანსპორტების ძალებსა და მათ რეგულაციას მცენარის გამტარი სისტემის ფიზიოლოგიისა და ბიოქიმიის ცოდნის საფუძველზე. მინერალური კვების ფიზიოლოგიის მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს ურთიერთდამოკიდებულებათა შესწავლა საკვებ ნივთიერებათა მიწოდებასა და ნიადაგურ-კლიმატურ ფაქტორთა შორის.

მცენარის ქიმიურ შემდგენლობაში შედის თითქმის ყველა ცნობილი ელემენტი, მაგრამ ზოგიერთი მათგანი არ არის აუცილებელი და შეუცვლელი. აუცილებელ ელემენტად ითვლება: 1. თუ მისი უთანაობა გმორიცხავს მცენარის ნორმალურ სასიცოცხლო ციკლს. 2. თუ ამ ელემენტის უკმარისობა და უთანაობა იწვევს მცენარის ცხოველმოქმედების სპეციფიკურ დარღვევას, რაც აუცილებელს ხდის ამ ელემენტის საკვებ არეში შეტანას. 3. თუ ეს ელემენტი უშუალოდ მონაწილეობს ნივთიერებათა და ენერგიის გარდაქმნის პროცესში.

უმაღლეს მწვანე მცენარეებისათვის აუცილებელ ელემენტებს (ნახშირბადის, წყალბადის და ჟანგბადის გარდა) მიეკუთვნება მაკროელემენტები-აზოტი, ფოსფორი, გოგირდი, კალიუმი, კალციუმი, და მაგნიუმი.. მიკროელემენტები – რკინა, მანგანუმი, სპილენძი, თუთია, ბორი, მოლიბდენი, კობალტი.

მცენრე შთანთქავს მაკრო- და მიკროელემენტებს ფესვბით იონების სახით.

მინერლურ ნივთიერებათა იონები კონცენტრირდებიან მცენარეთა ქსოვილებში თითოეული ოჯახის, გვარისა და სახეობისათვის განსაზღვრული რაოდენობითა და შეფარდებით. მაგ. კალიუმსა და კალციუმს შორის შეფარდება უჩვენებს თუ კალიუმ-კალციუმიანი კვების რომელ ტიპს მიეკუთვნება მცენარე.

მცენარის მოთხოვნილება აუცილებლად ნაცროვან ელემენტებზე შეიძლება დადგინდეს მხოლოდ ხელოვნურ საკვებ არეში /წყლისა და ქვიშის კულტურები/,მათი გამოზრდის პირობები, აღნიშნულის შემთხვევაში გამოიყენება დესტილირებული წყალი, ქიმიურად სუფთა კვარცის ქვიშა, მარილები, ჭურჭელი ხსნარების მოსამზასდებლად და შესანახად.

ასეთ ცდებს აწარმოებენ სპეციალურ ნაგებობებში ვეგეტაციურ სახლებში. ცივი სეზონის დროს სახლში აწყობენ გათბობას/ასეთ სადგურებს-ორანჟერიებს უწოდებენ/. ბოლო დროს გამოიყენება ხელოვნური სინათლე: ჩვეულებრივი ვარვარა ნათურები, ლუმინესცენციური ქსენონის ლამფები და სხვ. ნაგებობებს, სადაც ხდება მცენარის ზრდისა და განვითარების ფაქტორების რეგულირება ეწოდება ლაბორატორიები ანუ ხელოვნური კლიმატის სადგურები და უკეთ მოწყობილი ფიტოტრონები.

საკვები მარილები. წყლისა და ქვიშის კულტურებში, მცენარეთა გამოსაზრდელად გამოიყენება მარილების ნარევი, რომლებიც შეიცავს ყველა აუცილებელ მიკრო და მაკროელემენტებს. ნიადაგის გამოყენების შემთხვევაში კი შეაქვთ მხოლოდ მცენარისათვის უკმარისი მარილები.

რადგან ზოგ ელემენტს მცენარე ითვისებს კათიონებისა და ზოგიერთს ანიონების სახით, შეიძლება შეირჩეს ისეთი მარილები, რომლებიც აუცილებელი ელემენტები იმყოფებიან სააკვებ არეში, როგორც ანიონების, ისე კათიონების სახით. უფრო ხშირად გამოიყენება აზოტმჟავა კალციუმის $Ca(NO_3)_2$ ან კალიუმის ნიტრატი KNO_3 ,აზოტმჟავა ამონიუმი NH_4NO_3 , ერთჩანაცვლებული კალიუმის ფოსფატი KH_2PO_4, ორჩანაცვლებული კალციუმის ფოსფატი /ქვიშოვანი კულტურები/, გოგირდმჟავა კალიუმი K_2SO_4, გოგირდმჟავა მაგნიუმი Mg_2SO_4. თითოეული ამ მარილთაგანი შეიცავს ორ აუცილებელ ელემენტს, მაგრამ ელემენტთა შორის საჭირო შეფარდების შესაქმნელად,

სხვა მარილები, რომლებიც მხოლოდ ერთ ელემენტს შეიცავენ /მაგ. KCl /, საკვებ ნარევში რთავენ მიკროელემენტების მდგრად მარილრბს. ყველაზე მეტად მცენარეს ესაჭიროება რკინა /5-10მგ/, რომელსაც აძლევენ ან რკინის ქლორიდის $FeCl_3$ ან რკინის სულფატის- $Fe_2(SO_4)_3$-ის სახით. ფოსფატის ან რკინის ჰიდროჟანგის დალექვისა და ქლოროზის აცილების მიზნით, საკვები ხსნარის ნეიტრალური ან სუსტი ტუტე რეაქციის დროს იყენებენ ლიმონმჟავა ან რკინმჟავას.

მანგანუმი, სპილენძი და თუთია შეაქვთ გოგირდმჟავას ან მარილმჟავას მარილების სახით, მოლიბდენი მოლიბდენმჟავის H_2MaO_4, ნატრიუმის ან ამონიუმის მარილების სახით, ბორის მჟავის H_3BO_3 სახით. მანგანუმისა და ბორის კონცენტრაცია ნარევში უნდა შეადგენდეს 0,1მგ-დე სპილენძის, თუთიისა და მოლიბდენისა -0,01-0,10 მგ-მდე.

მცენარეთა ფიზიოლოგიისა და აგროქიმიის ცნობარებში მოყვანილია მრავალი საკვები ნარევის შემადგენლობები, ყველაზე ხშირად გამოიყენება კნოპის /1859/, ჰერლიგელის /1883/, პრიანიშნიკოვის /1900/, ხოგლანდისა და სნაიდერსის /1933/ ნარევები.

თითოეული საკვები ნარევი არა მარტო უნდა შეიცავდეს მცენარისათვის აუცილებელ ყველა ელემენტს, არამედ უნდა იყოს ოპტიმალური წყალბადის იონების კონცენტრაციის მიხედვით, მცენარეთა უმრავლესობისათვის ხსნარის ოპტიმალური PH მდებარეობს 5,5 და 7,8 შორის. ხსნარის საწყისი PH დამოკიდებულია მარილების ქიმიურ დი ჰიდროლიზურ მჟავიანობაზე ან ტუტიანობაზე და მათ ბუფერიანობის უნარზე. ხოლო მისი ცვალებადობა მცენარის კვების პროცესში-მარილების ფიზიოლოგიურ მჟავიანობაზე ან ტუტიანობაზე. აქედან საკვები ნარევის საწყისი მჟავიანობაა 5,5-5,6 რადგან ქიმიურად მჟავე მარილია. ნიტრატები ფიზიოლოგიურად ტუტე მარილებია, რამდენადაც NO_3 იონი, შთაინთქმება უფრო მეტი სიჩქარით ვიდრე კალიუმისა და მით კალციუმის იონები, ამიტომ საკვების ხსნარი ტუტიანდება. ამასთან დეფიციტი ანიონებისა კომპენსირდება ფესვების მიერ გამოყოფილი ნახშიროჟანგით, რომელიც წარმოიქმნება სუნთქვის პროცესში.

სამუშაო 27.

ნიტრატების აღმოჩენა მცენრეში

მასალა და მოწყობილობა: 1. ცოცხალი მცენარეები; 2. საწვეთურები, მაგარ გოგირდმჟავაში (0,1 გ 10მლ მჟავაში) გახსნილი დიფენილამინის ხსარი; 3. ფაიფურის თეთრი თეფში: 4. მაკრატელი; 5. მინის წკირი; 6. წყლიანი ჭიქა; 7. ფილტრის ქაღალდი.

განმარტება. ნიადაგიდან ფესვებით შთანთქმული აზოტმჟავას მარილები (ნიტრატები), მცენარეში აღდგებიან ამიაკამდე, რომელიც შემდგომ დაკავშირდება კეტონმჟავებით (პიროყურძენმჟავით, მჟაუნძმარჟავით, ალფა-კეტოგუტანმჟავით) წარმოქმნის რა ე.წ. პირველად ამინომჟავებს-ალანინის. ასპარგინის და გლუტამინისას. სხვა ამინომჟავები წარმოიქმნებიან გადაამინირების დროს. ამიაკის მნიშვნელოვანი ნაწილის დაკავშირება ხდება აგრეთვე ამიდირების პროცესში.

ხსნადი ნახშირწყლები საკმაოდ მაღალი შემცველობისაა და შესაბამისი ფერმეტების მაღალი აქტიურობის დროს ჩამოთვლილი ბიოქიმიური პროცესები მიმდინარეობენ ფესვებში, მაგრამ ნიტრატების ნაწილმა (ხშირად მნიშვნელოვანი ნაწილი) შეიძლება გაიაროს ფესვის პარენქიმაში უცვლელი სახით. ამ შემთხვევაში ნიტრატები ადინ აღმავალი დენით ფოთლებში, სადაც მათი აღდგენა ხდება.

ნიტრატების გამოსავლენად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს რეაქცია დიფენილამინის მონაწილეობით, რომელიც NO_3 იონის არსებობისას წარმოქმნის ანალინის ლურჯ საღებავს. სილურჯის ინტენსიურობის მიხედვით შეიძლება მიახლოებითი მსჯელობა კვლევის ობიექტში ნიტრატების რაოდენობაზე.

მუშაობის მიმდინარეობა. რომელიმე მცენარის ყუნწისა და ფოთლის ფირფიტის ნაჭრები მოთავსდეს ფაიფურის თეთრ თეფშზე მინის წკირით დაისრისოს (მინის წკირი ყოველთვის უნდა გაირეცხოს და შემშრალდეს) და ძლიერ გოგირდმჟავაში დაესხას დიფენილამინის ხსნარი. გამოკვლეულ იქმნეს 2-3 სხვადასხვა სახის მცენარე. სასურველია აგრეთვე ანალიზის სხვადასხვა პირობებში ჩატარება და შედეგების მე- 19 ცხრილში შეტანა 5- ბალიანი სისტემით გალურჯების შეფასებით.

