

დოც. ი. ა. ნაქაიძე

# მცენარის კვება

სახელმწიფო გამომცემლობა  
„საბჭოთა საქართველო“  
თბილისი . 1959 .

## ა ვ ტ ო რ ი ს ა ბ ა ნ

მცენარე დიდ როლს ასრულებს ადამიანის ცხოვრებაში. მისგან მიიღება ისეთი პირველი მოთხოვნილების პროდუქტები, როგორცაა პური, შაქარი, მცენარეული ზეთი, ჩაი, სხვადასხვა სახის ბურღული. გარდა ამისა, მცენარეები იძლევიან ხილსა და ბოსტნეულს, რომლებსაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ადამიანის კვებისათვის.

მცენარეებისგან მზადდება მრეწველობისათვის საჭირო ნედლეული, კერძოდ, კაუჩუკი, ბოქვო და სხვ. მცენარეები ცხოველთა საკვებსაც წარმოადგენს. მეცხოველეობით კი ადამიანი აწარმოებს რძეს, კარაქს, ყველს, ხორცს, ტყავს, მატყლს და სხვ.

მცენარეები გამოიყენება აგრეთვე სამკურნალოდ.

მრავალი სხვადასხვა ყვავილი და დეკორატიული მცენარე ამშვენებს ჩვენს ქალაქებს, სოფლებსა და დასახლებულ ადგილებს.

მცენარის გარეშე წარმოუდგენელია მშენებლობა და სხვადასხვა სახის ავეჯის დამზადება.

მცენარის გეგმური გაშენებით ადამიანი ზემოქმედებას ახდენს ბუნებაზე — ებრძვის გვალვას, ქარს და სხვ.

მაშასადამე, ადამიანს ყველგან და ყოველთვის საქმე აქვს მცენარესთან.

ადამიანი ათეული ათასობით წელია, რაც მცენარის გაშენებას აწარმოებს. ამ ხნის განმავლობაში მან მრავალი რამ გაიგო და დააკროვა მცენარის სიცოცხლის მართვის საქმეში, რის შედეგადაც უფრო გვიან გამოიყო მეცნიერების სხვადასხვა დარგი, მათ შორის მცენარის ფიზიოლოგია, რომლის მიზანია იმ სასიცოცხლო ფაქტორებისა და პროცესების არსის ახსნა, რომლებიც მიმდინარეობენ მცენარის ზრდა-განვითარების პერიოდში; აგრონომიული ქიმიკა, რომელიც სწავლობს მცენარის კვებისა და სასუქების გამო-

ყენების საკითხებს. ამჟამად ცნობილია მრავალრიცხოვანი ზერხი და მეთოდი მცენარის სასიცოცხლო პროცესების მართვისა და მაღალი მოსავლის მისაღებად.

საბჭოთა აგრობიოლოგიურმა მეცნიერებამ დაადგინა, რომ მაღალი მოსავლის მისაღებად უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მცენარის მიერ გარემო პირობებისადმი წაყენებული მოთხოვნილებების ცოდნას. კ. ა. ტიმირიაზევი შეუთითებდა, რომ მცენარის შესწავლა, მის მოთხოვნილებებში გარკვევა მეცნიერული მიწათმოქმედების ძირითადი ამოცანაა.

კვებას დიდი მნიშვნელობა აქვს მცენარის ზრდა-განვითარებისათვის. მცენარის კვების საკითხების ცოდნა საშუალებას იძლევა ვმართოთ მოსავლიანობა.

წინამდებარე წიგნით განვიზრახეთ შეძლებისდაგვარად გავვერკვია მცენარის კვებისა და მისი რეგულირების არსი. და თუ საკითხით დაინტერესებულ მკითხველს გარკვეულ დახმარებას გაუწევს იგი, ავტორი თავის მიზანს მიღწეულად ჩათვლის.

## მცენარის კვება და მისი რეპულირების საშუალებანი

### 1. მცენარის კვებაზე უხედავლათა განვითარების ზოგიერთი მოვანიტი

ადამიანმა სასუქების გამოყენება უფრო ადრე დაიწყო, ვიდრე შემუშავებული იქნებოდა მცენარის კვების თეორია. ანტიკურ ხანაში ნიადაგის განოციერების წესების გამომუშავება წარმოებდა ემპირიული გზით, მაგრამ ზოგიერთი დებულება ამ მხრივ იმდენად დაზუსტებული იყო, რომ დღესაც არ დაუკარგავს თავისი მნიშვნელობა. ასე, მაგალითად, რომაელებისათვის ცნობილი იყო არა მარტო ნაკელის სასუქობრივი ღირებულება და გამოყენების წესები, არამედ ისინი კარგად იცნობდნენ მინერალური ნივთიერების მნიშვნელობასაც ნიადაგის ნაყოფიერებისათვის. ამ მიზნით ისინი ფართოდ იყენებდნენ კირს, ტკილს, თაბაშირს, მწვანე სასუქებს; ცხოველური წარმოშობის სასუქებიდან უპირატესობას ანიჭებდნენ ფრინველის ნაკელს როგორც უფრო ეფექტურად მოქმედს. მწვანე სასუქად რომაელები თესდნენ პარკოსან მცენარეებს, თუმცა იმ დროისათვის მათ არ იცოდნენ ის ფაქტი, რომ პარკოსნები აწარმოებენ ატმოსფეროს თავისუფალი აზოტის შთანთქმას კოჟრის ბაქტერიების მეშვეობით.

რომაელების მიღწევები სოფლის მეურნეობაში, კერძოდ, სასუქების გამოყენების დარგში, პირველად დაამუშავა პეტრუს კრეჩეტნიუსმა და 1240 წელს წიგნად გამოსცა, რომელიც ყველაზე უფრო პოპულარული იყო მიწათმოქმედებაში იმ დროისათვის.

ანტიკურ ხანაში მცენარის კვების დარგში მრავალი ფაქტი ღაღინდა, მაგრამ ჯერ კიდევ არ იყო შემუშავებული ერთიანი

თეორია. ამ პერიოდისათვის იცოდნენ მხოლოდ მცენარის განვითარებისათვის საჭირო ფაქტორები — ნიადაგი, წყალი, ჰაერი, სინათლე, სითბო.

აგრონომიული ქიმიის განვითარებას და მცენარის კვების საკითხების შესწავლას ხელი შეუწყო საერთოდ ქიმიის განვითარებამ, კერძოდ კი ოდენობითი ანალიზის მეთოდების შემუშავებამ.

მცენარის კვების საკითხებისა და სასუქების მნიშვნელობისადმი მიძღვნილ ნაშრომებს შორის საყურადღებოა ბერნარდ პალისის „ტრაქტატი ნიადაგის შედგენილობის მნიშვნელობის შესახებ მიწათმოქმედებისათვის“ (1563 წ.). აღნიშნულ წიგნში ჩვენ ვხვდებით მთელ რიგ გონებამახვილურ მოსაზრებებს, რომლებიც ექსპერიმენტულად დადგინდა იქნა უფრო გვიან. აი რას წერდა იგი ნიადაგში არსებულ მარილის მნიშვნელობის შესახებ: „მარილი არის სიცოცხლისა და ყველა ნათესის საფუძველი“. ყურადღებას იპყრობს ნაკელის შეფასება: „ნაკელს, რომელიც გააქვთ მინდორში, არავითარი მნიშვნელობა არ ექნებოდა, რომ არ შეიცავდეს მარილს“. ცნება მარილის ქვეშ პალისი გულისხმობდა მცენარისათვის საჭირო საკვებ ელემენტებს.

მეტად საყურადღებოა პალისის აზრი სისტემატურად ერთი და იგივე კულტურის თესვის შემთხვევაში ნიადაგის გაღარიბების შესახებ: „თუ ვინმე თესავს მცენარეს ზედიზედ და არ ანოყიერებს მიწას ნაკელით, მაშინ ნათესი გამოიტანს ნიადაგიდან მარილს, რომელიც საჭიროა მცენარის ზრდისათვის; მიწა ამგვარად ღარიბდება მარილებისაგან და მოსავლის მოცემაზე უარს ამბობს. ამიტომ საჭიროა ნიადაგი გავანოყიეროთ ან დაეტოვოთ იგი რამდენიმე წელს დაუთესავად, რათა ხელახლად შეიძინოს მან მარილიანობა“.

მოყვანილი ციტატებიდან ნათლად ჩანს, რომ ბერნარდ პალისმა პირველმა გამოთქვა სწორი აზრი ნიადაგზე როგორც მცენარისათვის საჭირო მინერალური ნივთიერების წყაროზე.

უფრო გვიან, 1629 წელს, იოჰანს ბატისტ ვან-ჰელმონტმა ექსპერიმენტის საფუძველზე დაასკვნა, რომ მცენარის კვებისათვის საკმარისია წყალი.

1650 წელს გლაუბერმა ცდით დაადგინა, რომ გვარჯილა წარმოადგენს მცენარის ზრდის საფუძველს. ათი წლის შემდეგ კი დიგოიმ ნათელყო აზოტმკავა კალიუმის უდიდესი მნიშვნელობა მცე-

ნარის ზრდის გაძლიერების საქმეში, ხოლო 20 მმი 1756 წელს სავგებტაციო ჭურჭლებში ჩატარებული ცდებით ამტკიცებს, რომ მცენარეს ესაჭიროება კალიუმის მარილი.

ვალერიუსმა წიგნში „აგრონომიული ქიმიის საფუძვლები“ (1766 წ.) გამოთქვა მოსაზრება, რომ მცენარის ნაცრის შედგენილობა არ შეესაბამება ნიადაგისას. მისი შეხედულებით ნაცრის ელემენტები მცენარეში იქმნება წყლიდან და ჰაერიდან.

ლავუაზიემ, როგორც ცნობილია, საფუძველი ჩაუყარა თანამედროვე მეთოდისას ქიმიისში. მან გამოიკვლია ატმოსფეროს შედგენილობა, ახსნა დაჟანგვის, წვისა და სუნთქვის პროცესი. მანვე ექსპერიმენტულად დაადგინა ნივთიერებათა მარადისობის კანონი. მეტად საინტერესოა ლავუაზიეს შეხედულებები მცენარის კვებაზე. იგი წერს: „თავის ორგანიზმისათვის საჭირო მარილებს მცენარე იღებს მის გარშემო არსებული ჰაერიდან, წყლიდან და საერთოდ მინერალურ სამეფოდან“. ლავუაზიეს ამ მოსაზრებას ძალზე უახლოვდება მცენარის მინერალური კვების თეორია, რომელიც ლიბიხს ეკუთვნის. ლავუაზიეს შრომების გამოქვეყნების შემდეგ შესაძლებელი შეიქნა მცენარის კვების საკითხების დეტალური შესწავლა.

1772 წელს, ჯერ კიდევ ჟანგბადის აღმოჩენამდე, პრისტლეიმ ცდის საფუძველზე შენიშნა. რომ მცენარე ზრდის პერიოდში ცხოველების მიერ „დამძიმებულ“ ჰაერს წმენდს. მას შემდეგ, რაც ჟანგბადი აღმოაჩინეს და განსაზღვრეს იგი, პრისტლეიმ გაიმეორა თავისი ცდა, მაგრამ ვერ დაამტკიცა მის მიერ წინათ გამოთქმული აზრი. ამის მიზეზი იყო ცდის ჩატარება სოკოებზე, ე. ი. არამწვანე მცენარეებზე.

უფრო გვიან, 1774 წელს, ინგენ ჰაუზმა წიგნში „ცდები მცენარეებზე“ კიდევ უფრო გააღრმავა პრისტლეის მოსაზრება და დაამტკიცა, რომ ჟანგბადის გამოყოფა წარმოებს მხოლოდ მწვანე მცენარის მიერ და ისიც სინათლეზე.

სენებემ თავისი გამოკვლევებით დაადგინა, რომ ჟანგბადის გამოყოფისათვის საჭიროა მცენარემ შთანთქოს ატმოსფეროდან ნახშირორჟანგი, საიდანაც შეითვისებს ნახშირბადს. სენებეს აზრით, ნაცრის ელემენტები მცენარეში შედის მექანიკურად ფესვებიდან, წყალთან ერთად, და მას არავითარი მნიშვნელობა არა აქვს მცენარის ზრდა-განვითარებისათვის.

სოსიურმა უარყო სენებეს არასწორი შეხედულება მცენარისათვის ნაცრის ელემენტების მნიშვნელობის შესახებ. იგი ატმოსფეროს თვლიდა ნახშირბადის წყაროდ, ხოლო ნიადაგს — ნაცრის ელემენტების წყაროდ. სოსიურის შეხედულებები მცენარის კვებაზე უცნობი დარჩა იმდროინდელი სოფლის მეურნეობის დარგში მომუშავე სპეციალისტებისათვის.

მცენარის ორგანული ნივთიერებით კვების შესახებ პირველად გამოთქვა აზრი ინგლისელმა ქიმიკოსმა ჰემფრი-დევემ 1813 წელს წიგნში „სასოფლო-სამეურნეო ქიმიის ელემენტები“, რომელსაც იზიარებდნენ გაზდერი (იტალია) და შაპტელი (საფრანგეთი).

საბოლოოდ მცენარის ორგანული ნივთიერებით კვების თეორია ე. წ. მცენარის კვების ჰუმუსოვანი თეორია ჩამოაყალიბა გერმანელმა მეცნიერმა ალბერტ თეერმა, რომელმაც ბევრი რამ გააკეთა გერმანიის სოფლის მეურნეობისათვის. მან 1806 წელს ქ. მიგლინში ჩამოაყალიბა მსოფლიოში პირველი უმაღლესი სასოფლო-სამეურნეო სკოლა. 1809 წელს გამოსცა წიგნი „რაციონალური მიწათმოქმედების საფუძვლები“, რომელშიაც მოგვცა თავისი ჰუმუსოვანი თეორია. თეერის შეხედულებით, მცენარე მისთვის საჭირო საკვებ ნივთიერებას ითვისებს ორგანული ნივთიერების სახით, ხოლო არაორგანული ნივთიერება მოქმედებს როგორც მასტიმულირებელი.

თეერი თვითონ არ აწარმოებდა ცდებს, თავის დასკვნებს იგი აკეთებდა სხვების გამოკვლევებზე დაყრდნობით. სენებესა და სოსიურის გამოკვლევები მცენარის მიერ ატმოსფეროდან ნახშირორჟანგის შეთვისების შესახებ თეერისათვის ცნობილი იყო, მაგრამ შინც დაასკვნდა, რომ თუ მცენარე არ მიიღებს ნახშირბადს ჰუმუსიდან ფესვების მეშვეობით ნახშირორჟანგის სახით, მას არ შეუძლია განვითარება. იმ დროისათვის არ იყო დადგენილი, თუ რამდენად საკმარისია მცენარის კვებისათვის ჰაერში არსებული ნახშირორჟანგი. ამიტომ თეერი ნახშირორჟანგის ძირითად წყაროდ ნიადაგის ჰუმუსს თვლიდა, ხოლო ატმოსფეროში არსებულს კი დამხმარე მნიშვნელობას ანიჭებდა.

იქიდან გამომდინარე, რომ ნოყიერი ნიადაგი მდიდარია ჰუმუსით, ხოლო ნაკელში ჭარბობს ორგანული ნივთიერება, რომლის გარდაქმნის შედეგად წარმოიშვება ჰუმუსი, თეერი ასკვნიდა: მცე-

ნარე ნახშირბადს ძირითადად ღებულობს ფესვების მეშვეობით ჰუმუსიდან. იგი ჰუმუსის შესახებ წერდა: „ნიადაგის ნაყოფიერება საკუთრივ და მთლიანად ჰუმუსზეა დამოკიდებული, რადგან გარდა წყლისა ის წარმოადგენს ერთადერთ ნივთიერებას, რომელიც შეიძლება გამოიყენოს მცენარემ“.

თეერი უარყოფდა აზოტისა და ნაცრის ელემენტების მნიშვნელობას მცენარისათვის. იმ დროისათვის ჯერ კიდევ ფიქრობდნენ, რომ აზოტი დამახასიათებელია მხოლოდ ცხოველთა ორგანიზმისათვის. მაგალითად, თეერის მიერ არ იყო შეფასებული აზოტის შემცველობა ნიადაგსა და ნაკელის ორგანულ ნივთიერებაში. ასევე არ აძლევდა იგი სათანადო მნიშვნელობას ნაცრის ელემენტებს როგორც თვით მცენარეში, ისე ნიადაგსა და სასუქში. მისი აზრით, ნაცრის ელემენტები სტიმულატორის როლს ასრულებს მცენარეში.

თეერი ნიადაგის ნაყოფიერების შემცირებას ხსნიდა ნიადაგიდან მცენარის მიერ ჰუმუსის გატანით. გულისხმობდა, რომ რამდენ საკვებ ნივთიერებასაც შეიცავს მცენარე, იმდენ ჰუმუსს შთანთქავს იგი. თეერის შეხედულებით, ჰუმუსი, რომელიც დასაბამს აძლევს სიცოცხლეს, ამავე დროს მის შედეგსაც წარმოადგენს, რადგან იგი მიიღება მცენარეული ორგანიზმის გახრწნის შედეგად. ჰუმუსის შეთვისების მიხედვით ის მცენარეებს ყოფდა ორ ჯგუფად: ნიადაგის გამამდიდრებლად და გამღარიბებლად. ძირხვენებს აკუთვნებდა მეორე ჯგუფს. მისი აზრით, თუ მცენარე ლპება იმავე ადგილზე, სადაც აღმოცენდა, მაშინ ჰუმუსის რაოდენობა მატულობს, რაც გამოწვეულია იმით, რომ მცენარე სიცოცხლის პერიოდში შეითვისებს და ჰუმუსად გადააქცევს სხვა უფრო მარტივ ნივთიერებებს. ასეთ მცენარეებს ის თვლიდა ნიადაგის გამამდიდრებლად.

თეერის დიდი ავტორიტეტის მეოხებით მცენარის კვების ჰუმუსოვანმა თეორიამ ფართო გავრცელება მოიპოვა, რაც ბატონობდა XIX საუკუნის 30-იან წლებამდე. 40-იან წლებში მან განიცადა სასტიკი კრიტიკა ფრანგ ჟან ბატის, ბუსენგოსა და გერმანელ იუსტუს ლიბიხისაგან. ისინი აგრონომიული ქიმიის ფუძემდებლებად ითვლებიან მსოფლიოში.

ბუსენგომ პირველმა აღრიცხა ნივთიერებათა ბრუნვა მიწათმოქმედებაში. ის ანალიზს უკეთებდა თესლბრუნვაში შემავალ ყვე-



ლა კულტურის მოსაყვას, აგრეთვე ნიადაგს და გამოყენებულ სავსულებს. ამ მონაცემების საფუძველზე მას გამოყავდა ნივთიერებათა ბრუნვის ბალანსი, რითაც მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ აზოტს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მცენარისათვის.

ბუსენგომ 1837 წელს პირველად დააყენა ცდები ქვიშის კულტურაზე. ამასთან საყურადღებოა ის, რომ მან ამ კულტურაში შეიყვანა ნაცარი და არაორგანული ნივთიერება. ბუსენგო აღნიშნული კულტურის გამოწრთობას აწარმოებდა. ამ ცდებით დაადგინა, რომ მცენარეს შეუძლია ორგანული ნივთიერების გარეშე განვითარება. მაშასადამე, ბუსენგომ ლიბიხზე ადრე უარყო თეერის ჰუმუსოვანი თეორია, მაგრამ მისი შეხედულებები ვერ გახდა ცნობილი იმდროინდელი სოფლის მეურნეობის მოღვაწეთა ფართო წრეებისათვის.

ბუსენგომ გააკრიტიკა რა თეერის ჰუმუსოვანი თეორია, დაუპირისპირა მცენარის აზოტოვანი კვების თეორიას და გამოსთქვა მოსაზრება, რომ უდიდეს მოქმედებას იჩენენ ის სასუქები, რომლებიც მეტ აზოტს შეიცავენ.

ბუსენგო, თეერისა და ლიბიხისაგან განსხვავებით, იყო უდიდესი მკვლევარი და ექსპერიმენტატორი. ფართოდაა ცნობილი მისი გამოკვლევები მცენარის მიერ აზოტისა და ნახშირბადის ასიმილაციის შესახებ. ბუსენგოს ეკუთვნის მსოფლიოში პირველი აგროქიმიური საცდელი სადგურის დაარსება.

გერმანიაში ლიბიხის წინააღმდეგული მკვლევარებიდან კარლ შპრენგელი ყურადღებას იპყრობს იმდენად, რამდენადაც მის მიერ გამოთქმული აზრები მცენარის კვებაზე უახლოვდება ლიბიხის უფრო გვიანდელ შეხედულებებს. აი, მაგალითად, რას წერდა მცენარის კვების შესახებ შპრენგელი თავის წიგნში „მოდერნული სასუქების შესახებ“: „მცენარე არაორგანულ ნივთიერებიდან, რომელსაც ის ლებულობს ნიადაგიდან, ჰაერიდან, ჰქმნის ორგანულ სხეულს ტენის, ელექტრობის, სინათლის და სითბოს შემწეობით“.

თვლიდა რა მარილებს მცენარისათვის როგორც აუცილებელს და იცოდა რა მათი წარმოშობა ნიადაგიდან, შპრენგელი ბუნებრივად მიდიოდა მოსავლიანობის დაცემის მიზნების ახსნამდე, რაც გამოწვეული იყო ამა თუ იმ კულტურის ჰუდამ ერთ და იმავე ადგილზე თესვით. კ. შპრენგელი განსაკუთრებულ ყურადღებას უთმობდა ნიადაგში იმ საკვების ელემენტების შეტანას, რომელიც მცირე რაოდენობით მოიპოვებოდა მასში.

შპრენგელი ერთ პუნქტში ეთანხმებოდა თეერს. ის ნახშირბადის ძირითად წყაროდ თვლიდა ჰაერის ნახშირორჟანგს, მაგრამ არ უარყოფდა ჰუმუსიდან მის შეთვისებას, რაც თითქმის ემთხვევა თანამედროვე შეხედულებას მცენარის ნახშირბადოვანი კვების შესახებ.

თეერის ჰუმუსოვანი თეორია საბოლოოდ გააკრიტიკა და მისი მცდარობა დამტკიცა იუსტუს ლიბიხმა თავის ცნობილ წიგნში „ქიმიის გამოყენება მიწათმოქმედებასა და ფიზიოლოგიაში“. რომელიც პირველად გამოქვეყნდა 1840 წელს. მასშივე გადმოცემულია ლიბიხის ძირითადი შეხედულებები მცენარის კვების შესახებ. ამ წიგნმა დიდი შთაბეჭდილება მოახდინა იმდროინდელ არა მარტო სწავლულებზე, არამედ სოფლის მეურნეობის ფართო მასებზეც. წიგნი პოპულარული ენით იყო დაწერილი, გამოირჩეოდა შესანიშნავი გამოცემით, კრიტიკის სიმძაფრით და გაბედული დასკვნებით. თეერის ჰუმუსოვანი თეორიის კრიტიკის დროს ა. ლიბიხი შემდეგ დებულებებს აყენებდა:

1. თუ მცენარე ნახშირბადს ითვისებს ჰუმუსიდან, ის წინასწარ უნდა გაიხსნას წყალში. ამისათვის კი, მისი გამოანგარიშებით. წვიმების სახით მოსული წყლის ერთი წვეთიც რომ არ დაიკარგოს. არაა საკმარისი იმ რაოდენობის ჰუმუსის გასახსნელად, რომელიც ესაჭიროება მცენარეს ნორმალური მოსავლის მოსაღებად. აქედან ლიბიხი აკეთებდა დასკვნას, რომ მცენარე ნახშირბადს ითვისებს ატმოსფეროს ნახშირორჟანგის ხარჯზე.

2. რადგანაც ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის გაზის რაოდენობა ატმოსფეროში უცვლელია. ამდენად ისინი, ცხადია, რაღაც ურთიერთ დამოკიდებულებაში იმყოფებიან. მან გამოთქვა აზრი, რომ მცენარე სუნთქვის დროს გამოყოფს ნახშირორჟანგს, რითაც ივსება მისი რაოდენობა ატმოსფეროში. ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის რაოდენობა დიდდება აგრეთვე წვის პროცესის შედეგადც. ამიტომ მცენარის მიერ შეთვისებული ნახშირორჟანგის რაოდენობა ვერ მოქმედებს ატმოსფეროში მის შემცველობაზე, მასასადაზე. მცენარე ნახშირბადს ითვისებს ჰაერიდან.

3. რადგან ჰუმუსი მცენარეული ორგანული ნივთიერების დაშლის შედეგია, ამიტომ პირველად უნდა გაჩენილიყო მცენარეები და შემდეგ ჰუმუსი. ესე იგი ნახშირბადი პირველად წარმოქმნილ მცენარეებს შეეძლო შეეთვისებია ჰაერიდან. ამგვარად, მცენარე ნახშირბადს ითვისებს ჰაერიდან.

ლიბიხი თვლიდა, რომ ჰუმუსი წარმოადგენს ნახშირორჟანგის მუდმივ წყაროს ნიადაგში, რომელიც ხელს უწყობს სილიკატების გამოფიტვას და მცენარეებს უმზადებს მინერალურ საკვებს.

ლიბიხმა საბოლოოდ უარყო ფესვებით ორგანული ნივთიერების შეთვისების შესაძლებლობა და წამოაყენა დებულება, რომლითაც მცენარის პირველადი საკვების წყაროა არაორგანული ნივთიერებები. ამ დებულებამ შემდგომში მიიღო მცენარის მინერალური კვების თეორიის სახელწოდება, რომელმაც, რასაკვირველია, შემდეგში დიდი ცვლილებები განიცადა.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, თეორი ნიადაგის გაღარიბების თვალსაზრისით მცენარეებს ყოფდა ორ ჯგუფად — გამამდიდრებლად და გამღარიბებლად. ლიბიხმა გააკრიტიკა იგი და აღნიშნა, რომ სხვადასხვა მცენარე სხვადასხვა მიმართულებით ფიტავს ნიადაგს: ზოგი უმთავრესად იღებს კირს (ბარდა), სხვები სილიციუმს (ხორბალი) და ა. შ. აქედან გამომდინარე ლიბიხი ასკვნია: კულტურების მორიგეობით შესაძლებელია ნიადაგის გამოფიტვის შენელება და მასში არსებული საკვები მარაგის უფრო თანაბრად გამოყენება. შაგრამ ადრე თუ გვიან მაინც ექნება ადგილი ნიადაგის გამოფიტვას. ამიტომ ლიბიხი აუცილებლობად თვლიდა მოსავლის მიერ გამოტანილი საკვები ნივთიერების დაბრუნებას ნიადაგისათვის. ამ დებულებამ შემდგომში ნიადაგში საკვები ნივთიერების სრული დაბრუნების თეორიის სახელწოდება მიიღო.

აღნიშნული დებულების საფუძველზე გერმანიაში, ლიბიხის წინადადებით, შეიქმნა ილენდორფის მინერალური სასუქების სპეციალური ქარხანა, რომელიც სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურისათვის კომბინირებულ სასუქებს ამზადებდა. სასუქები სხვადასხვა შედგენილობის იყო და პასუხობდა მცენარის მიერ ნიადაგიდან გამოტანილი საკვების რაოდენობას. ინგლისში გამოცდილი იქნა აღნიშნული ქარხნის მიერ გამოშვებული პროდუქცია და დაადგინეს, რომ სასუქები ვერ ამართლებდა თავის დანიშნულებას.

ლიბიხის მიერ შემუშავებული მოსავლის მიერ გატანილი საკვები ნივთიერების უკან დაბრუნების თეორია არ არის სწორი, რადგან თუ ნიადაგს დაუბრუნებთ იმ რაოდენობის საკვებ ელემენტებს, რამდენიც გატანილ იქნა, მაშინ ადგილი ექნება კულტურების მოსავლიანობის თანდათანობით დაცემას. ეს აიხსნება იმით, რომ ნია-

დაგში შეტანილ სასუქებში არსებული საკვები ნივთიერებები მთლიანად არ გამოიყენება მცენარის მიერ: ნაწილი ჩაირეცხება ქვედა ფენებში და დაცილდება მცენარის ფესვთა სისტემის ჰოქსენდების არეს, ნაწილი გადაირეცხება ნიადაგის ზედაპირიდან ეროზიული მოვლენების შედეგად, ხოლო ნაწილი გადაეა მცენარისათვის შეუთვისებელ ფორმაში. ამგვარად, მცენარის განკარგულებაში დარჩება მხოლოდ რაღაც ნაწილი. მაგალითად, აზოტიანი სასუქის გამოყენების კოეფიციენტი 50 პროცენტს უდრის, კალიუმისა — 50-60 პროცენტს, ხოლო ფოსფორიანი სასუქისა — 20-25 პროცენტს. თუ ნიადაგში შევიტანთ იმდენი რაოდენობის საკვებ ნივთიერებას სასუქების სახით, რამდენიც გატანილი იყო მოსავლის მიერ, მაშინ მოსავალი დაეცემა. ამიტომ საჭიროა ბევრად უფრო მეტი საკვები ნივთიერების შემცველი სასუქების შეტანა.

ლიბიხი აღნიშნავდა, რომ ფოსფორი დიდი რაოდენობით შედის მარცვალში, რომელიც აღარ უბრუნდება ნიადაგს. ამიტომ ხორბლის მოსავლის დაცემის თავიდან აცილების მიზნით იგი ურჩევდა მეტი რაოდენობის ფოსფორიანი სასუქების შეტანას. აქედან გამომდინარე, ლიბიხი წინადადებას იძლეოდა ძელიდან დაემზადებიათ სუპერფოსფატი. ამ წინადადებაზე ბიძგი მისცა სუპერფოსფატის წარმოების განვითარებას.

უნდა აღინიშნოს, რომ პრიორიტეტი სუპერფოსფატის წარმოების წინადადებაზე, როგორც უკანასკნელ ხანებში გამოიჩინა ეკუთვნის არა გერმანიას, არამედ ჩეხოსლოვაკიას.

ლიბიხი მიუთითებდა, რომ მოსავლიანობა დამოკიდებულია მცენარისათვის საჭირო იმ საკვებ ელემენტებზე, რომელიც მინიმუმში იმყოფება და იცვლება მისი რაოდენობის შესაბამისად. ვიდრე სხვა ელემენტი მინიმუმამდე არ დავა. ეს დებულება შემდეგ ლიბიხის კრიტიკოსების მიერ ფორმულირებულ იქნა როგორც „მინიმუმის კანონი“. აღნიშნულ დებულებაზე დაყრდნობით ბურჟუაზიულმა მეცნიერებმა აღიარეს ე. წ. ნიადაგის კლებადი ნაყოფიერების „კანონი“, რომელიც ფაქტიურად ბუნებაში არ არსებობს.

ლიბიხის ზემოთ აღნიშნული დებულება არ არის სწორი იმდენად, რამდენადაც ერთი ფაქტორის მოქმედება მცენარის განვითარებაზე არ შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ იზოლირებულად. ერთი

ფაქტორის ეფექტი იცვლება მეორის გავლენით; ამასთან, ერთ ფაქტორს არ შეუძლია შეცვალოს მეორე.

აღსანიშნავია, რომ ლიბიხი თავის შრომაში: „ქიმიის გამოყენება მიწათმოქმედებასა და ფიზიოლოგიაში“, მის მიერ ფორმულირებულ დებულებას უფრო სხვანაირად განმარტავს, ვიდრე დღესაა ცნობილი ლიტერატურაში. აი რას წერდა ის: „ელემენტი სრულიად არარსებული ან რომელიც არ იმყოფება საკმაო რაოდენობით, ხელს უშლის საკვებ შენაერთებს გამოამჟღავნოს თავისი ეფექტი, ან, ყოველ შემთხვევაში, ამცირებს მათ კვებით მოქმედებას“. ეს დებულება შეიძლება მართებულად ჩაითვალოს თუ გავითვალისწინებთ ბუნებაში არსებულ ფაქტორთა შეუცვლელობის კანონს.

ლიბიხმა დიდად შეუწყო ხელი აგროქიმიის განვითარებას. მის დიდ დამსახურებად ითვლება თეერის ჰუმუსოვანი თეორიის კრეატივა და სუპერფოსფატის წარმოების განვითარება. მარქსი მაღალ შეფასებას აძლევდა ლიბიხს: „თანამედროვე მიწათმოქმედების უარყოფითი მხარეების გამოვლინება, ბუნებათმცოდნეობის თვალთახედვით, ჩაითვლება ლიბიხის ერთ-ერთ უკვდავ დამსახურებად“.<sup>1</sup>

ლიბიხი უდიდეს მნიშვნელობას ანიჭებდა ნაცრის ელემენტებს მცენარისათვის, მაგრამ ვერ შეაფასა აზოტის როლი. მრავალი ანალიზის საფუძველზე, რომელიც ჩატარებული იყო მის ლაბორატორიაში, ლიბიხი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ნიადაგის ყველა სახეობა, ლარიბი ნიადაგებიც კი, უფრო მდიდარია აზოტით, ვიდრე ფოსფორით და კალიუმით. რასაკვირველია, აზოტის მონაწილეობა ცილოვანი ნივთიერების შექმნაში მისთვის კარგად იყო ცნობილი, მაგრამ ფიქრობდა, რომ ამონიაკის არსებობა ჰაერში უზრუნველყოფს ყველა მცენარეს აზოტით და ამიტომ ამ უკანასკნელის შემცველი სასუქების შექმნაში სახსრების ხარჯვას ფუჭად თვლიდა. ლიბიხის აზრით, მცენარე მისთვის საჭირო რაოდენობის აზოტს დებულობს ატმოსფეროს ნახშირორჟანგთან ერთად, ნახშირმჟავა ამონიუმის სახით. ცნობილია, რომ ლიბიხსა და ბუსენგოს შორის დიდი დავა იყო აზოტის მნიშვნელობისა და სასუქის შედგენილობის საკითხებზე. ნაკელის მნიშვნელობას ლიბიხი აფასებდა მასში ნაცრის ელემენტების შემცველობით. ბუსენგო კი ამტკიცებდა,

2. კ. მარქსი, კაპიტალი, ტ. 1, გვ. 490, სახელგამი, თბილისი, 1954 წ.

რომ ნაკელი და მისი ნაცრის მნიშვნელობა როგორც სასუქიანა, ერთი და იგივე არ არის. იგი თვლიდა, რომ ნაკელში აზოტის შემცველობას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მისი სასუქობრივი ღირებულების თვალსაზრისით. ბუსენგოს აღნიშნული დებულების სისწორე დაამტკიცეს ინგლისელმა მეცნიერებმა ლოზმა და გილბერტმა, მათ მიერ დაარსებულ როტამსტეტის საცდელ სადგურში დაყენებული სპეციალური ცდებით. დღეისათვის საბოლოოდ დადგენილია, რომ მაღალი მოსავლის მისაღებად დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის აზოტით უზრუნველყოფას.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ლიბიხის კვების საკითხების გადასაწყვეტად ცდებს არ ატარებდა მცენარეებზე. იგი თავის შეხედულებებს სოსიურის, ბუსენგოსა და შპრენგელის გამოკვლევებზე აგებდა დედუქციის გზით. მცენარის ანალიზის შედეგად იგი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ სილიციუმი და ნატრიუმი მიეკუთვნება ძირითადი აუცილებელი საკვები ელემენტების რიცხვს. შემდგომი გამოკვლევებით კი გამოიჩინა, რომ ეს შეხედულება მცდარი იყო. მართალია, სილიციუმი დიდი რაოდენობით შედის მცენარის ნაცარში (ქერის ნაცარში 20 პროცენტზე მეტია), მაგრამ ის აუცილებელი არ არის მცენარის ნორმალური განვითარებისათვის. ასევე არაა აუცილებელი ნატრიუმიც.

ლიბიხისათვის ცნობილი იყო, რომ პარკოსანი ბალახები არამცთუ ვითარდებიან აზოტიანი სასუქების გარეშე, არამედ თვითვე აღმოჩნდებიან მათ შემდეგ დათესილი პურეული კულტურების აზოტით კვებას. იგი ამ მოვლენას იმით ხსნიდა, რომ პარკოსნები, სხვა მცენარეებთან შედარებით, ასწრებენ ჰაერიდან დიდი რაოდენობით ამონიაკის, აგრეთვე ნალექების სახით მოსული აზოტის შთანქმას. მაშასადამე, ლიბიხს ესმოდა პარკოსანი ბალახების თესვის მნიშვნელობა ნიადაგის აზოტით გამდიდრებისათვის, მაგრამ არ იცოდა ამ კულტურების მიერ აზოტის შეთვისების გზები და ფორმები, რადგან იმ დროისათვის ჯერ კიდევ არ იყო ცნობილი პასტერის აღმოჩენა ბაქტერიებისა და პარკოსანი მცენარეების სიმბიოზის შესახებ.

ბუსენგომ დიდი მუშაობა ჩაატარა პარკოსნების მიერ აზოტის შეთვისების შესწავლაზე, ხოლო გადაწყვიტა პასტერმა სიმბიოზის აღმოჩენის შემდეგ. საბოლოოდ ეს საკითხი გააჩვეია გერმანელმა მეცნიერმა ჰერლიგელმა 1886 წელს პარკოსნების აზოტით კვების თავისებური ახსნით.

ლიბიხის მიერ მინერალური კვების თეორიის წამოყენების 30 წლის შემდეგ ფრანგმა მეცნიერმა გრანდომ შეიმუშავა მცენარის კვების ე. წ. ორგანულ-მინერალური თეორია. ამით გრანდო ცდილობდა ჰუმუსისათვის მიეწერა გადამცემი ინსტანციის როლი მცენარის მიერ საკვები ნივთიერების შეთვისების პროცესში. იგი ამტკიცებდა, რომ ჰუმუსს მაინც შეუძლია დაეხმაროს მცენარეს ნახშირბადის შეთვისებაში, თუმცა მას ძირითადად ჰაერიდან ითვისებს ნახშირორჟანგის სახით. ეს თეორია თავის დროზე გაკრიტიკებულ და უარყოფილ იქნა.

უკანასკნელ ხანებში აკად. ტ. ლისენკომ წამოაყენა შეხედულება. რომლის თანახმად თითქოს აუცილებელია საკვებმა მცენარეში შედღწევამდე გაიაროს მიკროორგანიზმებში. აღნიშნული მოსაზრება არ ემყარება რაიმე სპეციალურ გამოკვლევას ამავე დროს ლიტერატურაში დიდი ხანია ცნობილია, რომ მცენარე ნორმალურად შეიძლება განვითარდეს ორგანული ნივთიერების გარეშე სტერილურ პირობებშიც კი, სადაც მიკროორგანიზმები არ არსებობენ. გამომდინარე აქედან, ლისენკოს შეხედულება არ არის სწორი. ის ძალზე წააგავს გრანდოს ორგანულ-მინერალურ თეორიას.

XIX საუკუნეში მცენარის კვების საკითხებზე განუწყვეტელადავის შედეგად შემუშავდა აზრი, რომ მინერალური სასუქები მცენარეზე გავლენას ახდენენ მხოლოდ ზრდის სტიმულირებით და შეიძლება საბოლოოდ გაადარბოს ნიადაგი. როტამსტეტის საცდელ სადგურში ჩატარებულმა ცდებმა საბოლოოდ გააქარწყლეს ეს შეხედულება. დადგინდა იქნა, რომ ასი წლის განმავლობაში ყოველწლიურად ერთი და იგივე სახის სასუქის შეტანა ერთ და იმავე კულტურის ქვეშ ნორმალურ მოსავალს იძლევა. თუმცა ზოგიერთმა სასუქმა არასასურველი, არაპირდაპირი მოქმედება (ფიზიოლოგიურად მთავრად სასუქების მიერ არეს რეაქციის დამყავება) გამოავლინა.

საფრანგეთში-მინერალური სასუქების გამოყენების დიდ პრაგანდისტად ითვლებოდა ჟორჟ ვილი. იგი ამტკიცებდა, რომ მინერალური სასუქებია იძლევა არა მარტო დიდ ანაზღაურებას, არამედ ითვლება ერთადერთ საშუალებად ნიადაგის ნაყოფიერების შესანარჩუნებლად. მან შეიმუშავა მინერალური სასუქების ეფექტურობის შესასწავლად მისივე სახელწოდებით ცნობილი სპეციალური სქემა, რომელსაც ფართოდ იყენებენ დღესაც. ჟორჟ ვილის შე-

ხედულებით, ქიმიური სასუქები ყოველთვის ეფექტურია და უფრო იაფი, ვიდრე ნაკელი. მან ცდებით დაადგინა, რომ ყველა მცენარისათვის აუცილებელია სასუქების შემდეგი ნარევი: აზოტისა და კალიუმის შენაერთები, ფოსფატები და კირი. ეორე ვილის აზრით, ხორბალი მოითხოვს მნიშვნელოვანი რაოდენობის აზოტს. უფრო მცირეს ფოსფორს და კიდევ უფრო მცირეს — კალიუმს.

## 2. რუსი და საბჭოთა მკვლევარების როლი მცენარის კვებისა და სასუქების გამოყენების საკითხების შესწავლაში

მცენარის კვებისა და სასუქების გამოყენების საკითხების შესწავლაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს რუსმა და საბჭოთა მკვლევარებმა, კერძოდ, ენგელგარდტმა, კ. ა. ტიმირიაზევმა, პ. ა. კოსტიჩევმა, გ. გ. გუსტავსონმა, ა. ვ. ზაიკევიჩმა, დ. ნ. პრიანიშნიკოვმა, კ. კ. გედროიციმა, ვ. რ. ვილიამსმა, ი. ვ. მიჩურინმა და სხვ. მათი გამოკვლევები საფუძვლად დაედო მცენარის კვების თეორიას და სასუქების გამოყენების პრაქტიკას.

აგრონომიულ ქიმიას, რომელიც სწავლობს მცენარის კვებისა და სასუქების გამოყენების არსებით საკითხებს, რუსეთის სინამდვილეში საფუძველი ჩაუყარა დ. ი. მენდელეევმა.

დიმიტრი ივანეს ძე მენდელეევი (1834-1907), ელემენტთა პერიოდული სისტემის ფუძემდებელს, არანაკლები ღვაწლი მიუძღვის საერთოდ სოფლის მეურნეობის აღმავლობის, კერძოდ, მცენარის კვებისა და სასუქების გამოყენების საქმეში. მთელი თავისი სიცოცხლის მანძილზე დ. ი. მენდელეევმა მრავალი სიახლე შეიტანა სოფლის მეურნეობის ისეთ დარგებში, როგორცაა მელიორაცია, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების აგროტექნიკა, აგრონომიული ქიმიკა, მეცხოველეობა, მევენახეობა, ყველის წარმოება, ღვინის ტექნოლოგია და სხვ. მას მხედველობიდან არ გამოორჩენია სოფლის მეურნეობის ეკონომიკისა და ტექნიკის საკითხებიც. მენდელეევმა ფრიად მნიშვნელოვანი შრომები უძღვნა მცენარის კვებისა და სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციის საკითხებს.

პეტერბურგის უნივერსიტეტის პროფესორმა დ. ი. მენდელეევმა 1865 წელს შეიძინა პატარა სააგარაკო მამული მოსკოვის გუბერნიის ქ. კლინის მახლობლად სოფელ ბობლოვოში, სადაც ზაფ-



ხულობით ეწეოდა სოფლის მეურნეობას. იმავე წელს აქ მან რუსეთში პირველად დააყენა მინდვრის ცდა სასუქების გამოყენების ეფექტურობის შესასწავლად. 6-7 წლის განმავლობაში დ. ი. მენდელეევი სრულიად შეუტვალა სახე მამულს. შემოიღო თესლბრუნვა, ბალახების თესვა, სასუქებისა და ახალი მანქანების გამოყენება; დაიწყო სწორი მესაქონლეობისა და მერძევეობის წარმოება. აღნიშნული აგროტექნიკური ღონისძიებების გატარებით კულტურების მოსავლიანობა გაორკეცდა. მამული საჩვენებელ მეურნეობად და სტუდენტთათვის პრაქტიკული ცოდნის მისაღებ ადგილად იქცა. სოფ. ბობლოვოში იგზავნებოდნენ პეტროვსკის სასოფლო-სამეურნეო აკადემიის სტუდენტები, რომლებსაც ხელმძღვანელობდნენ ცნობილი მეცნიერები სტებუტი, ლიუდოგოვსკი და სხვები.

დ. ი. მენდელეევი მთელი თავისი სიცოცხლის მანძილზე იცავდა იმ აზრს, რომ რუსეთს ესაჭიროება საცდელი მინდვრები, ჰემ-მარიტი სასოფლო-სამეურნეო აკადემია. მან თავისუფალ ეკონომიურ საზოგადოებაში შეიტანა წინადადება, ერთიანი პროგრამით და ზუსტი მეთოდით, რუსეთის სხვადასხვა ადგილას დაეყენებიათ მრავალწლიანი ცდები სასუქებზე, რათა შესწავლილი ყოფილიყო მათი მოქმედება სხვადასხვა ნიადაგობრივ და კლიმატურ პირობებში. აღნიშნულმა საზოგადოებამ მიიღო ეს წინადადება და ამ საქმისათვის 7000 მანეთი გამოყო. დ. ი. მენდელეევი შესძლო სამი წლის მანძილზე (1867-1869 წ.წ.) მინდვრის ცდების დაყენება და აღრიცხვა. ცდები ტარდებოდა შერისა და ჰვავზე სმოლენსკის, პეტერბურგისა და სიმბირსკის გუბერნიებში. იგი სასუქების ეფექტურობის შესასწავლად იყენებდა ნიადაგის ანალიზს, თანდაყოლილ დაკვირვებებს მცენარეზე; აწარმოებდა კლიმატური ფაქტორების აღრიცხვას. მენდელეევი ჩატარებული ცდების ანგარიშებში გამოთქვა მთელი რიგი მოსაზრებანი სასუქების გამოყენების შესახებ, რომელთაც დღემდე არ დაუკარგავს თავისი მნიშვნელობა.

ჯერ კიდევ პერლიგელის აღმოჩენამდე 18 წლით ადრე — 1868 წელს, დ. ი. მენდელეევი თითქოს იწინასწარმეტყველა ბაქტერიული სასუქების მნიშვნელობა. იგი წერდა: „შეიძლება შორს არ იყოს ის დრო, როდესაც აღმოჩენილი იქნება ხერხი, რომელიც საშუალებას მოგვცემს შევიყვანოთ ნიადაგში ის პირობები ან ის ნივთიერებები, რომლებიც აიძულებენ ატმოსფეროს უმოქმედო

აზოტს გადავიდეს ასიპილაციქნილ აზონიაცის ან აზოტის სიმეა-  
ეში“.

დ. ი. მენდელეევს მხედველობიდან არ გამორჩენია აგრეთვე  
ნიკროელემენტების მნიშვნელობა სოფლის მეურნეობისათვის, სა-  
სუქების წარმოების საკითხი და სხვ. დ. ი. მენდელეევის აღმოჩე-  
ნებმა და დასკვნებმა დიდი როლი შეასრულეს რუსეთისა და საბ-  
ჭოთა აგრონომიული მეცნიერების, კერძოდ, მცენარის კვებისა და  
სასუქების გამოყენების საქმის განვითარებაში.

დ. ი. მენდელეევის თანამოაზრენი. მეგობრები და მოწაფეები  
იყვნენ დიდი რუსი მეცნიერები ი. მ. სეჩენოვი, ი. ი. მეჩნიკოვი,  
ვ. ვ. დოკუჩაევი და კ. ა. ტიმირიაზევი.

ა. ნ. ენგელგარდტი (1832-1893), პეტერბურგის მიწათმოქმე-  
ლების ინსტიტუტის პროფესორი, ლექციებს კითხულობდა ხელოვ-  
ნური სასუქების გამოყენების საკითხებზე. მის მიერ მოწყობილ  
ქიმიურ ლაბორატორიაში ჩატარდა ადგილობრივი სასუქების, ფოს-  
ფორიტებისა და ნიადაგების ანალიზები. მან პროფესორ ილენ-  
კოვთან ერთად შეიმუშავა ფოსფორიანი სასუქის დამზადების წესი  
ქელიდან, ამ უკანასკნელის ტუტით დამუშავების გზით.

ა. ნ. ენგელგარდტი სტუდენტებს შორის რევოლუციური იდე-  
ების გავრცელებისათვის 1870 წელს დააპატიმრეს და გადაასახლეს  
დოროგობუჟსკის ოლქში — ბატიშევოში (სადაც შემდეგში დაარს-  
და მისი სახელობის საცდელი სადგური). აქ იგი წლების მანძილ-  
ზე ეწეოდა სოფლის მეურნეობას. მის მიერ შემუშავებულ იქნა  
ფოსფორიტის ფქვილის გამოყენება სასუქად. მან შეისწავლა კოს-  
ტრომის, რიაზანისა და სხვ. ფოსფორიტები, რომლებმაც დიდი და-  
ღებითი მოქმედება გამოავლინა მოსავლიანობაზე არა მარტო ნია-  
დაგში შეტანის წელს, არამედ ვომდევნო წლებშიც. აქედან მან  
დაასკვნა, რომ ფოსფორიტები მოსავლიანობის გადიდების მძლავრ  
საშუალებას წარმოადგენს. ენგელგარდტი ურჩევდა ფოსფორიტის  
ფქვილი გამოყენებით მწვანე სასუქებთან ერთად, ნიადაგის აზო-  
ტით გამდიდრების მიზნით. ის მიუთითებდა აგრეთვე სამრეწველო  
სასუქებისა და კირის უდიდეს მნიშვნელობაზე მოსავლიანობის გა-  
დიდების საქმეში. ენგელგარდტის შრომებმა — „მიწათმოქმედების  
საფუძვლები“, „წერილი სოფლიდან“ და სხვ. ფართო გავრცელება  
პოვა რუსეთში. მარქსი და ლენინი აღნიშნულ შრომებს მაღალ  
შეფასებას აძლევდნენ.

აგრონომიული ქიმიის განვითარებაში დიდი დამსახურება მიუძღვის პ. ა. კოსტიჩევს (1845-1895). მან ნიადაგისა და მცენარის შესწავლის საფუძველზე შეიმუშავა ღონისძიებების სისტემა შავმიწანიადაგების ნაყოფიერების გადიდებისა და მაღალი და მყარი მოსავლის მისაღებად. ამასთან მიუთითებდა, რომ მცენარის განვითარება შეპირობებულია ნიადაგის როგორც ფიზიკური, ისე ქიმიური თვისებებით.

კოსტიჩევმა განავითარა ბიოლოგიური შეხედულება ჰუმუსზე, რომლის თანახმად ნიადაგის ნეშომპალა კი არ წარმოადგენს მკვდარ მასას, არამედ მის ყოველ წერტილში სუნთქავს სიცოცხლე, მასში მიმდინარეობს არა მარტო ორგანული ნივთიერების დაშლის პროცესი, არამედ ამასთან ერთად მარტივიდან რთული ნივთიერების წარმოქმნაც. კოსტიჩევის ეს შეხედულება შემდგომში განავითარა რ. ვ. ვილიამსმა.

კოსტიჩევი სწავლობდა ორგანული ნივთიერებების გახრწნის სიჩქარეს ტემპერატურის, ტენისა და კირის არსებობისას. აგრეთვე ნიადაგის ფიზიკურ თვისებებთან კავშირში. სწავლობდა რა შავმიწანიადაგების ნაყოფიერების დაცემის მიზეზებს, იგი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ეს მოვლენა დაკავშირებულია მარცვლოვანი სტრუქტურის დაკარგვასა და ნათესის დასარევილიანებასთან. შავმიწების მოსავლიანობის გადიდების მთავარ ფაქტორად თვლიდა ბალახების თესვას. კოსტიჩევმა ყურადღება მიაქცია ნიადაგში კალიუმის, ფოსფატებისა და ორგანული ფოსფორიანი შენაერთების არსებობას. მასვე ეკუთვნის სახელმძღვანელო სასუქების გამოყენების შესახებ.

გ. გ. გუსტავსონმა (1842-1908) მოღვაწეობა სასუქების გამოყენების საკითხის შესწავლით დაიწყო. მენდელეევის ხელმძღვანელობით მან სასუქებზე ცდები ჩაატარა სმოლენსკის გუბერნიაში. 1875 წლიდან გუსტავსონი პეტროვსკის აკადემიის ორგანული და აგრონომიული ქიმიის კათედრის გამგე იყო. მან შექმნა აგრონომიული ქიმიის დამოუკიდებელი კურსი რუსეთის უმაღლესი სასწავლებლებისათვის. მისი „ოცი ლექცია აგრონომიული ქიმიის შესახებ“, რომელშიც წარმოდგენილი იყო ნიადაგის, სასუქების, საკვებისა და სხვა პროდუქტების ანალიზი, დიდი პოპულარობით სარგებლობდა.

ა. ე. ზაიკევიჩი (1842-1931) დიდი ხნის განმავლობაში ხელმძღ-

ვანელობდა შაქრის ჭარხალზე საცდელ მუშაობას. მცენარის ფესვთა სისტემის ზონაში სუპერფოსფატის შეტანით მან ნიადაგში შესატანი სასუქის დოზის ორმაგ შემცირებას მიაღწია, რაც საფუძვლად დაედო დღერსათვის ფართოდ გავრცელებულ სასუქების ადგილობრივი შეტანის ხერხს.

პ. ს. კოსოვიჩმა (1862-1915), რომელიც ნიადაგმცოდნეობის კათედრის გამგე იყო პეტერბურგის სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტში, ბევრი რამ გააკეთა მცენარის კვებისა და სასუქების გამოყენების საქმეში. მან დიდი მუშაობა ჩაატარა პარკოსანი მცენარეების მიერ აზოტის შეთვისების საკითხის შესასწავლად. მასვე ეკუთვნის წყალმცენარეების მიერ აზოტის შეთვისების საკითხის დამუშავება, ნიადაგის თავისუფალი ფიქსატორი — მიკროორგანიზმების მიერ აზოტის ფიქსაციის არსის გარკვევა.

გასული საუკუნის დასასრულს წამოიჭრა საკითხი აზოტის ამონიაკური და ნიტრატული ფორმების შედარებითი ეფექტურობის შესახებ. პ. ს. კოსოვიჩმა სტერილური კულტურების პირობებში გვიჩვენა მცენარის მიერ ამონიაკური აზოტის შეთვისების შესაძლებლობა.

პ. ს. კოსოვიჩმა შეისწავლა ფესვების მიერ ნახშირორჟანგის გამოყოფა და დაადგინა ამ უკანასკნელის გავლენა ნიადაგში შეტანილი ფოსფორიტის ფქვილიდან  $P_2O_5$ -ის ხსნარში გადასვლაზე. მანვე შენიშნა ფესვების კონტაქტის მნიშვნელობა ფოსფორიტის ფქვილიდან  $P_2O_5$ -ის შეთვისებაზე და სხვ. კოსოვიჩმა ჩაატარა ნიადაგის ანალიზები. მან საფუძველი ჩაუყარა სასოფლო-სამეურნეო ჟურნალს, — „Журнал опытной агрономии“, — რომელმაც დიდი როლი ითამაშა მცენარის კვებისა და სასუქების გამოყენების საკითხების პოპულარიზაციაში. კოსოვიჩმა მიწათმოქმედების დეპარტამენტში მუშაობის პერიოდში ჩამოაყალიბა მთელი რიგი საცდელი სადგურებისა რუსეთში.

კ. ტიმირიაზევმა (1843-1920) ბევრი რამ ახალი შესძინა მეცნიერებას მცენარეთა ფიზიოლოგიაში. მან მცენარის ასიმილაციური მოვლენების შესწავლას უძვირფასესი შრომები უძღვნა. ამავე დროს დიდი დამსახურება მიუძღვის მცენარის კვებისა და სასუქების გამოყენების საკითხების გაშუქებაში. იგი იყო დიდი მოღვაწე მეცნიერულ მიწათმოქმედებასა და აგრონომიულ ქიმიისში. ტიმირიაზევი აღნიშნავდა, რომ მიწათმოქმედება გახდა იმათ, რასაც

ის დღეს წარმოადგენს, მხოლოდ აგრონომიული ქიმიისა და ფიზიოლოგიის მეშვეობით.

სამეცნიერო მოღვაწეობა კ. ტიმირიაზევა დაიწყო დ. მენდელეევის ხელმძღვანელობით, ატარებდა რა ცდებს სასუქებზე სიმბირსკის გუბერნიაში. შემდგომში იგი მუდამ დიდ ყურადღებას აქცევდა მცენარის კვებისა და სასუქების გამოყენების საკითხებს. ამ ინტერესით იყო გამოწვეული რუსეთში ჯერ პეტროვსკის სასოფლო-სამეურნეო აკადემიასთან 1872 წელს, ხოლო შემდეგ მოსკოვის უნივერსიტეტთან მეორე სავეგეტაციო სახლების აგება, სადაც მუშავდებოდა მცენარის ფიზიოლოგიისა და სასუქების გამოყენების აქტუალური საკითხები.

1886 წელს გამოქვეყნდა თუ არა ჰერლიგერის შრომა პარკოსანი და კოყრის ბაქტერიების სიმბიოზის შესახებ, კ. ტიმირიაზევა იმთავითვე გაშალა მუშაობა ამ საკითხის შესასწავლად. ჩატარებული მუშაობის შედეგები გადმოცემულია ლექციაში — „მცენარის აზოტის წყაროები“ (1892 წ.).

1896 წელს ეწეობა დიდი მასშტაბის გამოფენა ნიუნინოვგოროდში. კ. ტიმირიაზევი აქაც აწეობს სავეგეტაციო სახლს და არა მარტო წყლის, არამედ ნიადაგის კულტურებში შეტანილ სასუქებზე ჩატარებული ცდების დემონსტრირებას ახდენს. სხვათა შორის ეს სავეგეტაციო სახლი დიდხანს იმყოფებოდა მოსკოვის ტიმირიაზევის სახელობის სასოფლო-სამეურნეო აკადემიის აგროქიმიის კათედრასთან, სადაც დიდი მუშაობა ჩატარა დ. პრიანიშნიკოვმა. უფრო გვიან ამ სავეგეტაციო სახლის საფუძველზე ჩამოყალიბდა დ. პრიანიშნიკოვის სახელობის აგროქიმიის საცდელი სადგური.

მიწათმოქმედების საკითხების შესწავლის საფუძველზე კ. ტიმირიაზევი მიდის იმ დასკვნამდე, რომ სასუქების შემდეგ ნიადაგის ნაყოფიერების ფაქტორს წარმოადგენს ტენიანობა.

დასასრულ უნდა აღინიშნოს, რომ კ. ტიმირიაზევა მიწათმოქმედების წინაშე დააყენა რიგი მეცნიერული ამოცანებისა, რომლებიც თანამედროვე აგროქიმიის თეორიულ საფუძვლებს წარმოადგენენ.

დ. ნ. პრიანიშნიკოვი (1865-1949), ტიმირიაზევის მოწაფე, რუსეთისა და საბჭოთა აგროქიმიური სკოლის ფუძემდებლად ითვლება. დ. პრიანიშნიკოვისა და მისი მრავალრიცხოვანი მოწაფეების შრომებმა საბჭოთა აგროქიმიას მსოფლიო სახელი მოუპოვა.

სწავლულთა შორის არავის არ შეუსწავლია ისე საფუძვლიანად ბიოქიმია, აგრონომიული ქიმია, მცენარის ფიზიოლოგია, მემცენარეობა, მიწათმოქმედება და სოფლის მეურნეობის ეკონომიკა, როგორც დ. პრიანიშნიკოვს. მეცნიერების ყველა ამ დარგში მან შექმნა მნიშვნელოვანი მეცნიერული ხარისხის შრომები და სახელმძღვანელოები.

დ. პრიანიშნიკოვი 30 წელს კითხულობდა აგრონომიული ქიმიის კურსს მოსკოვის უნივერსიტეტში და 50 წელი ხელმძღვანელობდა კერძო მიწათმოქმედების, ხოლო შემდეგ აგროქიმიის კათედრას მოსკოვის ტიმირიაზევის სახელობის სასოფლო-სამეურნეო აკადემიაში.

დ. პრიანიშნიკოვის მეცნიერულ შრომებს დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ასე, მაგალითად, მის გამოკვლევამდე არავის არ ეპარებოდა ექვი იმავში, რომ მცენარე ცილების სინთეზს ახდენს მხოლოდ და მხოლოდ აზოტის ნიტრატული ფორმებიდან. მან დაამტკიცა, რომ ნიტრატული აზოტი მხოლოდ ამონიაკის აღდგენის შემდეგ შეიძლება იქნეს გამოყენებული ცილების სინთეზისათვის. ამ დებულების დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა ცხადია გახდება მაშინ, თუ მოვიგონებთ, რომ თანამედროვე ქიმიური მრეწველობა აზოტიან სასუქებს ძირითადად ამინიაკურ ფორმებში ამზადებს. დ. პრიანიშნიკოვმა ჯერ კიდევ 52 წლით ადრე უწოდა ამონიაკის გვარჯილას ბომაგლის სასუქი. ეს წინასწარმეტყველება გამართლდა. ჩვენი ქიმიური მრეწველობა დღეისათვის აზოტიანი სასუქების 70 პროცენტზე მეტს ამონიუმის გვარჯილის სახით უშვებს.

ძნელია იმ მრავალრიცხოვანი შრომების შეფასება, რომელიც შეიქმნა მისი ხელმძღვანელობით ფოსფორიტების შესწავლისა და მათი უშუალოდ სასუქად გამოყენების საქმეში. განსაკუთრებით მრავალმხრივი გამოკვლევები ჩატარდა მისი ხელმძღვანელობით სხვადასხვა მცენარის მიერ ფოსფორიტებისა და ფოსფორის შეთვისების არაერთნაირი უნარიანობის მიზეზების გამორკვევის დარგში. დადგინდა იქნა, რომ მცენარეებიდან ფოსფორიტების ფოსფორის შეთვისების თვალსაზრისით განსაკუთრებით გამოირჩევიან ხანჭკოლა, მდოგვი და წიწიბურა, რაც შეპირობებულა ამ უკანასკნელთა ფესვების გამონაყოფით და თვით მცენარეთა მიერ კალციუმის ინტენსიურად შეთვისებით. პრიანიშნიკოვის ლაბორატო-

რაიში ჩატარდა პირველი გამოკვლევები რუსეთის ფოსფორიტების სუპერფოსფატად გადამუშავების საკითხებზე.

დ. პრიანიშნიკოვი მცენარეში აზოტის ცვლის საკითხებს სწავლობდა სამეცნიერო მოღვაწეობის დასაწყისიდან სიცოცხლის უკანასკნელ დღემდე. გერმანელი ფიზიოლოგის ფეფერის საწინააღმდეგოდ დ. პრიანიშნიკოვი იძლევა მცენარეში ასპარაგინის მნიშვნელობისა და წარმოქმნის სრულიად ახლებურ ახსნას.

ცილების დაშლისა და ასპარაგინის წარმოქმნის დეტალურმა შესწავლამ დ. პრიანიშნიკოვი მიიყვანა იმ დასკვნამდე, რომ ასპარაგინი წარმოიქმნება არა მარტო ცილების, არამედ უმთავრესად ამინომჟავების დაშლის შედეგად. ე. ი. ასპარაგინი წარმოიშვება მეორადი გზით, ეს კი შეიძლება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მცენარეულ ორგანიზმში ამინომჟავები იშლებიან ამონიაკის წარმოქმნით და ეს უკანასკნელი იხარჯება ასპარაგინის სინთეზის პროცესისათვის. ამონიაკის დაგროვება მავნედ მოქმედებს მცენარეულ ორგანიზმზე, მაგრამ უვნებელია ასპარაგინი. ამიტომ პრიანიშნიკოვმა ასპარაგინის წარმოქმნას მცენარეში ამონიაკის გაუვნებლობის ხერხი უწოდა.

აზოტისა და ფოსფორის შესწავლის გარდა, დ. პრიანიშნიკოვი თავის თანამშრომლებთან ერთად აშუქებდა მცენარის კვებისა და სასუქების გამოყენების სხვა საკითხებს. კერძოდ, შესწავლილ იქნა მცენარის პერიოდული კვება, ნიადაგის შთანთქმითი უნარიანობა, მჟავიანობა, მოკირიანება და სხვ. დიდი პრაქტიკული ღირებულება აქვს მის გამოკვლევას ბიოლოგიური აზოტის მნიშვნელობაზე, რომელიც გროვდება ნიადაგში სამყურას. იონჯას, ხანკოლას და სხვა პარკოსანი მცენარეების თესვის შედეგად. თავის მოღვაწეობის უკანასკნელ პერიოდში ის დიდ პროპაგანდას ეწეოდა მრავალწლიანი ხანკოლას თესვის სასარგებლოდ.

განსაკუთრებით დიდია დ. პრიანიშნიკოვის როლი ჩვენი ქვეყნის მიწათმოქმედების ქიმიზაციის დარგში. მრავალი წლის განმავლობაში დ. პრიანიშნიკოვი დაუღალავად იცავდა იმ აზრს, რომ მინერალური სასუქების გამოყენების გადიდებით, თესლბრუნვამი იონჯასა და სათოხნი კულტურების შეყვანით შეიძლება რამდენჯერმე გაიზარდოს მოსავლიანობა.

დ. პრიანიშნიკოვი აქტიურ მონაწილეობას ღებულობდა საბჭოთა კავშირის სახელმწიფო საგეგმო კომისიაში, საბჭოთა კავში-

რის სახალხო მეურნეობის ქიმიზაციის კომიტეტში; მონაწილეობდა სასუქების საპეცნიერო ინსტიტუტის, შაქრის ცენტრალური ინსტიტუტის, სასუქების, ნიადაგმცოდნეობისა და აგროტექნიკის საკავშირო-სამეცნიერო ინსტიტუტის საქმიანობაში და კვლევით მუშაობაში.

კ. გედროიცი (1872-1932) დიდი მუშაობა ჩაატარა ნიადაგის შთანთქმითი უნარიანობის საკითხის შესწავლის საქმეში. მან ამ დარგში მოგვცა დასრულებული მოძღვრება, რომელიც ნიადაგის ქიმიური გელიორაციის თეორიულ საფუძვლად იქცა (იხ. მისი წიგნი „მოძღვრება ნიადაგის შთანთქმის უნარიანობაზე“). ამ მოძღვრებით შესაძლებელი გახდა შემუშავებულიყო მოსავლიანობის გადიდების ისეთი ღონისძიებები, როგორცაა: მჟავე ნიადაგების მოკირიანება, ხოლო ბიცობისა მოთაბაშირება, აგრეთვე ფოსფორიტის ფქვილის გამოყენება. ყველა ამ საკითხს კ. გედროიცი მრავალრიცხოვანი ორიგინალური შრომა უძღვნა, რაც საფუძვლად დაედო სასუქების პრაქტიკულ გამოყენებას საბჭოთა კავშირში.

კ. გედროიცის კალამს ეკუთვნის აგრეთვე კაპიტალური შრომა „ნიადაგის ქიმიური ანალიზი“. მას დღესაც არ დაუქარგავს თავისი მნიშვნელობა.

ვ. ვილიამსმა შექმნა მთელი სისტემა მიწათმოქმედებაში. იგი იყო პირველი სწავლულთა შორის, რომელმაც გამოიყენა დიალექტიკური მეთოდი ნიადაგმცოდნეობაში და ამის საფუძველზე შემუშავა ნიადაგის წარმოქმნის ერთიანი პროცესის თეორია, მოგვცა მიწათმოქმედების ნათესბალახიანი სისტემა.

მან გვიჩვენა, რომ ნიადაგი წარმოადგენს არა უბრალო ბუნებრივ სხეულს, არა უბრალო გეოლოგიური პროცესის შედეგს, არამედ, ის ამათან ერთად, ატარებს თავისში ახალ თვისებას, რომლითაც განსხვავდება სხვა დანარჩენი ხმელეთის გეოლოგიური წარმონაქმნებისაგან. მისი ეს ახალი თვისებაა ნაყოფიერება.

ვ. ვილიამსის მიერ შემუშავებული ნათესბალახიანი სისტემა შეიცავს სასოფლო-სამეურნეო წარმოების სამ ობიექტს — კულტურულ მცენარეს, ნიადაგსა და სასოფლო-სამეურნეო ცხოველს. ვილიამსი აყენებდა სასოფლო-სამეურნეო წარმოების სამი დარგის: მემცენარეობის, მიწათმოქმედებისა და მეცხოველეობის ერთიანობას.

ვ. ვილიამსის ნათესბალახიან სისტემას უდიდესი მნიშვნელო-



ბა აქვს სასუქების გამოყენების კოეფიციენტის გადიდების საქმეში. როგორც ცნობილია, ნათესბალახიანი სისტემა და კერძოდ მარცვლოვანი და პარკოსანი ბალახების თესვა აუმჯობესებს ნიადაგის სტრუქტურას. ეს კი იწვევს წყლის რეჟიმის რეგულირებას ნიადაგში, რაც თავისთავად აღიძვრებს შეტანილი, სასუქების გამოყენების კოეფიციენტს, რადგან წყალი წარმოადგენს გადამწყვეტ ფაქტორს სასუქებისა და საკვები ნივთიერების შეთვისებაში.

კულტურების მორიგეობა ნათესბალახიან თესლობებში ზრდის აგრეთვე სასუქების გამოყენების კოეფიციენტსაც. ეს აიხსნება იმით, რომ თესლობებში შემავალ ყველა კულტურულ მცენარეს არ შესწევს ერთნაირი უნარი სასუქებიდან შეითვისოს საკვები ელემენტები: ზოგიერთი ითვისებს ადვილად ხსნადი ფორმებიდან, ზოგი კი ძნელად ხსნადი ფორმებიდან. მაშასადამე, ვ. ვილიამსის მოძღვრება ნათესბალახიანი თესლობების შესახებ დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობისაა სასუქების ეფექტურობის გადიდების საქმეში.

ვ. ვილიამსის გამოკვლევებს ზემოთ აღნიშნულ დადებით მხარეებთან ერთად გააჩნდა ზოგიერთი ნაკლიც, რაც სამართლიანად აღინიშნა სსრ კავშირის მინისტრთა საბჭოს 1950 წლის სპეციალურ დადგენილებაში. ასეთია, მაგალითად, მის მიერ ნიადაგის დასამუშავებელი ზოგიერთი იარაღისა და საშემოდგომო ხორბლის შეუფასებლობა და სხვ.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია მისი შეცდომები სასუქების გამოყენების საკითხში. იგი თავის საპოლემიკო სტატიებში მცდარად აყენებდა საკითხს უსტრუქტურო ნიადაგებზე მინერალური სასუქების გამოყენების არარენტაბელობის შესახებ. ვილიამსი აღნიშნავდა, რომ სასუქები მხოლოდ სტრუქტურულ ნიადაგებზე იძლევა მაღალ ეფექტს. ამიტომ, მისი აზრით, საჭიროა ჯერ გატარდეს ნათესბალახიანი თესლობები, რათა შეიქმნას ნიადაგში სტრუქტურა, და შემდეგ გამოყენებულ იქნას მინერალური სასუქები. ასეთი დასაბუთება იმაზე ლაპარაკობს, რომ სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მაღალი მოსავლიანობისათვის, საჭიროა მინერალური სასუქები და სტრუქტურული ნიადაგები. მაგრამ თუ არ არსებობს სტრუქტურული ნიადაგები, ეს იმას არ ნიშნავს, რომ ხელსაყრელი არ იყოს მინერალური სასუქების გამოყენება. უსტრუქტურო ნიადაგებზე მინერალური სასუქების არარენტაბელობის აღიარება

ვილიამსის ერთ-ერთი ძირითადი შეცდომაა მინერალური სასუქების გამოყენების საკითხში.

ასევე მცდარია ის დებულებაც. თითქოს კალიუმის სასუქების გამოყენება შეიძლებოდეს მხოლოდ და მხოლოდ ნათესბალახიანი თესვებზე და არა სხვა კულტურების ქვეშ, რადგანაც, მისი მტკიცებით, კალიუმის სასუქები აუარესებენ ნიადაგის სტრუქტურას. თუმცა ეს დებულება თეორიულად დასაბუთებულია, მაგრამ პრაქტიკამ დაამტკიცა, რომ აღნიშნული სასუქების მცირე დოზების სისტემატურად შეტანა არსებითად ვერ ცვლის ნიადაგის სტრუქტურას. სოფლის მეურნეობისა და მასთან ერთად მეცნიერების ინტერესები მოითხოვს მინერალური კალიუმის სასუქების შეტანას ისეთი კულტურების ქვეშ, როგორცაა შაქრის ქარხალი, ბამბა, მზესუმზირა, კარტოფილი და სხვ. თუ მათ ქვეშ არ შევიტანთ მინერალურ კალიუმის სასუქებს, მაშინ მოსავალი დაეცემა აქვე უნდა მივუთითოთ იმის შესახებაც, რომ იგი არასწორად ურჩევს ნიადაგში მთლიანად გადამწვარი ნაკელის შეტანას. ამ უკანასკნელის მიზანია, მისი აზრით, არა ნიადაგის გამდიდრება მცენარისათვის საჭირო საკვები ელემენტებით, არამედ ნიადაგის ბიოლოგიური ცხოველყოფილობის გაძლიერება. ზემოთ აღნიშნული დებულებიდან გამომდინარე, ვილიამსი მიუთითებს ნაკელის „ცხლად“ შენახვის წესზე, რომელიც დიდი ხანია უარყოფილია. სოფლის მეურნეობის პრაქტიკის მიერ.

დასასრულ უნდა აღინიშნოს, რომ ვ. ვილიამსის მოძღვრება, რომელსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს საბჭოთა აგრონომიული მეცნიერების პროგრესისათვის, არ შეიძლება აღიარებული იქნას დოგმად, საჭიროა მისი განვითარება და გამდიდრება.

გამოჩენილმა ქართველმა ქიმიკოსმა პეტრე გიორგის ძე მელიქიშვილმა (1850-1927) მნიშვნელოვანი შრომები დაგვიტოვა არაორგანულ და ორგანულ ქიმიაში. ამავე დროს მას აქვს საკმაოდ მრავალრიცხოვანი გამოკვლევები აგრონომიულ ქიმიაშიც. მისი შრომები აგრონომიულ ქიმიაში შემთხვევითი როლია — იგი ხომ 1884 წელს ოდესის უნივერსიტეტში იყო არჩეული აგრონომიული ქიმიის კათედრის დოცენტად, ხოლო შემდეგ ორდინატ პროფესორად. თბილისში უნივერსიტეტის დაარსებიდან გარდაცვალებამდე მელიქიშვილი კითხულობდა აგრონომიული ქიმიის კურსს, რომელიც მაშინ ორგანული ქიმიის კათედრასთან იყო გაერთიანებული.

დიდი და მრავალხრივ შემოქმედი ნიჭიერი მეცნიერი პ. მე-  
ლიქიშვილი ფაქტიურად აგრონომიული ქიმიის ფუძემდებლად ით-  
ვლება საქართველოში.

### 3. ხელოვნური კულტურის მეთოდი და მისი მნიშვნელობა მცენარის კვების საკითხების გადაწყვეტაში

მცენარისათვის საჭირო საკვები ელემენტების დასადგენად აუცილებელი გახდა მისი ხელოვნურ არეში (წყლის კულტურებში) აღზრდის მეთოდის შემუშავება, რაზედაც მრავალი ცდა ჩაატარეს ვიგმანმა, პოლსტორფმა, სალმ-გორსტმარმა და სხვებმა. წყლის კულტურებში მცენარეები პირველად, მომწიფებამდე, აღზარდეს კნობმა და საქსმა 1859 წელს, ერთიმეორის დამოუკიდებლად. კნობმა შეიმუშავა სპეციალური საკვები ხსნარების ნარევი, რომელსაც ღღესაც იყენებენ სავეგეტაციო ცდებში.

მცენარის ხელოვნურ არეში აღზრდა პირველად ძნელ საქმეს წარმოადგენდა, რადგან არ იყო ცნობილი არც მისთვის საჭირო ელემენტები და არც ის, თუ რა ფორმით იყო უკეთესი ხსნარში საკვები ელემენტების მიცემა, ხსნარის როგორი რეაქციის პირობებში განვითარდებოდა მცენარე, ხსნარის რა კონცენტრაციას აიტანდა ის და სხვა. საჭირო იყო წყლის ხსნარში ყოფილიყო ყანგბადი მცენარის ფესვთა სისტემის სუნთქვისათვის. გარდა ამისა, ხსნარი დაცული უნდა ყოფილიყო მზის სხივების პირდაპირი მოქმედებისაგან. მაგრამ სათანადო მეთოდის შემუშავების შემდეგ შესაძლებელი გახდა მცენარისათვის საჭირო აუცილებელი ელემენტების დადგენა და მათი ფიზიოლოგიური როლის შესწავლა.

თანდათანობით დადგენილ იქნა, რომ წყლის კულტურებისათვის ხსნარის კონცენტრაცია 0,3-0,4 პროცენტზე მეტი და რეაქცია არც ძალზე მჟავე და არც ძალზე ტუტე არ უნდა იყოს. ამგვარად, საჭიროა ნეიტრალური ან სუსტად მჟავე ხსნარი. აღმოჩნდა აგრეთვე, რომ მარილებიდან უპირატესობა უნდა მიეცეს დაქანჯულ ფორმებს, ნაკლებ დაქანჯულთან შედარებით. დასასრულ, შემუშავდა მზის სხივებისაგან მცენარის დაცვისა და ხსნარის ყანგბადით გამდიდრების მეთოდიც.

რაკი ხელოვნური კულტურის მეთოდი შემუშავდა. შესაძლებ-

ბელი გახდა ხსნარიდან, სურვილისამებრ, რომელიმე ელემენტის გამორიცხვა და დაკვირვება თუ როგორ რეაგირებს მცენარე მასზე. ამ წესით შესაძლებელი გახდა მცენარისათვის აუცილებელი ელემენტების დადგენა და მათი ფიზიოლოგიური როლი. ამასთან, შეტანილ იქნა მთელი რიგი შესწორებები ლიბინის დასკვნებში მცენარისათვის აუცილებელი საკვები ელემენტების შესახებ. ასე. მაგალითად, აღმოჩნდა, რომ სილიციუმი არ წარმოადგენს აუცილებელ ელემენტს მცენარისათვის. ასევე უარყოფილ იქნა ნატრიუმის მნიშვნელობა და ის, რომ მას არ შეუძლია ყოველთვის შეცვალოს კალიუმი. ბუსენგოს მოძღვრებით ნათელი გახდა აგრეთვე ისიც, რომ აზოტი მცენარეს უფრო მეტი რაოდენობით უნდა მიეცეს ფესვებიდან, ვიდრე სხვა საკვები ელემენტები.

XIX საუკუნის 50-60-იან წლებში დადგენილ იქნა, რომ საკვებ ხსნარში მცენარისათვის აუცილებელი ძირითადი ელემენტებია: აზოტი, ფოსფორი, გოგირდი, კალიუმი, კალციუმი, მაგნიუმი და რკინა.

XX საუკუნის დასაწყისში გაირკვა, რომ მცენარეს, გარდა ზემოთ აღნიშნული ძირითადი ელემენტებისა, მცირე რაოდენობით ესაჭიროება ე. წ. მიკროელემენტები — ბორი, მანგანუმი, თუთია და სპილენძი. უკანასკნელ ხანებში მათ დაემატა მოლიბდენი და სხვ.

#### 4. მცენარის კვების ფორმები

მცენარის კვება წარმოადგენს მცენარის მიერ საკვები ნივთიერებების შთანთქმისა და შეთვისების პროცესს. მცენარის კვება შედგება ერთმანეთის მომდევნო ისეთი პროცესებისაგან, როგორცაა გარემო არედან საკვები ნივთიერებების შეთვისება და მათი გარდაქმნა შენაერთებში, რომლებიც აუცილებელია მცენარეების ცხოველმყოფელობისათვის, პირველადი შთანთქმული და გარდაქმნილი საკვები ნივთიერებების გადანაცვლებისა და ლოკალიზაციის შემდგომ გამოყენების ადგილებში. მცენარის კვება წარმოადგენს საერთო ნივთიერებათა ცვლის ნაწილს, რომელიც უმთავრესად წარმოდგენილია ასიმილაციის პროცესის სახით.

საერთო წარმოდგენას კვებაზე იძლევა მცენარეში შემავალი სხვადასხვა ნივთიერებისა და ქიმიური ელემენტების შემცველობა.

მცენარის შედგენილობაში შედის წყალი (50-90%), ორგანული და მცირე რაოდენობით არაორგანული ნივთიერებები. წყალი წარმოადგენს არა მარტო არეს, რომელშიც მიმდინარეობს სასიცოცხლო პროცესები, არამედ იგი აქტიური მონაწილეა საერთოდ ნივთიერებათა ცვლაში. წყალი ღებულობს მონაწილეობას ჰიდრატაციის, დაჟანგვისა და აღდგენის რეაქციებში. მაშასადამე, წყლის რეჟიმი შეიძლება განვიხილოთ როგორც მცენარის კვების ერთ-ერთი მომენტი.

ორგანული ნივთიერების შედგენილობა რთულია და განსხვავებული მცენარის სხვადასხვა სახეობისათვის. მისი ძირითადი მასა უაზოტო ნივთიერებები (ნახშირწყლები, ორგანული მჟავები, ცხიმები და სხვა). მაგრამ მცენარის მთავარი შემადგენელი ნაწილია აზოტის შემცველი შენაერთები, უპირველესად ცილები. ყველა ორგანული შენაერთის შედგენილობაში შედის ნახშირბადი, ჟანგბადი და წყალბადი. ისეთი ელემენტები. როგორიცაა აზოტი, ფოსფორი, გოგირდი, მაგნიუმი, რკინა, სპილენძი, მანგანუმი, თუთია, მოლიბდენი და სხვ. შედის მხოლოდ ზოგიერთი ორგანული შენაერთის შედგენილობაში (აზინოჰეავეები, ცილები, ნაწილობრივად ნუკლეოპროტეიდები და ფერმენტი). აღნიშნულის გარდა, მცენარე შეიცავს: კალიუმს, კალციუმს, ნატრიუმს, სილიციუმსა და მიკროელემენტებს. ისინი ნაწილობრივ იმყოფებიან იონების, ხოლო ნაწილობრივ კომპლექსური ორგანულ-მინერალური შენაერთების სახით. სხვადასხვა ელემენტის შემცველობა მცენარის მშრალ მასაში საშუალოდ ხასიათდება შემდეგი მაჩვენებლებით: მაკროელემენტები და ნახშირბადი 40-45 პროცენტი, ჟანგბადი — 45-48, წყალბადი — 4-5, აზოტი — 1-3, ფოსფორი — 0,25-0,5, გოგირდი — 0,1-0,2, კალიუმი, კალციუმი, მაგნიუმი, ნატრიუმი, სილიციუმი (ერთად აღებული) — 2-8 პროცენტი, მიკროელემენტები — 0,05 პროცენტი. კვების პროცესში მცენარემ უნდა მიიღოს ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი ელემენტი გარემო არედან და გადაამუშაოს ამ დროს ნივთიერების შთანქმეა წარმოებს შერჩევით, მცენარის მოთხოვნილებისა და მისი სიცოცხლის პირობების სპეციფიკის მიხედვით.

არჩევენ მცენარის კვების შემდეგ ფორმებს:

1. ნახშირბადოვანს, როდესაც მცენარე ან თვით ქმნის ორგანულ ნივთიერებებს ანდა იკვებება მზა ორგანული შენაერთებით.

2. წყლით კვებას, რომელიც წარმოადგენს წყალბადისა და ნაწილობრივ ჟანგბადის წყაროს.

3. აზოტურ კვებას. ამ შემთხვევაში მცენარე ითვისებს აზოტს ცილებისა და სხვა მთავარი სასიცოცხლო ნივთიერების შესაქმნელად. ძირითადად ყველა მაღალ საფეხურზე მდგომი მცენარე აზოტს ითვისებს მინერალური მარილების, ნიტრატების, ამონიაკისა და მცირე რაოდენობით ნიტრიტების სახით. სხვა მცენარეული ორგანოები — სოკოები და ბაქტერიები, გარდა მინერალური აზოტისა, მოითხოვენ აგრეთვე ორგანულ აზოტოვან შენაერთებს. მესამე ჯგუფი მცენარეული ორგანიზმებისა — კოჟრის ბაქტერიები, თავისუფლად მცხოვრები ფიქსატორები და წყალმცენარეები აზოტს ითვისებენ ჰაერიდან ელემენტარული აზოტის სახით ( $N_2$ ).

4. მინერალური კვება, როდესაც მცენარე მაკრო და მიკრო-ელემენტებს უმთავრესად მინერალური მარილებიდან ითვისებს.

მცენარე კვების პროცესში ამა თუ იმ გზით აგროვებს ენერჯიას, რომელსაც შემდეგში იყენებს ცხოველმყოფელობის პროცესისათვის.

5. მცენარის ფესვებიდან და ფესვგარეშე კვება. პირველ შემთხვევაში მცენარე საკვებ ნივთიერებებს ითვისებს ფესვების საშუალებით, ჩხლო მეორე შემთხვევაში — ფრთლებით ან მცენარის სხვა იშვანე ნაწილებზე განლაგებული ბაგეებით.

ნახშირბადით კვების ტიპის. ენერჯიის შეთვისებისა და გამოყენების მიხედვით არჩევენ მცენარეების ორ ჯგუფს — ავტოტროფულსა და ჰეტეროტროფულს. ავტოტროფულ მცენარეებს შეუძლიათ თვით შექმნან სიცოცხლისათვის აუცილებელი ორგანული ნივთიერება ნახშირბადის მინერალური შენაერთებიდან ( $CO_2$ ), აზოტის (ნიტრატები, ამონიუმის მარილები), გოგირდისა (სულფატები) და სხვა ელემენტების მონაწილეობით. ორგანული ნივთიერების წარმოქმნა მთლიანად ან ნაწილობრივ მინერალიზებულ შენაერთებიდან, კერძოდ ნახშირორჟანგიდან, მოითხოვს ენერჯიის ხარჯვას. ავტოტროფულ მცენარეებს შესწევთ უნარი გამოიყენონ შინაგანი ენერჯიის სხვადასხვა წყარო, რომლის მეშვეობითაც ისინი პირველად ქმნიან ორგანულ ნივთიერებებს და აგროვებენ მასში ცხოველმყოფელობისათვის საჭირო ენერჯიას. ენერჯიის მთავარ სახეობას, რომელსაც იყენებენ ავტოტროფული მცენარეები ნახშირორჟანგიდან ორგანული ნივთიერების პირველადი სინ-

თეზისათვის, წარმოადგენს მზის სინათლე და ის ენერგია, რომლის გამონათავისუფლება წარმოებს ორგანული და არაორგანული ნივთიერებების დაჟანგვისას. მზის სხივურ ენერგიას მცენარე იყენებს ფოტოსინთეზისათვის. ამ დროს წყალბადის წყაროს ნახშირორჟანგის აღსადგენად წარმოადგენს წყალი.

ჰეტეროტროფულ მცენარეებს კი არ შეუძლიათ შექმნან ორგანული ნივთიერება ნახშირორჟანგისა და წყლისაგან. ამიტომ ისინი ითვისებენ მზა ორგანულ შენაერთებს და მათგან იღებენ ცხოველმყოფელობის პროცესისათვის საჭირო ენერგიას. ჰეტეროტროფულ მცენარეებს მიეკუთვნებიან პარაზიტები და საპროფიტები. პირველნი იკვებებიან მცენარე-პატრონის ცოცხალი უჯრედებს ორგანული შენაერთებით, ხოლო მეორენი — სახლდებიან მკვდარ ორგანულ ნაშთებზე და მათ დაშლის პროდუქტებს იყენებენ საკვებად. ბევრ შემთხვევაში ჰეტეროტროფული ორგანიზმები იწვევენ მისთვის საჭირო საკვები ნივთიერების საფუძვლიან ბიოქიმიურ გარდაქმნას, გარემო სუბსტრატში შთანთქავენ რა მათი გარდაქმნის ამა თუ იმ პროდუქტს. პრაქტიკულად არ არსებობს ორგანული ნივთიერებები, რომლებსაც არ იყენებდეს საკვებ სუბსტრატად ესა თუ ის მიკროორგანიზმი. ეს უნარი ფართოდ არის გამოყენებული ტექნიკურ მიკრობიოლოგიაში სპირტის, ძმრის მქაფას, აცეტონისა და სხვათა მისაღებად.

მცენარეების დაყოფა ავტოტროფებად და ჰეტეროტროფებად მიუხედავად მათი კვების პრინციპული განსხვავებისა, მაინც პირობითია, რადგან ტიპიური ავტოტროფული მცენარეები ზოგჯერ ჰეტეროტროფულად იკვებებიან. ასე, მაგალითად, ტიპიური ავტოტროფული მწვანე მცენარეები ორგანულ ნივთიერებებს (ამინომჟაეები, შარდოვანა, ნახშირბადოვანი შენაერთები, ორგანული მჟაეები და სხვ.) ნიადაგიდან ითვისებენ ფესვების მეშვეობით. ზოგიერთი მწვანე მცენარე, რომელსაც აქვს ფოტოსინთეზის უნარი და ამავე დროს წარმოადგენს მწერიკაშიას (ბუშტულა და სხვ.). იკვებება მისი ორგანული ნივთიერებებით. ამასთან ერთად, ყველაზე უფრო გამოხატულ ჰეტეროტროფულ ორგანიზმებს (სოკოები, ბაქტერიები და სხვ.) გააჩნიათ უნარი შეითვისონ და შეიყვანონ ნივთიერებათა ცვლაში მინერალიზებული ნახშირბადი, ნახშირორჟანგის სახით. უკანასკნელი გამოკვლევების მიხედვით, ნახშირორჟანგის შეთვისება და კარბოქსილის ჭგუფის წარმოქმნა დამახასია-

თებელია ძირითადად როგორც ავტოტროფული. ისე ჰეტეროტროფული ორგანიზმებისათვის. ამ უკანასკნელთა მიერ ნახშირორჟანგის ფიქსაციის დროს მხოლოდ ნახშირბადის უმნიშვნელო ნაწილი შეიძლება იქნეს აღდგენილი, წარმოშობენ რა აღდგენილ სპირტს, მხოლოდ შემდგომ  $C_2H_6$  და  $CH_4$  ჯგუფებს. ნახშირორჟანგის ამგვარი აღდგენა მოითხოვს დიდი რაოდენობით ენერჯიას, რომელსაც ტიპური ჰეტეროტროფული ორგანიზმები იღებენ მხოლოდ ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვის შედეგად. ბიოლოგიურად ნახშირორჟანგის ასეთი აღდგენა მიზანშეუწონელია, რადგან ორგანული ნივთიერების ხარჯი აჭარბებს ახლადწარმოქმნილ ორგანულ ნივთიერებას. ამიტომ ჰეტეროტროფული მცენარეები ნახშირორჟანგის შთანქმავ-აღდგენას მეტად აციკრე რაოდენობით ახდენენ. ამავდროს მათ (სოკოებს, ბაქტერიებს) შეუძლიათ შეითვისონ ორგანული ნივთიერების სინთეზისათვის მინერალიზებული აზოტი, ფოსფორი და გოგირდი. მცენარეებისაგან განსხვავებით ცხოველები თითქმის მთლიანად იკვებებიან ორგანული შენაერთებით.

ავტოტროფული და ჰეტეროტროფული მცენარეების არსებობა წარმოადგენს სიცოცხლის მთავარ პირობას დედამიწაზე: ავტოტროფული მცენარეები ქმნიან უდიდესი რაოდენობით ორგანულ ნივთიერებას და აგროვებენ მასში ენერჯიის დიდ მარაგს. ჰეტეროტროფული მცენარეები კი, იყენებენ რა ორგანულ ნივთიერებებს, ზრწნიან, ჟანგავენ, მის მინერალიზაციას ახდენენ და ხელმეორედ შეყავთ გამოყენების წრეში, რითაც ხელს უწყობენ დედამიწაზე ნივთიერებათა ბრუნვას (ნახშირბადი, აზოტი, ფოსფორი, გოგირდი, ჟანგბადი, წყალბადი და სხვ.).

სხვადასხვა ტიპის მცენარეთა კვებაში შენიშნულია აგრეთვე სიმბიოზი, როდესაც ისინი ურთიერთს ეხმარებიან კვების განხორციელებაში. ასეთია მაგალითად, პარკოსანი მცენარეები და კოჟრის ბაქტერიები.

ასეთივე მჭიდრო სიმბიოზური დამოკიდებულება არსებობს კვების განხორციელებაში უმადლესი საფეხურის მცენარეებსა და სოკოებს შორის, რომლებიც წარმოშობენ მიკორიზას. და უმადლეს მცენარეებსა და ნიადაგში თავისუფლად მცხოვრებ ბაქტერიებს შორის, რომლებიც ქმნიან განსაკუთრებულ მიკროფლორას (რიზოსფეროს მიკროორგანიზმები) უშუალოდ ფესვების ახლოს. რიზოსფეროს მიკროორგანიზმები იკვებებიან მცენარის ფესვების



გამონაყოფით, ანავე დროს აადვილებენ მცენარეების მიერ ნიადაგიდან ზოგიერთი საკვები ნივთიერების შეთვისებას.

განსაკუთრებით დიდია ბაქტერიების როლი ორგანული ნივთიერების მინერალიზაციის პროცესისა და მინერალების დაშლაში, რის შედეგადაც ნიადაგში გროვდება საკვები ნივთიერებები მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში.

მცენარის კვების ყველა მხარე ურთიერთ მჭიდროდაა დაკავშირებული და ერთმანეთს აპირობებს: მჭიდრო კავშირი არაეზობს ფოტოსინთეზსა და მინერალურ კვებას შორის, სუნთქვასა და მინერალურ კვებას შორის და სხვ.

მცენარის კვებაში განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს ფესვებს, რომელთა როლი მარტო ნიადაგიდან საკვები ნივთიერების შეთვისებით და ორგანოებში მისი ტრანსპორტირებით კი არ შემოიფარგლება, არამედ მათი მეშვეობით, ამასთან ერთად, ხორციელდება ბიოლოგიურად და ძირითადი ნივთიერებების (ამინო-ჰეალების, ალკალოიდების და სხვ.) პირველადი სინთეზი იმ შენაერთების ხარჯზე, რომლებიც მცენარეში შედის ნიადაგიდან და ფოთლებიდან.

მცენარის კვების მთავარ მომენტს წარმოადგენს პირველადი შეთვისებული ნივთიერებების გადანაცვლება მათი გადამუშავების, მოხმარებისა და მარაგი ნივთიერებების დაგროვების ადგილებში.

კვება იცვლება მცენარის ასაკის, განვითარების ფაზების, წლის დროისა და სხვა პირობების შესაბამისად. გაზაფხულზე და ვეგეტაციის პირველ პერიოდში, როდესაც განსაკუთრებით ძლიერია ზრდისა და ნივთიერებათა ცვლის პროცესი, კვება მიმართულია ცილების სინთეზისაკენ. ამიტომ ამ პერიოდში განსაკუთრებით დიდია მცენარის მოთხოვნილება აზოტზე, ფოსფორსა და ნაწშირორჟანგზე. ნაყოფის მომწიფების პერიოდში, ზრდის პროცესის შეწყვეტისას, ნივთიერებათა ცვლაში ჭარბობს ნაწშირწყლების სინთეზი და მათი გადანაცვლება მარაგი ნივთიერების დაგროვების სახით. ამ პერიოდში მცირდება მცენარის მოთხოვნილება აზოტზე, მაგრამ სამაგიეროდ იზრდება ფოსფორსა და კალიუმზე. მცენარის თესლის გაღივებისას, ზამთრის მოსვენების მდგომარეობიდან გამოსვლის შემდეგ, მარაგი ნივთიერებები განიცდიან ჰიდროლიზს და სხვა გარდაქმნით პროცესს. გადადიან ხსნად ფორმებში და ჩაერთვიან ნივთიერებათა მეორად ცვლაში.

კვების ყველა მხარის ურთიერთ კავშირისა და ურთიერთშეპირობების გამო, ნივთიერებათა ცვლა და ცხოველმყოფელობა, ყოველგვარი ფაქტორის მდგომარეობის შეცვლა, იწვევს მცენარის რთულ რეაქციას. კვების პირობების ყველაზე მეტი გავლენა ზრდასა, განვითარებასა და მცენარის მოსავლიანობაზე შეიძლება მიღწეული იქნეს მრავალი პირობის კონტროლითა და შეცვლით, მცენარის მოთხოვნილების დონემდე მათი აყვანის გზით. ეს კი მიუთითებს იმაზე, რომ სოფლის მეურნეობის პრაქტიკაში აუცილებელია ზრუნვა მცენარის კვების არა მარტო ცალკეულ მხარეზე, არა-ნედ რაციონალური კვების სისტემის შექმნაზე, რომელიც შემდეგი ელემენტებისაგან შედგება:

1. მცენარეთა ისეთი ჯიშების დანერგვა, რომლებიც ყველაზე უფრო შეესაბამება მოცემული ზონისა და რაიონის ბუნებრივ პირობებს;

2. ისეთი ღონისძიებების განხორციელება, რომლებიც იწვევენ გარემო პირობების საფუძვლიან შეცვლას (მელიორაცია, ქარსაცავი ზოლები და სხვ.);

3. ნიადაგის დამუშავების სწორი სისტემის გამოყენება ნიადაგის ფიზიკური, ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით, საუკეთესო აერაციის, წყლის რეჟიმის, ნიადაგის მიკრობიოლოგიური ცხოველმყოფელობისა და მცენარის ფესვთა სისტემის მოქმედებისათვის;

4. განაოყიერების სისტემის გამოყენება (მინერალური, ორგანული და ბაქტერიული სასუქები), რომლის მიზანია შექმნას ნიადაგში ელემენტების განსაზღვრული თანაფარდობა და საკვები ნივთიერების ლოკალიზაცია, მცენარის მოთხოვნილების შესაბამისად;

5. თესლბრუნვის შემოღება, რომელიც უზრუნველყოფს ნიადაგის ნაყოფიერების შენარჩუნებას და ამაღლებას;

6. ნაკვეთზე მცენარეთა ისეთი განლაგება, რომელიც უზრუნველყოფს ფოტოსინთეზის გაძლიერებას.

მცენარის კვების გაუმჯობესების ზემოთ აღნიშნული ღონისძიებების გეგმურად და თანმიმდევრულად გატარება უზრუნველყოფს მოსავლიანობის განუხრელ ზრდას

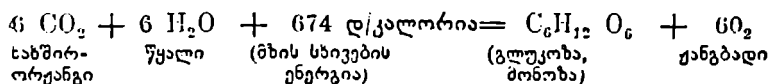
მემცენარეობის მიზანს შეადგენს მცენარეული ორგანული ნივთიერების შექმნა. მწვანე მცენარე თავისი საკვების სინთეზს ახდენს მარტივი ნივთიერებებიდან, რომლებსაც ნიადაგიდან და ჰაერიდან იღებს. მათ ჩვეულებრივ ორგანულ საკვებ ნივთიერებებს უწოდებდნენ. ფაქტიურად კი ისინი წარმოადგენენ ნედლეულს, საიდანაც მზადდება საკვები. ორგანულ ნივთიერებას მცენარე ქმნის გარემოდან შეთვისებული არაორგანული საკვები ნივთიერების, წყლისა და მზის ენერჯის ხარჯზე. მცენარის კვების წყაროს წარმოადგენს: ნიადაგიდან ბინერალური ნივთიერება, ნახშირორჟანგი და წყალი, ხოლო ჰაერიდან — ნახშირორჟანგი. ამ უკანასკნელიდან ის მზის სხივების ენერჯის მეშვეობით ითვისებს ნახშირბადს. ჟანგბადს და წარმოქმნის ნახშირბადოვან შენაერთებს.

მცენარე ორგანული ნივთიერების სინთეზისათვის ნახშირბადს ითვისებს როგორც ჰაერიდან, ისე ნიადაგიდან — ნახშირორჟანგის სახით. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ამ მხრივ ძირითადი წყაროა ჰაერი. მცენარე ნახშირორჟანგიდან ითვისებს ნახშირბადსა და ჟანგბადს, წყლიდან კი წყალბადს, ხოლო წყალში შემავალ ჟანგბადს გამოყოფს ატმოსფეროში. ეს პროცესი მიმდინარეობს მწვანე ფოთლების ქსოვილებში და მასში მონაწილეობას იღებს განსაკუთრებული პიგმენტი — ქლოროფილი, მცენარის ის აუცილებელი ნივთიერება, რომლის მეშვეობითაც წარმოებს ორგანული ნივთიერების წარმოქმნა. ამ უკანასკნელის წარმოქმნაში ფოთლებთან ერთად მონაწილეობას იღებს ქლოროფილის შემცველი სხვა ორგანოებიც. ასე. მაგალითად, ღერო, კალმები, ყვავილის ცალკეული ნაწილები და მწვანე ნაყოფებიც კი.

ქლოროფილის წარმოქმნისათვის მცენარეში და ამ უკანასკნელის მიერ ნახშირორჟანგიდან ნახშირბადისა და ჟანგბადის შეთვისებისათვის აუცილებელია მზის ენერჯია, რომლის ხარჯზე ის შთანთქავს 674 დ/ კალორია სითბოს ენერჯიას.

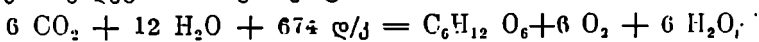
ფოტოსინთეზი (ასინილატია) ეწოდება მცენარის მწვანე ფოთლებში ნახშირორჟანგისა და წყლის ხარჯზე ქლოროფილის მონაწილეობით, მზის სხივური ენერჯის მეშვეობით, ორგანული ნივთიერების შექმნის პროცესს.

ამ პროცესს წინათ სქემატურად ასე გამოხატავდნენ:



ფიქრობდნენ, თითქოს სინათლის ენერჯიით ხდებოდა ნახშირორჟანგის დაშლა ნახშირბადად და ქანგბადად. აქედან ნახშირბადი უერთდებოდა წყალს და წარმოიშვებოდა მონოზა (გლუკოზა), ხოლო ქანგბადი გამოიყოფოდა ჰაერში.

ა. ვინოგრადოვისა და რ. ტეისის მიერ ნიშანდებული ატომების გამოყენებას გზით ჩატარებული ცდებით გამოიჩვენა, რომ ფოტოსინთეზის შედეგად გამოიყოფა წყალში არსებული ქანგბადი და არა ნახშირორჟანგის შემადგენლობაში მყოფი, როგორც ამას წინათ ფიქრობდნენ. გამოიჩვენა აგრეთვე ისიც, რომ ქლოროფილის მარცვლების მიერ შთანთქმული მზის სხივების ენერჯია გამოიყენება არა ნახშირბადისა და ქანგბადის კავშირის გაწყვეტისათვის, არამედ წყლის დაშლის ანუ წყლის ფოტოლიზური პროცესისათვის. ქანგბადის გამოყოფის პარალელურად წარმოიშვება აქტიური წყალბადი, რომელიც შემდეგ ხმარდება მცენარის მიერ ასიმილირებულ ნახშირორჟანგის აღდგენას. ამ დებულებიდან გამომდინარე ფოტოსინთეზის შედეგად მონოზის მიღება სქემატურად შეიძლება შემდეგი სახით გამოვხატოთ:



ფოტოსინთეზის შედეგად მიღებული პირველადი მდგრადი შენაერთი მცენარეში არის მონოზა (გლუკოზა), რომელიც წარმოადგენს ორგანულ საკვებს და გამოსაველ ნივთიერებას ისეთი ორგანული ნივთიერების სინთეზისათვის, როგორიცაა რთული ნახშირწყლები, ცილები, ცხიმები და სხვა შენაერთები. ორგანული საკვები მონოზა მიედინება მთელ მცენარეში და მინერალური მარილების მონაწილეობით მცენარე აშენებს თავის სხეულს — მონოზის დაახლოებით ნახევარი იხარჯება სხეულის ასაგებად. ხოლო მეორე ნახევარი — სუნთქვის პროცესისათვის როგორც ენერჯიის წყარო და ხელახლად გარდაიქმნება ნახშირორჟანგად და წყლად. უკანასკნელი გამოკვლევებით დადგენილ იქნა, რომ ფოტოსინთეზის შედეგად წარმოიქმნება არა მარტო ნახშირწყლები, არამედ მასთან ერთად ორგანული მკავეები და სხვა შენაერთები.

