

პ. ვალაბაძე

# ზოგადი ნიადაგთმშობლოების საფუძვლები

საქართველოს სსრ უმაღლესი და საშუალო სპეცია-  
ლური განათლების სამინისტროს მიერ დამტკიცებულია  
სახელმძღვანელოდ სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის  
სტუდენტებისათვის

### აპტორისაზან

აგროქიმიკ-ნიადაგმცოდნეობის პროფილის სტუდენტებისათვის ზოგადი ნიადაგმცოდნეობა ცალკე კურსად იკითხება; იგი ნიადაგმცოდნეობის სააღმწიფო საფუძველია. წინამდებარე წიგნში ფართოდაა განხილულა ნიადაგმცოდნეობის ისეთი ზოგადი საკითხები, როგორცაა ნიადაგის მინერალური და ორგანული ნაწილების წარმოქმნა, ნიადაგთწარმოქმნის ელემენტარული პროცესები, ნიადაგების განვითარება-ევოლუციის მთავრენები, მაღალი რეაქციის უნარიანი წარმონაქმნები (კოლოიდები, მეორადი თიხა-მინერალები), მათთან დაკავშირებული ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური პროცესები, ფიზიკურ-მექანიკური და ფიზიკური თვისებები და სხვ.

ზოგადი ნიადაგმცოდნეობის კურსის ათვისებით სტუდენტი კარგად დაეუფლება და პრაქტიკაში შემოქმედებითად გამოიყენებს რეგიონული ნიადაგმცოდნეობის, აგროქიმიის, ზოგადი მიწათმოქმედების, სასოფლო-სამეურნეო მეღიორაციისა და სხვა აგრონომიული დისციპლინების ძირითად დებულებებს.

## შ ე ს ა ვ ა ლ ი

ნიადაგთმცოდნეობა ბიოლოგიურ მეცნიერებათა ჯგუფს ეკუთვნის. იგი შეისწავლის ნიადაგს. ნიადაგი ნაყოფიერების თვისების მქონე ბუნებრივი სხეულია, ე. ი. მას უნარი აქვს დააკმაყოფილოს მცენარის მოთხოვნილება წყლითა და საკვები ნივთიერებებით. ამ თვისების გამო ის სოფლის მეურნეობის წარმოების ძირითადი საშუალებაა. წარმოების სხვა საშუალებებთანგან განსხვავებით ნიადაგი, სწორა გამოყენების პირობებში, სისტემატურ გაუმჯობესებას — ნაყოფიერების თვისების ამაღლებას განიცდის.

ნიადაგის სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა მეტად დიდია. ის ერთადერთი, ისეთი შეუცვლელი, ბუნებრივი სხეულია, რომელიც მოსავლის სახით იძლევა ადამიანისა და ცხოველთა კვების პროდუქციას, აგრეთვე მრეწველობისათვის საჭირო მრავალი სახის ნედლეულს.

პარტიამ და მთავრობამ სერიოზული ამოცანები დასახეს ჩვენა ქვეყნის ნიადაგების სამელიორაციო სამუშაოების გაფართოებისა და ნაყოფიერების ამაღლებისათვის საჭირო ღონისძიებათა სისტემის დამუშავების დარგში. ეს ამოცანები დიფერენციულ გადაწყვეტას მოითხოვენ ქვეყნის სხვადასხვა მხარის ნიადაგურ, კლიმატურ და ეკონომიურ პირობებთან დაკავშირებით. ღონისძიებათა გატარება უნდა ეყრდნობოდეს ნიადაგების ყოველმხრივ და სრულყოფილ შესწავლას. ამ მიმართებით საბჭოთა ნიადაგთმცოდნეები დიდ მუშაობას ეწევიან ნიადაგების შესწავლისა (მსხვილი მასშტაბით) და აგროქიმიური კარტოგრაფების შედგენის დარგში.

ნიადაგი ნიადაგთწარმოქმნის რთული პროცესის პროდუქტია. ის განვითარებულია ქანების პერიფერიულ შრეზე, რომელშიც ჩადის ჰაერი, სითბო, ატმოსფერული ნალექები, მცენარის ფესვები, ცხოვერობენ მასში ფაუნის სხვადასხვა წარმომადგენლები და მიკროორგანიზმები. ნიადაგების სისქე დიდ ფარგლებში მერყეობს. გვხვდება, ერთი მხრივ, თხელი 7 — 10 სმ ნიადაგები, ხოლო, მეორე მხრივ, — 1,5 — 2 მეტრი და მეტი სიღრმისა. გარდა სიღრმისა, ნიადაგებს სხვა თვისებების მხრივაც დიდი სხვადასხვაობა ახასიათებთ.

ნიადაგთმცოდნეობა შეისწავლის ნიადაგის წარმოქმნის პროცესებს, ნიადაგის ბუნებაში გავრცელება-განწესრიგების კანონზომიერებებს,

ნიადაგის შედგენილობა-თვისებებს, კერძოდ კი, ნაყოფიერების თვისებას.

ნიადაგთმცოდნეობა დღეისათვის ორ ნაწილად იყოფა — ზოგად და სპეციალურ ნაწილებად. პირველ ნაწილს ეწოდება ზოგადი ნიადაგთმცოდნეობა, სპეციალურს კი — ნიადაგური სისტემატიკა.

ზოგადი ნიადაგთმცოდნეობა შეისწავლის ნიადაგის წარმოქმნის საერთო (ზოგად) კანონზომიერებებს, ქიმიურ, ბიოლოგიურ და ფიზიკურ თვისებებს და მათი ცვალებადობის მიზეზებს. ამდენად, ზოგადი ნიადაგთმცოდნეობა, საერთოდ, ნიადაგთმცოდნეობის მეცნიერების თეორიული საფუძველია.

ნიადაგური სისტემატიკის შესწავლის საგანს წარმოადგენს ცალკე — ნიადაგური ტიპების წარმოქმნა, შედგენილობა-თვისებების გარკვევა და თითოეული მათგანის ნაყოფიერების ამაღლებისათვის საჭირო ღონისძიებების დასახვა.

## ნიადაგთმცოდნეობის განვითარების მთავარი ისტორიული ეტაპები

1. მოკლე ცნობები დასავლეთ ევროპაში ნიადაგთმცოდნეობის განვითარების შესახებ. ცნობები ნიადაგის ცალკეული თვისებების შესახებ შორეულ წარსულს ეკუთვნის. ეს ცნობები დროთა ვითარებაში ნიადაგის ენოლ-პატრონობის წესების გაუმჯობესებასთან ერთად თანდათან სრულყოფილი ხდება. ძველი ეგვიპტელების, ბაბილონელების, ჩინელებისა და სხვათა სოფლის მეურნეობის წარმოებაში პრაქტიკული დაკვირვებების შედეგების განზოგადოების ცდებს ეხვდებით ძველ საბერძნეთსა და რომში; არისტოტელეს და მისი მოწაფის თოფრასტეს (IV საუკ. ჩვენს წელთაღრიცხვამდე) თხზულებებში საყურადღებო ცნობებია ნიადაგის თვისებებზე და მცენარის კვებაზე. აქვე პერიოდში რომაელმა მაგონიმ, ხოლო შემდეგ (II ს. ჩვენს წელთაღრიცხვამდე) კატონმა, უფრო გვიან (I ს. ჩვენს წელთაღრიცხვამდე) პოეტმა და ფილოსოფოსმა ლუკრეციუსმა, განსაკუთრებით ვირგილიუსმა, კოლუმელამ და სხვ. სოფლის მეურნეობისა და ნიადაგის შესახებ მრავალი საგულისხმო აზრი გამოთქვეს.

ეს ცნობები ნიადაგის თვისებების შესახებ, რასაკვირველია, არ არის მეცნიერული. ნიადაგთმცოდნეობას, როგორც მეცნიერებას, რუსეთში საფუძველი ჩაეყარა XIX საუკუნის 80-იან წლებში.

ფეოდალიზმის მთელი ეპოქა ხასიათდება მიწათმოქმედების დაქვეითებით; ამასთან ერთად გამოუყენებელი რჩება ნიადაგის თვისებების შესახებ ძველი შეხედულებები. ამ მხრივ მკვეთრი შემობრუნება იწყე-

ბა ჯერ ევროპაში, ხოლო შემდეგ რუსეთში, ცხოვრების კაპიტალიზმის რელსებზე გადასვლისთანავე. მოსახლეობის შესამჩნევი ნაწილის საქალაქო ცხოვრების პირობებში ჩაბმამ ნწვევედ დააყენა საკითხი სოფლის მეურნეობის პროდუქციის რაოდენობის გადიდების შესახებ. მეტი პროდუქციის მიღების სურვილმა გამოიწვია მიწების „მტაცებლური“ ექსპლოატაციის გაძლიერება; ამას რამდენიმე ხნის შემდეგ მოსავლიანობის მკვეთრი შემცირება მოჰყვა ამ ჩიხიდან გამოსვლის მიზნით მაშინდელმა მეცნიერებმა იწყეს მოსავლის შემცირების მიზეზების ძებნა — მცენარისა და ნიადაგის ქიმიური ანალიზების საშუალებით. შემუშავდა თეორიები მცენარის კვების შესახებ; XIX საუკუნის დასაწყისში გერმანელმა სწავლულმა აგრონომმა თეერმა წამოაყენა მცენარის ჰუმუსით კვების თეორია. ამ თეორიის მიხედვით მცენარე იკვებება ჰუმუსით და ამიტომ ნიადაგის ნაყოფიერება (მაშასადამე, მოსავლიანობა) დამოკიდებულია ნიადაგში ჰუმუსის რაოდენობაზე შემდეგში დამტკიცდა ამ თეორიის უსაფუძვლობა. ჰუმუსით კვების თეორიის ყველაზე დიდი მოწინააღმდეგე იყო გერმანელი ქიმიკოსი იუსტუს ლიბიხი. მან მკაცრად გააკრიტიკა თეერის თეორია და თვითონ წამოაყენა მცენარის მინერალური ნივთიერებებით კვების თეორია. ლიბიხის დასკვნა მცენარის მინერალური ნივთიერებებით კვების შესახებ 1842 წ. ექსპერიმენტით დამტკიცეს ვიგმანომ და პოლსტორფმა. ამავე პერიოდში (1837 წ.) აღმოაჩინეს პარკოსანი მცენარეების მიერ ნიადაგში აზოტის დაგროვების თვისება. დაახლოებით ამავე დროს ეკუთვნის მცენარის კვების კიდევ ერთი დიდი აღმოჩენა ფოტოსინთეზზე — ატმოსფერული ნახშირორჟანგის ასიმილაციის შესახებ. ეს აღმოჩენები (ლიბიხის თეორია) საფუძვლად დაედო მინერალური სასუქების საქარხნო მრეწველობას და ამ სასუქებით ნიადაგების ფართო მასშტაბით განოყიერების პრაქტიკას.

აღსანიშნავია, რომ ცხოვრების მიერ დასმული მტკიცებულებული საკითხი მოსავლიანობის გადიდების შესახებ, ვერც ლიბიხის თეორიამ გადაჭრა, რადგან ეს თეორია, მსგავსად ამ პერიოდის სხვა თეორიებისა, ნიადაგს თვლიდა, ინერტულ, უბრალო მიწის მასად, რომელშიც რასაც შეიტან, იმას გამოიტანს მცენარე. წინააღმდეგ ასეთი შეხედულებისა, ხშირად შედეგი საწინააღმდეგო გამოდიოდა. რაც, ცხადია, სახელს უტეხდა ლიბიხის შეხედულებას.

2. რევოლუციამდელი რუსეთისა და საბჭოთა კავშირის ნიადაგმცოდნეობის ისტორიის ძირითადი მომენტები. რუსეთში ნიადაგების შესწავლა სწორი გზით დაიწყო. ამ საქმეში მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა 1725 წ. პეტერბურგში დაარსებულმა მეცნიერებათა აკადემიამ და 1765 წელს ჩამოყალიბებულმა „თავისუფალმა ეკონომიურმა საზოგადოებამ“.

ნიადაგის წარმოქმნა-განვითარებაზე ბიოლოგიური ფაქტორის — მცენარეებისა და ცხოველების მნიშვნელობის შესახებ პირველად სწორი აზრი გამოთქვა დიდმა რუსმა მეცნიერმა მ. ლომონოსოვმა: შიშველ ქანებზე ხავსებისა და სხვა დაბალი ორგანიზაციის მცენარეების დასახლებით იწყება ნიადაგის წარმოქმნა, რასაც ჰუმუსის დაგროვების შესაბამისად მოსდევს სხვა მცენარეების დასახლება და თვითონ ნიადაგის შემდგომი თანდათან განვითარება. ასევე ორიგინალური აზრი გამოთქვა მან შავმიწებსა და ტორფზე. — ლომონოსოვი აღნიშნავდა, რომ შავმიწებისა და ტორფნარების წარმოქმნა ისტორიული პროცესია და დაკავშირებულია მცენარეთა საფარის განვითარებასთან, ამიტომ გ. ვერნადსკი ლომონოსოვს თვლის არა მარტო პირველ რუს ნიადაგთმცოდნედ, არამედ, საერთოდ, პირველ ნიადაგთმცოდნედ.

ევროპული რუსეთის პირველი ნიადაგური რუკა გამოიცა 1851 წ. (კ. ვესელოვსკი). შემდეგი ნიადაგური რუკა კი შეადგინა და გამოსცა 1879 წ. ვ. ჩასლავსკიმ.

ნიადაგების შესწავლა განსაკუთრებით უართო ხასიათს ღებულობს XIX საუკუნის მეორე ნახევარში, როცა 1861 წ. რეფორმის (ბატონყმობის გაუქმების) შემდეგ რუსეთი კაპიტალიზმის განვითარების გზას დაადგა. ამ პერიოდში რუსეთში დ. მენდელეევი პირველად საფუძველს უყრის კორდიან-ფერ ნიადაგებზე მინერალური სასუქებისა და მოკირიანების მინდვრის ცდებს, ხოლო პ. კოსტიჩევი ატარებს შავმიწა ნიადაგების ნაყოფიერების აღდგენის რიგი ღონისძიებების შესწავლას და სხვ.

ამავე პერიოდში, „თავისუფალი ეკონომიური საზოგადოების“ დავალებით, რუსეთის შავმიწა ნიადაგების შესწავლას იწყებს ვასილ ვასილის ძე დოკუჩაევი (1846—1903).

დოკუჩაევი რუსეთის შავმიწების შესწავლა დაიწყო 1876 წ. და დაამთავრა 1883 წ. კლასიკური შრომის „რუსეთის შავმიწების“ გამოქვეყნებით. ეს შრომა, რომელშიც ნიადაგმცოდნეობის მეცნიერების საფუძვლებია მოცემული, სამართლიანად ითვლება კლასიკურ საბუნებისმეტყველო თხზულებად და მისი ავტორი გენეზისური ნიადაგთმცოდნეობის ფუძემდებლად. დოკუჩაევამდე ნიადაგთმცოდნეობა, როგორც მეცნიერება, არ არსებობდა, მიუხედავად იმისა, რომ ნიადაგის თვისებების შესახებ ლიტერატურაში ვხვდებით მრავალ ცნობას.

ნიადაგის ცნებაც დოკუჩაევამდე პერიოდში სწორად არ იყო განმარტებული. ნიადაგის ცნების მეცნიერული განმარტების პრობლემა დოკუჩაევს ეკუთვნის. იგი განმარტავს, რომ ნიადაგი არის თვითმყოფი ბუნებრივი ისტორიული სხეული, რომელიც წარმოქმნი-



მ. ვ. ლოკუჩაევი.

ლია ნიადაგთწარმოქმნელ ფაქტორთა ერთობლივი მოქმედების შედეგად.

ლოკუჩაევს მოუხდა რუსეთის შავმიწების შესწავლასთან დაკავშირებით ნიადაგის გამოკვლევის მეთოდების შემუშავება. მან, წინააღმდეგ მანამდე არსებული არასწორი შეხედულებებისა, დაამტკიცა, რომ ნიადაგი ისეთივე თვითმყოფი ბუნებრივ-ისტორიული სხეულია, როგორც მაგალითად მცენარე, ცხოველი ან მინერალი, რომელსაც თავისი ისტორია აქვს — განვითარების წარსული, აწმყო და მომავალი, რომ ის იცვლება დროთა ვითარებაში ხან პროგრესის, ხან კი რეგრესის მიმართულებით, რომ ის ლანდშაფტის ერთი დიდმნიშვნელოვანი კომპონენტაგანია, რომლის თვისებები გაპირობებულია ბუნების სხვა ძალების თვისებებით და, რომ ნიადაგი თვითონაც ახდენს გავლენას ბუნების ამ ძალების ცვალებადობაზე.

დოკუჩაევმა შექმნა სწავლება ნიადაგის წარმოქმნელი ფაქტორების შესახებ. ის წერდა, რომ ნიადაგის წარმოქმნაში მონაწილეობენ კლიმატი, მცენარეები და ცხოველები (ბიოსფერო), ქანები, რელიეფი და მხარის ხნოვანების (ხანდაზმულობას) ფაქტორი. თეორიულად ამ დიდმნიშვნელოვანი დებულების დადგენამ ნიადაგწარმოქმნელ ფაქტორებზე შესაძლებლობა მისცა მის ავტორს ნიადაგი განესხვავებინა ქანებისაგან და დაემტკიცებინა, წინააღმდეგ მანამდე არსებული მკდარი შეხედულებისა, რომ ნიადაგი ქანის სხვადასხვა ხარისხით დაქუცმაცებული მკვდარი, სტატიკური მასა კი არ არის, არამედ ახალი სხეულია, რომელიც ჩვენი პლანეტის განვითარების გარკვეულ ეტაპზე წარმოიქმნა.

დოკუჩაევის სწავლება ნიადაგწარმოქმნის პროცესზე (გენეზისზე), როგორც ამას სწორად შენიშნავს ს. სობოლოვი, მატერიალისტური ბუნებისმეტყველების უდიდესი მიღწევათაგანია.

დოკუჩაევმა დაამტკიცა, რომ ნიადაგი ნიადაგწარმოქმნის ფაქტორების ერთობლივი მოქმედების პროდუქტია. ამით მან ცხადჰყო, რომ დედამიწაზე ნიადაგების განაწილება ისეთივე ზონალურ კანონს ექვემდებარება, როგორც მის წარმოქმნაში მონაწილე ფაქტორები: კლიმატი, მცენარეულობა და სხვ., რაც, მართლაც დადასტურდა, ერთი მხრივ, რუსეთის ბარის ჰორიზონტალური ზონალობის, ხოლო, მეორეს მხრივ, მთლიანი ქვეყნის (კავკასიის) ნიადაგების ვერტიკალურა ზონალური განაწილების ფაქტით.

დოკუჩაევმა პირველმა შეიმუშავა ნიადაგების მეცნიერული (გენეზისური) კლასიფიკაცია და ნიადაგური კარტოგრაფიის მეთოდები და ამით საფუძველი ჩაუყარა ნიადაგების გეოგრაფიას. მან 1900 წ. შეადგინა რუსეთის ევროპული ნაწილის ნიადაგური რუკა

ვ. დოკუჩაევი ნიადაგთმცოდნეობას თვლიდა დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობის მეცნიერებად. იგი ნიადაგს იკვლევდა სოფლის მეურნეობის პრაქტიკული მნიშვნელობის საკითხებთან მჭიდრო კავშირში. როდესაც 1891 წელს გვალვით გამოწვეულმა მოუსავლიანობამ რუსეთში შიმშილი გამოიწვია, ვ. დოკუჩაევი პირველი გამოეხმაურა ამ მოვლენას თავისი კლასიკური წიგნით — „ჩვენი სტეპები წინათ და ახლა“. ამ წიგნში მან ღრმად და ფართოდ განიხილა რუსეთის სამხრეთი ნაწილის სოფლის მეურნეობის სწორი მართვის საკითხები. დოკუჩაევის აზრით, ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებისათვის საჭიროა შემოქმედება ნიადაგის არა მხოლოდ ერთ რომელიმე თვისებაზე, არამედ იმ პირობებზეც, რომლებიც საერთოდ ნიადაგწარმოქმნის პროცესში მონაწილეობენ. ყველა ეს პირობა ერთმანეთზე ისეა დამოკიდებული და გადახლართული, რომ მათი (ერთიანობის, მთლიანობის) ანგარიშგაუწევლობის გარეშე, სწორი დასკვნების გაკეთება შეუძლებელია.



დოკუჩაევის აზრით, ნიადაგი ყოველმხრივ უნდა იქნეს შესწავლილი — როგორც თვითონ ნიადაგის თვისება-შედგენილობის, ისე მისი წარმოქმნის პროცესში მონაწილე ფაქტორების ღრმა გაანალიზებით. დოკუჩაევი ბუნების მთლიანობის კანონის საფუძველზე აყენებდა საკითხს, ზემოთ დასახელებულ თავის შრომაში, რომ სტეპეებში მყარა მოსავლის მისაღებად საჭიროა ქარსაფარი ზოლების მოწყობა, ნიადაგური ტენის მარაგის გადიდების ყველა ღონისძიების (ტყეების დაცვა, თოვლის ჩახვნა, მორწყვა-დამუშავება და სხვ.) გატარება, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გვალვაამტანი ჯიშების შერჩევა, ტერიტორიის სწორი ორგანიზაცია და სხვ.

დიდი გავლენა იქონია დოკუჩაევმა აგრონომიის, მეტყვეობის, მეღიორაკის, გეოგრაფიისა და სხვა დარგების შემდგომ განვითარებაზე. მისი ადგილის საფუძველზე აღმოცენდა ახალი სამეცნიერო დისციპლინები: ბიოქიმია, გეოქიმია, სწავლება ლანდშაფტზე (და ელემენტურ ლანდშაფტზე).

დიდი გავლენა ნიშნავდა რუსულმა გენეზისურმა ნიადაგმცოდნეობამ უცხოეთის ნიადაგმცოდნეებზე დოკუჩაევის იდეების უშუალო ზეგავლენა განიცადეს რამანმა, შტრემემ (გერმანია), მარბუტმა. (აშშ) და მრავალმა სხვამ. მარბუტი დოკუჩაევს მეტად მაღალ შეფასებას აძლევს. დოკუჩაევის როლს ნიადაგმცოდნეობაში ის ადარებს დარვინის როლს ბიოლოგიაში და ლაილისას — გეოლოგიაში. დოკუჩაევის იდეების ზეგავლენაზე მიგვიჩიებებს ის ფაქტიც, რომ მრავალი რუსული ტერმინი — podsol, solonetr, chernosem და სხვ. შევიდა საერთაშორისო ნიადაგურ ტერმინოლოგიაში.

ვ. დოკუჩაევი 1892 — 1895 წწ. ნოვოალექსანდრიის სასოფლო-სამეურნეო და სატყეო ინსტიტუტში მუშაობდა დირექტორად, იქ მან პირველმა ჩამოაყალიბა რუსეთში ნიადაგმცოდნეობის კათედრა. ვ. დოკუჩაევის ინიციატივით 1899 წ. დაარსდა ქურნალი „ნიადაგმცოდნეობა“

პროფესორი ვასილ ვასილის ძე დოკუჩაევი კლასიკოსი, დიდი მასშტაბის ბუნებისმეტყველი მეცნიერია, რომლის სახელი მსოფლიო ნიადაგმცოდნეობის ლიტერატურაში ფართოდ არის ცნობილი, როგორც გენეზისური ნიადაგმცოდნეობის მეცნიერების ფუძემდებლისა. ვ. დოკუჩაევი 218 გამოქვეყნებული მეცნიერული შრომის ავტორია. მან შექმნა შესანიშნავი მეცნიერული სკოლა; ამ სკოლის წარმომადგენლებიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია: პროფ. ნ. სიბირცევი, აკად. კ. გლინკა, პროფ. ს. ზახაროვი, აკად. ვ. ვერნადსკი, პროფ. პ. ზემიატჩენსკი, აკად. ლევისონ-ლესინგი, პროფ. გ. ტანფილიევი, პროფ. კრასნოვი, აკად. გ. ვისოცკი, პროფ. პ. ბარაკოვი და სხვ.

დოკუჩაევის თანამედროვეა პროფესორი პავლე ანდრიას ძე



პ. ა. კოსტიჩევი.

კოსტიჩევი (1845—1895).  
პ. კოსტიჩევი მეტად მრავალმხრივი და ღრმა განათლების სპეციალისტი იყო ნიადაგმცოდნეობის, ბიოლოგიის, ქიმიის, აგრონომიის, გეობოტანიკის, ფიზიკისა და მიკრობიოლოგიის დარგში. კოსტიჩევი ნიადაგმცოდნეობაში ბიოლოგიური მიმართულების მამათავარია.

იგი წერს, რომ ხმელეთზე სიცოცხლე გაპირობებულია მიწის ზედაპირის თვისებებით. მცენარე საკვებად იყენებს მათ და ქმნის ორგანულ ნივთიერებას, რომელიც თავის მხრივ ცხოველისა და ადამიანის სიცოცხლის წყაროა. კოსტიჩევი მიწის ფენას, რომელშიც მცენარის ფესვთა სისტემის

ძირითადი მასაა გავრცელებული, ნიადაგს უწოდებს. მისი (ნიადაგის) თვისებები ახდენენ უშუალო გავლენას მცენარის ზრდა-განვითარებაზე და თვითონაც განიცდის მცენარის უშუალო მოქმედებას. აქედან გამომდინარე, პ. კოსტიჩევი კატეგორიულად უარყოფდა ფალსუ შეხედულებას ნიადაგმცოდნეობის პედოლოგიად და აგროლოგიად დაყოფაზე, რომლის მიხედვითაც პირველი ნიადაგს მცენარესთან კავშირის გარეშე შეისწავლის, ხოლო მეორე, პირიქით, მცენარესთან კავშირში. კოსტიჩევი ამის შესახებ წერდა — „ჩვენ ვთვლით, რომ პედოლოგია არ არის ნიადაგმცოდნეობა, ეს არის დედამიწის ზედა ფენების გეოგნოზია და პეტროგრაფია... ამიტომ ნიადაგმცოდნეობის გაყოფა პედოლოგიად და აგროლოგიად სრულიად ზედმეტია“.

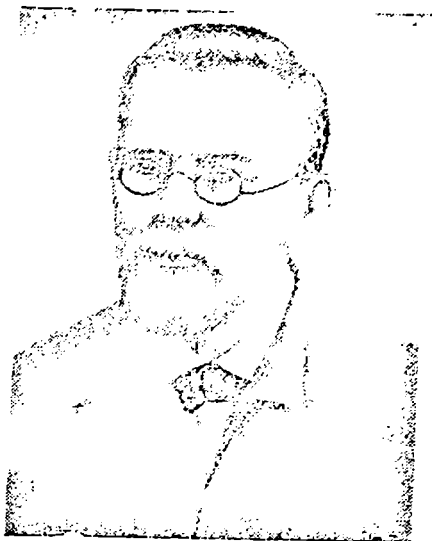
იგი თავის შრომებში ბევრგან ეხება ნიადაგის ნაყოფიერების საკითხს. მისი აზრით, ნიადაგის ნაყოფიერება, როგორც მოსავლიანობის მაპირობებელი ფაქტორი, მეტად რთული თვისებაა ნიადაგის, რომელიც მარტო ქიმიზმზე კი არაა დამოკიდებული, არამედ მიკრობიოლოგიურ პროცესზე ფიზიკურ თვისებებსა და ამინდზეც.

პ. კოსტიჩევის მრავალრიცხოვანი შრომებიდან აღსანიშნავია მისი გამოკვლევები ნიადაგის ორგანული ნაწილისა და „რუსეთის შავმიწების ოლქის ნიადაგების“ შესახებ.

მისი აზრით, ნიადაგის ჰუმუსის სოკოვანი მიკრობიოლოგიური პრო-

ეისის სინთეზური ნივთიერებაა. ჰუმუსის წარმოქმნისა და დაგროვების ორგანულ ნივთიერებათა წყაროს მხოლოდ მცენარის ფესვების ნაშთები წარმოადგენენ.

3. კოსტიჩევის მითითებული შრომა — „რუსეთის შავმიწების ოლქის ნიადაგები“ (1886) დიდი თეორიული გამოკვლევაა. მასში მოცემულია მდიდარი ფაქტიური მასალა, რომლიდანაც ჩანს, რომ შავმიწათა წარმოქმნაში უპირატესი მნიშვნელობა აქვს არა კლიმატს (როგორც ამას ამტკიცებდა დოკუჩაევი), არამედ ბიოლოგიურ ფაქტორს — ბალახოვან მცენარეებს, რის გამოც ეს ნიადაგები ხანიათღებიან კარგი სტრუქტურით და ჰუმუსის დიდი რაოდენობით. ორივე ეს პირობა კი განსაზღვრავს შავმიწების მაღალნაყოფიერების თვისებას.



ბ. მ. სიბირცევი.

3. კოსტიჩევა გაარკვია აგრეთვე, რომ შავმიწების არარაციონალური გამოყენება (უდი დამუშავება) იწვევს ამ ნიადაგების სტრუქტურის დარღვევას და ნაყოფიერების დაქვეითებას. მან შეისწავლა სამიწათმოქმედო სტეპის ზონის ნიადაგები და მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ნიადაგის სტრუქტურის აღდგენა და, მაშასადამე, ნაყოფიერების ამაღლება, შეიძლება ბალახის თესვის საშუალებით. ამის შესახებ კოსტიჩევი წერს: „მრავალწლიანი საკვები ბალახები საშუალებას გვაძლევს შევინარჩუნოთ ნიადაგის ნაყოფიერება გარკვეულ დონეზე და მასთან ერთად მივალწიოთ მაღალსა და მყარ მოსავალს“. იგი აგრეთვე ყურადღებას ამახვილებდა ეროზიის წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებებზე.

ნიადაგის დამუშავების, განოყიერებისა და სხვა საკითხებზე მან ბევრი გამოკვლევა გამოაქვეყნა.

რუსეთში 1891 წ. ვვალვით გამოწვეულ მოუსავლიანობას და მის შედეგს — შიმშილს გამოეხმაურა პ. კოსტიჩევი. ლექციების ციკლი წაიკითხა ამ მოვლენის მიზეზებისა და მასთან ბრძოლის ღონისძიებების შესახებ. ეს ლექციები ცალკე წიგნად გამოიცა 1893 წელს.

ვ. დოკუჩაევის მოწაფეთაგან პირველ რიგში აღსანიშნავია პროფ. ნიკოლოზ მიხეილის ძე სიბირცევი (1860 — 1900).



გ. ნ. ვისოცკი.

ნიადაგმცოდნეობის პირველი სახელმძღვანელო დაწერა ნიკოლოზ სიბირცევმა. ამ სახელმძღვანელოში ნიადაგმცოდნეობის საკითხები გაშუქებულია დოკუჩაევის გენეზისური და კოსტიჩევის მიერ წამოყენებული ნიადაგისა და მცენარის ერთიანობის პრინციპზე. მან შეადგინა ნიადაგების გენეზისური კლასიფიკაციის სქემა, ფაქტიურად ეს უკანასკნელი დოკუჩაევის კლასიფიკაციის სქემის გაუმჯობესებული ვარიანტია. მან დოკუჩაევთან ერთად, რუსეთის ბარის პირობებისათვის დაადგინა ნიადაგების ჰორიზონტალური ზონალობის კანონი. 1897 წელს საერთაშორისო გეოლოგიურ კონგრესზე წარსდგა

მოხსენებით რუსეთის ნიადაგების შესახებ.

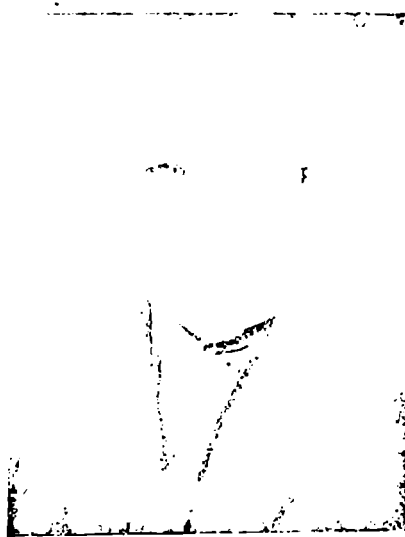
აკად. გიორგი ნიკოლოზის ძე ვისოცკის (1865 — 1940) „შესანიშნავი მკვლევარი“ უწოლა დოკუჩაევმა. ვისოცკი იყო მეტად მრავალმხრივი მეცნიერი—მეტყვევებოტანიკოსი, ჰიდროლოგი, მელიორატორი, ნიადაგმცოდნე და აგრონომი. მის კლასიკურ გამოკვლევებში, შესანიშნავადაა მოცემული ბუნების მოვლენათა მთლიანობის დევიზი. ვისოცკი დიდი მეცნიერული სიღრმით იკვლევს ყველა იმ მხარეს, რომლებზედაც დამოკიდებულია ნიადაგის ესა თუ ის თვისება. ნიადაგის ტენიანობის საკითხის ასახსნელად, ის არამარტო ნიადაგურ პირობებს ეყრდნობა, არამედ მეტეოროლოგიურს, რელიეფურს, გეობოტანიკურს და სხვ.

დიდია მისი დამსახურება ნიადაგური ჰიდროლოგიის საკითხების დამუშავებაში. მან ხანგრძლივი ექსპერიმენტული გამოკვლევებით გაარკვია სტეპის, მშრალი სტეპისა და ჩრდილოეთის ტყის ზონის ნიადაგების ტენის რეჟიმის ტიპების თავისებურებანი. ეს გამოკვლევები შემდეგში ნიადაგური ჰიდროლოგიის მრავალი საკვანძო საკითხის დამუშავების საფუძველი გახდა.

გ. ვისოცკი 200-მდე მეცნიერული შრომის ავტორია, მათი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა დიდია.

ვ. დოკუჩაევის უშუალო მოწაფეა აგრეთვე აკადემიკოსი კონსტანტინე დიმიტრის ძე გლინკა (1867 — 1924).

მისი ხელმძღვანელობით ჩატარდა ნიადაგური გამოკვლევები რუსეთის აზიური ნაწილისა, სადაც იმხანად მეფის მთავრობა ახორციელებდა გლეხების მასიურ ჩაახლებას. ეს გამოკვლევები, აგრეთვე სერგეი სიმონის ძე ნეუსტროვის (1874 — 1928) გამოკვლევები გეოგრაფიულ-გეოლოგიური ხასიათისაა. ამ გამოკვლევებში ნიადაგის ძირითადი თვისება-ნაყოფიერება სათანადოდ არაა შეფასებული, ფაქტურად ნიადაგი განხილულია, როგორც ქანების ელუვი (ნეუსტროვი), რომლის წარმოქმნაც კ. გლინკას მიხედვით, ძირითადად დამოკიდებულია კლიმატურ პირობებზე. კ. გლინკამ შექმნა კაპიტალური სახელმძღვანელო —



კ. გლინკა.

„ნიადაგთმცოდნეობა“, რომელიც უცხო ენებზედაც (გერმანულ, ინგლისურ) ითარგმნა, რამაც დიდად შეუწყო ხელი დოკუჩაევის იდეების საზღვარგარეთ გავრცელებას.

კ. გლინკამ საფუძვლიანად გამოიკვლია გამოფიტვის პროცესები, ნიადაგის კლასიფიკაცია და გენეზისი საერთოდ და კერძოდ, საქართველოს წითელმიწების გენეზისი და მინერალოგიური შედგენილობა. მან დიდი ორგანიზატორული მუშაობა ჩაატარა ჯერ დოკუჩაევის ნიადაგური კომიტეტის ჩამოყალიბების, ხოლო შემდეგ სსრკ მეცნიერებათა აკადემიასთან დოკუჩაევის სახელობის ნიადაგის ინსტიტუტის დაარსებაში. იგი პირველი აკადემიკოსია ნიადაგთმცოდნეობის პროფილთ.

დიდი მასშტაბის ნიადაგის გამოკვლევები საბჭოთა პერიოდში დაიწყო. ამ გამოკვლევებს ატარებდნენ უშუალოდ, ერთის მხრივ, ახლანდამოყალიბებული კვლევითი ინსტიტუტები — დოკუჩაევის სახელობის ნიადაგის ინსტიტუტი, სასუქების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი, მოსკოვის ტიმირიაზევის სახ. სასოფლო-სამეურნეო აკადემია, მოსკოვის ლომონოსოვის სახელობის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ლენინგრადის სატყეო ინსტიტუტი (ამჟამად სატყეო-ტექნიკური აკადემია), ლენინგრადის, ხარკოვისა და სხვა სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტები, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი და სხვ.

ნიდაგთმცოდნეობის მეცნიერებას შესანიშნავი გამოკვლევები შესძინეს ამ პერიოდის სწავლულებმა ვ. ვილიამსმა, კ. გედროიკმა, ბ. პოლინოვმა, ლ. პრასოლოვმა, ი. ტიურინმა, ი. გერასიმოვმა, ი. ანტიპოვ-კარატაევმა და სხვ.

გამოჩენილმა მეცნიერმა ვასილ რობერტის ძე ვილიამსმა (1863—1939) კრტიკულად განაზოგადა დოკუჩაევისა და დოკუჩაეველ ნიდაგთმცოდნეთა ყველა მონაპოვარი. დიალექტიკურმატერიალიზმის მოძღვრების საფუძველზე გააშუქა ნიდაგში მიმდინარე პროცესები და ნიდაგთწარმოქმნა დროსა და სივრცეში განიხილა — ბიოლოგიური ფაქტორის უპირატესობით მიმდინარე გრანდიოზულ პროცესად. ვ. ვილიამსმა საფუძველი ჩაუყარა აგრონომიულ ნიდაგთმცოდნეობას, რომელიც ნიდაგს მთლიანობაში განიხილავს, როგორც ბუნებრივ სხეულს და სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ძირითად საშუალებას. მან ერთგვარი სინთეზირება მოახდინა — ახალ ასპექტში გააშუქა ვ. დოკუჩაევის გენეზისური და პ. კოსტიჩევის აგრონომიული შეხედულებანი ნიდაგზე. ვილიამსი ნიდაგს განიხილავს, როგორც ბუნებრივ სხეულს, რომელსაც, ქანისაგან განსხვავებით, ახასიათებს ნაყოფიერების თვისება. ვილიამსმა დააზუსტა ნაყოფიერების ცნება. მან დაამტკიცა, რომ ნიდაგის ნაყოფიერებას განსაზღვრავს არა მხოლოდ საკვებ ნივთიერებათა რაოდენობა (როგორც მანამდე ფიქრობდნენ), არამედ მასთან ერთად წყალიც. მისი აზრით, ნაყოფიერების ცნებას მხოლოდ კონკრეტული ხასიათი აქვს ცალკეულ კულტურულ მცენარესთან დაკავშირებით. ვილიამსმა კოსტიჩევის მიერ წამოყენებული დებულება ნიდაგის სტრუქტურის (საერთოდ ნიდაგის ფიზიკური თვისებების) შესახებ მაღალ საფეხურზე აიყვანა და დაასაბუთა, რომ მაღალნაყოფიერი ნიდაგი მხოლოდ სტრუქტურული ნიდაგია, რომელშიც, როგორც ბიოლოგიური და ქიმიური, აგრეთვე ფიზიკური თვისებები ჰარმონიულად არის გამოხატული.

ვ. ვილიამსმა ნიდაგთწარმოქმნის პროცესის ევოლუცია დროში დაუკავშირა მცენარეთა საყარის (და მიკროორგანიზმების) ცვალებადობას. ამ დებულების საფუძველზე დაამუშავა საკითხი — ერთიანი ნიდაგთწარმოქმნის პროცესის შესახებ, რომლის მიხედვითაც ეს პროცესი განიხილება, როგორც ნიდაგთწარმოქმნის პერიოდებისა და სტადიების მცენარეთა ფორმაციების ცვლით გამოწვეული მოვლენა. ვილიამსი ნიდაგურ ზონებს განიხილავს, როგორც დინამიკურს — ერთიანი ნიდაგწარმოქმნის პროცესის ცალკეულ ეტაპებს. იგი არჩევს შემდეგ მცენარეთა ფორმაციებს ანუ მწვანე მცენარეთა და მიკროორგანიზმთა ბუნებრივ კომბინაციებს:

1. ხემცენარეთა ფორმაციას, — სოკოებისა, აქტინომიცეტებისა და ანაერობი ბაქტერიების თანამონაწილეობით;

2. მდელოს ბალახოვან მცენარეთა ფორმაციას, — აერობი და, განსაკუთრებით, ანაერობი ბაქტერიების თანამონაწილეობით;

3. სტეპის ბალახოვანი მცენარეების ფორმაციას, — აერობი ბაქტერიების თანამონაწილეობით და

4. უდაბნოს მცენარეთა ფორმაციას, რომელიც შედგება წყალმცენარეების, ქემოტროფი ბაქტერიებისა და ნაწილობრივ სოკოებისაგან.

თითოეულ ამ ფორმაციას ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის გარკვეული პერიოდი ახასიათებს. ყველაზე მაღალი ბუნებრივი ნაყოფიერების თვისებით ხასიათდება მდელოს ბალახოვან მცენარეთა ფორმაციის კორდიანი პერიოდის მდელოს სტადიის ნიადაგები.

ვ. ვილიამსმა დოკუჩაევისა და კოსტიჩევის თეორიულ დებულებათა საფუძველზე შეიმუშავა ნიადაგის ეფექტური ნაყოფიერების ამაღლების ღონისძიება ნათესბალახიანი მიწათმოქმედების სისტემის სახით.

მან აგროტექნიკური პოზიციიდან გააკრიტიკა ბურჟუაზიული ე. წ. კლებადი ნაყოფიერების „კანონი“ და დამტკიცა, რომ წინააღმდეგ ამ „კანონისა“, მცენარის ზრდა-განვითარების ფაქტორებზე ერთდროული ზემოქმედების პირობებში მოსავლიანობის სისტემატურ ზრდას აქვს ადგილი, რაც დასტურდება ჩვენი ქვეყნის სოფლის მეურნეობის მოწინავეთა პრაქტიკის მაგალითზე.

ვ. ვილიამსის აგრონომიულ სწავლებას ამასთანავე ახასიათებს მოძველებული და მცდარი დებულებები. ასეთებია, მაგალითად, ყველგან მხოლოდ საგაზაფხულო ხორბლის თესვა, ნათესი ბალახების კორდის მოხვნა გვიან შემოდგომაზე, დამლაშებული ნიადაგების მელიორაციისათვის დრენაჟის როლის უგულვებელყოფა და სხვ.

ნათესბალახიანი თესლბრუნვის დანერგვამ, ადგილობრივ ბუნებრივ-ეკონომიური პირობების ანგარიშგაუწველად, უარყოფითი შედეგი გამოიღო რიგ რაიონებსა და მხარეებში (უკრაინის გვალვიან რაიონებში, მოლდავეთში, ჩრდილო კავკასიაში და სხვ.), რასაც თავის



ვ. რ. ვილიამსი.



კ. კ. გედროიცი.

დროზე (1954 წ.) ყურადღება  
მიაქცია სსრკ კომუნისტური  
პარტიის ცენტრალური კომი-  
ტეტის პლენუმმა.

გამოჩენილი ნიადაგთმცოდნე  
ქიმიკოსია აკადემიკოსი კონ-  
სტანტინე კაეტანისძე  
გედროიცი (1872—1932).  
მან ნიადაგთმცოდნეობა დიდი  
მნიშვნელობის საკითხების დამუ-  
შავებით გაამდიდრა. კოლოიდურ-  
ქიმიური მეთოდების გამოყენე-  
ბით ნიადაგის შთანთქმის უნა-  
რიანობის დიდ პრობლემაში შე-  
იტანა გარკვეულობა — შთან-  
თქმისუნარიანობისა, შთანთქმე-  
ლი კომპლექსისა და შთანთქმულ  
კატიონთა შედგენილობის საკი-  
თხების გარკვევით. პრაქტიკულად  
მეტად დიდმნიშვნელოვანი ღონის-  
ძიებების — მოთაბაშირებისა და  
მოკირიანების ღონისძიებებს თეო-

რიული საფუძველი შეუქმნა. ნიადაგის შთანთქმული კატიონების  
შედგენილობის შესწავლის საფუძველზე შეიმუშავა გენეზისური  
კლასიფიკაციის სქემა კ. გედროიცი მთელი რიგი მეთოდების ავტო-  
რია ნიადაგის ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავ-  
ლის დარგში. აკადემიკოს კ. გლინკას შემდეგ კ. გედროიცი ხელმძღვა-  
ნელობდა სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის დოკუმენტის სახელობის  
ნიადაგის ინსტიტუტს.

აკადემიკოსი ბორის ბორისის ძე პოლინოვი (1877 —  
1952) ეკუთვნის დოკუმენტის მიმდევარ საბჭოთა პერიოდის დიდ ნი-  
ადაგთმცოდნე მეცნიერთა ჯგუფს. იგი მრავალი დიდმნიშვნელოვანი,  
ორიგინალური გამოკვლევების ავტორია. განსაკუთრებით დიდია პო-  
ლინოვის როლი ნიადაგურ ბიოგეოქიმიაში. ნიადაგთწარმოქმნის პრო-  
ცესში ცოცხალი (განსაკუთრებით მიკროორგანიზმების) ორგანიზმების  
როლის საკითხებს ნიუძღვნა მან თავისი მრავალი ექსპერიმენტული  
გამოკვლევა. პოლინოვმა დაამუშავა ხმელეთზე მარილების მიგრაციის  
საკითხი, რასაც, საერთო გეოგრაფიული მნიშვნელობის გატდა, დიდი  
პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ნიადაგურ-მელიორაციული თვალსაზ-  
რისითაც.



პოლინოვი თავის თანამშრომლებთან ერთად დასავლეთ საქართველოს წითელმიწა ნიადაგების საყურადღებო გამოკვლევის ავტორია. მის კალამს ეკუთვნის კაპიტალური შრომა „გამოფიტვის ქერქი“. ამ შრომაში გეოქიმიურ ასპექტშია გადაწყვეტილი ნიადაგური ქიმიისა და მინერალოგიის მრავალი საკითხი. პოლინოვმა შეადგინა ნიადაგური კლასიფიკაცია, რომლის ცალკეულ მომენტებს დღესაც დიდი მნიშვნელობა აქვს.

აკადემიკოს ლეონიდ ივანეს ძე პრასოლოვის (1875—1954) გამოკვლევებს ნიადაგის გენეზისის, კლასიფიკაციისა და კარტოგრაფიის დარგში საბჭოთა კავშირის ნიადაგთმცოდნეობისა და გეოგრაფიის განვითარებისათვის მეტად დიდი მნიშვნელობა აქვს.

ლ. პრასოლოვის როლს ამომწურავად ახასიათებს ვ. ვილიამსის შემდეგი სიტყვები: „...შესანიშნავად განავითარა ნიადაგთმცოდნეობის კარტოგრაფიული მიმართულება. შეიტანა მასში ახალი მეთოდები, აამალა ნიადაგური რუკის ხარისხი და შეასრულა დიდი თეორიული და პრაქტიკული მუშაობა ნიადაგური რუკის შედგენის საქმეში“. ლ. პრასოლოვის დიდი მნიშვნელობის რეგიონული ხასიათის ნიადაგურ-გეოგრაფიული გამოკვლევები ეხება შუა აზიას, ციმბირს, ჩრდილოეთ კავკასიას და სხვ.

ნიადაგთმცოდნეობაში მან ნიადაგურ-გეოგრაფიული კანონზომიერებები და ახალი ნიადაგური ტიპები (და ქვეტიპები) დაადგინა — ნიადაგური პროვინციები (წინაკავკასიის შავმიწები) საბჭოთა კავშირის ტყის ყომრალი ნიადაგების ცალკე ტიპად გამოყო და სხვ. ლ. პრასოლოვმა შეადგინა დიდი საბჭოთა ატლასისათვის მრავალი ნიადაგური რუკა. მისი ინიციატივითა და ხელმძღვანელობით დამუშავდა საბჭოთა კავშირის რამდენიმე — სხვადასხვა მასშტაბის — ნიადაგური რუკა, რომელთაც დიდი მნიშვნელობა აქვთ. მან შეიმუშავა მიწის ფონდის ხარისხობრივი აღრიცხვის მეთოდები.

აკადემიკოსი ივანე ვლადიმერის ძე ტიურინი (1892—1962) საბჭოთა კავშირის ნიადაგთმცოდნეობის ბიოქიმიური მიმართულების საუკეთესო წარმომადგენელია. ტიურინი ხანგრძლივი დროის



ბ. ბ. პოლინოვი.



ლ. ი. პრასოლოვი.

განმავლობაში იკვლევდა ნიადაგის მეტად რთულ და ღიდი მნიშვნელობის ნაწილს — ორგანულ ნივთიერებებს. მან 1937 წ. ამ საკითხზე სპეციალური ნაშრომი — „ნიადაგის ორგანული ნივთიერება“ გამოაქვეყნა. ამ შრომაში ბიოქიმიურ ასპექტშია განხილული და გადაწყვეტილი ჰუმუსის პრობლემის მრავალი მნიშვნელოვანი საკითხი — წარმოქმნა, შედგენილობა, თვისებები და სხვ. მას ეკუთვნის ჰუმუსის ოდენობრივი განსაზღვრისა და თვისობრივი ანალიზის ორიგინალური მეთოდები. ი. ტიურინმა სპეციალური შრომები მიუძღვნა ჰუმუსის წარმოქმნის გეოგრაფიული განაწილების კა-

ნონზომიერების დადგენის საკითხს. გამოარკვია ძირითად ნიადაგურ ტიპებში ჰუმუსის მარაგი. ბოლო ჰუმუსთან დაკავშირებით აზოტის სპეციალური ნაშრომი გამოსცა.

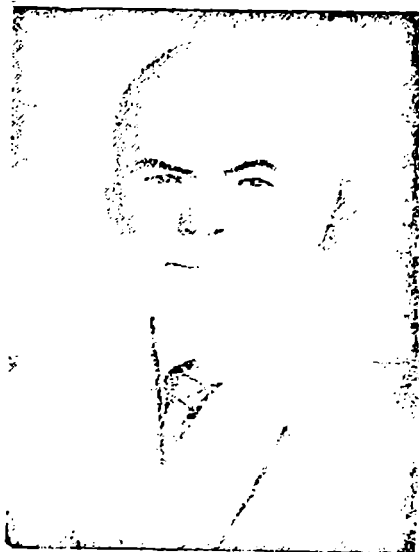
ი. ტიურინს ეკუთვნის ტყე-სტეპის ნიადაგების (ზანგარა) მრავალი საინტერესო გამოკვლევა. გამოსცა ნიადაგთმცოდნეობის ორიგინალური სახელმძღვანელო (სატყეო განხრით), რომელშიც ბიოლოგიურ-ეკოლუციური თვალსაზრისით განხილულია ნიადაგის თვისებები.

პროფ. ივანე ნიკოლოზის ძე ანტიპოვ-კარატაევი (1888 — 1965) დიაპაზონის მრავალმხრივი მკვლევარია, რომელმაც საბჭოთა ნიადაგთმცოდნეობა ღიდი მნიშვნელობის საკითხების დამუშავებით გაამდიდრა. ი. ანტიპოვ-კარატაევის ღიდი წვლილი აქვს შეტანილი კ. გედროიცის შემდეგ, ნიადაგურ-კოლოიდური ქიმიის დარგში. მას ფართო ხასიათის ნიადაგური ფიზიკურ-ქიმიური გამოკვლევები აქვს. განსაკუთრებით ღიდა მისი დამსახურება ბიცობიანი ნიადაგების ქიმიზმის, ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავლის დარგში. ი. ანტიპოვ-კარატაევა ღიდალი ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე დაადგინა ბიცობიან ნიადაგებში სოდის ბიოქიმიური წარმოქმნის გზა. ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლების საფუძველზე შეადგინა ამ ნიადაგების საკლასიფიკაციო ინდექსები და

შეიმუშავა ბიცობების აგრომელიორაციული გაუმჯობესების ორიგინალური მეთოდები.

ნიადაგის გენეზისისა და კლასიფიკაციის პრობლემების დამუშავებაში გარკვეული როლი შეასრულეს ს. ნეუსტროევის, ს. ზახაროვის, ა. როზანოვის, ნ. დიმოს, ი. გერასიმოვის, ვ. კოვდას, ა. როდეს, კ. გორშენინისა და სხვათა გამოკვლევებმა, ნიადაგური ქიმიისა და ფიზიკის საკითხების დარგში დიდი დამსახურება აქვთ ა. ტიულინს, ვ. ჩერნოვს, ნ. გორბუნოვს, მ. კონონოვას, ნ. კაჩინსკის, ს. სობოლევსა და სხვ.

მ. ნიადაგთმცოდნეობის განვითარების ისტორიული გზები საქართველოში. საქართველო ძველი კულტურის ქვეყანაა. დავით აღმაშენებლისა და თამარის მეფობის დროს, ჩვენმა ქვეყანამ განვითარების კულმინაციურ წერტილს მიაღწია. მაშინდელი სოფლის მეურნეობის პროდუქციის მრავალი სახეობა მახლობელ და შორეულ ქვეყნებში გაქონდათ. საქართველოს მიწათმოქმედების მაღალ დონეზე მეტყველებენ ჩვენი სამშობლოს ისტორიული, მატერიალური ძეგლები.



მ. გ. ტიურინი.

შუასაუკუნეების საქართველოში ორი უმაღლესი სასწავლებელი იყო — გელათისა და იყალთოს აკადემია. ამ აკადემიებში სხვა საგნებთან ერთად ბიოლოგიასაც ასწავლიდნენ. ასწავლიდნენ აგრეთვე სოფლის მეურნეობის მეცნიერების საფუძველსაც. ბევრი ისტორიული დოკუმენტით დადასტურებულია, რომ ძველ საქართველოში მემცენარეობის სწავლება განვითარების მაღალ დონეზე იდგა. ცხადია, რომ იმდროინდელ აკადემიადამთავრებული პირისათვის ნიადაგის თვისებები ცნობილი იყო. ეს, რასაკვირველია ცნობილი იყო საბასულხან ორბელიანისა და ვახუშტისათვისაც, რომლებმაც თავიანთ ნაშრომებში მეცნიერული, აგრონომიული მოსაზრებანი გამოთქვეს.

მე-19 საუკუნის მეორე ნახევრის დასაწყისიდან ქართულ აგრონომიულ პერიოდულ გამოცემებსა („გუთნის დედა“) და ცალკე წიგნებში (ილია წინამძღვრიშვილი) გვხვდება გარკვეული შეხედულებანი ნიადაგის თვისებებზე. ამ მხრივ აღსანიშნავია აგრონომ ივანე ლაზარეს

ქე ოქრომკედლიშვილის ღრმაშინაარსიანი საგაზეთო წერილები. ავტორი, იმ დროის მეცნიერული დონის შესაბამისად სწორად განმარტავს ნიადაგის შთანთქმის მოვლენებს. ის წერს „... მიწა იზიდავს (ნთქავს გ. ტ.) ფოსფორსა და კირს, ამონიაკსა და სხვას (ნიუთიერებებს გ. ტ.), რაც კი გამოსადეგია მცენარის გამოსაკვებად“. სწორად აქვს ახსნილი ნიუთიერებათა ბრუნვის საკითხი, — „... რასაც ერთი მხრით მოზარდი მცენარე ართმევს ჰაერსა და მიწას, ის მეორე მხრით უბრუნდება სიცოცხლემოსპობილი მცენარისაგან და ცხოველისაგან“, — ამბობს ავტორი. საგულისხმო აზრები აქვს გამოთქმული ტყის საერთო მნიშვნელობისა და კერძოდ ნიადაგთდაცვის, ეროზიის საწინააღმდეგოდ და სხვა (ნაყოფიერების, თესლბრუნვების) თვისებების შესახებ.

მე-19 საუკუნის ოთხმოცდაათიან წლებში ი. წინამძღვრაშვილის მიერ გამოცემული მევენახეობის სახელმძღვანელო, რომელიც განკუთვნილი იყო სასოფლო-სამეურნეო სკოლის მოწაფეთათვის, დაწერილია დევიზით — „დედამიწა (ნიადაგი გ. ტ.) ძარღვი ყველა ცხოველთა და მცენარეთა ცხოვრების“. მიუხედავად ამ საერთო სწორი შეხედულებისა არც წინამძღვრაშვილისა და არც ოქრომკედლიშვილის შეხედულებანი ნიადაგის თვისებებზე, რა თქმა უნდა, მეცნიერული ნიადაგთმცოდნეობა არაა.

ჩვენი ნიადაგთმცოდნეობის იდეების გავრცელების შემდგომი მნიშვნელოვანი ეტაპები უკავშირდება პროფ. დოკუჩაევის სახელს. მან წარსული საუკუნის უკანასკნელ წლებში, კავკასიაში მოწყობილი ექსპედიციებით საფუძველი ჩაუყარა საქართველოს წითელმიწების, წავმიწებისა და მთა-მდელოს ნიადაგების გენეზისური პრინციპების საფუძველზე შესწავლას. მას შემდეგში გამოეხმაურნენ მისი მოწაფეები (კ. გლინკა, ს. ზახაროვი და სხვ.) და მიმდევრები (დ. გედევანიშვილი, ბ. პოლინოვი, ლ. პრასოლოვი, ნ. დიშო და სხვ.) თავიანთი შესანიშნავი გამოკვლევებით.

დ. გედევანიშვილმა ჯერ ისევ ნოვოალექსანდრიის სასოფლო-სამეურნეო და სატყეო ინსტიტუტის სტუდენტობის დროს, ქართველთაგან პირველმა, აკად. კ. გლინკას ხელმძღვანელობით, შეისწავლა შავი ზღვის სანაპიროს ნიადაგები და გამოაქვეყნა შრომა შავშეთ-იმერხევის ნიადაგების შესახებ.

მეოცე საუკუნის პირველ მეოთხედში ნამყენი ვაზის გაშენებასთან დაკავშირებით დასავლეთ საქართველოს მევენახეობის რაიონების ნიადაგების შესწავლას აწარმოებს დოკუჩაევის მიმდევარი მ. კალინინი („საქარის ვაზის სანერგეში“).

თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში 1919 წ. საფუძველი ეყრება ნიადაგთმცოდნეობის პირველ სამეცნიერო კერას ნიადაგთმცოდნე-

ობის კათედრის (გამგე დ. გედევანიშვილი) დაარსებით. ამ კათედრის ბაზაზე ჩატარდა დ. გედევანიშვილის ხელმძღვანელობით ჯერ საქართველოს სუბტროპიკული რაიონების ნიადაგების გამოკვლევა, ხოლო შემდეგ კოლხეთის ჭაობიანი ნიადაგების ამოწრობის პროექტის შედგენა.

1929 წ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის აგრონომიული ფაკულტეტის ბაზაზე დაარსდა საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტი და ჩამოყალიბდა ნიადაგთმცოდნეობის კათედრა. ამჟამად საქართველოში ამ სახელწოდების სამი კათედრაა (მესამე კათედრა სოხუმის სუბტროპიკული მეურნეობის ინსტიტუტში).

საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის ნიადაგთმცოდნეობის კათედრასთან 1934—1938 წლებში არსებობდა ნიადაგთმცოდნეობის კვლევის სექტორი. კათედრამ სექტორთან ერთად დიდი მუშაობა ჩაატარა ჩვენი რესპუბლიკის, როგორც სამელიორაციო, აგრეთვე მრავალწლოვანი კულტურებით ახლად ასათვისებელი, თესობრუნვისა და მწვანე მშენებლობის ობიექტების ნიადაგების გამოკვლევის დარგში.

საბჭოთა ხელისუფლების დამყარების შემდეგ საქართველოში საირიგაციო და დაშრობითი მელიორაციის სამუშაოების გაფართოებასთან და სპეციალიზებული საბჭოთა მეურნეობების (ჩაის, ციტრუსების, ვენახის, ხილის და სხვ.) ფართო ქსელის მშენებლობასთან დაკავშირებით, ნიადაგური გამოკვლევის დიდ სამუშაოებს ასრულებს ვიუას თბილისის ფილიალი (ხელმძღვანელი მ. საბაშვილი), ანასეულის ჩაისა და სუბტროპიკული კულტურების საკავშირო სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი — ნიადაგთმცოდნეობის განყოფილება (მ. დარასელია), მეღვინეობისა და მევენახეობის ინსტიტუტი — აგროქიმიკა-ნიადაგთმცოდნეობის განყოფილება (ა. სანიკიძე), წყალთა მეურნეობისა და მიწათმოწყობის საპროექტო ინსტიტუტები და ჰიდროტექნიკისა და მელიორაციის კვლევითი ინსტიტუტი — ნიადაგთმცოდნეობის განყოფილება (ა. ვოზნესენსკი).

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიასთან 1946 წ. ჩამოყალიბდა ნიადაგთმცოდნეობის, აგროქიმიისა და მელიორაციის ინსტიტუტი, რომელიც დიდი მასშტაბის საექსპედიციო, სტაციონარული და ლაბორატორიული ხასიათის კვლევით მუშაობას აწარმოებს. ინსტიტუტს აქვს ბაზები და დასაყრდენი პუნქტები. კარგად არის შეიარაღებული ტექნიკით — დანადგარებით, ხელსაწყო-აპარატებით და სხვ. ინსტიტუტი კვლევის შედეგებს პერიოდულად აქვეყნებს. ინსტიტუტი დიდმნიშვნელოვან ნიადაგურ პრობლემებზე მუშაობს: ეროზია და მასთან ბრძოლის ღონისძიებანი (ვ. ამბოკაძე), კოლხეთის ჭაობიანი ნიადაგები

(გ. კოსტავა), მლაშე ნიადაგები და მათი ათვისება (ვ. ჩხიკვიშვილი), მთა-მდელოს ნიადაგები (გ. ახვლედიანი და სხვ.).

საქართველოს პირველი ნიადაგური რუკა 1930 წ. შეადგინა დ. გედევანიშვილმა, შემდეგში მ. საბაშვილმა შეადგინა საქართველოს ნიადაგური რუკა 1:200000 მასშტაბით. ტექნიკუმებისათვის პირველი სახელმძღვანელო ნიადაგთმცოდნეობაში გამოსცა დ. სამადაშვილმა; შემდეგში უმაღლესი სკოლის სტუდენტებისათვის გამოცემულ იქნა მ. საბაშვილის (1941), დ. გედევანიშვილის, გ. ტალახაძის (1956) და გ. ტარასაშვილის (1965) სახელმძღვანელოები. ქართულ ენაზე ითარგმნა და გამოიცა აკადემიკოს ვ. ვილიამსის ნიადაგთმცოდნეობის სახელმძღვანელო. ჩვენი რესპუბლიკის ნიადაგურ საფარზე გამოცემულია მონოგრაფიული ხასიათის შრომები: მ. საბაშვილის „Почвы Грузии“ (1948), „საქართველოს სსრ ნიადაგები“ (1965), „საქართველოს სსრ ტენიანი სუბტროპიკული ზონის ნიადაგები“ (1936). მ. დარასელიას „Красноземные и подзолистые почвы Грузии“ (1949), ა. სანიკიძის „Почвы Кахетии“ (1940), გ. ტარასაშვილის „Горно-лесные и горно-луговые почвы Восточной Грузии“ (1956), გ. ტალახაძის „საქართველოს შავმიწები“ (1962) და „საქართველოს ძირითადი ნიადაგური ტიპები“ (1964).

## ნიადაგის მინერალური ნაწილის წარმოქმნა

### დედამიწის ჰარჩის ქიმიური შედგენილობა

ნიადაგი მრავალფაზიანი სხეულია. იგი შედგება მყარი, თხიერი და აიროვანი ნაწილებისაგან. მყარი ნაწილის 90 — 98%-ს მინერალური ნივთიერებანი შეადგენს. ნიადაგის მინერალურ ნივთიერებათა ძირითად წყაროს ქანები წარმოადგენენ.

დედამიწის აგებულებაში მონაწილე ქანები სამ მთავარ ჯგუფად იყოფა: 1. მაგმური (ამონაღვარი), 2. დანალექი, 3. მეტამორფული, ანუ სახეცვლილი ქანები.

დედამიწის ქერქის აგებულებაში, გეოლოგიური თვალსაზრისით (10 — 15 კმ სიღრმემდე), უპირატესი როლი ამონაღვარ ქანებს ეკუთვნის — 95%, დანალექ ქანებს კი უმნიშვნელო — 5%. ზედა ფენებისათვის ეს შეფარდება იცვლება. ტილოს გამოკვლევებით, ზედაფენების აგებულებაში დანალექი ქანების წილად მოდის 75%, ხოლო ამონაღვარი და მეტამორფული ქანების წილად კი — 25%.

ამრიგად, ნიადაგთწარმოქმნის პროცესი, უმეტეს შემთხვევაში, დანალექ, კერძოდ, მექანიკურ და ორგანოგენულ დანალექ ქანებზე წარმოებს. მიუხედავად ამისა, ამონაღვარი ქანების შედგენილობას, ნიადაგთწარმოქმნის თვალსაზრისით, მაინც დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან სწორედ ეს უკანასკნელი (ამონაღვარი) მრავალი დანალექი ქანების წარმოქმნის მასალის პირველ წყაროს წარმოადგენს.

ქანს, რომელზედაც უშუალოდ განვითარებულია ნიადაგი, ნიადაგთწარმოქმნელი ქანი ეწოდება.

ნიადაგთწარმოქმნელი ქანის მინერალოგიურ-პეტროგრაფიული შედგენილობა ნიადაგთწარმოქმნის პროცესზე და ნიადაგის თვისებებზე დიდ გავლენას ახდენს.

სხვადასხვა მხარის ქანებზე მრავალრიცხოვანი ქიმიური ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ დედამიწის ქერქის შედგენილობაში 90 ქიმიური ელემენტი გვხვდება (ცხრ. I).

## ლითოსფეროს ქიმიური შედგენილობა, (კლარკით)

ელემენტება	%-ობით	ელემენტები	%-ობით
ჯანგბადი	46,46	ქლორი	0,50
სილიციუმი	27,61	ფოსფორი	0,12
ალუმინი	8,07	გოგირდი	0,06
რკინა	5,06	მარგანეცი	0,09
კალციუმი	3,77	ნახშირბადი	0,09
მაგნიუმი	2,68	ბარიუმი	0,04
ნატრიუმი	2,36	სტრონციუმი	0,02
კალიუმი	2,58	ფტორი	0,03
ტუტანი	0,62	სხვა ელემენტები	0,50
წყალბადი	0,14		

ცხრილიდან ჩანს, რომ ლითოსფეროს შედგენილობის თითქმის ნახევარს ჟანგბადი შეადგენს; შემდეგი ადგილი უკავია სილიციუმს, მესამე და მეოთხე ადგილები კი — რკინასა და ალუმინს.

მცენარის კვებისათვის მნიშვნელოვან ელემენტებს (ფოსფორს, გოგირდს, ნახშირბადს) დედამიწის ქერქი მეტად მცირე რაოდენობით შეიცავს.

გეოქიმიური გამოკვლევებით ცნობილია, რომ ლითოსფეროში ელემენტთა ასეთი განსხვავებული რაოდენობით გავრცელების მიზეზს წარმოადგენს არა მათი ქიმიური შედგენილობა, არამედ ატომური ბირთვის აგებულება. მართლაც ქიმიური შედგენილობით ახლომდგომი ელემენტები მკვეთრად განსხვავდებიან თავიანთი გავრცელებით. პირიქით, ქიმიურად ერთიმეორისაგან დაცილებული ელემენტები კი, ჩვეულებრივ, თანაბრადაა გავრცელებული. მაგალითად, კალიუმთან და ნატრიუმთან ქიმიურად ახლომდგომი ლითიუმის, რუბიდიუმისა და ცეზიუმის გავრცელება ერთიმეორისაგან დიდად განსხვავდება — პირველი ორი ელემენტი ფართოდ არის გავრცელებული, უკანასკნელი სამი კი — უმნიშვნელოდ. ქიმიურად ერთიმეორისაგან განსხვავებული ელემენტების — ჟანგბადისა და სილიციუმის გავრცელება ერთნაირია — ორივესი დიდი. გამორკვეულია, რომ დედამიწის ქერქის აგებულებაში ყველაზე მეტად მსუბუქი ელემენტები მონაწილეობენ.

დედამიწის ქერქის საშუალო ქიმიურ შედგენილობას ცალკე რაიონის (რეგიონის) ქერქის საშუალო ქიმიური შედგენილობა ყოველთვის არ ემთხვევა, რაც გამოწვეულია ადგილობრივი პირობებით ქანის, ორგანიზმების და სხვ. განსხვავებული შედგენილობით.



ლითოსფეროს შედგენილობაში Si, Al და Fe-ის ნაერთების შემცველობა შემდეგი ციფრებით გამოიხატება:

SiO<sub>2</sub> — 59,08%,  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 15,23%,  
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -- 6,82%.

ქანების შედგენილობაში, სილიციუმის უნაგბადოვანი ნაერთი SiO<sub>2</sub> — კაჟის, სილიკატების, ჰიდრატების, მეტასილიკატების, ალუმოსილიკატებისა და ფეროსილიკატების სახით გვხვდება. აღნიშნული ნაერთებიდან, კაჟის გარდა, სილიციუმის შემცველი ყველა სხვა მინერალი არამდგრადი ნაერთია.

ალუმინი დედამიწის ქერქში ძირითად უნაგბადოვანი ნაერთების სახითაა. ალუმინის უნაგის ანჰიდრიდი (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) საკმაოდ მყარი ნაერთია. ამონადვარი ქანები ალუმინს უმთავრესად მინერალ ალუმინატის MgAlO<sub>4</sub>-ს სახით შეიცავენ; იგი აგრეთვე მყარი მინერალია. ალუმინის ყველა ჩამოთვლილი ნაერთი პირველად ქანებში შედარებით მცირე რაოდენობითაა. ალუმინიანი მინერალებიდან ფართოდ არის გავრცელებული ალუმოსილიკატები და ამ უკანასკნელთა გამოფიტვის პროდუქტი თიხამინერალი — კაოლინი.

ამონადვარ ქანებში რკინა ხშირად თვითნაბადი სახით შედის. გარდა ამისა, დედამიწის ქერქში რკინა გოგირდთან (FeS<sub>2</sub>) და სპილენძთან (CuFeS<sub>2</sub>) ნაერთების სახითაც არის წარმოდგენილი. ამონადვარი ქანები რკინის უნაგის ანჰიდრიდებსაც (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) საკმაოდ დიდი რაოდენობით შეიცავენ.

ტუტე მიწა და ტუტე ლითონების (Ca, Mg, Na, K) რაოდენობა ცალ-ცალკე, ლითოსფეროში 2 — 4%-ს შორის მერყეობს. ამონადვარ ქანებში ეს ელემენტები -მეტა -ორთო -ალუმო და ფეროსილიკატურ მინერალებში გვხვდება.

მეავე ქანები ჩვეულებრივ Na-ის და K-ის ნაერთებს უფრო მეტი რაოდენობით შეიცავენ, ვიდრე Ca-ის და Mg-ის ნაერთებს.

ფუძე ქანებში, პირიქით, Ca-ის და Mg-ის მინერალები ჭარბობს Na-ის და K-ის მინერალებს. ეს დასტურდება მეავე და ფუძე ქანების ანალიზის მონაცემებით (ცხრ. 2).

ცხრილი 2

ქანების ქიმიური შედგენილობა პროცენტობით

ქანი	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	CaO+MgO	CaO+Na <sub>2</sub> O+CaO+MgO
გრანიტი	6,56	1,76	8,32	0,58	0,07	0,65	8,97
ლიაზი	0,98	2,79	3,77	9,39	3,98	13,37	17,14

კალციუმი და მაგნიუმი ლითოსფეროში ფართოდ არის გავრცელებული  $\text{CaCO}_3$ -ისა (კირქვა) და  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ -ის (დოლომიტი) სახით. გარდა ამისა, ეს ელემენტები დედამიწის ქერქის ზედაფენებში თაბაშირისა ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) და კალციუმის ქლორიდებშიც ( $\text{CaCl}_2$ ) გვხვდებიან.

განხილული შვიდი ელემენტი, უანგბადთან ერთად, დედამიწის ქერქის 98,59%-ს (წონით) შეადგენს. ამრიგად, ყველა დანარჩენ ელემენტს დედამიწის ქერქი უმნიშვნელო რაოდენობით შეიცავს. თუმცა, მიუხედავად ამისა, ზოგიერთი მათგანი, მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესში მეტად მნიშვნელოვანია. ამ უკანასკნელ ელემენტთა შორის განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს ფოსფორი, გოგირდი და ე. წ. მიკროელემენტები.

გოგირდს დედამიწის ქერქი 0,06% რაოდენობით შეიცავს. გოგირდი ლითოსფეროში სხვადასხვა ნაერთის სახით მოიპოვება ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ), ამონაღვარ ქანებში — პირიტის ( $\text{FeS}_2$ ), თუთიის ტყუარას ( $\text{ZnS}$ ), ტყვიის კრიალას ( $\text{PbS}$ ) და სხვათა სახით. დანალექ ქანებში ვხვდებით სულფატებს  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{NaSO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  და სხვ.

მარგანეცს ლითოსფერო საშუალოდ 0,09% რაოდენობით შეიცავს. მარგანეცი მიეკუთვნება მიკროელემენტების ჯგუფს.

ნიადგთწარმოქმნის პროცესის თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს ქანის მინერალოგიურ შედგენილობას. ქანებში მინერალებს შორის, გავრცელების თვალსაზრისით, როგორც ეს მრავალრიცხოვანი მინერალოგიური ანალიზის მონაცემებით არის ცნობილი, პირველი ადგილი უკავია მინდერის შპატებს — 60% (მოცულობით). ამ ჯგუფის მინერალებიდან განსაკუთრებით ფართოდ არის გავრცელებული ორთოკლაზი ( $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ ), ალბიტი ( $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ ) და პლაგიოკლაზი (ალბიტისა და ანორთიტის იზომორფული ნარევი).

მეორე ადგილი უკავია სილიკატებს — 20%. მინერალების ეს ჯგუფი წარმოდგენილია ორთოსილიკატების (მაგალითად, ოლივინი —  $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ ) და მეტასილიკატების სახით (მაგალითად, ავგიტი —  $(\text{Mg, Fe}, \text{Al,Fe})\text{SiO}_6$ ).

მესამე ადგილზეა კაჟი ( $\text{SiO}_2$ ) — 10%, მეოთხე და მეხუთე. ადგილზე ქარსები და მაგნეტიტია (ჰემატიტთან ერთად) — 3%, აპატიტის ( $\text{Ca}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3$ ) შემცველობა < 1%.

ქანმა ნიადაგად გარდაქმნისათვის უნდა განვიითაროს შემდეგი ახალი თვისებები: წყალგამტარობა — ტენტევალობა და მცენარის საკვები ნივთიერებების დაკავების თვისება (ვ. ვილიამსი).

მართალია, ბუნებაში აბსოლუტურად წყლის შეუღწევადი ქანები არ არსებობენ, მაგრამ ეს თვისება იმდენად სუსტია მათში, რომ მას პრაქტიკული მნიშვნელობა არა აქვს.

ქანმა რომ წყლის გატარება და დაკავება შეძლოს, ამისათვის აუცილებელია მისი დაქუცმაცება — ნაშალად გადაქცევა. ქანის გარდაქმნას ფიზიკური და ქიმიური პროცესით — გამოფიტვა ეწოდება.

დედამიწის ქერქის შენადგენელი ზედა, ფხვიერი ქანები წარმოქმნილია ამონადღარი ქანების ხანგრძლივი და რთული გამოფიტვის პროცესებით.

ქანების დაშლის მიზნების შესაბამისად არჩევენ ფიზიკური (ანუ მექანიკური), ქიმიური და ბიოლოგიური გამოფიტვის სახეებს.

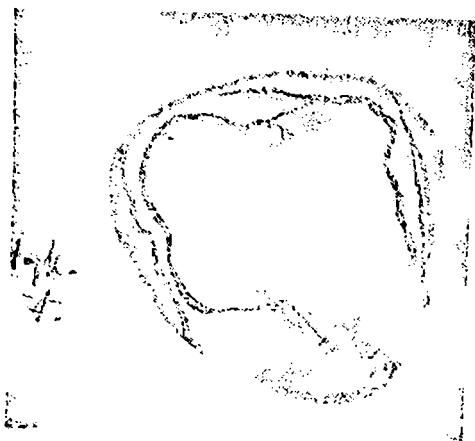
1. ფიზიკური (მექანიკური) გამოფიტვა. ფიზიკური გამოფიტვა ეწოდება ქანის ისეთ დაშლას, როცა ქანი მექანიკურად, ქიმიური შედგენილობის შეუცვლელად, ქუცმაცდება სხვადასხვა სიდიდის ნატეხებად.

ყოველ ქანს, აგრეთვე მინერალს, თავისი წარმოქმნის თერმოდინამიკურ პირობებში მდგრადობის თვისება აქვს. ამ პირობათა შეცვლისთანავე ქანისა და მისი შემადგენელი მინერალების სიმყარის თვისებები ირღვევა და განიცდის როგორც ქიმიურ, აგრეთვე ფიზიკურ თვისებების ცვლილებებს — გამოფიტვის პროცესს.

ქანების ფიზიკურ გამოფიტვას ტემპერატურის რყევა და წყლის გაყინვა იწვევს.