ცხრილი 18

მცენარის სახელწოდება	პირობები	ნიტრატების რაოდენობა	
		ყუნწში	ფოთლის ფირფიტაში

სამუშაო 28.

ნაცრის ელემენტების ქიმიური ანალიზი

მასალა და მოწყობილობა: ფოთლების დაწვის შედეგად მიღებული ნაცარი ან თამბაქოს ფერფლი; 2. მარილმჟავას 10%-იანი ხსნარი; გოგირდმჟავას 1%-იანი ხსნარი. 4. ამიაკის 10% -იანი ხსნარი; 5. $NaHPO_4$ – ის 1%-იანი ხსნარი; 6. მოლიბდენმჟავა ამონიუმის 1%-იანი ხსნარი 1% -იან აზოტმჟავაში; 7. სისხლის ყვითელი მარილის 1% - ნი ხსნარი (საწვეთურში); 8. გამოხდილი წყალი ჭიქით; 9. სინჯარები (2 ცალი); 10. პატარა ძაბრები; 11. ქაღალდის ფილტრი; 12. მახვილწვერიანი მინის წკირები (2 ცალი); 13. სასაგნე მინები (3 ცალი); 14. მიკროსკოპი; 15. ფილტრის ქაღალდის ნაჭრები.

განმარტება. მცენარის დაწვის შედეგად მიღებული ნაცარი დიდი რაოდენობით შეიცავს ელემენტებს, რომელთა შორისაც განასხვავებენ მაკროელემენტებს (ფოსფორი, გოგირდი, კალიუმი, კალციუმი, მაგნიუმი) და მიკროელემენტებს (რკინა, სპილენძი, თუთია, მაგნიუმი, მოლიბდენი, ბორი და სხვა).

ნაცრის ქიმიური შედგენილობის შესასწავლად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მიკროქიმიური ანალიზის მეთოდი, რომლისთვისაც საჭიროა მასალის მცირე რაოდენობა.

მუშაობის მიმდინარეობა. სინჯარაში ჩაიყაროს ნაცრის მცირე რაოდენობა და დაესხას მას დაახლოებით ოთხჯერ მეტი მოცულობის 10%-იანი მარილმჟავა. მცირე ფილტრის საშუალებით სუფთა სინჯარაში გაიფილტროს მიღებული ხსნარი. ჩატარდეს Ca, Mg, და P-ზე რეაქციები სასაგნე მინებზე მინის წკირის ბლაგვი ბოლოთი დაეწვეთოს გამონაწურის პატარა წვეთი და 4-5 მმ-ის დაშორებით კი შესაბამისი რეაქტივის წვეთი. შემდეგ მინის წკირის მახვილი ბოლოთი შეერთდეს წვეთი რკალისებრი არხით. შეერთების ადგილას მოხდება რეაქცია, არხის კიდეებზე შეიმჩნევა რეაქციის შედეგად მიღებული პროდუქტების სწრაფი კრისტალიზაცია. წარმოქნილი კრისტალები გაისინჯოს მიკროსკოპში. მინის

წკირები ყოველი რეაქტივის დაწვეთების შემდეგ კარგად უნდა გაირეცხოს და ფილტრის ქაღალდით გაიწმინდოს.

კ ა ლ ც ი უ მ ზ ე რეაქტივად გამოიყენება 1%-ნი გოგირდმჟავა. ამ დროს ქლორიანი კალციუმი, რომელიც გამონაწურშია შესული, რეაგირებს მჟავასთან შემდეგი განტოლების მიხედვით:

$$CaCl_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + 2\,HCl$$

წარმოშობილი თაბაშირი ილექება ნებისმიერი კრისტალების სახით.

მ ა გ ნ ი უ მ ი ს გამოსავლინებლად საკვლევი ხსნარის წვეთს სასაგნე მინაზე ჟერ უნდა დაემატოს ამიაკის ხსნარის წვეთი, ხოლო შემდეგ ღარაკით უნდა შეერთდეს რეაქტივთან, რომელიც ფოსფორმჟავა ნატრიუმს 1 %-იან ხსნარს წარმოადგენს. წარმოიქმნება ფოსფორამიაკურ-მაგნეზიური მარილი, რომლის დაკრისტალება ხდება სწორკუთხედის სახით სახურავების ვარსკვლავის ან ფრთის სახით და სხვა. აღნიშნულის რეაქცია შემდეგნაირად მიმდინარეობს:

$$MgCl_2 + Na_2HPO_4 + NH_3 \rightarrow NH_4MgPO_4 + NaCl$$

ფ ო ს ფ ო რ ი ს გამოსავლინებლად გამონაწურის წვეთი უნდა შეუერთდეს ამონიუმის მოლიბდატის 1%-იან ხსნარს აზოტმჟავაში. მიიღება ფოსფორმოლიბდენის ამიაკის მომწვანო-მოყვითალო ნალექი.

$$H_2PO_4 + K(NH_4)_2MoO + 21HNO_3 \rightarrow (NH_4)_3PO_4 + 12MoO_3 + 21NH_4NO_3 + 12H_2O$$

რ კ ი ნ ა შეიძლებ გამოვლინდეს სისხლის ყვითელი მარილის ხსნარის დახმარებით. ამ რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება ბერლინის ლაჟვარდი:

$$4FeCI_3 + 3K_4Fe(CN)6 \rightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12KCI$$

რეაქცია რკინაზე რეკომენდებულია ჩატარდეს სინჯარაში: ნაცრის გამონაწურის ნარჩენს წვეთწვეთობით უნდა დაემატოს სისხლის ყვითელი მარილის ხსნარი ლურჯი შეფერვის წარმოქმნამდე.

მუშაობის შედეგები უნდა გაფორმდეს თაბაშირის, ფოსფორულ-ამიაკურ-მაგნეზიური მარილებისა და ფოსფორულ – მოლიბდენური ამიაკის კრისტალების სახით. ჩაიწეროს რეაქციების განტოლებები.

ორგანულ ნივთიერებათა ცვლა მცენარეში
მცენარეებში ორგანულ ნივთიერებათა კლასიფიკაცია

მცენარის სხეულში შემავალი მრავალფეროვანი ორგანული ნივთიერება, ორგანიზმის სიცოცხლეში მათი როლის მიხედვით შეიძლება დავყოთ ორ ძირითად ჯგუფად: კონსტიტუციურ ჯგუფად და პლასტიკურ ნივთიერებათა ჯგუფად. კონსტიტუციურ ნივთიერებათა ჯგუფს ის ორგანული ნივთიერებები მიეკუთვნება, რომლებიც უკვე

შევიდნენ უჯრედის სტრუქტურიანი ელემენტების: პლაზმის, პლასტიდების, ბირთვის, გარსის და სხვა შენებაში. ყველა დანარჩენი ორგანული ნივთიერება მცენარის პლასტიკურ მასალას შეადგენს, თავის მხრივ პლასტიკური ნივთიერებანი იყოფიან სამარაგოდ, ენერგეტიკულად, სატრანსპორტოდ და დამცველებად, ე.ი. მარაგად გადასადებლად, ენერგიის მიღებისათვის გამოსაყენებლად, მოძრაობის მდგომარეობა მყოფად და დაცვითი ფუნქციის შემსრულებლად. მოყვანილი კლასიფიკაცია მნიშვნელოვან წილად პირობითია რამდენადაც ორგანულ ნივთიერებებს შეუძლიათ თავისი ფიზიოლოგიური როლი იცვალონ და გადავიდნენ ერთი ჯგუფიდან მეორეში მაგ. სამარაგო ნივთიერება სახამებელი-შაქრად, ფერმენტაციული გადამუშავების შემდეგ შეიძლებნა გამოვიყენოთ როგორც ენერგეტიკული, სატრანსპორტო ან კონსტიტუციური მასალა. ზოგიერთი კონსტიტუციური ნითიერება სასუნთქი მასალის უკმარისობის შემთხვევაში, შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც ენერგეტიკული მასალა და ა.შ. მცენარეული უჯრედების მნიშვნელოვან კონსტიტუციურ ნივთიერებებს შეიძლება წარმოადგენდნენ რთული ცილები – პროტოპლაზმის, ბირთვისა და პლასტიდების, ნუკლეოპროტეიდები და ლიპოპროტეიდები, უჯრედების გარსის ცელულოზა, პლასტიდის ქლოროფილი და კაროტინოიდები. სამარაგო ნივთიერებათა რიცხვს მიეკუთვნება ნახშირწყლებიდან - სახამებელი, ჰემიცელულოზა, ინულინი, საქაროზა, გლუკოზა და ფრუქტოზა. ცილებიდან უმთავრესად მარტივი/პროტეინი/–გლობულინები და პროლამინები. ცხიმებიდან გლიცერინის რთული ეთერები და ნაჯერი ან უჯერი ცხიმოვანი მჟავე. ორგანული ნივთიერებებიდან რომელთაც ენერგეტიკული მნიშვნელობა აქვს აღსანიშნავია: ნახშირწყლები და ცხიმები, ხოლო უფრო ნაკლებ ხარისხოვნად- ცილები. სატრანსპორტო ნივთიერებათა ჯგუფს უმთავრესად ამინომჟავები და საქაროზა მიეკუთვნება. მიკროორგანიზმებისა და ცხოველებისაგან დაცვის ფინქციას ასრულებენ უჯრედში მყოფი ალკალიოდები, მთრიმლავი ნივთიერებები და გლუკოზიდები. ამავე მიზნებს ემსახურება მცენარის მიერ გამომუშავებული ეთეროვანი ზეთები, კაუჩუკი და ფიტონციდები.