ნიშანდებული ატომების გამოყენებით გამოიჩვენა, რომ მცენარის ნახშირბადის ასიმილაციისათვის არ არის საჭირო სინათლე.

ნათელი გახდა აგრეთვე ფოტოსინთეზის დროს არამდგრადი შუალედი პროდუქტის წარმოქმნის საკითხიც. გამოკვეთილია, რომ ფოტოსინთეზის პროცესში პირველად შუალედ პროდუქტად წარმოიშვება არა ჭიანჭველის ალდეჰიდი, როგორც ამას ღღემდე ფიქრობდნენ, არამედ ორგანული უოსფორმეაჟა ეთერები და ხშირად გლაიცერინმეაჟა ფოსფატები.

ნიშანდებული ატომებისა და ფერადი ქრომოტოგრაფიული მეთოდების გამოყენებით დადგენილია, რომ მცენარის ფოთოლში წარმოქმნილი შაქარი მოძრაობს ქვემოთ და აღწევს ფესვის უწყრილეს განტოტვამდე. მოძრაობის სიჩქარე შაქრის ქარხალში უღრის 0.7 მეტრიდან 1.5 მეტრამდე საათში, ფესვებში კი მიქლინარეობს შაქრების საფეხურებრივი დაშლა, რის შედეგად წარმოიშვება პიროყურძნის მეაჟა, რომლის საშუალებით და ფერმენტის ბონაწილეობით მიმდინარეობს ნიადაგის ხსნარში არსებული  $\text{CO}_2$ -ს შებოქვა. მეაუნის მეაჟასა და ძმრის მეაჟას წარმოქმნა. მეაუნის მეაჟა განიცდის აღდგენას და მიიღება ვაშლის მეაჟა. ამ უკანასკნელში არსებული ნახშირორჟანგი გამოიყენება ღეროში. ფოთლის ყუნწში. გამტარი ქსოვილების ირგვლივ და მცენარის სხვა ნაწილებში ღრმად არსებული ქლოროფილს ქსოვილების მიერ ფოტოსინთეზის საწარმოებლად. გამოყოფილი ჟანგბადი კი იხარჯება მცენარის ამ ორგანოების სუნთქვისათვის.

დადგენილია აგრეთვე, რომ მცენარის ფესვებში წარმოქმნილი მეაუნისა და ძმრის მეაჟას ნაწილი ურთიერთმოქმედებს ფოტოსინთეზის პროცესში წარმოქმნილ აქტიურ წყალბადთან და წარმოიქმნება ამინომეაჟები, რომლებიც მიემართებიან ფოთლებში და გამოიყენება ცილების სინთეზისათვის. გარდა ამისა, გამოირკვა, რომ მცენარის ფესვები წარმოქმნიან ალანტონინს, ციტულინს და სხვა რთულ აზოტოვან შენაერთებს. მაშასადამე, ღღეისათვის ნათელი გახდა, რომ მცენარის ფესვთა სისტემა საკვები ნივთიერების შთანთქმით ფუნქციასთან ერთად ასრულებს სხვა მნიშვნელოვან როლს, რომელიც დაკავშირებულია ცილოვან ნივთიერებათა ცვლასთან. წინათ ფიქრობდნენ, რომ ფესვების მოქმედების ეს მხარე წარმოადგენს დამოუკიდებელ ფუნქციას, რომელიც არ არის დაკავშირებული შთანთქმის უნართან. მაგრამ ნიშანდებული ატომების მეთოდის გამოყენებით შესაძლებელი გახდა დადგენილი ყოფილყო, რომ სახელდობრ ამაში მდგომარეობს ფესვების მეშვეობით ნიადაგიდან ამონიაკის შეთვისების მექანიზმი.

დ. პრინციპიკოვმა, ხოლო უფრო გვიან კრეტოვიჩმა, გვიჩვენეს, რომ მცენარის მიერ ამონიაკური ზარღების პირველადი შეთვისება ხორციელდება ამონიაკური ჭგუფის პირდაპირი შეერთებით ორგანულ მყავებთან, რაც საწყისს აძლევს მრავალფეროვან ამინომყავებს, რომლებიც ჩქარა გადაინაცვლებენ ფესვებიდან მცენარის მიწისზედა ნაწილებისაკენ. აქ კი ისინი გამოიყენებიან ახალგაზრდა მცენარის ცილების შესაქმნელად, ხოლო ხნიერ მცენარეში ცილების იკუმშვად. ყველა ეს რთული ბიოლოგიური პროცესი შეიძლება ნორმალურად წარიმართოს მცენარის ფესვებში ფოსფორის მყავას არსებობის შემთხვევაში. ფოსფორი უშუალო მონაწილეობას ლებულობს შჯრებიდან ორგანული მყავების წარმოქმნაში. ამიტომ, თუ მცენარე განიცდის ფოსფორის ნაკლებობას, მაშინ მის ფესვებში წელდება ორგანული მყავების წარმოქმნა და მასთან ერთად ნიადაგიდან ნახშირორჟანგის შეთვისების უნარიც.

მაშასადამე, იზოტოპების მეთოდის გამოყენებით დადგენილი იქნა, რომ არ შეიძლება დავეთანხმოთ ძველ წარმოდგენას, რომლის მიხედვით ფესვები ასრულებენ მინერალური ნივთიერებისა და წყლის გადამცემის როლს ნიადაგიდან მცენარის მიწისზედა ნაწილებისაკენ. უკანასკნელი მონაცემებით ფესვები ასრულებენ წამყვან როლს იმ რთულ გარდაქმნებში, რომლებიც მიმდინარეობენ მცენარეში.

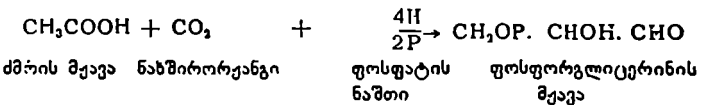
ზუსტი თანმიმდევრული რეაქცია, რომელიც მიმდინარეობს ფოტოსინთეზის დროს, ჭერ კიდევ არ არის დადგენილი. მაგრამ ამ საკითხზე დღემდე მიღებული მონაცემები აშკარად მოწმობენ, რომ ფოტოსინთეზის დროს მიმდინარეობს დაჟანგვა-აღდგენის რეაქციები, რაზეც პირველად მიუთითა კ. ტიმირიაზევი. უფრო გვიან ა. ტერენინის, ა. კრასნოვსკის, ვ. ეესტიგნევის და სხვ. მიერ დადგინდა, რომ ქლოროფილს შეუძლია მონაწილეობა მიიღოს ფოტოქიმიურ დაჟანგვა-აღდგენით რეაქციებში. ასე, მაგალითად, სინათლის მოქმედებით ქლოროფილი შეიძლება უკუაღდგენილი იქნას ასკობინის მყავით. ფოტოსინთეზის პროცესში დაჟანგვა-აღდგენითი რეაქციების უდიდეს მნიშვნელობაზე მიუთითებს აგრეთვე ის მდგომარეობა, რომ ქლოროპლასტებში შედიან მეტად აქტიური დაჟანგვა-აღდგენითი ფერმენტები — დეჰიდრაზი, პოლიფენოლოქსიდაზი და პეროქსიდაზა.

ზემოთ მოყვანილი შეჯამებული ფოტოსინთეზის განტოლება

არ იძლევა არავითარ წარმოდგენას დაეანგვა-აღდგენით რეაქციასა და ფოტოქიმიურ პროცესზე, რომლებიც მიმდინარეობს ფოტოსინთეზის დროს. ფოტოსინთეზის ქიმიური არსის ამსხნელი ძველი სქემები ითვალისწინებდნენ, რომ მზის სხივური ენერგია, რომელსაც შთანთქმავს ქლოროფილი, გადაეცემა შემდეგ ნახშირორჟანგის გაზის მოლეკულას, და ამ ენერგიის გავლენით, ნახშირორჟანგი იშლება მცენარის მიერ გარემო არეში გამოყოფილ ნახშირბადად და თავისუფალ ჟანგბადად. ამ სქემის თანახმად გამოყოფილი ნახშირბადი შედის რეაქციაში მცენარის ფესვებიდან შესულ წყალთან და იძლევა ნახშირწყლებს. უკანასკნელი გამოკვლევებით კი გაირკვა, რომ ფოტოსინთეზი მიმდინარეობს შემდეგნაირად: ქლოროფილის მიერ შთანთქმული ნახშირორჟანგი საბოლოო ჯამში აღდგება წყალში შემავალი წყალბადით. ამ დროს წარმოიშვება ფოტოსინთეზის პირველადი პროდუქტი, რომელსაც აქვს ნახშირწყლების ბუნება. წყლიდან გამონთავისუფლებული ჟანგბადი კი მცენარის მიერ გამოიყოფა გარემო სივრცეში მოლეკულური ჟანგბადის სახით. მაშასადამე, ფოტოსინთეზი წარმოდგენს წყლისა და ნახშირორჟანგის ურთიერთმოქმედების დაეანგვა-აღდგენით პროცესს. ნახშირორჟანგისა და წყლის ურთიერთმოქმედების მექანიზმზე ასეთი შეხედულება დამტკიცებულია ნიშანდებული ატომებით ჩატარებული ცდებით. მცენარე, რომელიც დებულობდა ნიშანდებული ჟანგბადის შემცველ წყალს, ფოტოსინთეზის პროცესში გამოყოფდა სახელდობრ ნიშანდებულ ჟანგბადს. ქლოროფილით შთანთქმული სინათლის ენერგია გამოიყენება ფოტოქიმიური რეაქციის განხორციელებისათვის, რომლის დროსაც წყლის წყალბადი საბოლოო ჯამში აღადგენს ნახშირორჟანგს. დადგენილია, რომ ნახშირორჟანგის აღდგენა მიმდინარეობს არა თავისუფალი სახით, არამედ ქლოროპლასტების რაღაც ნივთიერებასთან კავშირში. ჯერ კიდევ არ არის გამორკვეული რა ფერმენტების მონაწილეობით მიმდინარეობს ნახშირორჟანგის ურთიერთმოქმედება წყლის წყალბადთან. ზოგი მკვლევარი ფიქრობს, რომ ეს რეაქცია მიმდინარეობს ქლოროპლასტების ფერმენტ ჰიდროგენაზის კატალიზური მოქმედებით, რომელიც აღადგენს ნახშირორჟანგს წყლის დაშლისას წარმოშობილი წყალბადის მეშვეობით. სხვებმა ანტიციებენ, რომ მოლეკულური წყალბადი ფოტოსინთეზის პროცესის დროს არ წარმოიშვება და რომ ნახშირორჟანგის გაზის აღდგენა წარმოებს დეჰიდრაზის უკუქცევადი მოქმედების შედეგად.

ფოტოსინთეზის პირველადი პროდუქტების ქიმიზმის შესწავლაში დიდი როლი შეასრულა ნიშანდებული ატომების მეთოდების გამოყენებამ. მით დადგინდა, რომ ფოტოსინთეზის მთავარ პროდუქტს წარმოადგენს ფოსფოროგლიცერინის მჟავა; ამასთან ერთად შენიშნულია ფოტოსინთეზით 5 წამის განმავლობაში ფოსფოროგლიცერინის მჟავასთან ერთად ფოსფოროყურძნისა და ვაშლის მჟავების მიღება. ფიქრობენ, რომ ფოსფოროყურძნის მჟავა წარმოადგენს ფოტოსინთეზის ფოსფოროგლიცერინის მჟავას მეორადი წარმოქმნის პროდუქტს.

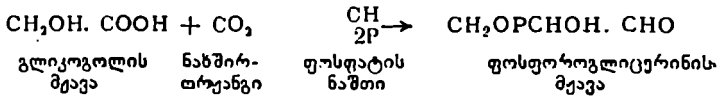
უფრო ხანგრძლივი ფოტოსინთეზის პროცესის დროს, რომელიც გრძელდებოდა 15-60 წამის განმავლობაში, რადიოაქტიური ნახშირბადი (<sup>14</sup>C) აღმოჩენილი იქნა გლიკოლის მჟავაში, ტროზოფოსფატებში, სახაროზაში, ასპარაგინას მჟავაში, ალანინში, სერინში, გლიკოვოლში, აგრეთვე ცილებში. ყველაზე უფრო გვიან ნიშანდებული ნახშირბადი აღმოჩნდა გლუკოზაში, ფრუქტოზაში. ქარვის, ფუმარის, ლიმონის მჟავებში და ზოგიერთ აზინომჟავასა და ამიდებში (ტრეონინი, ფენილალანინი, ტროზინი, გლუტამინი, ასპარაგინი). მაშასადამე, ფოტოსინთეზის პირველადი პროდუქტია ფოსფოროგლიცერინის მჟავა. რომლისაგანაც შემდგომ წარმოიშვება ზემოთ ჩამოთვლილი მრავალრიცხოვანი ორგანული ნაერთები. ფოსფოროგლიცერინის მჟავას წარმოქმნას მცენარეში წინ უძღვის რაღაც პროდუქტი მიღებული ნახშირორჟანგის გაზის შეკავშირებით იმ შენაერთთან, რომელიც შეიცავს თავის შემადგენლობაში ნახშირბადოვან ატომს. ამ ორი ნახშირბადოვანი ატომის შემცველი შენაერთი, რომელსაც სქემატურად აღნიშნავენ C<sub>2</sub>, არ არის ცნობილი. ამ საკითხზე ორგვარი მოსაზრება არსებობს. ფიქრობენ, რომ ეს შენაერთი წარმოადგენს ძმრის მჟავას ან რაღაც მის ნაწარმს. რეაგირებს რა ნახშირორჟანგთან სამფოსფატიანი ნარჩენის მონაწილეობით და ოთხ ატომ წყალბადთან, რომლებიც მიღებულია წყლის ფოტოლიზის შედეგად, ძმრის მჟავას შეუძლია მოგვეცეს ფოსფოროგლიცერინის ალდეჰიდი, ეს რეაქცია შეიძლება შემდეგი სახით გამოვხატოთ:



მეორე მოსაზრებით C<sub>2</sub>, რომელიც იერთებს ნახშირორჟანგს



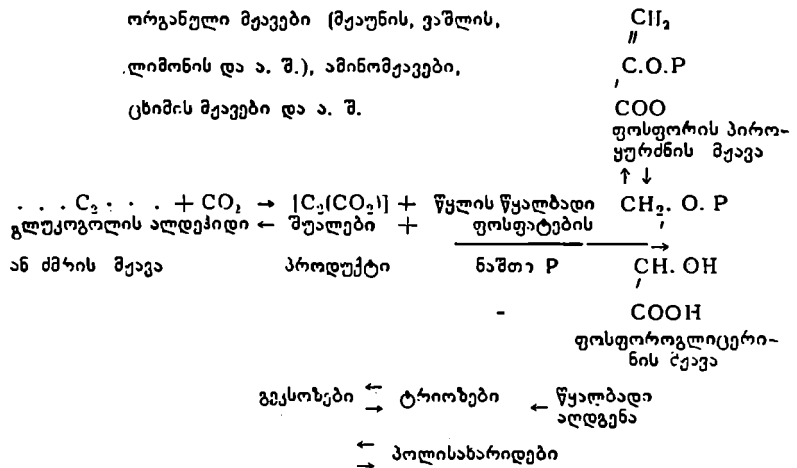
და იძლევა ფოსფოროგლიცერინის აღდგენას. რომლისგანაც შემდგომ წარმოიშევა ფოსფოროგლიცერინის მეხვა, წარმოდგენს გლიკოგოლის მეხვა. ამ მოსაზრებით ნახშირორჟანგის ფიქსაციის რეაქცია შეიძლება ასე წარმოვიდგინოთ:



ფიქრობენ, რომ გლიკოგოლის მეხვა წარმოდგენს ფოტოსინთეზის პროცესში ყველაზე უფრო სარწმუნო მონაწილეს.

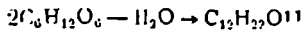
არსებობს აზრი აგრეთვე, რომ ნახშირორჟანგი უერთდება არა გლიკოგოლის მეხვას, არამედ მის აღდგენას. ამ უკანასკნელის წყარო კი შეიძლება იყოს სედოგეპტულოზა, რომელიც წარმოიშევა ფოთლებში ფოტოსინთეზის პირველ ეტაპებში და, რომელიც იშლება რა, იძლევა გლიკოგოლის აღდგენას და რიბოზას.

მაშასადამე, ფოტოსინთეზის ქიმიური პროცესები შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი სახის სქემით<sup>1</sup>:

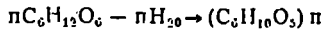


სახაროზა მცენარეში წარმოიშევა მონოზის ორი მოლეკულის შემქმნელობის გზით:

<sup>1</sup> სქემა ამოღებულია წიგნიდან В. А. Кретович „Основы биохимии растений“ №, 1956.



მონოზის მრავალი პოლეკულის შემქმნელობის გზით კი მიიღება სახამებელი ანუ უჯრედანა:

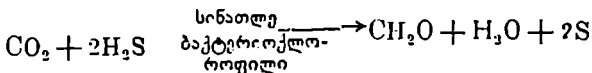


ცილებს მისაღებად მცენარეში ჯერ მიმდინარეობს ამინომეჯავების წარმოქმნა ორგანული მეჯავებისა და ამონიაკის ხარჯზე, ხოლო ორგანული მეჯავები თავის მხრივ მიიღება მონოზის დაჯანგვის გზით. წარმოქმნილი ამინომეჯავები იძლევიან ცილებს.

ცხიმები მცენარეებში წარმოიქმნება ცხიმის მეჯავებისა და გლიცერინის ხარჯზე, ხოლო ეს უქანასკნელი ორი შენაერთი მცენარეში მიიღება პირველადი ნახშირწყლების ალდგენის გზით.

ზოგიერთ მცენარეში ნახშირწყლები მოსავლის მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს. ასე, მაგალითად, შაქარი შაქრის ქარხლის ძირებში და სახამებელი კარტოფილის ტუბერებში შეადგენს მშრალი ნივთიერების 80-მდე პროცენტს. ნიშნდებული ატომების გამოყენებით დადგენილია, რომ მცენარის მიერ საერთოდ შეთვისებულ ნახშირორქანგიდან ფესვების გზით შეიძლება შევიდეს 25 პროცენტამდე. ამიტომ ნადაგში ორგანული საქუქების შეტანით შესაძლებელია გაძლიერდეს მცენარის ნახშირბადოვანი კვება.

ზოგიერთ მიკროორგანიზმს, მაგალითად, წითელი გოგირდის ბაქტერიებს, გააჩნია ბაქტერიოქლოროფილი, რომლის მეშვეობითაც სინათლეზე მათში მიმდინარეობს ფოტოსინთეზი. მაგრამ მაღალ საფეხურზე მდგომ მცენარეებში მიმდინარე ფოტოსინთეზის პროცესიდან განსხვავებით, ამ შემთხვევაში ნახშირორქანგის ალდგენა ხორციელდება გოგირდწყალბადით. ამ სახის ფოტოსინთეზი შეჯამებულად შემდეგი სახით გამოიხატება:



ამ შემთხვევაშიც ფოტოსინთეზი წარმოადგენს დაჯანგვა-ალდგენით პროცესს, რომელიც მიმდინარეობს ბაქტერიოქლოროფილის მიერ შთანთქმული სინათლის ენერჯიის მეშვეობით. ფოტოსინთეზის შედეგად წარმოშობილი პირველადი პროდუქტი  $CH_2O$  განიცდის კონდენსაციას, რის შედეგადაც უნდა წარმოიქმნას ორგანული მეჯავები, რომელთა ბუნება ჯერ კიდევ უცნობია.

ცნობილია, რომ უმრავლესობა მიკროორგანიზმებისა, რომლებიც ითვისებენ ნახშირორქანგს და მისგან წარმოქმნიან ორგა-

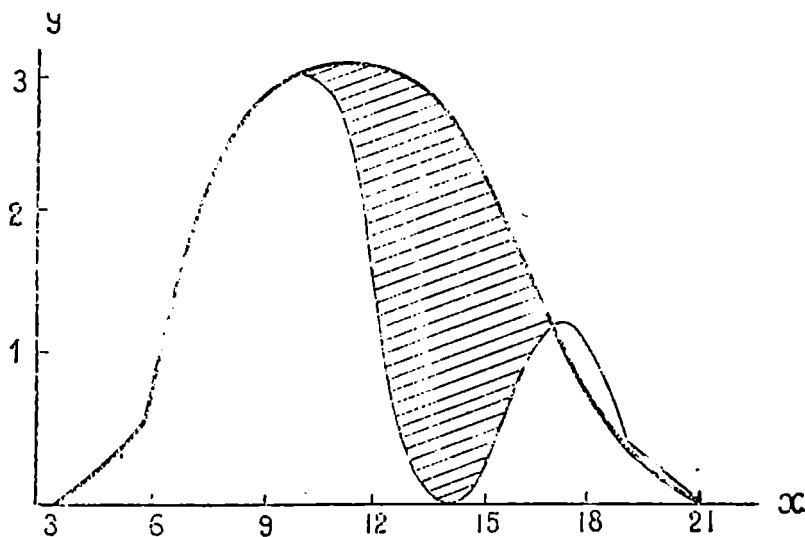
სულ ნივთიერებებს, იყენებენ იმ ენერჯიას, რომელიც წარმოიშ-  
ვება სხვადასხვა ორგანული ნივთიერების დაჟანგვისას. ასე, მაგა-  
ლითად, გოგირდწყალბადის, გოგირდის, წყალბადის, ამონიაკის.  
აზოტოვან მკვას, რკინისა და მანგანუმის ზეჟანგის შენაერთების  
დაჟანგვისას გაჰონთავისუფლდება სითბოს ენერჯია, რომელსაც  
მიკროორგანიზმები ორგანული ნივთიერების შესაქმნელად ხარჯა-  
ვენ. მაშასადამე, მიკროორგანიზმები ორგანული ნივთიერების შექ-  
მნისას ენერჯიას იღებენ არაორგანული ნივთიერებების დაჟანგვი-  
თი რეაქციების შედეგად. მიკროორგანიზმების მიერ ნახშირორ-  
ჟანგის შეთვისებისა და ორგანული ნივთიერების წარმოქმნის პრო-  
ცესს ეწოდება ქემოსინთეზი. რუსმა მიკრობიოლოგმა ს. ვინო-  
გრადსკიმ პირველმა დაადგინა, რომ ორგანული ნივთიერებების  
სინთეზი ბუნებაში წარმოებს არა მარტო მწვანე მცენარეში, არა-  
მედ ის დიდი მასშტაბით მიმდინარეობს უქლოროფილო მიკროორ-  
განიზმებშიც ქემოსინთეზის გზით.

ზემოთ განხილული ფოტოსინთეზისა და  
ქემოსინთეზის პროცესები წარმოადგენს ორ-  
განული ნივთიერებების წარმოქმნის წყა-  
როს დედამიწაზე. ფოტოსინთეზის ან ქემოსინთე-  
ზის გზით ორგანული ნივთიერების შემქმნელ  
ორგანიზმებს, რომლებსაც აქვთ უნარი წარ-  
მოქმნან ორგანული ნივთიერება ნახშირორ-  
ჟანგიდან, უწოდებენ ავტოტროფებს (დამოუ-  
კიდებლად მკვებავნი), ხოლო ყველა დანარ-  
ჩენს, რომლებიც მაღალ საფეხურზე მდგომი  
მწვანე მცენარეებისა და მიკროორგანიზმების  
მიერ შექმნილ ორგანულ ნივთიერებებს იყე-  
ნებენ — ჰეტეროტროფებს. მათ განეკუთვნე-  
ბიან ბაქტერიები, სოკოები, უქლოროფილო  
მცენარეები (მაგალითად, აბრეშუმა) და ცხო-  
ველთა მთელი სამყარო.

ფოტოსინთეზის მიმდინარეობა დამოკიდებულია მცენარის  
წყლითა და საკვები ნივთიერებით მომარაგებაზე, ჰაერში ნახ-  
შირორჟანგის რაოდენობაზე, სითბოზე, სინათლეზე. ფოტოსინთე-

ზის ყველა ეს ფაქტორი შეიძლება რეგულირებულ იქნეს სათანადო ღონისძიებათა გამოყენებით.

ფოტოსინთეზის ნორმალურად წარმართვისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მცენარის წყლით მომარაგებას. ცნობილია, რომ წყლის ის რაოდენობა, რომელიც უშუალოდ ორგანული ნივთიერების შექმნაში მონაწილეობს, ძალზე მცირეა, თუმცა მცენარე ტრანსპირაციისათვის დიდი რაოდენობით ხარჯავს წყალს. ამ უკანასკნელს მცენარის მიწისზედა ნაწილების ზედაპირი განუწყვეტლივ აორთქლებს. ცხელ მზიან დღეს 1 კვ. მეტრი ფოთლის ზედაპირი



ნახ. 1. ფოტოსინთეზის დღიური სვლა და მასზე წყლის ნაკლებობის გავლენა  $x$  ღერძზე ნაჩვენებია დრო საათობით,  $y$  ღერძზე კი ფოტოსინთეზის ინტენსივობა

(მ  $\text{CO}_2$ )

რიდან ერთი საათის განმავლობაში ორთქლდება დაახლოებით 250 გ წყალი. წყლის მოთხოვნილება აორთქლებისათვის წყლის იმ რაოდენობასთან შედარებით, რომელიც უშუალოდ საჭიროა ორგანული ნივთიერების შესაქმნელად, მეტისმეტად დიდია. მცენარეს

წყალი უმთავრესად სჭირდება აორთქლები-სათვის, რომ უჯრედები არ გადახურდეს და არ დაკარგოს ხსნარის ნორმალურად გადაცემის უნარი. წყლით მომარაგების შემცირება იწვევს მცენარის ჰქნობას, რაც თავისთავად აჩერებს ფოტოსინთეზს და ანელებს ზრდის პროცესს. 1 ნახ. მოცემულია ფოტოსინთეზი დღის განმავლობაში წყლით ნორმალურად მომარაგების და მისი ნაკლებობის შემთხვევაში. პირველ შემთხვევაში (მთლიანი ხაზი) ფოტოსინთეზი იწყება თითქმის მზის ამოსვლისთანავე — ზაფხულში. დაახლოებით 4 საათზე. შემდეგ იგი სწრაფად ძლიერდება და 9-10 საათზე აღწევს უმაღლეს დონეს. თუ ფოთლის ცხოველმყოფელობისათვის ხელსაყრელი პირობები არსებობს, მაშინ ფოტოსინთეზის მაღალი დონე შენარჩუნებული იქნება დღის 3-4 საათამდე. შემდეგ იგი დაცემას იწყებს და 7 საათისათვის თითქმის მთლიანად წყდება. მაშასადამე. ხელსაყრელი პირობების შემთხვევაში ფოთლის მუშაობა დღის განმავლობაში მიმდინარეობს თანაბრად, ყოველგვარი შესვენების გარეშე. თუმცა განათების სწორი მსვლელობისას დღის პირველი ნახევარი უფრო პროდუქციულია, ვიდრე მეორე ნახევარი. ხელსაყრელ შემთხვევაშიაც ფოთოლს ნაშუადღევს შემდგომ საათებში არ შეუძლია იმუშაოს მაქსიმალური დატვირთვით იმის გამო, რომ მასში გროვდება ფოტოსინთეზის პროდუქტები, რომლებიც ჯერ კიდევ არ გადასულა მცენარის სხვა ორგანოებში.

სულ სხვანაირად მიმდინარეობს ფოტოსინთეზი ნიადაგში წყლის ნაკლებობის შეთხვევაში ან ძალზე ცხელ ამინდში, ჰაერის სიმშრალისას, როდესაც ფესვები ვერ ასწრებენ მიაწოდონ მცენარის მიწისზედა ნაწილებს წყლის საჭირო რეოდენობა. ამ პირობებში შუადღის დასაწყისიდანვე იწყება ფოთლის ჰქნობა: ფოთლის ბაგეები იხურება, ნახშირორთქანგის შედწევა მცენარეში ფერხდება, ფოტოსინთეზის აპარატის მუშაობა ირღვევა, რის შედეგად ფოტოსინთეზი ეცემა და გარკვეული დროის განმავლობაში სრულიად წყდება (ნახ. 1 ეს ადგილი დახაზულია), მხოლოდ საღამო ხანს სწორდება ფოთოლი და ფოტოსინთეზი აღდგება.

წყლის მეტისმეტად სიმცირისას. ფოტოსინთეზი მიმდინარეობს მხოლოდ დღის ადრეულ საათებში და სრულიად არ წარმოებს დღის მეორე ნახევარში. ეს პროცესი მიმდინარეობს არა იმის გამო, რომ ფოტოსინთეზისათვის წყალი არ არის საკმარისი, არამედ

ამიტომ, რომ ფოთლებში შესული წყალი ვერ ფარავს ამ უკანასკნელის აორთქლებით გამოწვეულ ხარჯვას. სახელდობრ, ეს იწვევს მცენარის საერთო ცხოველმყოფელობის დარღვევას. ამიტომ მცენარის წყალზე მოთხოვნილების დასაკმაყოფილებლად განსაკუთრებით გვალვიან ადგილებში ფართოდ იყენებენ მორწყვას.

ფოტოსინთეზის ინტენსივობა ძლიერდება თუ ნიადაგში მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში საკვები ნივთიერების მარაგი დიდია, რადგან ფესვებიდან მცენარეში შესული აზოტისა და ნაცრის ელემენტების რაოდენობაზეა დამოკიდებული ფოტოსინთეზის შედეგად წარმოქმნილი მონოზის შემდგომი გარდაქმნა და ორგანული ნივთიერების წარმოშობა. ამიტომ ნიადაგში სასუქების შეტანით, აზოტისა და ნაცრის ელემენტებით მცენარის მომარაგება, თავისთავად მიმართულია ფოტოსინთეზის გაძლიერებისაკენ.

ნახშირორქანგის რაოდენობა ატმოსფეროში განსაზღვრავს აგრეთვე ფოტოსინთეზის ინტენსივობას. ნახშირორქანგის მარაგი ატმოსფეროში მეტისმეტად დიდია —  $2,10^{12}$ . მნიშვნელოვანი რაოდენობა ნახშირორქანგისა შედის აგრეთვე წყლის შემადგენლობაში, ნახშირორქანგის ამ მარაგს შეუძლია უზრუნველყოს დედამიწაზე არსებული მწვანე მცენარეებს კვება დიდი ხნის განმავლობაში. მწვანე მცენარეები ითვისებენ ატმოსფეროს ნახშირორქანგის მთელი რაოდენობის  $1/35$  ნაწილს. მცენარის მიერ ნახშირორქანგის შთანქმასთან ერთად, დედამიწაზე განუწყვეტლივ მიმდინარეობს საწინააღმდეგო პროცესი — ორგანული ნივთიერების დაჟანგვა, მისი ნაწილობრივ ან მთლიანი მინერალიზაცია, რის შედეგადაც ნახშირორქანგი გამოიყოფა ატმოსფეროში. ღამის განმავლობაში, მწვანე მცენარე, სუნთქვის პროცესში, პირიქით, გამოყოფს დიდი რაოდენობის ნახშირორქანგს. ნახშირორქანგის მომმარაგებლად ითვლება აგრეთვე ცხოველები, რომლებიც იკვებებიან მზა ორგანული ნივთიერებებით. გარდა ამისა, მიკროორგანიზმები შლიან მცენარეულ და ცხოველურ ნაშთებს. დიდი რაოდენობით გამოიყოფა ნახშირორქანგი ფაბრიკა-ქარხნებში, საცხოვრებელ სახლებში შემის. ნავთისა და ქვანახშირის წვისას. ამ საწინააღმდეგო პროცესების ურთიერთმოქმედებას მივყევართ ნახშირორქანგის ატმოსფეროში არა თუ შემცირებამდე, არამედ მის ნაწილობრივ გადიდებამდე. თუმცა იგი იმდენად მცირეა საერთო რაოდენობასთან შედარებით, რომ მისი აღმოჩენა ძნელია ჰაერის

ანალიზის დროს. პრაქტიკულად, საშუალოდ, ნახშირორქანგის შემცველობა თავისუფალ ჰაერში ნიადაგის ზედაპირიდან და სამარწველო ქალაქებიდან მოცილებით მუდმივი რჩება.

მართალია (1),<sup>2</sup> რაოდენობა ჰაერში მეტისმეტად მცირეა (აღწევს 0,03%-მდე), მაგრამ იმის გამო, რომ ნახშირორქანგის შემცველ ატმოსფეროს რამოდენიმე ათეულ კილომეტრზე ვერტიკალური გავრცელება ახასიათებს ამ ნივთიერების მარაგი ამის გამო მეტად დიდია. რაც შეეხება იმ რეალურ პირობებს, რომლის დროს მცენარეებს ნახშირორქანგის მოპოვება უხდებათ, შეიძლება დახასიათებული იქნეს შემდეგი ციფრობრივი მონაცემებით: ერთი ლიტრი ჰაერი შეიცავს 0,58 მილიგრამ ნახშირორქანგს, ხოლო ერთი კუბური მეტრი — 0,58 გრამს; ჰაერის 10-მეტრიან ფენაში 1 ჰექტარზე იმყოფება სულ მცირე 58 კილოგრამი ნახშირორქანგი. ერთი გრამი სახამებლის შესაქმნელად მცენარემ 2200 ლიტრი ჰაერიდან უნდა შეითვისოს ნახშირორქანგი, ხოლო 1 კილოგრამი სახამებლისათვის — 2200 კუბ. მეტრი ჰაერიდან. მოყვანილი მონაცემები ნათლად მეტყველებენ, რომ მცენარეებს ნახშირორქანგის მოპოვება უხდებათ არცთუ იოლად. ცდებით დადგენილია, რომ ფოტოსინთეზი იწყება მხოლოდ მაშინ, როცა ნახშირორქანგის კონცენტრაცია ჰაერში აღწევს 0,008 — 0,01 პროცენტამდე. თუ იგი შემდგომ გადიდება, პროპორციულად გაიზრდება ფოტოსინთეზის ინტენსივობაც. მაგრამ შემდგომი გადიდება ნახშირორქანგისა გამოიწვევს ფოტოსინთეზის შენელებას, ხოლო მეტისმეტი მაღალი კონცენტრაცია მის სრულიად შეწყვეტასაც კი იწვევს.

ზუსტი ცდებით გამოჩვენებულია. რომ კარგად განვითარებულ მცენარეებში, რომლებიც ღია გრუნტის პირობებში იზრდებიან, ფოტოსინთეზი ჰაერზე ინტენსიურად მიმდინარეობს, მაგრამ ნახშირორქანგის ხელოვნურად დამატებისას იგი შეიძლება გაიზარდოს 1,5-3-ჯერ. ასე, მაგალითად, გოგრის 1 კვ. მეტრის საერთო ფართობის ფოთლებს ჩვეულებრივ პირობებში ერთი საათის განმავლობაში შეუძლია დაშალოს 3,6-4,3 გრამი ნახშირორქანგი, ხოლო ნახშირორქანგით გამდიდრებულ ჰაერის პირობებში — 10-11 გრამი.

მაშასადამე, დამტკიცებულია, რომ ატმოსფეროში ნახშირორქანგის რაოდენობის გადიდება იწვევს ფოტოსინთეზის პროცესის გაძლიერებას, რაც თავისთავად მოსავლიანობის მატების საწინა-

რია. ამიტომ დღეისათვის ეს დებულება შეიძლება საფუძვლად დაედოს ახალ აგროწესს — მცენარის ჰაეროვან განოციერებას. თუმცა ნახშირორჟანგის განოციერება ღია გრუნტის პირობებში ძნელი განსახორციელებელია და ის იოლად შეიძლება გატარდეს მხოლოდ ორანჟერეებსა და სათბურებში, ნაგრამ მთელი რიგი გამოკვლევები იმის სასარგებლოდ ლაპარაკობენ, რომ იგივე ღია გრუნტში შეიძლება ატმოსფეროს ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის რეგულირება. ასე, მაგალითად, ორგანული სასუქები, რომლებიც შეიტანება ნიადაგში, იხრწნებიან და ჰაერში გამოყოფენ ნახშირორჟანგს, რის შედეგად ამ უკანასკნელის შემცველობა მცენარის ვარჯის გავრცელების არეში მატულობს, რაც აძლიერებს ფოტოსინთეზის ინტენსივობას. გარდა ამისა, ორგანული სასუქების შეტანით იზრდება ნიადაგში ნახშირორჟანგის შემცველობა და ძლიერდება ფესვების გზით მისი შესვლა მცენარეში, რაც თავისთავად აძლიერებს ფოტოსინთეზის ინტენსივობას.

პირველი ცდები ნახშირორჟანგით გამოკვებაზე 1903-1904 წლებში ჩაატარა დემუსმა. მას სურდა დაემტკიცებია, რომ მცენარეს შეუძლია როგორც ატმოსფეროს, ისე ხელოვნური გზით მიღებული ნახშირორჟანგის შეთვისება. მან შენიშნა, რომ ჰაერში ხელოვნურად ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის გადიდება გამოიწვია მცენარის განვითარების მკვეთრად გაძლიერება. ამ მოვლენის საფუძველზე დემუსმა დაასკვნა, რომ შეიძლება მცენარის ჰაერიდანაც განოციერება.

ანალოგიური ცდების შედეგები 1912 წელს გამოაქვეყნა ფიშერმა, რომელიც შემდგომში დაუღალავ პროპაგანდას ეწეოდა ნახშირორჟანგის გაზით მცენარის განოციერების შესახებ.

რუსეთში პირველი ცდები ნახშირორჟანგის გაზით მცენარის განოციერებაზე დააყენა 1914 წელს ნ. კისელევმა. ის ახდენდა ზოგიერთი დეკორაციული მცენარის გამოკვებას ნახშირორჟანგის გაზით. კისელევმა შენიშნა, რომ როცა ჰაერში ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია იყო 4-8-ჯერ მეტი, ატმოსფეროს ნახშირორჟანგის შემცველობასთან შედარებით, მცენარის ზრდა-განვითარება მკვეთრად იზრდებოდა.

ბოსტნეული კულტურების ნახშირორჟანგით გამოკვებაზე ცდები ჩაატარეს კლეინმა და რეინაუმ 1914 წელს. მათ დაადგინეს, რომ ნახშირორჟანგის გაზით გამოკვების შემთხვევაში მცენარეების



მოსავალი 2-4-ჯერ იზრდება. 1921-1922 წლებში სათბურის პირობებში კიტრის კულტურაზე საინტერესო ცდები ჩაატარა ლიუნდგორდმა. ის სათბურში ყოველდღიურად, 14 აპრილიდან 10 სექტემბრამდე, დილის 4 საათზე ბალონებიდან უშვებდა 15-30 ლიტრ ნახშირორჟანგს. სათბურის მეორე იზოლირებულ განყოფილებაში, რომელიც წარმოადგენდა საკონტროლოს, კიტრი იმყოფებოდა ნახშირორჟანგის ბუნებრივი შემცველობის პირობებში. საკონტროლო ვარიანტზე მიღებულ იქნა 353 კილოგრამი კიტრი, ხოლო საცდელზე — 398.

ეურბიციკმ (1928-1929 წ. წ.) სათბურებში ნახშირორჟანგის გაზით გამოკვებისას შაქრის ჰარხლის 18,9-57,1 პროცენტით მეტი მოსავალი მიიღო.

XX საუკუნის 30-იან წლებში მრავალრიცხოვანი ცდები ნახშირბადოვან კვებაზე ჩაატარა ლ. დოროხოვმა. ორი წლის განმავლობაში ის სათბურებში ცდიდა ნახშირორჟანგის სხვადასხვა დოზების გავლენას კიტრზე, პამიდორზე, თვის ბოლოკზე, სალათასა და ლობიოზე. მიუხედავად იმისა, რომ საკონტროლო კამერაში ნახშირორჟანგის შემცველობა შედარებით მაღალი იყო (0,06-0,11%), ნახშირორჟანგით გამოკვებამ გამოიწვია მოსავლიანობის მნიშვნელოვანი გადიდება. კერძოდ, კიტრისა 36-75 პროცენტით, თვის ბოლოკისა — 33-77 პროცენტით, ლობიოსი — 16,2 — 82,1 პროცენტით, პამიდორის — 18 პროცენტით.

ლ. დოროხოვის ცდები იძლევიან პირველ ცნობებს ნახშირორჟანგის ოპტიმალური კონცენტრაციის შესახებ ჰაეროვანი განოყიერების შემთხვევაში. ცდებით დადგენილ იქნა, რომ კიტრისათვის ნახშირორჟანგის ოპტიმალური კონცენტრაცია 0.6 პროცენტს ზევით მდებარეობს, ლობიოსა და პამიდორისათვის — 0,35 პროცენტს ახლოს. ნახშირორჟანგის 0,53-0,06 პროცენტი იწვევს უკანასკნელი ორი კულტურის მოსავლის დაცემას. მისი ოპტიმალური კონცენტრაცია თვის ბოლოკისათვის დაახლოებით 0,36 პროცენტი. ნახშირორჟანგის 0.6 პროცენტის კონცენტრაციის პირობებში ფესვნაყოფთა მოსავალი ეცემა.

ორანჟერებებსა და სათბურის პირობებში ნახშირორჟანგით გამოკვებაზე მრავალრიცხოვანი ცდები ჩაატარეს ტებსმა და უპხოვმა (1919-1920). გარდერმა, კეპლერმა და გედვიგმა (1928-1930 წ. წ.). კრასისკიმ (1933 წ.), კატუნსკიმ (1939), სპირი-

დონოვამ (1936) და სხვებმა. აღნიშნული მკვლევარების მონაცემებით სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ნახშირორჟანგით ჰაერიდან გამოკვება მნიშვნელოვნად აღიღებს მოსავლიანობას.

ლ. ენდევორდმა 1922-1924 წლებში მთელი რიგი ცდები ჩაატარა მინდერის პირობებში. ცდებში მონაწილეობას იღებდა არა მარტო ბალონებიდან ხელოვნურად შეყვანილი ნახშირორჟანგი, არამედ მასთან ერთად ორგანული სასუქები, რომლებიც აღიღებენ ნახშირორჟანგის კონცენტრაციას მცენარის ვარჯის გავრცელების არეში. მრავალ კულტურაზე ჩატარებული ცდების მონაცემების საფუძველზე მან დაადგინა, რომ ღია გრუნტის პირობებში ნახშირორჟანგის გაზით გამოკვება იძლევა შაქრის ჭარხლის მოსავლის 7 პროცენტით გადიდებას, ხოლო ნაკელიდან გამოყოფილი ნახშირორჟანგით — 19 პროცენტით.

იოჰანსენმა (1932) ღია გრუნტის პირობებში ნახშირორჟანგით გამოკვებაზე წარმოებული დაკვირვებებით დაამტკიცა, რომ შაქრის ჭარხლის გამოკვება გრუნტში იწვევს მოსავლის 11,3 პროცენტით მატებას.

რიხტერმა და ელბიდინამ (1940) წინადადება წამოაყენეს მცენარის გამოკვება ნახშირორჟანგით ჩატარებულიყო სარწყავ წყალთან ერთად. მათი აზრით ასეთი წესით ნახშირორჟანგის შეტანა ანელებს მის სწრაფ გაფანტვას. ეს წესი უფრო გვიან გამოიყენა კონსტანტინოვმა (1950) მულჩთან ერთად, რომელიც, როგორც თვითონ აღნიშნავს, ხელს უწყობს ნახშირორჟანგის გაზით მცენარის უკეთ მომარაგებას.

საბოლოოდ უნდა აღინიშნოს, რომ დახურულ გრუნტში მცენარის ჰაერიდან განოციერება ნახშირორჟანგის გაზით დღეისათვის ითვლება არა მარტო თეორიულად დასაბუთებულად, არამედ პრაქტიკულად ათვისებულად. რომელიც შეიძლება ფართოდ დაინერგოს და ამით მოსავლიანობა გაეადიდოს.

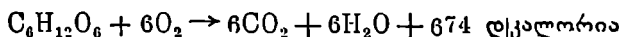
ნახშირორჟანგის გაზის ღია გრუნტში გამოყენების ეფექტურობის საბოლოოდ დასადგენად საჭიროა მუშაობის გაგრძელება, თუმცა დღემდე ჩატარებული ცდები ამ მხრივ მეტად საიმედო შედეგებს იძლევიან.

ფოტოსინთეზის ინტენსივობა დამოკიდებულია აგრეთვე კოსმიურ ფაქტორებზე — სინათლესა და სითბოზე. რომელთა რეგულირება მეცნიერების განვითარების თანამედროვე დონეზე შეიძ-

ლება მხოლოდ დახურული გრუნტის პირობებში — ორანჟერებსა და სათბურებში. ბუნებრივ პირობებში იგი ძალზე ძნელია. თუმცა კულტურული მცენარეების მოშენების წესების რეგულირების გზით შეიძლება გავადიდოთ სინათლის ფაქტორის გავლენა და ამით გავზარდოთ მოსავალიც. ასე, მაგალითად, ნაკვეთზე მცენარეების ისეთი განლაგება, რომელიც უზრუნველყოფს მეტი მზის სხივების მიღებას, გამოიწვევს ფოტოსინთეზის გაძლიერებას. რის შედეგადაც გაიზარდება მოსავლიანობა. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების კვადრატულ-ბუდობრივი თესვა-რგვა, სხვა დადებით მხარეებთან ერთად, წარმოადგენს მზის სხივების უფრო ეფექტურად გამოყენების ერთ-ერთ ხერხს, რაც თავისთავად აძლიერებს ფოტოსინთეზს და ზრდის მოსავალს.

### 6. სუნთქვის პროცესი მცენარეში

მცენარეში მიმდინარე ბიოქიმიური პროცესების წარმართვისათვის საჭიროა ენერჯია, რომლის ერთ-ერთ წყაროს წარმოადგენს სუნთქვა. სუნთქვის შედეგად ორგანული ნივთიერების ნაწილი იყანგება ატმოსფეროს ჟანგბადის ხარჯზე. ამ პროცესის საბოლოო პროდუქტებს წარმოადგენენ ნახშირორჟანგი და წყალი. სქემატურად ეს პროცესი ასეთია:



ამ რეაქციის შედეგად გამოიყოფა 674 დკალორია სითბოს ენერჯია. აღნიშნული რეაქცია გვიჩვენებს, რომ მცენარე სუნთქვის პროცესში ატმოსფეროდან ითვისებს ჟანგბადს. მაშასადამე, მცენარეში ერთდროულად მიმდინარეობს ჟანგბადის გამოყოფა და შეთვისება. ფოტოსინთეზის შედეგად წარმოებს ჟანგბადის გამოყოფა, ხოლო სუნთქვის პროცესის დროს — შთანთქმა. დღის განმავლობაში ჟანგბადის გამოყოფის პროცესი ჭარბობს შთანთქმის პროცესს, ხოლო ღამის განმავლობაში კი პირიქითაა, რაც გამოწვეულია ფოტოსინთეზისა და სუნთქვის პროცესის სხვადასხვა ინტენსივობით დღე-ღამის განმავლობაში; ფოტოსინთეზის ინტენსივობა დღისით ძლიერია და ჟანგბადი დიდი რაოდენობით გამოიყოფა, ღამით კი შენელებულია და ამდენად ჟანგბადის გამოყოფაც შემცირებულია, ე. ი. იზრდება ჟანგბადის შთანთქმა სუნთქვის პროცესის გაძლიერებასთან ერთად.

## 7. მცენარის მინერალური კვება

მცენარის მიერ მინერალური მარილებიდან საკვები ქლემენტების შეთვისების პროცესს მინერალური კვება ეწოდება. მცენარის მინერალური კვება შედგება შემდეგი თანმიმდევრული პროცესებისაგან: მინერალური ნივთიერების შეთვისება, მათი მცენარეში გადანაცვლება, ორგანული ნივთიერების სინთეზი და შექმნილი ორგანული ნივთიერების გამოყენება მცენარეთა ზრდა-განვითარების პროცესისათვის. მიწის ზემოთ მცხოვრები მცენარეები მინერალურ ნივთიერებებს უმთავრესად შთანთქავენ ნიადაგიდან ფესვთა სისტემის მეშვეობით, ხოლო წყალმცენარეები მას ითვისებენ მთელი სხეულის ზედაპირით.

მცენარის მიერ მინერალური ნივთიერებების შეთვისების პროცესი განისაზღვრება ფესვთა სისტემის მდგომარეობით (განტოტვის ხარისხი და შთანთქმითი ზედაპირის სიდიდე, სუნთქვის ინტენსივობა), ფოთლების ფოტოსინთეზისა და მცენარის ზრდის ინტენსივობით, გარემო არეს პირობებით (ტენიანობა, ჰაერაცია და ნიადაგის ტემპერატურა, ნიადაგის ხსნარის რეაქცია).

მცენარეების მიერ ნიადაგიდან საკვები ნივთიერების შეთვისებაში დიდ როლს თამაშობს ფესვების გამონაყოფი (ნახშირორჟანგი, ორგანული მჟავები, ფერმენტები და სხვა). ისინი ხელს უწყობენ შეუთვისებელ ან ძნელად შესათვისებელი ფორმის საკვები ნივთიერებების გადაყვანას მცენარისათვის შესათვისებელ შენაერთებში. ფესვების გამონაყოფის შემადგენლობის შესაბამისად და მისი მჟავიანობის ხარისხის მიხედვით, ზოგიერთი მცენარე (ხანჭკოლა, მღოგვი, წიწიბურა) უკეთესად ითვისებს საკვებ ნივთიერებებს ძნელადხსნადი შენაერთებიდან (მაგალითად, ფოსფორს ფოსფორიტიდან), დანარჩენები კი (ქერი, ხორბალი და სხვ.) უფრო ცუდად. ამასთან ერთად, მცენარეების მინერალურ კვებაში დიდი მნიშვნელობა აქვს ბაქტერიებს და სოკოებს, რომლებიც გავრცელებულია ფესვების რიზოსფეროში.

მცენარის ფესვთა სისტემით მინერალური ნივთიერებების შთანთქმა ნიადაგიდან იწყება მინერალური მარილების იონების ზედაპირული ადსორბციით. ადსორბირებული იონები გადაინაცვლებენ ცოცხალი უჯრედებისა და ქსოვილების გამტარი უჯრედების გზით. ფესვის ცოცხალ უჯრედებში შთანთქმული იონების ნაწილი

განიცდის პირველად გარდაქმნას, როკლებიც მონაწილეობას ლე-  
ბულობენ ორგანული ნივთიერების სინთეზში (აპიდების, ორგანუ-  
ლი ფოსფორის შენაერთები, ზოგიერთი ალკალოიდები). მინერა-  
ლური მარილები და ორგანული შენაერთები ნაწილობრივ გამოი-  
ყენება ფესვების მიერ, ხოლო ძირითადი ნაწილი გადაეცემა მცენა-  
რის მიწისზედა ორგანოებს (ღერო, გვერდითი ტოტები, ფოთლები,  
რეპროდუქტიული ორგანოები).

ფესვთა სისტემის მიერ მინერალური საკვები ნივთიერებების  
გადაცემა მიწისზედა ორგანოებში ხორციელდება ქსოვილების  
ჭურჭლების გზით, ფესვური წნევის შედეგად, რომელიც წარმო-  
იშვება ფესვის უჯრედების ოსმოტური ძალების მოქმედებით. ქსო-  
ვილების ჭურჭლების შედგენილობა ე. წ. წვეთა გადმონადენი  
შედგება როგორც მინერალური, ისე ორგანული შენაერთებისაგან.

ფესვთა სისტემის გზით მცენარეში ხვდება ამა თუ იმ რაოდე-  
ნობის მრავალი ელემენტი, რომლებიც იმყოფებიან ნიადაგში, მაგ-  
რამ ყველა მათგანი არ არის აუცილებელი მცენარის სიცოცხლი-  
სათვის. დადგენილია, რომ ყველა მცენარისათვის აუცილებელია  
ე. წ. მაკროელემენტები — ფოსფორი, აზოტი, გოგირდი, კალიუ-  
მი, კალციუმი, მაგნიუმი, რკინა; მიკროელემენტებიდან — ბორი,  
მანგანიუმი, თუთია, სპილენძი, მოლიბდენი და სხვ. ზოგიერთი მცე-  
ნარისათვის აუცილებელია აგრეთვე ქლორი (მლაშობის მცენარე-  
ები, შაქრის ჭარხლის ზოგიერთი სახესხვაობანი), სილიციუმი (ზო-  
გიერთი წყალმცენარისათვის), ნატრიუმი (ჭარხლის ზოგიერთი  
სახეობა).

დადგენილია აგრეთვე, რომ მცენარის ფესვთა სისტემა შთან-  
თქავს ნახშირორჟანგს, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იქნეს  
ფოტოსინთეზის პროცესში. მცენარეებს მინერალური ნივთიერე-  
ბების შთანთქმისა და დაგროვების შერჩევითი უნარი გააჩნიათ.

მინერალურ ნივთიერებებთან ერთად მწვანე მცენარეებს ნია-  
დაგიდან შეუძლიათ შთანთქონ რაღაც რაოდენობით ორგანული  
შენაერთები. მაგრამ ამ პროცესის მნიშვნელობა მცენარის კვებაში  
ჯერ კიდევ ნაკლებად არის შესწავლილი. ასევე არაა ჯეროვნად გა-  
მორკვეული მინერალური საკვები ელემენტების მნიშვნელობა მცე-  
ნარის სიცოცხლისათვის.

სოფლის მეურნეობის პრაქტიკაში მცენარის ნორმალური მი-  
ნერალური კვებისათვის ნიადაგში არსებულ მინერალურ საკვებ-

ელემენტებს უმატებენ ხელოვნურს. მინერალური სასუქებიდან ნიადაგში უმთავრესად შეიტანება აზოტიანი, ფოსფორიანი და კალიუმიანი სასუქები, რადგანაც მათი შემცველი ელემენტები ჩვეულებრივ არ არის საკმარისი. სასუქების ფორმები და შეტანის დოზები განისაზღვრება ნიადაგების თვისებებით, მცენარეების ჯიშობრივი და სახეობრივი თავისებურებით. მათი ფესვების გამოყოფის ხასიათით. მინერალური სასუქების შეტანისას ითვალისწინებენ განვითარების სტადიებისა და ფაზების მიხედვით მცენარის მოთხოვნილებას მათზე. ზოგიერთი მცენარე თავის განვითარების საწყის პერიოდში ფოსფორით გაძლიერებულ ან აზოტით ზომიერ კვებას ჰოითხოვს. ვეგეტაციის პერიოდში მცენარე აზოტიანი, ფოსფორიანი და კალიუმიანი სასუქებით გამოიკვებება. აღნიშნული სასუქის უმეტესი ნაწილი ნიადაგში შეიტანება ძირითადი დამუშავებისა და თესვის წინ. მიკროელემენტები შეიძლება შეტანილი იქნეს ფოსფორიან სასუქებთან ერთად თესლის მწკრივში თესვისას, აგრეთვე გამოკვების სახითაც. კარგ შედეგს იძლევა მინერალური და ბაქტერიული სასუქების კომპლექსური გამოყენება თესლთან ერთად. უკანასკნელ ხანებში ფესვებიდან გამოკვებასთან ერთად თანდათანობით ფართო გავრცელებას პოულობს ფესვგარეშე გამოკვება, რომელიც ხორციელდება ფოთლების გზით, მათზე მინერალური მარილების ხსნარების მოსხურებით.

#### **მცენარის მიერ მისთვის საჭირო საკვები ელემენტების მიღების გზები**

აკად. ა. ვინოგრადოვის მტკიცებით მცენარეში ამა თუ იმ რაოდენობით შედის ქიმიური დღემდე ცნობილი თითქმის ყველა ელემენტი.

მცენარე შეიცავს მნიშვნელოვანი რაოდენობით ე. წ. მაკროელემენტებს: ქანგბადს, წყალბადს, ნახშირბადს, აზოტს, ფოსფორს, გოგირდს, კალიუმს, კალციუმს, მაგნიუმს და რკინას. მცენარეში გვხვდება აგრეთვე სხვა მრავალრიცხოვანი ელემენტების ძალზე უმნიშვნელო რაოდენობა, რომელთა პროცენტი ათასიდან მეგილიონედ ნაწილამდე აღწევს, ზოგჯერ უფრო ნაკლებიცაა. მათ მიკროელემენტები (ბორი, მანგანუმი, თუთია, სპილენძი, მოლიბდენი, კობალტი) და ულტრა მიკროელემენტები (სელენი, ვერცხლი, კალიუმი, ცეზიუმი, რადიუმი და სხვ.) ეწოდება.

მცენარეში შემავალი ელემენტების შემცველობაზე უფრო სა-  
თელი წარმოდგენისათვის ა. ვინოგრადოვის შრომიდან ნოვყუკეს  
საშუალო მონაცემები, რომლებიც მიღებულია მრავალრიცხოვანი  
ანალიზების საფუძველზე.

ქიმიური ელემენტების შემცველობა მცენარეში  
(მშრალი ნივთიერებიდან % —ობით)

ქანგბადი	— 70	ტიტანი	— 1.10 <sup>-4</sup>
ნახშირბადი	— 18	ფოსფორი	— 7.10 <sup>-2</sup>
წყალბადი	— 10	აზოტი	— 3.10 <sup>-1</sup>
წილიციუმი	— 1.5.10 <sup>-1</sup>	მანგანუმი	— 1.10 <sup>-2</sup>
ალუმინი	— 2.10 <sup>-2</sup>	გოგირდი	— 5.10 <sup>-2</sup>
ნატრიუმი	— 2.10 <sup>-2</sup>	ფტორი	— 1.10 <sup>-5</sup>
რკინა	— 2.10 <sup>-2</sup>	კლორი	— n.10 <sup>-2</sup>
კალციუმი	— 3.10 <sup>-1</sup>	ლითიუმი	— 1.10 <sup>-3</sup>
მაგნიუმი	— 7.10 <sup>-2</sup>	ბარიუმი	— n.10 <sup>-3</sup>
კალიუმი	— 3.10 <sup>-1</sup>	სერონციუმი	— n.10 <sup>-3</sup>
ქრომი	— 5.10 <sup>-4</sup>	ტყვია	— n.10 <sup>-4</sup>
ვანადიუმი	— 1.10 <sup>-3</sup>	დარიშხანი	— 3.10 <sup>-5</sup>
ოუბიდუმი	— 5.10 <sup>-3</sup>	ცეზიუმი	— n.10 <sup>-6</sup>
ციოკოზია	— 1.10 <sup>-3</sup>	მოლიბდენი	— 2.10 <sup>-5</sup>
ნიკელი	— 5.10 <sup>-3</sup>	სელენი	— n.10 <sup>-7</sup>
სპილენძი	— 2.10 <sup>-4</sup>	კადმიუმი	— n.10 <sup>-3</sup>
თუთია	— 3.10 <sup>-4</sup>	იოდი	— 1.10 <sup>-5</sup>
კობალტი	— 2.10 <sup>-5</sup>	ვერცხლის წყალი	— n.10 <sup>-1</sup>
ბორი	— 1.10 <sup>-4</sup>	რადიუმი	— n.10 <sup>-14</sup>

აღნიშნული ელემენტების ფიზიოლოგიურ როლზე მრავალ-  
რიცხოვანი გამოკვლევებია ჩატარებული, მაგრამ დადგენილი არ  
არის ყველა მათგანის მნიშვნელობა მცენარისათვის. დღეისათვის  
საბოლოოდ დადგენილად ჩაითვლება ის, რომ მცენარისათვის აუ-  
ცილებელია არა მარტო ე. წ. „ორგანოგენები“ — ქანგბადი, წყალ-  
ბადი, ნახშირბადი და აზოტი, არამედ კიდევ სხვა ექვსი ქიმიური  
ელემენტი — ფოსფორი, გოგირდი, კალიუმი, კალციუმი, მაგნიუმი  
და რკინა. როცა ისინი არაა, საკვებ ხსნარში მცენარე იღუპება. ასე-  
ვე უმნიშვნელო რაოდენობითაა აუცილებელი მცენარისათვის ე. წ.  
მიკროელემენტები — ბორი, თუთია, მანგანუმი, სპილენძი და მო-  
ლიბდენი. მიკროელემენტების შემცველ სასუქებს დღეისათვის  
იყენებენ მთელ რიგ შემთხვევებში.

უკანასკნელ ხანებში ჩატარებული გამოკვლევებიდან ჩანს,  
რომ მცენარეში შემავალი სხვა დანარჩენი ელემენტებიც მოქმედ-  
ებენ მასზე. ასეთია სილიციუმი, ალუმინი, ვახადიუმი, ნატრიუმი,  
კობალტი, გალიუმი; ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტები —

რადიუსი და ურანი; შესაძლებელია აგრეთვე დარიშხანი, ფტორი, იოდი. წიკელი და ზოგიერთი სხვა. მიკროელემენტების გამორიცხვა საკვებს არედან იწვევს მცენარის დაჩაგვრას, მაშინ როდესაც საკვებს ხსნარში მათი შეყვანა ზრდა-განვითარებას მნიშვნელოვნად აუწყობენებს. ამიტომ ლაპარაკობენ მცენარისათვის ამ ელემენტების სარგებლიანობის შესახებ, თუმცა მათი აუცილებლობა ჯერ კიდევ არაა დადგენილი. გამორიცხული არ არის შესაძლებლობა ვიფიქროთ, რომ მეცხიერების შემდგომი განვითარების შედეგად დადგინდება არა მარტო ქიმიური ცნობილი ყველა ელემენტის შემცველობა მცენარეში, არამედ მასთან ერთად მათი ბიოლოგიური მნიშვნელობაც, როგორც ამას ამტკიცებს აკად. ვ. ი. ვერნადსკის სკოლა.

საკვები ელემენტებიდან მცენარე ნახშირბადსა და ჟანგბადს ითვისებს ნახშირორჟანგის სახით ჰაერიდან ფოთლების საშუალებით და ნიადაგიდან ფესვების მეშვეობით, ხოლო წყალბადს — წყლიდან. რაც შეეხება N, P, S, Ca, Mg, Fe და მიკროელემენტებს, ისინი მცენარეში ხედებიან ნიადაგიდან ფესვების მეშვეობით, აგრეთვე ფოთლებზე მარილების ხსნარების მოსხურების შედეგად ბაგეების გზით. საკვებ ხსნარში ერთი რომელიმე მათგანის სრული უქონლობა იწვევს მცენარის დაღუპვას.

#### საკვები ელემენტების ფიზიოლოგიური როლი

მცენარისათვის აუცილებელი ყველა საკვები ელემენტის ფიზიოლოგიური როლი ჯერ კიდევ არ არის საბოლოოდ გარკვეული და შემდგომ გამოკვლევას მოითხოვს.

ნახშირბადი, წყალბადი და ჟანგბადი მცენარის მშრალი ნივთიერების 93 პროცენტზე მეტს შეადგენს. ისინი შედიან მცენარის ისეთ მთავარ შენაერთებში, როგორცაა ნახშირბადოვანი შენაერთები, ცილები, ცხიმები და სხვა. გარდა ამისა, ნახშირბადის, წყალბადისა და ჟანგბადის: შენეცივლი შენაერთები წარმოადგენენ სითბოს ენერგიის წყაროს მცენარეში. ნახშირბადოვანი შენაერთების დაჟანგვის შედეგად გამოიყოფა სითბოს ენერგია, რომელსაც მცენარე იყენებს მასში მიმდინარე ბიოქიმიური პროცესის წარმართვისათვის.

აზოტის მნიშვნელობა მცენარისათვის უპირველესად იმაში გამოიხატება, რომ ის შედის ცილების შემადგენლობაში. ცილა წარმოადგენს პროტოპლაზმის მთავარ შემადგენელ ნაწილს, ეს



უკანასკნელი კი მცენარეული, ცხოველური და მიკროორგანიზმების სიცოცხლის საფუძველია. უაზოტოდ არ არსებობს ცილა, უცილოდ პროტოპლაზმა, ხოლო უპროტოპლაზმოდ სიცოცხლე (დ. პრიანიშნიკოვი). აზოტის შემცველობა მცენარეულ ცილებში მერყეობს 16-დან 18 პროცენტამდე.

აზოტის მნიშვნელობა მცენარისათვის გამოიხატება იმაშიც, რომ ის შედის ქლოროფილის შედგენილობაში, რომელზედაც დამოკიდებულია მწვანე მცენარის ისეთი უდიდესი ფიზიოლოგიური პროცესი, როგორიცაა ფოტოსინთეზი.

აზოტი მცენარეში ვიტამინების შედგენილობაშიც შედის. ეს უკანასკნელი კი დიდ ფიზიოლოგიურ როლს ასრულებს. მცენარეში მოიპოვება ისეთი ვიტამინები, რომლებიც შეიცავენ აზოტს, ტიამინს, რიბოფლავინს, პერიდოქსანს, პანტონენის მჟავას, ნიკოტინის მჟავას და სხვ.

მცენარის შედგენილობაში შედის ცოცხალ უჯრედში ნივთიერებათა ცვლის მთავარი რეგულატორი ფერმენტები. აზოტის მნიშვნელობა მცენარეში იმაშიც მდგომარეობს, რომ ფერმენტი თავისი ქიმიური ბუნებით ეკუთვნის ცილოვან ნივთიერებებს, რომლებიც ხშირად დაკავშირებული არიან არაცილოვან შენაერთებთან.

აზოტი შედის აგრეთვე ნუკლეინის მჟავას შედგენილობაშიც, რომელიც წარმოადგენს უჯრედის ბირთვისა და პროტოპლაზმის მთავარ შემადგენელ ნაწილს.

მცენარის შედგენილობაში შემავალი ორგანული შენაერთები — ფოსფატიდები, ალკალოიდები და მრავალი გლუკოზიდა შეიცავენ აზოტს, რომლის გარეშე მათი წარმოქმნა შეუძლებელია.

ფოსფორი შედის პროტოპლაზმასა და უჯრედის ბირთვში. აზოტისაგან განსხვავებით, ის უშუალოდ არ შედის ცილების შემადგენლობაში. ფოსფორს შეიცავს ნუკლეინის მჟავები, რომლებიც მარტივ ცილებთან შეერთებისას, როგორც ფუძეები, წარმოშობენ რთულ ცილებს — ნუკლეოპროტეიდებს. მაშასადამე, ფოსფორი არსებობს რთული ცილების შედგენილობაში, ხოლო მარტივში — არა. რთული ცილები კი უჯრედის ბირთვის ქრომოსომების შედგენილობაშია.

ნუკლეოპროტეიდების შემცველობა იცვლება მცენარის ხნოვანების შესაბამისად — ახალგაზრდა მცენარეებში, მობერებულთან შედარებით, მათი რაოდენობა მეტია, ასევე მეტია ნუკლეოპროტეიდები ზედა ფოთლებში.

ფოსფორი შედის ცხიმისნაგვარ ნვთიერებაში — ფოსფატი-  
ლებში (ლეციტინი, კეფალინი და სხვ.). რომლებიც მცენარეული-  
და ცხოველური უჯრედების აუცილებელ კომპონენტებს წარმოად-  
გენენ. მათი შემცველობა მეტია თესლში, განსაკუთრებით მარცე-  
ლოვანებში. ახალგაზრდა ფოთლები მოხერებულთან შედარებით  
ნეტ ფოსფატილებს შეიცავს.

ფოსფორი არის ნახშირბადოვან შენაერთში — ფიტინში. რო-  
მელსაც მეტად დიდი ჰიგიენური და სამკურნალო მნიშვნელობა  
აქვს ადამიანისა და ცხოველებისათვის. ფიტინი წარმოადგენს ინო-  
ზინის ექვსატომიანი ალკოჰოლის ფოსფორის ეთერს. ყველაზე მე-  
ტი რაოდენობით ფიტინი შედის თესლში, სადაც იგი მარაგი ნივ-  
თიერების როლს ასრულებს.

ფოსფორი მცენარეში მოიპოვება აგრეთვე რაღაც რაოდენო-  
ბით არაორგანული ფორმით. ორთოფოსფორის მკვავას მარილებს  
სახით. თითქმის არც ერთი საკვები ელემენტი არ მონაწილეობს  
მცენარის სასიცოცხლო ფუნქციების მართვაში ისეთი ფართო მას-  
შტაბით, როგორც ფოსფორი. აკად. ვ. ენგელგარტი ფოსფორის  
შესახებ აღნიშნავდა: „ყოველდღიურად სულ მცირე და მცირე  
ხდება ისეთი ფიზიოლოგიური ფუნქციები, რომელთა განხორცი-  
ელებაში ფოსფორის მკვავა და მისი შენაერთები არ ღებულობდეს  
თავის უშუალო მონაწილეობას... შესაძლებელია შორს არ იყოს ის.  
დრო, როცა უჯრედის ბიოქიმიურ დინამიკას ჩვენ დავახასიათებთ  
როგორც ფოსფორის მკვავას შენაერთების ქიმიას“.

ფოსფორის მკვავა უშუალო მონაწილეობას ღებულობს დუ-  
ლილისა და სუნთქვის პროცესში, რადგან მათ საწყის ეტაპს წარ-  
მოადგენს ფოსფორის მკვავას შაქრებთან ურთიერთმოქმედებით  
ეთერების წარმოქმნა.

ფოტოსინთეზის პროცესი პირდაპირ კავშირშია ფოსფორის  
მკვავასთან, რადგანაც, თანამედროვე წარმოდგენით. ყველაზე უფ-  
რო შესაძლებელი ფოტოსინთეზის პირველად პროდუქტს წარმო-  
ადგენს ფოსფოროგლიცერინის მკვავა.

მცენარეში მიმდინარე ნახშირბადოვან ცვლაში ფოსფორის  
მკვავასთან შეერთებით აქტივდება ზოგიერთი ვიტამინის მონაწი-  
ლეობა. ასე, მაგალითად, ვიტამინი B (ტიამინი) განიცდის ფოსფო-  
რილებას, წარმოშობს კოკაიბოკაილას ფერმენტს. რომელიც  
იწვევს შუალედი შენაერთების დამლას ნახშირწყლების დაშლი-

სას — პიროვნების მკვლელობაში. ვიცამინი  $B_2$  ფოსფორილებული სა-  
ხით შედის სუნთქვის პროცესში მონაწილე ე. წ. „ვეითელი ფერ-  
ბენტის“ შედგენილობაში.

ფოსფორის მკვლელობა მონაწილეობს არა მარტო ნახშირწყლების  
დაშლაში, არამედ მათ წარმოქმნაშიაც. მცენარეში სახაროზას და  
სახამებლის წარმოქმნისათვის აუცილებელია ფოსფორის მკვლე-  
პოლისახარიდებისა და დისახარიდების მონოსახარიდებად დაშლა  
მიმდინარეობს უმთავრესად ფოსფორილების გზით.

აკად. ა. კურსანოვის გამოკვლევებით დადგენილ იქნა, რომ  
ნახშირწყლების გადანაცვლება მცენარეში ფოთლებიდან სამარაგო  
ორგანოებში წარმოებს ფოსფორის მკვლევას მონაწილეობით, რო-  
მელთანაც შაქრები წარმოშობენ ეთერებს და ასეთი სახით გადაი-  
ნაცვლებენ მცენარის ცოცხალ უჯრედებში.

ფოსფორს დიდი მნიშვნელობა აქვს აზოტიან ნივთიერებათა  
ცვლისათვის მცენარეში. ამით აიხსნება ის, რომ მცენარეში ფოს-  
ფორის ნაკლებობის შემთხვევაში სერიოზულად ირღვევა ცილე-  
ბის ცვლა. იგი განსაკუთრებით შეიმჩნევა აზოტით ჭარბად მომა-  
რაგების დროს. ფოსფორი საჭიროა მცენარისათვის მისი განვითარ-  
ების ადრეულ ეტაპზე. თუ მცენარეს ახალგაზრდა ასაკში აკლდა  
ფოსფორი, არ შეიძლება მისი განვითარება ნორმალურად წარი-  
მართოს, თუნდაც გვიან ფაზებში უზრუნველყოფილი იქნეს მით.  
ამ შემთხვევაში ფესვებში ირღვევა ამინომკვლეების წარმოქმნის  
პროცესი.

მცენარის ადრეულ პერიოდში ფოსფორით უზრუნველყოფის  
უდიდეს მნიშვნელობაზე ლაპარაკობს თესლთან ერთად ფოსფო-  
რიანი სასუქების შეტანის მაღალი ეფექტურობა. ფიქრობენ, რომ  
ფოსფორის მონაწილეობა დაკავშირებულია თესლის ცილებისა და  
ნახშირწყლების გარდაქმნასთან გაღვივების პროცესში. ამ მიმარ-  
თულებით აზოტი, პირიქით, უარყოფითად მოქმედებს თესლის  
აღმოცენების უნარზე, განსაკუთრებით ნახშირწყლებით ღარიბი  
თესლის შემთხვევაში. ფოსფორით ნორმალურად მომარაგება აძ-  
ლიერებს მცენარის გვალვაგამძლეობას, რაც უკანასკნელ ხანებში  
ახსნილი იქნა. აღმოჩნდა, რომ ფოსფორის გავლენით იზრდება უჯ-  
რედის სტრუქტურული ელემენტების წყლიანობის ხარისხი, ე. ი.  
იზრდება უნარი წყლის შენარჩუნებისა კოლოიდურად დაკავშირე-  
ბულ მდგომარეობაში. ეს კი ზრდის წინააღმდეგობას მცენარეებში

წყლის საერთო შემცველობის შემცირებაზე. ფოსფორის გავლენით იზრდება პროტოპლაზმის სიბლანტე და ელასტიურობა, რაც თავისთავად ამკრებს მის გამძლეობას გაუწყლოებისადმი.

ფოსფორი დიდ როლს ასრულებს გამრავლების პროცესში. რადგან სპერმატოზოიდი თითქმის მთლიანად შედგება ნუკლეინისაგან. მცენარის ორგანოებიდან ნუკლეოპროტეიდები უფრო მეტად მოიპოვება მზარდ და ემბრიონალურ ნაწილებში. თესლში ფოსფორის სიმკვავე წარმოდგენილია უმთავრესად ცილების ან ნახშირწყლების კომპლექსური შენაერთების (ნუკლეოალბუმინები, ფიტინი) სახით.

ფოსფორი აუცილებელია სახამებლის შაქრად გარდაქმნისათვის. ფიქრობენ, რომ ის მთავარ როლს თამაშობს აგრეთვე ცხიმების წარმოქმნასა და დაჟანგვის პროცესებში, ხელს უწყობს ფერმენტების დიასტაზის, ტრიფსინისა და ზიმაზის აქტივობის ზრდას. ფოსფორი ადიდება ნაყოფიერებას და აჩქარებს ნაყოფის მომწიფებას. ფოსფორით კვების გაუმჯობესების შედეგად საშემოდგომო კულტურებში მატულობს ყინვაგამძლეობა, ხოლო შაქრის ჭარხლის ძირებში ხელს უწყობს შაქრების, კარტოფილის ტუბერებში სახამებლის და მზესუმზირას თესლში ცხიმების დაგროვებას. ის მთავარ როლს თამაშობს მცენარის სუნთქვის პროცესშიც.

ფოსფორის უდიდესი მნიშვნელობა მცენარის ორგანიზმისათვის იმაში მდგომარეობს, რომ ის შედის პროტოპლაზმის კოლოიდების შემადგენლობაში და არსებითად უწყობს ხელს ალკოპოლურ დუდილს, რომელიც ენერგეტიკული პროცესების ძირითად საფუძველს წარმოადგენს.

ფოსფორს მცენარე ითვისებს ორთოფოსფორის მკვას მარილების —  $PO_4^{11}$  იონის სახით. ფიქრობენ, რომ მცენარეს შესწევს უნარი ფოსფორი შეითვისოს მეტაფოსფორის მკვას მარილებიდან და ორგანული შენაერთებიდან (ფიტინი, ცეროფოსფატი, ჰექსოფოსფატი, სახაროფოსფატი).

ფოსფორის მკვას მცენარეში გვხვდება ორგანული და მინერალური შენაერთების სახით. ფოსფორის მინერალური შენაერთები მცენარეში წარმოდგენილია კალიუმის, კალციუმისა და მაგნიუმის მარილების სახით. უფრო მეტად მცენარეში ფოსფორი გვხვდება ორგანულ შენაერთებში. ორგანული ფოსფორის შენაერთები უმთავრესად წარმოდგენილია ფოსფორის მკვას ეთერების სახით,

რომელთაგან აღსანიშნავია ფოსფატიდები. ფოსფორის საერთო და მისი ცალკეული ფრაქციების შემცველობა მნიშვნელოვნად იერყეობს მცენარის ბიოლოგიური თავისებურების, მისი განვითარების ფაზების, ფოსფორიანი კვების დონისა და სხვა ფაქტორებთან დამოკიდებულების მიხედვით. საერთო ფოსფორისა და მისი ცალკეული ფრაქციების შემცველობაზე წარმოდგენას იძლევა ქვემოთ მოყვანილი ცხრილი.

ცხრილი 1

ფოსფორის შენაერთების ფრაქციები	წითელი სამყურას თივა		ხორბლის თესლი		შვრიის თესლი	
	% მშრალ ნივთიერებაზე	% ფოსფორის საერთო რაოდენობიდან	% მშრალ ნივთიერებაზე	% ფოსფორის საერთო რაოდენობიდან	% მშრალ ნივთიერებაზე	% ფოსფორის საერთო რაოდენობიდან
საერთო ფოსფორი	0.554	100	1,904	100	1,810	100
არატორგანული "	0.070	13	0,384	20	0,370	20
ცილოვანი "	0,050	9	0,444	23	0,438	24
ფიტინის "	0,310	54	0,390	21	0,680	38
ფოსფატიდის "	0.050	9	0,134	7	0,162	9
სახაროფოსფატის "	0.084	15	0,552	29	0,160	9

როგორც მონაცემებიდან ჩანს, წითელ სამყურას თივას და შვრიას თესლში ჰარბობს ფოსფორი ფიტინის სახით. ხოლო ხორბლის მარცვალში კი სახაროფოსფატი. ცილოვანი ფოსფორი ხორბლისა და შვრიის მარცვალში უფრო მეტია, ვიდრე წითელი სამყურას თივაში. ფოსფორიანი კვების გაძლიერებამ შეიძლება მცენარეში შეცვალოს ფოსფორიანი შენაერთების შეფარდებაც. განვითარების პირველ ფაზებში მცენარეს ესაჭიროება მეტი ფოსფორი, ვიდრე გვიან. ამიტომ ფოსფორით მოჰარბებელი კვება მნიშვნელოვნად აჩქარებს ფენოფაზების გაღლას და მცენარე მომწიფებას ადრე აღწევს, ხოლო ძლიერი ნაკლოვანების შემთხვევაში ჩერდება განვითარება, ახალი ფოთლები და თესლი არ წარმოიქმნება; ფოთლებზე წარმოიშვება წითელი ლაქები, ნაპირებს ეტყობა მოგრეხა.

გოგირდი ცილების შემადგენლობაში შედის. ყველა ამინომჟავა არ შეიცავს გოგირდს. ცილებში არსებობს ორი ამინომჟავა, რომლებიც გოგირდს შეიცავენ. ესენია ცისტინი და მეთიონი.

ნიწი. ცილებში გოგირდის რაოდენობა მერყეობს 0,4 პროცენტიდან 2,8 პროცენტამდე. გოგირდი მოიპოვება აგრეთვე გლუტათიონში, რომელიც დიდ როლს თამაშობს მცენარეში მიმდინარე უანგვა-აღდგენის პროცესებში. ის შედის ჯვაროსანთა ოჯახის მცენარეების თესლის, მდოგვისა და ნივრის ზეთის შემადგენლობაში.

მცენარეს გოგირდი შეუძლია შეითვისოს მხოლოდ დეჟანგული სახით, ე. ი. გოგირდმჟავას მარილებიდან ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  და სხვა). მცენარეში შესული გოგირდის უმეტესი ნაწილი განიცდის აღდგენას და წარმოიშვება სხვადასხვა ორგანული შენაერთი. ხოლო ნაწილი რჩება გოგირდის მჟავას მარილების სახით; ამ უკანასკნელისაგან მცენარეში შეიძლება აღმოჩნდეს გოგირდმჟავა კალციუმი ( $\text{CaSO}_4$ ) კრისტალების სახით. გოგირდის აღდგენილი შენაერთები უმთავრესად ცილების შემადგენლობაშია.

გოგირდის რაოდენობა თესლსა და ფოთლებში მეტია, ხოლო ლეროებსა და ფესვებში — ნაკლები, რაც შეესაბამება ცილების გავრცელებას, რომელშიაც ის შედის.

გოგირდის შემცველობა სხვადასხვა მცენარეში საგრძნობლად იმერყეობს. ასე, მაგალითად,  $\text{SO}_3$  -ზე გადაანგარიშებით, ხორბლის მარცვალში ის შეადგენს მშრალი ნივთიერების 0,35-0,40 პროცენტს, მაშინ როდესაც კომბოსტოს ფოთლებში 2,05 პროცენტამდე აღწევს.

საერთო გოგირდის შემცველობა და ორგანული და მინერალური შემადგენლობის თანაფარდობა მოცემულია ქვემოთ (იხ. ცხრილი 2).

ცხრილი 2

კულტურის სახე	საერთო გოგირდი	მინერალური ფრაქცია
იონჯა (თივა) . . . . .	0,36	0,17
რაფსი . . . . .	0,42	0,05
პამიდორი . . . . .	0,42	0,23
კომბოსტო . . . . .	0,84	0,20

საკვებ ხსნარში გოგირდის სიმცირის ან არარსებობის დროს მცენარე აჩერებს ზრდა-განვითარებას, ფოთოლი გამჭვირვალე ან მთლიანად თეთრი ხდება.

კალციუმით განსაკუთრებით მდიდარია მცენარის ახალგაზ-

რდა ცხოველმყოფელი ორგანოები: მერისტემა, კვირტები. ასაღ-  
გაზრდა ფოთლები. კალიუმის შემცველობა პირველ ორ ნაწილში  
ნაცრის ელემენტების საერთო რაოდენობის 50-60 პროცენტს აღ-  
წევს, ხოლო ფოთლებში მერყეობს 30-60 პროცენტის ფარგლებ-  
ში; მობერებულ ნაწილებში, რომლებიც ღარიბია ცოცხალი ქსო-  
ვილებით, კალიუმის რაოდენობა მცირეა, უქლოროფილო უმდაბ-  
ლესი მცენარეულობის ნაცარში კი 60 პროცენტამდეა.

კალიუმს უფრო მეტად განვითარების პირველ სტადიაში იზ-  
ვისებს მცენარე, რომელშიაც ის უმთავრესად იონების სახით არსე-  
ბობს. კალიუმის ორგანული კომპლექსური შენაერთები მცენარე-  
ში აღმოჩენილი არ არის. უჯრედის შიგნით კალიუმი უმეტესად  
უჯრედის წვენშია, მაგრამ შედის პლაზმაშიც. აღსანიშნავია, რომ  
კალიუმი სრულიად არ არის უჯრედის ბირთვში, მის გარსსა და  
ქლოროპლასტებში.

კალიუმი მცენარეზე სპეციფიკურად მოქმედებს, ე. ი. შეუძ-  
ლებელია მისი მთლიანად შეცვლა სხვა რომელიმე კათიონით. თუმ-  
ცა ამჟამად დადგენილია, რომ კალიუმის ზოგიერთი ფუნქცია შე-  
იძლება ზოგიერთი მცენარისათვის შეიცვალოს ნატრიუმით და რუ-  
ბიდიუმით. ყოველ შემთხვევაში დღეისათვის ცნობილი მონაცემე-  
ბი მოწმობენ, რომ კალიუმის შეცვლა, ნაწილობრივ, შესაძლებელია  
ნატრიუმით, რასაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ამა თუ იმ კულ-  
ტურისათვის კალიუმთან სასუქების გამოყენების პრაქტიკისათვის.  
შაქრის ჭარხალში ნატრიუმს შეუძლია კალიუმი შეცვალოს უჯრე-  
დების კოლოიდების გაუწყობადობის მხრივ.

კალიუმს მცენარეში უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ასიმილაციი-  
სა და ნახშირწყლების გადანაცვლების პროცესისათვის, თუმცა მი-  
სი ფიზიოლოგიური როლი საბოლოოდ დადგენილი არ არის. ცნო-  
ბილია, რომ კალიუმის ნაკლებობა მცენარეში იწვევს სახამებლის  
წარმოქმნის შემცირებას. ორგანოები და ქსოვილები, რომლებშიც  
წარმოიქმნება და გროვდება ნახშირწყლები, ჩვეულებრივ, მდიდა-  
რია კალიუმით. ნახშირწყლების წარმოქმნაში კალიუმს კატალიზა-  
ტორის როლს აკუთვნებენ. მიუხედავად იმისა, რომ კალიუმი არ  
შედის ცილების შემადგენლობაში, ის მაინც დიდ როლს ასრულებს  
მათ წარმოქმნაში. უკანასკნელ ხანებში განსაკუთრებულ მნიშვნე-  
ლობას ანიჭებენ იმ ფაქტს, რომ ბუნებრივი იზოტოპებიდან მცენა-  
რეში კალიუმის სახით შედის რადიოაქტიური იზოტოპი  $K^{41}$ , რომ-  
ლის გამოსხივება სასარგებლოა მცენარისათვის, ზოგიერთი მკვლევ-  
არის შეხედულებით კი აუცილებელიცაა.

კალიუმით კვება დიდ როლს თამაშობს მცენარის მექანიკური თვისებების განვითარებაში, კერძოდ, ის იწვევს ღეროს გამაგრებას. მისი სიმციროს შედეგად მცენარე კარგავს სოკოვანი დაავადების წინააღმდეგ გამძლეობის უნარს.

კალიუმი გავლენას ახდენს აგრეთვე თესლის წარმოქმნაზე, ზრდის მის ნატურას. კალიუმის ნაკლებობის შემთხვევაში მცენარისაგან მიღებული თესლი წვრილია, ზოგჯერ მოუმწიფებელი, რომელიც აღმოცენების უნარს ადვილად კარგავს.

საკვებ ხსნარში კალიუმის სიმციროს დამახასიათებელი ნიშანია მცენარის ფოთლის ფირფიტაზე მურა ფერის წარმოშობა. ფოთლის ხმობა იწყება ნაპირებიდან, თუმცა მის ცენტრში მწვანე შეფერვა შენარჩუნებულია.

აღსანიშნავია, რომ კალიუმის, სხვა საკვები ხსნარის ელემენტებისაგან, კერძოდ კალციუმისაგან, იზოლირებულად, ცალმხრივ მოქმედება იწვევს მცენარის ფესვების მოწამვლას. ამიტომ მცენარის საკვებ არეში კალიუმსა და კალციუმს შორის განსაზღვრული თანაფარდობა ერთ-ერთ მთავარ პირობათაგანს წარმოადგენს კალიუმის დადებითი მოქმედებისათვის.

კალიუმის ნაკლებობისადმი გადიდებული მგრძობიარობა და კალიუმიან სასუქებზე მაღალ ეფექტს ავლენს სელი, თამბაქო, კარტოფილი, შაქრის ჭარხალი, საკვები ჭარხალი, იონჯა, ხანჭკოლა, სამყურა, მზესუმზირა და ბევრი ბოსტნეული კულტურა.

კ ა ლ ც ი უ მ ი, კალიუმისაგან განსხვავებით, უფრო მეტი რაოდენობით მოიპოვება მცენარის მობერებულ ნაწილებში. ის ყველაზე მცირეა თესლში, ხოლო ყველაზე მეტი — ფოთლებში.

კალციუმი მცენარეში მჟაუნის, ლიმონის, ვაშლისა და სხვა ორგანული მჟავეების მარილების სახითაა. ის გვხვდება აგრეთვე არაორგანული მჟავეების ფოსფორის, გოგირდისა და სხვ. მარილების სახით.

მცენარეთა დამოკიდებულება კალციუმისადმი ერთნაირი როდია. ასე, მაგალითად, ხავსი სფაგნუმი ვერ იტანს მას. ბაქტერიებსა და სოკოებს, როგორც ჩანს, ნაწილობრივ მაინც შეუძლიათ იარსებონ კალციუმის გარეშე.

კალციუმის რაოდენობა სხვადასხვა მცენარეში და მის ორგანოებში სხვადასხვაა (იხ. ცხრილი 3). <



## კალციუმის შემცველობა ხხვადახხვა მცენარეხა და მის ორგანოებში (შტუცერით)

კულტურის სახე	მოსავლის სახე	პერცენტული მასაში
საშემოდგომო ხორბალი	მარცვალი	0,07
	ჩალა	0,28
ქერი	მარცვალი	0,10
	ჩალა	0,39
ცერცველა	მარცვალი	0,22
	ჩალა	0,56
ხანკოლა	მარცვალი	0,28
	ჩალა	0,97

ცხრილიდან ჩანს, რომ კალციუმი უფრო მეტია ჩალაში, ვიდრე მარცვალში.

მცენარეში არსებული კალციუმის მთელი რაოდენობის 20-50 პროცენტი წყალხსნადია.

კალციუმის ფიზიოლოგიური როლის შესახებ ჩვეულებრივ აღნიშნავენ, რომ ის ანეიტრალურს ჰქონდა ორგანულ მყავებს. მართალია მცენარეში გროვდება მყაუნის, ლიმონისა და სხვა ორგანულ მყავათა კალციუმის მარილები, მაგრამ ჯერ კიდევ არ არის დამტკიცებული კალციუმი აცილებს ხსნარს ჰარბ ორგანულ მყავებს თუ, პირიქით, ორგანული მყავები აცილებს მას კალციუმს. ეს უკანასკნელი მით უფრო საფიქრებელია, რადგან ორგანული მყავები შეიძლება ისედაც დაიჟანგოს ნახშირორჟანგამდე და წყლამდე და, მაშასადამე, მცენარეს ამ გზითაც შეუძლია განთავისუფლდეს მისგან.

თუმცა კალციუმი არ შედის ქლოროფილის შედგენილობაში, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, მწვანე მცენარე უფრო მდიდარია მით უქლოროფილოსთან შედარებით. ასე, მაგალითად, კომბოსტოს გარეთა ფოთლები, რომლებიც ქლოროფილს შეიცავენ, უფრო მდიდარია კალციუმით, ვიდრე შიგნითა უქლოროფილო ფოთლები.

კალციუმი ხელს უწყობს მცენარის ფესვთა სისტემის განვითარებას. საკვებ ხსნარში კალციუმის უქონლობის დროს მცენარის ფესვთა სისტემა წყვეტს ზრდას, ლორწოვანი ხდება და იოლად ავადდება. თუ მცენარეში კალციუმი მცირეა, ფოთოლზე ჩნდება ნაწილობრივი ქლოროზი — ახალგაზრდა ფოთლებზე წარმოიშვება ნათელი ლაქები, მაშინ, როდესაც ძველი ჯერ კიდევ ნორმალური შეფერილობისაა.

ზოგიერთი ავტორის აზრით, კალციუმის ფიზიოლოგიური როლი უმაღლეს მცენარეებში მეტად მარტივია. ის ხელს უწყობს ცილების რეგენერაციას აზოტიდან ამინომჟავებამდე და ასპარაგინამდე. ცნობილია აგრეთვე ისიც, რომ კალციუმი ერთ-ერთი ელემენტია, რომელიც მუდამ გარკვეულ თანაფარდობაშია აზოტთან. მცენარის მოთხოვნილება კალციუმზე იწყება მისი განვითარების ყველაზე ადრეულ სტადიაში, თესლის გაღვივებიდან. ამ პერიოდში ის დიდ როლს თამაშობს მცენარეში მიმდინარე ნახშირწყლებისა და აზოტოვან ნივთიერებათა ცვლაში. კალციუმის ნაკლებობის შემთხვევაში მცენარის უჯრედში ფერხდება ნიტრატული აზოტის ამონიაკამდე აღდგენის პროცესი. ლიტერატურაში მოიპოვება მონაცემები, რომლებიც მიუთითებენ კალციუმის უდიდეს როლზე უჯრედის დაყოფის პროცესში.

კალციუმის სიმცირემ შეიძლება არაპირდაპირი გავლენა იქონიოს მცენარეზე იმით, რომ ხელი შეუწყოს ქსოვილებში სხვა ნივთიერებების მნიშვნელოვანი რაოდენობით დაგროვებას, რამაც მოსალოდნელია ზრდის ტემპი შეანელოს ან ავნოს მცენარეს.

კალციუმის მაღალმა შემცველობამ ნიადაგში, მაგალითად, ზოგიერთ კარბონატულ ნიადაგში, შეიძლება პირდაპირი უარყოფითი გავლენა არ იქონიოს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დიდ უმრავლესობაზე. მაგრამ მოსალოდნელია გამოამჟღავნოს არასასურველი მეორადი მოქმედება, შეამციროს მცენარეების მიერ ფოსფორის, მაგნიუმის, კალიუმის, ბორის, მანგანუმის, თუთიისა და სხვა ელემენტების შეთვისება.

კალციუმის შეტანა ძლიერ უწყობს ხელს იმ მცენარეების განვითარებას, რომლებიც იჩაგრებიან კვების არანორმალური პირობების გამო. კალციუმის კათიონი დიდ როლს თამაშობს ფიზიოლოგიურად გაწონასწორებული ხსნარის შექმნაში. კალიუმისა და მაგნიუმის ცალმხრივი სიჭარბე ადვილად შეიძლება გაუვნებელი იქნეს კალციუმის მარილებით. ასევე შესაძლებელია ჭარბი ამონიაკის უარყოფითი გავლენის აცილება საკვებ ხსნარში გოგირდმჟავა კალციუმის მიმატებით. მყავე ნიადაგებზე მცენარეები ხშირად იჩაგრებიან წყალბადიონების, ალუმინის, რკინის, მანგანუმის სიჭარბის გამო. მათი მავნე მოქმედება მცენარეზე ძლიერდება კალციუმის სიმცირის შემთხვევაში.

მაგნიუმი შედის ქლოროფილის შედგენილობაში. აღსანიშნავია, რომ ქლოროფილში არსებობს მაგნიუმის ის მცირე ნაწილი, რომელსაც საერთოდ მცენარე შეიცავს, უქლოროფილო მცე-

ნარეული ორგანიზმებიც საჭიროებენ მაგნიუმს. აშიტომ უნდა ვიფიქროთ, რომ მაგნიუმს მცენარეში კიდევ რაღაც სხვა ფუნქცია აქვს, რომელიც ჩვენთვის ჯერჯერობით უცნობია, და ქლოროფილის არსებობასთან არ არის დაკავშირებული. ფიქრობენ, რომ მაგნიუმი მცენარეში გარკვეულ როლს თამაშობს ცხიმების შექმნაში და, ხელს უწყობს ენზიმების გააქტივებას.

გარდა ამისა, კალციუმისაგან განსხვავებით, მაგნიუმის უფრო მეტი რაოდენობა მოიპოვება თესლში, ვიდრე ღეროში. ამის გამო ფიქრობენ, რომ მაგნიუმი მცენარეში ფოსფორის თანამგზავრია. აქედან ასკვნიან, რომ ფოსფორის მოძრაობა მცენარეში წარმოებს მაგნიუმის ფოსფორმჟავა პარილების სახით. მაგნიუმი კალციუმთან ერთად შედის ფიტინის შედგენილობაში. შესაძლებელია მაგნიუმი რაღაც გარკვეულ როლს თამაშობს ცხიმების წარმოქმნაში. ყოველ შემთხვევაში, ცხიმებით მდიდარი თესლი შედარებით მეტ მაგნიუმს შეიცავს, ვიდრე ცხიმების საშუალო რაოდენობის შემცველი. ასე, მაგალითად, ცხიმით მდიდარი მცენარეების თესლის ნაცარში მაგნიუმის რაოდენობა 12,87 პროცენტს უდრის საშუალოდ, ხოლო სახამებლით მდიდარ მცენარეებში — 8,47 პროცენტს.

მაგნიუმის სიმცირე ხშირად შენიშნულია მწირ ნიადაგებში, რომლებშიც მცირე რაოდენობითაა აგრეთვე კალციუმი. მაგნიუმის ნაკლებობა შეიძლება გამოწვეული იყოს ნიადაგის ცალმხრივი განოყიერებითაც. მაგალითად, კალიუმიანი სასუქების გამოყენებით.

მცენარის ორგანოებში მაგნიუმის განაწილებაზე წარმოდგენას ვკაძლევს ცხრილი 4.

ცხრილი 4

მაგნიუმის, კალციუმისა და კალიუმის შემცველობა შვრიის ღეროში, ფოთლებსა და თავთავში (გრამობით კილოგრამ მშრალ ნივთიერებაზე)

ელემენტთა დასახელება	ღერო	ფოთოლი	თავთავი
MgO . . . . .	16,6	37,6	46,4
CaO . . . . .	14,8	68,0	17,2
K <sub>2</sub> O . . . . .	51,0	38,8	10,2

როგორც ვხედავთ, შერიის თავთავში მაგნიუმი უფრო მეტი რაოდენობითაა, ვიდრე კალციუმი და კალიუმი, ხოლო ამ უკანასკნელთა შემცველობას კალციუმი ქარბობს ფოთლებში. ღეროში კი კალიუმი მეტია მაგნიუმსა და კალციუმთან შედარებით.

რკინის როლი მცენარეში საკმაოდ არ არის გარკვეული. ის ქლოროფილში არ შედის, მაგრამ მისი მონაწილეობა ამ უკანასკნელის წარმოქმნაში უეჭველია. ფიქრობენ, რომ რკინა ასრულებს კატალიზატორის როლს აზოტიან ნივთიერებათა დაჟანგვაში, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ქლოროფილი. რკინა იმყოფება უმთავრესად ახალგაზრდა, პროტოპლაზმით მდიდარ მცენარის ნაწილებში. მცენარეს შეუძლია რკინა შეითვისოს არა მარტო იონების, არამედ კომპლექსური შენაერთების სახითაც. გარდა ამისა, ის ერთნაირად ითვისებს რკინის როგორც ქანგის, ისე ქანგეულის მარილებს.

რკინას დიდი მნიშვნელობა აქვს სუნთქვის პროცესში. ის შედის სუნთქვის ფერმენტების შედგენილობაში.

მცენარეში აქტიური რკინა იმყოფება ორგანული შენაერთების სახით და განუწყვეტლივ ხდება მისი გადანაცვლება სიცოცხლის უნარიან ორგანოებისაკენ. მცენარეში რკინის შემცველობა მცირეა, მისი რაოდენობა, ჩვეულებრივ, მეასედ პროცენტს არ აღემატება. ამიტომ ზოგჯერ რკინას მიკროელემენტებს აკუთვნებენ.

ნიადაგი ჩვეულებრივ დიდი რაოდენობით შეიცავს რკინას და მცენარე მის სიმცირეს იშვიათად განიცდის. რკინის ნაკლებობას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს მხოლოდ კირით მდიდარ ნიადაგებში, სადაც ის ძნელად ხსნად შენაერთებში (რკინის კარბონატები, ჰიდრატი და ფოსფატები) გადადის და მცენარე მას ვეღარ იყენებს.

რკინის ნაკლებობა მცენარეში მქდავენდება ფოთლების გაყვითლებით, რომელსაც ქლოროზი ეწოდება. ქლოროზით მეტად ზიანდება ვაზი, ყვითელი და მწვანე ხანჭკოლა, სერადელა, წიწვოვანები, აკაცია, კაკალი, ალუბალი, ბალი, მსხლისა და ვაშლის ზოგიერთი ჯიშები. ქლოროზი გამოწვეული რკინის ნაკლებობით შეიძლება გამოქდავენდეს აგრეთვე კალიუმის სიმცირის, ანდა კარბონატული ნიადაგების ფოსფორიანი სასუქებით ქარბად გამოყენების შემთხვევაში. ქლოროზი შეინიშნება აგრეთვე ნიადაგში მცენარისათვის შესათვისებელი მანგანუმის, თუთიისა და სპილენძის სიჭარბის შემთხვევაში. ქლოროზი შეიძლება გამოწვეულ იყოს

იმით, რომ მცენარე ვერ ითვისებდეს მას ნიადაგიდან საკმაო რაოდენობით, აგრეთვე იმითაც, რომ რკინის მნიშვნელოვანი რაოდენობა იმყოფება შენაერთებში, რომლებიც შეუთვისებელია ნივთიერებათა შინაგანი ცვლისათვის მცენარეულ უჯრედებში. შენიშნულია, რომ ქლოროზიან ფოთლებში დიდი რაოდენობითაა რკინა, ხოლო მცირეა მისი ხსნადი ფორმა. ასეთი ფოთლების ქიმიური ანალიზები აბტყიებენ, რომ მათში ნაკლები რაოდენობითაა კალციუმი, ხოლო დიდია კალიუმის შემცველობა. პრაქტიკაში კარით გამოწვეული ქლოროზის თავიდან აცილება ძალზე ძნელი ხდება. ნაკელისა და სხვა ორგანული სასუქების ნიადაგში შეტანით შეიძლება მიღწეული იქნეს მცენარის მომარაგება შესათვისებელი რკინით. ბალახების თესვა ქლოროზით დაავადებული ვაზებისა და ხეხილის ბაღების რიგთაშორისებში და მათი რეგულარული მოთიბვა მწვანე სასუქად მნიშვნელოვნად ანელებს ქლოროზით დაავადებას, მაგრამ ეს წესი ყოველთვის არ იძლევა სასურველ შედეგებს. მრავალწლიანი ბალახების თესვა ურწყავ რაიონებში იწვევს ძირითადი კულტურების წყლის რეჟიმის მნიშვნელოვან გაუარესებას, რის შედეგადაც მცენარეები ძალზე იჩაგრებიან და მოსავალი ეცემა. უნდა ვიფიქროთ, რომ ქლოროზის წინააღმდეგ ბალახების თესვა დადებით შედეგს მოგვცემს სარწყავ რაიონებში, სასუქების ნაღალი დოზებით შეტანისას, ამასთან საჭიროა მწკრივთაშორისებში ბალახები დაითესოს მწკრივის ერთ მხარეზე მორიგეობით. მოთიბული მწვანე მასა კი საჭიროა პირველ წელს გამოყენებულ იქნეს მულჩად მწკრივის დამუშავებულ მხარეზე, მეორე წელს კი ჩაიხნას ნიადაგში. ქლოროზის წინააღმდეგ იყენებენ აგრეთვე რკინის ხულფატის, ლიმონჰეავა რკინის, ლეინისმეავა რკინის ხსნარების მოსხურებას. მცენარის ფოთლებზე ან უკანასკნელი ორი მარლის კვერაკების მცენარის კანში მოთავსებით. გარდა ამისა. ნიადაგში შეაქვთ რკინის სილიკატები, რომლებიც მცენარეს ამარაგებს რკინით (კარბონატულ ნიადაგებზეც კი).

ზოგჯერ რკინა შესაძლებელია შევიდეს მცენარეში, მაგრამ არსებითი გავლენა არ იქონიოს ქლოროზის ინტენსივობაზე, რადგან უჯრედის წინის ნეიტრალურ და ტუტი რეაქციის გამო შეიძლება გადავიდეს მცენარეშივე უხსნად ფორმებში და უჯრედის ნივთიერებათა ცვლაში არ მიიღოს მონაწილეობა, ან მოსალოდნელია ადგილი ჰქონდეს იმასაც, რომ ქლოროზი გამოწვეული იყოს არა მარ-

ტო რკინის ნაკლებობით, არამედ ამასთან ერთდროულად სხვა მიკროელემენტების ნაკლებობითაც მცენარეში. ნიშანდებული რკინის გამოყენებით ჩვენ მიერ ვუხრანის სასწავლო მეურნეობაში ჩატარებული ცდებით დადგინდა, რომ რკინა ნორმალურად შედიოდა ქლოროზით დაავადებულ ვაზებში, მაგრამ ქლოროზი ოდნავადაც არ შემცირებულა. ჩვენი აზრით, ეს იმით უნდა აიხსნას, რომ ვაზის ქლოროზი კარბონატულ ნიადაგებზე არ არის გამოწვეული მარტო რკინის ნაკლებობით, არამედ შეიძლება შედეგი იყოს ერთდროულად მანგანუმის, თუთიისა და სხვა მიკროელემენტების ნაკლებობისა. ქლოროზის ნიშნები მცენარეში, როგორც ამაზე მიუთითებს რასელი, შეიძლება გამოწვეული იყოს კობალტის, ჰპილენძის, ქრომის, თუთიისა და მანგანუმის ზსნადი ფორმების სიჭარბითაც ნიადაგში. მაგრამ ასეთ შოვლენას კარბონატულ ნიადაგებზე ადგილი არ უნდა ჰქონდეს, რადგან მათში აღნიშნული ელემენტები ძალზე მცირე რაოდენობით მოიპოვებიან მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში. მეყვე ნიადაგებზე ზემოთ აღნიშნული ელემენტების სიჭარბით გამოწვეული ქლოროზი შეიძლება თავიდან ავიცილოთ მოკირიანებით.