ტემპერატურის დღეღამური რყევა დედამიწის ქერქის პერიფერიული შრის ქანების მოცულობის გაფართოებასა და შეკუმშვას იწვევს. გაფართოება და შეკუმშვის უთანაბრობა გამოწვეულია, ერთის მხრივ, ქანის მცირე თბოგამტარობისა და, მეორეს მხრივ, ქანის შემადგენელი მინერალების სხვადასხვაგვარი თბური თვისებების გამო; მაგალითად, კაჟის მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტი 0,000310 უდრის, ორთოკლაზის — 0,000170, კალციტის 0,000200 და ა. შ. გარდა ამისა, მინერალთა ანიზოტროპულობის გამო ხაზობრივი გაფართოების კოეფიციენტი ღერძის ერთ მხარეზე ერთია, ხოლო მეორეზე სხვა, მაგალითად, ორთოკლაზს ეს კოეფიციენტი ერთ მხარეზე — 0,000020 აქვს, ხოლო მეორეზე — 0,000015.

ქანის გარეფენები ჩვეულებრივ უფრო ძლიერ თბება, ვიდრე შიგნითა ფენები. მუქი ფერის მინერალები უფრო მეტ სითბოს ნთქავენ, ვიდრე ღია ფერისა, რის გამოც ადგილი აქვს ქანების უთანაბრო გათ-



სურ. 1. თერმული გამოფიტვა — ნაქუქოვანი სახე (ვ. ვილიამსი).

ბობა-გაფართოების მოვლენებს. ამის შედეგად ქანის შიგნით და გარე ფენებს შორის თავს იჩენს მოლეკულურ ძალთა არათანაბარი დაკვირვა და ქანის დახეთქვა. ქანის ზედა ფენები დროთა ვითარებაში ბზარებისა და ნაპრალების ხშირი ქსელით იფარება. ქვედა ფენებისაკენ ნაპრალების რიცხვი თანდათან კლებულობს და ბოლოს იგი მასიურ დაუბზარავ ქანზე გადადის.

ქანში ბზარებისა და ნაპრალების წარმოქმნის მოვლენებს ადგილი აქვს ღამითაც — გაცივების დროს. ქანის მცირე თბოგამტარობის გამო გარე ფენები სხივრქვევით უფრო სწრაფად ცივდება, ვიდრე შივა ფენები, რის გამოც გარეთა-გაცივებული ფენები უფრო მეტად იკუმშება; შიგნით, შედარებით თბილი ფენების შეკუმშვის ხარისხი კი ბევრად ჩამორჩება მას. ამ მოვლენას აგრეთვე თან ახლავს ქანის მექანიკური გამოფიტვა.

ვათბობის შედეგად ქანები განივი მიმართულებით იბზარებიან — ნაპრალებიან, გაცივებით კი — რადიალურად (განივი ბზარების პერპენდიკულარულად). ტემპერატურის რყევით ქანები ერთიმეორის გადამკვეთი ნაპრალების ქსელით იფარება.

თერმული გამოფიტვა თავისი გამოხატულების მაქსიმუმს მშრალი ჰავის, კერძოდ უდაბნოსა (და ნახევრად უდაბნოს) და მთიან ადგილების პირობებში აღწევს. ქანების მექანიკური გამოფიტვის პროცესში მეტად მნიშვნელოვან როლს წყლის გაყინვა ასრულებს. ბზარებში ჩამდგარი წყალი გაყინვით კიდევ უფრო აძლიერებს ქანების დანაპრალება-დამსხვრევის პროცესს. მექანიკური გამოფიტვის პროცესს ინტენსიურს ხდის აგრეთვე ბზარებში ჩამდგარი წყლის მოქმედებით გამოწვეული კაპილარული დაწოლა (პ. რეზინდერის გამოკვლევებით

1μμ დიამეტრის პზარებში კაპილარული დ-წოლა 1500 კგ/სმ<sup>2</sup> უდრის).

მექანიკური გამოფიტვით ქანი საწყის მდგომარეობასთან შედარებით ჰკარგავს მასიურობას, იგი ნაშალი ქანის სასეს ლებულობს და გამოუფიტავი ქანისაგან პეტროგრაფიულ-მინერალოგიური შედგენილობით არსებითად არ განსხვავდება.

მექანიკური გამოფიტვის პროცესის, ქანის დამტერევა-დაქუცმაცების ხარისხის შესაბამისად, იცვლება ნაშალის ფიზიკური თვისებები, კერძოდ წყალთან და ჰაერთან დამოკიდებულების თვისება. ნაშალი, წინააღმდეგ მასიური ქანისა, ხასიათდება წყლისა და ჰაერის შეღწევალობის თვისებით, მაგრამ მას, განვითარების ამ საფეხურზე წყლის დაკავების უნარი არა აქვს. ნაშალში ყველა პროცესი ამ სტადიაზე აბიოტური ხასიათისაა (ვილიამსი).

წყლისა და ჰაერის შეღწევალობის თვისების განვითარებით, ნაშალქანში იწყება ქიმიური გამოფიტვის პროცესი.

2. ქიმიური გამოფიტვა. ქიმიური გამოფიტვა პროცესთა კომპლექსს წარმოადგენს. იგი დედამიწის ქერქის პერიფერიული ფენების თერმოდინამიკურ და ელექტრო-ქიმიურ პირობებში მიმდინარეობს. ქიმიური გამოფიტვის პროდუქტებს მათი წარმოქმნის პირობებში სიმყარე და დაგროვების თვისება ახასიათებს. თერმოდინამიკური პროცესების შეცვლით ეს ნივთიერებები (გამოფიტვის პროდუქტები) ხელახლა მოქმედებენ ერთიმეორეზე და დიაგენეზის (შემდეგი ცვლილება) პროცესში ებმებიან.

ქიმიური გამოფიტვა ეწოდება ქანის ქიმიური შედგენილობის ცვლილებას. ქიმიური გამოფიტვის დროს წარმოიქმნებიან ახალი, ქანის შემადგენელი ნივთიერებებისაგან თვისობრივად განსხვავებული პროდუქტები. მექანიკური გამოფიტვის შედეგად დაქუცმაცებული ქანი ატმოსფეროს ელემენტებისა და წყლის მოქმედების საშუალებით განიცდის ქიმიური ხასიათის რიგ ცვლილებებს. ქანი რამდენადაც მეტად არის დაქუცმაცებული, იმდენად უფრო ენერგიულია და მრავალმხრივია ეს ცვლილებებიც.

ქანის დაქუცმაცებას თან სდევს ნაშალის ხვედრითი ზედაპირის ზრდა. ნაშალის მოცულობის ერთეულის საერთო ზედაპირი მნიშვნელოვნად მეტია, ვიდრე გამოუფიტავი ამავე ქანის მოცულობის ერთეულის საერთო ზედაპირი, რაზედაც წარმოდგენას გვაძლევს მე-3 ცხრილი.

ცხრილიდან ჩანს, რომ 1 სმ<sup>3</sup> მოცულობის ქანის ნატეხის (ქვა) 0,201 მმ ნაწილაკებამდე დაქუცმაცებით, საერთო ზედაპირი 6 სმ<sup>2</sup>-დან იზრდება 6 მ<sup>2</sup>-მდე, ე. ი. 10,000-ჯერ. ნაშალის ხვედრითი ზედაპირის ზრდის შესაბამისად მატულობს რეაქციაში მონაწილე იონების რიცხვი. გარდა ამისა, რამდენიმე ათასით იზრდება ნაშალის ზედაპირული ენერგია, რაც მის ზედაპირზე ადსორბციულ მოვლენებს იწვევს

(წყლის ორთქლის, აირებისა და წყალში ხსნადი ნივთიერებების შთანთქმას).

ა. ფერსმანის გამოკვლევებით — გამოფიტვის ნაშალის ზედაპირული იონები ენერგეტულად სრულად არ არის განეიტრალებული, რის შედეგადაც მასში წარმოქმნილია ძალური ველი, ეს უკანასკნელი კრისტალის წახნაგზე, წიბოზე და კუთხეებზე არსებითად განსხვავდება ერთიმეორისაგან. წახნაგზე თავისუფალია მხოლოდ ერთი ძალური ველის ხაზი, წიბოზე ორი, კუთხეებზე სამი. ამიტომ კრისტალის კუთხეებსა და წიბოს უფრო მაღალი პოტენციალი და დიდი სიმკვრივის ელექტრული ველი აქვს; ამის გამო მას გამოფიტვის პროცესში მონაწილეობის მეტი უნარი აქვს.

ამრიგად, ქანის დაშლა-დაქუცმაცების ხარისხის ანუ წვრილ-დისპერსიული ნაწილაკების რაოდენობის მატების პროპორციულად, იზრდება ნაშალის ქიმიურ რეაქციებში მონაწილეობის უნარი, ძლიერდება ქიმიური გამოფიტვის პროცესი.

ქანების ქიმიური გამოფიტვის პროცესში მონაწილეობს წყალი, ნახშირორჟანგი და უანგბადი (ქიმიური გამოფიტვის ფაქტორები).

წყლის მოქმედებაზე, ამ მხრივ დამოკიდებულია გახსნის, ჰიდროლიზისა და ჰიდრატაციის პროცესები.

### ცხრილი 3

საერთო ზედაპირის დამოკიდებულება დაქუცმაცების ხარისხთან

წიბოს სიგრძე	კუბების რიცხვი	საერთო ზედაპირი
1 სმ	1	6,0 სმ <sup>2</sup>
დაქუცმაცებით:		
1 მმ	10 <sup>3</sup>	60 სმ <sup>2</sup>
0,01 მმ	10 <sup>6</sup>	6000 სმ <sup>2</sup>
0,001 მმ	10 <sup>9</sup>	6 ვმ <sup>2</sup>
0,0001 მმ	10 <sup>12</sup>	60 ვმ <sup>2</sup>

წყალი მეტ-ნაკლები რაოდენობით ხსნის ქანების შემადგენელ თითქმის ყველა მინერალს. წყალში აბსოლუტურად უხსნადი ნივთიერებები დედამიწის ქერქის შედგენილობაში არ მოიპოვება. ქანის შემადგენელი ნივთიერებები წყალს, გახსნის გამო, ქიმიურად მოქმედ, აქტიურ მდგომარეობაში გადაჰყავს, რითაც ხელს უწყობს ამ ნივთიერებათა შორის შემდგომ რეაქციებს.

წყლის გამხსნელობითი უნარი მნიშვნელოვნად დიდდება ტემპერატურის მატებით, მაგალითად, კაჟი ცივ წყალში თითქმის სრულე-

ბით არ იხსნება, ცხელი წყალი კი ხსნის მას (10,000 წონითი ნაწილი ცხელი წყალი ერთ წონით ნაწილ კაუს ხსნის). წყლის გამხსნელობით უნარზე გავლენას ახდენენ აგრეთვე მასში გახსნილი ნივთიერებები. მაგალითად, 1 ლიტრი წყალი (25° ტემპ. პირობებში) ხსნის 0,0143 გ კალციტს, მაგრამ თუ წყალი CO<sub>2</sub>-ს შეიცავს, მაშინ ის ბევრად მეტი რაოდენობით ხსნის CaCO<sub>3</sub> რადგან ასეთ წყალში CaCO<sub>3</sub> ხსნად Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-ად გარდაიქმნება (CaCO<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O = Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>).

მინერალების ხსნადობის თვისებაზე გავლენას ახდენს აგრეთვე წყალში გახსნილი სხვა მარილების (მინერალთა) შედგენილობა. ცნობილია, რომ თაბაშირი და კალციტი უფრო მეტი რაოდენობით იხსნება ქლორიდების შემცველ წყალში, ვიდრე ქიმიურად სუფთა წყალში.

ბუნებრივ წყალში ყოველთვის არის გახსნილი მეტნაკლები რაოდენობით ესა თუ ის მარილები და აგრეთვე ნახშირორჟანგი. გამოკვლევებით დადასტურებულია, რომ ყოველწლიურად ხმელეთიდან ოკეანეში მდინარეებს 4 მილიარდი ტონა სხვადასხვა მარილი ჩააქვთ.

გახსნილი ნივთიერებები ჰიდროლიზურად იშლება. ჰიდროლიზის პროცესში მონაწილეობს წყლის იონიზირებული ნაწილი.

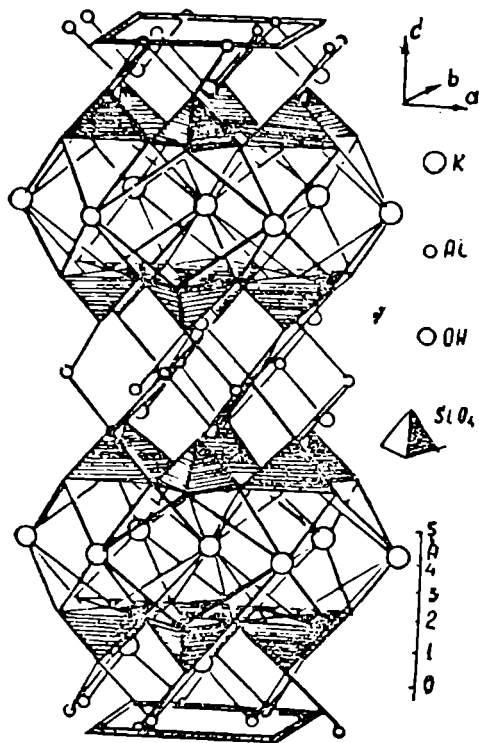
ქიმიურად სუფთა წყლის იონიზაციის ხარისხი მეტად მცირეა და 22° ტემპერატურის დროს უდრის  $H \cdot OH = 10^{-14}$ , რაც იმას ნიშნავს, რომ 18 მილიონი ლიტრი წყალი 22° ტემპერატურის დროს შეიცავს: H 1 გ და OH იონს 17 გ-ის რაოდენობით. ამიტომ დედამიწის ქერქის პერიფერიული შრის თერმოდინამიკურ და ელექტროქიმიურ პირობებში ქანზე წყლის პირდაპირი ქიმიური მოქმედება უმნიშვნელოა.

წყლის დისოციაციის ხარისხი ტემპერატურის მატებასთან ერთად რამდენადმე იზრდება და მისი ჰიდროლიზური უნარიც ამის შესაბამისად დიდდება; ამიტომ ზაფხულში წყლის ჰიდროლიზის უნარი უფრო ძლიერია, ვიდრე ზამთარში, თბილ ქვეყნებში უფრო მეტი, ვიდრე ცივ ქვეყნებში. წყლის იონიზაციის ხარისხზე აგრეთვე გავლენას ახდენს CO<sub>2</sub>-ის შემცველობა. რამდენადაც მეტი რაოდენობით არის წყალში CO<sub>2</sub> გახსნილი, იმდენად მეტია წყლის ქიმიურად დამშლელი მოქმედება.

ქიმიური გამოფიტვის პროცესი დაიპოკიდებულია მინერალში ატომთა სტრუქტურულ შენებაზე. როგორც ცნობილია, კრისტალებში იონთა სივრცით განაწილებას გარკვეული კანონზომიერება ახასიათებს. ყველა მინერალი იონთა განაწილების თავისებური კრისტალური მესერით ხასიათდება.

მე-2 სურათზე წარმოდგენილია მუსკოვიტის კრისტალური მესერის სქემა.

მუსკოვიტს ახასიათებს სამშრიანი კრისტალური სტრუქტურა, რომლის სილიციუმ-ალუმოჟანგბადოვან ტეტრაედრის ყოველ ორ



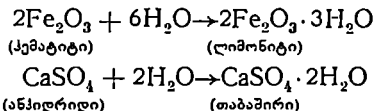
სურ. 2. მუსკოვიტის კრისტალური მესერის შენების სქემა.

ზრის შუა მოთავსებულია ალუმოჰიდროქსიდის ოქტაედრული ერთი შრე. პაკეტაშორისი სივრცე უკავია კალიუმის იონებს. ამ მინერალის ქიმიური გამოფიტვის დროს წყლის წყალბადიონები ჰიდროლიზის შედეგად ენაცვლებიან კალიუმის იონებს და წარმოიქმნება კალიუმის ტუტე, რომელიც ხსნარის დატუტიანებასა და კრისტალური მესერის შემდგომ რღვევას, ნაწილობრივ დესილიკაციას იწვევს.

ორთოკლაზმის ჰიდროლიზი სქემატურად შემდეგნაირად შეიძლება წარმოვადგინოთ:  $K_2Al_2Si_6O_{18} + 2HOH \rightarrow H_2Al_2Si_6O_{18} + 2KOH$ .

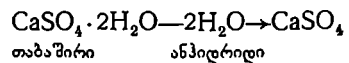
წყლის მოქმედებით მრავალი უწყლო ბუნებრივი ნერთი გადადის წყლიან ნერთში. ამ მოვ-

ლენას ჰიდრატაცია ეწოდება. ჰიდრატაციის გამო იცვლება მინერალის თვისებები და კერძოდ ხსნადობის თვისება (დიდდება).



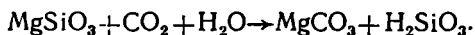
ჰიდრატაციის შედეგად მინერალის მოცულობა შესამჩნევად მატულობს.

ბუნებაში ადგილი აქვს დეჰიდრატაციის მოვლენებსაც — წყლის დაკარგვას.



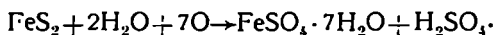


ქანების ქიმიური გამოფიტვის პროცესში ნახშირორჟანგი მეტად მნიშვნელოვან როლს ასრულებს. ნახშირორჟანგი წყლის მეშვეობით მოქმედებს მრავალ მინერალზე და წარმოქმნის ნახშირმჟავა მარილს. ამ პროცესს კარბონატიზაციის პროცესი ეწოდება:



კარბონატიზაციის პროცესის შედეგად წარმოიქმნება ახალი ნივთიერება — კარბონატი. ორ-და სამეალებიანი კატიონების კარბონატები, როგორც წყალში ძნელადხსნადი ნაერთები, გამოილექება. კარბონატიზაციის საწინააღმდეგო პროცესია დეკარბონატიზაცია — კარბონატებს დაშლა.

ატმოსფერული ჟანგბადი იწვევს დაჟანგვას (ოქსიდაციას). ეს პროცესი აგრეთვე წყლის თანამონაწილეობით ხორციელდება. დაჟანგვის პროცესს განიცდიან უქანგბადო ან ნაკლებად დაჟანგული მინერალები — სილიკატები და ალუმოსილიკატები.



რკინის ნაკლებად დაჟანგული მინერალების მოცულობა მნიშვნელოვნად იზრდება დაჟანგვით. ამ დროს ადგილი აქვს ქანის არა მარტო ქიმიურ, არამედ მექანიკურ გამოფიტვასაც.

3. ბიოლოგიური გამოფიტვა. ქანებისა და მინერალების ბიოლოგიური გამოფიტვის პროცესი ცოცხალი ორგანიზმების უშუალო მონაწილეობით მიმდინარეობს. ამდენად, ბიოლოგიური გამოფიტვის პროცესი, ამავე დროს, ნიადაგწარმოქმნის პროცესს წარმოადგენს.

ქანების მექანიკური და ქიმიური გამოფიტვის პროცესის საშუალებით, როგორც ზემოთ უკვე აღნიშნული იყო, წარმოებს ნაშალი ქანის წარმოქმნა. თავის ქიმიური და ფიზიკური თვისებებით ნაშალი ბევრად განსხვავდება გამოუფიტავი ქანისაგან. გამოფიტვის საშუალებით ქანში შემავალი მცენარის საკვები ელემენტები: ფოსფორი, გოგირდი, კალიუმი, კალციუმი, მაგნიუმი და რკინა აქტიურ მდგომარეობაში გადადიან და წყლის მოქმედებით, რომელიც ნახშირმჟავას შეიცავს, იხსნება და გამორეცხვა-გამორტყტვის პროცესს განიცდიან. გამოფიტვის საშუალებით ამოძრავებული ეს ელემენტები ნივთიერებათა გეოლოგიურ ანუ ნივთიერებათა მიმოქცევის დიდ წრეში ებმებიან. ბიოლოგიური გამოფიტვის საშუალებით კი ნივთიერებათა მიმოქცევის ეს პროცესი არსებითად იცვლება და ნივთიერებათა დაგროვება ხდება დედამიწის ქერქის ზედა ფენებში (ნიადაგში).

ბიოლოგიური ფაქტორი ქანებზე მოქმედებს როგორც მექანიკურად, ისე ქიმიურადაც.

ქანების დაშლის პროცესში მონაწილეობენ როგორც მარტივი, მიკროსკოპული ორგანიზმები, ისე მწვანე მცენარეებიც. მიკროორგა-

ნიზმებიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია ქემობაქტერიები, კერძოდ ნიტრობაქტერიები, რომელთა ცხოველყოფელი მოქმედების შედეგადაც ნაშალში ატმოსფერული აზოტის ფიქსაციითა და სხვა პროცესებით წარმოიქმნება აზოტის მძლავრი მყავა. გამოკვლეულია, რომ



სურ. 3. ქანების დაშლა ფესვების მოქმედებით.

ეს ბაქტერიები ცხოვრობენ მაღალი მთების გაშიშვლებული ქანების ნამსხვრევ მასალაზედაც კი. აკად. ვერნადსკიმ დაამტკიცა რომ დიატომები უშუალოდ კალინზე ცხოვრობენ და იწვევენ მის ქიმიურ ცვლილებას.

ამ მხრივ განსაკუთრებით აღსანიშნავია ლიქენების როლი ქანების გამოფიტვის პროცესში. ლიქენები ქანში ჩაშვებული ჰიფებით და გამოყოფილი ნახშირორჟანგის საშუალებით, ქანს შლიან, როგორც ქიმიურად, ისე მექანიკურადაც.

ქანის ნაპრალებს შორის სოლივით ჩაშვებულია მწვანე მცენარის ფესვები, რომლებიც ქანების, მექანიკურ მსხვრევას იწვე-

ვენ: ეს კარგად ჩანს მე-3 სურათიდან.

ფესვებიდან გამოყოფილი ორგანული მყავები და  $CO_2$  ქანზე ინტენსიურ-ქიმიურ ზემოქმედებას ახდენენ და მის შედგენილობას ცვლიან.

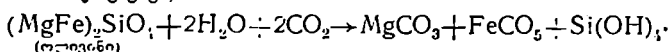
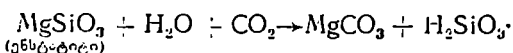
### ქანშენი მთავარი მინერალუბის გამოფიტვა

ქანები, რომელთა გამოფიტვის შედეგადაც ნაშალი წარმოიქმნება, უმეტეს შემთხვევაში ოთხი ჯგუფის მინერალებისაგან შედგება. ესენია: 1. კაჟი, 2. კარბონატები, 3. სილიკატები, 4. ალუმოსილიკატები.

კაჟი, როგორც ინერტული მინერალი, ქიმიური გამოფიტვის პროცესს თითქმის არ განიცდის. იგი გამოფიტვით ქუცმაცდება, წვრილმანდება, ფიზიკურად იფიტება. ამის გამო კაჟით მდიდარ ქანებს ქიმიური გამოფიტვის პროცესებისაღმი დიდი წინააღმდეგობის უნარი აქვთ (ასეთია მყავე ქანები). მათი გამოფიტვის პროდუქტები მდიდარია კვარცით.

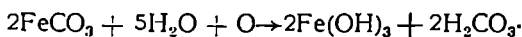
კარბონატები როგორც ქანები ან ქანშენი მინერალები, უმთავრესად კალციუმისა და მაგნიუმის კარბონატების სახითაა ცნობილი. მართალია, კარბონატებს სუფთა წყალი თითქმის ვერ ხსნის, მაგრამ რადგან ბუნებრივ წყალში ყოველთვის მოიპოვება CO<sub>2</sub>, იგი მას კალციუმის ბიკარბონატად გადააქცევს Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> და ამ უკანასკნელის ხსნადობის უნარი კი დაახლოებით ასჯერ აღემატება კალციუმის ნორმალური კარბონატის ხსნადობის უნარს. ამიტომ კარბონატების ქიმიური გამოფიტვა ძირითადად წყლის მოქმედებით — გახსნა-გამოტუტვის პროცესების საშუალებით მიმდინარეობს.

სილიკატები ფართოდ გავრცელებული ქანშენი მინერალებია; ეს მინერალები სილიციუმს მარილებს ან მათ იზომორფულ ნარეებს წარმოადგენს ამ მინერალების ქიმიური გამოფიტვის პროცესში დიდ როლს ასრულებს წყლის მონაწილეობით ნახშირორქანი:



ამ რეაქციების შედეგად წარმოქმნილი ნაკლებად მდგრადი H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> და Si(OH)<sub>4</sub> ნაერთები გამოყოფენ წყალს და მდგრად ფორმაში (SiO<sub>2</sub>) გადადიან.

მაგნიუმისა და რკინის სილიკატების ქიმიური გამოფიტვით წარმოქმნილი კარბონატები FeCO<sub>3</sub> და MgCO<sub>3</sub> უღეგარი ნაერთებია, რის გამოც წყლისა და ქანგბადის მოქმედებით ისინი იშლებიან და გადადიან რკინისა და მაგნიუმის ჰიდრატების მდგრად ფორმაში:

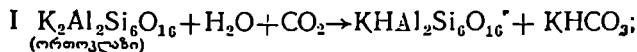


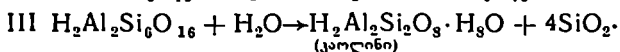
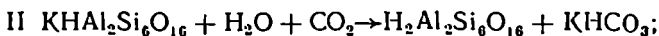
სხვა კატიონების სილიკატების ქიმიური გამოფიტვის პროდუქტებიდან გამოტუტვის პროცესს განიცდის, როგორც Na-ისა და K-ის, ისე Ca-ისა და Mg-ის ნახშირმჟავა მარილებიც.

უწყლო ალუმოსილიკატების ქიმიური გამოფიტვით წარმოქმნილ პროდუქტთაგან ყურადღებას იპყრობს კაოლინი (H<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>·H<sub>2</sub>O) და გალუაზიტი (H<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>·H<sub>2</sub>O).

ალუმოსილიკატების, როგორც ალუმოსილიციუმს მარილებისა და მათი იზომორფული ნარეუების ქიმიური გამოფიტვის პროცესით მიიღება ქიმიურად სუფთა თიხა — კაოლინი. ამ პროცესს კაოლინიზაციის პროცესი ეწოდება.

ამ პროცესის თანმიმდევრული საფეხურების გამოხატვა შეიძლება შემდეგი რეაქციებით:





ქიმიური გამოფიტვის ყველა რეაქცია ეგზოთერმული ხასიათისაა. მასიურ-კრისტალური ქანების მინერალებს, რომელთა წარმოქმნაც მაღალი ტემპერატურისა და დიდი წნევის პირობებში ხდება, ახასიათებს მტკიცე კრისტალური მესერი, რასაც თავის მხრივ მათი მცირე მოლეკულური მოცულობა აპირობებს.

$$\text{მოლეკულური მოცულობა} = \frac{\text{მოლეკულური წონა}}{\text{ხვედრითი წონა}}$$

ცნობილია, რომ რამდენადაც მეტი იონები, ატომები და მოლეკულებია კრისტალური მესერის ერთეულში, იმდენად მინერალის ნაწილაკის ზედაპირული ენერგია მეტია, ე. ი. ქიმიური გამოფიტვის პროცესში წყალთან, უანგბადთან და ნახშირორჟანგთან კავშირში შესვლის მეტი უნარი აქვს. პირველადი მინერალი გამოფიტვით იშლება, ზოცულობაში მატულობს და გამოფიტვის სარტყლის ტემპერატურისა და ატმოსფერული წნევის შესაფერის მედეგ (მყარ) მდგომარეობაში გადადის. ამ მხრივ პირველადი მინერალების ქიმიურ გამოფიტვაში მონაწილეობის უნარი, როგორც ზემოთ განხილულ მონაცემებთან ჩანს, ერთნაირი არ არის. მათ ამ მხრივ აჯგუფებენ: ძლიერ მედეგ, მედეგ, ზომიერად მედეგ და სუსტად მედეგ მინერალებად. პირველ მათგანს ეკუთვნის კაჟი, ხოლო გამოფიტვისადმი სუსტად მედეგ მინერალების ჯგუფს — ბიოტიტი, ოლივინი და პირიტი.

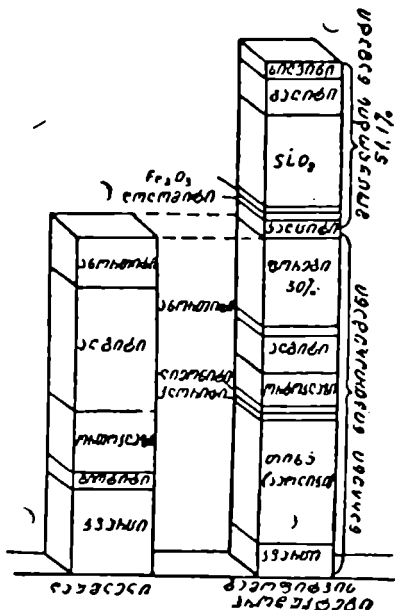
პირველადი მინერალების გამოფიტვის პროცესის ინტენსივობა, გარდა ქანების მინერალოგიური შედგენილობისა, დამოკიდებულია კლიმატზე.

სხვადასხვა ჰაეის პირობებში გამოფიტვის პროცესის ხასიათი და ინტენსივობა სხვადასხვაგვარია. ტენიანი, ცხელი ჰაეისას ეს პროცესი ბევრად ინტენსიურია, ვიდრე მაშინ, როცა ჰაეა მშრალია. ზომიერი ჰაეის პირობებში, თუ ალუმოსილიკატების ქიმიურ გამოფიტვას თან სდევს კაოლინიზაციის პროცესი, ნახევრად უდაბნოს ჰაეის დროს ეს პროცესი მეტად შეზღუდულია, ტენიან ტროპიკულ სარტყელში კა, პირიქით, ადგილი აქვს ქანების მეტად ენერგიული ქიმიური გამოფიტვის პროცესს -- კაოლინის დაშლას (ალიტიზაციას).

ფუჟე ქანების (გაბროს, დიორიტის და სხვ.) გამოფიტვის პროდუქტები ძირითადად შედგება თიხისა, კალციუმისა და მაგნიუმის კარბონატებისა და ერთნახევარი-უანგის ჰიდრატებისაგან ( $\text{R}_2\text{O}_3\text{nH}_2\text{O}$ ), ხოლო კაჟიან სილას, უმეტეს შემთხვევაში, უმნიშვნელო რაოდენობით შეიცავს.

მევე ქანების (გრანიტის, გნეისის) გამოფიტვის პროდუქტები, პირიქით, შეიცავს კაჟიანი სილის საკმაოდ დიდ რაოდენობას (ამის გამო, შედარებით, არამძიმე მექანიკური შედგენილობისა).

გამოფიტვით გამოწვეული ცვლილება ნათლად გამოხატულია მე-4 სურათზე, რომლიდანაც ჩანს, რომ გამოფიტვის ნაშალის მოცულობა გამოუფიტავ ქანთან შედარებით 51% გადიდებულია — ფორიანობის მომატებით (30%-ით) ნახშირორჟანგის, უანგბადის და წყლის შეერთების (21%) გამო. დიდი ცვლილებაა ქიმიური შედგენილობის მხრივაც, პირველადი მინერალების ზოგი ნაწილი შემცირდა, ხოლო გამოფიტვის შედეგად მთელი რიგი ახალი ნივთიერება წარმოიქმნა.



სურ. 4. გრანიტის მინერალოგიური შედგენილობის ცვლილება გამოფიტვის პროცესში (ნ. რემზოვი).

### დანალექი ქანების გავრცელება

როგორც აღვნიშნეთ, ნიადაგთწარმოქმნელ ქანებს უმთავრესად დანალექი ქანები წარმოადგენენ. დანალექი ქანები ამონალყარი ქანების გამოფიტვის პროდუქტებისა და საერთოდ პირველადი ქანის ნამტვრევებისაგან შედგება. სხვადასხვა პირობებში წარმოქმნილი ნივთიერებების (მინერალების) რაოდენობრივი შეცულობა დანალექ ქანში განსაზღვრავს მის შემდგომ ქიმიური გამოფიტვის პროცესებს. ჩვეულებრივ, რამდენადაც მეტი რაოდენობით შეიცავს დანალექი ქანი ქიმიური გამოფიტვის პროდუქტებს, რომლებსაც დედამიწის ზედაპირის თერმოდინამიკურ პირობებში დიდი სიმყარის თვისება აქვს, იმდენად ნაკლებად ხდება ასეთი დანალექი ქანის შემდგომი ქიმიური ცვლილება. ასეთი ქანები ძირითადად მხოლოდ ფიზიკურ გამოფიტვას განიცდიან. პირველადი მასიურ-კრისტალური ქანის მინერალებით მდიდარი დანალექი ქანები, პირიქით, ქიმიურად ადვილად იფიტებიან. თიხაქანში, როგორც ცნობილია, გარდა კაოლინის, ალოფანისა და

სხვა თხა-მინერალებისა, მინდვრის შპატის ნამტვრევები, ქარსის ფურცლები, კვარცის მარცვლები და სხვა მინერალებიც გვხვდება. ამ ქანების ზედა ფენები თერმული გამოფიტვით ნაშალ ქანად გადაიქცევა.

თხა-ქანების გამოფიტვის პროდუქტები თავის შედგენილობით ფუძე-ქანების გამოფიტვის პროდუქტებს უახლოვდება.

ქვიშაქვების გამოფიტვა დამოკიდებულია შემადგენელი ქვიშის (სილის) ნაწილაკების მინერალოგიურ და შემაკონწიწებელ ნივთიერების ქიმიურ შედგენილობაზე.

კვარცთ მდიდარი ქვაქვიშები, ჩვეულებრივ ძნელად იფიტება და ქვიშიან პროდუქტებს იძლევა.

ოკეანეებისა და ზღვების ფსკერზე ბიოგენური გზით წარმოქმნილი კირქვები — ნახშირმჟავა კალციუმის მარილის გარდა, მეტ-ნაკლები რაოდენობით ყოველთვის შეიცავენ მაგნიუმის კარბონატებსაც, თხა-ნარევ ნივთიერებებს — ერთნახევარ ყანგის ჰიდრატებს, ამორფულ სილიციუმმჟავას და სხვ.

კირქვა მექანიკური გამოფიტვის გამო იქცევა ნაშალ ქანად, რომლის ბზარებში ჩამდგარი წყალი თანდათან ხსნის კარბონატებს და გამორეცხვის პროცესს იწვევს, რის შედეგადაც ნაშალში ნახშირმჟავა მარილების რაოდენობა მცირდება და წყალში უხსნადი ნივთიერებების შეცულობა მატულობს.

კირქვის გამოფიტვის შედეგად ამ გზით, ჯერ მერგელი (ტყილი) წარმოიქმნება, ხოლო კირის უდიდესი ნაწილის გამორეცხვის შემდეგ კი თხიანი ელუვიონი, რომელიც დაქუცმაცებული კვარცის, ამორფული სილიციუმმჟავას, ერთნახევარყანგის ჰიდრატებისა და მარგანეცის ჰიდროყანგისაგან შედგება.

### გამოფიტვის ტიპები

სხვადასხვა ბუნებრივ პირობებში, გამოფიტვის პროცესების არაერთგვარი გამოხატულების გამო ადგილი აქვს სხვადასხვაგვარი ქიმიური შედგენილობის გამოფიტვის ქერქის წარმოქმნას. გამოფიტვის პროცესის ხასიათზე. ინტენსივობაზე, განსაკუთრებით დიდ გავლენას ახდენს ტემპერატურა და ნალექები. დიდი ნალექებისა და მაღალი ტემპერატურის პირობებში მიმდინარეობს ქანების ინტენსიური გამოფიტვა და ამავე დროს ადგილი აქვს გამოფიტვის პროდუქტების გამოტუტვის მოვლენებს. მშრალი და ცხელი ჰაერის პირობებში ქიმიურ გამოფიტვას ფიზიკური გამოფიტვის პროცესი აჟარბებს და გამოფიტვის პროდუქტებს შორის ადვილად ხსნადი ნივთიერებების დაგროვება ხდება.

არჩევენ გამოფიტვის ორ ძირითად ტიპს — ს ი ა ლ ი ტ უ რ ს და ა ლ ი ტ უ რ ს.

სიალიტური გამოფიტვის ტიპი (სილიციუმითა და ალუმინით მდიდარი). დამახასიათებელია ზომიერი კლიმატის საშუალო ნალექებიანი ზონის პირობებისათვის სიალიტური გამოფიტვის პირობებში მეორადი ალუმოსილიკატური თიხა მინერალებისა და რკინის ქანგის ჰიდრატები გროვდება, ხოლო კაჟმიწის, კალციუმის, ნატრიუმისა და რკინის ქანგეულის ნაწილობრივ გამოტუტვა ხდება.

სიალიტური გამოფიტვის ტიპის შედგენილობაზე წარმოდგენას გვაძლევს გარასოვიჩის მონაცემები (ცხრ. 4).

ცხრილი 4

გენეისისა და მისი გამოფიტვის პროდუქტების (შვარცვალიდან) ქიმიური შედგენილობა (წონითი %-ობით)

ქანგეულები	გამოფიტაჟი გენეისი	გამოფიტვის პროდუქტები
SiO <sub>2</sub>	68,55	51,78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,48	18,81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,82	5,36
FeO	3,46	2,40
TiO <sub>2</sub>	0,67	1,15
MgO	1,13	1,67
CaO	1,82	0,92
Na <sub>2</sub> O	3,43	0,88
K <sub>2</sub> O	1,47	1,72
H <sub>2</sub> O	2,05	15,70

მე-5 ცხრილში მოცემულია რუხი ნიადაგების (გ. პონომარიოვი და ი. ანტიპოვ-კარატაევი) და შვემიწების ზონის (გ. ტალახაძე) ქანებისა და მათი სიალიტური გამოფიტვის პროდუქტების ქიმიური ანალიზის მონაცემები.

ცხრილი 5

ქანებისა და მათი სიალიტური გამოფიტვის პროდუქტების ქიმიური ანალიზის მონაცემები (წონითი %-ობით)

ქანგეულები	რუხი ნიადაგების ზონა		შვემიწების ზონა	
	გრანიტი	გრანიტის გამოფიტვის პროდუქტები	ბაზალტი	ბაზალტის გამოფიტვის პროდუქტები
SiO <sub>2</sub>	66,08	58,66	47,06	47,52
TiO <sub>2</sub>	0,31	0,27	0,20	0,16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,74	14,83	29,38	29,04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,18	4,92	5,96	6,12
MnO	0,44	0,14	—	—
MgO	1,01	2,39	3,22	3,00
CaO	1,70	2,58	8,64	8,12
Na <sub>2</sub> O	3,03	2,42	3,73	2,95
K <sub>2</sub> O	6,02	1,54	0,81	0,98
H <sub>2</sub> O	0,31	0,79	0,31	1,13

ამ ანალიზებიდან ჩანს, რომ სიალიტურ გამოფიტვის ქერქში ჰაბობს  $\text{SiO}_2$  და  $\text{Al}_2\text{O}_3$  შემცირებულია  $\text{Na}$ -ისა და განსაკუთრებით  $\text{K}$ -ის რაოდენობა. მინერალოგიური ანალიზის მონაცემებით დადასტურებულია, რომ სიალიტური გამოფიტვის ტიპს ახასიათებს მონთ-პორილონ-იტის ჯგუფის თიხამინერალების დაგროვება, რაც პირველადი მინერალების ენერგიულ ჰიდროლიზზე მიგვითითებს.

ალიტური გამოფიტვის ტიპი დამახასიათებელია ტენიანი ტროპიკული კლიმატის პირობებისათვის, როცა მაღალი ტემპერატურისა და დიდი ნალექების პირობებში ქანის გამოფიტვის დროს ადგილი აქვს მქაფრი ჰიდროლიზის მოვლენებს, რასაც თან სდევს, ერთი მხრივ, რკინისა და ალუმინის ჟანგის ჰიდრატების დაგროვება, ხოლო მეორე მხრივ, ფუძეებისა და კაჟმიწის მნიშვნელოვანი ნაწილის გამოტუტვა.

ალიტური გამოფიტვის ტიპის შედგენილობაზე წარმოდგენას გვაძლევს მე-6 ცხრილში მოტანილი ანალიზური მონაცემები (პალმერის).

ცხრილი 6

შავის კუნძულების ბაზალტისა და მისი გამოფიტვის ქერქის ქიმიური შედგენილობა (წონითი %-ობით)

ენაგეულები	გამოფიტავი ბაზალტი	გამოფიტვის ქერქი
$\text{SiO}_2$	52,13	25,77
$\text{Al}_2\text{O}_3$	13,96	34,90
$\text{F}_2\text{O}_3$	3,40	14,49
$\text{FeO}$	6,62	2,77
$\text{TiO}_2$	2,79	3,47
$\text{MgO}$	5,95	0,14
$\text{CaO}$	9,47	0,24
$\text{Na}_2\text{O}$	2,61	0,44
$\text{K}_2\text{O}$	0,89	0,31
$\text{H}_2\text{O}$	0,89	16,46

რელიეფის პირობების შესაბამისად გამოფიტვის პროდუქტებზე შეიძლება ადგილზე დარჩეს და შეიძლება ადგილმონაცვლელადაც განიცადოს. პირველ მათგანს — ადგილზე დარჩენილი გამოფიტვის პროდუქტებს, ელუვიონი ეწოდება. ბ. პოლინოვი ამონაღვარი ქანების ადგილზე დარჩენილი გამოფიტვის პროდუქტებს ორთოელუვიონს უწოდებს, ხოლო დანალექი ქანებისას — პარაელუვიონს.

არჩევნ პირველადი და მეორადი გამოფიტვის ქერქს. პირველი მათგანი წარმოადგენს ამონაღვარი და მეტამორფული ქანების გამოფიტვის ქერქს (ორთოელუვიონს), ე. ი. გამოფიტვის ისეთ ქერქს, რომელიც არ შეიცავს ვალოზური პროცესებით წარმოქმნილ მინერალებს, ხოლო მეორადი გამოფიტვის ქერქი, პირიქით, დანალექი ქა-



ნების გამოფიტვის შედეგია, რომელშიც ვადოზური მინერალები შედის.

ბ. პოლინოვის მიხედვით ორთოელუვიონის გამოფიტვის სტადია შეიძლება იყოს უხეში ნაშალის, გაკარბონატებული, სიალიტური და ალიტური ტიპისა. უხეში ნაშალის ტიპი მთიანეთის ზონაში მოიპოვება. ამ ტიპის ქიმიური გამოფიტვის პროცესები ძალიან შეზღუდულია. გაკარბონატებული ტიპი ხასიათდება ქანის ნამტვრევების ზედაპირზე კირის ქერქებით და აფსკებით. გამოფიტვის ამ სტადიაზე დაჟანგვის, ჰიდრატაციისა და კარბონატიზაციის მოვლენები კარგად არის გამოხატული. სიალიტურ ტიპს თიხამინერალების წარმოქმნა და დაგროვება ახასიათებს. ამის გამო გამოფიტვის ქერქი ფხვიერი აგებულებისაა — მიწიანია. ალიტურ ტიპის გამოფიტვის პროდუქტები მიწიანი მასაა, რომელიც რკინისა და ალუმინის ჟანგის ჰიდრატებითაა წარმოდგენილი.

პირველადი გამოფიტვის ქერქი ბუნებაში ნაკლებად არის გავრცელებული, მეორადი გამოფიტვის ქერქი, პირიქით, ფართოდ. იგი პირველი მათგანის გადატანისა (წყლით, ქარით, ყინვარის მოქმედებით) და ახალ ადგილებში აკუმულაციის შედეგადაა დანალექი ქანების სახით წარმოდგენილი. ეს აკუმულაციური გამოფიტვის ქერქი შედგენილობის მიხედვით შეიძლება იყოს სიალიტური, კარბონატულ-სიალიტური და ქლორიდულ-სულფატურ-კარბონატული.

კარბონატულ-სიალიტურს, საკუთრად სიალიტურისაგან განსხვავებით, ახასიათებს კარბონატების დაგროვება; ქლორიდულ-სულფატურ-კარბონატულს კარბონატებთან ერთად, ნატრიუმის, მაგნიუმისა და კალციუმის ქლორიდები და სულფატები მოეპოვებათ.

### გამოფიტვის ნაშალი — დედაქანები

გამოფიტვის ადგილზე დარჩენილი, გადაადგილებული და ახალ ადგილსამყოფზე დაფენილი გამოფიტვის პროდუქტები (ნაშალი) წარმოადგენს ნიადაგთწარმოქმნელ დედაქანს.

ნიადაგების დიდი უმეტესობა, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, დანალექ ქანებზეა განვითარებული. ამონთხეულ და მეტამორფულ ქანების — ორთოელუვიონზე წარმოქმნილი ნიადაგები, საერთოდ, ნაკლებად არის გავრცელებული — გვხვდება უმთავრესად მთიანეთში.

დანალექი, ნიადაგთწარმოქმნელი ქანებიდან ერთის მხრივ გვხვდება ძველი დანალექი, ხოლო მეორე მხრივ ახალი — მეოთხეულიდანალექი ქანები. დანალექი ქანებია: კირქვები, ტკილები, თიხაფიქლები და ქვიშა-ქვები; მათ ვხვდებით როგორც მთიან რაიონებში

(კავკასიონი), ისე ბორცვიან-გორაკიან მთის წინეთში (აფხაზეთი, რაჭა, ლეჩხუმი და სხვ.). ყველაზე მეტად გავრცელებულია მეოთხეული დანალექები. ამ ტიპის დედაქანებს ეკუთვნის: 1. ყინვარული ნაფენები, 2. საფარი თიხნარები, 3. ლიოსები და ლიოსისებრი თიხნარები, 4. ალუვიური დანალექები, 5. პროლუვიური და დელუვიური ნაფენები და 6. ეოლური ნაფენები.

1. **ყინვარული ნაფენები** მორენული დანალექების სახითაა წარმოდგენილი საბჭოთა კავშირის ევროპული ნაწილის ჩრდილოეთ მხარეში. ამ ტიპის დანალექი ქანები გვხვდება კავკასიონისა და სამხრეთ მთიანეთის (მცირე კავკასიონის) მაღალმთიან გლაციალურ (ყინულიან) ზოლში.

2. **საფარ თიხნარებს** ვხვდებით მორენული ნაფენების გავრცელების სარტყელში — წყალგამყოფებზე და ფერდობების ზედა მესამედზე. ეს ნაფენები წარმოქმნილია ყინვარული პერიოდის წყალდიდობის შედეგად. ნაფენი, ჩვეულებრივ, მოყვითალო-ყომრალი ფერისაა და მდიდარია 0,01 — 0,05 მმ ზომის ნაწილაკებით.

3. **ლიოსები და ლიოსისებრი ნაფენები** ფართოდ არის გავრცელებული საბჭოთა კავშირის სამხრეთ (სტეპები) ნაწილში. ლიოსისებრ ნაფენებზეა წარმოქმნილი ამიერკავკასიის სუბტროპიკული სტეპური ნიადაგების მნიშვნელოვანი ნაწილი. საქართველოში ლიოსისებრ ნაფენებს მტკვრის, ივრისა და ალაზნის შუა და ქვედა ნაწილის დეპრესიულ ზოლში ვხვდებით.

ამ ტიპის დანალექი ქანების წარმოქმნას მკვლევართა ერთი ნაწილი ეოლურ მოვლენებს უკავშირებს (პ. ტუტკოვსკი, ვ. ობრუჩევი), მეორე ნაწილი წყლოვან-ყინვარულ მოვლენებს (პ. კროპოტიკინი, ვ. დოკუჩაევი), სხვანი კი დელუვიურ (ა. პავლოვი) და ნიადაგურ (ლ. ბერგი) პროცესებს.

4. **ალუვიური და ზღვის ნალექების წარმოქმნა** დაკავშირებულია მდინარეების მოქმედებასთან — კალაპოტიდან სანაპიროზე გადმოსულ მდინარის სიმდყრივის, გადმოტანას. და დახარისხებულ დალექვასთან. ალუვიური დანალექი ქანები ფართოდ არის გავრცელებული საერთოდ მდინარეების გავრცელებისა და ზღვების სანაპირო ზოლში; ალუვიური ნაფენები ქიმიური (კარბონატულობის) და მექანიკური შედგენილობის მიხედვით მეტად მრავალფეროვანია.

5. **პროლუვიურ-დელუვიური დედაქანები** ატმოსფერული ნალექებისა და მდინარეთა ნაკადულების მიერ გადმოტანილ გამოფიტვის პროდუქტების ნაფენებია ბორცვიან-გორაკიანი რელიეფის ქვედა ნაწილზე — შლეიფზე.

პროლუვიური ნაფენები უხეში, ნაკლებად დახარისხებული დანა-

ლექებია. დელევიური ნაფენები შედარებით კარგად არის დახარისხებული და შრეობრიობაც ახასიათებს.

ამ ტიპის ნაფენები, საქართველოს მთიანი ნაწილის შლეიფებზე მეტად ფართოდ არის გავრცელებული.

6. ქარის მოქმედებით გადატანილი და, უმთავრესად, დაბლობ ადგილებში დაფენილი გამოფიტვის პროდუქტები ეოლოგიური ნაფენებია.

### დედაქანების მინერალოგიური და ქიმიური შედგენილობა

სხვადასხვა დედაქანი მინერალოგიური და ქიმიური შედგენილობის მიხედვით ერთიმეორისაგან მკვეთრად განსხვავდება. დედაქანები შეიცავენ, როგორც პირველად-ძირითადი ქანების, აგრეთვე მეორად-გამოფიტვის შედეგად წარმოქმნილ მინერალებს. გამოფიტვის ხარისხზეა დამოკიდებული ამ მინერალთა რაოდენობრივი თანაფარდობა დედაქანში. ქიმიურად სუსტად გამოფიტულ დედაქანში პირველადი მინერალები ქარბობს, ქიმიურად ძლიერ გამოფიტულ დედაქანებში. პირიქით, მეორადი მინერალები. პირველადი მინერალებიდან დედაქანებში მედევი, გამოფიტვის პროცესების გამძლე მინერალებია გავრცელებული. მათგან განსაკუთრებით აღსანიშნავია კაჟი და მინდვრის შპატები, უფრო ნაკლები რაოდენობით ქარსები, რქატყუარა, პიროქსენები და სხვ. მეორადი მინერალებიდან გავრცელებულია თიხა-მინერალები, მშრალ პირობებში კი მარტივი მარილები:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  და სხვ.

ამონთხეული და დანალექი ქანების მინერალოგიური შედგენილობის შესახებ წარმოდგენას გვაძლევს მე-7 ცხრილის მონაცემები.

ცხრილი 7

ამონთხეული და დანალექი ქანების საშუალო მინერალოგიური  
შედგენილობა წონითი %-ობით (კლარკის მიხედვით)

მინერალები	ამონთხეულ ქანებში	დანალექ ქანებში	
		ფიქალები	ქვიშაქვები
მინდვრის შპატები	59,5	30,0	11,5
რქატყუარა და პიროქსენები	16,8	—	—
კაჟი	12,0	22,3	66,8
ქარსები	3,8	—	—
თიხამინერალები	—	25,0	6,6
ლიმონიტი	—	5,6	1,8
კარბონატები	—	5,7	11,1
სხვა მინერალები	7,9	11,4	2,2

დანაღეკ ქანებში, განსაკუთრებით ქვიშაქვებში, კაჟის დიდი რაოდენობაა. ამასთანავე ამონთხეული ქანებისაგან განსხვავებით, ისინი თიხამინერალებს, ლიმონიტსა და კარბონატებს შეიცავენ. დანაღეკ ქანში სიღის რაოდენობის შესაბამისად იცვლება კაჟის შემცველობა; ქვიშაქვებში ამ მინერალის რაოდენობა თიხა-ფიქალებთან შედარებით, ბევრად მეტია.

ზოგიერთი დედაქანის ქიმიური შედგენილობის მონაცემები იხილეთ მე-8 ცხრილში.

ცხრილი 8

ქანების მთლიანი ქიმიური შედგენილობა %-ობით აბსოლუტურად მშრალ წონაქში

ქანი	CO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
ფლიუვიოგლაციური ქვიშა, ბელორუსია	არაა	94,32	3,94	0,92	0,38	0,09	0,11	0,02	—
თიხა (ზედა სარმატი) საღ, ქსანი	—	48,0	16,75	5,04	11,56	0,50	—	—	ნიშნები
ლიოსისებრი თიხნარები, სამგორი	—	56,40	16,29	5,03	9,99	1,76	—	0,52	0,93

ამ დედაქანებში ყველაზე დიდი რაოდენობით შედის SiO<sub>2</sub>, მომდევნო ადგილი უკავია Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, შემდეგ მოდის CaO და მერე Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. გამორკვეულია, რომ ქვიშიან ქანებში SiO<sub>2</sub> რაოდენობა 90% აღმატება, თიხნარებში 50 — 70% აღწევს, ხოლო თიხებში მისი შემცველობა კიდევ უფრო ნაკლებია. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> რაოდენობა ქვიშიან ქანებში 10%-ს არ აღმატება, ხოლო თიხიანში ხშირად 25%-საც აღწევს. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> შემცველობა ასევე 4%-ის (ქვიშიანში) — 8%-ის (თიხიანში) ფარგლებში მერყეობს.

კარბონატების შემცველობის მიხედვით დედაქანები იყოფა კარბონატულ და უკარბონატო ქანებად. ბუნებაში გვხვდება ადვილად ხსნადი მინერალების შემცველი — დამლაშებული და ამ მარილებს მოკლებული დაუშლაშებელი დედაქანები.

#### ნაშალის დისპერსიულობა და დედაქანში ახალი თვისებების განვითარება

მასიური ქანებისაგან განსხვავებით ნაშალს პოლიდისპერსიულობა ახასიათებს. ნაშალის დისპერსიულობის ანუ დაქუცმაცების ხარისხი გამოფიტვის პროცესების ინტენსიურობაზეა დამოკიდებული. ძლიერ გამოფიტული ქანების ნაშალი უფრო მეტად დაქუცმაცებულია, მას სუსტად გამოფიტულთან შედარებით ძლიერი დისპერსიულობა ახა-

სიათებს. ნაშალის დისპერსულობის ხარისხს გამოხატავს ნაშალის მექანიკური ანუ გრანულმეტრული შედგენილობა.

მაღალდისპერსიულ ნაშალს ბევრი უწყვილესი ზომის ( $< 0,001$  მმ) ნაწილაკი (ფრაქცია) აქვს და, პირიქით, ნაკლებად დისპერსიული ნაშალის გამოფიტვის პროდუქტებში მსხვილი ზომის ფრაქციები დიდი რაოდენობითაა.

ნაშალის ფრაქციები ერთიმეორისაგან განსხვავდება არა მარტო დაქუცმაცების ხარისხით და მასთან დაკავშირებული ფიზიკური თვისებებით, არამედ ქიმიურ-მინერალოგიური შედგენილობითაც.

წყვილდისპერსიული ფრაქციით ღარიბი ნაშალი შედგენილობით გამოუფიტავ ქანს უახლოვდება, ხოლო ლექით მდიდარი, პირიქით, მისგან დიდად განსხვავდება.

$< 0,001$  მმ ფრაქციას კოლოიდური თვისებები აქვს. მისი შემცველობა ნაშალს ახალი ბმულობის თვისებას უვითარებს, რის გამოც ის ფორიან სხეულად იქცევა. ქანი დაქუცმაცების შედეგად კაპილარობის თვისებას იქნის, რითაც იცვლება მისი დამოკიდებულება წყალთან და ხსნად მარილებთან. ასეთ ქანში წყალს, წინააღმდეგ თერმული გამოფიტვის ნაშალისა (რომელშიც წყალი მოძრაობს ჰიდროსტატიკური წნევით), ახასიათებს მენისკური ძალებით მოძრაობა. უფრო ტენიანი ფენებიდან -- ნაკლებად ტენიან ფენებისაკენ. ეს მოძრაობა პროგრესულად შენელებულია. ასეთ ქანს კაპილარულ მიღებში უვითარდება წყლის დაკავების თვისება — ტენტეკადობა. მიუხედავად ამისა, მას ჯერ კიდევ არ შეუძლია მთლიანად წყლის მტკიცე მარაგის შექმნა.

გამოფიტვის ნაშალში ახალ თვისობრივ მდგომარეობაშია საკვები ელემენტები კალიუმის, კალციუმისა და მაგნიუმის კარბონატები ჩარეცხვას განიცდის: ფოსფორმჟავა კალციუმის მარილი  $\text{CO}_2$ -ის შემცველ წყალში იხსნება და ირეცხება. გოგირდი და რკინა, რომელიც მასჯერ კრისტალურ ქანებში მინერალ პირიტის, ხოლო დანალექ ქანებში მარკაზიტის სახით იყო. გამოფიტვის შედეგად იჟანგება და წარმოიქმნის რკინის უნაგი გამოილექება, ხოლო სულფატები ( $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ) იხსნება და ირეცხება.

რაც შეეხება აზოტს მას არცერთი ქანი არ შეიცავს, ამიტომ ნაშალის შედგენილობაში ეს ნივთიერება არ გვხვდება.

ნათქვამიდან ჩანს, რომ მარტო ქანის გამოფიტვას არ შეუძლია უზრუნველყოს მცენარის განვითარება წყლითა და საკვები ნივთიერებებით: „გამოფიტვის პროცესების ზემოქმედებით მასიური ქანისაგან წარმოიქმნება ნაშალი ქანი, რომელიც ხასიათდება ნიადაგის არსებითი თვისებების მხოლოდ ჩანასახით“ (ვილიამსი).

**ნაშალისა და ნიადაგის მუქანოპური  
(გრანულმებრული) შებენილობა**

გამოფიტვის პროცესში ქანები იმსხვრევა სხვადასხვა სიდიდის ნაწილაკებად; დაქუცმაცება ან დისპერსიულობა მიდის მანამდე, სანამ არ მიაღწევს ამა თუ იმ ნივთიერებისათვის დამახასიათებელ უკიდურეს სიწვრილეს; ამ ზომამდე მან უნდა განვლოს უფრო მსხვილი სიდიდის სტადიები. ბუნებაში მიმდინარეობს არა მარტო დაშლა და დაქუცმაცება, არამედ მისი საპირისპირო პროცესებიც. უწვრილესი ნაწილაკების კოაგულაციით მიიღება შედარებით მსხვილი ნაწილაკები. ორი პროცესი — დაქუცმაცება და კოაგულაცია — მთლიანობაშია ამით აიხსნება ის, რომ გამოფიტვის პროდუქტებში ჩვენ გვხვდება ერთმანეთში არეული სხვადასხვა სიდიდის ნაწილაკი. დედაქანის ან ნიადაგის ამ სხვადასხვა ზომის ნაწილაკთა გარკვეული რაოდენობრივი შემცველობა განსაზღვრავს დედაქანისა და ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობას იმ მეთოდს, რომლის საშუალებითაც ხდება ნაშალის ან ნიადაგის შესწავლა — მარცვლების სიდიდის მიხედვით — მექანიკური ანუ გრანულმეტრული ანალიზი ეწოდება.

ანალიზის საშუალებით ხდება დაახლოებით, თანაბარი სიდიდის ნაწილაკების გამოყოფა, რომელთაც მექანიკური ან გრანულმეტრული ფრაქციები ეწოდება; ისინი ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან არა მარტო სიდიდით, არამედ ქიმიური და ფიზიკური თვისებებითაც. როგორც აღვნიშნეთ, მექანიკური ფრაქციები ჯგუფებს წარმოადგენენ და თითოეულ ჯგუფში შემავალი ნაწილაკები ერთმანეთისაგან შედარებით მცირედ განსხვავდებიან; ცნობილია მექანიკური ფრაქციების მრავალი კლასიფიკაცია, სსრ კავშირში გავრცელებულია ვილიამსის მიერ დადგენილი კლასიფიკაცია:

**ქ ვ ე ბ ი**

	დიამეტრი
	10 მმ
ხვინჭა მსხვილი	10 — 5 მმ
წვრილი	5 — 3 მმ

**ქ ვ ი შ ა**

მსხვილი	3 — 1 მმ
საშუალო	1 — 0,5 მმ
წვრილი	0,5 — 0,25
მტვრისებრი	0,25 — 0,05 მმ
უწვრილესი	0,05 — 0,01 მმ

## მ ტ ვ ე რ ი

საშუალო	0,01 — 0,005 მმ
წვრილი	0,005 — 0,001 მმ

## ლ ე ქ ი

<0,001 მმ

1,0 მმ მსხვილი ნაწილაკები მთლიანად ხირხატს შეადგენენ, მასზე უწვრილესი — წვრილ მიწას; <0,01 მმ-ზე ნაკლები ზომის ნაწილაკებს ფიზიკური თისა ეწოდება, ხოლო 0,01 მმ-ზე მეტი ზომისას --- ფიზიკური სილა.

ქართველ მიწის მუშას უძველესი დროიდანვე ჰქონია წარმოდგენა ნიადაგის ნაწილაკების სიდიდებზე და უხმარია მისი აღმნიშვნელი სხვადასხვა ცნება; ეს ცნებები შემონახულია ხალხში და სულხან საბა ორბელიანსაც მოხსენებული აქვს „სიტყვის კონაში“.

ქვა — ზოგადი ცნებაა, კლდის ყოველი მონატეხი ქვად იწოდება, ლოდი — უდიდესი ზომის ქვაა; კაქარი — წყლის ნაგორები, ნალესი; ღვინჭა (ხვინჭა) — კაქარზე წვრილი — წყლით მოტანილი; ღორდი — ხვინჭაზე მომცრო; კენჭი — წვრილი ქვაა, ცერცვის ოდენა და მასზე უდიდესი; ქვიშა — ხორბლის ოდენაა; სილა — ქვიშაზე მცირეა, უწვრილეს ნაწილაკთა შესატყვისად ხმარობენ შლამს, ლამსა და ლექს. მათ რომ ზომები შევუფარდოთ, შეიძლება შემდეგი გამოხატულების მიღება (დ. გედევანიშვილი).

## გრანულმეტრული შემადგენელი ფრაქციების ქართული ნომენკლატურა

ქ ე ვ ე ბ ი — ხ ი რ ხ ა ტ ი    ზ ო მ ა    ს მ - ო ბ ი თ .

ლოდი — >30 სმ დიამეტრი

კაქარი მსხვილი 20 — 10 სმ დიამეტ.

„ წვრილი 10 — 7

ხვინჭა მსხვილი 7 — 5

„ წვრილი 5 — 3

კენჭი მსხვილი 3 — 1

„ წვრილი 1 — 0,5

ქვიშა მსხვილი 0,5 — 0,3 „

ქვიშა წვრილი 0,3 — 0,1 სმ დიამეტ.

წვრილმიწა ზომა მმ-ობით

## სილა ნაწილი

სილა მსხვილი 1 — 0,5 მმ

წვრილი 0,5 — 0,25 მმ

### ფიზიკური თიხა

შლამი მსხვილი 0,25 — 0,05 მმ

შლამი წვრილი 0,05 — 0,01 მმ

ლამი მსხვილი 0,01 — 0,005 მმ

წვრილი 0,005 — 0,001 მმ

ლექი < 0,001 მმ

ლექის ფრაქცია შეიძლება დაიყოს უფრო წვრილი ნაწილაკების ჯგუფებად — კოლოიდწინა 0,001 — 0,0002 მმ და კოლოიდური < 0,0002 მმ; მარცვლების სიდიდის მიხედვით დაჯგუფებას შეესაბამება მათი პეტროგრაფიული და ქიმიური შედგენილობაც. ვილიამსის დახასიათებით ქვები წარმოადგენენ ქანების ქიმიურად უცვლელ მონატეხებს (ლოდი, კაჟარი, ღვინჯა). ხრეში წარმოადგენს ამავე ქანების მონატეხს და მათ შემადგენელ მინერალებს (ყენჭი და მსხვილი ქვიშა). ქვიშა შედგება მინერალებისაგან; წვრილ ქვიშაში კი შედარებით მატულობს კვარცი (კაქი); მტვერისებრი ქვიშა თითქმის სუფთა კვარცისაგან შედგება, ნაწილობრივ აქვს მინარევი მინერალები: რქატყუარა, ილმენიტი, ლეპიდოლიტი, მუსკოვიტი და სხვ. წვრილი ქვიშა წარმოადგენს სუფსა კვარცს, მტვერი — საშუალო ამორფულ კვარცს; წვრილი მტვერი უფრო რთული შედგენილობისაა. ლექი კაოლინისა (თიხა — მინერალების) და რკინის, მანგანუმისა და ნაწილობრივ სილიციუმის ჰიდროქსიდების ნარევი.

რასაკვირველია, ფრაქციების ასეთი დახასიათება სქემატურია, რადგან დაზუსტებული ანალიზებით მტკიცდება, რომ ლამის (მტვროვან) ფრაქციაში მნიშვნელოვანი რაოდენობით გვხვდება რკინის, ალუმინის, კალიუმის, ნატრიუმისა და სხვა ლითონების უნაგები, რაც ამტკიცებს, რომ ამ ფრაქციაში გვხვდება სხვადასხვა სილიკატური და ალუმოსილიკატური მინერალები და მათი ნამსხვრევები — მონდრის შტაპები, ქარსები და სხვ. ლექში აღმოჩენილია აგრეთვე ქარსის ფურცლები, ფოსფორული და სულფატური ნაერთები და სხვ. ლექში შედის ორგანული ნივთიერებებიც.

## დედაქანებისა და ნიადაგების კლასიფიკაცია მუხანიაური

(გრანულმაბრული) შედგენილობის მიხედვით

დედაქანებსა და ნიადაგებში სხვადასხვა ფრაქცია სხვადასხვა რაოდენობითაა. ფრაქციათა შორის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება თიხა-ლექის ფრაქციას, მისი რაოდენობა წარმოდგენას იძლევა



ნიადაგის მთელ რიგ საწარმოო თვისებებზე — დამუშავების სიადვილეზე და სიძნელეზე, წყლოვან, ქიმიურ და სხვა თვისებებზე; მექანიკური ანალიზების მარტივი მეთოდების გამოყენებამდე, ნაშალ-ქანებისა და ნიადაგების მექანიკური შედგენილობის კლასიფიკაციას თიხიანი ნაწილის ( $<0,0$  მმ) სილიან ნაწილთან ( $>0,01$  მმ) შეფარდებით ახდენენ. ამ პრინციპზეა აგებული სიბირცევის კლასიფიკაცია.

ცხრილი 9

ნიადაგის მექანიკური შედგენილობის კლასიფიკაცია (სიბირცევის მიხედვით)

	„ფიზიკური თიხა“ ( $<0,01$ მმ) %-ობით	„ფიზიკური სილა“ ( $>0,01$ მმ) %-ობით	შეფარდება
თიხა	33—50%	67—50%	1:1—1:2
თიხნარი მძიმე	25%	75%	1:3
თიხნარი საშუალო	20%	80%	1:4
თიხნარი მსუბუქი	16,5%	83,5%	1:5
	14,0%	86,0%	1:6
სილნარი	12,5%	87,5%	1:7—8
	9,0%	91,0%	1:9—10
ლამსილა	6,3%	93,7%	1:10—16
სილა	2,0%	98,0%	1:16—50

ამ კლასიფიკაციის დახვეწილი, გაუმჯობესებული ვარიანტია ნ. კაჩინსკის კლასიფიკაცია.

ცხრილი 10

ნიადაგის მექანიკური შედგენილობის კლასიფიკაცია  
(კაჩინსკის მიხედვით) პირველი ვარიანტი

მექანიკური შედგენილობის სახელწოდება	$<0,01$ მმ ზომის ნაწი- ლაკების შემცველობა %-ობით
მძიმე თიხა	$>80$
საშუალო და მსუბუქი თიხა	60—80
თიხნარი მძიმე	40—60
საშუალო	30—40
მსუბუქი	20—30
სილნარი	10—20
სილა	$<10$

ასეთი კლასიფიკაცია ყოველმხრივ დამაკმაყოფილებლად არ ჩივივლება, რადგან ის ემყარება უმთავრესად ორი მთავარი ფრაქციის შედგენილობას —  $<0,01$  მმ და  $>0,01$  მმ. ხშირად ასეთი დახასიათება საკმარისი არ არის, რადგან იგი არ იძლევა სწორ წარმოდგენას ნიადაგის გრანულმეტრულ (მექანიკურ) შედგენილობაზე, მაგალითად:

ნიადაგი	თხა < 0,01 მმ	შლამი 0,1—0,01 მმ	ქვიშა 0,3—3 მმ	შეფარდება თიხისა სილასთან
A	6,44	7,37	86,19	1:14,5
B	5,97	70,47	23,56	1:15,8

ორივე ნიადაგი (A, B) ფიზიკური თიხის შეფარდებით სილასთან ერთნაირია, სინამდვილეში კი A ეკუთვნის თიხიან სილებს, ხოლო მეორე B — სილიან-შლამიან თიხნარებს.

მექანიკური შედგენილობის კლასიფიკაციის დაზუსტებული ვარიანტია კაჩინსკის (1943) ახალი კლასიფიკაცია (ცხრილი 11), რომელშიაც ნიადაგების გრანულმეტრული დაჯგუფებისათვის, ფიზიკურ თიხასთან ერთად გამოყენებულია ლექის, ლამისა და შლამის ფრაქციები. ამ კლასიფიკაციის მიხედვით, გარდა თიხისა და სილის ნაწილებისა, ნიადაგის სახელწოდებაში აღინიშნება თიხის ორი ფრაქცია რომელიც ფიზიკური თიხის ნაწილში ჰარბობს, მაგალითად, თიხიან-შლამიანა ნიშნავს, რომ <0,01 მმ ფრაქციაში ჰარბობს შლამის ფრაქცია. თიხიან-ლექიანში, პირიქით, <0,01 მმ ფრაქციაში ჰარბობს <0,001 მმ ფრაქცია და ასე შემდეგ.

ცხრილი 11

ნიადაგის მექანიკური შედგენილობის კლასიფიკაცია  
(ნ. კაჩინსკის მიხედვით, მეორე ვარიანტი)

1. თხა მძიმე (< 0,01 მმ—80%-ზე მეტს)	1. ლექიანი (< 0,001 მმ ლაშიანი (0,01—0,001 მმ)	ფრაქციის ჰარბობით) " " )
2. თხა საშუალო და მსუბუქი (< 0,01 მმ—60—80%)	2. ლექიანი (< 0,001 მმ ლაშიანი 0,01მმ—0,001 მმ წვირლშლამიანი (0,05—0,01 მმ)	ფრაქციის ჰარბობით) " " ) " " )
3. თიხნარი მძიმე (< 0,01 მმ—40—60%)	3. ლექიანი (< 0,001 მმ ლაშიანი (0,01—0,000 მმ წვირლშლამიანი (0,01—0,01 მმ)	ფრაქციის ჰარბობით) " " ) " " )
4. თიხნარი საშუალო (< 0,01 მმ—30—40%)	4. ლექიანი (< 0,001 მმ ლაშიანი (0,01—0,001 მმ წვირლშლამიანი (0,05—0,01 მმ)	ფრაქციის ჰარბობით) " ) " )
5. თიხნარი მსუბუქი (< 0,01 მმ—20—30%)	5. მსხვილშლამიანი (> 0,05 მმ წვირლშლამიანი (0,05—0,01 მმ)	) )
6. სილა (< 0,01 მმ—10—20%)	6. მსხვილშლამიანი (> 0,05 მმ წვირლშლამიანი (0,05—0,01 მმ)	) )
7. ქვიშა (< 0,01 მმ—0—10%)	7. მსხვილშლამიანი (> 0,05 მმ წვირლშლამიანი (0,05—0,01 მმ)	) )

ცხრილიდან ჩანს, რომ ნ. კაჩინსკის ეს კლასიფიკაცია ნიადაგის მექანიკური შედგენილობის უფრო სრულ დახასიათებას იძლევა.

მექანიკური შედგენილობა აპრობებს ნიადაგისა და დედაქანების რიგ ფიზიკურ თვისებებს, რომლებზედაც დამოკიდებულია მცენარეების ზრდა-განვითარების პირობები.

მძიმე თიხიანი ნიადაგი წყალსა და ჰაერს ცუდად ატარებს, წყლის დაკავების უნარი მეტად დიდი აქვს. ძალიან ჰიდროფილურია, დასველებისას მოცულობა ემატება, გაშრობის დროს იკუმშება და ნაპრალები უჩნდება.

საშუალო და მსუბუქე თიხიანი ნიადაგებში ტენტევალობა, მწებაობა, კაპილარობა, ზომიერადაა გამოხატული. წყლის შელწევალობა მეტად შენელებულია. თქვირებისა და შეკუმშვის უნარი მძიმე თიხებზე ნაკლები აქვთ.

მძიმე, საშუალო და მსუბუქე თიხნარი ადაგებში უარყოფითი თვისებები უფრო შესუსტებულია, წყლისა და ჰაერის შელწევალობა მატულობს, ტენტევალობა და წყლის დაკავების უნარი რამდენადმე შემცირებულია, მაგრამ მაინც კარგად არის გამოხატული.

სილიანი და ქვიშიანი ნიადაგები წყლის კარგი გამტარებელია. მიკრობილობა და ბმულობა მეტად უმნიშვნელო აქვთ, თქვირება და შემჭიდროება თითქმის არ ახასიათებს, კაპილარობა განვითარებული არ აქვთ.

**ფლორა და ფაუნა — ბიოლოგიური პროცესები ნიადაგში**

**ნიადაგის ორგანიზმები**

ნიადაგის მყარი ნაწილი, მკვდარი ორგანული ნივთიერებების, ცოცხალ ორგანიზმთა და ქანის გამოფიტვით წარმოშობილ მინერალურ ნაერთთა რთულ კომპლექსს წარმოადგენს. ამ კომპლექსის მეტად მნიშვნელოვანი ნაწილი ცოცხალი ორგანიზმებია. ეს ორგანიზმები იყოფა მაკრო-და მიკრო ორგანიზმების ჯგუფად, ხოლო თითოეული მათგანი თავის მხრივ, ფლორისა და ფაუნის ჯგუფის ორგანიზმებად.

**მაკროფაუნა და მაკროფლორა.** მაკროფლორასთან შედარებით მაკროფაუნის როლი ნიადაგთწარმოქმნის პროცესში მცირეა, როგორც ნიადაგში ორგანული ნივთიერებების შემატების, ისე ნიადაგის მასაზე ზემოქმედების მხრივ. მშრალი კლიმატური ზონის პირობებშიც კი, სადაც მცენარეული საფარი მეტად თხელია, უკანასკნელთა ნაშთების ყოველწლიური რაოდენობა მაინც მრავალჯერ აღემატება ნიადაგში მოხვედრილი ცხოველური ორგანული ნაშთების რაოდენობას. ცხადია, რომ ტენიან ჰავის პირობებში ამ მხრივ, მცენარეთა მნიშვნელობა კიდევ უფრო ბევრად მეტია. მიუხედავად ამისა, მაკროფაუნის როლი მაინც მნიშვნელოვანია და ყურადღების ღირსია.

ნიადაგზე მეტ-ნაკლები გავლენის მომხდენი მაკროფაუნის ტიპური წარმომადგენლები არიან, ერთის მხრივ, ისეთი ცხოველები, რომლებიც მთელ თავიანთ ცხოვრებას ნიადაგში ატარებენ (მაგალითად, ჭიაყელები), მეორეს მხრივ კი ისეთი ორგანიზმები, რომლებიც მხოლოდ ცხოვრების გარკვეულ ციკლს ატარებენ ნიადაგში (მწერები) ან კიდევ მხოლოდ ბუნაგად იყენებენ მას.

მაკროფაუნის გავლენა ნიადაგზე ორგვარი ხასიათისაა, პირველი: ეს ორგანიზმები ნიადაგის მასას აფხვიერებენ. საკვებად იყენებენ მასში მოხვედრილი მცენარეებისა და სხვა ორგანიზმების ნაშთებს; გადამუშავების შემდეგ ამ ნივთიერებას ნიადაგში გამოყოფენ, მეორე: სიკვდილის შემდეგ ორგანიზმები ნაშთების სახით ნიადაგში რჩებიან. მშრალი ჰავის პირობებში, მაგალითად, უდაბნოსა და ნახევრად

უდაბნოებში, როგორც ს. ნეუსტროევი აღნიშნავს, ჰიანქველების, ხო-  
ჭოებისა და სხვადასხვა ჰიის გარდა, აუარებელი თავი, მიწის კურდ-  
ღები და სხვა მღრღნელები ცხოვრობენ: ისინი გავლენას ახდენენ  
ნიადაგზე, განსაკუთრებით მის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე. ნი-  
ადაგზე აგრეთვე დიდ გავლენას ახდენენ ტერმიტები.

მ. გილიაროვის გამოკვლევებით უხერხემლო ორგანიზმების რაოდენობა 1 ჰექტარ ფართობზე საშუალოდ, 12,5 მილიონ — 2 მილიარდ ინდივიდს უდრის.