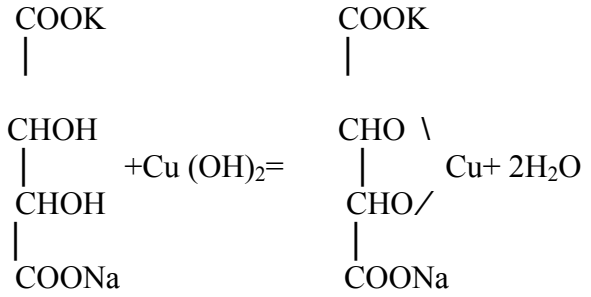
სამუშაო 29. **ორგანულ ნივთიერებათა გარდაქმნა**
მარაგი შაქრის აღმოჩენა მცენარეულ მასალაში

მასალა და მოწყობილობა: 1.ნედლი ან გამომშრალი მცენარეული მასალა (ხახვი, სტაფილო, შაქრის ჭარხალი). 2 . გლუკოზა; 3.საქაროზა; 4. $CuSO_4$ – ის 4 % ხსნარი; 5.სეგნეტის მარილის ტუტიანი ხსნარი (200გ. სეგნეტის მარილი და 150გ KOH ან NaOH 1ლ. წყალში); 6..20%-იანი HCl **საწვეთურში** 7. Na_2 CO_3 ფხვნილისებრი; 8. თეფშები (3ც.); 9.სკალპელი (3ც.); 10. შტატივი რეზინის რგოლებიანი სინჯარებით (15ც.) ; 11. წყლის აბაზანა; 12. სპირტნათურა: 13. საზომცილინდრი 100-200 მლ. ; 14. კოლბი ფელინგის სითხისათვის; 15. პიპეტი 2-3 მლ. (3ც.) ; 16. სინჯარების საჭერელა ; 17. ძაბრი (3ც) ; 18.ქაღალდის ფილტრი; 19 . ქიმიური ჭიქა ; 20. ასანთი.

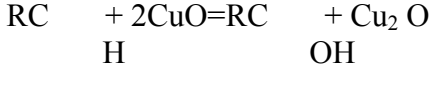
განმარტება. ყველა მონოშაქარი და აგრეთვე მალტოზის ტიპის დისაქარიდები. იმის გამო რომ შეიცავენ ალდეჰიდურ ან კეტონურ ჯგუფს, რედუცირდებიან, ე.ი. მათ გააჩნიათ აღმდგენი თვისებები. მცენარეებში ფრიად გავრცელებული საქაროზა –არარედუცირებადი ნივთირებაა, რადგან მისი მოლეკულა შედგება გლუკოზისა და ფრუქტოზის ნაშთებისაგან, რომლებიც შეერთებულნი არიან გლუკოზის ალდეჰიდური ჯგუფის და ფრუქტოზის კეტონური ჯგუფის ხარჯზე. რედუცირებად შაქრებზე დამახასიათებელი რეაქცია – ფელინგის სითხის აღდგენის რეაქციაა. ამ სითხეს ამზადებენ უშუალოდ ხმარების წინ, ურევენ ერთმანეთში თანაბარი მოცულობით სპილენძის შაბიამნის ხნარს და ტუტის

ხსნარს სეგნეტის მარილით. უკანასკნელს უმატებენ იმისთვის რომ არ მოხდეს წარმოქმნილი სპილენძის ჟანგის ჰიდრატის გამოლექვა:

$$CuSO_4 + 2\,KOH = K_2SO_4 + Cu(OH)_2$$



რედუცირებადი ე.ი შაქრებს, რომლებსაც აქვთ ალდეჰიდური ან კეტონური ჯგუფი – აღმოსაჩენად უმატებენ საკვლევ ხსნარს თანაბარი მოცულობით ფელინგის სითხეს და აცხელებენ ადუღებამდე. ამ დროს სპილენძის ჟანგი აღდგება და მიიღება ქვეჟანგი, რომელიც გამოილექება მოწითალო- აგურისფერ ნალექის სახით.



საქაროზის აღმოჩენისათვის საჭიროა ჯერ მისი ჰიდროლიზება გლუკოზად და ფრუქტოზად და მხოლოდ ამის შემდეგ ვაწარმოვოთ რეაქცია ფელინგის სითხით. სპილენძის ქვეჟანგის ნალექის რაოდენობის მიხედვით შეგვიძლია ვიმსჯელოთ რედუქცირებულ ნივთიერებათა შესახებ, როგორც ამოსავალ მასალაში, ისე საქაროზის ჰიდროლიზის შედეგად წარმოქმნილზე.

მუშაობის მიმდინარეობა. მცენარეულ მასალის ანალიზის დაწყებამდე საჭიროა დამზადებულ იქნას ფელინგის სითხე და ჩატარდეს შემდეგი თვისებითი რეაქციები: 1. მოვათავსოთ სინჯარაში ცოტაოდენი გლუკოზა. გავხსნათ იგი უმნიშვნელო რაოდენობის წყალში, დავასხათ თანაბარი ოდენობა ფელინგის სითხე და გავაცხელოთ ადუღებამდე. 2. გავხსნათ წყალში ცოტაოდენი საქაროზა, დავუმატოთ ფელინგის სითხე და ავადუღოთ. 3. მოვამზადოთ სიმჯარაში საქაროზის ხსნარი, დავუმატოთ 2-3 წვეთი 20%-იანი HCL და ვადუღოთ 1 წუთი, გავანეიტრალოთ მჟავა სოდით (ჩავყაროთ თანდათანობით CO_2 –ის გამოყოფა ვიდრე შეწყდებოდეს). დავასხათ თანაბარი ოდენობით ფელინგის სითხე და კვლავ ავადუღოთ. ავღნიშნოთ, წარმოიქმნება თუ არა სინჯარაში აგურისფერი ნალექი და გავაკეთოთ დასკვნა შემჩნეულ მიზეზების შესახებ.

მცენარეული მასალის ანალიზი. წვრილად დავჭრათ ხახვის ბოლქვი, სტაფილო, შაქრის ჭარხალი, ცალ-ცალკე მოვათავსოთ სინჯარებში (დაახლოებით 1/4 სინჯარისა), დავასხათ ცოტაოდენი წყალი და გავაცხელოთ არა ნაკლებ 5 წუთისა მადუღარი წყლის აბაზანაზე. გადანაწური გავფილტროთ და ფილტრაციის თანაბარი პორციები გადავიტანოთ პიპეტით ორ სუფთა სინჯარაში. ერთ პორციაზე ჩავატაროთ რეაქცია რედუცირებულ შაქრებზე, მეორე სიმჯარაში კი ვაწარმოოთ შაქრის ჰიდროლიზი მარილმჟავათი და მჟავის ნეიტრალიზაციის შემდეგ მივუმატოთ ფელინგის სითხის თანაბარი რაოდენობა და კვლავ გავაცხელოთ 100^0 C.

შენიშვნა. ყველა სინჯარას, რომელშიც რეაქციები ტარდება უნდა გაუკეთდეს ეტიკეტი. მიღებული შედეგები შევიტანოთ ცხრილში სპილენძის ქვეჟანგის რაოდენობის -- ბალებში გამოსახვით.

ცხრილი 19

ობიექტი	სპილენძის ქვეჟანგის რაოდენობა		შენიშვნა
	უჰიდროლიზოდ	ჰიდროლიზის შემდეგ	

სამუშაო 30.

სახამებლის ჰიდროლიზი მჟავათი.

მასალა და მოწყობილობა: 1. სახამებელ; 2. მარილმჟავას 20% ხსნარი ; 3. J –ის ხსნარი KJ-ში (საწვეთურში); 4. Na_2CO_3; 5. ფეილინგის სითხე; 6. ელექტროქურა ან გაზქურა; 7. ტექნიკური სასწორი აბრებით; 8. 100-150 მლ კოლბა; 9. საზომი (დანაყოფებიანი ცილინდრი); 10. ქიმიური ჭიქა; 11. შტატივი სინჯარებით; 12. 2 მლ გრადუირებული პიპეტი; 13. კალკა.

განმარტება. სახამებელი პოლისაქარიდია (უფრო ხშირად ორი პოლისაქარიდის-ამილაზის და ამილოპექტინის) ემპირიული ფორმულით $(C_6 H_{10} C_5)_x X H_2 O$. სახამებლის მოლეკულა შედგება დიდი რაოდენობა გლუკოზის ნაშთებისაგან, წყვილ-წყვილად შეერთებული, რომ არიან მალტოზაში. სახამებელი უხსნადია ცივ წყალში, ხოლო ცხელ წყალში ქმნის კოლოიდურ ხსნარის-სახამებლის კლეისტერს. სახამებლის კლეისტერის მინერალურ მჟავეებთან ადუღებისას სახამებელი ჰიდროლიზდება რიგი შემოსული მცირებადი მოლეკულური წონის პროდუქტების-დექსტრინების წარმოქმნით გლუკოზამდე.

სახამებლის ჰიდროლიზზე დაკვირვება შეიძლება იოდის ხსნარით, რომელიც ღებავს სახამებელს ლურჯად, ამილოდექსტრინს-იისფრად, ერიტროდექსტრინს –წითლად, ახიოდექსტრინს – ნარინჯისფრად, ხოლო მალტოდექსტრინზე და მალტოზაზე არ მოქმედებს (რჩება ყვითლად).

მუშაობის მიმდინარეობა. ვამზადებთ 0,1% სახამებლის კლეისტერს, ამისათვის ტექნიკურ სასწორზე ვწონით 0,05 გრ სახამებელს, ვათავსებთ ჭიქაში, ვუმატებთ 10მლ წყალს და გულდასმით ავურევთ. კოლბაში ვასხამთ 40მლ წყალს, ვაცხელებთ ადუღებამდე და მასში გადაგვაქვს ჭიქის შემცველობა, ვანჯღრევთ ისევ ვადუღებთ და გადმოვდგამთ. შტატივზე ვამაგრებთ 6-7სიმჯარას. პირველში ვასხამთ 4-5 მლ სახამებლის კლეისტერს. კოლბაში ვუმატებთ 1,5 მლ 20% მარილმჟავას და ვაცხელებთ ელექტრო ან გაზქურაზე. პირველი ბუშტების გამოჩენისთანავე (დუღილის დასაწყისი) კოლბიდან გადმოგვაქვს 4-5 მლ მეორე სინჯარაში. კოლბის დუღილს ვაგრძელებთ და ყოველი 5-10 წუთის შემდეგ 4-5 მლ გადაგვაქვს შემდგომ სინჯარაში.

სინჯარებში ნიმუშები უნდა გაცივდეს, შემდეგ განვაზავებთ წყლით და დავუმატებთ 5-5 წვეთ იოდის ხსნარს JK-ში. თუ იოდით შეღებვა ვერ მივიღეთ, ჰიდროლიზი დამთავრებულად შეიძლება ჩაითვალოს. კოლბაში დარჩენილ ხსნარში ვატარებთ რეაქციას რედუცირებულ შაქრებზე: ვასხამთ სუფთა სინჯარაში 2-3 მლ სითხეს, მჟავას ვანეიტრალებთ სოდით, ვუმატებთ ფელინგის სითხის თანაბარ რაოდენობას, ვაცხელებთ ადუღებამდე. შედეგები შეგვაქვს ცხრილში.

ცხრილი 20.