ამა თუ იმ მიკროელემენტის ნაკლებობის შევსება ზოგჯერ ვერ ხერხდება მათი ნიადაგში შეტანით. ხშირად უფრო ეკონომიურია ფოთლებზე მოსხურება, ანდა ამ ელემენტების შემცველი კვებაების მცენარის კანში მოთავსება. მიკროელემენტების ნაკლებობა ხშირად შენიშნულია ისეთ ნიადაგებზე, რომლებშიც მათი საერთო რაოდენობა დიდია, მაგრამ ზსნადი ფორმები ძალზე მცირეა. ყველა მიკროელემენტის შესათვისებლობის გადიდება, მოლიბდენის გარდა, შეიძლება ნიადაგის მეავიანობის რაიმე გზით გაზრდით. ე. რასელი მიუთითებს, რომ ამ მიზნით შეიძლება გამოყენებული იქნეს ელემენტარული გოგირდი, ამ უკანასკნელის მცენარის ფესვთა სისტემის ზონაში შეტანით. ამ მიმართულებით ჩვენ მიერ ჩატარებულმა ცდებმა ქლოროზით დაავადებულ ვაზებზე საკმაოდ დამაჯერებელი შედეგები მოგვცა. ქლოროზით დაავადებული ვაზების ძირითადი ფესვთა სისტემის გავრცელების ზონაში, ნიადაგის კარბონატობის ექვივალენტური რაოდენობით გოგირდის შეტანამ გამოიწვია ხუთი წლის განმავლობაში ქლოროზის სრული ლიკვიდაცია. მაგრამ გოგირდის შეტანიდან აღნიშნული დროის გავლის შემდეგ ვაზებზე კვლავ შეინიშნებოდა დაავადება, რაც შემდგომში თანდათანობით გაძლიერდა.

მიკროელემენტების ნაკლებობის დამახასიათებელია ის, რომ მისი ნიშნები იცვლება წლების მიხედვით. ამავე დროს ამინდიც გაკვეთულ გავლენას ახდენს მიკროელემენტების შეთვისების ინტენსივობაზე. ეს მოვლენა შეიძლება ახსნილი იქნეს სხვადასხვა წლებში მიკროელემენტებზე მცენარის არაერთნაირი მოთხოვნილებით ან ნიადაგში არსებული მიკროელემენტების განსხვავებული ხსნადობით. საინტერესოა ისიც, რომ წლის განმავლობაში მიკროელემენტების ნაკლებობის გარეგანი ნიშნები შეიძლება შეიცვალოს მცენარის განვითარების ფაზების მიხედვით. მცენარის მიერ მიკროელემენტების გაძლიერებული შეთვისების ფაზებში მათი ნაკლებობის გარეგანი ნიშნები მკვეთრად მკლავნდება, მაგრამ მას შემდეგ, როცა მცენარე ნაკლებად ითვისებს ამ ელემენტებს, მაშინ ნაკლებობის გარეგანი სიმპტომები ძალზე შესუსტებულია ან თითქმის სრულიად არ არის. ასეთ მოვლენას ადგილი აქვს ვაზის ქლოროზის შემთხვევაში. თუ ვაზის ქლოროზის გამომწვევ მიზეზად ჩავთვლით მიკროელემენტებით კვების დარღვევას კარბონატულ ნიადაგებზე, მაშინ ასეთი კანონზომიერება შეიძლება იოლად იქნეს შენიშნული. ვაზის ქლოროზის ინტენსივობა იცვლება წლებისა და მცენარის განვითარების ფაზების მიხედვით. ზოგიერთ წელს ვაზის ქლოროზის ნიშნები ძალზე შესუსტებულია, ხოლო ზოგ წელს განსაკუთრებით ძლიერადაა გამომყდარებული. ჩვენმა დაკვირვებებმა გვიჩვენეს, რომ წლების მიხედვით ვაზის ქლოროზი ძლიერდება მცენარის დატვირთვის გაძლიერებამ შესაბამისად. მოცემული წლის განმავლობაში კი ქლოროზის ინტენსივობა იცვლება მცენარის განვითარების ფაზების მიხედვით. ქლოროზი ძლიერდება ყვავილობისა და მარცვლების დამსწვილების ფაზაში, შემდგომში კი თანდათანობით იკლებს, ხოლო შემოდგომით ძალზე შენელებულია.

მიკროელემენტებს, რომლებიც მცენარეს მეტად მცირე რაოდენობით ესაჭიროება, ეკუთვნიან: ბორი, მანგანუმი, სპილენძი, თუთია, მოლიბდენი და სხვ.

ბორი; საჭიროა ყველა მცენარის ნორმალური ზრდისათვის. ის გავლენას ახდენს პარკოსანი მცენარის ფესვებზე არსებული კოქრების განვითარებაზე. შენიშნულია აგრეთვე ბორის დადებითი გავლენა თამბაქოს ზრდა-განვითარებაზე, მოჭარბებული აზოტოვანი კვების პირობებში. ბორის ნაკლებობის გამო შაქრის ჭარხალი

ავადდება გულის სიდამპლით, ხოლო ხელის კულტურაში იწვევს ბაქტერიოზს. ბორის ნაკლებობის ყველაზე დამახასიათებელ ნიშანს წარმოადგენს ზრდის წერტილის ხმობა, აგრეთვე ნახშირწყლების რაოდენობის ზრდა ფოთლებში, ხოლო სხვა ორგანოებში — შემცირება.

ბორის ნაკლებობა აუცილებლად არ მიუთითებს მის სიმცირეზე ნიადაგში. ის შეიძლება იყოს ნიადაგში, მაგრამ მცენარისათვის ძნელად შესათვისებელ ფორმებში არსებობდეს. ბორის ნაკლებობა შენიშნულია კარბონატულ და ქარბად მოკირიანებულ ნიადაგებზე, რაც უფრო მეტად მელავნდება მშრალ ამინდში. დადგენილია, რომ ბორის ნაკლებობა არ შეიძლება აცილებული იქნეს მცენარეზე ბორის მკურნალობით, რადგან მისი ოდნავ ქარბი რაოდენობა იწვევს მცენარის განვითარების შეფერხებას. ფესვგარეშე გამოკვების მიზნით ძირითადად გამოიყენება ბურა.

ბორი კარგად მოქმედებს ქარბად მოკირიანებულ ნიადაგზე. ზოგჯერ ის ტოქსიკურ მოქმედებასაც იჩენს, მეტადრე გვალვიან წლებში. ამერიკაში შენიშნულია ლიმონის, ფორთოხლისა და ვაზის ფოთლების ცვენის შემთხვევები იმ ნიადაგებზე, რომლებიც ხშირად ირწყვებოდა მოტბორვით, ბორის დიდი რაოდენობის შემცველი წყლით. ვირჯინიის შტატში საზიანო მოქმედება გამოიწვია ისეთმა ნაკელმა, რომელიც დამუშავებული იყო ბორაკით.

ნიადაგში ბორის უქონლობის ან ნაკლებობის დროს თამბაქოსა და პამიდორის ბოლო კვირტები კვდება. ბორი გავლენას ახდენს ფოთლებიდან შაქრების გადაადგილებაზე. ის მცენარის მხოლოდ მიწისზედა ნაწილებში შედის. გამონაკლისს წარმოადგენს კარტოფილი, რომლის ტუბერები მეტი რაოდენობით ბორს შეიცავს, ვიდრე ფოთლები და ღეროები.

ბორი ხელს უწყობს ნახშირწყლების უკეთ ცვლას და დადებითად მოქმედებს მათ გადანაცვლებაზე მცენარეში.

შკოლნიკიკის და სტეკლოვას აზრით, ნივთიერებათა ცვლაზე ბორის გავლენის ერთ-ერთი მხარე იმაში მდგომარეობს, რომ ის აუმჯობესებს მცენარის ფესვთა სისტემის ჟანგბადით მომარაგებას. ბორი აძლიერებს მცენარეში სუნთქვის აღდგენის ფაზას. დადგენილია აგრეთვე, რომ ის გავლენას ახდენს მცენარეში ზოგიერთი კათიონის შესვლაზე. ბორის სიმცირის შემთხვევაში მცენარეებში არასაკმარის რაოდენობით შედის კალციუმი, რითაც მცირდება აგრეთვე სხვა კათიონების შესვლა. ბორის და კალციუმის ფიზიოლოგიურ



დამოკიდებულებაზე ლაპარაკობს ის ფაქტიც, რომ ზოგიერთი სო-  
კო და წყალმცენარე, რომლებიც არ საკიროებენ კალციუმს, არ  
შეიცავენ ამავე დროს ბორსაც.

ბორი დიდ გავლენას ახდენს იონჯის და სხვა მცენარეების  
თესლის პროდუქციაზე ეწერ ნიადაგებზე.

ბორის შემცველობა სხვადასხვა მცენარეში სხვადასხვანაირია.  
ასე, მაგალითად, სიმინდის ჩალა — 0,019 პროცენტ, შვრიის მარც-  
ვალი — 0,010 პროცენტ, ხორბლის მარცვალი — 0,0085 პრო-  
ცენტ ბორს შეიცავს (შშრალ ნივთიერებაზე გადაანგარიშებით).

დადგენილია, რომ ბორის სიმკვების მცირე დოზები იწვევს  
ზრდის სტიმულაციას. მაგალითად, მისი ერთი წილი 50 მილიონ  
წილ წყალზე საკმარისია ქერისა და ბარდის ზრდის გარკვეული  
სტიმულაციისათვის.

მ ა ნ გ ა ნ უ მ ი ც აუცილებელია მცენარისათვის. მისი დიდი  
რაოდენობა უარყოფითად მოქმედებს მასზე. მანგანუმი შედის  
ფერმენტ ოქსიდაზის, არგინაზას, ანოლაზას, კარბოქსილაზას შე-  
მადგენლობაში. ფიქრობენ, რომ ის არსებობს იმ ფერმენტების  
შემადგენლობაში, რომლებიც ხელს უწყობენ პროტეინის წარ-  
მოქმნას მცენარეში. ამიტომ მანგანუმი დიდ გავლენას ახდენს მცე-  
ნარეში აზოტის ცვლაზე. მანგანუმი აუცილებელია ფოტოსინთე-  
ზის პროცესისათვის, კერძოდ ქლოროფილის წარმოქმნისათვის.  
მისი სიმცირე იწვევს ფოთლების გაყვითლებას.

შენიშნულია, რომ მანგანუმი და რკინა ურთიერთ გავლენას  
ამჟღავნებენ. ცდებით მტკიცდება, რომ მანგანუმი არსებით გავ-  
ლენას ახდენს რკინის დაჟანგვა-აღდგენით პროცესზე. მანგანუმის  
სიკარბის შემთხვევაში რკინა მთლიანად იჟანგება, არააქტიური  
ხდება, რაც იწვევს ქლოროზს. მანგანუმის ნაკლებობის შემთხვე-  
ვაში კი უჯრედებში არსებული რკინის დიდი ნაწილი რჩება უან-  
გულს ფორმაში, რომელიც მომწამვლელად მოქმედებს უჯრედებ-  
ზე. ამიტომ უჯრედებში რკინის მდგომარეობაზე ზემოქმედება მან-  
განუმის მთავარ ფიზიოლოგიურ როლს წარმოადგენს. რკინისა  
და სპილენძისაგან განსხვავებით, მანგანუმი არაა ცილებთან კავშირ-  
ში. ის არ შედის უშუალოდ ფერმენტის შედგენილობაში, მაგრამ  
ამავე დროს წარმოადგენს აუცილებელს მთელი რიგი ფერმენტუ-  
ლი სისტემის აქტივობისათვის. მანგანუმი ასეთ როლს ასრულებს  
ისეთი ფერმენტების მიმართ, როგორიცაა კარბოქსილაზა, ფოსფა-  
ტაზა, პეპტილაზა.

ზოგიერთი მონაცემის თანახმად მანგანუმს მიეკუთვნება აქტიური როლი აზოტის ასიმილაციის პროცესში. ეს განსაკუთრებით მელანდნება ნიტრატებით კვების შემთხვევაში, რომელიც მანგანუმის ნაკლებობისას მცენარეში არ აღდგება. მანგანუმის ნაკლებობაზე რეაქცია მელანდნება მცენარის განვითარების ადრეულ ფაზებში. შენიშნულია აგრეთვე მანგანუმის მნიშვნელობა მცენარის ფესვების უანვბადით მომარაგებაში.

მანგანუმის ნაკლებობა შეიძლება შენიშნული იქნეს კარბონატულ ან ახლად მოკირიანებულ ნიადაგებზე, განსაკუთრებით გრუნტის წყლების მაღალი დონის შემთხვევაში. მისი ნაკლებობა შენიშნულია აგრეთვე ნეიტრალურ ქვიშნარ და მსუბუქ თიხნარ ნიადაგებზეც. მანგანუმის ნაკლებობა შეიძლება გამოწვეული იყოს ორგანული ნივთიერებით მდიდარ ქვიშნარ-წყერი ნიადაგების ჰარბი მოკირიანებით. იშვიათად ან თითქმის სრულიად არ არის შენიშნული მანგანუმის ნაკლებობა მყავე, ნიადაგებზე. მრავალი კულტურა მგრძნობიარეა მანგანუმის ნაკლებობის მიმართ, კერძოდ, მარცვლოვანებიდან შვრია, ხოლო სხვა კულტურებიდან კარტოფილი, ბარდა, ხეხილოვანი მცენარეები და ტუნგო; ნაკლებად მგრძნობიარეა ცერკვი. შვრიის შემთხვევაში მანგანუმის გარეგანი ნაკლებობა მელანდნება ნაცრისებრი ლაქების, ხოლო შაქრის ჰარხალზე სიყვითლის სახით.

მანგანუმის ნაკლებობას განიცდიან ის კულტურები, რომლებიც იზრდებიან ხსნადი მანგანუმით ლარიბ ნიადაგებზე. მიზეზები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ნიადაგში მანგანუმის შესათვისებლობაზე ჭერ კიდევ არაა საკმარისად შესწავლილი. შესაძლებელია, რომ მარტო ორვალენტოვანი მანგანუმია მცენარისათვის შესათვისებელი, ხოლო ოთხვალენტოვანი არა. მაგრამ ორვალენტოვანი მანგანუმის გადასვლა ოთხვალენტოვანში გამოწვეულია ნიადაგის ტუტე რეაქციით. ამიტომ მანგანუმის შესათვისებლობაზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის pH. რამდენადაც მყავეა ნიადაგი, მით უფრო შესათვისებელია მანგანუმი. და მართლაც მთელ რიგ შემთხვევებში შენიშნულია, რომ ძლიერ მყავე ნიადაგებზე მანგანუმის ხსნადი ფორმების დიდი რაოდენობა ტოქსიკურად მოქმედებს მცენარეზე. მანგანუმის ნაკლებობის შემსუბუქება კარბონატულ ნიადაგებზე შეიძლება ნიადაგის გოგირდით ან გოგირდმყავა ამონიუმით შემყავების გზით.

ფ. ც. გერეტსენის გამოკვლევებით მანგანუმის ნაკლებობის მიზეზი შეიძლება იყოს ნიადაგის ბაქტერიები, სახელდობრ რიზოფეროს მიკროორგანიზმები, რომლებიც იწვევენ შემწოვ ფესვთა სისტემის გავრცელების ზონაში ორვალენტოვანი მანგანუმის დაქანგვას და ოთხვალენტოვანის წარმოშობას.

მანგანუმის ნაკლებობა შეიძლება თავიდან იქნეს აცილებული მცენარეზე მანგანუმის სულფატის ხსნარის მოსხურებით.

მანგანუმი მცენარეში შემდეგი რაოდენობით გვხვდება: სელის თესლში — 0,0038 პროცენტი, ხანჭკოლის თესლში — 0,0678 პროცენტი, კენაფში — 0,0165 პროცენტი, ისპანახის მიწისზედა ნაწილში — 0,0141 პროცენტი. მანგანუმით განსაკუთრებით მდიდარია ქაობის მცენარეები და წყალმცენარეები.

სპილენძი. ფიქრობენ, რომ სპილენძი წარმოადგენს ისეთ ელემენტს, რომელიც მცირე რაოდენობით აუცილებელია მცენარისათვის. ახლად ათვისებულ ქაობიან-ტორფიან ნიადაგებზე მცენარე თესლს არ იძლევა, რასაც ხსნიან სპილენძის ნაკლებობით. მისი (მაგალითად, გოგირდმჟავა სპილენძის) შეტანით სწრაფად ქრება ამ ნიადაგების უარყოფითი თვისება. სმიტის გამოკვლევებით, ახლად ამომშრალი ტორფები შეიცავენ ტოქსინებს, რომლებიც სპილენძის გავლენით გამოილექება და უვნებელი ხდება. ამიტომ სპილენძის შემცველ სასუქებს ფართოდ იყენებენ ტორფიან ნიადაგებზე.

სპილენძი შედის დამყანგველ ფერმენტ პოლიფენოლ ოქსიდაზაში, რომელიც წარმოქმნის პროტეინს და შეიცავს 0,3 პროცენტ სპილენძს. ის ხელს უწყობს მცენარეში დაქანგვა-აღდგენის პროცესებს.

სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურა 5-10 მილიგრამ სპილენძს შეიცავს 1 კილოგრამ მშრალ ნივთიერებაზე.

თუთია ხშირად მცენარის მოზარდი ნაწილების შემადგენლობაში გვხვდება. ის აუცილებელია საფუარების ნორმალური განვითარებისათვის. მისი მოქმედებით დუღილი ძლიერდება, ნახშირწყლებსა და აზოტს მცენარე უფრო ეკონომიურად იყენებს. თუთიას დიდი მნიშვნელობა აქვს განოციერების პროცესისათვის. ის მონაწილეობს უჯრედის სუნთქვის პროცესში. სუნთქვის ფერმენტი კარბონპიდრაზა შეიცავს 0,31-0,34 პროცენტ თუთიას.

შენიშნულია, რომ მცენარეებზე მთელი რიგი დაავადებები წარმოიშობა თუთიით არასაკმარის მოპარაგების შედეგად. განსა-

კუთრებულ მოთხოვნილებას თუთიაზე ამეღვენებს ხე-მცენარეები. მაგალითად, ტუნგოს ბრინჯაოს მადგარი დაავადება, ფოთლის დაპატარავება, ფოთლების ყვითელი ლაქიანობა, ნაყოფთა სიმახინჯე და დეფორმაცია, წვრილნაყოფიანობა ციტრუსების, კურკოვანებისა და თესლოვანი ჭურებისათვის, დაკავშირებულია თუთიით მცენარის არასაკმარის უზრუნველყოფასთან. არსებობს მონაცემები აგრეთვე იმაზე, რომ თუთიის ნაკლებობა შეიძლება გამოწვეული იყოს ნიადაგის მიკროორგანიზმების მეშვეობით, რომლებიც კონკურენციას უწევენ მცენარეს ხსნადი თუთიის ნიადაგში მცირედ არსებობის გამო.

თუთიის მარილების ნიადაგში შეტანა და ფოთლებზე მოსხურება იწვევს ზემოთ დასახელებული დაავადებების თავიდან აცილებას, მაგრამ დღევანდლამდე დადგენილი არ არის, თუ ეს ეფექტი რამდენადაა დაკავშირებული ანჰიდრაზის აქტივობასთან, რომლის შემადგენლობაშიც შედის თუთია.

მოლიბდენი. უკანასკნელ ხანებში დადგენილ იქნა, რომ ზოგიერთი მცენარის განვითარებისათვის აუცილებელ მიკროელემენტს წარმოადგენს მოლიბდენიც. ის სხვა დანარჩენ მიკროელემენტებისაგან იმით განსხვავდება, რომ მის გარეშე ნორმალურად ვითარდება მცენარე თუ საკვებ ხსნარში აზოტი მოიპოვება ამონიაკის სახით. მაგრამ თუ აზოტი ნიტრატების სახითაა, მაშინ მცენარე მოლიბდენის გარეშე ვერ ვითარდება. ფიქრობენ, რომ მოლიბდენი შედის იმ ენზიმების შედგენილობაში, რომლებიც იწვევენ აზოტის ნიტრატული ფორმების გადაყვანას ამონიაკში.

პარკოსანი მცენარეები მოლიბდენის გარეშე ვერ ახდენენ ატმოსფეროს აზოტის ფიქსაციას. წყლის კულტურებზე მისი დადებითი მოქმედება შენიშნული იყო იონჯაზე, სამყურაზე, პამიდორსა და სხვა კულტურებზე.

პარკოსანი მცენარეები მოლიბდენის ნაკლებობას განსაკუთრებით განიცდიან მჟავე ეწერ ნიადაგებზე. ჰექტარზე 0,56-2,26 კგ მოლიბდენმჟავე ამონიუმის შეტანა მნიშვნელოვნად აღიდებს მოსავალს.

მოლიბდენის ნაკლებობა პირველად გავლენას ახდენს მცენარის ფოთლის აპარატზე. ფოთლები მკრთალ, ზოგჯერ მოყვითალო შეფერვას ღებულობს, ისინი მოკლებულია ტურგორს, ამასთან ყველა ეს ნიშანი უფრო ძლიერად გამოვლინებულია ფოთლის ზედა-

პირის პერიფერიებისაკენ. მოლიბდენის არარსებობის შემთხვევაში ნელდება მერისტემის განვითარება. ყველა ეს გარეგანი სიმპტომი მიუთითებს მცენარის აზოტისა და წყლის ცვლის დარღვევაზე. ასეთი მოსაზრება მოლიბდენის ნაკლებობის სიმპტომებზე დღეისათვის დადგენილია მრავალრიცხოვანი ცდით. მოლიბდენზე მოთხოვნილებას ამჟღავნებს არა მარტო მაღალ საფეხურებზე მდგომი მცენარეები, არამედ მიკროორგანიზმებიც, რომლებსაც შეუძლიათ კონკურენცია გაუწიონ სხვა მცენარეებს ნიადაგში ხსნადი მოლიბდენის მცირე რაოდენობით არსებობისას. კარბონატულ და ნეიტრალურ ნიადაგებში, მკავე რეაქციის ნიადაგებთან შედარებით, მოლიბდენი უფრო მეტი რაოდენობით მოიპოვება მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში. მკავე ნიადაგების მოკრიანება მკვეთრად აუმჯობესებს მცენარის კვებას მოლიბდენით.

დიდი ხანი არ არის. რაც დადგენილი იქნა, რომ მოლიბდენი ფერმენტ კსანტინოქსიდაზას აუცილებელ კომპონენტს წარმოადგენს. მეტად ხარწმუნოა აგრეთვე, რომ მოლიბდენი მონაწილეობს ნახშირბადის ციტროხრომის რედუქტაზის და ნიტრატის რედუქტაზის შემადგენლობაში.

## 9. არაპირდაპირი მოქმედი ელემენტები

ძირითადი საკვები ელემენტები და მიკროელემენტები იმდენად აუცილებელია ზრდა-განვითარებისათვის, რომ მათი უქონლობა ან სიმცირე იწვევს მცენარის დაღუპვას ან ზრდის შეჩერებას. განსხვავება ამ მხრივ მცენარეთა შორის იმაზეა დამოკიდებული, თუ რა რაოდენობით საჭიროებენ ისინი ამა თუ იმ ელემენტს.

ამ ორი კატეგორიის ელემენტებს გარდა, არის ისეთებიც, რომლებიც თუმცა პირდაპირ არ მონაწილეობენ მცენარის კვებაში, მაგრამ შეუძლიათ არაპირდაპირი გავლენა მოახდინონ მის ზრდაზე, მოსავლის რაოდენობასა და ხარისხზე, განვითარების მსვლელობაზე. ასეთ ელემენტთა ჯგუფს ეკუთვნიან ჰილიციუმი, ნატრიუმი, ქლორი და სხვა.

ს ი ლ ი ც ი უ მ ი. მცენარისათვის სილიციუმის მნიშვნელობის საკითხზე ბევრი უთანხმოება არსებობდა. ჯერ კიდევ ლიბიხი ფიქრობდა, რომ სილიციუმი ეკუთვნის მცენარისათვის აუცილებელ საკვებ ელემენტს. ასეთ დასკვნას იგი აკეთებდა მცენარეში სილი-

ციუმის დიდი რაოდენობით აღმოჩენის საფუძველზე. მაგრამ შემდგომ ჩატარებულმა ძალზე ზუსტმა ცდებმა ცხადყო, რომ სილიციუმში მცენარის განვითარებისათვის არ არის აუცილებელი. უფრო გვიან გამოიკვია, რომ ფოსფორის უკიდურესი ნაკლებობის დროს კოლოიდური სილიციუმის ორჟანგის შეტანა საკვებ არეში ნაწილობრივ აუმჯობესებს მდგომარეობას, რადგან ის ხელს უწყობს მცენარის მიერ იმ ფოსფორის უკეთ გამოყენებას. რომელიც საკვებ არეში იმყოფება.

სოლისა და მორისონის გამოკვლევებით სილიკატების დადებითი მოქმედება გამოიხატება მცენარის მიერ ფოსფორის მკაფიას უკეთ შეთვისებაში. ამასთან, მათი აზრით, ეს გავლენა ხორციელდება თვით მცენარეში და არა ნიადაგში. თ. ლეჰერმანი და რ. ფიშერი კი ამტკიცებენ, რომ სილიციუმი გავლენას ახდენს ნიადაგში არსებული ფოსფორის შეთვისებაზე. მაგრამ ამას ჭერ-ჭერობით პრაქტიკული მნიშვნელობა არა აქვს.

უკანასკნელ ხანებში წარმოებული გამოკვლევები მიუთითებენ შაქრის ქარხლისათვის სილიციუმის მცირე რაოდენობის აუცილებლობაზე.

ქლორი. როგორც სილიციუმის, ისე ქლორის მნიშვნელობაზე დიდხანს დაობდნენ მეცნიერები. მაგალითად, ნობე ამტკიცებდა, რომ უქლორო არეში განვითარებულ წიწიბურას დარღვეული აქვს ფოთლებიდან მარცვალში ნახშირწყლების გადაადგილების უნარი და შეიმჩნევა ფოთლების გრეზვაო. მაგრამ ცდის დროს საკვებ ხსნარში ქლორის შეტანა წარმოებდა მარილის მკაფიას სახით HCl), რომელშიც შედიოდა აგრეთვე  $H^+$  იონი. ეს უკანასკნელი კი ცვლიდა საკვებ არეს რეაქციას. ამიტომ ეს რომ არ მოხდეს, საჭიროა ქლორის ისეთი ნაერთის შეტანა, რომელიც არ შეცვლის ხსნარის არეს რეაქციას. მხოლოდ ამ წესითაა შესაძლებელი ქლორის მნიშვნელობის გარკვევა.

დ. პრიანიშნიკოვმა ზუსტი ცდებით გამოარკვია, რომ ქლორის მიმართ წიწიბურა სრულიად არ რეაგირებს. სხვა მცენარეებზე ჩატარებულმა ცდებმა კი გამოავლინა მისი დადებითი როლი. მაგალითად, ქლორის შეტანა იმ საკვებ ხსნარში, რომელშიც შაქრის ქარხალი იზრდება, იწვევს მასში არსებული ამონიუმისა და კალიუმის შეწოვის დაჩქარებას, კარტოფილის შემთხვევაში კი. პირიქით; ქლორიდებით დიდდება ტუბერებში სახამებლის შემცირება

და წყლის რაოდენობა. ზოგიერთ კულტურებში, როგორცაა ქერი, იონჯა და თამბაქო, ხშირად დადებითად მოქმედებს ქლორის შემცველი მარილების შეტანა ნიადაგში. ასე, მაგალითად, მცირე დოზებით ქლორთან მარილები ზრდის თამბაქოს მოსავალს და აუმჯობესებს ფოთლის შედგენილობას, არ მოქმედებს თამბაქოს წვის უნარზე, ხოლო მაღალი დოზები კი იწვევს მოსავლის ხარისხის გაუარესებას.

ნატრიუმით ძალზე მდიდარია მლაშე და ბიცობ ნიადაგებზე მზარდი მცენარეები. მას ნაწილობრივ შეუძლია შეცვალოს კალიუმი. ნატრიუმის მარილები, კალიუმის ნაკლებობის შემთხვევაში, ზრდის მოსავალს. ამის მიზეზია არა მარტო ნატრიუმის შეტანით ნიადაგის მშთანთქავ კომპლექსში არსებული კალიუმის გამოძევება და ხსნარში მისი გადასვლა, არამედ მცენარის ზრდის წერტილისაკენ კალიუმის გადაადგილება, რაც დადებით გავლენას ახდენს მცენარის კვებაზე. ასე, მაგალითად, შაქრის ქარხლის განვითარებაზე სილინიტი, რომელიც შეიცავს  $\text{NaCl}$ -ის მინარევს, უკეთეს შედეგს იძლევა, ვიდრე სუფთა  $\text{KCl}$ .

გარდა ზემოჩამოთვლილი ელემენტებისა, ზოგიერთ მცენარეში მოიპოვება აგრეთვე იოდი, ალუმინი, კობალტი, ნიკელი, ბარიუმი, სტრონციუმი, ლითიუმი, რუბიდიუმი, ცეზიუმი, რადიუმი და სხვ. მათ ფიზიოლოგიურ როლზე ან არაპირდაპირ მოქმედებაზე ჯერ-ჯერობით ცოტა რამ არის ცნობილი.

## 10. მცენარის კვება აზოტით

მცენარეებში აზოტი უმთავრესად ცილების სახით გვხვდება. ცილები წარმოადგენს აზოტის ამინოჰგუფის ( $\text{NH}_2$ ) რთულ შენაერთს ნახშირბადთან, წყალბადთან, ქანგბადთან, გოგირდთან და ზოგჯერ ფოსფორთან. მცენარის ყველა იმ ორგანოში, სადაც მიმდინარეობს ზრდა (ფოთლებში, ფესვებში, ნაყოფსა და სხვ.) წარმოიქმნება ცილები.

მცენარეში აზოტი გვხვდება აგრეთვე ამინოჰმელების (ტიროზინი, ლეიცილი და სხვ.), ამიდების — ასპარაგინისა და ნუკლეინის შენაერთების სახით.

აზოტის საშუალო შემცველობა მცენარეში უდრის მშრალი ნივთიერების 1,5 პროცენტს, მაგრამ მერყეობს დიდ ფარგლებში.

ასე, მაგალითად, პარკოსნების მარცვალა შეიცავს 3-დან 5 პროცენტამდე აზოტს, პურეულის მარცვალა 1-დან 3 პროცენტამდე, ფოთლები და კვირტები 1-დან 5 პროცენტამდე, ფესვები და ღეროები 1 პროცენტამდე, ხოლო მერქანი — 0,5 პროცენტზე ნაკლებს. მცენარის ახალგაზრდა ნაწილები მეტ აზოტს შეიცავს. ვიდრე მოხერხებული. აზოტით მდიდარია სოკოები, მათი უჭრედის გარსიც კი შეიცავს აზოტს.

თავისუფალი აზოტის დიდი რაოდენობა (78,23 პროცენტის მოცულობით) მოიპოვება ატმოსფეროში; უმნიშვნელო რაოდენობითაა პაერში  $NH_3$  და  $NO_3$  სახით. ნიადაგში აზოტი ძირითადად ორგანული ნაერთების, ხოლო უმნიშვნელო რაოდენობით მინერალური შენაერთების ფორმებშია. მინერალური აზოტი წარმოდგენილია უმთავრესად აზოტის მჟავას, აგრეთვე ამონიაკის მარილების სახით. მცენარეებისა და ცხოველების აზოტშემცველი ორგანული ნარჩენები ლბობის ბაქტერიების მეშვეობით განიცდის დაშლას და წარმოიშვება ამონიაკი. ამ პროცესს ეწოდება ამონიფიკაცია, ხოლო იმ ბაქტერიებს, რომლებიც ამ პროცესს იწვევენ — ამონიფიკატორები. ორგანული ნივთიერების დაშლის შედეგად წარმოშობილი ამონიაკი განიცდის დაქანგვას ნიტროზული ბაქტერიების (*Nitrosomonas*) მეშვეობით და გადადის აზოტოვან მჟავაში ( $HNO_2$ ), ხოლო ეს უკანასკნელი კი მეორე სახის ბაქტერიების (*Nitrobacter*) მოქმედებით — აზოტის სიმჟავეში ( $NHO_3$ ). ამ პროცესს, ე. ი. ამონიაკის გადასვლას აზოტოვან, შემდეგ კი აზოტის მჟავაში, ნიტრიფიკაციას უწოდებენ, ხოლო იმ ბაქტერიების ჯგუფს, რომლებიც იწვევენ ამ პროცესს — ნიტრიფიკატორებს.

ნიტრიფიკატორები და ამონიფიკატორები აერობული ორგანიზმებია. მათთვის საჭირო ენერჯიას იძინი ამონიაკის შენაერთების დაქანგვის დროს იღებენ. ნიტრიფიკატორები არ საჭიროებენ მზა ორგანულ შენაერთებს, რადგანაც მათ შესწევთ უნარი დაქანგვისას განთავისუფლებული ენერჯიის ზარჯზე არაორგანული ნივთიერებიდან წარმოქმნან ორგანული ნივთიერება.

სხვა ანიონებისაგან განსხვავებით, მცენარეს აზოტი შეუძლია შეითვისოს როგორც აღდგენილი ამონიაკი ( $NH_3$ ), ისე დაქანგვული ნიტრიტის ( $NO_2$ ) და ნიტრატის ( $NO_3$ ) სახით. სხვა ანიონებს ( $SO_4, H_2PO_4$ ) მცენარე ითვისებს მხოლოდ დაქანგვული შენაერთებიდან.



რაც შეეხება თავისუფალ ატმოსფერულ აზოტს, მცენარეს არ შეუძლია ის შეითვისოს უშუალოდ. მას იყენებს მხოლოდ პარკოსნები კოყრის ბაქტერიების (*Bac. radiceola*) მეშვეობით, რომლებიც სახლდებიან ამ კულტურის ფესვებზე.

პარკოსნების მიერ ატმოსფეროს თავისუფალი აზოტის შეთვისების პროცესი შეიძლება სქემატურად შემდეგნაირად წარმოვიდგინოთ. კოყრის ბაქტერიები ნიადაგიდან შეაღწევენ პარკოსნების ბუსუსა ფესვებში. მათ მიერ გამრავლებული გალიზიანების შედეგად ფესვებს უჩრედები იწყებენ გადაზრდას კოყრებში, რომლებიც სავსეა ბაქტერიებით. ბაქტერიებს შესწევთ უნარი შეითვისონ ატმოსფეროს თავისუფალი აზოტი და დიდი რაოდენობით დააგროვონ ის კოყრებში, რომელთა დაშლის შედეგად მცენარე იკვებება მით ამონიაკის სახით.

უკანასკნელ ხანებში ფ. ტურჩინმა თანამშრომლებთან ერთად ნიშანდებული აზოტის ( $N_{15}$ ) გამოყენებით დაადგინა, რომ ატმოსფეროს აზოტის ფიქსაცია ზორციელდება არა უშუალოდ კოყრებში, არამედ იმ ქსოვილებში, რომლებიც წარმოადგენენ უჩრედებიდან შემდგარ ქსოვილებს. მათი აზრით კოყრის ბაქტერიების როლი იმაში უნდა მდგომარეობდეს, რომ ისინი კოყრის სპეციალური ქსოვილების წარმოშობის ინდუცირებას ახდენენ.

პარკოსან მცენარეებს, როგორც აზოტის დამაგროვებლებს, უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მოსავლიანობის გადიდებისათვის. დღეისათვის ცნობილია 700-ზე მეტი პარკოსანი მცენარე, რომელთა ფესვებზე აზოტის დამაგროვებელი ბაქტერიები ვითარდებიან. გარდა აღნიშნული კულტურისა, ცნობილია აგრეთვე მცენარეები სხვა ოჯახებიდან, რომლებსაც შესწევთ უნარი შეითვისონ ატმოსფეროს თავისუფალი აზოტი. ასეთებია თხმელა (*Alnus*). ფშატი (*Eicagnus*) და სხვ.

ნიადაგში თავისუფლად მცხოვრები ზოგიერთი ბაქტერიაც (კლოსტრიდიუმი — *clostridium Posterianum*, აზოტობაქტერი — *Asotobacter chroococcum*, ითვისებს ატმოსფეროდან ელემენტარულ აზოტს. მათი დალუპვისა და გახრწნის შემდეგ აზოტი გადადის მცენარისათვის მისაწვდომ ფორმებში. აღნიშნული ბაქტერიებიდან პირველი — კლოსტრიდიუმი — წარმოადგენს ანაერობულს და ამიტომ კულტურული ნიადაგისთვის მას მცირე მნიშვნელობა აქვს, ხოლო მეორე — აზოტობაქტერი კი აერობუ-

ლია და ამდენად მეტად მნიშვნელოვანია ნიადაგში აზოტის დაგროვებისათვის.

როგორც ცნობილია, მცენარე აზოტს ითვისებს ნიტრატებისა და ამონიაკის სახით. ნიადაგის ხსნარისა და მცენარისათვის დამახასიათებელი ოპტიმალური რეაქციის მიხედვით, აღნიშნული შენაერთების დადებითი მოქმედება მცენარეზე სხვადასხვაა. დადგენილია, რომ ნეიტრალური რეაქციის პირობებში ამონიაკი მცენარეში მეტი რაოდენობით შედის და უკეთესად მოქმედებს მასზე, ვიდრე ნიტრატი. მკვლე არეში კი, პირიქით, უკეთ შეითვისება ნიტრატები. ამ მოვლენით აიხსნება ის ფაქტი, რომ მკვლე ეწერი ტიპის ნიადაგებზე აზოტიანი სასუქების ნიტრატული ფორმები უკეთ მოქმედებენ, ვიდრე ამონიაკური. აზოტმკვლე ამონიუმიდან ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) მცენარე უფრო სწრაფად ითვისებს ამონიაკს, ვიდრე ნიტრატს.

მცენარეში აზოტის ნიტრატული და ამონიაკური ფორმების შესვლა დამოკიდებულია არა მარტო არეს რეაქციაზე, არამედ სხვა კათიონების არსებობაზე. ამონიაკური კვების დროს აუცილებელია გადიდებული იქნეს კალციუმის (Ca) იონების რაოდენობა ხსნარში. კარგ შედეგებს იძლევა აგრეთვე კალიუმისა (K) და მაგნიუმის (Mg) შემცველობის გადიდებაც.

საკვები ხსნარის არეს რეაქციისა და კათიონების შემადგენლობის გარდა, მცენარისათვის არსებითი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე ამონიაკური და ნიტრატული აზოტის მარილების ოპტიმალურ კონცენტრაციას ნიადაგში. მცენარე ხსნარში ნიტრატების უფრო მეტ კონცენტრაციას იტანს, ვიდრე ამონიაკისას. იმ შემთხვევაში, როცა აუცილებელია აზოტის ნიტრატული ფორმა შეიცვალოს ამონიაკურით (ამ უკანასკნელის შეტანა კი საჭიროა დიდი რაოდენობით), მაშინ Ca იონების შეტანა და ხსნარის რეაქციის შეცვლა გარდა, საჭიროა ამონიაკური ფორმის სასუქები შეტანილი იქნას არა ერთბაშად თესვამდე, არამედ ნაწილ-ნაწილ ვეგეტაციის პერიოდში. ნახშირწყლებით მდიდარი მცენარეები შთანთქმენ მეტ ამონიაკს და პირიქით. დ. პრიანიშნიკოვს ეკუთვნის დიდი გამოკვლევები აზოტის როლის შესახებ მცენარის სიცოცხლეში. ის თავის ცნობილ წიგნში — „საბჭოთა კავშირში აზოტის როლი მცენარის სიცოცხლესა და მიწათმოქმედებაში“ — აჯამებს მცენარის აზოტურ კვებაზე მრავალი წლის განმავლობაში ჩატარებულ მუშაობას და იძლევა აზოტის ბრუნვის კანონზომიერებებს მიწათმოქმედებაში. აქედან გამომდინარე, მცენარისათვის შესათვისებ-

ლი აზოტის ბალანსი ნიადაგში შეიძლება დავახაიათოთ შემდეგ-  
ნაირად. მცენარე აზოტით შეიძლება კოჰარაგდეს:

1. ნიადაგის ორგანულ ნივთიერებაში შემავალი აზოტის მინე-  
რალიზაციის შედეგად; 2. ნაკელის სახით ნაწილობრივ იმ აზოტის  
დაბრუნებით, რომელიც გატანილი იყო ნიადაგიდან მოსავლს სა-  
ხით; 3. მინერალური აზოტიანი სასუქების ნიადაგში შეტანის გზით;  
4. ნალექებთან ერთად ჰაერში არსებული  $NH_3$  და  $NO_3$  აზოტის  
შესვლით ნიადაგში; 5. ნიადაგში არსებული აზოტის თავისუფალი  
ფიქსატორების მიერ (აზოტობაქტერ ხროკოკუმში და კლოსტრი-  
დუმ პასტერიანუმის) ატმოსფეროს თავისუფალი აზოტის ფიქსა-  
ციის და მისი ნიადაგში გადაყვანის გზით და 6. პარკოსანი მცენა-  
რების ფესვებზე არსებული კოყრის ბაქტერიების მიერ ატმოს-  
ფეროს თავისუფალი აზოტის ფიქსაციითა და მისი ნიადაგში გა-  
დაყვანით.

ნიადაგში არსებული მცენარისათვის შესათვისებელი აზოტი  
შეიძლება ნაკვეთიდან გავიდეს: 1. მცენარის მოსავლის აღებით;  
2. ნიტრატების, ნიტრიტებისა და ნაწილობრივ გრუნტის წყლებში  
ამონიავის ჩარეცხვის გზით; 3. ნიადაგში არსებულ ორგანულ ნივ-  
თიერებაში შემავალი აზოტის, ნიტრატული, ნიტრიტული და ამო-  
ნიაკური აზოტის დანაკარგებით ნიადაგის ეროზიის დროს; 4. ნია-  
დაგში შექმნილი ანერობული პირობების დროს მიმდინარე დენიტ-  
რიფიკაციის პროცესის შედეგად.

მცენარეში ცილოვანი ნივთიერების წარმოქმნის უზრუნველ-  
საყოფად საჭიროა მასში საკმარის რაოდენობით იყოს ნახშირწყლე-  
ბი და მინერალური აზოტი ამონიავის სახით. თუ მცენარეში ნახ-  
შირწყლები საკმარის რაოდენობითაა, მაშინ მასში შესული ამონია-  
კური აზოტი შეიკვრება ორგანული მჟავებით. მაგრამ ამ უკანასკ-  
ნელთა სიმცირის შემთხვევაში, რაც შედეგია, მაგალითად, მცენა-  
რის ნახშირწყლებით გაღარიბებისა; ცუდი განათებისა, აზოტით  
ჭარბი კვებისა და სხვა მიზეზებისა, შეიძლება მოხდეს ამონიავის  
დაგროვება მცენარეში, რასაც მოსალოდნელია მოჰყვეს ე. წ. ამო-  
ნიაკური მოწამლა.

დადგენილია, რომ ამონიავს მცენარე ითვისებს უშუალოდ,  
მისი ნიტრიფიკაცია საჭირო არ არის. შთაინთქმება რა მცენარის  
მიერ, ის გამოიყენება ცილოვანი ნივთიერების შესაქმნელად უფ-  
რო ჩქარა, ვიდრე აზოტის ნიტრატული ფორმა. ამონიავი ორგანულ

მეავებთან ერთად წარმოადგენს საწყის ნივთიერებას, რომლისაგანაც წარმოიქმნება ამინომეავეები, ხოლო ამ უკანასკნელებიდან შენდება ცილები. ნიტრატი კი, როგორც აზოტის წყარო, წინასწარ აღდგენილი უნდა იქნეს მცენარეში ამონიაკამდე და მხოლოდ შემდეგ შეუძლია მას მონაწილეობა მიიღოს ასპარაგინისა და სხვა ამინომეავეების, საბოლოოდ ცილის სინთეზში.

მცენარეში შესული ამონიაკი უკვე ფესვებში წარმოშობს ასპარაგინს ( $\text{COOHCHNH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONH}_2$ ), ასპარაგინის აზოტს ( $\text{NH}$  ჯგუფი) კი მცენარე შემდგომ იყენებს სხვადასხვა სახის ამინომეავეების შესაქმნელად (ციხმოვანი და არომატული რიგის შენაერთები). ამინომეავეები თავის მხრივ იხარჯება ცილების წარმოსაქმნელად.

ასპარაგინის აზოტი რომ მცენარის ცილების შესაქმნელად იქნეს გამოყენებული, ამისათვის საჭიროა ის ხელშეორედ გადავიდეს ამონიაკში. ცილების შექმნასთან ერთად მცენარეში ერთდროულად მიმდინარეობს მათი დაშლა. რადგან ასიმილაციის დროს ცილების სინთეზი ჭარბობს მათს დაშლას, ამიტომ ეს უკანასკნელი შეუმჩნეველია.

ცილების ჰიდროლიზის შედეგად, დაშლის პირველადი პროდუქტების სახით, მიიღება თავისუფალი ამინომეავეები, რომლებიც შემდგომი დაქანგვისას გამოყოფს ამონიაკური ფორმის აზოტს. მაშასადამე, მცენარეში ამონიაკი წარმოადგენს მთავარ საწყის ნივთიერებას ორგანული აზოტის შემცველი შენაერთების სინთეზისათვის. გარდა ამისა, ის მათი დაშლის საბოლოო პროდუქტია. ამ დებულებიდან გამომდინარე, დ. პრიანიშნიკოვმა ჯერ კიდევ 1915 წელს გამოთქვა აზრი, რომ ამონიაკი წარმოადგენს აზოტის შემცველი ორგანული ნივთიერების გარდაქმნის ალფასა და ომეგას, რომელიც მიიღება მცენარეში აზოტოვან ნივთიერებათა გარდაქმნისას. ასპარაგინი მცენარისათვის ორგანული აზოტის შემცველი შენაერთია, რომლის წარმოშობა ამონიაკის გაუფნებლობის პროცესია.

შეიძლება გატარებული იქნეს ცნობილი ანალოგია მცენარეში ასპარაგინის როლსა და ცხოველურ ორგანიზმში შარდოვანას მნიშვნელობას შორის: შარდოვანას წარმოშობაც ცხოველის ორგანიზმში წარმოებს ამონიაკის ხარჯზე, რომელიც ცილების დაშლის პროცესში და ამინომეავეების დაქანგვისას მიიღება. შარდოვანას

წარმოშობა ათავისუფლებს ცხოველურ ორგანიზმს ამონიაცისაგან... მაგრამ ამ მხრივ არსებობს განსხვავება მცენარეულ და ცხოველურ ორგანიზმებს შორის: ცხოველური ორგანიზმი ხელახლა კი არ იყენებს შარდოვანას აზოტს, არამედ გამოყოფს მას შარდთან ერთად, მაშინ როდესაც მცენარე ასპარაგინს კვლავ იყენებს ორგანული შენაერთების შესაქმნელად.

ზოგიერთ უქლოროფილო უმდაბლეს მცენარეში, როგორცაა: სოკოები, აღმოჩენილ იქნა შარდოვანას დაგროვება, რომელიც თითქოს იგივე როლს თამაშობს, როგორც ასპარაგინი უმაღლეს მცენარეებში.

აზოტოვან ნივთიერებათა გარდაქმნა მცენარეში იწყება თესლის აღმოცენებასთან ერთად, როდესაც თესლის სამარაგო ცილოვანი ნივთიერებანი განიცდის ჰიდროლიზს და ერთდროულად მცენარის მოზარდ ნაწილებში მიმდინარეობს ცილების წარმოქმნა. აზოტოვანი ნივთიერების სინთეზი და დაშლა წარმოებს მცენარის მთელი სიცოცხლის მანძილზე, მაგრამ ამ პროცესების ინტენსივობა იცვლება განვითარების ფაზების მიხედვით.

მცენარის ზრდის პერიოდში წარმოებს აზოტოვანი ნივთიერების გადანაცვლება შედარებით უფრო მობერებული ნაწილებიდან. ახალგაზრდა, მოზარდ ნაწილებში. თესლის მომწიფების პროცესში რაღაც ნაწილი იმ ცილოვანი ნივთიერებებისა, რომელთაც ფოთლები შეიცავს, განიცდის ჰიდროლიზს და ამ უკანასკნელის პროდუქტები (ამინომჟავები) გადაინაცვლებენ თესლში, სადაც ხელახლად წარმოიქმნება ცილები.

მრავალწლიანი მცენარეებიდან შემოდგომაზე, ფოთლის ცვენისას, აზოტის მნიშვნელოვანი რაოდენობა არ იკარგება: ფოთოლცვენის დაწყებამდე აზოტიანი ნივთიერება ფოთლებიდან გადაინაცვლებს მცენარის სხვა ორგანოებში. აზოტით არასაკმარისად მომარაგების შემთხვევაში, მისი შემცველობა ეცემა. მცენარეში, რის გამოც ეს უკანასკნელი სუსტად ვითარდება. აზოტის მკვეთრი ნაკლებობა გავლენას ახდენს ფოთლების განვითარებაზე, რაც შეინიშნება ფოთლის ღია მწვანე შეფერილობაში. აზოტით გაძლიერებული კვება იწვევს მცენარის ვეგეტაციის გაჭიანურებას, ამავე დროს ძლიერ ავითარებს ფოთლების საასიმილაციო ზედაპირს და ლებულობს მუქმწვანე შეფერვას.

მინერალური საკვები ნივთიერების მცენარეში ფოთლების გზით შესვლის შესაძლებლობა დადგენილი იყო ჯერ კიდევ გასულ საუკუნეში ბუსენგოლს მიერ, ხოლო მ. დომენტოვიჩმა და პ. ელენუნოვმა (1928-1929 წ.წ.) მოსკოვის სასოფლო-სამეურნეო აკადემიაში ჩატარებული ცდებით დაადასტურეს იგი.

აკად. ა. რიხტერი მიუთითებდა, რომ მთელი რიგი მიკროელემენტების ფოთლებზე მოსხურების გზით მნიშვნელოვნად იზრდება ფოტოსინთეზის ინტენსივობა.

უკანასკნელ წანებში ფესვგარეშე გამოკვებას მრავალრიცხოვანი გამოკვლევები მიუძღვნეს ფ. მაკკოვმა, ი. იაკუშკინმა, მ. ედელშტეინმა და სხვ.

დღეისათვის შეცნირულად დასაბუთებულია, რომ მცენარეს მისთვის საჭირო საკვები ელემენტები შეუძლია შეითვისოს არა მარტო ფესვებს მეშვეობით, არამედ საერთოდ მიწისზედა ნაწილებიდანაც, კერძოდ ფოთლებიდან. ფოთლებზე მოსხურებული დაბალი კონცენტრაციის საკვებ ნივთიერებას მცენარე ითვისებს როგორც ფოთლებიდან, ისე სხვა მიწისზედა ნაწილებს ბაგეების მეშვეობით. ამ გზით შესული საკვები მცენარის მიერ გამოიყენება ორგანული ნივთიერებების შესაქმნელად. ამგვარად, მცენარის გამოკვება შეიძლება განხორციელდეს სასუქების როგორც ნიადაგში შეტანის, ისე დაბალი კონცენტრაციის ხსნარების ფოთლებზე მოსხურების გზით.

განვითარების უმაღლეს საფეხურზე მდგომ მწვანე მცენარეების კვების თავისებურებას წარმოადგენს ფოტოსინთეზი, ნაცრის ელემენტებისა და წყლის შეთვისება ფესვებიდან. ცდებით დადგენილია აგრეთვე, რომ მცენარეს ნაცრის ელემენტებით და წყლით ნთლიანად შეუძლია იკვებოს ფოთლებიდან. მაგრამ ეს იმას არ ნიშნავს, რომ შეიძლებოდეს ყველგან და ყოველთვის შევცვალოთ მცენარის ფესვებით კვება. ფესვგარეშე გამოკვების სახით სასუქების შეტანა ყველა სასოფლო-სამეურნეო კულტურის მიმართ არ იძლევა სასურველ შედეგებს. დღემდე არაა ჩატარებული საკმაო გამოკვლევები მცენარის ფესვგარეშე წყლითა და ნაცრის ელემენტებით კვების შესახებ.

მრავალრიცხოვანი ცდებით დადგენილია, რომ სრულიად შესაძლებელია მცენარის კვება ნახშირორჟანგით არა ფოთლებიდან,

არამედ ფესვებიდან, ნიადაგის ხსნარის კარბონატებით და ბიკარბონატებით გამდიდრების გზით, თუმცა დღეისათვის ჭერ კიდევ არ არის დამტკიცებული ბუნებრივ პირობებში ფესვების გზით რა რაოდენობით შედის მცენარეში ნახშირორჟანგი და აქვს თუ არა მას პრაქტიკული მნიშვნელობა. მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული ისიც, რომ ატმოსფეროს ნახშირორჟანგი მოითხოვს ერთი და იმავე რაოდენობის ენერგიას მისი აღდგენისათვის. ამიტომ ნახშირორჟანგის შესვლა მცენარეში ფესვების გზით არ წარმოადგენს ნახშირბადოვანი კვების უფრო იაფფასიან წესს.

რადგანაც ფესვებიდან მცენარეში კარბონატების შესვლა და გადანაცვლება მოითხოვს დამატებით ენერგიას მზა ორგანული ნივთიერების სახით, ამიტომ ნაცრის ელემენტების ნიადაგიდან მცენარეში შესვლა დაკავშირებულია სუნთქვის პროცესებთან, ე. ი. შაქრების ხარჯვასთან, რომელიც მიედინება ფესვებში ფოთლებიდან. მაშასადამე, არა მარტო ფესვები კვებავენ ფოთლებს, როგორც ფიქრობდნენ წინათ, არამედ თავის მხრივ ფოთლები კვებავენ ფესვებსაც. ისმება კითხვა: შეუძლია თუ არა ფესვებს იკვებოს ფოთლების გარეშე და, პირიქით — ფოთლებს ფესვების გარეშე? რასაკვირველია ბუნებრივ პირობებში მსგავს მოვლენას აღგილი არა აქვს. მაგრამ მცენარის კვების თეორიის თვალაზრისათვის ასეთ ცდებს დიდი პრინციპული მნიშვნელობა აქვს. თუ ჩვენ მცენარის ფესვებს მივცემთ იმას, რასაც ისინი ლებულობენ ფოთლებიდან, და პირიქით, ფოთლებს იმას, რასაც ლებულობენ ფესვებიდან, მაშინ მათ შეუძლიათ განვითარდნენ ერთმანეთის გარეშე. ცდებით დადგენილია, რომ თუ ფესვის ბოლოს — მისი ზრდის კონუსს სტერილურ პირობებს შევუქმნით და ფესვებს კი მოვათავსებთ ქიმიურად სუფთა სახაროზის, მარილების და ნაცრის ელემენტების ხსნარში, მაშინ ზრდის კონუსს შეუძლია ჩქარა გადაიზარდოს ნორმალურ ფესვებში. მაშასადამე, მცენარის ფესვებს შესწევს უნარი ისეთი ორგანული ნივთიერების სინთეზისა, როგორცაა ცილები, ცხიმები და ნახშირბადოვანი შენაერთები.

## 12. არას რეაქციის გავლენა მცენარის განვითარებაზე

მცენარე თავისი ნორმალური განვითარებისათვის მოითხოვს განსაზღვრულ არეს რეაქციას. ყველა მცენარე არაერთნაირად მგრძობიარება მკავე და ტუტე რეაქციებისადმი. ყოველ მცენარეს

გააჩნია თავისი ოპტიმალური არეს რეაქცია, რომლის დროსაც ნორმალურად იზრდება და ვითარდება ის. ნორმალურ პირობებში არეს რეაქცია არ უნდა იყოს ძლიერ მჟავე ან ძლიერ ტუტე. ბუნებრივ პირობებში ნიადაგში მცენარისათვის არა შესაფერისი არეს რეაქციის არსებობისას აუცილებელი ზდება მისი ხელოვნურად შეცვლა არაპირდაპირი სასუქების შეტანით.

არეს რეაქციას ზომიერ წყალბადიონების კონცენტრაციის განსაზღვრით, რომელსაც გამოხატავენ არა აბსოლუტური ოდენობით. ე. ი. გრამიონებით ლიტრში, არამედ ამ ოდენობის ათეულიანი ლოგარითმის უარყოფითი მაჩვენებლებით. მაგალითად, ნეიტრალურ ხსნარში, სადაც წყალბადიონების კონცენტრაცია  $10^{-7}$ -ია, უარყოფითი ათეულიანი ლოგარითმი იქნება  $\lg (10^{-7})^{-1}$  ან, ოდენობის გამოსახატავად მიღებულია სიმბოლო pH. თუ pH უდრის შვიდს, არეს რეაქცია ნეიტრალურია. თუ შვიდზე ნაკლებია — მჟავაა, ხოლო შვიდზე მეტი ტუტეა.

წყალბადიონების კონცენტრაციის და PH მაჩვენებლების დამოკიდებულების ნათელსაყოფად ქვემოთ მოგვყავს ცხრილი დ. პრიანინიშნიკოვის „აგროქიმიის“ სახელმძღვანელოდან.

ცხრილი 5

წყალბადიონების კონცენტრაცია მილ. გ. ეკვ. 1 ლ.								
	$\frac{1}{10^3}$	$\frac{1}{10^4}$	$\frac{1}{10^5}$	$\frac{1}{10^6}$	$\frac{1}{10^7}$	$\frac{1}{10^8}$	$\frac{1}{10^9}$	$\frac{1}{10^{10}}$
pH რეაქცია	3	4	5	6	7	8	9	10
		მჟავე	სუსტი მჟავე		ნეიტრალური	სუსტი ტუტე		ტუტე

PH მაჩვენებელსა და წყალბადიონების კონცენტრაციას შორის მჟავე არეში არსებობს უკუპროპორციულობა. ე. ი. PH შემცირების დროს წყალბადიონების კონცენტრაცია დიდდება, ხოლო გადიდებისას — მცირდება. მჟავე არეში PH მაჩვენებლის ერთით შემცირებით წყალბადიონების კონცენტრაცია 10-ჯერ იზრდება და, პირუკუ, ერთით გადიდებისას 10-ჯერ მცირდება.

ტუტე არეში PH და OH იონების კონცენტრაციას შორის პირდაპირ პროპორციულობა არსებობს, ე. ი. ჰიდროქსიდ იონების



კონცენტრაციის გადიდებით PH მაჩვენებელი იზრდება და პირუ-  
კუ ტუტე არეში ჰიდროქსილის იონების კონცენტრაციის 10-ჯერ  
გადიდება იწვევს PH-ის ერთი მაჩვენებლით გადაიდებას, ხოლო  
10-ჯერ შემცირება PH ერთით შემცირებას. ნიადაგებში PH  
ძირითადად მერყეობს 3,5-9,0-მდე.

საკვების ხსნარის მჟავიანობა და ტუტეანობა მკვეთრად მოქ-  
მედებს მცენარის განვითარებაზე. ხსნარის ქარბი მჟავიანობა ან  
ტუტეანობა პირველად გავლენას ახდენს მცენარის ფესვთა სისტე-  
მის განვითარებაზე, განსაკუთრებით მის ზედაპირულ ქსოვილებზე.  
ზედმეტი კონცენტრაცია წყალბადისა და ჰიდროქსილის იონებისა  
იწვევს უჯრედის პლაზმის დაზიანებას, რის შედეგადაც ფერხდება  
მცენარეში საკვები ნივთიერების შესვლა.

საკვებ ხსნარში ქარბი მჟავიანობა ან ტუტეანობა მოქმედებს  
მცენარეში მიმდინარე ნივთიერებათა ცვლაზე. დადგენილია, რომ  
მჟავე რეაქციის პირობებში შეფერხებულია ცილების წარმოქმნა  
და დაჟანგვის პროცესი მცენარის უჯრედებში, ხოლო ტუტე არეს  
შემთხვევაში ირღვევა ნახშირწყლების წარმოქმნა.

არეს რეაქცია არაპირდაპირ მოქმედებს აგრეთვე მცენარის  
განვითარებაზე. ასე, მაგალითად, ნიადაგის დამჟავების შედეგად  
წარმოებს ალუმინის იონების გააქტივება, რაც თავისთავად იწვევს  
ადვილადხსნადი, მცენარისათვის შესათვისებელი ფოსფორის გა-  
დაყვანას ძნელადხსნად და მცენარისათვის ძნელად შესათვისებელ  
ფორმაში.

რეაქციისადმი დამოკიდებულების მიხედვით, კულტურული  
მცენარეები შეიძლება რამდენიმე ჯგუფად დაიყოს: ზოგი მათგანი  
ვერ იტანს არეს მჟავიანობას და ნორმალურად იზრდება მხოლოდ  
ნეიტრალურ ან სუსტ ტუტე რეაქციის პირობებში. ასეთია, მაგა-  
ლითად, იონჯა, შაქრის ქარხალი და ქერი. შედარებით უფრო იტანს  
მჟავიანობას ხორბალი, ბარდა და სამყურა. მაგრამ PH მაჩვენებლის 5  
ქვევით დაცემა მათ განვითარებასაც აფერხებს. კიდევ უფრო უკეთ-  
ეგუება მჟავიანობას ხანჭკოლა, ჩაის ბუჩქი და სხვ.

შვრია ითვლება ისეთ მცენარედ, რომელიც იტანს როგორც  
მჟავე, ისე ტუტე რეაქციას.

აკად. დ. პრიანიშნიკოვი იძლევა ზოგიერთი მცენარის დამოკი-  
დებულებას არეს რეაქციისადმი:

კულტურა	pH-ის ოპტიმუმი	იზრდებ: pH მაჩვენებლის ფარგლებში
ხანკოლა	4-5	4-6
კარტოფილი	5	4-8
შეჩი	5-6	4-8
ქვაჭი	5-6	4-7
სელი	5-6	4-7
სამყრა	6-6,5	5-8
ბაზდა	6-7	5-8
ხორბალი	6-7	5-8
კარხალი	7	6-8
ინჯა	7-8	6-8

აღნიშნული მონაცემები შედარებით ახასიათებს მცენარის დამოკიდებულებას არეს რეაქციისადმი. ისინი არ შეიძლება მიჩნეულ იქნან აბსოლუტურ მაჩვენებლებად, რადგან არეს რეაქციის გავლენა მცენარეზე იცვლება ნიადაგის თვისებებისა და კულტურის აგროტექნიკის დონის შესაბამისად.

#### 18. მარილების მოქმედება მცენარის არეს რეაქციაზე

მარილები, შეტანილი ნიადაგში ან საკვებ ხსნარში, იწვევს არეს რეაქციის შეცვლას. არეს რეაქციაზე მარილებს მოქმედების ორი მხარე უნდა გავარჩიოთ — ქიმიური და ფიზიოლოგიური. სასუქებად გამოყენებული მარილები შეიძლება იყოს ქიმიურად ნეიტრალური, მჟავა ან ტუტე. პირველს მიეკუთვნება  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . აღნიშნული მარილები, გახსნილი წყალში, თითქმის არ ცვლის არეს რეაქციას. ჰიდროლიზურად ტუტე მარილებია  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ . მათი ჰიდროლიზის შედეგად წარმოიშვება ძლიერი ტუტე ( $\text{KOH}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) და სუსტი მჟავა  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . ამიტომ მარილებს წყალში გახსნისას არეს რეაქცია ტუტე მიმართულებით იცვლება.

არჩევან აგრეთვე ჰიდროლიზურად მჟავა მარილებს. ასეთია  $\text{FeCl}_3$ . მისი ჰიდროლიზის შედეგად წარმოიშვება სუსტი ტუტე —  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  და ძლიერი მჟავა —  $\text{HCl}$ . არსებობს აგრეთვე ქიმიურად მჟავა მარილები, რომლებიც შეიცავენ წყალბადიონებს. ჰიდროლიზურად და ქიმიურად მჟავა მარილები იწვევს არეს რეაქციის დამჟავებას.

არეს რეაქციაზე მარილების მოქმედების ქიმიურ მზარეს მნიშვნელობა აქვს მცენარის განვითარებისათვის, რადგან მას შეუძლია დაამუაოს ან გაატუტიანოს საკვები ხსნარის ან ნიადაგის არეს რეაქცია.

მარილები, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ფიზიოლოგიური ხასიათის მიხედვით ორ ჯგუფად იყოფა — მჟავე და ტუტე. მარილების ფიზიოლოგიური რეაქცია დამოკიდებულია იმაზე, თუ მცენარე როგორი ინტენსივობით ითვისებს მარილის ანიონს ან კათიონს. თუ მცენარე უფრო ინტენსიურად ითვისებს კათიონს, ანიონთან შედარებით, მაშინ ასეთი მარილი ამჟღავნებს ფიზიოლოგიურ მჟავიანობას და იწვევს არეს რეაქციის მჟავე მიმართულებით შეცვლას. მაგრამ თუ ის უფრო ინტენსიურად ითვისებს ანიონებს, ვიდრე კათიონებს, მაშინ ეს მარილი ავლენს ფიზიოლოგიურ ტუტეანობას, რის შედეგად აღგილი აქვს არეს რეაქციის ტუტე მიმართულებით შეცვლა. ფიზიოლოგიურად მჟავე მარილებს, რომლებიც სასუქებად გამოიყენება, მიეკუთვნებიან  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KCl}$  და  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . ფიზიოლოგიურად ტუტე მარილებია:  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

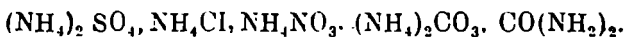
გოგირდმჟავა ამონიუმიდან  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  მცენარე უფრო ინტენსიურად ითვისებს  $\text{NH}_4$ , ვიდრე  $\text{SO}_4$ . ხსნარში დარჩენილი  $\text{SO}_4$  რადიკალი წარმოშობს ძლიერ მჟავას  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . ამიტომ ამ მარილის ნიადაგში ან საკვებ ხსნარში შეტანის შედეგად წარმოებს არეს რეაქციის მჟავე მიმართულებით შეცვლა. ასევე ამონიუმის ქლორიდი წარმოადგენს ფიზიოლოგიურად მჟავე მარილს, რის გამოც არეს რეაქციას მჟავე მიმართულებით წარმართავს.

კალიუმის მარილების ფიზიოლოგიური მჟავიანობა უფრო სუსტად არის გამოხატული, ვიდრე ამონიაკური მარილებისა. ამასთან გოგირდმჟავა კალიუმის ფიზიოლოგიური მჟავიანობა უფრო ძლიერია, ვიდრე კალიუმის ქლორიდისა. მეტად გავრცელებულ აზოტიან სასუქს მიეკუთვნება აზოტმჟავა ამონიუმი ანუ ამონიუმის გვარჯილა  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . აღნიშნულ მარილს წინათ ფიზიოლოგიურად ნეიტრალურ მარილად თვლიდნენ, მაგრამ გამოკვლევებმა დაადგინა, რომ მეტად გავრცელებულ არეს რეაქციის პირობებში (5,0-7,0) მცენარე უფრო ინტენსიურად შთანთქავს  $\text{NH}_4$ , ვიდრე  $\text{NO}_3$ , ამიტომ აღნიშნული მარილი იწვევს არეს რეაქციის სუსტად დამჟავე-

ბას: ამონიუმის გვარჯილის ფიზიოლოგიური მქავიანობა ბევრად უფრო ნაკლებია, ვიდრე  $(NH_4)_2 SO_4$  -ისა და  $NH_4Cl$  -ისა.

ნატრიუმის ნიტრატთან ანუ ნატრიუმის გვარჯილიდან  $NaNO_3$  მცენარე უფრო ინტენსიურად ითვისებს  $NO_3$ . ამიტომ ხსნარში დარჩენილი  $Na$  წყალთან წარმოშობს ძლიერ ტუტეს —  $NaOH$ , ამ მარილის შეტანა ნიადაგში ან საკვებ ხსნარში იწვევს არეს რეაქციის ტუტე მარილებით შეცვლას. ასეთივე ფიზიოლოგიურ ტუტიანობას აქვდავენებენ კალციუმის, მანგიუმისა და კალიუმის გვარჯილები ( $Mg(NO_3)_2$ ,  $Ca(NO_3)_2$ ,  $KNO_3$ ). საკვალციუმის ფოსფატს ფიზიოლოგიური ტუტიანობა შეუძლია გამოამქლავნოს მას შემდეგ როცა ის გაიხსნება. ამ მარილის გახსნა კი წარმოებს მქავე ნიადაგებში ან მქავე საკვებ ხსნარებში. აღსანიშნავია, რომ ქიმიურად ნეიტრალურ მარილებს ნიადაგში ან საკვებ ხსნარში ფიზიოლოგიური რეაქციის მიხედვით შეუძლიათ გამოიწვიონ არეს რეაქციის დამქავება ( $NH_4Cl$ ,  $(NH_4)_2 SO_4$ ,  $K_2SO_4$ ,  $KCl$  და  $NH_4NO_3$ ) ან გატუტიანება  $NaNO_3$  და  $Ca(NO_3)_2$ . ნიადაგში შეტანილ ნეიტრალურ მარილებს შესწევს უნარი ნიადაგის პოტენციალური მქავიანობა გადაიყვანოს აქტიურ მქავიანობაში, ალუმინისა და წყალბადიონების მშთანთქავ კომპლექსიდან გამოძევების გზით.

არჩევენ აგრეთვე მარილების ბიოლოგიურ მქავიანობას. რაც გამოწვეულია ნიადაგში ან საკვებ ხსნარში ამონიაკური და ამიდური ფორმების აზოტის შემცველი მარილებიდან მიკროორგანიზმების მეშვეობით (ნიტროზომონა და ნიტრობაქტერის) ამონიუმის აზოტის მქავიანი ( $HNO_3$ ) გადაყვანით, რის შედეგად არეს რეაქცია მქავიანდება. ბიოლოგიურად მქავე მარილებს მიეკუთვნებიან:



კალიუმის სულფატთან და კალიუმის ქლორიდთან შედარებით გოგირდმქავე ამონიუმისა და ქლორამონიუმის ნიადაგში ან საკვებ ხსნარში შეტანის შედეგად არეს რეაქციის უფრო ძლიერად დამქავება აიხსნება ფიზიოლოგიურ მქავიანობასთან ერთად მათი ბიოლოგიური მქავიანობით.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ სასუქებში შემავალი მარილების მოქმედება ნიადაგის მქავიანობაზე გამოწვეულია: 1. მარილების ქიმიური მქავიანობით, ე. ი. სასუქში შემავალი მარილების თავისუფალი მქავეების არსებობით. 2. სასუქებში შემავალი მარილების ფიზიოლოგიური მქავიანობით,

ე. ი. მცენარის მიერ მარილის კათიონის ჰარბად შთანთქმით. 3. სასუქებში შენავალი მარილების ბიოლოგიური მკავიანობით, ე. ი. ამონიუმის შემცველი მარილებიდან მიკროორგანიზმებს გავლენით კათიონ  $NH_4$  გადაყვანით აზოტის მკავეაში ( $HNO_3$ ). 4. სასუქებში შენავალი ნეიტრალური მარილების მიერ ნიადაგის მშთანთქმ კომპლექსიდან წყალბადისა და ალუმინის იონების ხსნარში გადაყვანის შედეგად, ე. ი. წყალბადისა და ალუმინის იონების გააქტივებით.

ნიადაგის არეს რეაქცია შეიძლება შეიცვალოს აგრეთვე ტუტე ნიმართულებით: 1. სასუქში შენავალი მარილების ჰიდროლიზური ტუტიანობის გამო და 2. სასუქში შენავალი მარილების ფიზიოლოგიური ტუტიანობის შედეგად, ე. ი. მცენარის მიერ მარილებიდან უფრო ინტენსიურად ანიონების შეთვისების შედეგად.

მარილების მოქმედებას არეს რეაქციაზე უდიდესი მნიშვნელობა აქვს სასუქების გამოყენებისათვის. სასუქებში შენავალი მარილები სისტემატურად მათი გამოყენებისას არსებითად ცვლიან ნიადაგის არეს რეაქციას მკავე ან ტუტე მიმართულებით, რითაც შეიძლება შეფერხდეს მცენარის განვითარება. ამიტომ სასუქებში შენავალი მარილების არეს რეაქციაზე მოქმედების ცოდნის საფუძვლებზე შეგვიძლია შევარჩიოთ სასუქების შესაფერისი ფორმები ამა თუ იმ ნიადაგობრივი პირობებისათვის. აღნიშნული დებულებიდან გამომდინარე, მკავე ნიადაგებში შეტანილი უნდა იქნეს ფიზიოლოგიურად ტუტე მარილების შემცველი სასუქები, ხოლო კარბონატულ და ნეიტრალურ ნიადაგებზე კი ფიზიოლოგიურად და ბიოლოგიურად მკავე მარილების შემცველი სასუქები.

## 11 საკვები ელემენტების შთვისება

მცენარის საკვები ნივთიერებანი ნიადაგში ხსნადობის მიხედვით, სამ ჯგუფად იყოფა: ძნელადხსნადი, ადვილადხსნადი (სუსტი კონცენტრაციის ორგანულ და მინერალურ მკავებში ხსნადი) და წყალხსნადი.

საკვები ნივთიერება მცენარეს შეუძლია შეთვისოს როგორც წყალში გახსნილ მდგომარეობაში, ისე ნიადაგის შგარი ფაზიდანაც. მაგრამ ჩვეულებრივ მცენარე საკვებს ნორმალურად ითვისებს წყალში ხსნად ნივთიერებებიდან.

წყლის მნიშვნელობა მცენარისათვის მრავალმხრივია: 1. ის წარმოადგენს საკვებს მცენარისათვის. 2. ხსნის მცენარისათვის საჭირო მინერალურ საკვებ ნივთიერებას და 3. წარმოადგენს იმ არეს, რომელს საშუალებითაც ხდება მცენარეში საკვებ ნივთიერებათა გადანაცვლება და სხვ.

აზოტსა და ნატრის ელემენტებს მცენარე ითვისებს ნიადაგიდან ფესვების მეშვეობით, სხვადასხვა მინერალური მარილების ხსნარებიდან. პარკოსან მცენარეებს შეუძლია აზოტის შეთვისება ჰაერიდანაც. შესაძლებელია აგრეთვე საკვები ნივთიერების შესვლა მცენარეში ფოთლების საშუალებითაც მოსხურების გზით. აზოტისა და ფოსფორის წყარო, გარდა მინერალური მარილებისა, შეიძლება იყოს აგრეთვე ზოგიერთი ორგანული შენაერთი. ასე, მაგალითად, პირველისათვის მარტივი ამინომჟავები — ანპარაგინი, შარდოვანა და სხვა, მეორისათვის — ფიტინი, ცეროფოსფატი, ჰექსოფოსფატი, სახაროფოსფატი, ლეციტინი და სხვა.

საკვები ნივთიერებები მცენარეში ბუსუსა ფესვების ცოცხალი უჯრედების გზით შედის და აქედან ჰურჭვლობოჰკოვან კონებსა და ტრაქეიდებში გადადის, საიდანაც გადაინაცვლებს ღეროსა და ფოთლების ცოცხალ უჯრედებში. საკვები ნივთიერების შესვლის მექანიზმი მცენარეში საბოლოოდ დადგენილი არ არის. ამ მიმართულებით ჯერჯერობით არსებობს მხოლოდ რამდენიმე ჰიპოთეზა:

1. ფიქრობენ, რომ წყალში გახსნილი საკვები ნივთიერება შედის ფესვების უჯრედებში და ფესვური წნევის ძალით მიემართება ჰურჭვლობოჰკოვან კონებში, ე. ი. ადგილი აქვს სითხის დიფუზიისა და ოსმოსის მოვლენებს.

2. შედარებით უფრო გვიან მას ხსნიდნენ დონანის წონასწორობის თეორიით, რომლის თანახმად, უჯრედის ცილების მეშვეობით, უჯრედის გარსსა და ხსნარს შორის იქმნება ძალა, რომელიც დაფუძნებულია კოლოიდურ მოვლენებზე და რომლის მეშვეობით საკვები ნივთიერება შედის მცენარეში.

3. უკანასკნელ ხანებში მეცნიერებაში შეიქმნა მოსაზრება, რომლის მიხედვითაც მცენარის უჯრედებში ნივთიერების შესვლა და დაგროვება წარმოადგენს არა უბრალო ფიზიკურ მოვლენას — ოსმოსური შეწოვის შედეგს, არამედ ეს არის აქტიური ფიზიოლოგიური პროცესი, რომლისთვისაც საჭიროა ორგანიზმის მხრივ განსაკუთრებული რაოდენობის ენერგიის დახარჯვა. ამ თეორიის ავ-

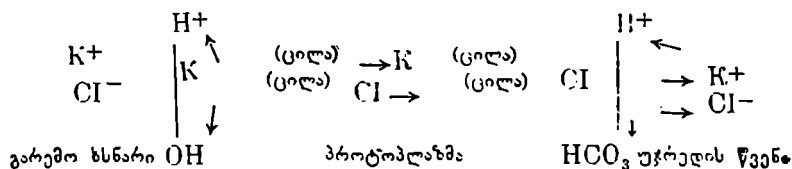
ტორების აზრით, უჯრედში საკვები ნივთიერების შეღწევასა და სუნთქვის პროცესებს შორის არსებობს მჭიდრო კავშირი — სუნთქვის პროცესები უჯრედის შიგა პროცესების ენერჯის ძლიერად წყაროს წარმოადგენს.

4. არსებობს საკვები ნივთიერების მცენარეში შესვლის ე. წ. იონური თეორია. ნიადაგის (ან საკვებ) ხსნარში მცენარისათვის საჭირო საკვები ნივთიერებანი — მარილები იმყოფება იონიზებულ მდგომარეობაში, ე. ი. ელექტრომუხტის მქონე ანიონებისა და კათიონების სახით, რომელთაც ჩვეულებრივ შემთხვევაში მცენარე უშუალოდ ითვისებს საკვები ხსნარიდან იონების სახით. თითოეული მარილის ცალკეული იონი, როგორც წესი, არათანაბარი რაოდენობით შედის მცენარეში. მაგალითად, ქლორამონიუმიდან, რომელიც იშლება იონებად ( $NH_4^+$  და  $Cl^-$ ), მცენარე მეტი რაოდენობით ითვისებს კათიონ  $NH_4^+$  ვიდრე ანიონ  $Cl^-$ , ზოგჯერ კი პირიქით. მცენარე მარილადან უფრო პეტს ითვისებს ანიონს, ვიდრე კათიონს.

მარილების იონების ასეთი არათანაბარი შეთვისების შედეგად მცენარის საკვებ არეში ქარბად გროვდება ფუძეები (ფიზიოლოგიური ტუტეანობა) ან მჟავები (ფიზიოლოგიური მჟავიანობა).

საკვები ნივთიერების მცენარეში შესვლის იონურ თეორიაზე აგებული უჯრედში მარილების შესვლის ბრიუქსის სქემა. ამ უკანასკნელის თანახმად მცენარის უჯრედის პლაზმის ცილოვანი ნივთიერებები, რომლებსაც გააჩნია როგორც აცედოიდური, ისე ბაზოიდური ჯგუფები, აღსორბციას აწდენენ საკვები მარილების ანიონებისა და კათიონების პლაზმის გარეგან ზედაპირზე. შემდეგ, მიგრაციის შედეგად, პლაზმის შინაგან შრეში, დესორბციას განიცდის შთანთქმული ანიონები და კათიონები უჯრედის წვეწვში არსებული  $H^+$  და  $HCO_3^-$  — იონებზე შენაცვლების გზით. ეს იონები კი ყოველთვის მოიპოვებიან უჯრედის წვეწვში.

მარილების ანიონებისა და კათიონების ერთდროულად შესვლა მცენარეში ბრიუქსის მიხედვით ვამოხატება ასეთი სქემით:



დავუშვათ, რომ საკვებ ხსნარში (გარემო ხსნარში) არის მარილი  $KCl$ , მაშინ უჯრედის ცილაში, რომელსაც აციდოიდური თვისება აქვს, წყალბადიონი ( $H$ ) შენაცვლებული იქნება კალიუმით, ხოლო ბაზოიდური უჯრედის ცილაში ჰიდროქსილის იონი ( $OH$ ) ქლორ ( $Cl$ ) იონით. შემდეგში, როცა ეს შთანთქმული ანიონი და კათიონი შედის უჯრედის პლაზმის ღრმა ფენებში, წარმოებს დიფუნდირება უჯრედის წვეწოში, მასში არსებული წყალბადიონის ( $H$ ) და  $HCO_3$  იონების შენაცვლების გზით.

მცენარის თვისებას, სხვადასხვა ნივთიერებიდან შეითვისოს მისთვის აუცილებელი ნივთიერება, უწოდებენ შერჩევით შთანთქმისუნარიანობას. მცენარე ითვისებს უფრო მეტად იმ იონს, რომელიც ფიზიოლოგიურად მისთვის აუცილებელია. მაგალითად. პარკოსნები წარმოქმნიან დიდი რაოდენობით ცილებს, რომელთა შექმნისათვის აუცილებელია აზოტი. ამიტომ, სხვა მცენარეებთან შედარებით, პარკოსნები მეტი რაოდენობით ითვისებენ მას. ასევეა კარტოფილი, რომელიც დიდი რაოდენობით წარმოქმნის ნახშირწყლებს სახამებლის სახით, ხოლო ნახშირწყლების წარმოქმნისათვის საჭიროა კალიუმი. კალიუმის შეთვისების ასეთივე უნარი გააჩნია აგრეთვე შაქრის ჭარხალს.

მცენარეში საკვები ნივთიერების შესვლის ინტენსივობას განსაზღვრავს:

1. ნიადაგის ხსნარის კონცენტრაცია. საკვები ნივთიერებანი მცენარეს შეუძლია შეითვისოს მხოლოდ დაბალი კონცენტრაციის ხსნარებიდან. მცენარის ხელოვნურად აღზრდის დროს იყენებენ ხსნარებს, რომელთა კონცენტრაცია არ აღემატება 0,2-0,3 პროცენტს. ნიადაგის ხსნარის კონცენტრაცია კი უფრო დაბალია (0,05-0,1%). მცენარე სუსტი ხსნარებიდან უფრო ჩქარა ითვისებს მარილებს, ვიდრე მაღალი კონცენტრაციის ხსნარებიდან.

ნიადაგის ხსნარის მაღალი კონცენტრაცია იწვევს მცენარის დაჩაგვრას და ზოგჯერ დაღუპვასაც. ამიტომ ნიადაგში წყლის საკმაო რაოდენობით არსებობა წარმოადგენს მცენარეში საკვები ნივთიერების ნორმალური შესვლის აუცილებელ ფაქტორს. წყლის ძლიერი სიმციროს შემთხვევაში მცენარე არამცთუ არ ითვისებს ნიადაგიდან საკვებ ნივთიერებას, არამედ პირიქით, წარმოებს მისი გამოყოფა მცენარიდან ხსნარში.



2. ნიადაგის ხსნარში იონების რაოდენობრივი შეფარდება. ხსნარი არათუ ცალმხრივი შედგენილობის, არამედ „ფიზიოლოგიურად გაწონასწორებულ“ მდგომარეობაში უნდა იყოს. წონასწორობის დარღვევა შეიძლება დაპლუპველი აღმოჩნდეს მცენარისათვის. მაგალითად, თუ მცენარეს აღმონაცენა წყლის კულტურაში მიეცემთ მაგნიუმს  $MgSO_4$ , ხსნარის სახით, მაშინ ის დაიჩაგრება, მაგრამ საკმარისია ხსნარს მიემატოს კალციუმის მარილი —  $CaCl_2$  ან  $CaSO_4$ , სახით, რომ მაგნიუმის მავნე მოქმედება გაქრება. ამ შემთხვევაში კალიუმში დამცველის როლს თამაშობს მოკარბებული  $Mg$  -ის კათიონების მავნე გავლენის წინააღმდეგ. ამ მოვლენას ფუძეების ანტაგონიზმი ეწოდება. კალციუმში ძლიერ ანტაგონისტად ითვლება ერთვალენტოვანი კათიონების მიმართ.

სოფლის მეურნეობაში მინერალური სასუქების გამოყენების გადიდებასთან დაკავშირებით, ნიადაგის ხსნარში კათიონების თანაფარდობას უდიდესი ყურადღება უნდა მიექცეს. მაგალითად, აკად. პრიანიშნიკოვი აღნიშნავს, რომ ფუძეებით ღარიბ ნიადაგებზე კალიუმის მარილების ცალმხრივი გამოყენების დროს, დადებით მოქმედებასთან ერთად, შეიძლება გამოძეადენდეს მისი უარყოფითი გავლენაც.

3. ნიადაგის ხსნარის რეაქცია. ცნობილია, რომ მკვავე არეს პირობებში მცენარე უფრო ინტენსიურად ითვისებს ანიონებს, ვიდრე კათიონებს და, პირიქით ნეიტრალურ და სუსტ მკვავე არეში კათიონს, ანიონთან შედარებით.

4. ფოტოსინთეზი. დადგენილია, რომ ფოტოსინთეზის ინტენსივობის შენელებისას, და ამის შედეგად ფოთლებიდან ფესვებისაკენ ნახშირწყლების მოძრაობის შესუსტებასთან ერთად, მკვეთრად ეცემა მცენარეში საკვების შესვლაც. საკვები ელემენტების შესვლა მცირდება აგრეთვე ფესვების პაერით მომარაგების შეფერხებასთან ერთად.

5. საკვები ნივთიერების შესვლა მცენარეში დიდადაა დამოკიდებული ფესვთა სისტემის განვითარების ხასიათზე.

6. ამა თუ იმ საკვები ელემენტის შესვლის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლები დამოკიდებულია არა მარტო გარეგან პირობებზე, არამედ მცენარის შინაგან თვისებებზე, ე. ი. იმ ბიოქიმიური პროცესების თავისებურებაზე, რომელიც მცენარის ორგანიზმში მიმდინარეობს. ამიტომ მცენარის ასაკი განსაზღვ-

რულ გავლენას ახდენს საკვები ელემენტების შთანთქმავზე დადგენილია, რომ სვეტეგეტაციო პერიოდის დასაწყისში მცენარე უფრო ინტენსიურად ითვისებს საკვებ ელემენტებს, ვიდრე შემდეგ.

საკვები ნივთიერების შეთვისება განსხვავებულია სხვადასხვა მცენარისათვის მისი განვითარების ფაზის მიხედვით. მაგალითად, მარცვლული კულტურები ყველაზე მეტ საკვებ ნივთიერებას ითვისებენ ვეგეტაციის დასაწყისში ყვავილობამდე. მზესუმზირაში საკვები ელემენტების შესვლა მაქსიმალური ინტენსივობით წარმოებს ყვავილობის პერიოდში, ხოლო სელში თითქმის თანაბრად ვეგეტაციის განმავლობაში. ასევე მთელი ვეგეტაციის პერიოდში ითვისებს ფოსფორს შაქრის კარხალი და ა. შ.

7. საკვები ნივთიერების ფორმები ნიადაგში წარმოადგენს ფაქტორს, რომელიც განსაზღვრავს მცენარეში საკვების შესვლის ინტენსივობას.

#### 15. ფანჯრის სისტემის განვითარების გავლენა მცენარის კვებაზე

დამაკავშირებელ რგოლს მცენარესა და ნიადაგს შორის წარმოადგენს ფესვთა სისტემა. უმთავრესად ამ უკანასკნელის მეშვეობით ნიადაგი გავლენას ახდენს მცენარეზე. უნდა აღინიშნოს, რომ მცენარის ფესვებსა და ნიადაგს შორის ურთიერთმოქმედების საკითხები ნაკლებადაა შესწავლილი.

მცენარის ფესვები ხუთ დამოუკიდებელ ფუნქციას ასრულებს: 1. შთანთქავენ საკვებ ნივთიერებებსა და წყალს ნიადაგიდან, 2. წყალი და საკვები ნივთიერებები გადააქვთ ღეროში, 3. წარმოადგენენ საკვები ნივთიერების დაგროვების ორგანოს (ფესუნაყოფები), 4. მცენარეს ამგრებენ ნიადაგში და 5. მათშივე წარმოებს ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნა.

მცენარის ფესვების ყველა ნაწილს არ შესწევს უნარი შთანთქოს საკვები ნივთიერებები და წყალი. ფესვის მზარდი ნაწილი თეთრი შეფერილობისაა, რომელიც მოხერხებისთანავე მიხაკისფერი ხდება, რადგან მის ზედაპირზე წარმოიქმნება საცობოვანი ნივთიერება. საკვებ ნივთიერებას და წყალს ითვისებს მცენარის არა საცობოვანი ნივთიერებით დაფარული ფესვები, არამედ მათი მზარდი, კონუსის ირგვლივ არსებული ნაწილები. ამიტომ საცობის ფენის წარმოქმნისთანავე ეცემა ფესვთა სისტემის შთანთქმის

უნარი. მზარდი და საცობოვანი ნივთიერებებით სუსტად დაფარული ფესვების შთანთქმითი უნარი ძლიერდება იმის გამო, რომ ზედაპირული უჯრედები ამ ადგილებში წარმოშობენ ფესვის ბუსუსებს, რომლებიც მიემართებიან ნიადაგში. ფესვის ბუსუსები სიგრძით შეიძლება რამდენიმე მილიმეტრი იყოს, ხოლო დიამეტრი მილიმეტრის ერთი მეხუთედი. ფესვის ბუსუსების ზედაპირი დაფარულია ლორწოვანი ნივთიერებებით, რომელსაც ეკვრიან ნიადაგის წვრილი ნაწილები. ამგვარად, ფესვის ბუსუსები მჭიდრო კავშირშია ნიადაგის ნაწილაკებთან. ფესვის ბუსუსები და უსაცობო ფესვის ნაწილები მცირე ხანს ცოცხლობენ. ამიტომ ფესვების ამ ნაწილებით მარაგებიან ნიადაგის მიკროორგანიზმები.

ფესვის ნაზი ბუსუსები და უსაცობო ფესვები უზრუნველყოფენ წყლისა და საკვები ნივთიერებების შთანთქმას. ფესვის ეს ნაწილები იოლად ზიანდებიან ისეთი არახელსაყრელი პირობების გავლენით, როგორცაა ნიადაგის ცუდი ჰაერაცია, წყლის ნაკლებობა, მაღალი მქავეიანობა ან ტუტეიანობა, ალუმინისა და მანგანუმის მაღალი შემცველობა ხსნარში და ჭაერთოდ ხსნარის მაღალი კონცენტრაცია. არახელსაყრელ პირობებში ფესვები იზრდებიან, მაგრამ მათ მცირე ბუსუსები აქვთ. ახლადწარმოშობილი ფესვები მალე იფარება საცობოვანი ნივთიერებებით, რის გამოც ისინი დაბალი შთანთქმის უნარით ხასიათდებიან. ასეთ შემთხვევაში მცენარე მცირე გვალვასაც კი ვერ იტანს.

ფესვების ზრდის ინტენსივობას განსაზღვრავს ტემპერატურა, წყლისა და ჰაერის რაოდენობა ნიადაგში, აგრეთვე ნახშირწყლების რაოდენობა, რომლებიც მოედინებიან მცენარის მიწისზედა ნაწილებიდან. გარდა აღნიშნულისა, მას განსაზღვრავს სხვა მცენარეების ფესვთა სისტემის კონკურენცია. ფესვები კარგად ვითარდება მაღალფორიანობის მქონე ნიადაგებში; დატყეპნილ ნიადაგებში ფესვთა სისტემის განვითარება ფერხდება. თიხნარებში ფესვები ყველა მიმართულებით ვერ ვითარდებიან — მათი განვითარება წარმოებს თიხის ნაპრალებში ან სხვა სახის ნალარებში.

ფესვები აქტიურად იზრდებიან მხოლოდ ტენიან ნიადაგში, თუმცა დღენათვის ჯერ კიდევ არ არის დადგენილი ტენიანობის რაოდენობის პირობებში წარმოებს ფესვების ინტენსიური ზრდა. ჩვეულებრივ, ფესვები ვერ იზრდებიან ისეთ ნიადაგში, რომელიც გამომშრალია კენობის კოეფიციენტამდე. მაგრამ განსაზღვრულ

პირობებში ზოგიერთი მცენარის ფესვები იზრდება მშრალ ნიადაგშიც, თუ ფესვთა სისტემის ნაწილი იმყოფება ნიადაგის ტენიან ფენაში. ფიქრობენ, რომ ფესვებს შესწევს უნარი წყალი და საკვები ნივთიერებები გადაქაჩოს ტენიანი ნაწილებიდან აკლებად ტენიან ნაწილებსაკენ. ამ გზით მცენარეს შეუძლია შეითვისოს მშრალი ნიადაგიდან აზოტი, კალიუმი, მაგრამ ფოსფორის შთანთქმას აღილი არა აქვს.

უმეტეს მცენარეთა ფესვთა სისტემა ჰერონად ვითარდება კარგი აერაციის ნიადაგში. ამ პირობებში მცენარეები წარმოშობენ მძლავრ ძლიერად დატოტვილ ფესვთა სისტემას, რომელთაგან არასულსაყრელი პირობების შემთხვევაში ძალზე ბევრი სწრაფად კვდება. ქვიშნარ ნიადაგებში, კარგი აერაციის გამო, მცენარის ფესვთა სისტემა უფრო ძლიერად ვითარდება, ვიდრე თიხნარ ნიადაგებში. აერაცია გავლენას ახდენს ფესვთა სისტემაზე: ა) ნიადაგის პაერის უანგბადის, ბ) ნახშირორჟანგის და გ) ანაერობული გაზრწნის დამატებითი პროდუქტების შემცველობით. ანაერობული გაზრწნის პროდუქტები შეიძლება იყოს გოგირდწყალბადი, მეთანი, წყალბადი, რომლებიც გროვდებიან ნიადაგში. აღნიშნული ფაქტორების გავლენა მცენარის ფესვების განვითარებაზე ნაკლებადაა შესწავლილი და წარმოადგენს მომავალი გამოკვლევის ამოცანას.

დადგენილია, რომ ნახშირორჟანგის მაღალი კონცენტრაცია სპობს ყველა ფესვს, მაგრამ მრავალ მათგანს შესწევს უნარი მკირე ხნის განმავლობაში გადაიტანოს მისი 9-დან 10 პროცენტამდე კონცენტრაცია. ფესვთა სისტემის ჩორმალური ზრდისათვის  $CO_2$  რაოდენობა ნიადაგის პაერში არ უნდა აღემატებოდეს 1 პროცენტს. მცენარის ფესვების განვითარებაზე ჟარყოფით გავლენას ახდენს უანგბადის კონცენტრაციის 9-12 პროცენტს ჭვემით დაცემა. ფესვთა სისტემის განვითარება სრულიად წყდება, თუ ნიადაგის პაერში უანგბადის რაოდენობა 5 პროცენტზე ნაკლებია. უანგბადზე მცენარის მოთხოვნილება და მისი მგრძნობელობა ნახშირორჟანგის შემცველობაზე, ცხადია, იზრდება ტემპერატურის გადიდებასთან ერთად. უნდა ვიგულისხმოთ, რომ მცენარის სახეობისდა მიხედვით არაერთნაირად იცვლება მათი ფესვთა სისტემის განვითარება, ნიადაგის პაერში უანგბადისა და ნახშირორჟანგის შემცველობის ცვლასთან დაკავშირებით. ასე, მაგალითად, ბრინჯი, წიწიბურა და ზოგიერ-

თი სხვა მცენარის ფესვები კარგად იზრდება ძალზე შემცირებული ჰაერის პირობებში. მაგრამ პამიდორის, ცერცველას და სიმინდის ფესვთა სისტემის განვითარებისათვის აუცილებელია ნიადაგის კარგი ჰაერაცია. მარცვლოვანებსა და სოიას კი საშუალო ადგილი უკავიათ ჰაერაციის მოთხოვნილებისადმი.

მცენარის ფესვთა სისტემის განვითარებაზე ანაერობულ პირობებში წარმოშობილი დამატებითი პროდუქტების გავლენა ჯერ კიდევ უმნიშვნელოდაა შესწავლილი. ნიადაგის ჰაერში გოგირდწყალბადის მცირე რაოდენობაც კი მომწამვლელად მოქმედებს მცენარეების ფესვთა სისტემაზე. ვლიმისისა და დევისის მონაცემებით მეთანი დიდ გავლენას არ ახდენს შვრიაზე, მაგრამ ბრინჯის ფესვთა სისტემის განვითარება კი ასეთ შემთხვევაში ძლიერდება. წყალბადის დაბალი კონცენტრაცია შესაძინევ გავლენას არ ახდენს მცენარის ფესვთა სისტემის განვითარებაზე, თუმცა მას შეუძლია შეაფერხოს პარკოსანი მცენარეების მიერ აზოტის ფიქსაციის პროცესი.

მცენარის ფესვთა სისტემის ჰაერაციისა და წყლისა და საკვები ნივთიერებების შეთვისებას შორის არსებობს მჭიდრო ურთიერთ დამოკიდებულება. ჩანგისა და ლუპისის გამოკვლევებით საკვებ ხსნარში ნახშირორჟანგის შემცველობის გადიდება ამცირებს წყლისა და ზოგიერთი საკვები ელემენტის შეთვისებას, კერძოდ, შესაძინევად მცირდება აზოტისა და კალიუმის შთანთქმა, მაშინ როდესაც ჟანგბადის კონცენტრაციის შემცირება ხსნარში ნახშირორჟანგის დაბალი კონცენტრაციის პირობებში წყლისა და საკვები ელემენტების შთანთქმაზე სულტ გავლენას ახდენს.

მცენარის ფესვთა სისტემის განვითარებისათვის ოპტიმალური ტემპერატურის გავლენა ჯერ კიდევ არ არის დადგენილი. მაგრამ ცნობილია, რომ ძირითადი კულტურების ფესვთა სისტემის ინტენსიური ზრდისათვის საჭირო ტემპერატურა მნიშვნელოვნად მეტია; ვიდრე გაყინვის წერტილი. როდ ჯესმა დაადგინა, რომ ვაშლის ხის ფესვები იზრდება 2 °C ახლოს, მაგრამ მათი ზრდის ინტენსივობა იწყება მაშინ, როდესაც ნიადაგის ტემპერატურა 7 ° C-მდე აღწევს. მეტისმეტად მაღალი ტემპერატურის დროს ფესვთა სისტემის ზრდა წყდება, მისი გავლენა ძლიერია იმდენად, რამდენადაც მეტია არახელსაყრელი პირობები მცენარის განვითარებისათვის, კერძოდ ხსნარის PH და ნიადაგის ჰაერაცია.

ფესვებში მოხვედრილი ნახშირწყლები იხარჯება ფესვების ზრდისათვის, რომლებიც მოედინება მიწისზედა ნაწილებიდან და წარმოადგენს ამ ნაწილებში დაგროვილ კარბ. მარაგს. ფესვის ზრდა არ წარმოებს, როცა მარცვლოვანები წარმოქმნიან მარცვალს, ხოლო ხეხილოვანში ნაყოფი მწიფდება, რადგან ამ დროს მიწისზედა ნაწილები იყენებენ მეტ ნახშირწყლებს და მათი გადანაცვლება არ წარმოებს ფესვთა სისტემაში.

მინერალური სასუქების გავლენა მცენარის ფესვების ზრდაზე ვლინდება უმთავრესად არაპირდაპირი გზით, ვინაიდან მათი უშუალო ზემოქმედება შენიშნულია ფოთლების ზრდაზე და მიწისზედა ნაწილებში ნახშირწყლების დაგროვებაზე. თუ მცენარე იზრდება ზომიერად ნოყიერ ტენიან ნიადაგზე, რომელიც ხელს უწყობს ფესვების ზრდას, და ასეთ ნიადაგში შეგვაქვს მინერალური სასუქები, რითაც ივსება საკვები ნივთიერების მარაგი, მაშინ შეტანილ სასუქებს შეუძლია გააძლიეროს მიწისზედა ნაწილების ზრდა და არ მოახდინოს არსებითი გავლენა ფესვების ზრდაზე. სასუქების ასეთ გავლენას მცენარის განვითარებაზე ჩვეულებრივ ადგილი აქვს საკმაოდ ნოყიერ ნიადაგებზე, მაგრამ სასუქების შეტანის გარეშე საკვებით ძალზე ღარიბ ნიადაგებზე მცენარის ზრდა ძალზე განსაზღვრულია. ამგვარ ნიადაგებზე ნაკლებად იზრდებიან მცენარეები, რომელთაც არ შეუძლიათ წარმოქმნან ბევრი ფოთლები და, მაშასადამე, ნახშირწყლებიც, რის შედეგად მცენარე უძლურდება. ასეთ ნიადაგებზე ფოთლების შეტანა იწვევს ფოთლების ზრდის გაძლიერებას, რის შედეგადაც ძლიერდება ნახშირწყლების წარმოქმნა, რაც, თავისთავად, უზრუნველყოფს ძლიერი ფესვთა სისტემის განვითარებას.

ნიადაგში არასაკმაო რაოდენობით არსებული ნივთიერების შეტანა ხელოვნურად მცენარის ფესვთა სისტემის განვითარებაზე დიდ ეფექტს ახდენს — დიდდება ფესვების სიგრძე, ამავე დროს იზრდება მცენარის მიერ საკვები ნივთიერებების შეთვისების ხარისხი ნიადაგიდან. ფესვების განვითარებაზე გავლენას ახდენს აგრეთვე სასუქების შეტანის სფეროც, რადგან ფესვები იტოტებიან მხოლოდ ნიადაგის იმ ფენაში, რომელიც ღებულობს სასუქებს. ასე მაგალითად, სასუქების შეტანა სახნავი ფენის ქვემოთ იწვევს ფესვების უფრო ინტენსიურ განვითარებას ამ ფენაში, ვიდრე სასუქების ნიადაგის ზედაპირულ ფენაში შეტანისას. გვალვიან წლებში

სასუქების ღრმად შეტანამ შეიძლება გავლენა მოახდინოს მცენარის გვალვაგამძლეობაზე.

ტენის მარაგი ნიადაგში არაპირდაპირ გავლენას ახდენს მცენარის ფესვთა სისტემის განვითარებაზე. მცენარეს, რომელიც იზრდება ტენიან, ნოყიერ ნიადაგზე, ჩვეულებრივ აქვს არაღრმა ფესვთა სისტემა. ასეთ შემთხვევაში მიწისზედა ნაწილს შეუძლია გამოიყენოს სინთეზირებული ნახშირწყლების უფრო მეტი ნაწილი. დაფესვიანების შემდეგ დაწყებული გვალვა ხელს უწყობს ღრმა ფესვთა სისტემის განვითარებას. ნიადაგში წყლის ნაკლებობის პირველ შედეგს წარმოადგენს ის, რომ მცენარის მიწისზედა ნაწილების ზრდის ინტენსივობა ნელდება, რაც გამოწვეულია მცენარეში წარმოქმნილი ნახშირწყლების ფესვთა სისტემის ზრდისათვის ხარჯით. ღრმად განვითარებული ფესვთა სისტემა გააჩნია ყველა იმ მცენარეებს, რომლებიც იზრდებიან ზაფხულის ზომიერი გვალვების პერიოდში, მაგრამ თუ ზამთარში ნალექების რაოდენობა საკმაოდ დიდია, ასეთ პირობებში მცენარეთა სახეობის 65 პროცენტი ფესვებს არა ნაკლებ ერთნახევარი მეტრის სიღრმეზე ივითარებენ. მცენარის ფესვებმა ამ პირობებში შეიძლება 2,7 მეტრიდან 6 მეტრამდე სიღრმეს მიაღწიონ. უვერის მონაცემების თანახმად, 650-800 მილიმეტრიდან 400-475 მილიმეტრამდე ნალექების შემცირებით, ნიადაგში ფესვების ჩაღწევის სიღრმე დაახლოებით 150 სანტიმეტრიდან 60 სანტიმეტრამდე მცირდება; ზორბლის მცენარის სიმაღლე კი მცირდება 90 სანტიმეტრიდან 60 სანტიმეტრამდე. ასევე იკლებს ფესვთა სისტემის ზრდა ნალექების 800 მილიმეტრის ზევით გადიდებისას, რადგანაც ფესვებს შეუძლია მოიპოვოს საჭირო წყალი ნიადაგის ზედაპირულ ფენებში და უზრუნველყოს მცენარე ზაფხულის ჩვეულებრივი გვალვების პერიოდში. ფესვთა სისტემის ღრმად განვითარება შესაძლებელია მაშინ, როდესაც მცენარის ფესვების ჩასაღწევად ნიადაგის ქვედა ფენებში არსებობს ხელსაყრელი პირობები. მუდმივი ტენიანობის პირობებში ყველა მცენარე ფესვიანდება არაღრმად და მათ ფესვთა სისტემას ნიადაგის ერთი და იგივე ფენა უკავია.