უხერხემლო ორგანიზმებიდან განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვთ ჰიაცელებს. ჰიაცელების როლის შესახებ ჯერ კიდევ ჩ. დარვინი მიუთითებდა (1837 წ.). შემოწების ზონის ნიადაგებში ჰიაცელების აქტიურ მოქმედებას ყურადღება მიაქცია გ. ვისოცკიმ. ამ უკანასკნელმა აღმოაჩინა ჰიაცელა — *Allolophora mariupoliensis*, რომელიც ზოგიერთ შემთხვევაში 8 მეტრის სიღრმემდე ჩადის ნიადაგში და ქსელავს მას მრავალრიცხოვანი, დიდდიამეტრანი (10 — 15 მმ) ხერელებით. ნ. დიმომ შეისწავლა შუა აზიაში ტერმიტების, ხოლო შემდეგ ალაზნის ველის პირობებში — ჰიაცელების როლი. ჰიაცელების რიცხვი განსაკუთრებით დიდია სარწყავი ფართობების ნიადაგში, სადაც მათი რაოდენობა ყოველ ჰექტარზე 1,5 მილიონ ცალს და მეტსაც აღწევს. ჰიაცელების როლი დიდია აგრეთვე მცენარეთა ნაშთების გადამუშავებაში. ჰიაცელების მიერ ექსკრემენტების (ჰიაცელის კუჭში გატარებული ნიადაგისა და ორგანული ნაშთების გადამუშავების პროდუქტები) სახით გამოდევნილი და ხერელებიდან მალა ამოყრილი ამ ნივთიერებების რაოდენობა, ერთ ჰექტარ ფართობზე, 120 ტონას და მეტსაც უდრის. აღსანიშნავია, რომ ამ ექსკრემენტებში აზოტი და კალციუმი უფრო მეტი რაოდენობითაა, ვიდრე ნიადაგში; ექსკრემენტების აქტუალური რეაქცია (pH) ნეიტრალურს უახლოვდება.

დადასტურებულია, რომ ჰიაცელები ნიადაგის აგებულებაზე (სიფხვიერებაზე) დიდ გავლენას ახდენენ; ამის გამო უფრო მეტი სიმკვრივე აქვთ იმ ნიადაგებს, რომლებშიაც ჰიაცელები არ არიან.

ნიადაგის ნაყოფიერებისათვის მაკროფაუნის ორგანიზმების ჯგუფიდან ყველაზე მეტი მნიშვნელობა აქვს ჰიაცელებს.

როგორც აღვნიშნეთ, მაკროფლორის როლი ნიადაგთწარმოქმნის პროცესში მაინც ბევრად აღემატება ცხოველი ორგანიზმების როლს.

ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის ხასიათსა და განვითარების საფეხურს უმაღლესი მცენარეები (მიკრობებთან სიმბიოზში) განსაზღვრვენ.

უმაღლესი მცენარეული ორგანიზმების ნაშალზე დასახლებას, ისტორიულ-ევოლუციური თვალსაზრისით, წინ უსწრებდნენ, ბაქტერიული ორგანიზმების შემდეგ ლიქენები. ამ ლიტოფილი ორგანიზ-

მების დიდ მნიშვნელობაზე. ნიადაგთწარმოქმნის თვალსაზრისით, ფრიად საყურადღებო გამოკვლევები აქვს ჩატარებული აკადემიკოს პოლინოვს.

ლიქენები მოსახლეობენ, როგორც მაგმურ-მასიურ, ისე დანალექ-ქანებზე. ამ ორგანიზმებს ჰიფები ქანში აქვთ ჩაშვებული, ან გარედან ეყვრიან მას მეტად მკიდროდ და თავიანთი ზემოქმედებით ქმნიან „რამდენიმე მილიმეტრის სისქის მინიატურულ ნიადაგობრივ შრეს“ (ვილენსკი). ამ შრეში ადგილი აქვს გოგირდის, ნაწილობრივ ფოსფორისა და უფრო მეტი რაოდენობით კალციუმისა და ზოგიერთი მიკროელემენტის აკუმულაციას.

ლიქენების ჰიფებითა და გამოყოფილი ნივთიერებების მოქმედებით ქანი იშლება, იფიტება. ამ მოვლენას უფრო ინტენსიური ხასიათი აქვს ლიქენების სიკვდილის შედეგად დარჩენილი ორგანული ნაშთების ბიოქიმიური დაშლა-გარდაქმნის დროს.

ლიქენების დასახლება ქანზე ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის დაწყებითი საფეხურია. ამ ორგანიზმების ნაშალზე დასახლებით გამოწვეული და დაგროვილი ცვლილებები დროთა ვითარებაში ახალ თვისობრივობაში გადადის, რასაც უფრო მაღალ საფეხურზე მდგომი მცენარეების დასახლება მოსდევს თან.

ცოცხალი ორგანიზმების ევოლუცია, ქანზე მწვანე მცენარეების დასახლების შემდეგ. ქლოროფილიანი და უქლოროფილო ორგანიზმების გარკვეული ბუნებრივი შეთანაწყობით გამოიხატება. ეს გარემოება გაპირობებულია, ერთის მხრივ, მცენარეთა სხვადასხვა ტიპის ბიოლოგიური თვისებებით, ნიადაგთწარმოქმნის პროცესში მონაწილეობით, ხოლო მეორე მხრივ, უქლოროფილო ორგანიზმთა ბუნებით — კვების პირობებისადმი მოთხოვნილებით და სხვ.

დადგენილია, რომ მერქნიანი მცენარეები, ქიმიურ შედგენილობათა და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით, ბალახოვან მცენარეებისაგან განსხვავდებიან. მერქნიანი მცენარეები, როგორც მრავალწლოვანი მცენარეები, ნიადაგს მიწისქვეშა ნარჩენებით თითქმის არაფერს მატებენ და, პირიქით, მიწისზედა ნარჩენებით კი ყოველწლიურად ამდიდრებენ მას.

მერქნიანი მცენარეების ნაშთები — ტყის მკვდარი საფარი, რომელშიც დიდი რაოდენობითაა ცელულოზა, ხასიათდება სიფხვიერით (კარგად გამოხატული დრეკადობის თვისების გამო), კარგი აერაციით. ამ ნარჩენებში მთრიმლავი ნივთიერებებია და ზოგიერთ მერქნიანში კი — ფისებიც.

ნიადაგის ნაყოფიერების განმსაზღვრელ თვისებებზე განსაკუთრებით დიდია ფესვთა სისტემის გავლენა. ფესვების სიხშირე და სიგრძე ნიადაგის თვისების გარდა (საკვები ნივთიერებები და წყლით

უზრუნველყოფა) მცენარეთა ჯიშურ თვისებაზეა დამოკიდებული. მუხას, მაგალითად, უფრო ღრმა ფესვები აქვს, ვიდრე წიფელს, მარცვლოვან ბალახების ძირითადი ფესვთა სისტემა (80%) ჩვეულებრივ, 0—30 სმ ფენაშია და მხოლოდ ერთეული ფესვები ჩადის 1 მეტრის სიღრმეზე, პარკოსნების, პირიქით, მეორე ნახევარი მეტრის ფენაშია მოქცეული.

ყველა ბალახოვანი მცენარე, მერქნიანებისაგან განსხვავებით, ყოველწლიურად ნიადაგში დიდი რაოდენობით ტოვებს ფესვის ნაშთებს. ამ მცენარეთა, როგორც მიწისქვეშა, ისე მიწისზედა ნაშთებში, ცელულოზა შედარებით მცირე რაოდენობითაა, რის გამოც მათ უფრო სუსტად გამოხატული დრეკადობა აქვთ. ამის გამო მკვდარი საფარი ველის პირობებში ადვილად იბეკნება და აერაციის პროცესი იზღუდება. ამ მცენარეთა ნაშთებში მთრიმლავი ნივთიერებები არ არიან.

**მიკროფლორა და მიკროფაუნა.** ნიადაგში, როგორც მცენარეული, ისე ცხოველური ნაშთების დაშლა მიკროორგანიზმების — ძირითადად ბაქტერიებისა და სოკოების უშუალო მონაწილეობით წარმოებს.

მიკროორგანიზმები ნიადაგის მყარი ფაზის დიდი მნიშვნელობის შემადგენელი ნაწილია. მიკროორგანიზმების გარეშე ნიადაგის წარმოქმნა შეუძლებელია.

მიკროფლორიდან ნიადაგში გვხვდება ბაქტერიები, აქტინომიცეტები და აქტინოფაგები. მიკროორგანიზმთა რაოდენობრივი განსაზღვრა მხოლოდ მათ შეფარდებით შემკველობაზე გვიქმნის წარმოდგენას. მიკრობთა რაოდენობაზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის განოყიერება, კერძოდ, ორგანული სასუქით განოყიერება. მიკრობებით განსაკუთრებით მდიდარია ბოსტნის ნიადაგები. ყამირ ნიადაგებში მიკრობთა რაოდენობა უფრო მცირეა, ვიდრე გაკულტურებულ ათვისკებულ ნიადაგში. ნ. კრასილნიკოვის გამოკვლევის მიხედვით ბაქტერიები ნიადაგში გავრცელებულია არა დიფუზიურად, არამედ კერძობრივად. თითოეულ კერაში, ძირითადად, კონცენტრირებულია ერთი ან რამდენიმე ბაქტერიის არაანტაგონისტური სახე. სწორედ მათი ასეთი გავრცელებით უნდა აიხსნას, რომ ერთი და იგივე ნაკვეთიდან აღებული ნიადაგის ზოგ ნიმუშში არის აზოტბაქტერიები, ზოგში კი არაა. შუა აზიის 3 წლის იონჯის ნათესით დაკავებულ გაკულტურებულ რუხ ნიადაგებში, ნ. კრასილნიკოვის განსაზღვრით, 1 ჰექტარზე 200 წერტილიდან აღებულ ყველა ნიმუშში აღმოჩნდა აზოტბაქტერი, ხოლო ყამირი რუხი ნიადაგიდან აღებულ იმავე რაოდენობის ნიმუშებიდან (ერთი ჰექტარი ფართობიდან) — მხოლოდ სამში.

მიკროორგანიზმები განსაკუთრებით დიდი რაოდენობითაა რჩხო-სფეროს არეში (ფესვთა სისტემის გავრცელების არეში). ნ. კრასილნიკოვის გამოკვლევის მიხედვით ბაქტერიაების რაოდენობა ხორბლის

ნათესით დაკავებულ კორდინან-ეწერიან ნიადაგის 1 გ-ში 2,5 მილიონ ინდივიდს უდრის. სამყურას ნათესში ბაქტერიების რაოდენობა 1,2 მილიონს აღწევს, ხოლო რიზოსფეროში 1750000000 და 2500000000 შესაბამისად. რიზოსფეროში ბაქტერიათა ასეთი დიდი რაოდენობით თავმოყრას აპირობებს ფესვთა გამონაყოფი ნივთიერებები — შაქრები, მონო-და პოლისაქარიდები, მჟავები — რძისა და ვაშლის და ზოგიერთი სხვა ნივთიერება — ფერმენტი — ამილაზა და კატალაზა. გამორკვეულია, რომ მცენარეების ყოველ სახეს ან სახეთა ჯგუფის რიზოსფეროს, მათთვის დამახასიათებელი მიკროფლორა ახასიათებს. რიზოსფეროში მიკრობთა ასეთ სელექციონირებას საკვები ნივთიერებების მინერალიზაციის მხრივ უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის ნაყოფიერებისათვის. ამასთან ერთად უნდა აღინიშნოს მიკრობთა ერთი ჯგუფის — კოჟრის ბაქტერიების, აზოტბაქტერის, კლოსტრადიუმისა და სხვათა პირდაპირი მოქმედება მცენარის კვებაზე.

რიზოსფეროს მიკრობთა ერთი ნაწილი მცენარის ზრდაზე მასტი-მულირებლადაც მოქმედებს.

როგორც ცივ არქტიკულ, ისე სამხრეთის ზონებში, ბაქტერიები დიდი რაოდენობითაა ნიადაგში. თვით საპარის უდაბნოს ქვიშებშიც კი მიკრობთა რაოდენობა 1 გ ნიადაგში 100 000 ინდივიდს აღემატება.

ს. ვინოგრადსკისა და ნ. ხოლოდნის პირდაპირი ათვლის მეთოდით გამორკვეულია, რომ ნიადაგის ყოველ ერთ გრამში მილიარდობით ბაქტერიაა.

ბაქტერიების რაოდენობა ნიადაგში ფართო ფარგლებში მერყეობს, ნიადაგის ტიპის, გავულტურულების ხარისხის, წელიწადის დროის, გეოგრაფიული განედის, ექსპოზიციისა და სხვა პირობათა მიხედვით. ამის შესახებ სათანადო მასალაა მოცემული მე-12 ცხრილში.

ცხრილი 12

ბაქტერიების რაოდენობა 1 გ ნიადაგში (ვინოგრადსკის მეთოდით)

ნიადაგი	ბაქტერიათა საერთო რაოდენობა მილიონობით	ავტორი
ეწერი უყი . . . . .	852,9	რაზუმოვი და რემეზოვი
ეწერი ათვისებული .	801,8	
შავმიწა . . . . .	4771,0	სტეპანოვა
შავმიწა ბიცობიანი .	1568,0	
რუხი ნიადაგი . . . . .	1048,2	შულგინა, კაზანსკი, ბეგაკი
ტორფნარი (10—80 სმ ფენა)	700—1200	"

მიკრობების რაოდენობა ზაფხულობით უფრო მეტია ნიადაგში, ზამთრობით კი — მცირეა — ნიადაგის ზედა (0,1 — 3 სმ) განათებულ ფენაში მათი რაოდენობა ნაკლებია, ვიდრე მის მომდევნო ფენაში.



ორგანული ნივთიერებებით მდიდარ ნიადაგში (შავმიწა) ბაქტერიების რიცხვი ბევრად მეტია, ვიდრე ორგანული ნივთიერებით ღარიბ (ეწერ) ნიადაგში. აერობი ბაქტერიები ნიადაგის ზედა ფენაში უფრო მეტია, ვიდრე ქვედა ფენაში, სადაც თავისუფალი ჟანგბადის დინება შემცირებულია; აქ ანაერობი ბაქტერიები ჭარბობენ. ნიადაგში ვხვდებით როგორც აუტოტროფულ, ისე ჰეტეროტროფულ ბაქტერიებს, თუცა რაოდენობრივად უკანასკნელნი მეტია პირველზე.

სოკოვანი მიკროორგანიზმები, საერთოდ ნიადაგში, განსაკუთრებით აუთვისებელ, კერძოდ მჟავე რეაქციის ტყის ნიადაგებში, ძალიან დიდი რაოდენობითაა გავრცელებული.

ობის სოკოების (*Penicilium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Rhizopus*) გარდა, რომლებიც ნიადაგში თითქმის ყოველთვის გვხვდებიან, ფართოდაა გავრცელებული აგრეთვე *Fungus*-ის კლასის სოკოები, რომელთაგან აღსანიშნავია *Phoma* და *Hypomycetales* ჯგუფის სოკოები. საყურადღებოა, რომ ამ სოკოებს (კერძოდ *Phoma*-ს) თავისუფალი ატმოსფერული ჰაერის აზოტის შეთვისების უნარიც აქვს.

მრავალი სოკო, მაგალითად, *Beletus*-ის ჯგუფის სოკოები, თანაცხოვრობენ უმალდეს მწვანე მცენარეებთან. ეს სოკოები ხშირ შემთხვევაში ხე-მცენარის ფესვებზეა მიმაგრებული მიკორიზით და მისი შიგა ჰიფებით (ფესვში ჩამყვებული) საკვებად ფესვიდან იღებს ნახშირწყლებს, ხოლო გარე ჰიფებით (ნიადაგში) თვითონ შლის ორგანულ ნივთიერებას და მცენარეს მინერალურ ნაერთებს, კერძოდ, აზოტს აწვდის.

ნიადაგში დიდი რაოდენობით არიან აგრეთვე სხივოსანი სოკოები—აქტინომიცეტები. ამ ჯგუფის ორგანიზმების უმრავლესობა აერობებია და აქტიურად მონაწილეობენ ნიადაგის ბიოქიმიურ პროცესებში, კერძოდ ჰუმუსიფიკაციის (ჰუმუსის წარმოქმნის) პროცესში.

საერთოდ მიკროორგანიზმებს და კერძოდ ბაქტერიულ ორგანიზმებს, ნიადაგში საკმაოდ დიდი ადგილი უკავია. ნ. კრასილნიკოვის მონაცემებით ნაყოფიერი ნიადაგის ყოველი ჰექტარი 5 — 7 ტ მიკრობულ ნივთიერებას შეიცავს. ბიოლოგიურად ეს ნივთიერებები ნიადაგის მეტად აქტიური ნაწილია. მისი ცხოველმყოფელობა განსაზღვრავს ნიადაგში ასიმბიოციისა და დისბიოციის, სინთეზისა და დაშლის, საზოგადოდ ნიადაგთწარმოქმნის პროცესსა და მის ხასიათს.

სოკოებისა და ბაქტერიების შესახებ უნდა აღინიშნოს შემდეგი: ყველა სოკო აერობია, ბაქტერიები კი როგორც აერობი, აგრეთვე ანაერობი. სოკოები ცხოვრობენ და ვითარდებიან მჟავე რეაქციის (ტყის) ნიადაგების პირობებში და მთრიმლავი ორგანული ნივთიერებების დაშლის უნარი აქვთ. ცხოველმყოფელი მოქმედებისათვის ბაქ-

ტერიებს ესაჭიროებათ ნეიტრალური ან სუსტი ტუტე რეაქციის მქონე ნიადაგი. ბაქტერიები მორიჟლავ ნივთიერებებს ვერ შლიან.

ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებია: ვიტამინები, აუქსინი, ზრდის სტიმულატორები და ანტიბიოტიკები. იმ მიკროორგანიზმებს, რომლებსაც ასეთ ნივთიერებათა წარმოქმნის უნარი აქვთ, ნ. კრასილნიკოვი აქტივატორ მიკრობებს უწოდებს. მცენარისა და ცხოველის პათოგენური მიკროორგანიზმებისაგან დამცველ მიკრობებს ანტაგონისტი მიკროორგანიზმები ეწოდება, ხოლო მათი ცხოველმყოფელობით წარმოქმნილ ნივთიერებებს კი — ანტიბიოტიკები.

ტოქსიკური ორგანიზმების სინთეზის მომხდენ მიკროორგანიზმებს, რომლებიც მცენარეზე, მიკროფლორაზე და მიკროფაუნაზე უარყოფითად მოქმედებენ, მიკრობ-ინგიბიტორები ეწოდებათ.

ი. პეივეს მიხედვით ბიოტური ნივთიერებებიდან, რომლებიც ნიადაგში გვხვდება, აღსანიშნავია ვიტამინების ჯგუფიდან B, C, K, ინოზიტი, ბიოტინი, ნიკოტინის, პანტოტენის, პარამინობენზონის მჟავები, ჰეტეროაუქსინი, ჰიბერელლინის მჟავა და სხვ.

ვიტამინებს, როგორც ფიზიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს, მიკროორგანიზმების, მცენარეებისა და ცხოველების ნივთიერებათა ცვლაზე ინტენსიური ზემოქმედების უნარი აქვთ. ნ. კრასილნიკოვის მიხედვით ნიადაგში გვხვდება ვიტამინების არა მარტო მთელი მოლეკულები, არამედ მათი ცალკე ნაწილებიც, რომლებიც მთელ რიგ ორგანიზმებზე მოქმედებენ ისე, როგორც მთელი მოლეკულები.

ნ. კრასილნიკოვის გამოკვლევებით ვიტამინების მეტი რაოდენობა იმ ნიადაგებშია, სადაც მიკრობიოლოგიური პოცესების მიმდინარეობა ინტენსიურია. ეს ნივთიერებები, მაგალითად, შავმიწებში მეტია, ვიდრე ეწერებში (ცხრ. 13). ვიტამინების შემცველობაზე დიდ გავლენას ახდენს აგრეთვე მცენარეთა საფარის ხასიათიც.

ცხრილი 13

ვიტამინებისა და ბაქტერიების შემცველობა სხვადასხვა ნიადაგებში (ნ. კრასილნიკოვი)

ნიადაგი	მილიგრამებით 100 გ ნიადაგში			ბაქტერიები მილიონ გ-ობით
	რიბოფლავინი	თიამინი	ბიოტინი	
შავმიწა (მოლდავეთის სსრ) .	98,0	4,5	45	1500
ეწერი (მოსკოვის ოლქი) .	5,0	1,2	25	0,5

რიზოსფეროს არეში ბიოტური ნივთიერებები ბევრად მეტია, ვიდრე მის გარეთ.

ბიოტური ნივთიერებების რაოდენობა მკვეთრად იცვლება ტემპერატურის, ტენისა და წელიწადის დროის მიხედვით; ვიტამინები ნია-

ვიტამინებისა და მიკროორგანიზმების შემცველობა შუა აზიის სხვადასხვა  
მცენარეებით დაკავებულ ნიადაგებში

ნიადაგი	მილიგრამობით 100 გ ნიადაგში		მიკროორგანიზმ- ბი მილიონ გ-ობით
	თიამინი	ბიოტინი	
1. ყამირო . . . . .	0	+	0,1
2. გაკულტურებული (12 წლის იონჯის ნა- თესი) . . . . .	6,5	38,0	4500
3. გაკულტურებული (ნარბილი, ბამბის ნა- თესი) . . . . .	3,0	18,0	1500

დაგში ვეგეტაციის დასასრულს (ავვისტო-სექტემბერში) უფრო მეტია, ვიდრე გაზაფხულზე.

ვიტამინები უშუალოდ გავლენას ახდენენ არა მარტო მცენარეზე, არამედ ნიადაგში მიმდინარე ბიოქიმიურ პროცესებზე; მაგალითად, ბიოტინი (H ვიტამინი) და ასკორბინმჟავა ხელს უწყობს მცენარეს აზოტის შეთვისებაში. ამავე დროს ამ უკანასკნელის მოქმედებით ინტენსიურდება აზოტბაქტერიის აზოტის ფიქსაციის პროცესი. დიდი ვიტამინების როლი ფოსფორის გარდაქმნის ბიოქიმიურ პროცესებში. ვიტამინები აქტიურად მონაწილეობენ მცენარის CO<sub>2</sub> ასიმილაციის პროცესში.

ნიადაგში გვხვდება აგრეთვე ულტრამიკროსკოპული ორგანიზმები — ბაქტერიოგრაფი და ბაქტერიულ ფილტრში გამავალი ბაქტერიები.

ნიადაგში დიდი რაოდენობით ცხოვრობენ წყალმცენარეები — ლურჯ-მწვანე (Cyanophyceae), მწვანე (chlorophyceae) და დიატომები (Diatomeae), ზოგიერთი მათგანისათვის ნიადაგი შემთხვევით „ბინას“ წარმოადგენს, ზოგისთვის მუდმივ ადგილსამყოფელს. განსაკუთრებით დიდა წყალმცენარეების რაოდენობა ნიადაგის ზედაპირულ ფენაში (სახნავი ჰორიზონტი); აქ ნიადაგის ყოველი 1 გ წყალმცენარეების 5000 — 1000 ცალ უჯრედს შეიცავს. ამ ორგანიზმების რაოდენობა წელიწადის დროსთან დაკავშირებით შესამჩნევად იცვლება, მათი მაქსიმუმი გაზაფხულზეა, მეტი ტენიანობის დროს, ხოლო მინიმუმი — ზამთარში.

ნიადაგის ზედა ფენაში მცხოვრები წყალმცენარეები ავტოტროფულად იკვებებიან, ღრმა ფენების წყალმცენარეები კი, — მზა ორგანული ნივთიერებებით.

წყალმცენარეები ქანების ბიოლოგიურ გამოფიტვაში და საზოგადოდ, ნიადაგთწარმოქმნის პროცესში აქტიურ როლს ასრულებენ. ზოგიერთ მათგანს (მაგალითად, Nostoc-ს) თავისუფალი ატმოსფერ-

რული აზოტის ფიქსაციის უნარიც აქვს. ამის გამო ეს ორგანიზმები, ქემოტროფ ბაქტერიებთან ერთად, ნაშალზე ორგანული ნივთიერებების დამაგროვებელ ერთ-ერთ პირველ ორგანიზმებად ითვლებიან.

ნიადაგში მცხოვრებ მიკროფაუნის ჯგუფიდან აღსანიშნავია უმარტივესნი (Protozoa). ამ ჯგუფის ყველა წარმომადგენელი ერთუჯრედებიანია. ცხოვრობენ უმთავრესად ნიადაგის 0—15 სმ ფენაში. ეს ორგანიზმები დიდი რაოდენობით ჩნდებიან გაზაფხულზე, ზაფხულსა და ზამთარში კი ისინი ცისტს იკეთებენ. Protozoa-ს ჯგუფიდან ნიადაგში ვხვდებით ამებას (Rhizopoda), შოლტოსანს (Flagellata) და ინფუზორიას (Ciliata).

Protozoa-ს სხვადასხვა სახის განვითარებისათვის სხვადასხვა პირობაა საჭირო. ზოგი ტენს მცირე რაოდენობით მოითხოვს, ზოგი, პირიქით, ნაკლებ ტენიანობას ვერ იტანს; ზოგიერთი აქტივობას ჰკარგავს 44° ტემპერატურაზე, ზოგი კი მხოლოდ 54°-ზე და ასე შემდეგ.

აღსანიშნავია, რომ ამ ჯგუფის ორგანიზმთა ზოგიერთი სახე სიმბიოზურ ცხოვრებას ეწევა მწვანე წყალმცენარეებთან უმარტივესთა დიდი უმრავლესობა პეტროტროფებია, იკვებებიან ბაქტერიებითა და სოკოებით. ეს გარემოება, რა თქმა უნდა, უარყოფითი მოვლენაა. საერთოდ უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ორგანიზმების როლი ნიადაგში ჯერჯერობით კარგად არ არის შესწავლილი. მათ გამრავლებაზე უარყოფითად მოქმედებს მრავალწლიანი ბალახების თესვა და ნიადაგის დაკორდება (რასელი).

### ბიოლოგიური პროცესები ნიადაგში

ნიადაგთწარმოქმნა ხასიათდება ნივთიერებათა გარდაქმნის რთული პროცესებით. ამ პროცესში მონაწილეობენ ქლოროფილიანი და უქლოროფილო ორგანიზმები. ეს ორგანიზმები ნიადაგთწარმოქმნის პროცესში საერთოდ, და კერძოდ, ნიადაგის ნაყოფიერების შექმნაში, პირველხარისხოვან როლს ასრულებენ.

ორგანული ნივთიერებების სინთეზში უდიდესი როლი მწვანე მცენარეებს ეკუთვნის, მკვდარი ორგანული ნივთიერების გარდაქმნა კი ნიადაგში ძირითადად მიკროორგანიზმთა პირდაპირი მონაწილეობით ხორციელდება. მიკრობთა მოქმედების საშუალებით ორგანულ ნივთიერებათა მთავარი ჯგუფები — ცილები, ნახშირწყლები და ცხიმები თანდათან იშლებიან მარტივ ნაერთებად — მცენარეთა საკვებ ნივთიერებებამდე. მიკრობების მნიშვნელობის შესახებ ლუი პასტერი აღნიშნავს, რომ ეს „უსასრულოდ მცირე არსებები, უსასრულოდ დიდ როლს“ ასრულებენ დედამიწაზე ორგანულ ნივთიერებათა გარდაქმნის საქმეში. ნიადაგში, ჩვეულებრივ, ერთად ბინადრობს და მოქმედებს

მიკრობთა სხვადასხვა სახე. მათ ერთმანეთთან და მცენარესთან ნოქმედებას სიმბიოზური ან საწინააღმდეგო მოქმედების ხასიათი აქვს. მიკროორგანიზმთა ასეთ დიდ როლს ორი გარემოება განსაზღვრავს: 1. მიკრობთა განსაკუთრებით სწრაფი გამრავლების უნარი და 2. სხვადასხვა ჯგუფის მიკროორგანიზმთა თავისებურება — ერთიმეორისაგან სრულიად განსხვავებულ პირობებში გარდაქმნან ორგანული ნივთიერებანი.

მიკროორგანიზმები სასიცოცხლო პროცესებისათვის ქიმიური რეაქციების შედეგად გამოყოფილ ენერგიას იყენებენ. ნიადაგის მიკროორგანიზმთა დიდი ნაწილი (ჰეტეროტროფები) ენერგიის წყაროდ მწვანე მცენარის ორგანული ნაშთების დაშლის შედეგად გამოყოფილ ენერგიას იყენებს. მიკროორგანიზმთა მოქმედება ამის მიხედვით მწვანე მცენარის საწინააღმდეგოა. მიკროორგანიზმებს, მცენარის მიერ სინთეზირებული ორგანული ნივთიერებების დაშლის დროს, კინეტოკურ ფორმაში გადაყავთ ამ ნივთიერებაში არსებული პოტენციური ენერგია, რომლის ნაწილს ეს ორგანიზმები თვითონ იყენებენ სასიცოცხლო პროცესებისათვის (პლაზმის შექმნა), ნაწილს კი სიტბოს სახით გამოყოფენ.

ნიადაგის მიკროორგანიზმები, კვების პირობების მიხედვით, იყოფა ორ ძირითად ჯგუფად: 1. ავტოტროფებად (ქემოაქტერიები — პროტოტროფები) და 2. ჰეტეროტროფებად (მეტატროფები).

ავტოტროფები ქმნიან ორგანულ ნივთიერებებს, მინერალური ნივთიერებების, ჰაერის CO<sub>2</sub>, აზოტისა და მარტივ ნაერთთა დაყენების შედეგად მიღებული ენერგიის საშუალებით. ჰეტეროტროფები, პირიქით, შლიან ორგანულ ნივთიერებას, რისთვისაც საკვებად იყენებენ მზა ორგანულ (მკვდარ ორგანულ ნივთიერებას) ნაერთებს, ხოლო ენერგიის წყაროდ — ამ ნივთიერების დაშლის შედეგად განთავისუფლებულ ენერგიას.

ჩვენს გეოლოგიურ ეპოქაში ორგანული ნივთიერებების ქემოტროფულ სინთეზს მეორეხარისხოვანი ადგილი უკავია. მთავარი როლი ორგანული ნივთიერებების სინთეზში მწვანე მცენარეს ეკუთვნის. დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობის შორეულ წარსულში კი, პირიქით, ორგანული ნივთიერებების სინთეზი ძირითადად ქემოტროფული ხასიათისა იყო. ამის შესაბამისად მიკრობიოლოგიურ პროცესში ჰეტეროტროფების როლი, ნიადაგთწარმოქმნის პირველადი პროცესიდან ჩვენს ეპოქამდე, თანდათან იზრდება. ეს ორგანიზმები (ჰეტეროტროფები) როგორც რიცხობრივად, ისე სახეობრივად, ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის მაღალ საფეხურზე ბევრად მეტია, ვიდრე დაბალ საფეხურზე. ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის მაღალ საფეხურზე დიდი როლდენობით სინთეზირებული ორგანული ნივთიერებების დაშლა

ჰეტეროტროფული მიკროორგანიზმების პირდაპირი მონაწილეობით ხორციელდება.

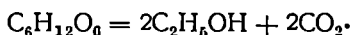
ჰეტეროტროფი და აუტოტროფი მიკროორგანიზმების სიმბიოზი მწვანე მცენარეებთან განსაზღვრავს ნიადაგში ნივთიერებათა გარდაქმნის — სინთეზისა და ანალიზის — ბიოლოგიურ ციკლს.

ნიადაგის ორგანული ნივთიერებები შედგენილობის მიხედვით შეიძლება ორ მთავარ ჯგუფად დაიყოს: 1. უჯვოტო და 2. აზოტიან ნივთიერებებად. პირველს ეკუთვნის ნახშირწყლები — ორგანული მჟავები და ცხიმები, მეორეს კი მცენარეული და ცხოველური ნაშთების ცილები — ამინომჟავები, ამიდები, ჰუმუსის მჟავები და ზოგიერთი სხვა ნივთიერება.

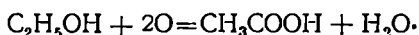
უჯვოტო ორგანული ნაერთები ნახშირბადის ბრუნვის ძირითადი წყაროა. ნახშირბადი ორგანული ბუნების მნიშვნელოვანი ელემენტია; დედაშიწაზე მისი ბრუნვის პროცესს განსაზღვრავს, ერთი მხრივ, მწვანე მცენარე და, მეორე მხრივ, ყველა სხვა ორგანიზმის — ცხოველებისა და უქლოროფილო ორგანიზმების, შეწყობილი მოქმედება.

უჯვოტო ორგანული ნივთიერების დაშლა. ტიპიურ ხსნად უჯვოტო ორგანულ ნივთიერებას წარმოადგენს გლუკოზა ( $C_6H_{12}O_6$ ), რომელიც დუდილის პროცესში მონაწილე მიკროორგანიზმთა სახეების მიხედვით, სხვადასხვაგვარი დაშლის პროდუქტებს წარმოქმნის.

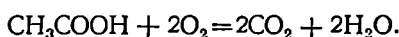
1. საფუარა სოკოების მოქმედებით  $C_6H_{12}O_6$  იშლება:



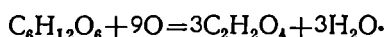
წარმოქმნილი ეთილის სპირტი ძმარმჟავას ბაქტერიებით იქანგება და წარმოიქმნება ძმარმჟავა და წყალი:



მთელი ეთილის სპირტის დაქანგვის შემდეგ. უკანასკნელს ბაქტერიები უანგავენ ნახშირორქანგამდე.

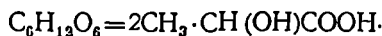


2. *Aspergillus niger*-ის და სხვა ობის სოკოების საშუალებით გლუკოზა დუდილის დროს იქანგება მჟაუნმჟავად:

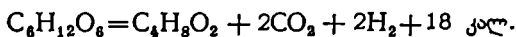


დაქანგვის პროცესი აქ შეიძლება ნახშირორქანგის წარმოქმნამდე მივიღეს.

3. ფაკულტატურ ანაერობ რძემჟავა ბაქტერიების მოქმედებით გლუკოზა (აგრეთვე ჰექსოზა, ცელულოზა და გალაქტოზა) იშლება რძემჟავად.



4. ანაერობულ პირობებში რამდენიმე ანაერობი ბაქტერიის მოქმედებით ადგილი აქვს დუღილს, (პირველად 1861 წელს აღმოაჩინა პასტერმა), რის შედეგადაც გამოიყოფა ცხიმის მკაევა, ნახშირორჟანგა და წყალბადი.



აღსანიშნავია, რომ ცხიმის მკაევა წარმოიქმნება არა მარტო ნახშირწყლების, არამედ ცილების, რძემკაევის და მაღალმოლეკულური სპირტების დაშლის შედეგადაც; ამრიგად, აერობულ პირობებში გლუკოზას დაშლის შედეგად ადგილი აქვს ძმრისა და მკაუნმკაევის, ნახშირორჟანგისა და წყლის, ხოლო ანაერობულ ჟანგვა-აღდგენის პირობებში კი ცხიმის მკაევის, წყალბადის, ნახშირორჟანგის (აგრეთვე, მეთანისა და წყლის) წარმოქმნას.

ცნობილია, რომ მცენარეული ნაშთების ძირითადი მასა ცელულოზისაგან შედგება. ანიტომ ამ ნივთიერებებს დაშლის სახეების შესწავლას როგორც მეცნიერული, ისე პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ცელულოზის დაშლის დროს მიმდინარეობს ორმხრივი პროცესი — წყალბადისა და მეთანის გამოყოფის პროცესი. ეს პროცესები გამოწვეულია ერთიმეორის მსგავსი ბაცილებით. ეს ბაცილები აღმოაჩინა და შეისწავლა აკად. ვ. ომელიანსკიმ. ცელულოზის დაშლა პირველ საუბუნურზე ენზიმურ ჰიდროლიზს განიცდის, რის შედეგადაც ცელულოზიდან წარმოიქმნება გლუკოზა. შემდეგ ეს უკანასკნელი ზემოაღწერილი დუღილის ერთ-ერთი სახის მიხედვით იშლება. ცელულოზის ასეთი დაშლა ანაერობულ პირობებში მიმდინარეობს. ცელულოზას აერობულ პირობებში შლიან ბაქტერია *Cytophaga Hutchinsoni*-ი, ობის სოკოები, პარაზიტი სოკოები, საპროფიტი სოკოები და სხვ.

აერობულ პირობებში ცელულოზის დაშლის საბოლოო პროდუქტებია: წყალი, ნახშირორჟანგი, ზოგიერთი ორგანული მკაევა და სხვა ნაერთი. ცელულოზის დამშლელი მიკროორგანიზმები ნიადაგში მეტად ფართოდაა გავრცელებული. ცელულოზის დაშლის პროცესში მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ აგრეთვე სოკოები, რომელთაგან განსაკუთრებით აღსანიშნავია: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma* და სხვ. სოკოები ცელულოზას აერობულ პირობებში შლიან და გამოიყოფა  $CO_2$ -ის დიდი რაოდენობა.

ნახშირწყლების ბიოქიმიური დაშლის პროცესების დროს ხდება მიკრობთა ინტენსიური გამრავლება და, მაშასადამე, ამ ორგანიზმთა შემადგენელი რთული ცილოვანი ნივთიერების სინთეზი. მიკრობთა სიკვდილის შემდეგ ნიადაგის მცენარეულ და ცხოველურ ცილოვანი ნივთიერებებთან ერთად ეს ცილოვანი ნივთიერებები მიკრობიოლოგიურ გარდაქმნას განიცდიან. ცდებით დამტკიცებულია, რომ მიკრო-

ბული ცილის ყოველი ერთი გრამის შესაქმნელად 10 გ უაზოტო ორგანული ნივთიერებების დაშლა ხდება ნიადაგში.

**აზოტიანი ორგანული ნივთიერებების დაშლა.** ამ ნივთიერებების დაშლის პროცესს განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ნიადაგში აზოტის, როგორც მთლიანი რაოდენობის, ისე მისი სხვადასხვა ფორმის ნაერთების შემცველობის მხრივ.

აზოტის მარაგი ბუნებაში, კერძოდ ჰაერში, მეტად დაბალია. ამის დამადასტურებელია ის, რომ ყოველ ჰექტარ ფართობზე, ატმოსფერული ჰაერის სვეტში, მოლეკულური აზოტის რაოდენობა დაახლოებით 80.000 ტონას უდრის. მიუხედავად ამისა, მისი რაოდენობა ნიადაგში საშუალოდ 0,15 — 0,25% არ აღემატება. ეს გარემოება გამოწვეულია იმით, რომ მცენარეს შეუძლია აზოტიანი ნაერთების მხოლოდ მცირე ჯგუფი გამოიყენოს. მცენარე უშუალოდ ვერ იყენებს მარტო ატმოსფერულ აზოტს, მისთვის ბმული ფორმის მრავალი აზოტიანი ნაერთიც მიუწვდომელია. მიკრობთა ცხოველმყოფელი მოქმედების შედეგად ბუნებაში ადგილი აქვს მცენარისათვის აზოტის მისაწვდომ ჰდგომარეობაში მოქცევას.

ამ მხრივ ამ ნივთიერებათა ბიოლოგიურ ბრუნვის პროცესებიდან აღსანიშნავია: 1. ამონიფიკაცია, 2. ნიტროფიკაცია, 3. მოლეკულური აზოტის ფიქსაცია და 4. დენიტრიფიკაცია.

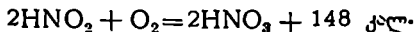
მცირე გამონაკლისის გარდა აზოტიანი ორგანული ნაერთები (ასპარაგინი) რთული ცილოვანი ნივთიერებებია. ამ ნივთიერებათა დაშლას ენზიმური ხასიათი აქვს. მრავალი სახის, როგორც აერობ, ისე ანაერობ მიკრობთა უჯრედის წვენის შემცველი განსაკუთრებული ნივთიერება — ენზიმი პროტეოლიტი — აზოტშემცველ ორგანულ ნივთიერებაზე მოქმედებს და მის ჰიდროლიზს იწვევს. ამ პროცესის (ჰიდროლიზის) შედეგად ცილა იხსნება, შემდგომი გარდაქმნით ჯერ წარმოიშობა პეპტინი და ალბუმინი, ხოლო ამ უკანასკნელთა დაშლით კი — ამიდონაერთები (ლეიცინი, ტიროზინი, ალანინი, ასპარაგინმჟავა და სხვ). როგორც სახელწოდება გვიჩვენებს, ყველა ეს ნაერთი შეიცავს ამიდის ჯგუფს ( $NH_2$ ). ეს ნივთიერებები ორი ტიპის ნაერთია: 1. ცხიმოვანი რიგის ნაერთები ნახშირბადოვანი ატომების ღია ჯაჭვით (მაგალითად, ლეიცინი, ასპარაგინმჟავა და სხვ.) და 2. არამატული რიგის ნაერთები — ნახშირბადოვანი ატომების ციკლური დაჯგუფებით, ე. ი. ბენზოლის ბირთვით (მაგალითად, ტიროზინი და სხვ.). აქედან პირველი რიგის ნაერთები ადვილად იშლებიან, გამოიყოფა ამონიაკი და ცხიმოვანი რიგის ორგანული მჟავები. ამ უკანასკნელთა დაუანგვის შედეგად კი დაშლა შეიძლება სრულ მინერალიზაციამდე მივიდეს ( $H_2O$  და  $CO_2$  წარმოქმნამდე).

ამინომჟავები წყალში ადვილად იხსნება და მიკროორგანიზმთა





2. აზოტოვანი მკავა Nitrobacter-ის მოქმედებით იყვანება აზოტ-მკავად.



აზოტმკავა ნიადაგის ფუძეებს შეუერთდება და წარმოშობს აზოტ-მკავას მარილს, რომელიც მცენარის ადვილად მისაწვდომი საკვები აზოტიანი ნაერთია. ამიტომ დიდი საწარმოო მნიშვნელობა აქვს ნიტრიფიკაციის ხელშემწყობი პირობების შექმნას ნიადაგში. ნიტრიფიკაციის პროცესი ინტენსიურად მიმდინარეობს კარგი აერაციის ნიადაგებში. ნიტრიფიკაციის ბაქტერიები ძლიერ მკავე ( $<4\text{pH}$ ) და ძლიერ ტუტე ( $>9\text{pH}$ ) რეაქციის ნიადაგებს გარდა ყველა ნიადაგში გვხვდება. მათი რაოდენობა ნიადაგის აერაციის ხარისხის შესაბამისად დიდ ფარგლებში მერყეობს (ერთ გრამ ნიადაგში 50 — 100 ბაქტერიიდან 20.000 — 22.000-მდე). ეს ბაქტერიები, როგორც აერობები, გავრცელებულია უმთავრესად ნიადაგის ზედა ფენაში.

შავმიწა ნიადაგში ნიტრიფიკაციის პროცესი ენერგიულად მიმდინარეობს. ბიციან და ბიცობიან ნიადაგებში ეს პროცესი საკმაოდ შეზღუდულია. რუხ ნიადაგებში, დიდი სიმშრალის გამო, ნიტრიფიკაციის პროცესი შესამჩნევად არის დაქვეითებული. აღმოსავლეთ საქართველოს მიწათმოქმედების ზონის ნიადაგებში ნიტრიფიკაციის პროცესი უფრო ინტენსიურია, ვიდრე დასავლეთ საქართველოს კარბტენიან ნიადაგებში. საერთოდ ნიადაგის ზედა ფენებში ნიტრიფიკაციის პროცესი უფრო ძლიერი გამოხატულებისაა, ვიდრე ქვედა ფენებში. მ. ფედოროვის მიხედვით ნიტრიფიკაციის პროცესი მეტად ენერგიულად მიმდინარეობს ჰუმისით მდიდარ, ნეიტრალურ (ან სუსტი ტუტე) რეაქციის ნიადაგში, რომელშიც ტენიანობა სრული ტენტევადობას 40 — 70% შეადგენს და ტემპერატურა 25 — 35° უდრის. ასეთ პირობებში 1 წლის განმავლობაში 1 კგ ნიადაგში წარმოქმნილი ნიტრატების რაოდენობა 100 მგ-ს უახლოვდება (ლებედიანცევი), რაც ჰექტარზე გადაყვანით 300 კგ-ს შეადგენს.

ცილოვანი ნივთიერებების დაშლის პროცესში მნიშვნელოვანი როლი ეკუთვნის აგრეთვე სოკოებს, რომელთაგან აღსანიშნავია Moniliaeal-ს ოჯახის სოკოები. ამ ორგანიზმთა როლი განსაკუთრებით დიდია ტყის ნიადაგების ორგანულ ნივთიერებათა დაშლაში.

არომატული რიგის ამინომკავებს, როგორც ციკლურ ნაერთებს, მიკროორგანიზმთა ზემოქმედებისაღმი დიდი გამძლეობის უნარი აქვთ. ამის გამო მათი დაშლა მეტად ნელა მიმდინარეობს.

### აბმოსფერული აზოტის ფიქსაცია

ნიადაგის აზოტის ბალანსში ატმოსფერული აზოტის ფიქსაციის პროცესს დიდი მნიშვნელობა აქვს. ატმოსფერული აზოტის ბიოლო-

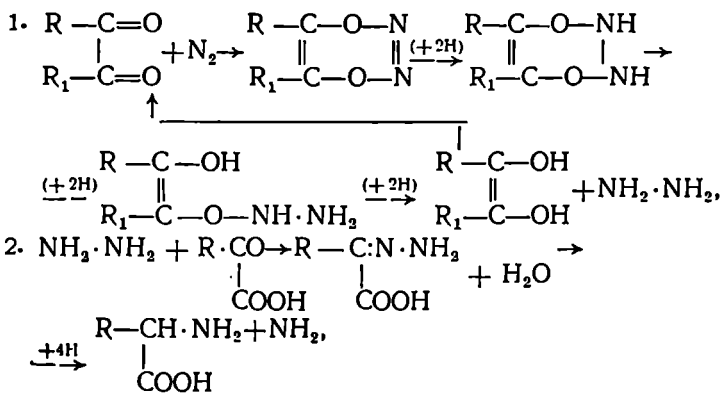
გიური ფიქსაციის დიდ მნიშვნელობას განსაზღვრავს ის, რომ არც ერთ მწვანე მცენარეს ჰაერის აზოტით კვება არ შეუძლია.

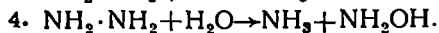
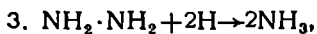
ჰაერის აზოტის გამოყენების ორი გზა არსებობს: 1. ტექნიკური და 2. ბიოლოგიური. პირველი ხორციელდება ქარხნული წესით, ხოლო მეორე უშუალოდ ნიადაგში აზოტის ფიქსატორი ბაქტერიების საშუალებით.

აზოტფიქსატორი ბაქტერიები მასობრივადაა გავრცელებული ნიადაგში, ისინი ატმოსფერული აზოტის ფიქსაციას დიდი რაოდენობით აწარმოებენ. ატმოსფერული აზოტის ფიქსატორებიდან აღსანიშნავია უშუალოდ ნიადაგში მცხოვრები *Azotobacter chroococum*-ი, *clostridium Pasterianum*-ი, ზოგიერთი სოკო, წყალმცენარე და პარკოსნებთან სიმბიოზურად მცხოვრები კოყრის ბაქტერიები. *Azotobacter*-ი 1901 წ. ბეირინკიმ ბალის ნიადაგში აღმოაჩინა. ეს მიკრობი აერობულია, მრავლდება მეტად სწრაფად, იყენებს ორგანულ ნივთიერებათა მრავალგვარ ნაერთებს, განსაკუთრებით ორგანულ მჟავებს. ამ ბაქტერიის მოლეკულური აზოტის ფიქსაციის ქიმიზმის საკითხის შესახებ მრავალი აზრია გამოთქმული. ბოლო დროის გამოკვლევების მიხედვით ეს პროცესი შემდეგნაირად მიმდინარეობს.

მ. ფედოროვის გამოკვლევებით აზოტფიქსაციის პროცესი ფერმენტული ხასიათისაა. ამ ფერმენტს ის ნიტროგენოქსიდაზს უწოდებს. მის შედგენილობაში შედის თავისუფალი ორი კარბონილის ჯგუფი, რომლებიც მონაწილეობენ აზოტის ფიქსაციის პროცესში, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ჰიდრაზინის ტიპის პირველადი ნაერთი; იგი შემდეგ აქტიური წყალბადით აღდგება და გარდაიქმნება ამინომჟავად. უკანასკნელს კი იყენებენ აზოტბაქტერის უჯრედის ცილოვან ნივთიერებათა სინთეზისათვის.

მ. ფედოროვის მიხედვით ეს პროცესი შემდეგი სქემით მიმდინარეობს:





*Clostridium Pasterianum*-ი 1895 წ. გამოჰყო ს. ვინოგრადსკიმ. ეს ბაქტერია ობლიგატური ანაერობია, ე. ი. მას ცხოვრება შეუძლია მხოლოდ სრულ ანაერობულ პირობებში. კლოსტრიდიუმი სიმბიოზურ დამოკიდებულებაშია ზოგიერთ აერობ საპროფიტ ბაქტერიებთან. საპროფიტები თავიანთი სუნთქვით ხარჯავენ ჰაერის უანგბადს და ამით სრულ უუანგბადო პირობებს უქმნიან კლოსტრიდიუმს აზოტის შესათვისებლად.

კლოსტრიდიუმის მიერ აზოტის ფიქსაციის ქიმიზმი ჯერ კიდევ კარგად არ არის შესწავლილი.

მ. ფედლოროვა ამ ბოლო დროს ამის შესახებ აზრი გამოთქვა, რომ კლოსტრიდიუმით ატმოსფერული აზოტის ფიქსაციის პროცესის მექანიზმი ისეთივე უნდა იყოს, როგორც აზოტბაქტერიით აზოტის ფიქსაციისა.

*Clostridium*-ი თავისი ცხოველყოფილი მოქმედებით ნიადაგის აზოტის ბალანსში მეტად დიდ როლს ასრულებს.

1 გ ნიადაგი შეიცავს *Azotobacter*-ს 0 — 10.000, ხოლო *clostridium*-ს 100—1000000. ეს ბაქტერიები კარგად ვითარდებიან სუსტი მჟავე რეაქციის ნიადაგში (pH=6), 25 — 30° ტემპერატურის პირობებში.

მოლეკულური აზოტის ფიქსაციის პროცესში მეტ-ნაკლებად მონაწილეობენ აგრეთვე *Azotomonas insolita*, *Azotomonas fluorescens* და ზოგიერთი სხვა ბაქტერია:

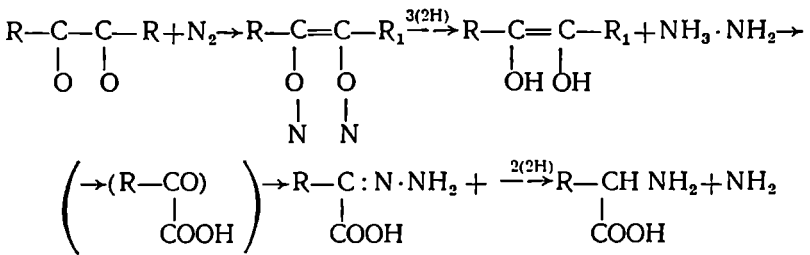
მოლეკულური აზოტის ფიქსაციის გასაძლიერებლად ნიადაგში შეაქვთ სპეციალური ბაქტერიული სასუქი — აზოტოგენი (აზოტბაქტერი შერეული კირიანი ტორფის ფხენილში). ატმოსფერული აზოტის ფიქსაციის პროცესში *Azotobacter*-ისა და *Clostridium*-ის გარდა, შეილძება მონაწილეობდნენ სოკოები და წყალმცენარეები. სოკოებიდან — *Phoma*, *Macrosporium*, *Commune*, *Alternaria* და სხვ. ამ სოკოების დიდი უმრავლესობა გვხვდება ტყის ნიადაგებში, სადაც ისინი აზოტის ფიქსაციის პროცესში მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ, თუმცა მათი როლი ამ მხრივ ნაკლებია, ზემოჩამოთვლილ ბაქტერიებთან შედარებით. მოლეკულური აზოტის ფიქსაციას მრავალი წყალმცენარეც ახდენს. ამათ რიცხვს ეკუთვნის უკვე კარგად შესწავლილი *Nostoc Woscoum*-ი, რომელიც ატმოსფერული აზოტის ფიქსაციას დამოუკიდებლად აწარმოებს.

მოლეკულური აზოტის ფიქსაციას აგრეთვე კოჟრის ბაქტერიები აწარმოებენ. ეს ბაქტერიები პარკოსანი მცენარეების ფესვების კოჟრებში ცხოვრობენ.

პარკოსანი მცენარეების როლი აზოტით კვების მხრივ ადრე იყო შემჩნეული 1865 წ. მ. ვორონინმა პირველმა აღნიშნა ამ ბაქტერიების არსებობა, ხოლო 1888 წ. ეს ბაქტერიები ბეირინკმა სუფთა კულტურის სახით გამოჰყო და *Bacterium radicolosa* უწოდა

ნიადაგიდან მცენარეში *radicolosa*-ს შესვლის მექანიზმი მთელმად რიგმა მკვლევარებმა შეისწავლეს. ეს ბაქტერია ფესვში დაზიანებული ფესვის ბუსუსიდან ან ეპიდერმისის უჯრედიდან შედის. მისი ბეწვისებრი გამოწარადი ფესვის ქერქის პარენქიმის უჯრედში შეიჭრება, რის შემდეგაც ფესვის ამ ნაწილის უჯრედები გაძლიერებულ გამრავლებას იწყებენ და კოყრს წარმოქმნიან.

კოყრის ბაქტერიების აზოტის ფიქსაციის ქიმიზმის შესახებ მეცნიერებაში სხვადასხვა შეხედულებაა. (ვირტანენი, ვინოგრადსკი, ფედოროვი და სხვ.). მ. ფედოროვის მიხედვით ამ პროცესში მონაწილეობენ სპეციალური ფერმენტები, რომლებიც კარბონილ ჯგუფებს შეიცავს. ფიქსაციის პროცესი მიმდინარეობს იმავე სქემით, როგორც ეს აღნიშნული იყო აზოტბაქტერის აზოტფიქსაციისათვის.



შემჩნეულია, რომ *radicolosa*-ს პარკოსანი მცენარის ფესვში შეჭრა აზოტით ღარიბ ნიადაგზე უფრო ადვილად ხდება. პარკოსანი მცენარე თანამცხოვრებ ბაქტერიას აძლევს უაზოტო (შაქრები) ორგანულ ნივთიერებებს, რომელთაც ბაქტერია გადაამუშავებს. ეს ნივთიერება უერთდება ასიმილირებულ მოლეკულურ აზოტს, რომლის ნაწილსაც თვითონ ბაქტერია ხმარობს თავისი ორგანიზმის ცილოვანი ნივთიერებების შესაქმნელად, ნაწილს კი ისეთი ფორმით გამოდენის გარეთ, რომ მას პარკოსანი მცენარე საკვებად იყენებს. კოყრის ბაქტერიების განვითარება-გამრავლებაზე დიდ გავლენას ახდენს აერაცია. კარგი აერაციის ნიადაგში კოყრები უფრო მეტად ვითარდებიან, ცუდი აერაციის პირობებში კი, პირიქით, კოყრების განვითარება პარკოსნებზე სუსტია. ეს ბაქტერიები კარგად ვითარდებიან 5,5 — 7 pH, 18 — 25° ტემპერატურის პირობებში. კოყრის ბაქტერიებს კარგ პირობებში 1 გ ნიადაგი 100.000 — 1.000.000 ინდივიდამდე შეიცავს.

რადგან კოყრის ბაქტერიები ნიადაგში მნიშვნელოვანი რაოდენო-

ბით აგროვებენ აზოტს, ამიტომ პარკოსნების ნათესი კარგ წინამორბედად ითვლება მარცვლოვანებისათვის (პურეულებისათვის).

ატმოსფერული აზოტის ფიქსაციას სიმბიოზურ პროცესში პარკოსნების გარდა ზოგიერთი სხვა მცენარეც აწარმოებს, მაგალითად, *Alnus* (თხმელა), *Eleagnus* (ფშატი), *Myrica Podocarpus* და სხვ. თხმელის ფესვებზე სიმბიოზურად ცხოვრობს არა აზოტის ფილსატორი სოკო *Schinzia alni*, როგორც ეს პირველად ვორონინმა აღნიშნა, არამედ პროაქტინომიცეტის სიმბიოზური ფორმა — სიმბიოზური ბაქტერია, რომელიც კოჟრის ბაქტერიას უახლოვდება.

კოჟრის ბაქტერიების ხელოვნური მომრავლების მიზნით, ნიადაგში შეაქვთ ბაქტერიული სასუქი — ნიტრაგინი.

### ნიტრატების აღდგენის პროცესი — დენიტრიფიკაცია

ნიადაგში ადგილი აქვს ნიტრიფიკაციის საწინააღმდეგო, ნიტრატების აღდგენის ანუ დენიტრიფიკაციის პროცესს, რომელსაც იწვევს *Bact. denitrificans*, *Bact. fluorescens*-ი და სხვ. ეს ბაქტერიები ფაქულტატურ ანაერობებს წარმოადგენენ.

დენიტრიფიკაციის პროცესი შეიძლება შემდეგი საერთო თანმიმდევარი სქემით გამოისახოს:



დენიტრიფიკაციის პროცესი განსაკუთრებით ფართოდ მიმდინარეობს ტენიანი, ნაკლები აერაციის მქონე ნიადაგებში, მაგრამ რადგან მას იწვევს ფაქულტატური ანაერობი ბაქტერიები, რომლებიც აერობულ პირობებშიც მოქმედებენ, ამიტომ ეს პროცესი მეტ-ნაკლებად ყველა ნიადაგში მიმდინარეობს.

მოლეკულურ აზოტამდე ნიტრატების აღდგენაზე აერაციის გარდა მოქმედებს ნიადაგის რეაქცია. ზახაროვის გამოკვლევებით ცნობილია, მაგალითად, რომ დენიტრიფიკატორი ბაქტერია *Achrom. Stutzeri* ნიტრატების ყველაზე ენერგიულ აღდგენას ახდენს 7.—8,2 pH-ის პირობებში, ხოლო >8,2pH-ის ნიადაგებში ეს პროცესი შესამჩნევად ნელდება და 9,6 pH-ის პირობებში სრულიად წყდება. ასევე <6,1pH-ის რეაქციის ნიადაგებში ეს პროცესი შესამჩნევად ქვეითდება.

შავმიწებში ადგილი აქვს ნიტრატების შესამჩნევი რაოდენობით დაგროვებას, დენიტრიფიკატორი ბაქტერიების საკმაო რაოდენობის მიუხედავად, რაც იმაზე მიგვითითებს, რომ ეს ბაქტერიები ენერგეტიკულ მასალად იყენებენ მხოლოდ არაჰემიფიციურებულ ან ნაკლებ

ზად ჰუმეფიციკრებულ ნიეთიერებებს და არა ჰუმესურ ორგანულ ნიეთიერებებს.

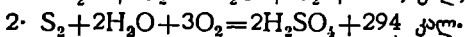
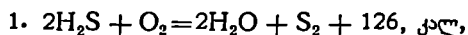
დენიტრიფიკაციის პროცესი ნიადაგის საკვებ ნიეთიერებათა რე-უიშვე და, კერძოდ, აზოტის ბალანსზე, უარყოფით გავლენას ახდენს. ამ პროცესის წინააღმდეგ ბრძოლა აგრონომიის აქტუალური ამოცანაა, რაც ძირითადად ნიადაგის გაფხვიერება-აერაციის კარგი პირობების შექმნის საშუალებით ხორციელდება.

### გოგირდიანი და ფოსფორიანი ნაერთების გარდაქმნა

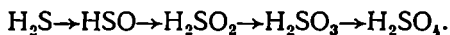
ცილების ჯგუფის ნიეთიერებებიდან აღსანიშნავია აგრეთვე გოგირდიანი და ფოსფორიანი ნიეთიერებები.

გოგირდის, როგორც ორგანოგენის, ბრუნვას სიცოცხლის პროცესებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს. გოგირდის ძირითადი მასა მცენარეული და ცხოველური ორგანული ნაშთების სახითაა წარმოდგენილი ნიადაგში (გამონაკლისია ზოგიერთი მლაშე და დაჭაობებული ნიადაგები, რომლებიც გოგირდს სულფატებისა და სულფიდების სახით შეიცავენ).

გოგირდიანი ცილოვანი ნაერთის დაშლის შედეგად წარმოიქმნება გოგირდწყალბადი. გოგირდწყალბადს აერობული სულფობაქტერიები უანგავს გოგირდმჟავამდე. ამ პროცესს სულფურიზაციის პროცესი ეწოდება. ის ორ ფაზად მიმდინარეობს და ხასიათდება სიბზოს გამოყოფით.



გოგირდწყალბადის დაუანგვა გოგირდმჟავამდე რთული პროცესია. ეს პროცესი სქემატურად შემდეგნაირად შეიქლება გამოისახოს:



სულფობაქტერიები ნიადაგში ფართოდაა გავრცელებული. მათი განვითარებისათვის აუცილებელია, ერთი მხრივ, უანგბადის, ხოლო მეორე მხრივ, გოგირდწყალბადის არსებობა. სულფურიზაციის პროცესი ორგანული სასუქით გააოხიერებულ ნიადაგში ენერგიულ ხასიათს ატარებს. დადასტურებულია, რომ ამ პროცესზე დადებითად მოქმედებს აგრეთვე ნიადაგის დამუშავება. მცენარეთა საფარქვეშ ნიადაგში, სულფატების ხარჯვის გამო, გოგირდის დინამიკა შესამჩნევად ცვალებადობს. ზაფხულში მისი რაოდენობა ჩვეულებრივ უფრო მცირეა, ვიდრე შემოდგომაზე.

ორგანული ნიეთიერებით მეტად მდიდარ ნიადაგში მიმდინარეობს

დესულფურიზაციის პროცესი (სულფურიზაციის საწინააღმდეგო პროცესი).

გოგირდის გარდაქმნის პროცესს მეტად დიდი მნიშვნელობა აქვს არა მარტო მცენარის მოთხოვნილებების გოგირდმქაფა მარილით უზრუნველყოფის თვალსაზრისით, არამედ მისი ნიადაგის მინერალურ ნივთიერებებზე, კერძოდ ფოსფატებზე მოქმედებისა და მცენარისათვის მისაწვდომ ფორმებში გადაყვანის მხრივაც.

რაც შეეხება ფოსფორიან ცილებს (ნუკლეოპროტეიდები, ლეციტინი), მათი დაშლა აერობულ პირობებში პროტეოლოტი ენზიმების მოქმედებით წარმოებს.

ფოსფორის ბრუნვა შედარებით მარტივი ხასიათისაა და ძირითადად ორი პროცესისაგან შედგება:

1. ორგანული ფოსფორის მინერალიზაციისა და 2. ფოსფორის მობილიზაციის ანუ ნაკლებად ხსნადი ფოსფორმქაფა მარილების ხსნად მდგომარეობაში გადასვლის პროცესისაგან.

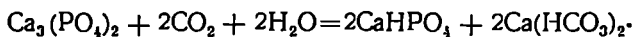
ფოსფორშემცველი ცილები მიკრობთა მოქმედებით ჰიდროლიზურად იშლება შემდეგი თანმიმდევრობით:

1. ნუკლეოპროტეიდი—ნუკლეინი—ნუკლეინ მქაფა— $H_3PO_4$ ;

2. ლეციტინი—გლიცერინოფოსფორიანი ეთერი— $H_3PO_4$ .

გამოთავისუფლებული ფოსფორმქაფა მაშინვე ნიადაგის ფუძეებს უერთდება (Ca, Mg, Fe და სხვ.), რის შედეგადაც ფოსფატები წარმოიქმნება. ყოველი შემდეგი პროცესი, რომელიც ამ მარილებს უფრო ხსნად ფორმაში გადაიყვანს, აგრონომიულად დადებითი მოვლენაა.

ხსნადი ფორმის ფოსფატების წარმოქმნა ანუ ე. წ. ფოსფორის მობილიზაცია ნიადაგში სხვადასხვა გზით მიმდინარეობს. ამ მხრივ განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მქაფების წარმოქმნელ ბაქტერიების (ნიტრიფიკაციის, სულფურიზაციის და სხვ.) ცხოველყოფელ მოქმედებას. ამის გარდა, ამონიფიკატორი *Bacillus mycoides*-ი, ცილების ამონიფიკაციის დროს  $CO_2$ -ს დიდი რაოდენობით გამოყოფს, რაც სამკალციუმიან ფოსფატზე მოქმედებს და გადაყავს ხსნად ფორმაში.  $CO_2$  მოქმედება  $Ca_3(PO_4)_2$  შემდეგნაირად წარმოებს:



თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ ნიადაგის ყოველი 1 ჰექტარი ფართობიდან გამოიყოფა დაახლოებით 7,5 მილიონი ლიტრი  $CO_2$  ერთ სავეგეტაციო პერიოდში, მაშინ ცხადი გახდება ამ ბიოქიმიურ პროცესის დიდი მნიშვნელობა ფოსფორის მობილიზაციისათვის.

ფოსფორიანი ორგანული ნაერთებით (ნუკლეინმქაფები, ლეციტინი და სხვ.) მდიდარ ნიადაგებში ფოსფორის მობილიზაციის პროცესის გაძლიერების მიზნით იყენებენ ქარხნული წესით დამზადებულ ბაქტერიულ სასუქს — ფოსფორბაქტერინს.

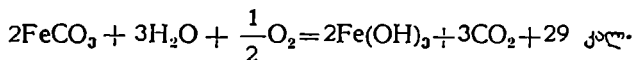


ნიადაგში ადგილი აქვს ფოსფორის მობილიზაციის საწინააღმდეგო პროცესს, რასაც ფოსფორის რეტროგრადაცია ეწოდება.

ორგანული ნივთიერებების დიდი რაოდენობით შემცველ ნიადაგებში, სადაც ანაერობული პროცესი მიმდინარეობს, დაშლა შეფერხებულია და ადგილი აქვს აღდგენით მოვლენებს  $\text{PH}_3$  წარმოშობამდე.

#### რკინიანი და მარბანეციანი ნაერთების გარდაქმნა

ჭაობებსა და ტბებში რკინიანი ნაერთების გარდაქმნის პროცესში მონაწილეობს ბაქტერიების დიდი ჯგუფი (*Leptothrix*, *Grenothrix*, *Gladothrix* და სხვ.), რომელთაც ფერობაქტერიები ეწოდება. ეს ბაქტერიები რკინის ქვეყანგის ნაერთებს უანგავენ რკინის უანგამდე:



ამ ჯგუფის ბაქტერიების ერთ ნაწილს რკინის უანგი ლორწოვან ნაწილში უგროვდება, რის შედეგადაც მათი სიკვდილის შემდეგ ჭაობებში ეს ნივთიერება დასაბამს აძლევს ე. წ. „ჭაობის მადანს“.

ფერობაქტერიების ჯგუფიდან ზოგიერთ წარმომადგენელს მარგანეცის დაუანგვის უნარიც აქვს (მაგალითად, *Leptothrix*).

**ნიადაგთწარმოქმნის პროცესი**

**ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის არსი**

ნიადაგთწარმოქმნის პროცესი ქანების პერიფერიულ ჰორიზონტებზე ცოცხალი ორგანიზმების უშუალო მოქმედებით მიმდინარეობს. ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის არსს, სწორედ ამ ფენების ბიოლოგიური მოვლენებით გამოწვეული ღრმა ცვლილება წარმოადგენს. ამრიგად, ნიადაგი ცოცხალი ორგანიზმების ქანებზე მოქმედების პროდუქტია. ცოცხალი და არაცოცხალი ბუნების თანაარსებობა ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის ძირითადი პირობაა.

ბიოლოგიურ მოვლენებს, როგორც ქვემოთ დავინახავთ, ნიადაგთწარმოქმნის პროცესში წამყვანი როლი ეკუთვნის.

ნიადაგთწარმოქმნის პროცესს ხმელეთზე სიცოცხლის გაჩენასთან ერთად ეძლევა დასაბამი, ე. ი. იმ დროიდან, როდესაც უსიცოცხლო დედამიწის განვითარების თერმოდინამიკურმა და ელექტროქიმიურმა პროცესებმა განსაზღვრეს მასზე სიცოცხლის წარმოშობა.

ნაშალზე სიცოცხლის გაჩენით დასაბამი ეძლევა ნივთიერებათა გეოლოგიური ბრუნვის საწინააღმდეგო პროცესს, ნივთიერებათა ბიოლოგიურ ბრუნვას ანუ ნივთიერებათა ზრუნვის მცირე წრეს.

ქანების გამოფიტვით ამოძრავებული ნივთიერებანი, კერძოდ კი მცენარის საკვები — ნაცრის ელემენტები, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, წვიმისა და თოვლის წყლის საშუალებით იხსნება და ჩადის გრუნტის წყლებში — მდინარეებსა და ბოლოს ზღვებში ან ოკეანეებში. ხმელეთზე ამ ნივთიერებათა დაკავება და დაგროვება წარმოებს ცოცხალი ორგანიზმებისა და, კერძოდ, მწვანე მცენარეთა და მიკროორგანიზმთა ცხოველმყოფელი მოქმედებით — ნივთიერებათა ბიოლოგიური ბრუნვის საშუალებით.

ნაცრის ელემენტები ქანსა და ნაშალში მცირე რაოდენობით — გაბნეულად მოიპოვება. ამ მხრივ საკვები ელემენტების ნაშალში შემცველობასა და მცენარის მათზე მოთხოვნილებას შორის არსებობს უკუპროპორციული დამოკიდებულება; მაგალითად, ნიადაგში რკინა

თითქმის 50 — 70-ჯერ მეტი რაოდენობითაა, ვიდრე ფოსფორი; მცენარეს კი ფოსფორზე მოთხოვნილება ბევრად მეტი აქვს, ვიდრე რკინაზე. ბიოლოგიურად მნიშვნელოვანი ელემენტების შემცველობა ნიადაგში რაოდენობრივად შეზღუდულია. მიუხედავად ამისა, დედამიწაზე მცენარეთა სიცოცხლის მოვლენები უსასრულო ხასიათისაა. რაოდენობრივად შეზღუდული ამ ელემენტების უსასრულო ხასიათის მიცემა ბუნებაში ნივთიერებათა ბიოლოგიური ბრუნვის საშუალებით ხდება. ბუნებაში ნივთიერებათა ბიოლოგიური ბრუნვის პროცესი ფართოდ არის გამოხატული. მას საფუძვლად უდევს ორგანიზმთა სიმბიოზური ურთიერთობა, რომელიც გამომუშავებულია ხანგრძლივი ბუნებრივი შერჩევის საშუალებით. მისი მეშვეობით საკვები ნივთიერებების დიდი ნაწილი მცირე ბიოლოგიურ ბრუნვაშია მოქცეული.

ნივთიერებათა ბიოლოგიური ბრუნვა გამოიხატება იმით, რომ მცენარე ნიადაგიდან იღებს მისთვის საჭირო ელემენტებს, რომელთა საშუალებითაც ქმნის ცოცხალ ორგანულ ნივთიერებას. ეს უკანასკნელი, როგორც წყალში უხსნადი, დაცულია გარეცხვისაგან მანამდე, სანამ მცენარე არ მოკვდება. ამის შემდეგ მკვდარი ორგანული ნივთიერება, ბაქტერიებისა და სოკოების ზემოქმედებით დაიშლება მარტივ მინერალურ ნივთიერებებად, რომელთაც მწვანე მცენარე და ქემოზაქტერიები ხელახლად იყენებენ საკვებად და იცავენ მათ ნივთიერებათა გეოლოგიური ბრუნვისაგან და ასე შემდეგ. უნდა აღინიშნოს, რომ ნივთიერებათა ბიოლოგიურ ბრუნვას აქვს არა ჩაკეტილი წრიული ხასიათი, არამედ სპირალური. ეს იმიტომ, რომ ორგანიზმთა ცვლის ყოველი მომდევნო თაობა, წინა თაობისაგან განსხვავებით, გარემო პირობებთან უფრო შეგუებულია; მას აქვს რაოდენობრივად განსხვავებული ნიშან-თვისებები, რაც დროის გარკვეული მონაკვეთის გავლის შემდეგ თვისობრივ ცვლილებაში გადადის და ვლინდება, როგორც ევოლუცია. აქედან ჩანს, რომ ნიადაგთწარმოქმნას როგორც ბიოქიმიური ხასიათის გრანდიოზულ პროცესს, თავისი განვითარების სხვადასხვა საფეხურზე, ახასიათებს ნივთიერებათა ბრუნვის ბიოლოგიურ და გეოლოგიურ მოვლენათა განსხვავებული თანაფარდობა. ნიადაგთწარმოქმნის პირველად პროცესში ნივთიერებათა ბიოლოგიური ბრუნვის გამოხატულება ბევრად ჩამოუვარდება ამ პროცესის მაღალ საფეხურს და, პირიქით, ნივთიერებათა გეოლოგიური ბრუნვა შესამჩნევადაა შემცირებული ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის მაღალ საფეხურზე. ამრიგად, ნივთიერებათა ბიოლოგიური ბრუნვის განმაპირობებელი ფაქტორის — ბიოსის განვითარების შესაბამისად — იცვლება ნივთიერებათა ბრუნვის ხასიათი.

ნიადაგთწარმოქმნის პროცესი, რომელიც ბიოლოგიურ და გეოლოგიურ მოვლენათა კომპლექსს წარმოადგენს, ხასიათდება ამ ორი-

ვე რიგის პროცესთა — გამოფიტვისა და ორგანული ნივთიერებების სინთეზისა და დაშლის — ერთიანი და ერთდროული მიმდინარეობით, ამ პროცესების მხოლოდ ერთიანობა და ერთდროულობა უზრუნველყოფს ნიადაგის ნაყოფიერების ორივე ელემენტის — ნაცრის ელემენტებისა და აზოტის აკუმულაციას და წყლოვანი თვისებების განვითარებას. ცალ-ცალკე აღებულ ან ერთიმეორისაგან დროით დაშორებულ ამ პროცესებს არ შეუძლიათ ნიადაგის წარმოქმნა.

გამოფიტვის პროცესის საშუალებით ქანის შემადგენელი ნივთიერებები; მართალია, ხსნადობას და, მაშასადამე, მცენარისათვის გამოსაყენებელ თვისებას იძენს, მაგრამ ნაშალს როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ნაყოფიერების პირველი ელემენტის, წყლის დაკავებისა და მისი სათანადო მარაგის შექმნის უნარი არა აქვს განვითარებული. ნაყოფიერების მეორე ელემენტის საკვები ნივთიერებებით დაკმაყოფილებაც მას მთლიანად არ შეუძლია, რადგან ის (ნაშალი) აზოტს არ შეიცავს.

ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის არსის განმსაზღვრელად ვ. ვილიამსი ორგანული ნივთიერებების შექმნისა და დაშლის პროცესთა ერთიანობას თვლის. ბოლო ხანებში საბჭოთა მეცნიერებმა ამ პროცესის არსის განსაზღვრაში უფრო მეტი გარკვეულობა შეიტანეს. ა. როდეს განმარტებით ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის განმსაზღვრელს ნიადაგური მასის ნივთიერებათა გარდაქმნა და გადაადგილება წარმოადგენს. ი. გერასიმოვის მიხედვით ნიადაგთწარმოქმნა რიგი ელემენტური პროცესებისაგან შედგება. ისინი ერთიანდებიან სამ ჯგუფში: 1. ნიადაგური მასის მინერალურ ნივთიერებათა გარდაქმნის ელემენტურ პროცესებში, 2. ორგანულ ნივთიერებათა გარდაქმნის ელემენტურ პროცესებში და 3. ამ ორი ჯგუფის ნიადაგთწარმოქმნის პროცესთა შედეგად მიღებული ნივთიერებების გადაადგილების პროცესებში.

პირველი ჯგუფის პროცესების შედეგს წარმოადგენს ნიადაგური მასის მინერალურ ნივთიერებათა დისპერსიონიზაცია. მეორე ჯგუფის პროცესებში ერთიანდება ნიადაგური მასის ორგანული ნაწილის დაშლა-გარდაქმნა, ჰუმუსის (ან ტორვის) წარმოქმნა-დაგროვება, ხოლო მესამე ჯგუფის პროცესები გამოხატავს ამ ორი ჯგუფის პროცესების პროდუქტთა ტრანსპორტირების შედეგად ნიადაგურ მასაში მარილთა დაგროვებას ან გადატანას, გამოტუტვა-გაწეწვას და გაღებებას.

#### ნიადაგური მასის მინერალურ ნივთიერებათა გარდაქმნის ელემენტარული ნიადაგთწარმოქმნის პროცესები

პროცესების ეს ჯგუფი აერთიანებს სიალიტიზაციისა და ალიტიზაციის ელემენტარულ ნიადაგთწარმოქმნის პროცესებს. ამ პროცესთა შედეგად ხდება ნიადაგის მინერალური ნაწილის დისპერსიული

ცვლილება (დაქუცმაცება-დაწვრილება, ან პირიქით, წვრილი ნაწილაკების შეერთების გამო გამსხვილება).

სიალიტიზაციის პროცესით (გათიხებით) ადგილი აქვს მეორადი თიხა მინერალების წარმოქმნას — თიხის დაგროვებას. ამ პროცესში მონაწილეობენ ერთი მხრივ ქიმიური და ბიოქიმიური აგენტები, რომელთა საშუალებითაც პირველადი მინერალების გარდაქმნით, მეორადი თიხამინერალები ჩნდებიან, ხოლო მეორე მხრივ ამ უკანასკნელთა წარმოშობა უკავშირდება ბიოგენურ მოვლენებს. ორგანული ნაშთების შედგენილობაში მყოფი რკინა, ალუმინი და განსაკუთრებით სილიციუმის მნიშვნელოვანი ნაწილი, ორგანული ნაშთების დაშლით განიცდიან კრისტალიზაციას — სინთეტიკური თიხა-მინერალების წარმოქმნას.