ჰიდროლიზის ხანგრძლივობა წუთობით	0	5	10	15	20	25
ხსნარის შეფერვა						

გავაკეთოთ დასკვნა ხსნარების შეფერილობის შეცვლის მიზეზებზე და ვუჩვენოთ დრო, რომლის განმავლობაში მოხდა სახამებლის სრული ჰიდროლიზი.

სამუშაო 31.

მთრიმლავ ნივთიერებათა აღმოჩენა.

მასალა და მოწყობილობა: 1. ბროწეულის ქერქი; 2. Fe_2Cl_6 ხსნარი; 3. $K_2Cr_2O_7$ (კალიუმის ბიქრომატის) ხსნარი; 4. მოლიბდენმჟავა ამონიუმი; 5. სინჯარები; 6.სასაგნე მინები და სხვა.

განმარტება. მთრიმლავი ნივთიერებების ანუ ტანიდების სახელწოდებით ცნობილია არაერთგვაროვანი მცენარეული წარმოშობის ნივთიერებათა ჯგუფები, რომლებიც მოიპოვებიან მცენარეთა უამრავ წარმომადგენლებში. ტანიდებშემცველი მცენარის სახეობის შესაბამისად მთრიმლავი ნივთიერება გროვდება სხვადასხვა ორგანოებში – ფოთლებში, ნაყოფებში, ქერქში, ფესვებსა და სხვა. ტანიდების შემცველობა სხვადასხვა სახეობის მცენარეებში დიდ ფარგლებში მერყეობს. ტანიდების რაოდენობის განსაზღვრას დიდი მნიშვნელობა აქვს მცენარეული ნედლეულის კვებითი თვისებების შესაფასებლად. დაუმწიფებელ ნაყოფებში მთრიმლავ ნივთიერებათა რაოდენობა უფრო მეტია ვიდრე მწიფეში. ბოსტნეულში ტანიდების რაოდენობა გაცილებით დიდია ვიდრე ხილეულში.

მუშაობის მიმდინარეობა: მთრიმლავი ნივთიერებების აღმოსაჩენად იღებენ ბროწეულის ქერქს ან სხვა თრიმლით მდიდარ მცენარეულ მასალას და მასზე სათანადო რეაქტივის მოქმედებით ახდენენ მთრიმლავ ნივთიერებათა აღმოჩენას.

მელნის რეაქცია: მთრიმლავი ნივთიერებანი Fe_2CL_6 – ის ხსნარის მოქმედებით იფერებიან მუქ ლურჯი ფერიდან შავამდე.

სანიოს რეაქცია: მთრიმლავ ნივთიერებებზე კალიუმის ბიქრომატის ($K_2Cr_2O_2$) მოქმედებით მიიღება ყავისფერი უხსნადი შენაერთი.

გარდინერის რეაქცია: მოლიბდენმჟავა ამონიუმის კონცენტრიული ხსნარი შერეული კონცენტრიულ ამონიუმის ქლორიდში მთრიმლავ ნივთიერებებთან იძლევა წითელ შეფერვას.

სამუშაო 32.

ასკორბინმჟავას (ვიტამინ-C) განსაზღვრა.

მასალა და მოწყობილობა: 1. 2% HCl ; 2. 1% - იანი კალიუმიოდი; 3.0,001 ნ KIO_3; 4.1 % სახამებელი; 5. 25 მლ-იანი ცილინდრი; 6. 1მლ-ნი პიპეტი; 7. 3 მლ-იანი პიპეტი; 8. ერლენმეიერის კოლბები; 9. ფაიფურის ცილინდრი; 10. გამოხდილი წყალი; 11. მიკრობიურეტი 12. ძაბრი; 13. ფილტრის ქაღალდი.

განმარტება. ვიტამინები სხვადასხვა ფიზიოლოგიურ და ბიოქიმიურ პროცესებში აუცილებელ მონაწილეს წარმოადგენენ. მათი უთანაობა ან არასაკმარისობა იწვევს ნივთიერებათა ცვლის დარღვევას. ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური პროცესების მოშლას და ა.შ.

ასკორბინმჟავას ფუნქცია მრავალმხრივია. ის წარმოადგენს ჟანგვა აღდგენითი პროცესების აუცილებელ მონაწილეს. სხვადასხვა ფაქტორების მიმართ ამაღლებს ორგანიზმის გამძლეობას, ხელს უწყობს ნივთიერებათა ცვლის ნორმალერ მსვლელობას. მცენარეებში ის სინთეზირდება თესლის გაღივების პირველივე დღეებიდანვე და ღებულობს აქტიურ მონაწილეობას მცენარის შემდგომ ზრდა განვითარებაში.

მუშაობის მიმდინარეობა. ვიღებთ მასალას 0,5 გრ-ის რაოდენობით, რომელიც გადაგვაქვს გასასრესად ფაიფურის ჯამზე. ჯამზე გადატანის შემდეგ ნელ-ნელა ვასხამთ 2%-იან 25 მლ მარილმჟავას, რომელიც წინასწარ გვქონდა ჩასხმული ერლენმეიერის კოლბაში. გასრესის გაადვილების მიზნით ვუმატებთ კიდევ მინის ფხვნილს და ყველას ერთად ჩავფილტრავთ იმავე კოლბაში, რომელშიც იყო მარილმჟავა.

გაფილტვრის შემდეგ ფილტრიდან ვიღებთ 1 მლ ფილტრატს და ვასხამთ პატარა კოლბაში, ვუმატებთ 3 მლ წყალს, 0,5 1% კალიუმიოიდს, 3-4 წვეთ სახამებელსა და ვტიტრავთ 0,001ნ-ის KIO_3 – ით ლურჯი ფერის მიღებამდე. გამოიანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$C = \frac{25 \times 100 \times 0{,}088 \times KIO_3}{0{,}5 \times 1{,}0} \text{ მლ.გ\%}$$

მცენარეთა ზრდა

მცენარეთა ზრდა და განვითარება ძირითადი ფიზიოლოგიური პროცესებია რომლებიც განსაზღვრავენ მოსავლის სტრუქტურას, რაოდენობასა და ხარისხს.

ზრდა არის მცენარის ზომაში და წონაში შეუქცევადი მომატება, დაკავშირებული ორგანიზმის სტრუქტურული ელემენტების ახლად წარმოქმნასთან. თავის მხრივ მცენარეთა ზრდა შედგება უჯრედთა, ქსოვილთა და ორგანოების ზრდისაგან. განვითარება კი არის მცენარისა და მის ცალკეული ნაწილების – ორგანოების ქსოვილების, უჯრედების ხარისხობრივი ცვალებადობა წარმოქმნილი ონტოგენეზის პროცესში.

მცენარეთა ზრდისა და განვითარების ყველა პროცესი ხორციელდება უჯრედთა დაყოფის გაჭიმვისა და დიფერენციაციის (დიფერენცირების) გზით. სიმაღლეში ზრდა ყლორტებისა და ფესვების დატოტვა ხდება ყლორტების წვეროების და ფესვთა დაბოლოებების აპიკალური მერისტემების მოქმედების შედეგად. ზრდის პერიოდში კამბიუმისა და მერისტემების უჯრედები განუწყვეტლივ იყოფიან, უჯრედთა გარე ნაწილი (მხარე) რჩება მერისტემატურ მდგომარეობაში ხოლო დანარჩენი იზრდება და დიფერენცირდება ქსოვილებსა და ორგანოებში. მაშასადამე წარმოშობილი თითოეული

უჯრედი ზრდისას გადის 3 ფაზას : 1. მერისტემულს ანუ ემბრიონალურს; 2. ზრდის ანუ გაჭიმვის და 3. დიფერენცირების ფაზას.

ემბრიონალურ ფაზაში უჯრედების გარსი შემადგენლობით პექტოცელულოზურია გამოვსილი ციტოპლაზმით და არ არის ვაკუოლები. გაჭიმვის ფაზაში უჯრედები მატულობენ ზომაში წყლის შთანთქმისა და ვაკუოლთა წარმოშობის გამო. ამ ფაზაში მატულობს აგრეთვე უჯრედის გარსისა და ციტოპლაზმის მასა. გაჭიმვის ზონა ფესვების უჯრედებისა 1 სმ–მდე აღწევს, ხოლო ღეროში კი 5-10 სმ–მდე, მესამე ფაზა უჯრედთა შინაგანი დიფირენცირებაა, რომლის შემთხვევაშიც ერთნაირი ფორმის, მოყვანილობისა და დანიშნულების უჯრედები ქმნიან ქსოვილებს. სრული დიფერენცირება და ზრდა სისქეში შეინიშნება დასახელებული ზომის – ზემო ღეროში და ქვემო ფესვებში. ზრდის დამახასიათებელია (საერთო კანონია) არათანაბრობა ანუ პერიოდულობა განპირობებული მცენარის შინაგანი მიზეზებით. პირველად ორგანოს ან მთლიანი მცენარის ზრდა ხდება ნელა, შემდეგ უფრო სწრაფად და შემდეგ ისევ ნელდება. ორგანოს ან მცენარის მთელი მასის მატება გრაფიკულად გამოიხატება S –მაგვარად, ხოლო ზრდის სიჩქარე კი მეტნაკლებად სიმეტრიული ერთი მაქსიმუმიანი მრუდით. მცენარის ზრდისა და განვითარების მნიშვნელოვან შინაგან ფაქტორს მიეკუთვნება ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები, რომელთაც მიიღეს (აერთიანებენ) ზრდისა და განვითარების რეგულატორების სახელწოდება, მათ მიეკუთვნებიან: აუქსინები, ჰიბერელინები, კინინები და ინჰიბიტორები. რადგან ეს ნივთიერებები წარმოიქმნებიან მცენარის ერთ ქსოვილსა და ორგანოში, ხოლო გადაადგილდებიან რა, მოქმედებენ სხვა ქსოვილებსა და ორგამნოებზე მათ ფიტოჰორმონებსაც უწოდებენ. ფიტოჰორმონების კონცენტრაციაზე და მათ შეფარდებაზე დამოკიდებულების მიხედვით მათ შეუძლიათ ამა თუ იმ ფიზიოლოგიური პროცესის როგორც სტიმულირება და აჩქარება ისევე შეწყვეტა და შენელება. სინთეზირებულია მცენარეთა ზრდის მრავალი ხელოვნური რეგულატორი რომელნიც ფართოდ გამოიყენება სარეველა მცენარის ზრდის შესანელებლად, ზედმეტი კვირტების დაცვენის დასაჩქარებლად, მოსავლის აღების წინ ნაყოფების ცვენის შესაფერხებლად, ნაყოფების ზრდისათვის, უთესლო ნაყოფების მისაღებად და სხვა. მცენარის ზრდა – განვითარებაზე დიდ გავლენას ახდენს გარემო ფაქტორები: სინათლის ინტენსივობა და სპექტრული შედგენილობა, დღე-ღამის ხანგრძლივობა, ჰაერისა და ნიადაგის ტემპერატურა, ტენიანობა და განსაკუთრებით ორგანული და მინერალური სასუქები.