მცენარის ფესვთა სისტემის ტიპი დიდად არის დამოკიდებული ნიადაგობრივი პირობებისაგან. ნოყიერ ნიადაგებზე ფესვთა სისტემა უფრო დატოტვილია და მეტად კომპაქტური, ვიდრე ღარიბ ნიადაგზე. მცენარის ფესვთა სისტემა იცვლება ნიადაგის ნაყოფიერების ხარისხის მიხედვით. ფესვთა სისტემაში არჩევენ

ფესვის ზედაპირს და ფესვის მოცულობას. პირველი წარმოდგენს შთანთქმით ზედაპირს, ხოლო მეორე — ნიადაგის მოცულობას, რომელიც შეიცავს ფესვებს.

ნიადაგში ფესვების ზრდის სიჩქარე დიდად მერყეობს. როჯერსის შეხედულებით დღის განმავლობაში ფესვების ზრდა 3 მმ უდრის, მაგრამ ზოგჯერ შეიძლება 9 მმ მიაღწიოს. უივერის გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ბალახების ფესვების ზრდის სიჩქარე 10 მმ აღწევს ხოლო გოგრიასა და სიმინდისა — 60 მმ. მცენარეს, რომელიც აღზრდილია იმწკრივში ან შემჭიდროებულ ნათესაში. აქვს არა მარტო მოკლე, არამედ კომპაქტური ფესვთა სისტემა. მცენარეები, რომლებიც იზრდებიან იზოლირებულად, გააჩნიათ ჰორიზონტალურად განლაგებული ფესვთა სისტემა და იკავებენ დიდ ფართობს. მაგრამ თუ მცენარე იზრდება სხვა მცენარეების მეზობლად, ფესვთა სისტემის გავრცელება ჰორიზონტალური მიმართულებით ძალზე განსაზღვრულია. ორი ან რამდენიმე ერთნაირი სახის მეზობელი მცენარის ფესვთა სისტემა იშვიათად გადაეხლართებიან ურთიერთს ერთი და იგივე ნიადაგის მოცულობაში.

პერიკემ დაადგინა, რომ მარცვლოვანების ფესვთა სისტემის წონა შეადგენს მიწის ზედა ნაწილების ერთ მერვედ ნაწილს. მაშასადამე, 5 ტონა მოსავლისას ფესვთა სისტემა იქნება 6,25 ც ჰექტარზე, სამყურასა და ჩიტფხას ფესვების წონა მერყეობს 2,5-6,25 ც/ჰექტარზე, მაშინ როცა იონჯა 2,5-3,7 ტონა ფესვებს იძლევა წელიწადში.

მცენარის ფესვების მიერ ნიადაგიდან საკვები ნივთიერების შეთვისების მექანიზმი ჯერ კიდევ საბოლოოდ არაა დადგენილი. მცენარის ფესვების მიერ ნიადაგიდან საკვები ნივთიერების შეთვისების სამი წყარო არსებობს: ნიადაგის ხსნარი, შთანთქმული იონები და იოლად დასაშლელი მინერალები. ამ სამი წყაროს შეფარდებითი მნიშვნელობა რომელიმე მცენარისათვის დღემდე გაურკვეველია. ნიადაგში არსებული ნივთიერების წაერთო მარაგიდან მცენარისათვის მხოლოდ ნაწილია მისაწვდომი. დღეისათვის დადგენილია, რომ ნიადაგში არსებული საკვები მარაგის დაყოფა მცენარისათვის შესათვისებელ და შეუთვისებელ ფორმებად ძალზე პირობითია, რადგან მცენარეების სხვადასხვა სახეები არაერთნაირი უნარით ხასიათდებიან ნიადაგში არსებული საკვები ნივთიერებების შენაერთების შეთვისებით. წინათ ასეთ განსხვავებულ



უნარს მკვლევარები მცენარის უჯრედის წვეწის საერთო მჟავიანობით ხსნიდნენ. ასე, მაგალითად, მარცვლოვანებთან შედარებით, პარკოსნების მეტ უნარს შეითვისონ საკვები ნივთიერებები ძნელად ხსნადი ნაერთებიდან, ხსნიდნენ პარკოსნების უჯრედის წვეწში მეტი მჟავიანობით. უფრო გვიან პერიოდის გამოკვლევებით კი დადგინდა, რომ პარკოსნებს, პირიქით, შედარებით ნაკლებად მჟავე უჯრედის წვეწის რეაქცია გააჩნიათ მარცვლოვანებთან შედარებით. შემდგომში გამოითქვა მოსაზრება, რომ მცენარეების მიერ საკვები ნივთიერებების ძნელად ხსნადი შენაერთებიდან შეთვისების განსხვავებული უნარი აიხსნება ფესვების გამონაყოფის მჟავე რეაქციით. მჟავე რეაქციის მქონე ფესვების გამონაყოფი გამხსნელად მოქმედებს ნიადაგში არსებულ ძნელად ხსნად საკვებ ნივთიერებებზე, რაც იწვევს მცენარის კვებოს გაუმჯობესებას. მცენარის ფესვების გამონაყოფის რაოდენობა, როგორც ცნობილია, არც ისე მცირეა. ასე, მაგალითად, ზოგიერთი მონაცემებით ფესვებიდან გამოყოფილი ორგანული ნივთიერება შეადგენს იმ საერთო ორგანული ნივთიერების 5 პროცენტს, რომლის ბინთეზი მიმდინარეობს მცენარეში სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში. რადგან სხვადასხვა მცენარე არაერთნაირი რაოდენობისა და შედგენილობის ფესვების გამონაყოფებს გამოყოფენ, ამიტომ სხვადასხვა მცენარეს არაერთნაირი უნარი აქვს შეითვისოს საკვები ნივთიერებები ძნელად ხსნად შენაერთებიდან.

ლიბიხმა პირველმა გამოთქვა მოსაზრება, რომ ნიადაგის შთანთქმული კათიონები წარმოადგენენ საკვები ნივთიერებებს ძირითად წყაროს მცენარისათვის. ეს მოსაზრება შემდგომში ჯანაფითარა ენოპმა, კელნერმა, უიტნიმ, კამერონმა და გედროიციმა, რომლებმაც შეიმუშავეს ჰიპოთეზა, რომ მცენარე საკვებ ნივთიერებებს იღებს ნიადაგის ხსნარიდან. ამიტომ საჭიროა იმ საკვები ნივთიერების მარაგის შესწავლა, რომელიც იმყოფება ნიადაგის ხსნარში. ამ მარაგის ცოდნას მიუყვებათ ნიადაგის პოტენციალურ ნაყოფიერების ზუსტ შეფასებამდე. მაგრამ ნიადაგში შთანთქმულ მდგომარეობაში არსებული და ადვილად ხსნადი ნივთიერებები არეგულირებს ნიადაგის ხსნარის შედგენილობას. მაშასადამე, ძველი გამოკვლევებით დადგენილი იყო, რომ ნიადაგში არსებობს საკვები ნივთიერების სამი წყარო: ნიადაგის ხსნარი, შთანთქმული კათიონები და იოლად დასაშლელი მინერალები. ნიადაგის ხსნარის

წონასწორობას აბდენს შთანთქმულ მდგომარეობაში არსებული საკვები ნივთიერებები და იოლად დასაშლელი მინერალები. თუ რომელიმე საკვები ნივთიერება, ნიტრატების გარდა ჩაირეცხება ნიადაგის ქვედა ფენებში, ან შეითვისება მცენარის მიერ, მაშინ შთანთქმულ მდგომარეობაში არსებული კათიონები გადადიან ნიადაგის ხსნარში და, მაშასადამე, ხსნარის კონცენტრაციის აღდგენა წარმოებს. ნიადაგის მთავარი ფაზა ნამდვილად წარმოადგენს კარგ ბუფერს ნიადაგის ხსნარის როგორც PH-ის მიმართ, ისე ყველა საკვები ნივთიერებებისადმი. ამათგან გამონაკლისია ნიტრატები, რადგანაც ისინი არ შთანთქმებიან ნიადაგის მიერ, ბიოლოგიური შთანთქმის გარეშე. ვინაიდან სხვადასხვა მცენარეს ნიადაგიდან საკვები ნივთიერებებს შეთვისების არაერთნაირი უნარი აქვს, ფესვებს, ცხადია, უნდა შეეძლოს, შეითვისონ ზოგიერთი ნაწილი საკვები ნივთიერებებისა, რომლებსაც შეიცავენ ყველაზე უფრო იოლად შლადი მინერალები.

გარდა ფესვების გამოწყობისა, მინერალებზე მოქმედებს ფესვებიდან გამოყოფილი და ნიადაგში წარმოქმნილი ნახშირორჟანგის გაზი, რომელიც წარმოშობს მინერალების ზედაპირზე ნახშირის მჟავას ხსნარს. ეს თეორია პირველად წამოაყენა ჩაპეგმა, უფრო გვიან კი განავითარა სტოკლანამ. დუენისა და ოვერსტრიტის მოსაზრებით, ფესვებიდან გამოყოფილი წყალბადიონი იწვევს ჩანაცვლებით რეაქციას მინერალების კათიონების აღგილზე, რის შედეგადაც ნიადაგის ხსნარში გადადის მინერალებში არსებული საკვები ნივთიერების მარაგი. ასეთ ჩანაცვლებით რეაქციას დეენმა და ოვერსტრიტმა „კონტაქტური ჩანაცვლება“ უწოდეს. დუენისათვის მოიპოვება მონაცემები, რომლებითაც მტკიცდება, რომ მცენარის ფესვებს შეუძლია გამოიყენოს ჩვეულებრივ მათთვის მიუწვდომელი კათიონები, თუ ნიადაგი შეიცავს მჟავა თიხას. გრანმა დაადგინა, რომ თიხა, განსაკუთრებით თუ ის მდიდარია მინერალ მონტმორილონიტით, წარმოადგენს კათიონების ძლიერ ექსტაქტორს, ნიადაგის მინერალური ნაწილაკების ლამისებურ ფრაქციიდან.

## თ ა ვ ი II.

# მცენარის ქიმიური შედგენილობის ცვლილება კვების გავლენით

### 1. მცენარის ქიმიური შედგენილობა

მცენარის ქიმიური შედგენილობა იცვლება მცენარის სახეობის, კლმატური და კვების პირობების შესაბამისად. აღნიშნულ ფაქტორებიდან წამყვანია მცენარის ბიოლოგიური თავისებურებები და მისი კვების რეჟიმი, რომელთა მიხედვით არსებითად იცვლება მცენარის ქიმიური შედგენილობა. კულტურების განოყიერების მიზანს მოსავლიანობის გადიდებასთან ერთად წარმოადგენს მისი ხარისხის გაუმჯობესება. სასუქების შეტანა ნიადაგში აუმჯობესებს რა მცენარის კვების რეჟიმს. ამავე დროს იწვევს მცენარის ქიმიური შედგენილობის არსებით შეცვლას. წესიერად გამოყენებული სასუქი აუმჯობესებს მოსავლის ხარისხს, ზრდის მცენარეში ცილებს, შაქრებს, სახამებლისა და ცხიმების შემცველობას. სასუქების არაწესიერი გამოყენებით კი შეიძლება გაუარესდეს მოსავლის ხარისხი. ასე, მაგალითად, შაქრის ქარხლის მიმართ აზოტიანი სასუქების ქარხად გამოყენება იწვევს შაქრიანობის შემცირებას. ასევე თამბაქოს ქვეშ ქლორის შემცველი სასუქების შეტანას მოსდევს თამბაქოს ხარისხის გაუარესება და სხვ.

მცენარე შედგება იშვიათი ნივთიერებისაგან და წყლისაგან, რომელთა შემცველობა ძალზე მერყეობს (იხ. ცხრილი 6).

მცენარეებში საშუალოდ 80-90 პროცენტი წყალია, ხოლო 10-20 პროცენტი იშვიათი ნივთიერება. წყალმცენარეები მეტ წყალს შეიცავენ ხმელეთის მცენარეებთან შედარებით.

მცენარის ქიმიურა შედგენილობა

მცენარის სახეობა	შემცველობა %	
	წყალი	მშრალი ნივთიერება
კიტრის ნ ყოფი . . . . .	96	4
ს ო კ ო ყ ბ ი . . . . .	92—95	5—8
ტურნეფის ძირები . . . . .	92	8
საკვები კარხალი . . . . .	88	12
ცერცვ: ლას და შერიის მწვანე მასა . . . . .	82	18
კალტოფილის ტუბერები . . . . .	75	25
ხორბლის მარცვალს . . . . .	14	86
სელის თესლი . . . . .	8	92

უწყლო მცენარის ქსოვილებს საშუალოდ შემდეგი ელემენტარული შედგენილობა აქვს:

ნახშირბადი	— 45 პროცენტი
ჟანგბადი	— 42 "
წყალბადი	— 6,5 "
აზოტი	— 1,5 "

მთელი მშრალი ნივთიერების 95 პროცენტი მოდის ორგანოგენებზე (C, O, H, N), ხოლო დანარჩენი შეადგენს მინერალური ელემენტებს ანუ ნაცარს. ამ უკანასკნელის შემცველობა მცენარეში მეტისმეტად მერყევიანა. მცენარის ქსოვილებში მინერალური ნივთიერების შემცველობის მიხედვით მათ ყოფენ შემდეგ ჯგუფებად:

I ჯგუფი. მაკროელემენტები, რომელშიც შედის ისეთი ელემენტები, რომელთა შემცველობა მცენარეში მერყეობს ათეული პროცენტიდან პროცენტის მეთასემდე. ორგანოგენებს გარდა (C, O, H, N), ამ ჯგუფს მიეკუთვნებიან Si, K, Ca, Mg, Na, F, Cl, P, Ae.

II ჯგუფი. მიკროელემენტები, რომელთა შემცველობა მცენარეში მერყეობს პროცენტის მეთათასედიდან, პროცენტის ას მეთათასედიამდე. ამ ჯგუფს მიეკუთვნებიან B, Mn, Sr, Cu, Zn, Ba, Br, Zr, Ni, Mo, Co, J და სხვ.

III ჯგუფი. ულტრა-მიკროელემენტები, რომლებიც შედგება იმ ელემენტებისაგან, რომელთა შემცველობის პროცენტი მეპილიონედ და უფრო ნაკლებით აღორცილება, ასეთებია Cs, Se, Cd, I, Ag, Au, Ra. ასე, მაგალითად, ვერცხლის წყლის შემცველობა

მცენარის ქსოვილებში არის  $n_{10} - 7$  მაშინ როცა რადიუმის შემცველობა  $n_{10} - 14$  აღწევს.

მცენარის მშრალი მასის დაწვის შედეგად რჩება უწყავი ნაშთი — ნაცარი, ხოლო წვადი ნაწილი ორგანული ნივთიერებისაგან შედგება.

ნაცრის რაოდენობა მცენარეში მეტად ცვალებადია. საშუალოდ იგი 5 პროცენტს უდრის. თესლში ნაცრის შემცველობა აღწევს 3 პროცენტს, ფოთლებში 12 პროცენტამდე, ფესვებსა და ბალახეული მცენარეების ღეროებში 4-5 პროცენტამდე, მერქანში 1 პროცენტამდე, ხოლო ქერქში 5 პროცენტამდე. მცენარის ერთსა და იმავე ორგანოში ნაცრის რაოდენობა იცვლება კვების პირობებისა და წლის სეზონის მიხედვით. ფოთლებში ნაცრის რაოდენობა მეტია, ხოლო ფესვებსა და ღეროში კი ნაკლები. ნაცრის შემცველობა მცენარეში დამოკიდებულია აგრეთვე კლიმატზე, ნიადაგზე, მცენარის სახეობაზე, ასაკსა და სხვა ფაქტორებზე.

ნაცრის შემცველობაზე წარმოდგენას გვაძლევს შემდეგი მონაცემები (პროცენტობით მშრალი ნივთიერებიდან):

თივა	სამყურას	— 5,38
	ტიმოთეს ბალახის	— 6,07
ჩალა	ქვევის	— 4,1-6,1
	შერიის	— 5,8
თესლი	ბარდასი	— 2,63
	სოიას	— 2,84-5,5
	სელის	— 3,92-8,69
თესლი	მზესუმზირას	— 1,83-4,93
	ბამბის	— 3,28-4,53
	კენაფის	— 2,50-6,81
	მდოგვის	— 3,61
	სამყურასი	— 3,81
	ცხენის ცერცვის	— 3,80
	შერიის	— 2,55

ნაცრის შემადგენლობაში შედის ისეთი ელემენტები, რომელსაც შეიცავს ნიადაგი.

მცენარის მშრალი ნივთიერების ორგანული ნაწილი შედგება ნახშირბადის (C), წყალბადის (H), ჟანგბადისა (O) და აზოტისაგან (N) მათ ორგანოგენებს უწოდებენ.

მცენარის შემადგენლობაში არსებული ორგანული ნივთიერებანი შეიძლება დაიყოს: ორ დიდ ჯგუფად: უაზოტო და აზოტის შემცველ ნაერთებად.

უ ა ზ ო ტ ო შე ნ ა ე რ თ ე ბ ი. მცენარის უაზოტო ორგანულ შენაერთებს მიეკუთვნება: ნახშირწყლები, ცხიმები, ორგანული ჰეაქები და მთრიმლავი ნივთიერებები.

ნახშირწყლები, როგორც წესი, შეიცავენ ნახშირბადს, ჟანგბადსა და წყალბადს. ზოგიერთი მათგანი კი, მაგალითად, სოკოებში შემავალი ნახშირწყლები — გლუკოზინი შეიცავს ნახშირბადს, წყალბადსა და ჟანგბადთან ერთად აზოტსაც. ძირითად ნახშირწყლებში წყალბადისა და ჟანგბადის შეფარდება ისეთივეა, როგორც წყალში. ყველა ნახშირწყლები იყოფა ორ ჯგუფად: მონოზი ანუ მონოსახარიდი და პოლიოზი ანუ პოლისახარიდი. მონოსახარიდების მოლეკულების შემჭიდროებით მიიღება პოლისახარიდები და გამოიყოფა წყალი. მაგალითად, ორ მოლეკულა მონოზას თუ წავართმევთ წყალს, მივიღებთ დისახარიდის მოლეკულას. ტიპიურ დისახარიდს ეკუთვნის სახაროზა, მალტოზა და ცელოზიოზა. სამი მოლეკულა მონოზის შემჭიდროებით მიიღება ტრისახარიდის მოლეკულა. ამ რეაქციის დროს გამოიყოფა ორი მოლეკულა წყალი. ტრისახარიდს მიეკუთვნება რაფინოზა. ოთხი მოლეკულა მონოზის შემჭიდროებით მიიღება ტეტრასახარიდი, რომლის წარმომადგენელია სტახიოზა.

პოლისახარიდები იყოფა ორ ჯგუფად — პირველი და მეორე რიგის პოლისახარიდებად. დისახარიდები, ტრისახარიდები და ტეტრასახარიდები შეადგენენ პირველი რიგის პოლისახარიდებს. მეორე რიგის პოლისახარიდებს: ეკუთვნიან სახამებელი, გლიკოგენი, ინულინი, ფჯრედანა ანუ ცელულოზა, ჰემიციელულოზა, პექტინოვანი ნივთიერება, აგარ-აგარი და სხვ.

მონოსახარიდები წარმომადგენს მრავალატომიანი სპირტების ნაწარმს. მათი ძირითადი წარმომადგენელია: ა — გლუკოზა (დესტროზა, ყურძნის შაქარი), დ — ფრუქტოზა (ლეულოზა, ნაყოფის

შაქარი), დ — გალაქტოზა, დ — მანოზა, არაბინოზა, ქსილოზა, რიბოზა, სარგიტი, მანიტი, დულციტი და სხვ. მათგან ჩვენ გავეცნობით მცენარეებში შეტად გავრცელებულ დ — გლუკოზას და დ — ფრუქტოზას.

მონოსახარიდებიდან ( $C_6 H_{12} O_6$ ) დექსტროზა, მარჯვენა დ — გლუკოზა (ყურძნის შაქარი) ვაზის ნაყოფშია, აქედან წარმოიშვა მისი სახელწოდებაც. ის არის აგრეთვე ვაშლის, მსხლის, ქლიავის, ბლასა და ალუბლის ნაყოფებში.

ფ რ უ ქ ტ ო ზ ა, ნაყოფის შაქარი—ლევეულოზა ( $C_6 H_{12} O_6$ ), ემპირიული ფორმულით არ განსხვავდება დექსტროზასაგან, მაგრამ მას აქვს ატომების სხვანაირი განლაგება სივრცეში. ის გვხვდება ბევრ ნაყოფში (ვაშლის, კენკროვანის და სხვა) და წარმოადგენს გარდამავალ ნივთიერებას, საიდანაც წარმოიშვება ინულინი.

იეთ შენაერთებს, როგორცაა დექსტროზა, ანუ მარჯვენა გლუკოზა და ფრუქტოზა, მონოსახარიდები ეწოდება. მცენარეში არის აგრეთვე რთული ნახშირწყლები, რომლებიც შედგებიან მონოსახარიდების რამდენიმე მოლეკულისაგან, რომელთაც დისახარიდებს უწოდებენ. მათგან მთავარია:

პ ო ლ ი ს ა ხ ა რ ი დ ე ბ ი. პირველი რიგის პოლისახარიდებიდან გავეცნობით სახაროზას, ხოლო მეორე რიგის პოლისახარიდებიდან სახამებელს, ცელულოზას, ჰემიციელულოზას და ინულინს.

ლ ე რ წ მ ი ს შ ა ქ ა რ ი ა ნ უ ს ა ხ ა რ ო ზ ა ( $C_{12} H_{22} O_{11}$ ) დიდი რაოდენობით გვხვდება შაქრის ქარხლის (საშუალოდ 18 პროცენტი), სუფრის ქარხლის, საკვები ქარხლისა და სტაფილოს ძირებში, მარწყვის, ვაშლისა და საზამთროს ნაყოფებში. მთიპოვება აგრეთვე ლერწმის ღეროში. გლუკოზისაგან განსხვავებით, მისი დიფუნდირება პლანზის გარსში ძნელად წარმოებს და მცენარეში ასრულებს მარაგის როლს. ლერწმის შაქარი განხილია უჯრედის წვენში.

შაქრების შემცველობა სხვადასხვა ნაყოფსა და კენკრებში მერყეობს, რაც ჩანს ქვემოთ მოყვანილ ცხრილიდან (იხ. ცხრილი 7).

პოლისახარიდებიდან ( $C_6 H_{10} O_5$ )<sub>n</sub> მცენარეში გვხვდება სახამებელი, ინულინი, უჯრედანა ანუ ცელულოზა, ჰემიციელულოზა, ლიგნინი. სოკოებში არსებობს გლიკოგენი — ნახშირწყალი, რომელიც დამახასიათებელია ცხოველური ორგანიზმისათვის და ამიტომ მას ზოგჯერ ცხოველურ სახამებელსაც უწოდებენ.

## შაქრების შემცველობა ზოგიერთ ახალ ნაყოფსა და კენკრებში (პროცენტებით)

ნაყოფი და კენკრა	გლუკოზა	ფრუქტოზა	სახაროზა
ვაშლი	2,50—5,55	6,46—11,84	1,52—5,31
მსხალი	0,92—3,74	5,97—9,67	0,44—2,58
კაშუმი	1,96—2,37	6,05—6,40	0,38—1,58
გარგარი	3,20—4,74	1,40—4,24	3,46—3,36
ატამი	4,23—6,95	3,92—4,38	4,97—7,11
ქლიავი	3,40—5,98	2,87—4,41	0,98—3,23
ალუბალი	3,84—5,26	3,31—4,38	0,29—0,10
მცხარი	3,33—3,87	3,97—4,81	0,19—0,36
ხუტყელი	1,19—3,60	2,08—3,85	0,13—0,60
მარწყვის ტყის	2,59—3,33	2,65—3,78	0,16—0,76
ქოლვი	2,36—3,26	2,48—3,57	0,25
ძაყალი	2,88—3,64	3,12—3,24	0,45—0,58
სელშავი	2,96—4,60	3,46—5,63	0,39—0,83
მცვი	1,82—2,74	2,81—3,89	0,12—0,80
ხუბინი	7,20—დე	7,0—მდე	0,50—7,30

სახამებელი წარმოიშვება მცენარის მწვანე ნაწილებში. უმთავრესად ფოთლებში, ნახშირბადის ასიმილაციის შედეგად. ის გარდაიქმნება გლუკოზად, რომელიც შემდეგ გადაინაცვლებს ფოთლებიდან მცენარის მზარდ ნაწილებში ან საკვები ნივთიერების სამარაგო ორგანოებში, სადაც კვლავ გარდაიქმნება სახამებლად და გროვდება წვრილი მარცვლების სახით. ასეთ სახამებელს ეწოდება მეორადი. ის თავს იყრის ტუბერებში, ძირებში, ღეროებში, ნაყოფებსა და თესლში.

სახამებლის გლუკოზაში გადასვლა და პირიქით, გლუკოზისა სახამებელში, წარმოადგენს ერთ-ერთ უმთავრეს ფიზიოლოგიურ პროცესს მცენარეში. მისი მიმდინარეობა დამოკიდებულია მცენარის განვითარების სტადიაზე და გარემო პირობებზე. ეს პროცესი შეიძლება შემდეგი სახით წარმოვიდგინოთ: ახალგაზრდა მწვანე ფოთლებში; გლუკოზის ხარჯზე, ინტენსიურად მიმდინარეობს სახამებლის წარმოქმნა, რომელიც ფოტოსინთეზის პირველად პროდუქტს წარმოადგენს. მცენარის სამარაგო ორგანოებში, მაგალითად, კარტოფილის ტუბერებში ან მარცვლეულის თესლში, სახამებლის წარმოშობა მიმდინარეობს ამ ორგანოებში მოდენილი მოძრავი გლუკოზის ხარჯზე.

თესლის გაღივების დროს კი მიმდინარეობს საწინააღმდეგო პროცესი — სახამებელი გარდაიქმნება გლუკოზად, რომელიც იხარჯება სუნთქვისა და ახალი ორგანოების წარმოქმნისათვის. და-



მით, ფოტოსინთეზის შენელების გამო, კარბობს სახამებლის გადაკვლა გლუკოზაში, ხოლო დღისით კი პირიქით, მეტია სახამებლის სინთეზი გლუკოზის ხარჯზე.

მცენარეთა ნაყოფმოცემის პერიოდი ხასიათდება მარაგი ნივთიერების — ნახშირწყლების შემცირებით. ამ პერიოდში უფრო მეტად მობილიზებულია მარტივი შაქრები სარეპროდუქციო ორგანოების შესაქმნელად. სახამებლის შემადგენლობა სხვადასხვა მცენარეში საგრძნობლად მერყეობს, რასაც ნათლად ადასტურებს მე-8 ცხრილი.

ცხრილი 8

სახამებლის საშუალო შემცველობა სხვადასხვა მცენარეში (პროცენტობით მშრალ მასაზე)

კულტურის სახეობა	სახამებელი
კარროფილის ტუბეროი	70--75
ბრინჯი (მარცვალი)	70--80
ხორბალი "	48--68
ქ ე ო ი "	43--68
ჭ ვ ა ვ ი "	55--63
წიწიბურა	56
შვრია (მარცვალი)	31--62
სიმინდი	58--83
ბ ა რ და "	21--49
ო ს პ ი	35
ს ო რ გ ო	63--70
უგრებელი	43--46
ფეტვი (მარცვალი)	60
ს ო ი ა "	2--9

ინულინი, ისევე როგორც სახამებელი, მიეკუთვნება პოლისახარიდებს. ინულინის წარმოსაქმნელი საწყისი ნივთიერება მცენარეში ფრუქტოზაა. ინულინი, ისე როგორც სახამებელი, წარმოადგენს მარაგ ნივთიერებას მცენარეში. ის გვხვდება რთულყვავილოვანთა ოჯახის ზოგიერთი მცენარის (ვარდკაქაქა, მიწავაშლა) მიწისქვეშა ნაწილში. სახამებლისაგან იანსხვავებით, ინულინი იოლად იხსნება ცხელ წყალში. ინულინის დაშლის (ჰიდროლიზი) შედეგად წარმოიშვება ლევულოზა. მაშასადამე, ინულინი წარმოადგენს ლევულოზის პოლიმერს. მიწავაშლას ტუბერების მშრალი ნივთიერება შეიცავს 58 პროცენტს, ხოლო ვარდკაქაქას ძირები — 18-დან 57 პროცენტამდე ინულინს.

უჭრედანაანუცელულოზა ( $C_6 H_{10} O_{3n}$ ) წარმოადგენს უჭრედის კედლის მთავარ შემადგენელ ნაწილს. სახამებლისაგან განსხვავებით, ის არ იხსნება ჩვეულებრივ გამხსნელებში (მეავენში, ტუტეებში) და საკმაოდ გამძლეა გარეშე რეაგენტების მიმართ. უჭრედანა მცენარეში წარმოიქმნება გლუკოზისაგან. უჭრედანას შემცველობა მცენარის მობერებულ ნაწილში მეთია, ვიდრე ახალგაზრდაში, ფოთლებში უფრო ნაკლებია ღეროებთან შედარებით; ფოთლებში ის შედის მხოლოდ ძარღვების შემადგენლობაში. მცენარეში უჭრედანა წარმოდგენილია მერქნის მექანიკური ქსოვილის სახით.

ცხრილი 9

უჭრედანას რაოდენობა სხვადასხვა მცენარეში

კულტურის სახეობა	ცელულოზის შემცველობა %
ბამბა (ბოჭკო)	95
სელი (ბოჭკო)	86
ქვევის ჩალა	54
შვინის ჩალა	40
თივა	34
ქვევი (მარცვალი)	3 — 4
ქერი	2 — 10

გარემო რეაგენტების მიმართ უჭრედანას მაღალი გამძლეობის გამო ის ფართოდ გამოიყენება ქაღალდისა და ქსოვილების მრეწველობაში.

ჰემიცელულოზა წარმოადგენს უჭრედანას თანამგზავრს უჭრედის კედლებში. თავისი ქიმიური თვისებებით, მას შუალედი ადგილი უკავია უჭრედანასა და სახამებელს შორის. ის უჭრედანისაგან განსხვავდება რეაგენტების, კერძოდ მეავენის მიმართ ნაკლები გამძლეობით. ჰემიცელულოზის წარმომადგენელია პენტოზანები, რომლის შემცველობა ჩალაში შეადგენს 28-30 პროცენტს. ხოლო ხორბლის ქატოში 21,4 პროცენტს. პენტოზანების მაღალი შემცველობა განსაზღვრავს ჩალის კვებით ღირებულებას.

პენტოზანები წარმოადგენს პენტოზის ( $C_5 H_{10} O_5$ ) პოლიმერს. სათანადო მეავენით მისი დამუშავებისას წარმოიშვება ფურფუროლი, რომელსაც იყენებენ ტექნიკაში.

ცხრილი 10 მიეკუთვნება უაზოტო ორგანულ შენაერთებს. ქი-

აიური თვალსაზრისით ცხიმები წარმოადგენენ სამატომიანი სპირტების გლიცერინისა და შესაფერისი ცხიმის მკავეების რთული ეთერებს. მცენარეული ცხიმების მრავალფეროვნება აიხსნება ცხიმის მკავეების რადიკალების მრავალსახეობით. მცენარეული ცხიმები დიდი რაოდენობით გროვდება თესლში, წარმოადგენს მარაგ ნივთიერებას და ხასიათდება დიდი თბობითი ეფექტით. ცხიმების შემცველობა მცენარეში ძალზე მერყეობს (იხ. ცხრილი 10). მდიდარ მცენარეებს კი ზეთოვანები.

მცენარეულ ცხიმს ეწოდება ზეთი, ხოლო ამ უკანასკნელით ცხიმების ხარჯვა და მისი წარმოშობა დამოკიდებულია მცენარის განვითარების საფეხურსა და პირობებზე (იხ. ცხრილი 11).

თესლის მომწიფებასთან ერთად მასში იზრდება ცხიმების რაოდენობაც. ხოლო გაღივების პროცესში მცირდება, რადგან ის იხარჯება ახალი ორგანოების წარმოქმნასთან დაკავშირებით. ცხიმების წარმოქმნა მცენარეში წარმოებს ხანშიორწყლების, კერძოდ გლუკოზის ხარჯზე.

ცხრილი 10

ცხიმის რაოდენობა სხვადასხვა მცენარეში		
კულტურის სახეობა		ცხიმის შემცველობა %
სელის	თესლი	34
კენაფის	"	33
მზესუმხირას	"	53
ბაშბის	"	54
ხაშხაშის	"	41
გოგრის	"	50
სიმინდის მარცვალი	"	7
შვრიის	"	ჩ
ხანკეოლას	"	5,3
ბარდას	"	3
სოიას	"	18 და მეტი
კვებისა და ზოობლის მარცვალი		1,5
კარტოფილის ტუბერები		0,3
შაქრის კარხლის ძირები		0,1
მარცვლეულის ჩალა		0,7
ცერცველას მწვანე მასა		0,6

ცხრილი 11

ცხიმების შემცველობის ცვალებადობა თესლებში (%)

მცენარის დასახელება	მწვანე სტადია	ოძისებრი სიმწიფის სტადია	სრული სიმწიფის სტადია
ს ე ლ ი	4,3	15,4	34,8
ხ ა შ ხ ა შ ი	3,5	17,3	40,5

ცხიპების გარდა, მცენარეში გვხვდება აგრეთვე ეთერზეთები, არომატული მქროლავი ნივთიერებები, რომლებზეც დანოკიდებულია ყვავილების არომატი და საერთოდ მცენარის ყველა არომატული ნაწილს სუნი.

ორგანული მჟავები მცენარეში გვხვდება როგორც თავისუფალი, ისე მარილების სახით. უმეტეს შემთხვევაში მცენარის უჯრედის წვენი ხასიათდება მჟავე რეაქციით. საკმარისია ვაშლის ხის ღეროს განაქერს ან გაჭრილ განაყოფს შევეხოთ ლურჯი ლაკ-მისის ქალაღით, რომ ის სწრაფად გაწითლდება. უჯრედის წვენის მჟავიანობა შეპირობებულია მასში ორგანული მჟავების არსებობით, რომელთა შორის მცენარეში უფრო მეტად გავრცელებულია რძის ( $C_2H_5OOCOOH$ ), მჟაუნის ( $COOH$ )<sub>2</sub>, ვაშლის ( $C_6H_4(COOH)_2$ ), ლიმონის ( $C_7H_6O(COOH)_3$ ), ღვინის ( $C_2H_4O(COOH)_2$ ) და ქარვის ( $C_2H_2(COOH)_2$ ) მჟავები.

მჟაუნმჟავა მცენარეში უფრო ხშირად გვხვდება მჟაუნმჟავა კალციუმის წყრილი კრისტალების სახით.

ხსნადი მჟავების შემცველობა ახალ მცენარეში იცვლება ამ უკანასკნელის სახეობის მიხედვით (იხ. ცხრილი 12).

ცხრილი 12

კულტურის სახეობა	საერთო მჟავიანობა ნედლი წონიდან	შენიშვნა
კომბოსტო	0, 19—0, 33	გადანაგარიშებულია ვაშლის მჟავეზე
ხახვი	0, 05—0, 14	
პამიდორი	0, 28—0, 47	
საზამთრო	0, 036—0, 057	
გოგრა	0, 03—0, 10	
ნესვი	0, 05—0, 09	

ხსნადი მჟავები შედარებით მეტია კომბოსტოს თავში, პამიდორის ნაყოფში, ხოლო ნაკლებია — საზამთროში, ნესვში, გოგრაში.

• ხსნადი ორგანული მჟავების შემცველობა იცვლება აგრეთვე ახალ ნაყოფებსა და კენკრებში (იხ. ცხრილი 13).

მთრიმლავე ნივთიერებები გვხვდება მცენარის ქერქში (მუხა, ტირიფი, თრიმლი, შქერი, ფიჭვი და დეკა), სქელფოთოლა ფხიქას ღეროში. მათ უწოდებენ მთრიმლავს, რადგან იყენებენ ტყავის გამოყვანის საკმეში.

ნაყოფი და კენკრა	საერთო შევიწროება (% ნედლი წონიდან ვაშლის მკვებებზე გადაანგარიშებით)	ნაყოფი და კენკრა	საერთო შევიწროება (% ნედლი წონიდან ვაშლის მკვებებზე გადაანგარიშებით)
ვაშლი	0,19—1,64	შინდი	1,56—2,89
მსხალი	0,10—0,79	ყუბენი	0,31—1,46
კომში	0,69—1,22	მოცხარი	1,54—2,57
ციტრეა	0,01—0,63	წითელი ხურტ-კმელი	0,90—2,27
მუშმულა	1,08—1,22	უოლო	1,07—2,04
ქლიაფი	0,39—1,72	მაყვლი	0,63—1,09
ნ უ შ ი	0,49—1,36	შტოში	2,45—3,4
ა ტ ა მ ი	0,28—1,51	მარწყვი	1,15—1,57
გაოგარი	0,75—2,50	ფორთოხალი	0,42—2,55
ალუბალი	0,31—0,81	ლიმონი	5,74—8,30
ბ ა ლ ი	1,46—2,16	მანდარინი	0,44—0,74

ლიგნინი წარმოადგენს ყველაზე უფრო მდგრად და რთული შედგენილობის ორგანულ შენაერთს მცენარეში, მას კვებითი ღირებულება არა აქვს. ის მცენარეში გროვდება განვითარების გვიან ფაზებში მერქნის გახვევებისას.

აზოტის შემცველ ორგანულ შენაერთებს მიეკუთვნებიან: ცილები, ამინომჟავები, ფერმენტები, ალკალოიდები, ვიტამინები და ზრდის ნივთიერებები.

ცილებს გააჩნია მაღალი მოლეკულური წონა. გარდა ნახშირბადისა, ისინი შეიცავენ წყალბადს, ენგბადს, აზოტს, გოგირდს და ფოსფორს. მათი შემცველობა ტიპურ ცილებში შემდეგ ფარგლებში მერყეობს:

C — 50—55 პროცენტი	H — 6,9—7,3	:
O — 19—24	S — 0,8—2,4	:
N — 15—19	P — 0—0,8	:

მარტივი ცილები ფოსფორს არ შეიცავენ, ხოლო რთულში კი აუცილებლად შედის. ცილები წარმოადგენს მცენარეული და ცხოველური უჯრედების პროტოპლაზმის მთავარ შემადგენელ ნაწილს და სიცოცხლის მატერიალურ საფუძველს. ცილების გარეშე წარმოუდგენელია ცოცხალი უჯრედის არსებობა. მცენარეში ცილები შედის უჯრედის ბირთვისა და წვეწვში, აგრეთვე პლაზმასში. მარაგის სახით ცილები მოიპოვება მარცვლეულის თესლის ენდოსპერმში, პარკოსნების ლებნებში. ცილებს შემცველობა მცენარეში იცვლება ასაკისა და ზრდა-განვითარების პირობების მიხედვით. ის ყვე-

ლაზე მეტი რაოდენობითაა მცენარის ახალგაზრდა ნაწილებში, ფესვებისა და ღეროების ბოლოებში, კვირტებში. ახალგაზრდა ფოთლებში, ყვავილებსა და თესვებში, ხოლო ზრდადამთავრებულ, გაუხეშებულ ღეროებში, ფესვებსა და ფოთლებში კი, პირიქით, ნაკლებია. ბალახები მეტ ცილებს შეიცავს ყვავილობის პერიოდში.

ცილებიდან მცენარეში უმთავრესად გვხვდება გლობულინი, რომელიც შედის თესვებში, ფესვებსა და ღეროებში მარაგი საკვები ნივთიერების სახით. ის შეადგენს ფქვილის წებოვანას მთავარ შემადგენელ ნაწილს: უფრო ნაკლებად, და იშვიათად, გვხვდება მცენარეში ალბუმინი.

მცენარეში ცილების სინთეზი წარმოებს არაორგანული აზოტის (ჩვეულებრივ ამონიაკის) და ორგანულ მკვავათა ხარჯზე, რის შედეგად წარმოიშობება ამინომჟავები, რომლებიც ქმნიან მალაქმოლექულურ მარტივ ცილებს.

რთული ცილები (ნუკლეოპროტეინები) მარტივი ცილების შენაერთს წარმოადგენენ.

მცენარეში მიმდინარეობს აგრეთვე ცილოვანი შენაერთების დაშლა ამინომჟავების წარმოშობით; ეს უკანასკნელი განიცდის შემდგომ გარდაქმნას და იძლევა უაზოტო ორგანულ შენაერთებს და აზოტს არაორგანულ ფორმებში ამონიაკის სახით.

ცილების შემცველობა მცენარეებსა და მათ შემადგენელ ნაწილებში ძალზე მერყეობს (იხ. ცხრილი 14).

ცხრილი 14

ცილების რაოდენობა სხვადასხვა მცენარეში

კულტურის სახეობა		ცილების შემცველობა %
სოიას	მარც ალი	33,0
ხანჭოლას	"	35,0
ბარდას	"	22,4
ხორბლის	"	13,0
შერიის	"	12,0
ბრინჯის	"	8,0
კვავის	"	11,0
სიმინდის	"	10,7
ქერის	"	10,0
სეფოს	"	23,0
ცერცველას მწვანე მასა		3,8
იონჯას		3,8
ზაქარის ჭარხლის ძარები		1,1
კარტოფილის ტუბერები		2,0
ს ო კ ო ე ბ ი		80,0

ფერმენტები. მცენარეში არსებული ორგანული შენაერთები უჩრედოდან უჩრედში გადადის მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ის ჩსნარის სახით (კრისტალიზებურ მდგომარეობაში) იმყოფება. ორგანული შენაერთების ძირითადი ნაწილი მცენარეში უხსნად (კოლოიდურ) მდგომარეობაშია და შეიძლება გამოყენებულ იქნას კვებისა და სუნთქვის პროცესებისათვის მხოლოდ უფრო მარტივ, ადვილადხსნად შენაერთებად დაშლის (ჰიდროლიზი) შემდეგ. ასეთ გარდაქმნაში მთავარ როლს ასრულებს ფერმენტები (ენზიმები), ე. ი. აზოტოვანი შენაერთები, რომელთა ქიმიური ბუნება ჯერ კიდევ კარგად არაა ცნობილი და რომლებიც ხელს უწყობენ ჰიდროლიზურ რეაქციებს მცენარეში, თვით კი უშუალოდ არ მონაწილეობენ მასში. ფერმენტები მცენარეში მცირე რაოდენობითაა. ისინი წარმოადგენენ თავისებურ კატალიზატორებს (დამაჩქარებლებს), რომლებიც ხელს უწყობენ რეაქციის სვლას როგორც ერთი, ისე მეორე მიმართულებით.

დღეისათვის ცნობილია მრავალი ფერმენტი. მათ შორის მთავარია დიასტაზი, ინვერტინი. ინულაზა და სხვ. დიასტაზს სახამებელი გადაჰყავს გლუკოზაში. ის გვხვდება ფოთლებში, თესლსა და მცენარის სხვა ორგანოებში. ფერმენტი ინვერტინი შლის ლერწმის შაქარს დექსტროზად და ლევულოზად, იმყოფება სპირტის დუღილის საფუერებში. ფერმენტ ცელულაზას გადაჰყავს ცელულოზა შაქარში, ხოლო ინულაზას --- ინულინი. ლიპაზა შლის ცხიმებს ცხიმის მჟავებად და გლიცერინად. პროტეოლიტური ფერმენტი (ანუ პროტეაზა) შლის ცილებს. დამჟანგველი ფერმენტი, ანუ ოქსიდაზა ხელს უწყობს ნივთიერების დაჟანგვის პროცესებს.

ფერმენტების აქტივობაზე დიდ გავლენას ახდენს ტემპერატურა, კერძოდ მაღალი ტემპერატურა (80°-ზე მეტი) იწვევს მათ დაშლას. ჰარბი მჟავიანობა ან ტუტიანობა, მარილების მაღალი კონცენტრაცია ამცირებს ფერმენტების აქტივობას. ამ უკანასკნელზე გავლენას ახდენს აგრეთვე მცენარის წყლის რეჟიმი, არეს აერაცია და სხვა პირობები. ისინი მცენარეში არსებული ორგანული ნივთიერების არა მარტო დაშლას იწვევენ, არამედ აწარმოებენ სინთეზს.

მცენარის მინერალური კვება მკვეთრად მოქმედებს ფერმენტების აქტივობაზე. მინერალური კვების გაძლიერებით ჩქარდება ფერმენტების მოქმედება, იზრდება ნივთიერებათა ცვლა მცენარეში. რის შედეგად უმჯობესდება ამ უკანასკნელის ზრდა-განვითარება.

ალკალოიდები. აზოტის შემცველ ორგანულ შენაერთს მცენარეში მიეკუთვნება აგრეთვე ალკალოიდები. ბევრ მცენარეულ ალკალოიდს გამოყენება აქვს მედიცინაში როგორც სამკურსალო საშუალებას, მაგრამ ზოგიერთი მათგანი მომწინველია. მათ შემადგენლობაში, გარდა ნახშირბადისა, წყალბადისა და აზოტისა, შედის ქანგბადი. უქანგბადო ალკალოიდები მცირე რაოდენობით მოიპოვება.

მცენარეში ალკალოიდები გვხვდება მარილების სახით, რომლებიც წარმოიშვება ორგანული მჟავებისაგან და უმთავრესად ნაყოფში, თესლასა და მცენარის ქერქშია. მცენარიდან მათი გამოყოფა წარმოებს სუსტი კონცენტრაციის მჟავების ზემოქმედებით ( $HCl$  და  $H_2SO_4$ ).

ალკალოიდები წყალში სუსტად ან სრულიად არ იხსნება, სპირტში ადვილად იხსნება. ხოლო ეთერებში, ბენზოლში, ქლოროფორმში — შედარებით ნაკლებად. მცენარეული ალკალოიდებიდან ყველაზე უფრო ცნობილია სოლანინი, რომელიც კარტოფილის მწვანე უოჩსა და ტუბერებში, ნიკოტინი — თამბაქოს ფოთლებში, ატროვინი — ლემასა და ბელადონაში, ლუპინინი — ხანჭკოლაში, კუმარინი — თეთრ ძიძოში, მორფინი — ხაშხაშის რძის წვეწვში, ქინინი — ქინაქინის ხის ძირებში არსებობს და ა. შ.

ვიტამინები. მცენარეებში არსებობს აგრეთვე ვიტამინები, რომლებიც მეტად რთული და სხვადასხვა ქიმიური შემადგენლობით ხასიათდებიან. ისინი დიდ როლს ასრულებენ ცხოველებსა და ადამიანების კვებაში.

ვიტამინებიდან მთავარია:

ვიტამინი A, რომელიც ცოტა რაოდენობით მოიპოვება თევზის ქონში.

პროვიტამინი კაროტინი დიდი რაოდენობითაა ისპანახში, იონკაში, სამყურასა და სტაფილოში.

ვიტამინი B<sub>1</sub> (ანტინერვოტული) უხვადაა ხორბლის ღივებსა და ქათოში, ხოლო ვიტამინი B<sub>2</sub> (პელაგის საწინააღმდეგო) გვხვდება მარცვლებში.

ვიტამინი C (ცინგის საწინააღმდეგო) შეიცავს ასკილის ნაყოფი, მოცხარის ფოთლები და ნაყოფი, კომბოსტო, პავილორი, ნაძვისა და ფიჭვის წიწვები და სხვ.

ვიტამინი D (რაქიტის საწინააღმდეგო) მცირე რაოდენობითაა მწვანე ბალახებში.



ვიტამინი E (ანტისტერილური) მოიპოვება ახალ ბოსტნეულში, ხორბლის მარცვალში, სალათაში და სხვ.

მცენარის სიცოცხლეში ვიტამინებს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს. ისინი შედიან მრავალი ფერმენტის შედგენილობაში, რითაც განსაზღვრება ძირითადად მათი ფიზიოლოგიური როლი ცხოველთა ორგანიზმში. მცენარეში ვიტამინების შემცველობაზე დიდ გავლენას ახდენს კვება — მინერალური კვების გაძლიერება იწვევს ვიტამინების რაოდენობის გადიდებას მცენარეში.

ზ რ დ ის ნ ი ვ თ ი ე რ ე ბ ა ა ნ უ ზ რ დ ის ს ტ ი მ უ ლ ა - ტ ო რ ე ბ ი. მცენარეში აღმოჩენილია მრავალრიცხოვანი ზრდის ნივთიერება ანუ ზრდის სტიმულატორი (აუქსინესი; ფიტოჰორმონები). ასეთ ნივთიერებებს მიეკუთვნებიან აუქსინი „ა“, აუქსინი „ბ“, ჰეტეროაუქსინი და სხვ. მათ აქვთ თვისება მცირე დოზებით გამოიწვიონ მცენარის ზრდის გაძლიერება, ხოლო დიდი დოზების შემთხვევაში წყვეტენ უჭრედის გამრავლებას და მცენარის ზრდის შეჩერებას. მათი ხსნარების მაღალი კონცენტრაცია მცენარის დაღუპვასაც კი იწვევს. ამიტომ სტიმულატორებს იყენებენ სარეველებთან საბრძოლველად. ჰეტეროაუქსინი, რომელიც შედის მცენარეში, მზადდება აგრეთვე ქიმიურ ქარხნებში და ცნობილია ინდოლილმმრისმჟავას ზახელწოდებით. მას ფართოდ იყენებენ მცენარის კალმების დაფესვიანების გასაძლიერებლად, ყვავილების, ნასკვების, ნაყოფების ცვენის შემცირების მიზნით, უთესლო ნაყოფების მისაღებად და სხვ. დღეისათვის ქიმიური მრეწველობა ფართოდ უშვებს ზრდის ნივთიერების შემცველ მრავალ პრეპარატს. ასეთებია: ინდოლილცხიმისმჟავა, ნაფტილმმრისმჟავა 2,4. დიქლორფენოქსილმმრისმჟავა და სხვ. აღნიშნულ პრეპარატებს ფართოდ იყენებენ მეცენარეობაში სხვადასხვა მიზნით, მათ შორის სარეველებთან საბრძოლველად.

მრავალ მცენარეში მოიპოვება აგრეთვე ე. წ. ფიტოციდები ანუ ანტიბიოტიკები, რომლებიც მცენარეებს შავნე მიკრობებისაგან, მწერებისა და სოკოვანი დაავადებებისაგან იცავენ. ასეთი ნივთიერებებით მდიდარია ნიორი, ხახვი და სხვა მცენარეები. ანტიბიოტიკებს იყენებენ პედიცინაში. მცენარეში ზრდის ნივთიერების (სტიმულატორების) და ანტიბიოტიკების შემცველობაზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს კვება.

2. მინერალური საკვები ნივთიერების შემთხვევა

კალთარული მინერალის მინა

მცენარის ქიმიური შედგენილობა იცვლება მისი სახეობისა და ასაკის, კლიმატური, ნიადაგობრივი და კვების პირობების მიხედვით. ნიადაგში სასუქების შეტანა არსებით გავლენას ახდენს მცენარის ქიმიურ შედგენილობაზე. მცენარის ქიმიურ შედგენილობაზე მოქმედ ფაქტორთა შორის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მცენარის ბიოლოგიურ თავისებურებას და კვების პირობებს. აღსანიშნავია, რომ მცენარის ნაცრის ნივთიერებათა შედგენილობა არ ეთანაბრება ფესვის ირგვლივ არსებულ ხსნარის შედგენილობას. სხვადასხვა მცენარე არაერთნაირი შეფარდებით ითვისებს საკვებ ნივთიერებებს. სხვადასხვა მცენარე, ალზრდილი ერთ და იმავე ხსნარზე ან ერთ და იმავე ნიადაგზე, ამჟღავნებს ნაცრის ელემენტებისა და აზოტის არაერთნაირ შემცველობას, რომელიც თუმცა განიცდის ნაწილობრივ მერყეობას კვების პირობების გავლენით მცენარის მოცემულ ტიპურ ფარგლებში, მაგრამ თვითნაირი მათგანისათვის ინარჩუნებს გარკვეულ დამახასიათებელ ნიშნებს, რაც ნათლად ჩანს აკად. დ. პრიანიშნიკოვის მონაცემებიდან (იხ. ცხრილი 15).

ცხრილი 15

ნაცრის ელემენტებისა და ნაცრის შემცველობა სხვადასხვა მცენარეში

მცენარეები და მათი ნაწილები	100 ნაწილი ნაცარი შიიცავს						ნაცრის შემცველობა %
	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	
ხორბალი (მარცვლი)	30,5	2,8	12,0	48,9	1,3	1,5	7,1
ქერი (მთლიანი მცენარე)	25,4	5,8	3,0	10,3	2,9	42,8	6,5
წითელი სამყურა (ყვავილობის დროს)	32,3	34,9	10,9	9,6	3,2	2,7	6,9
კარტოფილი (ტუბერები)	60,1	2,6	4,9	16,4	0,5	2,0	3,8
თაბაკო (ფოთლი)	29,1	36,0	7,4	4,7	6,1	5,8	17,2
პირშუშა (ძირები)	39,0	10,1	3,7	10,4	24,7	7,2	8,5
მობერებელი მუხის ქარქი	4,4	92,8	1,2	0,4	0,3	0,6	7,2
შეიტა	8,0	8,6	1,8	1,4	2,8	70,6	26,7

მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ ნაცრის ელემენტების შემცველობა თვითნაირი ტიპის მცენარისთვისაა დამახასიათებელი. ასე, მაგალითად, არა მარტო ხორბალი, არამედ საერთოდ ყველა პურეული შეიცავს მარცვლის ნაცარში ბევრ ფოსფორს და კალი-

უმს, ცოტა მაგნიუმს და კიდევ უფრო ნაკლებს კალციუმს; სამყურისა და სხვა პარკოსნებისათვის დამახასიათებელია კალიუმისა და კალციუმის მაღალი შემცველობა ვეგეტატიური ორგანოების ნაცარში; ასეთივე შედგენილობით ხასიათდება თამბაქოს ფოთოლიც; კარტოფილი და სხვა ძირხვენა მცენარეები ხასიათდებიან კალიუმის ძლიერ მაღალი და კალციუმის მცირე შემცველობით; პირშუმხას ნაცარი მდიდარია გოგირდით, რაც გამოწვეულია მასში დიდი რაოდენობით მდოგვის ზეთის არსებობით; მუხის ქერქში უხვადაა კალციუმი; შვიტას ნაცარი ხასიათდება ჰილიციუმის ორჟანგის ძლიერ მაღალი შემცველობით. ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ირკვევა, რომ სხვადასხვა მცენარეს გააჩნია უნარი შეითვისოს და დააგროვოს მისთვის საჭირო ნივთიერება. მცენარეების მიერ სხვადასხვა საკვები ელემენტის არაერთნაირი შეთვისების უნარს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს სასუქების შეტანით კვების რეგულირებისათვის.

ასეთი შერჩევითი უნარიანობის განმსაზღვრელ ფაქტორებზე დღეისათვის ცოტა რამ არის ცნობილი, მაგრამ უნდა ვიფიქროთ, რომ ის დაკავშირებულია მოცემული მცენარის სახის ბუნებასთან, მისი განსაზღვრული კვების პირობებთან შეგუებასთან.

ზოგიერთ შემთხვევაში მცენარის მიერ შერჩევით შთანთქმის უნარი ამა თუ იმ ელემენტის მიმართ ემთხვევა მის გადიდებულ მოთხოვნილებას. ასე, მაგალითად, კალიუმის მაღალი შემცველობა კარტოფილში, შაქრის ჭარხალში, საკვებ ბალახებში შედგება მათზე მეტი მოთხოვნილებისა. ასეთ კანონზომიერებას ადგილი აქვს მლაშე ნიადაგებზე იშვარდი პარკოსნების მიერ კალციუმის, ნატრიუმისა და ქლორის მეტი შეთვისებისას. მაგრამ ყველა შემთხვევაში არაა ასეთი კანონზომიერება. მაგალითად, სხვა კულტურებიდან განსხვავებით, მარცვლოვანები დიდი რაოდენობით შეიცავენ სილიციუმს. მაგრამ ეს უკანასკნელი არაა აუცილებელი ელემენტი მცენარისათვის. ამიტომ მცენარის ანალიზი ამა თუ იმ ელემენტზე ყოველთვის არ შეესაბამება მის მოთხოვნილებას ამ ელემენტის მიმართ.

გარდა მცენარის სახეობის თავისებურებისა მცენარეში მინერალური ნივთიერების შემცველობაზე გარკვეულ გავლენას ახდენს გარემო პირობები. მათგან განსაკუთრებული ადგილი უკავია მცენარის კვების პირობებს და კერძოდ ნიადაგში მცენარისათვის შე-

სათვისებელი საკვები ნივთიერების რაოდენობას. ცდებით დადგენილია, რომ საკვები ნივთიერებით მცენარის ქარბად მომარაგების შემთხვევაში მათი შემცველობა მოსავალში იზრდება როგორც აბსოლუტურად, ისე შეფარდებით.

ნიადაგში მინერალური ნივთიერების შესათვისებელ ფორმებში დიდი რაოდენობით დაგროვების შემთხვევაში შენიშნულია მცენარის მიერ ისეთი ელემენტების გაძლიერებული შთანქმედი რომლებიც ან სრულიად არ სჭირდება ან ესაჭიროება მცირე რაოდენობით. მაგალითად, მლაშე ნიადაგებიდან მცენარე ითვისებს ქლორს და სულფატებს, რომლებიც იწვევენ მცენარის განვითარების შეფერხებას და ხშირად მის დაღუპვასაც კი. მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში მიკროელემენტების რაოდენობის გადიდება ნიადაგის ხსნარში შეიძლება დადებითი მოქმედების ნაცვლად გამოიწვიოს უარყოფითი მოქმედება. ასევე მაკროელემენტების — აზოტის, ფოსფორის, კალიუმის ხსნადი ფორმების დიდი რაოდენობით არსებობა ნიადაგში აფერხებს მცენარის განვითარებას. ამიტომ ეს მომენტი გათვალისწინებული უნდა იქნეს სასუქების გამოყენების დროს. წყლის ნაკლებობის შემთხვევაში ნიადაგში ადვილად შესათვისებელი საკვები ნივთიერებების დიდი რაოდენობით დაგროვებამ შეიძლება მცენარეზე უარყოფითი გავლენა მოახდინოს.

მცენარეში მინერალური ნივთიერებების შემცველობა და მოსავლით ნიადაგიდან იკამოტანილი ნივთიერების რაოდენობა დიდად არის დამოკიდებული არა მარტო მცენარის სახეობის თავისებურებაზე, არამედ გარემო არეზე, აგროტექნიკის პირობებზე, გამოყენებული სასუქების რაოდენობაზე და ხარისხზე, აგრეთვე მიღებული მოსავლის ოდენობაზე. ძირითად მარცვლოვან კულტურებში — აზოტის, ფოსფორის, კალიუმის, კალციუმისა და მანგიუმის საშუალო შემცველობა მოცემულია მე-16 ცხრილში.

ძირითად მრცვლოვან კულტურებში ზოგიერთი ელემენტის შემცველობა  
(პროცენტობით ნშ ალ ნივთიერებიდან)

მცენარეთა სახე	აზოტი (N)	ფოსფორი (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	კალიუმი (K <sub>2</sub> O)	კალციუმი (CaO)	მაგნიუმი (MgO)
საშემოდგომო ხორბალი					
მარცვლი	1, 9	0,85	0,5	0,07	0,15
ჩ ა ლ ა	0,45	0,20	0,9	0,28	0,11
საგაზაფხულო ხორბალი					
მარცვლი	2,40	0,85	0,6	0,05	0,22
ჩ ა ლ ა	1,56	0,21	0,75	0,26	0,09
საშემოდგომო ქვავი					
მარცვლი	1, 6	0,85	0,6	0,09	0,12
ჩ ა ლ ა	0,45	0,26	1,0	0,29	0,09
შ ვ რ ი ა					
მარცვლი	2, 1	0,85	0,5	0,16	0,17
ჩ ა ლ ა	0,65	0,35	1,6	0,38	0,12

მოყვანილი მონაცემები იოწმობენ, რომ მარცვლი უფრო მეტად შიდაარია აზოტით, ფოსფორით და მაგნიუმით, ხოლო ჩალა კალიუმით, განსაკუთრებით კი კალციუმით.

ნიადაგიდან გამოტანილი საკვები ელემენტების რაოდენობა, როგორც აღნიშნული იყო, დამოკიდებულია მიღებული მოსავლის რაოდენობაზე. ამას ნათლად აპტიცებს ქვემოთ მოყვანილი ცხრილები 17, 18, 19.

მცენარის მიერ ნიადაგიდან აზოტის გამოტანა მოსავლით  
(იხ. წიგნი „სასუქების ცნობარი აგრონომებისათვის“).

მ ც ე ნ ა რ ე	მოსავალი ც/ჰა-ზე	გამოტანილი აზოტი (N) კგ
ხორბალი (მარცვლი)	12-20 25-30	40-50 85-100
კარტოფილი (ტუბერები)	200-250 300-350	100-125 150-175
შაქრის ჰარხალი (ძირები)	400-500 600-700	180-250 270-350
ბანბა (ბოტკო)	15-20 50-60 90-100	90-120 240-270 360-450

მცენარის მიერ ნიადაგიდან ფოსფორის გამოტანა მოსავლით  
(იხ. წიგნი „სახეულების ცნობარო აგრონომებისათვის“)

მცენარის სახე	მოსავალი ც/ჰა	გამოტანილი P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> კგ
ხორბალი (მარცვალი)	10 — 15	15 — 20
	25 — 30	30 — 40
სიმინდი (მარცვალი)	10 — 15	14 — 24
	20 — 30	28 — 42
კარტოფილი (ტუბერები)	200 — 250	40 — 50
	300 — 350	60 — 70
შაქრის კარხალი (ძირები)	200 — 250	25 — 40
	400 — 500	55 — 80
	600 — 700	85 — 120
ბამბა (ბოკეკო)	15 — 20	30 — 40
	30 — 40	50 — 70
	50 — 60	80 — 90
	80 — 100	120 — 130
სამყურა, იონჯა (თივა)	50 — 60	30 — 40
ვახი (ლვინო ჰექტოლიტრებით)	50	1,75
	100	14,5
	200	21,0

ცხრილი 19

მცენარის მიერ ნიადაგიდან კალიუმის (K<sub>2</sub>O) გამოტანა მოსავლით  
(იხ. წიგნი „სახეულების ცნობარო აგრონომებისათვის“)

მცენარის სახე	მარცვალი ძირები ტუბერები	ჩალა ფონი	ს უ ლ
ქ ვ ა ვ ი	9,0	30,0	390/100
შ ვ რ ი ა	7,5	36,0	43,5
ს ე ლ ი	15,0	24,0	39,0
კარტოფილი	90,0	51,0	141,0
ბ ა მ ბ ა	13,0	53,3	66,3
კომბოსტო	—	—	4,6,0
შაქრის კარხალი	50,0	75,0	125,0

შალალი მოსავლის შემთხვევაში აზოტი ყველაზე მეტი რაოდენობით გამოაქვს ბამბას, შაქრის კარხალს, კარტოფილს. აზოტის გამოტანის თვალსაზრისით უკანასკნელ ადგილზეა ხორბალი. მოსავლით ფოსფორის გამოტანის მიხედვითაც წინაა ბამბა. შემდეგ მოდის შაქრის კარხალი და კარტოფილი. უკანასკნელ ადგილს იკავებს სიმინდი და ხორბალი. კალიუმის გამოტანის მიხედვით პირ-

ველ ადგილზეა კონბოსტო, შევდგე მოდის კარტოფილი და შაქრის  
ჭარხალი, რაც შეეხება მარცვლოვანებს და სელს, მათ თითქმის  
ერთნაირი რაოდენობის კალიუმი გამოაქვთ ნიადაგიდან.

მიკროელემენტების გამოტანა ნიადაგიდან ძალზე უმნიშვნე-  
ლოა. მაგალითად, მცენარეს მანგანუმი მოსავლით გამოაქვს ასეუ-  
ლი გრამის, ბორი, სპილენძი და თუთია ათეული გრამის რაოდენო-  
ბით, გამოტანილი მოლიბდენის რაოდენობა კი აღწევს რამდენიმე  
გრამს.

**ნიადაგის თვისებების მნიშვნელობა მცენარის  
კვებისათვის**

ნიადაგის თვისებებს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მცენარის კვებისათვის, რადგან ის ნიადაგიდან ფესვების მეშვეობით ითვისებს საჭირო ძირითად საკვებ ელემენტებს და წყალს. ნიადაგის თვისებები განსაზღვრავენ საკვები ნივთიერების ხსნადობას, მიწათმოქმედებისათვის სასარგებლო მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობას, რაზედაც, თავის მხრივ, დამოკიდებულია ნიადაგის ორგანული ნივთიერების მინერალიზაცია და მასში არსებული საკვები ნივთიერების გადაყვანა მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში. ადამიანი სასუქების შეტანით აქტიურად მოქმედებს ნიადაგსა და მცენარეზე, ოწვევს მცენარის კვების რეჟიმის გაუმჯობესებას, მოსავლიანობის გადიდების მიზნით.

ნიადაგში შეტანილ სასუქებში შემავალი საკვები ელემენტები მთლიანად როდი შეითვისება მცენარის მიერ. ნაწილი ამ საკვები ელემენტებისა ჩაირეცხება ნიადაგის ქვედა ფენებში ნალექებისა და სარწყავი წყლის გავლენით, ნაწილი გაიტანება ნიადაგთან ერთად ზედაპირული გადარეცხვის შედეგად, ნაწილი გადადის მცენარისათვის ძნელად შესათვისებელ ნაერთებში და მხოლოდ დანარჩენი ნაწილი რჩება მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში. მაშასადამე, ნიადაგში შეტანილი სასუქი განიცდის გარკვეულ გარდაქმნებს. უკანასკნელის ინტენსივობა დამოკიდებულია ნიადაგის თვისებებზე. სასუქში შემავალი საკვები ნივთიერების ნიადაგის ქვედა ფენებში ჩარეცხვას ინტენსივობა კავშირშია ნიადაგის თვისებებთან. მაგალითად, ქვიშნარ ნიადაგებში სასუქებში შემავალი საკვები ნივთიერების ჩარეცხვა უფრო ინტენსიურია, ვიდრე თიხნარ და თიხიანში.



სასუქებში შემავალი საკვები ნივთიერების გადასვლა მცენარისათვის შეუთვისებელ ფორმებში დამოკიდებულია ნიადაგის ქიმიურ, ფიზიკო-ქიმიურ და ბიოლოგიურ თვისებებზე, რის გამოც ის სხვადასხვა ნიადაგობრივ პირობებში სხვადასხვა ინტენსივობით მულაენდება.

შეტანილი სასუქების მოქმედება მცენარის განვითარებაზე დამოკიდებულია თვით ნიადაგზე. რამდენადაც ხელსაყრელი პირობებია შექმნილი ნიადაგში მცენარის განვითარებისათვის, მით შეტია სასუქებიდან საკვები ელემენტების შეთვისების ხარისხი.

ნიადაგში შეტანილი ორგანული სასუქები იშლება მიკროორგანიზმების გავლენით. ამ პროცესის ინტენსივობა დამოკიდებულია ორგანული ნივთიერების დამშლელი მიკროორგანიზმების ცხოველშეყოფლობაზე, რასაც განსაზღვრავს ნიადაგის თვისებები, როგორცაა რეაქცია, ფიზიკური თვისებები, მექანიკური შემადგენლობა (ტრუქტურიალობა), ტემპერატურისა და წყლის რეჟიმი, აერაცია. ამიტომ ნიადაგში შეტანილი ორგანული სასუქების გარდაქმნის პროცესი, მისი ეფექტურობა დიდად არის დამოკიდებული ნიადაგის თვისებებზე.

ორგანული სასუქების დაშლის შედეგად მიღებული მინერალური ნივთიერებები განიცდიან გარდაქმნას ნიადაგში. ნაწილი ნივთიერებისა, მსგავსად ზემოთ აღნიშნული მინერალური სასუქებისა, გამოიყენება მცენარის მიერ, ნაწილი ჩაორეცხება ნიადაგის ქვედა ფენებში, ნაწილი გადადის მცენარისათვის შეუთვისებელ ფორმებში. როგორც ორგანული, ისე მინერალური სასუქების გარდაქმნის პროცესები მიმდინარეობს ერთდროულად სხვადასხვა სიჩქარით და ინტენსივობით სხვადასხვა ნიადაგობრივ და კლიმატურ პირობებში და უარყოფითად ან დადებითად მოქმედებს მცენარის კვების რეჟიმზე.

რომ შევაფასოთ ამა თუ იმ სასუქის ღირებულება და ნორმალურად წარვმართოთ მცენარის კვების რეჟიმი მინდვრის პირობებში საჭიროა დიდი ძალისხმევა არა მარტო მცენარის მოთხოვნილება საკვებ ნივთიერებაზე, არამედ, მასთან ერთად, ნიადაგის თვისებები, რომლებიც განსაზღვრავენ სასუქების ეფექტურობას. ნიადაგის ყველა თვისება ამა თუ იმ ხარისხით გავლენას ახდენს სასუქების მოქმედებაზე, მაგრამ მათ შორის არიან ისეთები, რომლებიც დიდად ცვლიან მის ეფექტურობას. ეს თვისებებია: შთანთქმის უნა-

რიანობა, მკავეიანობა, ფუძეებით მადღრობის ზარისხი და ბუფე-  
რობა. ვიდრე ზოგადად გავეცნობით მათ, მანამდე აუცილებელია  
გავარკვიოთ ნიადაგის როლი და ადგილი მცენარის სასიცოცხლო  
ფაქტორებში.

## 1. მცენარის სასიცოცხლო ფაქტორთა შორის ნიადაგის ადგილი და მისი უაღვანელობა

მცენარის განვითარების ფაქტორებია სინათლე, სითბო, წყალი  
და საკვები ელემენტები.

მცენარის განვითარებისათვის საჭირო ეს ფაქტორები შეიძ-  
ლება ორ ჯგუფად დაიყოს:

1. კოსმიური, რომელთაც მიეკუთვნება სინათლე და სითბო.
2. მიწიერი — წყალი და საკვები ნივთიერება.

კოსმიური ფაქტორები (სინათლე და სითბო) მოედინებიან  
კოსმოსიდან — პლანეტათა შორისო სივრციდან და მათზე, მეცნიე-  
რების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე, გავლენის მოხდენა ბუ-  
ნებრივ პირობებში არ შეგვიძლია, გარდა ცალკეული შემთხვევე-  
ბისა (ორანჟერეასა და სათბურში).

მცენარის განვითარებისათვის საჭირო მიწიერი ფაქტორები  
— წყალი და საკვები ნივთიერებები ჩვენს მატერიკზეა და მათი  
რეგულირება შესაძლებელია ადამიანის ზეგავლენით.

გარდა ზემოაღნიშნულისა, მათ შორის კიდევ ის განსხვავებაა,  
რომ პირველი ჯგუფის ფაქტორებს მცენარე ითვისებს კოსმოსიდან,  
მეორე ჯგუფის ფაქტორებს კი მცირე გამოწვევის გარდა (ატ-  
მოსფეროდან  $CO_2$ ) ნიადაგიდან.

ადამიანის ზემოქმედებით ნიადაგში იცვლება საკვები ელემენ-  
ტებისა და წყლის რეჟიმი. იმისათვის, რომ ეს ზემოქმედება ეფექ-  
ტური იყოს, საჭიროა ნიადაგის თვისებების ცოდნა. მათ შორის კი  
აღსანიშნავია მისი ნაყოფიერება.

## 2. ნიადაგის ნაყოფიერება

ნიადაგი ეწოდება დედამიწის ზედაპირულ ფხვიერ ფენას, რომელსაც გააჩნია ნაყოფიერების თვისება. ნიადაგი წარმოადგენს ნიადაგწარმოქმნელ ფაქტორთა ხანგრძლივად ურთიერთმოქმედების

პროდუქტს. მათ მიეკუთვნება: 1. დედაქანი, 2. მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმები (ბიოსფერო), 3. კლიმატი, 4. ადგილის რელიეფი, 5. ქვეყნის ხნოვანება.

ნიადაგწარმოქმნის პროცესი და მისი თვისებები იცვლება ბუნებრივად და ადამიანის ზეგავლენითაც. მართალია ამ უკანასკნელმა უფრო გვიან პერიოდებში ჰპოვა გამოხატულება, მაგრამ დღეს ნიადაგის ნაყოფიერება მკვეთრად იცვლება ადამიანის ზემოქმედებით, რაც გამოიხატება ჭაობის ამოშრობაში, ურწყავი ნიადაგების მორწყვაში, სასუქების შეტანაში, თესლბრუნვის მოწყობასა და სხვა აგროლონისძიების გატარებაში.

ნიადაგის ნაყოფიერებაზე ადამიანის ზეგავლენა შემდეგნაირად დაახასიათა მარქსმა: „თუმცა ნაყოფიერება მიწის ობიექტურ თვისებას წარმოადგენს, ეკონომიურად იგი მაინც მუდამ გულისხმობს განსაზღვრულ დამოკიდებულებას, სამიწათმოქმედო ჭიმიისა და მექანიკის განვითარების მოცემულ დონის მიმართ და იცვლება ამიტომ განვითარების ამ დონესთან ერთად“.<sup>1</sup>

არსებობს ნიადაგის ნაყოფიერების სხვადასხვა განმარტებანი, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან თავისი ფორმითა და შინაარსით. ერთი ჭგუფი მეცნიერებისა მას შემდეგნაირად განმარტავენ: ნიადაგის ნაყოფიერება არის მისი უნარი მოგვცეს ესათუის მოსავალი. ეს ვერ გამოხატავს მთელმის შინაარსს. გარდა ამისა, ნიადაგის ნაყოფიერებაზე მოპოვება სხვა განმარტებებიც, რომლებსაც ისტორიული მნიშვნელობა აქვს. და ამიტომ აქ არ მოვიყვანთ. მეცნიერების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ყველაზე ზუსტ ფორმულირებას იძლევა ვ. ვილიამსი: ნიადაგის ნაყოფიერება არის უნარი ნიადაგის ადააკმაყოფილოს მცენარეთამოთხოვნილებასი ცოცხლისმატერიკულიგაქტორებით—წყლითადასაკვებინივთიერებებით.

კ. მარქსი უკეთებდა რა ანალიზს ნიადაგის ნაყოფიერებას, „კაპიტალში“ მოგვცა მისი შემდეგი დაყოფა: 1. ბუნებრივი და 2. ხელოვნური ნაყოფიერება.

ნიადაგის ბუნებრივი ნაყოფიერება წარმოადგენს მის ისეთ ჭიმიურ, ფიზიკო-ქიმიურ და ბიო

1. კ. მარქსი, კაპიტალი, ტ. III, წიგ. 2, გვ. 178. სახელგამი, თბილისი, 1934 წ.

ლოგიურ თვისებას. რომელსაც იძენს ბუნებრივად ნიადაგწარმოქმნის პროცესების დროს. ბუნებრივად მაღალ ნაყოფიერს წარმოადგენს შავმიწა ნიადაგი.

ხელოვნური ნაყოფიერება ეს ისეთი ნაყოფიერებაა, რომელსაც იძენს ნიადაგი ადამიანის ზემოქმედების შედეგად. ხელოვნური ნაყოფიერების საუკეთესო მაგალითს წარმოადგენს ქაობის ამოშრობა ანდა ქვიშნარი ნიადაგების გაკულტურება. როგორც ცნობილია, კულტურული მცენარეები ქაობში არ ვითარდებიან, მაგრამ მელიორაციული ღონისძიების გატარების შემდეგ შესაძლებელია მასზე მათი მოშენება.

შუა ზონაში ქვიშნარ ნიადაგებზე არც ერთი კულტურული მცენარე არ ხარობდა, მაგრამ ორგანული და მინერალური სასუქების სისტემატური შეტანით შესაძლებელი გახდა მათი გამოყენება ბამბის კულტურისათვის.

კ. მარქსი არჩევდა აგრეთვე ნიადაგის ეფექტურ და პოტენციურ ნაყოფიერებას. ეფექტური ნაყოფიერების ქვეშიგი გულისხმობდა სააკვებ ელემენტების ისეთ ფორმებს. რომლებიც უშუალოდ ემსახურებიან მცენარის კვებას და გავლენას ხდენენ მის ზრდა-განვითარებაზე, ხოლო რაც შეეხება პოტენციურ ნაყოფიერებას იგი საჭირო სააკვებ ელემენტების ისრაოდენობაა, რომლებიც იმყოფებიან მცენარისათვის შეუთვისებელ ფორმებში.

აბსოლუტური რაოდენობით ნიადაგის პოტენციური ნაყოფიერება ბუნებრივ პირობებში ყოველთვის მეტია, ვიდრე ეფექტური ნაყოფიერება. ასე, მაგალითად, ღრმა შავმიწა ნიადაგებში საერთო აზოტის შემცველობა 0,5—0,6 პროცენტს აღწევს. ეს კი ერთი ჰექტარი ფართობის სახნავ ფენაში შეადგენს 15 — 16 ტონა სუფთა აზოტს. მაგრამ აქვე უნდა აღვნიშნოთ ისიც, რომ მცენარისათვის შესათვისებელი აზოტი საერთო აზოტის 1 პროცენტს არ აღემატება. მაშასადამე, აღნიშნულ ნიადაგებში პოტენციური ნაყოფიერება აზოტის მიმართ 100-ჯერ მეტია, ვიდრე ეფექტური ნაყოფიერება.

საერთო აზოტის, ფოსფორისა და კალიუმის შემცველობა სხვადასხვა ნიადაგების სახნავ ფენაში მოცემულია მე-20 ცხრილში.

საერთო აზოტის, ფოსფორისა და კალიუმის შემცველობა ხახნავ ფენაში კვკა  
(ცხრილი ამოღებულია დ. პრიანიშნიკოვის აგროქიმიის სახელმძღვანელოდან)

ნიადაგები	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
ეწერი ქვიშნარი	1021	1700	15000
ეწერი თიხნარი	3720	2834	42500
შ ა გ მ ი წ ა	10630	6022	68600

როგორც ირკვევა ღარიბ ნიადაგებშიაც კი საერთო აზოტის, ფოსფორისა და კალიუმის შემცველობა ცოტა არაა, მაგრამ მათი საერთო რაოდენობის მხოლოდ მცირე ნაწილი იმყოფება მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმაში. კულტურული მცენარეების სისტემატური მოყვანით ნიადაგში მცირდება ეფექტური ნაყოფიერება და ეცემა მოსავლიანობა. ამიტომ საჭიროა ნიადაგში ეფექტური ნაყოფიერების გადიდება სასუქების შეტანის გზით, ნიადაგწარმოქმნის ბუნებრივი და ხელოვნური ფაქტორების ზეგავლენით შეიძლება პოტენციური ნაყოფიერება თანდათანობით გადავიდეს ეფექტურ ნაყოფიერებაში. ასე, მაგალითად, მყავე ნიადაგების მოკირიანების შედეგად ნეიტრალდება მყავიანობა და იქმნება ზელსაყრელი პირობები იმ მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობისათვის, რომლებიც იწვევენ ნიადაგში არსებული ორგანული ნივთიერების დაშლას, რის შედეგადაც ძლიერდება მასში შემავალ მცენარისათვის საჭირო საკვები ნივთიერების გადასვლა შესათვისებელ ფორმაში, ე. ი. მოკირიანება ფაქტიურად აძლიერებს ნიადაგის პოტენციურ ნაყოფიერების ეფექტურ ნაყოფიერებაში გადასვლას.

### 3. ნიადაგის უმჯობესობა

ნიადაგი შედგება მაგარი, თხიერი და გაზისებური ფაზისაგან. ნიადაგის მაგარი ფაზა წარმოადგენს სხვადასხვა სიდიდის მექანიკურ ნაწილაკებს — დაწყებული მსხვილი ქვიშიდან დამთავრებული უწყვილესი კოლოიდებით. ამ უკანასკნელს მიეკუთვნება ნიადაგის ისეთი ნაწილაკები, რომელთა დიამეტრი 0,001 მილიმეტრზე ნაკლებია. ნიადაგის მექანიკური შემადგენელი წვრილი ნაწილაკებიდან წარმოიშვება სტრუქტურული აგრეგატები.

ნიადაგის მაგარი ფაზა ქიმიური შედგენილობის მიხედვით შედგება მინერალური და ორგანული ნივთიერებისაგან. მათი ურთიერთმოქმედებით მიიღება ნიადაგის რთული ორგანულ-მინერალური შენაერთები. ნიადაგის მინერალური შენაერთები ბევრად მეტია მის ორგანულ ნაწილთან შედარებით. აქედან გამონაკლისს წარმოადგენს ტორფიანი ნიადაგი, რომელშიაც ორგანული ნივთიერების რაოდენობა 90 პროცენტზე მეტია.

ნიადაგის მექანიკურ ნაწილაკებს და აგრეგატებს შორის არსებული სივრცე-ფორები ჰაერსა და წყალს უკავია.

ა) ნ ი ა დ ა გ ი ს თ ხ ი ე რ ი ფ ა ზ ა წარმოადგენს ნიადაგის ხსნარს, რომელიც მოთავსებულია ნიადაგის ჰაერ ნაწილაკთა შორის სივრცეში. ნიადაგში მოხვედრილი წყალი ჩვეულებრივ შეიცავს მასში გახსნილ ქანგბადს, ნახშირორჟანგს და მცირე რაოდენობით სხვა გაზებს. ეს წყალი ეხება რა ნიადაგის ჰაერ ფაზას, ხსნის მის ხსნად ნივთიერებას და, ამგვარად, გადაიქცევა ნიადაგის ხსნარად ანუ თხიერ ფაზად. ნიადაგის ხსნარი ყოველთვის შეიცავს სხვადასხვა მინერალურ და ორგანულ შენაერთებს. მასში, ნიადაგის ტიპის მიხედვით, შეიძლება იყოს ანიონები:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $-\text{NO}_3$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{Cl}^-$  კათიონები:  $\text{H}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ; იშვიათად  $\text{Fe}^{+++}$ ,  $\text{Al}^{+++}$  და სხვა მეტალები. გარდა ამისა, ნიადაგის ხსნარში არსებობს კოლოიდურ მდგომარეობაში მყოფი რკინისა და ალუმინის ნივთიერება ზოლის სახით, აგრეთვე ხსნადი ორგანული ნივთიერება; ორგანული მეკავები, ნახშირწყლები და სხვ. ნივთიერების საერთო რაოდენობა, რომელიც გახსნილია ნიადაგის ხსნარში, პროცენტის მესამედთან რამდენიმე პროცენტამდე აღწევს. საშუალოდ ნიადაგის ხსნარში არსებული მარილების კონცენტრაცია 0,05 პროცენტიდან 0,2 პროცენტის ფარგლებში მერყეობს.

გარდა მინერალური და ორგანული ნივთიერებისა, ნიადაგის ხსნარში ყოველთვის შედის გახსნილი გაზები. მათგან ყველაზე აქტიურია ქანგბადი  $\text{O}_2$  და ნახშირორჟანგი  $\text{CO}_2$ .

ბ) ნ ი ა დ ა გ ი ს გ ა ზ ი ს ე ბ უ რ ი ფ ა ზ ა არის ნიადაგის ჰაეროვანი ნაწილი, რომელიც ატმოსფეროს ჰაერიდან ორი ნიშნით განსხვავდება. ჰერ ერთი, ნიადაგის ჰაერი გაჯღენთილია უფრო მეტად წყლით, მეორეც, ის ატმოსფეროსთან შედარებით შეიცავს მეტ ნახშირორჟანგს. ასე, მაგალითად, ატმოსფეროს ჰაერში  $\text{CO}_2$  შემცველობა იშვიათად აღემატება 0,03 — 0,04 პროცენტს, მაშინ,

როდესაც ნიადაგში აღწევს 2 — 3 პროცენტს (საშუალოდ 0,3 პროცენტია). ნახშირორჟანგის წყაროს ნიადაგში უმთავრესად წარმოადგენს: 1. ნიადაგის ორგანული ნივთიერების დაშლა, 2. ცოცხალი მცენარის ფესვებიდან ნახშირორჟანგის გამოყოფა და 3. მიკროორგანიზმების სუნთქვის შედეგად ნახშირორჟანგის გამოყოფა. ნიადაგში მოხვედრილი  $\text{CO}_2$  იოლად იხსნება ნიადაგის ხსნარში და წარმოშობს ნახშირმჟავას, რომელიც წარმოადგენს მინერალების გამოფიტვის ძლიერ ფაქტორს.

ნიადაგის სამივე ფაზა ურთიერთშორის მკიდრო კავშირში იმყოფება. ნიადაგის მაგარი და თხიერი ფაზების ურთიერთმოქმედების შედეგად მაგარი ფაზის ხარჯზე და ზოგჯერ პირიქით, ხსნარში იზრდება ნივთიერების რაოდენობა — ნიადაგის მაგარი ფაზა შთანთქავს თხიერ ფაზიდან ზოგიერთ ნივთიერებებს. ასევე ნიადაგის ხსნარსა და ჰაერში  $\text{CO}_2$  შემცველობა ზრდის ნიადაგის მაგარ ფაზაში შემაჯავლი ნივთიერების ხსნადობას.

გ) ნიადაგის ორგანული ნივთიერება წარმოდგენილია მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ორგანული ნაშთების მიკროორგანიზმებისა და ჰუმუსის სახით.

აკად. ი. ტიურინის გამონაგარიშებით ნიადაგის ზედაპირზე მოხვედრილი ორგანული ნივთიერების საერთო რაოდენობა 1 ჰექტარ ფართობზე წელიწადში 3-დან 5 ტონამდე აღწევს.

ნიადაგის ორგანული ნივთიერების შედგენილობა. იმ მცენარეული ნაშთების ქიმიური შედგენილობა, რომლებიც ნიადაგში ხვდება, ძალზე მრავალფეროვანია. მიუხედავად ამისა, შეიძლება ისინი ქიმიური შედგენილობის მიხედვით დავყოთ ექვს ჯგუფად.

ნახშირწყლები და ორგანული მჟავები. მათ განეკუთვნება გლუკოზა  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , პენტოზა  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ , ლეინის მჟავა  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ , ლიმონის მჟავა  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$ , მეთუნის მჟავა  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ ; გარდა ამისა, სხვადასხვა სახის ამინომჟავები: გლიკოგოლი  $\text{CH}_2\text{NH}_2\text{COOH}$ , ალანინი  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ , ლიზინი  $(\text{NH}_2)(\text{CH}_2)\text{CHN}_2\text{COOH}$  და სხვ. ყველა ეს ნივთიერება იოლად იხსნება წყალში და ასევე იოლად გამოირეცხება მცენარეული ნაშთებიდან. ეს შენაერთები მიკროორგანიზმების გავლენით ადვილად იშლებიან.

ფისი, მთრიმლავი ნივთიერებები, ცხიმები

დასანთელი. ამ ჯგუფის ორგანული ნივთიერებები არ იხსნებიან წყალში, მაგრამ ისინი ხსნადია ორგანულ გამხსნელებში. სპირტში, ბენზოლში და სხვ. ეს ნივთიერებები წარმოადგენენ რთულ ქიმიურ შენაერთებს. ისინი ნიადაგის პირობებში უფრო ძნელად, ვიდრე შაქრები და ამინომჟავები, განიცდიან ქიმიურ დაშლას და უფრო გამძლენი არიან მიკროორგანიზმებს მოქმედების მიმართ.

ცელულოზა (უჯრედანა) და ჰემიციელულოზა. მცენარეული ცელულოზა (უჯრედანა) და ჰემიციელულოზა უჯრედის გარსის მთავარი შემადგენელი ნაწილია.

უჯრედანის ქიმიური შედგენილობა საკმაოდ რთულია. იგი გამოიხატება საერთო ფორმულით  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , სადაც  $n$  შეიძლება იყოს 5-დან 10.000-მდე. განზავებული მჟავები და ტუტეები უჯრედანაზე არ მოქმედებენ, მაგრამ უფრო ძლიერ მჟავებსა და ტუტეებს, მაგალითად, 72 პროცენტის გოგირდის მჟავას უჯრედანა გადაჰყავს გლუკოზაში  $C_6H_{12}O_6$ . ჰემიციელულოზა ნაკლებად გამოწევა მჟავებისა და ტუტეების სუსტი ხსნარებისადმი და განიცდის ჰიდროლიზს. ნიადაგის მიკროორგანიზები, ფერმენტების ანუ ენზიმების გამოყოფის გზით, იოლად ხრწნიან უჯრედანას და ჰემიციელულოზას და საბოლოო პროდუქტის სახით გამოყოფენ ნახშირორჟანგს  $CO_2$ , წყალბადს  $H_2$  და მეთანს  $CH_4$ .

ლიგნინი მერქნის მთავარი შემადგენელი ნაწილია. იგი წარმოადგენს რთულ ორგანულ შენაერთს. მისი შედგენილობა იცვლება მცენარის სახეობის მიხედვით. ლიგნინის ქიმიურ შედგენილობას გამოიხატავენ ფორმულებით  $C_{40}H_{44}O_{19}$ . ან  $C_{36}H_{28}O_{11}$ .

ყველა მცენარეული ნაშთებიდან ლიგნინი წარმოადგენს უფრო გამძლეს როგორც ქიმიური ზემოქმედების, ისე მიკროორგანიზმების მოქმედებისადმი. იგი არ განიცდის ჰიდროლიზს მასზე მჟავების მოქმედებისას, მაგრამ იოლად იყენება ჰაერის ჟანგბადით.

პროტეინები ან უცილოვანი ნივთიერებანი. პროტეინები წარმოადგენენ რთული ორგანული აზოტის შემცველ შენაერთებს. მათი მოლეკულური შემადგენლობა დადგენილი არ არის. პროტეინებს უდიდესი მნიშვნელობა აქვთ მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმებისათვის, რადგანაც ისინი შედიან უჯრედის პროტოპლაზმის შემადგენლობაში. პროტეინები, რომლებიც შედიან მცენარის შემადგენლობაში, შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუ-



ფად: ალბუმინები, გლობულინები და პროლაშინები. პროტეინების შემადგენლობაში შედის აზოტი 15-დან 19 პროცენტამდე, გოგირდი — 0,5-დან 1 პროცენტამდე და ფოსფორი 0—0,8 პროცენტამდე. პროტეინები იოლად იშლებიან მიკროორგანიზმების გავლენით.

ნ ა ც რ ი ს ნ ი ვ თ ი ე რ ე ბ ა ეს ისაა, რომელიც შედის მცენარეების ნაცრის შედგენილობაში. მასში შედიან საკმაოდ დიდი რაოდენობით ისეთი ელემენტები, როგორცაა კალიუმი, კალციუმი, მაგნიუმი, ფოსფორი, გოგირდი, სილიციუმი. ნაცრის შემადგენლობა მცენარეში მერყეობს 2 პროცენტიდან 27 პროცენტამდე მშრალ ნივთიერებაზე გადაანგარიშებით.

ზემოთ ნაჩვენები ორგანული ნივთიერების ჯგუფების შემცველობის მიხედვით სხვადასხვა მცენარეული ნაშთები მნიშვნელოვნად განირჩევიან ერთმანეთისაგან. ერთი და იგივე მცენარის ნაშთების ქიმიური შემადგენლობაც კი არ არის ერთნაირი, რაც დამოკიდებულია მცენარის ასაკსა და კვების პირობებზე.

ორგანული ნივთიერების დაშლა ნიადაგში. ნიადაგში მოხვედრილი ორგანული ნივთიერება განიცდის გარდაქმნას, რაც მიმდინარეობს ორი მიმართულებით: 1. ორგანული ნივთიერების მარტივ, მინერალურ შენაერთებად დაშლა და 2. ახალი ორგანული ნივთიერების შექმნა — სინთეზი. ამ უკანასკნელი პროცესის შედეგად წარმოიქმნება მიკროორგანიზმების პლაზმის ან მუქი ფერის განსაკუთრებული ორგანული ნივთიერება, რომელიც შეადგენს ნეშომპალას მთავარ მასას ე. წ. ჰუმუსოვან ნივთიერებას. ორივე ეს პროცესი მიმდინარეობს ერთდროულად. მათი ინტენსივობა დამოკიდებულია ნიადაგზე — სხვადასხვა ნიადაგებში სხვადასხვა სიჩქარით წარმოებს და დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან.

ორგანული ნივთიერების დაშლის პროცესში მონაწილეობას ლებულობენ ნიადაგში ბინადარი ცხოველები და მიკროორგანიზმები. ცხოველთა სახეობა მრავალფეროვანია. ხერხემლიანებიდან აღსანიშნავია ციყვები, თაგვები და სხვა მღრღნელები, ზოლო უხერხემლოებიდან — ქიები, მრავალფეხა, მწერები და მათი ქუპრები; დასასრულ უმარტივესი ორგანიზმები.

ცხოველები ორგანული ნივთიერების დაშლაში ორმხრივ მოქმედებენ. ერთი მხრივ. მათ მიერ გაფხვიერებულ ნიადაგის მასაში სწრაფად მიმდინარეობს ორგანული ნივთიერების ქიმიური და ბი-

ოქმიური დაშლის პროცესი. ამავე დროს მის ნაწილაკებში იოლად შედის წყალი და ჰაერი. მეორე მხრივ, ცხოველები ატარებენ რათავიანთ ორგანიზმში მცენარეულ ორგანულ ნივთიერებას, აჩქარებენ მათი ქიმიური გარდაქმნის პროცესს.

მიკროორგანიზმებიდან ნიადაგის ორგანული ნივთიერების გახრწნის პროცესში აქტიური მონაწილეობას იღებენ: სოკოები. აქტინომიცეტები, ბაქტერიები, წყალმცენარეები და უმარტივესი ორგანიზმები. ისინი ძალზე მრავალფეროვანია და ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან თავისი აღნაგობით, ცხოვრების პირობებით. კვებით და სხვ. ზოგი მიკროორგანიზმი მარტივი მინერალური შენაერთებით იკვებება, ზოგი კი რთული ორგანული ნივთიერებით. ერთნი ვითარდებიან აერობულ, ხოლო მეორენი ანაერობულ პირობებში.

მიკროორგანიზმების რაოდენობა ნიადაგში ძალზე დიდია. მათი განვითარებისათვის ზელსაყრელ პირობებში მიკროორგანიზმების რიცხვმა 1 გრამ ნიადაგში შეიძლება ერთ მილიარდს მიაღწიოს. მიკროორგანიზმების ცოცხალი მასის წონა ერთი ჰექტარი ფართობის სახნავ ფენაში ხშირად 5 — 8 ტონამდე აღწევს.

მიკროორგანიზმების განვითარებისათვის საჭიროა მთელი რიგი პირობები. მათ შორის აღსანიშნავია შემდეგი :

1. ნიადაგის ტენიანობა უნდა შეადგენდეს სრული ტენიანობის 50 — 60 პროცენტს. :

2. მიკროორგანიზმები უზრუნველყოფილი უნდა იყოს საჭარგებლო საკვები ნივთიერებით, კერძოდ აზოტური კვებისათვის საჭიროა აზოტის შენაერთების არსებობა ნიადაგში. გარდა ამისა, მასში უნდა იყოს ფოსფორის, კალიუმის, კალციუმის, მაგნიუმის და სხვა ელემენტების შემცველი შენაერთები, რომლებიც უზრუნველყოფენ მიკროორგანიზმების ნორმალურ კვებას.

3. ნიადაგის ტემპერატურა უნდა იყოს არა უმცირეს 10 და არა უმეტეს 40°. ნორმალური განვითარებისათვის კი საჭიროა 25 — 30°.

4. მიკროორგანიზმების განვითარებისათვის გადაწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის არეს რეაქციას. ბაქტერიები კარგად ვითარდებიან მხოლოდ ნეიტრალური რეაქციის პირობებში, ხოლო ცუდად მყავე არეს პირობებში, რაც შეეხება სოკოებს, ისინი პირ-

იქით, კარგად ვითარდებიან სუსტი მკვავე რეაქციის დროს. იჩაგ-  
ობიან ნეიტრალურ და ილუპებიან ტუტე არეს პირობებში.

5. მიკროორგანიზმები სხვადასხვა დამოკიდებულებას იჩენენ  
ნიადაგის დაჟანგვა-აღდგენითი რეაქციისადმი. ძლიერი დამჟანგვე-  
ლებისა და აღმდგენლების არსებობა დამლუპველია მათთვის. ისე-  
თი დამჟანგველი ნივთიერების არსებობა, როგორცაა ჟანგბადი,  
აუცილებელია აერობული მიკროორგანიზმებისათვის, მაგრამ დამ-  
ლუპველია ანაერობულათვის. ბუნებრივ პირობებში ადგილი აქვს  
ანაერობული ბაქტერიების შეგუებას ჰაერისადმი. ასეთ შემთხვე-  
ვაში ისინი ხშირად ნორმალურად ვითარდებიან. მიკროორგანიზმე-  
ბის განვითარებაზე ცუდად მოქმედებს ზოგიერთი მძიმე მეტალის  
ნარილი (სპილენძი, ტყვია და სხვა), სხვადასხვა ანტისეპტიკი და  
თვით მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობის პროდუქტების  
დაგროვება ნიადაგში. მაგალითად, საფურავები, რომლებიც იწვევენ  
ალკოპოლურ დუღილს, ილუპებიან მაშინ, როცა მათ მიერ  
წარმოქმნილი ალკოპოლის შემცველობა ხსნარში 15 პროცენტს  
აჭარბებს. ნიადაგის ორგანული ნივთიერების სხვადასხვა შემადგე-  
ნელი ნაწილი სხვადასხვა ხარისხით და ინტენსივობით იშლება. ასე,  
მაგალითად, იოლად იშლება სახამებელი, ჰემიციელულოზა, ცხიმე-  
ბი და ცილები, ხოლო ცელულოზა, ლიგნინი და ფისები კი ძნელად.

თავიანთ ბიოქიმიურ მოქმედებას მიკროორგანიზმები ანხორ-  
ციელებენ მათი ორგანიზმიდან გამოყოფილი რთული ქიმიური  
შედგენილობის მქონე განსაკუთრებული ნივთიერებებით, რომ-  
ლებსაც ენზიმები ანუ ფერმენტები ეწოდება. ამ უკანასკნელთ  
შესწევთ უნარი გამოიწვიონ და დააჩქარონ ორგანული ნივთიერე-  
ბის დაშლის პროცესი, და ასრულებენ კატალიზატორის როლს.

ფერმენტები თავისი მოქმედების მიხედვით ძალზე სპეციფი-  
კურია, ე. ი. ყოველ მათგანს შესწევს უნარი გამოიწვიოს განსა-  
კუთრებული რეაქცია. ასე, მაგალითად, ცელულოზისა და სახამებ-  
ლის დაშლა წარმოებს ჰიდროლიზური ფერმენტების მონაწილეო-  
ბით. მათი მოქმედების შედეგად სახამებლიდან და ცელულოზი-  
დან წარმოიქმნება მარტივი შაქრები, რომელთა შემდგომი დაშლის  
შედეგად აერობულ პირობებში მიიღება  $CO_2$  და წყალი, ხოლო  
ანაერობულ პირობებში — მეთანი და  $CO_2$ .

ნიადაგში არსებულ ცილოვან შენაერთებს შლის ფერმენტი  
პროტეაზა. ამ შენაერთების დაშლის პირველ ეტაპს წარმოადგენს

ამინომეყვები. ამ უკანასკნელის შემდგომი დაშლის შედეგად მიიღება ამონიაკი და ორგანული მყავები. ორგანული ნივთიერების დაშლისას ამონიაკის წარმოქმნის პროცესს ამონიფიკაციას უწოდებენ. მას იწვევს სოკოები და ბაქტერიები, ე. წ. ამონიფიკატორები. ამინოფიკაციის პროცესი მიმდინარეობს როგორც აერობულ, ისე ანაერობულ პირობებში.

ნიადაგის ორგანული ნივთიერების დაშლის შედეგად წარმოშობილი ამონიაკი მიკროორგანიზმების გავლენით განიცდის შემდგომ გარდაქმნას, რის შედეგად ჯერ წარმოიშვება ნიტრიტი, ხოლო შემდეგ ნიტრატი. ამ პროცესს ნიტრიფიკაცია ეწოდება, ხოლო იმ ბაქტერიებს, რომლებიც იწვევენ მას — ნიტრიფიკატორები. ამ უკანასკნელს ეკუთვნიან ნიტროზომონა და ნიტრობაქტერი. ნიტრიფიკაციის პროცესისათვის საჭიროა აერობული პირობები, ნეიტრალური, სუსტი მყავე ან ტუტე არეს რეაქცია და 25—30° ტემპერატურა. ნიტრიფიკაციის პროცესის ინტენსივობა დამოკიდებულია ნიადაგში არსებული ორგანული ნივთიერების რაოდენობასა და სახეობაზე. ორგანული ნივთიერებით მდიდარ ნიადაგებში ეს პროცესი ინტენსიურად მიმდინარეობს, ხოლო ღარიბ ნიადაგებში — სუსტად. ნიტრიფიკაციის პროცესის ინტენსივობა ნიადაგის გაკულტურების ერთ-ერთი მაჩვენებელია.

ნიადაგში არსებული ფოსფორის შემცველი ორგანული შენაერთების დაშლას იწვევს ფოსფორობაქტერი. ამის შედეგად წარმოიშვება ფოსფორის მინერალური შენაერთები. ასევე მიმდინარეობს გოგირდის შემცველი ორგანული ნივთიერებების დაშლა ბაქტერიების მეშვეობით, მათში შემავალი გოგირდი გადადის მინერალურ ფორმებში და სხვ.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ნიადაგში არსებული ორგანული ნივთიერებები სხვადასხვა ხარისხით და ინტენსივობით იშლებიან. ორგანული ნივთიერების დაშლა ფერხდება ნიადაგში არსებული პირობების გავლენით. ორგანული ნივთიერების დამშლელი მიკროორგანიზმებისათვის ხელისშემწყობი პირობების დარღვევა იწვევს ორგანული ნივთიერების დაშლის შეფერხებას. ლიგნინის, ცელულოზას, ცილოვანი ნივთიერების და ორგანული ნაშთების სხვა შემადგენელი ნაწილების დაშლის ეს პროდუქტები წარმოადგენენ იმ მასალას, რომლიდანაც ქიმიური და ბიოქიმიური პროცესების შედეგად წარმოიშვება ახალი შენაერთები. მათ უმთავრესად გააჩნია

მუქი, ყოძრალი და შავი ფერი, რის გამოც მიიღო ნეშომპალის ანუ ჰუმუსოვანი ნივთიერების სახელწოდება. ჰუმუსოვანი ნივთიერება ძნელად განიცდის ქიმიურ და მიკრობიოლოგიურ დაშლის პროცესს, რის შედეგად ნიადაგში ბევრი გროვდება. ნიადაგის ჰუმუსოვანი ნივთიერების წარმოქმნის პროცესის არსი ჯერ კიდევ საბოლოოდ დადგენილი არ არის. ჰუმუსოვანი ნივთიერების წარმოქმნაზე არსებობს სამი თეორია — ე. წ. „ლიგნინის“, „ცელულოზის“ და „ცილების“ თეორია. პირველი თეორიის ავტორების თანახმად ჰუმუსოვანი ნივთიერებები წარმოიშვება მხოლოდ ლიგნინიდან, მეორე ჯგუფი მკვლევარების აზრით ცელულოზიდან, ხოლო მესამენი ამტკიცებენ, რომ ჰუმუსოვანი ნივთიერება მიიღება ცილებიდან.

საბოლოოდ გაურკვეველია აგრეთვე ჰუმუსოვანი ანუ ნეშომპალა ნივთიერების ქიმიური შედგენილობა. დღეისათვის ჰუმუსოვან ნივთიერებებს ჰყოფენ ორ ჯგუფად: ა) ნივთიერებები, რომლებიც იხსნებიან 0,1 n ტუტეებში — ჰუმინის და ულმინის მჟავები, ფულვომჟავები (კრენისა და აპოკრენის მჟავები) და ბ) ნივთიერებები, რომლებიც 0,1 n ტუტეებში არ იხსნებიან — ჰუმინი და ულმინი.