გათიხების პროცესის გამოსატულება იცვლება, როგორც ნიადაგის პროფილში, ისე ღროსა და ჰივრცეში. ამ ელემენტარული პროცესის გამოსატულება ჩვეულებრივ, მეტად დაბალ საფეხურზეა პირველად ნიადაგთწარმოქმნის სტადიაში.

ტენიან ტროპიკულ და სუბტროპიკულ ზონაში თიხა თვისობრივ ცვლილებას განიცდის. ალიტიზაციის პროცესის გამო ხდება როგორც პირველადი, ისე მეორადი თიხა-მინერალების დაშლა, რის შედეგადაც წარმოიქმნებიან გეთიტი ( $FeO \cdot OH$ ), ჰიდრარგილიტი  $Al(OH)_3$ , ბიომიტი ( $AlO \cdot OH$ ) და სილიციუმის ორქანგის ნაერთები. ალიტიზაციის შედეგად ნიადაგურ მინერალურ ნაწილში დიდდება რკინისა (ამის გამო ნიადაგური მასა ხდება წითელი ფერისა) და ალუმინის რაოდენობა, ხოლო მცირდება სილიციუმი, მისი ამ პირობებში მაღალი მობილობით გამოწვეული ჩარეცხვის გამო.

ამ პროცესით ნიადაგში რკინისა და ალუმინის შედარებით მსხვილ-მარცვლოვანი მინერალების დაგროვების გამო დისპერსიობის ხარისხი ეცემა, ე. ქვეითდება თიხიანობის თვისებები (ბმულობა, მწებაობა, მიკრობილობა და სხვ.).

#### ნიადაგური მასის ორგანულ ნივთიერებათა გარდაქმნის ელემენტარული ნიადაგთწარმოქმნის პროცესები

ეს ჯგუფი განიცდის ჰუმუსისა და ტორფის დაგროვების ელემენტარულ ნიადაგთწარმოქმნის პროცესებს.

ჰუმუსის წარმოქმნა-დაგროვება ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის მეტად დიდმნიშვნელოვანი ელემენტარული პროცესია. ჰუმუსის წარმოქმნა-დაგროვება ნიადაგის ორგანული ნაშთების, განსაკუთრებით მცენარის ფესვების, მიკრობიოლოგიური პროცესების დაშლისა და სინთეზური პროცესების პროდუქტებს წარმოადგენს. ამ ნივთიერე-

ბებს კოლოიდური თვისებების გამო, დაგროვების უნარი აქვთ. ნიადაგის წარმოქმნის ეს ელემენტარული პროცესი, პრიმიტიული ნიადაგთწარმოქმნის სტადიაზე, ყველაზე სუსტად არის გამოხატული. შემდეგში კი მცენარეთა საფარის სახეობრივად მაღალ საფეხურზე ასვლასთან ერთად, ინტენსიური ხდება.

ორგანული ნაშთების ანაერობულ პირობებში დაშლის შედეგად ადგილი აქვს ტორფის წარმოქმნას. ტორფის წარმოქმნა-დაგროვება თავისი განვითარების მაღალ საფეხურს აღწევს ტორფიან ჭაობებში, სადაც არა მარტო ოლიერი ანაერობიოზისა, არამედ მიკროფლორაც მეტად მცირე რაოდენობითაა.

ტორფის წარმოქმნა-დაგროვება ნიადაგთწარმოქმნის საერთო დიდი პროცესის კერძო შემთხვევაა და იგი მხოლოდ ჭაობიან ნიადაგებს ახასიათებს. ჭაობთწარმოქმნის პროცესის დაწყებათ სტადიაზე ტორფის წარმოქმნა-დაგროვება დაბალ საფეხურზეა, ხოლო ხავსიან, განსაკუთრებით სფაგნუმის ხავსიან ტორფიან ჭაობებში, მეტად დიდი.

#### ნიადაგური მასის მინერალურ და ორგანულ ნივთიერებათა ვადააღვილების ელემენტარული ნიადაგთწარმოქმნის პროცესები

როგორც აღვნიშნეთ, ეს ჯგუფი განიცდის დამლაშება-განმლაშების, გამოტუტვა-გაეწრებისა და გაღებების ელემენტურ პროცესებს.

დამლაშების ეს ელემენტარული პროცესი ხორციელდება კონტინენტური ჰავის ნიადაგებში გამოფიტვისა და ნიადაგთწარმოქმნის (ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაციის) პროცესებით წარმოშობილადვილად ხსნადი მარილების დაგროვებით. ამ ელემენტარული პროცესის გამოხატულება დიდად არის დამოკიდებული მიწისქვეშა წყლის დონეზე და მისი მინერალიზაციის ხარისხზე.

განმლაშების ელემენტარული პროცესი ხორციელდება ნატრიუმ-იონის ნიადაგის კოლოიდურ კომპლექსში შთანქმედაგროვებით. ეს პროცესი, ერთის მხრივ, ნატრიუმთან მარილების შემცველი მიწისქვეშა წყლის კაპილარულად ნიადაგის ზედაფენებში ამოწვევით ხორციელდება, ხოლო მეორე მხრივ, მლაშე ნიადაგებიდან ადვილად ხსნადი მარილების ქვედა ფენებში ჩარეცხვით და ნატრიუმითა კოლოიდურ კომპლექსში შთანქმით. განმლაშება ანუ ბიკობიანობის ელემენტარული პროცესის შედეგად ნიადაგს უვითარდება რიგი სპეციფიკური თვისებები — ტუტე რეაქცია, მაღალი დისპერსიულობა, ცუდი ფიზიკური თვისებები და სხვ.

განმლაშების პროცესის შემდეგი საფეხური გასოლოიდებაა. ბი-  
ციობიანი ნიადაგის გასოლოიდების ელემენტარული პროცესი გამოწ-  
ვეულია წყლის დიდი რაოდენობით, რომელიც შეიძლება ამა თუ იმ  
გზით მოხვდეს ბიციობიანი ნიადაგის ზედაფენებში. ის შლის ნიადაგის  
კოლოიდურ ნაწილს და ახდენს მის ქვედაფენებში გადაადგილებას  
(ილუვიაციას). ამ პროცესის შედეგად ზედა ფენა მსუბუქდება, რკი-  
ნისა და ალუმინის ქანგების რაოდენობა მცირდება და, პირიქით,  
კვარცის შემცველობა იზრდება, რაც იწვევს ნიადაგის ზედა ფენის  
განაცრისფერებას. დროთა ვითარებაში ტუტე რეაქცია მჟავე, ნეიტ-  
რალური რეაქციით იცვლება. გამოჩვენებულია, რომ გასოლოიდების  
პროცესში ფიზიკურ-ქიმიური ხასიათის მოვლენებთან ერთად ბიოლო-  
გიური ფაქტორიც მონაწილეობს (დიატომები).

ბუნებაში ფართოდ გავრცელებულ ელემენტარულ ნიადაგთწარ-  
მოქმნის პროცესს გამოტუტვის (ლესივირების) პროცესი წარმოად-  
გენს. ეს პროცესი ნიშნავს როგორც ადვილადხსნადი მარილების  
(ქლორიდების, სულფატების), კალციუმის კარბონატების, აგრეთვე შე-  
დარებით ძნელად ხსნადი ნაერთების — მეორადი თიხა-მინერალების,  
ორგანული ნაერთებისა და მექანიკურად სუსპენზირებულ ნივთიერე-  
ბათა გადაადგილება-გადატანას ზედა ფენიდან ქვედა ჰორიზონტებში.  
მართალია, გამოტუტვილი (ლესივირებული) ნიადაგი გარეგნულად  
ერთგვარად წააგავს გაეწრებულ ნიადაგს, მაგრამ ფიზიკურ-ქიმიური  
ბუნებით არსებითად განსხვავდება მისგან, რადგან ლესივირების (გამო-  
ტუტვის) დროს ნიადაგის კოლოიდურ-პედოლიტური ნაწილის დარღ-  
ვევა არ ხდება. ლესივირების პროცესის მექანიზმი ნაკლებად არის შეს-  
წავლილი. ამ პროცესს ი. გერასიმოვი ცრუეწრობის პროცესს უწო-  
დებს.

გაეწრების ელემენტარული ნიადაგთწარმოქმნის პროცესი ხასიათ-  
დება ნიადაგის კოლოიდური კომპლექსის დარღვევით — დრმა ცვლი-  
ლებითა და დაშლის პროდუქტების — ერთნახევარი ქანგის ჰიდრატი-  
ბის სიღრმეზე გადაადგილებით. ამ ძნელად დასაშლელ ნივთიერებათა  
რღვევის მასტიმულირებელი ფაქტორი აქ ფულვომჟავებია.

გაეწრების ელემენტარული ნიადაგთწარმოქმნის პროცესს ჰუმუ-  
სის მჟავებში ფულვომჟავებისა და ნაცრის ელემენტების რაოდენობა  
აპირბობს. ფულვომჟავების დიდი რაოდენობა ხელს უწყობს გაეწრე-  
ბის პროცესის ინტენსიურობას, ხოლო ნაცრის ელემენტების დიდი  
რაოდენობა, პირიქით, პროცესის ინტენსიურობას ანელებს. გაეწრე-  
ბის ამ ელემენტარული ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის შედეგად ნია-  
დაგის ზედა ფენაში წარმოიქმნება გაეწრების (ელუვიური) ჰორიზონ-  
ტი, ხოლო ქვედაში კი ილუვიური, დამახასიათებელი ახალი წარმო-  
ნაქმნებით — მელიპვილით, ორტზანდით და სხვ.

ნიადაგში, სადაც ჰარბტენიანი პირობების გამო, ატმოსფერული ჰაერის ბრუნვა გაძნელებულია, ადგილი აქვს გალებების ელემენტარული ნიადაგთწარმოქმნის პროცესს, რაც უანგების ქვეყანაში გადასვლით, ე. ი. აღდგენის პროცესებით გამოიხატება.

გალებება რთული პროცესია. გამოკვლევებით დასტურდება, რომ ამ დროს ადგილი აქვს აღდგენით პროცესებთან ერთად ნიადაგის მინერალური მასის რღვევა-სინთეზის მოვლენებსაც. რასაც შემდეგ მოსდევს გალებების ფენის წვრილდისპერსიული ნაწილით გამდიდრება, გათიხება.

ზემოდასახელებული ელემენტარული ნიადაგთწარმოქმნის პროცესები სხვადასხვა ნიადაგებში სხვადასხვა საფეხურზეა. ეს პროცესება ყველაზე დაბალ საფეხურზე პრიმიტიულ ნიადაგებშია.

ელემენტარული პროცესებიდან მხოლოდ ორი პროცესია საყოველთაო — სიალიტიზაციისა და ჰუმისის წარმოქმნა-დაგროვების; სხვა პროცესებს რეგიონული ხასიათი აქვთ ნიადაგთწარმოქმნის ტიპების მიხედვით; მაგალითად, გალებება, ტორფის წარმოქმნა-დაგროვება დამახასიათებელია ჭაობიანი ნიადაგებისათვის. გაწვრების ელემენტარული პროცესი — ეწერი ნიადაგებისათვის, ადვილად ხსნადი მარილების დაგროვება — მლაშე ნიადაგებისათვის და ა. შ.

### ნიადაგთწარმოქმნის პირველადი (პრიმიტიული) პროცესი

ლითოსფეროს პირველი ცოცხალი ორგანიზმებია ქემობაქტერიები; ისინი საკვებად მინერალურ ნივთიერებებს იყენებენ, ხოლო საასიმილაციო ენერგიად მარტივი შენაერთების დაქანგვის შედეგად წარმოქმნილ და ეგზოთერმული რეაქციებით გამოყოფილ სითბურ ენერჯიას (მაგალითად, მშრალი თიხის დასველებით გამოყოფილ სითბოს — სველადობის სითბოს). „...ყველა ამ ქემობაქტერიას თავისუფალი აზოტის შეთვისების უნარი აქვს“ (ვილიამსი). ეს ორგანიზმები, როგორც პირველი მოსახლეობა ხმელეთზე, და მათი სიკვდილის შედეგად დარჩენილი ორგანული ნაშთები, ქანის მინერალური ნივთიერებებისაგან არსებითად განსხვავებული, დედამიწის ზედაპირზე ახალი რიგის პროცესების მძლავრ ფაქტორს წარმოადგენენ.

ქემოტროფების დასახლებით ლითოსფეროს გარე შრემ აზოტიანი ორგანული ნივთიერება მიიღო, ხოლო მათი დაშლის შედეგად კი — აზოტმჟავა. ვილიამსი აღნიშნავს, რომ დედამიწის ქერქის განვითარების ისტორიაში აზოტმჟავას წარმოქმნა ხმელეთზე ახალ ერას ქმნის. ქიმიური გამოფიტვის მძლავრი აგენტის აზოტმჟავას მოქმედებით ქანების დაშლის პროცესი მეტად ენერგიულად და ინტენსიურად მიმდინარეობს. აზოტმჟავას მოქმედებით ძნელადხსნადი ფოსფატების



ხსნადობის ხარისხი მატულობს, რის გამოც ნაშალის საკვებ ნივთიერებათა რეჟიმი საგრძნობლად უმჯობესდება.

ქვის სფეროს ზედაპირზე ქემოტროფი ბაქტერიების ნაშთების დაგროვებამ ჰეტეროტროფული ბაქტერიებისა და სოკოების წარმოქმნის პირობები შექმნა. ამ უქანასკნელთა გაჩენით დასაბამი მიეცა ორგანული ნარჩენების დაშლა-მინერალიზაციის პროცესს.

პირველი ავტოტროფული ორგანიზმი, რომელიც ქემოტროფულ ბაქტერიების მოქმედებით „სახეცვლილ“ ნაშალზე დასახლდება, არის წყალმცენარეები — *Dermatocaulon*. ამ წყალმცენარეების ორგანულ ნაშთებზე შემდეგში ლიქენები სახლდებიან, ამის შედეგად ზოლოს ნიადაგი წარმოიქმნება. ეს მოვლენა პირველად მ. ლომონოსოვმა შეამჩნია. ის თავის შრომაში „დედამიწის შრეების შესახებ“ აღნიშნავს, რომ ქვის შიშველი ფენები ხშირად დაფარულია მწვანე ხავსით. რომელიც შემდეგ შეადება და იქცევა მიწად.

ბ. პოლინოვისა და სხვა მკვლევარების გამოკვლევით გარკვეულია მასიურ-კრისტალურ ქანებზე ლიქენების როლი ნიადაგწარმოქმნის პროცესში.

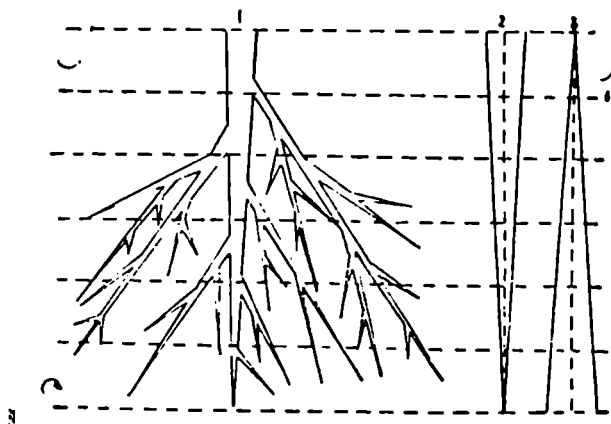
სიცოცხლის გაჩენას ხმელეთზე თან მოჰყვა სიცოცხლის პროცესისათვის დამახასიათებელი, ნივთიერებათა ცვლის განვითარება გარემო არესთან. ყოველი ცოცხალი ორგანიზმი თავისი არსებობის პერიოდში ზეგად მეტ ნივთიერებებს ატარებს თავის სხეულში, ვიდრე მისი ორგანიზმის მასაა; მაგალითად, ადამიანი წლის განმავლობაში გამოჰყოფს ნახშირორჟანგს თავის წონასთან შედარებით, ოთხჯერ მეტი რაოდენობით. ობის სოკოები 17 დღის განმავლობაში გამოჰყოფენ თავიანთი წონისოდენა ნახშირორჟანგს. ნაშალში გამოყოფილ ნივთიერებათა ცვლის პროდუქტები და ენზიმები მეტად მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ დედამიწის ზედაპირზე მიმდინარე ნიადაგწარმოქმნის — მინერალური და ორგანული ნივთიერებების დაშლისა და სინთეზის პროცესში.

ხანგრძლივი დროის განმავლობაში მიკროორგანიზმების დაგროვებამ ნაშალში განავითარა წყლისა და საკვებ ნივთიერებათა რეჟიმი, რამაც ხელი შეუწყო უფრო რთული ორგანიზმების, თვით მწვანე მცენარეების წარმოქმნა-დასახლებას.

ორგანიზმების ნაშალზე დასახლების მომენტიდან დასაბამი ეძლევა ბიოქიმიური ხასიათის გრანდიოზულ — მინერალური ნივთიერებიდან ორგანული ნივთიერების სინთეზისა და დაშლის პროცესს.

უმალესი მწვანე მცენარეებისა და უმდაბლესი ორგანიზმების ცხოველმყოფელი მოქმედების შედეგად ნიადაგიდან და ქანიდან, ხოლო ქემოტროფების მიერ ჰაერიდანაც (აზოტის), საკვები ნივთიერებების განუწყვეტელი შეთვისება და ორგანულ ნივთიერებად გარდაქ-

მნა წარმოებს. ამ პროცესში განსაკუთრებულ როლს ასრულებს მცენარის ფესვთა სისტემა. პროფესორი პ. კოსტიჩევი და აკად. ვ. ვილიამსი ფესვთა სისტემას, ნიადაგის ფორმირების პროცესში, უდიდეს როლს აკლთვნიებენ, როგორც ნივთიერებათა ბიოლოგიური ბრუნვის, აგრეთვე ქანების გამოფიტვისა და ნაშალის ორგანული ნივთიერებებით გამდიდრების მხრივ. მცენარე აქტიურ ზემოქმედებას ახდენს როგორც ნიადაგზე, ისე მიკროორგანიზმებზედაც. მცენარის ფესვები საკვების ამოღებით ნიადაგის ხსნარს სისტემატურად ცვლის. ფესვებს მიერ გამოყოფილი ნახშირორჟანგი და, აგრეთვე, სხვადასხვაგვარი ორგანული მჟავები (რძის, ვაშლისა და სხვ.) და სხვა ნაერთები მოქმედებენ ნიადაგის, როგორც ბიოლოგიურ, ისე ქიმიურ პროცესებზე. მცენარის ფესვთა სისტემის გარშემო, ე. წ. რიზოსფეროს არეში, ადგილი აქვს მიკროფლორის სპეციფიკურ შერჩევას, სელექციონირებას; რიზოსფერო მდიდარია ბაქტერიებით და მათ მიერ გამოყოფილი ფერმენტებით. მცენარის ფესვთა სისტემის ხასიათის შესაბამისად აცვლება როგორც მისი (მცენარის ფესვთა სისტემის) პირდაპირი მოქმედება, ისე ბაქტერიული ფლორის მოქმედებაც ნიადაგში. წყალში გახსნილი საკვები ნივთიერებანი ნიადაგიდან გადადის მცენარის ორგანიზმში შემწოვი (ბუსუსა) ფესვების საშუალებით. მცენარე ნაშალის შემადგენელ, გაბნეულ, არაკონცენტრირებულ მდგომარეობაში მყოფ საკვებ ელემენტებს თავის ორგანიზმში აქცევს და ამ ნივთიერებებს, როგორც ქვემოთ დავინახავთ, ნიადაგის ზედა ფენაში უყრის თავს.



სურ. 5. მწვანე მცენარის ფესვთა სისტემის განაწილება -- ნიადაგში:  
 1 — საერთო სქემა; 2 — ფესვთა სისტემის შასა; 3 — ფესვთა სისტემის სივრცე (ვ. ვილიამსი).

ჯერ კიდევ ახლო წარსულში საკვები ელემენტების დაგროვებას ნიადაგში, მის წვრილდისპერსიული (კოლოიდური) ნაწილის ფიზიკურ და ფიზიკურ-ქიმიურ, ე. ი. აბიოტურ პროცესებს მიაწერდნენ. ამჟამად გამოჩვეულია, რომ მართლაც, შთანთქმის ამ სახეებს ნიადაგსა და ნაშალში შეუძლია შეაკავოს მარილები, მათ შორის მცენარისათვის გამოუსადევი მარილებიც, ხოლო, პირიქით, ბიოლოგიურად მნიშვნელოვანი ზოგიერთი ელემენტების (აზოტის, გოგირდის და სხვ.) შეკავებისა და დაგროვების უნარი მას არ ახასიათებს. ამრიგად, აბიოტურ შთანთქმის სახეებს შერჩევითი შთანთქმის უნარი არა აქვს.

შერჩევითი შთანთქმის უნარით ხასიათდება არა ნაშალი, არამედ ნიადაგი; შერჩევითი შთანთქმის უნარი მწვანე მცენარისთვისაა — ხსნარიდან შერჩევით შეითვისოს მხოლოდ ის ნივთიერებები, რომლებიც საჭიროა მცენარის სასიცოცხლო პროცესებისათვის.

შერჩევითი შთანთქმის საშუალებით მცენარე სწორედ ნაცრის-ელემენტებისა და აზოტის კონცენტრირებას აწარმოებს ნიადაგის ზედა ფენებში, სადაც მცენარის ფესვთა სისტემის მასის (წონის მიხედვით) ძირითადი ნაწილია გავრცელებული. აღნიშნული ნათლად ჩანს მცენარის ფესვთა სისტემის ნიადაგში განაწილების სქემიდან.

სქემიდან ჩანს, რომ ნიადაგის ფენებში განაწილებულ ფესვთა სისტემის მასასა და ფესვთა სისტემის სიგრძის შორის, არსებობს უკუპროპორციული დამოკიდებულება. ნიადაგის ზედა ფენაში ფესვთა სისტემის მასის დიდი ნაწილია მოქცეული, სიღრმეზე მასა კლებულობს და წვრილი ფესვების რაოდენობა, პირიქით, მატულობს. აქედან ცხადია, რომ მცენარის მიერ შერჩევით ამოღებული ნაცრის ელემენტებისა და აზოტის უდიდესი ნაწილი — ორგანულ ნივთიერებებად სინთეზირებული — მოქცეულია ნიადაგის ზედა ფენაში — ფესვთა სისტემის ძირითადი მასის გავრცელების ფენაში. ამიტომ ნიადაგის ზედა ფენაში საკვები ნივთიერებების შემცველობა უფრო მეტია, ვიდრე ქვედა ფენაში.

ნათქვამიდან ჩანს, რომ საკვები ელემენტების კონცენტრაცია ნიადაგში, მხოლოდ ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის შედეგია. ვილიამსი ამის შესახებ შენიშნავს, რომ მცენარეთა ზრდისა და განვითარების ბიოლოგიური პროცესის ფაქტი და, მაშასადამე, ორგანული ნივთიერებების სინთეზი, უკვე შეიცავს იმ პირობას, რომელიც ნიადაგის ნაყოფიერების მეორე ელემენტის, საკვები ნივთიერებების კონცენტრაციას იწვევს.

## ნიადაგის ორგანული ნივთიერებაანი

ორგანულ ნივთიერებათა წარმოები, გარდაქმნის პროცესები და ფორმები

ნიადაგთწარმოქმნა, როგორც ქანზე ცოცხალი ორგანიზმების უშუალო მოქმედებით მიმდინარე პროცესი, ნივთიერებათა სინთეზისა და დაშლის პროცესთა ერთიანობით ხასიათდება. მწვანე მცენარის მიერ, ნიადაგიდან ამოღებული წყლის, ნაცრის ელემენტებისა და ჰაერის ნახშირორჟანგის გამოყენებით, მზის სხივობანური ენერგიით შექმნილი ორგანული ნივთიერებების ერთ ნაწილს ადამიანი და ცხოველი იყენებს (საკვებად და სხვა დანიშნულებისათვის), ხოლო ნიადაგში მოქცეული მეორე ნაწილი რთულ, ბიოქიმიურ, გარდაქმნით პროცესებს განიცდის, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ნიადაგისათვის მეტად დამახასიათებელი ნივთიერება — ნეშომპალა ანუ ჰუმუსი.

ორგანული ნივთიერების შექმნისა და დაშლა-გარდაქმნის პროცესი, როგორც ნივთიერებათა ბიოლოგიურა ბრუნვის დიალექტიკურ მთლიანობაში მყოფი რთული პროცესი, აპირობებს ნიადაგში, ერთი მხრივ, საკვებ ნივთიერებათა და, მეორე მხრივ, ნეშომპალას წარმოქმნასა და დაგროვებას.

ჰუმუსი ნიადაგის მეტად რთული ნაწილია. ის მცენარეთა, ცხოველთა და უქლოროფილო ორგანიზმთა ნაშთების დაშლა-გარდაქმნისა და სინთეზის კომპლექსურ ორგანულ ნივთიერებას წარმოადგენს.

დიდი ხანია ცნობილია, რომ ნიადაგის ორგანული ნივთიერებების ძირითადი წყაროა მცენარეთა ნაშთები, რომელთა დაშლა-გარდაქმნის ანუ ე. წ. ჰუმუფიკაციის შედეგადაც ჰუმუსი წარმოიქმნება.

ნიადაგში ჰუმუსის ანუ ნეშომპალას რაოდენობა დამოკიდებულია, ერთი მხრივ, ორგანული ნაშთების რაოდენობაზე, ხოლო მეორე მხრივ, ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის ხასიათზე.

მცენარის ნაშთებს შორის, ნიადაგის ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნის თვალსაზრისით, განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ფესვებს. ამ მხრივ მიწისზედა ნაშთების როლი, შედარებით ნაკლებია,

რადგან მათ აღამიანი ან ცხოველი იყენებს; და ამიტომ ნიადაგის ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნის პროცესში ნაკლებად მონაწილეობენ.

ჭუმუსის წარმოქმნაში, ხემცენარეთა ფესვების მნიშვნელობა უფრო მცირეა, ვიდრე ბალახოვანი მცენარეებისა.

ტყის პირობების ნიადაგებში ყოველწლიურად შემატებული ორგანული ნაშთების მიწისზედა რაოდენობა ჰექტარზე 3 — 4 ტონას უდრის, ხოლო სამხრეთის სტეპებში ბალახოვანი მცენარეების რაოდენობა 4 — 5 ტონას აღწევს, მდელო-სტეპის პირობებში — 7 ტონას. რაც შეეხება სტეპის მცენარეთა მიწისქვეშა ნაშთების, ფესვების, რაოდენობას, გარე კახეთის (გარეჯის ველი) შავმიწების ზონაში, უროიან სტეპზე, ნიადაგის 1 მეტრის სიღრმის ფენა ჰექტარზე შეიცავს 4 — 6 ტონას, ხოლო ვაციწვერიან სტეპზე — 8 — 10 ტონას.

ერთწლოვანი და მრავალწლოვანი ბალახოვანი მცენარეების მიწისქვეშა ნაშთების რაოდენობის შორის განსხვავება შესამჩნევია. ერთწლოვანი ბალახების ჰაერმშრალი ფესვების მასის რაოდენობა 3 — 4 ტონას არ აღემატება, მრავალწლოვანებისა კი 1,5 — 2-ჯერ უფრო მეტია.

სტეპთან შედარებით მდელოს მრავალწლოვანი მცენარეები უფრო მეტი რაოდენობით ტოვებენ ნიადაგში ნაშთებს. რომელთაგან განსაკუთრებით აღსანიშნავია ნათესი ბალახები და კერძოდ, პარკოსანი და მარცლოვანი ბალახების ნარევი ნათესი. გარეჯის სტეპზე იონჯისა და კაპუეტას ნარევი ნათესის, მიწისქვეშა ორგანოების (ფესვების), მშრალი მასის საერთო რაოდენობა ჰექტარზე, 1 მეტრის სიღრმის ფენაში, ბალახნარევის 2 წლის დგომის შემდეგ 12 ტონას და მეტს აღწევს.

როგორც ბუნებრივი, ისე ნათესი ბალახების მიწისქვეშა ნაშთების რაოდენობა უფრო მეტია, ვიდრე მიწისზედა ორგანოებისა.

ნიადაგში (მიწისზედა და მიწაში) მოხვედრილი ორგანული ნივთიერებების რაოდენობის შესახებ არსებული ცნობები, ძირითადად, საორიენტაციო ხასიათისაა. ამ მონაცემებზე წარმოდგენას გვაძლევს მე-15 ცხრილი.

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ბიომასის (მიწისქვეშა და მიწისზედა) ცოცხალი ორგანული ნივთიერების რაოდენობა ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ მატულობს; ის თავის მაქსიმუმს ტენიან ტროპიკებში აღწევს. ამავე მიმართულებით იზრდება ნაცვენის წლიური აბსოლუტური რაოდენობა და ჰექტარზე 100 ტონას აღწევს. აღსანიშნავია, რომ, როგორც ბიომასა, აგრეთვე ნაცვენის რაოდენობა არა მარტო ლანდშაფტური ზონების მიხედვით იცვლება, არამედ აგრეთვე ლანდშაფტს-

ბიომასა და წლიური ნაცვენის (მიწისზედა და მიწისქვედა ორგანოების მონაცემები)  
(ა. როდინისა და ნ. ბაზილევინის მიხედვით)

ლანდშაფტური ზონა	ბიომასა ტონობით ჰა-ზე	წლიური ნაცვენი %-ობით ბიომასიდან
ტუნდრა	3,8—7	8—19
წიწვიანი ტყე (ტაიგა)	5,35	15—36
ფართო ფოთლოვანი ტყე	15—50	40—60
სტეპი	10—37	50—55
ნახევრად უდაბნო	10—15	60—80
ტროპიკული ტყე	50—100	7—10

შიგნით ფიტოცენოზებისა და მათი ხნოვანების მიხედვითაც. ასაკში შესულ ტყეებთან შედარებით ახალგაზრდა ტყეებში, როგორც ბიომასა, ისე ნაცვენიც უფრო მცირეა. შესაბამისად ასევე იზრდება წიწვიან ტყეებთან შედარებით, შერეულ ტყეებში ბიომასისა და ნაცვენის რაოდენობა.

ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ თანდათან მცირდება ბიომასაში და ნაცვენში მიწის ზედა ორგანოების რაოდენობა, მაგალითად მტკვარ-არაქსის დაბლობში ბიომასის მიწისქვეშა ორგანოების რაოდენობა 1 ჰექტარზე 120 ცენტნერს აღწევს, მაშინ როცა მიწის ზედა ნაწილების რაოდენობა 7 ცენტნერს არ აღემატება.

ტყის პირობებში ნაცვენი ორგანული ნაშთების უდიდესი ნაწილი ნიადაგის ზედაპირზე თავსდება — ტყის მეკდარი საფარის სახით (მას A<sub>0</sub>-ით აღნიშნავენ). ბალახოვანი მცენარეების პირობებში კი ორგანული ნაშთები ფესვების სახით რჩება ნიადაგის მასაში.

ამ ნივთიერებათა შემდეგი დაშლა-გარდაქმნის პროცესები დიდადა დამოკიდებულია მათ ქიმიურ შედგენილობაზე.

ნაშთები, რომლებიც ჰუმუსის წარმოქმნის წყაროს წარმოადგენენ, შეიცავენ სხვადასხვა ნივთიერებებს, რომელთა შორის დიდი რაოდენობით გვხვდება ნახშირწყლები. ნახშირწყლები შედგება მონოსახარიდების, -დი -ტრი და პოლისახარიდების ჯგუფისაგან.

მონოსახარიდებისა, -დი და ტრისახარიდების ჯგუფი წყალში ადვილად იხსნება და ამის გამო, ცხადია, ადვილდაც ირეცხება. ეს ნახშირწყლები, როგორც ბიოქიმიურად, ისე ქიმიურად ადვილად იშლება.

პოლისახარიდების ჯგუფის ნივთიერებანი — ცელულოზა, ქიტინი, პემიცილულოზა, პექტინის ნივთიერებანი და ლიგნინი საკმაოდ რთული შედგენილობისაა. წყალში არ იხსნებიან და, ამიტომ მათი დაშლა მხოლოდ მიკრობიოლოგიურ-ფერმენტული პირობების შედეგად

ხდება. დიდი ნაწილი (ცელულოზა, ჰემიციელულოზა, პექტინის ნივთიერებანი და სხვ.) მაღალმოლეკულურ ნაერთებს წარმოადგენენ და გარკვეული გარდაქმნითი პროცესების შედეგად კოლოიდურ ხსნარებს იძლევიან. ლიგნინი, რომლის შედგენილობაც ფიტოცენოზების მიხედვით იცვლება, ჰიდროლის არ განიცდის და მიკრობიოლოგიური პროცესების მიმართ დიდი გამძლეობა აქვს.

ცელულოზა და, აგრეთვე, ჰემიციელულოზა ნიადაგში მიკროორგანიზმთა ფერმენტული მოქმედების შედეგად იშლება, რომლის საბოლოო პროდუქტებია:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ .

ცილოვანი ნივთიერებანი. ამ ჯგუფის ნივთიერებებს განეკუთვნებიან რთული, აზოტშემცველი ნივთიერებები. ეს ნივთიერებები 15—19% აზოტს, 0,5—1% გოგირდსა და უფრო ნაკლები რაოდენობით ფოსფორს შეიცავენ.

ცილების დიდი ნაწილი წყალში უხსნადია, ტუტეებში ხსნებიან და აქვთ კოლოიდის თვისება, მეტად მაღალი მოლეკულური წონა—30000—200000; ამჟღავნებენ ამფოტერულ თვისებებს, არეს რეაქციის მიხედვით—სუსტ მჟავეს და სუსტ ტუტეს. სპეციფიკური ენზიმებით (ტრიპსინი, ერეპსინი და სხვ.) ჰიდროლის განიცდიან, რის საბოლოო პროდუქტად ამინომჟავები წარმოიქმნებიან. ამ პროდუქტთა რიცხვი დაახლოებით ოცია, რომლებიც თავის მხრივ იყოფა ღია ჯაჭვის და ციკლური ჯაჭვის ნაერთებად. უკანასკნელი ჯგუფის ამინომჟავები ენზიმ პოლიფენოლოქსიდაზით (ფიროზინაზით) ჰაერზე ადვილად იჟანგება და იქცევა მუქი ფერის ჰუმინის ნივთიერებებად—მელანანად.

ცხიმოვანი ნივთიერებანი, რადგან ძირითადად მცენარის თესლსა და ნაყოფებშია, ამიტომ, ცხადია, ნიადაგში მოხვედრილ ნაკვეთ მასალაში მისი რაოდენობა მეტად მცირეა. ეს ნივთიერება შედარებით მეტი რაოდენობითაა წყალმცენარეების, სოკოებისა და ბაქტერიულ ორგანიზმებში. ცხიმები ნახშირწყლებთან შედარებით ნაკლებად დაჟანგული ნაერთებია, ამიტომ მათ ენერჯის დიდი მარაგი აქვთ. ამ ნივთიერებებს აქვთ ჰიდროლის უნარი, ცხიმებს კი, რომლებიც გლიცერიდებს შეიცავენ—დაჟანგვის რეაქციებსა და პოლიმერიზაციის პროცესში მონაწილეობის თვისება. გლიცერიდებსა და მისი ანალოგების გახლეჩის შედეგად მიღებულ პროდუქტებს დიდი გამძლეობის უნარი აქვთ ანაერობიოზისადმი. ცხიმები საპროპელის (ტორფისებრა ნახევრად თხევადი ნივთიერებების) წარმოქმნაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ.

ფისებო, მთრიმლაკი ნივთიერებანი, ცვილები. ყველა ეს ნივთიერება რთულ ქიმიურ ნაერთებს წარმოადგენს,

წყალში უხსნადია; ისინი სპირტში, ბენზოლსა და სხვა ორგანულ გამხსნელებში იხსნებიან ამ ჯგუფის ნივთიერებებს, ნახშირწყლებთან და ორგანულ მჟავებთან შედარებით, მიკრობთა მოქმედებისადმი მეტი გამძლეობის უნარი აქვთ.

ნაცრის ელემენტები. ამ ჯგუფის ელემენტები მცენარის ნაცრის შედგენილობაში შედიან.

ორგანული ნაშთების (ნაცვენის) ელემენტურ ქიმიურ შედგენილობას ზონალური ხასიათი აქვს, როგორც ეს ჩანს ა. პერელმანის, ა. როდინის და ნ. ბაზილევიჩის და მრავალ სხვათა გამოკვლევებიდან (იხ. ცხრ. 15). ტუნდრის ზონის ყვავილოვანი მცენარეების მიწის ზედა ნაცვენი მასალის მთავარ შემადგენელ ელემენტებს წარმოადგენს კალიუმი და კალციუმი, აგრეთვე ფოსფორი.

ტაიგის წიწვიან ტყის ნაცვენში — წიწვებში ნაცრის ელემენტები, განსაკუთრებით აზოტი, დანარჩენი ორგანოების ნაცვენთან შედარებით მეტია. მთავარი შემადგენელი ელემენტებია: N, Ca, K. უმნიშვნელო რაოდენობითაა Al და Fe.

ფართო ფოთლიან ტყეების ნაცვენში, წიწვიანი ტყეების ნაცვენთან შედარებით, ქიმიური ელემენტების რაოდენობა მეტია. ფოთლებში N რაოდენობა 1,5—3% უდრის. შესამჩნევი რაოდენობით გვხვდება აგრეთვე Ca, K, Si. შედარებით მცირე რაოდენობითაა: Mg, S, Al, P. ყველაზე მცირე რაოდენობითაა: Fe, Mn, Na, Cl. მათი შემცველობა პროცენტის მესამედს უდრის.

სტეპის პირობებში ბალახების ფესვები, აგრეთვე ღერო, ფოთლები; ქიმიური ელემენტებით მდიდარია, მეტი რაოდენობით შეიცავს აგრეთვე აზოტს, მიწისზედა ნაწილებში დიდი რაოდენობითაა კალიუმი, შესამჩნევად გაზრდილია აგრეთვე, გოგირდის რაოდენობა, განსაკუთრებით ფესვებში.

უდაბნოს მცენარეულობას ქიმიურ ელემენტთა დიდი რაოდენობა აქვთ ფოთლებში, დიდი რაოდენობითაა აზოტი, აგრეთვე ქლორისა და ნატრიუმის შემცველობა.

ტროპიკული სარტყლის მცენარეულობას მიწისზედა ნაწილებში გადიდებული აქვთ ფოსფორისა და განსაკუთრებით მარგანეცის რაოდენობა. მათი ფესვები ღარიბია დასახელებულ ქიმიური ელემენტებით და ამ მხრივ ტუნდრის მცენარეებისაგან დიდად არ განსხვავდებიან.

ამ ნივთიერებათა შედგენილობა მოცემულია მე-16 ცხრილში.

მცენარის ნაშთების დიდ შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს წყალი, რომლის რაოდენობა ახალგაზრდა მცენარეში 90%-მდე აღწევს.



მცენარის ქიმიური შემადგენლობა %-ობით (შშრალ ნივთიერებაზე გადაანგარიშებით  
ა. როდონისა, და ნ. ბაზილევსკის მიხედვით)

ლანდშაფტური ზონა	ნაცენი	ელემენტთა კაბი აბორტის ჩათვლით	N	Si	Ca	K	Mg	P	Al	Fe	Mn	S	Na	Cl	ელემენტთა კაბი უზრატით
ტუნდრა	ფოთლო და ღეროები	—	—	0,05	1,24	1,65	0,13	0,17	0,02	—	—	—	0,07	0,12	3,46
ტაიგა—წიწკიანი ტყე ფართოფოთლიანი ტყე	წიწკები მკვდარი საფარი ხელა შრე	2,46	0,84	0,31	0,52	0,38	0,07	0,07	0,13	0,01	0,07	0,03	0,03	—	1,62
სტეპი	ფოთლო და ღერო	4,57	1,63	0,57	1,41	0,14	0,14	0,10	კვალი	კვალი	0,06	0,01	0,21	—	4,40
	ღერო	6,21	1,61	2,21	0,25	1,24	0,11	0,17	0,04	0,02	—	0,12	0,02	0,42	4,60
	ფესვები	7,22	1,50	1,23	0,66	0,42	0,61	0,14	0,42	0,31	—	0,28	1,14	0,52	5,72
უღბნო	ფოთლო	7,50	2,72	0,35	0,88	1,61	0,24	0,21	0,22	0,01	—	0,22	0,44	0,60	4,78
	ფესვები	3,37	1,24	0,12	0,56	0,58	0,13	0,09	0,05	0,05	—	0,11	0,27	0,17	2,13
ტროპიკები	ფოთლო	—	—	0,77	0,48	0,77	0,25	0,23	0,10	0,02	1,47	—	—	—	4,09
	ფესვები	4,79	0,92	0,09	2,22	0,56	0,40	0,01	0,26	0,02	0,02	0,17	0,04	0,10	3,87

მცენარეთა მშრალი ნივთიერებების საშუალო ელემენტური შედგენილობა შემდეგი ციფრებით გამოიხატება (პროცენტობით):

ნახშირბადი	45,0
ჟანგბადი	42,0
წყალბადი	6,5
აზოტი	1,5
ნაცარი .	5,0

სხვადასხვა მცენარეთა ნაშთების ერთიმეორისაგან განსხვავებული ქიმიური შედგენილობა და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები ნიადაგში როგორც ქიმიური, ისე ბიოქიმიური პროცესებისათვის საკმაოდ განსხვავებულ პირობებს ქმნიან.

ორგანული ნაშთები ნიადაგში, დაშლა-გარდაქმნის რთულსა და მრავალმხრივ პროცესს განიცდის. ეს პროცესი ხორციელდება: 1. ატმოსფერული აგენტების, 2. მაკროფაუნის და მიკროფაუნის და მიკროფლორის უშუალო მონაწილეობით. ამის შედეგად ორგანული ნაშთების გარდაქმნა ორი მიმართულებით მიმდინარეობს და ორი ტიპის ნივთიერებებს წარმოქმნის: ა) ორგანული ნივთიერებების დაშლა-მინერალიზაციის მიმართულებით, ე. ი. მარტივი მინერალური ნივთიერებების (მაგალითად, ნახშირორჟანგის, წყლის, მარტივი მარილების და სხვ.) წარმოქმნისა და ბ) ახალი, უფრო რთული ორგანული ნივთიერებების შექმნის, მიკრობული პლანქტისა და ჰუმუსური მჟავების (ნივთიერებების) სინთეზის მიმართულებით.

მკვდარი ორგანული ნივთიერება ნიადაგში, ატმოსფერული ნალექების, სინათლის, ჰაერისა და სხვათა საშუალებით გარკვეულ ცვლილებას განიცდის. ატმოსფერული ნალექების საშუალებით ორგანული ნაშთებიდან ირეცხება როგორც ხსნადი ორგანული, ისე მინერალური ნივთიერებები. აღსანიშნავია, რომ უჯრედის წვენიდან საკმაოდ სწრაფად ირეცხება კატიონები, ხოლო ცილოვანი და სხვა ორგანული ნივთიერებებიდან აზოტი, ფოსფორი და გოგირდი კი — ძნელად. ცხიმები და ფისები სინათლეზე იჟანგება. წყლის მოქმედებით ზოგიერთი ნაერთი, ტუტე ან მჟავე რეაქციის ნიადაგებში ჰიდროლიზს განიცდის. მცენარეული ქსოვილის ენზიმები, განსაკუთრებით ოქსიდაზა, რომელიც მცენარეთა ქსოვილის ან მისი ცალკე ორგანიზმების სიკვდილის შემდეგაც მოქმედებს, იწვევს მთრიმლავი და სხვა ნივთიერებების დაჟანგვას, ნიადაგის სათანადო ტენიანობისა და აერაციის პირობებში.

როგორც აღვნიშნეთ, ორგანული ნაშთების დაშლის პროცესში მაკროფაუნა გარკვეულ როლს ასრულებს. ცხოველური ორგანიზმები თავიანთი სოროებისა და გზასავალების „შენებით“ ნიადაგს აფხვი-

ერგბენ და ორგანული ნაშთების დაშლის პროცესში მონაწილე სხვა ფაქტორებისათვის (მიკრობების, ატმოსფერული აგენტების) ხელშემწყობ პირობებს ქმნიან. ამის გარდა, ეს ორგანიზმები ორგანულ ნაშთებს აქუცმაცებენ და ურევენ ნიადაგის მინერალურ ნაწილში. ბევრი მათგანი კი ამ ნივთიერებებს საკვებად იყენებს და მომწიფებელ აპარატში გატარების შემდეგ, გარდაქმნილს, ექსკრემენტების სახით გამოყოფს ნიადაგში.

დასახელებული ფაქტორები, ჰუმუსის წარმოქმნის პროცესში, მიკროფლორისა და მიკროფუნის ფაქტორებთან შედარებით, მეორეხარისხოვან როლს ასრულებენ; თითოეულ მათგანს არც ცალკე და არც ყველას ერთად, მიკრობთა მონაწილეობის გარეშე, ჰუმუსის წარმოქმნა არ შეუძლია.

ამრიგად, ორგანული ნაშთების დაშლა-გარდაქმნის პროცესს, ძირითადად, ბაქტერიებისა და სოკოების ერთობლივი მოქმედება განსაზღვრავს. ამ ორგანიზმთა მოქმედება ორგანულ ნაშთებზე შეიძლება ზემოდასახელებულ ფაქტორების მოქმედებას წინ უსწრებდეს ან მის შემდეგ, ან მასთან ერთად მიმდინარეობდეს.

მიკრობთა სახეობრივ შედგენილობასა და მათი მოქმედების ხასიათზე უდიდეს გავლენას ახდენს ორგანული ნაშთების ქიმიზმი, ჯანგვა-აღდგენის პროცესების გამოხატულება ნიადაგში და არეს რეაქცია (pH). ზე-მცენარეთა ფორმაციის პირობებში ორგანული ნაშთების დაშლაში უმთავრესად მონაწილეობენ სოკოვანი ორგანიზმები (რადგან მთრამლავი ნივთიერების დაშლა მხოლოდ სოკოებს შეუძლიათ). სტეპისა და მდელოს მცენარეთა ფორმაციის ორგანული ნაშთების დაშლა კი ძირითადად აერობი და ანაერობი ბაქტერიების მოქმედებით წარმოებს. აკად. ვ. ვილიამსი ორგანული ნაშთების დაშლის სამგვარ პროცესს არჩევს: ა) სოკოვანს, ბ) აერობულ ბაქტერიულს და გ) ანაერობულ ბაქტერიულს.

თითოეული ამ პროცესთაგანის გამოხატულება და ინტენსივობა ნიადაგში კომპლექსურ პირობებზეა დამოკიდებული, როგორც მაგალითად, საკვების რაოდენობასა და შედგენილობაზე, ტენის რაოდენობაზე, აერაციაზე, სითბოზე, არეს რეაქციაზე და სხვ.

სოკოვანი პროცესი კარგად მიმდინარეობს აერობულ, მკავე რეაქციის (ტყის) ნიადაგების პირობებში.

აერობულ ბაქტერიულ პროცესს ადგილი აქვს ნეიტრალურ. სუსტი ტუტე ან სუსტი მკავე რეაქციის ნიადაგებში. ამ პროცესს ინტენსიური ბიოქიმიური დაქანგვითი მოვლენები ახასიათებს, რის შედეგადაც სტეპური პირობების ნიადაგებში არა მარტო მცენარეული და ცხოველური ნაშთების ენერგიული მინერალიზაცია ხდება, არამედ

ბაქტერიული სინთეზური პროდუქტებიც სწრაფად იშლება და პეტროტროფული ორგანიზმების კვების პირობები უარესდება.

ანაერობულ ბაქტერიულ პირობებს ადგილი აქვს ორგანულ ნივთიერებებით მდიდარ, ჰაერით ღარიბ ნიადაგებში. ორგანული ნაშთების ანაერობული დაშლის ტიპური პროცესი წარმოებს მდელოს და განსაკუთრებით ჰაობიანი ნიადაგების ქვედა ფენაში. აქ ჰაერის თავისუფალი უანგზადის ნაკლებობის გამო, ბიოქიმიური პროცესები შეზღუდულია. ასეთ პირობებში მიკრობები დაშლას აწარმოებენ ორგანული ნაშთებისა და ნიადაგის მინერალური ნაერთების უანგზადის ხარჯზე (აღდგენის მოვლენები). ამიტომ დაშლის პროდუქტებში დაუანგული ნაერთები ნაკლები რაოდენობითაა და, პირიქით, მეტია დაუანგავი ნივთიერებანი.

ანაერობულ პირობებში ნაკლებად დაშლილი ორგანული ნივთიერებების დაგროვებას პროგრესული ხასიათი აქვს; ამის გამო ეს ნაშთები, როგორც დიდი ტენტევალობის მქონე ნივთიერებანი (საერთოდ ორგანულ ნივთიერებას წყლის ხარზად შთანქმის უნარი აქვს), თანდათან უფრო აძლიერებენ ანაერობულ პირობებს და, მაშასადამე, ორგანული ნაშთების დაშლის ხარისხს ამცირებენ (წარმოიქმნება ტორფი).

დასახელებულ საშივე პროცესის გამოხატულებაზე დიდ გავლენას ახდენს ტემპერატურა. დადასტურებულია, რომ მიკრობთა გამრავლება-განვითარება და მოქმედება ყველაზე ინტენსიურად 30 — 35° ტემპერატურის პირობებში მიმდინარეობს.

სოკოვანი და აერობული ბაქტერიული პროცესი ტენის გარკვეულ რაოდენობას მოითხოვს. ეს პროცესი კარგად მიმდინარეობს, როცა ნიადაგის ტენის რაოდენობა სრული ტენტევალობის 50 — 60% უდრის.

ორგანული ნაშთების დაშლა-გარდაქმნის პროცესის სახის მიხედვით (სოკოვანი, ბაქტერიული, აერობული და ანაერობული) წარმოიქმნებიან ერთიმეორისაგან განსხვავებული დაშლისა და სინთეზის პროდუქტები.

აღსანიშნავია, რომ ბუნებაში ეს პროცესები ცალ-ცალკე თითქმის არ ხდება. უმრავლეს შემთხვევაში ორგანული ნაშთების დაშლა ამ პროცესთა შერეული ანუ კომბინირებული გზით მიმდინარეობს, ე. ი. აერობული და ანაერობული ბაქტერიების ერთდროული მონაწილეობით.

ეს მოვლენა გაპირობებულია ნიადაგის მთელ მასაში ტენისა და ჰაერის არათანაბარი განაწილებით. ნიადაგის წვრილ კაპილარულ მილებში, რომლებიც ჩვეულებრივ წყლითაა სავსე, ანაერობული პროცესი ჰარბობს, ხოლო მსხვილ ფორებში, რომლებიც ჰაერითაა დაკავებული, აერობული პროცესი. ამის გამო სხვადასხვა ნიადაგში,

აერობულ და ანაერობულ პროცესთა შეთანაწყობის შესაბამისად ადგილი აქვს, არა მარტო ჰუმუსის სხვადასხვა რაოდენობით დაგროვებას, არამედ ერთიმეორისაგან განსხვავებული ფორმისა და შედგენილობის ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნასაც.

ორგანული ნაშთების დაშლა-გარდაქმნის ბიოქიმიური პროცესების ხასიათის შესაბამისად, არჩევენ მპალა ნივთიერებების შემდეგ ძირითად ფორმებს: 1. მკვდარ საფარს, 2. ტორფს, 3. ჰუმუსს ანუ ნე-შომპალას.

მკვდარ საფარს ხვდებით ტყისა და, ზოგიერთ შემთხვევაში, სტეპისა და მდელოს ნიადაგების პირობებში. მკვდარი საფარი წარმოადგენს ფოთლების, წიწვების, ნაყოფებისა და სხვათა ნაშთების გროვას, რომელიც ნიადაგზე ზემოდან არის გადაფარებული.

მცენარეული ნაშთების სტრუქტურის შეცვლისა და დაშლის პროცესის გამოხატულების მიხედვით, ტყის მკვდარ საფარში არჩევენ, სამ შრეს:

1. ზედას, რომელიც თითქმის დაუშლელი ორგანული ნაშთებისაგან შედგება. ამ შრის სისქე უმეტეს შემთხვევაში 2 სმ არ აღემატება;

2. შუას — ნახევრად დაშლილ, გატორფიანებულ ნარჩენების შემცველს, რომელიც განაზღვრულია (გაჩვილებული) და ადვილად ჩქლითება თითებით;

3. ქვედას — ძლიერ დაშლილს, ნიადაგის წვრილმიწა ნაწილთან სოკოვანი ჰიფებით გადახლართულს.

მკვდარი საფარის თითოეული შრის გამოხატულება დაშლის პროცესის ხარისხზეა დამოკიდებული. რაც უფრო სუსტია დაშლის პროცესი, მით უფრო მეტი სისქისაა გატორფიანებული შრე (შუა შრე) მკვდარ საფარში. დაშლის კარგ პირობებში კი გატორფიანების მოვლენები ნაკლებადაა გამოხატული და მკვდარი საფარის ზედა შრე პირდაპირ გადადის ქვედა შრეზე.

ტყის მკვდარ საფარს, ორგანული ნაშთების დრეკადობის გამო, სიფხვიერე ახასიათებს. სტეპისა და, განსაკუთრებით, მდელოს პირობების მკვდარი საფარი კი დაბეკნილია.

მკვდარ საფარს საერთოდ და განსაკუთრებით მთავორიანი ქვეყნის პირობებისათვის ნიადაგთდაცვისა და ნიადაგის წყლის რეჟიმის რეგულაციის თვალსაზრისით, დიდი მნიშვნელობა აქვს.

ტორფი წარმოიქმნება უმთავრესად ჰარბტენიან ნიადაგებში. ზედმეტი ტენიანობის პირობებში ორგანული ნაშთების ჰუმინფიკაციამინერალიზაციის პროცესების შეზღუდულობის გამო, ადგილი აქვს დაუშლელი ან ნაკლებად დაშლილი ორგანული ნაშთების დაგროვებას ტორფის სახით. ანაერობული პირობების გამოხატულების შესაბამისად

სად, სხვადასხვა ტორფის ნაფენები, ერთიპოვობისაგან დაშლის ხარისხით განსხვავდებიან. ტორფის სისქე დიდ მერყეობას განიცდის.

ჰუმუსი ორგანული ნაშთების დაშლის ამორფული ნივთიერებაა, რომელიც კოლოიდური ბუნებისაა და მტკიცედაა დაკავშირებული ნიადაგის მინერალურ ნაწილთან.

#### ძირითადი მიმართულებანი ნიადაგის ორგანული ნაწილის სწავლავაში

ლიამონოსოვი ჯერ კიდევ 1763 წ. აღნიშნავდა, რომ ჰუმუსი მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმების ნაშთების ლპობის შედეგია.

ჰუმუსის ქიმიურ შედგენილობას სწავლობდნენ ახარდი (1786), სოსიური (1804), ბერცელიუსი (1806), შპრენგელი (1826), მულდერი (1840), რუსეთში ამავე პერიოდში პ. გერმანი (1836) და სხვ.

შპრენგელმა პირველმა გამოჰყო და აღწერა ჰუმუსის ერთ-ერთი მთავარი შემადგენელი ნივთიერება — ჰუმინის მჟავა. მანვე განსაზღვრა ამ მჟავაში ნახშირბადის რაოდენობა (58%) და შეისწავლა ამ მჟავისა და მისი მარილების თვისებები.

ბერცელიუსმა ჰუმუსის შემადგენელ ნივთიერებათა გამოსაყოფად გამოიყენა ტუტე. მან გამოარკვია, რომ ჰუმუსში ჰუმინის მჟავის გარდა, შედის სხვა, ღია ყავისფერი ნივთიერება — კრენისა და აპოკრენის მჟავები.

ბერცელიუსის მიხედვით ჰუმუსი შედგება: ტუტეში ხსნადი ჰუმინის მჟავისა, კრენისა და აპოკრენის მჟავებისაგან და ტუტეში უხსნადი — ინდიფერენტული ნივთიერების — ჰუმინისაგან.

ბერცელიუსის მოწაფე მულდერი ჰუმუსის შემადგენელ ნივთიერებებს შორის არჩევს: 1. ტუტეებში უხსნადს ულმინსა და ჰუმინს, 2. ტუტეებში ხსნად ყომრალი ფერის ულმინისა და შავი ფერის ჰუმინის მჟავებს და 3. წყალში ხსნად კრენისა და აპოკრენის მჟავებს.

ზემოთ დასახელებული ყველა მკვლევარი ჰუმუსს განიხილავდა როგორც ქიმიურ წარმონაქმნს.

1862 წლიდან, როდესაც ლუი პასტერის გამოკვლევებით საფუძველი ჩაეყარა მიკრობიოლოგიის მეცნიერებას, ჰუმუსის კვლევის დარგში შესამჩნევი გარდატეხა მოხდა. პ. კოსტიჩევის (1886), შლეზინგისა და სხვათა გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ჰუმუსის წარმოქმნა, უპირველეს ყოვლისა, ბიოლოგიური ხასიათის პროცესია და არა წმინდა ქიმიური.

ჰუმუსის ბიოლოგიური და ბიოქიმიური თვალსაზრისით შესწავლის საფუძველზე პ. კოსტიჩევმა დაასკვნა, რომ ჰუმუსის წარმოქმნის

ძირითადი წყარო მრავალწლოვანი ბალახოვანი მცენარეების ფესვებია. მისი აზრით, ნეშომპალა განაპირობებს ნიადაგის ნაყოფიერების თვისებას და ამავე დროს თვისობრივად განსხვავდება იგი (ნიადაგ) დედაქანისაგან.

კოსტიჩევის მიხედვით ორგანული ნაშთების დაშლა-გარდაქმნის პროცესი, როგორც ბიოლოგიური — სოკოებისა და ბაქტერიების მოქმედებით მიმდინარე პროცესი — დიდადაა დამოკიდებული გარემო პირობებზე: ტემპერატურაზე, აერაციაზე, ტენზე, ნიადაგის ქიმიურ შედგენილობაზე. ფიზიკურ თვისებებზე და სხვ. კოსტიჩემა პირველმა დაასკვნა, რომ ჰუმუსის წარმოქმნის დროს ადგილი აქვს პროტეინებისა და სხვა რთული ორგანული ნივთიერებების სინთეზს.

სხვა რუსი მკვლევარებიდან ჰუმუსის პრობლემის შესწავლის დარგში დიდი წვლილი აქვთ შეტანილი ა. შუჟეს, ს. კრავკოვს, ა. ტრუსოვს, ი. ტიურინს, მ. კონონოვას.

განსაკუთრებული როლი კოსტიჩევის შემდეგ, ჰუმუსის წარმოქმნა-თვისებების შესწავლის დარგში შეასრულა აკად. ვ. ვილიამსმა, რომელმაც ეს საკითხი ახლებურ, მტკიცე ბიოქიმიურ საფუძველზე დააყენა.

ა. შუჟეი განსაკუთრებულ ყურადღებას აქცევს ჰუმუსის ქიმიური ბუნებისა და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავლას. მისი გამოკვლევით ჰუმუსის მქავე მაღალმოლეკულური, კოლოიდებისა და კრისტალოიდების საზღვარზე მდგომი ნივთიერებაა, რომელიც ორი კომპონენტისაგან შედგება — მიკრობული წარმოშობის აზოტშემცველი ორგანული ნივთიერებისა და ბენზოლის ბირთვისაგან.

ა. ტრუსოვის მიხედვით ჰუმუსის წარმოქმნის ძირითად წყაროს სხვადასხვაგვარი მცენარეული ნივთიერება წარმოადგენს. მიკრობებისათვის ადვილად შესათვისებელი მცენარეული ნივთიერებები (ცელულოზა, ჰემიცილულოზა, ორგანული მჟავები, ნახშირწყლები) მას ჰუმუსის წარმოქმნის არაპირდაპირ წყაროდ მიაჩნია, ხოლო ძნელად შესათვისებელი ნივთიერებები (არომატული ბუნების ნივთიერებები — ლიგნინი, მთრიმლავი ნივთიერებანი, ზოგიერთი ცილა) პირდაპირ წყაროდ.

ა. ტრუსოვის მიხედვით ორგანულ ნივთიერებათა ჰუმინფიკაციის პროცესი შემდეგი თანმიმდევრობით ხორციელდება: 1. არომატული ბუნების ნივთიერებანი ჰიდროლიზურად იშლება, 2. ეს უკანასკნელი პროდუქტები იჟანგება ქინონამდე, 3. ხდება ქინონის კონდენსაცია და იუქი ფერის (ჰუმუსის) ნივთიერების წარმოქმნა.

ს. კრავკომა შეისწავლა სხვადასხვა ორგანული ნარჩენების ჰუმინფიკაციის პროცესი ხელოვნური, ერთიმეორისაგან განსხვავებული ტემპერატურის, ტენისა და აერაციის პირობებში და გამოარკვია, რომ

წარმოქმნილი ჰუმინის მკავეს რაოდენობა და თვისებები დამოკიდებულია მცენარეული ნაშთების შედგენილობაზე, კერძოდ კი მთრიმლავ და ცილოვან ნივთიერებათა და აგრეთვე ნაცრის ელემენტების შედგენილობა-რაოდენობაზე.

2. ვილიამსის მიხედვით ნიადაგში ჰუმინიფკაციის პროცესი წარმოადგენს სიცოცხლისა და სიკვდილის, ორგანული ნივთიერებების დაგროვებისა და დაშლის ერთიანი, რთული პროცესების სისტემას. ამ პროცესების შედეგად წარმოქმნილ ნეშომპალას ანუ ჰუმუსს იგი (ვილიამსი), სინთეზური ბუნების რთულ, აზოტშემცველ ნივთიერებად თვლის.

ვილიამსმა წამოაყენა რამდენიმე პრინციპული დებულება ჰუმუსის ბუნებისა და ჰუმუსის თვისებების შესწავლის შესახებ. აი ეს დებულებები:

1. ჰუმუსი, წინააღმდეგ მანამდე გაბატონებული შეხედულებისა, არ წარმოადგენს ორგანული ნივთიერებების დაშლის შუალედურ პროდუქტს, რადგან ასეთ პროდუქტებს დაგროვების უნარი არ მოეპოვებათ. ჰუმუსს კი მკვეთრად გამოხატული დაგროვების თვისება აქვს.

2. ჰუმუსი არ არის ორგანული ნაშთების მხოლოდ დაშლის შედეგად მიღებული ნივთიერება, რადგან იგულისხმება, რომ დაშლის პროდუქტები უფრო მარტივი შედგენილობისა უნდა იყოს, დაუშლელი ნივთიერების შედგენილობასთან შედარებით; ჰუმუსი კი პირაქით, მეტად რთული შედგენილობისაა.

3. ჰუმუსის შედგენილობის შესასწავლად ტუტეების გამოწურვის მეთოდის გამოყენებას არ შეუძლია სწორი წარმოდგენა მოგვცეს ამ საკითხებზე, რადგან ტუტე შლის არა მარტო ჰუმუსის შემადგენელ ნივთიერებებს, არამედ სხვა, არაჰუმუსურ ორგანულ ნივთიერებებსაც და ამის გამო გვაძლევს „.....ნიადაგის ყველა ცოცხალი და მკვდარი ნივთიერების ურთულეს გამოწურვას“ (ვილიამსი).

4. ნიადაგის ორგანული ნივთიერების დაშლა შეიძლება მხოლოდ ბიოლოგიური გზით. ეს პროცესი ფერმენტული ხასიათისაა და ხორციელდება მიკროორგანიზმების მიერ გამოყოფილი ეგზოენზიმების საშუალებით. მათი გამოყოფი მიკრობებისათვის ეგზოენზიმები საწამლაია (ტოქსინი). ჰუმუსის წარმოქმნის დროს ადგილი აქვს არეს გაჯანსაღებას ეგზოენზიმების დენატურირებისა (უხსნად ფორმაში გადასვლა) და სხვადასხვა ორგანიზმის სიმბიოზის საშუალებით.

ვილიამსმა ჰუმუსის შემადგენელი ნივთიერებები ბუნებრივ პირობებში ლიზიმეტრული წესით შეისწავლა. ლიზიმეტრებში მან ოთხ-ოთხი კუბური მეტრი ნიადაგის ნიმუში მოათავსა და შექმნა ერთში



აერობული ბაქტერიული, მეორეში ანაერობული ბაქტერიული, ხოლო მესამეში სოკოვანი — ორგანული ნაშთების დაშლის პირობები.

თითოეული მათგანიდან შეგროვილი ნიადაგის ხსნარის აორთქლების შედეგად დარჩენილი ჰუმუსის ნივთიერებების შესწავლის საფუძველზე გამოირკვა, რომ აერობულ ბაქტერიულ (სტეპურ მცენარეთა ფორმაციის) პირობებში წარმოიქმნება ჰუმინის მკაფა, ანაერობულ ბაქტერიულ (მდელოს მცენარეთა ფორმაციის) პირობებში — ულმინის მკაფა და სოკოვან (ხემცენარეთა ფორმაციის) პირობებში — კრენის მკაფა. ვილიამსმა ექსპერიმენტით დაამტკიცა, რომ სხვადასხვა მცენარეული ფორმაციის პირობებში წარმოქმნილ ჰუმუსის შედგენილობრივი განსხვავება გამოწვეულია მცენარეული ნაშთების დაშლის პროცესში მონაწილე უქლოაროფილო მიკროორგანიზმთა მიერ გამოყოფილი სხვადასხვა თვისების სინთეზური ნივთიერებებით (ეგზოენზიმები).

ნიადაგის ჰუმუსის ბუნების შესწავლის დარგში მეტად ნაყოფიერი გამოკვლევები აქვთ აკად. ი. ტიურინს და პროფ. მ. კონონოვას.

ი. ტიურინის მიხედვით ჰუმუსი შედგება შემდეგი ნივთიერებებისაგან:

### I. ჰუმინის ნივთიერებანი

#### 1. ტ უ ტ ე ბ შ ი უ ხ ს ნ ა დ ი.

- ა) ჰუმინი;
- ბ) ჰუმოლიგნინი (ულმინი);
- გ) ნახშირი (შემთხვევით წარმოშობილი).

#### 2. ტ უ ტ ე ბ შ ი ხ ს ნ ა დ ი:

- ა) ჰუმინის მკაფა;
- ბ) ჰიმატომელანოს მკაფა;
- გ) ფულვომკაფები (კრენის, აპოკრენის).

### II. არაჰუმინის ნივთიერებანი:

1. ლიგნინი;
2. ცელულოზა;
3. ჰემიციტულულოზა;
4. პროტეინი;
5. დაშლის დაბალმოლეკულური ნივთიერებანი (ორგანული მკაფები, ამინომკაფები და სხვ.).
7. გ. ტალახაძე

**III. ბიტუმები (ცხიმები, ცვილები, ფისები, ცხიმის მჟავები)**

აქედან ნათლად ჩანს, რომ ჰუმუსი შედგება არა მარტო არასპეციფიკური (არაჰუმინის) ნივთიერებებისაგან, როგორც ამას ზოგიერთი უცხოელი მკვლევარი (ვაქსმანი) ამტკიცებდა, არამედ ჰუმინის (სპეციფიკური ნივთიერებანი) და არაჰუმინის ნივთიერებებისაგან. აღსანიშნავია, რომ ჰუმუსის ბუნებას განსაზღვრავს სწორედ პირველი ჯგუფის ნივთიერებანი.

მ. კონონოვამ გამოარკვია, რომ ჰუმინფიკაციის პროცესში ფართოდ მონაწილეობს ნიადაგის ზოგიერთი მიკროორგანიზმის (მაგალითად, ცელულოზას მიქსობაქტერიების) დამჟანგავი ფერმენტები — ოქსიდაზა.

**პუმუსის მთავრატა ბუნება**

ორგანული ნაშთების აერობულ ბაქტერიულ პირობებში დაშლის შედეგად წარმოიქმნება წყალი, ნახშირორჟანგი, აზოტმჟავა, გოგირდმჟავა და სხვა, ხოლო ანაერობულ პირობებში — მეთანი, გოგირდწყალბადი, ფოსფორწყალბადი, სულფიდები, ამონიაკი, ორგანული მჟავები და სხვ. ამასთან ერთად ორგანული ნაშთების დაშლის დროს ნიადაგში მიმდინარეობს ახალი ორგანული ნივთიერებების — ჰუმინის ნივთიერებების (ჰუმუსის მჟავა) სინთეზი; ამრიგად, ჰუმუსის წარმოქმნას ახასიათებს როგორც დაშლის, ისე სინთეზის პროცესი (ცხრილი 17).

ცხრილი 17

ორგანული ნაშთების — აერობული, ანაერობული ბაქტერიებისა და სოკოვანი მიკროორგანიზმების დაშლის პროდუქტები

აერობულ ბაქტერიულ პირობებში		ანაერობულ ბაქტერიულ პირობებში			სოკოვან პირობებში	
დაშლის პროდუქტები	სინთეზის პროდუქტები	დაშლის საბოლოო პროდუქტები	დაშლის შუალედური პროდუქტები	სინთეზის პროდუქტები	დაშლის პროდუქტები	სინთეზის პროდუქტები
წყალი, ნახშირორჟანგი ფოსფატები კარბონატები ამონიაკი ქლორიდები	ჰუმინის მჟავა	მეთანი, წყალბადი, აზოტი ამონიაკი, გოგირდ-წყალბადი, ფოსფორწყალბადი, სულფიდები	ორგანული მჟავები — რძისა და ცხიმის	ულმინის მჟავა	წყალი, ნახშირორჟანგი აზოტი კარბონატები სულფატები ფოსფატები ამონიაკი ქლორიდები	კრენისა და აპოკრენის მჟავა ანუ ფულვო-მჟავები

სინთეზურ ნივთიერებებს როგორც ქიმიურ, ისე მიკრობიოლოგიურ პროცესებისადმი დიდი გამძლეობის უნარი აქვთ და ამის გამო დაგროვების თვისება ახასიათებთ.

ჰუმუსის მჟავები ანუ ჰუმინის ნივთიერებები ამჟამად ორ ჯგუფად იყოფა: 1. ტუტეებში (O,1n) ხსნადი — ულმინის, ჰუმინისა და ფულვომჟავები და 2. ტუტეებში უხსნადი — ჰუმინი და ულმინი.

ეს მჟავები, როგორც ბოლო ხანების გამოკვლევებითაა ცნობილი (კონონოვა და სხვ.), ქიმიურად ინდივიდუალური ნივთიერებები კი არ არიან, არამედ ნიადაგის ორგანული სხვადასხვა ნივთიერებების ჯგუფებია.

ჰუმუსის მჟავათა შორის ჰუმინის მჟავა ყველაზე მნიშვნელოვანი ნივთიერებაა. ეს ნივთიერება წყალში სუსტად იხსნება. ჰუმინის მჟავით გაჯერებული ნიადაგის ხსნარი, შავი (მოშავო) ფერისაა. მჟავა დაბალ ტემპერატურაზე (0°-ზე ქვემოთ) დენატურირებას განიცდის, ე. ი. გამოილექება ქიმიური შედგენილობის შეუცვლელად. ჰუმინის მჟავა დენატურირებას აგრეთვე დუღილით განიცდის.

ჰუმინის მჟავას მოლეკულა შეიცავს ნახშირბადს, წყალბადს, ჟანგბადსა და აზოტს. ამ ელემენტთა შემცველობა სხვადასხვა ნიადაგის ჰუმინის მჟავაში, შედარებით მცირე ფარგლებში მერყეობს (ცხრ. 18).

ჰუმინის მჟავას მოლეკულის შედგენილობა და აღნაგობა საბოლოოდ არ არის დადგენილი. მულდერი ჰუმინის მჟავას მოლეკულას გამოსახავს ფორმულით  $C_{40}H_{32}O_{12}$ , სვენ-ოდენი  $C_{60}H_{52}O_{24}(COOH)_4$  ამრიგად, ამ ავტორთა და, აგრეთვე ფიშერის, სტადნიკოვის, ფუქსისა და სხვათა მიხედვით ჰუმინის მჟავა უაზოტო ნაერთია. ბოლო ხანებში კი დადასტურდა, რომ ჰუმინის მჟავა აზოტის შემცველი ნივთიერებაა.

ცხრილი 18

ჰუმინის მჟავას ელემენტარული შედგენილობა %-ობით

ნიადაგი	C	H	O	N	ავტორი
ქვერი ნიადაგი	52,4	4,8	39,0	3,7	ი- ტურინი
შავმიწა ღრმა ნიადაგი	57,5	3,4	35,4	3,8	
წაბლა ნიადაგი	58,6	3,4	33,9	4,1	

ს. დრაგუნოვმა შავმიწიდან გამოყოფილი ჰუმინის მჟავა შემდეგი ფორმულით გამოსახა  $C_{64}O_{26}H_{54}N_4$ . ამ მჟავას აზოტს ჰიდროლიზის პროცესის მიმართ დიდი სიმტკიცის უნარი აქვს.

ახლად წარმოქმნილ ჰუმინის მჟავას, როგორც ნ. გარბუნოვმა რენტგენული ანალიზის საშუალებით გამოარკვია, ამორფულობა ახასიათებს. დაძველების შედეგად ის კრისტალიზაციას განიცდის.

ჰუმინის მკვას მოლეკულაში შედის სამი ჰიდროქსილის (ფენოლის) OH, ერთი ეტოქსილის  $\text{CH}_3\text{O}$  და ოთხი კარბოქსილის  $\text{COOH}$ ; ჯგუფი. კარბოქსილის წყალბადების ლითონებით ჩანაცვლების შედეგად წარმოიქმნება მარილი — ჰუმატი. Na, K,  $\text{NH}_4$  ჰუმატები წყალში კარგად იხსნება, Ca და Mg ჰუმატები ძნელად (2000 ნაწილ წყალში მხოლოდ 1 ნაწილი კალციუმის ჰუმატი იხსნება), რკინისა და ალუმინის ჰუმატები წყალში უხსნადია.

ულმინის მკვას წყალში ადვილად ხსნადობის თვისება აქვს. წყალში გახსნილი ეს მკვა მუქი ყომრალი ფერისაა.

ულმინის მკვა თავის შედგენილობითა და თვისებებით ძალიან უახლოვდება ჰუმინის მკვას. ულმინის მკვა ტემპერატურის დაწვევითა ( $0^\circ$ -ზე ქვემოთ) და აწვევით (დულალით) დენატურირებას განიცდის. ამის გამო, ზამთრის ყინების დროს ჰუმინისა და ულმინის მკვას (ეგზოენზიმები) დენატურირებით არე, ამ ნივთიერებათა ტოქსიკური მოქმედებიდან ჯანსაღდება და მიკრობთა შემდგომი მოქმედება უმჯობესდება.

დენატურირებულ ულმინის მკვას — ულმინი ეწოდება. ულმინის მკვას Na, K,  $\text{NH}_4$  მარილები წყალში ადვილად იხსნება, Ca და Mg მარილები ძნელად, ხოლო რკინისა და ალუმინის მარილები წყალში არ იხსნება.

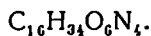
მულდერი ულმინის მკვას მოლეკულას შემდეგი ფორმულით გამოხატავს  $\text{C}_{40}\text{H}_{28}\text{O}_{12}\text{H}_2\text{O}$ .

ფულვომკვავებიდან (კრენისა და აპოკრენის მკვავები) კრენის მკვა უფერულია, წყალში კარგად იხსნება, არ ქროლავს. აქვს დამახასიათებელი სუნი, მძლავრი მკვაა, გაეწრების პროცესში დიდ როლს ასრულებს. კრენის მკვას საშუალო ელემენტური შედგენილობა, ვ. პონომარიოვას მონაცემებით, შემდეგით გამოიხატება: ნახშირბადი 45 — 48%, წყალბადი — 5 — 6%, ჟანგბადი 43 — 48%, აზოტი 1,5 — 3%. ამრიგად, კრენის მკვა უფრო მეტ ჟანგბადს შეიცავს, ვიდრე ჰუმინის მკვა. ნახშირბადს კი, პირიქით, ნაკლებს. კრენის მკვაში აზოტი, ჰუმინის მკვასთან შედარებით, მცირე რაოდენობითაა. ეს მკვა დენატურირებას არ განიცდის. ფუქებითან იძლევა მარილებს — კრენატებს. Na, K,  $\text{NH}_4$ , Ca და Mg კრენატები წყალში ადვილად იხსნება. ალუმინისა და რკინის კრენატები წყალში ძნელად იხსნება. კრენის მკვას მოლეკულის ფორმულა საბოლოოდ დადგენილი არ არის.

აპოკრენის მკვა თავისუფალ მდგომარეობაში არ გვხვდება, არსებობს მხოლოდ მისი მარილები — აპოკრენატები. კრენატის აღდგენას შედეგად წარმოიქმნება აპოკრენატი. აპოკრენატებს (Na, K,  $\text{NH}_4$ ,

Ca, Mg და Fe<sup>+1</sup>) წყალში კარგი ხსნადობის უნარი აქვს, Fe<sup>+++</sup> აპოკრენატი მხოლოდ კონცენტრირებულ მარილმჟავაში იხსნება.

მულდერი, აპოკრენმჟავის მოლეკულას გამოხატავს ფორმულით:



ჰუმინის ნივთიერებების მეორე ჯგუფზე, ტუტეებში უხსნად ჰუმინსა და ულმინზე, უნდა ითქვას შემდეგი: ჰუმუსის ტუტეში უხსნად ჰუმინის მჟავას პირველად ყურადღება მიაქცია შპრენგელმა და ჰუმინი უწოდა. ულმინის მჟავის ტუტეში უხსნად ნაწილს კი მულდერი ულმინს უწოდებს. ვ ვილიამსის მიხედვით ულმინი დენატურირებულ ულმინის მჟავას, ხოლო ჰუმინი დენატურირებულ ჰუმინის მჟავას წარმოადგენს, რაც ა. ტიურინისა და დ. ხანის გამოკვლევებითაც დასტურდება (ამ მჟავათა და მათ შესაბამის დენატურირებულ ნივთიერებათა ქიმიური შედგენილობის ერთნაირობის გამო).