სამუშაო 33.

ზრდის აღრიცხვა ნიშანდების მიხედვით

მასალა და მოწყობილობა: 1. ხორბლის, მზესუმზირისა და სხვათა თესლები; 2. ჰეტეროაუქსინის 0,01%–იანი ხსნარი; 3. კოლბა; 4. პეტრის ჯამები (5ც) ; 5. პიპეტები 10მლ და 1მლ-ნი დანაყოფებით (2ც); 6. წებო: 7. ქაღალდი ; 8. მილიმეტრებიანი სახაზავი .

განმარტება. მცენარეული უჯრედების ზრდის რეგულირება ხდება აუქსინების ჯგუფის ფიტოჰორმონებით, რომელთა შორის უფრო მეტად მნიშვნელოვანია ჰეტეროაუქსინი ($C_{10}H_9O_2N$). ამ ნივთიერებათა დაბალი კონცენტრაციები ასტიმულირებს ზრდას, ხოლო მაღალი კონცენტრაციები მცენარის უჯრედებზე უარყოფით გავლენას ახდენს.

მუშაობის მიმდინარეობა. იღებენ 5 პეტრის ჯამს, უკეთებენ ეტიკეტებს (ნომრავენ) და ასხამენ სხვადასხვა კონცენტრაციის ჰეტეროაუქსინის ხსნარს:

1 ჯამში ასხამენ 10მლ 0,01 %–იან ხსნარს;

მე-2 ჯამში – 1 მლ 0,01 % -იან ხსნარს და 9 მლ წყალს;

მე-3 ჯამში – 1 მლ ხსნარს მე–2 ჯამიდან და 9 მლ წყალს ;

მე-4 ჯამში – 1 მლ ხსნარს მე-3 ჯამიდან და 9მლ წყალს;
მე-5 ჯამში – 10 მლ წყალს.(ერთი ჯამიდან მეორეში ხსნარის გადატანა შეიძლება ერთი და იმავე პიპეტით).

თითოეულ ჯამში შეძლებისდაგვარად მოათავსეთ ათ-ათი ერთნაირი თესლები, დაახურეთ ჯამს სახურავი და დადგით თბილ და ბნელ ადგილას. 5-7 დღის შემდეგ გაზომეთ ყველა აღმონაცენის ფესვაკები და მიღებული შედეგები შეიტანეთ ცხრილში.

გააკეთეთ დასკვნები მცენარეთა ფესვების ზრდაზე ჰეტეროაუქსინის კონცენტრაციის გავლენის შესახებ.

ცხრილი 21

ჯამის №	ჰეტეროაუქსინის კონცენტრაცია %-ში	ათი აღმონაცენის ფესვების საერთო სიგრძე
1	0,01	
2	0,001	
3	0,0001	
4	0,00001	
5	0	

სამუშაო 34.

ჰეტეროაუქსინის მოქმედებით ყუნწის ნასტიური გადახრა

მასალა და მოწყობილობა: 1.ჰორტენზიის ეგზემპლიარი ქოთნით; 2. ჰეტეროაუქსინის 0,01% -იანი ხსნარი; 3. ლანოლინი; 4.წყლის აბაზანა; 5. ფაიფურის ჯამი; 6. მინის წკირი; 7. პიპეტი 5 მლ-იანი.

განმარტება. ყუნწის ზედა და ქვედა მხარის არაერთნაირი ზრდა იწვევს ფოთლის ქვევით გადახრას – ეპინასტიას ან ზევით გადახრას – ჰიპონასტიას. ეს მოძრაობა-შედეგია აუქსინების არათანაბარი განაწილებით ყუნწის ზედა და ქვედა მხარეზე. ფოთლის ნასტიური მოძრაობა შეიძლება ხელოვნურადაც გამოვიწვიოთ, თუ ყუნწზე წავაცხებთ საცხს, რომელშიც მცირე რაოდენობა ზრდის სტიმულატორია შეზელილი.

მუშაობის მიმდინარეობა. მზადდება ზრდის სტიმულიატორ შემცველი საცხი, რისთვისაც ფაიფურის ჯამში თავსდება დაახლოებით 5 გრ. (ჩაის კოვზი) ლანოლინი, გაადნეთ ლანოლინი წყლის აბაზანაში, მიუმატეთ 5 მლ 0,01% იანი ჰეტეროაუქსინის ხსნარი და გულმოდგინეთ ასრისეთ მინის წკირით არანაკლებ 10 წუთისა.

დაამუშავეთ ჰორტენზიის ფოთლის მოპირისპირე მხარე ზრდის სტიმულატორით, რისთვისაც წაუსვით ზრდის სტიმულატორიანი პასტა 1 ფოთლის ყუნწის ქვედა მხარეზე და მეორე ფოთლისას ყუნწის ზედა მხარეზე. რამდენიმე დღის შემდეგ ამოხატეთ მიღებული შედეგები და გააკეთეთ დასკვნა ამ მოვლენის მიზებზე

სამუშაო 35.

მცენარის ფოტოტროპიზმი

მასალა და მოწყობილობა: 1. შვრიის 3 - 4 სმ სიმაღლის აღმონაცენი, რომელიც გაზრდილია სრულ სიბნელეში პატარა მიწიან ჭურჭლებში; 2. ფოტოტროპიული კამერა (სინათლის გაუმტარი ყუთი, რომელსაც შიგნიდან გამოკერებული აქვს შავი ქაღალდი და ერთ კედელზე აქვს პატარა ამოჭრილი სარკმელი; 3. კალაფირი; 4. ასანთი; 5. ტუში.

განმარტება. ფოტოტროპიზმი ეწოდება ისეთ პროცესს როდესაც მცენარის მოზარდი ნაწილები გადაიხრებიან სინათლის ცალმხრივი (გვერდითი) მოქმედებით. ფოტოტროპიზმის მოვლენა უფრო კარგად შეინიშნება მარცვლოვანთა კოლეოპტილეზე (კოლეოპტილე არის პირველი სახეშეცვლილი ფოთოლი რომელსაც აქვს ჩაჩის ფორმა, ხოლო შიგნით კი არის დანარჩენი ფოთლები) ღეროს მსგავსად კოლეოპტილე იზრდება სიგრძეში თავისი წვერით.

მუშაობის მიმდინარეობა. კოლეოპტილზე ერთი მეორისგან თანაბარი მანძილის დაშორებით ტუშის ხაზებით მოვნიშნოთ. ზოგიერთ აღმონაცენს ჩამოვაცვათ სინათლის გაუმტარი ჩაჩი (ჩაჩის მოსამზადებლად დაახლოებით ერთი სმ. სიგანის კალაფირი (სტანიოლი) შემოვახვიოთ ასანთის ღეროს გარშემო და დავამაგროთ ზევით).

მოვათავსოთ აღმონაცენი ფოტოტროპიულ კამერაში, ისე რომ კოლეოპტილეს მონიშნული ადგილები აღმოჩნდეს დაბნელებულ მხარეზე ე.ი. იყოს მიმართული ამოჭრილი მხარის საწინააღმდეგო კედლისაკენ. დავდგათ კამერა ფანჯრის რაფაზე ანდა მაგიდის ნათურის წინ ისე, რომ კამერის ამოჭრილი მხარე მიმართული იყოს სინათლის წყაროსაკენ.

1-2 დღის შემდეგ დავუკვირდეთ აღმონაცენს მივაქციოთ ყურადღება ტუშის ნიშნების განლაგებას. ჩავხატოთ აღმონაცენი ცდის დასაწყისსა და ცდის ბოლოს.

გავაკეთოთ და გავცეთ პასუხი შემდეგ კითხვებზე:

1. სად არის ადგილი სინათლის ცალმხრივი ათვისებისა?
2. რომელ ზონაში ხდება ფოტოტროპული გადაღუნვა?
3. როგორია მექანიზმი ფოტოტროპულ გადაღუნვისას.

სამუშაო 36.

მცენარის გეოტროპიზმი

მასალა მოწყობილობა: 1. სელის ან მდოგვის თესლი; 2. კონსერვის მინის ქილა ან სწორკუთხოვანი კიუვეტა, რომელსაც ზევიდან ეხურება მინის ნაჭერი; 3. მინის კვადრატული ფირფიტა ქილაზე ცოტა ნაკლები სიდიდის; 4. ფილტრის ქაღალდი; 5. მაკრატელი; 6. პინცეტი; 7. ლანცეტი.

განმარტება. გეოტროპიზმი ეწოდება ისეთ პროცესს, როდესაც მცენარის მოზარდი ნაწილები გადაიხრებიან დედამიწის მიზიდულობის ძალის ცალმხრივი მოქმედების შედეგად. ფესვის ან ღეროს გეოტროპიული გადაღუნვის მისაღებად საჭიროა ისინი მოვათავსოთ ჰორიზონტალურ ან დახრილ მდგომარეობაში და შეუქმნათ ზრდისათვის ხელსაყრელი პირობები.

მუშაობის მიმდინარეობა. გავახვიოთ კვადრატული მინის ფირფიტა ფილტრის ქაღალდში. დავასველოთ ქაღალდი წყლით, განვალაგოთ ფირფიტის ზედა მხარეზე

სელის ან მდოგვის ფესვაკიანი თესლი დახრილ მდგომარეობაში ერთმანეთთან 2 სმ-ის დაშორებით (მახვილი წვერით) ფესვაკის წვერით ძირს. თესლი კანის ლორწოს შემწეობით ეწებება ქაღალდს.

თესლიანი ფირფიტა მოვათავსოთ ჭურჭელში ოდნავ დახრილ მდგომარეობაში, რომლის ფსკერზე ჩავასხათ მცირე რაოდენობის წყალი. დავხუროთ ჭურჭელი მინით და მოვათავსოთ სიბნელეში.

რამდენიმე დღის შემდეგ, როდესაც ფესვაკი მიაღწევს 2–3 სმ-ს, ავიღოთ ფირფიტა, შემოვაბრუნოთ 90^0-ით და ხელახლა ჩავდოთ ჭურჭელში, ისე რომ ყველა ფესვი აღმოჩნდეს ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში. დაყოფის ზონა რომლის გამოსავლინებლად გეოტროპიზმის მოვლენის დროს ფესვის წვერის მოზარდი ნაწილი უნდა გადავჭრათ მახვილი ლანცეტი (1–2 მმ-ზე). დავხუროთ ჭურჭელი და ხელახლა მოვათავსოთ ის სიბნელეში. 1–2 დღის შემდეგ დავუკვირდეთ და ჩავხატოთ აღმონაცენი.