ნ ი ა დ ა გ ი ს ჰ უ მ უ ს ი. ნიადაგის ორგანული ნივთიერება იყოფა ორ ჯგუფად: ა) მცენარეული და ცხოველური ნაშთების დაშლისა და ნახევრად დაშლის პროდუქტები და ბ) ჰუმუსი ანუ ნეშომპალა. ეს უკანასკნელი წარმოადგენს ორგანული ნივთიერების იმ ნაწილს, რომელსაც სრულიად დაუკარგავს პირვანდელი შედგენილობა და შერეულია ნიადაგის მინერალურ ნაწილთან. სრულიად დაუშლელი და ნახევრადდაუშლელი ორგანული ნივთიერების შემცველობა ნიადაგში ძალზე მერყეობს და დამოკიდებულია მათი დაშლის პირობებზე. დ. ხანის მონაცემებით, ურალის საშუალო ეწერ ნიადაგებში ორგანული ნივთიერების ამ ნაწილის რაოდენობა შეადგენს 9,5 პროცენტს, ხოლო მოსკოვის ოლქის კორდიან-ეწეროვან ნიადაგში კი 7,7 — 9,9 პროცენტს (საერთო ორგანული ნივთიერების შემცველობიდან). ნიადაგის ორგანული ნივთიერების ამ ნაწილს განსაზღვრავენ არა ქიმიური ანალიზით, არამედ მისი საერთო შემცველობით, რასაც ნიადაგის ჰუმუსს უწოდებენ. ჰუმუსის შედგენილობა დამოკიდებულია ნიადაგში მოხვედრილი ორგანული ნივთიერების ბუნებასა და რაოდენობაზე, რომელიც იცვლება ნიადაგის სახეობის მიხედვით. მის შემადგენლობაში

შედიან ჰუმუსოვანი (ჰუმინისა და ულმინის მკაეები, ფულვომკაეები, გუმინი და ულმინი) და ცილოვანი ნივთიერებები, სხვადასხვა ნახშირწყლები, ამინომკაეები და სხვა ორგანული შენაერთები. ჰუმუსოვანი ნივთიერების შემცველობა ძალზე მერყეობს ნიადაგის ტიპის მიხედვით, რაც ნათლად ჩანს ქვემოთ მოყვანილ მონაცემებიდან (საერთო ორგანული ნივთიერების შემცველობიდან):

ტორფიან-ჰაობიანი	ნიადაგები — 46-დან	49-მდე
ეწერი	„ — 46-დან	52-მდე
ნეშომპალა-კარბონატული	— 57-დან	65-მდე
ტყის ყომრალი	„ — 50-დან	70-მდე
შავმიწა	„ — 71-დან	91-მდე
მდელოს ჰაობიანი	„ — 81-დან	82-მდე

ჰუმუსის შედგენილობაში შედის აგრეთვე ბიტუმი, ე. ი. ფისები, სანთელი, ცხიმის მკაეები და მათი ნაწარმი. ბიტუმის შემცველობა სხვადასხვა ნიადაგის ჰუმუსში მერყეობს 2,5 პროცენტიდან 2,9 პროცენტამდე.

ჰუმუსი შეიცავს ისეთ ორგანულ შენაერთებს როგორცაა: ცელულოზა, ჰემიცილულოზა (პენტოზანები), სახამებელი, ორგანული მკაეები, ალდეჰიდები, ამინები, ამინომკაეები და სხვ. ყველა ეს ნივთიერება იოლად განიცდის მინერალიზაციას და ნიადაგში არ გროვდება. მიუხედავად ამისა, ყველა ნიადაგში მაინც არის მათი გარკვეული რაოდენობა. ასე, მაგალითად, ეწერებში — 11 — 14 პროცენტი, შავმიწებში — 9—11 პროცენტი, წაბლა ნიადაგებში — 8—10 პროცენტი, რუხ ნიადაგებში — 4 — 5 პროცენტი.

დასასრულ, ჰუმუსში შედის აგოეთვე ცილოვანი ნივთიერებები, როგორც ჯერ კიდევ დაუშლელი, ისე ალბუმოზის და პენტოზას სახით. ცილოვანი ნივთიერების რაოდენობა ჰუმუსში 6 — 8 პროცენტს აღემატება. ჰუმუსის შემცველობა მცირდება ნიადაგის ქვედა ფენებში. მისი საერთო შემცველობა ძალზე მერყეობს ნიადაგების ტიპების მიხედვით (იხ. ცხრილი 21).

მიუხედავად იმისა, რომ ჰუმუსის შემცველობა შედარებით მცირეა, ის მაინც დიდ როლს ასრულებს ნიადაგის ნაყოფიერებაში. ჰუმუსი საკმაო გავლენას ახდენს ნიადაგის ფიზიკურ, ფიზიკურ-ქიმიურ, ქიმიურ და ბიოლოგიურ თვისებებზე, აუმჯობესებს მის სტრუქტურას, ადიდება ნიადაგის ტენტევალონას, წყალგამტარობას, ჰაერგამტარობას, აუმჯობესებს ტემპერატურულ რეჟიმს, ადი-

დებს ნიადაგის შთანთქმით ტევადობას და ბუფერობას. ჰუმუსში შემავალი ზოგიერთი ორგანული ნივთიერება წარმოადგენს მიკრო-ორგანიზმების კვების წყაროს. ამიტომ ჰუმუსი აძლიერებს ნიადაგის მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობას. ჰუმუსში შემავალი ზოგიერთი ორგანული ნივთიერების გახრწნის შედეგად წარმოშობილი მარტივი მინერალური შენაერთებით იკვებება მცენარე და სხვ.

ცხრილი 21

ჰუმუსის შემცველობა % — ობით და 1 მეტრის სიღრმის ფენაში ტონობით ერთ ჰექტარ ფართობზე (ნ. ო. ბალოტინის მიხედვით)

ნიადაგები	ჰუმუსის შემცველობა % -ობით სახნავ ფენაში	ჰუმუსის საერთო რაოდენ 1. ფენაში ტ   ჰა
ეწერი ნიადაგი	2,5	94
ტყის ხანგარა	5,2	175
შავმიწა	"	"
ჩვეულებრივი	6,8	426
გამორეცხილი	"	"
ღ რ მ ა	9,6	549
"	11,2	709
მუქი წაბლა	"	"
მურა ნიადაგები	4,9	229
ლიპიური	1,9	83
ლი ა	1,5	67
წითელმიწები	7,7	282

ნიადაგში შემავალი ჰუმუსოვანი ნივთიერებები შედარებით ძნელად იცვლება. მათი შენაერთების დაშლასთან ერთად მიმდინარეობს ახალი ჰუმუსოვანი ნივთიერების წარმოქმნა. მაშასადამე, ჰუმუსში ერთდროულად მიმდინარეობს ჰუმუსოვანი ნივთიერების სინთეზი და დაშლა. ჰუმუსის რაოდენობა ნიადაგში დამოკიდებულია ამ ორი დიამეტრალურად საწინააღმდეგო პროცესის გამოხატულებაზე. მათი ინტენსივობა იცვლება ნიადაგის სახეობისდამიხედვით. ამით აიხსნება ის მოვლენა, რომ ჰუმუსოვანი ნივთიერების რაოდენობა სხვადასხვა ტიპის ნიადაგში სხვადასხვაა.

ნიადაგში არსებობს აგრეთვე ორგანულ-მინერალური შენაერთები, რომელთა ბუნება თითქმის შეუსწავლელია. პროფ. ა. ფ. ტიულინმა გამოთქვა მოსაზრება, რომ ნიადაგის მინერალური კოლოიდების ზედაპირს გადაეკვრება ორგანული ნივთიერების ფენა.

—„ქურქი“ და წარმოიშვება ორგანულ-მინერალური შენაერთი. მის მიერ შემუშავებულ იქნა აგრეთვე ამ უკანასკნელი შენაერთის ნიადაგიდან გამოყოფის ე. წ. წილადობრივი პეპტიზაციის მეთოდი.

ნიადაგის მინერალური ნივთიერება. ნიადაგის მინერალური ნაწილის შედგენილობა დამოკიდებულია დედაქანისა და ნიადაგწარმოქმნის პროცესის ხასიათზე. ნიადაგის მაგარი ფაზის მინერალური ნაწილი შედგება სხვადასხვა დიამეტრისა და ქიმიური შედგენილობის მექანიკური ნაწილაკებისაგან. აქედან გამომდინარე არჩევენ მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის (ქვიშინს და ქვიშნარს) ნიადაგებს, რომლებშიაც ჰარბობს 0,05 მილიმეტრზე მეტი დიამეტრის ნაწილაკები. ცნობილია აგრეთვე თიხიანი და თიხნარი ნიადაგები, რომლებშიაც მეტი რაოდენობითაა 0,001 მილიმეტრზე ნაკლები დიამეტრის მქონე ნაწილი — ლექი. მათ შიშვე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებს უწოდებენ. მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში ჰარბობს სილიციუმის ორჯანგის რაოდენობა. რაც მეტია ნიადაგში თიხის შემცველობა, მით მეტია ერთნახევარი ჟანგეულები —  $Al_2O_3$  და  $Fe_2O_3$ .

ნიადაგის მინერალური ნაწილის შედგენილობაში შედის მრავალრიცხოვანი ელემენტი. მათი საშუალო შემცველობა მოცემულია ქვემოთ.

ნიადაგის მაგარი ფაზაში ქიმიური ელემენტების საშუალო შემცველობა  
წონით პროცენტებში  
(ვინოგრადოვის მიხედვით)

ჟანგბადი	49, 0	ბარიუმი	0,05	ჭელიუმი	(.10— 3)
სილიციუმი	33, 0	სტრონციუმი	0,03	კალა	(.10— 2)
ალუმინინი	7, 1	კირკონია	0,04	კობალტი	8.10— 4
რკინა	3, 7	ფტორი	0,02	თორიუმი	6.10— 4
ნახშირბადი	2, 0	ჭლორი	0,01	დარიშხანი	5.10— 4
კალციუმი	1, 3	ვანადიუმი	0,01	ი ო დ ი	5.10— 4
კალიუმი	1, 3	რუბიდიუმი	6 10— 5	ცეზიუმი	2.10— 4
ნატრიუმი	0,60	ცერია	5.10— 3	მოლიბდენი	3.10— 4
მანგნიუმი	0,60	ნიკელი	4.10— 3	ბერილიუმი	(.10— 4)
წყალბადი	0,50	სპილენძი	2.10— 3	გერმანიუმი	(.10— 4)
ტიტანი	0,40	ბ ო რ ი	1.10— 3	კადიუმი	5.10— 3
აზოტი	0,10	ტყვია	1.10— 3	სელენი	1.10— 6
ფოსფორი	0,08			ვერცხლის	1.10— 6
მანგანუმი	0,08			წყალი	
გოგირდი	0,08			რადიუმი	8.10— 11



მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ ნიადაგის შედგენილობაში 89% წონით უკავია სამ ელემენტს: ქანგბადს, სილიციუმს და ალუმინს. მათგან პირველია ქანგბადი, შემდეგ სილიციუმი და ბოლოს ალუმინი. მნიშვნელოვანი რაოდენობითაა აგრეთვე რკინა, ნახშირბადი, კალიუმი, კალციუმი, ნატრიუმი. მაგნიუმი, წყალბადი, ტიტანი, ფოსფორი, მანგანუმი და გოგირდი. მათი რაოდენობა საშუალოდ 10 პროცენტამდე აღწევს. განვიხილოთ თვითეული ელემენტი ცალ-ცალკე.

ქ ა ნ გ ბ ა დ ი ნიადაგის ძირითადი შემადგენელი ნაწილია. იგი წარმოდგენილია სილიციუმთან და ერთნახევარ ქანგეულებთან შენაერთებში; გვხვდება სხვადასხვა ანიონებთან შენაერთების სახითაც.

ს ი ლ ი ც ი უ მ ი ნიადაგში უმთავრესად კვარცის, სილიკატებისა და ალუმოფეროსილიკატების სახით გვხვდება.

კვარცი —  $\text{SiO}_2$  — ყველაზე უფრო გავრცელებული შენაერთის ფორმას წარმოადგენს ნიადაგში. მისი რაოდენობა თითქმის ყოველთვის 60 პროცენტზე მეტია, ხოლო ზოგიერთ ნიადაგში 80 პროცენტს და მეტსაც აღწევს. კვარცი მეტად მდგრადი, ინერტული შენაერთია, ძალზე ძნელად განიცდის დაშლას.

ნიადაგში მნიშვნელოვანი რაოდენობით მოიპოვება მეტასილიციუმისა და ორთოსილიციუმის მქავეს მარილები, სილიკატები, მაგალითად, ოლივინი  $\text{Mg}_2(\text{Fe}_2)\text{SiO}_4$  და სხვ. წყლის გავლენით სილიკატები იშლებიან და სილიციუმი გადადის ხსნარში ზოლის სახით. შემდგომში კი ამ კოლოიდური ხსნარიდან ნაწილი გამოილექება გელის სახით. ზოგჯერ ასეთი გზით გამოლექილი გელი წარმოშობს მინერალებს — ოპალსა და ხალცედონს, ზოგჯერ კი კარგავს წყალს და გადადის ჩვეულებრივ კვარცში. გარდა კვარცისა და სილიკატებისა, სილიციუმი ნიადაგებში გვხვდება მინერალების შედგენილობაშიც. ასეთ მინერალებს წარმოადგენენ ორთოკლასი  $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ , ალბიტი  $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ , ბიოტიტი  $\text{K}_2\text{H}_4(\text{MgFe})_6\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{24}$ , მუსკოვიტი  $\text{K}_2\text{H}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{11}$ , ანორტიტი  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , რქატყუარა და სხვ. ისინი ეკუთვნიან ალუმოსილიკატებს და ნაწილობრივ ფეროსილიკატებს. ზოგ შემთხვევაში მათი დაშლის შედეგად წარმოიშვება ალუმინისა და რკინის ქანგი, ჰიდროქსიანი ე. წ. ალიტები ( $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{AlOOH}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). სხვა პირობებში ალუმოსილიკა-

ტები და ფეროსილიკატები წარმოშობენ თიხამინერალებს: მონტ-მორილონიტს  $Al_2O_3 \cdot 4 SiO_2 \cdot H_2O + nH_2O$  და კაოლინიტს  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2 H_2O$ .

ტროპიკულ და სუბტროპიკულ ზონაში, მაღალი ტემპერატურის გავლენით, ალუმოსილიკატებისა და ფეროსილიკატების გამოფიტვის პროცესი მეტად სწრაფია და მათი დაშლის პროდუქტებიდან სილიციუმი, კალიუმი, მაგნიუმი, ნატრიუმი და კალციუმი დიდი ნაღვეების გავლენით ირეცხება ნიადაგის ქვედა ფენებში. ნიადაგის ზედაფენებში რჩება ალუმინისა და რკინის ქანგი და ჰიდროქსანი, რაც გამოფიტვის ქერქს აძლევს წითელ ფერს. ასეთი ალიტური გამოფიტვის მაგალითს წარმოადგენს წითელმიწა და ლატერიტის ნიადაგები.

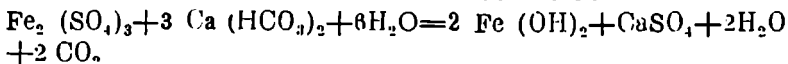
ზომიერი კლიმატის ზონის პირობებში ალუმო და ფეროსილიკატების გამოფიტვის პროცესი შედარებით ნელი ტემპით მიმდინარეობს, რის შედეგადაც ნიადაგში გროვდება თიხა მინერალი — მონტმორილონიტი და კაოლინიტი (სიალიტური გამოფიტვის ქერქი).

ა ლ უ მ ი ნ ი. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ალიტური ტიპის გამოფიტვის შემთხვევაში წარმოიშვება ალუმინის ქანგი და ჰიდროქსანი, ხოლო სიალიტური ტიპის გამოფიტვისას ნიადაგში გროვდება ალუმინი თიხა მინერალების სახით. — მონტმორილონიტი და კაოლინიტი. ძლიერ მყავე ნიადაგებში ალუმინი მოძრავ ფორმაშია, რომელიც უაჩუფითად მოქმედებს კულტურული მცენარეების განვითარებაზე. მოძრავი ალუმინი იოლად გადადის ხსნარში მასზე ნეიტრალური მარილების ხსნარის მოქმედებით.

რ კ ი ნ ა. ის შედის მინერალ ფეროსილიკატებში. გვხვდება აგრეთვე შემდეგ მინერალებში: პირიტში —  $FeSO_4$ , ჰემატიტში —  $Fe_2O_3$ , მაგნეტიტში —  $Fe_3O_4$ , ილმენიტში —  $FeTiO_3$ , ლიმონიტში —  $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$  და სხვ. რკინა შენაერთებში გვხვდება ორვალენტოვანი ( $Fe^{++}$ ) და სამვალენტოვანი ( $Fe^{+++}$ ). ასე, მაგალითად, მინერალ სიდერიტში  $FeCO_3$ , რკინა ორვალენტოვანია, ხოლო მინერალ ჰემატიტში  $Fe_2O_3$  კი სამვალენტოვანი. ორვალენტოვანი რკინის სამვალენტოვანში გადასვლის პროცესს დაეხანგვა ეწოდება, ხოლო სამვალენტოვანისა ორვალენტოვანში — აღდგენა. ორვალენტოვანი რკინის დაეხანგვა ნიადაგში მიმდინარეობს ინტენსიური აერაციის პროცესში, ხოლო სამვალენტოვანი რკინა-

ნის აღდგენას ადგილი აქვს აერაციის შეზღუდვის შემთხვევაში. აღდგენა ნიადაგში ხდება აგრეთვე ორგანული ნივთიერების დაშლის შედეგადაც.

რკინის შემცველი მინერალების გამოფიტვის პროცესი მიმდინარეობს უმთავრესად დაჟანგვის გზით. ასე, მაგალითად, პირიტის დაჟანგვით წარმოიშევა რკინის სულფატი და გოგირდის სიმკვავე-რკინის სულფატი  $Fe_2(SO_4)_3$  კალციუმის ბიკარბონატის არსებობისას ნიადაგში გარდაიქმნება შემდეგი რეაქციის თანახმად:



რკინის ჟანგულას ჰიდრატი  $Fe(OH)_2$  ჩქარა იჟანგება და წარმოშობს რკინის ჟანგის ჰიდრატს. ეს რეაქცია შეიძლება გამოვხატოთ შემდეგნაირად:  $2Fe(OH)_2 + O + H_2O = 2Fe(OH)_3$

რკინის ხსნადობა დამოკიდებულია ნიადაგის თვისებებზე. ასე, მაგალითად, წითელმიწა და ეწერ ნიადაგებში რკინა ადვილად ხსნად ფორმაში მოიპოვება. შენიშნულია, რომ მოძრავი ფორმის რკინამ ასეთ ნიადაგებში მცენარეზე შეიძლება პირდაპირი ან არაპირდაპირი უარყოფითი გავლენა მოახდინოს. ნეიტრალური რეაქციის ნიადაგებში რკინა ნაკლებად მოძრავია, ხოლო კარბონატულ ნიადაგებში მისი ხსნადობა მკვეთრად ეცემა და ხშირად მცენარის მიერ რკინის შეთვისების შეფერხების გამო ადგილი აქვს ქლოროზს.

რკინა ეკუთვნის „ორგანოგენებს“, ე. ი. ისეთ ელემენტებს, რომლებიც მონაწილეობას იღებენ ორგანული ნივთიერების შექმნაში და რომლის გარეშეც მცენარეს განვითარება არ შეუძლია. რკინას მცენარე იყენებს ძალზე მცირე რაოდენობით. მაგალითად, ერთ ჰექტარ ფართობზე გაშენებული ნაძვის ტყე ერთი წლის განმავლობაში ითვისებს დაახლოებით 8,09 კილოგრამ რკინას, ფიჭვისა კი 4,18 კილოგრამს.

კალციუმი, მაგნიუმი, კალიუმი, ნატრიუმი, კალიუმი და მაგნიუმი შედის ქანებში უმთავრესად ისეთი მინერალების შედგენილობაში, როგორცაა ანორტიტი  $CaAl_2Si_2O_6$ , ბიოტიტი  $K_2H_4(MgFe)_6Al_2Si_6O_{24}$ , რქატყუარა და სხვ., ხოლო კალიუმი და ნატრიუმი კი ორტოკლაზში  $K_2Al_2Si_6O_{16}$ , ალბიტში  $Na_2Al_2Si_6O_{15}$ , ლეიციტში  $K_2Al_2Si_4O_{12}$ , ნეფელინიტში  $Na_4Al_2Si_2O_8$ , მიკროკლინში და სხვ. აღნიშნული მინერალების დაშლის შემდეგ მათში შემავალი კათიონები გამოიყოფა ჯერ კარბონატების სახით, რომლებიც შემდეგ გადადიან ბიკარბონატებში.

შემდგომში ნიადაგში ჩანაცვლებითი რეაქციის შედეგად წარმოიშვება აღნიშნული კათიონების ქლორიდები, სულფატები, ნიტრატები და ფოსფატები.

მაგნიუმის შენაერთების ხსნადობა და მცენარისათვის შესათვისებლობა დამოკიდებულია ნიადაგის თვისებებზე. ძლიერ დამკვეებული ნიადაგები ღარიბია მცენარისათვის შესათვისებელი მაგნიუმის შენაერთებით, რის გამოც ასეთ ნიადაგებზე მცენარის ფოთლებს ემჩნევა სიყვითლე.

ნეიტრალური რეაქციისა და კარბონატულ ნიადაგებში მცენარისათვის შესათვისებელი მაგნიუმის რაოდენობა საკმაოდ დიდია.

ნატრიუმი ნიადაგებში გვხვდება სულფატების, კარბონატების, ბიკარბონატების, ფოსფატების, ქლორიდების და სილიკატების სახით, რომლებიც უკანასკნელთა გამოკლებით წარმოადგენენ წყალში ადვილად ხსნად შენაერთებს. ნატრიუმის ხსნადი ფორმების ქარბი რაოდენობა გვხვდება ბიცობ ნიადაგებში, რაც იწვევს ნიადაგის თვისების გაუარესებას. ხსნადი ნატრიუმის ქარბი რაოდენობა პირდაპირ უარყოფით გავლენას ახდენს მცენარის განვითარებაზე. ნიადაგში მოიპოვება აგრეთვე შთანთქმული ნატრიუმი, რომლის რაოდენობა იცვლება ნიადაგის ტიპის მიხედვით. შთანთქმული ნატრიუმი მცირეა წითელმიწა და ეწერ ნიადაგებში, მნიშვნელოვანი რაოდენობით მოიპოვება შავმიწებში, ყავისფერ ნიადაგებში, ქარბი რაოდენობითაა ბიცობ და ნატრიუმის კარბონატებით დამარილებულ ნიადაგებში.

ფო ს ფო რ ი. მინერალებიდან, რომლებიც შეიცავენ ფოსფორს, ნიადაგში ყველაზე უფრო გავრცელებულია აპატიტი  $\text{Ca}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3$ , ფტოროაპატიტი  $\text{Ca}_5(\text{P}_3\text{O}_{11})_3\text{Fe}$  და ჰიდროქსილაპატიტი  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_3$  აპატიტი შედის ისეთ ქანებში, როგორცაა დიორიტები, გაბრო და სხვ. გარდა აპატიტებისა, ნიადაგში მოიპოვება აგრეთვე ფოსფორიტები, რომელშიც ფოსფორი წარმოდგენილია სამკალციუმიანი და სამმაგნიუმიანი ფოსფატების ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ,  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ ), ალუმინის და რკინის ფოსფატების სახით ( $\text{FePO}_4\text{Fe}_2(\text{OH})_2\text{PO}_4$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{PO}_4$ ). კაობიანი ნიადაგების პირობებში წარმოიშვება აგრეთვე

ფოსფორის შემცველი მინერალი ვივიანიტი  $Fe_3(PO_4)_2$ . აპატიტების გამოფიტვის შედეგად ფოსფორი თავისუფლდება წყალხსნადი შენაერთების სახით, რომელიც შეიძლება ნიადაგში შეუერთდეს კალციუმს, მაგნიუმს, რკინას და ალუმინს და წარმოშვას აღნიშნულ კათიონებთან ძნელადხსნადი ფოსფატები.

ნიადაგში ფოსფორის შენაერთები ხსნადობისა და მცენარისათვის შესათვისებლობის თვალსაზრისით შეიძლება დავყოთ რამდენიმე ჯგუფად: წყალხსნადი ანუ ადვილადხსნადი, სუსტ ორგანულ და მინერალურ მჟავებში ხსნადი, ნაკლებად ხსნადი, ძნელად ხსნადი და უხსნადი.

წყალხსნად ანუ ადვილადხსნად ფოსფორის შენაერთებს ნიადაგში მიეკუთვნება ერთვალენტოვანი კათიონების ყველა სახის ფოსფატი (კალიუმის, ნატრიუმის, ამონიუმის) და ერთჩანაცვლებული კალციუმისა და მაგნიუმის ფოსფატები  $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ ,  $Mg(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ , მათგან მცენარე იოლად ითვისებს ფოსფორს.

სუსტ ორგანულ და მინერალურ მჟავებში ხსნად (0,2 n მარლის მჟავაში, 1% ლიმონის მჟავაში ხსნადი) ფოსფატებს მიეკუთვნება კალციუმისა და მაგნიუმის ორჩანაცვლებული ფოსფატები  $Ca HPO_4 \cdot 2 H_2O$  და  $Mg HPO_4 \cdot 2 H_2O$ ), მათგან მცენარე ითვისებს ფოსფორს. ასეთი შენაერთები უფრო მეტი რაოდენობით მოიპოვება მჟავე, ეწერ და წითელმიწა ნიადაგებში.

ნაკლებად ხსნადი ფოსფორის შენაერთებია ნიადაგში სამკალციუმიანი და სამმაგნიუმიანი ფოსფატები ( $Ca_3(PO_4)_2$  და  $Mg_3(PO_4)_2$  მასვე მიეკუთვნება აგრეთვე უფრო ძნელად ხსნადი, მეტად ფუძიანი შენაერთები, კერძოდ ჰიდროქსილ აპატიტი —  $Ca_5(PO_4)_3 OH$ . ისინი უმთავრესად გვხვდებიან ფუძეებით მაძლარ ნიადაგებში, იხსნებიან მაღალი კონცენტრაციის მინერალურ მჟავებში და მცენარისათვის ნაკლებად შესათვისებელია. სამკალციუმიანი და სამმაგნიუმიანი ფოსფატები ნიადაგის ხსნარში არსებულ ნახშირმჟავას და ორგანული მჟავების გავლენით თანდათან განიცდიან დაშლას, რის შედეგად გამოთავისუფლებული ფოსფორის მჟავას ითვისებს მცენარე. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ფოსფორაპატიტი სამკალციუმიანი და სამმაგნიუმიანი ფოსფატებთან შე-

დარებით კიდეც უფრო ძნელად ხსნადია და მცენარისათვის ძნელად შესათვისებელ ფორმას წარმოადგენს.

ფუძეებით არამაძლარ ნიადაგებში ფოსფორის მქაევა იმყოფება  $FePO_4$  და  $AlPO_4$  შენაერთების სახით. ერთნახეყარქანგეულე-ბის კიდეც უფრო სიქარბის შემთხვევაში ნიადაგში წარმოიქმნებიან რკინისა და ალუმინის უფრო მეტად ფუძიანი მარილები —  $Fe_3(OH)_3PO_4$ ,  $Al_2(OH)_3PO_4$ . გარდა ამისა, მქაეე ნიადაგებში ფოსფორის მქაევა შთაინთქმება ნიადაგის კოლოიდების მიერ. ერთ ნახეყარი ქანგეულეების ფოსფატები წარმოადგენს მდგრად შენა-ერთებს არა მარტო ნეიტრალურ, არამედ მქაეე არეს პირობებში. ამიტომ მათი ხსნადობა და მცენარისათვის შესათვისებლობა კი-დეც უფრო ნაკლებია სამქალციუმთან და სამმაგნიუმთან ფოსფა-ტებთან შედარებით. გარდა ამისა, აღსანიშნავია, რომ რკინისა და ალუმინის მრავალფეროვან ფოსფატებიდან მცენარისათვის უფრო მეტად შესათვისებელია მისი საშეალო მარილები ( $FePO_4$ ,  $AlPO_4$ ) ვიდრე მეტად ფუძიანი  $Fe_3(OH)_3PO_4$  და  $Al_2(OH)_3PO_4$ , ვინაიდან  $FePO_4$  და  $AlPO_4$  ტუტე არეს პირობებში განიცდიან ნაწილობრივ ჰიდროლიზს და მათში არსებული ფოსფორი მცენა-რისათვის უფრო მისაწვდომია.

მცენარისათვის მიუწვდომელია ფოსფორის ის მქაევა, რომე-ლიც შედის ნიადაგის პირველადი და ზოგიერთი მეორადი წარმო-შობის მინერალებში. ასეთ შენაერთებში არსებული ფოსფორი ხსნადი და მცენარისათვის შესათვისებელი ხდება მას შემდეგ, რო-ცა ნიადაგწარმოქმნელი ფაქტორების გავლენით ეს მინერალები განიცდიან დაშლას.

გოგირდი. გოგირდის შემცველობა ქანებში 0,05 პროცენ-ტზე ნაკლებია. გოგირდის შემცველი ყველაზე უფრო გავრცელე-ბული მინერალებია: თაბაშირი  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , პირიტი  $FeS_2$ , თუთიის მატყუარა  $ZnS$ , ტყვიის კრიალა  $PbS$ , გაიუი-ნი  $3NaAlSO_4$ ,  $CaSO_4$ . გოგირდი, ისე როგორც რკინა და მაგ-ნიუმი, ხასიათდება ცვალებადი ვალენტოვნებით. გოგირდის შემც-ველი მინერალის პირიტის დაქანგვის შედეგად წარმოიშეება რკი-ნის სულფატი და გოგირდის მქაევა. ეს უქანასქნელი კი ნიადაგში არსებულ კალციუმთან და მაგნიუმთან წარმოშობს სულფატებს. კალციუმის სულფატის ხსნადობა უმნიშვნელოა, ის არ იხსნება ორ გრამზე მეტი რაოდენობით ერთ ლიტრ წყალში. ნიადაგში მცირე

რაოდენობით შეიძლება იყოს აგრეთვე ერთვალენტოვანი კათიონების (კალიუმის, ნატრიუმის, ამონიუმის) სულფატები, რომლებიც წყალში კარგად იხსნებიან. ნიადაგში არსებული გოგირდის შენაერთების მცენარისათვის შესათვისებლობა ნაკლებადაა შესწავლილი. უნდა ვიფიქროთ, რომ მცენარისათვის კარგად შესათვისებელია ერთვალენტიანი კათიონების სულფატები ( $K_2SO_4$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $(NH_4)_2SO_4$ ), ხოლო ნაკლებად — კალციუმისა და მაგნიუმის ფოსფატები; კიდევ უფრო ნაკლებ შესათვისებელია რკინისა და ალუმინის ფოსფატები ( $Fe_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$ ).

მ ა ნ გ ა ნ უ მ ი. ნიადაგსა და ქანებში მანგანუმის შემცველობა არ არის დიდი. მისი რაოდენობა ამონთხეულ ქანებში იშვიათად აღემატება 0,1 პროცენტს, ქვაკირებში მისი შემცველობა უდრის 0,05 პროცენტს.

მანგანუმის შემცველ მინერალებს უფრო ხშირად მიეკუთვნებიან: ოოდანიტი  $MnSiO_3$ , მანგანიტი  $MnO$ , პიროლიზიტი  $MnO_2$  და სხვ. მცირე რაოდენობითაა მანგანუმი სილიკატებში, ალუმოსილიკატებში და სხვა შენაერთებში. მანგანუმს აქვს ცვალებადი ვალენტოვნება. ნიადაგში ის შეიძლება იყოს ორ და ოთხვალენტოვანი ფორმების სახით. ასე, მაგალითად, მანგანიტში ( $MnO$ ) მანგანუმი ორვალენტოვანია, პიროლიზიტში ( $Mn_2O$ ) კი ოთხვალენტოვანი. მანგანუმის შემცველი ქანების გამოფიტვის შედეგად წარმოიშვება მანგანუმის ბიკარბონატი ან მისი ზოლი. ეს უკანასკნელი ნიადაგში ჩქარა შედის კავშირში ორგანულ და სილიციუმის ორქანგის კოლოიდებთან, გამოილექება ხსნარიდან და იძლევა მანგანუმის მკვრივ ამორფულ სხვადასხვა შედგენილობის შენაერთებს, ე. წ. მანგანუმის კუაგელს.

კარბონატულ ნიადაგებში არეს რეაქციის გავლენით მცენარისათვის შესათვისებელი ორვალენტოვანი მანგანუმი ( $MnO$ ) გადადის მცენარისათვის ძნელად შესათვისებელ ოთხვალენტოვან ( $MnO_2$ ) მანგანუმში, რის შედეგად მცენარე ზიანდება ქლოროზით. ანალოგიურ მოვლენას აქვს ადგილი ნიადაგის ჰარბად მოკირიანების შემთხვევაში.

მანგანუმის შენაერთები, მათი ხსნადობა და მცენარისათვის შესათვისებლობა ნაკლებადაა შესწავლილი. ფიქრობენ, რომ მცენარისათვის შესათვისებელია წყალხსნადი, შთანთქმული მანგანუ-

მი. მცენარისათვის ნაწილობრივ შესათვისებელია აგრეთვე  $0,5 \text{ mH}_2\text{SO}_4$  ხსნალი მანგანუმში.

**მიკროელემენტები.** მიკროელემენტებს მიეკუთვნება ყველა ის ნივთიერება, რომლებიც შედიან ნიადაგში პროცენტის ერთმესამედზე ნაკლები რაოდენობით. ასეთია: ბორი, იოდი, ვანადიუმი, კობალტი, ლითიუმი, სპილენძი, მოლიბდენი, დარიშხანი, ტყვია, სელენი, ტიტანი, ფტორი, ქრომი, თუთია და სხვ. ისინი გადადიან ნიადაგში სხვადასხვა ქანების შემცველობაში შემავალი მინერალების გამოფიტვის შედეგად. ასეთ მინერალებს მიეკუთვნება ალუმოფეროსილიკატები, სილიკატები, ფტორაპატიტები, ნიადაგის თიხნარი მინერალები და სხვ. მიკროელემენტები ნიადაგში ხვდებიან აგრეთვე მცირე რაოდენობით ატმოსფეროს ნალექებთან ერთად.

ნიადაგში არსებული მცენარისათვის აუცილებელი მიკროელემენტების (ბორი, თუთია, სპილენძი და მოლიბდენი) შენაერთები, მათი ხსნადობა და მცენარისათვის შესათვისებლობა თითქმის სრულიად არაა შესწავლილი. ფიქრობენ, რომ მცენარისათვის შესათვისებელია ამ ელემენტების ის შენაერთები, რომლებიც წყალში იხსნებიან.

#### 4. ნიადაგის კოლოიდები

ყოველი ნიადაგი შედგება სხვადასხვა ზომის ნაწილაკისაგან, რომელიც შეიცავს უმაღლესი დაქუცმაცების ანუ მაღალი დისპერგირების მდგომარეობაში მყოფ ნაწილაკებს — კოლოიდებს.

ქანების მექანიკური და ქიმიური გამოფიტვის გამო, აგრეთვე ნიადაგის ორგანულ და მინერალურ ნივთიერებებს შორის მიმდინარე რეაქციის შედეგად ნიადაგში გროვდება კოლოიდები, რომელთა დიამეტრი მერყეობს 1 მიკრონიდან 1 მილიმიკრონს შორის. ამ უკანასკნელზე ნაკლები ზომის ნაწილაკები ეკუთვნიან ქეშმარიტ ხსნარებს. კოლოიდური ნაწილაკების რაოდენობა ნიადაგებში მერყეობს მისი მექანიკური შედგენილობის მიხედვით. ქვიშნარ ნიადაგებში მისი რაოდენობა უმნიშვნელოა, ხოლო თიხიან ნიადაგებში 10-30 პროცენტს აღწევს. ნიადაგის კოლოიდური ნაწილის ქიმიური შედგენილობა მკვეთრად განსხვავდება მთელი ნიადაგის ქიმიური შედგენილობისაგან:



	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ჰუმუსი
ნიადაგი . . . . .	74,3	12,6	4,1	4,3
მის კოლოიდურ ნაწილში . . .	40,6	24,1	10,1	22,7

როგორც მოყვანილი მონაცემები მოწმობენ, ნიადაგის კოლოიდური ნაწილი განსხვავდება ნიადაგის მთელი მასისაგან სილიციუმის ორჟანგის შემცველობით და ერთნახევარი ჟანგეულების, განსაკუთრებით ჰუმუსის გადიდებული რაოდენობით.

წყალში „გახსნილი“ კოლოიდები წარმოადგენენ კოლოიდურ ხსნარს ანუ ზოლს. ამ უჯანასკნელში შემავალი ნაწილაკის შემჩნევა შეიძლება მხოლოდ ულტრამიკროსკოპით. კოლოიდური ხსნარი გადის ქალაღის ფილტრში, მაგრამ ვერ აღწევს ცხოველთა აკვში: კემმარიტი ხსნარი კი, პირიქით, გადის ცხოველთა აკვში. ამ თვისებით სარგებლობენ კემმარიტი ხსნარისა და კოლოიდური ხსნარის ურთიერთისაგან დასაცილებლად დიალიზის საშუალებით. კოლოიდური ხსნარის თვითიული ნაწილაკი შედგება მრავალრიცხოვანი მოლეკულისაგან, სხვანაირად, რომ ვთქვათ, ყოველი კოლოიდური ნაწილაკი წარმოადგენს ცალკეული მოლეკულების აგრეგატს.

კ. გედროიცმა ნიადაგების კოლოიდები სამ ჯგუფად დაჰყო: ა) მინერალური — ნიადაგის პირველადი და მეორადი მინერალების კოლოიდები; ბ) ორგანული — ჰუმინისა და ულმინის მჟავას და მათი მარილების გელი; გ) ორგანულ-მინერალური — ნიადაგის ორგანულ-მინერალური შენაერთების კოლოიდები.

ნიადაგის მინერალურ კოლოიდებს წარმოადგენენ მეორადი (თხზა) მინერალები: კალინიტი, მონტმორილონიტი, ბეიდელიტი, ნონტრონიტი, სერიციტი, ლიმონიტი, ჰემატიტი.

ნიადაგის ორგანულ კოლოიდებს მიეკუთვნება ორგანული ნივთიერების დაშლის შედეგად წარმოშობილი ჰუმუსის ნივთიერებანი — ჰუმინისა და ულმინის მჟავები.

მინერალური და ორგანული კოლოიდები შედიან რა ურთიერთმოქმედებაში შეუძლიათ მოგვეცენ უფრო რთული შედგენილობის ორგანულ-მინერალური კოლოიდები, რომელთა ქიმიური ბუნება ჯერ კიდევ კარგად არ არის დადგენილი.

ა) კოლოიდების თვისებები. ნიადაგის წვრილად დაქუცმაცებულ ნაწილაკებს გააჩნია ე. წ. ზედაპირული ენერჯია. მოლეკულები და ატომები, რომლებიც განლაგებული არიან კოლოიდური ნაწილაკის ზედაპირზე, სულ სხვა პირობებში იმყოფებიან.

ვიდრე ის მოლეკულები და ატომები, რომლებიც მოთავსებულია კოლოიდური ნაწილაკების შიგნით.

მოლეკულები, რომლებიც მოთავსებულია ნაწილაკების შიგნით, განიცდიან ერთნაირ მიზიდულობას მის ირგვლივ განლაგებულ ასეთივე სახის მოლეკულებისაგან. კოლოიდური ნაწილაკების ზედაპირული მოლეკულები კი, უშუალოდ ეხებიან გარემო ხსნარს ან გაზისებურ არეს და შიგნით და გარეთ განსხვავებული მიზიდულობა აქვთ. კოლოიდების ზედაპირული მოლეკულები ხასიათდებიან თავისუფალი ენერგიის რაღაც რაოდენობით, რომელიც წარმოადგენს მიზეზს კოლოიდური ნაწილაკების გარემო არესთან შეხების ზედაპირზე არსებული ეგრეთწოდებული ზედაპირული დაკიმულობისა. რაც მეტი ხვედრითი ზედაპირი აქვს ნივთიერებას, მით მეტი იქნება მისი ზედაპირული ენერგია.

ნივთიერების ხვედრითი ზედაპირი დაკავშირებულია მისი დაქუცმაცების ხარისხთან. რაც უფრო წვრილ ნაწილაკებადაა ის დაქუცმაცებული, მით მეტია მისი ხვედრითი ზედაპირი. ასე, მაგალითად, 1 მილიმეტრი დიამეტრის მქონე ნაწილაკის 1 კუბიკური სანტიმეტრის მოცულობის ნიადაგის ხვედრითი ზედაპირი უდრის 1 კვადრატულ სანტიმეტრს, ხოლო იმავე მოცულობის 1 მილიმიკრონი დიამეტრის ნაწილაკებისაგან შემდგარი ნიადაგის ზედაპირი კი 6000 კვადრატულ მეტრს. 1 ჰექტარი ნიადაგის 20 სანტიმეტრი ფენის სიღრმეში 10 პროცენტი 1 მიკრონი დიამეტრის მქონე კოლოიდების შემცველობისას ხვედრითი ზედაპირი შეადგენს 70.000 ჰექტარს. ზედაპირული ენერგია წარმოადგენს ერთ-ერთ მთავარ მიზეზს, რომელიც ნიადაგის შთანთქმით თვისებას აპირობებს. ამიტომ. რაც უფრო მდიდარია ნიადაგი კოლოიდებით, მით უფრო ძლიერადაა მასში შთანთქმის უნარი გამოხატული.

ბ) კოლოიდების მუხტი. კოლოიდური ხსნარის ნაწილაკები განუწყვეტელ უწყისრიგო მოძრაობაში არიან (ბროუნის მოძრაობა). ეს მოძრაობა გამოწვეულია იმით, რომ კოლოიდური ნაწილაკები განიცდიან განუწყვეტელ დარტყმას გამხსნელის მოლეკულებისაგან, რომლებიც იმყოფებიან მოძრაობაში სითბოს გავლენით. რაც უფრო მცირეა კოლოიდური ნაწილაკების სიდიდე, მით უფრო ძლიერად მოძრაობენ ისინი. ნაწილაკები, რომელთა დიამეტრი 2 მიკრონზე მეტია, ბროუნის მოძრაობას არ განიცდიან. ხსნარში ატივტივებული კოლოიდური ნაწილაკების შეერთებას და

უფრო მსხვილი ნაწილაკების წარმოქმნას ხელს უშლის მათი ერთ-ნაირი მუხტი.

ნიადაგის კოლოიდები ელექტრომუხტის მიხედვით ორ ჯგუფად იყოფა: დადებითი და უარყოფითი მუხტის მქონედ. პირველს ეკუთვნის აციდოიდები (მეაურის კოლოიდები), ხოლო მეორეს — ბაზოიდები (ფუძე კოლოიდები). ამის გამო აციდოიდს შეუძლია შთანთქოს კათიონები. მათ მიეკუთვნებიან სილიციუმის ორჟანგისა და ორგანული მჟავების კოლოიდები.

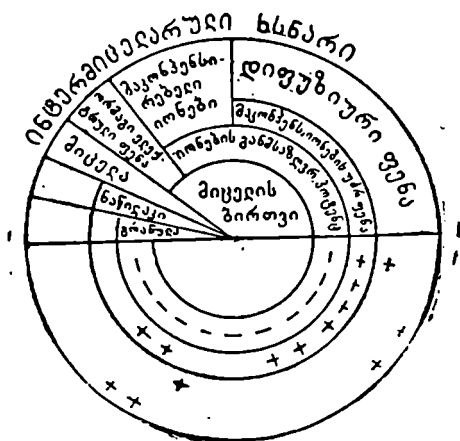
ბაზოიდ კოლოიდებს უნარი აქვთ შთანთქონ ანიონები. ასეთ კოლოიდებს მჟავე ნიადაგებში მიეკუთვნება ალუმინისა და რკინის კოლოიდები, რომლებიც ამფოტერული თვისებების არიან, ე. ი. არეს რეაქციის მიხედვით იცვლიან თავის მუხტს. ნეიტრალურ, სუსტად მჟავე და ტუტე არეში ამ კოლოიდებს გააჩნია უარყოფითი, ხოლო ძლიერ მჟავე არეში კი იძენენ დადებით მუხტს. დადებითი მუხტის მქონე კოლოიდებით მდიდარია წითელმიწა ნიადაგები, რაც აპრობებს მათ მიერ ფოსფორის დიდი რაოდენობით შთანთქმის უნარს.

გ) კოლოიდების აღნაგობა (სტრუქტურა) რთულია. ყოველ კოლოიდურ ნაწილაკში არჩევენ რიგ სტრუქტურულ ნაწილებს, რომლებიც ყველა ერთად შეადგენს მიცელას.

მიცელის ცენტრალური ნაწილი მოლეკულების აგრეგატს წარმოადგენს, რომელსაც ბირთვი ეწოდება. ის ან ამორფული სხეულია ანდა კრისტალური ნივთიერება. ქიმიური თვალსაზრისით ბირთვი მეტად რთული შედგენილობისაა. მიცელიუმის ზედაპირზე განლაგებულია მოლეკულების იონიზებული ფენა, რომელსაც ადსორბციულ ანუ ორმაგ ელექტროლიტურ ფენას უწოდებენ. იონოგენური მოლეკულების დისოციაციის ერთი ჯგუფი იონებისა უძრავად გარს აკრავს ბირთვის, ხოლო გარე შემონაფენში მოქცეულ იონებს მოძრაობის უნარი ახასიათებს. კოლოიდის პოტენციალის განმსაზღვრელ იონებს წარმოადგენს ამ უკანასკნელთა შიგა ფენა. ორმაგ ელექტრულ შემონაფენს გარედან ეკვრის დიფუზური შრე, რომელიც კოლოიდის ელექტრომუხტის საწინააღმდეგო ნიშნის იონებს შეიცავს.

იმისდა მიხედვით, თუ რომელ იონებს შეადგენს ამ უკანასკნელის შიგნითა ფენა, ე. ი. იონების ის ფენა, რომელიც უშუალოდ ეხება ბირთვის, იცვლება კოლოიდური მიცელიუმის მუხტი. თუ ამ

ფენას შეადგენენ ანიონები, მაშინ კოლოიდური მიცელიური ატარებს უარყოფით მუხტს, ხოლო მის ირგვლივ არსებულ დისპერსიულ არეში დადებითად დამუხტული კათიონები იქნება. თუ მიცელიუმის ბირთვის გარს აკრავს კათიონები, მაშინ კოლოიდური მიცელიუმი დადებითი მუხტისაა, ხოლო მის ირგვლივ არსებულ დისპერსიულ ფენაში ანიონები უარყოფითადაა დამუხტული. მიცელიუმის ბირთვის, მათზე განლაგებულ მოლეკულებსა და იონებს ერთად გრანულას უწოდებენ, ხოლო მთელ კოლოიდურ წილას,



სურ. 2. კოლოიდური მიცელის სქემა.

ე. ი. გრანულას დისოცირებულ იონებთან ერთად -- მიცელას. მაშასადამე, კოლოიდური ნაწილაკის, ე. ი. მიცელის მუხტს განსაზღვრავს არა მარტო ბირთვი და მისი დიფუზიური ფენა, არამედ ორმაგი ელექტრული შემონაფენის შიგნითა ანუ პოტენციალის განმსაზღვრელი ფენა. ასე, მაგალითად, სილიციუმის ორჟანგის კოლოიდური მიცელის ბირთვი შეადგენს  $\text{SiO}_2$  მოლეკულების აგრეგატს, ხოლო მისი ორმაგი ელექტრული შემონაფენის შიგნითა ფენას კი  $\text{SiO}_3$  მოლეკულები, რომლებიც მიიღებიან სილიციუმის მჟავას  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  მოლეკულების დისოციაციის შედეგად. დიფუზიურ ფენაში მოთავსებული იქნებიან წყალბად იონები  $\text{H}^+$  ვინაიდან კოლოიდური მიცელიუმის იონოგენური ანუ შინაგანი ფენა  $\text{SiO}_2$  იონებისაგან შედგება, რომლებსაც უარყოფითი მუხტი გააჩნიათ, ამდენად თვით კოლოიდური მიცელიუმიც უარყოფით მუხტს ატა-

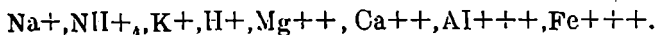
რებს. ძირითადი მასა ნიადაგის კოლოიდებისა, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, დამუხტულია უარყოფითად. კოლოიდებს, რომლებიც ატარებენ უარყოფით მუხტს და დიფუზურ ფენაში გააჩნიათ  $H^+$  იონები, იწოდებიან აციდოიდებად, ხოლო კოლოიდებს, რომლებიც ატარებენ დადებით მუხტს და დიფუზურ ფენაში ჰიდროქსილის იონები ( $OH^-$ ) აქვთ — ბაზოიდებად.

დ) კოლოიდების კოაგულაცია და პეპტიზაცია. ყველა კოლოიდი ფიზიკურად შეიძლება იყოს: 1) კოლოიდური ხსნარის, ე. ი. ზოლის და 2) ამორფული ნალექის — გელის მდგომარეობაში.

კოლოიდები ზოლის მდგომარეობაში იმყოფებიან მანამ, ვიდრე გააჩნიათ ელექტრომუხტი. მაგრამ თუ რაიმე მიზეზის გამო დაკარგავენ მას ან შესუსტდება ის, ცალკეული კოლოიდული ნაწილაკი იწყებს შეერთებას და გამოილეკება ხსნარიდან. ამ პროცესს კოლოიდების აკრა, ანუ კოაგულაცია ეწოდება. იმ მომენტს, როდესაც კოლოიდები კარგავენ თავის მუხტს იზოელექტრული წერტილი ეწოდება. იზოელექტრულ წერტილში ზოლი განიცდის კოაგულაციას. გელის გადასვლა ზოლის მდგომარეობაში პეპტიზაციის სახელწოდებითაა ცნობილი.

კოლოიდების კოაგულაცია უმთავრესად წარმოებს მათი ელექტროლიტებთან, ე. ი. მარილების, მყავების და ტუტეების ხსნართან შეხებისას. ელექტროლიტების მოლეკულები წყალში იშლებიან იონებად, წარმოშობენ დადებითად დამუხტულ კათიონებს და უარყოფითად დამუხტულ ანიონებს. ეს იონები ხვდებიან რა კოლოიდურ მიცელს იწვევენ მისი მუხტის განეიტრალებას — უარყოფითად დამუხტული ანიონების მუხტს ანეიტრალებს კათიონები, ხოლო დადებითად დამუხტული კოლოიდებისას — ანიონები.

კათიონების კოაგულაციის უნარი იზრდება ვალენტოვნების გადიდებასთან ერთად. ამიტომ ერთვალენტოვანი კათიონების კოაგულაციის უნარი ნაკლებია, ღიდრე ორვალენტოვანი კათიონებისა, ხოლო ამ უკანასკნელისა კიდევ უფრო ნაკლები, ვიდრე სამვალენტოვანისა. კოაგულაციის უნარის მიხედვით კათიონები შეიძლება შემდეგი თანმიმდევრული მზარდი რიგით დალაგდეს:



დადგენილია, რომ ორვალენტოვანი კათიონების კოაგულაცი-

ის უნარი 25-ჯერ მეტია, ვიდრე ერთვალენტოვანისა, ხოლო სამვალენტოვანისა 10-ჯერ მეტია ორვალენტოვანთან შედარებით.

კოლოიდების კოაგულაცია დამოკიდებულია ელექტროლიტების კონცენტრაციისაგან ხსნარში. ელექტროლიტების იმ კონცენტრაციას, რომლის დროსაც წარმოებს მოცემული კოლოიდის კოაგულაცია ელექტროლიტის კოაგულაციის ზღვარი ანუ ელექტროლიტური კიდე ეწოდება.

ელექტროლიტების კოლოიდების კოაგულაციის უნარს აძლიერებს ხსნარში წყალბად იონების შემცველობა, ხოლო ჰიდროქსილ იონებისა კი ამცირებს.

კოლოიდები შეიძლება იყოს შექცევადი და შეუქცევადი. შექცევადი კოლოიდები ეწოდება ისეთს, რომლებიც განსაკუთრებულ პირობებში გელის მდგომარეობიდან შეიძლება გადავიდნენ ზოლის მდგომარეობაში. გელიდან კოლოიდები იოლად განიცდიან ზოლის მდგომარეობაში გადასვლას თუ მათი კოაგულაცია გამოწვეულია ერთვალენტოვანი კათიონებით.

შეუქცევადი კოლოიდები ეწოდება ისეთს, რომლებიც არ განიცდიან გელის მდგომარეობიდან ზოლის მდგომარეობაში გადასვლას. ასეთია ის კოლოიდები, რომელთა კოაგულაცია გამოწვეულია ორი ან სამვალენტოვანი კათიონებით.

კოლოიდებს, წყლის მოლეკულებთან შეკიდულობის ძალის მიხედვით, არჩევენ ჰიდროფილურს (წყალმოყვარეს) და ჰიდროფობურს (წყალმოძულეს). ჰიდროფილური კოლოიდები ისეთია, რომელთაც წყლის მოლეკულებთან შეკიდულობის ძალები გააჩნიათ და ამიტომ ბირთვის ირგვლივ ჰიდრატულ აპკს ქმნიან, რაც შეეხება ჰიდროფობურ კოლოიდებს, წყლის მოლეკულებთან ნაკლები შეკიდულობის გამო, ბირთვის ირგვლივ ჰიდრატულ აპკს არ წარმოქმნიან.

## 5. ნიადაგის შთანთქმის უნარიანობა

ნიადაგის შთანთქმის უნარიანობა დიდი ხანია იპყრობდა მკვლევარების ყურადღებას, მაგრამ მის შესწავლას ფაქტიურად საფუძველი ჩაუყარა იტალიელმა მეცნიერმა გაცერმა, რომელმაც 1819 წელს გამოაქვეყნა შრომა სათაურით „სასუქების ახალი თეო-

რია“. ამ წიგნში აღწერილი იყო მის მიერ ჩატარებული ცდები. გაზღერმა დაადგინა, რომ თიხაში გატარებული წუნწუხი უფერული, გამჭვირვალე ხდება. ამის შედეგად მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ნიადაგი და განსაკუთრებით თიხა ღებულობს მასში გავლილ და მასთან შეხებულ ნივთიერებებს, აკავებს და შემდეგ გადასცემს მცენარეს მოთხოვნილებისამებრ.

1836 წელს გერმანელმა მეცნიერმა ბრონერმა გაზღერისაგან დამოუკიდებლად გაიმეორა ანალოგიური ცდები. იგი თავისი ცდებიდან გამომდინარე იქამდე მიდის, რომ ამტკიცებს ქვიშნარ ნიადაგსაც კი შესწევს უნარი მიიზიდოს მასში გატარებული ნივთიერებები ისე ძლიერად, რომ შთანთქმული ნივთიერების მოცილება წყალსაც აღარ შეუძლია; ის მხოლოდ მცირე რაოდენობით გამორეცხავს ნიადაგის მიერ შთანთქმულ ხსნად მარილებს. აქედან ბრონერი აკეთებს დასკვნას: სასუქების მოქმედება ეხება მხოლოდ ნიადაგის ზედაფენებს და არ აღწევს ქვედა ფენებამდე.

1845 წელს ინგლისელმა ტომსონმა პირველმა შენიშნა ნიადაგის მიერ გარკვეული მარილების შთანთქმა. ასე, მაგალითად, ამონიუმის მარილებიდან ამონიუმის შთანთქმა. ამასთან მან დაადგინა, რომ ნიადაგზე გოგირდმქავე ამონიუმის  $(NH_4)_2SO_4$  ხსნარის მოქმედებისას ფილტრატში გადადის კალციუმი და  $SO_4$  რადიკალთან წარმოშობს  $CaSO_4$ .

1850 წელს ინგლისში გამოქვეყნდა მრავალრიცხოვან ცდებზე აგებული უეიეს ცნობილი გამოკვლევები ნიადაგის შთანთქმის უნარიანობის შესახებ. მას უნდოდა დაედგინა თუ ნიადაგის რა ნაწილით არის შეპირობებული შთანთქმის უნარიანობა. უეიესი ნიადაგში ატარებდა კალიუმისა და ამონიუმის მარილების ხსნარს და დაადგინა მათი შთანთქმა და სხვა კათიონების ხსნარში გადასვლა. მანვე შენიშნა, რომ ნიადაგში შეყვანილი ანიონები  $Cl, NO_3$  და  $SO_4$  მთლიანად გადადიან ხსნარში, ე. ი. არ შთაინთქმებიან, ხოლო ფოსფატიონი შთაინთქმება. იგი ფიქრობდა, რომ ნიადაგი კათიონებს შთანთქავს ქიმიური გზით.

ა. ლიბიხმა 1858 წელს ყურადღება გაამახვილა უეიეს გამოკვლევებზე და დიდი შეფასება მისცა ნიადაგის შთანთქმის უნარიანობას სასუქების გამოყენებასთან დაკავშირებით. იგი უარყოფდა უეიეს შეხედულებას ნიადაგის შთანთქმის ქიმიური ბუნების შესახებ. ლიბიხის აზრით ნიადაგის მიერ კათიონები ფიზიკურად შთაინთქმებიან.

1863 წელს რაუტენბერგმა მიუთითა, რომ ნიადაგის შთანთქმის მოვლენებში აქტიურ როლს თამაშობს არა მარტო დისპერგიონებულ კვარცი, არამედ კაოლინი. ერთნახევარი ეანგეულების ჰიდრატიები, კალციუმისა და მაგნიუმის კარბონატები.

გენებერგმა, შტომანმა, პეტერსონმა და რაუტენბერგმა დააგროვეს დიდი ფაქტიური მასალა, რომელიც ახასიათებდა ნიადაგის შთანთქმის მოვლენას, როგორც თვისობრივად, ისე რაოდენობრივად.

შთანთქმის მოვლენების ახსნაში მნიშვნელოვანი როლი ითამაშა კოლოიდური ქიმიის მეცნიერების კანონებმა. პირველად კოლოიდების მნიშვნელობის შესახებ შთანთქმით მოვლენებთან დაკავშირებით მიუთითა ვან-ბემელონმა. მისი აზრით, ნიადაგის კოლოიდები იძლევა ადსორბირებულ შენაერთებს, რომელიც განსხვავდება ჩვეულებრივი ქიმიური შენაერთებისაგან არამუდმივი მოლეკულარული თანაფარდობით. იგი ნიადაგის შთანთქმით უნარიანობაში დიდ მნიშვნელობას ანიჭებდა ჰუმუსსა და სილიკატებს.

ნიადაგის შთანთქმის მოვლენების შემდგომი შესწავლა წინ წასწია კ. კ. გედროიცმა. მან 1908 წელს დაიწყო ნიადაგის შთანთქმის მოვლენების შესწავლა და დაადგინა რიგი საინტერესო ფაქტებისა. გედროიცმა დააზუსტა თვით ცნება ნიადაგის შთანთქმის უნარიანობის შესახებ, შეისწავლა უმთავრესი ფაქტები, რომლებიც შთანთქმის ტევადობას ეხებიან. მანვე გამოიკვლია სხვადასხვა ნიადაგის მიერ შთანთქმული კათიონების შედგენილობა, შთანთქმითი ენერგია, შთანთქმის სიჩქარე, სახეობები და სხვ.

გედროიცს შთანთქმითი უნარიანობის ქვეშ ესმოდა ნიადაგის თვისება შეაკავოს მასში ცირკულირებულ ხსნარიდან ესა თუ ის ნივთიერება ნიადაგის მაგარ ფაზაში. იგი არჩევდა ნიადაგის შთანთქმის უნარიანობის ხუთ სახეს: მექანიკურს, ფიზიკურს, ფიზიკო-ქიმიურს, ქიმიურს და ბიოლოგიურს. მათგან სასუქების გამოყენებასთან დაკავშირებით ყველაზე მეტი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის ფიზიკო-ქიმიური და ბიოლოგიური შთანთქმის მოვლენებს.

#### **6. ნიადაგის შთანთქმის უნარიანობის მნიშვნელობა სასუქების გამოყენებასთან დაკავშირებით**

ნივთიერების ნიადაგის თხიერი ფაზიდან, ე. ი. ხსნარიდან მაგარ ფაზაში გადასვლას შთანთქმა ეწოდება. ასე, მაგალითად, რომ



აეილოთ ამონიუმის სულფატი  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  და მისგან დავამზადოთ განზავებული ხსნარი, რომლის კონცენტრაცია წინასწარ ცნობილი იქნება და მით ეიმოქმედოთ ნიადაგზე, შემდგომ კი ეს უკანასკნელი გავფილტროთ და განვსაზღვროთ მასში ამონიუმი, შემდეგი აღმოჩნდება: ფილტრატი შეიცავს ბევრად უფრო ნაკლებ ამონიუმს ( $\text{H}_4$ ), ვიდრე გამოსავალი ხსნარი. მაშასადამე, ნიადაგმა შთანთქა ხსნარში არსებული ამონიუმის ნაწილი. ანალოგიურ მოვლენას აქვს ადგილი ნიადაგში სასუქების შეტანისას. სასუქებიდან მარილების კათიონების შთანთქმის რაოდენობა დიდად არის დამოკიდებული ნიადაგის ფიზიკურ, ფიზიკო-ქიმიურ თვისებებზე და იცვლება ნიადაგის სახეობის მიხედვით. ნიადაგში შეტანილი სასუქების მარილების კათიონების შთანთქმას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს სასუქების ეფექტურობისათვის. ორი სხვადასხვა მექანიკური შედგენილობის ნიადაგში, ერთ და იმავე კულტურის ქვეშ ერთნაირი დოზით, წესით და ვადაში შეტანილი ერთი და იგივე სასუქი: სრულიად სხვადასხვა ეფექტს იძლევა. ასე, მაგალითად, ქვიშნარ და თიხნარ ნიადაგებზე საშემოდგომო ხორბლის ქვეშ თუ შევიტანთ თანაბარ, საკმაოდ დიდი დოზით გოგირდმყავა ამონიუმის სასუქს ერთ და იმავე ვადაში და ერთი და იგივე წესით, მკვეთრად განსხვავებული ეფექტი აღინიშნება. სახელდობრ გვალვების შემთხვევაში ქვიშნარ ნიადაგებში საკმაოდ მაღალი დოზით შეტანილი გოგირდმყავა ამონიუმი გაზრდის ხსნარის კონცენტრაციას და შეიძლება ნათესის ამოწვაც კი გამოიწვიოს, ხოლო დიდი ნალექების ან მორწყვის შემთხვევაში მასში შემავალი ამონიუმი იოლად ჩაირეცხება ნიადაგის ქვედა ფენებში, დაცილდება მცენარის ფესვთა სისტემის მოქმედების არეს, რის გამოც ძალზე დაბალი ეფექტი მიიღება. თიხნარ ნიადაგში შეტანილი იგივე გოგირდმყავა ამონიუმი არ იწვევს გვალვების პერიოდში მცენარის ამოწვას და შედარებით ბევრად მაღალ ეფექტს იძლევა წვიმებისა და მორწყვის შემთხვევაში. ორი სხვადასხვა მექანიკური შედგენილობის ნიადაგზე სასუქებიდან მიღებული მკვეთრად განსხვავებული ეფექტი ძირითადად აიხსნება ამ ნიადაგების სხვადასხვა შთანთქმის უნარიანობით. ქვიშნარი ნიადაგები ხასიათდება პრაქტიკულად უმნიშვნელო შთანთქმის უნარით. ამიტომ გვალვების შემთხვევაში მეტისმეტად იზრდება ნიადაგის ხსნარის კონცენტრაცია, რაც იწვევს მცენარის დაღუპვას. ამავე ნიადაგების იგივე მცირე შთანთქმითი უნარიანობის

გამო ატმოსფეროს ნალექებით იოლად ირეცხება შეტანილი გოგირდმჟავა ამონიუმის და მისგან გამოწვეული ეფექტი დაბალია. თიხნარ ნიადაგებს კი, როგორც ცნობილია, ახასიათებს მაღალი შთანთქმის უნარი, რის გამოც მასში შეტანილი გოგირდმჟავა ამონიუმის არ იწვევს ნიადაგის ხსნარის კონცენტრაციის გადიდებას, რითაც აცილებულია ნათესის ამოწვა. ამიტომ გვალვების შემთხვევაშიც კი მისი შეტანით მიიღება საკმაოდ მაღალი ეფექტი. შეტანილი გოგირდმჟავა ამონიუმის დიდი რაოდენობით ატმოსფეროს ნალექების და მორწყვის შემთხვევაში, ამ ნიადაგების მაღალი შთანთქმის უნარის გამო, ნაკლებად ჩაირეცხება ქვედა ფენებში. ამის გამო აღნიშნული სასუქიდან მიღებული ეფექტი თიხნარ ნიადაგებზე ბევრად უფრო მეტია, ვიდრე ქვიშნარ ნიადაგებზე.

ნიადაგის შთანთქმისუნარიანობის ცოდნა საშუალებას გვაძლევს სასუქების შეტანა ისეთნაირად წარვმართოთ, რომ მისგან მივიღოთ რაც შეიძლება მეტი ეფექტი. დაბალი შთანთქმისუნარიანობის ნიადაგებზე (ქვიშნარებზე) საჭიროა სასუქების ხშირად და მცირე დოზებით შეტანა, ხოლო თიხნარ ნიადაგებზე შედარებით უფრო მაღალი დოზები არააჭირად.

ნიადაგის შთანთქმისუნარიანობა ამჟამად საფუძვლად უდევს ნიადაგზე ზემოქმედების ისეთ დიდმნიშვნელოვან ღონისძიებებს, როგორიცაა მოკირიანება, მოთაბაშირება და ფოსფორიტის ფქვილის გამოყენება. ნიადაგის შთანთქმისუნარიანობის ცოდნა საშუალებას იძლევა ავხსნათ რიგი პროცესებისა, რომლებიც წარმოიშვებიან ნიადაგსა და სასუქის ურთიერთმოქმედებისას. ასე, მაგალითად, ნიადაგის მაგარი ფაზიდან ხსნარში საკვები ნივთიერებების გადასვლა ან შეტანილი სასუქიდან მასში შემავალი საკვები ნივთიერებების, პირიქით, მაგარ ფაზაში გადასვლა, ნიადაგში ფიზიოლოგიურად გაწონასწორებული ხსნარების შექმნა, არეს რეაქცია და მისი შეცვლის გზები, მჭიდრო კავშირში იმყოფებიან ნიადაგის შთანთქმისუნარიანობასთან. დღეისათვის დადგენილად შეიძლება ჩაითვალოს, რომ არსებობს გარკვეული კანონზომიერება შთანთქმისუნარიანობასა და ნიადაგში კოლოიდების შემცველობას შორის. გამოირკვა, რომ ნიადაგის ლექის ფრაქცია (0,001 მმ) და ნეშომპალა ეკუთვნიან კოლოიდების იმ ნაწილს, რომელსაც გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს შთანთქმის მოვლენებში.

ა) ნ ი ა დ ა გ ი ს მ ე ქ ა ნ ი კ უ რ ი შ თ ა ნ თ ქ მ ი ს უ ნ ა რ ი ა ნ ო ბ ა . მ ე ქ ა ნ ი კ უ რ ი შ თ ა ნ თ ქ მ ი ს უ ნ ა რ ი ა ნ ო ბ ა — ე ს

არის ნიადაგის თვისება, შეაკავოს ნიადაგის ხსნარში ატივტივებული ნაწილაკები.

ნიადაგის მექანიკური შთანთქმისუნარიანობა მკიდრო კავშირში იმყოფება პის მექანიკურ შედგენილობასა და სტრუქტურულ თვისებებთან. რაც უფრო მდიდარია ნიადაგი თიხით, მით ნაკლებია მექანიკურ ნაწილებს შორის ფორების დიამეტრი და მეტია ამ ნიადაგების მექანიკური შთანთქმისუნარიანობა და პირიქით მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებს მექანიკური შთანთქმის ნაკლები უნარი აქვთ. თიხნარი და თიხიანი ნიადაგები ბევრად მეტი მექანიკური შთანთქმისუნარიანობით ხასიათდებიან, ვიდრე ქვიშნარი და ქვიშიანი ნიადაგები.

სტრუქტურულ ნიადაგებში, უსტრუქტუროსთან შედარებით, უფრო ძლიერი მექანიკური შთანთქმისუნარიანობა აღინიშნება. პირველ ნიადაგში არსებულ ცალკეულ უწვრილეს დისპერგირებულ ნაწილაკებს, რომლებიც ურთიერთშორის შეკოწიწებული სტრუქტურული აგრეგატების სახითაა, შესწევთ უნარი უფრო მეტი რაოდენობით შეაკავონ წყალში ატივტივებული ნაწილაკები, მეორე სახის ნიადაგთან შედარებით. მექანიკური შთანთქმის შედეგად ნიადაგის ფორებში შეკავდება არა მარტო მსხვილი, არამედ კოლოიდური ნაწილებიც კი. ამიტომ ამ მოვლენას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის ნაყოფიერებისათვის საერთოდ და კერძოდ დიდი ატმოსფერული ნალექებისა და სარწყავი რაიონებისათვის. მაგრამ სასუქების დაკავების თვალსაზრისით იგი შედარებით ნაკლებ მნიშვნელოვანია. დასასრულ უნდა აღინიშნოს, რომ ნიადაგის მექანიკური შთანთქმის მოვლენები ჭერჭერობით შედარებით ნაკლებად არის შესწავლილი.

ბ) ნიადაგის ფიზიკური ანუ მოლეკულური შთანთქმის უნარიანობა. ფიზიკური შთანთქმის არის ნიადაგის უნარი ზედაპირული ენერჯიის საშუალებით შთანქოს როგორც გაზისებური, ისე წყალში გახსნილი მარილების მთელი მოლეკულები. ნიადაგის მიერ გაზების შთანთქმა შეიძლება წარმოვიდგინოთ ნიადაგის მაგარ ფაზაზე ორთქლისებრი წყლის მოქმედების მაგალითზე. როგორც ცნობილია, ხელით შეხებისას როგორი მშრალიც არ უნდა გვეჩვენოს ნიადაგი, იგი ყოველთვის შეიცავს განსაზღვრული რაოდენობით ჰიგროსკოპულ წყალს. ეს აიხსნება იმით,

რომ ნიადაგის ნაწილაკებს, მოლეკულური მიზიდვის ძალების მეშვეობით, გააჩნიათ უნარი მიიზიდონ და შეაკავონ თავის ზედაპირზე წყლის ორთქლის მოლეკულები. ნიადაგის ტენის ორთქლისმაგვარი მოლეკულები გარს შემოეკვრება ნიადაგის მაგარი ფაზის ნაწილაკებს და კავდება ამ უკანასკნელის ზედაპირზე დიდი ძალით. ჰიგროსკოპული წყლის მოსაცილებლად, როგორც ცნობილია, საჭიროა ნიადაგის 105°-ზე ხანგრძლივი გახურება. ამგვარი მჭიდრო კავშირი, რომელსაც საფუძვლად უდევს მოლეკულური მიზიდულობის ძალები, ადსორბციის სახელწოდებითაა ცნობილი. რადგან ამ დროს წარმოებს მთელი მოლეკულების ფიზიკური შთანთქმა, მათი ხარისხობრივი ცვლილებების გარეშე, მას მოლეკულურ ადსორბციას უწოდებენ. მოლეკულური ადსორბციის დროს შთანთქმული ნივთიერება არა თუ შედის ნიადაგის მაგარ ფაზაში, არამედ გროვდება, თავს იყრის ხსნარში, რომელიც გარს აკრავს ნიადაგის კოლოიდებს.

ნიადაგის მოლეკულური ადსორბცია დამოკიდებულია ნიადაგში წერილ დისპერსიული — კოლოიდური ნაწილის რაოდენობაზე. რაც მეტია კოლოიდური ფრაქციის რაოდენობა ნიადაგში, მით მეტია ხვედრითი ზედაპირი, მით ძლიერია ნიადაგის ადსორბციული თვისება.

ნიადაგს აქვს უნარი ფიზიკურად შთანთქოს გაზები. ამიტომ ნიადაგში მშრალ მდგომარეობაში ყოველთვის შეიცავს კოლოიდური ნაწილაკების მიერ შთანთქმულ გაზებს.

ნიადაგის ამ უნარს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს. სახელდობრ ამ თვისებით ნიადაგში შეიძლება შეკავდეს მცენარის კვებისათვის ისეთი მეტად მნიშვნელოვანი ნივთიერება, როგორიცაა ამონიაკი, რომელიც წარმოიშვება ორგანული ნივთიერების დაშლის შედეგად.

ყველა ნიადაგი ტენიანობის პირობებში წარმოადგენს დისპერსულ სისტემას, რომელშიც ნიადაგის ხსნარი დისპერსული არეა, ხოლო ორგანული და მინერალური კოლოიდური ნაწილაკები დისპერსული ფაზა. ასეთ სისტემას, ნიადაგების ნაწილაკების დაქუცმაცების, ანუ დისპერსიულობის მიხედვით, გააჩნია ამა თუ იმ ხარისხის ზედაპირული ენერჯია.

ნიადაგის ტენი ეხება ნიადაგის მაგარ მასას და ირგვლივ შემოეხვევა მას წყლის მთლიან აკად. ამასთან წყლის თხელი ფენა, რომელიც უშუალოდ ეხება ნიადაგის მაგარ ფაზას, ადსორბციის შედეგად მიიზიდება მაგარ ნაწილაკებთან 10.000 ატმოსფერო და

მეტი ძალით. ეს უდიდესი დაწოლა მკლავნდება მხოლოდ ნიადაგის ნაწილაკების ზედაპირთან და წყლის მოლეკულები, რომლებიც განლაგებულია მაგარი ნაწილაკების ზედაპირიდან რამდენადმე დაცილებით, სრულიად არ განიცდიან მას ან განიცდიან, მაგრამ შესაძლებლად ნაკლები ხარისხით. აღსანიშნავია, რომ მრავალი ნივთიერება, და მათ შორის უმთავრესად მინერალური მარილები, მიიზიდება დაწოლის გაღივებასთან ერთად. ამ მიზეზის გამო გახსნილი მარილების კონცენტრაცია უფრო მაღალი იქნება ნიადაგის ნაწილაკების ზედაპირზე, ე. ი. სახელდობრ წყლის იმ ფენაში, რომელიც უშუალოდ ეხება მაგარ ნაწილაკებს და იმყოფება დიდი დაწოლის ქვეშ. აქედან, ცხადია, რომ ნიადაგის ხსნარი თავის სხვადასხვა ნაწილში არ არის ერთგვარი. რაც უფრო ახლოა ის მაგარ ნაწილაკებთან, მით უფრო კონცენტრულია და პირიქით. მაგრამ უკანასკნელ შემთხვევაში მარილების მოძრაობა იზრდება. მაშასადამე, ნიადაგის ნაწილაკების ზედაპირული ენერჯიის მეშვეობით, რაღაც ნაწილი ხსნადი შენაერთებისა შთაინთქმებიან და შეკავდება ნიადაგის მიერ. ასეთი სახის შთანთქმას, როცა ამა თუ იმ ნივთიერების მოლეკულები მიიზიდება ხსნარიდან ნიადაგის მაგარი ფაზების მიერ და დაგროვდება ამ ნაწილაკების ზედაპირთან, დადებით მოლეკულურ ადსორბციას უწოდებენ.

მოლეკულური ადსორბციის საუკეთესო მაგალითს წარმოადგენს შეფერილი ხსნარის გაუფერულება ნიადაგში. გატარებისას დადებით ადსორბციაზე მიუთითებს აგრეთვე ნიადაგში გატარებული ზღვის მარილიანი წყლის გასუფთავება.

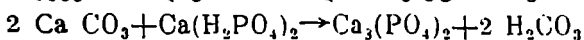
ნიადაგის დადებითი ადსორბციის მნიშვნელობა ცხადია. ერთი მხრივ, ამ თვისების შედეგად ხსნადი საკვები ნივთიერების რაღაც ნაწილი დაცულია ჩარეცხვისაგან, ხოლო, მეორე მხრივ, ნიადაგის ხსნარის არაერთგვარობის გამო იქმნება შესაძლებლობა იმ კონცენტრაციის ხსნარით სარგებლობისა, რომელიც უფრო შეესაბამება მცენარის მოთხოვნილებას. სასუქების გამოყენებასთან დაკავშირებით შთანთქმის ამ სახეობას დიდი ნაღვეებისა და სარწყავი რაიონების პირობებისათვის არა აქვს არსებითი მნიშვნელობა.

ნიადაგში ადგილი აქვს აგრეთვე ე. წ. უარყოფით მოლეკულურ ადსორბციას. ამ მოვლენის შედეგად წყალში გახსნილი ნივთიერების მოლეკულები ნიადაგის მიერ არ შთაინთქმება ან შთაინთქმება მეტად უმნიშვნელოდ. უარყოფითი ადსორბცია დამახასიათებელია

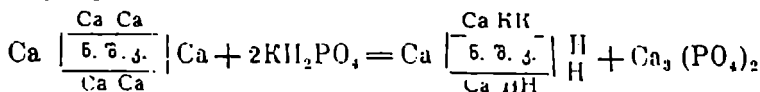
ისეთი შენაერთებისათვის, რომელთა ხსნადობა დაწოლის გადიღებით მკირდება, რის შედეგადაც მათი ყველაზე მეტი კონცენტრაცია იქმნება არა წყლის აკთან, რომელიც გარს აკრავს ნიადაგის ნაგარ ნაწილაკებს, არამედ თავისუფალი ხსნარის ყველაზე მოძრავ ნაწილში. ნალექებითა და სარწყავი წყლით ამ შთანთქმული ნივთიერების გარეცხვა ხდება სწრაფად. ნიადაგში უარყოფით ფიზიკურ შთანთქმას განიცდის ნიტრატები. ამიტომ აზოტიანი სასუქების გვარჯილების ფორმების გამოყენებისას ის შეტანილ უნდა იქნას ნიადაგში თესვამდე არა დიდი ხნით ადრე, აგრეთვე ვეგეტაციის პერიოდში მკირე დოზებით ხშირად.

გ) ნ ი ა დ ა გ ი ს ქ ი მ ი უ რ ი შ თ ა ნ თ ქ მ ი ს უ ნ ა რ ი ა ნ ო ბ ა . ნიადაგის ხსნარში არსებული ნივთიერებები ურთიერთ ან შთანთქმულ ფუძებთან რეაქციაში შესვლის შედეგად იძლევიან უხსნად ან ძნელადხსნად შენაერთებს. ნიადაგის ამ თვისებას ქიმიურ შთანთქმით უნარს უწოდებენ. ასეთი ურთიერთმოქმედების შედეგად წარმოქმნილი უხსნადი შენაერთები შენარჩუნებულია ნიადაგში გარეცხვისაგან. ნიადაგში შეიძლება იყოს ისეთი ადვილადხსნადი შენაერთი, როგორიც არის ნატრიუმის სამჩანაცვლებული ფოსფატი  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  და კალციუმის ქლორიდი. ამ მარილების ურთიერთ მოქმედებით წარმოიშვება ძნელადხსნადი სამკალციუმიანი ფოსფატი. ეს რეაქცია ასე შეიძლება გამოვხატოთ:  $3\text{CaCl}_2 + 2\text{Na}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{NaCl}$ .

სამკალციუმიანი ფოსფატი გამოილექება ნიადაგის ხსნარიდან. ანალოგიურად შეიძლება შთანთქმას ნიადაგში შეტანილი ფოსფორიანი სასუქების ფოსფორის მკავა. ასე, მაგალითად, თუ ნიადაგში, რომელშიც მოიპოვება კალციუმის კარბონატი, შევიტანეთ ერთჩანაცვლებული კალციუმის ფოსფატის სახით სუპერფოსფატს, მაშინ მათი ურთიერთმოქმედების შედეგად წარმოიშვება ძნელადხსნადი სამკალციუმიანი ფოსფატი, რომელიც გამოილექება ნიადაგის ხსნარიდან. რეაქციას ასეთი სახე ექნება:

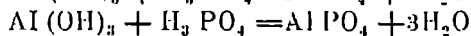
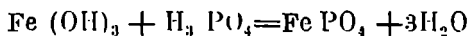


შთანთქმულ კალციუმსა და მაგნიუმს ნიადაგის ხსნარში არსებულ ფოსფორთან შეუძლია წარმოშვას აგრეთვე ძნელად ხსნადი შენაერთები:



მარილები  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  წყალში არ იხსნება და გამოილეკება ნიადაგის ხსნარიდან.

ენერ და წითელმიწა ნიადაგის ხსნარში იმყოფება რკინისა და ალუმინის ჰიდრატები, რომლებსაც შესწევს უნარი ფოსფორის მკავასთან წარმოშვას ძნელადხსნადი ფოსფატები:



ქიმიური გზით, გარდა ფოსფატიონისა, შეიძლება შთაინთქას აგრეთვე  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{HCO}_3$  და  $\text{SO}_4$ , რომლებიც ნიადაგში წარმოშობენ კალიუმის სილიკატს, კარბონატს და სულფატს. ქიმიურად ნიადაგის მიერ არ შთაინთქმება  $\text{Cl}$ ,  $\text{NO}_2$  და  $\text{NO}_3$  იონები.

ნიადაგის ქიმიური შთანთქმის უნარის ცოდნას დიდი მნიშვნელობა აქვს სასუქების გამოყენებასთან დაკავშირებით. მისი ცოდნის საფუძველზე საჭიროა ნიადაგში ფოსფორიანი სასუქების ისეთი წესით შეტანა, რომელიც უზრუნველყოფს მეტი ეფექტის მიღებას (სასუქების ადგილობრივი შეტანა). ნიადაგის შთანთქმის ეს სახეობა უარყოფითი თვისებაა სასუქების ეფექტურობის თვალსაზრისით.

დ) ნიადაგის ბიოლოგიური შთანთქმის ბიოლოგიური შთანთქმის ქვეშიგულისხმება სხვადასხვა შენაერთის დაკავება ნიადაგის ხსნარიდან და ატმოსფეროდან მიკროორგანიზმებითა და მცენარის ფესვების საშუალებით. ნიადაგში არსებული მიკროორგანიზმები, რომლებიც ეწევიან მიწათმოქმედებისათვის სასარგებლო მუშაობას, კერძოდ ორგანული ნივთიერების დამშლელი მიკროორგანიზმები და ატმოსფეროს თავისუფალი აზოტის ფიქსატორები, თავიანთი კვებისათვის მოითხოვენ საკვებ ელემენტებს, რომელთაც იღებენ ნიადაგის ხსნარიდან და ატმოსფეროდან. ასეთი საკვები ნივთიერებები ზოგიერთ მიკროორგანიზმს შეუძლია შეითვისოს ნიადაგის მაგარი ფაზიდანაც. მიკროორგანიზმების მიერ შთანთქმული საკვები ნივთიერებები გადადის მათი ორგანიზმის ორგანულ შენაერთებში და თავისი განვითარების ციკლის დამთავრების შემდეგ ისევ უბრუნდება ნიადაგის ხსნარს.

ბიოლოგიური შთანთქმა წარმოებს აგრეთვე მცენარის ფესვების მეშვეობით. ეს უკანასკნელი რჩება ნიადაგში, რომლის გახრ-

წნის შემდეგ, მასში შემავალი საკვები ნივთიერებები უბრუნდება ნიადაგს. მცენარის ფესვები მიისწრაფვის ნიადაგის ღრმა ფენებში და შთანთქავს მისთვის საჭირო საკვებ ელემენტებს ქვედა პორიზონტებიდან, რომელთაც გადაანაცვლებს ზედა ფენებში. ამ პროცესის შედეგად ადგილი აქვს საკვები ნივთიერების არა მარტო შეკავებას ჩარეცხვისაგან, არამედ დაგროვებას. კონცენტრირებას ორგანული ნივთიერების სახით ნიადაგის ზედა პორიზონტებში. მცენარეების როლი ნიადაგში საკვები ნივთიერების შთანთქმისა და კონცენტრაციისათვის მეტისმეტად დიდია და შეუცვლელი.

ნიადაგში ბიოლოგიურად შთანთქმება აზოტი, ფოსფორი, გოგირდი. კალიუმი, კალციუმი და მცენარისათვის საჭირო სხვა საკვები ელემენტები. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ნიტრატული ფორმის აზოტის ბიოლოგიურ შთანთქმას, რადგან ის სხვაგვარად ვერ შეითვისება. ნიადაგში მცხოვრები აზოტის თავისუფალი ფიქსატორები და პარკოსანი მცენარეების ფესვებზე არსებული კოფრის ბაქტერიები იწვევენ ატმოსფეროდან თავისუფალი აზოტის ფიქსაციას და ის განვითარების ციკლის დასრულების შემდეგ უბრუნდება ნიადაგს მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში. ატმოსფეროს აზოტის ბიოლოგიურ შთანთქმას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მცენარის აზოტური კვებისათვის. ცნობილია, რომ თავისუფალ ფიქსატორ აზოტობაქტერს. მისი განვითარებისათვის ხელსაყრელ პირობებში, შეუძლია ერთ ჰექტარ ფართობზე დააგროვოს 30-45 კილოგრამი აზოტი, ხოლო პარკოსანი მცენარეების ფესვებზე მცხოვრებ კოფრის ბაქტერიებს (*Bacterium radicolia*) კი 16<sup>0</sup>-200 კილოგრამი. მაშასადამე, ამ ბაქტერიების ცხოველმყოფელობის შედეგად მცენარე შეიძლება უზრუნველყოფილი იქნეს აზოტით.

ნიადაგის ბიოლოგიური შთანთქმის ინტენსივობა დამოკიდებულია იმ პირობებისაგან, რომლებიც გაელენას ახდენენ მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობაზე. ეს პირობებია: ტემპერატურა, ნიადაგის არეს რეაქცია, წყლოვანი და აიროვანი რეჟიმი.

ბიოლოგიური შთანთქმის დადებითი მოქმედება აიხსნება იმით, რომ ამ პროცესის შედეგად მცენარისათვის საჭირო საკვები ნივთიერების გამორეცხვა მცირდება ნიადაგიდან. ცნობილია აგრეთვე, რომ ბიოლოგიური პროცესების მექანიზმად გაძლიერება იწვევს აზოტის შთანთქმის გადიდებას ნიადაგის აზოტის ხარჯზე, რაც უარ-



ყოფითად მოქმედებს მცენარის აზოტით კვების რეჟიმზე. ასე, მაგალითად, მრავალწლიანი ნარგავების (ჩაი, ციტრუსები) ნიადაგში გვიან გაზაფხულზე ან ზაფხულის პერიოდში მწვანე სასუქების ჩახვნამ, მიკრობიოლოგიური პროცესების გაძლიერების შედეგად, პირველ წელს მოსავლის მატების ნაცვლად შეიძლება მოსავლის დაცემაც კი გამოიწვიოს.

ე) კ ა თ ი ო ნ ე ბ ი ს ფ ი ზ ი კ უ რ - ქ ი მ ი უ რ ი ა ნ უ გ ა ც ვ ლ ი თ ი შ თ ა ნ თ ქ მ ა. კოლოიდური კომპლექსი შეიცავს შთანთქმულ კათიონებს, რომლებიც შეიძლება ჩანაცვლებულ იქნას ნიადაგის ხსნარში მყოფი რომელიმე სხვა კათიონით.

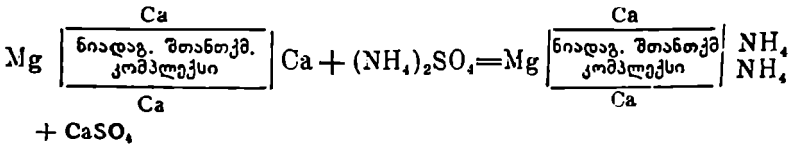
ნიადაგის ხსნარში მოხვედრილი მჟავები, ტუტეები და მარილები განიცდიან დისოციაციას ანიონებად და კათიონებად. ყოველი იონი დისოციაციის შედეგად ატარებს განსაკუთრებულ მუხტს. ასე, მაგალითად,  $KCl$  მოლეკულა განიცდის დისოციაციას  $K^+$  და  $Cl^-$  იონებად, მარილის მჟავას მოლეკულა იშლება  $H^+$  და  $Cl^-$  იონებად, ნატრიუმის ტუტე  $NaOH$  წარმოშობს  $Na^+$  და  $OH^-$  იონებს და ა. შ. ამიტომ ნიადაგის მაგარ ფაზასთან ხსნარის შეხებისას, დადებითი მუხტის მქონე კოლოიდის ზედაპირზე შთანთქმულ კათიონებს ჩანაცვლებს ხსნარში არსებული კათიონები. ნიადაგის უნარს, ჩ ა ა ნ ა ც ვ ლ ო ს შ თ ა ნ თ ქ მ უ ლ ი კ ა თ ი ო ნ ე ბ ი ხ ს ნ ა რ ი ს რ ო მ ე ლ ი მ ე ს ხ ვ ა კ ა თ ი ო ნ ი თ, ეწოდება ფიზიკურ-ქიმიური ანუ გაცვლითი შთანთქმის უნარიანობა.

ნიადაგის წვრილ დისპერსულ ფრაქციას, რომელსაც შესწევს უნარი მასში შემავალი კათიონები შეცვალოს ხსნარის სხვა კათიონებით, ეწოდება ნიადაგის მშთანთქმავი კომპლექსი. ნიადაგის ეს ნაწილი შედგება როგორც მინერალური, ისე ორგანული წარმოშობის სხვადასხვა ქიმიური შენაერთებისაგან. ამიტომ უწოდეს მას კომპლექსი. რადგან ნიადაგის ამ ნაწილს გააჩნია შთანთქმის უნარი მას უწოდებენ მშთანთქმავ კომპლექსს.

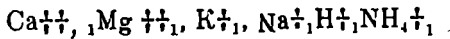
შთანთქმის უნარიანობა ძირითადად შეპირობებულია ნიადაგის კოლოიდებისაგან. თუმცა ამ უკანასკნელთა გარდა შთანთქმის უნარი აქვს უფრო მსხვილ ნაწილაკებსაც, მაგრამ, რა თქმა უნდა, უფრო მცირე.

ნიადაგში კათიონების ფიზიკურ-ქიმიური შთანთქმა ანუ გაც-

ვლითი რეაქცია მიმდინარეობს ეკვივალენტური რაოდენობით. ასე. მაგალითად, თუ ნიადაგზე ვიმოქმედებთ  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  ხსნარით. ამ მარილის კათიონი ჩაანაცვლებს შთანთქმულ მდგომარეობაში მყოფ სხვა კათიონებს:

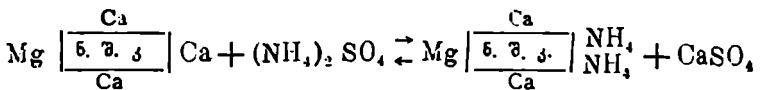


ნიადაგის მიერ ერთი რომელიმე კათიონის შთანთქმისას წარმოებს მშთანთქავი კომპლექსიდან ეკვივალენტური რაოდენობით შთანთქმული კათიონების გამოძევება და ხსნარში გადასვლა. ამიტომ შეიძლება დავუშვათ, რომ ნიადაგი ბუნებრივ პირობებში ყოველთვის შეიცავს რაღაც განსაზღვრული რაოდენობით შთანთქმულ კათიონებს, რომლებიც მოსალოდნელია გამოძევებულ იქნას მშთანთქავ კომპლექსიდან რომელიმე სხვა კათიონებით. ნიადაგში შთანთქმულ მდგომარეობაში მოიპოვება შემდეგი კათიონები:



ნიადაგის ფიზიკურ-ქიმიური ანუ გაცვლითი შთანთქმის რეაქციებს ახასიათებს რიგი თავისებურებებისა, რომლებსაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვს სასუქების გამოყენებასთან დაკავშირებით:

ერთ-ერთ თავისებურებას წარმოადგენს ის, რომ კათიონების გაცვლითი რეაქცია შექცევადია. ეს იმას ნიშნავს, რომ ნიადაგის მშთანთქავი კომპლექსის მიერ ხსნარში არსებული რომელიმე კათიონის შთანთქმასთან და მეორე კათიონის გამოძევებასთან ერთად შეიძლება ადგილი ექნეს შექცევად პროცესს, ე. ი. ხელახლად გამოძევდეს შთანთქმული ეს კათიონი და გადავიდეს ხსნარში. ამიტომ ამონიუმის სულფატის ხსნარის მოქმედების რეაქცია ნიადაგზე შეიძლება შებრუნებით გამოვხატოთ:



კათიონების ჩანაცვლებითი რეაქციის შექცევადობას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგში შეტანილი ზოგიერთი სასუქის ეფექტ-

ტურობისათვის. სასუქების ნიადაგში შეტანის დროს მცენარისათვის საჭირო კათიონები შთაინთქმება და თავიდან იქნება აცილებული მათი გამორეცხვა. ამავე დროს ჩანაცვლებითი რეაქციის შექცევადობის გამო შთანთქმული კათიონები ხელახლა გადადის ნიადაგის ხსნარში, რომელიც მცენარეს შეუძლია შეითვისოს.

აღსანიშნავია ისიც, რომ ნიადაგში კათიონების ჩანაცვლებითი რეაქცია მიმდინარეობს მეტად სწრაფად — მყისეულად. ძირითადად წონასწორობა ნიადაგის მშთანთქავ კომპლექსსა და ხსნარს შორის მყარდება 1-5 წუთის განმავლობაში. ჩანაცვლებითი რეაქციის ეს თავისებურება მნიშვნელოვანია სასუქებში შემავალი კათიონების ნიადაგის მიერ შეკავების თვალსაზრისით. რადგან კათიონების ჩანაცვლება სწრაფად მიმდინარეობს, ამიტომ შეტანილ სასუქებში შემავალი კათიონების შეკავება სწრაფად მოხდება და არ არის საშიშროება მოსული ნალექებითა და სარწყავი წყლით მისი ნიადაგიდან ჩამორეცხვისა.

მრავალრიცხოვანი გამოკვლევით დადგენილია, რომ სხვადასხვა კათიონებს გააჩნია განსხვავებული შთანთქმის ენერგია. ზოგიერთი მათგანი შთაინთქმება ძლიერად, ხოლო ზოგი სუსტად. უფრო მეტი შთანთქმითი ენერგიით ხასიათდება ორვალენტოვანი კათიონები ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ), ნაკლებით კი ერთვალენტოვანი ( $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$  ხსნარის ერთნაირი კონცენტრაციის პირობებში შთანთქმის ენერგია იცვლება ვალენტოვნებისა და ატომური წონის მიხედვით. რაც მეტია კათიონების ვალენტოვნება, მით მეტია მისი შთანთქმითი ენერგია. ერთი და იგივე ვალენტოვნების შემთხვევაში კი რაც მეტია ელემენტის ატომური წონა, მით მეტია შთანთქმის ენერგია. ამიტომ ხსნარის ერთნაირი კონცენტრაციის პირობებში კალციუმი შთანთქმება უფრო ინტენსიურად (ატომური წონა 40.07), ვიდრე ნაგნიუმი (ატომური წონა 24,32). მაგრამ კალციუმი და მაგნიუმი უფრო სწრაფად შთანთქმება, ვიდრე კალიუმი და ნატრიუმი. ამ საერთო წესიდან გამონაკლისს წარმოადგენს წყალბადიონი, რომლის შთანთქმის ენერგია მრავალჯერ მეტია, ვიდრე ერთვალენტოვანი კათიონებისა, ამ მხრივ ის თითქმის უტოლდება ორვალენტოვანი კათიონების შთანთქმის ენერგიას. შთანთქმის ენერგიის მიხედვით კათიონები შეიძლება შემდეგ რიგზე განვალაგოთ:  $\text{H}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ .

მაშასადამე, შთანთქმის ენერგიის მიხედვით პირველი ადგილი უკავია წყალბად იონს, შემდეგ მოდის კალციუმი, მაგნიუმი, ნატრიუმი და კალიუმი, ბოლოს ამონიუმი.

კათიონების შთანთქმაზე დიდ გავლენას ახდენს მათი კონცენტრაცია ნიადაგის ხსნარში. რაც მეტია ხსნარში კათიონების კონცენტრაცია, მით მეტია ნიადაგის მიერ კათიონების შთანთქმის ინტენსივობა. თუ ხსნარში ერთვალენტოვანი კათიონების კონცენტრაცია ბევრად უფრო მეტია, ვიდრე ორვალენტოვანისა, უფრო ძლიერ შთანთქმება პირველი მეორესთან შედარებით. ასე, მაგალითად, დავუშვათ ხსნარში იმყოფება  $\text{Ca}$  და  $\text{Na}$  იონები. თუ ნატრიუმის კონცენტრაცია ბევრჯერ მეტია, ვიდრე კალციუმისა, მაშინ მიუხედავად იმისა, რომ უკანასკნელის შთანთქმის ენერგია უფრო მაღალია პირველთან შედარებით, ნიადაგის მიერ უმეტესად შთანთქმება ნატრიუმის იონები. ნიადაგის ამ თვისებაზეა დამყარებული სასუქებში შემავალი კათიონების ინტენსიური შთანთქმა. შთანთქმით კომპლექსში არსებული კათიონები მთლიანად შეიძლება შევცვალოთ სხვა რომელიმე კათიონით, თუ ნიადაგზე ვიმოქმედებთ მაღალი კონცენტრაციის ხსნარით.

**ნ ი ა დ ა გ ი ს შ თ ა ნ თ ქ მ ი ს ტ ე ვ ა დ ო ბ ა .** ნიადაგები არაერთნაირი რაოდენობით შთანთქავენ კათიონებს ხსნარიდან. ამიტომ  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ხსნარით დამუშავებისას ერთ ნიადაგს შეუძლია შთანთქოს მეტი  $\text{NH}_4$ , ხოლო მეორეს ნაკლები. კათიონების იმ მაქსიმალურ რაოდენობას, რომელიც 100 გრამ ნიადაგს შეუძლია შთანთქოს ხსნარიდან ეწოდება ნიადაგის შთანთქმის ტევადობა.

შთანთქმის ტევადობა მოცემული ნიადაგისათვის წარმოადგენს საკმარის მუდმივ სიდიდეს და ის შეიძლება შეიცვალოს მშთანთქავი კომპლექსის შეცვლასთან ერთად. შთანთქმის ტევადობა იზრდება ნიადაგის ორგანული სასუქებით გამდიდრების შედეგად, მყავე ნიადაგების მოკირიანების დროს, ნიადაგში თიხის შემცველი სასუქების შეტანისას. ნიადაგის შთანთქმის ტევადობა შეიძლება შეძირდეს ნიადაგის დამჟავებისას, ნიადაგიდან დისპერგირებული, კოლოიდური ნაწილაკების ქვედა ფენებში ჩარეცხვის შედეგად.

ნიადაგის შთანთქმის ტევადობას გამოხატავენ კალციუმის ( $\text{Ca}^{++}$ ) იონის ეკვივალენტით ან მილიეკვივალენტით. თუ ნიადაგში შთანთქმული წყალბადიონების რაოდენობა უდრის 0,1 პროცენტს, მაშინ ის გამოხატული კალციუმიონის ეკვივალენტში, იქნება  $\frac{0,1 \cdot 20}{1} = 2$  პროცენტი.

მაშასადამე 0,1 პროცენტი შთანთქმული წყალბადიონი ეკვივალენტია 2 პროცენტი  $\text{Ca}^{++}$ . უფრო ხშირად ნიადაგის შთანთქმით ტევადობას გამოხატავენ მილიეკვივალენტებით 100 გრამ ნიადაგში.

თუ, მაგალითად, 100 გრამი ნიადაგი შეიცავს 400 მილიგრამ შთანთქმულ  $\text{Ca}^{++}$  და ნიადაგი ნაძლარია კალციუმით, მაშინ ნიადაგის შთანთქმის ტევადობა უდრის  $400:20=20$  მილიეკვივალენტს.<sup>1</sup>

კოლოიდების რაოდენობისა და შედგენილობის შესაბამისად სხვადასხვა ნიადაგი შთანთქმის ტევადობის მიხედვით ძლიერ განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ასე, მაგალითად, ეწერ ნიადაგში შთანთქმის ტევადობა უდრის 6-8 მილიეკვივალენტს 100 გრამ ნიადაგზე, შავმიწებში — 40-დან 60 მილიეკვივალენტს, ხოლო ტორფში — 60-დან 100 მილიეკვივალენტს. შთანთქმის მეტად დიდი ტევადობით ხასიათდება ნიადაგის ჰუმუსოვანი ნივთიერება. ჰუმუსის მქაფას შთანთქმითი ტევადობა 350 მილიეკვივალენტს უდრის. შთანთქმის ტევადობა დიდია თიხნარ და თიხიან ნიადაგებში, ხოლო მცირეა ქვიშნარში. ნიადაგის შთანთქმის ტევადობას დიდი მნიშვნელობა აქვს სასუქების გამოყენებასთან დაკავშირებით. რაც მეტია შთანთქმითი ტევადობა, მით მეტი კათიონები შეუძლია ნიადაგს შთანთქოს და შემდეგ გადასცეს ნიადაგის ხსნარს. ბუნებრივ პირობებში შავმიწანიადგები 1 ჰექტარზე 30 სანტიმეტრ ფენაში შეიცავს: 42,500 კილოგრამ კალციუმს, 5,400 კილოგრამ მაგნიუმს, 300 კილოგრამ კალიუმს და 300 კილოგრამამდე ნატრიუმს.

ნიადაგის მშთანთქავ კომპლექსში გროვდება ნიადაგის ხსნარში ზედმეტად თავმოყრილი ნივთიერებები, რომლებიც მის გარეშე იოლად შეიძლებოდა ჩარეცხილიყო ატმოსფეროს ნალექებით ან სარწყავი წყლით. ასე, მაგალითად, ნიადაგში კალიუმის სასუქის შეტანისას, ეს უკანასკნელი იხსნება რა წყალში, ქმნის ხსნადი კალიუმის მაღალ კონცენტრაციას, რის შედეგად შთანთქმება ნიადაგის მიერ, ხოლო ხსნარში მისი რაოდენობა მცირდება. მცენარის მიერ ნიადაგის ხსნარიდან კალიუმის შეთვისების შემდეგ, შთანთქმული კალიუმი გადადის ხსნარში და ხმარდება მცენარის კვებას.

შ თ ა ნ თ ქ მ უ ლ ი კ ა თ ი ო ნ ე ბ ი ს შ ე დ გ ე ნ ი ლ ო ბ ი ა გ ა ე ლ ე ნ ა ნ ი ა დ ა გ ი ს თ ვ ი ს ე ბ ე ბ ზ ე. ნიადაგები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან არა მარტო შთანთქმის ტევადობით, არამედ შთანთქმული კათიონების შედგენილობითაც. შთანთქმული კათიონების შემცველობის მიხედვით ნიადაგები აკად. გედროიცმა დაპყო ფუძეებით მაძლარ და არამაძლარ ნიადაგებად. პირველ ჯგუფს მან მიაკუთვნა ის ნიადაგები, რომელთა მშთანთქავ კომპლექსში შედის  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  და  $\text{Na}^{+}$ , ხოლო მეორეს ისეთი, რომლე-

<sup>1</sup> 400 მგ  $\text{Ca}^{++}$  იყოფა 20-ზე იმით, რომ  $\text{Ca}^{++}$  ეკვივალენტური წონა უდრის 20.

ბიც ნშთანთქავ კომპლექსში სხვა კათიონებთან ერთად შეიცავენ წყალბადიონებს. ფუძეებით მაძლარს მიეკუთვნებიან შავმიწები, წაბლა და რუხი ნიადაგები, არამაძლარს კი ეწერი და წითელმიწები. შავმიწა ნიადაგებში მშთანთქავ კომპლექსში უმთავრესად იმყოფება კალციუმი და მაგნიუმი, აჰავე დროს პირველი ყოველთვის მეტია მეორეზე, ბიცობიანი ნიადაგები შთანთქმულ  $Ca^{++}$  და  $Mg^{++}$  ერთად შეიცავენ ნატრიუმს.

