

ტრანსპორტი მცენარეებში – ფიზიკისა და ბიოლოგიის ინტეგრირების მაგალითი

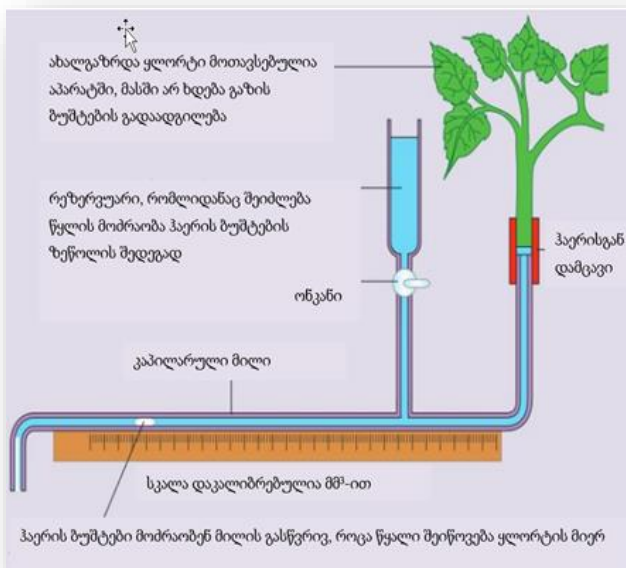
ავტორი [თინათინ ზარდიაშვილი](#)

ადამიანი სხვადასხვა კუთხით შეიმეცნებს სამყაროს, რომელიც ერთიანია, მთლიანია, არ არის დანაწევრებული საგნებად და სფეროებად, მაშინ, როდესაც ცალკეულ მოვლენას თუ პროცესს სხვადასხვა სამეცნიერო დისციპლინა დამოუკიდებლად შეისწავლის. მეცნიერებათა სფეროების ერთმანეთთან დაკავშირება – ინტეგრირება ხელს უწყობს სამყაროს ერთიანობის შესახებ მსოფლმხედველობის ჩამოყალიბებას. შესაბამისად, სკოლაში მიღებული ცოდნა, გამოცდილება და უნარ-ჩვევები მოსწავლეს უნდა აძლევდეს სამყაროს ერთ მთლიანობაში აღქმის შესაძლებლობას. ინტეგრირებული გაკვეთილის დაგეგმვა და ჩატარება ჩემთვის ძალიან დიდი სიამოვნება, გამოწვევა და პასუხისმგებლობაა. ჩემი სპეციალიზაციიდან გამომდინარე ძალიან მიჭირს კი არა, საერთოდ არ გამომდის „არაინტეგრირებული“ გაკვეთილის ჩატარება. ერთ-ერთი ასეთი მაგალითი მცენარეებში ნივთიერებების ტრანსპორტს ეხება. ქვემოთ მისი ფრაგმენტებია წარმოდგენილი.

ტრანსპირაცია უწყვეტი გაზთა ცვლაა ფოთლების მონაწილეობით. ფოთლებშივე მიმდინარეობს უმნიშვნელოვანესი პროცესი – ფოტოსინთეზი. მცენარისთვის ძალიან დიდი პრობლემაა, აწარმოოს გაზთა ცვლა წყლის დანაკარგის გარეშე. ყველა მცენარეს აქვს [ბაგეები](#), რომლითაც ხდება წყლის აორთქლება,

ტრანსპირაციის სიჩქარის გაზომვისთვის გამოიყენება ე.წ. პოტომეტრი. [სიმულაციაში](#) წარმოდგენილია ხელსაწყოს მუშაობის სქემა და მოსწავლეს შეუძლია მონაცემების შეგროვება.

სურათის მიხედვით უპასუხე შეკითხვებს:



1. როგორ დაადგენ ტრანსპირაციის სიჩქარეს?
2. რომელი ბიოტური თუ აბიოტური ფაქტორი უნდა გამოიკვლიო?
3. როგორ შეამოწმებ ამ ფაქტორის დონეს?
4. რამდენი პასუხი გქირდება მონაცემების სანდოობისთვის?