დასკვნებში აღვნიშნოთ დედამიწის მიზიდულობის ძალის მოქმედების ადგილი, გეოტროპიული გადაღუნვის ზონა და ამ გადაღუნვის მექანიზმი.

სამუშაო 37.

მცენარეთა ჰიდროტროპიზმი

მასალა და მოწყობილობა: 1. სელის ან მდოგვის თესლი; 2. კონსერვის მინის ქილა ან გათლილი ჭიქა (2 ც); 3. მინის ნაჭერი ქილის დასახურად; 4. მინის ფირფიტა მოთავსებული ქილაში ან ჭიქაში დახრილ მდგომარეობაში (2 ც.); 5. ფილტრის ქარალდი.

განმარტება. წყლის ცალმხრივი მოქმედებით გამოწვეულ ტროპიზმს ჰიდროტროპიზმი ეწოდება. დადებითი ჰიდროტროპიული გადაღუნვა კარგად ახასიათებთ ფესვებს, რომლებიც ისეთ ნიადაგშია, სადაც არათანაბრადაა განაწილებული ტენი, რის გამოც ისინი მიემართებიან უფრო მეტი ტენიანობისაკენ.

მუშაობის მსვლელობა. გავახვიოთ 2 მინის ფირფიტა ფილტრის ქაღალდში, დავასველოთ ქაღალდი წყლით და მასზე განვალაგოთ ერთ მხარეზე რიგრიგობით სელის ან მდოგვის თესლი. თესლი ლორწოთი ეწებება ქაღალდს. ქილაში ან ჭიქაში ჩავასხათ მცირე რაოდენობის წყალი და ფირფიტა (რომელზეც თესლებია მიკრული) დახრილად მოვათავსოთ ქილაში, ისე რომ თესლები მინის ფირფიტის ქვედა მხარეს მოექცეს. ერთ ქილას მჭიდროდ ხურავენ მინით, რათა ორთქლით გაჟღენთილი ატმოსფერო შეიქმნას, ხოლო მეორეს ღიად ტოვებენ და ორივე ქილას ათავსებენ ბნელ ადგილას.

რამდენიმე დღის შემდეგ უკვირდებიან და ორივე ჭურჭლიდან ხატავენ ფესვაკების მდგომარეობას.

დასკვნებში ახსენით სხვადასხვა ვარიანტის ფესვების არაერთნაირი ზრდის მიზეზები.

სამუშაო 38.

დაკვირვება ზრდაზე ჰორიზონტალური მიკროსკოპის გამოყენებით

მასალა და მოწყობილობა: 1. ტენიანი კამერა, სელის, ბარდის, ლობიოს, ცერცვის ან სიმინდის თესლების აღმონაცენებით; 2. მიკროსკოპი; 3. ოკულარმიკრომეტრი.

მუშაობის მიმდინარეობა: მიკროსკოპის მაგიდაზე ამაგრებენ ტენიან კამერას თესლების აღმონაცენებით, ისე რომ მხედველობის არეში მცირე გადიდებით გამოჩნდეს ფესვის სწორი წვერი. მიკროსკოპის ტუბუსი უნდა გადავიყვანოთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში. ფესვის წვერი დავაყენოთ ოკულარმიკრომეტრის სკალის რომელიმე დანაყოფთან და 30 წუთის შემდეგ ავღნიშნოთ ფესვის წვერის ნაზარდის გადანაცვლება (გადაწევა). ფესვის რეალური ნაზარდი (ნამატი) გამოიანგარიშება ოკულარმიკრომეტრის ერთი დანაყოფის რეალურ სიდიდეში გადაყვანით.

მცენარეთა გამძლეობა არახელსაყრელ გარემო პირობებისადმი

სამუშაო 39.

შაქრის დამცველი მოქმედება ციტოპლაზმაზე გაყინვისას

მასალა და მოწყობილობა: 1. სუფრის ჭარხლის ძირხვენები. 2. 1,0 და 0,5 მ საქაროზის ხსნარები; 3. 8% NaCl ხსნარი საწვეთურში; 4. თოვლი ან ყინული ქვაბში ან ტაშტზე; 5. სუფრის მარილი; 6. ნიჩაბი თოვლის ასარევად; 7. თერმომეტრი – 25^{0}C; 8. სკალპელი; 9. სამართებელი; 10. ფაიფურის ჯამი; 11. სინჯარები რეზინის რგოლებით (3 ც); 12. ჭიქა; 13. მიკროსკოპი; 14. სასაგნე და საფარი მინები; 15. ფუნჯი; 16. მინაზე საწერი ფანქარი; 17. ფილტრის ქაღალდის ნაჭრები.

განმარტება. გაყინვისას მცენარეულ ქსოვილთა უჯრედშორისებში წარმოიქმნება ყინულის კრისტალები, რომლებიც იწოვენ წყალს ციტოპლაზმიდან. თუ ციტოპლაზმა საკმაოდ ყინვაგამძლე არაა, იგი ვერ უძლებს გაუწყლოებას და აგრეთვე მექანიკურ დაწოლას ყინულის კრისტალებისა და კოაგულირდება. ციტოპლაზმის დაზიანების ხარისხზე შეგვიძლია ვიმსჯელოთ ციტოპლაზმის უნარის მიხედვით, შეაკავოს უჯრედის წვენი. ციტოპლაზმის კოლოიდების გამძლეობის უნარის გადიდება შეიძლება დამცველი ნივთიერებებით, რომელთა შორის მნიშვნელოვანი როლი ეკუთვნის ხსნად შაქრებს.

მუშაობის მიმდინარეობა. გასუფთავებული სუფრის ჭარხლის ძირისაგან მზადდება 12–15 ზომით ერთნაირი არც თუ ისე თხელი (1 მმ სისქის დაახლოებით) ანათლები. ანათლებს ვათავსებთ ფაიფურის ჯამში და გულდასმით ვრეცხავთ დაზიანებული უჯრედებიდან გამოსული წვენის მოსაცილებლად. 3–4 ანათალი გადაგვაქვს ეტიკეტიან 3 სინჯარაში, პირველ სინჯარაში ვასხავთ წყალს, მეორეში ამდენივე 0,5 მ საქაროზის ხსნარს, მესამეში – 1,0 მ საქაროზის ხსნარს.

ვამზადებთ გამაცივებელ ნარევს: 3 ნაწილ თოვლს ან ყინულის ნამტვრევებს დავუმატებთ 1 ნაწილ სუფრის მარილს და გულდასმით ავურევთ (ტემპერატურა უნდა იყოს დაახლოებით – 20^0C), ჩავუშვათ ყველა სინჯარა გამაცივებელ ნარევში 10–15 წუთით, რის შემდეგ ჩავდგათ ჭიქაში ოთახის ტემპერატურიანი წყლით. გალღობის შემდეგ აღვნიშნოთ შეფერვა სითხისა სინჯარებში და შეფერვა ანათალებისა. შევამოწმოთ უჯრედების სიცოცხლის უნარიანობა პლაზმოლიზით 8% NaCI ხსნარში.

შედეგები ჩავწეროთ ცხრილ 22-ში.

ცხრილი 22

ვარიანტი	გარეთა ხსნარის შეფერილობა	ჭრილის შეფარვა	პლაზმოლიზებულ უჯრედთა რაოდენობა %-ით.
წყალი 0,5 მ. საქაროზა 1,0 მ. საქაროზა			

დასკვნებში ავსახოთ განსხვავება ვარიანტებს შორის, აღვნიშნოთ შაქრის, როგორც დამცველი ნივთიერებების მნიშვნელობა.

სამუშაო 40.

მცენარეთა სიცხეგამძლეობის განსაზღვრა
(ფ. მაცკოვის მიხედვით)

მასალა და მოწყობილობა: 1. რომელიმე მცენარის ნედლი ფოთლები; 2. 0,2 ნ ხსნარი მარილმჟავასი; 3. წყლის აბაზანა; 4. თერმომეტრი; 5. პინცეტი; 6. პეტრის ჯამები (5 ცალი); 7. ჭიქა წყლით; 8. მინაზე საწერი ფანქარი.

განმარტება. ტემპერატურის აწევისას ოპტიმუმის ზევით მცენარეში ირღვევა ნივთიერებათა ცვლა და ამის შედეგად ადგილი აქვთ მომწამვლელ ნივთიერებათა დაგროვებას. უფრო მაღალ ტემპერატურაზე მკვეთრად მატულობს ციტოპლაზმატური მემბრანის შედწევადობა, ხოლო შემდეგ იწყება პლაზმის ცილის კოაგულაცია და უჯრედების სიკვდილი.

თუ ფოთოლზე მაღალი ტემპერატურით ვიმოქნედებთ, ხოლო შემდეგ ჩავუშვებთ მარილმჟავას სუსტ ხსნარში, დაზიანებული და მკვდარი უჯრედები რუხ ფერს მიიღებენ, იმის გამო, რომ მჟავა შეაღწევს მათში და გამოიწვევს ქლოროფილის გარდაქმნას ფეოფიტინად; დაუზიანებელი უჯრედები კი შეინარჩუნებენ მწვანე ფერს. მცენარეში, რომლის უჯრედის წვენი მჟავეა, ფეოფიტინიზაცია შეიძლება მოხდეს მარილმჟავათი დამუშავების გარეშეც, რადგან ტონოპლასტის ნახევარშეღწევადობის დარღვევისას ორგანული მჟავები უჯრედის წვენიდან გადადიან ციტოპლაზმაში და ქლოროფილის მოლეკულებიდან გამოაძევებენ მაგნიუმს.

მუშაობის მიმდინარეობა. წყლის აბაზანას ვაცხელებთ 40^0 C; ჩავუშვებთ მასში საკვლევ მცენარეთა 5–5 ფოთოლს და ვამყოფებთ ამ ტემპერატურაზე 30 წუთის განმავლობაში. შემდეგ ვიღებთ პირველ სინჯს; ამოგვაქვს თითო ფოთოლი თითოეული სახის მცენარისა და ვათავსებთ პეტრის ჯამში ცივი წყლით (ჯამს სათანადო წარწერა უნდა გაუკეთდეს). წყლის აბაზანის ტემპერატურას ავწევთ 50^0C და აქედან 10 წუთის შემდეგ კიდევ ამოგვაქვს თითო ფოთოლი წყლის აბაზანიდან და გადაგვაქვს პეტრის ახალ ჯამზე ცივ წყალში. ასე თანდათანობით ტემპერეტურა აგვყავს 80^0C-მდე

და ყოველი 10^0C ტემპერატურის მომატებისას ყოველი ათი წუთის შემდეგ ვიღებთ სინჯებს.