ეწერი და წითელმიწა ნიადაგებისათვის დამახასიათებელია მშთანთქავ კომპლექსში  $I^{+}$  და  $Al^{+++}$  იონების არსებობა. ამ ნიადაგებში შთანთქმული წყალბადიონების რაოდენობა დიდ ფარგლებში მერყეობს. მაგრამ ძალზე ხშირად წყალბადის რაოდენობა შთანთქმის ტევადობის 50-80 პროცენტს აღწევს.

სხვადასხვა ნიადაგებს განსხვავებული შთანთქმული კათიონები და შთანთქმის ტევადობა ახასიათებს, რაც ნათლად ჩანს 22-ე ცხრილის მონაცემებიდან.

ცხრილი 22

შთანთქმული კათიონებისა და შთანთქმის ტევადობა სხვადასხვა ნიადაგებში მილ. ექვ.—ით (სხვადასხვა მონაცემები)

ნიადაგები	ნიმუშების ალების სიღრმე	კათიონები მილ. ექვ.				შთანთქმის ტევადობა მილ. ექვ.
		Ca	Mg	H	Na	
ეწერი (ხუტდიდიდან)	0—15	2,0	0,8	1,3	—	4,1
	30—40	1,8	0,8	1,6	—	4,2
	60—70	1,4	0,8	2,4	—	4,6
	85—95	1,0	0,7	1,0	—	2,7
წითელმიწები	0—14	2	4	11	—	17
	14—40	1	1	8	—	10
კორდიან-ეწეროვანი	0—14	5	2	7	—	14
	20—40	3	2	5	—	10
ღრმა შავმიწა მძიმე თიხნარი	0—10	50	10	5	—	65
	20—30	39	10	1	—	50
სამხრეთი შავმიწა თიხნარი	0—10	28	—	—	2	30
	15—20	26	—	—	2	28
ბიცობი შავმიწა (შირაქიდან)	0—6	10	4	—	2	16
	6—14	9	15	—	9	33
	0—12	42,5	7,4	—	—	49,9
	20—20	34,3	6,8	—	—	41,1
	60—70	24,9	7,0	—	—	31,9

შთანთქმული კათიონების შედგენილობა განსაკუთრებით გავლენას ახდენს ნიადაგის თვისებებზე. კათიონების შთანთქმის რეაქ-

ციის შემქმნელობის გამო ნიადაგს შესწევს უნარი შთანთქმული კათიონების მეშვეობით არეგულიროს ნიადაგის ხსნარი. ამიტომ ნიადაგის ხსნარის შედგენილობა დიდად არის დამოკიდებული შთანთქმული კათიონების შედგენილობაზე. ასე, მაგალითად, თუ შთანთქმულ მდგომარეობაში დიდი რაოდენობითაა კალციუმი, მაშინ ასეთ ნიადაგში ქლორკალიუმის შეტანის შედეგად, კალიუმი გამოაძევეს მშთანთქავ კომპლექსიდან კალციუმს. წყალბადიონების დიდი რაოდენობით არსებობის შემთხვევაში კალიუმის ქლორიდის შეტანა გამოიწვევს მშთანთქავ კომპლექსიდან მათ გამოძევებას და ისინი არსებითად შეცვლიან ხსნარის რეაქციას.

შთანთქმული კათიონების შედგენილობა არსებით გავლენას ახდენს თვით ნიადაგის მშთანთქავი კომპლექსის შედგენილობაზე. მშთანთქავ კომპლექსში კალციუმისა და მაგნიუმის დიდი რაოდენობით არსებობა აპირობებს კოლოიდების კოაგულაციას, რადგან ისინი წარმოადგენენ კარგ კოაგულატორებს. კოლოიდების კოაგულაციის შედეგად ნიადაგში წარმოიქმნება მტკიცე სტრუქტურული აგრეგატები. ამიტომ შთანთქმული კალციუმი და მაგნიუმი შავშიწებში ორგანულ ნივთიერებასთან ერთად აპირობებენ ამ ნიადაგების კარგ სტრუქტურურობას.

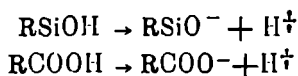
ბიცობიანი ნიადაგების მშთანთქავ კომპლექსში ნატრიუმის სიჭარბე იწვევს სტრუქტურისა და ფიზიკური თვისებების გაუარესებას. ცნობილია, რომ საერთოდ ერთვალენტოვანი კათიონები და მათ შორის ნატრიუმი ითვლება კოლოიდების ყველაზე სუსტ კოაგულატორად. ამ კათიონების მოქმედებით წარმოშობილი გული მეტად არამყარია, წყალთან შეხებისას იოლად იშლება და გადადის ზოლის მდგომარეობაში. სწორედ ამით აიხსნება ბიცობი ნიადაგების ცუდი ფიზიკური თვისებები. წყალბადიონიც კოლოიდების სუსტ კოაგულატორად ითვლება, მისი სიჭარბე ნიადაგის მშთანთქავ კომპლექსში იწვევს კოლოიდების დაშლას, რის შედეგად მცირდება შთანთქმის ტევადობა და უარესდება ნიადაგის ფიზიკური თვისებები. ამიტომ ეწერი და წითელმიწა ნიადაგები ხასიათდებიან დაბალი შთანთქმითი ტევადობით და ცუდი ფიზიკური თვისებებით.

მშთანთქავ კომპლექსში შთანთქმული ფუძეების ხელოვნურად შეცვლის გზით იცვლება კოლოიდების თვისებები და უმჯობესდება ნიადაგის ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები. მაგალითად, მკავე ნიადაგებში კირის შეტანით მშთანთქავ კომპლექსში წყალბადიონების ადგილს იკავებს კალციუმის იონები, რის შედეგადაც

უმჯობესდება ნიადაგის სტრუქტურა, იზრდება შთანთქმის ტევადობა და სხვ. ასევე ბიცობიანი ნიადაგების მოთაბაშირების შედეგად მშთანთქავ კომპლექსში ნატრიუმი გამოძევდება კალციუმით, რითაც უმჯობესდება მისი სტრუქტურა, იზრდება ფიზიკურ-ქიმიური შთანთქმის ტევადობა.

ნიადაგის კოლოიდების შედგენილობის გავლენა შთანთქმის უნარიანობაზე. ნიადაგში კათიონების ფიზიკურ-ქიმიური გაცვლითი რეაქცია წარმოებს კოლოიდური ნაწილაკების ზედაპირზე. ამდენად, რაც მეტია ნიადაგში კოლოიდების რაოდენობა, მით მეტია მისი შთანთქმის ტევადობა. ამით აიხსნება ის მოვლენა, რომ თიხიანი ნიადაგები უფრო მაღალი შთანთქმის ტევადობით ხასიათდებიან, ვიდრე თიხნარი ნიადაგები.

ამავე დროს ნიადაგის შთანთქმის ტევადობა დამოკიდებულია კოლოიდების ქიმიურ შედგენილობაზე. მაგალითად, რაც მეტია ნიადაგებში სილიციუმისა ( $\text{SiO}_2$ ) და ორგანული ნივთიერების კოლოიდების, ხოლო ნაკლები ერთნახევარი ჟანგეულების კოლოიდების რაოდენობა, მით მეტია ნიადაგის შთანთქმის ტევადობა. ეს აიხსნება იმით, რომ სილიციუმის ორჯანგისა და ორგანული ნივთიერების კოლოიდები წარმოადგენენ აციდოიდებს, ე. ი. მათ გააჩნია უარყოფითი მუხტი. ამიტომ ისინი შთანთქავენ კათიონებს. სილიციუმის ორჯანგისა და ორგანული კოლოიდების უარყოფითი მუხტის წარმოქმნა სქემატურად შემდეგი სახით შეიძლება წარმოვიდგინოთ:



მოყვანილ განტოლებებში  $\text{RSiOH}$  აღნიშნულია სილიციუმის ორჯანგის კოლოიდის მიცელიუმი, ხოლო  $\text{RCOOH}$  კი ორგანული კოლოიდის მიცელიუმი. ამ უქანასკნელ კოლოიდებში წარმოდგენილია კარბოქსილის ჯგუფი  $\text{COOH}$ —ას სახით.

ერთნახევარი ჟანგეულების კოლოიდები (რკინა და ალუმინი) ამფოტერულია, ე. ი. ისინი არეს რეაქციის შესაბამისად იცვლიან თავიანთ მუხტს. ნეიტრალურ და ტუტე ან სუსტ მჟავე არეში აღნიშნულ კოლოიდებს გააჩნიათ უარყოფითი მუხტი და შთანთქავენ კათიონებს, ხოლო მჟავე არეში კი იძენენ დადებით მუხტს და შთანთქავენ ანიონებს. მჟავე არეში რკინისა და ალუმინის კოლოიდების დადებითი მუხტის წარმოქმნა შემდეგნაირად მიმდინარეობს:





მკვლევას არეში დადებითად დამუხტული რკინისა და ალუმინის კოლოიდები შთანთქავენ ანიონებს. ამით აიხსნება წითელმიწა და ეწერი ნიადაგების მიერ ფოსფორმკვლევას ანიონების დიდი რაოდენობით შთანთქმა. როგორც ცნობილია, აღნიშნული ნიადაგები დიდი რაოდენობით შეიცავენ რკინისა და ალუმინის კოლოიდებს. ეს უკანასკნელები მკვლევას არეში პირობებში იძენენ დადებით მუხტს, რის გამოც შთანთქავენ როგორც ფიზიკურად, ისე ქიმიურად ანიონებს, კერძოდ, ფოსფორმკვლევას ანიონებს. მაშასადამე, ნიადაგების კათიონებისა და ანიონების ფიზიკურ-ქიმიური შთანთქმა დამოკიდებულია კოლოიდების ქიმიურ შედგენილობაზე. კერძოდ, ნიადაგების კათიონების შთანთქმის ტევადობა დამოკიდებულია სილიციუმის ორჯანგის კოლოიდებისა და ერთნახევარი ჟანგეულების კოლოიდების შეფარდებაზე. რაც მეტია ასეთი შეფარდების გამომხატველი რიცხვი, მით მეტია ნიადაგის კათიონების შთანთქმის ტევადობა და პირიქით. ამის საილუსტრაციოდ მოვიყვანთ სხვადასხვა ნიადაგებში ( $SiO_2$ ) სილიციუმის ორჯანგისა და ერთნახევარი ჟანგეულების კოლოიდების შეფარდებას და შთანთქმის ტევადობის მაჩვენებლებს (იხ. ცხრილი 23).

ცხრილი 23

სილიციუმის ორჯანგისა ( $SiO_2$ ) და ერთნახევარი ჟანგეულების ( $Al_2O_3$  და  $Fe_2O_3$ ) შეფარდების გავლენა ნიადაგის კათიონების შთანთქმით ტევადობაზე

ნიადაგის ნიმუში	მოლკულური შეფარდება $SiO_2 : R_2O_3$	კათიონების შთანთქმის ტევადობა. მილ. ვკვ-ით
I	3,62	112,6
II	2,73	60,5
III	1,60	14,0
IV	1, 2	9,8

ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ნათლად ჩანს, რომ რაც მეტია სილიციუმის ორჯანგის შეფარდება ერთნახევარ ჟანგეულებთან ( $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ ), მით მეტია ნიადაგის შთანთქმის ტევადობა და პირიქით. რადგან წითელმიწებსა და ეწერებში ერთნახევარი ჟანგეულების რაოდენობა დიდია და ამის გამო სილიციუმის ორჯანგის შეფარდება მასთან შევიწროვებულია, ამიტომ ამ ნიადა-

გების შთანთქმის ტევადობა მცირეა. შავმიწა ნიადაგებში, სადაც ერთნახევარი ჟანგეულების კოლოიდების რაოდენობა ნაკლებია, სილიციუმის ორჟანგის შეფარდება ერთნახევარ ჟანგეულებთან დიდია და შთანთქმის ტევადობაც მაღალია.

აკად. გელროიცი ნიადაგის მიერ ანიონების ფიზიკურ და ქიმიურ შთანთქმას არ სცნობდა. მისი აზრით ანიონები ნიადაგის მიერ შთანთქმება ქიმიური გზით. ანტიპოვ-კარატაევის, ტიულინის და სხვათა გამოკვლევებით კი დადგენილ იქნა, რომ ერთნახევარი ჟანგეულებით მდიდარ ნიადაგებში, მყავე არეს პირობებში, ანიონები (ფოსფატი და გოგირდის იონები) შთანთქმებიან ფიზიკურ-ქიმიურად. ანიონების ფიზიკურ-ქიმიური და ქიმიური შთანთქმა წარმოადგენს უარყოფით მოვლენას სასუქების ეფექტურობის თვალსაზრისით. ამიტომ საჭიროა გამოყენებული იქნას ისეთი ღონისძიებები, რომლებიც შეამცირებენ ანიონების შთანთქმას. ასეთ ღონისძიებებს მიეკუთვნებიან: 1. ნიადაგის გამდიდრება ორგანული ნივთიერების და სილიციუმის შემცველი სასუქებით, 2. მყავე ნიადაგების მოკირიანება, რაც იწვევს აგრეთვე ანიონების შთანთქმის შემცირებას, რადგან მყავიანობის განეიტრალება თავისთავად ცვლის დადებითად დამუხბული ერთნახევარი ჟანგეულების კოლოიდების მუხტს, ეს კი თავისთავად ამცირებს ნიადაგის ანიონების ფიზიკურ და ქიმიურ შთანთქმის უნარს, 3. ნიადაგის მიერ სასუქებში შემავალი ანიონების ფიზიკურ-ქიმიური და ქიმიური შთანთქმის შემცირება, რაც შესაძლებელია აგრეთვე სასუქების ადგილობრივი შეტანის განხორციელებით. სასუქების ადგილობრივი შეტანით (მწკრივსა და ბუდნაში) მცირდება ნიადაგის შეხების ზედაპირი სასუქთან, მობნევით შეტანასთან შედარებით, ამით თავისთავად მცირდება ნიადაგის მიერ ანიონების ფიზიკურ-ქიმიური და ქიმიური შთანთქმა და იწვევს სასუქის ეფექტურობის გადიდებას. ამ მოვლენით აიხსნება ის, რომ მყავე წითელმიწა და კარბონატულ ნიადაგებზე სუპერფოსფატის ბუდნებსა და მწკრივში შეტანისას ეფექტი 3-4-ჯერ მეტია, ვიდრე ამავე სასუქის მობნევით შეტანისას, 4. სუპერფოსფატიდან ფოსფატიონის ფიზიკურ-ქიმიური და ქიმიური შთანთქმა მცირდება აგრეთვე მყავე და კარბონატულ ნიადაგებზე მარცვლისებრი სუპერფოსფატის გამოყენებით. ასეთ ნიადაგებზე მარცვლისებრი სუპერფოსფატის უფრო მაღალი ეფექტი, ფხვნილისებრ სუპერფოსფატთან შედარებით, აიხსნება სასუქის ნიადაგთან შეხების ზედაპირის შემცირებით.

მცენარის ზრდა-განვითარებაზე ღიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის არეს რეაქცია. ნიადაგწარმოქმნის პროცესის ხასიათის მიხედვით არეს რეაქცია შეიძლება იყოს მჟავე, ნეიტრალური და ტუტე. სასუქების შეტანით იცვლება ნიადაგის არეს რეაქცია. განსაკუთრებით ამას ადგილი აქვს ნიადაგში ფიზიოლოგიურად მჟავე და ტუტე სასუქების შეტანისას. ზოგიერთი სასუქის შეტანა ნიადაგში წარმოებს სპეციალურად არეს რეაქციის შეცვლის მიზნით (კირიანი სასუქები, გოგირდი და სხვ.).

არეს რეაქცია გავლენას ახდენს ნიადაგის ეფექტურ ნაყოფიერებაზე. ის განსაზღვრავს ნიადაგში მცხოვრებ მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობას. ცნობილია, რომ PH-ის 4,0 ქვევით არსებობისას ნიადაგში ძლიერდება სოკოების ცხოველმყოფელობა და საგრძნობლად სუსტდება ბაქტერიების განვითარება, ხოლო 6,0 ზევით პირუკუ ხდება. ნიადაგში მცხოვრები ატმოსფეროს აზოტის თავისუფალი ფიქსატორი აზოტობაქტერი ნორმალური განვითარებისათვის საჭიროებს PH არა ნაკლებ 6,0-ისა.

ნიადაგში არსებული ორგანული ნივთიერების დამშლელი მიკროორგანიზმების განვითარებას განსაზღვრავს აგრეთვე არეს რეაქცია. ნიადაგში წარმოქმნილი ამონიაკის ნიტრიტებში გადაყვანი ბაქტერია ნიტროზომონა ნორმალური განვითარებისათვის საჭიროებს PH — 7,8, ხოლო ნიტრიტებიდან ნიტრატების წარმოქმნილი ბაქტერია ნიტრობაქტერი — 7,1, ამიტომ ნიტრიფიკაციის ნორმალურად წარმართვისათვის ნიადაგში საჭიროა მჟავიანობის განეიტრალება.

ნიადაგის ორგანული ფოსფოროვანი შენაერთების დამშლელი ბაქტერია ფოსფორობაქტერი და პარკოსანი მცენარის ფესვებზე, მცხოვრები კოჟრის ბაქტერიები ნორმალურად ვითარდებიან ნეიტრალურ ან სუსტ მჟავე, ანდა ტუტე არეს პირობებში.

ნიადაგის მჟავიანობა, ერთი მხრივ, ადიდებს, ხოლო მეორე მხრივ, ამცირებს მცენარისათვის შესათვისებელი საკვები ელემენტების რაოდენობას ნიადაგის ხსნარში. ასე, მაგალითად, გაცვლითი და პიდროლიზური მჟავიანობა ადიდებს მცენარისათვის ძნელად შესათვისებელი ფოსფატების ხსნადობას და მათში შემავალი ფოსფორის გადაყვანას მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში. ამიტომ ეწერ ნიადაგებში შეიძლება გამოყენებულ იქნას ფოსფორი-

ტის ფქვილი, მეორე მხრივ. მჟავიანობა იწვევს ალუმინისა და რკინის გააქტივებას, რის შედეგადაც ნიადაგის ხსნარში არსებული ფოსფორის მჟავას გადაყვანა წარმოებს მცენარისათვის ძნელად შესათვისებელ ფორმებში.

არეს რეაქცია განსაზღვრავს აგრეთვე საკვები ნივთიერების შესვლას მცენარეში. როგორც ცნობილია, ნეიტრალურ არეს პირობებში მცენარეში უფრო ინტენსიურად შედიან კათიონები, ვიდრე ანიონები, ხოლო მჟავე არეს არსებობისას კი პირიქით.

ნიადაგის მჟავიანობას მოსდევს მცენარისათვის მავნე ელემენტების გადიდება ხსნარში. ნიადაგის ძლიერ მჟავე არეს შემთხვევაში ალუმინის, მანგანუმისა და რკინის ხსნადობა იზრდება. მათი სიჭარბე მცენარის განვითარების შეფერხებას და დაღუპვასაც კი იწვევს.

ნიადაგში არჩევენ მჟავიანობის ორ ფორმას: აქტიურსა და პოტენციურს. უკანასკნელი თავის მხრივ იყოფა ორ სახედ: გაცვლითი და ჰიდროლიზურ მჟავიანობად.

აქტიური მჟავიანობა შეპირობებულია იმ წყალბადიონებით, რომლებიც ნიადაგის ხსნარშია. ხოლო პოტენციური მჟავიანობა კი ნიადაგის მშთანთქავ კომპლექსში მშთანქმული წყალბად და ალუმინის იონებით.

ა) ნიადაგის ხსნარის რეაქცია (აქტიური მჟავიანობა) განისაზღვრება მასში წყალბად და ჰიდროქსილიონების რაოდენობით. ქიმიურად სუფთა წყალიც განიცდის დისოციაციას და მასში წარმოიშევა  $H^+$  და  $(OH)^-$  იონები. ერთი ლიტრი ქიმიურად სუფთა წყალი შეიცავს 0,0000001 გრამ  $H^+$  ( $1 \cdot 10^{-7} H^+$ ) წყალბადს და ამავე რაოდენობით ჰიდროქსილის იონებს ( $1 \cdot 10^{-7} OH^-$ )

თუ ქიმიურად სუფთა წყალს დაუვმატებთ მჟავებს, მაშინ ხსნარში გაიზრდება  $H^+$  იონები და შემცირდება ჰიდროქსილის იონების რაოდენობა, თუმცა საერთო ჯამი იონებისა უცვლელი დარჩება. ამიტომ წყალბად და ჰიდროქსილიონების კონცენტრაციის გამოსახატავად პირობით მიღებულია წყალბადიონების კონცენტრაცია, რომელსაც გამარტივებით აღნიშნავენ სიმბოლო PH-ით. მასში წყალბადიონების კონცენტრაცია გამოხატულია ათწილადი ლოგარითმით (შებრუნებული ნიშნით). თუ ხსნარის ნეიტრალური რეაქციის დროს წყალბადიონების კონცენტრაცია უდრის

0,0000001, ე. ი.  $1|10^{-7}$ , მაშინ PH იქნება 7. მჟავიანობის გაღებვისას წყალბადიონების კონცენტრაცია იზრდება, და თუ იგი 1 ლიტრ ხსნარში უდრის 0,0001 გრამს ან  $1|10^{-4}$ , მაშინ PH იქნება 4. ხსნარში ტუტეების მიმატებით იზრდება ჰიდროქსილიონები და მცირდება წყალბადიონების რაოდენობა. როდესაც ხსნარში ჰიდროქსილის რაოდენობა უფრო მეტია, ვიდრე წყალბადიონებისა, PH 7-ზე მეტია. ნიადაგების არეს რეაქცია საერთოდ მერყეობს. PH 3,5-დან 9,0-მდე. ნიადაგის ხსნარის მჟავე რეაქცია შეპირობებულია მასში ნახშირორჟანგის ( $\text{CO}_2$ ) ნახშირის მჟავას ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) წყალში ხსნადი ორგანული მჟავეებისა და ალუმინის მარილების არსებობით.

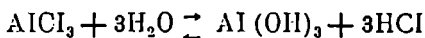
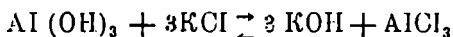
მჟავე რეაქცია ახასიათებს წითელმიწა და ეწერ ნიადაგებს. მათში მჟავიანობა, ერთი მხრივ, შეპირობებულია მინერალური და ორგანული მჟავეების, აგრეთვე მჟავე მარილების არსებობით და, მეორე მხრივ, შთანქმულ წყალბად და ალუმინის იონებით. მჟავე ნიადაგებში ორგანული ნივთიერების დაშლის შედეგად წარმოიშება ჰუმუსოვანი მჟავეები. ამ ნიადაგების მჟავიანობა შეპირობებულია ნახშირის მჟავას არსებობით. ნიადაგში ტუტე რეაქცია გამოწვეულია მასში ნატრიუმის, კალიუმის, კალციუმის კარბონატების და ბიკარბონატების არსებობით, გარდა ამისა, მშთანქმევ კომპლექსში შთანქმული ნატრიუმით, რომელიც ნატრიუმის კარბონატისა და ბიკარბონატის წარმოშობას იწვევს ნიადაგში. არჩევენ ნიადაგის სუსტ, საშუალო და ძლიერ ტუტიანობას. სუსტი ტუტე რეაქცია დამახასიათებელია წაბლა ნიადაგებისათვის. ამ უკანასკნელის წყლის გამონაწურში PH უდრის 7,5-7,8. საშუალო ტუტიანობისაა ნახევრად უდაბნოს დამლაშებული ნიადაგები, რომელთა PH 8,0-8,5-ია. ძლიერ ტუტე რეაქცია დამახასიათებელია ბიკობი ნიადაგებისათვის. მათ წყლის გამონაწურში PH უდრის 8,5-9,0.

ნეიტრალური რეაქცია აღინიშნება შავმიწა ნიადაგებში, რაც გამოწვეულია ამ უკანასკნელის წარმოქმნის ფაქტორებით და ორგანული ნივთიერების დაგროვებით.

ბ) გ ა ც ვ ლ ი თ ი მ ჟ ა ვ ი ა ნ ო ბ ა . ნიადაგის მჟავიანობის ბუნებისა და მისი წარმოშობის მექანიზმის გარკვევის საკითხზე მიძღვნილია მრავალრიცხოვანი გამოკვლევები, მაგრამ დღესაც ეს საკითხები ჯერ კიდევ საბოლოოდ დადგენილი არ არის.

ვაიტჩიმ და დაიკუხარამ პირველად გამოსთქვეს მოსაზრება, რომ ნიადაგის მქავეიანობის წარმოქმნაში არსებით როლს თამაშობს ალუმინი. კაპენმა განაგრძო რა დაიკუხარას მუშაობა, მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ მქავე რეაქციის ნიადაგების ნეიტრალური მარილით დამუშავეებისას, ნიადაგში არსებული გაცვლითი ალუმინი გადადის მარილის ხსნარში, რის შედეგადაც ფილტრატში წარმოიშვება ალუმინის ქლორიდი ( $AlCl_3$ ), რომელიც განიცდის ჰიდროლიზს და აპირობებს მქავე რეაქციას მქავე ნიადაგის მარილის ფილტრატში. ნიადაგის მშთანთქავ კომპლექსში არსებული ალუმინით გამოწვეულ მქავეიანობას კაპენმა უწოდა გაცვლითი მქავეიანობა.

ტრენელი უარყოფს ნიადაგის მშთანთქავ კომპლექსში შთანთქმულ ალუმინსა და წყალბადს. იგი თვლიდა, რომ გაცვლითი მქავეიანობა გამოწვეულია ქლორკალიუმის ურთიერთმოქმედებით ნიადაგში არსებულ ალუმინის ჰიდროქანგთან შემდეგი სქემით:



ამ რეაქციისას წარმოშობილი  $KOH$  შთანთქმება ნიადაგში არსებული სილიციუმის ( $SiO_2$ ) კოლოიდების მიერ, მხოლოდ ალუმინის ქლორიდის ჰიდროლიზის შედეგად მიღებული მარილის მქავეას ტუტით დატიტვრით იგებენ ნიადაგის გაცვლით მქავეიანობას.

გედროიცი უარყოფს ნიადაგის მშთანთქავ კომპლექსში გაცვლითი ალუმინისა და რკინის არსებობას და გამოთქვამს აზრს, რომ გაცვლითი მქავეიანობა ნიადაგში შეპირობებულია გაცვლითი წყალბად იონების არსებობით. მისი აზრით, ალუმინის არსებობა მარილის ხსნარში არის პროდუქტი ნიადაგის მშთანთქავი კომპლექსის ნაწილობრივი დაშლისა ნეიტრალური მარილების ხსნარებით ნიადაგის დამუშავეებისას წარმოშობილ მქავეას გავლენით. გაცვლით წყალბადიონების არსებობას ნიადაგში გედროიცი ასკენიდა იმის საფუძველზე, რომ წყალბადისა და ალუმინის იონებით მაძლარ ნიადაგებში კირი სხვადასხვა ფეჟექტს იძლეოდა სავეგეტაციო ცდებში, მან შენიშნა, რომ კირის მოქმედება მცენარის განვითარებაზე უკეთესი იყო წყალბად იონებით მაძლარ ნიადაგებში. გედროიცმა გვიჩვენა, რომ ალუმინი ნიადაგიდან გადადის მარილის ხსნარში, ხოლო

მეავე რეაქციის დროს მეავე ნიადაგზე ნახშირმეავე კალციუმის მოქმედებისას მან ხსნარში ალუმინი ვერ აღმოაჩინა. უნდა აღინიშნოს, რომ გედროიცმა თავის უკანასკნელ შრომებში შესაძლებლად სცნო ნიადაგწარმოქმნის განსაკუთრებულ პირობებში ნიადაგის მშთანთქავ კომპლექსში არა მარტო წყალბადიონების, არამედ ალუმინის არსებობა.

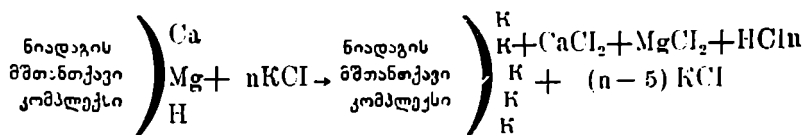
ს. ალიოშინი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ მეავე ნიადაგებიდან ნეიტრალური მარილის ხსნარში იონების გადასვლა შეპირობებულია მეავე ალუმოსილიკატური მინერალების დაშლით, რომლებიც შედიან ნიადაგის მშთანთქავ კომპლექსში. მაშასადამე, ს. ალიოშინი იზიარებს იმ შეხედულებას, რომელიც უფრო ადრე გამოთქვა ტრენელმა. ა. სოკოლოვმა შენიშნა, რომ ერთი ნორმალობის კალიუმქლორის გამონაწურში არსებული მეავეიანობა ამავე ხსნარში ალუმინის შემცველობის ექვივალენტია. ამ მონაცემის საფუძველზე მან დაასკვნა, რომ შთანთქმული წყალბადიონის არსებობის დასამტკიცებლად არ არსებობს საკმარისი ექსპერიმენტული მონაცემები.

ვ. ჩერნოვმა მრავალრიცხოვანი გამოკვლევები ჩაატარა ნიადაგის მეავეიანობის საკითხზე, რომელიც დააჯამა თავის ცნობილ წიგნში „ნიადაგის მეავეიანობის ბუნების შესახებ“. მან საკუთარი ორიგინალური ექსპერიმენტების საფუძველზე დაადგინა ნიადაგში შთანთქმული ალუმინის არსებობა. ჩერნოვის მიერ დადგენილ იქნა, რომ წითელმიწა და ეწერი ნიადაგების მინერალურ ჰორიზონტებში კალიუმქლორის გამონაწურში მეავეიანობა მთლიანად შეპირობებულია შთანთქმული ალუმინით. მაგრამ მანვე შენიშნა, რომ სხვადასხვა ხარისხით გახრწნილი ორგანული ნივთიერების შემცველი A0 ჰორიზონტების ქლორკალიუმის გამონაწურში არსებული მეავეიანობა ნაწილობრივ შეპირობებულია თავისუფალი მეავეიანობით ანუ შთანთქმული წყალბადიონების არსებობით. მაშასადამე, ვ. ჩერნოვი სცნობს, რომ ნიადაგებში გაცვლითი მეავეიანობა შეპირობებულია გაცვლითი ალუმინითა და წყალბადიონით. ამავე შეხედულებას იზიარებენ ბ. ფილოსოფოვი და დ. ასკინაზი.

დ. პრიანიშნიკოვი მეავეიანობის საკითხის განხილვის დროს შესაძლებლად თვლის როგორც მეავე, ასევე ნეიტრალურ და სუსტად ტუტე ნიადაგებში შთანთქმული წყალბადის არსებობას. ი. სარიშვილი თავისი გამოკვლევებით მიდის იმ დასკვნამდე, რომ წითელ-

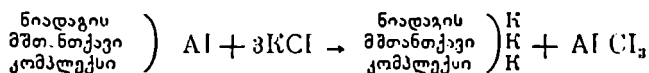
მიწა ნიადაგებში გაცვლითი მჟავიანობა ყოველთვის ექვივალენტური გაცვლითი ალუმინისა.

საბოლოოდ შეიძლება დავასკვნათ, რომ ნიადაგის გაცვლითი მჟავიანობა შეპირობებულია ერთდოულად გაცვლითი ალუმინით და გაცვლითი წყალბადიონების არსებობით. ნიადაგის გაცვლითი მჟავიანობა გამოწვეულია მშთანთქავ კომპლექსში შედარებით მოძრავი წყალბადისა და ალუმინის იონების არსებობით, რომლებიც შეიძლება გამოძევებულ იქნას ნეიტრალური მარილების კათიონებით. მაგალითად, ქლორიანი კალიუმით. ამ მარილების მოქმედებით ისეთ ნიადაგებზე, რომელთაც აქვთ გაცვლითი მჟავიანობა, წარმოებს კათიონების გაცვლითი რეაქცია. ამ დროს მარილის კათიონი ჩადება მშთანთქავ კომპლექსში წყალბადიონების ადგილზე. ხოლო ეს უკანასკნელი გადავა ხსნარში და წარმოშობს მჟავას. ეს რეაქცია ასე შეიძლება გამოვხატოთ:

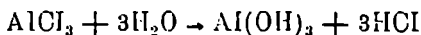


მშთანთქავ კომპლექსიდან გამოძევებულ წყალბადიონებს ანეიტრალებენ ტუტით (ტიტრავენ), რითაც იგებენ ნიადაგის გაცვლით მჟავიანობას, რომელიც შეპირობებულია შთანთქმული წყალბადიონებით.

შთანთქმული წყალბადიონების გარდა. გაცვლითი მჟავიანობა გამოწვეულია ალუმინით, რომელიც გამოძევდება მშთანთქავ კომპლექსიდან ნეიტრალური მარილების კათიონებით.



წარმოშობილი ალუმინის ქლორიდი განიცდის ჰიდროლიზს. რის შედეგად მიიღება ალუმინის სუსტი ტუტე და ძლიერი მარილის მჟავა:





მარილს მჟავას ტიტრაციონ ტუტით და იგებენ გაცვლით მჟავიანობას, რომელიც შეპირობებულია გაცვლითი ალუმინით.

გაცვლითი მჟავიანობა წარმოიშევა ისეთ ნიადაგებში, რომლებმაც საგრძნობი რაოდენობით დაკარგეს შთანთქმულ კომპლექსიდან ფუძეები და მისი ადგილი დაიკავეს წყალბადიონებმა. გაცვლითი მჟავიანობის არსებობა იმაზე მიუთითებს, რომ მიმდინარეობს ნიადაგის დამჟავების პროცესი. გაცვლითი მჟავიანობის მქონე ნიადაგებში სასუქების სახით ნეიტრალური მარილების შეტანამ შეიძლება მისი გააქტივება გამოიწვიოს, რის შედეგადაც ადგილი ექნება მოსავლის დაქვეითებას.

გაცვლითი მჟავიანობის მიხედვით წარმოებს კირის დოზების დადგენა ისეთი მცენარეებისათვის, რომლებიც მის ოდენვ სიჭარბეს ვერ იტანენ. ასეთ კულტურებს მიეკუთვნება კარტოფილი და სელი. ასევე ხდება კირის დოზების დადგენა დაქაობებული ტორფიანი ნიადაგებისათვის.

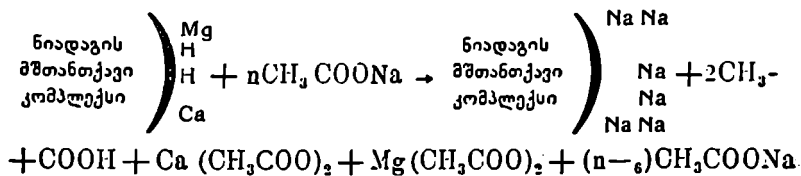
გ) ჰიდროლიზური მჟავიანობა. ნიადაგის კომპლექსში არსებული ყველა წყალბადიონი არ შეიძლება გამოქვეყნებულ იქნას ნეიტრალური მარილების ხსნარებით. ნიადაგის კოლოიდური მიცელის ზედაპირზე ზოგიერთი წყალბადიონი არამჟიდროდ, ხოლო ზოგიც ძალზე მჟიდროდაა დაკავშირებული. პირველ შემთხვევაში წყალბადიონები შეიძლება გამოქვეყნებულ იქნას ნეიტრალური მარილების მეშვეობით. აღნიშნულ მჟავიანობას, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გაცვლითი ეწოდება.

ნიადაგის მშთანთქავ კომპლექსიდან კოლოიდურ მიცელასთან მჟიდროდ დაკავშირებულ წყალბადიონების გამოქვეყნება შეიძლება ტუტე არეს პირობებში. ეს მოსახერხებელია ტუტეების ან ჰიდროლიზურად ტუტე მარილების ხსნარების ნიადაგზე ზემოქმედების შედეგად. პრაქტიკაში მჟავიანობის გამომხატველ ამ წყალბადიონების განსაზღვრისას იყენებენ ჰიდროლიზურად ტუტე მარილებს ( $\text{CH}_3\text{COONa}$  და  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ). ცნობილია, რომ ჰიდროლიზს განიცდიან ისეთი მარილები, რომლებიც მიღებულია სუსტი მჟავას და ძლიერი ტუტის ან სუსტი ტუტისა და ძლიერი მჟავას ურთიერთმოქმედების შედეგად. პირველ შემთხვევაში მიღებულ მარილებს უწოდებენ ჰიდროლიზურად ტუტეს, ხოლო მეორეს ჰიდროლიზურად მჟავეს. ნეიტრალური მარილები ჰიდროლიზს არ განიცდიან. ძმარმჟავა ნატრიუმი  $\text{CH}_3\text{COONa}$  განიცდის ჰიდროლიზს. რის

შედევად ხსნარში იქმნება ტუტე რეაქცია (PH—8,5). ეს რეაქცია შემდეგი სახით შეიძლება გამოვხატოთ:



ჰიდროლიზური მჟავიანობა ეწოდება წყალბადიონების იმ რაოდენობას, რომლებიც გამოძევდება ნიადაგის მშთანთქავი კომპლექსიდან ჰიდროლიზურად ტუტე მარილებით. ამ უკანასკნელის მჟავე ნიადაგებზე მოქმედებით ხსნარში გადადის უფრო მეტი წყალბადიონების რაოდენობა, ვიდრე ნეიტრალური მარილების დამუშავებისას. ამიტომ ჰიდროლიზური მჟავიანობა თითქმის ყოველთვის უფრო მეტია, ვიდრე გაცვლითი. ნიადაგზე ჰიდროლიზურად ტუტე მარილების მოქმედება შემდეგნაირია:



ნიადაგის ჰიდროლიზური მჟავიანობის განსაზღვრის დროს ჩვენ ფაქტიურად ვტიტრავთ ჰიდროლიზის შედეგად გამოთავისუფლებულ ძმრის მჟავას, ხოლო მშთანთქავი კომპლექსიდან გამოძევებული ძმრის მჟავას ეკვივალენტური წყალბადი ნეიტრალდება ნატრიუმის ტუტის ჰიდროქსიდის იონებით — წყლის წარმოშობით.

ნიადაგს შეიძლება ჰქონდეს ჰიდროლიზური, მაგრამ არ ჰქონდეს გაცვლითი მჟავიანობა. ასე, მაგალითად, დეგრადირებულ შავმიწა ნიადაგებში ყოველთვისაა ჰიდროლიზური მჟავიანობა, მაგრამ არ არის გაცვლითი; ნიადაგში გაცვლითი მჟავიანობის არსებობისას ყოველთვის არის აგრეთვე ჰიდროლიზური მჟავიანობა. ჰიდროლიზური მჟავიანობა ფაქტიურად გამოხატავს ნიადაგის მჟავიანობის ჯამს, ე. ი. პოტენციურს და აქტიურს. ნიადაგებში უფრო გავრცელებულია ჰიდროლიზური მჟავიანობა, ვიდრე გაცვლითი.

ფაქტიურად საკუთრივ ჰიდროლიზური და გაცვლითი მჟავიანობა ახასიათებს ნიადაგის მიერ შთანთქმულ წყალბადიონებს, მაგრამ ისინი განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან იმით, რომ გვიჩვენებენ მჟავიანობის სხვადასხვა ხარისხს — პირველი ნაკლებს, ხოლო მეორე მეტს.

ნიადაგებში ჩვეულებრივი ჰიდროლიზური მქავეიანობა მერყეობს 1 — 7 მილ. ეკვ. ფარგლებში. ზოგიერთი ძლიერ მქავე რეაქციის წითელმიწებში ის 20 მილ. ეკვივალენტსაც კი აღწევს.

ნიადაგის ჰიდროლიზური მქავეიანობის მიხედვით აღგენენ კირის დოზებს. აგრეთვე ფოსფორიტის ფქვილის მოსალოდნელ ეფექტურობას.

### 8. ნიადაგის ფუძეებით მაძრობა

ნიადაგის მქავეიანობის ხარისხის დასახასიათებლად არ ვმარა მარტო მისი ოდენობის ცოდნა, არამედ საჭიროა, ამასთან ერთად, ვიცოდეთ მშთანთქავ კომპლექსში მთელი შთანთქმის ტევადობის რა ნაწილი უკავია ფუძეებს ( $\text{Ca}^{++}, \text{Mg}^{++}, \text{Na}+\text{K}+, \text{Al}^{+++}$ ) და წყალბადს ( $\text{H}^{+}$ ) შთანთქმული ფუძეების პროცენტული რაოდენობა გვიჩვენებს ნიადაგის მქავეიანობის ხარისხს. ასე, მაგალითად, თუ გვაქვს ორი ნიადაგი, რომლებშიც შთანთქმული წყალბადის რაოდენობა 6 მილ. ეკვ. უდრის. რომელთაგან ერთი ნიადაგის შთანთქმითი ტევადობა 10 მილ. ეკვ. ხოლო მეორისა 30 მილ. ეკვ., ნიადაგის მქავეიანობის ხარისხი პირველში უფრო მეტი იქნება, ვიდრე მეორეში. პირველ ნიადაგში მთელი შთანთქმის ტევადობის 60 პროცენტი შთანთქმულ წყალბადიონებს უკავია ხოლო 40 პროცენტი შთანთქმულ ფუძეებს. მეორე ნიადაგში კი პირველზე მოდის 20 პროცენტი. დანარჩენი 80.0 პროცენტი მეორეზე.

ნიადაგის მქავეიანობის ხარისხის დასახასიათებლად იყენებენ ფუძეებით მაძრობის ხარისხს. რომელსაც აღნიშნავენ ლათინური ასო V და გამოხატავენ პროცენტებით, ნიადაგის შთანთქმული ფუძეების ჯამს აღნიშნავენ ასო S, ხოლო შთანთქმულ წყალბადიონების რაოდენობას (ჰიდროლიზური მქავეიანობა) H-ით. მქავე რეაქციის ნიადაგის შთანთქმის ტევადობა უდრის შთანთქმული ფუძეების ჯამი პლუს შთანთქმული წყალბადიონები. თუ ჩვენ შთანთქმის ტევადობას აღნიშნავთ T, მაშინ:  $T = S + H$ , ხოლო ფუძეებით მაძრობის ხარისხი

$$V = \frac{S}{T} \cdot 100$$

თუ უკანასკნელ ფორმულაში ჩავსვამთ T მნიშვნელობას, მაშინ ფუძეების მაძრობის ხარისხი შეიძლება გამოვხატოთ:

$$V = \frac{S \cdot 100}{S + H}$$

სადაც  $V$  არის ფუძეებით მაძღრობის ხარისხი პროცენტობით,  $S$  — მთ-ნთქმული ფუძეების ჯამი მილიეკვივალენტობით.  $H$  — შთანთქმული წყალბადიონი გამოხატული მილიეკვივალენტებით. ვამრავლებთ 100-ზე, რომ ფუძეებით მაძღრობის ხარისხი გამოვხატოთ პროცენტებში. ამ უკანასკნელის ცოდნა საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ ნიადაგის მჟავიანობის ხარისხი და დავადგინოთ მოკირიანების საჭიროება.

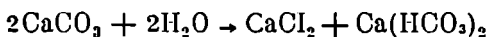
### 9. ნიადაგის ბუფერობა

მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ სხვადასხვა ნიადაგებში სისტემატურად, მთელი რიგი წლების მანძილზე, ფიზიოლოგიურად მჟავე სასუქების შეტანისას აქტიური რეაქცია ერთნაირად არ იცვლება: ზოგში თითქმის არ იწვევს ცვლილებას, ხოლო ზოგში მკვეთრად გამოიხატება. ეს მოვლენა აიხსნება ნიადაგის სხვადასხვა ბუფერობით. ნიადაგის უნარს წინ აღუდგეს აქტიური რეაქციის შეცვლას მასში ტუტეების, მჟავების ანდა ჰიდროლიზურად მჟავე ან ტუტე მარილების შეტანისას ეწოდება ნიადაგის ბუფერობა.

ბუფერობა წარმოადგენს საკმაოდ რთულ მოვლენას, რომელიც დაკავშირებულია ნიადაგში მიმდინარე მთელ რიგ პროცესებთან. საერთოდ ბუფერულ მოვლენაზე წარმოდგენა რომ ვიქონიოთ. მოვიყვანთ მაგალითს. 0,1 ძმრის მჟავას დისოციაციის ხარისხი უდრის 1 პროცენტს. მჟავას დისოციაცია შეიძლება შემდეგი განტოლებით გამოვხატოთ:  $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO} + \text{H}^+$

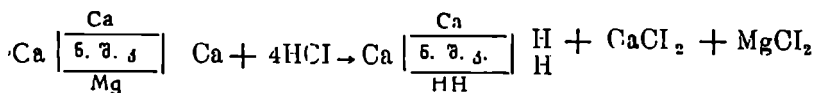
ასეთი კონცენტრაციის ძმრის მჟავას ხსნარში 99 პროცენტი მოლეკულებისა იმყოფებიან არადისოცირებულ მდგომარეობაში. თუ მას დაეუმატებთ ნატრიუმის ტუტეს, მაშინ დისოცირებულ წყალბადიონებს გაანეიტრალებს ნატრიუმის ტუტის ჰიდროქსილის იონები და ხსნარის წონასწორობა დაირღვევა. ამ დროს ძმრის მჟავას არადისოცირებული მოლეკულა განიცდის დისოციაციას და

არეს რეაქცია არ შეიცვლება ან სუსტად შეიცვლება. თუ ამ ხსნარს ახალი წყება ნატრიუმის ტუტეს დაემატებთ, ანალოგიური მოვლენა გამეორდება და ხსნარის აქტიური რეაქცია უმნიშვნელოდ ან არ შეიცვლება. ძმრის მჟავას ხსნარის არეს რეაქცია მკვეთრად არ შეიცვლება მანამ, სანამ ხსნარში იქნება მისი არადისოცირებული მოლეკულები. ნიადაგში ბუფერობის მოვლენა წააგავს ძმრის მჟავას ბუფერობა. ნიადაგებზე მარილების, მჟავების და ტუტეების ხსნარების მოქმედებისას აქტიური რეაქცია შეიძლება შეიცვალოს მაჟვე ან ტუტე მიმართულებით. პირველ შემთხვევაში არეს რეაქციის შეცვლას ნიადაგში წინ აღუდგება მასში არსებული ბიკარბონატები. ორგანული მჟავები და მათი მარილები, ფოსფატები, შთანთქმული კალციუმი და მაგნიუმი, ხოლო მაჟვე მიმართულებით ნიადაგის აქტიური რეაქციის შეცვლას — კალციუმის, მაგნიუმისა და სხვა მეტალის კარბონატები, რომლებიც არსებობენ ნიადაგში. ასე, მაგალითად. კალციუმის კარბონატის მიერ აქტიური რეაქციის შეცვლის წინააღმდეგობა შემდეგი სახისაა:



მაშასადამე, კარბონატულ ნიადაგებზე მჟავების მოქმედებისას მჟავას წყალბადიონები იხარჩება კარბონატების გასანეიტრალებლად. ამ შემთხვევაში ნიადაგის აქტიური რეაქცია არ იცვლება. ამით აიხსნება კარბონატული ნიადაგების მაღალი ბუფერობა მასზე ფიზიოლოგიურად მაჟვე მარილების შემცველი სასუქების შეტანისას.

ნიადაგის აქტიური რეაქციის შეცვლას მაჟვე მიმართულებით, მათზე მჟავების მოქმედებისას, წინ აღუდგება მშთანთქავ კომპლექსში არსებული კალციუმი და მაგნიუმი:

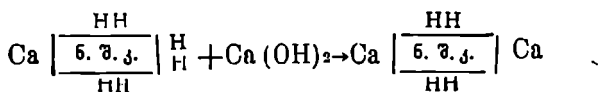


მაშასადამე, კალციუმისა და მაგნიუმის ფუძეებით მაძღარ ნიადაგებზე მარილის მჟავას მოქმედებისას. ამ უკანასკნელის წყალბადიონები დაიხარჩება შთანთქმული კალციუმისა და მაგნიუმის გამოსაძევებლად. ამიტომ ნიადაგის აქტიური რეაქცია უცვლელი დარჩება ან შეიცვლება უმნიშვნელოდ. ასეთი ნიადაგები ბუფერუ-

ლია მანამდე, ვიდრე მის მშთანთქავ კომპლექსში იქნება შთანთქმული კალციუმი და მაგნიუმი. ამდენად, ნიადაგის ბუფერობა მკავე მიმართულებით დამოკიდებულია მის შთანთქმით ტევადობასა და ფუძეებით მაძრობის ხარისხზე. რაც მეტია შთანთქმის ტევადობა და ფუძეებით მაძრობის ხარისხი, მით მეტია ნიადაგის ბუფერობა და, პირიქით, რაც ნაკლებია შთანთქმის ტევადობა და ფუძეებით მაძრობის ხარისხი, მით ნაკლებია ბუფერობა მკავე მიმართულებით. ამიტომ, რომ ეწერ და წითელმიწა ნიადაგებს ახსიათებს დაბალი ბუფერობა, კარბონატულ და შავმიწა ნიადაგებს კი მაღალი.

ნიადაგში არსებულ ორგანულ ნივთიერებას, რომელიც წარმოდგენილია ცილებისა და ორგანული მკავეების სახით, შეუძლია მკავეების მოქმედებისას წყალბადიონები შთანთქას, რის გამო აქტიური რეაქცია არ შეიცვლება, ან ადგილი ექნება უმნიშვნელო ცვლილებას. ამიტომ ორგანული ნივთიერებით მდიდარი ნიადაგები წარმოდგენენ მაღალ ბუფერულს მკავე მიმართულებით.

ტუტე მიმართულებით მკავე ნიადაგების აქტიური რეაქციის შეცვლას წინ აღუდგება ნიადაგში შთანთქმული წყალბადიონები. ასე, მაგალითად, თუ მკავე ნიადაგზე, რომელსაც გააჩნია შთანთქმული წყალბადი, ვიმოქმედებთ კალციუმის ჰიდრატით, ნიადაგის აქტიური რეაქცია არ შეიცვლება ან შეიცვლება უმნიშვნელოდ, რადგან კალციუმის ჰიდრატის ჰიდროქსილის იონები დაიხარჯება შთანთქმული წყალბადიონების გასანეიტრალებლად. ამ რეაქციას ასეთი სახე ექნება:



მკავე ნიადაგებში აქტიური რეაქციის ტუტე მიმართულებით შეცვლა დამოკიდებულია შთანთქმის ტევადობაზე. რაც მეტია შთანთქმის ტევადობა და ნაკლებია ფუძეებით მაძრობის ხარისხი, მით მეტია მკავე ნიადაგების ბუფერობა ტუტე მიმართულებით.

ნიადაგის ბუფერობა თავისთავად არ წარმოდგენს უცვლელს. ორგანული სასუქების შეტანით, შთანთქმული კალციუმის რაოდენობის გადიდებით, მკავე ნიადაგების მოკირიანებით, იზრდება ბუფერობა.

ნიადაგის ბუფერობას მცენარის კვებისათვის სასუქების გამოყენებასთან დაკავშირებით უდიდესი მნიშვნელობა აქვს. თითქმის ყველა კულტურული მცენარე ნორმალურად იზრდება ნეიტრალურ, სუსტად მჟავე ან სუსტად ტუტე არეს რეაქციის პირობებში. ნიადაგში ფიზიოლოგიურად მჟავე ან ტუტე სასუქების შეტანით შეიძლება ხსნარში წარმოიშვას მჟავე ან ტუტე მარილები. თუ ნიადაგს ახასიათებს მაღალი ბუფერობა, ასეთი სასუქების შეტანა არ იწვევს აქტიური რეაქციის გადახრას ტუტე ან მჟავე მიმართულებით და არეს რეაქცია სტაბილური რჩება. ამიტომ ფიზიოლოგიურად მჟავე ან ტუტე სასუქების გამოყენება არ აუარესებს მცენარის ზრდის პირობებს. ნიადაგის ბუფერობის ცოდნის საფუძველზე შეიძლება სწორად შევარჩიოთ ნიადაგში შესატანი სასუქების ფორმები. ასე, მაგალითად, მაღალი ბუფერობის მჟავე ნიადაგებზე საჭიროა გამოყენებულ იქნას ფიზიოლოგიურად მჟავე სასუქები, ხოლო ნაკლები ბუფერობის ნიადაგებზე — ფიზიოლოგიურად ტუტე სასუქები. ნიადაგები ხასიათდებიან სხვადასხვა ბუფერობით: ქვიშნარი ნაკლებ ბუფერულია, ვიდრე თიხნარი და თიხიანი ნიადაგები. ორგანული ნივთიერებით მდიდარი ნიადაგები მაღალი ბუფერობისაა. ამიტომ სისტემატურად ორგანული სასუქების (ნაყელის ან მწვანე სასუქების) შეტანა წარმოადგენს ნიადაგის ბუფერობის გადიდების მნიშვნელოვან ღონისძიებას.

## 10. ნიადაგის დაჟანგვა-აღდგენითი პროცესის გავლენა მცენარის კვებაზე

ნიადაგის ხსნარში გახსნილია ჟანგბადი, რომელიც დიდ როლს ასრულებს ნიადაგში მიმდინარე ქიმიურ და ბიოქიმიურ რეაქციებში. ამ უკანასკნელს მიეკუთვნება ე. წ. დაჟანგვა (ჟანგბადის შეერთება) და აღდგენა (ჟანგბადის გაცემა).

ნიადაგის ხსნარში დამჟანგველად ითვლება უმთავრესად ჟანგბადი, იშვიათად  $N_2$ , და მეტალების იონები. აღდგენითი რეაქციები გამოწვეულია ნიადაგის ორგანული ნივთიერებების დაშლის პროდუქტებით, ანაერობული მიკროორგანიზმების მოქმედებით და იშვიათად რკინისა და სხვა მეტალების ჟანგეულების შენაერთებით, რომლებიც ყოველთვის მოიპოვებიან ნიადაგებში მცირე რაოდენობით.

ნიადაგში მიმდინარეობს აზოტის, ფოსფორის, რკინის, გოგირდის, წყალბადის, აგრეთვე ორგანული ნივთიერებებისა და მათი პროდუქტების დაყანგვა-აღდგენის მრავალრიცხოვანი რეაქცია. იგი შეიძლება გამოწვეული იქნეს მიკროორგანიზმების მონაწილეობითაც. ასე, მაგალითად, გოგირდის დაყანგვა წარმოებს გოგირდის ბაქტერიების მონაწილეობით. წყალბადისა და მეთანის დაყანგვას ახდენენ ბაქტერია — მეტანიკუსი, ამონიაკისას — ნიტროზომონა და ნიტრობაქტერი. რკინის დაყანგვაში მონაწილეობს რკინის ბაქტერია და ა. შ.

აკად. ვ. ვილიამსი დაყანგვა-აღდგენის პროცესებს უდიდეს მნიშვნელობას ანიჭებდა ნიადაგის წარმოქმნაში. ამ პროცესებს იგი თვლიდა ნიადაგში არსებული მცენარეული და ცხოველური ორგანული ნაშთების დაშლის ინტენსივობისა და მიმართულების რეგულატორებად. ასევე დიდ მნიშვნელობას ანიჭებდა იგი დაყანგვა-აღდგენით პროცესებს ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლების საქმეში. ვილიამსი სრულ აერობულ და ანაერობულ პროცესს ნიადაგში თვლიდა ერთნაირად არახელსაყრელ პირობად მცენარის კვებისა და განვითარებისათვის. აკად. ვ. რ. ვილიამსი აღნიშნავდა, რომ ერთდროულად მხოლოდ აერობული და ანაერობული პროცესებით, წყლის კარგ რეჟიმთან ერთად იქმნება ხელსაყრელი პირობები სტრუქტურული ნიადაგების ნაყოფიერების გადიდებისათვის. ეს კი ხელს უწყობს მცენარის ნორმალურ განვითარებას. ამ საფუძველზე აგებდა რ. ვილიამსი ნიადაგის ნაყოფიერების აღდგენის ისეთ ღონისძიებებს, როგორცაა ნათესბალახიანი თესლობრუნვა, ადრეული მზრალად ხვნა, სახნავი ფენის გაღრმავება და სხვ.

ნიადაგის დაყანგვა-აღდგენის პროცესების ინტენსივობის დასახასიათებლად იყენებენ პოტენციალის სიდიდეს, რომელიც წარმოიშობა ელექტროდზე (Eh) პოტენციალის წარმოქმნა ნიადაგში წარმოებს იგივე მიზეზებით. როგორც ეს ცნობილია დანიელის, გრენეს და სხვათა ელემენტებში. იმავე მოვლენებს აქვს ადგილი ნიადაგში სხვადასხვა ელექტროდების (ჩვეულებრივ პლატინის და ეგრეთ წოდებული კალომელის) ჩაშვებისას. ნიადაგში დაყანგვა-აღდგენის პროცესების არსებობისას (რაც ყოველთვის მიმდინარეობს), ელექტროდებზე წარმოიქმნება პოტენციალების სხვაობა, რომელიც შეიძლება გაიზომოს. პოტენციალების სიდიდე, ისე როგორც ელემენტებში, დამოკიდებულია დამყანგველის თვისებასა



და მათ კონცენტრაციაზე. დაქანგვა-აღდგენის პოტენციალის სიდიდე, ანუ  $E_h$ , მიუთითებს ნიადაგის დაქანგვა-აღდგენის მდგომარეობაზე და ბევრ შემთხვევაში საშუალებას იძლევა ვიმსჯელოთ იმაზე, თუ როგორი დამქანგველები და აღმდგენლებია ნიადაგში და როგორია მათი კონცენტრაციათა შეფარდება.

ი. სერდაბოლსკის დაკვირვებებით, ზაფხულის უნაღეჭო პერიოდში ეწერ ნიადაგებში დაქანგვა-აღდგენის პოტენციალი 600-დან 750 მვ-მდე (მილივოლტი), შავმიწებში — 450-დან 600 მვ-მდე, რუხ ნიადაგებში — 350-დან 400 მვ-მდე მერყეობს. ნიადაგში ტენის გადიდება, მიკრობიოლოგიური ცხოველმყოფელობის გაძლიერება, აერაციის გაუარესება ამცირებს პოტენციალის ოდენობას. ძალზე დაბალი პოტენციალი შენიშნულია იმ ნიადაგებში, რომლებიც მდიდარია დაუშლელი ორგანული ნივთიერებებით. ნიადაგის გამოშრობით, რის შედეგადაც უმჯობესდება აერაცია, იზრდება პოტენციალი. გაკორდების პროცესი ეწერ ნიადაგებში, გამდგობა შავმიწებში იწვევს პოტენციალის დაცემას 100-200-300 მვ-მდე. დენიტრიფიკაციის შედეგად ნიადაგში მცირდება პოტენციალი 340 მვ-მდე და კიდევ უფრო მეტად პოტენციალის ზემო ზღვარს, როცა მცენარე ცუდად ვითარდება, წარმოადგენს 700 მვ-ზე მეტი, ქვემო ზღვარი კი 200 მვ. პოტენციალის სიდიდის 200 მვ ქვემოთ დაცემა მიუთითებს აღდგენითი პროცესების ძლიერ განვითარებაზე, რის შედეგადაც ნიადაგში გროვდება მინერალური და ორგანული წარმოშობის ნივთიერებები, რომლებიც მავნეა მცენარისათვის. პოტენციალის 700 მვ-ზე მეტად გადიდება აღნიშნავს სრულ აერაციას ნიადაგში, რომლის დროსაც წარმოებს მცენარის კვების პირობების დარღვევა, ნიადაგის გაღარიბება საკვები ნივთიერებისაგან და მცენარის ქლოროზით დაავადება.

უნდა აღინიშნოს, რომ  $E_h$  აღნიშნული „კონსტანტები“ არ წარმოადგენს აბსოლუტურ მაჩვენებლებს. ნიადაგის ტიპისა უა მისი PH მაჩვენებლების მიხედვით ის იცვლება. ასე, მაგალითად, დაქანგვითი პროცესების გაძლიერება მყავე ნიადაგებში (PH 5,0), როცა  $E_h$  უდრის 680 მვ, ხოლო ნეიტრალურ ნიადაგებში 550 მვ, იწვევს მცენარის რკინით და მანგანუმით კვების დარღვევას, რადგანაც ამ პირობებში, სრული დაქანგვის გამო, რკინა გადადის სამვალენტოვანში ( $Fe^{+++}$ ), ხოლო მარგანეცი — ოთხვალენტოვანში ( $Mg^{+++}$ ), რის შედეგადაც რკინა და მანგანუმი გამოილე-

ქება ნიადაგის ხსნარიდან და მათ მცენარე ვერ შეითვისებს. აღდგენითი პროცესების გაძლიერებისას და  $EH$  შემცირებისას მკავე ნიადაგებში — 450 მგ-მდე, ხოლო ნეიტრალურ ნიადაგებში — 250 მგ-დე, იწვევს ნიადაგის ხსნარში ორვალენტოვანი მანგანუმის დაგროვებას ისეთი კონცენტრაციით, რომელიც აშკარად მომწამვლელია მცენარისათვის.

ნიადაგის დაქანგვა-აღდგენის პროცესი არ არის მყარი, ის შვეთრად იცვლება მცენარის ვეგეტაციის პერიოდში ნიადაგის ტენიანობის, მისი დამუშავების, ქერქის შექმნის, ტემპერატურის პირობებისა და მიკროორგანიზმების განვითარების ინტენსივობის მიხედვით. დაქანგვა-აღდგენითი პროცესების მერყეობამ არ შეიძლება არ იმოქმედოს ნიადაგის თვისებებზე, მის ხსნარზე და, მაშასადამე, მცენარის რკინით, მანგანუმით და ნიტრატებით კვებაზე. დაქანგვა-აღდგენის პროცესების რეგულირების ძირითად ღონისძიებებს წარმოადგენს კარგი სტრუქტურის შექმნა ნიადაგში.

#### 11. ნიადაგში საკვები ხსნარების კონცენტრაციის გავლენა მცენარის კვებაზე

მცენარის განვითარებაზე ღიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის ხსნარში საკვები ნივთიერებების კონცენტრაცია. დადგენილია, რომ მისი სიჭარბე აფერხებს განვითარებას, რადგან საკვები ხსნარიდან წყლის შესვლა მცენარეში შენელებულია და ამის გამო ის იღუპება. საკვებ ხსნარში მარილების საერთო კონცენტრაცია არ უნდა იყოს 0,2-0,3 პროცენტზე მეტი. ჩვეულებრივ ნიადაგის ხსნარში საკვები ნივთიერების საერთო კონცენტრაცია აღნიშნულზე უფრო მცირეა და არ აღემატება 0,05-0,1 პროცენტს. სასუქების არაწესიერი, დიდი დოზებით შეტანის შედეგად ნიადაგის ხსნარის კონცენტრაცია შეიძლება გაიზარდოს, რის შედეგადაც მცენარის განვითარება შეფერხდება და მოსავალიც დაეცემა. ნიადაგის ხსნარის საერთო კონცენტრაციის 1 პროცენტზე მეტად გადიდება იწვევს მცენარის დაღუპვასაც კი. მაშასადამე, საკვები ხსნარების მაღალი კონცენტრაცია მომწამვლელია.

ნიადაგის ხსნარში მოიპოვება აგრეთვე მცენარის კვებისათვის არააუცილებელი ელემენტებიც, რომელთა კონცენტრაციის გადიდება მკვეთრად მოქმედებს მცენარის განვითარებაზე. აკადემიკოს

კ. გედროიცმა საკვები ნივთიერებების სხვადასხვა კონცენტრაციაზე აღზარდა მცენარეები და დაადგინა, რომ ყველაზე უფრო მომწამვლელს მცენარისათვის წარმოადგენს მაღალი კონცენტრაციის  $MgCl_2$ , შემდეგ  $KCl$ ,  $K_2SO_4$ , ხოლო უფრო ნაკლებ მომწამვლელია —  $Ca(NO_3)_2$  და  $KNO_3$ , მისივე ცდებით გოგირდმევა კალციუმის ( $CaSO_4$ ) 0,02 მ ხსნარის კონცენტრაციისას უვნებელი აღმოჩნდა. ასევე გამოიკვია, რომ ანიონებიდან  $Cl^-$  იონი წარმოადგენს ყველაზე მომწამვლელს, შემდეგ  $CO_3^{--}$ . ყველაზე ნაკლები მომწამვლელია  $SO_4^{--}$  იონი. კათიონებიდან ნიადაგის ხსნარში მცირე კონცენტრაციის პირობებში მომწამვლელია ბარიუმის ( $Ba^{++}$ ), მაგნიუმისა ( $Mg^{++}$ ) და ამონიუმის ( $NH_4^+$ ) იონები. ბარიუმის იონი აფერხებს მცენარის განვითარებას 1:5000 კონცენტრაციის პირობებში, ამონიუმის იონი 1:4999, ხოლო მაგნიუმის 1:500. მათთან შედარებით კალციუმისა და ნატრიუმის იონები ნაკლებ მომწამვლელნი აღმოჩნდნენ. ნატრიუმის მავნე მოქმედება შენიშნული იყო 1:50 კონცენტრაციის პირობებში. სპილენძის, რკინის, მანგანუმისა და სხვა მძიმე მეტალების იონები მომწამვლელია კიდევ უფრო ნაკლები კონცენტრაციისას, ვიდრე ბარიუმი და სხვ.

კ. გედროიცმა ჩატარებულ ცდებში შენიშნა იონთა ანტაგონიზმი, რომლის მექანიზმი ჯერ კიდევ საბოლოოდ დადგენილი არ არის. ცდებით გამოიკვია, რომ ბარიუმის მომწამვლელი კონცენტრაციის მქონე ხსნარში კალიუმის შეყვანა იწვევს პირველის მოქმედების გაუვნებლობას. ასე, მაგალითად, ხსნარში კალციუმის მარილის მნიშვნელოვანი რაოდენობის არსებობისას ბარიუმის იონები მცენარისათვის უვნებელი აღმოჩნდა 1:250 კონცენტრაციის შემთხვევაში (ნაცვლად 1:5000), ამონიუმის იონები 1:100 (ნაცვლად 1:4000). საკვებ ხსნარში კალციუმის მარილების არსებობისას მნიშვნელოვნად შემცირდა აგრეთვე მაგნიუმის, ნატრიუმისა და კალიუმის ტოქსიკური მოქმედება მცენარეზე.

შენიშნულია, რომ ბუნებრივ პირობებში მცენარეზე მომწამვლელად მოქმედებს ნიადაგის ხსნარში ჰარბი რაოდენობით არსებული მანგანუმის, ალუმინისა და ბორის იონების მაღალი კონცენტრაცია. დადგენილია, რომ მანგანუმისა და ალუმინის უარყოფით მოქმედებას ზოგიერთი კულტურის მიმართ ადგილი აქვს მკაფივ.

ეწერ და წითელმიწა ნიადაგებზე, რადგანაც მათში აღნიშნული ელემენტები მოძრავ, მცენარისათვის ადვილად შესათვისებელ ფორმებში იმყოფება. ასეთი მოვლენის თავიდან ასაცილებელ რადიკალურ ღონისძიებას წარმოადგენს ნიადაგის მოკრიანება, რის შედეგადაც მანგანუმისა და ალუმინის მოძრავი ფორმები გადადიან ძნელადხსნად, მცენარისათვის ნაკლებად შესათვისებელ ფორმებში.

ცნობილია აგრეთვე ბორის მანე მოქმედება მცენარეების განვითარებაზე ბუნებრივ პირობებში. ასე, მაგალითად, კალიფორნიაში, გვალვიან ადგილებში ზოგიერთ ნიადაგზე, ბორის მაღალი შემცველობა ნიადაგის ხსნარში მომწამვლელად მოქმედებს მცენარის განვითარებაზე. შენიშნულია ლიმონის, ფორთოხლისა და ვაზის ფოთლების ჩამოცვენა ისეთი წყლით მოტბორებით. მორწყვისას, რომელიც მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავს ბორს. ზოგიერთი კალიუმის მარილში (ამერიკა) ისეთი დიდი რაოდენობით შედის ბორი, რომ მათი გამოყენება უარყოფითად მოქმედებს მცენარეების განვითარებაზე. ვირჯინიაში აღნიშნული იყო მცენარის განვითარებაზე ბორაკით დამუშავებული (ბუზების მოსპობის მიზნით) ნაკელის უარყოფითი მოქმედება.

ცდებით დადგენილია აგრეთვე ზოგიერთი ორგანული ნივთიერების მომწამვლელი მოქმედება მცენარეზე ძლიერ განზავებული ხსნარის შემთხვევაშიაც. ასე, მაგალითად, ტიროზინი მომწავლელია 1:100000 კონცენტრაციის შემთხვევაში, გუანიდინი კი უფრო ნაკლები კონცენტრაციის დროს. თუმცა ბუნებრივ პირობებში ჭერ კიდევ არ ყოფილა შენიშნული ორგანული ნივთიერების ისეთი კონცენტრაციით დაგროვება ნიადაგში, რომელიც მომწავლელად მოქმედებს მცენარეზე, მაგრამ ამის შესახებ არსებობს არაპირდაპირი მითითება ლიტერატურაში. თუ ნიადაგში არსებობს აღდგენითი პირობები, როცა ორგანული ნივთიერება არ განიცდის მინერალიზაციას ბოლომდე, მაგრამ იძლევა დიდი რაოდენობით არასრული დაშლის პროდუქტებს, განსაკუთრებულ პირობებში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ორგანული ნივთიერების უარყოფით მოქმედებას მცენარეზე.

## 12. მცენარის კვება და ნიადაგის „დალა“

სოფლის მეურნეობის პრაქტიკაში დიდიხანია ცნობილია, რომ ერთწლიანი კულტურების ერთი და იმავე ნაკვეთზე განუწყვეტე-

ლი თესვისას ადგილი აქვს მოსავლიანობის თანდათანობით და-  
ცემას და საბოლოოდ მცენარის განვითარება მკვეთრად ფერხდება,  
შესაბამისად მოსავლიანობაც მინიმუმამდე დადის.

ასეთივე შედეგები მიიღება ერთ და იმავე ნაკვეთზე მრავალ-  
წლიანი კულტურების გაშენების შემთხვევაშიც. აღსანიშნავია, რომ  
მრავალწლიანი მცენარის განვითარება ამავე ნაკვეთზე არც ისე  
შეფერხებული იყო, როგორც ამას ადგილი ჰქონდა ახლად გაშენე-  
ბული მცენარის შემთხვევაში.

ნიადაგის „დაღლა“ — მოსავლის დაცემა ან მოსავლის მიღების  
შეუძლებლობაა, ერთ და იმავე ნაკვეთზე ერთი რომელიმე კულ-  
ტურის ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში თესვისას, მაშინ, რო-  
დესაც სხვა კულტურა დათესილი ამავე ნაკვეთზე, იძლევა ნორმა-  
ლურ მოსავალს. ნიადაგის „დაღლა“ სხვადასხვა კულტურის შემთხ-  
ვევაში არაერთნაირი სახით გამოვლინდება. ასე, მაგალითად, ნია-  
დაგის „დაღლის“ მიზეზად თვლიან შაქრის ჭარხალში—ნემატოდს,  
სელში-ფუზარიუმს, სამყურაში სოკო *Plenospora herbarium* ან *As-  
terocystis*, *Fusarium* და სხვ. იონჯით მოღლის მიზეზად ასახელებენ  
ბაქტეროფაგების დაგროვებას ნიადაგში, რომლებიც თითქოს იწვე-  
ვენ კოჟრის ბაქტერიების მოქმედების შენელებას და სხვ.

მიუხედავად იმისა, რომ ნიადაგის „დაღლის“ მიზეზების შეს-  
წავლას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, დღემდე ამ საკითხ-  
ზე არ ყოფილა ჩატარებული რაიმე სერიოზული ხასიათის გამოკვე-  
ლევა. ნიადაგის „დაღლის“ მიზეზებზე არსებობს სხვადასხვა თეო-  
რიული მოსაზრება, რომლებიც შეიძლება შემდეგნაირად დავაჯუ-  
ვოთ:

ერთნი ფიქრობენ, რომ „დაღლის“ მიზეზია სისტემატურად  
ერთი და იგივე კულტურის თესვით ნიადაგის ცალმხრივი გაღარი-  
ბება ისეთი მიკროელემენტებისაგან, როგორიცაა ბორი, მანგანუმი,  
თუთია, სპილენძი და მოლიბდენი;

მეორე ჯგუფი მეცნიერებისა ნიადაგის „დაღლის“ მიზეზად  
თვლიან ნიადაგში მცენარისათვის ტოქსიკური ნივთიერების დაგ-  
როვებას;

სხვების აზრით კი მცენარის ფესვებზე პარაზიტულად მცხოვ-  
რები მიკროორგანიზმების მომრავლება, რაც იწვევს სოკოვან და-  
ვადებებს და მცენარის განვითარების შეფერხებას.

ნიადაგის „დაღლის“ მიზეზების შესწავლაზე გამოკვლევები

ჩატარეს ნ. კრასილნიკოვმა და ნ. გარკინამ. ისინი მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ ნიადაგის „დაღლის“ ყველაზე მთავარ ფაქტორს წარმოადგენს ბაქტერიებისა და სოკოების დაგროვება და ამით მცენარის ზრდის შესუსტება. თავიანთი გამოკვლევებისათვის ნ. კრასილნიკოვმა და ნ. გორკინამ გამოიყენეს ტიმირიაზევის სახელობის სასოფლო-სამეურნეო აკადემიის საცდელ მინდორზე სამყურით ხანგრძლივად დაკავებულ ნაკვეთიდან აღებული ნიადაგი. მასზე სამყურა თითქმის სრულიად არ ვითარდებოდა. როდესაც ასეთი ნიადაგის 1 გრამში შეიყვანეს 65000 ცალი კოჟრის ბაქტერია, ათი დღის შემდეგ ისინი ვერ აღმოაჩინეს. ცხადია, ამ ხნის განმავლობაში კოჟრის ბაქტერიები დაიღუპნენ, დაიღუპა დათესილი სამყურაც. ამ ცდის საფუძველზე დაასკვნეს, რომ სამყურით „დაღილი“ ნიადაგი ტოქსიკურია ამავე კულტურისათვის, თუმცა მათ არ აღმოუჩინიათ რაიმე ტოქსიკური ნივთიერება. როდესაც ასეთი ნიადაგი გაახურეს 110°C ორი სათის განმავლობაში და გაცივების შემდეგ მასზე დათესეს სამყურა, მიიღეს მცენარის ნორმალური განვითარება. მაშასადამე, მაღალი ტემპერატურა სპობს ნიადაგის „დაღლის“ გამომწვევ მიზეზებს. ამგვარად გახურებულ ნიადაგს შემდეგ დაუმატეს სამყურით „დაღილი“ ნიადაგი და დათესეს სამყურა. დადგინდა იქნა, რომ სამყურა ამ შემთხვევაშიც არ განვითარდა. ნ. კრასილნიკოვმა და ნ. გარკინამ თავიანთი ცდების შემდგომ სერიაში მაღალ ტემპერატურაზე გახურებულ, ე. ი. სტერილურ ნიადაგში შეიყვანეს მიკრობები. *Pseudom. fluorescens* და *Pseudom. tumefaciens*. ამ ბაქტერიების ან სოკოების შეტანის 2—3 თვის შემდეგ დათესეს სამყურა. აღმოჩნდა, რომ ასეთი ნიადაგი ტოქსიკურია სამყურასათვის. ნ. კრასილნიკოვისა და ნ. გორკინას ცდის შედეგები მოგვყავს ქვემოთ (იხ. ცხრილი 24).

ცხრილი 24

ცდის ვარიანტები	აღმონაცენის რიცხვი	მცენარ. რიცხვი 3 <sup>1</sup> დღის შემდეგ	კოჟრებ. რიცხვი ერთ მცენარეზე
გახურებული ნიადაგი (კონტროლი)	46	46	23
იგივე + <i>Pseudom. aeruginosa</i>	32	26	0,05
იგივე + „ „ <i>tumefaciens</i>	39	22	0, 0
იგივე + <i>Eusarium</i>	41	31	0, 5
იგივე + ყველა მიკროორგანიზმის ნარევი . . . . .	35	21	0, 0

ცხრილიდან ნათლად ჩანს, რომ სამყურას აღმონაცენის ნახე-  
ვარი დაიღუპა ანტაგონისტური ბაქტერიების გავლენით, ხოლო  
დარჩენილი მცენარეების ფესვებზე კოყრები არ განვითარდა. მა-  
შასადამე, ნიადაგი, რომელიც დაავადებულია ანტაგონისტური ბაქ-  
ტერიებით, კვლავ იღებს ტოქსიკურ თვისებებს, რის შედეგადაც  
სამყურას განვითარება მნიშვნელოვნად ფერხდება. ამ გამოკვლევის  
საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ზოგიერთი მიკროორგა-  
ნიზმის ტოქსიკურ თვისებას არსებითი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის  
„დაღლაში“, თუმცა ეს უკანასკნელი არ შეიძლება მხოლოდ ბაქტე-  
რიების ტოქსიკურ მოქმედებას მივაწეროთ. ხშირად ხანგრძლივი  
პერიოდის განმავლობაში მონოკულტურის წარმოებისას ადგილი  
აქვს ნიადაგის უკიდურეს ცალმხრივ გაღარიბებას მცენარისათვის  
აუცილებელია ზოგიერთი მიკროელემენტისაგან, რის შედეგადაც  
ფერხდება მცენარის განვითარება და ზოგჯერ კიდევ იღუპება იგი.  
თუ ასეთ ნიადაგებზე შევიტანთ სასუქებს, რომლებიც შეიცავენ  
მიკროელემენტებს, მცენარეები ნორმალურად განვითარდებიან.  
მაშასადამე, ნიადაგის „დაღლის“ მიზეზად არ შეიძლება ჩაითვალოს  
მარტო მიკროორგანიზმების ტოქსიკური მოქმედება, არამედ ნია-  
დაგის ცალმხრივ გაღარიბებასაც უთუოდ გარკვეული მნიშვნელო-  
ბა აქვს.

ზემოაღნიშნული მონაცემების თანახმად ნიადაგის „დაღლის“  
მიზეზები შეიძლება სხვადასხვა იყოს. ამიტომ ყველა შემთხვევი-  
სათვის გარკვეული უცვლელი აგროტექნიკური ღონისძიების რჩე-  
ვა შეუძლებელია. ნიადაგის „დაღლის“ თავიდან ასაცილებლად  
დღემდე რადიკალურ ღონისძიებად თვლიდნენ ნიადაგის გაკორდე-  
ბას ან კულტურების ცვლას და სწორი თესლბრუნვის შემოღებას.  
რასაკვირველია, კულტურების მორიგეობას შეუძლია მნიშვნელოვ-  
ნად შეანელოს ნიადაგის „დაღლა“, მაგრამ მისი სრული ლიკვიდა-  
ცია, ჩვენი აზრით. მაინც ვერ მიიღწევა. თესლბრუნვასთან ერთად  
საჭიროა აგრეთვე სასუქების ისეთი ნარევების შემუშავება, რომ-  
ლებიც უზრუნველყოფენ მცენარის ნორმალურ კვებას.

უკანასკნელი ხნის გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ნიადაგის  
„დაღლის“ წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებას წარმოადგენს ნია-  
დაგის ნაწილობრივი სტერილიზაცია, რომელიც ხორციელდება  
სხვადასხვა ანტისეპტიკის მეშვეობით. ეს ღონისძიება თითქმის  
მთლიანად ანადგურებს ფიტოპათოგენურ ბაქტერიებს და სოკოებს,

რის შედეგადაც ჯანსაღდება ნიადაგი. მაგრამ ნაწილობრივ სტერილიზაციას არ შეუძლია იმოქმედოს ისეთი ტოქსიკური ნივთიერებების შემცველობაზე, როგორცაა მანგანუმი, ალუმინი და რკინა. მათი გადაყვანა ნაკლებად ხსნად ფორმებში შეიძლება მხოლოდ მკავე ნიადაგების მოკირიანებით, რაც ქვემოთ იქნება აღნიშნული.

მაშასადამე, ნიადაგის ნაწილობრივი სტერილიზაცია ანტისეპტიკების მეშვეობით, შეიძლება გამოყენებული იქნეს იმ შემთხვევაში, როცა ნიადაგის „დალა“ გამოწვეულია ფიტოგენური ბაქტერიების და სოკოების ან მცენარეების მავნებლების დაგროვებით. ეს ღონისძიება ხორციელდება ნიადაგის ქლორპიკრინით, ქლოროფორმით, ტოლუოლით და ფორმალინით დამუშავების გზით. ტ. დემიდენკოს, მ. ვარაბიოვას, ა. შიპიტინიკოვას, ი. კორაბისა და ა. ბუტოვსკის და ა. კლეჩატოვის გამოკვლევებით ე. წ. „დალლილი“ ნიადაგების ნაწილობრივი სტერილიზაცია ანტისეპტიკებით მნიშვნელოვნად ადიდებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობას.

---



**მცენარის კვება და სასუქები**

მცენარის მიერ საკვები ნივთიერების შეთვისების თვალსაზრისით არჩევენ ნიადაგის ნაყოფიერების ორ სახეს — პოტენციურსა და ეფექტურს. საკვები ნივთიერების ის რაოდენობა, რომელიც იმყოფება ნიადაგში მცენარისათვის შეუთვისებელ ფორმაში — გამოხატავს პოტენციურ ნაყოფიერებას. ეფექტური ნაყოფიერების ქვეშე კი იგულისხმება საკვები ელემენტების ისეთი ფორმები, რომლებიც უშუალოდ ემსახურება მცენარის კვებას და გავლენას ახდენს მის ზრდა-განვითარებაზე.

ნიადაგის პოტენციურ ნაყოფიერებაზე წარმოდგენას გვაძლევს საკვები ნივთიერების საერთო მარაგი ნიადაგში. ძნელად-ხსნადი შენაერთები, რომლებიც ყოველთვის მეტი რაოდენობითაა ნიადაგში, ამა თუ იმ სისწრაფით შეიძლება ჩართული იქნენ ნივთიერებათა ბიოლოგიურ ბრუნვაში და რაღაც ხარისხით გამოყენებული მცენარის კვებისათვის. ამიტომ, რაც მეტია საკვები ნივთიერების საერთო მარაგი ნიადაგში, მით ფართოა მცენარის შესაძლებლობა დაიკმაყოფილოს თავისი მოთხოვნილება საკვებ ნივთიერებაზე, ამ რეზერვის რაღაც ნაწილის შესათვისებელ ფორმებში გადაყვანის გზით. ნიადაგში საერთო საკვები ელემენტების შემცველობაზე წარმოდგენას გვაძლევს ქვემოთ მოყვანილი მონაცემები (იხ. ცხრილი 25).

ნიადაგში არსებული საკვები ელემენტების მხოლოდ ის ნაწილია მცენარისათვის შესათვისებელი, რომელიც იხსნება. წყალში, სუსტ ორგანულ და მინერალურ მჟავებში ან მარილის ხსნარებში.

ნიადაგებში ძირითადი საკვები ელემენტების საერთო შემცველობა  
(ე. რატნერის მონაცემებით)

ელემენტების დასახელება	რაოდენობა %—ობით	ელემენტების დასახელება	რაოდენობა %—ობით
აზოტი (N)	0,02—0,5	რკინა ( $Fe_2O_3$ )	1, 0—10
ფოსფორი ( $P_2O_5$ )	0,05—0,3	მანგანუმი	0, 02—0, 4
გოგირდი ( $SO_3$ )	0,1—0,5	სპილენძი	0,001—0,08
კალიუმი ( $K_2O$ )	1, 0—2,5	ბორი	პროცენტის მეთასედი
კალციუმი ( $CaO$ )	0, 2—2,0	ოფთია	ი გ ი ვ ე
მაგნიუმი ( $MgO$ )	0, 4—4,0	ჯოლიბდენი	პროცენტის მეთათი- ათასედი

მცენარე საკვებ ელემენტებს ნიადაგიდან არაერთნაირი რაოდენობით ითვისებს: მეტი რაოდენობით ითვისებს ისეთ ელემენტებს, როგორცაა აზოტი, ფოსფორი, კალიუმი და კალციუმი. ისინი შედარებით დიდი რაოდენობით მოიპოვებიან ნიადაგში. მაგრამ ნიადაგში საკვები ელემენტების შემცველობასა და მცენარის მიერ მათ შესათვისებლობას შორის არ არსებობს პირდაპირ პროპორციულობა. ასე, მაგალითად, მაგნიუმის საერთო რაოდენობა ნიადაგში 0,4-4,0 პროცენტის ფარგლებში მერყეობს, მაშინ როდესაც მცენარეს ეს ელემენტი ბევრად ნაკლები ესაჭიროება აზოტთან შედარებით, რომლის შემცველობა ნიადაგში 0,5 პროცენტს იწვიათად აღემატება.

სისტემატურად ერთ და იმავე ნაკვეთზე კულტურების თესვა-მოყვანით ნიადაგში მცენარისათვის შესათვისებელი საკვები ელემენტების რაოდენობა თანდათანობით მცირდება და შესაბამისად ეცემა მოსავალი, ამიტომ აუცილებელი ხდება ხელოვნურად, სასუქებით ნიადაგის გამდიდრება მცენარისათვის შესათვისებელი საკვები ნივთიერებებით. მაგრამ ზოგიერთი სასუქი ნიადაგში შეგვაქვს არა მცენარისათვის საჭირო საკვები ნივთიერებების გამდიდრების მიზნით, არამედ იმისათვის, რომ გავაუმჯობესოთ ნიადაგის ფიზიკური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებები, რაც საბოლოო ჯამში ზრდის ნიადაგის ნაყოფიერებას. ამიტომ სასუქი ეწოდება ყველა იმ ნივთიერებას, რომელიც შეგვაქვს ნიადაგში ამ უკანასკნელის ნაყოფიერების გადიდებისათვის. სასუქების შეტანით ნიადაგში იზრდება არა მარტო ეფექტური ნაყოფიერება, არამედ მასთან ერთად ღიღდება პოტენციური ნაყოფიერებაც. ეს კი შედე-

ვია იმისა, რომ ნიადაგში შეტანილ სასუქებში შემავალი საკვები ნივთიერებების ნაწილი ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური შთანთქმის შედეგად გადადის მცენარისათვის შეუთვისებელ ფორმებში. ზოგიერთი სასუქის შეტანით ნიადაგში მიმდინარეობს პოტენციური ნაყოფიერების გადაყვანა ეფექტურ ნაყოფიერებაში (კირი და გოგირდი).

საერთო აზოტის შემცველობა ნიადაგში ძლიერ ეცემა, რადგან მცენარისათვის შესათვისებელი აზოტის შენაერთები წყალში ადვილად ხსნადია, იოლად ირეცხება წვიმისა და სარწყავი წყლით ნიადაგის ქვედა ფენებში და ცილდება მცენარის ფესვთა სისტემის მოქმედების არეს. აღსანიშნავია ისიც, რომ აზოტის ნიტრიტული და ნიტრატული ფორმები ნიადაგის მიერ, გარდა ბიოლოგიური შთანთქმისა, სხვა სახით არ შთანთქმდება. ამიტომ ეს ელემენტი წარმოადგენს ყველაზე დეფიციტურს მიწათმოქმედებაში, რომლის მარაგი ნიადაგში შეიძლება გადიდებულ იქნას ბაქტერიების მიერ ატმოსფეროში არსებული თავისუფალი აზოტის ფიქსაციის გზით. მაგრამ ეს საკმარისი არაა, რის გამოც მცირე გამონაკლისის გარდა, თითქმის ყველა ნიადაგში, პირველ რიგში, აზოტიანი სასუქების შეტანა აუცილებელი ხდება.

საერთო ფოსფორი ნიადაგში მნიშვნელოვანი რაოდენობით მოიპოვება, მაგრამ მისი ძირითადი ნაწილი მცენარისათვის ძნელად შესათვისებელ ფორმებშია.

გოგირდის საერთო რაოდენობა თითქმის ისეთივეა როგორც აზოტისა. რაც შეეხება კალიუმის, კალციუმის, მაგნიუმის, რკინისა და მანგანუმის საერთო შემცველობას, იგი ღარიბ ნიადაგებშია ც კი მნიშვნელოვანი რაოდენობითაა. მიუხედავად ამისა აუცილებელი ხდება აღნიშნული ელემენტების სასუქების სახით შეტანა, რადგან მათი მცენარისათვის შესათვისებელი ფორმები ნიადაგში ძალზე მცირეა. გარდა ზემოთ აღნიშნული ელემენტებისა, უკანასკნელ ხანებში აუცილებელი გახდა ზოგიერთ ნიადაგში ბორის, თუთიას, სპილენძისა და მოლიბდენის შემცველი სასუქების შეტანა.

სასუქები წარმოშობის მიხედვით იყოფა:

ა) ბუნებრივ ანუ სამეურნეო და ბ) ხელოვნურ სასუქებად. ბუნებრივი ეწოდება ყველა იმ სასუქს. რომელიც მიიღება თვით მემურნეობაში ანარჩენის სახით ანდა სპეციალურად შექმნილი სამეურნეო საშუალებებით. ასეთ სასუქებს მიეკუთვნება: ნაკელი, ტორფი, მწვანე სასუქი, კირქვა, ტყილი, ფეკალური მასა და ა. შ.

ხელოვნური კი ეწოდება ისეთ სასუქს, რომელიც მიიღება სპეციალურ საწარმოში. მათ სხვანაირად სამრეწველოსაც უწოდებენ. ასეთს მიეკუთვნება აზოტიანი, ფოსფორიანი, კალიუმიანი, ბაქტერიული და მიკროსასუქები.

სასუქებს შედგენილობის მიხედვით ყოფენ ოთხ ჯგუფად: ა) ორგანული, ბ) მინერალური, გ) ორგანულ-მინერალური და დ) ბაქტერიული.

ორგანულს მიეკუთვნება ყველა ის სასუქი, რომელიც ამა თუ იმ რაოდენობით შეიცავს ორგანულ ნივთიერებას. ორგანული სასუქებია: ნაკელი, ტორფი, მწვანე სასუქი და ორგანული ნივთიერების შემცველი სოფლის მეურნეობისა და მრეწველობის სხვა ანარჩენები.

მინერალური ეწოდება ისეთ სასუქებს, რომლებიც მცენარისათვის საჭირო საკვებ ელემენტებს შეიცავენ მინერალურ შენაერთებში. ასეთია: აზოტიანი, ფოსფორიანი, კალიუმიანი, კირის შემცველი და მიკროსასუქები.

ორგანულ-მინერალურია ისეთი სასუქები, რომლებშიაც მცენარისათვის საჭირო საკვები ნივთიერებები შედიან ორგანულ-მინერალურ შენაერთებში. ასეთი სასუქებია: ჰუმატამონიუმი, გუმაფოსი, გუმატინი და სხვ.

ბაქტერიულს მიეკუთვნება ის სასუქები, რომლებიც შეიცავენ მიწათმოქმედებისათვის საჭირო მიკროორგანიზმებს. ასეთებია: ნიტრაგენი, აზოტოგენი, ფოსფორობაქტერიანი, ბაქტერიული სასუქი „ამბ“ და მიკროზის შემცველი ბაქტერიული პრეპარატი.

ნიადაგსა და მცენარეზე მოქმედების მიხედვით არჩევენ პირდაპირ და არაპირდაპირ მოქმედ სასუქებს.

პირდაპირმოქმედს მიეკუთვნება ყველა ის სასუქი. რომელიც შეგვაქვს ნიადაგში მცენარისათვის საჭირო საკვები ნივთიერებების რაოდენობის გადიდების მიზნით. ასეთია: აზოტიანი, ფოსფორიანი, კალიუმიანი, მიკროსასუქები და სხვ.

არაპირდაპირმოქმედი ყველა ის სასუქი, რომელიც შეიტანება ნიადაგში ამ უკანასკნელის ფიზიკური, ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით. ასეთია: კირი, თაბაშირი, გოგირდი და ბაქტერიული სასუქები. აღსანიშნავია, რომ ყოველი სასუქი ავლენს როგორც პირდაპირ, ისე არაპირდაპირ მოქმედებას. ასე, მაგალითად, კირის გამოყენების მიზანია ნიადაგის ფიზიკური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური

თვისებების გაუმჯობესება. მაგრამ მცენარისათვის შესათვისებელი კალციუმით ღარიბ ნიადაგში კირი ერთდროულად კალციუმით კვების წყაროსაც წარმოადგენს. ასევე ხდება გოგირდმჟავა ამონიუმის გამოყენებისას. ამ შემთხვევაში ნიადაგი მდიდრდება მცენარისათვის შესათვისებელი აზოტით, მაგრამ ვინაიდან გოგირდმჟავა ამონიუმი ფიზიოლოგიურად მჟავე სასუქია, იგი ერთდროულად იწვევს ნიადაგის არეს რეაქციის მჟავე მიმართულებით შეცვლას. მაშასადამე, პირდაპირმოქმედ გოგირდმჟავა ამონიუმს შეუძლია ნიადაგზე იმოქმედოს არაპირდაპირაც. ამდენად სასუქების დაყოფა პირდაპირ და არაპირდაპირ მოქმედად ძალზე პირობითია.

მცენარისათვის საჭირო საკვები ელემენტების შემცველობის მიხედვით არსებობს: 1. ცალმხრივმოქმედი და 2. მრავალმხრივ მოქმედი ანუ რთული სასუქები.

ცალმხრივ მოქმედ სასუქს უწოდებენ ისეთს, რომელიც შეიცავს მცენარისათვის საჭირო მხოლოდ ერთ ელემენტს. ასეთია: ნატრიუმის გვარჯილა, აზოტმჟავა ამონიუმი, ქლორამონიუმი, სუპერფოსფატი, ქლორკალიუმი და სხვ.

მრავალმხრივ მოქმედი ან რთული სასუქია ისეთი, რომელიც თავის შედგენილობაში შეიცავს მცენარისათვის საჭირო ორ ან მეტ საკვებ ელემენტს. ასეთია: კალიუმის გვარჯილა, ამოფოსი, პოტაზოტი, ნიტროფოსკა და სხვ.

ნიადაგის ხსნარის არეს რეაქციაზე მოქმედების მიხედვით აღნიშნავენ 1. ფიზიოლოგიურად მჟავე და 2. ფიზიოლოგიურად ტუტე სასუქებს.

ფიზიოლოგიურად მჟავეა ის სასუქი, რომლისგანაც მცენარე უფრო ინტენსიურად ითვისებს კათიონებს, ხოლო ხსნარში დაგროვილი ანიონები წარმოშობენ მჟავეს, რაც არეს რეაქციის დამჟავებას იწვევს. ასეთ სასუქებს მიეკუთვნება: გოგირდმჟავა ამონიუმი, ქლორამონიუმი, აზოტმჟავა ამონიუმი, კალიუმქლორი, კალიუმის სულფატი და სხვ.

ფიზიოლოგიურად ტუტეს უწოდებენ ისეთ სასუქს, რომლისგანაც მცენარე უფრო ინტენსიურად ითვისებს ანიონებს, ვიდრე კათიონებს, ეს უკანასკნელი კი ხსნარში დაგროვილი წარმოშობს ტუტეებს და იწვევს არეს რეაქციის ტუტე მიმართულებით წარმართვას. ასეთია: ნატრიუმის გვარჯილა, კალციუმის გვარჯილა, კალციუმის ციანამიდი და სხვ.

## ორგანული სასუქები

ორგანულს განეკუთვნება ისეთი სასუქები, რომელთა შემადგენლობაშიც დიდი რაოდენობით შედის ორგანული ნივთიერება. ამ უკანასკნელის გახრწნის შედეგად. მასში არსებული საკვები ელემენტები გადადიან ხსნად ფორმებში, ე. ი. მცენარისათვის ადვილად შესათვისებელ შენაერთებში.

დაუშლელი ორგანული ნივთიერება, უწინარეს ყოვლისა, შედგება ისეთი ელემენტებისაგან, როგორცაა: ნახშირბადი, წყალბადი და ჟანგბადი. ორგანული სასუქების დადებითი მოქმედება ნიადაგის თვისებებსა და მცენარის ზრდა-განვითარებაზე არ არის შეპირობებული მასში მარტო ზემოაღნიშნული შენაერთების არსებობით, ვინაიდან მცენარე მათ ჰაერიდან და წყლიდან ითვისებს.

ორგანული სასუქების დადებითი მოქმედება ნიადაგის ნაყოფიერებაზე ძირითადად აიხსნება მათში აზოტის, ფოსფორის, კალიუმის, ორგანული ნივთიერების შემცველობით და მიწათმოქმედებისათვის სასარგებლო მრავალრიცხოვანი მიკროორგანიზმების არსებობით.

გამოყენებული ორგანული სასუქები არსებით გავლენას ახდენენ ნიადაგში მიმდინარე ქიმიურ, ფიზიკურ, ფიზიკურ-ქიმიურ და ბიოლოგიურ პროცესებზე, წარმართავენ რა მას მცენარის განვითარებისათვის სასურველი მიმართულებით.

ზოგიერთი ორგანული სასუქი მცენარისათვის საჭირო ყველა მთავარ საკვებ ელემენტს — აზოტს, ფოსფორსა და კალიუმს შეიცავს. მაგრამ მათი შემცველობა მცირეა, მაშინ, როდესაც დიდი რაოდენობითაა წყალი, რაც კიდევ უფრო ამცირებს საკვები ელემენტების შემცველობას. ამიტომ, რომ ორგანული სასუქები ნიადაგში დიდი რაოდენობით შეაქვთ. გარდა ამისა, ორგანულ სასუქებში მოიპოვება აგრეთვე მიკროელემენტებიც.

საკვები ელემენტების დაბალი შემცველობის გამო გამორიცხულია ორგანული სასუქების შორ მანძილზე გადატანა. ამიტომ მისი გამოყენება ჩვეულებრივ წარმოებს იმ მეურნეობაში, სადაც ის მიიღება; ყოველ შემთხვევაში დამზადების ადგილიდან არცთუ დიდი დაშორებით. აქედან გამომდინარე, მათ თვლიან ადგილობრივ სასუქებად.

### 1. ნაჰელი

ადამიანმა ნიადაგის გამანაყოფიერებელი საშუალების გამოყენებას ხელი მიჰყო მას შემდეგ, რაც დაიწყო დასახლება და ერთ გარკ-

ვეულ ადგილას ცხოვრება, ამასთან გადავიდა სწორ მიწათმოქმედებაზე.

მინერალური სასუქების წარმოებასა და მოხმარებაზე გადასვლის შემდეგ მოსახლეობამ ნაკელისადმი ყურადღება შეანელა. რასაკვირველია, ეს სრულიად არ არის მართებული, რადგან არც ერთ მინერალურ სასუქს არ შეუძლია შეცვალოს ნაკელი.

ნაკელი წარმოადგენს ცხოველთა ჰეგარი და თხიერი განავლის ნარევს საფენთან. ახალი ნაკელი შენახვის პერიოდში გარდაქმნებს განიცდის მიკროორგანიზმების ზემოქმედებით, რის შედეგად იცვლება მისი ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიურ და ბიოლოგიური თვისებები. ნაკელის ხარისხი დამოკიდებულია ცხოველის სახეობაზე, საკვების ხარისხზე, საფენის რაოდენობასა და შენახვის პირობებზე.

ნაკელის მოქმედება იცვლება ნიადაგის თვისებების მიხედვით. მისი ეფექტი მაღალია ეწერსა და წითელმიწებზე, შედარებით ნაკლებია შავმიწა და ნეშომპალა კარბონატულ ნიადაგებზე.

ნაკელის შეტანით არსებითად უმჯობესდება ნიადაგის ნაყოფიერება, რაც მოსავლიანობის გადიდების საწინდარია.

ნაკელის გავლენით თიხნარი ნიადაგი კარგავს ზედმეტ სიმკვრივეს და გავლესვის თვისებას, რის შედეგადაც იგი ხდება იოლად დასამუშავებელი, ჰაერისა და წყლის კარგი გამტარი და უფრო ჩქარა ხურდება. ქვიშნარი ნიადაგი კი პირიქით ხდება უფრო შეკავშირებული, მასში იზრდება წყლის შეკავების უნარი.

ნაკელის შეტანის შედეგად იზრდება ნეშომპალას რაოდენობა, რაც თავისთავად იწვევს ნიადაგის სტრუქტურის გაუმჯობესებას და შთანთქმითიუნარიანობის გადიდებას, ეს კი ხელსაყრელ პირობებს ქმნის ფესვებისა და მიწათმოქმედებისათვის სასარგებლო მიკროორგანიზმების განვითარებისათვის, მცირდება მცენარისათვის საჭირო ნივთიერებების გამორეცხვა ფესვთა სისტემის ზონიდან.

ნაკელის სისტემატური შეტანით მკავე ნიადაგებში ნელდება ჰარბი მკავეიანობის მკვე მოქმედება — ხდება მისი ნაწილობრივი განეიტრალება. ამკვე დროს იზრდება ნიადაგის ბუფერობაც, რის შედეგად მცენარის განვითარებისათვის იქმნება ხელსაყრელი პირობები. ნაკელი ბიცობ ნიადაგში იწვევს მისი ფიზიკური თვისებების გაუმჯობესებას.

ნიადაგში ნაკელის ჩვეულებრივი ნორმებით შეტანისას მცენარე უზრუნველყოფილია კალიუმით, ხოლო შედარებით ნაკლებ-

ბად — აზოტით და კიდევ უფრო ნაკლებად ფოსფორით. ახალი ნაკელი შეიცავს — 75 პროცენტ წყალს, 25 პროცენტ მშრალ ნივთიერებას, მათ შორის აზოტს საშუალოდ 0,5 (0,3-0,7) პროცენტს, ფოსფორს საშუალოდ 0,25 (0,2-0,4) პროცენტს და კალიუმს საშუალოდ 0,6 (0,3-0,8) პროცენტს.

გარდა ზემოთ აღნიშნულისა, ნაკელის მოქმედების კიდევ ერთი მხარე არსებობს, რითაც მისი გავლენა მცენარის კვების რეჟიმზე განსხვავდება მინერალური სასუქებისაგან. ნაკელის გახრწნის შედეგად გამოიყოფა მისი მშრალი წონის 30 პროცენტი ნახშირორქანგის გაზი. ნაწილობრივ ეს უკანასკნელი იხსნება ნიადაგის ხსნარში და მცენარეში შედის ფესვების გზით, რითაც უმჯობესდება ნახშირბადოვანი კვება. გარდა ამისა, ნიადაგის ხსნარში არსებული ნახშირორქანგი აძლიერებს ძნელადხსნადი ფოსფორის, კალიუმისა და სხვა ელემენტების გადაყვანას ადვილადხსნად, მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმაში. ნაკელის გახრწნის შედეგად გამოყოფილი ნახშირორქანგის დიდი ნაწილი ზრდის ნიადაგის ზედაპირის ატმოსფეროში  $\text{CO}_2$  -ის შემცველობას, რაც თავისთავად აძლიერებს ფოტოსინთეზის ინტენსივობას, რის შედეგადაც იზრდება მოსავლიანობა.

ტორფი, ფეკალური სასუქები, შერეული კომპოსტები, ქალაქის ნაგავი და მრეწველობის ანარჩენები თითქმის ისეთივე გავლენას ახდენენ ნიადაგის თვისებებზე როგორც ნაკელი. ნიადაგის თვისებებზე მოქმედების თვალსაზრისით განსხვავდება მწვანე სასუქები.

## 2. მწვანე სასუქები

მწვანე სასუქები ანუ სიდერაცია წარმოადგენს ნიადაგის განოყიერების აგროტექნიკურ ხერხს, რომელიც ხორციელდება განაოყიერებელ ნაკვეთზე სპეციალურ მცენარის თესვით და მისი მწვანე მასის ნიადაგში ჩახენით.

მწვანე სასუქების გამოყენების ძირითადი მიზანია ნიადაგის გამდიდრება აზოტით და ორგანულ ნივთიერებებით, მაგრამ ამ სასუქების გამოყენებით ნიადაგში იზრდება ფოსფორი, კალიუმი, კალციუმი და მცენარისათვის საჭირო სხვა საკვები ელემენტებიც.



ნიადაგის აზოტით და ორგანული ნივთიერებით გამდიდრების ხარისხი დამოკიდებულია მწვანე სასუქათ გამოსაყენებელი კულტურების ბიოლოგიურ თავისებურებაზე, აგროტექნიკის დონეზე და ნიადაგის თვისებებზე.