#### უაუუსი როგორც კოლოიდი და ნიადაგის ორგანულ-მინერალური კომპლექსის მთავარი შემადგენელი ნაწილი

ამჟამად, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, დამტკიცებულად ითვლება, რომ ჰუმუსის სპეციფიკური ნივთიერებანი — ჰუმინის ნივთიერებანი (ტუტეებში ხსნადი და უხსნადი) მაღალმოლეკულური ნაერთებია (მაგალითად, ჰუმინის მჟავას მოლეკულური წონა უდრის 1300—1400) და ამ ნივთიერებებს კარგად გამოხატულ, კოლოიდური თვისებები აქვთ.

ჰუმინის მჟავას დისპერსიულობის ხარისხი დიდ ფარგლებში მერყეობს. მისი ელემენტური ნაწილაკების დიამეტრი 20  $\mu$  არ აღემატება. ჰუმინის მჟავა დიალიზს არ განიცდის, ხასიათდება მაღალი ჰიდრატაციის უნარით და უარყოფითი ელექტრომუხტით.

ეს მჟავა ელექტროლიტების მოქმედებით, აგრეთვე გაყინვითა და გამოშრობით დენატურირება-კოაგულაციას განიცდის, რის შედეგადაც წარმოიქმნება უფრო მსხვილი — 1 $\mu$ -მდე ზომის ნაწილაკები. ჰუმინის მჟავას დისპერსიულობის ხარისხის შემცირება დაქანგვას ჰიდრატაციისა და პოლიმერიზაციის პროცესებით წარმოებს.

ჰუმუსის! შედგენილობაში ჰუმინის მჟავასთან ერთად შედის არაკოლოიდური თვისების მქონე მჟავები (ისინი დიალიზს განიცდიან). ამ უკანასკნელ ნივთიერებათა მოლეკულა, შედარებით მარტივია და მათი ხსნარი ჰემმარიტ ხსნარს უახლოვდება. ამათ ჯგუფს ეკუთვნის

ჰუმუსის, როგორც სპეციფიკური (ფულვონების), ისე არასპეციფიკური, სხვადასხვა ორგანული მკვება.

ამის გამო ჰუმინის მკვებით მდიდარ ნიადაგებში (მაგ., შვედში) კოლოიდურ-ქიმიური პროცესები ბევრად უფრო ენერგიულადაა გამოხატული. ვიდრე აღნიშნული მკვებით ღარიბ და, პირიქით, ფულვო-მკვებით მდიდარ ნიადაგებში (მაგ., ეწერი).

ჰუმინის ჭკუფის ნივთიერებათა მკვებურ ბუნებასა და კოლოიდურ თვისებებზე და მოკიდებულნი ნიადაგის მრავალი თვისება. ეს ნივთიერებები ნიადაგის მეტად აქტიური ნაწილია — რეაქციებში მონაწილეობის უნარის მხრივ.

ჰუმუსის შემადგენელი მკვებებისა და ნიადაგის მინერალური ნაწილის რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება ე. წ. ორგანულ-მინერალური ნაწილი ანუ ნიადაგის ორგანულ-მინერალური კომპლექსი. ამ კომპლექსის მნიშვნელოვან ნაწილს, არაორგანული ნივთიერებებიდან, მინერალური კოლოიდები და ფუძეები წარმოადგენენ. პროფ. ა. ტიულინის გამოკვლევებით ნიადაგის ზედა ფენაში „სუფთა“ მინერალური კოლოიდები არ გვხვდება, მათ ყოველთვის ზედ აკრავს ჰუმუსის ნივთიერების თხელი აპსკი ანუ როგორც ის უწოდებს, „ქურკი“. ასეთი ორგანულ-მინერალური ნაერთი თავისი თვისებებით მინერალური კოლოიდებისაგან აშკარად განსხვავდება, რადგან ამ შემთხვევაში გარემო არესთან კავშირი არსებობს არა მინერალური კოლოიდების, არამედ ორგანული კოლოიდების საშუალებით, რომლებიც მას გარშემო აქვს შემოკრული.

აკადემიკოსმა ი. ტიურინმა ნიადაგის ორგანულ-მინერალურ კომპლექსში გაარჩია შემდეგი დამახასიათებელი ნაერთები: 1. ჰუმუსის ნივთიერებანი თავისუფლად, 2. ჰუმუსის ნივთიერებანი დაკავშირებული Ca-თან და ნაწილობრივ Mg-თან, 3. ნატრიუმთან დაკავშირებული ნაერთი, 4. ნაერთი შერეული გელების სახით, ალუმინისა და რკინის ჰიდროქსიდებთან, 5. თიხასთან მტკიცედ დაკავშირებული ნაერთი („არგილოჰუმინი“) და 6. კომპლექსური — ორგანულ-მინერალური. ცხადია, რომ ამ ნაერთთა ძირითადი ფორმები ბუნებაში გვხვდება არა ცალკე, არამედ ერთად, ერთიმეორესთან სხვადასხვაგვარი რაოდენობრივი შეფარდებით, ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის განვითარების შესაბამისად.

ორგანულ-მინერალური კომპლექსი, შემადგენელი ცალ-ცალკე კომპონენტების რაოდენობისა და არის რეაქციის (pH) მიხედვით შეიძლება იყოს ელექტრონეიტრალური, დადებითად, ან უარყოფითად დამუხტული. უკანასკნელ ორ შემთხვევაში კომპლექსს ძლიერად გამოხატული დისპერსიულობა ახასიათებს.

კუმუსი სხვადასხვა ტიპის ნიადაგებში

ნიადაგში ჰუმუსის შედგენილობა და რაოდენობა დამოკიდებულია მცენარეთა ფორმაციასა და ორგანული ნაშთების დაშლა-გარდაქმნის ბიოქიმიური პროცესის ხასიათზე (ჰაქტერიული, აერობული, ანაერობული, და სოკოვანი). ამის გამო სხვადასხვა ტიპის ნიადაგების ჰუმუსი ერთიმეორისაგან განსხვავდება როგორც რაოდენობით, ისე შედგენილობითაც (თვისობრივად).

ცხრილი 19

ჰუმუსის სეროო რაოდენობა სხვადასხვა ნიადაგში

ნიადაგი	ჰუმუსი %-ობით (ზედა ფენაში)	ჰუმუსის რაოდენობა 1 მეტრის ფენაში ტონობით ჰექტარზე	ავტორი
ეწერი ნიადაგი . . . . .	2,5	94	ნ. ბოლოტინა
ტყის ზანგარა ნიადაგი . . . . .	5,2	175	
შავმიწა			
1. ჩვეულებრივი . . . . .	6,8	426	
2. გამოტუტვილი . . . . .	9,6	549	
3. ღრმა . . . . .	11,2	709	
რუხი ნიადაგი :			
1. ტიპური . . . . .	1,9	283	
2. ღა . . . . .	1,5	67	
წითელმიწა ნიადაგი . . . . .	7,7	282	

მე-19 ცხრილიდან ჩანს, რომ ჰუმუსს ყველაზე მეტი რაოდენობით შეიცავს შავმიწა, ხოლო ყველაზე ნაკლები რაოდენობით რუხი და ეწერი ნიადაგი. ჰუმუსის სხვადასხვა ნიადაგში ფენების მიხედვითაც (პროფილში) სხვადასხვაგვარადაა განაწილებული. შავმიწა ნიადაგში სიღრმეზე ჰუმუსი თანაბარზომიერად და დიდ სიღრმეზე (1 მეტრამდე და მეტი) ნაწილდება. ეწერი, რუხი და სხვა ნიადაგები ჰუმუსს, ძირითადად ზედა ფენაში შეიცავენ, სიღრმეზე კი მისი რაოდენობა ერთბაშად კლებულობს.

ნიადაგში ჰუმუსის დაგროვება დამოკიდებულია ჰუმუსის ქიმიურ შედგენილობაზე. ჰუმინის ნივთიერებებით მდიდარ ჰუმუსს დაგროვების მეტი უნარი ახასიათებს, ვიდრე აღნიშნული ნივთიერებებით ღარიბ ჰუმუსს. ნათქვამს ადასტურებს ქვემოთაღნიშნული მონაცემები (ი. სერდობოლსკი).

ჰუმინის ნივთიერებების შემცველობა სხვადასხვა ნიადაგის  
ორგანულ ნივთიერებებში— %-ობით

ეწერი ნიადაგი . . . . .	46—52
ტყის ყომრალი ნიადაგი . . . . .	50—70
ნეშომპალა კარბონატული ნიადაგი	57—65
შავმიწა ნიადაგი . . . . .	71—91

ჰუმინის ნივთიერებებში ჰუმინის მჟავას შეფარდება ფულვო-მჟავებთან ეწრიდან შედმიწებისაკენ მატულობს. ამის გამო ამავე მიმართულებით მატულობს ნიადაგში აგრონომიულად მაღალი ღირსების (ჰუმინის მჟავით მდიდარი) რაოდენობა.

**ნიადაგის კუპუსის აგრონომიული მნიშვნელობა**

სოფლის მეურნეობის პრაქტიკა უძველეს დროიდანვე განსაკუთრებულ ყურადღებას აქცევდა ნიადაგის ჰუმუსს. ჰუმუსი ნიადაგის ნაყოფიერების ერთ-ერთი პირველხარისხოვანი პირობაა. ჰუმუსი ნიადაგთწარმოქმნის პროცესში, ბუნებრივი ნაყოფიერების განვითარების თვალსაზრისით, მეტად მნიშვნელოვან როლს ასრულებს. ის ერთ შემთხვევაში (მდელოს) აკუმულაციას განიცდის ნიადაგში და ამით საკვებ ნივთიერებათა მარაგს ზრდის, ხოლო მეორე შემთხვევაში (ჩრდილოეთის ტყეებში) ჩარეცხვის პროცესებს უწყობს ხელს და ამით ნიადაგის ნაყოფიერებას ამცირებს.

ჰუმუსი მცენარის საკვებ ნივთიერებათა ძირითადი წყაროა (აზოტის, ფოსფორის, კალციუმის, გოგირდისა და სხვათა შემცველია).

ახლა ნათელი გახდა, რომ ჰუმუსის სპეციფიკური ნივთიერებანი მცენარის ფიზიოლოგიურ და ბიოქიმიურ პროცესებზე უშუალო გავლენას ახდენენ. ლ. ქრისტევას მონაცემებით იონოლისპერსიულ მდგომარეობაში მყოფი ჰუმინის მჟავა შედის მცენარეში, სადაც მონაწილეობს ენგვა-ალდგენის რეაქციებში და ებმება ნივთიერებათა ცვლის საერთო პროცესში. ჰუმინის მჟავას ქიმიურად აქტიური ქინონის ჩჯუფის ნაერთები სხვადასხვა მცენარის განვითარებაზე მასტიმულირებელ გავლენას ახდენენ — იწვევენ ფესვთა წარმოქმნას. ჰუმინის მჟავა ზრდის ნიადაგში შესათვისებელი ფორმის — ფოსფორისა და კალციუმის რაოდენობას. ეს მჟავა უკავშირდება ნიადაგის მიწერალურ ნივთიერებებს, მათ შორის მიკროელემენტებსაც (სპილენძს, რკინას და სხვ.) და წარმოქმნის ხელატის ტიპის კომპლექსურ ნაერთებს, რომლებიც მცენარეზე დადებითად ნოქმედებენ.

ჰუმუსის ნივთიერებების მცენარეზე ასეთი სპეციფიკური ზეგავლენის საკითხის გარკვევა საფუძვლად დაედო, საკვები ნივთიერებე-



ბით საკმაოდ უზრუნველყოფილ, ნიადაგში მცირე დოზებით ამ ნივთიერებების სასუქად გამოყენების იდეას.

ჰუმუსური ნივთიერებების სასუქს ლებულობენ წყალში გახსნილი ამონიაკით ტორფის დამუშავების შედეგად. სუპერფოსფატის მიმატებით. ჰუმუსი მართალია ნელა, მაგრამ მიკრობთა მოქმედებით მაინც განიცდის დაშლას, რის შედეგადაც მცენარისათვის გამოსაყენებელი საკვები ნივთიერებები წარმოიქმნება. ბუნებაში ჰუმუსის შექმნისა და დაშლის პროცესი განუწყვეტლად მიმდინარეობს. დაშლილი ჰუმუსის კომპენსაცია ახლად წარმოქმნილი ჰუმუსით წარმოებს. სახნავ-სათესი მიწებების უწყსო ექსპლოატაციის შემთხვევაში დაშლილი ჰუმუსის შევსება ახლად წარმოქმნილი ჰუმუსით ვერ ხდება, რის გამოც ნიადაგში ჰუმუსის რაოდენობა თანდათან მცირდება. იენი, ამერიკის ნიადაგების მაგალითის მიხედვით აღნიშნავს, რომ დიდი ხნის ნარბილ მიწებში ჰუმუსი 30%-ით არის შემცირებული პირველსაწყის შემცველობასთან შედარებით.

სოციალისტური მიწათმოქმედების პირობებში, პირიქით, ჰუმუსის რაოდენობა მატულობს; იზრდება ნიადაგის ნაყოფიერება იმ აგროტექნიკურ და აგროქიმიურ ღონისძიებათა ზეგავლენით, რომლებიც ხორციელდება არსებული მიწათმოქმედების სისტემაში, მაგალითად, ჩაის პლანტაციით დაკავებულ წითელმიწებში, ყამირ წითელმიწებთან შედარებით, ჰუმუსის რაოდენობა 1,5 — 2%-ითაა გადიდებული.

ჰუმუსი უდიდეს გავლენას ახდენს ნიადაგის შთანქმის უნარიანობაზე. სწორედ ამის გამო ჰუმუსით მდიდარ ნიადაგებს (მაგ., შავმიწა) მაღალი შთანქმის უნარი აქვს.

დიდია ჰუმუსის როლი აგრეთვე ნიადაგის ფიზიკური თვისებების — წყლის, ჰაერისა და სხვა თვისებების მოწესრიგების მხრივ.

ჰუმუსი ხელს უწყობს ნიადაგის მექანიკური ელემენტების აგრეგირებას (შეწებებას) — სტრუქტურის წარმოქმნას. ჰუმუსიან ნიადაგს ფზიკური აგებულება აქვს, რაც მის (ნიადაგის) წვეთი წინააღმდეგობის ძალას ამცირებს.

ჰუმუსი დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის სითბურ თვისებებზე. ჰუმუსის გავლენა ამ შემთხვევაში, როგორც შავი ფერის ნივთიერებისა, გამოიხატება ნიადაგის მხრივ სხივშთანქმის უნარის გაძლიერებაში. განსაკუთრებული მნიშვნელობა ამ მხრივ ჰუმინის მქავეს (შავი ფერის) აქვს.

ჰუმუსის, როგორც რაოდენობა, აგრეთვე შედგენილობა დიდ გავლენას ახდენს ბიოქიმიურ პროცესებზე. ჩვეულებრივ, ჰუმუსით მდიდარ ნიადაგებში ეს პროცესი უფრო ენერგიულად მიმდინარეობს, ვიდრე ჰუმუსით ღარიბ ნიადაგებში.

ჰუმუსის დიდი მნიშვნელობის გამო აუცილებელია ჯეროვანი უურადლება მიექცეს მისი რაოდენობისა და შედგენილობის რეგულაციას. ამ მხრივ განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის სწორ დამუშავებას, ბალახების თესვას, მწვანე სასუქების, ნაკელისა და ტორფის გამოყენებას და, აგრეთვე, ნიადაგის რეაქციის რეგულარებას (მოკირიანებას, მოთაბაშირებას), ხოლო ჭაობიან ნიადაგებში დამრობითი მელიორაციის ღონისძიებების გატარებას.

## ნიადაგური პროფილი და მისი დამახასიათებელი ნიშნები

ნიადაგის მთელ შრეს ზედაპირიდან დედაქანამდე — ნიადაგური პროფილი ეწოდება. პროფილს ახასიათებს სპეციფიკური მორფოლოგიური (გარეგანი) ნიშნები. ეს ნიშნებია ფერი, სტრუქტურა, აგებულება, ახალწარმონაქმნები და შენება. დასახელებული ნიშნები გამოიხატავენ ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის ხასიათს. ამიტომ ამ ნიშნების მიხედვით შეიძლება მიახლოებით გავერკვეთ ნიადაგის შედგენილობათვისებებში.

ნიადაგური პროფილის ჩამოყალიბებაში მონაწილეობს: 1. გამოფიტვის, 2. ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნა-დაგროვებისა და 3. ნიადაგური ნივთიერების დაღმა ან აღმა გადაადგილების პროცესები.

პროფილის ფენებს გამოფიტვის პროცესის გამოხატულებისა და გამოფიტვის პროდუქტების გადაადგილების შესაბამისი მექანიკური შედგენილობა ახასიათებს. მცენარის ფესვთა სისტემის გავრცელების არეში ორგანული ნაშთების მეტი რაოდენობით დაგროვების გამო ნიადაგის ამ ფენას უფრო მუქი შეფერვა აქვს, ვიდრე ქვედა ფენებს. ჰუმუსის რაოდენობა და თვისობრივი შედგენილობა, საერთოდ, დიდ გავლენას ახდენს ფერზე და პროფილის ფორმირებაზე. მდელს მცენარეთა ფორმაციის პირობებში, ყოველწლიურად, დიდი რაოდენობით ნიადაგში გროვდება ორგანული ნაშთები, რომელთა დაშლა ძირითად ანაირობულ ხასიათს ატარებს, რის შედეგადაც დაგროვილი ჰუმინისა და ულმინის მყავებით მდიდარი ჰუმუსი ნიადაგს შავ ფერს აძლევს.

ნახევრად უდაბნოს მცენარეთა ფორმაციის პირობებში ჰუმუსი უმნიშვნელო რაოდენობით წარმოიქმნება. ამის გამო ნიადაგის ზედა ფენა რუხი-მურა შეფერვისაა.

ულრანი ტყეების (განსაკუთრებით წიწვიანი) პირობებში წარმოქმნილი ჰუმუსი მდიდარია კრენის მყავით, რომელიც, როგორც მძლავრი მყავა ხელს უწყობს ნიადაგის შემადგენელ ნივთიერებათა ხსნა-

დობა-გადაადგილებას და ნიადაგის ზედა ფენების „გამსუბუქებას“. გადაადგილებული ნივთიერებანი ქვედა ფენებში გამოილექებიან, როგორც ახალწარმონაქმნები. ახალწარმონაქმნები გვხვდება მშრალი ზონის ნიადაგებშიც, სადაც მათი წარმოქმნა ხდება ერთი მხრივ ნივთიერებათა ზემოდან ქვემოთ, ხოლო მეორე მხრივ ქვემოდან ზემოთ ხსნარში მყოფ ნივთიერებათა კაპილარულად ამოწვისა და გამოლექვის შედეგად. ნიადაგის პროფილი მთელ სიღრმეზე არც ფერის, ახალწარმონაქმნებისა და არც სხვა მორფოლოგიური ნიშნების მიხედვით ერთგვარი არ არის. ის იყოფა ფენებად (ჰორიზონტებად), მათი წარმოქმნა გენეზისურად (წარმოშობის მიხედვით) ერთიმეორეზეა დამოკიდებული. ზედაფენას, რომელშიც ორგანული ნივთიერებების დაგროვება ხდება, აკუმულაციურ (დაგროვების) ჰორიზონტს ეძახიან და აღნიშნავენ A-თი. გარდამავალ ფენას, საიდანაც გატანა-გარეცხვის პროცესი ჰარბობს დაგროვებას, უწოდებენ ელუვიურ (გამორეცხვის) ჰორიზონტს და აღნიშნავენ ასო B-თი. ხოლო ქვედა ფენა, სადაც ნივთიერებების ჩარეცხვა ხდება, ეწოდება ილუვიური (ჩარეცხვის) ჰორიზონტი და აღნიშნება ასო C-თი. გენეზისური ჰორიზონტების ერთობლიობა და განვითარება გამოხატავს ნიადაგური პროფილის შენებას.

### ნიადაგის მორფოლოგიური ნიშნები

**შეფერვა.** შეფერვის მიხედვით განსხვავდება არა მარტო სხვადასხვა ნიადაგი, არამედ ერთი და იგივე ნიადაგის სხვადასხვა ფენაც. ნიადაგის შეფერვაზე გავლენას ახდენს ქიმიური შედგენილობა და ტენის რაოდენობა. ნიადაგის ზედაფენის შეფერვა, ჩვეულებრივ, დამოკიდებულია ჰუმუსის რაოდენობაზე. 8 - 15% ჰუმუსის შემცველი ნიადაგები: შავია, 5—8%-ი—მუქი წაბლისფერია (მოშავო), ხოლო <5% — წაბლისფერი—რუხი: გარდა ჰუმუსისა. ნიადაგის შეფერვაზე გავლენას ახდენს რკინის უანგის ჰიდრატი — იწვევს წითელ (მოწითალო) შეფერვას. სლიციუმის ორჟანგი, კალციუმის კარბონატი, კალიონი, ხსნადი მარილები და ალუმინის უანგის ჰიდრატი თეთრი (მოთეთრო) ფერის გამომწვევია.

ნიადაგის ფერი შეიძლება იყოს თანაბარი, უთანაბრო, ჰრელი და სხვ. ერთი და იგივე ნიადაგი მშრალ მდგომარეობაში უფრო ბაცი (ღია) შეფერვისაა, ვიდრე ტენიანში.

**ნიადაგის სტრუქტურა.** ნიადაგის მასის სხვადასხვა სიდიდისა და ფორმის ერთეულებს (აგრეგატებს) სტრუქტურა ეწოდება.

სტრუქტურულ აგრეგატებს კ. გედროიცი ყოფს ორ დიდ ჯგუფად — მიკროაგრეგატებად (<0,25 მმ დიამეტრის) და მაკროაგრე-

გატებად ( $< 0,25$  მმ დიამეტრის). მაკროაგრეგატები ფორმის მიხედვით იყოფა: კუბურ, პრიზმულ და ფიქალოვან სტრუქტურის ტიპებად. თითოეული მათგანი სიდიდის მიხედვით წარმოდგენილია შემდეგ „სახესხვაობებად“:

1. ბელტოვანი (აგრეგატების დიამეტრი 5 — 10 სმ და მეტს უდრის);
2. გოროხოვან-კაკლოვანი (აგრეგატების დიამეტრი 0.5—5 სმ. უდრის);
3. მარცვლოვანი (აგრეგატების დიამეტრი 5 — 0,5 მმ);
4. პრიზმული — აგრეგატების სიგანე 3 — 5 სმ-ია, სიმაღლე უფრო მეტი;
5. სვეტოვანი—აგრეგატი თავსა და ბოლოში უფრო ვიწროა, ვიდრე შუაში;
6. ფიქალოვანი—აგრეგატის სიგანე 5 სმ-ია, სიმაღლე უფრო ნაკლები.

უფრო ხშირად ნიადაგები სხვადასხვა ფორმისა და სიდიდის აგრეგატებისაგან შედგება: სტრუქტურის გამოხატულების მიხედვით არჩევენ: ა) კარგად გამოხატულ, ბ) სუსტად გამოხატულ და გ) უსტრუქტურო ნიადაგებს. ჩვეულებრივ უსტრუქტურობა ახასიათებს ქვიშიან ნიადაგებს (ზოგ შემთხვევაში კი მძიმე თიხიან ნიადაგებსაც — დაწილულ, ქაობიან და სხვა ნიადაგებს).

უმეტეს შემთხვევაში სხვადასხვა ტიპის ნიადაგებს სპეციფიკური სტრუქტურა აქვს, მაგალითად, მარცვლოვანი სტრუქტურა დამახასიათებელია ჰუმუსით მდიდარი ნიადაგების ზედაფენებისათვის (შავმიწა, მთა-მდელოს ნიადაგები და სხვ.) კაკლოვანი სტრუქტურა ახასიათებს ტყის ყომრალ და ტყის ზანგარა ნიადაგების ზედაფენებს. პრიზმული სტრუქტურით ხასიათდება ბიცობიანი ნიადაგების გარდამავალი პორიზონტი. ფიქალოვანი სტრუქტურა გვხვდება ძლიერი ეწერი ნიადაგის ზედა ფენაში.

ნიადაგის აგებულება ფორიანობისა და სიმაგრის გარეგან გამოხატულებას ნიადაგში, აგებულება ეწოდება. აგებულება დამოკიდებულია მექანიკური ელემენტებისა და სტრუქტურული აგრეგატების წყობის ხასიათზე.

როგორც ნიადაგის მასა, საერთოდ, ისე მისი ცალკეული აგრეგატი, თითქმის ყოველთვის ხასიათდება თავისუფალი ადგილებით — ფორებიტ, ნასვრეტებით, ღრუებით.

ნიადაგები აგებულების მიხედვით შეიძლება იყოს: ა) ბნევადი, ბ) ფხვიერი და გ) მავარი (მკვრივი).

ბნევადი აგებულებას ნიადაგებში მექანიკური ნაწილაკები არ არის

ერთიმეორესთან შეწებებული (შეკოწიწებულა). რის გამოც ის ბნე-  
ვადი თვისებისაა.

ფხვიერი აგებულების ნიადაგები სტრუქტურულია, ხასიათდება  
სტრუქტურულ აგრეგატთა შორის ნაკლები კავშირით და კარგად  
გამოხატული ფორიანობით.

მაგარი (მკვრივი) აგებულების ნიადაგებში, როგორც მექანიკური,  
ისე სტრუქტურული აგრეგატები ერთიმეორესთან მჭიდროდაა შე-  
კავშირებული და წერილი ფორიანებით ხასიათდება.

ნიადაგის აგებულებას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს და-  
ბუშაგების, მცენარის დაფესვიანებისა და სხვა მაჩვენებლების მსხედ-  
ვით; ამავე დროს აგებულება გვიჩვენებს ნიადაგში მიმდინარე პრო-  
ცესების ხასიათს. მაგალითად, ფხვიერი აგებულების ნიადაგებში  
სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესი კარგად მიმდინარეობს, მკვრივი  
აგებულების ნიადაგში, პირაქით, ეს პროცესი დაქვეითებულია, დაბ-  
ზარულ ნიადაგში მოცულობის ცვალებადობის პროცესი ინტენსი-  
ურია (დასკვლებისას მოცულობაში მატება. გაშრობისას ძლიერი შე-  
კუმშვა და სხვ.).

ნიადაგის ახალწარმონაქმნები. ნიადაგის „თავისუფალ“ ადგილებ-  
ში დაგროვილ მეორადი წარმოშობის ნივთიერებებს ახალწარმო-  
ნაქმნები ეწოდება. ახალწარმონაქმნების წარმოშობა დაკავშირებულია  
ნიადაგთწარმოქმნის პროცესთან. ამიტომ მრავალი მათგანი მეტად  
დამახასიათებელი მორფოლოგიური ნიშანია სხვადასხვა ტიპის ნიადა-  
გისათვის.

ახალწარმონაქმნები წარმოდგენას გვაძლევენ ერთის მხრივ ნიადაგ-  
ში მიმდინარე პროცესებზე, ხოლო მეორეს მხრივ მის ქიმიზმზე.

ნიადაგებში გვხვდება შემდეგი ახალწარმონაქმნების ძირითადი სა-  
ხეები:

1. ადვილად ხსნადი მარილები — ქლორიდები, ერთვალენტიანი კა-  
ტიონების სულფატები (ნაოფლარების, ქერქების, ძარღვების, წერ-  
ტილების, ფქვილისებრი მასისა და სხვ.) მლაშე ნიადაგებში გვხვდება.

2. თაბაშირის ვხვდებით — დრუზების, ფირფიტების, ფქვილისებრ  
ფორმაში და სხვ., მლაშე და წაბლა ნიადაგებში.

3. კალციუმის კარბონატის ახალწარმონაქმნები ფართოდ არის  
გავრცელებული და გვხვდება ცრუ მიცელიუმის, ხალების, ფუყე და  
მკვრივი კენჭების (კონკრეციები) და სხვა ფორმით, შავმიწებში, წაბლა  
და სხვა ნიადაგებში.

4. ერთნახევარი უნაგებისა და მანგანუმის ახალწარმონაქმნები  
წარმოდგენილია ეწერ და დაჭაობებულ ნიადაგებში — მოწითალო  
ფერის ღვეთილებით, მელიქვილების (ორტმტინების,) ორტზანდე-

ბის, ლოლუების, მომტრედისფრო-მომწვანო აპსკების, ლაქებისა და  
შთელი ფენის (ლების) სახით.

5. ჰუმუსის ახალწარმონაქმნები ახასიათებს ეწერებს, ბიცობებს —  
ღვენთილებს, „ენების“, ლაქების ფორმით და სხვ.

ნიადაგში შემთხვევით მოხვედრილ საგნებს ჰურქლის ნატეხებს,  
ძვლებსა და მრავალ სხვას, რომელთა არსებობა ნიადაგთწარმოქმნის  
ხასიათთან არ არის დაკავშირებული, ჩ ა ნ ა რ თ ე ბ ი ე წ ო დ ე ბ ა.

**საკვები ელემენტები ნიადაგში**

ქანი აზოტის გარდა მცენარის საკვებ ყველა ელემენტს შეიცავს. ნაშალ ქანში ეს ნივთიერებანი გაბნეულ, არაკონცენტრირებულ მდგომარეობაშია. ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის საშუალებით ამ ელემენტთა აკუმულაცია ნიადაგში ხდება. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, საკვებ ნივთიერებათა აკუმულაცია მწვანე მცენარის შერჩევითი შთანთქმით ხორციელდება. ნიადაგში არა მარტო ამ ნივთიერებათა აკუმულაცია წარმოებს, არამედ ადგილი აქვს ხარჯვასაც და ნაწილობრივ გარდაქმნასაც. ამის გამო ნიადაგში ხდება საკვებ ელემენტთა გამუდმებული ცვალებადობა — დინამიკა. დინამიკის ხასიათი დამოკიდებულია როგორც ნიადაგთწარმოქმნის ბუნებრივ პროცესზე, ისე ადამიანის საწარმოო მოქმედებაზე. სხვადასხვა ტიპის ნიადაგში საკვებ ელემენტთა დინამიკის პროცესი სხვადასხვაგვარი გამოხატულებისაა, მაგალითად, ეწერ ნიადაგში ნაცრის ელემენტების კონცენტრაცია უფრო სუსტია, ვიდრე შავიწიწა ნიადაგებში და სხვ. ადამიანს შეუძლია გავლენა მოახდინოს (დამუშავებით, სასუქების შეტანით, ბალახების თესვით და სხვ.) ნიადაგის შემცველ ნივთიერებათა დინამიკაზე. აგრონომიული ღონისძიების გატარება, ცვლის ნიადაგში არა მარტო საკვებ ნივთიერებათა მთლიან რაოდენობას, არამედ მის ფორმებსაც.

ნიადაგში საკვები ელემენტები მინერალურ, ორგანულ და ორგანულ-მინერალურ ნაერთებში გვხვდება. ორგანული და ორგანულ-მინერალური ნაერთები მცენარის უშუალო საკვები არ არის. მცენარე ვერ იყენებს აგრეთვე წყალში ძნელადხსნად მინერალურ ნაერთებს. ის იყენებს მხოლოდ წყალში (და სუსტ მჟავაში) ხსნად, ბიოლოგიურად მნიშვნელოვან ნივთიერებებს. ამის მიხედვით არჩევენ ნიადაგის საკვებ ნივთიერებათა მთლიან და საკვებ ნივთიერებათა შესათვისებელ ფორმებს.

გამორკვეულია, რომ მცენარე ნიადაგიდან საკვებად იღებს მაკროელემენტებს (აზოტსა და ნაცრის ელემენტებს) K, Ca, Mg, Fe, S, P. მცენარის განვითარება ამ ნივთიერებათა ერთდროულ არსებობას მოითხოვს ნიადაგში. ე. ი. კვების თვალსაზრისით ეს ელემენტები შე-



უნაცვლებელია. დადასტურებულია, რომ მცენარის ზრდა-განვითარებისათვის საჭიროა აგრეთვე მიკროელემენტებიც — ბორი, მარგანეცი, თუთია, სპილენძი, იოდი, მოლიბდენი და სხვ.

### ჰაეროვალეფენები. აზოტი ნიადაგში

აზოტი, როგორც ყველა ცილოვანი ნივთიერების, ქლოროფილისა და ცოცხალი უჯრედის აუცილებელი შემადგენელი ნივთიერება, მეტად მნიშვნელოვანი ორგანოა.

აზოტის ძირითადი წყარო ნიადაგში ორგანული ნივთიერებებია. მეორეხარისხოვანია ატმოსფერული აზოტის ბაქტერიული ფიქსაცია და კიდევ უფრო ნაკლებია ჰეჰა-ჰუხილის დროს ჰაერში წარმოქმნილი და ნალექების სახით ნიადაგში ჩამოტანილი ამონიაკური აზოტის როლი.

აზოტიანი ორგანული ნაშთების მინერალიზაციის შედეგად ნიადაგში წარმოიქმნება ამონიაკი, ნიტრიტები და ნიტრატები, რომლებსაც მცენარე საკვებად იყენებს.

ნიადაგში აზოტის რაოდენობასა და ორგანულ ნივთიერებებს შორის პირდაპირი დამოკიდებულებაა. ორგანული (ჰუმუსი) ნივთიერებით მდიდარი ნიადაგები (მაგალითად, შავმიწა, მთა-მდელოს ნიადაგი) აზოტს მეტი რაოდენობით (0,5 — 1%) შეიცავს, ჰუმუსით ღარიბ ნიადაგებში კი (ეწერი, რუხი ნიადაგი) მისი შემცველობა მცირეა (0,10 — 0,15%). ამის მიხედვით აზოტის მთლიანი მარაგი სხვადასხვა ნიადაგში სხვადასხვაა (იხ. ცხრ. 20).

ცხრილი 20

ჰუმუსის და აზოტის რაოდენობა ნიადაგში

ნიადაგი	ჰუმუსი ტონობით ჰექტარზე		აზოტი ტონობით ჰექტარზე		ავტორი
	0—20 სმ ფენაში	0—100 სმ ფენაში	0—20 სმ ფენაში	0—100 სმ ფენაში	
ეწერი ნიადაგი . . . . .	53	99	3,2	6,6	ი. ტურლი- ნი
შავმიწა ღრმა ნიადაგი	224	709	11,3	35,8	
სამხრეთის შავმიწა ნიადაგი	93	391	6,3	17,0	
მუქი წაბლა ნიადაგი	99	229	5,6	13,2	
რუხი ნიადაგი . . . . .	—	83	2,5	7,5	
წითელმიწა ნიადაგი . . . . .	153	288	4,7	10,5	

ნიადაგში სხვადასხვა ფორმის აზოტიან ნივთიერებათა დინამიკა აზოტის ბიოქიმიის — ამონიფიკაციის, ნიტრიფიკაციისა და დენიტრიფიკაციის პროცესებთან პირდაპირ კავშირშია.

ვინაიდან აღნიშნული პროცესები, არა მარტო წელიწადის დროის, არამედ ამინდის ცვალებადობისა და ნიადაგზე ადამიანის ზემოქმედების მიხედვით, მერყეობს, ამიტომ ამონიაკური, ნიტრიტული და ნიტრატული ნაერთების დინამიკა ყველა ნიადაგში თავისებურადაა გამოხატული.

### ფოსფორი ნიადაგში

როგორც ცნობილია, ფოსფორის როლი მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესში მეტად დიდია. ის აუცილებელი შემადგენელი ნაწილია რთული ცილების — ნუკლეოპროტეინების, ფიტინის, ფოსფატიდებისა და სხვა ორგანული ნაშთების. ამიტომ ფოსფორს, როგორც ამ ნივთიერებათა წყაროს და, აგრეთვე, უკანასკნელთა შემდგომ გარდაქმნის პროცესებს ნიადაგში, ნიადაგის ნაყოფიერების თვალსაზრისით, მეტად დიდი მნიშვნელობა აქვს.

ნიადაგში ქანის ფოსფორიანი ნაერთები ფოსფორის პირველი წყაროა. გამოფიტვით ამოძრავებულ ფოსფორიან ნივთიერებებს მწვანე მცენარე ნიადაგის ზედა ფენაში შერჩევითი შთანთქმით აგროვებს. ამრიგად, ფოსფორის რაოდენობა ნიადაგში, ერთი მხრივ, დედაქანში ფოსფორის შემცველობაზეა დამოკიდებული, ხოლო მეორე მხრივ, ბიოლოგიური პროცესების (მიკროორგანიზმების) აქტივობაზე.

სხვადასხვა ნიადაგი სხვადასხვა რაოდენობით შეიცავს ფოსფორს. ფოსფორი, ჩვეულებრივ, ნიადაგის ზედაფენაში უფრო მეტია, ვიდრე ქვედა ფენაში (იხ. ცხრ. 21).

ცხრილი 21

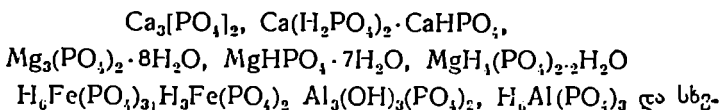
$P_2O_5$ -ის მთლიანი რაოდენობა ნიადაგებში (სახნავ ფენაში)

ნიადაგი	$P_2O_5$ -ის შემცველობა		ავტორი
	%	ტონობით ჰექტარზე	
შავმიწა ნიადაგი .	0,19	5,7	ი. სერდობოლსკი
მურა ნიადაგი	0,06	1,8	
რუხი ნიადაგი	0,21	6,3	
ეწერი ნიადაგი	0,11	3,3	

ნიადაგში ფოსფორი ორგანული და მინერალური ნაერთების სახით გვხვდება.

ორგანული ნივთიერებებით მდიდარ ნიადაგში (მაგალითად, შავმიწა) ფოსფორის საერთო რაოდენობის ნახევარი (და მეტიც) ორგანული ფოსფორიანი ნაერთებით არის წარმოდგენილი. ორგანული ნივთიერებებით ღარიბ ნიადაგში (მაგალითად, რუხი ნიადაგი) ფოს-

ფორის საერთო რაოდენობის დიდ ნაწილს მინერალური ფოსფორიანი ნაერთები წარმოადგენს. მინერალური ფოსფორიანი ნაერთები ნიადაგში მარილებსა და სხვადასხვა ფოსფორიანი მინერალების სახით არის წარმოდგენილი:



ნიადაგში (წითელმიწა, სუბტროპიკული ეწერი და სხვ.), აგრეთვე გვხვდება კოლოიდურ კომპლექსთან დაკავშირებული — აღსორბირებული (ფიზიკურ-ქიმიურად შთანთქმული)  $\text{PO}_4$ , მცენარე მხოლოდ წყალში და სუსტ მჟავაში ხსნად მინერალურ ფოსფატებს იყენებს.

ფოსფორმჟავას წყალში (და სუსტ მჟავაში) უხსნადი ან ძნელად ხსნადი მინერალები და ორგანულ-ფოსფორიანი ნივთიერებანი მცენარისათვის მიუწვდომელია. ფოსფორიანი ორგანული ნაშთები ნიადაგში სპეციფიკური ბაქტერიების მოქმედებით დაშლა-გარდაქმნის პროცესს განიცდის. ამ პროცესის შედეგად, როგორც უკვე აღნიშნული იყო, წარმოიქმნება ფოსფორმჟავა, რომელიც ნიადაგის ფუნქციებს შეუერთდება და ფოსფატებში გადავა. რკინისა და ალუმინის ფოსფატებით და, აგრეთვე, სამკალციუმიანი ფოსფატით  $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$  მცენარე თითქმის ვერ სარგებლობს. მონო  $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$  და დიფოსფატი  $(\text{CaHPO}_4)$  მცენარისათვის მისაწვდომია.

ძნელად შესათვისებელი ფოსფატები, მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელი მოქმედებით შესათვისებელ ფორმაში გადადის, ამ პროცესს ფოსფორის მობილიზაციას უწოდებენ, მაგალითად, გამორკვეულია, რომ ობის სოკოების დიდი ნაწილი  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ -დან უშუალოდ ითვისებს ფოსფორს. ამ ორგანიზმთა სიკვდილის შემდეგ კი მათი ნაშთების დაშლის შედეგად გამოიყოფა მცენარისათვის მისაწვდომი  $\text{P}_2\text{O}_5$ . გარდა ამისა, ცნობილია, რომ ყოველი 1 გრამი ბაქტერიების ფიზიოლოგიური პროცესების შედეგად, 24 საათის განმავლობაში, გამოიყოფა 0,13 — 0,18 მგ.  $\text{CO}_2$ ; 400 ცენტნერი ნაკელის დაშლით წარმოიქმნება 9 ცენტნერამდე ორგანული მჟავები (სტოკლანა). როგორც  $\text{CO}_2$ , აგრეთვე მჟავების წარმოქმნა ძნელადხსნადი ფოსფორიანი ნაერთების ხსნადობის თვისებას მნიშვნელოვნად აღიწევს. ამ პროცესში დიდ როლს ასრულებს აგრეთვე ამონიფიკაციის, ნიტრიფიკაციისა და სულფურიზაციის პროცესის შედეგად წარმოქმნილი ნაერთები. ამ ნივთიერებათა ზემოქმედებით ძნელადხსნადი ფოსფატები ხსნად ფორმაში გადადის. სამკალციუმიან ფოსფორს შეუძლია

ჰიდროლიზი განიცადოს შემდეგი სქემით და ნაწილობრივ მცენარისათვის განოსაყენებელ ფორმაში გადავიდეს:



კალციუმის ფოსფატი ნიადაგთან ხანგრძლივი ურთიერთობის პირობებში ჰიდროქსილაპატიტის ნაერთში გადადის, რომელსაც, როგორც წყალში უხსნად ნაერთს, მცენარე თითქმის ვერ იყენებს.

მაგნიუმისა და ალუმინის ფოსფორიანი სხვადასხვა ნაერთის ხსნადობა და მისაწვდომობა მცენარისათვის სხვადასხვაგვარია.

მცენარეს, როგორც ცდებითაა დამტკიცებული, ნაწილობრივ ძნელად ხსნადი ფოსფატების გამოყენებაც შეუძლია — ფესვებიდან განოყოფილი მკავე ნივთიერებების ზეგავლენით.

აღსანიშნავია, რომ რიგ ბაქტერიათა (*Nucleobacter*) მოქმედებით, ნინერალური ფორმის ფოსფორიანი ნაერთების ორგანულ-ფოსფორიან ნაერთებში (ე. ი. მცენარისათვის მიუწვდომელ ფორმაში) გადაყვანის გამო ადგილი აქვს ფოსფორის მობილიზაციის საწინააღმდეგო მოვლენას — ი მ ბ ი ზ ა ც ი ის პროცესს.

ფოსფორის მობილიზაციისა და იმობილიზაციის პროცესებზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის რეაქცია. მკავე რეაქციის ნიადაგში ფოსფორის დიდი ნაწილი წარმოდგენილია:  $\text{AlPO}_4$  და  $\text{FePO}_4$  სახით. ამ ნაერთების სუსტი ხსნადობის გამო ნიადაგის ხსნარში მცენარის შესათვისებელი  $\text{PO}_4'''$ ,  $\text{PO}_4''$  და  $\text{PO}_4'$  იონები უმნიშვნელო რაოდენობითაა. ნეიტრალური და სუსტი ტუტე რეაქციის ნიადაგებში ფოსფორი ძირითადად წყალში უხსნადი ჰიდროქსილაპატიტის  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$  და ორგანული ნაერთების ფორმითაა.

### კალიუმი ნიადაგში

კალიუმი მნიშვნელოვან ფიზიოლოგიურ როლს ასრულებს მცენარის განვითარებაში წყლის მიღებისა და ფოთლების საშუალებით ჰაერიდან ნახშირორჟანგის შეთვისების საქმეში.

ნიადაგი კალიუმს საკმაოდ დიდ რაოდენობით შეიცავს. კალიუმის უდიდესი ნაწილი ნიადაგში გვხვდება მინერალური ნაერთების სახით, შედარებით მცირე ნაწილი კი — ორგანულ ნივთიერებებშია.

კალიუმის ძირითადი წყარო ნიადაგში ქანია, კალიუმიანი მინერალების დაშლის შედეგად მცენარე კალიუმს ნიადაგში შერჩევითი შთანქმით აგროვებს. ამის შესაბამისად სხვადასხვა ნიადაგი ამ ნივთიერებას სხვადასხვა რაოდენობით შეიცავს (ცხრ. 22).

ნიადაგში კალიუმი გვხვდება: 1. მარტივი მარილების სახით (ნიტრატები, ქლორიდები, კარბონატები, სულფატები), 2. აღსორბირებულ

მდგომარეობაში (შთანქმული), 3. ალუმო- და ფეროსილიკატურ ნაერთებში, 4. ორგანულ ნივთიერებებში.

კალიუმი განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით შედის ილიტის ჭგუფის თიხამინერალებში — 4,7%;

მცენარე უშუალოდ სარგებლობს მარტივი მარილების  $KNO_3$ ,  $KHCO_3$ ,  $Ka_2SO_4$ ,  $KCl$  — კალიუმის იონებით.

ცხრილი 22

კალიუმის შემცველობა ნიადაგებში (სახნავ ფენაში)

ნიადაგი	კალიუმი		ავტორი
	%-ობით	ჰექტარზე ტონობით	
ეწერი ნიადაგი	2,0—2,3	60—70	ი. სერდო- ბოლსკი
სამხრეთის შავმიწა	2,5	77	
წაბლა ნიადაგი	2,0—2,5	60—75	
რუხი ნიადაგი	1,9—2,3	57—68	

შესათვისებელი ფორმის კალიუმის რაოდენობა ნიადაგებში, საერთოდ, დიდი არ არის (ცხრილი 23).

ცხრილი 23

შთანქმული და წყალში ხსნადი კალიუმის რაოდენობა ნიადაგებში (სახნავ ფენაში)

ნიადაგი	კილოგრამობით ჰექტარზე		ავტორი
	წყალში ხსნადი	შთანქმული	
ეწერი სილნარი	13	129	ი. სერდო- ბოლსკი
ეწერი თიხნარი	24	224	
შავმიწა ნიადაგი	54	334	
რუხი ნიადაგი		540—810	

ალუმო- ფეროსილიკატური და ორგანული ნივთიერებების კალიუმის მცენარე უშუალოდ ვერ იყენებს, ან იყენებს მეტად უმნიშვნელო რაოდენობით.

ნიადაგში შესათვისებელი კალიუმის რაოდენობა ნიადაგის მინერალური ნაწილის (კერძოდ ნაშალი) და ორგანული ნაშთების დაშლის პროცესზეა დამოკიდებული.

კალიუმის მინერალური ნაერთების ბიოქიმიური გარდაქმნის პროცესების მძლავრ ფაქტორს მცენარის ფესვებისა და მიკროორგანიზმების გამონაყოფი მჟავე თვისების ნივთიერებები წარმოადგენს. ამ მხრივ უდიდესი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე  $CO_2$ -ს. ეს მჟავე ბუნების ნივთიერებები კალიუმის სილიკატური ნაერთების ჰიდრო-

ლიზურ დაშლას ახდენენ, ე. ი. იწვევენ ძნელად ხსნადი კალიუმის მობილობას — აქტიურ ნაერთის ფორმაში გადაყვანას. ვ. ალექსანდროვის გამოკვლევით ნიადაგში, არიან სპეციფიკური სილიკატური მიკროორგანიზმები, რომლებიც შლიან კალიუმთან სილიკატებს და კალიუმი გადაჰყავთ მცენარისათვის შესათვისებელ ფორმაში. რიგი კულტურები (ქარხლის, თამბაქოს, მზესუმზირას, ვაზის, ჩაის და სხვ.) მაღალი მოსავლის მისაღებად საჭიროებენ კალიუმის დიდ რაოდენობას, რისთვისაც ნიადაგში აზოტისა და ფოსფორის სასუქებთან ერთად კალიუმთან სასუქებიც შეაქვთ.

### კალციუმი ნიადაგში

კალციუმი ნიადაგში საკმაოდ დიდი რაოდენობით მიაბოვება. ეწერ ნიადაგშიც კი, რომელიც სხვა ნიადაგებთან შედარებით კალციუმით ღარიბია, CaO-ს შემცველობა 0,3 — 0,5% აღწევს, ე. ი. ჰექტარი ფართობის 0 — 30 სმ სიღრმის ფენაში მისი რაოდენობა 9 — 15 ტონას უდრის. დასავლეთ საქართველოს კირქვიანი ზოლის ნიადაგებისა და აღმოსავლეთ საქართველოს თითქმის ყველა ნიადაგში CaO რაოდენობა კიდევ უფრო მეტია (ასეული ტონობით).

კალციუმი ნიადაგში გვხვდება: 1. ხსნად მარილებში, 2. CaCO<sub>3</sub>-ში, 3. სილიკატური ნაერთებში, 4. შთანქმულ და 5. ორგანული ნაერთების შედგენილობაში.

კალციუმი მნიშვნელოვან როლს ასრულებს, როგორც ნიადაგურ პროცესებში, ისე მცენარისა და მიკროორგანიზმების ბიოქიმიურ მოვლენებში. კალციუმი რიგ შემთხვევებში კალიუმის ანტაგონისტურ მოვლენებს ავლენს. ის ამცირებს მცენარეში კალიუმის შესვლილ შესაძლებლობას და ამით, რა თქმა უნდა, მოსავლის შემცირებასაც იწვევს.

ნიადაგის ხსნარში კალიუმსა და კალციუმს შორის ოპტიმალური რაოდენობრივი ანათარღობა კულტურების მიხედვით იცვლება — მარცვლოვანებისათვის 6 : 1, პარკოსნებისათვის 2 : 1. კალიუმი ანტაგონისტურ დამოკიდებულებას ამჟღავნებს აგრეთვე ბორთან. ძლიერ კარბონატულ (ან ქარბად მოყირიანებულ) ნიადაგებში ბორის ნაკლებობას გრძნობს მცენარე (მეტი რაოდენობით შედის კალციუმი, შემცირებული რაოდენობით ბორი). კალციუმი ნიადაგის ხსნარში „ფიზიოლოგიურ წონასწორობას“ ამყარებს კატიონთა შორის, რითაც იგი იცავს მცენარეს კვების პროცესში ისეთი იონების ცალმხრივი მავნე მოქმედებისაგან, როგორცაა Na, NH<sub>4</sub>, Mg, H, Al და სხვ.

დიდია კალციუმის გავლენა ნიადაგის ხსნარის რეაქციაზე (pH), ბიოქიმიურ, ფიზიკურ-ქიმიურ და ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე.

მცენარესათვის მისაწვდომი ფორმის კალციუმის ნაერთები (სულფატების, კარბონატების, ნიტრატების, ქლორიდების და შთანთქმული კალციუმი) ნიადაგში ყოველთვის დიდი რაოდენობით მოიპოვება. ამის გამო ნიადაგები ამ ნივთიერების შეტანას, როგორც საკვები ელემენტისას, ნაკლებად საჭიროებენ. ნიადაგში კალციუმის კარბონატები და სულფატები ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ) შეაქვთ მხოლოდ როგორც არაპირდაპირი სასუქი (მთავე და ტუტე რეაქციის ნიადაგებში) ნიადაგის რეაქციის შესაცვლელად.

### მაგნიუმი ნიადაგში

მაგნიუმი შედის ქლოროფილში, ააქტივებს რიგ ფერმენტებს, კერძოდ ფოსფატაზას და სხვ.

მაგნიუმი ნიადაგში გვხვდება პირველად მინერალებში (ანორთიტში, ბიოტიტში, რქატყუარაში და სხვ.), შთანთქმულ მდგომარეობაში, კარბონატებში, ხსნად მარილებსა და ორგანულ ნაერთებში.

მაგნიუმის რაოდენობა ნიადაგში საშუალოდ 0,2 — 3% ფარგლებში მერყეობს. მაგნიუმის ნაერთების უდიდესი ნაწილი მცენარისათვის ადვილად მისაწვდომია.

კულტურული მცენარეების მიერ მაგნიუმის ხარჯვა ნიადაგიდან დაახლოებით ისეთივეა, როგორც კალციუმისა (ჰექტარიდან ყოველწლიურად იხარჯება 4 — 25 კილოგრამის რაოდენობით).

სხვადასხვა მცენარე მაგნიუმს სხვადასხვა მოთხოვნას უყენებს. ამ ელემენტს დიდი რაოდენობით მოითხოვს შაქრისა და საკვები ჰარხალი, სამყურა, იონჯა და სხვა პარკოსანი მცენარეები. მარცვლოვანი კულტურები მაგნიუმს შედარებით მცირე რაოდენობით ხარჯავენ. ბოლო ხანებში მაგნიუმის ნაკლებობა შეიმჩნევა სუბტროპიკულ ეწერ და წითელმიწებზე (ჩაის პლანტაციებში).

აღსორზირებულ მაგნიუმის რაოდენობის ზრდა უარყოფით გავლენას ახდენს ნიადაგის ფიზიკურ და ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე.

### რკინა ნიადაგში

ნიადაგში რკინა 3% და მეტი რაოდენობით მოიპოვება. რკინას განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით შეიცავს წითელმიწები და ლატერიტები (20 — 25% და მეტი) და, აგრეთვე, ყომრალი და ყავისფერი ნიადაგები.

ნიადაგში რკინა სხვადასხვა ნაერთის სახითაა ის შედის შემდეგი მინერალების შედგენილობაში:

ოლივინი . . .	$(\text{Mg}(\text{Fe})_2\text{SiO}_4)$
ფეროსილიკატები	$\text{H}_2\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_7 + 4$
პირიტი . . .	$\text{FeS}_2$
ჰემატიტი . . .	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
მაგნეტიტი . . .	$\text{Fe}_3\text{O}_4$
ილმენიტი . . .	$\text{FeTiO}_3$
ლიმონიტი . . .	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
ვივიანიტი . . .	$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ და სხვ.

ნიადაგის კოლოიდურ ნაწილში (მშთანთქავი კომპლექსი) ეს ნივთიერება (Fe) დიდი რაოდენობით შედის რკინის უანგის ჰიდრატის სახით. გვხვდება აგრეთვე კარბონატებისა, სულფატებისა და სხვა მარილების შედგენილობაში ამ ელემენტს, როგორც ნაცრის ელემენტს, ნიადაგის ორგანული ნივთიერებებიც შეიცავს.

მიუხედავად იმისა, რომ მცენარე ნიადაგიდან რკინას უმნიშვნელო რაოდენობით ხარჯავს და ამ ნივთიერების საერთო რაოდენობა ყველა ნიადაგში საკმარის დიდია, რაც შემთხვევაში მისი ხსნადი ფორმების ნაკლებობის გამო, მცენარის მოთხოვნილებას ამ ელემენტზე ნიადაგი მთლიანად ვერ აკმაყოფილებს და ადგილი აქვს ქლოროზს — მცენარის ფოთლების გაყვითლებას.

რკინა აუცილებელია მიკროორგანიზმებისათვისაც. უკანასკნელნი კარგად იყენებენ ორგანულ-მინერალურ ნაერთების (ფეროჰუმატის) რკინას.

ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის გამოხატულების შესაბამისად, ნიადაგებში, რომელშიც ანაერობული პროცესი ქარბობს, რკინა ძირითადად ორვალენტიანი, ხოლო კონტინენტური პირობების ნიადაგებში სამვალენტიანი ნაერთის სახითაა. სხვა შემთხვევებში ნიადაგის ხსნარში გვხვდება ერთიცა და მეორეც.

საერთოდ, რკინის მცენარისათვის მისაწვდომობა, მრავალ პირობაზეა დამოკიდებული. კალციუმის კარბონატებით მდიდარ ნიადაგებში რკინის მობილობა მნიშვნელოვნად არის დაქვეითებული; მარგანეცის დიდი რაოდენობა, აგრეთვე ამცირებს მისი ხსნადობის (და, მაშასადამე, მცენარისათვის მისაწვდომობის) ხარისხს. უანგვა-აღდგენის პოტენციალის ცვალებადობა ამ მხრივ, აგრეთვე დიდ გავლენას ახდენს — მის დაცემას თან მოსდევს მისაწვდომი რკინის გადიდება, ხოლო ამადლებას — შემცირება. ტუტე რეაქციის ნიადაგებში რკინის ხსნადობა შესამჩნევადაა შემცირებული, ხოლო მჟავე რეაქციის ნიადაგებში, პირიქით, გადიდებული.



ნიადაგში მიმდინარე ეანგვა-აღდგენის პროცესების შესაბამისად, ხსნარში, მცენარის შესათვისებელი ფორმის რკინის რაოდენობა შესამჩნევად მერყეობს; ბიციბი ნიადაგების (ძლიერ ტუტე რეაქციის) პირობებში მისი რაოდენობა მეტად უმნიშვნელოა.

### გოგირდი ნიადაგში

გოგირდის რაოდენობა ნიადაგში,  $\text{SO}_3$ -ზე გადაანგარიშებით, 0,10 — 0,15% ფარგლებში მერყეობს, სიღრმეზე მისი რაოდენობა კლებულობს (0,025%). ასეთი ნიადაგის ერთმეტრიანი სიღრმის ფენა, ერთ ჰექტარ ფართობზე,  $\text{SO}_3$ -ს 6 — 9 ტონამდე რაოდენობით შეიცავს. გოგირდმჟავა მარილებით დამლაშებულ ნიადაგებში გოგირდის რაოდენობა, რა თქმა უნდა, ბევრად უფრო მეტია.

ნიადაგში გოგირდი გვხვდება სულფატებში ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  და სხვ.), სულფიდებში ( $\text{FeS}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{ZnS}$  და სხვ.) და ორგანულ ნივთიერებებში. კარგი აერაციის ნიადაგებში გოგირდის ბიოქიმიური გარდაქმნის პროცესების შედეგად ადგილი აქვს სულფიდურ და ორგანულ-გოგირდიანი ნაერთების სულფატებში გადასვლის პროცესს, ხოლო ცუდი აერაციის — ქარბტენიან ნიადაგებში, პირიქით, სულფატების სულფიდებში გადასვლა ხდება. ამ უკანასკნელი პროცესის — დესულფურიზაციის შედეგად წარმოქმნილი ნივთიერება  $\text{H}_2\text{S}$  მცენარეზე ტოქსიკურად მოქმედებს.

გოგირდი მნიშვნელოვანი ორგანოგენია. მცენარის დიდი ნაწილი გოგირდს იმავე რაოდენობით მოითხოვს, რამდენსაც ფოსფორს. ის მცენარეული ცილების შედგენილობაში შედის. გოგირდი მცენარეებში გვხვდება სულფატებისა, სულფოგიდროლის —  $\text{SH}$  ჯგუფის და გოგირდმჟავა ეთერების სახით.

მოსავლის სახით ნიადაგიდან გამოტანილი გოგირდის რაოდენობა, საშუალოდ ამ ვზით გამოტანილ ფოსფორის რაოდენობის  $\frac{2}{3}$  უდრის: რიგ შემთხვევებში გამოტანილ ფოსფორზე მეტიცაა, როგორც, მაგალითად, პარკონების ნათესში. გოგირდის დიდი რაოდენობით შექცეულ ნიადაგებში, მცენარე ძალიან დიდი რაოდენობით აგროვებს გოგირდს, რაც მასზე (მცენარეზე) უარყოფითად მოქმედებს.

მცენარე საკვებად მხოლოდ დაქანებულ გოგირდმჟავა მარილების გოგირდს იყენებს ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{NaSO}_4$ ).

იმის გამო, რომ გოგირდი ნიადაგში საკმაოდ დიდი რაოდენობით გვხვდება, ეს ნივთიერება ნიადაგში თითქმის არ შეაქვთ. გოგირდი ბიციბ ნიადაგებში (ტუტე რეაქციის) შეაქვთ, როგორც არაპირდაპირი სასუქი — ნიადაგის რეაქციის შესამჟავებლად.

ნაცრის ელემენტების დახასიათებიდან ჩანს, რომ კალციუმით, მაგნიუმით, რკინითა და გოგირდით ნიადაგი სრულიად უზრუნველყოფილია. რაც შეეხება კალიუმს, მისი ხსნადი ნაერთების რაოდენობა ნიადაგში დიდი არ არის და ამიტომ რიგი კულტურების მაღალი მოსავლის მისაღებად საჭირო ხდება კალიუმთან სასუქის გამოყენება. სოციალისტური მიწათმოქმედებისათვის განსაკუთრებული საზრუნავია ფოსფორი და აზოტი. ფოსფორიანი და აზოტიანი სასუქების რაციონალური გამოყენება სხვა აგრნომიულ ღონისძიებებთან ერთად, მოსავლიანობის გადიდების პრობლემების გადაწყვეტის ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენს.

### მიკროელემენტები

მიკროელემენტები ნიადაგში უმცირესა რაოდენობითაა. ეს ელემენტები მცენარისათვის (საერთოდ ცოცხალი ორგანიზმებისათვის) მცირე რაოდენობითაა საჭირო.

მიკროელემენტების როლი ბიოქიმიურ პროცესში მეტად დიდია. ისინი იწვევენ კატალიზურ მოქმედებას ფერმენტებზე (აქტივებენ). ამიტომ მიკროელემენტებით ღარიბ ნიადაგზე არა მარტო დაბალი მოსავალი მოდის, არამედ ხარისხობრივადაც მდარე, მაგალითად, ნიადაგში მოლიბდენის უკმარობის შემთხვევაში მცენარეში ამინომჟავების ნაკლები რაოდენობა წარმოიქმნება. ნიადაგში ბორის სიმცირე მცენარეში ამიდების ნაკლებობას იწვევს. ცილების რაოდენობის სიმცირე ნიადაგში სპილენძის, მარგანეცისა და ბორის არასაკმარისი რაოდენობის შედეგია და ასე შემდეგ.

ქანგვა-აღდგენის პროცესები დამოკიდებულია მიკროორგანიზმების რაოდენობაზე. მარგანეცის, სპილენძის, ლუთიისა და მოლიბდენის სათანადო რაოდენობით არსებობის შემთხვევაში ქანგვა-აღდგენის პროცესი აქტიურად მიმდინარეობს.

მიკროელემენტების რაოდენობაზეა დამოკიდებული ფოტოსინთეზის ინტენსიობა. ამ მხრივ განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს: B, Mn, Zn, Cu და Mo-ს.

მიკროელემენტები დიდ გავლენას ახდენენ მცენარის ზრდის ნივთიერებებზე; მიკროელემენტებზეა დამოკიდებული მცენარის განვითარება და თესლის შემოსვლა-დამწიფება. მიკროელემენტები იწვევენ სინერგიზმს და ანტაგონიზმს მოვლენებს. პირველი იმით გამოიხატება, რომ საკვებ ნივთიერებათა შორის ერთი მიკროელემენტი შეიძლება მეორე მიკროელემენტის მოქმედებას აძლიერებდეს. ანტაგონიზმის შემთხვევაში საკვებ ნივთიერებებში შემავალი

ერთი მიკროელემენტი, პირიქით, აქვეითებს, მეორე ელემენტის მოქმედებას ზღუდავს. არის შემთხვევები, როცა ანტაგონისტურ მოქმედებას ამჟღავნებს მოლიბდენი მარგანეტთან, ბორი სპილენძთან და ა. შ. სინერგიზმის მოვლენები შეიმჩნევა ბორისა — მარგანეტთან, ბორისა — თუთიასთან. პეივეს გამოკვლევებით ზოგიერთი მიკროელემენტი მაკროელემენტებზეც სინერგიულად მოქმედებს. ამ მოვლენათა გააზრატულება, გარდა მიკროელემენტების თვისობრივი და რაოდენობრივი მხარისა, დამოკიდებულია მცენარეზედაც. ის ჩვეულებრივ მცენარის ზრდა-განვითარების ფაზების მიხედვით იცვლება.

ნიადაგში მიკროელემენტების შედგენილობა-რაოდენობაზე დიდად არის დამოკიდებული მცენარის ავადმყოფობისადმი გამძლეობა-დამყოლობის უნარი, მაგალითად, ბორის ნაკლებობის შემთხვევაში შაქრის ჰარხალს გული უღებდა, ყვავილოვანი კომბოსტო ავადდება წითელი სიდამპლით, თამბაქოს წვერი უხმება. მარგანეტის სიმცირე იწვევს ხორბლის, ქვავის, შვრიის, რუხი ლაქებით ავადმყოფობას. თუთიის სიმცირე სიმინდზე წვერის წათეთრებას იწვევს, ხოლო ზეზილს (ვაშლს, მსხალს, ატამს, ქლიავს) როზეტის ავადმყოფობა უჩნდება. თუთიის ნაკლებობა ციტრუსების ფოთლებზე ლაქებს იწვევს, ტუნგოს ფოთლები კი ბრინჯაოსფერი ხდება.

საბჭოთა კავშირში მიკროელემენტების შესწავლის ფუძემდებელია აკადემიკოსი ვ. ვერნადსკი. ამჟამად წარმატებით მუშაობს აკად. ა. ვინოგრადოვი, რომელმაც საფუძველი ჩაუყარა ჩვენი ქვეყნის ბიოგეოქიმიური პროვინციების დადგენა-შესწავლას. ბიოგეოქიმიური პროვინცია გამოხატავს მაკრორაიონს, რომელიც ნიადაგში მიკროელემენტების შემცველობის მხრივ განსხვავდება სხვა ბიოგეოქიმიური პროვინციისაგან. ბუნებაში გვხვდება ისეთი ბიოგეოქიმიური რაიონები, სადაც ამა თუ იმ საჭირო მიკროელემენტის ნაკლები შემცველობის გამო, მცენარეთა ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის, აუცილებლად საჭიროა ნიადაგში ამ მიკროელემენტის (ან მიკროელემენტების) შეტანა (მიკროსასუქები). ჩრდილოეთის ეწერ და ჩვენი რესპუბლიკის მაღალმთიან ზოგიერთი რაიონის (მაგალითად, სვანეთი) ნიადაგებში იოდის მცირე რაოდენობით შემცველი ბიოგეოქიმიური პროვინციებია, სადაც ამის გამო გავრცელებულია ჩიყვი. არაშავმიწანიადგიან რაიონებში სპილენძის ნაკლებობა ნიადაგში იწვევს ცხოველთა ანემიას, მარცვლოვანი და სელის კულტურის თესლის მოსავლის მკვეთრ შემცირებას. არის ისეთი ბიოგეოქიმიური პროვინციები, სადაც უარყოფით მოქმედებას იწვევს მიკროელემენტების, პირიქით, ჰარბი რაოდენობა. ასეთ მდგომარეობას ადგილი აქვს სამხრეთში, აქ ნიადაგში მოლიბდენის მეტად დიდი რაოდენობით შემცველობის გამო მოსახლეობაში (აგრეთვე ცხოველებში) გავრცელებულია პოდაგრა.

თანამედროვე მედიცინა, სოფლის მეურნეობა და სხვ. მიკროელემენტების შესწავლას დიდ ყურადღებას აქცევენ.

მიკროელემენტებს, რომელთაც სოფლის მეურნეობაში დღეისათვის დიდი ყურადღება აქვს დათმობილი, ეკუთვნის ბორი, სპილენძი, მარგანეცი, თუთია, მოლიბდენი კობალტი და იოდი.

1- ბორი. ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის ხასიათის გამოხატულების მიხედვით ბორი ნიადაგებში სხვადასხვა რაოდენობითაა. მისი მთლიანი შემცველობა, გარდა აღნიშნული პროცესისა, დიდად არის დამოკიდებული დედაქანებზე. ბორს, როგორც ტალასოფილურ (ზღვიური წარმოშობის) ელემენტს, ბევრად მეტი რაოდენობით შეიცავს ზღვიურ დანალექ ქანებზე წარმოქმნილი ნიადაგები, ვიდრე მორჩენულ ნაფენებზე და მაგმურ ქანებზე ვანეითარებული ნიადაგები. ა. ვინოგრადოვის გამოკვლევებით ბორით ყველაზე მდიდარია საბჭოთა კავშირის სამხრეთი რაიონების დამლაშებული, წაბლა, მურა, რუხი, აგრეთვე კასპიის ზღვის სანაპიროს ბიციბი და ბიცი ნიადაგები, სადაც ბორის რაოდენობა  $n \cdot 10^{-2} \%$  აღწევს. შავ მიწებში, მისი რაოდენობა  $n \cdot 10^{-3} \%$  არ აღემატება, ეწერებში  $n \cdot 10^{-4} \%$ -ს. დაახლოებით ასეთივე რაოდენობითაა ბორი წითელმიწა ნიადაგებში.

ნიადაგის ვერტიკალურ პროფილში, ა. ვინოგრადოვის მიხედვით, ზორი ჰუმუსიან ფენაში (A და B) უფრო მეტია, ვიდრე ქვედა ფენაში. ამ მხრივ ერთგვარი გამოჩაყლისია კასპიის ზღვის სანაპიროს დაბლობის ბიცი და ბიციბი ნიადაგები, სადაც ბორის რაოდენობა C ჰორიზონტში ბევრად მეტია, ვიდრე ჰუმუსიან ფენაში. ბორის რაოდენობა ნიადაგურ ფენაში, საერთოდ, შედარებით, უფრო მეტია, ვიდრე ქანში.

მცენარისათვის გამოსაყენებელია წყალში ხსნადი ბორი. შესათვისებელი ფორმის (წყალში ხსნადი) ბორი, როგორც ეს პეივეს გამოკვლევებიდან ჩანს, ჩრდილოეთიდან სამხრეთის რაიონებისაკენ მატულობს. ეწერებში მისი რაოდენობა 1 კგ, მშრალ ნიადაგში 0,08 — 0,33 მგ-ს უდრის, ხოლო მურა ნიადაგში 2 მგ-ს უაჭლოვდება. წყალხსნადი ბორს საერთოდ ნიადაგის ზედაფენებში მეტია, ვიდრე ქვედა ფენებში. წყალხსნადი ბორის რაოდენობა მთლიანი ბორის დაახლოებით 10% შეადგენს, ხოლო ბორის დიდი რაოდენობით შემცველ ნიადაგებში — 80%-ს. შესათვისებელი ბორი, ჩვეულებრივ, კოლოიდებით მდიდარ ნიადაგებში უფრო მეტია, ვიდრე კოლოიდებით ღარიბ ნიადაგებში.

ნიადაგში ადგილი აქვს ხსნად მდგომარეობაში მყოფი ბორის აღსორბტვას. ეს პროცესი განსაკუთრებით ინტენსიურად მიმდინარეობს მაღალ pH-ის ნიადაგებში.

ბორი ნიადაგში გვხვდება მინერალურ, ორგანულ ნაერთებში და აღსორბირებულ მდგომარეობაში. ბორი შედის მინერალ ტურმალინ-

ში  $[H_9Al_3(B \cdot OH)_2SiO_4O_{15}]$ , დატოლიტში ( $HCaBSiO_5$ ), ჰიდრობორაციტში ( $CaO MgO \cdot 3B_2O_3 \cdot 6H_2O$ ) და აზარიტში ( $2MgO \cdot B_2O_3 \cdot H_2O$ ). ამათგან პირველ ორ მინერალში ბორი ძნელად შესათვისებელ მდგომარეობაშია, ხოლო დანარჩენი ორი მინერალიდან მცენარე მას ადვილად ითვისებს.

ნიადაგში ბორის რაოდენობის ერთი ნაწილი იმპულვერიზირების (ქარის საშუალებით ზღვის წყლის შეფხების მოხვედრა ხმელეთზე) გზითაც არის წარმოქმნილი. ზღვისპირა რაიონებისათვის ამ მოვლენას უფრო მეტი მნიშვნელობა აქვს, ვიდრე კონტინენტის შიგა რაიონებისათვის.

2. სპილენძი. ნიადაგისა და მცენარის ბიოქიმიურ პროცესებში სპილენძი დიდ როლს ასრულებს. ის უშუალოდ მონაწილეობს მცენარის უჯრედის დაჟანგვის და, საერთოდ, სუნთქვის პროცესებში. ნიადაგში მისაწვდომი სპილენძი: უკმარობა იწვევს მცენარის ავადმყოფობას. სპილენძი შედის მრავალი ფერმენტის შედგენილობაში. აკადემიკოსი ა. ვინოგრადოვი დიდ მნიშვნელობას ანიჭებს სპილენძს აქედან გამომდინარე. იგი შენიშნავს, რომ მისი შემცველობა რიგ შემთხვევებში მრავალ ორგანიზმთა განვითარებაზე მალიმიტირებულ ფაქტორს წარმოადგენს.

სპილენძის საერთო რაოდენობა ნიადაგში ვინოგრადოვის, ი ანტბოვ-კარატაევის, პეივეს და სხვათა გამოკვლევებით, დიდ ფარგლებში მერყეობს. მისი რაოდენობა საერთოდ დიდი არ არის.  $2 \cdot 10^{-3} \%$  და უფრო მცირე. შავმიწებში მისი შემცველობა —  $5 \cdot 10^{-3}$  უდრის. წითელმიწებში  $5 \cdot 10^{-3}$  —  $6,4 \cdot 10^{-3} \%$ .

სპილენძის რაოდენობა სხვადასხვა ქანში სხვადასხვაა. მყავე ქანებში, თიხაფიქალებში და ქვიშაქვებში მისი შემცველობა  $10^{-2}$  —  $10^{-3} \%$  შორის მერყეობს. ფუძე ქანებში კი უფრო მეტია, დაახლოებით  $2 \cdot 10^{-2} \%$ . სპილენძით მდიდარ ქანებზე (სპილენძიანი ქვიშაქვა, მალაქიტური ქანი და სხვ.) წარმოქმნილი ნიადაგი ამ მიკროელემენტს დიდი რაოდენობით შეიცავს —  $1 \cdot 10^{-1}$  —  $2 \cdot 10^{-1} \%$ . ამის გამო ასეთ ნიადაგზე ხარობენ მხოლოდ ე. წ. სპილენძამძლე მცენარეები.

სპილენძი ნიადაგში გვხვდება: 1. მინერალებში — უხსნადი ან ძნელხსნადი, 2. ხსნადი, 3. შთანქმეული და 4. ორგანულ-მინერალური ნაერთების სახით.

სპილენძიანი მინერალებიდან აღსანიშნავია ხალკოპირიტი ( $CuFeS_2$ ), მალაქიტი ( $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ ), პირიტი ( $FeS_2$ ) ჰიდროკუპრიტი ( $Cu_2O \cdot nH_2O$ ), კუპრუმფოსფატი ( $Cu_3(PO_4)_2 \cdot 3H_2O$ ), მელაქონიტი ( $CuO$ ), ჰიდროტენორიტი ( $CuOH \cdot H_2O$ ) და სხვ.

ხსნადი ანუ მცენარისათვის მისაწვდომი სპილენძი ქიმიურად ინდივიდუალური ნაერთი არაა. პეივეს გამოკვლევებით მცენარისათვის

მისაწვდომი სპილენძის რაოდენობა ( $1nHCl$  ხსნადი) მეტად მცირეა ეწერებში (1 კგ 0,5 — 5 მგ). განსაკუთრებით შესათვისებელი  $Cu$  უმნიშვნელო რაოდენობითაა ჭაობიან ნიადაგებში. შევმიწებში მისა-  
 რაოდენობა, ეწერებთან შედარებით, 2 — 4-ჯერ მეტია (1 კგ ნიადა-  
 გში 5 — 10 მგ.), წაბლა ნიადაგებში კიდევ უფრო მეტია — 8 — 14 მგ.

სპილენძი მონაწილეობს გაცვლით რეაქციებში, ამიტომ ნიადაგში შთანთქმული სპილენძიც გვხვდება. უკანასკნელი ორგანულად ნივ-  
 თიერებით მდიდარ ნიადაგებში უფრო მეტია, ვიდრე მცირე ჰუმუსი-  
 ან ნიადაგებში.  $Cu$  ნიადაგის ჰუმუსიან ფენაში უფრო მეტია, ვიდრე  
 ქვედა ფენებში. თიხამინერალებიდან სპილენძს უველაზე მეტად მონთ-  
 შორილონიტი ნთქავს.

ნიადაგის ორგანულ ნივთიერებებთან სპილენძი (ჰუმუსის მჟავებ-  
 თან) კომპლექსურ შენაერთებს ქმნის.

სპილენძზე, როგორც მიკროსასუქზე, ძლიერ რეაგირებენ ეწერა  
 და განსაკუთრებით მელიორირებული ჭაობიანი ნიადაგები.

**3. მარგანეცი.** მარგანეცი აქტიურად მონაწილეობს ჟანგვა-აღდგე-  
 ნის, ფოტოსინთეზისა და სხვა ბიოქიმიურ და ფიზიოლოგიურ პროცე-  
 სებში.