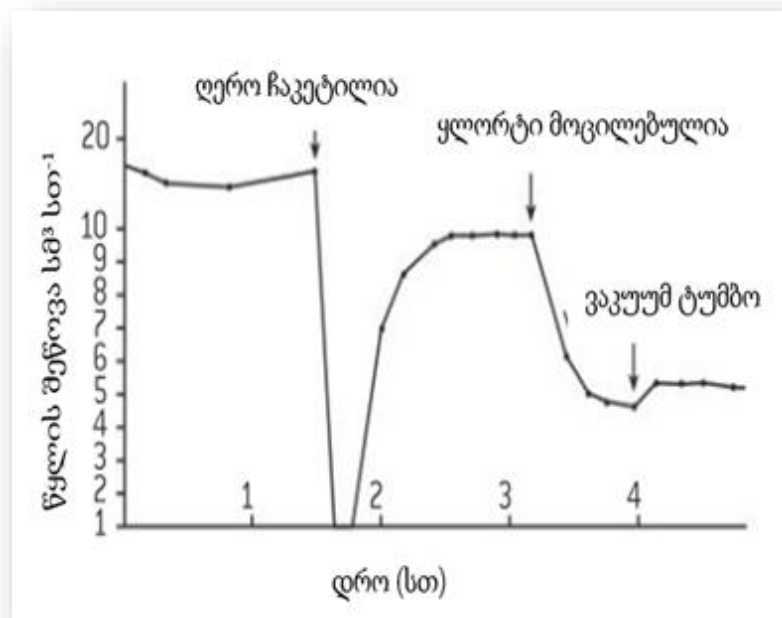
5. როგორ შეინარჩუნებ უცვლელად სხვა ფაქტორებს, რომ გავლენა არ მოახდინონ ტრანსპირაციის სიჩქარეზე?

სიმულაციაში მოსწავლე შეისწავლის, რომ მცენარეს ბაგეები შეიძლება ჰქონდეს ფოთლის ერთ-ერთ, ან ორივე მხარეს.

ქსილემის სტრუქტურა ეხმარება წნევის მუდმივად დაბალ დონეზე შენარჩუნებას. წყლის კოჰეზიური თვისებები და ქსილემის სტრუქტურა უზრუნველყოფს ტრანსპორტის უწყვეტობას. ქსილემის მილები ლიგნინით არის ამოფენილი, რაც ზრდის კედლის მდგრადობას. მათ ხომ წნევის გარკვეულ მნიშვნელობას უნდა გაუძლონ. ქსილემა ერთმანეთთან მჭიდროდ მიჯრილი მკვდარი უჯრედების გრძელი მილებია, წყალი მათში მხოლოდ ერთი მიმართულებით მოძრაობს, ფესვებიდან ფოთლებისკენ.

ქსილემში უფრო დაბალია წნევა, ვიდრე ატმოსფერული წნევაა. ხისტი სტრუქტურა ხელს უშლის ქსილემის დაშლას. წყლის მოლეკულა პოლარულია, ამიტომ დიპოლის ერთი ბოლო იზიდავს წყლის მეორე მოლეკულის დიპოლის საპირისპირო ნიშნით დამუხტულ ბოლოს. ეს ურთიერთქმედება წყლის კოჰეზიურობას უზრუნველყოფს. წყალი ასევე მიიზიდება უჯრედის კედლის ჰიდროფილური ნაწილისკენ, ის მიდრეკილია ადჰეზიურობისკენ. მოლეკულების ურთიერთქმედების შედეგად ქსილემში წყალი უწყვეტ ნაკადად მიედინება.

ოტო რენერის ექსპერიმენტი: სურათზე გამოსახულია გერმანელი მცენარეთა ფიზიოლოგის, ოტო რენერის 1912 წელს ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგები. ღეროს გააცალეს კანი და ფოთლებიანად მოათავსეს პოტომეტრში. გაზომეს აორთქლებული წყლის რაოდენობა. ღეროზე იყო მომჭერი, რომელიც ზღუდავდა წყლის გადასვლას ფოთლებში. მოგვიანებით ღეროს წვერზე ყველა ფოთოლი მოაცალეს, დაამაგრეს ვაკუუმ ტუმბო და ახლიდან გაზომეს წყლის აორთქლების მაჩვენებელი.