მწვანე სასუქი ორგანულ ნივთიერებით, აზოტით და მცენარისათვის საჭირო სხვა საკვებ ნივთიერებით ნიადაგის გამდიდრებასთან ერთად, მოქმედებს აგრეთვე სხვა თვისებებზე, რის შედეგადაც უმჯობესდება მცენარის კვების პირობები და იზრდება მოსავალი.

ნიადაგში მწვანე მასის ჩახვნის შედეგად იზრდება ორგანული ნივთიერების დამშლელი ბაქტერიების ამონიფიკატორების და ნიტრიფიკატორების მოქმედება;

მწვანე სასუქის ნიადაგში დაშლის შედეგად წარმოქმნილი ორგანული კოლოიდები იწვევენ, ნიადაგის სტრუქტურის გაუმჯობესებას, რის შედეგადაც უმჯობესდება ნიადაგში წყლის და აერაციის რეჟიმი;

მწვანე მასის ორგანული ნივთიერების დაშლის შედეგად წარმოქმნილი ნახშირორჟანგი იწვევს მცენარის ნახშირბადოვანი კვების გაძლიერებას, რის შედეგადაც ძლიერდება ფოტოსინთეზის პროცესი.

დადგენილია, რომ მწვანე სასუქების სისტემატური გამოყენების შედეგად იზრდება ნიადაგის ბუფერობა და კათიონების შთანთქმითი უნარი.

პარკოსანი კულტურები, რომლებიც მწვანე სასუქად გამოიყენება, ივითარებენ ფესვთა სისტემას ძლიერ ღრმად და აფხვიერებენ ნიადაგის ქვედა ფენებს, ამავე დროს ნიადაგის ქვედა ფენებში არსებულ საკვებ ელემენტებს ითვისებენ და ამოაქვთ ისინი ნიადაგის ზედაპირზე. ამგვარად სიდერატები წარმოადგენენ საუკეთესო წინამორბედს მომდევნო კულტურებისათვის.

მწვანე სასუქების გამოყენება იწვევს ზოგიერთი საკვები ნივთიერებების მობილიზაციას ნიადაგში, გადაყავს რა ისინი მცენარისათვის ძნელად შესათვისებელ ფორმებიდან ადვილად შესათვისებელ ფორმებში. განსაკუთრებით ეს აღსანიშნავია ხანჭკოლის მიმართ, რომელსაც შესწევს უნარი ადვილად შეითვისოს ფოსფორი ძნელად ხსნად რკინის, ალუმინის და სამკალციუმთან ფოსფორებიდან და დაუბრუნოს ის ნიადაგს მწვანე მასის სახით, რომლის დაშლის შედეგად მასში არსებული ფოსფორი გადადის მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში.

სასიღერაციო კულტურების მიერ მძლავრი ფესვთა სისტემის განვითარების და ნიადაგის ზედაპირზე გართხმული მწვანე მასის შექმნის შედეგად ნიადაგის ეროზია მცირდება.

მრავალწლიან კულტურების რიგთაშორისებში დათესილი სიღერატები ითვისებენ ძირითად კულტურების მიერ გამოუყენებელ ნიტრატებს და ამცირებენ მათ ჩარეცხვას ნიადაგის ქვედა ფენებში.

მწვანე სასუქების გამოყენების შედეგად ნიადაგის ფიზიკური, ფიზიკო-ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებების გაუმჯობესების გამო იზრდება სხვა ორგანული და მინერალური სასუქების ეფექტურობა.

ციტრუსოვან კულტურების რიგთაშორისებში შემოდგომა-ზამთრის სიღერატების თესვა, საკვები ელემენტებისა და წყლის შეთვისების მხრივ კონკურენციის შედეგად, იწვევს ციტრუსების ხარბი ზრდის შენელებას, რის შედეგადაც მათულობს მათი ზამთარგამძლეობა.

კარგად განვითარებული სასიღერაციო კულტურები ახშობენ სარეველებს, რითაც უმჯობესდება მომდევნო კულტურების განვითარების პირობები.

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე ნათელია, რომ მწვანე სასუქების გამოყენება წარმოადგენს ნიადაგის ნაყოფიერების გადიდების მძლავრ აგროტექნიკურ საშუალებას, მისი გამოყენება არ არის დაკავშირებული ისეთ დიდ სატრანსპორტო ხარჯებთან, როგორც ნაკელის გამოყენების დროს, მაშინ როდესაც მისგან მიღებული ეფექტი არ ჩამოუვარდება ნაკელის ეფექტურობას. მწვანე სასუქი, როგორც აკად. დ. ნ. პრიანიშნიკოვი აღნიშნავს, არის ნაკელი, გამოყენების ადგილზე მიღებული.

მწვანე სასუქის ეფექტი მნიშვნელოვანია არა მარტო გამოყენების პირველ წელს, არამედ შემდეგაც, რაც 10 წელზე მეტ ხანს გრძელდება. მწვანე სასუქად უმთავრესად გამოიყენება პარკოსნები, თუმცა ზოგჯერ არაპარკოსნებსა და მათ ნარევესაც იყენებენ.

## 8. მინერალური სასუქები

ორგანული სასუქების გამოყენება პრაქტიკაში ცნობილია უხსოვარი დროიდან, მაშინ, როდესაც მინერალური სასუქები 100

წლის ისტორიას ითვლის. საბჭოთა კავშირში მინერალური სასუქების მასობრივი გამოყენება დაიწყო საბჭოთა მეურნეობებისა და კოლმეურნეობების ჩამოყალიბების შემდეგ, როცა ჩვენი ქვეყნის ქიმიურმა მრეწველობამ სწრაფად იწყო განვითარება. აღსანიშნავია, რომ მინერალური სასუქების წარმოებამ საბჭოთა კავშირში არნახული განვითარება განიცადა. ასე, მაგალითად, 1950 წელს დამზადებულ იქნა 5,5 მილიონი ტონა მინერალური სასუქები, ხოლო შვიდწლედის ბოლოს გათვალისწინებულია იგი აყვანილ იქნას 35 მილიონ ტონამდე ყოველწლიურად.

მინერალური სასუქების რაოდენობრივ ზრდასთან ერთად გაიზარდა მათი წარმოების ასორტიმენტიც. შვიდწლედში მინერალური სასუქების მასობრივი გამოშვების ასორტიმენტმა 25 სახეობას უნდა მიაღწიოს.

აზოტიან მინერალურ სასუქებიდან დღეისათვის მასობრივად მზადდება ამონიუმის გვარჯილა, გოგირდმქავე ამონიუმი. გათვალისწინებულია აგრეთვე ნატრიუმისა და კალიუმის გვარჯილების, შარლოვანას, თხევადი ამონიაკისა და ამიაკატების — კალციუმის გვარჯილისა და სხვათა წარმოების გადიდება.

ფოსფორიანი სასუქებიდან სოფლის მეურნეობა ღებულობს სუპერფოსფატს, თომასის წიდას, ფოსფორიტის ფქვილს, თერმოფოსფატსა და პრეციპიტატს.

კალიუმიანი სასუქებიდან მასობრივად მზადდება ქლორკალიუმი, შედარებით ნაკლები რაოდენობით გამოდის 30—40 პროცენტის კალიუმის მარილი და კალიუმის სულფატი.

უკანასკნელ ხანებში ძლიერდება ისეთი რთული სასუქების წარმოება როგორცაა ამოფოსი, ნიტროფოსკა, პოტაზოტი და სხვ. განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა სხვადასხვა სახის მიკროსასუქების წარმოებას და გამოყენებას.

ადგილობრივი სასუქებისაგან განსხვავებით, მინერალური სასუქები ხასიათდებიან საკვები ნივთიერებების მაღალი შემცველობით. უმთავრესი მინერალური სასუქები შეიცავენ მცენარისათვის საჭირო საკვებ ელემენტებს ადვილად ხსნად, ადვილად შესათვისებელ ფორმებში. ამიტომ ნიადაგებთან მათი ურთიერთ მოქმედების შედეგად, გამოყენების წესების არცოდნის გამო, შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ნიადაგის ზოგიერთი თვისების გაუარესებას, რაც უარყოფითად მოქმედებს მცენარის განვითარებაზე. მინერალური სასუქების გამოყენებისას საჭიროა გავითვალისწინოთ მცენარის.

ბიოლოგიური თავისებურება, ნიადაგის თვისებები და ადგილის კლიმატური პირობები.

ცნობილია, რომ სასოფლო-სამეურნეო კულტურები არაერთნაირი რაოდენობით მოითხოვენ მათთვის საჭირო საკვებ ელემენტებს; ერთი და იგივე სიღრმეზე არ ინვითარებენ შემწვავ ფესვთა სისტემას; არ შესწევთ ერთნაირი უნარი შეითვისონ მისთვის საჭირო საკვები ელემენტები ძნელად ხსნად შენაერთებიდან. აქედან გამომდინარე, განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს სასუქების ფორმებისა და დოზების დადგენას, მათი შეტანის სიღრმეს.

გამოყენებული სასუქები იწვევენ ნიადაგის თვისებების შეცვლას. ასე, მაგალითად, ფიზიოლოგიურად მყავე სასუქების სისტემატურად შეტანისას მყავე ეწერ და წითელმიწა ნიადაგების მყავიანობა მკვეთრად დიდდება, რაც აფერხებს მთელი რიგი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების განვითარებას და მოსავლიანობაც ეცემა. ამიტომ ასეთ ნიადაგებზე საჭიროა არა ფიზიოლოგიურად მყავე, არამედ ფიზიოლოგიურად ტუტე მინერალური სასუქების გამოყენება. ნიადაგის თვისებები განსაზღვრავს ზოგიერთი მინერალური სასუქის ეფექტურობას, ასე, მაგალითად, ფოსფორიტის ფქვილი მხოლოდ მყავე რეაქციის ეწერ და წითელმიწებზე იძლევა მაღალ ეფექტს.

მინერალური სასუქების ეფექტურობას განსაზღვრავს აგრეთვე კლიმატური პირობები. დიდი ნალექების პირობებში საჭიროა სასუქების შედარებით მაღალი დოზები და ისეთი ფორმების შერჩევა, რომლებიც იოლად არ ირეცხებიან ქვედა ფენებში.

მინერალური სასუქების ეფექტურობაზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგში მათი შეტანის ვადებიც, რადგან მცენარე არაერთნაირი ინტენსივობით ითვისებს საკვებ ნივთიერებებს. აქედან გამომდინარე საჭიროა სასუქების შეტანის ვადები შეუფარდდეს ამა თუ იმ მცენარის მიერ საკვები ნივთიერებების ინტენსიურად შეთვისების ფაზებს, რაც სასუქების მაღალი ეფექტურობის საწინდარია. მაშასადამე, მცენარის ბიოლოგიური თავისებურების, ნიადაგის თვისებებისა და კლიმატური პირობების ცოდნა საშუალებას იძლევა მინერალური სასუქები გამოყენებულ იქნას წესიერად, რაც უზრუნველყოფს მათ მაღალ ეფექტურობას.

#### 4. არაკირკაპირი სასუქები

ზოგიერთი სასუქის გამოყენების მიზანია არა უშუალოდ მცენარისათვის საჭირო საკვები ნივთიერებით ნიადაგის გამდიდრება,

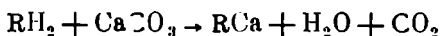
არამედ მისი თვისებების გაუმჯობესება. ასეთ სასუქებს არაპირდაპირს უწოდებენ. მათ განეკუთვნება კირი, თაბაშირი, გოგირდი.

ნიადაგში კირის შეტანის ძირითად მიზანს წარმოადგენს მჟავიანობის განეიტრალება, რაც თავისთავად იწვევს მცენარის ზრდა-განვითარების პირობების გაუმჯობესებას და, აქედან გამომდინარე, მოსავლიანობის გადიდებას. რა თქმა უნდა, ეს იმას არ ნიშნავს, რომ არაპირდაპირ სასუქს, კირს არ შეუძლია მთელ რიგ შემთხვევაში პირდაპირ, ე. ი. ნიადაგის საკვები ნივთიერების გამდიდრებაზე იმოქმედოს. ასე, მაგალითად, მჟავიანობის განეიტრალების მიზნით ნიადაგში შეტანილი კირი იწვევს აგრეთვე მცენარის კვების გაუმჯობესებას კალციუმით. მაგრამ უნდა გვახსოვდეს, რომ კირის პირდაპირი მოქმედება ძალზე მცირეა ან მეორეხარისხოვანი, არაპირდაპირ მოქმედებასთან შედარებით.

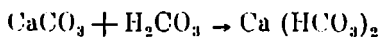
**მოკირიანება.** მოკირიანება ეწოდება ნიადაგში კალციუმის (და მაგნიუმის) კარბონატის ან ამ ელემენტების ქანგისა და ჰიდროქანგის სახით შეტანას, მჟავიანობის განეიტრალების მიზნით.

საქართველოში მჟავე ეწერ და წითელმიწა ნიადაგებს მნიშვნელოვანი ტერიტორია უკავია. მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ნიადაგის გადიდებული მჟავიანობა აფერხებს ძირითადი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარებას, რის შედეგადაც ეცემა მოსავლიანობა. ამავე მიზეზით აღნიშნული ნიადაგები ხასიათდებიან ცუდი ქიმიური, ფიზიკური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებებით, რომლებიც ძირითადად შეპირობებულია ნიადაგის მაღალი მჟავიანობით.

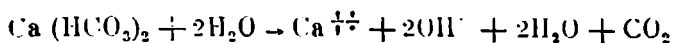
კირის შეტანით წარმოებს ნიადაგში არსებული თავისუფალი ორგანული მჟავების განეიტრალება, რომელიც პირობით შემდეგი სახით შეიძლება გამოვხატოთ:



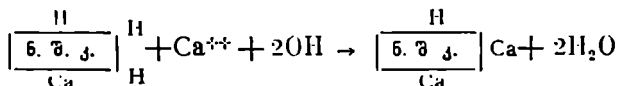
კირის შეტანით ნიადაგის ხსნარში არსებული ნახშირმჟავა ნეიტრალდება და წარმოიშობა კალციუმის ბიკარბონატი:



ეს უკანასკნელი წყალთან ურთიერთმოქმედებით განიცდის შემდგომ გარდაქმნას:



ამ რეაქციის შედეგად ნიადაგის ხსნარში იზრდება კალციუმის იონების რაოდენობა, რის გამოც რეაქცია ნეიტრალური მიმართულებით წარიმართება. ეს კი თავისთავად იწვევს ნიადაგის შთანთქმულ კომპლექსში არსებული წყალბადიონების გამოძევებას და მათ განეიტრალებას ხსნარში არსებული ჰიდროქსილის იონების გავლენით:



კორის შეტანა ნიადაგის ჰიდროლიზური მქავეიანობის ეკვივალენტური რაოდენობით იწვევს გაცვლითი მქავეიანობის განეიტრალებას, მნიშვნელოვნად ამცირებს ნიადაგის ჰიდროლიზურ მქავეიანობას, ზრდის ფუძეებით მაძღრობის ხარისხს და კალციუმის იონების რაოდენობას ნიადაგის ხსნარში.

ნიადაგის მშთანთქმელ კომპლექსში წყალბადიონების შეცვლას კალციუმით მოსდევს ნიადაგის კოლოიდების კოაგულაცია, რაც იცავს ნიადაგიდან მათ გამორეცხვას, ნიადაგის ფიზიკური თვისებების გაუმჯობესებას რის შედეგადაც იოლდება მისი დამუშავება, იზრდება წყალგამტარობა და აერაცია, უმჯობესდება მცენარის განვითარების პირობები.

მოკირიანებული ნიადაგების მშთანთქმელ კომპლექსში კალციუმის საკმაოდ არსებობისას, წარმოქმნილი ნეშომპალა აკოწიწებს ნიადაგის მინერალურ მექანიკურ ნაწილაკებს და წარმოქმნის მარცვლოვან სტრუქტურულ აგრეგატებს.

მოკირიანების შედეგად მქავეიანობის შემცირება, ფიზიკური თვისებების გაუმჯობესება და ნიადაგის ხსნარში კალციუმის რაოდენობის გადიდება, აძლიერებს მიწათმოქმედებისათვის სასარგებლო მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობას. მოკირიანებით იზრდება ნიადაგის ორგანული ნივთიერების დამშლელი ისეთი მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობა, როგორიცაა ამონიფიკატორები და ნიტრიფიკატორები. ცხოველმყოფელი ხდება აგრეთვე ფოსფორის ორგანული შენაერთების დამშლელი ბაქტერიების, კოჟრის ბაქტერიებისა და აზოტის თავისუფალი ფიქსატორების

მოქმედება. ნიადაგის ორგანული ნივთიერების დამშლელი მიკრო-ორგანიზმების ცხოველმყოფელობის გაძლიერება კი თავისთავად იწვევს ორგანულ ნივთიერებაში არსებული აზოტის, ფოსფორისა და სხვა საკვები ელემენტების გადაყვანას მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში. მაშასადამე, მჟავე ნიადაგების მოკირიანების შედეგად ნიადაგის პოტენციალური ნაყოფიერება ორგანული ნივთიერების სახით, გადადის ეფექტურ ნაყოფიერებაში.

მჟავე ნიადაგების მოკირიანება ამცირებს მცენარისათვის მავნე და პარაზიტული სოკოების განვითარებას, რადგანაც, როგორც ცნობილია, ნეიტრალური რეაქცია და კალციუმის იონების სიჭარბე ნიადაგის ხსნარში დამლუბველად მოქმედებს სოკოვან ფლორაზე. ამ უკანასკნელს მიეკუთვნება კომბოსტოსა და სხვა ჭვაროსნების დაავადების გამომწვევი სოკოები, შაქრის ჭარხლის ფესვიჭამია სოკო და სხვ.

მოკირიანების შედეგად მჟავე ნიადაგების არეს რეაქციის ტუტე მიმართულებით შეცვლა იწვევს ნიადაგში არსებული რკინისა და ალუმინის ფოსფატების ფოსფორის გადაყვანას კალციუმის ფოსფატებში, რაც მცენარის ფოსფოროვან კვებას აუმჯობესებს, რადგანაც კალციუმის ფოსფატში არსებული ფოსფორი უფრო მისაწვდომია მცენარისათვის, ვიდრე ალუმინის და რკინის ფოსფატების ფოსფორი. უნდა ვიფიქროთ აგრეთვე, რომ თუ ნიადაგში იმყოფება ფოსფორი ადსორბირებულ მდგომარეობაში, მაშინ კირის შეტანით წარმოქმნილ ჰიდროქსილის იონებს შეუძლია ნიადაგის კოლოიდების მიერ ადსორბირებული  $P_2O_5$  გამოაძევოს და გადაიყვანოს ნიადაგის ხსნარში.

მოკირიანების შედეგად აზოტით და ფოსფორით კვების გაუმჯობესება იწვევს მცენარის ფესვთა სისტემის განვითარების გაძლიერებას, რაც თავისთავად აღიღებს ფესვების მიერ საკვები ნივთიერების შეთვისების ხარისხს.

მოკირიანებით მცირდება რა ნიადაგის კოლოიდების გამორეცხვა, დიდდება შთანქმითი ტევადობა, რის შედეგად იზრდება კათიონების შეკავების უნარი და ნიადაგში შეტანილი სასუქების ეფექტურობა. დადგენილია, რომ მოკირიანება იწვევს აზოტიანი, ფოსფორიანი და კალიუმიანი სასუქების ეფექტურობის გადიდებას, მცენარის განვითარებისათვის საჭირო პირობების გაუმჯობესებით.

მოკირიანება იწვევს ზოგიერთი ელემენტის მოძრავი ფორმების შემცირებას. ასე, მაგალითად, ნიადაგში კირის შეტანის შედეგად, ნეიტრალური რეაქციის პირობებში, ხსნარიდან თითქმის მთლიანად გამოილექება მოძრავი ალუმინი და მანგანუმი, რაც დადებით მოვლენას წარმოადგენს, რადგან მათი დიდი რაოდენობით დაგროვება მომწამვლელად მოქმედებს მცენარის განვითარებაზე. მეორე მხრივ, ნიადაგის ჭარბმა მოკირიანებამ შეიძლება გამოიწვიოს ბორის გადაყვანა მცენარისათვის ნაკლებად შესათვისებელ ფორმებში. ეს აიხსნება იმით, რომ ბორი კირთან იძლევა ნაკლებად ხსნად შენაერთს, გარდა ამისა, კირის შეტანა აძლიერებს რამიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობას, ისინი ითვისებენ მცენარისათვის საჭირო მეტ საკვებ ელემენტებს, მათ შორის ბორსაც. რაც იწვევს მცენარისათვის ამ უკანასკნელის ნაკლებობას. მოკირიანების შემდეგ ბორის შემცველი სასუქების შეტანა, როგორც წესი, დიდ ეფექტს იძლევა. ასევე ჭარბი მოკირიანების შედეგად რკინა და თუთია გადადის ძნელადხსნად შენაერთებში კარბონატების სახით, რის გამოც მცენარეები იჩაგრებიან ამ ელემენტების შესათვისებელი ფორმების სიმცირის გამო.

გარდა ზემოაღნიშნულისა, კირის შეტანა ნიადაგში იწვევს აგრეთვე მცენარის კალციუმით კვების გაუმჯობესებას, განსაკუთრებით ისეთი მცენარეებისას, რომლებიც ზრდა და განვითარებისათვის კალციუმს დიდი რაოდენობით მოითხოვენ.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურული მცენარეები არაერთნაირ დამოკიდებულებას ამჟღავნებენ მოკირიანებისადმი. კულტურები, რომლებიც უფრო მგრძობიარენი არიან მჟავიანობისადმი (იონჯა, ხორბალი და სხვა), მოკირიანებისას მოსავლის დიდმა ტემბამ იძლევიან; ისეთი მცენარეები, როგორცაა ჭვავი, შვრია სუსტად რეაგირებენ ამ ღონისძიებაზე, მხოლოდ სელის, კარტოფილისა და ხანჭკოლის მოსავალი იზრდება ზომიერი დოზების გამოყენებისას; კირის ოდნავ ჭარბი დოზები დაბლა სცემს მათ მოსავალს და აუარესებს მის ხარისხს. ამიტომ მოკირიანების ჩატარებისას მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული მცენარეების დამოკიდებულება მისდამი.

ნიადაგის მჟავიანობის თავიდან აცილების ან მისი მნიშვნელოვნად შემცირებისათვის გამოიყენება სხვადასხვა კირიანი სასუქები: დაჟქვილი კირი, დამწვარი კირი, კირის ტუფი, დოლომიტის ფქვილი, ტბის კირი, ტკილი, აგრეთვე კირის შემცველი მრეწ-



ველობის ანარჩენები დეფეკაციური ტალახი, ტორფის ნაცარი და სხვა. ნიადაგის მკავიანობის ხარისხი ნაწილობრივად მცირდება ნაკელისა და ტორფის დიდი რაოდენობით გამოყენების დროს. მკავიანობას ამცირებს აგრეთვე ფოსფორიტის ფქვილი. კალციუმის გვარჯილა, თომასის წიდა, მარტენის წიდა და სხვ., რომლებიც საკმაოდ დიდი რაოდენობით შეიცავენ კალციუმს კარბონატების და სხვა შენარტების სახით.

მოკირიანების ეფექტი დამოკიდებულია მისი ჩატარების ვადასა, შეტანის ტექნიკასა და სიღრმეზე. ამიტომ მოკირიანების პრაქტიკულად გატარებისას კირის გამოყენების საკითხს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს.

მოთაბაშირება. მოთაბაშირება ეწოდება თაბაშირის შეტანას შთანთქმულ კომპლექსში შთანთქმული ნატრიუმის შემცველი ნიადაგის (ბიცობიანი) ფიზიკურ-ქიმიური, ფიზიკური და ბიოლოგიური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით.

საქართველოში საკმაოდაა ჭუტე რეაქციის მქონე ნიადაგები, რომელთაც ბიც და ბიცობიან ნიადაგებს უწოდებენ. პირველი ჯგუფის ნიადაგების (ბიცი) დამახასიათებელია შარილების დაგროვება ნიადაგის ზედა ფენებში, ხოლო მეორესათვის (ბიცობი) — გამლაშების პროცესი და მშთანთქმელ კომპლექსში ნატრიუმის დიდი რაოდენობით არსებობა. უმაღლესი ხარისხის მლაშე ნიადაგებს ბიცი ეწოდება, ხოლო უმაღლესი ხარისხის ბიცობიან ნიადაგს — ბიცობი.

ბიცი და ბიცობი ნიადაგები ხასიათდებიან ცუდი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით, აქვთ მეტისმეტი შეწებების უნარი და არ გააჩნიათ წვრილმარცვლოვანი სტრუქტურა. ამის გამო ტენიან პირობებში ისინი წარმოადგენენ მწვებავ პლასტიკურ მასას, რომელიც დამუშავებისას იქცევა ბელტებად. მშრალ მდგომარეობაში მყოფი ასეთი ნიადაგების დამუშავება საერთოდ შეუძლებელია.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობა ბიცი და ბიცობ ნიადაგებზე დაბალია და უხარისხო.

მლაშე ნიადაგების გაუმჯობესების ღონისძიებები მიმართულია მათი ზედმეტი რაოდენობით ხსნადი მარილებისაგან განთავისუფლებისაკენ. ეს ღონისძიებებია: 1. მექანიკური, 2. ბიოლოგიური და 3. ირიგაციული.

მექანიკური საშუალებით ბიცობ ნიადაგებს აუმჯობესებენ ზედაპირზე დაგროვილი მარილების (ქერქი, ხორხორი) დამტვრევით.

მლაშე ნიადაგებში მარილების შემცირებას ახდენენ აგრეთვე ბიოლოგიური გზით, რისთვისაც ამ ნიადაგებზე თესენ ნაცარქათამას ოჯახის მცენარეებს, რომლებიც დიდი რაოდენობით შთათქავენ მარილებს; ბალახებს შემდეგ თიბავენ და გააქვთ ფართობიდან. მლაშე ნიადაგების გაუმჯობესების მექანიკური და ბიოლოგიური საშუალებები მხოლოდ დამხმარე ღონისძიებებია. ძირითად ღონისძიებად ითვლება ნიადაგის გარეცხვა მარილებისაგან ირიგაციული წესით. ამ მიზნით სამელიორაციო ფართობზე მიაგდებენ სარწყავ წყალს, რომელიც ხსნის ნიადაგის ზედაპირზე არსებულ მარილებს და ჩარეცხავს მათ ქვედა ფენებში. ქვედა ფენებში ჩაქონილი მარილიანი წყალი კი სპეციალური სადრენაჟო არხებით გამოიღვენება ფართობიდან.

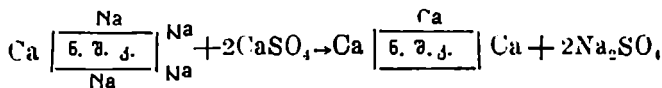
მლაშე ნიადაგების გარეცხვა გრძელდება 3-5 წლის განმავლობაში, რის შემდეგ ნიადაგს ანოყიერებენ ნაკელით და ფიზიოლოგიურად მკავე ფორმის მინერალური სასუქებით. ამის შემდეგ თესენ ისეთ მარილამტან კულტურებს, როგორიცაა შაქრის ქარხალი, ბამბა, ქერი, ხორბალი და სხვ.

დამლაშებული ნიადაგების მეორე ჯგუფისათვის, რომლებიც ხასიათდებიან მშთანთქმელ კომპლექსში დიდი რაოდენობით ნატრიუმის დაგროვებით და სოდით დამარილებით, არ არის საკმარისი ზემოთ აღნიშნული ღონისძიებების გატარება.

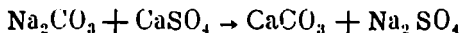
ბიციობი ნიადაგების თვისებების გაუმჯობესებისათვის საჭიროა მშთანთქმელ კომპლექსიდან ნატრიუმის გამოძევება, სოდის მოცილება და ბიციობიანი მკვრივი ფენის დარღვევა-გასტრუქტურება.

შთანთქმული ნატრიუმის გამოძევება მშთანთქმელ კომპლექსიდან და სოდის გადაყვანა ნატრიუმის სულფატში წარმოებს ნიადაგში თაბაშირის შეტანით, რომლის დოზა ჰექტარზე საშუალოდ უდრის 3-5 ტონას.

თაბაშირის შემადგენლობაში შემავალი კალციუმი ურთიერთმოქმედებაში შედის ნიადაგის მშთანთქმელ კომპლექსში არსებულ ნატრიუმთან, აძევებს ამ უკანასკნელს და იკავებს მის ადგილს, რის შედეგადაც ნიადაგში წარმოიქმნება ნატრიუმის სულფატი, რომელიც ადვილად ხსნადი მარილია და იოლად ჩაირეცხება ქვედა ფენებში, საიდანაც დრენაჟის საშუალებით გაედინება სამელიორაციო ნაკვეთიდან:



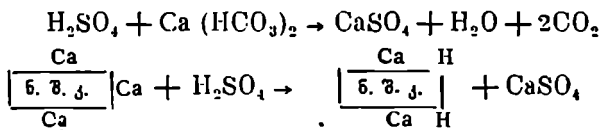
თაბაშირი ურთიერთრეაქციაში შედის ბიცობ ნიადაგებში არსებულ სოდასთან და წარმოშობს ნატრიუმის სულფატს, რომელიც წყლით ჩაირეცხება ქვედა ფენებში და გაედინება დრენაჟით:



მოთაბაშირების შედეგად წარმოშობილი ნატრიუმის სულფატის ნიადაგის ქვედა ფენებში ჩარეცხვისათვის საჭიროა სათანადო სადრენაჟო სისტემით უზრუნველყოფილ ფართობზე წყლის მიგდება 2-3 წლის განმავლობაში. მოსათაბაშირებლად იყენებენ ნედლ დაფქვილ თაბაშირს ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), ფოსფორ თაბაშირს, გაჯს. მოთაბაშირების შემდეგ საჭიროა ნაკვეთზე მწვანე სასუქების თესვა და სხვა ორგანული და მინერალური სასუქების გამოყენება.

ნიადაგის ღრმად დამუშავება დიდ გავლენას ახდენს ბიცობი ნიადაგების თვისებების გაუმჯობესებაზე. ღრმად დამუშავებულ ბიცობ ნიადაგში იოლად ჩაირეცხება სარწყავი წყლით ნიადაგის ზედა ფენებში წარმოშობილი ნატრიუმის სულფატი. მაშასადამე, მოთაბაშირება, ნიადაგის ღრმად დამუშავება, ორგანული და მინერალური სასუქების გამოყენება წარმოადგენს ღონისძიებათა იმ კომპლექსს, რომელიც იწვევს ბიცობი ნიადაგების თვისებების გაუმჯობესებას, რაც მოსავლის გადიდების საწინდარია.

გო გ ი რ დ ი ს გ ა მ ო ყ ე ნ ე ბ ა ს ა ს უ ქ ა დ. ნიადაგში შეტანილი ელემენტარული გოგირდი მიკროორგანიზმების გავლენით განიცდის დაჟანგვას, რის შედეგად წარმოიშვება გოგირდმჟავა, ამ პროცესს სულფურიზაციას უწოდებენ. წარმოშობილი გოგირდმჟავა შედის რეაქციაში ნიადაგში არსებულ ნახშირმჟავა მარილებთან და შთანთქმულ კალციუმთან და წარმოიშვება გოგირდმჟავა კალციუმი;



გოგირდით ღარიბ ნიადაგებზე და მისი მაღალი შემცველობის ნქონე კულტურების მოშენებისას, ნიადაგში შეტანილი გოგირდი მოქმედებს როგორც პირდაპირი სასუქი, მაგრამ გოგირდის გამოყენების ძირითად მიზანს წარმოადგენს ტუტე რეაქციის განეიტრალება. ნიადაგის ტუტიანობის განეიტრალება მიმდინარეობს თანდათანობით ელემენტარული გოგირდის მქავეში გადასვლის შესაბამისად. ნიადაგის ტუტიანობის განეიტრალება და ნაწილობრივ ნიადაგის შემქავება იწვევს ნიადაგში არსებული ძნელადხსნადი მთელი რიგი ელემენტების გადაყვანას ადვილადხსნად, მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში.

ჩვენი გამოკვლევებით მუხრანის კარბონატულ ნიადაგებზე დაღენილ იქნა, რომ ელემენტარული გოგირდის შეტანას კარბონატების ჯამის ეკვივალენტური რაოდენობით მოსდევს არეს რეაქციის  $\text{PH} = 7,8$ -დან  $\text{PH} = 6,0$  შემქავება, რის შედეგადაც ნიადაგში იზრდება მცენარისათვის შესათვისებელი ფოსფორი, რკინა, მანგანუმი, ბორი და თუთია. აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ ქლოროზით დაავადებულ ვაზებში გოგირდის ადგილობრივმა შეტანამ კარბონატების ეკვივალენტური რაოდენობით გამოიწვია ქლოროზით საშუალოდ დაზიანებული ვაზების სრული გაჯანსაღება ხუთი წლის ვადით, შემდეგ კი აღნიშნულ ვაზებზე ისევ გამოძვლავნდა ქლოროზის ნიშნები. მაშასადამე, ელემენტარული გოგირდით შეიძლება ვებრძოლოთ ვაზის ქლოროზს<sup>1</sup>.

##### 5. სასუქავის ეფექტურობის გაღიჯავის ღონისძიავანი

სასუქების წარმოება საბქოთა კავშირში არნახული ტემპებით იზრდება. მიუხედავად ამისა, ჩვენი ქიმიური მრეწველობა ჯერ კიდევ მთლიანად ვერ აკმაყოფილებს სოფლის მეურნეობის მოთხოვნილებას სასუქებზე. ამიტომ ერთ-ერთ ძირითად ამოცანას, რომელსაც აყენებს სოფლის მეურნეობის პრაქტიკა მეცნიერების წინაშე, წარმოადგენს სასუქების გამოყენების ისეთი ხერხების შემუშავება, რომლებიც უზრუნველყოფენ ერთი კილოგრამი სასუქიდან რაც შეიძლება მეტი მოსავლის მიღებას. მაშასადამე, მცენარის კვების შემსწავლელი მეცნიერების ძირითად ამოცანას წარმოადგენს სასუქების ეფექტურობის გაღიჯება, რომელიც მქიღრო კავშირშია

<sup>1</sup>. იხ. Рассел Э., Почвенные условия и рост растений, и ад-во и постр. литературы, Москва, 1955.

საერთოდ მთელი მიწათმოქმედების კულტურის ამალებასთან. ნიადაგის წესიერი დამუშავება, მოცემული ნიადაგურ-კლიმატური პირობებისათვის სათანადო ჭიშების შერჩევა, თესლბრუნვის გატარება. ნორმალური მორწყვა, სარეველებთან და მავნებლებთან ბრძოლის დროული ჩატარება აპირობებს სასუქების მაღალ ეფექტურობას.

ზემოთ მოყვანილ აგროტექნიკურ ღონისძიებებიდან მორწყვის წესიერად ჩატარება წარმოადგენს მძლავრ საშუალებას სასუქების ეფექტურობის გადიდებისათვის, რადგანაც მცენარის განუწყვეტელი მომარაგება წყლით და საკვებით წარმოადგენს მაღალი მოსავლის წილების საფუძველს. მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებით დადგენილია. რომ მცენარეების უზრუნველყოფას წყლით დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგში შეტანილი სასუქების ეფექტურად გამოყენებისათვის, ამიტომ ხელოვნური მორწყვის შემოღება გვალვიან რაიონებში განუსაზღვრელ შესაძლებლობას იძლევა ყველა სახის სასუქების ეფექტურად გამოყენებისათვის.

აგრონომიული თვალსაზრისით მინერალური სასუქების ეფექტურად გამოყენების მთავარ პირობას წარმოადგენს ყველაზე უფრო სასურველი წვრილმარცვლოვანი სტრუქტურის სიტემატური შექმნა და აღდგენა. მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ ვ. რ. ვილიამსის ნობელების მთავარ შეცნობას წარმოადგენს მტკიცება იმის შესახებ. თითქოს სასუქების მოქმედება შეიძლება ეფექტური იყოს მხოლოდ სტრუქტურულ ნიადაგებზე. მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებით და პრაქტიკული გამოცდილებით დღეისათვის დადგენილია. რომ ორივე სახის სასუქების ერთდროულად გამოყენება წარმოადგენს მძლავრ ღონისძიებას მოსავლიანობის მკვეთრად გადიდებისათვის უსტრუქტურო ნიადაგებზეც კი, თუმცა ნიადაგის კარგი სტრუქტურის შექმნა უზრუნველყოფს კიდევ უფრო მაღალ ეფექტს.

სასუქების ეფექტურობაზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს თვით სასუქების გამოყენების სწორი სისტემის გატარება. მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ მინერალური და ორგანული სასუქების ადგილობრივი შეტანა მწკრივისა და ბუდნაში, ნათი ნობნევის წესით შეტანასთან შედარებით, სამჯერ და უფრო მეტად ადიდებს ეფექტურობას. მიუხედავად ამისა, ეს ღონისძიება შეუწყნარებელი ტემპით ინერგება პრაქტიკაში, რის გამოც შეუძლებელი ხდება სასუქების დიდი რეზერვების გამონთავისუფლება

და ამის საფუძველზე გასანოციერებელი კულტურების ნათესი ფართობების გადიდება.

უკანასკნელი წლების გამოკვლევებით გარკვეულია, რომ სასუქების შრეობრივი შეტანა, მწკრივში შეტანასთან შედარებით, მკვეთრად აღიღებს მინერალური სასუქების ეფექტურობას. ამ მხრივ აღსანიშნავია ა. სანიკიძის გამოკვლევები ვაზის კულტურის განოციერების საკითხებზე და ჩვენი გამოკვლევა სასუქების შრეობრივი შეტანის ეფექტურობაზე სიმინდის კულტურისათვის. უნდა აღინიშნოს, რომ დღეისათვის ჯერ კიდევ არ მოგვეპოვება შესაფერისი კონსტრუქციის მანქანები სასუქების ორ ფენად შეტანის განხორციელებისათვის, თუმცა ამ მხრივ ზოგი რამ გაკეთებულია მევენახეობა-მელვინეობისა და მებაღეობის ინსტიტუტის მექანიზაციის განყოფილების მიერ. საჭროა ჩვენი საკონსტრუქტორო დაწესებულებების მუშაობა წარმართულ იქნას ამ მეტად მნიშვნელოვანი ამოცანის გადაწყვეტისაკენ, რაშიაც აგროქიმიკოსებს შეუძლიათ გარკვეული დახმარება აღმოუჩინონ მათ. შრეობრივი შეტანის დანერგვით კი გამონთავისუფლდება სასუქების დამატებითი რეზერვები, რომლებიც შეიძლება გამოყენებული იქნას დამატებითი ფართობების გასანოციერებლად.

მრავალრიცხოვანი ცდებით დადგენილია, რომ ორგანული და მინერალური სასუქების ერთობლივი შეტანა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავალს ზრდის უფრო მეტად, ვიდრე მათი ცალ-ცალკე გამოყენება, ეს კი თავის მხრივ აიხსნება მით, რომ სასუქების ნარევი იქმნება საკვები ნივთიერების უფრო ხელსაყრელი თანაფარდობა.

ორგანული სასუქების გავლენით მცირდება მინერალური სასუქების ადვილადხსნად ფორმებში ჭარბად არსებული საკვები ნივთიერების უარყოფითი გავლენა მცენარეზე, რაც გამოწვეულია ორგანული სასუქის მიერ მინერალურ სასუქში არსებული ადვილადხსნადი ნივთიერებების შთანქმით და მისი თანდათანობითი გადაცემით ნიადაგის ხსნარისათვის.

ორგანული და მინერალური სასუქის კომბინირება უზრუნველყოფს მცენარეს როგორც მისი განვითარების პირველ, ისე შემდგომ სტადიებში. რადგან მინერალური სასუქების ადვილად შესათვისებელ საკვებ ნივთიერებებს მცენარე იყენებს განვითარების დასაწყისში, ხოლო ორგანული სასუქების გახრწნის შედეგად განთავისუფლებული შესათვისებელი საკვები ნივთიერებები მოქმედ-

დებაში მოდიან მცენარის განვითარების უფრო გვიან ფაზებში.

გარდა ამისა, მინერალური სასუქების ორგანულზე დამატებამ შესაძლებელია შეავსოს მცენარის შესათვისებელი აზოტის ნაკლებობა.

ორივე სახის სასუქების ერთობლივი გამოყენება დადებითია იმ მხრივაც, რომ ორგანული ნივთიერება აუმჯობესებს ნიადაგის ფიზიკურ, ფიზიკურ-ქიმიურ და ბიოლოგიურ თვისებებს, აძლიერებს აგრეთვე მცენარის ნახშირბადოვან კვებას.

უნდა აღინიშნოს, რომ მიუხედავად ორგანული და მინერალური სასუქების ერთობლივი გამოყენების მაღალი ეფექტურობისა, ღდვისათვის ამ ღონისძიების დანერგვა ვერ დგას სათანადო სიმაღლეზე. ამ მხრივ მოუგვარებელია ორგანული სასუქების დაგროვება და შენახვა, მათი რეზერვების გამოყენება. ყოვლად მოუთმენელია ნაკელის შენახვის ისეთი წესი, რომელიც კოლმეურნეობებსა და საბჭოთა მეურნეობებში არსებობს დღეს. საკმარისია აღინიშნოს, რომ კოლმეურნეობებსა და საბჭოთა მეურნეობებში ჭერ კიდეც არ მოგვეპოვება მეცნიერების თანამედროვე მოთხოვნების შესაფერისი სანაკელები, ამიტომ ნაკელი, როგორც წესი, უხარისხო და მცირე რაოდენობით გროვდება. არ არის პრაქტიკაში დანერგილი ტორფის საფენად გამოყენება.

საქართველოს ტორფის ქარხნებში ძალზე დაბალი ხარისხის ტორფოკომპოსტები მზადდება, რის გამოც მათ გამოყენებაზე მრავალი მეურნეობა აცნადებს უარს. აღნიშნულ ქარხნებში ტორფოფოსფორიტის ფქვილის კომპოსტების დამზადებისას ყოველ 95 ტონა გამოქარულ ტორფს 3 ტონა ფოსფორიტის ფქვილი ემატება. ასეთი სახით დამზადებული ტორფოფოსფორიტის ფქვილის კომპოსტი შეაქვთ ჩაის პლანტაციასი ჰექტარზე 50-200 ტონის რაოდენობით, რაც იწვევს ნიადაგში დიდი რაოდენობით ფოსფორის დაგროვებას. აღსანიშნავია, რომ ჩაის აგროწესებში ასეთი წესით დამზადებული კომპოსტის გამოყენებასთან ერთად გათვალისწინებულია სუპერფოსფატის შეტანა, რაც კიდეც უფრო აღიდებს ნიადაგებში ფოსფორის რაოდენობას.

სრულიად მოუგვარებელია კოლმეურნეობებსა და საბჭოთა მეურნეობებში შერეული კომპოსტების დაგროვება-შენახვა და გამოყენების საკითხები. აქვე უნდა აღინიშნოს საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტროს უყურადღებობა ორგანული სასუქების შე

ნახვის, რეზერვების გამოვლინებისა და გამოყენების საკითხებისადმი.

მკაცვ ეწერ და წითელმიწა ნიადაგებზე საერთოდ სასუქების და განსაკუთრებით მინერალური სასუქების ეფექტურობის გადიდებისათვის პირველხარისხიანი მნიშვნელობა აქვს მოკირიანების სწორად და სისტემატურად ჩატარებას.

ჩაისა და სუბტროპიკული კულტურების საკავშირო სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის ჩაქვის ფილიალის, საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის აგროქიმიის კათედრისა და სხვათა გამოკვლევებით დადგენილია, რომ სისტემატურად წითელმიწა და ეწერ ნიადაგებზე ზოგიერთი მინერალური სასუქის, სახელდობრ გოგირდმკაცვა ამონიუმის, ამონიუმის გვარჯილის, ქლორკალიუმის და სხვ. გამოყენება, შთანთქმული კალციუმისა და მანგანუმის მარაგის შემცირებას იწვევს ნიადაგში, მატულობს მისი მკაცვიანობა და იზრდება მოძრავი ალუმინისა და მანგანუმის რაოდენობა. ეს ცვლილებები ყველაზე უფრო ადრე გამოვლინებულ იქნა მსუბუქ ქვიშნარ და ქვექვიშნარ ნიადაგებზე, ხოლო უფრო ნაკლებად თიხნარ და ქვეთიხნარებზე. ნიადაგის აღნიშნული ცვლილებების მნიშვნელოვან შემცირებას იწვევს. რაც შეეხება ფოსფორიან სასუქს, აღნიშნულ პირობებში იგი ინარჩუნებს თავის ეფექტურობას მხოლოდ გადიდებული დოზების შემთხვევაში.

დადგენილია აგრეთვე, რომ მკაცვ ეწერ და წითელმიწა ნიადაგების მოკირიანება მკვეთრად აღიძებს სასუქების ეფექტურობას ციტრუსების, სიმინდისა და სიდერატების კულტურების ქვეშ. მიუხედავად ამისა, ამ ღონისძიებამ ჯერ კიდევ ვერ ჰპოვა ფართო გამოყენება პრაქტიკაში. ციტრუსების მოკირიანება თუმცა შემოღებულ იქნა 1956 წელს აჭარის ზოგიერთ საბჭოთა მეურნეობაში, მაგრამ მალე შეწყდა, რაც საქართველოს სოფლის მეურნეობის სამინისტროს ყურადღების გარეშე დარჩენილი.

უკანასკნელ ხანებში ფართოდ იყენებენ სუპერფოსფატის მარცვლისებურ სასუქებს. ჩვენს მიერ ჩატარებული მრავალრიცხოვანი ცდები საქართველოს სხვადასხვა ნიადაგობრივ და კლიმატურ რაიონებში მრავალფეროვანი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მიმართ მოწმობენ, რომ 3-4 მმ დიამეტრის მქონე დამარცვლული სუპერფოსფატი, როგორც წესი, მოსავლის უფრო მეტ მატებას იძლევა, ვიდრე იგივე სუპერფოსფატი გამოყენებული



ფხვნილის სახით. მარცვლისებურ სასუქებს უფრო მეტი უპირატესობა უნდა მიეცეთ გაეწერებულ და წითელმიწა ნიადაგებზე. ე. ი. ისეთ ნიადაგებზე, რომლებიც ხასიათდებიან ფოსფორის მკაფას ძნელადხსნად, მცენარისათვის ძნელადშესათვისებელ ფორმებში შეკვრის დიდი უნარით. ასეთ ნიადაგებში მარცვლისებური სუპერფოსფატის შეტანისას ყველა მარცვლის ირგვლივ იქმნება ფოსფორის მკავით მაძღრობის მაღალი კერები, რაც მნიშვნელოვნად აადვილებს მცენარის მიერ მათ გამოყენებას.

საბჭოთა კავშირის სხვა რესპუბლიკებში ჩატარებული ცდების შედეგებისაგან განსხვავებით ჩვენმა ცდებმა კარბონატულ და წაბლა ნიადაგებზე დაგვარწმუნეს, რომ მარცვლისებური სუპერფოსფატი შეტანილი ბუნდებსა და მწკრივებში ერთნაირი, შედარებით მაღალი დოზებით (60 კგ  $P_2O_5$ ) არავითარ სხვადასხვაობას არ იძლევა ფხვნილისებურ სუპერფოსფატთან შედარებით, მაგრამ ამავე ნიადაგებზე მარცვლისებური სუპერფოსფატი შეტანილი იგივე დოზებით იძლევა 10%-მდე მოსავლის მატებას, მობნევის წესით შეტანილ ფხვნილისებურ სუპერფოსფატთან შედარებით. მიუხედავად იმისა, რომ ნეიტრალურ და კარბონატულ ნიადაგებზე ეფექტურობის თვალსაზრისით მარცვლისებურ სუპერფოსფატს დიდი უპირატესობა არ გააჩნია ფხვნილისებურთან შედარებით, მაინც მარცვლისებური სუპერფოსფატის გამოყენება მისი ნიადაგში შეტანის გაადვილების მიზნით უმჯობესია, რადგან ამისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნას სასუქების შემტანი მანქანები, მაშინ როდესაც ფხვნილისებური სუპერფოსფატის მიმართ ეს გამორიცხულია.

ცნობილია, რომ ძირითადი სასოფლო-სამეურნეო კულტურები განვითარების ადრეულ პერიოდებში საჭიროებენ გაძლიერებულ ფოსფოროვან კვებას, მაგრამ ძნელადხსნად შენაერთებიდან ფოსფორის გამოყენების უნარი მცენარეებს ამ პერიოდში ძალზე დაბალი აქვთ. ეს უნარი იზრდება განვითარების გვიან საფეხურებზე, ძლიერი ფესვთა სისტემის განვითარებისა და ფესვების გამონაყოფის ზრდასთან ერთად, რომლებიც გამხსნელ გავლენას ახდენენ ნიადაგში არსებულ ძნელადხსნად ფოსფატებზე. ამიტომ თესლის ირგვლივ იოდად შესათვისებელი ფოსფორის მკაფას კონცენტრირებას. თესლის გაღივების დასაწყის მომენტიდან, უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მცენარის უფრო ნორმალური ზრდისა და ნიადაგის ეფექტური ნაყოფიერების შემდგომში უკეთ გამოყენებისათვის.

აღნიშნული მდგომარეობის გამო სუპერფოსფატის შეტანა კომბინირებული სათესი მანქანით, თესლთან ერთად თესვისას, მისი ეფექტურობის გადიდების ერთ-ერთ ღონისძიებას წარმოადგენს, რაც დიდი ხანია დანერგილია შაქრის ჭარხლის კულტურის აგროტექნიკაში. დღეისათვის შაქრის ჭარხლის თესვისას კომბინირებული სათესით ფოსფორთან ერთად მცირე დოზებით შეაქვთ აზოტიანი და კალიუმიანი სასუქები, რაც იძლევა მოსავლის დამატებით ზრდას. საქართველოს სხვადასხვა ნიადაგობრივ და კლიმატურ პირობებში ჩატარებული მრავალრიცხოვანი ცდებით დადგენილია, რომ სასუქების, განსაკუთრებით სუპერფოსფატის შეტანა მარცვლოვანი კულტურების თესლთან ერთად წარმოადგენს მოსავლიანობის გადიდების მძლავრ საშუალებას, რაც ფართოდ უნდა დაინერგოს წარმოებაში.

ყველა სასოფლო-სამეურნეო კულტურისათვის სუპერფოსფატის მცირე დოზებით თესვის წინ შეტანის ფართო შესაძლებლობას იძლევა მარცვლისებური სუპერფოსფატის გამოყენება იმ შემთხვევაშიც კი თუ კომბინირებული სათესები მეურნეობაში არ მოიპოვება. დღეისათვის უკვე დადგენილია, რომ მარცვლისებური სუპერფოსფატი შეიძლება შეტანილ იქნას მწკრივში კომბინირებული სათესის არარსებობის დროს თესლთან შერევით და ხორბლის ან სხვა კულტურების მწკრივად სათესი მანქანით. ფიზიოლოგიური თვალსაზრისით მარცვლისებური სუპერფოსფატის შეტანის ასეთი წესი ერთფასოვანია მისი კომბინირებული სათესის მეშვეობით შეტანისა. მაგრამ პრაქტიკულად თესლთან ერთად მარცვლისებური სუპერფოსფატის შეტანა მოითხოვს სიფრთხილეს, რადგან თესლის აღმოცენებაზე სუპერფოსფატის თავისუფალი მქავე უარყოფით ზეგლენას ახდენს. აღნიშნულს თავიდან აცილების მიზნით ჩატარებულ იქნა ცდები სუპერფოსფატის განეიტრალებაზე, რამაც დადებითი შედეგი გამოიღო. დღეისათვის ჩვენი ქვეყნის სასუქების წარმოება სოფლის მეურნეობას ამარაგებს განეიტრალებული და კარგი ხსნადობის მქონე მარცვლისებური სუპერფოსფატით.

განეიტრალებული მარცვლისებური სუპერფოსფატის დამზადება შეიძლება თვით მეურნეობაში. ამ მიზნით ჩვეულებრივ ფხვნილისებურ სუპერფოსფატს უნდა დაემატოს სასუქის წონის 15-20 პროცენტი ნაცარი. ასეთი წესით მომზადებული ნარევი საჭიროა დაიმარცვლოს დამმარცვლელი აპარატის მეშვეობით.

სასუქების ეფექტურობის გადიდების მძლავრ საშუალებას წარმოადგენს ვეგეტაციის პერიოდში მცენარის გამოკვება, რომელ-

მაც დიდი ხანია გამართლება ჰპოვა სოფლის მეურნეობის პრაქტიკაში. გამოკვების დადებით მხარეს წარმოადგენს ის, რომ ამ შემთხვევაში მცენარე სასუქში შემაველ საკვებ ელემენტებს ითვისებს უფრო სრულად. გამოკვებით მცენარეს საკვები ელემენტები ეძლევა სწორედ იმ ფაზებში, როდესაც ის ყველაზე ინტენსიურად მოითხოვს მას. გამოკვება იწვევს აგრეთვე მიღებული მოსავლის ხარისხის გაუმჯობესებას. ასე, მაგალითად, აზოტით გამოკვებისას ხორბლის მარცვალში დიდდება ცილები, შაქრის ჰარხლის ფოსფორ-კალიუმით გამოკვებისას კი ძირებში მატულობს შაქრის შემცველობა და სხვ.

უნდა გვახსოვდეს, რომ გამოკვება არ სცვლის ძირითად და თესვის წინ განოციერებას. გამოკვება სასურველ შედეგს იძლევა მხოლოდ ძირითად და თესვის წინ განოციერებასთან შეხამების შემთხვევაში. გამოკვება განსაკუთრებულ ეფექტს იძლევა ნიადაგში სასუქების მაღალი დოზებით შეტანისას, რადგან ამ შემთხვევაში შეიძლება ადგილი ექნეს მოსავლის გაძიდების ნაცვლად მოსავლის დაცემას. ამას ადგილი აქვს განსაკუთრებით ნიადაგში ტენის ნაკლებობის დროს. მაშასადამე, უნდა გვახსოვდეს, რომ გამოკვება, როგორც წესი, არათუ ცვლის ძირითად განოციერებას, არამედ მის დამატებას წარმოადგენს. სასუქების შეტანას გამოკვების სახით მხოლოდ იმ შემთხვევაში ვაწარმოებთ, როდესაც ისინი ძირითადი და თესვის წინ განოციერებისას რაიმე მიზეზით არ იყო შეტანილი.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გამოკვება ტარდება: აზოტიანი, ფოსფორიანი, კალიუმიანი, ორგანული (ნაკელი, ფრინველის განავალი, წუნწუხი) და მიკროსასუქებით. მცენარეების განვითარების ცალკეულ პერიოდში და მათი მოშენების ადგილის პირობების სხვადასხვაობის გამო უპირატესობა ეძლევა მინერალური კვების ამა თუ იმ ელემენტს. ასე, მაგალითად, თესლის აღმოცენებისთანავე გაძლიერებული ვეგეტაციური ზრდის დაწყებისას ყველა მცენარისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს აზოტით გამოკვებას. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს საშემოდგომო კულტურების გამოკვებას ადრე გაზაფხულზე. პირიქით მცენარის ბიოლოგიური და ტექნიკური სიმწიფის პერიოდში, მაგალითად, შაქრის ჰარხლის ძირების ტექნიკური სიმწიფის პერიოდში, აზოტით გამოკვება უკვე საჭირო არაა, მაგრამ ამ პერიოდში ფოსფორით და კალიუმის სასუქით გამოკვებას დიდი მნიშვნელობა აქვს. მთელ რიგ შემთხვევაში, მაგალითად, იონჯის, სამყურისა და მრავალი ბოსტნეული კულტურ-

რის თესლის პროდუქციის გადიდების მიზნით, აუცილებელია მიკროელემენტებით გამოკვება, პირველ რიგში კი ბორით. არჩევენ მცენარის გამოკვების ორ სახეს: ნიადაგიდან და ფესვგარეშე გამოკვებას. მცენარის ფესვგარეშე გამოკვება ღიდი ხანი არაა რაც დაინერგა პრაქტიკაში. მისი განხორციელება მნიშვნელოვნად ადვილდება ავიაციის გამოყენებით — შესაძლებელი ხდება სასუქების მოსხურება და მოფრქვევა მცენარეებზე მათი განვითარების ყოველ პერიოდში. ამას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს გვიან ფაზებში გამოკვებისათვის, როცა ნიადაგიდან გამოკვება დაკავშირებულია მცენარეების დაზიანებასთან, გარდა ამისა, ამ პერიოდში სასუქების ღრმად შეტანა ნიადაგში პრაქტიკულად შეუძლებელიცაა, ხოლო ზედაპირულად შეტანილი სასუქები ნაკლებად შეითვისება ფესვების მეშვეობით.

ღღისათვის გვიანი ფესვგარეშე გამოკვება ფოსფორით და ფოსფორ-კალიუმის სასუქებით ფართოდაა გამოყენებული შაქრის ქარხლის ძირებში შაქრიანობის, კარტოფილის ტუბერებში სახამებლის, მარცვლოვანი კულტურების მარცვლის სიმსხოს გადიდებისათვის.

მიკროელემენტებით ფესვგარეშე გამოკვება თანდათანობით ფართო გავრცელებას პოულობს პრაქტიკაში. ცივ ნიადაგებზე კომბოსტოს, კარტოფილისა და სხვა მცენარეების ფესვგარეშე გამოკვება აზოტიანი სასუქებით დიდ ეფექტს იძლევა, მაშინ როდესაც ნიადაგიდან გამოკვება ამ შემთხვევაში თითქმის არსებით გავლენას არ ახდენს მოსავლიანობაზე. მთელი რიგი წლების მანძილზე ჩატარებულ ჩვენს ცდებში შევნიშნეთ, რომ ქლოროზით დაზიანებული ვაზების მიკროელემენტებით — ბორის, მანგანუმის, თუთიისა და რკინის მარილების ხსნარებით ფესვგარეშე გამოკვება არსებითად ანელებს აღნიშნული დაავადების ინტენსივობას. ამიტომ საჭიროა ვაზზე ბორდოს ხსნარის მისხურებისას მას დაემატოს ლიმონმჟავა რკინის, ბორის მჟავას, მანგანუმისა და თუთიის სულფატის 0,1-პროცენტიანი ხსნარები. ჩვენი ცდებით დადგენილ იქნა აგრეთვე, რომ ზემოთ აღნიშნული ხსნარების ბორდოს ხსნარზე დამატება არ იწვევს მცენარის ფოთლებისა და მზარდი ყლორტების ოდნავ დაზიანებასაც კი. ფესვგარეშე გამოკვება სასუქის უფრო ეკონომიურად გამოყენების საშუალებასაც იძლევა.

მიუხედავად იმისა, რომ ფესვგარეშე გამოკვების ყველა საკითხი საბოლოოდ მეცნიერულად ჭერ კიდევ არაა გადაწყვეტილი, მას

მინც შეუძლია დღე-დღეობით დიდი როლი შეასრულოს სასუქების ეფექტურობის გადიდების საქმეში.

სასუქების ეფექტურობის გადიდების ერთ-ერთ პერსპექტიულ ღონისძიებას წარმოადგენს თესვის წინ მარილების ხსნარებში თესლის დასველება. ეს მეთოდი განსაკუთრებული ყურადღების ღირსია მიკროელემენტების გამოყენების შემთხვევაში, რომელთა ზოგიერთი მარილი (ბორის მჟავა, მოლიბდენმჟავა ამონიუმი) ძალზე დეფიციტურია. თესვის წინ თესლის დასველებას, განსაკუთრებით ფესვგარეშე გამოკვებასთან შეხამებით, დიდად შეუძლია შეამციროს ამ სასუქების დოზები, ეფექტურობის შემცირების გარეშე.

მრავალრიცხოვანი ცდებით დადგენილია ბაქტერიული სასუქების ეფექტურობა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობაზე. ბაქტერიული სასუქებიდან გამოიყენება ნიტრაგინი, აზოტოგენი, ფოსფორობაქტერი, ბაქტერიული პრეპარატი „ამბ“. უკანასკნელ ხანებში მიღებულია ზომები მიკორიზის სოკოების პრეპარატის გამოსაყენებლად. ცდებით გამოიკვია, რომ ადგილობრივ შტამბებზე დამზადებული ბაქტერიული პრეპარატები უკეთეს ეფექტს იძლევიან, ვიდრე ის პრეპარატები, რომლებიც მიღებულია უცხო შტამბებზე. ამიტომ საქართველოში ბაქტერიული სასუქების ქარხნის აგების აუცილებლობა პრაქტიკულად ისმება. აქედან გამომდინარე, საჭიროა სოფლის მეურნეობის სამინისტრომ დროულად მოკიდოს ხელი ამ საქმეს.

სასუქების ეფექტურობა დამოკიდებულია როგორც ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებზე, ისე წინა წლებში შეტანილი სასუქების რაოდენობასა და ნიადაგში მათი გარდაქმნის პროცესზე. შეტანილი სასუქების საკვები ელემენტები მთლიანად როდი გამოიყენება მცენარის მიერ იმავე წელს, მათი ნაწილი რჩება ნიადაგში, რომელსაც მცენარე შემდგომ წლებში იყენებს. მრავალრიცხოვანი ცდებით დადგენილია, რომ წინა წელს შეტანილი სასუქების ეფექტურობა იცვლება სასუქის სახეობის, ნიადაგის თვისებების, კლიმატური პირობებისა და მცენარის ბიოლოგიური თავისებურების მიხედვით. ცნობილია, მაგალითად, რომ მინერალური სასუქებიდან ფოსფორის შემდგომი მოქმედება უფრო მეტია, ხოლო ნაკლები კალიუმის და აზოტისა. თვით სასუქების ფორმებიც განსაზღვრავს შემდგომი მოქმედების ეფექტურობის ხარისხს. ასე, მაგალითად, აზოტიანი სასუქებიდან უფრო მეტი შემდგომი მოქმედებით ხასიათდებიან ამონიაკური ფორმები ნიტრატულთან შედარებით. სასუ

ქების შემდგომი მოქმედების ეფექტი დაზოციდებულია აგრეთვე ნიადაგის თვისებებზე. კერძოდ, სუპერფოსფატის შემდგომი მოქმედება უფრო მეტია ისეთ ნიადაგებზე, რომლებშიაც ინტენსიურად არ წარმოებს ფოსფორის მკავას ძნელადხსნად ფორმებში გადასვლა, და პირიქით. რაც შეეხება კლიმატურ პირობებს, ეს უკანასკნელი (ტემპერატურა, განსაკუთრებით კი ნალექების რაოდენობა), მკვეთრ გავლენას ახდენს მცენარის მიერ ნიადაგიდან საკვები ნივთიერების შეთვისებაზე.

დასასრულ სასუქების შემდგომი მოქმედების ინტენსივობას განსაზღვრავს მცენარეთა ბიოლოგიური თავისებურება — ყველა კულტურას არ შესწევს ერთნაირი უნარი შეითვისოს საკვები ნივთიერებები ნიადაგიდან. მაგალითად, დადგენილია. რომ პარკოსნებს, მღოგვს და ჩაის მეტი უნარი აქვთ შეითვისონ საკვები ნივთიერებები ძნელადხსნად ფოსფატებიდან, ხორბლოვან კულტურებთან შედარებით.

სასუქების რაციონალური გამოყენება შეუძლებელია ნიადაგში მცენარისათვის შესათვისებელი საკვები ნივთიერებების მარაგის აღრიცხვის გარეშე. სასუქები საჭიროა შეტანილ იქნას მხოლოდ იქ, სადაც მათზე ნამდვილად არის მოთხოვნილება. სოფლის მეურნეობის პრაქტიკამ დიდი ხანია გვიჩვენა, რომ აგროქიმიური რკვევის მეთოდების გამოყენებით, შეგვიძლია სასუქები უფრო ეკონომიურად და ეფექტურად გამოვიყენოთ. დღეისათვის სასუქებზე მცენარეების მოთხოვნილების განსაზღვრისათვის მრავალი მეთოდი არეკომენდებული, რომლებიც ორ დიდ ჯგუფად შეიძლება დავეყოთ: ესენია პირდაპირი და არაპირდაპირი. აგროქიმიური რკვევის პირველ ჯგუფს მიეკუთვნებიან ისეთი მეთოდები, რომლებსაც უშუალო კავშირი აქვთ მცენარესთან, ხოლო მეორე ჯგუფს კი ისეთები, რომლებიც მცენარესთან არ არიან დაკავშირებული. პირველი ჯგუფის მეთოდებში შედის: მინდვრის ცდები, სავეგეტაციო ცდები, ნეიბაუერის მეთოდი, დიაგნოსტიკა, ლიზიმეტრულობა. მეორე ჯგუფში კი ქიმიური და მიკრობიოლოგიური მეთოდები. ამათგან მინდვრის ცდის მეთოდი ყველაზე უფრო ზუსტია, მას იყენებენ სხვა მეთოდების სიზუსტის შესამოწმებლად. აგროქიმიური რკვევის მარტივ, მაგრამ შედარებით ნაკლებად ზუსტ მეთოდს მიეკუთვნება ქიმიური მეთოდი, რომელსაც ფართოდ იყენებენ სოფლის მეურნეობის პრაქტიკაში. იგი საშუალებას იძლევა მიახლოებით განვსაზღვროთ მცენარისათვის საჭირო საკვები ელემენტების შესათვისებე-

ლი ფორმების აბსოლუტური რაოდენობა, რის საფუძველზეც ვმსჯელობთ სასუქების შეტანის აუცილებლობაზე.

გარდა სასუქების მოსალოდნელი ეფექტურობის განსაზღვრის ქიმიური მეთოდებისა, უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ყურადღებით დაუკვირდეთ თვით მცენარეებს, მათი ზრდისა და განვითარების პროცესში. იმ მიზნით, რომ დროულად დავიპიროთ გადახრები მათ გარეგან ნიშნებში, რომლებიც განსაზღვრულ პირობებში სიგნალს გვაძლევს ამა თუ იმ საკვები ნივთიერებების ნაკლებობის შესახებ.

დიდი სათესი ფართობის გამო ჩვენი ქიმიური მრეწველობის მიერ გამოშვებული მინერალური სასუქები ჯერ კიდევ ვერ აკმაყოფილებს სოფლის მეურნეობის მოთხოვნილებას. მინერალური სასუქები ძირითადად გამოიყენება ტექნიკური კულტურების ქვეშ. ამასთან, მათ ქვეშ (ჩაი, შაქრის ჭარხალი და სხვ.) სისტემატურად შეაქვთ ფოსფორიანი სასუქების ისეთი დოზები, რომლებიც ბევრად ჭარბობს მცენარის მოთხოვნილებას. ფოსფორიანი სასუქების გამოყენების ასეთი პრაქტიკა წინათ გამართლებული იყო იმ მოსაზრებით, რომელიც ემყარებოდა ფოსფატების გამოყენების დაბალ კოეფიციენტს და ნიადაგში მცენარისათვის ძნელად შესათვისებელ ფორმაში მათ გადასვლას. უკანასკნელ ხანებში იზოტოპების გამოყენებით ჩატარებული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ზემოაღნიშნული ძველი წარმოდგენა სუპერფოსფატის ფოსფორის შეთვისებების შესახებ სინამდვილეს არ შეეფერება. დღეისათვის ცხადი გახდა, რომ ნიადაგში შეტანილი სუპერფოსფატის ფოსფორი თუმცა ნაკლებად მოძრავი ხდება, მაგრამ მცენარისათვის შეთვისებადელია. ამიტომ სუპერფოსფატის გამოყენების კოეფიციენტი შეადგენს არა 15-25, როგორც წინათ ფიქრობდნენ, არამედ 50-60%. ამ დებულებას ამტკიცებს ჩაისა და სუბტროპიკული კულტურების საკავშირო სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის მიერ სუპერფოსფატის შემდგომი მოქმედების ეფექტურობის შესასწავლად ჩატარებული ცდები ჩაის კულტურაზე. დადგინდა იქნა, რომ 3 წლის განმავლობაში სისტემატურად შეტანილი სუპერფოსფატი 120 კგ ანგარიშით ჰექტარზე იძლევა უფრო მეტ შემდგომ მოქმედებას, ვიდრე იგივე დოზა სისტემატურად შეტანის შემთხვევაში. მაშასადამე, ფოსფორიანი სასუქების დიდი დოზებით სისტემატურმა შეტანამ ჩაის პლანტაციაში გამოიწვია ნიადაგში მცენარისათვის შესათვისებელი ფოსფორის დაგროვება, ე. ი. გადაფოსფატება. ასეთ პირობებში ფოსფორიანი სასუქები აღარ იძლევა ან იძლევა

უმნიშვნელო ეფექტს. ეს მდგომარეობა თავისთავად აყენებს საკითხს ჩაისა და სხვა ტექნიკური კულტურების მიმართ ფოსფორიანი სასუქების გამოყენების პრაქტიკის შეცვლის შესახებ.

დღეისათვის ფოსფორიანი სასუქების გამოყენება ტექნიკური კულტურის მიმართ წარმოებს ნიადაგში დაგროვილი მცენარისათვის შესათვისებელი ფოსფორის აღრიცხვის გარეშე.

შემდგომში ჩაისა და სხვა ტექნიკური კულტურების მიმართ ფოსფორიანი სასუქების წესიერად გამოყენებისათვის საჭიროა აღრიცხოს ნიადაგში არსებული მცენარისათვის შესათვისებელი ფოსფორის მარაგი და ამ მონაცემების საფუძველზე განისაზღვროს დოზები. აღნიშნული მდგომარეობა კი თავისთავად აყენებს აგროქიმიური ლაბორატორიების ქსელის გაფართოების საკითხს.

ტექნიკური კულტურების მიმართ ფოსფორიანი სასუქების გამოყენებისას არსებული პრაქტიკის შეცვლით გამონთავისუფლება მისი მნიშვნელოვანი მარაგი, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იქნეს მარცვლოვანი კულტურების მოსავლიანობის გადიდებისათვის.

ტექნიკური კულტურების მიმართ ფოსფორიანი სასუქების წესიერად გამოყენებისათვის, საჭიროა ჩატარდეს დეტალური აგროქიმიური გამოკვლევები ნიადაგის გადაფოსფატების დადგენის მიზნით. ამ გამოკვლევების საფუძველზე შემუშავებულ უნდა იქნას გადაფოსფატებულ ნიადაგებზე სასუქების გამოყენების შესაფერისი წესი, მათი დოზების შემცირების ან დროებით ზოგიერთ ნაკვეთებზე გამოყენების შეწყვეტის მიმართულებით. ამ მიზნით უნდა გაფართოვდეს აგროქიმიური ლაბორატორიების ქსელი იმ რაიონებში, სადაც ფოსფორის შედარებით დიდ დოზებს იყენებენ. შემდგომში საჭიროა ფოსფორიანი სასუქების შეტანა წარმოებულ იქნას ნიადაგში დაგროვილი მცენარისათვის შესათვისებელი ფოსფორის აღრიცხვის საფუძველზე.

მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ მჟავა, ეწერ და წითელმიწა ნიადაგებზე ფოსფორიანი სასუქებიდან ჩაის კულტურის მიმართ ფოსფორიტის ფქვილი თითქმის ისეთივე ეფექტს იძლევა, როგორც ადვილად ხსნადი სუპერფოსფატი. ცნობილია, რომ ფოსფორიტის ფქვილის გამოყენება უფრო რენტაბელურია და მიზანშეწონილი, ვიდრე სუპერფოსფატისა. ეს გარემოება თავისთავად აყენებს საკითხს ფოსფორიტის ფქვილის მასობრივად გამოყენების შესახებ მჟავა, ეწერ და წითელმიწა ნიადაგებზე



ჩაის პლანტაციის. ამ მიზნით საჭიროა გამოყენებული იქნეს ამ ცოტახნის წინათ აღმოჩენილი გოდოგანის ფოსფორიტები, რისთვისაც საჭიროა მოგვარდეს აღნიშნული საბადოების ექსპლოატაციის საკითხები. სუპერფოსფატის გამონთავისუფლებელი რეზერვები კი გამოყენებულ უნდა იქნას სხვა კულტურების განოყიერებისათვის, რის შედეგადაც სოფლის მეურნეობისათვის განკუთვნილი სასუქების ეფექტურობა გაიზრდება.

სასუქების ეფექტურობის გადიდების ზემოთ აღნიშნული ღონისძიებების გატარება ხსნის ფართო შესაძლებლობას ყველა სასოფლო-სამეურნეო კულტურის მაღალი და მყარი მოსავლის მიღებისათვის, სასუქების ზომიერი დოზებით დახარჯვის გზით.

#### **მ. ზოგირითი საკითხი მცენარის კვებისა და სასუქების გამოყენებაზე**

მცენარის კვება წარმოადგენს რთულ პროცესს. რომლის ზოგიერთი მხარე ჯერ კიდევ საბოლოოდ დადგენილი არ არის. ზემოთ ჩვენ გაკვრით განვიხილეთ მცენარის კვებაზე არსებული მცდარი შეხედულებები. ახლა კი გავეცნოთ ერთ-ერთ მათგანს, რომელიც სასუქების გამოყენების საკითხთანაა დაკავშირებული.

აკად. ლისენკომ უკანასკნელ ხანს წამოაყენა მცენარის ნიადაგობრივი კვების თავისებური თეორია, რომლის თანახმად მცენარეს შეუძლია შეითვისოს მხოლოდ ნიადაგში არსებულ მიკროორგანიზმებში წინასწარ გადამუშევებული საკვები ნივთიერება. მისი აზრით, არც ერთ მცენარეს ნიადაგებიდან არ შეუძლია საკვები ნივთიერების შეთვისება, თუ ამ უკანასკნელმა არ გაიარა მიკრობების ორგანიზმში; ე. ი., ლისენკოს თვალსაზრისით, მიკროორგანიზმები უმზადებენ მცენარეებს საკვებს. ზემოთ მოყვანილი მოსაზრებიდან გამომდინარე, ტ. ლისენკო წარმოებს ურჩევს გამოიყენოს ისეთი სასუქები რომლებიც უზრუნველყოფენ მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობის გაძლიერებას. ამასთან იგი არ უარყოფს მცენარისათვის შეთვისებულ ფორმებში არსებული სასუქების შეტანის აუცილებლობას ნიადაგში. მაგრამ, მისი აზრით, ასეთ სასუქებში არსებული მცენარისათვის საჭირო საკვები ელემენტების გამოყენება წარმოებს მიკრობის ორგანიზმში მხოლოდ მათი გატარების გზით.

ტ. ლისენკო, იხილავს რა ეწერების თვისებებს, აღნიშნავს, რომ თავისთავად ნიადაგის ხსნარის მქაევიანობა არ არის მავნე სასოფლო-

სამეურნეო კულტურებისა და მათი ფესვთა სისტემისათვის. მკვნიანობის მანე მოქმედებას მცენარეზე ის ხსნის იმით, რომ ასეთ ნიადაგებში არ შეუძლია იცხოვროს ბაქტერიებმა, რომელთა ცხოველყოფილობის პროდუქტებით იკვებება მცენარე. ამიტომ ლისენკო წარმოებას ურჩევს მკავე ეწერ ნიადაგებზე ფართოდ გაზოიყენოს 2-3 ცენტნერ სუპერფოსფატთან და 3 ცენტნერ კირთან შერეული 3-7 ტონა გადამწვარი ნაკელი ან ტორფი.

სტერილურ კულტურებზე ჩატარებული მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტით საბოლოოდ დადგენილია, რომ თუ, მცენარე უზრუნველყოფილი იქნება ნახშირორქანით და სხვა მინერალური ფორმის საკვები ელემენტით, მას შეუძლია ნორმალურად განვითარდეს და მოსავალი მოგვეცეს. ბუნებრივ პირობებშიც მცენარე ძირითადად არაორგანული ნივთიერებებით იკვებება ნიადაგიდან მიუხედავად იმისა, რომ მასში ორგანული შენაერთებიც მოიპოვება.

მცენარის თანამედროვე კვების თეორიის მიხედვით მცენარეს შეუძლია იკვებოს არა მარტო მინერალური შენაერთებით, არამედ ორგანულითაც. დადგენილია, რომ მცენარისათვის საჭირო ნახშირორქანგი შეიძლება შეიცვალოს შაქრით, ასევე ნაცრის ელემენტები იმ ორგანული ნივთიერებებით (ან მათთან ახლოს მდგომით); რომელთა წარმოქმნა წარმოებს მცენარეში ამ ელემენტთა მონაწილეობით. ცნობილია აგრეთვე, რომ სინთეზურად მიღებულ სასუქ შარდოვანადან, აზოტს მცენარე იყენებს როგორც ამ შენაერთის მინერალიზაციის შემდეგ, ისე უშუალოდ. ამით აიხსნება ისიც, რომ შარდოვანას დღეისათვის ფართო გამოყენება აქვს ფესვგარეშე გამოკვებაში. უკანასკნელი დებულება არამცთუ უარყოფს მცენარის მინერალური ნივთიერებებით კვების თეორიას, არამედ ამტკიცებს, მას, რასაც მიუთითებს პროფ. ა. სოკოლოვი: „მცენარის კვება ამინომჟავებით, გლუკოზოფოსფატებით მხოლოდ ამტკიცებს მცენარის მიერ აზოტისა და ფოსფორის მინერალური ფორმების შეთვისებას. თუმცა მცენარე ითვისებს ნიადაგში არსებულ ამინომჟავეებს და გლუკოზოფოსფატებს, მაგრამ მათი რაოდენობა იმდენად მცირეა, რომ არა აქვს პრაქტიკული მნიშვნელობა“.

მცენარის კვების თანამედროვე თეორიამართალია არ უარყოფს ნიადაგიდან ორგანული ნივთიერების შეთვისების შესაძლებლობას, მაგრამ, ამასთან ერთად, ხაზს უსვამს ამ პროცესში მინერალური ნივთიერებებით კვების გარკვეულ როლს.

ნიადაგში არსებული ძირითადი ორგანული შენაერთები მცენარისათვის მისაწვდომი ხდება მათი მინერალიზაციის შემდეგ. ბუნებრივ პირობებში მცენარე ძირითადად იკვება არა შაქრით, არამედ ნახშირორჟანგით, არა ამინომჟაუვებით, არამედ ამონიაკით და ნიტრატით.

ნიადაგის მიკროორგანიზმებს შესწევთ უნარი ნიადაგის ორგანული შენაერთი გადაიყვანონ მინერალურ ფორმებში, რითაც უმჯობესდება მცენარის კვების პირობები. გარდა ამისა, მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობის შედეგად წარმოშობილ ვიტამინებს. ბიოტიკებსა და ანტიბიოტიკებს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მცენარის ზრდა-განვითარებისათვის. მაშასადამე, მიკროორგანიზმების როლი ორგანული ნივთიერების მინერალიზაციის პროცესში მეტად დიდია. თუ გავყვებით ტ. ლისენკოს კვების თეორიას, მაშინ გამოვა, რომ მიკროორგანიზმების გარეშე არ შეიძლება სოფლის მეურნეობის წარმოება.

მცენარეს შეუძლია ნორმალურად განვითარდეს სტერილურ პირობებში, მინერალური საკვების გამოყენების გზით. ცხადია, მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობის მთელი რიგი პროდუქტები დადებით გავლენას ახდენენ მცენარის კვებაზე, მაგრამ ისინი არ წარმოადგენენ აუცილებელ საჭიროებას. სხვანაირად რომ ვთქვათ, მცენარემ მინერალური საკვები ნივთიერებების არსებობის პირობებში მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობით გარეშე შეიძლება იკვებოს ნორმალურად. ტ. ლისენკოს თეორია იმის შესახებ, რომ მცენარეს არ შეუძლია შეითვისოს საკვები ნივთიერებები მაშინაც კი, როცა ის ხსნად ფორმებში იმყოფება, არ გამოძინარეობს რაიმე ექსპერიმენტული მონაცემებიდან, არამედ წარმოადგენს მსჯელობის შედეგს, მაშინ, როდესაც ასეთი დებულების წინააღმდეგ ლაპარაკობს მრავალრიცხოვანი ცდა, რომლებიც ჩატარებულია სტერილურ პირობებში, მცენარის მხოლოდ-დამხოლოდ მინერალური კვებით. ამ ცდებით დადგენილია, რომ როგორც მიკროორგანიზმების, ისე საერთოდ ორგანული ნივთიერებების არსებობის გარეშე მცენარეს შეუძლია ხსნად მინერალურ შენაერთებიდან შეითვისოს მისთვის საჭირო საკვები ელემენტები. აქედან გამომდინარე, ლისენკოს მტკიცება, ნიადაგში შეტანილი სუფერფოსფატის ფოსფორის შეთვისება არ შეუძლია მცენარეს. მისი წინასწარ მიკროორგანიზმების ორგანიზმში გადამუშავების

გარეშე, წარმოადგენს ექსპერიმენტულად შეუმოწმებელ ჰიპო-  
ტეზას.

მცენარის მიერ საკვები ნივთიერების შეთვისების პროცესი  
მეტად რთულია და ჯერ კიდევ საბოლოოდ დაუდგენელი, მაგრამ  
დღეისათვის ის მაინცაა ნათელი, რომ მცენარეში ხსნადი საკვები  
ნივთიერება შეიძლება შევიდეს მიკროორგანიზმების მონაწილე-  
ობის გარეშე.

არ შეიძლება დავეთანხმოთ ტ. ლისენკოს იმაშიც, რომ ნია-  
დაგის ჭარბი მჟავიანობის მავნე მოქმედება მცენარეზე აიხსნება  
მჟავიანობის უარყოფითი გავლენით მიკროორგანიზმების ცხო-  
ველმყოფელობაზე. რასაკვირველია, იგი აფერხებს ნიადაგის მიკ-  
როორგანიზმების განვითარებას, მაგრამ ეს არ ნიშნავს იმას, რომ  
წყალბადიონების კონცენტრაცია უშუალოდ უარყოფითად არ მოქ-  
მედებს მცენარის განვითარებაზე, რადგან მჟავე რეაქცია გავლენას  
ახდენს ნიადაგის მინერალური და ორგანული ნივთიერების ხსნა-  
ლობაზე. ამიტომ უნდა ვიფიქროთ, რომ ეწერებში ჭარბი წყალბა-  
დიონების არსებობა უარყოფითად მოქმედებს როგორც უშუა-  
ლოდ მცენარეზე, ისე ნიადაგში მცხოვრებ მიკროორგანიზმების.  
ცხოველმყოფელობაზე; ცდებით დადგენილია, რომ სტერილურ  
პირობებში საკვები ხსნარის ჭარბი მჟავიანობა აფერხებს მცენარის  
ნორმალურ განვითარებას და იწვევს მის დაღუპვასაც კი. ცნობი-  
ლია აგრეთვე ისიც, რომ ჩაის ბუჩქი, რომელიც კარგად ეგუება  
ნიადაგის ჭარბ მჟავიანობას, სადაც ამ უკანასკნელის გავლენით  
შემცირებულია მიკროორგანიზმების რაოდენობა, იზრდება ძა-  
ლიან კარგად. ნეიტრალურ ნიადაგებზე კი, სადაც მეტია მიკროორ-  
განიზმები და, სადაც ისინი მალაღ ცხოველმყოფელობას იჩენენ,  
ჩაის მცენარე უფრო ცუდად ხარობს. გამომდინარე ზემოთ მოყვა-  
ნილი ფაქტებიდან, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ნიადაგების ჭარბი  
მჟავიანობა უარყოფითად მოქმედებს არა მარტო მიკროორგანიზ-  
მების განვითარებაზე, არამედ, პირველ რიგში, მცენარეზე, რაც  
გამოიხატება ამ უკანასკნელის განვითარების შეფერხებაში.

სასუქების შეტანის წესები, რომელიც გამოიმუშავა ტ. ლი-  
სენკომ თავის თეორიის საფუძველზე, ძირითადად მიმართულია  
მიკროორგანიზმების აქტივობის მობილიზაციისაკენ. მის მიერ  
დამზადებული ორგანულ-მინერალური ნარევეები ძალიან წააგავს  
ბაქტერიულ სასუქებს, მაგრამ მას სრულიად არ შეუძლია დააკმა-  
ყოფილოს მცენარის მოთხოვნილება ნიადაგურ კვებაზე. თუ ჩვენ

სასუქების შეტანას შემოვფარგლავთ ტ. ლისენკოს მიერ რეკომენდებულ ორგანულ-მინერალური ნარევეებით, მაშინ ძნელია უზრუნველყოთ მოსავლიანობის შემდგომი გადიდება. ლისენკოს შეხედულება ნიადაგში შესატანი სასუქების დოზებისა და ფორმების შერჩევაზე გამომდინარეობს არა მცენარის მიერ საკვებ ნივთიერებაზე მოთხოვნილებიდან, არამედ ნიადაგის მიკროორგანიზმების კვებიდან, რაც რასაკვირველია, არ არის სწორი. ტ. ლისენკო ყურადღებიდან უშვებს მცენარეს და ნიადაგის ნაყოფიერებაზე ორგანული სასუქების მრავალმხრივ მოქმედებას, ე. ი. უარყოფს ფოსფორიანი სასუქების მნიშვნელობას მცენარის ფესვთა სისტემის განვითარებისათვის, ფაქტიურად უარყოფს აზოტიანი სასუქების შეტანას. მისი აზრით, თუ გამოვიყენებთ ორგანულ ფოსფოროკირიან ნარევეს, მაშინ მცენარის მოთხოვნილება აზოტზე დაკმაყოფილებული იქნება მიკროორგანიზმების მიერ ატმოსფეროს თავისუფალი აზოტის ფიქსაციის ხარჯზე. ეს აზრი აგებულია ცელულოზის დამშლელი და აზოტის ფიქსატორი ბაქტერიების ურთიერთდამოკიდებულებით. ცელულოზის ბაქტერიები დაშლიან და გარდაქმნიან უჯრედანას მონოშაქრებად, რაც საჭიროა ცელულოზისა და აზოტის ფიქსატორ ბაქტერიებისათვის. აზოტის ფიქსატორი ბაქტერიები შებოჭავს ატმოსფეროს აზოტს, რომელიც აგრეთვე საჭიროა საკვებ ელემენტად აზოტის ფიქსატორ ბაქტერიებისა და ცელულოზის ბაქტერიებისათვის. ეს დასკვნა ტ. ლისენკომ გააკეთა სინჯარაში ჩატარებული ცდების საფუძველზე, მაგრამ აქედან არ გამომდინარეობს ის, რომ ორგანულ-ფოსფორო-კირიანი ნარევი თავიდან გვაცილებს აზოტიანი სასუქების გამოყენებისას. ყველა ინსტრუქციაში ორგანულ-ფოსფორო-კირიანი სასუქების ნარევეების შესახებ, რომელიც გამოცემულია 1954-1955 წლებში, აზოტიანი სასუქების გამოყენება არ არის გათვალისწინებული. თუ ტ. ლისენკოს მიხედვით ეწერი ნიადაგების ზონაში გამოვიყენებთ მხოლოდ ორგანულ-ფოსფორო-კირიან ნარევეს, მოსავლიანობის სისტემატურ დაცემას ექნება ადგილი. ფაქტებით მტკიცდება, რომ აზოტიან სასუქების გამოყენებას გვერდს ვერ ავუხვევთ. იმედები, რომელიც დამყარებული იყო აზოტის თავისუფალ ფიქსატორებზე ორგანულ-ფოსფორო-მინერალური ნარევეების გამოყენებასთან დაკავშირებით. არ გამართლდა, რადგან ისინი არ ასრულებენ იმ დიდ როლს მცენარის აზოტურ კვებაში, რომელიც მასზე დაამყარა აკად. ტ. ლისენკომ. ყოველივე ეს ნათ-

ჯად დაამტკიცა მ. ვ. ფედოროვმა. ასე, მაგალითად, ნიადაგში ჩა-  
 ლის სახით შეიძლება ფიქსირებული იქნეს 10 მგ აზოტი ყოველ  
 გრამ შეტანილ ორგანული ნივთიერების ხარჯზე, ე. ი. 1 პროცენ-  
 ტი აზოტი მთელ გამოყენებულ ნივთიერებაზე. დაახლოებით ასე-  
 თივე რაოდენობის აზოტის ფიქსაციას აქვს ადგილი შაქრის ხარჯ-  
 ზე ხელოვნურ საკვებ არეზე. დაუშვათ, ორგანულ-მინერალურ  
 ნარევეში 100 ნაწილ ორგანულ ნივთიერებაზე წარმოებს 1 ნაწილი  
 აზოტის ფიქსაცია, ნარევის შემადგენლობაში იქნება 3 ტონა ნე-  
 შომპალა 1 ჰექტარზე, რომელშიც შედის 600 კილოგრამი მშრალი  
 ორგანული ნივთიერება (1 ნაწილი ნეშომპალა 80 პროცენტი ტე-  
 ნიანობისას). დაუშვათ აზოტოფიქსატორის გარდა ორგანულ ნივ-  
 თიერებას არ იყენებენ და ის მთლიანად დაიხარჯა აზოტის ფიქსა-  
 ციისათვის. დაუშვათ ისიც, რომ აზოტოფიქსატორებმა აირჩიეს  
 ატმოსფეროს თავისუფალი აზოტი ნეშომპალაში არსებულ აზოტის  
 ნაცვლად (სუფთა კულტურებში საკვებ არეზე ჩვეულებრივ საწი-  
 ნალმდეგო მოვლენას აქვს ადგილი — მიკროორგანიზმებისთვის  
 ბმული აზოტი უფრო უკეთესია, ვიდრე ატმოსფეროს თავისუფალი  
 აზოტი). სუფთა კულტურებში მხოლოდ უაზოტო არეში მიმდინა-  
 რეობს ატმოსფეროს აზოტის ფიქსაცია. რამდენი აზოტი შეიძ-  
 ლება იქნეს ფიქსირებული ნარევის ნეშომპალას ხარჯზე ასეთი  
 ხელსაყრელი პირობების დროს? მხოლოდ 6 კილოგრამი, ეს არის  
 მაქსიმუმი. დაუშვათ, ნარევი ნეშომპალას ხარჯზე ფიქსირებული  
 მთელი აზოტი გამოიყენოს მცენარეებმა. რამდენად შეიძლება  
 გადიდდეს ხორბლის მოსავალი ატმოსფეროს აზოტის მაქსიმალუ-  
 რი ფიქსაციის შედეგად? ერთნახევარი ცენტნერით, რადგან  
 ერთ ცენტნერ ხორბალს გამოაქვს 4 კილოგრამი აზოტი. 3 ტონა  
 ნეშომპალაში შედის 15 კილოგრამი აზოტი ფიქსირებულ  
 აზოტთან ერთად ეს შეადგენს 20 კილოგრამს. თუ აღნიშნულ აზოტს  
 მთლიანად გამოიყენებს მცენარე, მაშინ შეიძლება მოსავალი ჰექ-  
 ტარზე გაიზარდოს 5 ცენტნერით. სინამდვილეში. რასაკვირველია.  
 ნეშომპალას აზოტი არ შეიძლება მთლიანად გამოიყენოს მცენა-  
 რემ, რადგან ნიადაგში მინერალიზაციის პროცესი ერთი ვეგეტა-  
 ციის პერიოდში არ მთავრდება და მასში შემავალი აზოტის მხო-  
 ლოდ ნახევარი შეიძლება შეითვისოს მცენარემ. ორგანულ მინერა-  
 ლური ნარევების შეტანით იდიალურ პირობებში შეიძლება ხორბ-  
 ლის მოსავალი გაიზარდოს 2-3 ცენტნერით ჰექტარზე. მაშინ რო-  
 დესაც მოსკოვის ახლოს ჩატარებული ცდების თანახმად ტ. ლისენ-

კოს რეკომენდებული ორგანულ-მინერალური ნარევი იძლევა ხორბლის მოსავლის 10 ცენტნერზე მეტ მატებას ჰექტარზე. ამ ცდებში, როგორც შემდეგ გამოიკვია, აზოტი ყველადანაყოფზე შეტანილი იყო გაზაფხულზე 1 ცენტნერი გოგირდმეყავა ამონიუმის სახით გამოკვების მიზნით, რომელიც თავის თეორიის გამომუშავების დროს ტ. ლისენკომ არ გაითვალისწინა. ამიტომ ავტორის მიერ რეკომენდებული ორგანულ-მინერალური ნარევები არ შეიძლება შაბლონურად დავენერგოთ წარმოებაში, რადგან ამ საკითხში ჯერ კიდევ ბევრი რამაა დასაზუსტებელი და გასარკვევი.

აკად. ტ. ლისენკო ორგანულ-მინერალური ნარევების შეტანას ყველა ნიადაგობრივ და კლიმატურ პირობებში ურჩევს არალრმად — 5 სანტიმეტრზე, რაც, რასაკვირველია, სწორი არ არის. შეტანის სიღრმეს განსაზღვრავს მცენარის ბიოლოგიური თავისებურება, სასუქების თვისებები და დოზები, ნიადაგის ხასიათი, და კლიმატური პირობები. ამ საკითხის თეორიული საფუძველია ის, რომ სასუქების საკვებ ნივთიერებას მცენარე ითვისებს ფესვების მეშვეობით. ამიტომ იგი შეტანილი უნდა იქნეს იქ, სადაც გავრცელებულია მცენარის აქტიური ფესვთა სისტემა. ამ უკანასკნელის გავრცელება კი დამოკიდებულია ნიადაგში საკვები ნივთიერების, წყლისა და ჰაერის რეჟიმის თავისებურებაზე. თუ ნიადაგში საკმაო რაოდენობითაა წყალი, მცენარის ფესვები ვითარდება უმთავრესად ნიადაგის განოციერებულ ფენაში. თუ ნიადაგის პროფილში მშრალი და სველი ფენებია, სასუქების მაქსიმალური გამოყენება წარმოებს სველი ფენიდან. მცენარის ფესვები, რომელიც ტენს იღებს ნიადაგის სველი ფენიდან, შეუძლია გამოიყენოს საკვები ნივთიერების რაღაც რაოდენობა მშრალი ფენიდანაც, მაგრამ მისი რაოდენობა იმდენად მცირეა, რომ პრაქტიკული მნიშვნელობა არა აქვს.

5

თუ სასუქებს მოვათავსებთ ნიადაგის სხვადასხვა ფენაში, ამით შეგვიძლია გავლენა მოვახდინოთ მცენარის ფესვების გავრცელებაზე და საკვები ნივთიერებისა და წყლის გამოყენების ინტენსივობაზე. სასუქების ღრმად შეტანა აღიღებს ფესვების საერთო მასის რაოდენობას, ხოლო ზედაპირული შეტანა კი იწვევს საწინააღმდეგო მოვლენას. მცენარის ფესვთა სისტემის გავრცელებაზე გავლენას ახდენს არა მარტო საკვები ნივთიერებისა და წყლის მარაგი, არამედ, მასთან ერთად, ნიადაგის ხსნარის კონცენტრაცია და ნიადაგის სხვადასხვა ფენის სტრუქტურა.

მაშასადამე, სასუქების შეტანის სიღრმის სწორი გადაწყვეტისათვის საჭიროა გათვალისწინებულ იქნეს ნიადაგის სხვადასხვა ფენის სტრუქტურა და მათში წყლის გავრცელება, საკვები ნივთიერების მარაგი და მარილების კონცენტრაცია. საკითხის გადაწყვეტა რთულდება იმიტაც, რომ სხვადასხვა სასუქი განსხვავებულად მოქმედებს მცენარის ფესვთა სისტემის განვითარებაზე. გარდა ამისა ამა თუ იმ სასუქის საკვები ნივთიერებები ნიადაგის ფენებში განსხვავებული გადანაცვლების უნარით ხასიათდებიან. მცენარის სპეციფიკურ თავისებურებას დიდი მნიშვნელობა აქვს სასუქების შეტანის სიღრმის გადაწყვეტის დროს. დავუშვათ, რომ კულტურა ითვება ტენიან რაიონში, სადაც ნიადაგის ზედა ფენებში შენარჩუნებულია სასუქების განსაზღვრული რაოდენობა. ამ შემთხვევაში სასუქების ზედაპირული შეტანა კარგ შედეგს იძლევა, რადგან მცენარის ფესვთა სისტემა სწორედ იქაა გავრცელებული.

პირველ წელს შეტანილი ფოსფორიანი და კალიუმიანი სასუქები გამოიყენება მხოლოდ ნაწილობრივ, დანარჩენი კი ნიადაგის დამუშავების დროს აერევა ქვედა ფენებს და იქმნება ღრმა ნაყოფიერი სახნავი ფენა. ამ პირობებში სასუქების შეტანით პირველ რიგში საჭიროა უზრუნველყოთ საკვები ნივთიერების საკმაოდ მაღალი კონცენტრაცია ახალგაზრდა მცენარეებისათვის და დავიცვათ აზოტიანი სასუქები ჩარეცხვისაგან. ამ შემთხვევაში სასუქები შეიძლება შეტანილი იქნეს არალრმად.

დაუშვათ სასუქების შეტანა წარმოებს გვალვიან რაიონებში მცირე დოზებით. ასეთ პირობებში სასუქების ზედაპირული შეტანისას იგი გამოუყენებელი დარჩება ნიადაგის მშრალ ფენაში. აქედან გამომდინარე, მცენარის ფესვთა სისტემის განვითარებაც, სასუქების გავლენის შედეგად, ზედაპირული იქნება, მაშინ როდესაც ტენი და რეალური შესათვისებელი ნივთიერებები ნიადაგის ქვედა ფენებშია. აზოტიანი სასუქები ამ შემთხვევაში არ ჩაირეცხება ქვედა ფენებში, ამიტომ არ არის საჭირო მისი ზედაპირული შეტანა. სასუქების მცირე დოზები ვერ უზრუნველყოფს საკვები ნივთიერების მარაგის შექმნას ნიადაგის მთელ სახნავ ფენაში. მაშასადამე, ამ შემთხვევაში მიზანშეწონილია სასუქის ღრმად, ძირითადი ხენის წინ შეტანა.



თუ გაზაფხულზე ნიადაგის ზედა ფენებში ტენის საკმაო რაოდენობაა, უფრო მიზანშეწონილია სასუქების ორ ფენად შეტანა — ზედაპირულად 5-7 სანტიმეტრზე მცირე რაოდენობით მწკრივში, ხოლო დანარჩენი ღრმად — ძირითადი დამუშავების წინ.

ზემოთქმულიდან ნათელია, რომ სასუქების შეტანის რომელიმე სიღრმე არ შეიძლება მიღებული იქნეს შაბლონად ყველა შემთხვევაში, როგორც ეს გათვალისწინებულია ორგანულ-მინერალური ნარევების გამოყენების ინსტრუქციაში.

---

## წყალი და მცენარის კვება

### წყლის მნიშვნელობა მცენარისათვის

მცენარის ცხოველყოფელი უჯრედის საერთო მშრალი მასიდან წყალი 75-85 პროცენტამდე აღწევს. ბევრად უფრო ნაკლები წყალია მკვდარ უჯრედებში. კიდევ უფრო მცირეა იგი თესლის ცოცხალ უჯრედებში. წყლის შემცირება ფოთლებსა და ზრდის წერტილებში ჰაერზე მშრალ მდგომარეობამდე, იწვევს უჯრედის პროტოპლაზმის დაღუპვას. წყალს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მცენარეში მიმდინარე ისეთი პროცესებისათვის, როგორცაა ნივთიერებათა ცვლა, სუნთქვა, ზრდა და უჯრედის გამრავლება. ეს პროცესები ინტენსიურად მიმდინარეობს მცენარეში მხოლოდ მაშინ, როცა უჯრედის კოლოიდები გაუღენთილია წყლით.

წყალი მცენარისათვის საჭირო საკვები ნივთიერების გამხსნელია. ამაშია წყლის უდიდესი მნიშვნელობა მცენარის კვებისათვის. სხვადასხვა ნივთიერებები როგორც მაგარი, ისე გაზისებური, შედიან მცენარის უჯრედის პლაზმაში მხოლოდ წყალხსნადი ფორმის სახით. მაშასადამე, წყალი საჭიროა მცენარისათვის, პირველ ყოვლისა, როგორც იმ საკვები ნივთიერების გამხსნელი, რომელთაგანაც მცენარე აშენებს თავის ორგანიზმს.

წყალი იწვევს აგრეთვე უჯრედიდან უჯრედში მცენარისათვის საჭირო საკვები ნივთიერებების გადაადგილებას. საკვებ არეში არსებული მინერალური მარილები შეიწოვება ფესვების მიერ ხსნარიდან და მიედინება ფოთლებისა და ზრდის წერტილებისაკენ წყლის დენთან ერთად.

მცენარის ორგანოებში წარმოქმნილი ორგანული შენაერთების გადანაცვლება წარმოებს აგრეთვე წყალში გახსნილი სახით.

ყოველივე ამის გარდა მცენარისათვის წყალი საკვები ნივთიერებაცაა. ის მონაწილეობას იღებს ფოტოსინთეზის პროცესში. წყლის შემადგენელი წყალბადი მონაწილეობს ფოტოსინთეზის პროცესის შედეგად წარმოქმნილ პირველადი ორგანული ნივთიერების შექმნაში, მასში არსებული ჟანგბადი კი გამოიყოფა ატმოსფეროში.

წყალში შედის ნახშირწყლების, ცილებისა და სხვა შენაერთების შედგენილობაში, რომლებიც წარმოადგენენ მასალას მცენარეული უჯრედის გარსისა და პროტოპლაზმის შენებისათვის. წყალი დაკავშირებულია უჯრედის კოლოიდებთან ჰიდრატაციული წყლის სახით. წყალი ღებულობს მონაწილეობას მცენარეულ ნივთიერებათა ცვლის მრავალ პროცესში. დასასრულ უნდა აღინიშნოს, რომ უჯრედის ვაკუოლები ცხოველმყოფელობის პერიოდში შეესებულება წყლის ხსნარებით.

მცენარის მოთხოვნილება წყალზე არ განისაზღვრება მარტო ზემოთ აღნიშნული პროცესებით. წყლის ბალანსი შემოფარგლული რომ იყოს მხოლოდ ზემოთ აღნიშნული მოვლენებით, მაშინ მცენარე დაკმაყოფილდებოდა წყლის საკმაოდ მცირე რაოდენობით. ვინაიდან, აორთქლების გამო წყლის მარაგის ნაწილი იკარგება, ამიტომ მცენარის მოთხოვნილება მასზე ძალზე დიდია. მცენარის მიწისზედა ნაწილებით აორთქლების პროცესში წყლის დანაკარგს ეწოდება ტრანსპირაცია. ტრანსპირაცია წარმოადგენს რთულ ფიზიოლოგიურ პროცესს, რომელიც მკვიდროდაა დაკავშირებული როგორც ორგანიზმის სტრუქტურასთან, ისე მის ცალკეულ ფუნქციებთან—ფოტოსინთეზთან, სუნთქვის პროცესთან, ზრდასთან. რთული ქსოვილების სისტემაში ცოცხალი უჯრედების მონაწილეობა, რაც დაკავშირებულია სხვა ფიზიოლოგიურ მოვლენებთან, ტრანსპირაციას, განასხვავებს უბრალო ფიზიკური აორთქლებისაგან.

მცენარის მიწისზედა ნაწილების ტრანსპირაცია აუცილებელია, რამდენადაც ფოთლები და ღერო, რომლებიც საჭიროებენ გაზების ცვლას, არ შეიძლება იზოლირებულ იქნეს მის გარშემო არსებულ ჰაერისაგან. გაზების ცვლაზე მცენარის მოთხოვნილებას მივყავართ ტრანსპირაციის პროცესის აუცილებლობამდე, რადგან ჟანგბადისა და ჰაერის ნახშირორჟანგის შესვლა მცენარის ცოცხალ უჯრედებში გულისხმობს წყლის ორთქლის გამოსვლას, რომელიც წარმოიშობა მცენარის ქსოვილებში. მცენარეში გაზების ცვლა შეიძლება წარმართოს ისეთი ჰაერიდან, რომელიც გაუღენთილია წყლის ორთ-

ქლით. ამიტომ თუ ამ უკანასკნელით მცენარის ირგვლივ არსებული პერი გაუღენთილი არაა, მაშინ მცენარე აორთქლებს წყალს.