მარგანეცი პოლივალენტური ელემენტია. გამოფიტვის ქერქში ის  
 გვხვდება ორ, სამ და ოთხვალენტიანი ნაერთების სახით, რამელთა-  
 გან აღსანიშნავია შემდეგი მინერალები: როდონიტი —  $MnSiO_3$ , სპე-  
 სარტინი —  $Mn_3Al_2Si_6O_{12}$ , მანგანზიტი —  $MnO$ , ჰაუსმანიტი —  $Mn_3O_4$ .  
 კარბონატი  $MnCO_3$  და სხვ. ნიადაგში  $Mn$  გვხვდება აგრეთვე ორგა-  
 ნულ-მინერალური ნაერთების — რძემჟავა, მმარმჟავა და სხვა მჟავათა  
 ნაერთების სახით. მარგანეცი მოიპოვება ჰუმუსის მჟავას შედგენილო-  
 ბაში და მშთანთქავ კომპლექსში — კოლოიდურ მდგომარეობაში. მარ-  
 განეცს ნიადაგი (ეწერი) გაცვლითი კატიონის სახითაც შეიცავს შთანთ-  
 ქმულ მდგომარეობაში.

მარგანეცის საშუალო შემცველობა ნიადაგში 0,1% უახლოვდება.  
 ჩვეულებრივ, მძიმე მექანიკური შედგენილობის კარბონატულ ნიადა-  
 გებში, მარგანეცი მეტი რაოდენობითაა, ვიდრე მსუბუქი მექანიკური  
 შედგენილობის უკარბონატო ნიადაგებში. ა. ვინოგრადოვის მონაცე-  
 მებით სსრკ ნიადაგების სახნავ ფენაში  $Mn$  შემცველობა (%) შემდეგ  
 ფარგლებში მერყეობს.

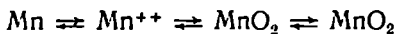
კორდიანი — ეწერი	0,06 -- 0,09
ტყის ზანგარა	0,06 — 0,20
წაბლა	0,10 — 0,23
შავმიწა	0,08 — 0,09
წითელმიწა	0,05 — 0,08
რუხი ნიადაგი	0,08 — 0,27

დანაღე ქანებში მარგანეცი შედარებით მეტი რაოდენობითაა აკუმულირებული, ვიდრე სხვა ქანებში. ამიტომ, ცხადია, ნიადაგში მარგანეცის შემცველობა დამოკიდებულია დედაქანზეც. ჩვეულებრივ, მარგანეციტ მდიდარ დედაქანებზე წარმოქმნილი ნიადაგები ამ ელემენტს დიდი რაოდენობით შეიცავენ, მაგალითად, ჰიათურის ნიადაგებში მისი შემცველობა 6% და მეტია.

მარგანეცი უმეტეს შემთხვევაში ნიადაგის ზედა ფენაშია მეტი რაოდენობით, ვიდრე ქვედაში. თუმცა არის შემთხვევები, როდესაც ის ეწერ, ტყის ზანგარა და სხვა ნიადაგებში, პირიქით, ილუვიურ (ჩარცხვის) პორიზონტშია აკუმულირებული კოლოიდური ფორმის ნაერთების სახით (ახალწარმონაქმნ ორტშტენში).

ა. ვინოგრადოვის მიხედვით ნიადაგში სულ ცოტა ორი ფორმის მარგანეცი გვხვდება: მოძრავი — მცენარისათვის მისაწვდომი (აღვილად შესათვისებელი) და მიუწვდომელი. მისაწვდომი ფორმის მარგანეცს განეკუთვნებიან წყალხსნადი და გაცვლითი ორვალენტური ფორმები. ნაკლებად მისაწვდომია სამვალენტური, ხოლო მიუწვდომელია — ოთხვალენტური.

ამინდის შესაბამისად იცვლება ნიადაგში ტენისა და ჰაერის შემცველობა, რაც თავის მხრივ იწვევს მიკრობიოლოგიური პროცესების ინტენსიუობის ცვლილებას და ჟანგვა-აღდგენის პროცესების დინამიკას, ხოლო მის შესაბამის მოძრავ წონასწორობას განიცდის მარგანეცის სხვადასხვა ფორმა ნიადაგში, როგორც ეს კარგად ჩანს პეივეს შემდეგი სქემიდან:



წყალხსნადი გაცუვილი ადვილად ინერტული  
ალსადგენი

მარგანეცის შესათვისებელი ფორმის ნაერთები მკაფი რეაქციის ნიადაგებში მეტია, ვიდრე კარბონატულ და ტუტე რეაქციის ნიადაგებში.

კალციუმიანი, ამონიაკური, გოგირდიანი და ორგანული სასუქების გამოყენებით Mn-ის მოძრავი ფორმის რაოდენობა ნიადაგში იზრდება, მოკირიანება (განსაკუთრებით ჰარბად მოკირიანება), პირიქით, მის რაოდენობას მნიშვნელოვნად ამცირებს.

ბოლო ხანებში მარგანეციანი სასუქის გამოყენებას დიდი ყურადღება ექცევა. ამ მიზნით ჩვენში წარმატებით იყენებენ მარგანეციან შლამს.

4. თუთია მონაწილეობს მცენარის უჯრედის სუნთქვის პროცესში. იგი ახდენს, ზრდის ნივთიერებების — აუქსინის რაოდენობრივ რეგულაციას მცენარეში, კატალიზურად მოქმედებს მცენარეში მიმდინარე ჟანგვის პროცესებზე და სხვ.

თუთიის მთლიანი რაოდენობა ნიადაგში დიდ ფარგლებში მერყე-

აბს. თუთიის შემცველობის მიხედვით აკად. ა. ვინოგრადოვი ნიადაგებს სამ ჯგუფად ჰყოფს: პირველ ჯგუფში შედის ნიადაგები, რომლებშიც თუთია დიდი რაოდენობითაა. ასეთი მდგომარეობაა თუთიის მადნის საბადოებისა და მისი მახლობელი რაიონის ნიადაგებში (მაგალითად სამხრეთ ურალში), მეორე ჯგუფს განეკუთვნება ნიადაგები, რომლებშიც თუთია საშუალო რაოდენობითაა —  $2 \cdot 10^{-3}$  —  $1,2 \cdot 10^{-2}$  (რუსეთის ვაკის ნიადაგების დიდი ნაწილი) და მესამე ნიადაგები, რომლებშიც თუთია ძალიან მცირე რაოდენობითაა —  $10^{-4}$  %-მდე (კვარციან-სილიანი ნიადაგები და სხვ.). თუთიის რაოდენობა ნიადაგში ბევრად და მოკიდებული ნიადაგთწარმოქმნელ ქანზე. ამ ელემენტს მყავე ქანები ყოველთვის ნაკლები რაოდენობით შეიცავენ, ვიდრე ფუძე ქანები. ა. ვინოგრადოვის გამოკვლევებით. მაგალითად, გრანიტში Zn-ის რაოდენობა 0,6% უდრის, ფუძე ქანებში კი — 1,3%-ს ამის შესაბამისად, ფუძე ქანებზე წარმოქმნილ ნიადაგებში Zn საერთო რაოდენობა უფრო მეტია, ვიდრე მყავე ქანებზე წარმოქმნილ ნიადაგებში. ჰუმუსით მდიდარი ნიადაგები (მაგალითად, შავმიწები) თუთიას მეტი რაოდენობით შეიცავენ, ვიდრე ჰუმუსით ღარიბი ნიადაგები. თუთიას, ჩვეულებრივ, ნიადაგის ზედა ფენაში ემჩნევა აკუმულირება.

თუთია შედის შემდეგ მინერალებში: სფალერიტში (ZnS) და სხვ. გვხვდება მინარეების სახით ბიოტიტში, ამფიბოლში, პიროქსენში და სხვ. თუთია შედის ნიადაგის ორგანულ ნივთიერებებში; ის მოიპოვება ნიადაგში განსაკუთრებით ჰუმუსთან დაკავშირებული ფორმით.

თუთია მობილობის (აქტივობის) მიხედვით ორ ჯგუფად იყოფა: ა) მოძრავ-შესატვისებელ და ბ) ინერტულ-შეუთვისებელ ფორმად.

თუთიის მობილობა ნიადაგში დამოკიდებულია არის რეაქციაზე (pH), ორგანული ნივთიერებების რაოდენობაზე და ნიადაგის ფიზიკურ თვისებებზე. მყავე რეაქციის ნიადაგებში თუთიას მეტი მობილობა (მცენარისათვის მისაწვდომობა) აქვს. კარბონატულ-ტუტე რეაქციის ნიადაგებში კი მისი ხსნადობის თვისება მნიშვნელოვნად დაქვეითებულია; პეივის მონაცემებით კორდიან-კარბონატულ 1 კგ ნიადაგში (ლატვია) მოძრავი თუთიის რაოდენობა 1 მგ-ს არ აღემატება, მაშინ, როდესაც ეწერ ნიადაგში ის ხშირად 2 მგ-ზე მეტია. ხოლო ტორფიან-ლებიან ნიადაგში 10 მგ-ს უდრის. ძალიან მყავე ნიადაგებში თუთიის საერთო რაოდენობის თითქმის 50% მაღალი მობილობის თვისებისაა.

ნიადაგებში, რომლებშიც ინტენსიურად მიმდინარეობენ ბიოქიმიური პროცესები, რის შედეგადაც დიდი რაოდენობით გადადის ხსნარში  $CO_2$ , ხსნადი Zn ყოველთვის მეტია, ვიდრე ნიადაგებში, რომელთა ხსნარშიც  $CO_2$  მცირე რაოდენობითაა. მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგში ხსნადი Zn ცოტაა; საერთოდ კარგი ფიზიკური თვისე-



ბების ნიადაგში მოძრავი თუთიის რაოდენობა, ცუდი ფიზიკური თვისებების ნიადაგთან შედარებით, მეტია. აღსანიშნავია, რომ მიკროფლორით მდიდარ ნიადაგებში თუთიის მნიშვნელოვანი ნაწილი ცილოვანი ნაერთების სახითაა (მიკროფლორას თუთია დიდი რაოდენობით სჭირდება).

ცდებით დამტკიცებულია, რომ თუთიის სასუქების გამოყენება მოძრავი თუთიით ღარიბ ნიადაგებში, მოსავლის შესამჩნევ მატებას იწვევს.

5. **მოლიბდენი.** მოლიბდენის ბიოქიმიური მნიშვნელობა განსაკუთრებით დიდია მოლეკულური აზოტის ფიქსაციის პროცესში. მას დიდი მნიშვნელობა აქვს, აგრეთვე ნიტრატული აზოტის აღდგენაში — ცილოვანი ნივთიერებების წარმოქმნაში. მოლიბდენი ააქტივებს ამ პროცესში მონაწილე აღმდგენელ ფერმენტ — ნიტრატრედუქტაზას. მოლიბდენი გავლენას ახდენს ნახშირწყლების სინთეზზე, ქლოროფილისა და ასკორბინის მჟავას წარმოქმნაზე და სხვ.

მოლიბდენი ნიადაგში გვხვდება ზოგიერთ მინერალებში, ჰუმუსში და შთანთქმულ მდგომარეობაში.

მოლიბდენის რაოდენობა ნიადაგში დამოკიდებულია ნიადაგთწარმომქმნელ ქანზე და ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის ხასიათზე. ა. ვინოგრადოვის მიხედვით მჟავე ქანებში მოლიბდენი რამდენიმედ მეტია, ვიდრე ფუძე ქანებში. მასიურ ქანებში  $MO$ -ის რაოდენობა  $1 \cdot 10^{-4} \%$  უახლოვდება, ნიადაგში კი მისი შემცველობა  $2,03 \cdot 10^{-4} \%$  უდრის, ე. ი. ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის შედეგად ადგილი აქვს ამ ელემენტის დაგროვებას. ქანშენი მინერალებიდან მოლიბდენს შეიცავს ოლივინი, ზოგიერთი სულფატი და მადნეული მინერალები. მას ვხვდებით აგრეთვე თიხა-მინერალებში.

მოლიბდენის უმეტესი ნაწილი, ჩვეულებრივ, ჰუმუსიან ფენაში უფრო მეტია, ვიდრე ნიადაგის მომდევნო ფენაში. ამ მხრივ ერთგვარი გამოჩაყლისია ეწერი ნიადაგები, სადაც მოლიბდენს პროფილში განაწილების ორი მაქსიმუმი აქვს აკუმულაციურ და ილუვიურ ფენაში. ილუვიურ ფენაში მოლიბდენის მომატება გამოწვეულია ამ ფენის რკინისა და ალუმინის დაგროვებით. მიუხედავად იმისა, რომ მოლიბდენის რაოდენობა ნიადაგში საერთოდ მცირეა, როგორც გამოკვლევებიდან ჩანს, ბუნებაში გვხვდება ისეთი ბიოგეოქიმიური პროვინციებიც, სადაც ამ ელემენტის რაოდენობა დიდია; ასეთ ნიადაგებზე მოსული ბალახი ცხოველზე უარყოფითად მოქმედებს. ასეთი პროვინცია, ვ. კოვალსკის მიხედვით, სსრკ-ში გამოყოფილია სამხრეთში, სადაც მოლიბდენის რაოდენობა  $1$  კგ ნიადაგში  $80$  მგ-ს აღწევს.

ნიადაგში მოლიბდენის უდიდესი ნაწილი  $MOO_4^{-2}$  ფორმითაა და

ნეაუნმეჯავაში მხოლოდ მცირე ნაწილია ხსნადი, რაც მცენარისათვის ზისაწვდომია. უმეტეს შემთხვევაში მოლიბდენის მთლიან რაოდენობასა და მის მისაწვდომ ფორმას შორის პირდაპირ კორელაციას აღვილი არა აქვს.

მოლიბდენის მოზილობა იმდენად დიდია, რამდენადაც კოლოიდური კომპლექსის ფუძეებით მაძრობის ხარისხი მაღალია და კალციუმის ჰუმატების რაოდენობა ნიადაგში მეტია. მოკირიანება ნიადაგში მოლიბდენის აქტივობას ზრდის. ნიადაგის მეკვიანობის ზრდა მოზილობას ამცირებს. ტუტე რეაქციის ნიადაგებში მოძრავი მოლიბდენი (წყალხსნადი და გაცვლითი) უფრო მეტია. ვიდრე მეკვი რეაქციის ნიადაგებში. ფიზიოლოგიურად მეკვი სასუქების გამოყენება აქვეითებს მოლიბდენის ხსნადობის ხარისხს. მკიმე მექანიკური შედგენილობის, განსაკუთრებით ალუმინით და რკინით მდიდარ ნიადაგებში, მოლიბდენის ხსნადობის ხარისხი მეტად დაბალია. თიხამინერალების შედგენილობაში მყოფი მოლიბდენის მოზილობა—მცენარისათვის მისაწვდომობა — მეტად სუსტია.

ხსნადი მოლიბდენით ღარიბ ნიადაგებზე მოლიბდენის სასუქის გამოყენება პარკოსანი კულტურებისათვის, როგორც ნიადაგში შეტანის, აგრეთვე ფესვგარეშე გამოყვებით, მოსავლიანობის ზრდაზე დადებითად მოქმედებს.

6. კობალტი. კობალტი 4,5% რაოდენობით შედის  $B_{12}$  ვიტამინში. ეს უკანასკნელი კი ცხოველურ ორგანიზმში მნიშვნელოვან ბიოქიმიურ პროცესებში მონაწილეობს. ცხოველი, რომელიც ამ ვიტამინით ღარიბ საკვებს ღებულობს, ავადდება ანემიით. ამრიგად, ნიადაგში კობალტის უკმარობა  $B_{12}$  ვიტამინის ნაკლებობას იწვევს მოსავალში, რაც ამასთან ერთად ამცირებს მოსავალს.

კობალტის რაოდენობა ნიადაგში დამოკიდებულია დედაქანზე და ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის ხასიათზე. მეკვი ქანებთან შედარებით, უუძე ქანებში კობალტი ბევრად მეტია. ამის შესაბამისად მეკვი ქანებზე განვითარებული ნიადაგი კობალტს უფრო ნაკლები რაოდენობით შეიცავს (გრანიტზე განვითარებულ ნიადაგში  $Co$  რაოდენობა 0,0001%). ვიდრე უუძე ქანებზე წარმოქმნილი ნიადაგი (გაბროზე განვითარებულ ნიადაგში  $Co$  რაოდენობა 0,002%). კობალტი უფრო მეტი რაოდენობითაა სერპენტინით მდიდარ ქანებზე წარმოქმნილ ნიადაგებში (0,01%). კობალტით მდიდარი ნიადაგები საბჭოთა კავშირში ურალშია.

კობალტს შეიცავს მინერალები — დუნიტი, პერიდოტიტი, სერპენტინი და სხვ. ის გვხვდება ჰუმუსში და თიხამინერალებში — გაცვლით მდგომარეობაში.

კობალტი ჩვეულებრივ მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნი-

ადაგებში უფრო ნაკლებია, ვიდრე მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში. ჰუმუსიან ფენაში, ქვედა ფენებთან შედარებით, კობალტი შედარებით მეტია. ეწერი ნიადაგი ამ ელემენტს  $Al_2$  ჰორიზონტში (გაეწრების ფენა) უმნიშვნელო რაოდენობით შეიცავს, ილუვიურ ორტშტეინიან ჰორიზონტში ის შედარებით მეტია. საერთოდ ვერტიკალურ პროფილში რკინის განაწილების ანალოგიურია კობალტის განაწილება. ა. ვინოგრადოვის მონაცემებით რუსეთის ეწერი ნიადაგის ზედა ფენაში  $Co$  რაოდენობა  $1,4 \cdot 10^{-3} \%$  არ აღემატება. წაბლა ნიადაგებში ამ ელემენტის შემცველობა, შავმიწასთან შედარებით, მცირეა. წითელმიწებში კობალტის რაოდენობა იმდენივეა, რამდენიც შავმიწებში. ეს გარემოება აქ გამოწვეულია წითელმიწების ფუძიან ქანებზე (ბაზალტი) განვითარებით.

ნიადაგში კობალტი ორვალენტიაანი ფორმითაა — ალუმოსილიკატების კრისტალურ მესერზე გაბნეულ მდგომარეობაში და მტკიცედ დამაგრებულია. მეორე ნაწილი კი, რომელიც გაცვლით რეაქციებში მონაწილეობს, ფაშარადა დაკავშირებული სილიკატებთან.

კობალტის მცენარისათვის მისაწვდომ ფორმას წარმოადგენს წყალში და სუსტ მჟავაში (მაგალითად ძმარმჟავაში) ხსნადი  $Co^{2+}$ . კობალტის მობილობა (ხსნადობა) ნეიტრალური და ტუტე რეაქციის ნიადაგებში შესამჩნევად არის დაქვეითებული.

კობალტი ნიადაგის ზოგიერთ ორგანულ ნივთიერებებთან ხელატურ-კომპლექსურ ნაერთებში მონაწილეობს.

კობალტსა და მარგანეცის იონებს შორის, მცენარეში შესვლის მხრივ, ანტაგონისტურ დამოკიდებულებას აქვს ადგილი.

7. იოდის. იოდი ცხოველური ორგანიზმების (მათ შორის ადამიანის) ბიოქიმიურ პროცესებში მეტად მნიშვნელოვან ფუნქციას ასრულებს. ეს ელემენტი შედის ფარისებრი ჯირკვლის — ჰორმონ თიროქსინში. იოდის უკმარობის შემთხვევაში ამ უკანასკნელი ჰორმონის სინთეზი მცირდება, რაც უარყოფითად მოქმედებს ორგანიზმზე — იწვევს ჩიჟვს, ასეთ დაავადებას ადგილი აქვს, იმ ბიოგეოქიმიურ პროვინციებში, სადაც მცენარე და ნიადაგი არასაკმარისი რაოდენობით შეიცავს იოდს.

იოდის რაოდენობა ნიადაგში დამოკიდებულია, ერთი მხრივ დედანში მის შემცველობაზე და, მეორე მხრივ იმპულვერიზაციის საშუალებით იოდის ნიადაგში მოხვედრის მასშტაბზე (ზღვის წყლის შხეფების გადმოტანა ხმელეთზე ქარის საშუალებით). მასიური ქანები, როგორც წესი, იოდს დიდი რაოდენობით არ შეიცავენ, იოდი უფრო მეტია დანალექ კლასტურ ქანებში. ა. ვინოგრადოვის მიხედვით ბაზალტში მისი რაოდენობა კილოგრამში 539 მიკროგრამს ( $10^{-6}$  გრამს) უდრის, ხოლო დოლომიტში 1000. საერთოდ, იოდი ნიადაგში ქანთან შედარებით 20 -- 30-ჯერ მეტია. იოდს დიდი რაოდენობით შეიცავს

ზღვიური ლამები. იოდის ძირითად წყაროს ოკეანე წარმოადგენს, საიდანაც იგი იმპულვერიზაციით გადმოიტანება ხმელეთზე. იოდს საკმაო რაოდენობით შეიცავს ზღვისა და ოკეანეების ჰაერიც 1 მ<sup>3</sup> ჰაერში იოდი 10 მიკროგრამს აღემატება, მაშინ, როდესაც კონტინენტის სიღრმეში იმავე რაოდენობის ჰაერში მხოლოდ 0,5 მიკროგრამს აღწევს; აქედან ცხადია, რომ ზღვისპირა რაიონების ნიადაგში იოდი ყოველთვის მეტია, ვიდრე მისგან დაშორებულ რაიონებში. მძიმე მექანიკური შედგენილობის, ორგანული ნივთიერებით მდიდარ ნიადაგებში იოდი მეტი რაოდენობითაა. ნიადაგის ჰუმუსიანი, ფენა, ჭვედა ფენებთან შედარებით, იოდს მეტი რაოდენობით შეიცავს; აქედან ცხადია, რომ რამდენადაც დიდი რაოდენობითაა ორგანული ნაშთები ნიადაგში, იმდენად მეტი იოდი შეემატება მას. სწორედ ამიტომ იოდს მეტი რაოდენობით შეიცავენ შავმიწები და ტორფიანი ნიადაგები, ხოლო მცირეს ქვიშიანი და ჰუმუსით ღარიბი სხვა ნიადაგები.

მთიანი ჭვეყნის, მაღალ ჰიპსომეტრულ ზოლში (ალპური, ნივალური სარტყელი), სადაც ძლიერი ეროზიულ-დენუდაციური პროცესების ზეგავლენით გამოფიტვისა და ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის პროდუქტების წვრილდისპერსიული მასალის ჩამოტანა ხდება ქვევით; ნიადაგი ყოველთვის ღარიბია იოდით (მაგალითად სვანეთში), რაც იწვევს წყალსა და მცენარეში ამ ელემენტის სიმცირეს და ენდემურ ავადმყოფობას — ჩიყს.

იოდი მთავე რეაქციის ნიადაგებში უფრო ნაკლები რაოდენობითაა, ვიდრე ნეიტრალური და ტუტე რეაქციის ნიადაგებში. იოდის ნიადაგში დამაგრება დამოკიდებულია ჟანგვა-აღდგენის მოვლენებზე. ჟანგვის პროცესების გაძლიერება იწვევს მის (J) დაჟანგვას, რასაც შემდეგ მოსდევს აქროლადება ჰაერში და ნიადაგში იოდის შემცირება. ამრიგად, რამდენადაც ნიადაგში მეტი რაოდენობითაა ისეთი დამაჟანგველი ნივთიერებები, როგორცაა:  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{3+}$ ,  $Mn^{4+}$  იმდენად აქროლებისა და იოდის მეტი რაოდენობით დაკარგვის შესაძლებლობაა.

იოდის რაოდენობაზე ნიადაგში დიდ ვაულებას ახდენს აგრეთვე ადგილობრივი ჰიდროლოგიური პირობები. პერმაციდიული (გამრეცხი) ტენის რეჟიმის პირობებში იოდი იხსნება და ირეცხება.

## ნიადაგური კოლოიდები და მეორადი თიხამინერალები

ნივთიერებათა კოლოიდური მდგომარეობის შესახებ პირველი ცნობები მ. ლომონოსოვმა მოგვაწოდა. მანვე პირველმა მიიღო კოლოიდური ხსნარი ოქროდან. ტერმინი კოლოიდი მეცნიერებაში 1861 წ. დაადგინა ინგლისელმა მკვლევარმა გრემმა.

დედამიწის ქერქის კოლოიდებზე, მათ ქცევა-თვისებებზე, პრაქტიკული სასურაღლებო გამოკვლევები აქვთ აკადემიკოს ვ. სევერგინს, გეოლოგ დ. სოკოლოვს, აკადემიკოსებს ვ. ვერნადსკის, ბ. პოლინოვს, ა. გინზბურგს, ვ. ჩუხროვს და სხვ. ჰიპერგენეზისის ზონისა და კერძოდ პედოსფეროს (ნიადაგური სფერო) შესახებ გამოკვლევა ეკუთვნის აკად. ა. ფერსმანს.

ნიადაგური კოლოიდების საფუძვლიანი შესწავლა დაკავშირებულია აკად. კ. გედროიცის სახელთან. კ. გედროიცის დიდი მნიშვნელოვანი ექსპერიმენტები საფუძვლად დაედო შემდეგში ნიადაგთმცოდნეობის მრავალ, როგორც თეორიულ (შთანქმის მოვლენები, ბიცი და ბიციობი ნიადაგების გენიზისი, სტრუქტურის წარმოქმნა და სხვ.), აგრეთვე პრაქტიკული მნიშვნელობის საკითხების (მოთაბაშირება, მოკირიანება და სხვ.) დანუშავებას.

ნიადაგურ კოლოიდურ ქიმიიაში დიდი მნიშვნელობის გამოკვლევები აქვთ ა. სოკოლოვსკის, ი. ანტიპოვ-კარატაევს, ა. ტიულინს, ნ. გორბუნოვს და სხვ. უცხოელი მეცნიერებიდან აღსანიშნავია ვიგნერი (შვეიცარია), მათსონი (შვეცია) და სხვ.

თანამედროვე ნიადაგთმცოდნეობაში კოლოიდების სწავლებას დიდი ყურადღება ექცევა. ნიადაგის ფიზიკური და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, ჰიდროლოგიური „კონსტანტები“: ფიზიკურ-ქიმიური პროცესები და მრავალი სხვა მახასიათებლები დამოკიდებულია კოლოიდებზე, მათ რაოდენობა-შედგენილობასა და ქცევა-თვისებებზე.

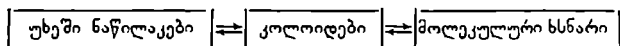
დღეისათვის ექვს აღარ იწვევს, რომ ერთი და იგივე ნივთიერება დისპერსიულობის ხარისხის მიხედვით შეიძლება იყოს, როგორც კოლოიდურ (ცრუ ხსნარის), აგრეთვე კრისტალოიდურ (კვშმარიტი ხსნარის) მდგომარეობაში, რაზედაც 1906 წ. პირველად მიუთითა

3. ვეიპარნიმ. ნივთიერებათა კოლოიდური მდგომარეობა მატერიის საერთო თვისებაა, — წერდა ვეიპარნი, — ე. ი. ყველა ნივთიერება შეიძლება გადავიდეს კრისტალოიდურიდან კოლოიდურ მდგომარეობაში.

ჟ. გედროიცი კოლოიდებს აკუთვნებს ნიადაგის  $< 0,00025$  მმ ზომის ნაწილაკებს. ამჟამად ნიადაგურ კოლოიდებში აერთიანებენ ნაწილაკებს, რომელთა დიამეტრი  $0.1\mu$  —  $1\mu$  შორისაა. ნაწილაკთა დიამეტრის ეს ზომები, რა თქმა უნდა, პირობითია. არის შემთხვევები, როდესაც კოლოიდური თვისებები აქვთ. როგორც აღნიშნულზე უფრო მსხვილი, აგრეთვე წვრილი ზონის ნაწილაკებს, რაც მიგვიტოვებს უხეშდისპერსიულ და კოლოიდურ ხსნარებს შორის არსებულ თანდათანობით გადასვლაზე. ამის გამო კოლოიდურ ქიმიამი შემოღებულია ცნება სემიკოლოიდებზე, რომლებსაც ერთდროულად აქვთ მოლეკულური ხსნარისა და კოლოიდების თვისებები. თანაბარი ზომის კოლოიდებს მონოდისპერსიულ კოლოიდებს უწოდებენ, ხოლო კოლოიდებს, რომლებშიც სხვადასხვა ზომის ნაწილაკებია (სხვადასხვა ზარისხით დაქუცმაცებული) — პოლიდისპერსიულ კოლოიდებს. ნიადაგური კოლოიდები, ძალიან მცირე გამონაკლისის გარდა, პოლიდისპერსიოდებს ანუ პოლიდისპერსიულ კოლოიდებს განეკუთვნებიან.

ნიადაგური კოლოიდების ზომისა და ფორმის შესასწავლად ბოლო ხანებში ფართოდ იყენებენ ელექტრომიკროსკოპს, რომელიც საგანს  $50$  —  $100$  ათასჯერ აღიღებს.

ჟ. გედროიციის მიხედვით ნიადაგური კოლოიდების წარმოქმნა დაკავშირებულია ერთი მხრივ დისპერგაციის, ხოლო მეორე მხრივ კონდენსაციის პროცესებთან, რაც კარგად ჩანს შემდეგი სქემიდან.



კოლოიდების წარმოშობა ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის გამოხატულების შესაბამისი ხასიათისაა. ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის პრიმიტიულ (პირველად) საფეხურზე კოლოიდების წარმოქმნა თითქმის მთლიანად დისპერგაციის საშუალებით ხორციელდება, ნიადაგთწარმოქმნის შემდეგ საფეხურებზე მასში კონდენსაციის პროცესიც მონაწილეობს, ხოლო უფრო მაღალ საფეხურზე კონდენსაციის (და სინთეზის) პროცესის როლი ნეტად დიდია.

ამრიგად, კოლოიდების რაოდენობა ნიადაგში ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის ხასიათზე და ინტენსიობაზე დამოკიდებული. კოლოიდების დიდი რაოდენობა მოიპოვება მძიმე მექანიკური შედგენილობისა და ჰუმუსით მდიდარ ნიადაგებში.

ნიადაგი შეიცავს მინერალურ, ორგანულ და ორგანულ-მინერალურ კოლოიდებს.

მინერალურ კოლოიდებს ეკუთვნის:  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  და ე. წ. მეორადი თიხამინერალები (მცირე რაოდენობით პირველადი მინერალებიც — ქარსი, კაჟი და სხვ.).

ნიადაგური ორგანული კოლოიდებია: ჰუმუსის მჟავები (ჰუმინისა და ულმინის) და ორგანული ნაშთების ცილოვანი ნივთიერებები (პროტეინები)

ორგანულ-მინერალური კოლოიდების ჯგუფში შედის: ჰუმუსის მჟავათა მარილისებრი ნივთიერებები — ჰუმატები, ულმატები და სხვ.

მცირე გამონაკლისის გარდა (ტორფიან ჰაობებში და სხვ.) ნიადაგში მინერალური კოლოიდები რაოდენობრივად დიდად ქარბობენ ორგანულ და ორგანულ-მინერალურ კოლოიდებს.

ცხრილი 24

ნიადაგისა და მიკრონული ფრაქციის მთლიანი ქიმიური ანალიზის შედეგები %-ობით (ი. სერდობოლსკი)

ნიადაგი	ჰუმუსი	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
ეწერი ნიადაგი კოლოიდურ ფრაქციაში (იმავე ნიადაგის)	4,3 22,7	74,8 40,6	12,6 24,1	4,1 10,1

კოლოიდური ფრაქცია შედარებით, ნდიდარია ერთნახეყარი ქანგეულებთან ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ) და ორგანული ნივთიერებებით.

კოლოიდები ნიადაგში ფიზიკურად ორგვარ მდგომარეობაში გვხვდება — ც რ უ ხ ს ნ ა რ ი ს ა ნ უ ზ ო ლ ე ს (ჰიდროზოლე) და ა კ რ ი ლ ა ნ უ გ ე ლ ე ს (ჰიდროგელს) სახით.

ნიადაგურ კოლოიდებს ახასიათებთ ელექტროდამუხტულობა. ელექტრომუხტის ნიშნის მიხედვით ისინი ორ ჯგუფად იყოფიან — დადებით (+) და უარყოფით (-) მუხტის კოლოიდებად. ერთი და იმავე ნივთიერების კოლოიდების ელექტრომუხტის ნიშანი ერთსა და იმავე პირობებში (რეაქცია) ერთგვარია.

უარყოფითი ნიშნის ელექტრომუხტის კოლოიდებს მჟავური თვისება აქვთ, რის გამოც მათ აციდობის უწყობა და აღნიშნავენ ასო A-თი. დადებითი ნიშნის ელექტრომუხტის კოლოიდებს ფუძის თვისებები აქვთ — ბ ა ზ ო ი დ ე ბ ი ა და ასო B-თი აღნიშნება. ნიადაგში რაოდენობრივად აციდობი კოლოიდები ყოველთვის

შეტია, ვიდრე ბაზობი. მათი შეფარდება  $\left(\frac{A}{B}\right)$  ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის გამოხატულების შესაბამისად, შესამჩნევად იცვლება, თუმცა A აბსოლუტურად მაინც ყოველთვის მეტია B-ზე.

უარყოფითი ელექტრომუხტი აქვთ:  $\text{SiO}_2\text{nH}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}_2\text{nH}_2\text{O}$ , ჰუმუსის კოლოიდებს (ჰუმინისა და ულმინის მჟავას) და სხვ., დადებითი ელექტრომუხტი ახასიათებთ:  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{nH}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{nH}_2\text{O}$  და ცილოვან ნივთიერებებს.

თიხის ნაწილაკის ელექტრომუხტი პირველად პროფ. რეისომ აღმოაჩინა (1807 წ.).

მუხტის წარმოქმნას, როგორც ცნობილია, ადგილი აქვს ნიადაგის წყალთან შეხების დროს, მყარი და თხიერი ფაზების შეხების საზღვარზე.

ნიადაგური კოლოიდების ელექტრომუხტის წარმოქმნა ორი გზით ხორციელდება—ადსორბციითა და დისოციაციით. პირველ შემთხვევაში ადგილი აქვს დისპერსიული არიდან (ხსნარადან) იონების მიზიდვას კოლოიდის ზედაპირზე, ხოლო მეორე შემთხვევაში, პირიქით, კოლოიდის მყარი ნაწილის იონთა დისოციაციას. კოლოიდების ელექტრომუხტის განსასაზღვრავად ელექტროფორეზის ან ელექტროოსმოსის მეთოდს იყენებენ.

ელექტროფორეზის მეთოდის საშუალებით კოლოიდების ელექტრომუხტის აღმოჩენა-განსაზღვრისათვის იქცევიან შემდეგნაირად. კოლოიდურ ხსნარს ჩაასხამენ ხელსაწყოს მოხრილ მილში, რომელშიც ჩაუშვებენ ელექტროდებს. ელექტროდებს შეაერთებენ მუდმივი დენის წყაროსთან. მცირე ხნის შემდეგ შევნიშნავთ, რომ ერთელექტროდთან ხსნარი გაუფერულდება, რადგან აქედან კოლოიდები გადაადგილდებიან მეორე ელექტროდისაკენ. თუ კოლოიდი დაგროვდა მინუს ელექტროდთან, ეს იმას ნიშნავს, რომ კოლოიდების ელექტრომუხტის ნიშანი დადებითია და, პირიქით, თუ კოლოიდებმა პლუს ელექტროდთან მოიყარა

სურ. 6. ელექტროფორეზით კოლოიდების ელექტრომუხტის განსაზღვრის ხელსაწყო.

თავი, მაშინ მათი მუხტის უარყოფით ნიშანს ატარებს.

ნიადაგური კოლოიდების ელექტროდამუხტულობის აღმოაჩენად, ჩვეულებრივ, ელექტროოსმოსის მეთოდს იყენებენ.

ელექტროფორეზის მეთოდისაგან განსხვავებით, ელექტროოსმოსის მეთოდით კოლოიდების ელექტრომუხტის განსაზღვრის დროს, ელექტ-

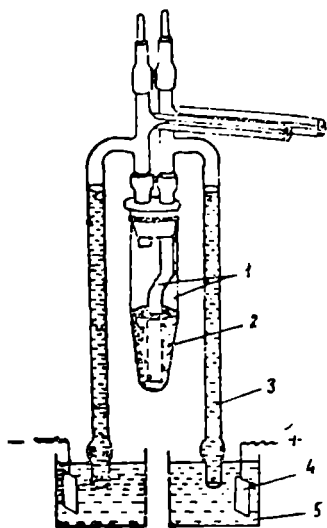


როდების მუდმიველექტროდენის წყაროსთან შეერთებით ხელსაწყოში მოთავსებული კოლოიდური ხსნარიდან გადაადგილება არა კოლოიდები, არამედ ხსნარი (ინტერმიცელარული ხსნარი). იგი კოლოიდების საპირისპირო ნიშნით არის დამუხტული. თუ ხსნარში გადაადგილება პლუს ელექტროდისაკენ მოხდა, მაშინ ეს იმას ნიშნავს, რომ კოლოიდები მინუსი ნიშნის ელექტრობით ყოფილა დამუხტული და, პირიქით, თუ ხსნარი მინუს ელექტროდისაკენ გადაადგილდა, მაშინ კოლოიდები პლუსი ნიშნის ელექტრობით არის დამუხტული.

კოლოიდთაშორისი ხსნარის ანუ ინტერმიცელარული ხსნარის გადაადგილების სისწრაფე კოლოიდების ელექტროდამუხტულობის ხარისხზეა დამოკიდებული. რამდენადაც მაღალია ელექტროდამუხტულობის ხარისხი, იმდენად სწრაფია ხსნარის გადაადგილება და, პირიქით.

ნიადაგური კოლოიდების ელექტრომუხტის წარმოქმნის ძირითად მიზეზს წარმოადგენს კოლოიდების ხსნად მდგომარეობაში მყოფი იონების (ელექტროლიტების) ადსორბციის თვისება. რამდენადაც ნიადაგი მეტი რაოდენობით შეიცავს წვრილდისპერსიულ ნაწილს, იმდენად დიდია მისი ზედაპირი და, მაშასადამე, ძლიერია ადსორბციის უნარი და ელექტროდამუხტულობის ხარისხი. ამრიგად, ნიადაგის წვრილდისპერსიული ნაწილის ელექტროდამუხტვის ხარისხი პირდაპირ დამოკიდებულებაშია მისი (ნიადაგის) მყარი ფაზის საერთო ზედაპირთან.

კოლოიდები, როგორც მაღალმოლეკულური ნაერთები, დიდი რაოდენობის ადსორბციული იონებით ე. წ. თავისუფალი კავშირებით ხასიათდება (დამატებითი ვალენტობით). საერთო ზედაპირის შესაბამისად იზრდება თავისუფალი კავშირები ანუ ზედაპირული ენერგია. გამორკვეულია, რომ ნიადაგის თავისუფალი ენერგია ძირითადად გაპირობებულია მიკრონული ფრაქციით ( $< 1\mu$ ). თუ ნიადაგი შეიცავს  $< 0,1\mu$  1%-ს, ხოლო 0,001 მმ ფრაქციას 99%-ის რაოდენობით, მაშინ 1 ჰექტარი ფართობის 0—10 სმ ფენაში ამ ორი ფრაქციის საერთო ზედაპირი ერთიმეორის ტოლი იქნება (ნ. რემეზოვი). აქედან ცხადია,



სურ. 7. ელექტროოსმოსით კოლოიდების ელექტრომუხტის განსაზღვრის ხელსაწყო.  
1—ხსნარი; 2—ნიადაგი; 3—აგარ-აგარი KCl-ით; 4—ელექტროდი. 5—მარლის ხსნარი.

თუ როგორ აღიდეგს წვრილდისპერსიული ნაწილი ნიადაგის საერთო ზედაპირს და, მაშასადამე, ზედაპირული იონების დამატებით თავისუფალ ვალენტთა რიცხვს, ე. ი. ნიადაგის ელექტროდამუხტულობის ხარისხს.

### ნიადაგური კოლოიდების აღნაგობა

როგორც ცნობილია, ამორფულ ნივთიერებებს, იზოტროპული თვისებები აქვს, ე. ი. ყველა მიმართულებით სიმაგრის, სითბოგამტარობის, ელექტროგამტარობის, ოპტიკური და სხვა თვისებების ერთგვარობით ხასიათდებიან. კრისტალური სხეულები კი ანიზოტროპულია, ე. ი. კრისტალში ზემოდასახელებული თვისებები სხვადასხვა მხარეს სხვადასხვაგვარია.

ნიადაგური კოლოიდები შედგება ამორფული, კრისტალური და მათ შორის გარდამავალი თვისებების ნივთიერებებისაგან, ე. ი. ნიადაგურ კოლოიდებს იზოტროპული და ანიზოტროპული თვისებები აქვს. ამორფული კოლოიდები კრისტალური კოლოიდებისაგან ზოგიერთი თვისებით განსხვავდება. მაგალითად, პირველს უფრო მეტი საერთო ზედაპირი აქვს, უფრო ადვილად შედის წყალთან, კატიონებთან და კოლოიდებთან ურთიერთობაში. თუმცა ამავე დროს, ამ ნივთიერებათა კოლოიდების აღნაგობის (შენების) სქემა ერთიმეორის ანალოგიურია.

ქვემოთ გვეცნობით გ. ვიგნერისა და ნ. გორბუნოვის კოლოიდური მიცელის სქემებს.

გ. ვიგნერი ნიადაგური კოლოიდების შენების ნათელსაყოფად იყენებს  $AgBr$ -ის კრისტალური მესერის მაგალითს.

როგორც სურათიდან ჩანს  $AgBr$ -ის კრისტალური მესერი შედგება მორიგეობით განლაგებული  $Ag$ -ისა და  $Br$ -ის იონებისაგან. თითოეული მათგანი მესერის შიგნით ნაწილში დაკავშირებულია საპირისპირო ნიშნის ელექტრომუხტის მქონე ექვს მეზობელ იონთან — თითოეულთან  $1/6$  ვალენტით. ამრიგად, შიგნითა იონების ელექტრომუხტი მთლიანად დაკომპენსირებულია. ფერდებზე, წიბოებზე და წახნაგებზე მოთავსებული იონები ამ მხრივ სხვაგვარ მდგომარეობაშია. ფერდზე მოთავსებული იონები  $1/6$  ვალენტით, წახნაგებზე მოთავსებული იონები  $2/6$  ვალენტით, ხოლო წიბოებზე მოთავსებული იონები  $3/6$  ვალენტით დაუკომპენსირებელია. ამის გამო  $AgBr$ -ის მიკროკრისტალი პერიფერიულ შრეზე მოთავსებულ დაუკომპენსირებელი ვალენტებით (თავისუფალი ვალენტები) ხსნარიდან იონებს იზიდავს და ამით, როგორც ეს სურათიდან ჩანს, ერთგვარად ავსებს კრისტალურ მესერს.

კრისტალურ მესერთან ძნელად ხსნადი იონების ნაერთის დაკავება

ადვილია. ამრიგად, კოლოიდური წილაკის ირგვლივ თავს იყრია ხსნარიდან მიზიდული კატიონები (ანიონები).

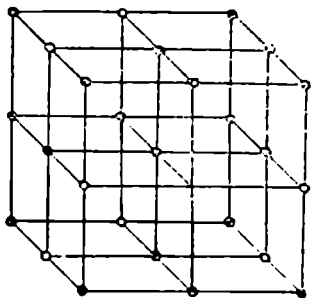
ყოველი ერთვალენტიანი იონი  $4,77 \cdot 10^{-16}$  ელექტროსტატიკური ერთეულის რაოდენობის მუხტს ატარებს, რომლის კრისტალური მესერის ზედაპირულ იონებთან დასაკავშირებლად მხოლოდ  $1/6$  იხარჯება. ეს მოზრდილი იონები სძენენ კოლოიდურ წილაკებს ელექტრომუხტს, რომელიც იმდენად დიდია, რამდენადაც მოზრდილი იონების რაოდენობა მეტია და ამ უკანასკნელთა ვალენტობა მაღალია.

კოლოიდური წილაკის ელექტრომუხტის ნიშანი დამოკიდებულია მიზიდულ იონებზე. ანიონების მიზიდვით კოლოიდი უარყოფითი ნიშნის ელექტრომუხტს იძენს, ხოლო კატიონების მიზიდვით დადებითს.

სურათიდან ჩანს, რომ კოლოიდური წილაკის ცენტრალურ ნაწილს (ბირთვის) გარედან ორი შრე აქვს. შიდა შრის იონები დაკავშირებულია თავისუფალ იონებთან კრისტალის ფერდებზე, წიბოებზე და წახნაგებზე. გარე შრის იონები თავის მხრივ დაკავშირებულია შიდა შრის იონებთან და აკომპენსირებენ მის ელექტროსტატიკურ ძალას.

კოლოიდური წილაკის შიდა შრის იონები უფრო მტკიცედ არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული, ვიდრე გარეთა შრის იონები. გარეთა შრის იონები დიფუზური შრეს ჰქმნიან.

ნ. გორბუნოვის სქემაში კოლოიდური მაკელის ცენტრალური ნაწილი ბირთვს უკავია; იგი არაორიენტირებულ მდგომარეობაში მყოფი ნივთიერებებისაგან შედგება. ბირთვს გარედან შემოვლუბული აქვს ორიენტირებულ (იონურ) მდგომარეობაში მყოფი ნივთიერებების შრე. ამ შრის ბირთვზე მიმაგრებული შიდა ნაწილის იონები, პოტენციალის განმსაზღვრელი იონებია; გარე ნაწილის უძრავად მიმაგრებულ იონებს მაკომპენსირებელი იონები ეწოდება. პოტენციალის განმსაზღვრელი ბირთვი იონებთან ერთად გრანულაა, ხოლო გრანულა მაკომპენსირებელ იონების ჩათვლით — კოლოიდური წილაკი. კოლოიდურ წილაკს გარედან ეკვრის დიფუზური შრე, რომელშიც ის იონებია მოთავსებული, რომლებიც დაკავშირებულია პოტენციალის განმსაზღვ-

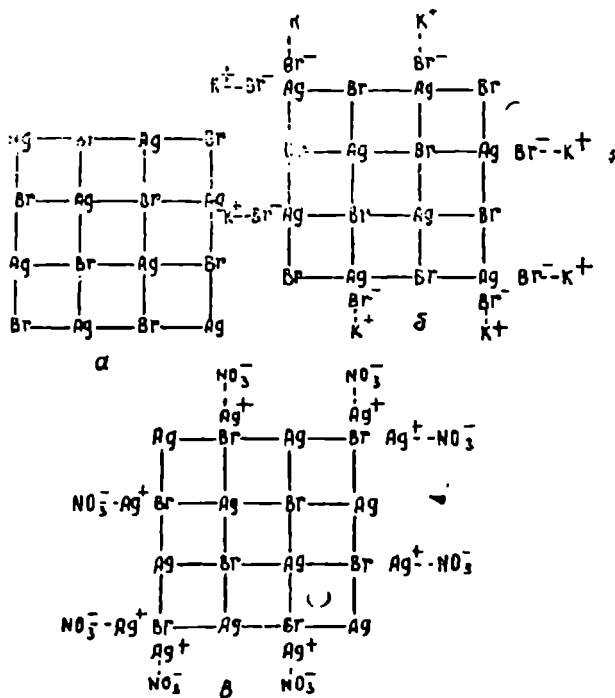


- - იონი  $Ag$
- - იონი  $Br$

სურ. 8. კუბური კრისტალური მესერი.

- იონი  $Ag$
- იონი  $Br$

რელ იონების შრესთან. ბირთვი, გრანულა, წილაკი დიფუზიური შრის ჩათვლით კოლოიდური მიცელაა, რომელსაც გარედან ეკერის ე. წ. მიცელათა შორის ანუ ინტერმიცელარული ხსნარი.



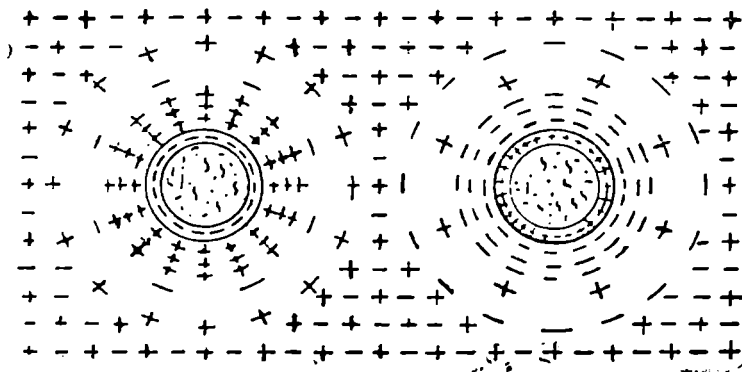
სურ. 9. AgBr-ის მეკერის სოვრცითი კვეთი.

a — აღსორბირებული იონების გარეშე; b — აღსორბირებული Br იონებით; e — აღსორბირებული Ag-ის იონებით.

უარყოფითი და დადებითი ნიშნის ელექტრომუხტის მქონე კოლოიდური მიცელის სქემები გამოხატულია მე-12—13 სურათებზე.

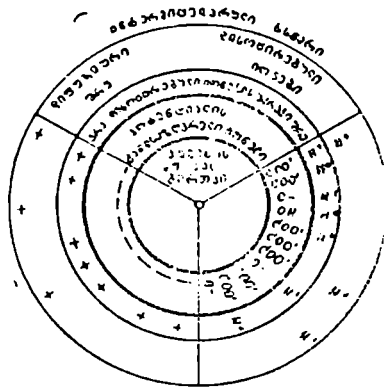
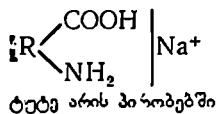
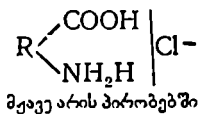
არის რეაქციის შესაბამისად ერთნახევარი უანგის კოლოიდებს ელექტრომუხტის ნიშანი სხვადასხვა აქვს. მუავე არის რეაქციის პირობებში ისინი დადებითი ნიშნის ელექტრომუხტის მატარებელი არიან, ხოლო ტუტე არის რეაქციის პირობებში — უარყოფითისა. ამის გამო რკინისა და ალუმინის ჰიდრატი, როგორც ამფოტერული ნივთიერება, არის რეაქციის შესაბამისად ორგვარ დისოციაციას განიცდის. ალუმინის ჰიდრატი ამ მხრივ შემდეგნაირად შეიძლება გამოვხატოთ:

$Al(OH)_3 - Al(OH)_2^+ + OH$  — მევეე არის რეაქციის პირობებში  
 $Al(OH)_3 \leftarrow AlO(OH)_2^- + H$ ;  $AlO(OH)_2^- \rightarrow Al_2 + H_2O$  — ტუტე არის რეაქციის პირობებში.

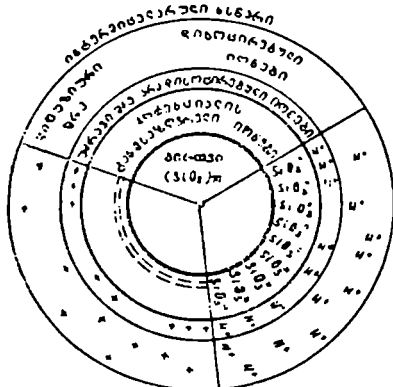


სურ. 10. კოლოიდური მიცელის შენების სქემა (გ. ვიგნერი).

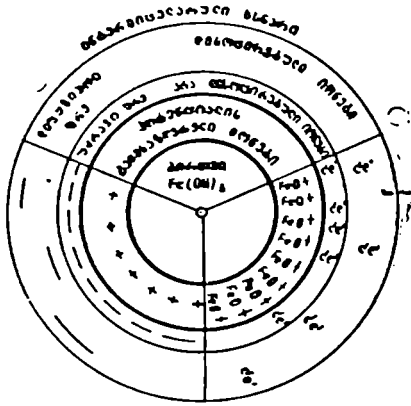
ნიადაგური არის რეაქციის შესაბამისად ორგვარი ნიშნის ელექტრომუხტს პროტეინებიც ამჟღაენებენ. მევეე არის პირობებში — უარყოფითს. ხოლო ტუტე არის რეაქციის პირობებში — დადებითს.



სურ. 11. ჰუმინის მევეას მიცელის შენების სქემა (ნ. გორბუნოვი).



სურ. 12. სილიციუმევეას მიცელის შენების სქემა ტუტე არეში (ნ. გორბუნოვი).

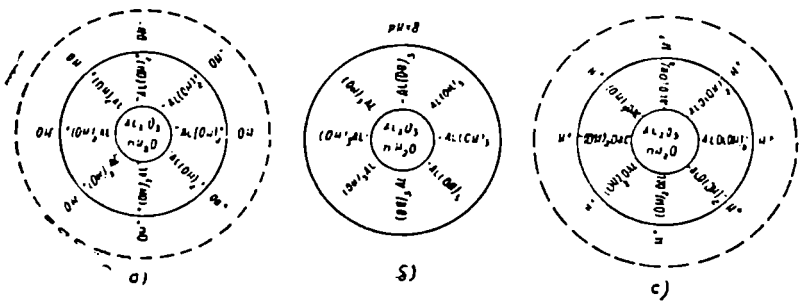
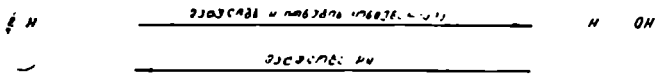


სურ. 13. დადებითად დამუხტული ჩინის ენგის პიდრატის მიცელის შენების სქემა (ნ. გორბუნოვი).

ელექტრომუხტის მატარებელ კოლოიდთა რაოდენობაზე. მკვეთრი შემყავებით შეიძლება მხოლოდ ისეთი ნიადაგების გადამუხტვა მოხდეს, რომლებშიც  $\frac{A}{B}$  (აცილოიდის ბაზოლოიდთან) შეფარდება ძალიან ვიწროა, როგორც, მაგალითად, სუბტროპიკული წითელმიწებისა. რაც შეეხება ნიადაგებს, მაგალითად. ბიცობებს, რომლის კოლოიდებს შორის აღნიშნული შეფარდება ფართოა, — გადამუხტვა პრაქტიკულად შეუძლებელია.

არის რეაქციის ცვალებადობის შესაბამისად, როგორც ეს ექსპერიმენტულად დაადგინეს ი. ანტიპოვ-კარატევი და რაბინეთსონმა, ადგილი აქვს კოლოიდის ელექტრომუხტის ნიშნის შეცვლას ანუ გადამუხტვის მოვლენას. (იხილეთ სურათი 14ა).

ამასთან დაკავშირებით, უნდა შევნიშნოთ, რომ ნიადაგში, როგორც ორმაგი ელექტრული მუხტის (+ და -) მქონე სხეულში, გადამუხტვა დამოკიდებულია პლუს ნიშნისა და მინუს



სურ. 14. ამფოტერული კოლოიდების ქცევა არის რეაქციასთან დამოკიდებულებით: a—დადებითად დამუხტული კოლოიდი შეიცავს გაცვლით ანიონებს; b—ნეიტრალური კოლოიდი თითქმის არ შეიცავს გაცვლით იონებს; c—უარყოფითად დამუხტული კოლოიდი შეიცავს გაცვლით კათიონებს.

ნიადაგური კოლოიდების ერთი მთავარი შემადგენელი ნაწილია მეორადი თიხამინერალები; როგორც ქვემოთ დავინახეთ, მიცელის ან-ნაგობის მხრივ ისინი ამორფული ნივთიერებების ანალოგიურია და მხოლოდ იმით განსხვავდებიან, რომ მათ ფურცლოვანი კრისტალური სტრუქტურა აქვთ.

### ნიადაგური კოლოიდების ღინაშიკა

წყალთან დამოკიდებულების მიხედვით კოლოიდებს ყოყენ ორ ჯგუფად — ჰიდროფილურ და ჰიდროფობურ კოლოიდებად. პირველ მათგანს სხვანაირად წყალმომყვარულ კოლოიდებად უწოდებენ, ხოლო მეორეს — წყალმოძულეს. ჰიდროფილური კოლოიდები უფრო მედეგი — სტაბილური თვისებებისაა, ვიდრე ჰიდროფობური.

კოლოიდების წყალთან დამოკიდებულების თვისებაზე დიდ გავლენას ახდენს ადსორბენტი კატიონების შედგენილობა, არის რეაქცია, კოლოიდის დაძველება და გამოშრობა. მაღალი ჰიდროფილობა აქვს ერთვალენტიანი კატიონებით მდიდარ კოლოიდებს, ტუტე არის რეაქციის პირობებში კოლოიდების ჰიდროფილობა ბევრად მაღალია ნეიტრალურ და მკავე არის რეაქციის პირობების კოლოიდებთან შედარებით. დაძველებით ჰიდროფილობის უნარი კოლოიდებში ქვეითდება და ა. შ.

ინტერმიცელარულ ხსნართან ერთად ნიადაგური კოლოიდის მიცელას დისპერსიული სისტემა ეწოდება. ის ორი ნაწილისაგან შედგება, ფაზისა (მიცელა) და დისპერსიული არისაგან (ნიადაგური ხსნარი).

კოლოიდი, როგორც აღვნიშნეთ, ფიზიკურად შეიძლება იყოს ზოლეს და გელეს მდგომარეობაში. ნიადაგის კოლოიდების უდიდესი ნაწილი გელეს მდგომარეობაშია, ე. ი. აქტიური, მობილური მდგომარეობიდან, უფრო მყარ მდგომარეობაშია გადასული, რის გამოც დამაგრებულია ნიადაგში.

ნიადაგურ კოლოიდებს ფიზიკური მდგომარეობის ცვლა ანუ ღინაშიკა ახასიათებს. ზოლეს გელეს მდგომარეობაში გადასვლას კოაგულაციას ეწოდება, ხოლო, პირიქით, გელეს ზოლეს მდგომარეობაში გადასვლას — პეპტიზაციას.

ნიადაგური კოლოიდების კინეტიკური მდგომარეობა დამოკიდებულია დისპერსიულობის ხარისხზე. მაღალი დისპერსიულობის ნიადაგური კოლოიდების კინეტიკური მდგომარეობა დიდია. კინეტიკური მედეგობა გამოხატავს დისპერსიული სისტემიდან დისპერსიული ფაზის გამოყოფისა და დალექვის სისწრაფეს ანუ სედიმენტაციის პროცესთა სიჩქარეს. კოლოიდის კინეტიკური მედეგობის შეზღუ-

რებას თან სდევს ზოლეს გელეს მდგომარეობაში გადასვლა ანუ კო-აგულაცია. კოაგულაციის აღსანიშნავად იყენებენ აგრეთვე ცნე-ბებს — პ ე ქ ტ ი ზ ა ც ი ა ს ა და ფ ლ ო კ უ ლ ა ც ი ა ს .

კოაგულაციის დროს ადგილი აქვს დისპერსიულობის ხარისხის შემცირებას. ამ დროს მცირდება ხვედრითი ზედაპირი, ზედაპირული დაქიმულობა და, მაშასადამე, ე. წ. თავისუფალი ზედაპირული ენერ-გიაც. კოაგულაციის დროს მიცელის ზედაპირზე კატიონთა (ან ანი-ონთა) ადსორბირება ხდება. კოაგულაციის დროს კოლოიდური ნიველა ელექტროგანმუხტვას განიცდის. თუმცა ეს განმუხტვა ბო-ლომდე, ე. ი. იზოელექტრულ მდგომარეობამდე არაა ამ დროს მასუ-ლი. ეს იმას ნიშნავს, რომ კოაგულაციას ადგილი აქვს მაშინ, როცა კოლოიდურ წილაკში რაღაც მინიმუმი ელექტრომუხტი ჯერ კიდევ არსებობს. მუხტის ამ მინიმალურ რაოდენობას. რომლის დროსაც უკვე კოაგულაცია იწყება, კ რ ი ტ ი კ უ ლ ი პ ო ტ ე ნ ც ი ა ლ ი ანუ კ ო ა გ უ ლ ა ც ი ა ს ზ დ უ რ ბ ლ ი ეწოდება. ფ. ჩუხროვის მიხედ-ვით კრიტიკული პოტენციალის მაჩვენებელი, საშუალოდ, 25 — 30 მილივოლტის ფარგლებში მერყეობს.

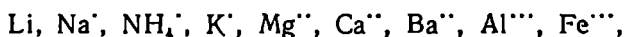
ნიადაგის კოლოიდების კოაგულაციას იწვევს შემდეგი მიზეზები:

1. კოაგულაცია ელექტროლიტების მოქმედებით;
2. ურთიერთკოაგულაცია;
3. კოაგულაცია კაპილარში გავლით;
4. კოაგულაცია კონცენტრაციის მატებით და
5. კოაგულაცია დასხივებით.

შეჩერდეთ თითოეულ მათგანზე მოკლედ.

ელექტროლიტების მოქმედებით კოაგულაცი-ის მოვლენის ნათელსაყოფად მოვიყვანოთ შემდეგი მაგალითი: ჰუმუსის კოლოიდის ხსნარს რომ თანდათანობით მივუმატოთ  $BaCl_2$ -ის ხსნარი, ადგილი ექნება კოლოიდური წილაკის ელექტრომუხტის  $Ba$ -ით განეიტრალების ხარისხის შესაბამისად ჰუმუსის ზოლეს კო-აგულაციას ანუ მის კოაგელში (კოაგულატში) გადასვლას.

იონთა კოაგულაციის ძალა დამოკიდებულია მათ ვალენტობაზე და ჰიდრატაციის რიცხვზე. კატიონები ამ-მხრივ შემდეგ თანმიმდევარ-ლიოტროპულ რიგს ჰქმნიან:

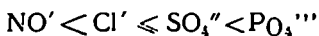


აქედან ჩანს, რომ კოაგულაციის უნარი იმდენად მეტია. რამდე-ნადაც მაღალვალენტიანია კატიონი. წყალბადიონის კოაგულაციის უნარი, როგორც ეს მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებით ცნობილია, უტოლდება ორვალენტიანი კატიონების კოაგულაციის უნარს.



თანაბარი ვალენტობის კატიონების კოაგულაციის უნარი ატომურ წონაზე დამოკიდებული. მაღალი ატომური წონის კატიონების კოაგულაციის უნარი უფრო მეტია, ვიდრე იმავე ვალენტობის ნაკლები ატომური წონის კატიონებისა.

ანიონების კოაგულაციის უნარი შემდეგი ლიოტროპული რიგით გამოიხატება:



როგორც აღნიშნული იყო, კოაგულაციის უნარზე გავლენას ახდენს იონთა ჰიდრატაციის რიცხვი. ფერსმანის გამოკვლევებით დადასტურდა, რომ იონს რამდენადაც ჰიდრატირების მეტი უნარი აქვს (ჰიდრატაციის რიცხვი), იმდენად სუსტია მისი კოაგულაციის ენერგია და, შებრუნებით, რამდენადაც მცირეა მისი ჰიდრატირების თვისება, იმდენად ძლიერია მისი კოაგულაციის უნარი.

წყალბადიონის მაღალი კოაგულაციის უნარი, მისი ჰიდრატაციის რიცხვის დაბალი მაჩვენებლითაა გამოწვეული. H იონის ჰიდრატაციის რიცხვი ორვალენტიანი კატიონების ამავე მაჩვენებლის ტოლია.

ელექტროლიტების ნარევის კოაგულაციის ენერგია შეიძლება უფრო ნაკლები იყოს, ვიდრე ამ ნარევის ცალკე ელექტროლიტისა (იონთა ანტაგონიზმი), ან შეიძლება უფრო ძლიერიც.

შესაძლოა, რომ გარდა ვალენტობისა და ჰიდრატაციის რიცხვისა არსებობს სხვა ფაქტორებიც, რომლებიც ზელს უწყობენ კოლოიდური წილაკების კატიონებთან (ან ანიონებთან) შეერთებას, ან როგორც ამბობენ, „კოლოიდურ მარილებად“ (სოკოლოვსკი) გადაქცევას. ანეთი დასკვნის უფლებას იძლევა ცხრილი 25.

ც ხ რ ი ლ ა 25

თიხის სუსპენზიის (გედროიციტ) და ჰუმუსის ზოლის (სიდერიტ) კოაგულაციის ზღურბლი

შენაერთები	ატომური წონა კატიონის	კოაგულაციის ზღურბლი	
		თიხის სუსპენზია	ჰუმუსის ზოლე
NaOH	23	0,05	0,5—0,25
NaCO <sub>3</sub>	23	0,05—0,0125	
LiCl	7	0,0250—0,0125	
NH <sub>4</sub> Cl	23	0,0250—0,0125	
NaCl	39	0,0150—0,0125	0,4
KCl	85	0,0250—0,0125	
RbCl	108	0,0125—0,0050	
AgNO <sub>3</sub>	24	0,0050—0,0025	—
MgCl <sub>2</sub>	40	0,0012—0,0005	0,0031—0,0125
CaCl <sub>2</sub>	1	0,0012—0,0005	0,025—0,05
HCl	56	0,0010—0,0005	0,0015—0,0008
FeCl <sub>3</sub>	27	< 0,000125	
AlCl <sub>3</sub>	27	< 0,000125	—

ცხრილიდან ჩანს, რომ ერთ, ორ და სამვალენტიანი კატიონების კოაგულაციის ენერგია იცვლება არა ასეთი შეფარდებებით 1:2:3, არამედ 1:25:250, ე. ი. მაღალვალენტიანი კატიონების კოაგულაციის უნარი დაბალვალენტიანი კატიონების ამავე უნარს აღემატება არა ვალენტობის ზრდის პროპორციულად, არამედ ბევრად უფრო მეტად, რაც ამ მხრივ შებრუნებით უკავშირდება მათ (კატიონების) ჰიდრატაციის რიცხვს.

ჰიდროფილური და ჰიდროფობური კოლოიდები. განსხვავებული ქცევა-თვისებების გამო, კოაგულაციისათვის ელექტროლიტების სხვადასხვა კონცენტრაციის ხსნარს საჭიროებენ. ჰიდროფილური კოლოიდების ცრუ ხსნარი, როგორც შედარებით მედეგი თვისების, კოაგულაციისათვის უფრო მეტი კონცენტრაციის ელექტროლიტის ხსნარს მოითხოვს, ვიდრე ჰიდროფობური კოლოიდების ცრუ ხსნარი. დისოცირებული ნაეთიერების (ელექტროლიტის) იმ მინიმალურ რაოდენობას, რომელიც კოაგულაციას იწვევს, კოაგულაციის კონცენტრაციას უწოდებენ.

ჰიდროფილური კოლოიდების კოაგულაციის დროს კოლოიდურ-ხსნარი მთელი რაოდენობით ლაბის (კოაგულეს) მდგომარეობაში გადადის, ე. ი. კოლოიდი კარგავს ბროუნის მოძრაობის თვისებას, წყალი ავდროს, თითქოს „გასტრუქტურებას“ განიცდის. ჰიდროფილურ კოლოიდებს ტიქსოტროპიის თვისება აქვთ, ე. ი. გელეს მდგომარეობაში მყოფი კოლოიდი, შენჯღრევით ზოლეს მდგომარეობაში გადასვლის შედეგად ხელახლა გადავა გელეს მდგომარეობაში მოსვენების შემდეგ. ჰიდროფილური კოლოიდების ტიქსოტროპიის თვისებას, ა. სოკოლოვსკის მიხედვით, დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის დავარგებულებისა და სხვა ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებისათვის.

ჰიდროფობური კოლოიდების კოაგულაცია ეს ჩვეულებრივი კოაგულაციაა, რომლის დროსაც დისპერსიული სისტემიდან დისპერსიული ფაზა დისპერსიულ არეს (ხსნარს) გამოეთიშება.

ჰიდროფობური კოლოიდების კოაგულაცია კოლოიდური წილაკის ელექტრომუხტის შემცირებით ხდება, ჰიდროფილურ კოლოიდის კოაგულაციის დროს კი ამასთან ერთად ადგილი აქვს დეჰიდრატაციის მოვლენას.

ურთიერთკოაგულაცია. მინუს და პლუს ნიშნის ელექტრობით დამუხტული კოლოიდური ხსნარის ერთიმეორეში შერევისას ხდება ურთიერთკოაგულაცია. ამ დროს ადგილი აქვს ელექტრომუხტების ურთიერთ განეიტრალებას და ზოლეს მდგომარეობაში მყოფ კოლოიდური ხსნარების კოაგულაციას — გელეს მდგომარეობაში გადასვლას.

ურთიერთკოაგულაცია დადებითი და უარყოფითი ნიშნის კოლოი-

დური ცრუ ხსნარების გარკვეული რაოდენობით ერთიმეორეში შერევის დროს ხორციელდება. რომელიმე მათგანის შემდეგ ცალმხრივად მიმატებამ შეიძლება გამოიწვიოს გადაუხტვის მოვლენა და ხელახლად ზოლეს მდგომარეობაში გადასვლა. ნათქვამის საილუსტრაციოდ შეიძლება მოვიტანოთ შემდეგი მაგალითი (სოკოლოვსკი):  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ -ის (პლუს ელექტრობით დამუხტული კოლოიდი) 50 მლ რაოდენობის კოლოიდურ ხსნარს თანდათანობით რომ მიუვმატოთ ჰუმუსის კოლოიდური ხსნარი (მინუს ელექტრობით დამუხტული კოლოიდი), შევამჩნევთ კოაგულაციის თანდათან დაწყებას, შემდეგი მიმატებით გარკვეულ რაოდენობამდე, კოაგულაციის სისწრაფე მკვეთრად მოიმატებს, ხოლო ამის შემდგომ მიმატება გამოიწვევს გადაუხტვას და კოაგულატის ხელახლად ზოლეს მდგომარეობაში გადასვლას.

განსხვავებული ნიშნის ელექტრომუხტების მატარებელი კოლოიდური ხსნარების იმ რაოდენობას, რომლის დროსაც ადგილი აქვს ურთიერთკოაგულაციას, კოაგულაციის ზონა ეწოდება.

ურთიერთკოაგულაციას დიდი მნიშვნელობა აქვს თიხებისა და ორგანულ-მინერალური ნერთების წარმოქმნაში.

ბუნებაში ურთიერთკოაგულაციას ზოგჯერ ადგილი აქვს ორი (ან რამდენიმე) ერთნაირი ელექტრომუხტის მქონე კოლოიდური ცრუ-ხსნარების შერევის დროსაც, როდესაც ამ ხსნარებს ერთიმეორისაგან განსხვავებული იზოელექტრული წერტილები აქვთ. ნიადაგში ხშირია შემთხვევები, როცა ერთი და იმავე ნიშნის ელექტრობით დამუხტული ნიადაგური კოლოიდები იზოელექტრული წერტილით განსხვავდებიან. ამიტომ ამ ტიპის ურთიერთკოაგულაციის მოვლენები პედოსფეროში (ნიადაგის სფეროში) ხშირია.

კოაგულაცია კაპილარში გავლით დადებითად დამუხტული კოლოიდური ხსნარის კაპილარში გავლა, უმეტეს შემთხვევაში, უკანასკნელის (კაპილარის) უარყოფით დამუხტვას იწვევს, რასაც შედეგად კოაგულაცია მოსდევს.

კოაგულაცია კონცენტრაციის მომატებით, დისპერსიული არის შემცირებას (აორთქლებით) თან მოსდევს დისპერსიული ფაზის კონცენტრაციის გადიდება და ბოლოს კოლოიდური ცრუ ხსნარის გამოლექვა — კოაგულაცია.

კოაგულაცია დასხივებით. კოლოიდების კოაგულაციაში შესამჩნევ როლს ასრულებს რადიოაქტიური დასხივებანი. ბეტა (B) სხივები, როგორც უარყოფითად დამუხტული, დადებითად დამუხტული კოლოიდური ცრუ ხსნარის კოაგულაციას იწვევს, ხოლო ალფა (α) სხივები, რომლებიც დადებითად არიან დამუხტული, უარყოფითად დამუხტული კოლოიდური ზოლეს აქრას (კოაგულაციას) ახდენენ. შემჩნეულია, რომ რიგ შემთხვევებში კოაგულაციას იწვევს (ან აჩქარ-

რებს მას) მზის სხივებისა და ულტრაიისფერი სხივების მოქმედება. ასევე მოქმედებს ატმოსფერული ელექტრული მოვლენებიც.

კოლოიდური ხსნარის ფიზიკურ თვისებებზე დიდ გავლენას ახდენს დროის ფაქტორი. სხვადასხვა კოლოიდის ცვლილებები, დროსთან დაკავშირებით, სხვადასხვაგვარია.

კოლოიდური გელი დაძველებით თანდათან წყალს კარგავს (აორთქლების გარეშეც), ე. ი. განიცდის სინერგეზის მოვლენას. სინერგეზიას მოვლენას ფართო ადგილი აქვს  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  გელის დაქველებისას, რის გამოც  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ -ს ამორფული ნივთიერება თანდათან ჰკარგავს წყალს და კრისტალიზაციას განიცდის შემდეგი თანმიმდევრობით:

კოლოიდური  $\text{SiO}_2$  → ოპალი → კახოლოგი → ქალცედონი → კაჟი.

კოლოიდის დაძველებას თან მოსდევს, წყლის დაკარგვასთან ერთად შეუქმშვა, წილაკთა შორის მანძილის შემცირება — შემჭიდროება, მაგალითად, ბენტონიტურ თიხას გელის მდგომარეობაში უკავია 150-ჯერ მეტი მოცულობა, ვიდრე დაძველებულ მდგომარეობაში.

რიგი ნივთიერებების (ელექტროლიტები, ამორფული ნივთიერებები) მიმატებით ზოგიერთი კოაგულატის მოქმედება — კოაგულაცია ჩქარდება ან ყოვნდება. ამ მოვლენას სენსიბილიზაცია ეწოდება, ხოლო იმ ნივთიერებებს, რომლებიც ამ პროცესს იწვევს, სენსიბილიზატორები; მაგალითად  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ -ს კოლოიდის  $\text{NaCl}$ -ით კოაგულაციის უნარს მნიშვნელოვნად აჩქარებს  $\text{KOH}$ -ის მიმატება და, პირიქით, დარიშხანოვანი გოგირდის კოლოიდური ხსნარის  $\text{KCl}$ -ით კოაგულაციის უნარი მნიშვნელოვნად ქვეითდება პირველის შემკავების შემთხვევაში. სენსიბილიზატორი ერთ შემთხვევაში იწვევს სტაბილიზაციის მოვლენას, ე. ი. კოლოიდური ხსნარის კოაგულაციისადმი მგრძობიარობის დაქვეითებას, ხოლო მეორე შემთხვევაში მგრძობიარობის, პირიქით, გადიდებას ანუ ინსტაბილიზაციას.

სტაბილიზაციის მოვლენებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მფარავ კოლოიდებს. ამის კარგი მაგალითია: უარყოფითი ნიშნის ელექტრობით დამუხტული ჰუმუსის კოლოიდი ამავე ნიშნის ელექტრობით დამუხტული თიხის კოლოიდურ ზოლეს თხელი „ქურქის“ სახით ეკვრის გარშემო და იფარავს (იცავს) მას კოაგულანტების მოქმედებისაგან (კოაგულაციისაგან.).

#### აბატიზაცია და კოლოიდების უაბატიზაცია

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, პეპტიზაცია კოაგულაციის საწინააღმდეგო პროცესს გამოხატავს. შესქელებული, გელატაკეული ზოლე, ელექტრომუხტის გადიდებით, ჰიდრატირებისა და დისპერგაციის ხა-

რისხის ხელახლა ამალღებას და ცრუ ხსნარის მდგომარეობაში გადასვლას განიცდის.

პეპტიზაციის პროცესი პეპტიზატორების მოქმედებით ხორციელდება. ნიადაგში მძლავრი პეპტიზატორია  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . ამ უკანასკნელის ჰიდროლიზის შედეგად წარმოიქმნება  $\text{OH}$ -ის იონები, რომლებიც კოლოიდის პეპტიზაციას იწვევენ. ამის გამო პეპტიზაციის მოვლენებს, საერთოდ, ადგილი აქვს ტუტე რეაქციის ნიადაგებში, კერძოდ, ბიცობიან ნიადაგებში.

პეპტიზაციის მოვლენა დამოკიდებულია კოლოიდების სტაბილობაზე. სტაბილობის მიხედვით კოლოიდები შექცევად და შეუქცევად კოლოიდების ჯგუფებად იყოფა. შექცევად კოლოიდებს გელს მდგომარეობიდან, სათანადო პირობების შეცვლის შემთხვევაში, ზოლეს მდგომარეობაში გადასვლის უნარი აქვთ. შეუქცევადი კოლოიდები კი ამ თვისებას მოკლებულნი არიან.

ჰიდროფილური კოლოიდები, ჩვეულებრივ, შექცევადი კოლოიდებია, ხოლო ჰიდროფობური კოლოიდები — შეუქცევადი. ჰუმუსის კოლოიდები გამოშრობით შეუქცევად კოაგულაციას განიცდიან მაშინ, როდესაც თიხა (კოლოიდი) ასეთ პირობებში შეუქცევადი კოლოიდის თვისებას არ ამჟღავნებს. ა. სოკოლოვსკის მონაცემებით, შავმიწანიადაგის ნიმუშს, რომელიც ექვსი წლის განმავლობაში ლაბორატორიაში იყო მოთავსებული, პეპტიზაციის უნარი 6%-ით შეუმცირდა.

პეპტიზაციის თვისების დაქვეითება, ე. ი. შეუქცევადი კოლოიდის თვისების განვითარება, დაკავშირებულია კოლოიდის წყლის დაკარგვასთან. ამის შესახებ ა. სოკოლოვსკი აღნიშნავს „...კოლოიდური მიცელის წყალი მის არსებით ნაწილს წარმოადგენს, წყლის მოცილებით მიცელა ირღვევა და მკვეთრად იცვლება კოლოიდის ქცევა-თვისებები“. დეჰიდრატაცია, საერთოდ, აქვეითებს კოლოიდების შექცევადობას და, მაშასადამე, ამცირებს მისი პეპტიზაციის თვისებას.