ჯამებზე წყალს შევცვლით 0,2 მარილმჟავით და 20 წუთის შემდეგ აღრიცხავთ ფოთლის დაზიანების ხარისხს რუხი ლაქების რაოდენობის მიხედვით. შედეგს ჩავწერთ 23 ცხრილში, გაურუხებლობას აღვნიშნავთ ნიშნით „–“, სუსტ გარუხებას – „+“, გარუხებას ფოთლის ფართის 50% – „++“ და მთლიან გარუხებას – „+++“.

ცხრილი 23.

ობიექტი	ფოთლის დაზიანების ხარისხი				
	40^0C	50^0C	60^0C	70^0C	80^0C

გავაკეთოთ დასკვნები გამოკვლეულ მცენარეთა სიცხეამტანობის ხარისხის შესახებ.

სამუშაო 41.

საშემოდგომო ხორბლის გამოწრთობის ხერხი და ყინვაგამძლეობის განსაზღვრა ეგზოგენური შაქრების გამოყენებით.

მასალა და მოწყობილობა. 1. სხვადასხვა ყინვაგამძლეობის მცენარეები; 2. 50 მლ მოცულობის ჭიქები; 3. საქაროზას 5-10-15% ხსნარები; 4. მაცივარი.

განმარტება. საშემოდგომო ხორბალი თბილ ოთახში გამოზრდისას ადვილად იყინება –3 - 4^0-ზე, ხოლო დაწეულ ტემპერატურაზე გამოზრდისას გამოირჩევა მაღალი ყინვაგამძლეობით. ყინვაგამძლეობის ამაღლება დაწეული ტემპერატურისას დაკავშირებულია უჯრედის შემცველობის ღრმა ცვლილებასთან. სამარაგო ნახშირწყლები მაგ: სახამებელი ამ დროს ჰიდროლიზდება, უჯრედში გროვდება შაქრები, რომელთაც გააჩნიათ ყინვებისაგან დაცვის თვისება. უფრო ყინვაგამძლე მცენარეებში, როგორც წესი, გროვდება მეტი შაქრები. უჯრედში შემავალი წყლის მეტი ნაწილი გადადის ბმულ მდგომარეობაში, რის გამოც ყინვების დროს უჯრედში ყინულის ნაკლები კრისტალები წარმოიშობა. წყლის გადასვლა ბმულ მდგომარეობაში იწვევს ნივთიერებათა ცვლის შესუსტებას, რის გამოც ნაკლები შაქრები იხარჯებიან. ამ დროს იცვლება აგრეთვე პროტოპლაზმის ბიოკოლოიდების თვისებები – სიბლანტე, შეღწევადობა.

დაწეული ტემპერატურის ზემოქმედებით მცენარეთა ყინვაგამძლეობის გადიდებამ, რაც უზრუნველყოფს მათ გამძლეობას, „გამოწრთობის“ სახელწოდება მიიღო. ი.

ტუმანოვის მიხედვით, რომელმაც შეისწავლა ეს პროცესი, მცენარეთა გამოწრთობა ორ ფაზად მიმდინარეობს. პირველი ფაზა მდგომარეობს უჯრედებში დამცველი შაქრების დაგროვებაში და ამ დროს საჭიროა 0^0-ზე მაღალი ტემპერატურა. გამოწრთობის მეორე ფაზა მიმდინარეობს 0-ზე დაბალ ტემპერატურაზე. ამ დროს ხდება წყლის შემცველობის შემცირება, რაც ხელს უშლის ყინვის კრისტალების წარმოქმნას და იცვლება პროტოპლაზმის კოლოიდური თვისებები, რაც ამაღლებს მცენარის ყინვაგამძლეობას. მცენარეთა ყინვაგამძლეობა შეიძლება განისაზღვროს პირდაპირი და არაპირდაპირი მეთოდებით.

პირდაპირი მეთოდები დამყარებულია მცენარეზე ან მის ცალკეულ ნაწილებზე დაბალი ტემპერატურის უშუალო მოქმედების აღრიცხვაზე.

მუშაობის მიმდინარეობა. შემოდგომაზე მინდორში თესავენ ხორბალს და მომდევნო წლის გაზაფხულზე აღრიცხავენ გამოზამთრებულ მცენარეთა რაოდენობას. ამ მეთოდით მცენარეთა გამოცდა უნდა მოხდეს რიგი წლების განმავლობაში, რადგან ყოველი ზამთარი ხასიათდება თავისებური კლიმატური პირობებით. მცენარეთა გამოზამთრების ხარისხის მიხედვით მსჯელობენ მათ ყინვაგამძლეობაზე. საჭიროა აგრეთვე ზამთრის განმავლობაში აღირიცხოს ტემპერატურის მდგომარეობა. მცენარეთა ყინვაგამძლეობის განსაზღვრისათვის უფრო ხშირად მიმართავენ მათ გამოზრდას სპეციალურ კამერებში, სადაც ქმნიან სასურველ ტემპერატურას. მცენარეებს გაყინავენ სპეციალურ კამერებში და შემდეგ გაალღობენ. დაზიანების ხარისხი მაჩვენებელია მათი ყინვაგამძლეობისა. ყინვაგამძლეობის განსაზღვრის არაპირდაპირი მეთოდების დროს მცენარეებში განისაზღვრება შაქრების შემცველობა და უჯრედის კოლოიდებში ბმული წყლის რაოდენობა, რაც მეტია შაქრებისა და ბმული წყლის შემცველობა, მით მეტია მცენარის ყინვაგამძლეობა.

სამუშაო 42.

მცენარის ყინვაგამძლეობის განსაზღვრა ღივებზე

მასალა და მოწყობილობა: 1. ორი, სამი ჯიშის მცენარეთა თესლები; 2. კრისტალიზატორი; 3. თერმოსტატი; 4. ექსიკატორი; 5. სამაცივრე კამერები; 6. მილიმეტრებიანი ქაღალდი; 7. დოლბანდი; 8. მცენარეთა აღსაზრდელი ნავები.

მუშაობის მიმდინარეობა. საცდელ თესლთა ყოველ ნიმუშს ყრიან ცალ-ცალკე ექსიკატორში, ასხავენ წყალს ისე, რომ თესლების ზევით წყალი იყოს 4-5 სმ და დგავენ თერმოსტატში გასაღივებლად 15 დღე-ღამის განმავლობაში. შემდეგ წყალს გადმოასხავენ და თესლებს ტოვებენ იგივე ტემპერატურაზე 2 დღის განმავლობაში გასაღივებლად. გამოწრთობის წინ თითოეული ნიმუშიდან გამოარჩევენ 50-100 თესლს დაახლოებით თანაბარი ზომისა (5-8 მმ), გამოახვევენ კარგად გაწურულ ეტიკეტიან დოლბანდში და ათავსებენ ექსიკატორში გამოსაწრთობად. ექსიკატორს ათავსებენ მაცივარში 7 დღის განმავლობაში 0^0, 2^0 ტემპერატურაზე. ამ ხნის მანძილზე ღივები გადიან გამოწრთობის პირველ ფაზას. შემდეგ უქმნიან პირობებს გამოწრთობის მეორე ფაზისათვის (ტემპერატურა 4-5^0 3 დღის განმავლობაში). შემდეგ ყინავენ 1-3 დღით 10-15^0-ზე. გაყინულ მცენარეებს ალღობენ დღე-ღამის განმავლობაში 2^0-ზე. ამის შემდეგ ექსიკატორს ფსკერზე ასხავენ წყალს ატმოსფეროს ტენიანობის შექმნის მიზნით და ამყოფებენ კიდევ 2 დრე 20-25^0-ზე. შემდეგ მცენარეები გადააქვთ საზარდულებში. 7 დღის შემდეგ საზარდულებში სადაც ტემპერატურა 20-25^0 იყო, ითვლიან საღ მცენარეებს და აკეთებენ დასკვნას მცენარეთა გამძლეობის ირგვლივ.

სამუშაო 43.

სხვადასხვა სიცხეგამძლე მცენარეთა უჯრედების პროტოპლაზმის სიბლანტის განსაზღვრა

მასალა და მოწყობილობა: 1. საკვლევი ობიექტი; 2. ნეიტრალური წითელი (1:5000); 3. ფილტრის ქაღალდი; 4. საქაროზას 1მ ხსნარი; 5. ვაზელინი; 6. სამართებელი; 7. სასაგნე და საფარი მინები; 8. მიკროსკოპი; 9. საპრეპარატო ნემსი; 10. საათის მინები ან სახურავიანი ქილები 50-100 მლ მოცულობის.

განმარტება. მაღალი ტემპერატურული მოქმედებისას მცენარის უჯრედები, რომელთაც გააჩნიათ პროტოპლაზმის მაღალი სიბლანტე და ელასტიურობა, მეტწილად ეწინააღმდეგებიან დამაზიანებულ ზემოქმედებას. პროტოპლაზმის სიბლანტე შეიძლება განისაზღვროს ჩაზნექილი პლაზმოლიზიდან ამოზნექილ პლაზმოლიზში გადასვლის დროის ხანგრძლივობით.

მუშაობის მიმდინარეობა. ამზადებენ ფოთლის განივ განაჭერს (ალოე, ხახვის ეპიდერმისი ან სხვა მეზოფიტის ფოთოლს), ათავსებენ საათის მინაზე და 55-10 წუთის განმავლობაში ღებავენ ნეიტრალური წითლით (1 : 5000) გაავლებენ წყალში, გაამშრალებენ ფილტრის ქაღალდით და გადააქვთ სასაგნე მინაზე 1 მ საქაროზის ხსნარის წვეთში. დააფარებენ საფარ მინას, რომლის გარშემო შემოაცხებენ ვაზელინს, რათა არ აორთქლდეს წყალი. ანაჭრებს ამოწმებენ მიკროსკოპის ქვეშ, ათვლიან ჩაზნექილ და ამოზნექილი პლაზმოლიზის დროს. ამოზნექილი პლაზმოლიზის მიღებამდე დროის ხანგრძლივობის მიხედვით მსჯელობენ პროტოპლაზმის სიბლანტეზე.

სამუშაო 44.

მცენარეთა გვალვაგამძლეობის განსაზღვრა სახამებელის სინჯის მიხედვით.