მცენარე ნახშირბადოვანი კვების უფრო სრულად უზრუნველყოფისა და მზის ენერგიის უკეთ გამოყენებისათვის ივითარებს ფოთლის უდიდეს ზედაპირს, რის შედეგადაც ტრანსპირაციული დანაკარგები დიდია. ტრანსპირაციული დანაკარგები დამოკიდებულია გარეგან პირობებზე და თვით მცენარის ბიოლოგიურ თავისებურებაზე. ზაფხულის პერიოდში ერთ ჰექტარ ფართობზე ტრანსპირაციით ყოველდღიურად ათეული ტონობით წყალი ორთქლდება. ასე, მაგალითად, ერთი ძირი სიმინდი ვეგეტაციის განმავლობაში აორთქლებს 200-300 ლიტრ წყალს.

ტრანსფირაციის ფიზიოლოგიური როლი იმაში მდგომარეობს, რომ ის აძლიერებს ფესვებიდან მიღებული მინერალური ნივთიერების შეღწევას ფოთლებსა და ლეროში. გარდა ამისა, იცავს მცენარეს მზის სხივებით გადახურებისაგან.

წყლის აღმავალ დენს მცენარეში ქმნის ტრანსპირაცია. ამ პროცესში ფესვების დაწოლის ძალების მონაწილეობა შეუდარებლად მცირეა. წყალთან ერთად ფოთლების ქსოვილებსავე მიედინებიან მინერალური ნივთიერებები. ტრანსპირაციის არარსებობის შემთხვევაში მინერალური ნივთიერებები ფოთლებისაკენ უნდა წასულიყო უმოძრაო მიღებში დიფუზიური ძალებით, რაც, რასაკვირველია ვერ უზრუნველყოფდა მცენარის მინერალურ კვებას.

მზის ენერგიის მეტი რაოდენობით შეთვისებისათვის მცენარე ფოთლებს მიმართავს მზის სხივების მიმართულებით, რაც ქმნის ფოთლის ფირფიტის ქსოვილების გადახურების საშიშროებას, ეს რეალური ხდება და ხშირად მცენარე დაღუპვამდე მიდის იმ შემთხვევაში, თუ ნიადაგში წყლის ნაკლებობის გამო მცენარე იძულებულია ძლიერ შეანელოს ტრანსპირაცია, და პირიქით, ტენით უზრუნველყოფილი მცენარე დაკულია თავის ფოთლების გადახურებისაგან, რადგან ნორმალური ტრანსპირაცია იწვევს ფოთლის ქსოვილების ტემპერატურის შემცირებას. ამ მიზნით მთელი აორთქლებული წყლის 80 პროცენტამდე იხარჯება მცენარეში.

მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ მცენარის ფოთლებში მინერალური მარილების ნორმალურად შესვლას, მათი ტემპერატურის შემცირებისათვის არ არის აუცილებელი წყლის ისეთი რაოდენობის აორთქლება, როგორც ამას აქვს ადგილი ბუნებაში. მაშასადამე, ტრანსპირაცია თუმცა წარმოადგენს ფიზიოლოგიურად აუცილებელ პროცესს, მაგრამ ამ უკანასკნელის რაოდენობრივი გამოხატულება

არ არის მცენარის მოთხოვნილებით შეპირობებული. ბუნებაში ტრანსპირაციის პროცესში წყლის უდიდეს დანაკარგებს განსაზღვრავს გარეგანი პირობები. ეს დანაკარგები შეიძლება შემცირებული იქნეს მცენარის სხვა ფუნქციების შეფერხების გარეშე, მისთვის უფრო ხელსაყრელი პირობების შექმნის გზით, კერძოდ მშრალი ქარებისაგან (ქარშოშინასგან) დაცვით, რომლებიც წყლის დიდ არასასარგებლო დანაკარგებს იწვევენ.

### წყლის უსვლა მცენარეში

დაბალ საფეხურზე მდგომი მცენარეები და წყალმცენარეები წყალს ითვისებენ მთელი სხეულით. მაღალ საფეხურზე მდგომი მცენარეები კი თავის მიწისზედა ნაწილით ღებულობენ ატმოსფეროს ნალექების უმნიშვნელო რაოდენობას, რომელსაც ფაქტიურად პრაქტიკული მნიშვნელობა არა აქვს. უკანასკნელ შემთხვევაში წყლის შესვლას მცენარეში ხელს უშლის კუტიკულა და საცობის უჯრედები, რომლითაც დაფარულია მცენარის ღეროები და ტოტები. სპეციალური გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ბაგეების ხვრელები წყლის წვეთებისათვის შეუღწევადია. მხოლოდ ფოთლების მოწყვეტის ადგილებში შედის წყალი. მცენარის ძირითად ორგანოს, რომელიც უზრუნველყოფს წყლის მოთხოვნილებას, წარმოადგენს ფესვი. ნიადაგში არსებული ფესვი შეიწოვს წყალს და მთელი გამტარი სისტემით აწვდის მას მიწისზედა ორგანოებს — ღეროსა და ფრთლებს. ახლად აღმოცენებული მცენარის ფესვები წყალს მთელი თავისი ზედაპირით იწოვს, უფრო გვიან კი მხოლოდ ბუსუსა ფესვებს შესწევს წყლის შეწოვის უნარი, რადგან დანარჩენი ნაწილები იფარებიან საცობის ქსოვილებით, რომლებიც ხელს უშლიან ფესვის ქსოვილებში წყლის შეღწევას. როგორც წესი, მცენარის ფესვები ძალზე დატოტვილია, რითაც იქმნება დიდი შემწოვი ზედაპირი. მცენარეს, რომელიც იზრდება ტენიან ნიადაგზე, ფესვთა სისტემა განვითარებული აქვს შედარებით სუსტად და პირიქით, მშრალ ადგილებზე მზარდი მცენარეების ფესვები მიდიან ღრმად ნიადაგში და ძლიერ იტოტებიან, მკიდროდ იხლართებიან მისთვის მისაწვდომი ნიადაგის მოცულობაში. ბუსუსა ფესვები მეტად მცირე ხანს ცოცხლობენ, ისინი თანდათანობით კვდებიან და მათ ნაცვლად ახალი წარმოიქმნებიან ფესვის ბოლოებზე. მრავალ მერქნიან, ბუჩქოვან მცენარეში ბუსუსა ფესვების როლს ასრულებენ სოკოები ე. წ.

ჰიფები. აღსანიშნავია, რომ ჰიფები მცენარის ფესვებზე უფრო დიდხანს ცოცხლობენ, ვიდრე ბუსუსა ფესვები. მათი სიცოცხლის ხანგრძლივობა ზოგჯერ ერთი ვეგეტაციის პერიოდსაც კი აღწევს, ნაშინ როდესაც ცალკეული ბუსუსა ფესვების სიცოცხლის ხანგრძლივობა მხოლოდ რამოდენიმე დღით განისაზღვრება.

მიწის ზედა ნაწილებისათვის წყლის მიწოდება მთელ რიგ შემთხვევებში წარმოებს ფესვების ძალებით, რომელიც რამდენიმე ატმოსფეროთი განისაზღვრება. ამ ძალას ფიზიოლოგიაში ფესვის წნევის უწოდებენ. მერქნიანი და ბუჩქოვანი მცენარეების ფესვის წნევა 1-3 ატმოსფეროს აღწევს, ბალახეულობის კი ატმოსფეროს მიათვლია.

მცენარის ღეროს გადანაჭერზე ხშირად გამოიყოფა წყალი, რომელსაც მცენარის „ტირილს“ უწოდებენ. იგი თავისში შეიცავს სხვადასხვა ნივთიერებას. ნაწილობრივ ეს ნივთიერება მიღებულია ფესვებში შესულ წყალთან ერთად, ნაწილობრივ კი ფესვებსა და ღეროში არსებული ისეთი მარაგი ნივთიერებებიდან, როგორცაა ნახშირბადოვანი შენაერთები — შაქრები. „მცენარის ტირილი“ გამოწვეულია ფესვების წნევით.

ამავე მიზეზის შედეგია აგრეთვე ე. წ. გუტაცია. გუტაციას უწოდებენ წყლის გამოყოფას ფოთლის ბოლოებზე ან მის დანაკვეთულ ნაწილზე განსაკუთრებული ორგანოს გზით, რომელსაც წყლის ბაგეებს ანუ გიდატოდებს უწოდებენ. გუტაცია გამოწვეულია იმით, რომ მცენარეში ჰარბად შესული წყალი ვერ ასწრებს აორთქლებას და გამოიყოფა გიდატოდების გზით.

ფესვების დაწოლის ძალა იცვლება წლის განმავლობაში. იგი მაქსიმუმს აღწევს გაზაფხულზე რასაც ადასტურებს წლის აღნიშნულ პერიოდში მცენარის განაჭერიდან ხსნარის ძლიერი გამოყოფა. ზაფხულისა და ზამთრის პერიოდში ფესვების დაწოლის ძალა მინიმუმამდე დადის. თუმცა ცდებით დადგენილია, რომ ფოთოლმცვენ მცენარეებში წყლის მიწოდება ფესვებიდან ზამთრის განმავლობაშიც არ წყდება. ფესვების წნევა იცვლება აგრეთვე დღე-ღამის განმავლობაშიც — მაქსიმუმი დადის საათებში, ხოლო მინიმუმი ღამის საათებში.

უნდა აღინიშნოს, რომ ფესვების დაწოლის მექანიზმი ჯერ კიდევ საკმაოდ არაა შესწავლილი, რის გამოც არსებობს მრავალი თეორია. მათ შორის აღსანიშნავია დ. საბინინის თეორია, რომლის თანახმად წყლის შესვლა ფესვის ცენტრალური ცილინდრის კურკლებში წარმოებს, ამ უქანასკნელში არსებული ხსნარის შემწოვი

ძალის სიჭარბით, გარსის ცოცხალი უჯრედების შემწოვ ძალასთან შედარებით. ჭურჭლების შედარებით დიდი შეწოვის ძალა შეპირობებულია წყლის ცენტრისკენული მოძრაობით, რის შედეგადაც წყალი ფესვის გარსის უჯრედებიდან მიისწრაფვის ფესვის ჭურჭლებოჭკოვან კონებისაკენ.

თუ ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში ფესვები განიცდიან ყანგბადის ნაკლებობას, რაც შენიშნულია ძლიერ დატკეპნილ ნიადაგებში, ფესვების დაწოლა ძალზე მცირდება. ფესვების წნევა სწრაფად წყდება მცენარის ქლოროფორმით მოწამვლის შემთხვევაში.

მცენარის ფესვებში წყლის შესვლის ინტენსივობა დამოკიდებულია ნიადაგის ტემპერატურისაგან. მისი დაწევით მცირდება ცოცხალი უჯრედის პლაზმის შეღწევალობის თვისება და ფესვებისაკენ წყლის დენადობა ფერხდება.

მცენარის ფესვს, ცალკე აღებულ უჯრედის მსგავსად, შეუძლია გარემო ხსნარიდან მიიღოს წყალი იმ შემთხვევაში, თუ ფესვის შეწოვის ძალა მეტია ნიადაგის ხსნარის შეწოვის ძალაზე.

მცენარის ფესვებში წყლის შესვლაზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის ჰაერაცია. წყლის შეწოვა და მისი გადანაცვლება ფესვის ცოცხალ უჯრედებში დაკავშირებულია განსაკუთრებული რაოდენობის ენერჯის ხარჯვასთან. ამ ენერჯიას ფესვების უჯრედები იღებენ სუნთქვის პროცესიდან, რომელიც წარმოადგენს მცენარის მიწისზედა ნაწილებიდან ფესვებში შესული ორგანული ნივთიერებების ბიოლოგიურ დაქანგვას. არასაკმარისი ჰაერაციის პირობებში, სუნთქვის პროცესი, ფერხდება და აქედან წყლის შესვლა-გადანაცვლება ფესვების ცოცხალ უჯრედებში ნელდება.

მცენარის ფესვების შეწოვის ძალა დამოკიდებულია აგრეთვე ნიადაგში წყლის რაოდენობაზე, მაგრამ მისი მაქსიმალური რაოდენობა არაა ხელსაყრელი ძირითადი სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისათვის, რადგან ამ შემთხვევაში მცირდება მცენარის ფესვების განვითარებისათვის ესოდენ აუცილებელი ჰაერის რაოდენობა, რითაც ფერხდება საერთოდ მცენარის განვითარება. მცენარისათვის ხელსაყრელი წყლისა და ჰაერობული რეჟიმი დამოკიდებულია ნიადაგის სტრუქტურაზე. მხოლოდ სტრუქტურულ ნიადაგში აქვს ადგილი წყლის ნორმალურ დაგროვებასა და სასურველ ჰაერაციას. დადგენილია, რომ სხვადასხვა ნიადაგებს წყლის შეკავების არაერთნაირი უნარი აქვთ. წყლის რაოდენობას, რომელსაც აკავებს

ნიადაგი, უწოდებენ მის ტენტევალობას. ჩვეულებრივ მას გამოხატავენ პროცენტობით აბსოლუტურად მშრალ ნიადაგიდან. ყველაზე დიდი ტენტევალობა ახასიათებს მძიმე თიხნარ ნიადაგებს, ხოლო ყველაზე ნაკლები — ქვიშებს.

მცენარის მიერ შესათვისებლობის მიხედვით ნიადაგის ტენსორ ჯგუფად ყოფენ: მცენარისათვის შესათვისებელი და მცენარისათვის შეუთვისებელი. მცენარისათვის ყველაზე უფრო შესათვისებელია ის წყალი, რომელიც მოთავსებულია ნიადაგის ნაწილაკებს შორის არსებულ მსხვილ ფორებში, მას გრავეიტაციულ წყალს უწოდებენ. ასევე შესათვისებელია მცენარისათვის წვრილ კაპილარებში არსებული ე. წ. კაპილარული წყალიც. მცენარე თითქმის ვერ ითვისებს იმ წყალს, რომელიც დაკავშირებულია ნიადაგის ნაწილაკების ზედაპირზე ადსორბციული ძალების მეშვეობით. ეს წყალი აპკის სახით გადაეკვრება ნიადაგის ნაწილაკების ზედაპირს, ამიტომ მას აპკისებურ წყალსაც უწოდებენ. აპკისებური წყლის პერიფერიული ნაწილი არ არის მჭიდროდ დაკავშირებული ნიადაგის ნაწილაკებთან, ამიტომ მისი შეთვისება მცენარეს შეუძლია. მაგრამ უშუალოდ ნიადაგის ნაწილაკების ირგვლივ არსებული აპკისებური წყალი მცენარისათვის შეუთვისებელია, რადგან ის დიდი ძალებით მიიზიდება ნიადაგის ნაწილაკების მიერ და მისი დაცილების უნარი მცენარის ფესვებს არ შესწევს. მამასადამე, მცენარეს შეუძლია შეითვისოს გრავეიტაციული, კაპილარული და ნაწილობრივ აპკისებური წყალი. აპკისებური წყლის რაოდენობას მცენარე ლებულობს მას შემდეგ, როდესაც შესათვისებელი წყლის სხვა ფორმები ნიადაგში არ იმყოფება. შესათვისებელი აპკისებური წყლის მარაგის ამოწურვის შემდეგ მცენარე გადადის მდგრადი ჰენობის მდგომარეობაში. ნიადაგის ტენიანობის იმ ხარისხს, როდესაც მცენარის ჰენობა იწყება, ჰენობის კოეფიციენტი უწოდებენ.

ნიადაგის ჰიგროსკოპულობა ეწოდება წყლის იმ რაოდენობას, რომელიც შეუძლია შთანთქმოს ნიადაგმა აერმშრალ მდგომარეობაში ატმოსფეროს ორთქლიდან.

სხვადასხვა ნიადაგების ჰიგროსკოპულობა არაერთნაირია—იგი დიდი აქვს თიხნარებს ნაკლები ქვიშნარებს დადგენილია. რომ რიცხობრივად ჰენობის კოეფიციენტი დაახლოებით ერთნახევარ მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობას უდრის. წყლის შემდგომი შემცირების შემთხვევაში, ე. ი. მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობამდე, ნიადაგში რჩება სრულიად შეუთვისებელი, ე. ი. წყლის მკვდარი მარაგი.



ნიადაგში ჰენობის კოეფიციენტი, წყლის მკვდარ მარაგს გამო-  
ხატავენ პროცენტებით აბსოლუტურად მშრალ ნიადაგიდან გამოან-  
გარიშებით. ნიადაგში რაც მეტია წვრილი კოლოიდური ნაწილაკე-  
ბი. მით მეტი იქნება ჰენობის შესაბამისი ტენის რაოდენობა. ამი-  
ტომ თიხნარ ნიადაგებში ჰენობის კოეფიციენტის შესაბამისი ტენის  
რაოდენობა უფრო მაღალია, ვიდრე ქვიშნარებში, მაგრამ თიხნარი  
ნიადაგების ღიდი ტენტევალობის გამო მცენარისათვის შესათვისე-  
ბელი წყლის მარაგი მათში მაინც ბევრად მეტია, ვიდრე ქვიშა-  
რებში.

მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ერთ  
და იმავე ნიადაგზე აღზრდილი სხვადასხვა მცენარე ერთი და იმავე  
წყლის მკვდარი მარაგის ჰენობას ამეღვენებს და პირიქით, ერთი და  
იგივე მცენარე ჰენება სხვადასხვა ნიადაგზე წყლის არაერთნაირი  
მკვდარი მარაგისას. მაშასადამე, მცენარისათვის მისაწვდომი წყლის  
მარაგი კი არ განისაზღვრება მცენარის ფიზიოლოგიური თვისებე-  
ბით, არამედ ნიადაგის ფიზიკური თვისებებით.

#### წყლის მოძრაობა მცენარეში

წყალი მცენარეში მოძრაობს ქვემოდან ზევით — ფესვებიდან  
ფოთლებისაკენ. ასეთ მოძრაობას უწოდებენ აღმავალ დენს. წყლის  
მოძრაობის გზა მცენარეში იყოფა სამ ნაწილად. წყლის მოძრაობა  
იწყება ფესვის შემწოვი ზედაპირიდან, რომელიც დაფარულია ბუ-  
სუსა ფესვებით ან მიკორიძის მიცელიუმით და მთავრდება ფესვის  
ცენტრალური ცილინდრის ტრაქეებით ანუ ქურჭლებით. ეს მანძი-  
ლი იზომება მილიმეტრის რაღაც ნაწილით და მასში წყალი ცოცხა-  
ლი უჯრედის გზით გადის. წყლის მოძრაობის მეორე გზით, რომე-  
ლიც ათიათასჯერ მეტია, ვიდრე პირველი, წყალი გადის მკვდარი  
უჯრედების მიმართულებით ფესვის, ღეროს, ტოტების, ფოთლის  
ფირფიტების, ძარღვების ტრაქეიდებსა და ქურჭლებში. წყლის  
მოძრაობის უკანასკნელი ნაწილი იწყება ფოთლის ძარღვების დაბო-  
ლოებიდან. ამ შემთხვევაში წყალი მოძრაობს მეზოფილის უჯრედე-  
ბის გზით და გაივლის უჯრედთა შორის მანძილის ზედაპირს, რაც  
განიზომება მილიმეტრების რაღაც ნაწილით, იშვიათად მილიმეტ-  
რებით.

წყლის მოძრაობა პირველი და მეორე გზით წარიმართება ოს-  
მოტიური ძალებით. ნახევრად გამტარი პაზმატიური აპკის არსებო-  
ბა ყოველ უჯრედში, რომელიც წინ ხვდება წყალს ამ გზით გავლის

დროს, აძნელებს წყლის მოძრაობას ერთი უჯრედიდან მეორეში. ეს წინააღმდეგობა უდრის 1 ატმოსფეროს 1 მმ-ის მანძილზე. აქედან გამომდინარე, წყლის გადასროლა უფრო მეტ მანძილზე (ათეული სანტიმეტრის ან მეტრის მანძილზე) ცოცხალი უჯრედების მიმართულებით ძნელდება. ამიტომ წყლის მოძრაობა ტრაქეების მკვდარი უჯრედების გზით ოსმოტიური ძალებით წარმოუდგენელია. მაშინ იზადება კითხვა: რა ძალებით მოძრაობს წყალი და მასში გახსნილი საკვები ნივთიერება ტრაქეებიდან ფოთლის უჯრედებამდე?

გუტაციისა და ტირილის მოვლენები მოწმობენ, რომ წყლის მოძრაობას ამ პერიოდში არეგულირებს ფესვის დაწოლის ძალები. მეორე მხრივ ცნობილია, რომ მცენარის მოკრილ ტოტებს თუ მოვათავსებთ წყალში რამდენიმე დღის განმავლობაში, ტრანსპირაციის მიუხედავად, იგი არ დაქვენბა. აქედან გამომდინარე უნდა ვიფიქროთ, რომ წყლის მოძრაობას ტრაქეებში ფესვების დაწოლასთან ერთად აწარმოებს ტრანსპირაციის ძალები.

მაშასადამე, წყლისა და მასში გახსნილი საკვები ნივთიერების მოძრაობას ქვემოდან ზევით მართავს ფესვის დაწოლის და ტრანსპირაციის ძალები. ორივე ეს ძალა ერთი და იმავე მიმართულებით მოქმედებს და პირობების მიხედვით ერთმანეთს სცვლის ან ავსებს. ასე, მაგალითად, გვალვების პერიოდში ფოთლების წყლით მოპარაგება მიმდინარეობს ძირითადად ტრანსპირაციის შემწოვი ძალებით. როდესაც ნიადაგი უზრუნველყოფილია წყლით და ჰაერი გაუღენთილია წყლის ორთქლით (მაგალითად, ღამით), მაშინ ტრანსპირაცია შენელებულია და წყლის მოძრაობა მცენარეში წარმოებს ფესვების დაწოლის ძალით. მაშასადამე, მცენარეში წყლის მოძრაობის რეგულირების პირობების მიხედვით, მთავარ როლს ასრულებს ტრანსპირაციის ძალები ან ფესვის დაწოლა, მაგრამ ეს უკანასკნელი მაინც წარმოადგენს დამატებითს. ცნობილია, რომ ფესვების დაწოლის ძალა 1-3 ატმოსფეროს აღწევს, ე. ი. ოდენობას, რომელსაც არ შეუძლია წყლის მოძრაობა უზრუნველყოს 20 მეტრზე მეტ მანძილზე. ფესვის დაწოლის ძალებს არ შეუძლია უზრუნველყოს ფოთლები საჭირო რაოდენობის წყლით. უფრო მეტიც, გვალვების პერიოდში, როდესაც ფოთლები განსაკუთრებით საჭიროებენ წყალს, ფესვის დაწოლა ეცემა და შეიძლება მთლიანად შეწყდეს. ეს გარემოება ამცირებს ფესვების დაწოლის მნიშვნელობას მცენარეში წყლის შესვლის თვალსაზრისით, იგი მეორეხარისხოვანი ხდება. ტრანსპირა-

ციის ძალებით წყლის შესვლა მცენარეში მით მეტია, რაც უფრო დიდია ფოთლების მოთხოვნილება წყალზე. ფოთლის შეწოვის ძალა ხის სიმალის მიხედვით კანონზომიერად იზრდება. ის იცვლება აგრეთვე ფოთლების განლაგების მიხედვით: ყველაზე მეტი შეწოვის ძალა აქვს გვერდით და ვარჯის ზემოთ არსებულ ფოთლებს.

იმისათვის, რომ ფოთლის შეწოვის ძალებს შეეძლოს მონაწილეობა მიიღოს ტურქელბოქკოვან კონებამდე წყლის ატანაში, აუცილებელია წყლის ნაწილებს შორის იყოს შეჭიდვის ძალები. რაც უფრო მაღლა მიდის წყალი, მით მეტი მნიშვნელობა აქვს წყლის ნაწილაკების შეჭიდულობის ძალებს. ისინი რომ არ იყოს, მაშინ ტურქელბოქკოვან კონებში წყლის დენი ფოთლებთან შეწყდება და წყლის ზემოთ გადანაცვლებას ადგილი არ ექნებოდა. წყლის შოლექულების შეჭიდვის ძალები მერყეობს 300-დან 350 ატმოსფერომდე. შეჭიდულობის ძალების ასეთი სიძლიერე ჭაკმარისია, რომ თავიდან იქნეს აცილებული წყლის დენის გაწყვეტა, ვაკუუმის წარმოშობა და ტურქელბოქკოვანი კონებისა და ტრაქეების ჰაერიოვავსება.

---

**სინათლისა და სითბოს გავლენა მცენარის კვებაზე**

მცენარის სიცოცხლე მიმდინარეობს გარემო პირობებთან მჭიდრო კავშირში. ამიტომ მცენარეთა თვისებები და ნიშნები იცვლება გარემო პირობების ცვლილების შესაბამისად. მცენარე გარემო არედან შთანთქავს სხვადასხვა საკვებ ნივთიერებებს და იყენებს მათ თავისი ორგანიზმის შენებისათვის. მცენარის ცოცხალი ნივთიერების წარმოქმნა დამოკიდებულია არა მარტო საკვები ნივთიერების შედგენილობაზე, არამედ ისეთი პირობების გავლენისაგან, როგორცაა, მაგალითად, სინათლე, ტემპერატურა, ნიადაგისა და ჰაერის ტენიანობა და ა. შ.

კვების ხასიათი ან, როგორც ამბობენ, ნივთიერებათა ცვლის ტიპი, საფუძვლად უდევს მცენარეების თვისებებსა და მათ ნიშნებს. ნივთიერებათა ცვლით მცენარე დაკავშირებულია არსებობის გარემო პირობებთან. ნივთიერებათა ცვლის ხასიათის შეცვლას მივყევართ მცენარეების თვისებების და ნიშნების შეცვლამდე.

მწვანე მცენარეს შეუძლია შთანთქოს და გადაამუშაოს საკვები ნივთიერებები, ნორმალურად გაიზარდოს, განვითარდეს და ნაყოფი მოგვცეს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ის სიცოცხლის ყოველ მომენტში უზრუნველყოფილია მისთვის საჭირო ყველა პირობით. მცენარეში მიმდინარე ყოველი პროცესი განსაზღვრულ მოთხოვნილებებს აყენებს შესაბამისი პირობების თანაარსებობაზე და მას შეუძლია იგი ამოირჩიოს გარემოდან. ამ პირობებიდან ძირითადია — სინათლე, სითბო, წყალი, ნიადაგური კვება, ჰაერის ჟანგბადი და სხვ. ყველა ისინი აუცილებელია აღნიშნული პროცესისათვის. მათი შეცვლა ერთმანეთით ან სხვა რომელიმეთი არ შეიძლება. საკვებით, წყლით და სითბოთი უზრუნველყოფილი მწვანე მცენარე საკმარისია გადავიტანოთ სიბნელეში, რომ რამდენიმე ხნის შემდეგ

დაიღუპოს. ასევე, თუ მცენარეს დაეკმაყოფილებთ სინათლით, სითბოთი და საკვები ნივთიერებებით, მაგრამ არ მივცემთ წყალს, რამდენიმე დღის შემდეგ მცენარე გახმება. მაშასადამე, მცენარისათვის საჭირო ფაქტორები შეუცვლელია, ისინი თანაბარფასიანია. მცენარის ნორმალური განვითარებისათვის საჭიროა ერთდროულად მისი უზრუნველყოფა აღნიშნული ფაქტორებით.

პრაქტიკაში ყველაზე მეტადაა ცნობილი ორი პირობის — წყლისა და საკვები ნივთიერების გავლენა და მნიშვნელობა. ხშირად მხოლოდ მათ ღებულობენ მხედველობაში. სოფლის მეურნეობის პრაქტიკაში ჯერ კიდევ არ შესულა სინათლის რეგულირებით და მცენარეზე სინათლით ზემოქმედება. ჯერ კიდევ გავრცელებულია აზრი იმის შესახებ, რომ ადამიანს მცენარისათვის საჭირო წყლისა და საკვების რეგულირება შეუძლია მხოლოდ, რაც შეეხება სინათლესა და სითბოს ამ მხრივ თითქოს იგი უძლურია. თანამედროვე ტექნიკის პირობებში ასეთი წარმოდგენა მცდარია. ჩვენს ქვეყანაში მეცნიერების მიერ გამომუშავებულია მთელი რიგი ხერხები დახურულ გრუნტში სინათლისა და სითბოს, რეგულირებისათვის და მცენარეების მიერ მათი მთლიანად გამოყენებისათვის. მცენარის მართვა სინათლით მაღალი და მყარი მოსავლის მიღების საშუალებას იძლევა.

## I. სინათლისა და სითბოს როლი მცენარეთა კვებაში

ცნობილია, რომ მცენარეში ფოტოსინთეზის პროცესი მხოლოდ სინათლეზე მიმდინარეობს. მცენარის გაშენების მიზანს წარმოადგენს ორგანული ნივთიერების შექმნა. ამ უკანასკნელს მწვანე მცენარე მხოლოდ სინათლეზე, მზის სხივების ენერჯის მონაწილეობით ქმნის. მცენარე ითვისებს და აგროვებს ფოტოსინთეზის პროცესში მზის სითბურ ენერჯიას. მცენარეში ორგანული ნივთიერებისა და მზის სითბური ენერჯის დაგროვება ბიოლოგიური პროცესია.

მზის სხივები მცენარის კვების პროცესზე მოქმედობს სინათლისა და სითბური ენერჯის სახით. მწვანე მცენარეში მზის სხივების ენერჯიას შთანთქავს ფოთლებში არსებული ქლოროფილი. როგორც ცნობილია, მზის სინათლე ერთფეროვანი არაა. იგი შედგება მრავალი სხვადასხვა ფერის სხივისაგან, რომლებსაც გააჩნიათ სხვადასხვა თვისება. ადამიანის თვალი აღიქვამს სინათლის სხვადასხვა ფერს, რომლებიც წარმოშობენ იმ სინათლეს, რასაც ჩვენ

ლეთრ სხივს ვუწოდებთ. მზის სხივის რთული ბუნება დამტკიცებულია იმით. რომ შეიძლება მისი დაშლა შემადგენელ ნაწილებად. რის შედეგად მიიღება სხვადასხვა ფერის სხივი. მზის სინათლის დაშლაზე შეიძლება დაკვირვება ვაწარმოოთ ბუნებაში. ზოგჯერ, წვიმის შემდეგ, ცაზე ჩნდება ცისარტყელა, რომელიც სხვადასხვა ფერის ზოლებისაგან შედგება. მზის სინათლის დაშლა შეიძლება ხელოვნური გზითაც. ამ მიზნით იყენებენ სპეციალურ ხელსაწყოს — შუშის პრიზმას. ამ უკანასკნელში მზის სინათლის გატარებისას მიიღება ე. წ. სპექტრი, რომელშიაც არჩევენ შეიდი ფერის სხივს. ისინი განლაგებული არიან ერთმანეთის გვერდით განსაზღვრული რიგით. თუ სპექტრი მოთავსებულია ჰორიზონტალური რიგით, მაშინ მარცხნივ ყოველთვის იქნება წითელი სხივი, მის შემდეგ მარჯვნივ წარჩინის ფერი, შემდეგ ყვითელი, მწვანე, ცისფერი, ლურჯი და, ზოლოს იისფერი. გარდა სპექტრის ხილული მონაკვეთისა, არსებობს აგრეთვე ისეთი მონაკვეთები, სადაც მოთავსებულია ადამიანის თვალისათვის უხილავი სხივები. მარცხნივ წითელი სხივების წინ იმყოფება ინფრა წითელი სხივები, მარჯვნივ იისფერი სხივების წინ ულტრაიისფერი. უკანასკნელი ორი სახის სხივს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს მაღალ საფეხურზე მდგომი მცენარეებისა და ცხოველებისათვის. თითქმის ყველა ორგანიზმი იჩაგრება აღნიშნული სხივების ნაკლებობისას, მაგრამ მათი ჰარბი რაოდენობაც მავნებელია. მხოლოდ დაბალ საფეხურზე მდგომი ორგანიზმები, მაგალითად, სხვადასხვა ბაქტერიები ილუპებიან ულტრაიისფერი სხივების გავლენით. მზის სინათლის ყველა სხივი შეიცავს ენერგიას. ეს უკანასკნელი ერთს უფრო მეტი გააჩნია, ვიდრე მეორეს. მზის სინათლის ბუნების ასეთი გაგება საშუალებას გვაძლევს ავხსნათ ის მოვლენა, თუ რატომ აქვს ყველა საგანს თავისი შეფერილობა. თეთრია ყველა ის საგანი, რომელიც აირეკლავს სინათლის ყველა ფერს, ხოლო შავია ის საგანი, რომელიც შთანთქავს ყველა სხივს. ფერადი საგნები სინათლის სხივების ნაწილს აირეკლავენ, ნაწილს კი შთანთქავენ. მაგალითად, წითელი ფერის საგანი აირეკლავს წითელ სხივებს, დანარჩენს კი შთანთქავს. მცენარის ფოთლები იმიტომაც მწვანე, რომ ქლოროფილი მწვანე სხივებს აირეკლავს. კ. ა. ტიმირიაზევის გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ქლოროფილი შთანთქავს თითქმის ყველა წითელ, ნარინჯისფერ და ყვითელ სხივებს, აგრეთვე ცისფერსა და იისფერს, ხოლო მწვანე და ნაწილობრივ წითელ ფერებს კი აირეკლავს. გარდა ამისა, ცდებით გამორკვეუ-

ლია, რომ მცენარის ფოთლის იმ არეში, სადაც მოხვედრილი იყო ის სხივები, რომლებიც არ შთაინთქმებიან ქლოროფილის მიერ, არ წარმოებს ორგანული ნივთიერების წარმოქმნა. მწვანე მცენარის ქლოროფილი ორგვარ მუშაობას ასრულებს: პირველყოვლისა აკავებს მზის სინათლის გარკვეულ სხივებს და იყენებს მათ წყლის დასაშლელად, ხოლო შემდეგ თვით ქლოროფილი შედის ქიმიურ რეაქციაში სხვადასხვა შენაერთთან, რომლებიც წარმოიშვებიან ნახშირორჟანგისა და წყლის ორგანულ ნივთიერებად გარდაქმნის პროცესში.

მწვანე მცენარის ფოთლებში მიმდინარე ფოტოსინთეზის პროცესზე დიდ გავლენას ახდენს ტემპერატურა, მზის სხივების სინათლის ინტენსივობა. დადგენილია, რომ დაბალი ტემპერატურის პირობებში მცენარის უჯრედის ცხოველმყოფელობა ეცემა, რის შედეგად მცირდება ფოთლებში წარმოშობილი ორგანული ნივთიერების რაოდენობა. ტემპერატურის 25-30°-მდე გადიდებით იზრდება ფოთლის უჯრედის ცხოველმყოფელობა და ძლიერდება ნახშირორჟანგის შეთვისება. მაგრამ ტემპერატურის შემდგომი გადიდებისას მცენარის უჯრედები და ქლოროპლასტები იწყებენ დაზარებას სიცხისაგან, მათი ცხოველმყოფელობა ეცემა და ორგანული ნივთიერების წარმოქმნა კლებულობს. 40-45° ტემპერატურის პირობებში მცენარის უჯრედები კვდებიან, და ნახშირორჟანგის გაზის შეთვისებას წყვეტენ. ასეთია, საერთოდ, სითბოს გავლენა მცენარეში მიმდინარე ყველა პროცესზე, მათ შორის ნახშირორჟანგის შეთვისებაზე. მაგრამ ყოველი პროცესი მცენარეში თავისებურად პასუხობს ტემპერატურის შეცვლას, რაც განსხვავებულია სხვადასხვა მცენარეში. მაგალითად, წიწვოვანი მცენარეები, რომლებსაც ზამთარში წიწვები არ სცივიათ (მცირე გამონაკლისის გარდა) მაინც აგრძელებენ ორგანული ნივთიერების დაგროვებას 15°C ტემპერატურამდე. ჩრდილოეთის მცენარეები დაბალი ტემპერატურის პირობებში უფრო მეტ ორგანულ ნივთიერებებს აგროვებენ, ვიდრე სამხრეთისა და, პირიქით, სამხრეთის მცენარეები გადიდებული ტემპერატურის დროს უფრო მეტი რაოდენობის ორგანულ ნივთიერებას აგროვებენ, ვიდრე ჩრდილოეთის მცენარეები.

მცენარეების მოთხოვნილება განსაზღვრულ ტემპერატურაზე არ წარმოადგენს რაღაც მუდმივს, უცვლელს. გამოირკვა, რომ მცენარეების უჯრედებს შეუძლიათ შეეგუონ მისთვის ტემპერატურის ახალ პირობებს. მართალია ეს მოვლენა ჯერ კიდევ არაა

საკმაოდ შესწავლილი, მაგრამ მას მაინც დიდი მეცნიერული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

მცენარესა და მასში მიმდინარე პროცესის დამოკიდებულება გარემო პირობებისადმი იცვლება მცენარის ასაკის მიხედვით, რაც ჯერ კიდევ არაა სათანადოდ შესწავლილი.

სინათლე უშუალო მონაწილეობას იღებს ფოტოსინთეზის პროცესში. მცენარის მიერ გადამუშავებული ნახშირორჟანგის რაოდენობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რამდენ სინათლეს ითვისებს ფოთლები. მაგრამ სინათლის გავლენა ორგანული ნივთიერების წარმოქმნაზე რთულდება მით, რომ იგი მოქმედებს მცენარეში მიმდინარე მრავალ პროცესზე, მათ შორის ფოთლის ცოცხალი უჯრედების მდგომარეობაზე. სინათლე, მაშასადამე, მონაწილეობს პირდაპირ ფოტოსინთეზში როგორც მასალა, როგორც ენერგია, ის მოქმედებს არაპირდაპირაც უჯრედებზე და მათში მიმდინარე პროცესებზე.

ფოტოსინთეზისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს სინათლის ძალას, ანუ სხვანაირად რომ ვთქვათ, მზის ენერგიის იმ რაოდენობას. რომელიც ეცემა ფოთოლზე. სიბნელეში ნახშირორჟანგს მცენარე არ ითვისებს. ეს პროცესი უკეთ მიმდინარეობს სუსტი განათების პირობებში. მაგრამ რაც უფრო იზრდება სინათლის ძალა, მით მეტი გროვდება მცენარეში ორგანული ნივთიერება.

დადგენილია, რომ ყველაზე მეტი რაოდენობის ნახშირორჟანგს მცენარე ითვისებს სინათლის ისეთი სიძლიერისას, როდესაც ის შუადღის მზის სინათლის ძალის ნახევარს შეადგენს, მისი შემდგომი გადიდება არ იწვევს წარმოქმნილი ორგანული ნივთიერების ზრდას.

სინათლის ძალა. რომლის დროსაც ყველაზე მეტი რაოდენობით შეითვისება ნახშირორჟანგი, სხვადასხვა მცენარისათვის არაერთნაირია. მცენარეები, რომლებიც იმყოფებიან ღია მზიან ადგილებში, ეგუებიან მას და ადიდებენ ორგანული ნივთიერებების დაგროვებას განათების მნიშვნელოვანი გაძლიერებისას. მინდვრის პირობებში ნახშირორჟანგის გაზის შეთვისება დამოკიდებული არაა მარტო სინათლისაგან. ეს მოვლენა რთულდება მრავალი პირობით, კერძოდ სხვადასხვა დღეს აღნიშნული პროცესი არაერთნაირად მიმდინარეობს. ფოთლის მიერ ნახშირორჟანგის შეთვისება იწყება დილით, გათენებისას. რაც უფრო მაღლა იწევს მზე, მით უფრო ინტენსიურად შეითვისება ნახშირორჟანგის გაზი.



მაგრამ მალე, შუადღის შემდეგ, ქლოროპლასტები სახამებლით ივსებიან და ფოთოლში თავს იჩენს წყლის ნაკლებობა, რის შედეგად უჯრედებში იქმნება ორგანული ნივთიერების შემდგომი წარმოქმნისათვის არახელსაყრელი პირობები. ამ დროისათვის ხშირად მცირდება ნახშირორჟანგის გაზის რაოდენობა მცენარის ვარჯის ირგვლივ, რის შედეგადაც ფოთლის მუშაობა ნელდება, ზოგჯერ მთლიანად წყდება. დღის ბოლოსათვის ნახშირორჟანგის შეთვისება კვლავ იზრდება და აღწევს თითქმის დღის დასაწყისში არსებულ დონეს, შემდეგ, საღამო ხანს, ეს პროცესი თანდათანობით ეცემა, ხოლო დაღამებისას წყდება.

ღრუბლიან დღეში, როდესაც გაფანტული სხივები ქარბობს, ნახშირორჟანგის შეთვისება ასე თუ ისე თანაბრად მიმდინარეობს მთელი დღის განმავლობაში, მაგრამ მისი საერთო რაოდენობა მზიან დღესთან შედარებით ნაკლებია.

კ. ა. ტიმირიაზევის გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ნახშირორჟანგის შეთვისება უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს წითელი, ნარინჯისფერი და ყვითელი სხივებით, ნაცენარის განათებისას ცისფერ და იისფერ სხივებთან შედარებით. პირველ შემთხვევაში თითქმის ორჯერ მეტი ორგანული ნივთიერება გროვდება, ვიდრე მეორე შემთხვევაში. მცენარის ასეთი დამოკიდებულება სხვადასხვა სხივებისადმი შემთხვევითი როდია. ცნობილია, რომ ნახშირორჟანგის ყველაზე უკეთეს შეთვისებას ადგილი აქვს დილით და დღის ბოლოს. სწორედ ამ დროს ქარბობს მზის სინათლეში წითელი ფერი და შედარებით ნაკლებია ცისფერი და იისფერი სხივები. გარდა ამისა, წითელი ფერის სხივები ყველაზე უფრო ხელსაყრელია მცენარის მიერ მზის ენერჯიის გამოყენების თვალსაზრისით.

მცენარის კვებაზე სინათლის გავლენა უშუალოდ კავშირშია ფოტოპერიოდის მოვლენასთან.

ფოტოპერიოდისმი ეწოდება მცენარის რეაქციას დღის ხანგრძლიობაზე, ე. ი. დღე-ღამის განმავლობაში დღის განათების ხანგრძლიობაზე. ტერმინი ფოტოპერიოდში შემოიღეს ამ მოვლენის პირველმა აღმომჩენმა ამერიკელმა მეცნიერებმა უ. გარნერმა და გ. ალარდმა 1920 წელს.

დღის ანუ ფოტოპერიოდის ხანგრძლიობა ძლიერ გავლენას ახდენს მცენარის ორგანოების წარმოქმნაზე, ყვავილობისა და

ნაყოფმომცემობის პერიოდის დადგომაზე. მათთან დაკავშირებით მცენარეები სამ ჯგუფად იყოფიან: 1. მოკლე დღის მცენარეები, რომელთა ყვავილობა და ნაყოფმომცემობა ჩქარდება დღის ხანგრძლიობის 8-12 საათამდე შემცირებისას, მათ მიეკუთვნება: ფეტვი, სიმინდი, სოია, კენაფი, ბამბა. სორგო, პერილა, გეორგინა, ხრიზანტემა; 2. გრძელი დღის მცენარეები. დღის ხანგრძლიობის 16-20 საათამდე გაგრძელება მათში იწვევს ყვავილობისა და ნაყოფმომცემობის დაჩქარებას. ასეთებია: ხორბალი, შერია, ქერი, კვავი, ხანჯკოლი, სელი, მდოგვი, სალათი, პორტენზია; 3. ნიტრალური დღის ხანგრძლიობის მცენარეები, რომლებიც ერთნაირი სიჩქარით ყვავილობენ და ნაყოფს იძლევიან დღის ყოველგვარი ხანგრძლიობისას. ასეთებია: წიწიბურა, ცერცვი, წენგო, მწესუმზირა, პამიდორი და სხვ. პირველი და მეორე ჯგუფის ზოგიერთი მცენარე ყვავილობს და ნაყოფს იძლევა მხოლოდ და მხოლოდ მოკლე დღის პირობებში. მათ უპირისპირდებიან მცენარეები, რომლებიც ყვავილობენ მხოლოდ განსაზღვრული საშუალო დღის ხანგრძლიობის პირობებში.

მცენარეების ფოტოპერიოდულ რეაქციასა და მათ გეოგრაფიულ წარმოშობას შორის პირდაპირი კავშირი არსებობს: მოკლე დღის მცენარეები ჩვეულებრივ იზრდებიან ტროპიკულ და სუბტროპიკულ ზონაში, გრძელი დღის კი უმთავრესად ზომიერ და ჩრდილო განედებზე; ნიტრალური დღის მცენარეები ყველა განედზე გვხვდებიან. ეს იმას ამტკიცებს, რომ ფოტოპერიოდიზმი წარმოადგენს არსებობის პირობებისადმი მცენარეების შეგუების თვისებას. მოკლე დღის მცენარეები შეეგუენ სუბტროპიკულ და ტროპიკულ ცხელ, მშრალ ზაფხულს: გრძელი დღის მცენარეები გადაზამთრებასა და შემოდგომისა და ზამთრის მოკლე დღის პირობებში არ ყვავილობენ, იბუჩქებიან ან ივითარებენ გვერდით ტოტებს.

მცენარეების სხვადასხვა სახეობისა და ჯიშების ფოტოპერიოდული რეაქციის განსხვავება წარმოადგენს ერთ-ერთ მთავარ პირობას სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დარაიონებისათვის. გამოკვლევებით დადგენილია, რომ მოკლე ან გრძელი დღის მცენარეებზე არ არის აუცილებელი მთელი ვეგეტაციის განმავლობაში შემოკლებული ან გრძელი დღით ვიმოქმედოთ. არამედ ფოტოპერიოდული ინდუქციის მოკლენის ვამო ამ მოქმედების ხანგრძლი-

ობა უნდა ემთხვეოდეს მცენარის მიერ განვითარების სინათლის სტადიის გავლას.

ყვავილობისა და ნაყოფმომცემობის დაჩქარების მოვლენა მცენარეებში, მათი განვითარების დასაწყის ფაზებში, ოპტიმალური დღის ხანგრძლიობის შექმნით, მნიშვნელოვნად აფართოებს შესაძლებლობას ფოტოპერიოდიზმის პრაქტიკულად გამოყენებისათვის არა მარტო სელექცია-მეთესლეობაში, არამედ მეყვავილეობა-სა და მებოსტნეობაში. ამ მიმართულებით ჩვენი გამოკვლევებით დადგენილი იქნა, რომ დღის ხანგრძლიობის შემცირება 9-10 საათამდე 15-20 დღით იწვევს ახალგაზრდა ტუნგოს (ფორდი) ნერგების ყინვაგამძლეობის მკვეთრ გადიდებას.

ფოტოპერიოდული რეაქციის მიმღებ ორგანოდ ითვლება ფოთლები, რომლებშიაც მიმდინარეობს ნივთიერებათა ცვლა. ამ უკანასკნელისაგან მიღებული პროდუქტები მიედინებიან ღეროსა და ფესვების წვეროებისაკენ, და თავის მხრივ, მერისტემულ ქსოვილებში ნივთიერებათა ცვლის გავლენით მოქმედებენ ვეგეტატიური და გენერატიული ორგანოების ჩამოყალიბების სიჩქარეზე. ფიქრობენ, რომ ფოტოპერიოდიზმს საფუძვლად უდევს ფოტოსინთეზის პროცესი და მისი პროდუქტების შემდგომი გარდაქმნები სინათლესა და სიბნელეში.

ფოტოპერიოდიზმი იცვლება ატმოსფეროს ტემპერატურის, სინათლის სიძლიერის და ხარისხის, ნიადაგის ტენის, მინერალური კვების პირობების მიხედვით. ატმოსფეროს ტემპერატურის  $+15^{\circ}$ - $17^{\circ}$ -მდე შემცირებით ტიპიური მოკლე დღის მცენარე — თამბაქო იწყებს ყვავილობას გრძელი დღის პირობებში, ხოლო ტემპერატურის  $30$ - $32^{\circ}$ -მდე გადიდებით ტიპიური გრძელი დღის მცენარე რუდბეკია ყვავილობას იწყებს მოკლე დღის პირობებში. ქარბი აზოტური კვებისას ტიპიური გრძელი დღის მცენარეების (ხორბალი, შვრია, მდოგვი და სხვა) ყვავილობა გვიანდება. ხოლო მოკლე დღის ბევრი მცენარისა (სიმინდი, ფეტვი, კენაფი და სხვა) ჩქარდება. ყველა ამ მცენარის პირუკუ რეაქციას იწვევს არასაკმარისი აზოტური კვება.

დღის ხანგრძლიობა გავლენას ახდენს მცენარის ზრდაზე, ტუბერებისა და ფენოფაზების წარმოქმნაზე, აგრეთვე მრავალი მორფოლოგიური ნიშნების ფორმირებაზე. იგი გავლენას ახდენს ფიზიოლოგიურ თავისებურებაზეც. ყინვაგამძლეობა, დაავადებისადმი გამძლეობა და სხვა.

## მიკროორგანიზმები და მცენარის კვება

### 1. მიკროორგანიზმების გავლენა ნიადაგის ნაყოფიერებაზე

მეცნიერული ნიადაგმცოდნეობის ფუძემდებლები ვ. ლოკუჩაევი, პ. კოსტიჩევი და ვ. ვილიამსი მიკრობიოლოგიურ ფაქტორს განიხილავდნენ როგორც ძირითად რგოლს, რომელიც განსაზღვრავს ნიადაგის ნაყოფიერებას, ხოლო აქედან მცენარის ზრდა-განვითარებას.

ვ. ლოკუჩაევი აღნიშნავდა, რომ ბაქტერიების როლი განსაკუთრებით დიდია აზოტის ბრუნვაში. რომ ბაქტერიების მონაწილეობის გარეშე მცენარეს არ შეუძლია გამოიყენოს აზოტის ის მარაგი, რომელიც მოიპოვება ნიადაგში.

ვ. ვილიამსმა მცენარის კვებაში მიკროორგანიზმების როლის ყველაზე უფრო ღრმა ანალიზი მოგვცა. იგი მიუთითებდა, რომ ბუნებრივ პირობებში მალალ საფეხურზე მდგომ მცენარეს შეუძლია იკვებოს არა მარტო ავტოტროფულად, არამედ სიმბიოტროფულადც. შეიძლება იყოს დაცილებული სიმბიოტროფიზმი, როცა მიკროორგანიზმები სივრცით განცალკევებულნი არიან უმადლესი საფეხურის მცენარის ფესვებიდან. სხვა შემთხვევაში შენიშნულია ქვემარტივი სიმბიოტროფიზმი, როცა თანამცხოვრები მიკროორგანიზმები უშუალოდ დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან. დღეისათვის არავითარ ექვს არ იწვევს ის აზრი, რომ დედამიწის ზედაპირზე არ არსებობენ მცენარეების ფორმები, რომლებიც არ იკვებებოდნენ სიმბიოტროფულად. ამას ამტკიცებს ნ. კრასილნიკოვის გამოკვლევები (1952), რომლის თანახმად ნიადაგის მიკროორგანიზმებს უდიდესი როლი ენიჭებათ ისეთ ბიოტურ ნივთიერებათა

წარმოქმნაში, როგორცაა ვიტამინი B, და მისი კომპონენტები, ვიტამინი B<sub>2</sub>, რიბოფლავინი, ბიოტინი და ა. შ. ეს ნივთიერებები ფესვთა სისტემის გზით შეიძლება ასიმილირებული იქნენ მცენარის მიერ და გარკვეული გავლენა მოახდინონ მის განვითარებაზე. როგორც ცნობილია, ბევრ მიკროორგანიზმს შესწევს უნარი წარმოქმნას ანტიბიოტური ნივთიერებები. მათი შეთვისება იმუნობიოლოგიურად მოქმედებს და მცენარეს იცავს ბაქტერიულ და სოკოვან დაავადებებისაგან. მერქნიანი მცენარეები წარმოქმნიან სიმბიოტურ სოკოებთან ე. წ. მიკორიძას, გარდა ამისა, მცენარის ფესვთა ზონაში (რიზოსფეროში), და უშუალოდ ფესვების ზედაპირზე, აღმოჩენილია უდიდესი რაოდენობის საპროფიტული მიკროორგანიზმები, რომელთა მონაწილეობა მცენარის კვებაში ექვს გარეშეა.

ნიადაგში მოიპოვება უამრავი მიკროორგანიზმი, რომელთა რაოდენობა 1 გრამ ნიადაგში ზოგჯერ 5 მილიარდამდე აღწევს, ხოლო წონით ერთეულში გამოხატული სახნავ ფენაში 5—8 ტონა ცოცხალ მასას შეადგენს ჰექტარზე. ამ მრავალრიცხოვან მიკროორგანიზმს მცენარის კვებისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს. რადგან ნიადაგიდან იგი ძირითადად ითვისებს ცხოველმყოფელობის პროდუქტებს. ნიადაგი წარმოადგენს არა მარტო არეს, არამედ, ამავე დროს ნაწილობრივ, მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობის პროდუქტსაც.

ნიადაგის ნაყოფიერებისათვის არა ნაკლებ მნიშვნელოვანია ნეშომპალა ანუ ჰუმუსი. რაც უფრო მეტია ჰუმუსი, მით უფრო ნაყოფიერია ნიადაგი. ჰუმუსის წარმოქმნაში კი გადამწყვეტი როლი ეკუთვნის მიკროორგანიზმებს. იგი წარმოიქმნება მცენარეული და ცხოველური ნაშთების დაშლით. ამრიგად, ნეშომპალა წარმოადგენს მიკროორგანიზმების ანალიზური და სინთეზური მოქმედების შედეგს. მიკროორგანიზმები მცენარეულ და ცხოველურ ორგანულ ნივთიერებას იყენებენ ენერგეტულ და საკვებ მასალად.

ნიადაგის ჰუმუსის რაოდენობა და თვისებები დამოკიდებულია მცენარეული და ცხოველური ნაშთების შედგენილობასა და მათი გახრწნის პირობებზე.

ორგანული ნივთიერების დაშლის პროცესში მონაწილეობის მიხედვით მიკროორგანიზმები იყოფა სამ ჯგუფად: ანაერობული ბაქტერიები, აერობული, სოკოები და აქტინომიცეტები. სოკოები ტყის ნიადაგებში არსებული ორგანული ნივთიერების დაშლაში

იღებენ მხოლოდ მონაწილეობას, დანარჩენი ტიპის ნიადაგებში კი ბაქტერიები.

სხვადასხვა ნიადაგში წარმოქმნილი ჰუმუსი ერთმანეთისაგან განსხვავდება როგორც შედგენილობით, ისე თვისებებით. მერქოსიანი მცენარეების ნაშთები იშლებიან სოკოებისა და ანაერობული ბაქტერიების გავლენით, რის შედეგადაც წარმოიშვება ნეშომპალა ნივთიერებები, რომლებიც ხასიათდებიან მყავე რეაქციით, რაც აპირობებს გაეწერების პროცესს ტყის საფარის ქვეშ.

ბალახოვანი მცენარეული ნაშთები იშლებიან უმთავრესად ბაქტერიების გავლენით. ორგანული ნივთიერების დაშლის პირობების მზხედვით ჰუმუსის შედგენილობა ძალზე განსხვავებულია. ანაერობული ბაქტერიების გავლენით წარმოშობილი ულმინის მყავა ცუდად იშლება მათივე გავლენით, რადგან შეიცავს ანაერობული ბაქტერიების ნივთიერებათა ცვლის მავნე პროდუქტებს. აერობული ბაქტერიები ულმინის მყავაში აღწევენ მას შემდეგ, როცა ის გაუვნებელი ხდება. ეს უკანასკნელი კი შესაძლებელია ზამთრის პირობებში დაბალი ტემპერატურის გავლენით. ან ამ მყავებზე კალციუმის მიმატებით. ამიტომ ანაერობულ პირობებში წარმოქმნილი ნეშომპალა იხრწნება ნელა და შეიძლება ნიადაგში მნიშვნელოვანი რაოდენობით დაგროვდეს, ჰაერობულ პირობებში, ჰაერობული ბაქტერიების გავლენით წარმოიშვება ჰუმინის მყავა, რომელიც იოლად იშლება სხვა მიკროორგანიზმების გავლენით, ამიტომ ის ნიადაგში ჩვეულებრივ არ გროვდება მნიშვნელოვანი რაოდენობით.

ჰუმუსის წარმოქმნაზე მრავალი გამოკვლევაა ჩატარებული. უკანასკნელ ხანებში თვლიან, რომ ჰუმუსი წარმოადგენს მიკროორგანიზმების დაშლისა და სინთეზური მოქმედების პროდუქტს. ამიტომ მცენარეული ნაშთების დაშლის პირობებს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგში მის დაგროვებაზე. ჯერ კიდევ საბოლოოდ დადგენილი არაა რომელი მიკროორგანიზმები ღებულობენ მონაწილეობას ორგანული ნივთიერების დაშლის პროცესში. ამ საკითხში აზრთა სხვადასხვაობაა. ერთნი თვლიან, რომ ორგანული ნივთიერების დაშლის პროცესში გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს სოკოებს, მეორენი პრიორიტეტს ანიჭებენ ბაქტერიებს, რომლებიც შლიან უჩრედანას. მეცნიერთა მესამე ჯგუფი ამტკიცებს, რომ ეს პროცესი წარმოადგენს ჰაერობული მიკროორგანიზმების მოქმედების პროდუქტს, რომლებიც დიდი რაოდენობით ეკვრიან გარს

მცენარის ფესვთა სისტემას. დიდ ყურადღებას იპყრობს ამ მხრივ ნ. ლაზარევის მოსაზრება, რომლის მიხედვით ჰუმუსი წარმოიქმნება კომპლექსური მიკროორგანიზმების მეშვეობით, რომელშიც შედიან უჯრედანას (ჰაერობული და ანაერობული) დამშლელი სოკოები და ბაქტერიები. პექტინოვანი ნივთიერებისა და სახამებელის დამშლელი ცხიმის მკაფა ბაქტერიები, საიდანაც წარმოიშვება ცხიმისა და ძმრის მკაფა ამონიფიკატორი ბაქტერიები; შლიან ცილებსა და მისი დაშლის პირველად პროდუქტებს ამონიაკის წარმოშობით. გარდა აღნიშნულისა, ამ პროცესში მონაწილეობენ დენიტრიფიკატორებიც. ზემოთ ჩამოთვლილი მიკროორგანიზმების მოქმედების შედეგად ნიადაგში წარმოიშვება აზოტით გამდიდრებული ნეშომპალა. ამ უკანასკნელს ახასიათებს მთელი რიგი ღირსშესანიშნავი თვისებები, რომელთაგან აღსანიშნავია შემდეგი: ა) იგი წარმოადგენს მცენარის საკვები ნივთიერების მარაგს, მაგრან მცენარეს არ შეუძლია უშუალოდ გამოიყენოს ეს რთული ნივთიერება საკვებად მანამ, სანამ მას არ დაშლის ჰაერობული მიკროორგანიზმები. ამიტომ თუ ნიადაგში არ არის საამისო პირობები (ჰაერაცია), მიუხედავად დიდი რაოდენობით ნეშომპალას არსებობისა, მცენარე შიმშილობს; ბ) იგი იწვევს ნიადაგის მექანიკური ნაწილაკების შეკოწიწებას, რის შედეგად წარმოიშვება სტრუქტურული აგრეგატები. განსაკუთრებით მტკიცე აგრეგატები წარმოიქმნება მაშინ, როცა ნიადაგის ნეშომპალა შეიცავს კალციუმს. მაშასადამე, ნეშომპალა ნიადაგში ქმნის სტრუქტურას, რაც თავისთავად აუმჯობესებს ნიადაგის წყლისა და აერაციის რეჟიმს. ამის შედეგად კი იქმნება ხელსაყრელი პირობები როგორც მცენარისათვის, ისე ნიადაგში არსებული სასარგებლო მიკროორგანიზმებისათვის. ნიადაგის ნაყოფიერებისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ნივთიერებათა ბრუნვას ბუნებაში, რომელიც შეპირობებულია ნიადაგში მცხოვრები მრავალრიცხოვანი მიკროორგანიზმის არსებობით. ვეგეტაციის პერიოდში მათი მრავალი თაობა იცვლება და ისინი გავლენას ახდენენ ნიადაგის თვისებებზე, კერძოდ, მის ნაყოფიერებაზე.

ნიადაგში ყოველწლიურად გროვდება დიდი რაოდენობით მცენარეული და ცხოველური ორგანული ნაშთები, რომლებიც მიკროორგანიზმების გავლენით განიცდიან დაშლას, რის შედეგად მასში არსებული საკვები ნივთიერებები თავისუფლდება და ხელახლად

უბმება ბიოლოგიურ ბრუნვაში. ამას კი ეფილესი მნიშვნელობა აქვს.

ნიადაგის მიკროორგანიზმები, გარდა იმისა რომ მონაწილეობენ ორგანული ნივთიერების დაშლაში, მოქმედებენ აგრეთვე ნიადაგის დედაქანზე, ხელს უწყობენ მინერალების დაშლას. რის შედეგადაც ამ უკანასკნელში არსებული მცენარისათვის საჭირო საკვები ნივთიერებები გადადიან შესათვისებელი შენაერთების ფორმაში. დიდი ხანი არ არის მას შემდეგ, რაც საბჭოთა მკვლევარებმა დაადგინეს ნიადაგში „სილიკატური“ ბაქტერიების არსებობა, რომლებსაც შესწევთ უნარი დაშალონ კალიუმისა და მაგნიუმის შემცველი სილიკატები და გადაიყვანონ მათში შემავალი კალიუმი და მაგნიუმი მცენარისათვის უკეთ შესათვისებელ ფორმებში. ცნობილია აგრეთვე ისიც, რომ ზოგიერთი მიკროორგანიზმი შლის ნიადაგში ფართოდ გავრცელებულ სამკალციუმიან ფოსფატებს და მასში არსებული ფოსფორი გადაყავს მცენარისათვის უკეთ შესათვისებელ ფორმებში. გარდა ამისა, მიკროორგანიზმების საშუალებით წარმოებს მიკროელემენტების გადაყვანა მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში.

მიკროორგანიზმები უდიდეს როლს ასრულებენ ნიადაგის აზოტური რეჟიმის რეგულირებაში, რაც მეტად დეფიციტურ ვლემენტს წარმოადგენს. მცენარისათვის შესათვისებელი აზოტის შევსება წარმოებს, ერთი მხრივ, ნიადაგში მოხვედრილი მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ორგანული ნაშთების დაშლით და, მეორე მხრივ, ატმოსფეროს თავისუფალი აზოტის ფიქსაციის გზით.

ნიადაგში არსებულ ორგანულ ნაშთებში აზოტი ძირითადად წარმოდგენილია ცილების სახით. ეს უკანასკნელი განიცდის დაშლას და გადადის ამინომჟავებში. ამინომჟავების შემდგომი დაშლის შედეგად წარმოიშვება აზოტი ამონიაკის სახით. ყოველივე ამას იწვევს ნიადაგში არსებული მიკროორგანიზმები, რომლებსაც ამონიფიკატორები ეწოდებათ, ხოლო თვით პროცესს, ე. ი. ამონიაკის წარმოქმნას კი ამონიფიკაცია. ორგანული ნივთიერების დაშლის შედეგად წარმოქმნილი ამონიაკი განიცდის შემდგომ გარდაქმნას ნიტროზომონისა და ნიტრობაქტერის მეშვეობით. პირველი იწვევს ამონიაკის დაჟანგვას —  $\text{NO}_2$ -მდე, ხოლო ამ უკანასკნელის შემდგომ დაჟანგვას აწარმოებს ნიტრობაქტერი და წარმოიშვება  $\text{NO}_3$  ამ პროცესს, ე. ი. ამონიაკის გადასვლას  $\text{NO}_2$  და შემდეგ  $\text{NO}_3$



ეწოდება ნიტრიფიკაცია, რადგან პროცესი მიმდინარეობს ნიტრიფიკატორი ბაქტერიების საშუალებით.

ნაწილობრივ აზოტის ბალანსი ნიადაგში ივსება ნალექებთან ერთად მოხვედრილი ჰაერში ჰექსა-ქუხილის პროცესში წარმოქმნილი ნიტრიტული და ნიტრატული აზოტით, მაგრამ ნიადაგის გაძლიერება აზოტით ძირითადად წარმოებს აზოტის ბმულ მდგომარეობაში გადაყვან მიკროორგანიზმების მიერ, რომლებიც ორჯგუფად იყოფიან:

ა) ნიადაგში მცხოვრები თავისუფალი ფიქსატორები, როგორცაა აზოტობაქტერი და კლოსტრიდიუმი. პირველი წარმოადგენს აერობულ ბაქტერიას, ხოლო მეორე ანაერობულს. ამიტომ ნიადაგში აზოტის დაგროვების თვალსაზრისით უფრო მეტი მნიშვნელობა აქვს აზოტობაქტერს. ვიდრე კლოსტრიდიუმს. აღნიშნული მიკროორგანიზმები აწარმოებენ ატმოსფეროში არსებული თავისუფალი აზოტის ფიქსაციას და მის გადაყვანას მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში. ასე, მაგალითად, აზოტობაქტერის მეშვეობით ერთ ჰექტარზე შეიძლება დაგროვდეს 35-45 კილოგრამი ბმული აზოტი;

ბ) ატმოსფეროს თავისუფალი აზოტის ფიქსაციას ახდენენ აგრეთვე პარკოსანი მცენარეების ფესვებზე სიმბიოტურად მცხოვრები მიკროორგანიზმი — ბაქტერიუმ რადიციკოლა, რომელსაც შესწევს უნარი ფიქსაცია უყოს ატმოსფეროს თავისუფალ აზოტს და გადაიყვანოს ის ბიოლოგიურ აზოტში. ამ მიკროორგანიზმის ნეშეობით ერთ ჰექტარზე შეიძლება დაგროვდეს 160-200 კილოგრამი ბმული აზოტი, რომელიც შემდეგ ნიადაგის სხვა მიკროორგანიზმების გავლენით. ავტოლიზის შედეგად იშლება, ნაწილობრივ განიცდის მინერალიზაციას. გადადის ამონიაკში, ნიტრიტში, ნიტრატში და საბოლოოდ ხელახლა ებრუნება ბიოლოგიურ ბრუნვაში.

ატმოსფეროს აზოტის ფიქსაცია სხვადასხვა ნიადაგში და განსხვავებულ კლიმატურ პირობებში არაერთნაირი ინტენსივობით მიმდინარეობს, რადგან ეს პროცესი ძლიერაა დამოკიდებული გარემოსაგან, გარდა ამისა, თვით ეს მიკროორგანიზმები მკვეთრად იცვლებიან ნიადაგობრივ-კლიმატური პირობების გავლენით.

მცენარის კვება აზოტით გარემოსთან მცენარის ერთიანობის ნათელ სურათს წარმოადგენს. იგი მიუთითებს ბუნებაში ნივთიერებათა ბრუნვის საერთო პროცესში მცენარეული სამეფოს მონა-

წილებზე (იხ. ნახ. 3). აღსანიშნავია, რომ აზოტის ბიოლოგიური ბრუნვის წრეში შედის არა მარტო ატმოსფეროს თავისუფალი აზოტის შეკავება, არამედ პირუკუ პროცესიც — ბმული აზოტის ელემენტარულ აზოტად გარდაქმნა, რაც წარმოებს დენიტრიფიკატორ მიკროორგანიზმების გავლენით, რომლებსაც გააჩნიათ უნარი ნიტრატული აზოტი აღადგინონ თავისუფალ აზოტამდე. ამ პროცესს დენიტრიფიკაცია ეწოდება და ის იმ შემთხვევაში მიმდინარეობს, როცა ნიადაგში უმთავრესად ანაერობული პირობები იქმნება.

კულტურული მიწათმოქმედების ამოცანაა მინიმუმამდე იქნეს მიყვანილი აზოტის დანაკარგები ჩარეცხვა-დენიტრიფიკაციის გზით და მაქსიმალურად გაძლიერდეს ის პროცესები, რომლებიც ხელს უწყობენ აზოტის დაგროვებას ნიადაგში პარკოსანი მცენარეების თესვით და ნიადაგში თავისუფალი ფიქსატორების განვითარებისათვის ხელსაყრელი პირობების შექმნით (მოკირიანება, ორგანული ნივთიერებით ნიადაგის გამდიდრება და სხვა).

ბუნებაში ნივთიერებათა ბრუნვაში მონაწილეობს არა მარტო აზოტი. არამედ მცენარისათვის საჭირო ყველა დანარჩენი საკვები ელემენტი. ამ პროცესში მიკროორგანიზმებს გადამწყვეტი ადგილი უჭირავთ. მათი მონაწილეობა მცენარის კვებაში არ არის ცალმხრივი. თუ მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობა ძირითადი პირობაა ნიადაგის ნაყოფიერების გადიდებისათვის, თავის მხრივ მაღალ საფეხურზე მდგომი მცენარეების ცხოველმყოფელობა წარმოადგენს ნიადაგის ყველა მიკროორგანიზმის სიცოცხლის ძირითად წყაროს. თუ, ერთი მხრივ, მცენარის ან მისი რომელიმე ნაწილის სიკვდილის შემდეგ ნიადაგში დაგროვილი ორგანული ნაშთები მიკროორგანიზმების კვების წყაროა, მეორე მხრივ, იგივე მიკროორგანიზმები კვებისათვის იყენებენ მცენარეების მიერ სიცოცხლის პროცესში შექმნილ ორგანულ ნივთიერებებს. მრავალრიცხოვანი გამოკვლევით დადგენილია, რომ მცენარის ფესვები მიკროორგანიზმების მიზიდულობის ცენტრს წარმოადგენს ნაზარდების განვითარების პირველივე ეტაპზე. ცნობილი გახდა აგრეთვე ისიც, რომ ნიადაგის იმ ზონაში, სადაც მცენარის ფესვები იმყოფება, ე. წ. რიზოსფეროში, მიკროორგანიზმების რიცხვი ბევრად უფრო მეტი აღმოჩნდა, ვიდრე ფესვებიდან დაცილებულ ნიადაგის არეში. გარდა ამისა, მიკროორგანიზმები დაგროვილია უშუალოდ მცენარის ფესვებზე. ამასთან, მცენარეთა ცალკეული სახეობა თავის.

ფესვებზე განსაკუთრებული მიკროფლორის შერჩევის უნარს ამჟღავნებს. ნიადაგის მიკროორგანიზმების მცენარის ფესვების ირგვლივ დაგროვების ძირითად მიზეზად ითვლება ის გარემოება, რომ მცენარეები ფესვებიდან გამოყოფენ ორგანულ და მინერალურ ნივთიერებებს, რომლებსაც მიკროორგანიზმები იყენებენ საკვებად, ამ ნივთიერებათა რიცხვს ეკუთვნის შაქრები, ორგანული მჟავები, აზოტის შემცველი ორგანული ნივთიერებები, ფოსფორის, კალიუმისა და სხვა ელემენტების შემცველი არაორგანული შენაერთები.

ნ. ხალოდნის გამოკვლევებით დადგენილია, რომ მცენარეები ფესვებიდან გამოყოფენ მქროლავ ორგანულ შენაერთებს, რომლებსაც ითვისებენ მიკროორგანიზმები.

მცენარეების მიერ ფესვებიდან გამოყოფილი ნივთიერებების რაოდენობა საკმაოდ მაღალია. ასე, მაგალითად, ზოგიერთი მონაცემით, ერთეული მცენარის მიერ ვეგეტაციის პერიოდში ფესვებიდან გამოყოფილი ცალკეული ნივთიერებები ორგანული მასის იმ საერთო რაოდენობის 5 პროცენტს შეადგენს, რომელსაც აგროვებს ის თავის ორგანიზმში.

დადგენილია, რომ მცენარეები თავიანთი ფესვებიდან გამოყოფენ მიკროორგანიზმების გამრავლებისათვის მეტად აუცილებელ ვიტამინებს, აგრეთვე მთელ რიგ ფერმენტებს, რომელთა გავლენით მცენარე გარდაქმნის ნიადაგის მრავალ ორგანულ შენაერთს. მცენარეების ცხოველყოფილობის ყველა ამ მოვლენას დიდი მნიშვნელობა აქვს მათ ფესვებზე ამა თუ იმ ჯგუფი მიკროორგანიზმების დაგროვებისათვის. ცნობილი გახდა ისიც, რომ ფესვების გამონაყოფი რაოდენობრივად და თვისობრივად სხვადასხვაა მცენარეების როგორც სხვადასხვა, ისე ერთი და იმავე სახეობისათვის მათი განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე. ეს კი განსაზღვრავს მცენარის რიზოსფეროში მიკროორგანიზმების რაოდენობრივ და თვისობრივ შემადგენლობას. ფესვების გამონაყოფი გავლენას ახდენს ნიადაგზე, იწვევს ამ უკანასკნელში არსებული ძნელადხსნადი შენაერთების გახსნას და მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში გადაყვანას. ცდებით დადგენილია, რომ ნახშირის მჟავა ქარბად გამოიყოფა მცენარის ფესვებიდან სუნთქვის პროცესის შედეგად, რაც ხელს უწყობს რიგი მინერალური შენაერთების (კალციუმის ფოსფატები, კალიუმის, მაგნიუმის შემცველი ზოგიერთი სილიკატების, ნახშირმჟავა კალციუმის) გახსნას და მათი მცენარისათვის შესათვისებლობას. კიდევ უფრო ენერგიულად მოქმედებენ ნიადაგ-



ზე მცენარის ფესვებიდან გამოყოფილი ორგანული შენაერთები. ასე, მაგალითად, ფესვებიდან გამოყოფილი ორგანული მჟავები და სხვა ორგანული შენაერთები მნიშვნელოვნად აღიდებენ რკინისა და ალუმინის ფოსფატების ხსნადობას და მცენარისათვის შესათვისებლობას ისეთ ნიადაგებში. სადაც აღნიშნული ფორმები მცენარის ფოსფორით კვების ძირითად წყაროს წარმოადგენენ.

მცენარის ფესვებიდან გამოყოფილი ორგანული მჟავებისა და ნახშირმჟავას მოქმედების გავლენით მცენარე კარბონატულ ნიადაგებში ითვისებს რკინას, რომლის ხსნადობა ნულს უდრის. ცოცხალი ფესვების ბოლოებზე დაგროვილი და ნაწილობრივ მათგან გამოყოფილი ფერმენტების გავლენით მცენარეს ნიადაგში არსებული ზოგიერთი ორგანული შენაერთის ფორმა გადაყავს მისთვის სასურველ მინერალურ შენაერთებში. ასე, მაგალითად, ფესვებიდან გამოყოფილი ნიადაგში არსებული ფოსფორის შემცველი ორგანული შენაერთები ფერმენტების მეშვეობით გადადიან მცენარისათვის მისაწვდომ მინერალურ ფორმებში.

რიზოსფეროს მიკროორგანიზმები, რომლებიც ვითარდებიან მცენარის ფესვებიდან გამოყოფილი ნივთიერებების ხარჯზე ხელს უწყობენ ნიადაგის საკვები ნივთიერებების მობილიზაციას, აღიდებენ მათ შესათვისებლობას იმ ზონაში, რომელიც უშუალოდ ეხება ფესვებს.

გამოკვლევებით დადგენილია, რომ რიზოსფეროში უფრო მეტი რაოდენობითაა აზოტობაქტერი, ვიდრე ფესვებიდან დაცილებულ ნიადაგის ზონაში. აზოტობაქტერის დაგროვება რიზოსფეროში აძლიერებს მცენარის კვებას აზოტით. ატმოსფეროს თავისუფალი აზოტის ფიქსაციის ხარჯზე. მაშასადამე, ფესვების ირგვლივ არსებულ ნიადაგის ზონაში მცენარე აძლიერებს თავის მოქმედებას გამონაყოფების გავლენით. რის შედეგადაც იზრდება ნიადაგში არსებული ძნელადხსნადი შენაერთებიდან საკვები ნივთიერებების მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში გადასვლა. მცენარისათვის შესათვისებელი საკვები ნივთიერებების დაგროვების ამ პროცესს ხელს უწყობს აგრეთვე რიზოსფეროს მიკროორგანიზმები. ამით აიხსნება ის მოვლენა, რომ რიზოსფეროში, როგორც წესი, მეტია მცენარისათვის შესათვისებელი კალიუმი და სხვა საკვები ნივთიერებები, ვიდრე ფესვებიდან დაცილებულ ზონაში. ეს ფაქტი იმაზეც მიუთითებს. რომ მცენარე თვითონ ამზადებს მისთვის საჭირო საკვებ ნივთიერებებს.

ზემოთ მოყვანილი ფაქტები მოწმობენ, რომ ნიადაგში არსებული მიკროორგანიზმები დიდ გავლენას ახდენენ ნიადაგის ნაყოფიერებაზე. ამიტომ დღეისათვის ფართო გამოყენებას პოულობს სხვადასხვა სახის ბაქტერიული პრეპარატები, რომელთა შეტანის მიზანს წარმოადგენს მიწათმოქმედებისათვის სასარგებლო მიკროორგანიზმების ცხოველყოფილობის გაძლიერება ნიადაგში. ამ მიზნით პრაქტიკაში ფართოდაა დანერგილი ბაქტერიული სასუქის — ნიტრაგინის გამოყენება. რის შედეგად იზრდება პარკოსანი მცენარეების ფესვებზე მცხოვრები აზოტის დამაგროვებელი ბაქტერიუმ რადიციკოლას რაოდენობა და ცხოველყოფილობა. ჯევე ფართო გამოყენება ჰპოვა აზოტობაქტერიინმა, რომლის გამოყენება აძლიერებს ნიადაგში აზოტის დაგროვებას. უკანასკნელ ხანებში დიდი გავრცელება მოიპოვა აგრეთვე ფოსფორობაქტერიინმაც, რომლის შეტანის მიზანია ნიადაგის ორგანულ ნივთიერებაში შემავალი ფოსფორის დაშლა და მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმებში მისი გადაყვანა. გარდა ამისა, დიდი პერსპექტივები ისახება მიკორიზიანი მცენარეების თესვისას თესლის მიკორიზაციისათვის. არის წინადადება გამოყენებულ იქნას ბაქტერიული პრეპარატი — სილიკატიკური ბაქტერიები, რომლებიც ხელს უწყობენ კალიუმით მცენარის კვების გაძლიერებას, ნიადაგში არსებული კალიუმის შემცველი სილიკატების დაშლის შედეგად. ამჟამად ფართოდ იყენებენ აგრეთვე ნიადაგის რამდენიმე მიკროორგანიზმის შემცველ კომბინირებულ ბაქტერიულ პრეპარატს „ამბ“, რომელიც ხელს უწყობს ნიადაგის ორგანული ნივთიერებების დაშლას და მათში არსებული მცენარისათვის საჭირო საკვები ნივთიერებების გადაყვანას შესათვისებელ ფორმებში. ყველა ამ პრეპარატის გამოყენებით იზრდება ნიადაგის ნაყოფიერება და უმჯობესდება მცენარის კვება, რაც საბოლოო ჯამში დიდ გავლენას ახდენს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობაზე.

## **2. ნიადაგის მიკროორგანიზმების უშუალო გავლენა მცენარის კვებაზე**

მიკროორგანიზმების მნიშვნელობა არ შემოიფარგლება მათი მოქმედებით ნიადაგის ნაყოფიერებაზე, არამედ ისინი გავლენას ახდენენ უშუალოდ მცენარის კვებაზეც. ამარაგებენ რა მას ზოგიერთი ორგანული შენაერთით, რომლებიც წარმოადგენენ ნიადაგის

მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობის პროდუქტს. დღეისათვის დადგენილად ითვლება, რომ მიკროორგანიზმებს შესწევთ უნარი წარმოქმნან აუქსინების ტიპის ზრდის სტიმულატორები. დამტკიცებულია აგრეთვე ისიც, რომ ეს ნივთიერებები დადებითად მოქმედებენ მცენარეებზე, კერძოდ ფესვთა სისტემის განვითარებაზე. უკანასკნელ ხანებში მთელმა რიგმა მკვლევარებმა ნათელსყვეს, რომ მცენარის განვითარებაზე მოქმედებენ ჰუმინის ნივთიერებები, რომლებიც მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობის პროდუქტია და წარმოქმნიან მცენარეული ორგანულ ნივთიერებათა დაშლისას ნიადაგში.

ცნობილია, რომ ზოგიერთ მიკროორგანიზმს არ შესწევს უნარი წარმოქმნას ვიტამინები. ამიტომ ისინი თესვისათვის საჭირო ვიტამინებს პოულობენ ფესვების ირგვლივ, რომელსაც გამოყოფს მცენარე თავის ორგანიზმიდან. ამავე დროს არიან ისეთი მიკროორგანიზმებიც, რომლებსაც შესწევთ უნარი შექმნან მნიშვნელოვანი რაოდენობის ვიტამინები. ასე, მაგალითად, აზოტობაქტერი ითვლება ტემანინის (ვიტამინი  $B_1$ ) იმდენად ძლიერ წარმომქმნელად, რომ მას აღნიშნული ვიტამინის სამრეწველო დამზადების მიზნით იყენებენ. ზოგიერთი მიკროორგანიზმი კი წარმოქმნის პერიდოქსინს (ვიტამინი  $B_6$ ), რიზოფლავინს (ვიტამინი  $B_2$ ) და ა. შ. მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობის ამ მხარეს დიდი მნიშვნელობა აქვს ცენოზის ფორმირებისათვის. მაგრამ გარკვეულ პირობებში მიკროორგანიზმების მიერ წარმოქმნილ ვიტამინებს შეუძლიათ გავლენა მოახდინონ მცენარის განვითარებაზე. თუმცა უმაღლესი საფეხურის მცენარე წარმოადგენს ავტოტროფულ ორგანიზმს ვიტამინური კვების მიმართ და უნარი შესწევს დამოუკიდებლად შექმნას თავის ქსოვილებში მისთვის საჭირო ვიტამინები, მაგრამ ცხოვრების ზოგიერთ პერიოდში, აგრეთვე ზრდის არახელსაყრელ პირობებში, მას შეუძლია განიცადოს ამა თუ იმ ვიტამინის ნაკლებობა, ამის გამო მცენარე დადებითად პასუხობს ვიტამინების შეტანაზე. ამ პირობებში ზოგიერთი მიკროორგანიზმი, ამარაგებს რა მცენარეს სხვადასხვა ვიტამინებით, არსებით გავლენას ახდენს მის კვებაზე.

ზოგიერთ მიკროორგანიზმს შესწევს უნარი წარმოქმნას ანტიბიოტიკები, რომლებმაც ფართო გამოყენება ჰპოვა მედიცინაში. ცალკეული ბაქტერიის მიერ ანტიბიოტიკების წარმოშობას, მათ მიერ ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების — ვიტამინებისა და

აუქსინების შექმნას, უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ბაქტერიების მიკრობთა ცენოზის ფორმირებისათვის. ამავე დროს ანტიბიოტიკებს შეუძლიათ უშუალო გავლენა მოახდინონ უპილესი საფეხურის მცენარის განვითარებაზე, მის ქსოვილებში შესვლის შედეგად.

ნ. ი. კრასილნიკოვის გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ანტიბიოტიკები იოლად შედიან მცენარის ფესვების ქსოვილებში და გროვდებიან მის სხვადასხვა ორგანოში. ანტიბიოტიკების გავლენა მცენარეზე ჭერ-ჭერობით საკმაოდ არ არის შესწავლილი, მაგრამ შეიძლება ვიფიქროთ, რომ ისინი ხელს უწყობენ მცენარის სოკოვანი და ბაქტერიული დაავადების წინააღმდეგ გამძლეობაში.

ყველა ზემოთ მოყვანილი ფაქტი აშკარად მეტყველებს იმაზე, რომ მიკროორგანიზმები უშუალოდ მოქმედებენ მცენარის კვებაზე. ამავე დროს ისინი სრულიად არ ამტკიცებენ ზოგიერთი მკვლევარის (ტ. ლისენკო და სხვ.) უკანასკნელ ხანებში გამოთქმულ მოსაზრებას, თითქოს მცენარე საერთოდ არ იკვებება მინერალური ნივთიერებებით. მათი აზრით, მინერალური ნივთიერება საჭიროა წინასწარ გადამუშავდეს მიკროორგანიზმების მიერ, რის შემდეგ შეუძლია შეითვისოს მცენარემ. ასეთი მტკიცების წინააღმდეგ მიუთითებენ მრავალრიცხოვანი ცდების შედეგები სტერილურ პირობებში მინერალურ საკვებ ხსნარებზე, სადაც მიკროორგანიზმები სრულიად არ არსებობენ. აღნიშნული დებულების საწინააღმდეგოდ შეიქლება მივუთითოთ აგრეთვე მცენარის მინერალური ნივთიერებებით ფესვგარეშე გამოკვებაზე. ამავე დებულების უსწირობას ადასტურებს აგრეთვე ის ფაქტი, რომ მცენარეს შესწევს უნარი თავის ფესვებიდან გამოყოს ფერმენტები, რომლებიც იწვევენ ნიადაგში არსებული მცენარისათვის შეუთვისებელი ორგანული ნივთიერების დაშლას და მათში არსებული ნივთიერებების შესათვისებელ ფორმებში გადაყვანას. დადგენილია, რომ გადმონადენ წვეწვში, ე. ი. ხსნარის შემადგენლობაში, რომელსაც მცენარე იკვებს ფესვებიდან და მიედინება მის ორგანოებში, ისეთი ძირითადი საკვები ელემენტი, როგორცაა ფოსფორი, შეიცავს როგორც წინააღმდეგობის ანტიბიოტიკებს, ისევე არაორგანული ორთოფოსფორის მკვასს, რა სახითაც ის შეტანილი იყო ნიადაგში დასაუქებთან ერთად. მხოლოდ კვების ზოგიერთი დარღვევის შემთხვევაში ამ ხსნარებში აღმოჩენილია ორგანული ფორმები. ეს ფაქტი ერთხელ კიდევ მიუთითებს იმაზე, რომ მცენარეში მინერალური ნივთიერების შესავსებად საჭირო



არაა მიკროორგანიზმების მიერ მათი წინასწარ გადამუშავება. რაც შეეხება აზოტს, თუმცა მისი მნიშვნელოვანი რაოდენობა გადმონადენ წვეწოში აღმოჩენილია ორგანულ ფორმაში, მაგრამ ეს მოვლენა მიეწერება თვით ფესვების ცხოველმოქმედებას, რადგანაც იგივე აზოტის ორგანული ფორმები გადმონადენ წვეწოში აღმოჩენილია მაშინაც, როცა მცენარე აღზრდილია მკაცრ სტერილურ პირობებში. ეს კი გამორიცხავს მინერალური აზოტის გადამუშავების შესაძლებლობას მიკროორგანიზმებით, ვიდრე ფესვები შთანთქავენ მას.

დასასრულ უნდა აღინიშნოს, რომ დღეისათვის მიღწეულია მცენარეების მინერალურ ხსნარებზე აღზრდა, ამ უკანასკნელთა პერიოდულად შეცვლის გზით საწარმოო პირობებშიც კი. ასე, მაგალითად, პამიდორის სათბურის კულტურა. ეს ეგრეთ წოდებული „ნიადაგგარეშე კულტურა“ ჩვეულებრივ უზრუნველყოფს მცენარის ძლიერ განვითარებას და ნაყოფსაც დიდი რაოდენობით იძლევა.

თანამედროვე წარმოდგენა მცენარის კვებაზე საფუძველს იძლევა დავასკენათ, რომ ბუნებრივ პირობებში მცენარე ნიადაგიდან შთანთქავს მისთვის საჭირო საკვებ ნივთიერებებს უმთავრესად მინერალური ფორმების სახით, მაგრამ არ არის გამორიცხული აზოტისა და ფოსფორის გამოყენების შესაძლებლობა ზოგიერთი ორგანული შენაერთის სახით, როგორც ეს დადგენილი იყო აკად. დ. პრიანიშნიკოვის ლაბორატორიაში ი. შულოვისა და გ. პეტროვის მიერ სტერილური კულტურების პირობებში. მიკროორგანიზმების პირდაპირი როლი მცენარის კვებაში არ განისაზღვრება აზოტისა და ფოსფორის ისეთი ორგანული შენაერთების მომარაგებით, რომელთაც არავითარი უპირატესობა არ გააჩნიათ მინერალურ ფორმებთან შედარებით. პირიქით, უმეტეს შემთხვევაში უპირატესობა ეკუთვნის მინერალურ ფორმებს. მიკროორგანიზმების როლი უმთავრესად იმაში მდგომარეობს, რომ ისინი მცენარეს ამარაგებენ მაღალი ფიზიოლოგიური აქტივობის მქონე ზოგიერთი ნივთიერებით (ვიტამინები, აუქსინები, ანტიბიოტიკები), რომლებსაც განსაზღვრულ პირობებში შეუძლიათ დადებითად იმოქმედონ მცენარის ზრდა-განვითარებაზე, დაავადების წინააღმდეგ გამძლეობაზე.

მიკროორგანიზმები, ერთი მხრივ, ეხმარებიან რა მცენარეს ნიადაგის ნაყოფიერების მობილიზაციაში, მეორე მხრივ, კონკუ-

რენციასაც უწევენ ზოგიერთი საჭირო მინერალური ნივთიერების შეთვისებაში. ასე, მაგალითად, ნიადაგში აზოტობაქტერიის ძლიერად განვითარება დამოკიდებულია არეს რეაქციაზე, ნიადაგში არაპუმიფიცირებული ორგანული ნივთიერების რაოდენობაზე და, რადგანაც ეს პირობები სხვადასხვა ნიადაგებში არაერთნაირია, ამიტომ შეტანილ სასუქებში შემავალი საკვები ნივთიერებების შეთვისების ხარისხი მიკროორგანიზმების მიერ ნიადაგების სახეობის მიხედვით იცვლება, მაგრამ მიკროორგანიზმების მიერ საკვები ნივთიერებების ასეთი შეთვისება დროებითია, რადგანაც მათი სიცოცხლის ციკლი ხანმოკლეა, ხოლო მიკრობების უჯრედების სიკვდილისა და მინერალიზაციის შემდეგ, მასში არსებული საკვები ნივთიერებები თავისუფლდება და ხელახლად იქცევა კონკურენციის ობიექტად უმაღლეს საფეხურზე მდგომი მცენარისა და მიკროორგანიზმების ახალი გენერაციებისათვის. ერთმანეთის საწინააღმდეგო პროცესებით აიხსნება ის გარემოება, რომ ნიადაგში სასუქების შეტანის შემდეგაც მასში შემავალი ადვილადხსნადი საკვები ნივთიერების რაოდენობა მცირეა. მიკროორგანიზმების მიერ მცენარისათვის საჭირო საკვები ელემენტების ასეთ ბიოლოგიურ შთანქმას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის ნაყოფიერების შენარჩუნებისათვის. ბიოლოგიური შთანქმის შედეგად მცირდება ნიადაგში არსებული და სასუქების სახით შეტანილი საკვები ელემენტების მოძრაობა, ისინი დატულია გამორეცხვისაგან და მათი შენარჩუნება წარმოებს ზემოთ განხილულ ბიოლოგიური ბრუნვის ფარგლებში. ნიადაგის ნაყოფიერების შენარჩუნებას ხელს უწყობს აგრეთვე ნიადაგის შთანქმითი უნარიანობა, რომელიც იცავს მასში არსებულ საკვებ ნივთიერებებს გამორეცხვისაგან.

## გამოყენებული ლიტერატურა

- ავტორების ჯგუფი — სასუქების ცნობარი აგრონომებისათვის, სახელგამი, თ., 1953 წ.
- გედევანიშვილი დ. პ., ტალახაძე გ. რ. — ნიადაგმცოდნეობის კურსი, თ., 1955 წ.
- ნაკაიძე ი. ა. — ადგილობრივი სასუქები, თ., 1955წ.
- ნაკაიძე ი. ა. — ბაქტერიული სასუქები, თ., 1957 წ.
- სარიშვილი ი. ფ., ნაკაიძე ი. ა., — აგრონომიული ქიმია, თ., 1957 წ.
- საბაშვილი მ. ნ. — ნიადაგმცოდნეობა, თ., 1954 წ.
- Березова Е., Доросинский Л. М., Лапатина Г. В., Менкина Р. А., Лазарев Н. М. — Применение бактериальных удобрений.
- Бусенго Ж. — Избранные произведения по физиологии растений и агрохимии, Огиз-сельхозгиз, М.-Л., 1936 г.
- Беер — Теория и практика применения удобрения, М. 1932 г.
- Бенетт Х. — Основы охраны почвы, Изд. Иностран. литературы, 1958.
- Ваггаман В. — Фосфорная кислота, фосфаты и фосфорные удобрения, Гос. н/т издат. хим. литературы, М. 1957 г.
- Владимиров А. В. — Физиологические основы применения азотных и калийных удобрений, Сельхозгиз, М., 1949 г.
- Воробьева М. И., Шепительникова А. — Клевероутомление и частичная стерелизация почвы, Ж. «Химизация соц. земледелия» № 2—3, 1936 г.
- Вазбудкая А. Е. — Химия почвы, Сельхозгиз, М. 1935 г.
- Группа авторов. — Агрохимия, Сельхозгиз, М., 1940 г.
- Группа авторов под редакцией Шестакова А. Г. — Агрономическая химия, Сельхозгиз, М., 1954 г.

- Горбунов И. И.** — Поглостительная способность почв и ее природа, М., 1948 г.
- Горбунов И. И.** — Почвенные колонды, Изд. АН СССР, М., 1957.
- Гедройц К. К.** — Учение о поглостительной способности почв, М., 1929 г.
- Гедройц К. К.** — Почвенный поглощающий комплекс растений и удобрения, М., 1935 г.
- Гарднер Г.** — Известкование почвы в Англии. Гуминовые удобрения, теория и практика их применения, Изд. иностранной литературы, 1957 г.
- Ермилов Г. В.** — Растение и свет, М., сельхозгиз, 1952 г.
- Крафте А., Карриер К., Стокинг К.** — Вода и ее назначение в жизни растений, Изд-во иностр. литературы, М., 1951 г.
- Кретович В. Л.** — Основы биохимии растений, Ж. «Советская наука» М., 1953 г.
- Каппен** — Почвенная кислотность, М., 1931 г.
- Клечатов А. Н.** — Льяное почвоутомление и меры борьбы с ним, Ж. «Лен и конопля» № 7, 1931 г.
- Катон, Варон, Полумелла, Плинии** — О сельском хозяйстве, Огиз-сельхозгиз, М—Л., 1937 г.
- Красильников Н. А.** — Выделение ферментов корнями высших растений, ДАН СССР, т. XXXVII № 2, 1952 г.
- Лысенко Т. Д.** — О почвенном питании растений и повышении урожайности сельскохозяйственных культур, Сельхозгиз, 1954 г.
- Лысенко Т. Д.** — Питание растения и применение удобрений, Сельхозгиз, 1957 г.
- Либих Ю.** — Химия в приложении к земледелию и физиологии, Огиз-сельхозгиз, М—Л., 1936 г.
- Люндегорд Г.** Влияние климата и почвы на жизнь растений, Огиз-сельхозгиз, М., 1937 г.
- Магницкий К. П.** — Магневые удобрения, Сельхозгиз, М., 1952 г.
- Максимов Н. А.** — Краткий курс физиологии растений. Сельхозгиз, М., 1938 г.
- Маттсон С.** — Почвенные коллоиды, Сельхозгиз, М., 1934 г.
- Митчерлх Э. Л.** — Почвоведение, Изд. иностр. литературы, М., 1957 г.
- Накандзе И. А.** — Эффективность послыйного внесения минеральных удобрений под кукурузу. Сообщение АН ГССР, т. ху № 2, 1954 г.
- Накандзе И. А.** — Фотопериодическое воздействие, как прием

- повышения зимостойкости тунга форди, Биолетень ВНИИЧНССК, № 8, 1955 г.
- Овчаров К. Е.** — Витамины в жизни растений, Изд-во АН СССР, М., 1955 г.
- Признаки голодания растений**, Сборник статей, Изд. иностр. литературы, М., 1957 г.
- Прянишников Д. Н.** — Агрономия, Сельхозгиз, М., 1952. г.
- Прянишников Д. Н.** — Собрание сочинений, т. I, II, III, IV.
- Почвенный поглащающий комплекс и вопросы земледелия**, Изд-во ВСХНИЛа, М., 1937 г.
- Ратнер Е. И.** — Питание растений и применение удобрений, Изд-во АН СССР, М., 1955 г.
- Рассел Э.** — Почвенные условия и рост растений, Изд-во иностр. литературы, М., 1955 г.
- Рубин Б. А.** — Физиология растений, М., 1957 г.
- Ратнер Е. И.** — Минеральное питание растений и поглотительная способность почвы, Изд-во АН СССР, М.-Л., 1950 г.
- Розов А. П.** — Мелоративное почвоведение, Сельхозгиз, М., 1957 г.
- Ремезов Н. П., Шербра С. В.** — Теория и практика известкования почв.
- Ремизов Н. П.** — Почвенные колоиды и поглатительная способность почвы, Сельхозгиз, М., 1957 г.
- Соколов А. В.** — Вопросы теории питания растений и применение удобрений, Ж. «Удобрение и урожай» № 5, 1957 г.
- Соколов А. В.** — Распределение питательных веществ в почве и урожай растений, Изд-во АН СССР, М., 1947 г.
- Сомохвалов Г. К.** — Минеральное питание как фактор индивидуального развития растений, Изд-во Харьковского университета, Харьков, 1957 г., Изд-во АН СССР, М., 1953 г.
- Сомохвалов Г. К.** — Новое об углеродном питании растений, Изд-во Харьковского университета, 1932 г.
- Саришвили И. Ф.** — Теория и практика известкования почв влажных субтропиков Грузии, Т., 1952 г.
- Сабинин Д. А.** — Минеральное питание растений, Изд-во АН СССР, М., 1940 г.
- Сабинин Д. А.** — Физиологические основы питания растений, Изд-во АН СССР, М., 1955 г.
- Соколов А. В.** — Агрохимия фосфора, Изд-во АН СССР, М.-Л., 1950 г.
- Сабашвили М. Н.** — Почвы Грузии, Т. 1948 г.

- Справочник агронома по удобрениям. Сельхозгиз, М., 1957 г.
- Справочник агронома по удобрениям, Сельхозгиз, М., 1955 г.
- Турчин Ф. В.** — Физиологические основы применения азотистых и фосфорных удобрений, Сельхозгиз, М., 1934 г.
- Уойт Р.** — Везделывание сельскохозяйственных растений и окружающая среда. Изд-во иностр. литературы М., 1949 г.
- Удобрение технических культур, Сельхозгиз, М., 1957 г.
- Федоров М. В.** — Почвенная микробиология, Ж. «Советская наука», М., 1954 г.
- Физические условия почвы и растение, Изд. иностр. литературы, М., 1955 г.
- Худяков О. П., Бушканец Т. С.** — Применение удобрений и их влияние на микробиологические процессы в почве, Ж. «Удобрение и урожай» № 1, 1957 г.
- Чесноков В. А. и Степанова А. М.** — Удобрение растений углеродным газом, Изд-во Ленинградского университета, 1955 г.
- Чернов В. А.** — О природе почвенной кислотности, Изд-во АН СССР, М., 1947 г.
- Чириков Ф. В.** — Агрохимия калия и фосфора, Сельхозгиз, М., 1956 г.
- Школьник М. Я.** — Значение микроэлементов в жизни растений и в земледелии, Изд-во АН СССР, М.-Л., 1950 г.

## შინაარსი

	აეტორისაგან . . . . .	3
თ ა ე ი	I. მცენარის კვება და მისი რეგულირების გზები.	
	1. მცენარის კვებაზე შეხედულებათა განვითარების ზოგიერთი მომენტები . . . . .	5
	2. რუსი და საბჭოთა მეცნიერების როლი მცენარის კვების და სასუქების გამოყენების საკითხების შესწავლაში . . . . .	17
	3. ხელოვნური კულტურის მეთოდი და მისი მნიშვნელობა მცენარის კვების საკითხების გადაწყვეტაში . . . . .	28
	4. მცენარის კვების ფორმები . . . . .	29
	5. ნახშირბადოვანი კვება . . . . .	36
	6. სუნთქვის პროცესი მცენარეში . . . . .	52
	7. მცენარის მინერალური კვება . . . . .	53
	8. მცენარის მიერ მისთვის საჭირო საკვები ელემენტების მიღების გზები . . . . .	55
	9. საკვები ელემენტების ფიზიოლოგიური როლი . . . . .	57
	10. არაპირდაპირ მოქმედი ელემენტები . . . . .	78
	11. მცენარის კვება აზოტით . . . . .	80
	12. მცენარის ფესვგარეშე კვება . . . . .	87
	13. არეს რეაქციის გავლენა მცენარის განვითარებაზე . . . . .	88
	14. მარილების მოქმედება მცენარის არეს რეაქციაზე . . . . .	91
	15. საკვები ელემენტების შეთვისებადობა . . . . .	94
	16. ფესვთა სისტემის განვითარების გავლენა მცენარის კვებაზე . . . . .	99
თ ა ე ი	II. მცენარის ქიმიური შედგენილობის ცვლილება კვების გავლენით	
	1. მცენარის ქიმიური შედგენილობა . . . . .	108
	2. მინერალური საკვები ნივთიერების შეთვისება კულტურული მცენარეების მიერ . . . . .	123
თ ა ე ი	III. ნიადაგის თვისებების მნიშვნელობა მცენარის კვებისათვის	
	1. მცენარის სასიცოცხლო ფაქტორთა შორის ნიადაგის ადგილი და მნიშვნელობა . . . . .	131
	2. ნიადაგის ნაყოფიერება . . . . .	131

	3. ნიადაგის შედგენილობა	. . . . .	134
	4. ნიადაგის კოლოიდები	. . . . .	153
	5. ნიადაგის შთანთქმითი უნარიანობა	. . . . .	159
	6. ნიადაგის შთანთქმითი უნარიანობის მნიშვნელობა სასუქების გამოყენებასთან დაკავშირებით	. . . . .	161
	7. ნიადაგის რეაქცია	. . . . .	180
	8. ნიადაგის ფუძეებით მაძღრობა	. . . . .	188
	9. ნიადაგის ბუფერობა	. . . . .	189
	10. ნიადაგის დაუანგვა-აღდგენითი პროცესის გავლენა მცენარის კვებაზე	. . . . .	192
	11. ნიადაგში საყვები ხსნარების კონცენტრაციის გავლენა მცენარის კვებაზე	. . . . .	195
	12. მცენარის კვება და ნიადაგის „დაღლა“	. . . . .	197
თ ა ვ ი	IV. მცენარის კვება და სასუქები		
	1. ორგანული სასუქები	. . . . .	207
	2. ნაკელი	. . . . .	207
	3. მწვანე სასუქები	. . . . .	209
	4. მინერალური სასუქები	. . . . .	211
	5. არაპირდაპირი სასუქები	. . . . .	213
	6. სასუქების ეფექტურობის გადიდების ღონისძიებანი	. . . . .	221
	7. ზოგიერთი საკითხი მცენარის კვების და სასუქების გამოყენებაზე	. . . . .	234
თ ა ვ ი	V. წყალი და მცენარის კვება		
	1. წყლის მნიშვნელობა მცენარისათვის	. . . . .	243
	2. წყლის შესვლა მცენარეში	. . . . .	246
	3. წყლის მოძრაობა მცენარეში	. . . . .	250
თ ა ვ ი	VI. სინათლის და სითბოს გავლენა მცენარის კვებაზე		253
	1. სინათლისა და სითბოს როლი მცენარეთა კვებაში	. . . . .	254
თ ა ვ ი	VII. მიკროორგანიზმები და მცენარის კვება		
	1. მიკროორგანიზმების გავლენა ნიადაგის ნაყოფიერებაზე	. . . . .	251
	2. ნიადაგის მიკროორგანიზმების უშუალო გავლენა მცენარის კვებაზე	. . . . .	271
	გამოყენებული ლიტერატურა	. . . . .	273



გამომც. რედაქტორი ც. კიკინაძე  
ტექრედაქტორი ვ. ხუციშვილი  
კორექტორები: ვ. გელდიაშვილი ტ. ბაჯიაშვილი.

---

შეღმონწერილია დასაბეჭდად 7|VII—59 წ. ქალღმის ზომა 60x92  $\frac{1}{16}$  ნაბეჭდი  
თაბახი 17,75. სავეტორო თაბახი 14,31. სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი  
14,65 უე (X)140 ტირაჟი 2000 შეკვ. №116.  
უასი 6 მან.

---

სტალინირის სტამბა, ისაქის ქ. № 2.