კოლოიდის ზედაპირზე ერთვალენტიანი კატიონების აღსორბციის შედეგად, კოლოიდის ელექტროკინეტიკური პოტენციალი მალღდება, ჰიდრატაციის ხარისხი ძლიერღდება. რაც კოლოიდურ წილაკთა შორის კავშირს არღვევს (ასუსტებს) და პეპტიზაციას იწვევს, როგორც ამას ადგილი აქვს დამლაშებულ ნიადაგებში, კერძოდ — ბიცობიან ნიადაგებში.

#### მეორადი თიხაშიწარღვა

ნიადაგისა და ნაშალი ქანის კოლოიდების დინამიკის შედეგად, ამორფული გელების კრისტალიზაცია და ნიადაგის თერმოდინამიკური პირობებისათვის დამახასიათებელი უფრო მღგრადი ნაერთების მიწე-

რალეების წარმოქმნა ხდება. ამ დროს კოლოიდის კრისტალურ მესერ-ში ნაკლებად მტკიცე იონები იცვლება შემხები ხსნარის მტკიცე იონე-ბით. კრისტალიზაციის პროცესი მიმდინარეობს მეტად ნულა და სტა-დურ ხასიათს ატარებს. იწყება უფრო ნაკლებად მდგრადი ფორმის მინერალეების (მეტასტაბილური) წარმოქმნით, რაც შემდეგში ამ უკა-ნასქნელთა უფრო მდგრად-სტაბილურ მინერალეებში გადასვლით მთავრდება.

ამორფული გელების კრისტალიზაციის პირველ საფეხურზეც წარ-მოიქმნება მეტასტაბილიტები, ხოლო შემდეგ საფეხურზე, ამ უკანასქნელთაგან — მდგრადი სტაბილური მინერალეები.

ნიადაგის კოლოიდურ მინერალებს პ. სედლეცკი სამ ჯგუფად ყოფს.

ეს ჯგუფებია: 1. ინდივიდუალური სტაბილური მინერალეები (სტა-ბილიტები); 2. მეტასტაბილური მინერალეები (მეტასტაბილიტები) და 3. ამორფული გელები.

ნიადაგის (და დედაქანის) უხეში დისპერსიული და, აგრეთვე, მაქ-სიმალურად დისპერსიული მოლეკულური ნაწილი პირველადი მინე-რალეებისაგან შედგება, ხოლო კოლოიდურ-დისპერსიული ნაწილი უმ-თავრესად — მეორადი (ანუ თიხა) მინერალეებისაგან; პირველად მინე-რალებს. აქ უმნიშვნელო ადგილი უკავია.

ნიადაგის წვრილდისპერსიული ნაწილი პირველადი მინერალეების, მეორადი მინერალეებისა და ამორფული გელების (კოლოიდები ჰაერ-თოდ) კომპლექსს წარმოადგენს. ამის გამო ნიადაგის ამ ნაწილს კო-ლოიდურ კომპლექსს ანუ შთამთქავ კომპლექსს უწოდებენ.

კოლოიდური კომპლექსის შემადგენელ მინერალებს, შედგენილო-ბის მიხედვით, სამ ჯგუფად ყოფენ: 1. არაორგანულ, 2. ორგანულ და 3. ორგანულ-მინერალურად.

კოლოიდური მინერალეების თვისებების შესასწავლად გამოყენებუ-ლია რენტგენოსკოპული მეთოდი; ამავე მიზნით წარმატებით სარგებ-ლობენ ელექტრული (ელექტრომიკროსკოპით) და თერმული მეთო-დებით.

არაორგანულ მეორად მინერალებს მიეკუთვნება:

1. სილიციუმის ორჟანგის მინერალეები — ოპალი, კახლოგი, ქალ-ცედონი, კაეი;

2. ალუმოსილიციუმქავას მინერალეები: კაოლინიტი, დიკიტი, ნაკ-რიტი, გალუაზიტი, მონთმორილონიტი, ზეიდელიტი, ნონთრიანიტი, ალოფანი;

3. ალუმინის ჰიდროჟანგები — ჰიდრარგილიტი, დიასპორი;

4. რკინის ჰიდროქსანგები — ლიმონიტი, ჰიდროგეთიტი, გეთიტი, ტურეტი.

5. მარგანეცის ქანგები — ფსილომელანი და პიროლუზიტი.

ორგანულ მინერალებს მიეკუთვნება: ჰუმუსის მინერალები — ჰუმინი, ულმინი და სხვ.

ორგანულ-მინერალური მარილებია ჰუმუსის სილიკატები, რომლებიც ერთი მხრივ, ალუმინის ჰიდროქსანგის, რკინის ჰიდროქსანგის, ალუმოსილიკატების, სილიციუმის ორქანგის, ხოლო მეორე მხრივ, ჰუმუსის მჟავების ნაერთ-კომპონენტებს წარმოადგენენ. ასეთებია: ბიოლიტი, მელიტი, დოპლერიტი და სხვ.

ფართოდ არის გავრცელებული ბიოგენური წარმოშობის ისეთი სინთეტიკური მეორადი მინერალები, როგორცაა ოპალი, ქალცედონი; ისინი წარმოადგენენ წყალმცენარე დიატომიტთა სილიციუმისა და ჩონჩხის ნაშთებსა და აგრეთვე ფიტოლიტარისა და მარცვლოვანი მცენარეების გაკაეხულ უჯრედებს. ამ ჯგუფის მინერალების რაოდენობა, მცენარის ნაშთებით მდიდარ ნიადაგის ზედაფენაში საკმაოდ დიდია — 2 — 3% აღწევს.

აღნიშნული მინერალებიდან შედარებით უკეთ შესწავლილია არაორგანული მინერალები: ამიტომ ამ ჯგუფის ზოგიერთ ფართოდ გავრცელებულ მინერალს შევხებით.

სილიციუმის ორქანგის მინერალების წარმოქმნა დაკავშირებულია ქანის სილიკატური და ალუმოსილიკატური მინერალების ქიმიური გამოფიტვის პროცესთან. გამოფიტვის პროდუქტები დროთა ვითარებაში ცვლილებას განიცდის შემდეგი თანმიმდევრობით: უპირველეს ყოვლისა წარმოიქმნება α კრისტობალიტი, რომელიც შემდეგ გადადის კოლოიდურ β კრისტობალიტის ფორმაში; ამ უკანასკნელის კოაგულაციის შედეგად წარმოიქმნება ჯერ ოპალი და შემდეგ, დროთა ვითარებაში — კაჟი.

ალუმო-სილიციუმმჟავას მარილები ფართოდაა გავრცელებული როგორც ნიადაგში, ისე მრავალი დედაქანის შედგენილობაში. ამათგან, უპირველეს ყოვლისა, აღსანიშნავია კაოლინიტის ჯგუფის მინერალები.

კაოლინს, ნაკრიტს და დიკიტს ერთი საერთო ფორმულით გამოსახავენ  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O(H_2Al_2Si_2O_8H_2O)$ . მიუხედავად ქიმიური შედგენილობის ერთნაირობისა, მათ ერთიმეორისაგან განსხვავებული ფიზიკური და ოპტიკური თვისებები აქვთ, რაც მათი კრისტალური მესერის სტრუქტურის სხვადასხვაობითაა გამოწვეული.

გალუაზიტი —  $H_2Al_2Si_2O_8 \cdot 2H_2O$ , როგორც ფორმულიდან ჩანს, კაოლინიტისაგან ერთი მოლეკულა წყლის მეტი რაოდენობის შემცველობით განსხვავდება. ბ. პოლინოვის აზრით, გალუაზიტი წარმოიქმნება მინერალ ბეიდელიტისა და მონთმორილონიტის გამოფიტვის დროს,

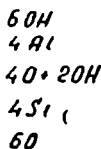
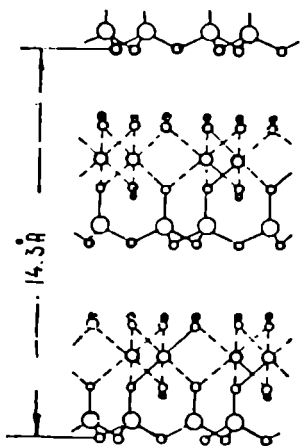
დესილიკაციის შედეგად. ავტორი ამ პროცესში განსაკუთრებულ როლს აკისრებს ბიოლოგიურ ფაქტორს.

გალუაზიტი უფრო მეტი დისპერსიულობითა და შთანთქმის ტევადობით ხასიათდება, ვიდრე კაოლინიტი. თქვირების თვისების მიხედვით კი მათ შორის დიდი განსხვავება არ არის.

კაოლინიტში სილიციუმთანგაბადოვანი და ალუმინთანგაბადოვანი ატომები ფურცლებადაა განლაგებული. სილიციუმთან და ალუმინთან დაკავშირებული უანგბადის ატომები ქმნიან ტეტრაედრებს, რომლებსაც თითო თავისუფალი ვალენტი აქვთ. ტეტრაედრების ფურცლებად შეერთება სწორედ ამ თავისუფალი ვალენტების საშუალებით ხდება.



( )



სურ. 15. კაოლინის კრისტალური მესერის შენების სქემა.

მე-15 სურათზე, ქვემო-დან ზემო მიმართულებით, ჩანს შემდეგი შრეები:

1. უანგბადოვანი ატომების,
2. სილიციუმის ატომების,
3. უანგბადოვანი ატომები ჰიდროქსილის ჯგუფით,
4. ალუმინის ატომებისა და
5. ჰიდროქსილის ჯგუფები.

ეს შრეები (ხუთი შრე) კაოლინიტის კრისტალური მესერის სტრუქტურულ ერთეულს წარმოადგენენ და მათი მწყობრი, თანმიმდევრული განმეორება ამ მინერალის სტრუქტურას ქმნის. კაოლინიტში ორი მეზობელი სტრუქტურული ერთეული ერთიმეორისადმი მიქცეულია სხვადასხვა ნიშნის მუხტიანი შრეებით

(გოფმანი). ეს გარემოება კაოლინიტისა და მისი იზომერების (დიკიტი, ნაკრიტი) კრისტალური მესერის დიდ სიმტკიცეს აპირობებს.

ალუმოსილიციუმმქეავს ჯგუფიდან შემდეგ, ფართოდ გავრცელებულ მეორად მინერალებს განეკუთვნებიან მონთმორილონიტი, ბეიდელიტი და ნონთრონიტი. ამათ შორის ყველაზე დამახასიათებელი ნიადაგური მინერალია—მონთმორილონიტი— $3MgO \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$ , რომელიც შეიცავს ადსორბციული წყლის მოლეკულებს ცვალებადი

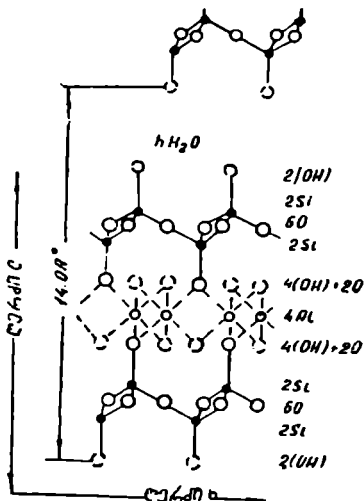


რაოდენობით. ამ მინერალს უმთავრესად მოთეთრო-რუხი, ან მოწითალო, ხან მომწვანო ფერი აქვს.

რენტგენული ანალიზით დადასტურებულია, რომ მონთმორილონიტს კრისტალური შენება აქვს.

სურათიდან ჩანს, რომ მონთმორილონიტს ახასიათებს კაოლინიტის მსგავსი ფურცლოვანი სტრუქტურა, სილიციუმჟანგბადოვანი და ალუმინჟანგბადოვანი ტეტრაედრული

შრეებით. აქ შვიდი შრეა, მონთმორილონიტს სიმეტრიული სტრუქტურა აქვს. სტრუქტურული ერთეულები ერთიმეორისადმი მიქცეულია ერთსახელიანი ნიშნის ელექტრომუხტის მქონე შრეებით (ჟანგბადი), ამიტომ ღერძის მიმართულებით ეს შრეები ერთიმეორესთან სუსტადაა დაკავშირებული. თითონ შრეების შიგნით კავშირი კი მეტად მტკიცეა, რადგან სილიციუმისა და ალუმინის დადებითმუხტიანი ატომები დაკავშირებულია ჟანგბადის უარყოფითმუხტიან ატომებთან. ამის გამო ადსორბციული წყლის მოლეკულებს მონთმორილონიტის შრეების შიგნით შესვლა მეტად უჭირთ, შრეებს



სურ. 16. მონთმორილონიტის კრისტალის მესერის შენების სქემა.

შორის კი, პირიქით, ადვილად შედიან, განზე წევენ და მინერალის მოცულობაში მომატებას იწვევენ. ამავე მიზეზით ხსნიან მონთმორილონიტის მაღალი შთანქმის უნარს.

მონთმორილონიტი საერთოდ მდგრადი ნაერთია. ტროპიკულ და სუბტროპიკულ პირობებში ეს მინერალი თანდათან დესილიკაციას და, გალუზიტის სტადიის გავლით, კაოლინიზაციის პროცესს განიცდის. მონთმორილონიტს მაღალი დესპერსიულობა და ძლიერი თქვაკების თვისება აქვს.

მონთმორილონიტის ტიპის თახამინერალებს განეკუთვნებიან — ბენტონიტი, გუმბრინი და ასკანიტის თიხები, რომლებსაც დასავლეთ საქართველოში საბადოების სახით ვხვდებით (მაგალითად, გურიაში).

ალ ო ფ ა ნ ი —  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 5H_2O$  — წარმოადგენს მკვრივ გელს. ნიჟავები ადვილად შლის მას, რის შედეგადაც გამოიყოფა ჩახვეწილი სილიციუმის ორჟანგი.

ჰიდრატი —  $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ . შრეობრივი სტრუქტურისაა. მის სტრუქტურულ ერთეულებში ყოველ ორ ჰიდროქსილის ჯგუფს შორის მოქცეულია ალუმინის ატომების თითო შრე. ეს მინერალი ბოქსიტის მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილია.

რკინის ჰიდროქსიდების ჯგუფიდან აღსანიშნავია ლიმონტი —  $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ , ჰიდროგეთიტი  $3Fe_2O_3 \cdot 4H_2O$ , გეთიტი  $Fe_2O_3 \cdot H_2O$  და ტურიტი (ჰიდროჰემატიტი) —  $2Fe_2O_3 \cdot H_2O$ . ამავე ჯგუფს ეკუთვნის რკინის ჰიდროქსიდის მრავალი სხვა, არასრულად კრისტალიზებული, კოლოიდი მინერალები.

რენტგენოსკოპული და თერმული ანალიზებით დადასტურებულია, რომ რკინის ჰიდროქსიდების ჯგუფიდან ყველაზე მყარია ჰემათიტი და გეთიტი. ყველა დანარჩენი მინერალი ამ უკანასკნელი მინერალებისაგან მხოლოდ აღსორბციული წყლის რაოდენობით განსხვავდება.

მარგანეცის უანგბადოვანი მინერალებიდან ბუნებაში ყველაზე ფართოდაა გავრცელებული მინერალები — პიროლუზიტი  $MnO_2$ , ჰიდროქსიდებიდან — მანგანიტი  $Mn_2O_3 \cdot H_2O$ , ვადი და ფსილომელიანი.

პიროლუზიტს, საერთოდ, დედამიწის ქერქი და, კერძოდ ნიადაგი, საკმაოდ დიდი რაოდენობით შეიცავს. მინერალი ვადი გვხვდება ზღვების ფსკერზე და, აგრეთვე, ჭაობიან და დაჭაობებულ ნიადაგებში. უკანასკნელი სამი მინერალი ერთიმეორესთან მჭიდრო გენეზისურ კავშირშია, რის შედეგადაც ნიადაგის (საზოგადოდ ხმელეთის) პირობებში ისინი შემდეგი თანმიმდევრობით გადადიან ყველაზე მყარ ფორმაში — მინერალ პიროლუზიტში:

ვადი → ფსილომელიანი → პიროლუზიტი

ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის ხასიათის მიხედვით, კოლოიდური კომპლექსის ერთი ტიპის მინერალების რღვევა და მეორე ტიპის მინერალების წარმოქმნა და დაგროვება წარმოებს. ამრიგად თერმოდინამიკური პირობების შესაბამისად, ადგილი აქვს გარკვეული ტიპის მინერალების წარმოქმნას.

საბჭოთა მეცნიერებმა (პ. სედლეცკიმ, ი. ანტიპოვ-კარატაევემა) ექსპერიმენტით დაამტკიცეს, რომ გამოფიტვის ტიპებს, ნიადაგის წარმოქმნის პროცესსა და მათ შემადგენელ მინერალებს შორის გენეზისური კავშირია.

ი. ანტიპოვ-კარატაევის გამოკვლევებით პირველად ქანებზე წარმოქმნილ ნიადაგებში მეორადი მინერალების განაწილებას შემდეგი კანონზომიერება აქვს.

1. მაღალმთიან უდაბნოებისა და ნახევრად უდაბნოების ნიადაგებ-

ში გვხვდება ჰიდროქარსები და დისპერგირებული პირველადი ქარსი და კვარცი.

2. მშრალი სტეპის, მდელო-სტეპისა და ტყე-სტეპის ნიადაგებში (წაბლა, შავმიწა) გავრცელებულია მონთმორილონიტის ჯგუფის მინერალები, გვხვდება აგრეთვე ჰიდროქარსები.

3. სამხრეთის ქსეროფიტული ტყეების ნიადაგები (ყავისფერი ნიადაგები) მონთმორილონიტისა და ჰიდროქარსებთან ერთად — შეიცავს თავისუფალ ერთნახევარ უანგებს — გეთიტსა და ამორფულ ნივთიერებებს.

4. ჰუმიდური ტყეების ნიადაგებში (ყომალ ნიადაგებში) ფართოდაა გავრცელებული ჰიდროქარსები და კაოლინიტი; გვხვდება აგრეთვე ამორფული ნივთიერებანი, უფრო იშვიათად — გეთიტი.

5. ჩრდილოეთის ულრანი ტყეების (ეწერის) ნიადაგებში ყველაზე მეტად გავრცელებულია კაოლინი. გვხვდება აგრეთვე ჰიდროქარსები და ერთნახევარი უანგების ამორფული ნივთიერებანი.

6. ტენიანი სუბტროპიკული ზონის (წითელმიწა) ნიადაგებში დომინანტობა კაოლინიტის ჯგუფის მინერალები (კაოლინიტი, ვალუაზიტი): საკმაოდ დიდი რაოდენობითაა, აგრეთვე გეთიტი, ჰიდროგეთიტი.

7. ტენიანი ტროპიკული ზონის ნიადაგებში (ლატერიტებში) კი ერთნახევარი უანგის ჰიდრატების მინერალები.

8. გორბუნოვის ბოლოდროინდელი გამოკვლევებით თიხამინერალების გავრცელებას ბუნებაში ასეთი კანონზომიერება არ ახასიათებს, პირიქით, მონთმორილონიტისა და კაოლინიტის ჯგუფის მინერალები ერთდროულად გვხვდება, როგორც მკავე, ისე ტუტე და ნეიტრალური რეაქციის ნიადაგებში.

დასახელებული ავტორის მონაცემებით ტროპიკული და სუბტროპიკული ზონის ნიადაგებში მონთმორილონიტის ჯგუფის მინერალები მცირე რაოდენობითაა, ხოლო კაოლინიტის ჯგუფისა კი დიდი რაოდენობით. ყველა სხვა ნიადაგში მონთმორილონიტის ჯგუფის მინერალები კაოლინის ჯგუფის მინერალებთან შედარებით უფრო ფართოდაა გავრცელებული.

განვითარების სხვადასხვა სტადიაზე ნიადაგი, სპეციფიკურ არაორგანულ კოლოიდურ მინერალებთან ერთად, სპეციფიკურ ორგანულ და ორგანულ-მინერალურ თიხამინერალებს შეიცავს. ამის გამო ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის ყოველ საფეხურზე ნიადაგის მრავალთვისებაზე და, კერძოდ, შთანთქმისთვისებაზე, როგორც ქვემოთ დავინახავთ, დიდ გავლენას ახდენს კოლოიდურ-დისპერსიული ნაწილი საერთოდ და, კერძოდ კი, კოლოიდ-მინერალთა კომპლექსის შედგენილობა.

## ნიადაგის შთანთქმისუნარიანობა

### საკითხის შესწავლის ძირითადი ისტორიული მომენტები

ნიადაგის მყარი ფაზის კოლოიდურ-წვრილდისპერსიული ნაწილის დამახასიათებელი თვისება შთანთქმისუნარიანობაა, ანუ ხსნარ და ატიენარებულ მდგომარეობაში მყოფი ნივთიერებების, ბაქტერიებისა და, აგრეთვე, ატმოსფერული ჰაერიდან აირების დაკავება (შთანთქმა).

ნიადაგის შთანთქმისუნარიანობა შორეული წარსულიდანვე ცნობილია. ამ თვისების გამო ცხელი ქვეყნის მოსახლეობა ნიადაგს მლაშე წყლების გასამტკნარებლად იყენებდა.

ბეკონმა ჩაატარა ცდები ნიადაგის შთანთქმის თვისების ნათელსაყოფად — ნიადაგით ავსილ ჭურჭლებში გაატარა (გაფილტრა) ზღვის წყალი, რის შედეგადაც წყალმა დაკარგა მწარე — მლაშე გემო. შემდეგ ამგვარი ცდები გაიმეორა პალესომ (1739).

შვედმა სწავლულმა ვალერიუსმა (1761) პირველმა გამოთქვა აზრი, რომ შთანთქმის თვისება აქვს არა ნიადაგს საერთოდ, არამედ მხოლოდ მის თხანაწილს.

XIX საუკუნის პირველ მეოთხედში ჩატარებული ცდებით დამტკიცდა, რომ ნიადაგის თვისებაა — ნაკელის წუნწუხიდან შთანთქმის სუნისა და ფერის მიმცემი ნივთიერებები.

XIX საუკუნის მეორე ნახევარში უეიმ ექსპერიმენტულად შეისწავლა ეს საკითხი და მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ შთანთქმა ქიმიური ხასიათისაა. ამ დროს ხსნარიდან ცეოლიტების ფუძეები ეკვივალენტური რაოდენობით შეენაცვლებიან ხსნარში გახსნილ სხვა ფუძეებს. ამ რეაქციას შექცევადი ხასიათი აქვს. უესის მიხედვით, შთანთქმაში მონაწილეობენ ჰუმუსი და არაორგანული ნივთიერებებიდან მინერალები — ცეოლიტები.

გასული საუკუნის 60-იან წლებში ამ საკითხს შეეხო ლიბიხი, როპელიც კრიტიკულად იხილავს უესის დებულებებს. ლიბიხის აზრით, ნიადაგის მიერ ხსნარიდან ნივთიერებების დაკავება არა ქიმიური, არამედ ფიზიკური მოვლენაა. ლიბიხის მიხედვით ნიადაგი, როგორც

წერილდისპერსიული, ფორიანი სხეული, ხსნარის ფერისა და სუნის მიხედვით ნივთიერებებს იმავე წესით ნიშნავს, როგორც ხის ნახშირი.

აღნიშნული საკითხის დამუშავებაში მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა ვან-ბემელენმა. ბემელენის მიხედვით ეს მოვლენა ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური ბუნებისაა. შთანქმის თვისებებს აღნიშნული ავტორი მიაწერს: 1. ორგანიზმთა ნაშთებს, 2. ჰუმუსს, 3. ერაინახევარ ეანგის ჰიდრატებს ( $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$  და  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ ), 4. კოლოიდურ სილაციუმმკვავას და 5. ამორფულ ცეოლიტებისმაგვარ სილიკატებს.

ნიადაგის კოლოიდებისა და შთანქმისუნარიანობის საკითხების შესწავლაში უდიდესი დამსახურება აქვს აკად. კ. გედროიცს, რომელმაც ჯერ კიდევ 1912 — 1914 წწ. შექმნა აღნიშნულ საკითხზე მოძღვრება. ნიადაგის შთანქმისუნარიანობაზე მისი კლასიკური შრომები გამოქვეყნდა საბჭოთა პერიოდში — 1918 — 1932 წწ; კ. გედროიცმა მოახდინა შთანქმისუნარიანობის სახეების კლასიფიკაცია, შეიმუშავა შთანქმული კატიონების განსაზღვრის მეთოდები. ამასთან დაკავშირებით გაარკვია სხვა მრავალი პრაქტიკული და თეორიული მნიშვნელობის საკითხი.

შთანქმისუნარიანობასთან დაკავშირებით მრავალი საკითხი გააშუქეს ა. სოკოლოვსკიმ, ი. ანტიპოვ-კარატაევმა, ნ. გორბუნოვმა და სხვ.

შთანქმისუნარიანობის თვისება, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ბიოლოგიური თვალთახედვით აქვს გადაწყვეტილი აკად. ვ. ვილიამსს. ვილიამსის მიხედვით ნიადაგში საკვებ ნივთიერებათა დაგროვება მცენარის უშუალო მონაწილეობით წარმოებს და შერჩევითა შთანქმის ხასიათს ატარებს, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ მცენარე. ნიადაგის ხსნარიდან მხოლოდ მისი სპეციფიკური პირობებისათვის საჭირო არაორგანულ ნივთიერებებს ამოიღებს და მას ცოცხალი ორგანიზმის შემადგენელ ნაწილად გადააქცევს, ე. ი. უხსნად ორგანულ ნივთიერებათა ფორმაში გადაიყვანს. ამ გზით მწვანე მცენარე ნიადაგში დედა ქანში გაბნეულ ნივთიერებებს აგროვებს.

### შთანქმისუნარიანობის სახეები

კ. გედროიცის მიხედვით ნიადაგის შთანქმისუნარიანობა ხუთი სახისაა:

1. მექანიკური შთანქმა, 2. ფიზიკური ანუ მოლეკულური, ანუ აპოლარული შთანქმა (აღსორბცია), 3. ფიზიკურ-ქიმიური ანუ პოლარული შთანქმა (გაცვლითი შთანქმა), 4. ქიმიური, 5. ბიოლოგიური შთანქმა.

მექანიკური შთანქმისუნარიანობა. ნიადაგს, ისე როგორც ყო-

ველ ფორიან სხეულს, მექანიკური შთანთქმის უნარი აქვს. ნიადაგის თვისება — მექანიკურად დააკავოს თავის მასაში წყალში ატივნარე-ბული ნივთიერებანი.

ნიადაგს შეუძლია ხსნარიდან ისეთი ატივნარეებული ნივთიერებების დაკავება, რომელთა დიამეტრი ნიადაგის ფორმების დიამეტრს აღემატება. უფრო წვრილი ნაწილაკები კი, ჩვეულებრივ, წყალს ქვედა ფენაში ჩააქვს, თუმცა ნიადაგში ფორმების სიმრუდის — კლას-ნილობისა და წყვეტილობის გამო ხშირად, ფორმების დიამეტრზე უფრო წვრილი ნაწილაკების დაკავებაც ხდება. ამის გამო ნიადაგს მექანიკურად, არცთუ იშვიათ შემთხვევაში, აკავებს კოლოიდებსაც.

ნიადაგის მექანიკური შთანთქმისუნარიანობის გამომხატულება დამოკიდებულია გრანულმეტრულ შედგენილობაზე და ჰუმუსის შემცველობაზე თიხითა და ჰუმუსით მდიდარ ნიადაგში შთანთქმისუნარიანობის ეს სახე უფრო ძლიერად არის გამოხატული, ვიდრე მსუბუქი მექანიკური შედგენილობისა და ჰუმუსით ლარიბ ნიადაგებში.

**ფიზიკური ანუ აპოლარული შთანთქმა.** ფიზიკური შთანთქმა ნიადაგის კოლოიდურ-დისპერსიული ნაწილის თავისუფალი ზედაპირულა ენერგიის საშუალებით წარმოებს. ეს ენერგია ზედაპირული დაქიმულობისა და საერთო ზედაპირის ნაწარმოებია. კოლოიდური ქიმიის ძირითადი კანონის მიხედვით — ყოველი სხეულის თავისუფალი ზედაპირული ენერგია მისწრაფის მაქსიმალური შემცირებისაკენ, რაც ხორციელდება ან ზედაპირული დაქიმულობის ან საერთო ზედაპირის შემცირებით. ნიადაგის კოლოიდების საერთო ზედაპირის შემცირებას ადგილი აქვს კოლოიდების „დაძველებით“, კრისტალიზაციითა და კოაგულაცი-აგრეგაციის საშუალებით. თავისუფალ ზედაპირულ ენერგიას ამცირებს აგრეთვე ზედაპირული დაქიმულობის შემცირება. უკანასკნელს იწვევს, ე.წ. ზედაპირულად აქტიური ანუ კაპილარულად აქტიური ნივთიერებების მოქმედება კოლოიდზე (სპირტი, ორგანული მჟავები, ალკალოიდები და მრავალი მალალ-მოლეკულური ორგანული შენაერთები). ეს ნივთიერებები თავს იყრიან ნიადაგის კოლოიდური წილაკის გარშემო. ნეორეგვარი ნივთიერებები, რომელთაც ინაქტიური ნივთიერებები ეწოდება, პირიქით, ზედაპირულ დაქიმულობას ზრდიან (არაორგანული მარილები, ფუძეები და სხვ.) და გროვდებიან წვრილდისპერსიული ნაწილაკების ზედაპირიდან მოშორებით.

ამრიგად, ნიადაგის კოლოიდური ნაწილაკების (დისპერსიული ფაზა) გარშემოკრულ ხსნარს (დისპერსიულ არეს), სხვადასხვა წერტილში, სხვადასხვა კონცენტრაცია ახასიათებს.

ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები. როგორც კოლოიდური წილაკის მახლობლად კონცენტრირებული ნივთიერებანი, დისპერსიული ფაზას მიერ მიიზიდება და შთაინთქმება. ამ მოვლენას და დე-

ბითი აღსორბცია ეწოდება. ის ნივთიერებანი კი, რომლებიც ზედაპირულ დაჭიმულობას აღიღებენ და თავს იყრიან დისპერსიული არის პერიფერიულ შრეში, უარყოფით აღსორბციას განიცდიან (იხ. სურ. 17). ამ უკანასკნელი ნივთიერებების დიდ ნაწილს ნიადაგი ვერ აკავებს და ამის გამო, ნიადაგში წყლის (ხსნარის) დაღმა მოძრაობის შემთხვევაში, ჩარეცხვას განიცდის.

ნიადაგის ფიზიკური შთანთქმისუნარიანობას შემდეგი თავისებურებანი აქვს:

1. ნიადაგის მიერ ხსნარიდან მთელი მოლეკულების შთანთქმა.
2. შთანთქმული ნივთიერების ნიადაგის მყარი ფაზის შედგენილობაში შეუსვლელობა (ჩრება ხსნარში, შებოჭილ მდგომარეობაში).

ფიზიკურ შთანთქმას დიდ მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის ნაყოფიერებისათვის. აღსორბციის საშუალებით ნიადაგის ხსნარში წარმოიქმნება განსხვავებული კონცენტრაციის არეები, რაც მცენარეს შესაძლებლობას აძლევს შესაფერისი კონცენტრაციის ხსნარიდან ამოიღოს საკვები ნივთიერებანი.

ნიადაგის ფიზიკური შთანთქმისუნარიანობა დამოკიდებულია მექანიკურ შედგენილობაზე და, კერძოდ, კოლოიდებისა და ჰუმუსის რაოდენობაზე. თიხიან ნიადაგებში ეს თვისება ძლიერაა გამოხატული. განსაკუთრებით მაღალი ფიზიკური შთანთქმისუნარიანობა ახასიათებს ჰუმუსით მდიდარ ნიადაგებს. მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგის აღსორბციის თვისება სუსტია.

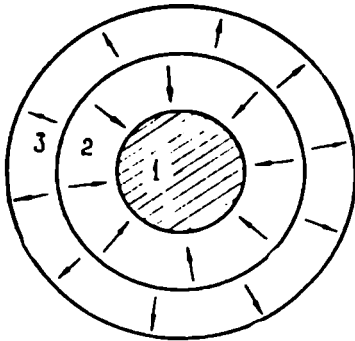
ნიადაგი, როგორც აღნიშნული იყო, ფიზიკურად ბაქტერიებისა და აირების შთანთქმასაც აწარმოებს. ნიადაგის მიერ ბაქტერიების შთანთქმა აღმოაჩინა პროფ. ხუდიაკოვმა. მის შემდეგ მრავალი ექსპერიმენტით დადასტურდა, რომ ნიადაგს, უმეტესი ბაქტერიების შთანთქმის უნარი აქვს.

ბაქტერიების შთანთქმა დამოკიდებულია ნიადაგის ქიმიურ და მექანიკურ შედგენილობაზე. ჰუმუსით მდიდარ და მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგში ეს მოვლენა უფრო ძლიერად არის გამოხატული, ვიდრე მსუბუქი მექანიკური შედგენილობისა და ორგანული ნივთიერებებით ღარიბ ნიადაგში. ნიადაგის მიერ ბაქტერიათა შთანთქმა გავლენას ახდენს — ასუსტებს ნიადაგის ბიოქიმიურ პროცესებს.

ნიადაგს, აირებისა და წყლის ორთქლის შთანთქმის კარგად გამოხატული უნარი აქვთ. პ. კოსოვიჩის მიხედვით ნიადაგის მიერ აირების შთანთქმა დამოკიდებულია შემდეგ პირობებზე: 1. ნიადაგის ქიმიურ და მექანიკურ შედგენილობაზე, 2. აირების თვისებებზე, 3. ატმოსფერული ჰაერის წნევაზე და ტემპერატურაზე, 4. ნიადაგის ტენიანობაზე.

გარკვეულია, რომ კოლოიდებით (განსაკუთრებით ორგანული კო-

ლოიდებით) მდიდარ ნიადაგებში აირების შთანთქმის თვისება ბევრად უფრო ძლიერაა გამოხატული, ვიდრე კოლოიდებით ღარიბ ნიადაგებში. რაც უფრო ენერგიულ ურთიერთობაშია აირი ნიადაგის მყარ ფაზასთან, მით უფრო ძლიერად ხდება მისი შთანთქმა, როგორც მაგალითად, წყლის ორთქლის, ნახშირორჟანგის, ჟანგბადისა და სხვ.  $\text{PH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  და სხვა აირების შთანთქმა კი უფრო სუსტია.



სურ. 17. ფიზიკური შთანთქმის სქემა: 1 — კოლოიდური წილაკი; 2 — დადებითად აღსორბცია; 3 — უარყოფითად აღსორბცია.

აირების შთანთქმა სუსტდება.

ტემპერატურის ზრდა აირების აღსორბციაზე უარყოფითად მოქმედებს.

ნიადაგის ტენიანობა სხვადასხვა აირის შთანთქმაზე სხვადასხვა გავლენას ახდენს. იმ აირების შთანთქმაზე, რომლებიც წყალში იხსნებიან, ნიადაგში ტენის რაოდენობის მატება (გარკვეულ საზღვრამდე) დადებითად მოქმედებს (მაგალითად,  $\text{CO}_2$ ), ხოლო იმ აირებზე, რომლებიც წყალში არ იხსნებიან — უარყოფითად.

ამ ბოლო დროს გამოკვლევებით დადასტურებულია, რომ ნიადაგის მიერ ორთქლისა და აირების შთანთქმა როგორც აღსორბციულ, ისე ქემოსორბციულ და კაპილარულ-კონდენსაციის ხასიათს ატარებს. აირი ქემოსორბციის (ქიმიური დაკავების) შემთხვევაში შეუქცევად ქიმიურ ურთიერთობაში შედის ნიადაგის მყარი ნაწილის ნივთიერებებთან. რის შედეგადაც ახალი ქიმიური ნაერთი წარმოიქმნება. კაპილარული კონდენსაციის დროს ნიადაგის კაპილარულ ფორმებში აქვს ადგილი ორთქლის კონდენსაციას, რის შედეგადაც ორთქლის დრეკადობა მნიშვნელოვნად მცირდება.

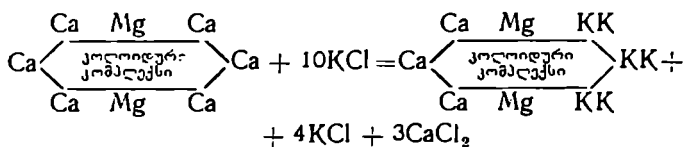
ნიადაგის მიერ აირების შთანთქმას, აგრონომიული თვალსაზრისით (ამონიაკის, ფოსფორწყალბადის დაკავება), აგრეთვე ქვეყნის თავდაცვის საქმეში, დიდი მნიშვნელობა აქვს (ნიადაგის მიერ საწამლავი აირების შთანთქმის გამო).



ფიზიკურ-ქიმიური ანუ პოლარული შთანთქმა. შთანთქმის ამ სახეს ახასიათებს ხსნარში მყოფი მოლეკულების ერთი ნაწილის მიზიდვა, ხოლო მეორე ნაწილის — განზიდვა (ამიტომ ეწოდება პოლარული ანუ პოლუსური შთანთქმა). მიზიდული ნივთიერება ნიადაგის კოლოიდურ კომპლექსიდან აძეკებს თანასახელიან ელემენტებს (კატიონი კატიონს და, ანიონი ანიონს) და თვითონ აკავებს მის ადგილს.

ფიზიკურ-ქიმიური შთანთქმა — იმის მიხედვით კატიონების შთანთქმა წარმოებს, თუ ანიონების — შეიძლება იყოს არგვარი: 1 კატიონთა გაცვლითი შთანთქმა და 2. ანიონთა გაცვლითი შთანთქმა.

1. კ ა ტ ი ო ნ თ ა გ ა ც ვ ლ ი თ ი შ თ ა ნ თ ქ მ ა. თუ მაგალითად, ნიადაგზე ვმოქმედებთ KCl-ის მარილის ხსნარით, მცირე დროის გავლის შემდეგ დავინახავთ, რომ ხსნარში (ფილტრატში) K-ის რაოდენობა უფრო მცირე იქნება, ვიდრე ნიადაგზე მოქმედებამდე. ამავე დროს ხსნარში აღმოჩნდა Ca-ის (და შეიძლება Mg-ის) იონების დანაკლისი K-ის ეკვივალენტური რაოდენობით; ამრიგად, ადგილი აქვს KCl-ის ხსნარის, K იონებსა და ნიადაგის კატიონებს შორის გაცვლით რეაქციას.



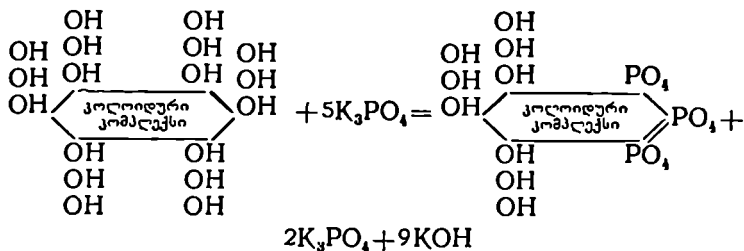
ფიზიკურ-ქიმიური შთანთქმის პროცესში, კ. გედროიცის მიხედვით, მონაწილეობენ კოლოიდური კომპლექსის ზედაპირული კატიონები. ნიადაგის უარყოფითი ელექტრომუხტიან კოლოიდებთან დაკავშირებული ეს კატიონები ადგილს უცვლის ხსნარში მყოფ სხვა კატიონებს. შემდეგში ცდებით დადასტურდა, რომ ფიზიკურ-ქიმიურ შთანთქმაში მონაწილეობენ კოლოიდის როგორც დიფუზიური შრის, ისე კრისტალური მესერის იონები.

ფიზიკურ-ქიმიური შთანთქმა დამოკიდებულია კოლოიდურ კომპლექსს შედგენილობაზე. შთანთქმის ეს სახე თავის მაქსიმუმს მაშინ აღწევს, როცა კომპლექსში SiO<sub>2</sub> და Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ის მოლეკულური შეფარდება უახლოვდება 9:1 (მათსონი). შთანთქმაზე დიდ გავლენას ახდენს კოლოიდურ მიცელში ულტრამიკრონთა წყობა. არამკვერივი წყობის შემთხვევაში მთელი მიცელა დაქსელილია უწყვრილესი ულტრააკაპილარებით. ასეთი კოლოიდების შემცველ ნიადაგში გაცვლით შთანთქმას, ვიგნერის მიხედვით, ადგილი აქვს როგორც მიცელის ზედაპირზე (ექსტრამიცელური შთანთქმა), ისე მიცელის შიგნით ულტრააკაპილარების ზედაპირზე (ინტრამიცელური შთანთქმა). ექსტრა-

მიცელები და ინტრამიცელები შთანთქმით შეიძლება აიხსნას თხინერალეებში პოლარული შთანთქმის სხვადასხვაგვარი გამოხატულება.

ნიადაგებისა და დედაქანების გაცვლითი შთანთქმა დიდადაა დამოკიდებული მათ შემადგენელ თხინერალეებზე. მინთორილონიტის ტიპის მინერალებით მდიდარი ნიადაგის გაცვლითი შთანთქმის მაღალი უნარიანობა გაპრობებულია აღნიშნული მინერალის მოძრავი კრისტალური მესერიით (ხასიათდება როგორც ექსტრამიცელარული, ისე ინტრამიცელები შთანთქმით), ხოლო კოლინიტის ტიპის თხინერალეების შემცველი ნიადაგის დაბალი გაცვლითი შთანთქმის უნარიანობა გაპრობებულია ამ მინერალის (კოლინის) მტკიცე კრისტალური მესერიით (ხასიათდება ექსტრამიცელები შთანთქმით).

2. ანიონთა გაცვლითი შთანთქმა. ერთნახევარი უნგის ჰიდრატებით ( $Fe_2O_3 \cdot nH_2O + Al_2O_3 \cdot nH_2O$ ) მდიდარი, მკავე რეაქციის მქონე ნიადაგების (წითელამიწა, ლატერიტები და სხვ.) კოლოიდური კომპლექსის საკმარის დიდი ნაწილი, როგორც ეს ი. ანტიპოვ-კარატაევის, ა. ტიულინისა და სხვათა გამოკვლევებითაა ცნობილი, ხასიათდება დადებითი ელექტრობით. ასეთ ნიადაგს, ხსნარიდან შეუძლია შთანთქმას საპირისპირო ნიშნის ელექტრობით დამუხტული იონები — ანიონები.



ანიონების შთანთქმაზე გავლენას ახდენს:

1. ანიონთა ბუნება, 2. ნიადაგის კოლოიდების შედგენილობა და ელექტრომუხტი, 3. არის რეაქცია.

ანიონები შთანთქმის უნარის მიხედვით იყოფა სამ ჯგუფად:

1.  $NO_3$ ,  $Cl$ ,
2.  $SO_4$ ,  $CO_3$ ,
3.  $PO_4$ ,  $OH$ .

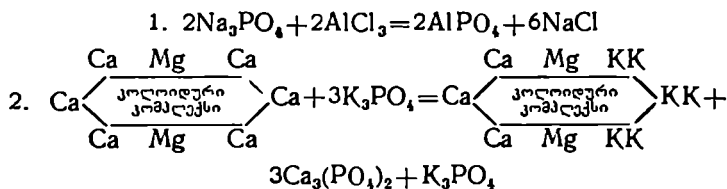
გარკვეულია, რომ აქედან პირველი ჯგუფის ანიონების ფიზიკურ-ქიმიურ შთანთქმას ნიადაგში ადგილი არა აქვს. მეორე ჯგუფის ანიონებს სუსტად (არამტკიცედ) ნთქავს ნიადაგი, ხოლო მესამე ჯგუფის ანიონებს ( $PO_4$ ,  $OH$ ) — ძლიერ.

ბაზოიდი კოლოიდების რაოდენობის გადიდებით იზრდება ნადაგში ანიონების ფიზიკურ-ქიმიური შთანთქმა.

ნიადაგის მკავე რეაქცია, როგორც ცნობილია, იწვევს კოლოიდების დადებითნიშნის ელექტროკინეტიკური პოტენციალის გადიდებას, რაც თავის მხრივ ხელს უწყობს ნიადაგში ანიონთა შთანთქმის ზრდას.

წითელმიწა ნიადაგში, რომელიც მდიდარია  $R_2O_3$ -ით და ამავე დროს მკავე რეაქციით ხასიათდება, ადგილი აქვს  $PO_4$ -ის ძლიერ შთანთქმას.

**ქიმიური შთანთქმისუნარიანობა.** მარილთა ანიონების ერთი ნაწილი, ე. გედროციის მიხედვით, შეიძლება დაკავდეს ნიადაგში ქიმიური შთანთქმის საშუალებით, რაც ამ ანიონთა ზოგიერთ კატიონთან უჭსნად ან ძნელად ხსნად ნაერთების წარმონაქმნში მდგომარეობს. შთანთქმის ეს სახე დამოკიდებულია ერთი მხრივ, ნიადაგის მარილოა შორის, ხალო, მეორე მხრივ, ფიზიკურ-ქიმიური შთანთქმის შედეგად ნიადაგიდან ხსნარში გამოსულ კატიონთა და განთავისუფლებულ ანიონს შორის ქიმიურ რეაქციებზე, რაც შემდეგი მაგალითებიდან ჩანს:



პირველი მაგალითი გვიჩვენებს, რომ ხსნადი მარილების  $Na_3PO_4$  და  $AlCl_3$  — ურთიერთ ქიმიური ზემოქმედების შედეგად წარმოიქმნება  $AlPO_4$ , რომელიც, როგორც უხსნადი, დაკავდება ნიადაგში.

მეორე მაგალითიდან ჩანს, რომ დესორბციულ (ხსნარში გაჯმოსულ) Ca-სა და „თავისუფლად“ დარჩენილ  $PO_4$ -ს შორის ქიმიური რეაქციის შედეგად წარმოქმნილი ნივთიერება  $[Ca_3(PO_4)_2]$ , როგორც ძნელადხსნადი, აგრეთვე დაკავდება ნიადაგში.

ნიადაგის ანიონებს, ქიმიური შთანთქმის თვისებების მიხედვით, მსგავსად ფიზიკურ-ქიმიური შთანთქმისა, ნ. გორბუნოვი 3 ჯგუფად ყოფს:

1.  $H_2PO_4'$ ,  $HPO_4''$ ,  $PO_4'''$ ,  $CO_3''$ ,  $SO_4'$ ,  $OH'$ . და ზოგიერთი ორვანული მკავე, ეს ანიონები, ორ და სამეალენტთან კატიონებთან უხსნადი ან ძნელადხსნადი ნაერთების წარმოშობის გამო, ძლიერი შთანთქმის უნარს იჩენენ.

2. ნიადაგში ქიმიურად სრულიად არ ხდება Cl და  $NO_3$ -ის დაკავება.

3.  $\text{SO}_2$ -ს შთანთქმის თვისების მხრივ აღნიშნულ პირველ და მეორე ჯგუფს შორის უკავია ადგილი.

ამრიგად, ანიონები ქიმიური შთანთქმის სიძლიერის მიხედვით შემდეგი თანმიმდევრობით ლაგდება:



6. გორბუნოვის მიხედვით ანიონთა შთანთქმა რთული ბუნებისაა და ბევრ შემთხვევაში მასში არა მარტო ქიმიური, არამედ შთანთქმის სხვა სახეებიც მონაწილეობენ.

ხსნადი ნაერთის ძნელად ხსნად ან უხსნად ნაერთში გადასვლის გამო ქიმიური შთანთქმა რეტროგრადაციის ხასიათს ატარებს. თუ ამ პროცესის შედეგად წარმოქმნილ შენაერთს მცირე, მაგრამ მაინც პრაქტიკულად შესამჩნევი ხსნადობის თვისება ექნება. მაშინ ასეთი რეტროგრადაცია აგრონომიულად უარყოფით მოვლენად არ ჩაითვლება, რადგან რეტროგრადაციამნილი ნივთიერება ნიადაგის ხსნარში ყოველთვის იქნება, მისი ხსნადობის ხარისხისა და მცენარის მიერ მისი მოხმარების რაოდენობის შესაბამისად (შემუცი).

ქიმიური შთანთქმის შედეგად რკინისა და ალუმინის ფოსფატების წარმოქმნა უარყოფით აგრონომიულ ხასიათს ატარებს, რადგან ნიადაგის ხსნარი ღარიბდება ამ ნივთიერებებით. ასეთ მოვლენას ადგილი აქვს განსაკუთრებით ერთნახევარ უანგის ჰიდრატებით მდიდარ ნიადაგებში.

**შეუქცევადი გაცვლითი შთანთქმისუნარიანობა.** ჯერ კიდევ კ. გელროიცი აღნიშნავდა, რომ ნიადაგი შეიცავს ისეთ შთანთქმულ კატიონებს, რომელთაც გაცვლით რეაქციაში მონაწილეობის, ე. ი. დესორბციის უნარი არა აქვთ. ამრიგად, შეუქცევადი გაცვლითი შთანთქმა წარმოადგენს ისეთ შთანთქმას, როცა ხსნარიდან ნიადაგში ფიზიკურ-ქიმიურად შთანთქმული კატიონის გამოძევება, ხსნარში მყოფი სხვა კატიონებით ვეღარ წარმოებს.

შეუქცევადი კატიონის აღმოსაჩენად ნიადაგს ნეიტრალური მარილის ხსნარით მანამდე აშუშავენ, სანამ შთანთქმული კატიონები მთლიანად არ გამოძევდება. ამის შემდეგ ნიადაგის შთანთქმული კატიონების გამოსაძევებლად თუ სხვა მეთოდს გამოვიყენებთ (ძლიერა რეაქტივით), შევნიშნავთ შთანთქმული კატიონის (ან კატიონების) ხელახალ დესორბციას. აი, სწორედ, ამ უკანასკნელ კატიონებს შეუქცევადი შთანთქმულ კატიონებს უწოდებენ.

ამჟამად ცდებით დადასტურებულია, რომ ნიადაგში ადგილი აქვს შთანთქმული კატიონების ფორმების ცვლილებას, რის გამოც დესორბციის უნარის მქონე კატიონმა შეიძლება დაკარგოს (ან შეუქცირდეს) ეს თვისება და, პირიქით, პასიურ, შეუქცევად მდგომარეობა-

ში მყოფმა კაციონებმა შეიძლება გამოავლინოს დესორბციის უხაჩჩა! ამ თვისებებს (პასიურ და აქტიურ მდგომარეობაში გადასვლას) გარკვეული მიზეზები აპირობებს. დესორბციის უნარის დაკარგვას ან შემცირებას ნიადაგის პერიოდული გამოშრობა იწვევს, რაც ცვლია ნიადაგის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებს და ამით ასუსტებს კაციონის გაცვლით რეაქციაში მონაწილეობის უნარს. გამოშრობით იცვლება ნიადაგის ელექტროკინეტიკური თვისებები, კერძოდ მისი ელექტროტუხტი, რასაც თან სდევს კოლოიდის დიფუზიურ შრეში რეაქციაში მონაწილე კაციონების შემცირება, კოლოიდის ზედაპირული კაციონების დისოციაციის უნარის შესუსტების გამო.

დესორბციის უნარს, ნ. გორბუნოვის აზრით, ასუსტებს აგრეთვე კოლოიდების „დაძველება“ და, კერძოდ, ველების კრისტალიზაცია.

ნ. ზირინის გამოკვლევებით კაციონის დესორბციის უნარი კრისტალურ-ქიმიური ბუნებისაა. ამ მხრივ მნიშვნელობა აქვს კრისტალურ მესერში ატომთა წყობის ხასიათს — სიმკვრივეს და ადსორბირებული კაციონის რადიუსს. რაც უფრო დიდი რადიუსი აქვს შთანთქმულ კაციონს, მისი დესორბცია მით უფრო ძნელად ხდება. აღნიშნული ავტორი მონთმორილონიტით მდიდარ ნიადაგში (შავმიწა) შეუქცევადი თვისებების მქონე კალიუმის გადიდებული რაოდენობის მიზეზად თვლის ერთი მხრივ, კალიუმის ატომის დიდ რადიუსს, ხოლო მეორე მხრივ, ამ ნივთიერების მონთმორილონიტის კრისტალური მესერის კუთხეებში დამაგრებას (შებოქილია ძალიან).

პასიური, შეუქცევადად შთანთქმული კაციონების აქტივაცია, ე. ი. მათი დესორბციული თვისებების განვითარება, მოითხოვს ინტრამიცელარული კაციონების ექსტრამიცელარულ მდგომარეობაში გადაყვანას, რაც ადსორბენტის (ჩვენ შემთხვევაში ნიადაგის) დისპერგაციით შეიძლება იქნეს მიღწეული.

ბიოლოგიური შთანთქმის უნარიანობა. ჩვენ, ზემოთ აღვნიშნეთ, რომ ნიადაგთწარმოქმნის პროცესში საკვები ელემენტების აკუმულაციის მთავარ ფაქტორს ბიოტური მოვლენები წარმოადგენენ, კერძოდ მწვანე მცენარის შერჩევითი შთანთქმის თვისება, აკად. ვ. ვილიამსის აზრით, მხოლოდ შთანთქმის ამ სახეს შეუძლია ქანის შემადგენელ, გაბნეულ მდგომარეობაში მყოფი ნაცრის ელემენტების არა მარტო დაკავება ნიადაგში, არამედ აკუმულაცია.

მასში მცხოვრები ყველა ორგანიზმით ნიადაგი ერთი მთლიანი სხეულია. ამიტომ, როგორც კ. გედროიცი შენიშნავს, ამ ორგანიზმების ცხოველმყოფელობით მიმდინარე პროცესები ნიადაგობრივ პროცესებს მიეკუთვნება. ამ თვალსაზრისით ორგანიზმების მიერ ნიადაგის ხსნარიდან საკვები ნივთიერებების ამოღება, უნდა განვიხილოთ როგორც ბიოლოგიური შთანთქმის უნარი.

ნიადაგიდან ამოღებული მთელი რიგი საკვები ელემენტებით ცოცხალი ორგანიზმები ქმნიან თავიანთი სხეულის შემადგენელ ნივთიერებებს და ამით აღნიშნულ ელემენტებს ჩარეცხვის მოვლენებისაგან იცავენ. ბიოლოგიურ შთანთქმაში მაკრო და მიკროფლორა დიდ როლს ასრულებს.

არაორგანული ნივთიერებებისაგან ცოცხალი პლაზმის შექმნის საშუალებით ქემობაქტერიები ამცირებენ საკვებ ნივთიერებათა რაოდენობას ნიადაგის ხსნარში, ე. ი. საკვებ ნივთიერებათა იმობილიზაციას აწარმოებენ. იმობილიზებული ნივთიერებები დაცულია ნიადაგში მანამდე, სანამ მიკრობი ცოცხალია, სიკვდილის შემდეგ ის იშლება, მინერალიზაციას განიცდის და მცენარე ამ ნივთიერებებს საკვებად იყენებს.

ბიოლოგიური შთანთქმის პროცესში ზეწანე მცენარე უდავს როლს ასრულებს. ეს შთანთქმა მით უფრო ენერგიულად მიმდინარეობს ნიადაგში, რაც უფრო ძლიერი და ხშირი ფესვთა სისტემა აქვს მცენარეთა საფარს. ამ ორგანიზმთა ცხოველყოფელ მოქმედებასთან პირდაპირ დამოკიდებულებაშია ნივთიერებათა ბიოლოგიური შთანთქმა, რაც უფრო ღონიერია მცენარის მიწისზედა და მიწისქვედა ორგანოები, ე. ი. რაც უფრო მეტ მოსავალს იძლევა მცენარე ერთეულ ფართობზე, მით უფრო ინტენსიურად ხორციელდება შთანთქმის აღნიშნული სახე.

### შთანთქმისუნარიანობის კანონზომიერებანი

შთანთქმის სახეებიდან ყველაზე უკეთ შესწავლილია ფიზიკურ-ქიმიური შთანთქმისუნარიანობა. კ. გედროიცის, ი. ანტიპოვ-კარატაევის, ნ. გორბუნოვის, პისინკის, ვიგნერის, მათსონისა და სხვათა მიერ დადგენილია აღნიშნული სახის შთანთქმისუნარიანობის ძირითადი კანონზომიერებანი.

გაცვლითი შთანთქმისუნარიანობაზე გავლენას ახდენს რეაქციაში მოწაწალე იონების შედგენილობა, ხსნარის კონცენტრაცია, ხსნარსა და ნიადაგის მყარი ფაზის რაოდენობრივი ურთიერთშეფარდება, ზემოქმედების დრო, ტემპერატურა და სხვ.

ჯერ კიდევ კ. გედროიცმა გამოარკვია, რომ კოლოიდური კომპლექსის კატიონზე (შთანთქმულ კატიონებზე) ხსნარში მყოფი კატიონების მოქმედება (შთანთქმის ენერგია), იმდენად ძლიერია, რამდენადაც მაღალვალენტია ეს კატიონები. ამ მხრივ ისინი შემდეგი თანმიმდევრობით ლაგდებიან:



თანაბარვალენტურიანი კატიონების შთანთქმის ენერგია მეტი აქვს იმ ელემენტებს, რომელთა ატომური წონაც დიდია. გამოჩვენდა H იონია, რომლის ენერგია ორვალენტურიანი კატიონებს აღემატება. ბოლო დროს გამოკვლევებით (ფერსმანი და სხვა) დადასტურებულია, რომ ამ მხრივ მნიშვნელობა აქვს ატომთა ჰიდრატაციის უნარს, რაც თავის მხრივ უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაშია ატომთა დიამეტრთან. H ყველაზე მცირედაა ჰიდრატირებული.

იმ კატიონებს, რომელთაც მეტი ჰიდრატაციის თვისება აქვთ, შთანთქმის უფრო ნაკლები უნარი ახასიათებთ, ვიდრე დაბალი ჰიდრატაციის უნარის მქონე კატიონებს:

	Li	Na	NH <sub>4</sub>	K	Rb	Cs
იონთა რადიუსი 10 <sup>-7</sup> მმ-ით (ანგსტრე-მის ერთეულში)	3,00	3,55	—	4,45	4,50	4,7 5
ჰიდრატაციის რიცხვი (ერთ იონთან დაკავშირებული წყლის მოლეკულები)	120	66	16	17	14	13

კატიონთა შთანთქმის ანუ ადსორბციის ენერგიასა და შთანთქმული კატიონის ხსნარში გადმოსვლის ანუ დესორბციის ენერგიას შორის შებრუნებული დამოკიდებულებაა. იმ კატიონებს, რომლებსაც მაღალი შთანთქმის ენერგია აქვთ, დაბალი დესორბციის უნარი ახასიათებთ და, პირაქით, კატიონები, რომლებიც დაბალი შთანთქმის ენერგიით ხასიათდებიან, მაღალი დესორბციის თვისების არიან.

დესორბციის ენერგიის მხრივ კატიონები შემდეგი თანმიმდევრობით ლაგდებიან:



განსხვავებული ენერგიის შთანთქმულ კატიონებსა და ხსნარში მყოფ კატიონებს შორის გაცვლით შთანთქმას აპირებებს მოქმედ მასათა კანონი. სუსტი დესორბციის უნარის მქონე კატიონების ჩანაცვლება ხსნარის სუსტი ადსორბციის ენერგიის მქონე კატიონებით, აღნიშნული კანონის მიხედვით მიმდინარეობს, მაგალითად, სუსტი დესორბციის ენერგიის მქონე Ca ნიადაგის კომპლექსიდან შეიძლება გამოაძევეს ხსნარის სუსტი ადსორბციის მქონე Na-მა, თუ უკანასკნელის რაოდენობა მნიშვნელოვნად აღემატება პირველს.

კატიონთა ადსორბციისა და დესორბციის მოვლენებს დიდი მნიშვნელობა აქვთ ნიადაგის ქიმიზაციის საკითხში.

გამორკვეულია, რომ ხსნარის კონცენტრაცია ხსნარში მყოფ კატიონების შთანთქმის უნარს ზრდის, მაგრამ არა პირდაპირ პროპორციულად, არამედ უფრო ნელა.

სრულიად ასევე ნიადაგზე ზემოქმედი ხსნარის რაოდენობის გადღეობა ზრდის კატონთა შთანთქმას, მაგრამ არა ხსნარის რაოდენობის მატების პირდაპირ პროპორციულად, აჩამედ რამდენადმე უფრო ნაკლებ.

6. გორბუნოვის გამოკვლევით შთანთქმის სისწრაფეზე გავლენას ახდენს ტემპერატურა. ტემპერატურის აწევა (ნიადაგის გამოშრობა) ამცირებს კატონთა შთანთქმის უნარის სისწრაფეს.

კ. გედროციის გამოკვლევებით დადგენილი დებულება, ფიზიკურ-ქიმიური შთანთქმის მყისულად მიმდინარეობის შესახებ, ახალი ექსპერიმენტებით, მთელ რიგ შემთხვევეში, არ მართლდება და ამ რეაქციის წონასწორობის დამყარებისათვის საჭიროა დრო, რამდენიმე დღე — 5 — 7 (გორბუნოვი).

შთანთქმის ტევადობა და მძღრობა. ყოველ ნიადაგს კატონთა მხოლოდ განსაზღვრული რაოდენობის შთანთქმა შეუძლია.

ნიადაგში მყოფ გაცვლითიუნარიანობის მქონე მილიეკვივალენტობით გამოხატულ კატონთა ჯამს შთანთქმის ტევადობა ეწოდება.

შთანთქმის ტევადობა დამოკიდებულია ნიადაგის წვრილდისპერსიულ (როგორც ამორფულ-კოლოიდური, აგრეთვე თიხამინერალების) ნაწილზე და განსაკუთრებით ორგანულ ნივთიერებათა რაოდენობაზე (სოკოლოვსკი). მასზე გავლენას ახდენს, აგრეთვე არის რეაქცია. ტუტე რეაქციის ნიადაგს მეავე რეაქციის ნიადაგთან შედარებით. უფრო მაღალი შთანთქმის ტევადობა ახასიათებს (ანტიპოვ-კარატაევი, ნიკოლსკი, ასკინაზი). ამ გარემოებას ი. ანტიპოვ-კარატაევის აზრით კოლოიდურ კომპლექსში უარყოფითი ელექტრომუხტიანი ადგილების დიდი რაოდენობა იწვევს. ტუტე რეაქცია ზრდის რამინერალური და ორგანული — აციდოიდ კოლოიდების დისოციაციის ენერგიას, ამით კატონთა შთანთქმას (შთანთქმის ტევადობას) აღიღებს.

ნიადაგის კოლოიდური კომპლექსის შთანთქმულ კატონებს წარმოადგენს:  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $H^+$ , კერძო შემთხვევაში  $Al^{+++}$  და  $NH_4^+$ . ეს კატონები სხვადასხვა ნიადაგში სხვადასხვა რაოდენობით გვხვდება. ნიადაგებს, რომლებიც გაცვლით, წყალბადიონებს შეიცავენ, ფუძეებით არამძღარი ნიადაგები ეწოდება, ხოლო ნიადაგებს, რომლებიც წყალბადიონებს არ შეიცავენ — ფუძეებით მძღარი. ფუძეებით არამძღარ ნიადაგებს წარმოადგენს ეწერი, წითელმიწა, ლატერიტი და სხვ., ხოლო ფუძეებით მძღარ ნიადაგებს — შავმიწა, წაბლა, მლაშე ნიადაგები და სხვ. (იხ. ცხრ. 26).

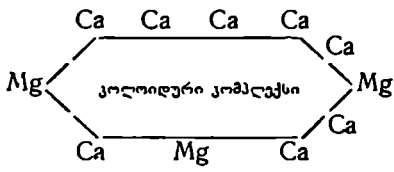
შთანთქმის ტევადობა, შთანთქმულ კატონთა შედგენილობა და ამ უკანასკნელთა შორის შეფარდებითი შემცველობა ნიადაგის განვითარების შესაბამისად იცვლება; მასზე გავლენას ახდენს



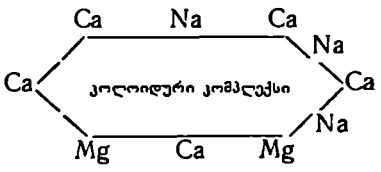
შთანთქმულ ფუძეთა შემცველობა მილიექვივალენტობით

ნიადაგი	სიღრმე სმ-ობით	Ca	Mg	H	Na	ტვეადობა	ავტორი
ეწერი (ზუგდიდი)	0—15	2,0	0,8	1,3	—	4,1	მ. საბაშვილი
	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	
შავმიწა (შირაქი)	0—12	42,5	7,4	—	—	49,9	ბ. ტალახაძე
	20—30	34,3	6,8	—	—	41,1	
	60—70	24,9	7,0	—	—	31,9	
ბიციბი (ჩათმა, გარე კახეთი)	0—10	23,1	7,4	—	3,2	33,7	ბ. ტალახაძე
	20—30	20,5	6,2	—	9,2	36,0	
	60—70	12,0	5,8	—	4,2	27,0	

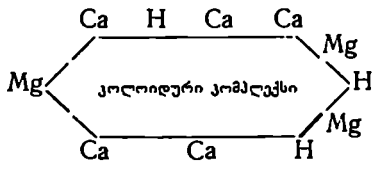
ნიადაგთწარმოქმნის ბუნებრივი პროცესი და ადამიანის სამეურნეო მოქმედება.



ფუძეებით მაძლარი ნიადაგი



ფუძეებით მაძლარი ბიციბიანი ნიადაგი



ფუძეებით არამაძლარი ნიადაგი

მერქნიან მცენარეთა ფორმაციის სტადიის ნიადაგს (ეწერი) ლაბალი შთანთქმის ტვეადობა და შთანთქმულ ფუძეთა შორის H იონების შემცველობა, ე. ი. ფუძეებით არამაძლარი ახასიათებთ; მდელის სტადიის ნიადაგს, როგორც ორგანული და მინერალური კოლოიდებით და კოლოიდ-მინერალებით მდიდარს, ახასიათებთ მაღალი შთანთქმის ტვეადობა და ფუძეებით მაძლარობა. სტეპურ მცენარეთა ფორმაციის ნიადაგებს (წაბლა, მურა და სხვ.) აქვს შემცირებული შთანთქმის ტვეადობა და ზოგჯერ შთანთქმული Na-იც (ბიციბიანობა).

შთანთქმული კატიონების შედგენილობა დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის აგრონომიულ თვისებებზე. შთანთქმულ კატიონთა შედგენილობაზე დამოკიდებულია ნიადაგის რეაქცია, ბუფერობის თვისება, სტრუქტურაანობა, წყალგამტარობა, ტენტევალობა, მიკრობთა შედგენილობა, შთანთქმის მოვლენები და მრავალი სხვ.

მაგალითად, ნიადაგი, რომელიც დიდი რაოდენობით შეიცავს შთანთქმულ Na-ს, ხასიათდება ბიცობიანობის თვისებით, რაც გამოიხატება ამ ნიადაგის მკვრივი აგებულებით. მაღალი ტუტიანობით, ძლიერი თქვირებითა და მწებობის თვისებით, როგორც მინერალური, ისე ორგანული ნაწილის ძლიერი პეპტიზაციით, ცუდი წყალგამტარობით და სხვ. ფუძეებით არამძლარ ნიადაგს კი ახასიათებს მკაფე რეაქცია, ორგანული ნივთიერების სიმცირე, ფიზიკურ-ქიმიური შთანთქმის სუსტი უნარიანობა, წყლის ცუდი გამტარობა, დაქაობების მოვლენები და სხვ. ამთგან არსებითად განსხვავდება ნიადაგი, რომლის კომპლექსიც ძირითადად მძლარია Ca იონით (ნაწილობრივ Mg). ეს ნიადაგები. ხასიათდება ნეიტრალური რეაქციით, კარგი ფიზიკური თვისებებით, ინტენსიურ-ბიოლოგიური პროცესებით და სხვ.

შთანთქმული კატიონები, როგორც საკვები ნივთიერებები, მრავალმა მკვლევარმა შეისწავლა (კ. გედროიცი, ე. ბობკო, ს. იარუსოვი, ე. რატნერი, პ. ფეფერი და სხვ.).

მცენარეთა მიერ შთანთქმული კატიონების მოხმარების მექანიზმი ჯერჯერობით კარგად არ არის გამოარკვეული. ზოგიერთი მკვლევარის აზრით, შთანთქმულ კატიონებს მცენარე უშუალოდ ითვისებს (კონტაქტური კვება), ზოგიერთების აზრით კი შთანთქმული კატიონები შეითვისება მხოლოდ დესორბციის — ხსნარში გადასვლის შემდეგ; შთანთქმულ კატიონთა მცენარისათვის მისაწვდომობა, შეთვისებადობა მთელი რიგ პირობებით განისაზღვრება.

კ. გედროიციმა შეისწავლა სხვადასხვა შთანთქმული კატიონის გავლენა მცენარის ზრდა-განვითარებაზე და გამოარკვია, რომ ეს კატიონები, თავის თვისებების მხრივ, სამ ჯგუფად იყოფა.

1. Ca ან Sr-ით მძლარ ნიადაგზე, მცენარე (შვრია) ნორმალურად ვითარდება.

2. Mg<sup>++</sup>, Mn<sup>++</sup>, Fe<sup>+++</sup>, Fe<sup>++</sup>, Al<sup>+++</sup> და H-ით მძლარ (თითოეულით ცალ-ცალკე), მშთანთქავი კომპლექსის მქონე ნიადაგზე მცენარე ილუკება, მდგომარეობა სწორდება მხოლოდ CaCO<sub>3</sub> შეტანით.

3. NH<sub>4</sub>, Na, K, Cd, Ni, CO, CH — ერთ-ერთ რომელიმე ამ კატიონ-

ნით ან მათი ნარევიტ მადლარ ნიადაგზე მცენარე საბოლოოდ ილუპება  $\text{CaCO}_3$ -ის შეტანის შემთხვევაშიც.

შემდეგი გამოკვლევებით (კ. გედროიცი, კედროვ-ზიხმანი, კირსა-ნოვი და სხვ.) დადსტურდა, რომ ნიადაგის მშთანქავი კომპლექსის გაძლომა მარტო  $\text{Ca}$ -ით არ უნდა წარმოადგენდეს ნიადაგის ქიმიური მელიორაციის საბოლოო მიზანს, ნიადაგის შთანქმულ კატიონთა მცენარისათვის მისაწვდომობის გასაუმჯობესებლად საჭიროა მშთანქავი კომპლექსი  $\text{Ca}$ -ის გარდა, შეიცავდეს  $\text{Mg}$ -ს და აგრეთვე მცირე რაოდენობით  $\text{K}$ ,  $\text{Na}$  ან  $\text{H}$  და  $\text{NH}_4$ -ის იონებს.

შთანქმულ კატიონთა მცენარის მიერ შეთვისებადობაზე გავლენას ახდენს ამა თუ იმ კატიონით კომპლექსის მადლობის ხარისხი, რაც უფრო მაღალია მოცემული კატიონით კოლოიდური კომპლექსის მადლობის ხარისხი, მით უფრო ადვილად მისაწვდომია იგი მცენარისათვის, რადგან ასეთ შემთხვევაში ამ კატიონის დესორბცია შედარებით იოლად ხდება.

შთანქმულ კატიონთა როლი კვების პროცესში დამოკიდებულია აგრეთვე შთანქმული კატიონისა და ხსნარში მყოფი კატიონის დესორბცია-ადსორბციის ენერგიაზე. რამდენადაც ხსნარში მყოფი კატიონის შთანქმის ენერგია მეტია და კომპლექსში მყოფი კატიონის დესორბციის ენერგია დიდი, იმდენად იგი ადვილად შესათვისებელია მცენარისათვის და, პირიქით.

ს. იარუსოვს და ე. რატნერს შესწავლილი აქვთ შთანქმულ კატიონთა შესათვისებადობაზე სხვა თანამოლი კატიონების გავლენა. ე. რატნერის მიხედვით შთანქმული კატიონები ამ მხრივ შემდეგნაირად შეიქლება დალაგდეს:



ამ რიგში ყოველი კატიონი მის წინ მდგომ კატიონების შეთვისებას ამცირებს და მომდევნო კატიონებზე სუსტად მოქმედებს. ამ მხრივ განსაკუთრებით გამოირჩევა  $\text{Na}$ , რომელიც, როგორც ყველაზე ძლიერი დესორბციის უნარის მქონე კატიონი, მკვეთრად ამცირებს დანარჩენი შთანქმული კატიონების შეთვისებადობას.

გარდა აღნიშნულისა, გამოკვებულია, რომ ზოგიერთი კატიონის შეთვისებაზე (მაგალითად  $\text{K}$ ) გავლენას ახდენს კატიონის შთანქმულ მდგომარეობაში ყოფნის ხანგრძლიობა. დიდი ხნის ადსორბირებული კატიონების დესორბცია უფრო ნაკლები რაოდენობით ხდება, ვიდრე ახლად ადსორბირებულისა. ამის გამო პირველის როლი კვების პროცესში შედარებით უფრო მცირეა, ვიდრე მეორესი.

აგრონომიულ, თვალსაზრისით მეტად საყურადღებოა, აგრეთვე ანიონების დესორბციის უნარი. ანიონებს შორის ამ მხრივ განსაკუთრებულ ყურადღებას იქცევს შთანქმული  $\text{PO}_4$ . არსებული გამოკვლე-

ვებიდან ჩანს, რომ ამ ანიონის დესორბციის ენერგია და, მაშასადამე, მისი შეთვისებადობა, მსგავსად კატიონებისა, დამოკიდებულია  $PO_4$ -ით კომპლექსის მაძღრობის ხარისხზე. შტატნოვისა და ოდინცოვის ცდების მიხედვით დასტურდება, რომ, რაც უფრო მეტადაა მაძღარი კოლოიდური კომპლექსი  $PO_4$ -ით, მით უფრო ენერგიულად მიმდინარეობს  $PO_4$ -ის დესორბცია — შეთვისებადობა და, პირიქით. ა. ტიულინმა ამის საფუძველზე წამოაყენა დებულება ფოსფორის მაძღრობის „კრიტიკული დონის“ შესახებ, ე. ი. შთანთქმული ფოსფორის იმ მინიმალური რაოდენობის შესახებ, რომლის ქვემოთაც ფოსფორის შემცირებას მოსდევს შთანთქმული  $PO_4$ -ის სრული მიუწვდომლობა მცენარისათვის.

ეს საკითხი საბოლოოდ ჯერ არაა გადაწყვეტილი.

## ნიადაგური ხსნარი

ნიადაგის თხევადი ფაზა ანუ ხსნარი, ნიადაგის მეტად მნიშვნელოვანი ნაწილია.

ნიადაგში შედრეული წყალი მეტ-ნაკლები რაოდენობით, ყოველთვის შეიცავს გახსნილ ქანებადს, ნახშირორჟანგს, ზოგჯერ აზოტსა და სხვა ნივთიერებებს. ეს წყალი ნიადაგის მყარ ფაზაზე მოქმედებს, ხსნის ადვილხსნად ნივთიერებებს, რის გამოც ის ფაქტიურად ხსნარია.

ნიადაგის ხსნარი, გარდა მოლეკულური ნივთიერებებისა, კოლოიდურ ცრუ ხსნარის მდგომარეობაში მყოფ ნივთიერებებსაც შეიცავს.

ნიადაგის ხსნარის შედგენილობაზე დიდ გავლენას ახდენს ადამიანი თავისი ზემოქმედებით — სასუქების შეტანით, ბალახების თესვით და სხვ.

ნიადაგის ხსნარის შედგენილობა ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის შესაბამის ბიოლოგიურ, ფიზიკურ-ქიმიურ, ქიმიურ და ფიზიკურ თვისებათა გამოხატულებაზეა დამოკიდებული. ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის ევოლუციის შესაბამისად იცვლება ნიადაგის ხსნარის შედგენილობა. ეწერი ნიადაგის ხსნარს მინერალურ ნივთიერებებთან შედარებით: ახასიათებს წყალში ხსნადი ორგანული ნივთიერებების მეტი რაოდენობა. მდელო-სტეპის ნიადაგის (შავმიწა) ხსნარი ამ ნივთიერებებს თითქმის თანაბარი რაოდენობით შეიცავს, სტეპური ზონისა და განსაკუთრებით მლაშე ნიადაგების ხსნარა კი მდიდარია მინერალური ნივთიერებებით.

წყლით გამონაწურის ანალიზი ნიადაგის ხსნარის შესწავლის: ყველაზე გავრცელებული წესია.