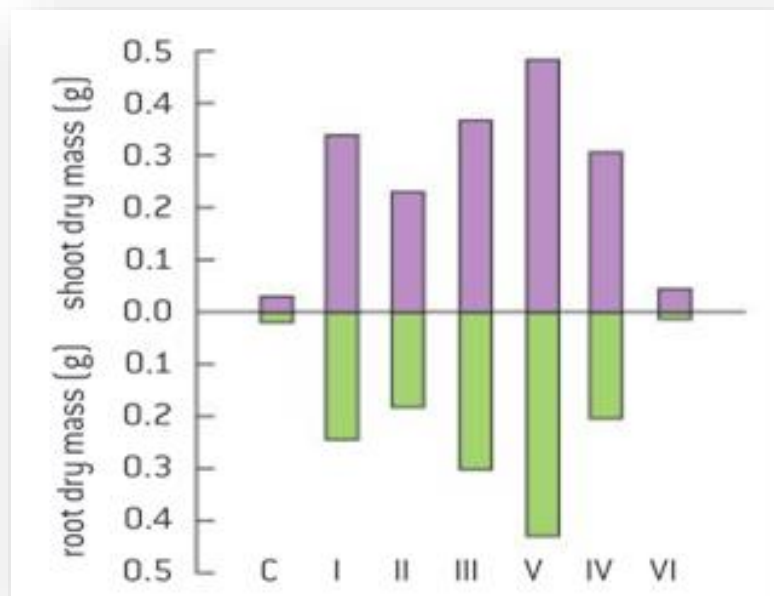


- ა) აღწერე ჩამკეტის გავლენა წყლის შეწოვის სიჩქარეზე;
- ბ) ახსენი რა ეფექტი ჰქონდა ზედა ნაწილის მოჭრას წყლის შთანთქმის სიჩქარეზე;
- გ) გამოთვალე სხვაობა ტუმბოს გამოყენებისა და ფოთლების არსებობისას აორთქლების სიჩქარეებს შორის;

დ) წყლის წნევა პოტომეტრში ატმოსფერული წნევის ტოლოა, ვაკუუმ ტუმბო გენერირებს 0 ატმ წნევას. განიხილე, რა წნევა წარმოიქმნება ქსილმაში.

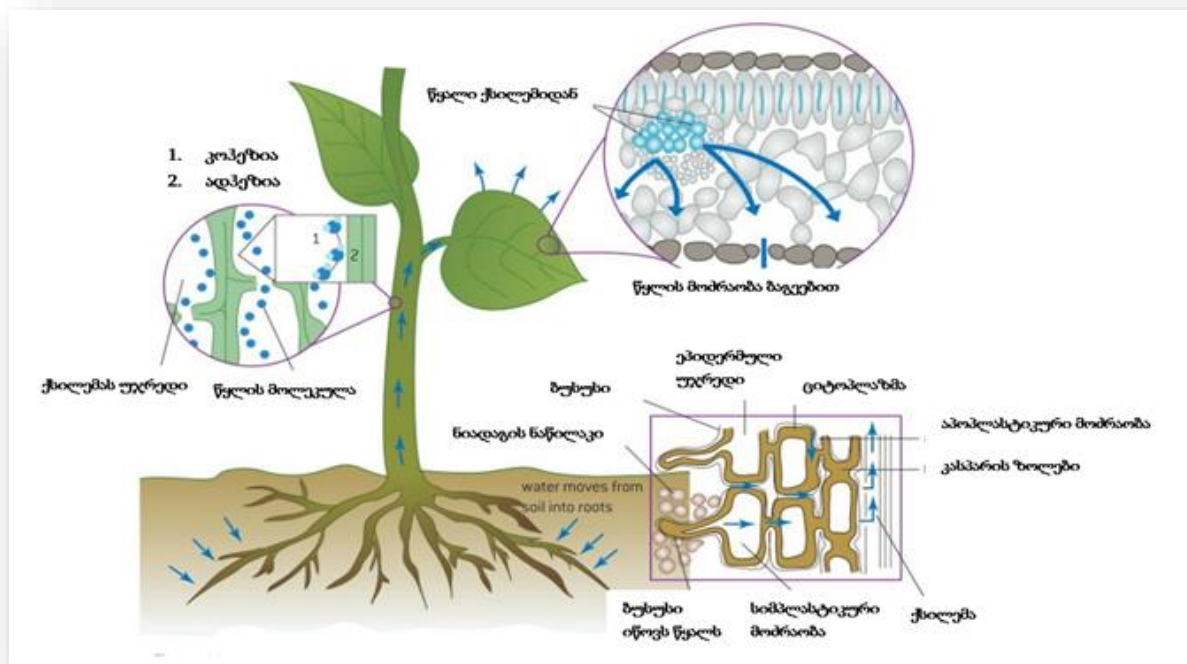
როცა ფოთლის უჯრედის კედლის ზედაპირიდან წყალი ორთქლდება, მის ადგილს ადჰეზიურობის გამო მეორე მოლეკულა იკავებს. უახლოესი ხელმისაწვდომი მოლეკულების მარაგი ქსილელაშია. მაშინაც კი, როცა ქსილელაში წნევა უკვე დაბალია, წყალსა და უჯრედის კედლებს შორის საკმაოდ ძლიერია ურთიერთქმედება, რაც განაპირობებს წყლის დამატებითი ულუფის შთანთქმას და წნევა კიდევ უფრო მცირდება. დაბალი წნევა აღძრავს წვეის ძალას, რომელიც ქსილემით ფესვებამდე აღწევს. ამ წნევას ტურგორი ეწოდება, ტურგორი უზრუნველყოფს წყლის მოძრაობას სიმძიმის ძალის წინააღმდეგ. ყველაზე მაღალ მცენარეშიც კი ეს პროცესი პასიურია. წყლის ზემოთ მოძრაობა დამოკიდებულია წყლის მოლეკულებს შორის კოჰეზიაზე. ბევრი სიტუაცია ვერ გაუძლებდა დაბალ წნევას და ქსილელაში სვეტი „გატყდებოდა“. წყლის კიდევ ერთი ანომალია ისაა, რომ მისი თხევადობის მიუხედავად, წვეის ძალა მასში ისევე გადაეცემა ერთი წერტილიდან მეორეს, როგორც მყარ სხეულში.