მასალა და მოწყობილობა: 1. ერთმანეთისგან გვალვაგამძლე-ობით განსხვავებული მცენარეთა ფოთლები; 2. სპირტი; 3. ლუგოლის ხსნარი; 4. პინცეტი; 5. ქიმიური ჭიქები.

განმარტება. გვალვაგამძლე მცენარეები გვალვის დროს ინარჩუნებენ სინთეზის უნარს და შეიცავენ მეტ სახამებელს, ვიდრე დაბალგამძლეები.

მუშაობის მიმდინარეობა. ცდებში ახდენენ ერთი სახეობის მცენარეთა შედარებას, მაგრამ სხვადასხვაგვარად დამუშავებულს, რომელიც ცვლის მათ გვალვაგამძლეობას.

მზიან ამინდში დღის 11-12 საათზე, როცა ფოთლებში დაგროვილია სახამებელის საკმაოდ დიდი რაოდენობა, საცდელ მცენარეებს მოწყვიტავენ 5-10 ფოთოლს (ერთი იარუსის ფოთლებს) და ათავსებენ ჩრდილში 2-3 საათს, შემდეგ თითოეულ ფოთოლს ან მათ ნაწილს (4-5 სმ^2) აუფერულებენ სპირტით და იკვლევენ სახამებელს ლუგოლის დახმარებით.

შედეგებს (საშუალო არითმეტიკული) გამოხატავენ შკალაზე: 1. სახამებელი არ არის; 2. სახამებელი არის; 3. სახამებელი ბევრია და შეაქვთ სქემაში.

ცხრილი 26

ვარიანტი	ბალების რაოდენობა	დასკვნები გვალვაგამძლეობაზე
1. 2.		

სამუშაო 45.

მცენარის მარილგამძლეობის განსაზღვრა მწვანე ფოთლებში ალბუმინების შემცველობის მიხედვით.

მასალა და მოწყობილობა. 1. მარილგამძლეობის მიხედვით სხვადასხვა გამძლე მცენარეთა 2-3 ჯიში; 2. მშრალი გოგირდმჟავა ამონიუმი; 3. სანაყი ფაიფურის; 4. 50 მლ მოცულობის კოლბები; 5. ძაბრი ფილტრით; 6. ცენტრიფუგა; 7. სასწორი; 8. 10 მლ-იანი პიპეტები; 9. ცენტროფუგის დანაყოფებიანი სინჯარები.

განმარტება. ალბუმინების დიდი შემცველობა მაჩვენებელია მცენარის მაღალი მარილგამძლეობისა.

მუშაობის მიმდინარეობა. საკვლევ მცენარეთა მწვანე ფოთლების წონას 2 გრამის რაოდენობით ნაყავენ 10 მლ მოცულობის წყალში, გამონაწურს ათავისუფლებენ ნაწილაკებისაგან გაფილტვრით ან ცენტრიფუგას გამოყენებით, 5 მლ გამონაწურს ასხამენ ცენტროფუგას დანაყოფებიან სინჯარაში და უმატებენ მშრალ გოგირდმჟავა ამონიუმს სრულ მაძღრობამდე (დაახლოებით 15 მ). მარილის გახსნიდან 15 წთ-ის შემდეგ გელის მდგომარეობაში გამოლექილ ალუმინს უკეთებენ ცენტროფუგირებას 3 წთ-ის განმავლობაში 4000-5000 ბრუნი წთ-ში და ადგენენ ალბუმინის მოცულობით ოდენობას (სინჯარის დანაყოფის მიხედვით).

სამუშაო 46.

მარილგამძლეობის განსაზღვრა ქლოროფილის გაუფერულების ხარისხის მიხედვით (გენკელის მიხედვით).

მასალა და მოწყობიობა: 1, სხვადასხვა მარილგამძლე ჯიშების მცენარეები; 2. Nacl ან N_2SO_4-ის 2-4%-იანი ხსნარები; 3. კრისტალიზატორები; 4. ქიმიური ჭიქები 10 მლ მოცულობისა.

განმარტება. ტენმომარაგების გაუარესების შემთხვევაში მარილების ზემოქმედებით ხდება ქლოროპლასტების დესტრუქცია, ირღვევა ქლოროფილ "ა" და "ბ"-ს სინთეზი, პლასტიდებში იცვლება ქლოროფილის ქლოროფილ-ცილოვან-ლიპოიდური კავშირის სიმტკიცე. მცენარეთა მარილგამძლეობა შეიძლება განისაზღვროს ქლოროფილის გახუნების სიჩქარითა და ხარისხით.

მუშაობის მიმდინარეობა. საცდელ მცენარეთა ფოთლებს მოჭრიან წყლის ქვეშ ყუნწის ფუძესთან, საკონტროლო მცენარეებს ათავსებენ ყუნწებით წყალში, საცდელებს 2-4%-იან Nacl ან N_2SO_4-ის ხსნარებში და აყოვნებენ 7 დღის განმავლობაში.

გაბნეულ მარილების ზემოქმედებით ქლოროფილ-ცილოვან-ლიპოდური კომპლექსის დაშლის შედეგად ხდება ქლოროფილის თანდათანობით გახუნება, ან წარმოიშობიან მოთეთრო ლაქები. ფოთლის შეფერილობის ცვალებადობას ამოწმებენ მე-3, მე-7 დღეს. არაგამძლე მცენარეებში გახუნება ხდება უფრო სწრაფად და მეტი ხარისხით.

სამუშაო 47.

ხორბლოვნების ჩაწოლის წინააღმდეგ გამძლეობის განსაზღვრა ღეროს ანატომიური აგებულებით

მასალა და მოწყობილობა: 1. ჩაწოლის წინააღმდეგ გამძლე ხორბლოვნების 2-3 ჯიში; 2. სამართებელი; 3. საფრანინის ხსნარი; 4. ოკულარმიკრომეტრი; 5. სასაგნე და საფარი მინები.

განმარტება. ჩაწოლა მნიშვნელოვნად ამცირებს ხორბლოვანთა მოსავალს. ბუნებრივ პირობებში ჩაწოლას წინ უძღვის ფიზიოლოგიური ან ანატომიურ-მორფოლოგიურ მონაცემთა თანდათანობითი არახელსაყრელი ცვალებადობა. ანატომიურ და ფიზიოლოგიურ ხასიათთან ურთიერთშედარება ჩაწოლისას, საშუალებას იძლევა გამოვლინდეს მცენარის რეაქცია საზომი ზრდის პირობებზე. ჩაწოლის წინააღმდეგ გამძლეობის პროგნოზისათვის საზღვრავენ საყრდენ ქსოვილებს გამძლე და არაგამძლე მცენარეთა ჯიშებში.

მუშაობის მიმდინარეობა. ჩაწოლის მიმართ სხვადასხვა გამძლე მცენარეთა 2-3 ჯიშის მთავარ ღეროზე აკეთებენ განივ ანათლებს, ორი პირველი ქვედანაწილის მუხლთაშორისებიდან რძისებრ და ცვილისებრ სიმწიფის ფაზაში სასაგნე მინაზე პრეპარატს შეღებავენ საფრანინის 1%-იანი ხსნარით ოკულარ-მიკროსკოპის დახმარებით /6X10/ ზომავენ აღებული ღეროს სისქეს, სკლერენქიმული რგოლების სისქეს და ათვლიან უჯრედთა მწკრივების რაოდენობას, რისგანაც შედგება სკლერენქიმული რგოლები, ჭურჭელ-ბოჭკოვანი კონების რაოდენობას პირნექიმაში და სკლერენქიმაში, შედეგები შეაქვთ სქემაში.

ცხრილი 29

ჯიში	ღეროს სისქე მმ-ით	სკლერენქიმიური რგოლების მკრ-ით სისქე	სკლერენქიმის უჯრედთა მწკრივების რაოდენობა	ჭურჭელბოჭკოვანი კონების რიცხვი სკლერენქიმაში	ჭურჭელბოჭკოვანი კონების რიცხვი პარენქიმაში

გამოყენებული ლიტერატურა

1. ვ. ნოვიკოვი – მცენარეთა ფიზიოლოგია გამომცემლობა „განათლება" თბილისი 1972 444გვ.
2. პ.შ. რასკატოვი – მცენარეთა ფიზიოლოგია. მიკრობიოლოგიის საფუძვლებით, შრომის წითელი დროშის ორდ. საქ. სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის გამომცემლობა.
3. გენო ჩხაიძე – მცენარეთა ფიზიოლოგია, თბილისი 2003წ. 391გვ.
4. Генкель П. А. – Физиология растений. Издательство ,,Просвещение'', Москва 1970 стр.
5. Лебедев С. И. Физиология растений. Издателъство ,,Колос'', 1982, 462стр.
6. Либерт - Физиология растений Издателъство ,,мир'' Москва 1976, 580 стр.
7. Губин. Б. А. Куре Физиология растений Издателъство ,,Высшая школа'', Москва 1971, 671стр.
8. De groote D.K. Larson Ph. R. – Correlations het. auxin and secondary xylem develfment in ioung Populus deltoides. Plantarum. v.60. #4, 1984, P. 459-466.
9. Dighy L, Wareing P.F. The relationship between endogenous hormone Lewels in the plant and seasonal aspects of cambial Activity. Ann. Bot, v30 #120, 1966. p. 607-622.
10. Duran L. M. Agustin C. L. Presenze of alscisic acid and phenolic compounds in beech (Fagus sylvatica) aged falioge. Fiton. v.44, #1, 1984, p. 25-35
11. Eliasson L. bouth regulatory in Populus tremyla. L. Distribution of auxin and growth inhibitors. Physiol phantarum v.22 #6, 1969, p. 219-226.
12. Hertel R. Leopold A. C. Auxinielations in geotropism ofcorn coleoptiles. Naturwissenchaften. B. 50, #22, 1963, s. 695-698.
13. Kaldewey M. Auxintransport in ungereisten pflazen. Wiss. Z. univ. Rostock. Math-naturwiss. Reiche. B. 16, #4-5. 1967, s 487-494
14. Mooney H. A. Hays R. L. Carbohydrate storage Cycles in two Califonian , mediterranean-climatetrees. Flora. V.162, #3, 1973, s. 295-304.
15. Oppenheimer H. R. Sumer drought and water belance of plants in the Neat East-Ecology. Vol, 39, #2, 1951. p. 356-362
16. Pilet R. E. Basipetal and acropetal auxin transport in relatio with temperature. Phisiol. Plantarum. V.21 #6, 1968, p. 26-31.
17. Seeles S. D. Poweell L. E. Seasonal changes of free and hydrolyzable abscisic acid in vegetative apple buds. I. Amer. Soc. Hartic Sci. #16, #4, 1981, P 405