მინერალების აქტიური ტრანსპორტი ფესვებში – წყლის ტრანსპორტი ოსმოსის გზით მიმდინარეობს. ფესვის უჯრედებში უფრო მეტია მინერალების კონცენტრაცია, ვიდრე ნიადაგში. ამიტომ წყალი ცდილობს შეამციროს გახსნილი ნივთიერების კონცენტრაცია და მათკენ მიემართება, ზოგჯერ იონების კონცენტრაციები უჯრედსა და ნიადაგს შორის 100-ჯერ განსხვავდება ერთმანეთისგან. იონების ტრანსპორტი ტუმბოებით ხდება. რადგან იონების მოძრაობა ნელი პროცესია, გამომდინარე იქიდან, რომ ეს იონები ქიმიურად „დაბმული“ არიან ნიადაგის ნაწილაკების ზედაპირებზე, მცენარეებმა სოკოებთან თანაცხოვრება დაიწყეს. სოკოები მცენარის ფესვებზე ან ზოგჯერ ფესვის უჯრედებში ცხოვრობენ. მათ შორის ჩამოყალიბებული ურთიერთობა მუტუალიზმის მაგალითია.



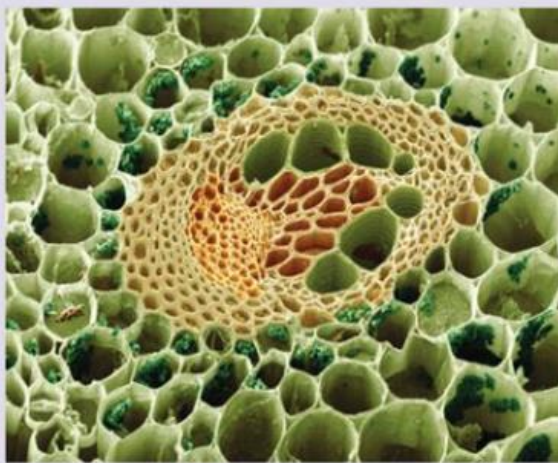
დიაგრამაზე გამოსახულია ერთ-ერთი ექსპერიმენტის შედეგები. ნაძვის ნერგები ექვსი თვის განმავლობაში გაზარდეს სტერილურ ნიადაგში, მხოლოდ სოკოებთან თანაცხოვრება იყო

სურათზე გამოსახულია წყლის მოძრაობა ფესვებიდან ფოთლებისკენ:



მცენარის ფლოემაში ნივთიერებების ტრანსპორტი

ორგანული ნივთიერებების მოძრაობას ტრანსლოკაციას უწოდებენ. ფლოემას არ აქვს ტუმბო და სარქვლები ცხოველების სისხლის მიმოქცევის სისტემისგან განსხვავებით. მათ შორის მსგავსება ისაა, რომ ორივე სისტემაში სითხე მოძრაობს წნევის გრადიენტის მიმართულებით. ენერგია წნევის გენერირებისთვის არის საჭირო. შესაბამისად, ორივე პროცესი აქტიურია.

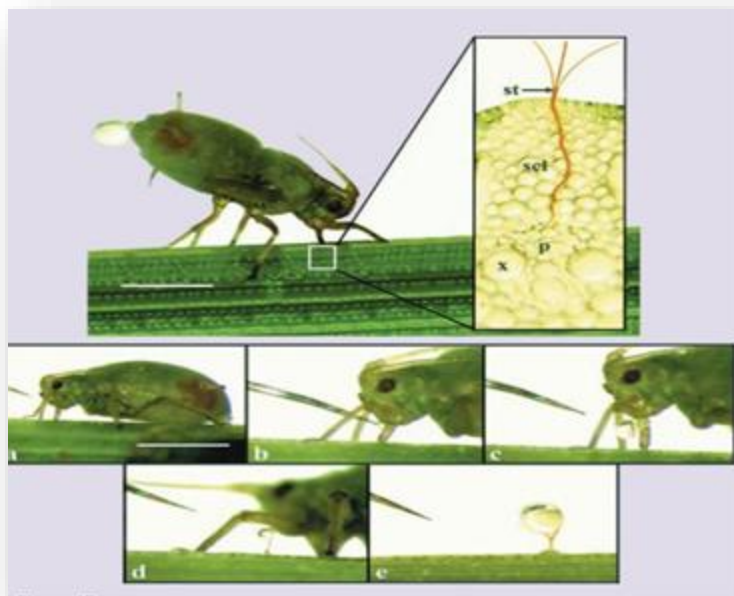


სურათზე გამოსახულია მცენარის ღეროს ელექტრონული მიკროსკოპით გადაღებული მასალა.

ფლოემაში ნივთიერებების ტრანსპორტში გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს წნევისა და წყლის პოტენციალთა სხვაობებს. საქაროზა ან გამოიყენება როგორც ენერგიის წყარო, ან გარდაიქმნება სახამებლად, შესაბამისად, ხსნარის კონცენტრაცია მცირდება, წყალი გადადის ქსილემაში და ერთვება ტრანსპირაციის პროცესში.

საცრისებრი მილები ცოცხალი უნდა იყოს, რადგან საქაროზას ტრანსპორტი აქტიურია და ენერგია მუდმივად სჭირდება. ისინი მჭიდროდ უკავშირდებიან თანმხლებ უჯრედებს, ორივე ერთი საწყისი უჯრედისგანაა წარმოქმნილი. თანმხლებ უჯრედში უფრო მეტი მიტოქონდრიაა, ორივეს შენარჩუნებული აქვს მეტაბოლიზმის უნარი, გენეტიკური მასალა. მათ შორის არსებული პლაზმოდესმები გაცილებით დიდი დიამეტრისაა, ვიდრე სხვა უჯრედებს შორის.

ბუგრების ორგანიზმში აღმოაჩინეს სპეციალიზებული უჯრედები, ე.წ. ბაქტერიოციტები, რომელშიც ცხოვრობს ბაქტერია Buchnera, რომლებიც ასინთეზებენ ძირითად ამინომჟავებს ასპარტატინის მჟავადან და საქაროზადან. ასპარტატინის მჟავა არ მიეკუთვნება ძირითადი ამინომჟავების ჯგუფს. ის განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით გვხვდება ფლოემაში. როცა ბუგრები მრავლდებიან შთამომავლები გადადიან ბაქტერიებით კვებაზე.



ახსენი, როგორ შეიძლება გამოიყენო ანტიბიოტიკი იმის მტკიცებულების მოსაპოვებლად, რომ ბუგრებისთვის ბაქტერია ძალიან მნიშვნელოვან როლს ასრულებს?

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. BIOLOGY – IB diploma, 2014 edition.
2. <https://www.olabs.edu.in/>