ხსნარში მყოფი ნივთიერებების საერთო რაოდენობას, რომელსაც 100 გრამი ნიადაგის შესაბამისი ხსნარის (გამონაწურის) საერთო რაოდენობით გამოხატავენ, მშრალ ნაშთს უწოდებენ. მშრალი ნაშთი, უმეტეს შემთხვევაში, მცირე სიდიდეს წარმოადგენს (<0,2%); გამონაკლისია პლაშე ნიადაგები, რომელთა მშრალი ნაშთის რაოდენობა დიდია და ზოგჯერ 2 — 5% და მეტს აღწევს. ხსნარში ორგანულ ნივთიერებათა საერთო რაოდენობა დამოკიდებულია ნიადაგის ბიოქიმიური პროცესების ხასიათსა და ინტენსიობაზე. ორგანული ნივთიერებების სოკოვანი დაშლის პროდუქტებს უფრო მეტი ხსნადობის თვისება

წულის გამონაწერის ანალიზის მონაცემები %-ობით

ნიადაგი	ქორბონ- ტის სტორ- მე სე-ობით	მჟრალი ნაშთი	გამონაწერის ნაშთი	საერთო ტერაგრამ- ბა	Cl	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	უეტრი
ეწერი (ჩუსეთი)	0—10	0,131	0,074	—	0,012	0,032	0,016	—	არ განს.	არ განს.	ს. ზაბაროვი
	10—25	0,103	0,027	—	0,005	0,007	0,004	0,009	—	—	—
	30—40	0,025	0,011	—	0,002	0,003	0,002	0,004	—	—	—
	70—80	0,027	0,014	—	0,003	0,004	0,002	0,004	—	—	—
შავიწა (შირაქი)	0—15	0,109	—	0,05	0,006	კვალი	—	0,019	ნაშვ.	0,01	ბ. ტალახაძე
	20—30	0,158	—	0,04	0,001	0,02	—	0,024	0,002	0,10	—
	70—80	0,165	—	0,07	0,006	0,026	—	0,003	0,002	0,11	—
ბიცო (ალაზანი)	0—10	1,189	1,11	0,24	0,070	0,378	—	0,349	ნაშვ.	—	მ. საბაშვილი
	22—34	5,003	4,693	0,031	0,618	1,756	—	0,320	0,212	—	—
	48—56	4,408	4,069	0,028	0,490	1,836	—	0,410	0,201	—	—
	90—100	2,963	2,783	0,019	0,311	1,308	—	0,559	0,041	—	—

აქვს, ვიდრე ბაქტერიულს. ნიადაგის ხსნარის ორგანული ნივთიერებების „მკვებავ“ ერთ-ერთ წყაროს მცენარის ფესვებიდან გამონაყოფი ნივთიერებებიც წარმოადგენს. ცხადია, რომ ამ მოვლენას ადგილი აქვს უშუალოდ რიზოსფეროს არეში. ხსნარის ორგანულ ნივთიერებებს, კვების თვალსაზრისით, გარკვეული მნიშვნელობა აქვს, რადგან ისინი ადვილად იშლება მცენარისათვის მისაწვდომ მინერალურ ნივთიერებებამდე. აღნიშნულ ნივთიერებათა დიდი როლი კიდევ იმაში მდგომარეობს, რომ ნიადაგის ძნელად ხსნად შენაერთებზე მოქმედებს, შლის და ხსნად მდგომარეობაში გადაყავს.

ხსნარში ანიონებიდან ფართოდაა გავრცელებული:  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Cl}$ , ხოლო კატიონებიდან —  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{H}$ ,  $\text{NH}_4$ . ძლიერ მკაფე რეაქციის ნიადაგის ხსნარი  $\text{Al}$  და  $\text{Fe}$ -საც შეიცავს, მლაშე და ბიცობიანი ნიადაგის ხსნარში ჰარბობს ქლორიდები, სულფატები და, ზოგჯერ სოდაც ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) გვხვდება.

ნიადაგის ხსნარის კონცენტრაცია დამოკიდებულია ხსნად ნივთიერებათა საერთო რაოდენობაზე. ხსნარის კონცენტრაცია და რაოდენობა სეზონური ცვლებადობით ხასიათდება. გაზაფხულზე და ზამთრის პირზე ნიადაგის ხსნარის რაოდენობა დიდია, კონცენტრაცია კი დაბალია. ზაფხულში, პირიქით, ხსნარის კონცენტრაცია მაღალია, რაოდენობა — მცირე. დამტკიცებულია, რომ ნიადაგის ხსნარი როგორც შედგენილობით, ისე რაოდენობით, მნიშვნელოვან ცვლილებას განიცდის ამინდისა და წვილიწადის დროის მიხედვით; ამის გარდა, ერთ და იმავე დროსაც ნიადაგის მთელი ხსნარი ერთნაირი თვისებების არ არის. — ეს გამოწვეულია ნიადაგის წყლის სხვადასხვა სახის განსხვავებული ფიზიკური თვისებებით (იხ. ქვემოთ წყლის სახეები). როგორც ფიზიკური შთანთქმის მოვლენის დახასიათებისას იყო აღნიშნული — მყარი ნაწილაკის შემხებ და მისგან მოცილებულ შრეებში ხსნარი ერთიმეორისაგან განსხვავდება ფიზიკურად და ქიმიურად.

ნიადაგის ხსნარის თვისებებიდან, აგრონომიული თვალსაზრისით, დიდი მნიშვნელობა აქვს: 1. ოსმოსურ წნევას, 2. რეაქციასა და 3. დაეანგვა-აღდგენის პროცესს.

### ხსნარის ოსმოსური წნევა

მცენარის კვების ნორმალური რეჟიმი ბევრად დამოკიდებულია ფესვთა სისტემის უჯრედთა წვენისა და ნიადაგის ხსნარის ოსმოსურ წნევაზე. ნიადაგის ხსნარის ოსმოსური წნევა (1,2—2 ატმოსფერო) რამდენიმეჯერ მცირეა უჯრედის წვენის ოსმოსურ წნევაზე (6—10 ატმოსფერო), რის გამოც ადგილი აქვს ნიადაგის ხსნარის ფესვის უჯრედებში შესვლას. ნიადაგის ხსნარის ოსმოსური წნევის სიქარბის შემთხვევა-

ში კი ადგილი აქვს პლაზმოლიზის მოვლენას, რის შედეგადაც მცენარე ილუპება. მაღალი ოსმოსური წნევა ახასიათებს მლაშე ნიადაგების ხსნარს (30 — 40 ატმოსფერო და მეტი), ამიტომ მლაშობ ნიადაგებზე მელიორაციის გარეშე, კულტურული მცენარეები ვერ ხარობენ.

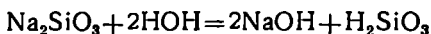
ნიადაგის ხსნარის რაოდენობისა და კონცენტრაციის ცვალებადობის შესაბამისი დინამიკა ახასიათებს ოსმოსურ წნევას, ზაფხულში — მაღალი, გაზაფხულზე კი — დაბალი.

### ნიადაგის რეაქცია

ნიადაგის რეაქცია შეესაბამება ნიადაგთწარმოქმნის პროცესს. ეწერწარმოქმნის პროცესის ნიადაგს ახასიათებს მჟავე, მდელ-სტეპის ნიადაგს ნეიტრალური, ხოლო სტეპისას ტუტე რეაქცია.

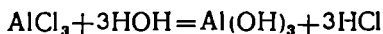
ძველ აგროქიმიურ შრომებში, ნიადაგის რეაქციას, უმთავრესად, უკავშირებდნენ ორგანული ნივთიერებების ბუნებას, ე. წ. „მჟავე“ „მტენარ“ და „ტბილ“ ჰუმუსს. უკანასკნელი გამოკვლევებით დადასტურებულია, რომ ნიადაგის რეაქციის ხასიათი დამოკიდებული არ არის მხოლოდ ორგანულ ნივთიერებათა ბუნებაზე; ამ მხრივ ნიადაგის მინერალური ნაწილი არანაკლებ როლს თამაშობს. ამის გამო რეაქციის ხასიათს ნიადაგთწარმოქმნის ყოველ სტადიაზე განსაზღვრავს ნიადაგის შემადგენელი ორგანული და მინერალური ნივთიერებანი. ნიადაგის განვითარების მიხედვით იცვლება ამ ნივთიერებათა შედგენილობა და თვისებები, ამის შესაფერისად იცვლება ნიადაგის რეაქციაც.

მინერალური ნაწილიდან ნიადაგის რეაქციაზე, ერთი მხრივ, გავლენას ახდენს მარილები, ხოლო მეორე მხრივ, შთანთქმული ფუძეების შედგენილობა. სუსტი მჟავებისა და მძლავრი ფუძეების მარილები (ნიადაგი უმთავრესად ამ ტიპის მარილებს შეიცავს), როგორც ჰიდროლიზურად ტუტე მარილები, წყალში ელექტროლიზურ დისოციაციას განიცდიან და იწვევენ ნიადაგის ხსნარის ტუტე რეაქციას:



ტუტე რეაქციის წარმოქმნის მხრივ განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მარილებს:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  და სხვ.

მძლავრ მჟავასა და სუსტი ფუძის (ასეთი მარილები ნაკლებ გვხვდება ნიადაგში) მარილების წყალში გახსნის შედეგად წარმოიქმნება სუსტი ფუძე და მძლავრი მჟავა, რაც ხსნარის მჟავე რეაქციას იწვევს:



ნიადაგის რეაქცია დიდადაა დამოკიდებული შთანთქმული ფუძეების შედგენილობაზე. ნიადაგში მიმდინარე პროცესების შესაბამისად შთანთქმული ფუძეების დესორბციისა და ხსნარიდან სხვა ფუძეების



აღსორბციის მოვლენებს აქვს ადგილი, რაც ნიადაგის ხსნარის რეაქციაზე გავლენას ახდენს; მაგალითად, ბიცობ ნიადაგიდან გამოიყოფა  $\text{Na}$ , რომელიც ხსნარის  $\text{CO}_2$  (ან  $\text{HCO}_3$ ) იონთან შეერთებით წარმოქმნის  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (ან  $\text{NaHCO}_3$ ) და ხსნარის რეაქციას ტუტე ხასიათს მიანიჭებს.

ფუძეებით არამაძლარ ნიადაგში, გამოფიტვის შედეგად ამოძრავებული (გააქტივებული) რომელიმე მარილის კატიონი (ან კატიონები) გამოდევნის შთანქმულ  $\text{H}$  იონებს, უკანასკნელი შეუერთდება განთავისუფლებულ ანიონს, წარმოიქმნება მჟავა, რომელიც ხსნარის მჟავიანობის ხარისხს გააღიძვებს. ამის გარდა, ხსნარის რეაქციაზე დიდ გავლენას ახდენს ორგანული ნივთიერებების დაშლის (მინერალიზაცია) შედეგად წარმოქმნილი მარილები და მჟავები. ამ მხრივ განსაკუთრებით დიდია აზოტის, გოგირდისა და ფოსფორის მჟავებისა და ნახშირორჟანგის როლი (უკანასკნელი თავის მხრივ წყალში გახსნილი, ნახშირმჟავას წარმოადგენს). ნიადაგის რეაქცია დამოკიდებულია, ერთი მხრივ, ამ მჟავებისა და მჟავე მარილების, აგრეთვე ტუტეებისა და ფუძე მარილების წარმოქმნაზე ნიადაგში, ხოლო, მეორე მხრივ მათ შორის. შემდგომი რეაქციების ხასიათზე (ნეიტრალიზაცია. პილროლიზი და სხვ.), რაც გარკვეულ გავლენას ახდენს არა მარტო მარილთა და მჟავათა რაოდენობასა და ფორმებზე ნიადაგში, არამედ, აგრეთვე შთანქმულ ფუძეთა შედგენილობაზე. ამიტომ შთანქმულ ფუძეთა შედგენილობასა და ხსნარის რეაქციას შორის პირდაპირი დამოკიდებულება არსებობს. შთანქმული  $\text{Na}$ -ის შემცველი ნიადაგი (ბიცობი) ტუტე რეაქციით, წყალბადის შემცველი მჟავე. ხოლო  $\text{Ca}$  და  $\text{Mg}$ -ით მაძლარი მშთანქმავი კომპლექსის მქონე ნიადაგებს ნეიტრალური რეაქცია ახასიათებს.

შთანქმულ კატიონებით გამოწვეულ ნიადაგის რეაქციას, ფარული ანუ პოტენციური რეაქცია ეწოდება, შთანქმული  $\text{H}$  იონებით გაპირობებულ რეაქციას — პოტენციური მჟავიანობა, ხოლო ნიადაგის ხსნარის რეაქციას — აქტუალური რეაქცია.

შეეჩერდეთ ნიადაგის ხსნარის რეაქციის დახასიათებაზე.

ნიადაგის ხსნარს ახასიათებს ორგვარი რეაქცია: ტიტრირებული და აქტუალური (აქტიური). ტიტრირებული რეაქცია (ტუტიანობა, მჟავიანობა) დამოკიდებულია როგორც დისოცირებულ, ისე არადისოცირებულ ხსნადი ტუტეების, ფუძე მარილების (ტიტრირებული ტუტიანობა) და მჟავებისა და მჟავე მარილების, (ტიტრირებული მჟავიანობა) საერთო რაოდენობაზე.

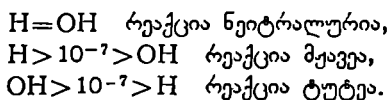
ტიტრირებული რეაქცია არ გვაძლევს თვისობრივ წარმოდგენას ხსნარის მჟავიანობის ან ტუტიანობის ხარისხზე, რადგან ის მჟავების ან ტუტეების ერთსა და იმავე კონცენტრაციის დროს სხვადასხვა აქ-

ტიობით ხასიათდება H და OH იონებად დისოციაციის განსხვავებული უნარის გამო. როგორც ცნობილია HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ს მალაღ დისოციაციის უნარი აქვს, ორგანული მჟავებისა და ნახშირმჟავას დისოციაციის ხარისხი კი მცირეა. ამრიგად, ამ მჟავათა თანაბარი კონცენტრაციის შემთხვევაში, ის ხსნარი, რომელიც მძლავრ მჟავებს შეიცავს, მჟავიანობის მალაღი ხარისხით ხასიათდება, ეს ხსნარი კი, რომელიც შეიცავს სუსტ მჟავებს — დაბალი ხარისხისაა, მიუხედავად აღნიშნულ მჟავათა კონცენტრაციის თანაბარი რაოდენობისა.

დიდი უზრადლება ექცევა H-ისა და OH-ის იონებით გამოწვეულ რეაქციას — აქტუალურ რეაქციას. აქტუალური რეაქცია დამოკიდებულია ხსნარში H-ისა და OH-ის იონთა კონცენტრაციაზე.

როგორც უკვე აღინიშნა, ერთი მოლეკულა წყლის დისოციაციის შედეგად წარმოიქმნება ერთი წყალბადიონი და ერთი ჰიდროქსილიონი. ამის გამო გამოხდელი წყლის ყოველ 1000 მლ-ში (22° ტემპერატურის დროს) H იონის რაოდენობა 10<sup>-7</sup> და OH იონის რაოდენობა 10<sup>-7</sup> უდრის. ამიტომ ის ნეიტრალური რეაქციით ხასიათდება.

ნიადაგში შეღწეული წყალი წარმოადგენს ხსნარს, რომელიც შეიცავს მჟავებს, მჟავე მარილებს ან ტუტეებს, ტუტე მარილებს. ამის გამო ხსნარის H-ისა და OH-ის იონთა რაოდენობა სათანადოდაა შეცვლილი. ხსნარში H-ისა და OH-ის იონთა ფარდობით შემცველობაზეა დამოკიდებული მისი აქტუალური რეაქცია. ხსნარს მჟავე რეაქცია მაშინ აქვს, როდესაც ყოველ ერთ ლიტრ ხსნარში H იონთა რაოდენობა 10<sup>-7</sup> გრამიონზე მეტია, ტუტე კი მაშინ, როდესაც OH-ის რაოდენობა 10<sup>-7</sup> გრამიონს აღემატება:



თუ ხსნარში H იონთა რაოდენობა იზრდება, მაშინ მის შესაბამისად მცირდება OH-ის იონთა რაოდენობა (რადგან  $H \cdot OH = 10^{-14}$  კონსტანტია) და პირიქით, OH-ის იონთა მატებას თან მოსდევს H იონთა სათანადო რაოდენობით შემცირება. ამიტომ ნიადაგის ხსნარის რეაქციის გამოსახატავად სარგებლობენ მხოლოდ H იონთა კონცენტრაციით. ჰიდროქსილიონთა კონცენტრაციას, საჭირო შემთხვევისათვის გაიანგარიშებენ შემდეგი ფორმულით:

$$OH^- = \frac{10^{-14}}{H^+}.$$

აქტუალურ მჟავიანობას გამოსახავენ pH-ით, სადაც P ნიშნავს ათის ხარისხის მაჩვენებელს (ათობით ლოგარითმს) შებრუნებული ნიშ-

ნით, ხოლო H — წყალბადს, მაგალითად,  $10^{-6}$ -ის მაგივრად წერენ pH-6 და ასე შემდეგ.

ბუნებაში გავრცელებული ნიადაგების ხსნარის რეაქცია 3 — 9 ფარგლებში მერყეობს.

ხსნარის PH-ის მიხედვით ნიადაგებს შემდეგნაირად აჯგუფებენ:

pH — 3 — 4 — ძლიერ მჟავე,

pH — 4 — 5 — მჟავე,

pH — 5 — 6 — სუსტი მჟავე,

pH — 6 — 7 — ნეიტრალური,

pH — 7 — 8 — ტუტე,

pH — 8 — 9 — ძლიერ ტუტე.

აქტუალური მჟავიანობა პირდაპირ პროპორციულ დამოკიდებულებაშია ხსნარში მყოფ მჟავათა კონცენტრაციასთან, ხოლო უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაში მარილთა კონცენტრაციასთან.

$$H = \frac{\text{მჟავა}}{\text{მარილი}}$$

ნიადაგის აქტუალურ რეაქციას pH-ს სხვადასხვა ინტერვალში განაპირობებს ბუნებრივი სისტემა: pH-8,5-ს და მეტს  $\text{NaHCO}_3$   $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; pH — 7 — 8,5 —  $\text{HCO}_3$  :  $\text{CaCO}_3$ ; pH-6 — 7 —  $\text{H}_2\text{CO}_3 \cdot \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  უფრო დაბალ pH-ს კი ნახშირმჟავასა და ორგანული მჟავების შემცველობა.

ნიადაგის აქტუალური რეაქცია დიდ გავლენას ახდენს ხსნარის თვისებებზე, მცენარეთა ზრდა-განვითარებაზე, ნიადაგის მიკროფლორისა და მიკროფაუნის შედგენილობაზე, ბიოქიმიურ პროცესებზე და სხვ. ცნობილია, რომ მცენარეთა უმეტესობა ნიადაგის აქტუალურ რეაქციას გარკვეულ მოთხოვნილებას უყენებს. მჟავე რეაქციის ნიადაგს მოითხოვს ჩაის ბუჩქი, ხანჭკოლა, კარტოფილი, ქვავი, ძელი და სხვ. ტუტე რეაქციას ეგუება მხოლოდ ზოგიერთი კულტურა, მაგ., ბამბა, თუთა, ყაზი და ჰალოფიტი მცენარეები. მიკროორგანიზმებიდან მჟავე რეაქციის პირობებში უკეთ ვითარდებიან სოკოები, ხოლო ნეიტრალურ და სუსტ ტუტე რეაქციის ნიადაგებში ბაქტერიები.

ნიადაგის აქტუალური რეაქცია დიდ გავლენას ახდენს ხსნარის შედგენილობაზე, კერძოდ სილიციუმჟავას და ერთნახევარი ქანგების შემცველობაზე. ხსნარი 5 — 8 pH-ის დროს  $\text{R}_2\text{O}_3$ -ს თიქტმის არ შეიცავს (შეიცავს  $\text{Fe}^{++}$ ), სილიციუმჟავას კი პირიქით, დიდი რაოდენობით. ხოლო 5 — pH-ის ქვემოთ  $\text{R}_2\text{O}_3$  ხსნარში საკმაოდ დიდი რაოდენობითაა, სილიციუმჟავა კი — მცირე.

ნიადაგის ქიმიურ და ბიოქიმიურ პროცესებზე დიდ გავლენას ახდენს გახსნილი ქანგბადი. მასზე დამოკიდებულია ქანგვა-ალდგენის რეაქციები. ამ გარემოებას დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან მთელი რიგი ნივთიერებების რაოდენობა (მაგ.,  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $Mn_2O_3$ ,  $MnO$  და სხვ.) ხსნარში დამოკიდებულია ქანგვა-ალდგენის მოვლენის ხასიათზე.

ნიადაგთწარმოქმნის პროცესში და ნიადაგის ნაყოფიერების თვისების გამოხატულებაში ქანგვა-ალდგენის მოვლენების განსაკუთრებულ მნიშვნელობას უურადლება მიაქცია ჯერ კიდევ აკად. ვ. ვილიამსმა.

ნიადაგში მიმდინარე ორგანული ნივთიერებების დაშლა-დაგროვების პროცესის ხასიათი დამოკიდებულია ძირითადად ქანგვა-ალდგენის მოვლენათა გამოხატულებაზე.

მცენარის ზრდა-განვითარების პირობები საუკეთესოა მაშინ, როდესაც ნიადაგში არც მხოლოდ აერობული (დაქანგვა) და არც მხოლოდ ანაერობული (ალდგენა) პროცესებია. ნიადაგის ნაყოფიერების მაქსიმალურ გამოხატულებას ადგილი აქვს ქანგვა-ალდგენის პროცესების შეთანაწყობილი, ერთდროული გამოვლინების დროს. ვილიამსის აზრით, ასეთი პირობებით ხასიათდება მხოლოდ სტრუქტურული ნიადაგი (გორიხის ზედაპირზე დაქანგვა, გორიხის შიგნით ალდგენითი პროცესები).

ნიადაგის ხსნარი, როგორც ქანგბადის შემცველი, ნიადაგის ზედა ფენაში დაქანგვის მოვლენებს იწვევს. მცენარის ფესვები და მიკროორგანიზმები ხსნარის ქანგბადს აქ დიდი რაოდენობით ხარჯავენ. ამიტომ სიღრმისაკენ ხსნარი ქანგბადით თანდათან ღარიბდება და ბოლოს დამქანგველ თვისებას სრულიად კარგავს. ამ სიღრმეს, სადაც ხსნარს დამქანგველი თვისება აღარა აქვს, ქანგვა-ალდგენის ზღვარი ეწოდება. ამ უქანასკნელის ზემოთ მდებარე ფენებში დაქანგვის პროცესები ჭარბობს ალდგენისას, ქვემოთ კი — ალდგენის პროცესები. ქანგვა-ალდგენის ზღვარი ორგანულ ნივთიერებებით ღარიბ, მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში ღრმა ფენებში მდებარეობს, ორგანულ ნივთიერებებით მდიდარ, მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში კი — ზედა ფენებში. ჭაობიან ნიადაგებში ქანგვა-ალდგენის ზღვარი მიწის ზედაპირთან ახლოსაა.

ქანგვა-ალდგენის ზღვარი ნიადაგში ტენიანობის ცვალებადობის შესაბამის დენამიკას განიცდის. გაზაფხულზე (თოვლის დნობა, წვიმების დროს) ის მაღლა ამოწეული, ზაფხულში კი (გვალვების დროს) სიღრმეზეა ჩაშვებული.

ხსნარის ქანგვა-ალდგენის მდგომარეობას გამოხატავენ ქანგვა-ალდგენის პოტენციალით — ანუ  $E_H$ . ამისათვის საჭიროა ნიადაგში ელექტ-

როდების (პლატინისა და კალომელის) ჩაშვება. ელექტროდებს ჩართავენ პოტენციომეტრში, რომლითაც გაიზომება ჟანგვა-აღდგენის პოტენციალი (ყ ა პ) მილივოლტებით. ჟანგვა-აღდგენის პოტენციალი — EH, როგორც ნიადაგში მიმდინარე ჟანგვა-აღდგენის პროცესის გამოხატულება, წარმოდგენას გვაძლევს დამჟანგველ (O, NO<sub>3</sub> და სხვ.) და აღმდგენელ (ორგანულ ნივთიერებების დაშლის ზოგიერთი პროდუქტი, ანაერობი ბაქტერია, უფრო ნაკლებ კი რკინის ქვეყანგი და სხვ.) ნივთიერებათა ფარდობით შემცველობაზე. ნ. რემეზოვის მიხედვით ჟანგვა-აღდგენის პოტენციალი დამოკიდებულია არა ცალკე დამჟანგველ ან აღმდგენელ ნივთიერებებზე, არამედ ნიადაგის კომპლექსის თვისებებზე. ნიადაგში ტენის რაოდენობის გადიდება, გაძლიერებული მიკრობიოლოგიური პროცესები, დაუწველი ნაკელის შეტანა EH პოტენციალს ამცირებს. ყველაზე დაბალი პოტენციალი ჭაობიან ნიადაგებს აქვთ. ნიადაგის გაშრობა, აერაციის გაუმჯობესება, პირიქით, პოტენციალის გადიდებას იწვევს.

ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის სტადიების მიხედვით ჟანგვა-აღდგენის პოტენციალი გარკვეული კანონზომიერებით ცვალებადობს — ეწერ წარმოქმნის ნიადაგებს უფრო მაღალი პოტენციალი ახასიათებს. ვიდრე სტეპურ ნიადაგებს. ი. სერდობოლსკის მონაცემებით ეწერი ნიადაგების ჟანგვა-აღდგენის პოტენციალი გვალვიან ზაფხულში 600 — 700 მილივოლტს უდრის, შავმიწების 450 — 600 მვ, რუხი ნიადაგებისა კი — 350 — 400 მილივოლტს.

ნიადაგის მჟარი შაზის რეაქცია

პოტენციური მჟავიანობა

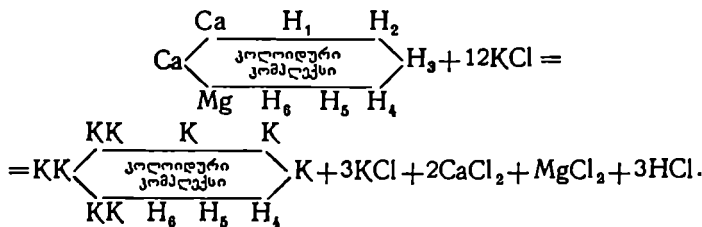
პოტენციური მჟავიანობის გამომჟღავნება შეიძლება ნიადაგზე მხოლოდ ნეიტრალური ან ჰიდროლიზურად ტუტე მარილის ხსნარის მოქმედებით. თუ ფუძეებით არამაძლარი ნიადაგის ნიმუშს მოვათავსებთ კოლბაში, დავასხამთ ნეიტრალურ მარილის (მაგ., KCl) ხსნარს და შევანჯღრევთ, მიღებულ გამონაწურში, წყალბადიონთა კონცენტრაცია მეტი აღმოჩნდება, ვიდრე ამ ნიადაგის ხსნარში (წყლით გამონაწურში). წყალბადიონთა ეს ნამეტი რაოდენობა მშთანთქავი კომპლექსიდან KCl-ის მოქმედებით გამონაწურში გადმოსულ H იონებს წარმოადგენს. შთანთქმულ წყალბადიონების საერთო რაოდენობა განსაზღვრავს ნიადაგის ფარულ ანუ პოტენციურ მჟავიანობას. პოტენციური მჟავიანობით ხასიათდება მჟავე, ფუძეებით არამაძლარი ნიადაგი. ნეიტრალურ და მით უფრო ტუტე რეაქციის ფუძეებით მაძლარ ნიადაგებს ფარული მჟავიანობა არ ახასიათებს.

პოტენციურ მჟავიანობას, შთანთქმულ H იონთა აქტიობის მიხედვით ორ ფორმად ყოფენ: 1. გაცვლით და 2. ჰიდროლიზურ მჟავიანობად.

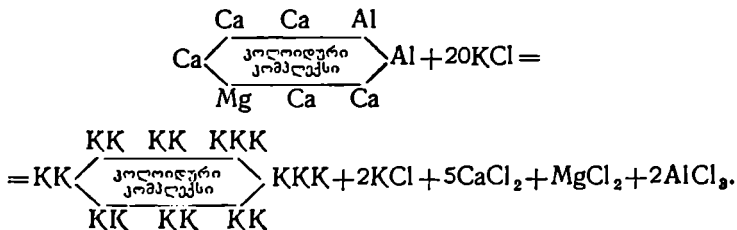
1. გაცვლითი მჟავიანობა. მჟავიანობის ეს ფორმა ფარული მჟავიანობის ის სახეა, რომლის გამოსამჟღავნებლად და განმსაზღვრელად საჭიროა ნეიტრალური მარილის ხსნარით ნიადაგის დამუშავება.

გაცვლითი მჟავიანობის გამომწვევი მიზეზის შესახებ მეცნიერებაში სხვადასხვა აზრი არსებობს. კ. გედროიცის, გ. ჰინისკის და სხვ. აზრით, გაცვლით მჟავიანობას იწვევს შთანთქმული H იონები, რომელთა ერთი ნაწილი (შედარებით ადვილად მოძრავი) ნეიტრალური მარილის კატიონს უთმობს ადგილს, გამოდის ხსნარში და ამჟღავნებს მას.

ეს რეაქცია შემდეგნაირად შეიძლება გამოიხატოს:



მეცნიერთა მეორე ჯგუფი, გ. კაპენი, დაიკუხარა და სხვ. იმის გამო, რომ გაცვლითი მქავიანობის განსაზღვრის დროს ფილტრატი შეიცავს  $Al(OH)_3$ , არ იზიარებენ კ. გედროიციის თეორიას. მათი აზრით, გაცვლით მქავიანობას იწვევს არა შთანთქმული წყალბადიონები, არამედ შთანთქმული  $Al^{+++}$  და  $Fe^{+++}$  დაიკუხარას და კაპენის მიხედვით, ნეიტრალური მარილის ხსნარით, გაცვლითი მქავიანობის განსაზღვრის დროს აღვილი აქვს შემდეგ რეაქციას:



ამრიგად, ნეიტრალური მარილის ხსნარის მოქმედებით შთანთქმული Al იონების გამოძევება ხდება კომპლექსიდან, ის უერთდება განთავისუფლებულ Cl-ს, წარმოიქმნება  $AlCl_3$ , რომელიც, როგორც ჰიდროლიზურად მქავე მარილი, ელექტროლიზურად დაიშლება და ხსნარს ამჟავებს.

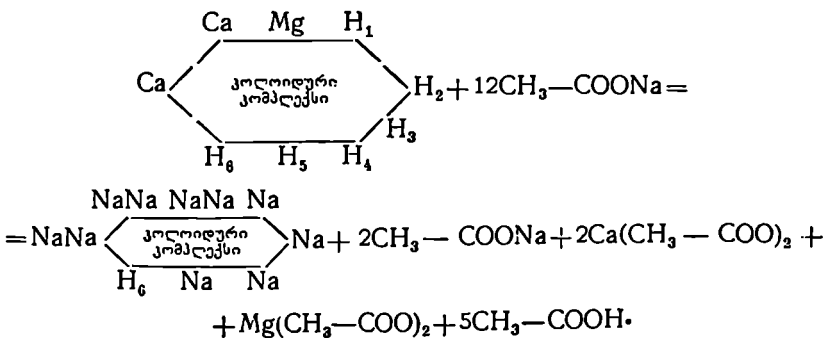
კ. გედროიციმა 1930 წ. გამოაქვეყნა ამ საკითხთან დაკავშირებული კვლევის შედეგები, საიდანაც ჩანს, რომ გაცვლითი მქავიანობის დროს, ხსნარში გადასული ალუმინი წარმოადგენს არა შთანთქმულ ალუმინს (დესორბირებულს), არამედ ამ რეაქციის შედეგად წარმოქმნილ მძლავრ მქავას — HCl-ის მოქმედებით კოლოიდური კომპლექსის ნაწილობრივი დაშლით ხსნარში გადმოსულ ალუმინის ჰიდრატებს. ამ საკითხის შემდგომი შესწავლით (ჩერნოვი) გამოირკვა, რომ გაცვლითი მქავიანობა ძირითადად შთანთქმული წყალბადებით არის გამოწვეული, ხოლო ზოგიერთ ნიადაგში (წითელმიწა, სუბტროპიკული ეწერი და სხვ.) წყალბადთან ერთად მონაწილეობს აგრეთვე შთანთქმული ალუმინიც.

2. ჰიდროლიზური მქავიანობა. დიდი ხანი არ გასულა მას შემდეგ, რაც ნიადაგის პოტენციურ მქავიანობად მხოლოდ გაცვლით მქავიანობას თვლიდნენ. დღეისათვის გამორკვეულია, რომ ნიადაგის ნიმუშში, რომელშიც განსაზღვრულია გაცვლითი მქავიანობა, გამოძევებულია წყალბადიონების მხოლოდ ნაწილი და თუ ამ ნიადაგს ხელახლად დავამუშავებთ ჰიდროლიზურად ტუტე მარილის ხსნარით (მაგ.,  $CH_3COONa$ ), მაშინ ხსნარს კვლავ მქავე რეაქცია ექნება. აქედან ჩანს, რომ ნეიტრალური მარილის ხსნარი, შთანთქმულ წყალბადიონების მხოლოდ ნაწილს იძევებს და კომპლექსში კიდევ რჩება ისეთი შთანთქ-

მული H იონები, რომელთა გამოძევება შესაძლებელია უფრო მძლავრი, ენერგიული ნივთიერების — ჰიდროლიზურად ტუტე მარილის ხსნარის მოქმედებით. მეაქვიანობის ამ ფორმას. გ. კაპენმა ჰიდროლიზური მეაქვიანობა უწოდა.

მკვლევართა ერთი ნაწილი (კაპენი და სხვ.) ჰიდროლიზური მეაქვიანობის გამომწვევ მიზეზად შთანთქმულ ულტრააბსორბირებადი წყალბადიონებს თვლის. სხვა მკვლევართა (მაგ., გედროიცის) მიხედვით, ნიადაგის ნაჰუმის ძმრისმეაქვიანატრიუმის მარილის ხსნარით დამუშავების დროს ადგილი აქვს ამ მარილის ჰიდროლიზს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება NaOH, რომელიც ნიადაგის მიერ ფიზიკურად შთანთქმება და განთავისუფლებული ძმრისმეაქვიანობა ხსნარს დაამეაქვებს. შემდეგი გამოკვლევებით დადასტურდა კაპენის თეორიის სისწორე, ე. ი. ის, რომ ჰიდროლიზურ მეაქვიანობას იწვევს შთანთქმული წყალბადიონები.

ამჟამად გამოკვეთულია, რომ რიგი მრავალფუძიანი მეაქვების, მაგ., ოთხფუძიანი ჰუმინის მეაქვას სხვადასხვა წყალბადს, სხვადასხვა აქტივობა ახასიათებს, მათი გამოძევება შესაძლებელია მხოლოდ სხვადასხვა პირობებში. ნაყოფიერი აღმოჩნდა დ. პრიანიშნიკოვის მოსაზრება იმის შესახებ, რომ ნიადაგის მშთანთქავი კომპლექსი შეიძლება განხილული იქნეს, როგორც სუსტი მრავალფუძიანი აციდოიდი, რომლის H იონების ერთი ნაწილი გამოძევდება ნეიტრალური რეაქციის მარილის ხსნარით, ხოლო მეორე ნაწილი უფრო მაღალი pH-ის პირობებში. ამრიგად, როგორც გაცვლით, ისე ჰიდროლიზურ მეაქვიანობას იწვევს შთანთქმული H იონები; ეს H იონები ერთიმეორისაგან განსხვავდებიან მხოლოდ კოლოიდურ კომპლექსთან დაკავშირების სიმტკიცის ხარისხით. ჰიდროლიზურად ტუტე მარილის ხსნარის კოლოიდურ კომპლექსიდან აძევებს როგორც გაცვლითი მეაქვიანობის, ისე კომპლექსთან უფრო მჭიდროდ დაკავშირებულ წყალბადიონებს; ჰიდროლიზური მეაქვიანობის განსაზღვრის დროს მიმდინარე რეაქცია სქემატურად შემდეგნაირად შეიძლება გამოისახოს.





ამ რეაქციის შედეგად წარმოქმნილ  $\text{CH}_3 - \text{COOH}$ -ის მოლეკულათა რაოდენობა გამოსახავს ჰიდროლიზურ მჟავიანობას. რაც შეეხება  $\text{H}_6$ , ის წარმოადგენს ისეთ უმოქმედო, კოლოიდურ კომპლექსთან მჭიდროდ დაკავშირებულ წყალბადიონს (იონებს), რომლის გამოქვეყნებას უფრო მაღალი pH-ის ხსნარი სჭირდება.

### ნიადაგის ბუფერობა

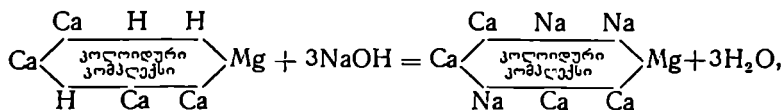
ნიადაგში ტუტეების ან მჟავების შეტანისას მის (ნიადაგის) უნარს— წინააღმდეგობა გაუწიოს აქტუალური რეაქციის შეცვლას — ბუფერობა ეწოდება.

ბუფერობა ნიადაგის კოლოიდებისა და შთანთქმული ფუძეების შედგენილობაზეა დამოკიდებული.

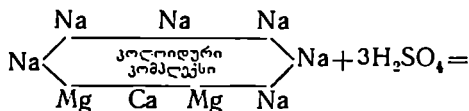
ნიადაგის ბუფერობის თვისებას აგრონომიული თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს. ამ თვისების გამო ნიადაგის ხსნარის რეაქცია შედარებით სტაბილურ ხასიათს ინარჩუნებს.

ბუფერობის ხასიათი დამოკიდებულია ნიადაგის რეაქციაზე. ფუძეებით მადლარი (Ca, Mg, Na) ტუტე და ნეიტრალური რეაქციის ნიადაგები ბუფერობენ გამჟავების წინააღმდეგ, ხოლო ფუძეებით არამადლარი, მჟავე რეაქციის ნიადაგები, გატუტიანების წინააღმდეგ.

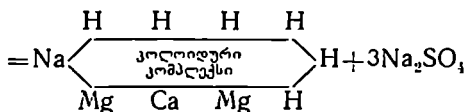
ეს რეაქციები სქემატურად შემდეგნაირად შეიძლება გამოვსახოთ:



მჟავე რეაქციის ნიადაგი.



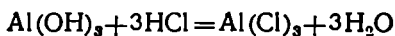
ტუტე რეაქციის ნიადაგი



პირველი მაგალითიდან ჩანს, რომ მჟავე რეაქციის ნიადაგში შეტანილი  $\text{NaOH}$  კოლოიდური ნაწილის ადსორბციული თვისების გამო შთანთქმება, ე. ი.  $\text{Na}$  ხსნარიდან, ან მოქმედი მდგომარეობიდან გადავა კოლოიდურ კომპლექსში, პასიურ მდგომარეობაში, რის გამოც ხსნარის რეაქცია შეიძლება მხოლოდ ნაწილობრივ შეიცვალოს.

მეორე მაგალითი გვიჩვენებს, რომ ტუტე რეაქციის ნიადაგში შეტანილი მყავა კოლოიდურ ნაწილთან ურთიერთობაში შევა, წყალბად-იონები შთანთქმება, ხოლო ხსნარში გადმოხული Na შეუერთდება SO<sub>4</sub>-ს და წარმოქმნის ნეიტრალურ მარილს. ამის გამო ამ ნიადაგის ხსნარის რეაქცია არსებითად არ შეიცვლება.

ნიადაგის ბუფერობის თვისებას აძლიერებს ალუმინისა და რკინის ჟანგულების ჰიდრატების შემცველობა ნიადაგში:



ზოგიერთი ძნელად ხსნადი მარილის შემცველობაც როგორც, მაგალითად, CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub> ნიადაგის ბუფერობის თვისებას გამაჯვების წინააღმდეგ ენერგიულს ხდის, რადგან ეს მარილები მყავებთან რეაქციაში შესვლის შედეგად ასუსტებენ მათ.

ამრიგად, ბუფერობა ხორციელდება ხსნარის მყავების ან ტუტეების ნიადაგის კოლოიდურ ნაწილთან რეაქციის შედეგად. ამის გამო კოლოიდებით მდიდარი ნიადაგების ბუფერობა დიდია, მსუბუქ (ქვიშიანი) ნიადაგს კი ეს თვისება თითქმის არ ახასიათებს. ნიადაგის ბუფერობის თვისებას ქიმიზაციის პრაქტიკაში დიდი მნიშვნელობა აქვს.

#### ქიმიური მელიორაცია, როგორც ნიადაგის ნაყოფიერების გაძლიერების საშუალება

როგორც აღნიშნეთ, ნიადაგის კოლოიდურ, ორგანულ და მინერალურ კომპლექსს და შთანთქმული ფუძეების შედგენილობას დიდი აგრონომიული მნიშვნელობა აქვს.

ნიადაგის ნაყოფიერების გაძლიერების აგრონომიულ ღონისძიებათა კომპლექსის მნიშვნელოვან ელემენტს წარმოადგენს ნიადაგის ქიმიური მელიორაცია და ორგანული ნივთიერებებით გამდიდრება.

ნიადაგში ორგანული ნივთიერებების რაოდენობის გაძლიერებისათვის ტარდება თესლბრუნვა, იყენებენ ორგანულ სასუქებს — ნაკელს, კომპოსტს, ტორფს, აგრეთვე მწვანე სასუქებს.

ორგანული ნივთიერებებით ნიადაგის გამდიდრება აძლიერებს მშთანთქავი კომპლექსის ყველაზე მნიშვნელოვან ნაწილს — ჰუმატურ (ორგანულ-მინერალურ) ნაწილს.

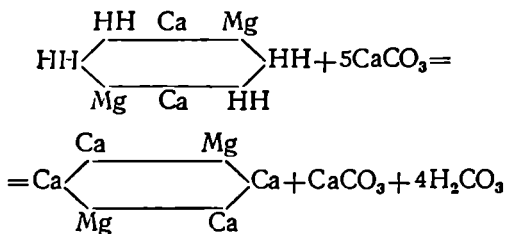
ფუძეებით არამაძლარი და ბიცობიანი ნიადაგები აღნიშნულ ღონისძიებასთან ერთად ქიმიურ მელიორაციას მოითხოვს.

ეწერი ნიადაგების რიგი უარყოფითი თვისებების მიზეზს ამ ნიადაგების ფუძეებით არამაძლრობა — კომპლექსში Ca სიმცირე და H იონების დიდი რაოდენობა წარმოადგენს. ასეთი ნიადაგის კოლოიდური კომპლექსი ხასიათდება არამდგრადობით, ორგანული და მინერალური

კოლოიდების ზედა ფენებიდან ქვედა ფენებისაკენ გადაადგილებით, ჩარეცხვის მკვირივი პორიზონტით, ცუდი ფიზიკური თვისებებით, მკავე რეაქციით და სხვ. ასეთ ნიადაგში შეტანილი ნაკელი და სხვა ორგანული სასუქები კოაგულატ Ca-ის სიმციროს გამო სუსტად კავდება.

უძველესი არამაძლარი ნიადაგების ქიმიური მელიორაცია მოკირიანებას მოითხოვს. ეს ერთ-ერთი უძველესი აგროტექნიკური ღონისძიებაა. გერმანიისა და საფრანგეთის მთელ რიგ რაიონებში კულტურული მიწათმოქმედების წარმოება შესაძლებელი გახდა მხოლოდ ნიადაგის მოკირიანების შემდეგ. დ. მენდელეევის მიერ რუსეთში პირველად ჩატარებულმა ქიმიზაციის ცდებმა, მოსავლიანობის გადიდებასთან დაკავშირებით, ცხადყო მოკირიანების უდიდესი მნიშვნელობა. საქართველოს სუბტროპიკული ეწერი ნიადაგების მოკირიანებას, აგრეთვე თავისი შორეული ისტორია აქვს.

ნიადაგში შეტანილ დაფქვილ კირსა და ნიადაგის მყარ ნაწილს შორის, რეაქცია შემდეგნაირად შეიძლება წარმოვიდგინოთ:



მოკირიანების საშუალებით ნიადაგის შემდეგი თვისებების შეცვლა-გაუმჯობესება ხდება:

1. მცირდება, როგორც ნიადაგის ხსნარის მკავე რეაქციის ხარისხი, ისე პოტენციური მკავეიანობა.

2. მკავე რეაქციის ნიადაგის ხსნადი Al და Fe მცენარეზე უარყოფითად მოქმედებს. მოკირიანებით ეს ნივთიერებანი ნაკლებად ხსნად მდგომარეობაში გადადიან და ამით მცირდება მათი ტოქსიკური მოქმედება.

3. დიდდება ნიადაგის შთანთქმის ტევადობა, კომპლექსიდან გამოძევებული წყალბადიონების ადგილების კალციუმით დაკავების გამო.

4. კომპლექსში უარყოფითმუხტიანი კოლოიდების რაოდენობის გადიდებით საკვები ელემენტების შეთვისებადობა მატულობს:

ა)  $\text{PO}_4$ -ის დესორბციის უნარის ზრდისა და

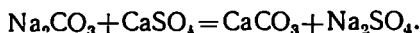
ბ) კომპლექსში Ca-ით მაძრობის ხარისხის მატების გამო.

5. მოკირიანება აუმჯობესებს ნიადაგის ფიზიკურ და ბიოქიმიურ თვისებებს.

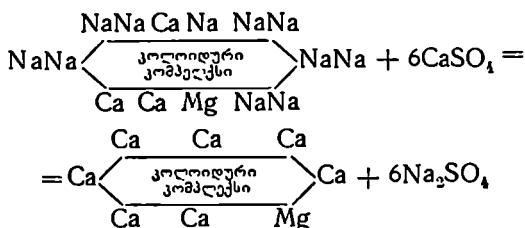
მოკირიანება დადებით შედეგს იძლევა დეგრადირებულ შავმიწა ნიადაგებზეც.

ცნობილია ბიცობი ნიადაგების უარყოფითი თვისებები — ტუტე რეაქცია, დიდი სიმკვრივე, ცუდი ჰაეროვან-წყლიური რეჟიმი. ამის მთავარ მიზეზს წარმოადგენს კოლოიდურ კომპლექსში Na-ის შემცველობა და სოდის წარმოქმნა. ეს უარყოფითი თვისებები იმდენად ძლიერია, რამდენადაც ნიადაგში მეტი რაოდენობით შედის შთანთქმული ნატრიუმი. ასეთი ნიადაგების მოთაბაშირებას (ან შემეჯავებას) აწარმოებენ შთანთქმული ფუძეების შედგენილობის გაუმჯობესებისა და ტუტიანობის შემცირების მიზნით.

რეაქციის შეცვლა შემდეგი სქემით მიმდინარეობს:



ნიადაგში ტუტიანობა მცირდება ან მყარდება ნეიტრალური რეაქცია, რაც აუმჯობესებს მცენარეების განვითარების პირობებს. თაბაშირის მოქმედება ნიადაგზე შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგნაირად:



მოთაბაშირებით ბიცობი ნიადაგის კოლოიდების დიფუზიურ შრეში Na იონის Ca-ით შეცვლა ხდება. ზავეის გამოკვლევებით (კამენნოისტეპის ბიცობიან-შავმიწაში) ბიცობი ნიადაგის შემეჯავება-მოთაბაშირება აღიღებს P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-ის შეთვისებადობას. გარდაბნისა და სოდანლულის ბიცობიან ნიადაგებში გაჯის შეტანა (თორთლაძე, ჩხიკვიშვილი) იწვევს ხორბლის მოსავლიანობის ზრდას და ნიადაგის თვისებებზე დადებითად მოქმედებს.

ბიცობიანი ნიადაგების ქიმიური მელიორაციის მიზნით იყენებენ აგრეთვე ქიმიური მრეწველობის მთავარ ანარჩენებს (გოგირდი, გოგირდმთავა და სხვ.).

**ნიადაგის სტრუქტურა**

როგორც აღენიშნეთ, ნიადაგთწარმოქმნის პროცესი ორი ერთიმეორის საწინააღმდეგო -- დისპერგაციისა და კოაგულაცია-აგრეგაციის პროცესთა ერთობლივი მიმდინარეობით ხასიათდება. პირველი დაქუცმაცებას იწვევს, ამის შედეგად ნაწილაკთა საერთო ზედაპირის გადიდებას, ხოლო მეორე — აგრეგირებას, ნაწილაკთა შეწებებას მსხვილ ერთეულებად, სტრუქტურულ აგრეგატებად და საერთო ზედაპირის შემცირებას. ნიადაგის მყარი ფაზა ნიადაგთწარმოქმნის პროცესთა ხასიათის შესაბამისი (დისპერგაციისა და აგრეგაციის პროცესთა გამოხატულების მიხედვით) ზომის, ფორმის, თვისებებისა და წყობის სტრუქტურით ხასიათდება. სტრუქტურა მყარი ფაზის ისეთი წყობაა, როდესაც ნიადაგი დაყოფილია მექანიკური ელემენტების შეწებების გამო წარმოშობილ ერთეულებად. ამ ერთეულებს სტრუქტურული ერთეულები ეწოდება.

ამრიგად, სტრუქტურული ერთეული წარმოადგენს სხვადასხვა ზომის მექანიკური ელემენტების ერთმეორესთან არაორგანული და ჰუმუსის კოლოიდებით შეწებებულ აგრეგატს. ნიადაგის დამუშავებით (მოხვნით) მის აგრეგატებად დაშლის (დაფშენის) უნარს სტრუქტურობის თვისება ეწოდება. სტრუქტურის წარმოქმნით უმჯობესდება ნიადაგის წყალგამტარობა, ტენტევალობა, ჰაერგამტარობა. ნიადაგში სტრუქტურის საშუალებით წყლისა და ჰაერის ანტაგონიზმი გადალახულია. სტრუქტურულ აგრეგატებს შორისებში (დიდ ფორმებში) ჰაერია მოახველებული, ხოლო თვით აგრეგატებში (პატარა ფორმებში) წყალი ამის გამო სტრუქტურიან ნიადაგს შეუძლია მცენარის მოთხოვნილება ერთდროულად დააკმაყოფილოს წყლითაც და ჰაერითაც. ნიადაგში წყლისა და ჰაერის ერთდროული არსებობა აპრობებს მის შემადგენელ ნივთიერებათა ბიოქიმიური დაშლის პროცესის ხასიათს (აერობული დაშლა აგრეგატების ზედაპირზე, ანაერობული: აგრეგატების, — გოროხების შიგნით) და საკვებ ნივთიერებათა რეჟიმის მოწესრიგებას იწვევს.

ამრიგად, სტრუქტურა ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის დამახასიათებელი ახალი თვისობრავი ძირითადი აგრონომიული ნიშანია; სტრუქტურის მეშვეობით ნიადაგში ხორციელდება, როგორც საკვები, ისე წყლისა და ჰაერის რეჟიმის რეგულაცია.

ნიადაგის სტრუქტურის აგრონომიულ მნიშვნელობას დიდი ყურადღება მიაქცია პ. კოსტიჩევმა (1886). მისი აზრით, რუსეთის ნარბილ, ხვნით „მოღლილ“ შავმიწებზე მოსავლიანობის შემცირება დაკავშირებულია ამ ნიადაგების სტრუქტურის დარღვევასთან. პ. კოსტიჩევმა ხაზგასმით აღნიშნა სტრუქტურის აღდგენის პროცესში ბალახების როლი.

ნიადაგის სტრუქტურის წარმოქმნის, სტრუქტურის აგრონომიული მნიშვნელობის, მთელი რიგი პრაქტიკული და თეორიული ხასიათის საკითხები დამუშავებული აქვს ვ. ვილიამსს. ამ საკითხების დამუშავებას იგი, როგორც ქვემოთ დაეინახავთ, მიუღდა ევოლუციურ-გენეზისური თვალსაზრისით.

### სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესი

ნაშალი ქანი შემდგომი გამოფიტვით, დისპერგაციის გარკვეულ საზღვარზე, შესაფერისი ტენიანობის პირობებში, ახალ თვისობრივობაში — ბმულობის თვისობრივობაში გადადის. როცა ნაწილაკთა დაქუცმაცება იმ ზომას მიღწევს, რომ მათი შეწყობების ძალა თითოეული მათგანის წონას (ბ. დერიაგინი) გადააქარბებს, მაშინ იწყება კოაგულაცია-აგრეგაციის მოვლენები. ამის შედეგად ბნეული „განცალკევებული“ ნექანიკური ელემენტების შეერთებით წარმოიქმნება ე. წ. მიკროაგრეგატები — მიკროსტრუქტურა. ამრიგად, სტრუქტურის წარმოქმნის ერთ-ერთ პირველ პირობათაგანს წარმოადგენს ნიადაგში წვრილდისპერსიული ნაწილის, კერძოდ კოლოიდური ფრაქციის, საკმაო რაოდენობით არსებობა. ამის გარეშე სტრუქტურა არ წარმოიქმნება (მაგალითად: ქვიშანიადაგებში).

ვ. ვილიამსი წვრილდისპერსიული ნაწილის კოაგულირებით წარმოქმნილ აგრეგატებს ნიადაგის სტრუქტურისაგან განასხვავებს. ის ამის შესახებ წერს: „არ უნდა ავურიოთ ერთმანეთში ნიადაგის აგრეგატული და სტრუქტურული მდგომარეობა. აგრეგატული ერთეულების დიამეტრი მერყეობს 0,1—0,2 მმ ფარგლებში და აქვს მცირე მნაშვნელობა ნიადაგის წყალმართვი რეჟიმისათვის. ერთმანეთისაგან პრინციპულად განსხვავდება გოროხოვანი (სტრუქტურულ-

ლი) და განცალკევებული (უსტრუქტურო) ნაწილაკებიანი ნიადაგები“ (ზაზგასმა ვილიამსის).

მექანიკურ ელემენტთა შეწყობებით წარმოშობილი ყველა მეორადი ერთეული, წარმოქმნის პროცესის ხასიათის მიხედვით, შეიძლება დაიყოს:

1. აგრეგატებად (და მიკროაგრეგატებად) — ეს ნიადაგის ისეთი მეორადი ერთეულებია, რომლის კოწიწს წარმოადგენს როგორც ორგანული, ისე არაორგანული მწებავი (კოლოიდი) ნივთიერებები.

2. სტრუქტურულად (და მიკროსტრუქტურულად), რომლის მწებავ ნივთიერებას, ვილიამსის მიხედვით, მხოლოდ ჰუმინისა და ულმინის მკავეები და მათი დერივატები (ჰუმინი და ულმინი) წარმოადგენენ.

ამრიგად, აგრეგატის ცნება უფრო ფართოა, ხოლო სტრუქტურის ცნება უფრო ვიწრო და სპეციფიკურია.

აგრეგატულობა (და მიკროაგრეგატულობა) ყველა თხნარ და თხნარ ნიადაგებს ახასიათებს. სტრუქტურა კი ყველა ნიადაგს არ ახასიათებს.

ნიადაგები სტრუქტურის მიხედვით იყოფა: სტრუქტურულ და უსტრუქტურო ნიადაგებად. უსტრუქტურო ნიადაგებს, ერთი მხრივ, წარმოადგენენ არააგრეგატული (ქვიშა), ხოლო, მეორე მხრივ, ისეთი აგრეგატული ნიადაგები, რომელთა ერთეულების დიამეტრი ან 0,25 მმ ნაკლები ზომისაა, ან კიდევ ბელტოვანია და მონოლითური ხასიათისა. სტრუქტურიანი ნიადაგი აგრეგატულია და იმავე დროს მისი სტრუქტურული ერთეულების დიამეტრი 0,25 — 10 მმ შორის მერყეობს.

ნიადაგთწარმოქმნის პროცესში ადგილი აქვს სტრუქტურის წარმოქმნას.

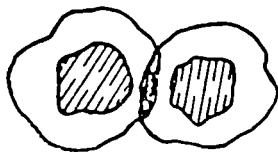
წვრალდისპერსიული ნაწილაკების სათანადო რაოდენობის შემცველ ნიადაგში, სტრუქტურის წარმოქმნელ ფაქტორთა მოქმედებით, ადგილი აქვს სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესს. ამ პროცესში პ. კოსტიჩევისა და ვ. ვილიამსის მიხედვით განსაკუთრებულ როლს მცენარის ფესვთა სისტემა ასრულებს.

სტრუქტურის წარმოქმნაში მცენარის ფესვთა სისტემა ორგვარა როლის შემსრულებელია — პირდაპირისა და არაპირდაპირისა. პირდაპირი როლი გამოიხატება იმითი, რომ ფესვები ნიადაგის მყარ ფაზას ჰკრიან ცალ-ცალკე ერთეულებად და ამით მის გასტრუქტურებას იწვევენ. ამის გარდა, ფესვების განვითარებით ნიადაგში წარმოიქმნება წნევა, რომელიც ნიადაგის ნაწილაკებს ერთიმეორესთან აახლოებს და ამით ხელს უწყობს კოაგულაციის მოვლენებს. სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესში განსაკუთრებით დიდ როლს ასრულებს წვრილი და

ზშირი ფესვების მქონე ბალახები. მერქნიანი მცენარეების ფესვთა სისტემის როლი ამ მხრივ ნაკლებია.

სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესში ფესვთა სისტემის არაპირდაპირი მონაწილეობა შემდეგით გამოიხატება. მცენარის სიკვდილის შემდეგ ფესვების ნაშთების (და საერთოდ ორგანული ნაშთების) ჰუმუფიკაციით წარმოქმნილი ჰუმუსის ნივთიერებანი კოაგულირებული Ca-ით წარმოადგენს ნიადაგის მექანიკური ელემენტების შემაწვებელი მაღალი ღირსების კოლოიდს. არაორგანული კოლოიდი ამ მხრივ ახლად წარმოქმნილ ჰუმუსს ჩამოუვარდება.

სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესში, გარკვეული მნიშვნელობა აქვს წყალს. დ. ვილენსკის და თ. გერმანოვას ცდებით დადასტურებულია, რომ ნიადაგი, სხვადასხვა რაოდენობით წყლის შემცველობის შემთხვევაში დამუშავებული, სხვადასხვა ზომის აგრეგატებს წარმოქმნის ყოველ ნიადაგს ტენის თავისი ოპტიმუმი ახასიათებს ისაუქეთესო აგრეგირებისათვის. წყლის აპსკი, რომელიც გარშემო ეკვრის ნიადაგის ნაწილაკებს, ნაწი-



სურ. 18. წყლის აპსკების გადაკეობა.

ლათა ერთიმეორესთან დაახლოების შემთხვევაში, ერთი მეორეში შედის და ერთი საერთო აპსკით შემოეკვრება მიკროაგრეგატს ან მის შემადგენელ ცალკე ნაწილს, როგორც ეს მე-18 სურათიდან ჩანს.

გამორკვეულია, რომ სტრუქტურის წარმოქმნაზე დადებით გავლენას ახდენს ნიადაგში წყლის გაყინვა. ა. ფადეევის მიხედვით, ნიადაგში წყალი იყინება არა ერთბაშად, არამედ ბუდნა-ბუდნად. პირველ რიგში წყალი იყინება დიდ ფორებში. ამის შედეგად ის წყრილი ფორებიდან იზიდავს წყალს თავისაკენ და თანდათან აღიდებს გაყინული წყლის კერებს. გაყინული წყალი ფართოვდება, აწვება ნიადაგის შემადგენელ მექანიკურ ელემენტებს და მიკროაგრეგატებს, ერთმანეთთან აახლოებს, წნეხავს გორხებად ან სხვა ფორმის სტრუქტურულ ერთეულებად.

მზრალად ხვნის მაღალი აგროტექნიკური მნიშვნელობა, წყლის გაყინვით კარგ აგრეგირებასთანაა დაკავშირებული.

სტრუქტურის წარმოქმნაზე მოქმედებს აგრეთვე თქვირების თვისება. დადგენილია, რომ საშუალო თქვირების ნიადაგებში, დასველებით გამოწვეული მოცულობის მომატება (და წნევის გადიდება). აგრეთვე დადებითად მოქმედებს სტრუქტურის წარმოქმნაზე.

ნიადაგის სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესში გარკვეულ როლს ასრულებენ ცხოველური ორგანიზმები, რომელთაგან განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ჭიაყელებს. ეს ორგანიზმები ყოველი მიმარ-



თულებით ახერხებენ ნიადაგს. ხვრელების ზედაპირს უღენტავენ გამოწყობი ლორწოთი (ამით ხვრელი არ ჩამოინგრევა). ამის გარდა ჭიკაძეები, იკვებებიან რა ორგანული ნაშთებით, ექსკრემენტებს ნიადაგში გაროხების სახით გამოყოფენ.

დარვინი ჭიკაძეების მოქმედებას მეტად დიდ მნიშვნელობას ანიჭებდა, ის აღნიშნავდა, რომ ინგლისის ნიადაგების ზედა 20 სმ სიღრმის ფენა, თითქმის მთლიანად ჭიკაძეების ორგანიზმშია გატარებული. შუა აზიის ცდებიდან (სოკოლოვი) ჩანს ჭიკაძეების მოქმედების მაღალი „აგროტექნიკური“ მოქმედება სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესში.

ნიადაგის ზედა ფენიდან, სიღრმის მიმართულებით სტრუქტურის წარმოქმნა თანდათან სუსტდება, რის გამო ქვედა ფენაში ნიადაგს უსტრუქტურობა ახასიათებს.

ს. ზახაროვი ფორმის მიხედვით, ნიადაგის სტრუქტურის სამ ტიპს არჩევს:

1. კუბურს (მომრგვალო, მრავალწახნაგიანი და სხვ.);
2. პრიზმულს (წაგრძელებულ-სვეტოვანს) და
3. ფიქალოვანს (გაბრტყელებულს).

თითოეული მათგანი დიამეტრის სიდიდის მიხედვით იყოფა სახეებად.

$<0,25$  მმ დიამეტრის მქონე სტრუქტურას, მიკროსტრუქტურას უწოდებენ, ხოლო  $>0,25$  მმ კი — მაკროსტრუქტურას. აგრონომიულად ყველაზე მაღალი ღირსებისაა მარცვლოვან-გორბოვანი (0,5—10 მმ) სტრუქტურა.

### ნიადაგის სტრუქტურის სიმაგრისა და სიმტკიცის თვისება

ნიადაგის სტრუქტურას სიმაგრისა და სიმტკიცის თვისებები აქვს.

სტრუქტურული აგრეგატების უნარს — წინააღმდეგობა გაუწიოს მათზე მოქმედ მექანიკურ ძალას — ს ი მ ა გ რ ი ს თ ვ ი ს ე ბ ა ეწოდება. სტრუქტურის ამ თვისებას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ამ თვისების გარეშე ნიადაგი დამუშავებით და მასზე ტრაქტორიან სხვა მანქანა-იარაღების მოძრაობის შედეგად დაკარგავდა სტრუქტურას, გამტვერიანდებოდა. მ. პიგულევსკის, ნ. კაჩინსკის ლა სხვათა გამოკვლევებით, სათანადო სიმაგრის თვისების მქონე სტრუქტურის ნიადაგი დამუშავებით ნაკლებად ირღვევა (მტვერიანდება).

სტრუქტურის სიმაგრეს განსაზღვრავს შემდეგი პირობები:

1. მექანიკური შედგენილობა;
2. შთანთქმულ კატიონთა შედგენილობა;
3. ტენიის შემცველობა და
4. ჰუმუსის შემცველობა.

მძიმე მექანიკური შედგენილობის — თიხიანი ნიადაგების სტრუქ-

ტურას უფრო მეტი სიმაგრე ახასიათებს, ვიდრე თიხნარისას. ერთვალენტიანი კატიონებით მაძლარი (განსაკუთრებით Na იონით) კოლოიდების შემცველი ნიადაგის სტრუქტურა (მშრალ მდგომარეობაში) ბევრად უფრო დიდი სიმაგრით ხასიათდება, ვიდრე Ca და Mg მაძლარი ნიადაგისა. ტენის შემცველობის შემცირებით ნიადაგის სტრუქტურის სიმაგრე მატულობს.

სტრუქტურის სიმაგრის გასაზომად იყენებენ პ. ანდრიანოვის და მ. ზაიკინის ლაბორატორიულ მეთოდს და ვ. ლიჩკოვის ხელსაწყოს — სიმაგრმზომს და ს.ვ.

წყლის დამშლელი მოქმედებისადმი სტრუქტურის წინააღმდეგობის თვისებას სტრუქტურის სიმტკიცე ეწოდება. სტრუქტურის სიმტკიცეს მეტად დიდი აგრონომიული მნიშვნელობა აქვს.

მტკიცე სტრუქტურა აპირობებს ნიადაგში წყლის მოძრაობას, წყლის შენახვას, გავლენას ახდენს ეროზიული მოვლენების გამოსახულებაზე, ბიოქიმიურ პროცესებზე და სხვ. ამრიგად, სტრუქტურა ნიადაგის ნაყოფიერების ერთ-ერთი მთავარი მაპირობებელი ფაქტორთაგანია, რაზედაც მიუთითებდნენ პ. კოსტიჩევი და სხვ. ვ. ვილიამსი ნიადაგის სტრუქტურის სიმტკიცეს განსაკუთრებით დიდ მნიშვნელობას ანიჭებს. ფაიფურის პატარა ჯამებში ჩვენ რომ ცალ-ცალკე მოვათავსოთ შავმიწის, წითელმიწის, ეწერის და ბიცობი ნიადაგების სტრუქტურული ერთეულები და თითოეულ მათგანს თანაბარი რაოდენობით დავსხათ წყალი, დავინახავთ, რომ ბიცობი და ეწერი ნიადაგების სტრუქტურა თითქმის დასველებისთანავე დაიშლება. შავმიწა და წითელმიწა ნიადაგის გორბები კი დიდხანს შეინარჩუნებს თავის ფორმას და სიდიდეს.

ამრიგად, ბიცობ და ეწერ ნიადაგებს წყლის დამშლელი მოქმედებისადმი წინააღმდეგობის სუსტი უნარი და, პირიქით, ძლიერი დისპერსიულობის (წყლით დაშლის) თვისება ახასიათებს, შავმიწა და წითელმიწის სტრუქტურა კი დიდი სიმტკიცითა და სუსტი დისპერსიულობით ხასიათდება.

ვ. ვილიამსის გამოკვლევებით სტრუქტურის სიმტკიცის თვისებას განსაზღვრავს ჰუმუსის ნივთიერებანი.

ასეთ დასკვნამდე პირველად შლეზინგი (მამა) მივიდა; შლეზინგის შემდეგ ეს საკითხი ექსპერიმენტულად შეისწავლა ა. ფადეევმა ვ. ვილიამსთან ერთად. ამ და შემდგომი სხვა გამოკვლევებით ვილიამსმა დაამტკიცა, რომ სტრუქტურის სიმტკიცეს განსაზღვრავს მხოლოდ ახლად წარმოქმნილი ჰუმუსი Ca იონთან ერთად. დაძველებულ, გამომშრალ ან ერთხელ უკვე სტრუქტურის წებოდ ნამყოფ და შემდეგ დაშლილ ჰუმუსს, ეს თვისება აღარა აქვს.

კ. გელროიცის გამოკვლევების მიხედვითაც ნიადაგის ორგანულ კო-

ლოიდებს შეწებების მაღალი თვისება ახასიათებს, რის გამო კალციუმ იონებით კოაგულირებულ ჰუმუსით გაუღენთილ გოროხს (სტრუქტურას), დიდი სიმტკიცის თვისება აქვს.

აკად. ი. ტიურინის, ა. ტიულინის, ი. ანტიპოვ-კარატაევისა და სხვათა გამოკვლევებით დადასტურებულია, რომ მტკიცე სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესში მონაწილეობს ჰუმუსის მკავეები (ულმინისა და ჰუმინის), რომელთა მოლეკულური ხსნარი დენატურირებით ან მრავალვალენტიანი კატიონებით, განსაკუთრებით კი  $Ca$  იონის მოქმედებით, სწრაფად გადადის კოჟინში — კოლაგელში. სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესში კრენის მკავე არ მონაწილეობს, რადგან ის დენატურირებას არ განიცდის.

ნიადაგის სტრუქტურის სიმტკიცეს ზოგიერთი ავტორი მიაწერს კალციუმის კარბონატს, რკინის უანგის ჰიდრატს და სხვ. ბოლოდროინდელი ცდებით გამოკვეულია, რომ ეს ნივთიერებები ნიადაგის სტრუქტურის სიმტკიცეზე შესამჩნევ გავლენას არ ახდენენ.

ფ. გელცერის გამოკვლევებით ბაქტერიული ენზიმები და ავტოლიზური პროდუქტები, როგორც მაღალი შეწებების თვისების მქონე ნივთიერებანი, მტკიცე სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესში დიდ როლს ასრულებენ.

ფადეევი-ვილაამსის, ვილენსკის, ანდრიანოვისა და სავინოვის მეთოდები ნიადაგის სტრუქტურის განსაზღვრის ცნობილი მეთოდებია.

მრავალი მკვლევარი (ვერშინინი, კოლიასევი და სხვ.) მუშაობდა სტრუქტურის წარმოქმნელი სპეციფიკური სასუქის ქარხნული წესით დამზადების პრობლემაზე. ამ მიმართულებით დადებითი შედეგები უკვე მიღებულია.

### სტრუქტურის დარღვევა

ნიადაგთწარმოქმნა, სტრუქტურის მხრივ, ხასიათდება სტრუქტურის შექმნისა და მისი დარღვევის პროცესების ერთიანობით; სტრუქტურას არღვევს როგორც ბუნებრივი, ისე ხელოვნური (აგროტექნიკური) პირობები.

სტრუქტურის დარღვევა გამოწვეულია: 1. მექანიკური, 2. ფიზიკურ-ქიმიური და 3. ბიოლოგიური ხასიათის მოვლენებით.

ნიადაგის სტრუქტურის მექანიკურ დარღვევას არაწესიერი დამუშავება იწვევს. სველი ან გამოგვალული (შშრალი) ნიადაგის დამუშავებით სტრუქტურა ადვილად ირღვევა, ის ტლანქი ბელტოვანი და გამტვერიანებული ხდება. ნიადაგში ტენის გარკვეულ რაოდენობას, დამუშავების მაღალხარისხოვანებისათვის, დიდი მნიშვნელობა აქვს. ნიადაგი უნდა დამუშავდეს ტექნიკური სიმწიფის (დავარგებულობის)

პერიოდში (მაშინ, როდესაც ის არც მშრალია და არც მეტად სველი). ასეთ პირობებში დამუშავებულ ნიადაგს კარგად გამოხატული გაფხვიერება-აგრეგირების თვისება აქვს.

სტრუქტურას მეტ-ნაკლებად არღვევს ნახნავზე ადამიანის, ცოცხალი და მექანიკური გამწევი ძალის, მანქანა-იარაღებისა და სხვ. მოძრაობა.

სტრუქტურის დარღვევას იწვევს აგრეთვე შხაპუნა წვიმა. ნიადაგზე დაცემული ძლიერი წვიმის წვეთები სტრუქტურულ აგრეგატებს მექანიკურად შლის.

ნიადაგის სტრუქტურას არღვევს ფიზიკურ-ქიმიური ხასიათის მოვლენებიც. ამ მხრივ ვ. ვილიამსი პირველ რიგში აღნიშნავს ამონიუმის მარილებს, რომლებსაც ამა თუ იმ რაოდენობით ყოველთვის შეიცავს ატმოსფერული ნალექები. ნიადაგში მოხვედრილი ამ მარილების კატიონური ნაწილი ჰუმუსიდან გამოდენის შთანთქმულ Ca-ის იონებს და თვითონ იკავებს მის ადგილს. ამის შედეგად ადგილი აქვს კოლოიდების პეპტიზაციას. სტრუქტურული აგრეგატი წებოს დაკარგვით წყალში იშლება. სტრუქტურას ასეთივე გზით არღვევს ნიადაგის წყალში მყოფი იონიზებული წყალბადისა და ჰიდროქსილების მოქმედება.

არაწესიერი რწყვა არღვევს სტრუქტურას როგორც მექანიკურად. ისე ფიზიკურ-ქიმიურად. რაციონალური წესით რწყვა (დაწვიმება, გვერდითი ფილტრაცია), პირიქით, სტრუქტურას არა თუ არ არღვევს, არამედ აუმჯობესებს მას.

სტრუქტურის დარღვევას იწვევს ფიზიოლოგიურად ტუტე სასუქები (მაგ.,  $\text{NaNO}_3$ ), გრანულირებული მინერალური სასუქების გამოყენება ნიადაგის სტრუქტურას დარღვევისაგან შესამჩნევად იცავს.

ნიადაგის სტრუქტურის დარღვევაზე ბიოლოგიური ფაქტორის მოქმედება შემდეგით გამოიხატება. ყოველ ნიადაგში ადგილი აქვს მიკროორგანიზმების მოქმედებით როგორც უმოქმედო, ძველი, ისე მოქმედი ჰუმუსის დაშლა-მინერალიზაციის პროცესს. ამის გამო იშლება სტრუქტურის ცემენტი, წებო, ჰუმუსის ნივთიერებანი და იშლება თვითონ სტრუქტურაც.

ამ პროცესის ინტენსივობა დამოკიდებულია ბიოქიმიური მოვლენების ხასიათზე. აერობულ პირობებში ჰუმუსის დაშლა და სტრუქტურის დარღვევა ენერგიულად მიმდინარეობს.

#### ნიადაგის სტრუქტურის დინამიკა

სტრუქტურის ცვალებადობა, ერთი მხრივ, ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის საერთო ევოლუციასთანაა დაკავშირებული და ნიადაგის

განვითარების სტადიების მიხედვით მიმდინარეობს, ხოლო მეორე მხრივ, სეზონურობასთან, ე. ი. სავეგეტაციო პერიოდის მიხედვით განიცდის დინამიკას.

სტრუქტურის დინამიკაზე მოქმედებს ორგანული ნაშთების რაოდენობა, ბიოქიმიური პროცესების ხასიათი და ინტენსივობა, ამინდის პირობები, აგროტექნიკის დონე და სხვ.

ზაფხულის სიცხეებით არააქტიურ მდგომარეობაში გადასულ ჰუმუსის ნივთიერებებს, შავმიწა ნიადაგშიც კი, დაკარგული აქვს წებოს თვისებები, და ამის გამო ხვნით ან სხვა გზით დარღვეულ-გამტვერიანებული სტრუქტურის აღდგენა არ შეიძლება. ამის გამო მტკიცე სტრუქტურული აგრეგატების რაოდენობა ზაფხულის ბოლოს შემცირებულია. ნიადაგში, ზამთარში და განსაკუთრებით გაზაფხულზე, ანაერობულ პირობებში ახლად წარმოქმნილი ჰუმუსის ნივთიერებანი (ჟღმინისა და ჰუმინის მკავები), როგორც მოქმედი, სტრუქტურის წარმომქმნელი აქტიური ნივთიერებანი, ეღენთავენ გორიხებს და მტკიცე სტრუქტურას წარმოშობენ. ამის გამო აპრილის დასასრულსა და მაისის თვეში, ნიადაგის სტრუქტურა წინა წლის ზაფხულის თვეების სტრუქტურასთან შედარებით, უკეთესი მაჩვენებლებით ხასიათდება (გორიხოვან-მარცვლოვანი, მტკიცე).

სტრუქტურის დინამიკაზე დიდ გავლენას ახდენს ბიოქიმიური პროცესების სეზონური გამოხატულება. ორგანული ნაშთების, ანაერობულ ან ნაწილობრივად აერობულ პირობებში დაშლის პროდუქტებმა სტრუქტურის წარმოქმნა-აღდგენაზე ინტენსიურად მოქმედებს. გვალვიან წელიწადში და განსაკუთრებით მშრალი ზამთრისა და გაზაფხულის პირობებში კი, ორგანული ნაშთები გაძლიერებულ მინერალიზაციას განიცდის, რის გამო აქტიური ჰუმუსის წარმოქმნას და, შესადაამე, სტრუქტურის აღდგენას თითქმის არა აქვს ადგილი.

სტრუქტურის დინამიკაზე გავლენას ახდენს მოსავლის რაოდენობა. ბალახნათეს მინდორზე ნიადაგის სტრუქტურის წარმოქმნა-აღდგენა, პირდაპირ დამოკიდებულებაშია მოსავალთან, რის გამოც ბალახის მაღალი მოსავლის წლებში სტრუქტურას უკეთესი მაჩვენებლები ახასიათებს. სათიხნი კულტურების პირობებში, სადაც ბიოქიმიური პროცესები შედარებით ინტენსიურია და ამავე დროს სტრუქტურის მექანიკურ დარღვევასაც აქვს ადგილი, სტრუქტურა უფრო მეტადაა დარღვეული, ვიდრე არასათიხნი კულტურების პირობებში.

სხვადასხვა ტიპის ნიადაგებში სტრუქტურის დინამიკას სხვადასხვაგვარი ხასიათი აქვს. მაგალითად, თუ შავმიწა ნიადაგში სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესზე გამოწრობა უარყოფითად მოქმედებს, ტენიან ჰავის ნიადაგების სტრუქტურას, პირიქით, აუმჯობესებს. ტენიანი ჰავის პირობებში ნიადაგების სტრუქტურას სათიხნი კულტურების წარმოე-

ბა უფრო ნაკლებად არღვევს, ვიდრე მშრალი ჰავის პირობებში. ყველა ზემოთქმულიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ ნიადაგის ტიპების მიხედვით სტრუქტურის სეზონური დინამიკის რიტმი თავისებური ხასიათისაა, რაც ამა თუ იმ ნიადაგური ზონის აგროტექნიკის დადგენისათვის აუცილებლად მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული.

#### სტრუქტურის ხასიათი ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის სტადიების მიხედვით

ნიადაგთწარმოქმნის პროცესი განვითარების სხვადასხვა სტადიის დროს ნიადაგის ბუნებრივი ნაყოფიერების სხვადასხვაგვარ თვისებას ამჟღავნებს.

ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის განმსაზღვრელ მცენარეთა ფორმაცია, იმავე დროს ამ სტადიის ნიადაგის სტრუქტურის წარმოქმნის ძირითადი ფაქტორთაგანია. ნიადაგთწარმოქმნის ისტორიული პროცესის სტადიების შესაბამისად იცვლებოდა და ვითარდებოდა სტრუქტურის წარმოქმნის ხასიათი და სტრუქტურის თვისებები.

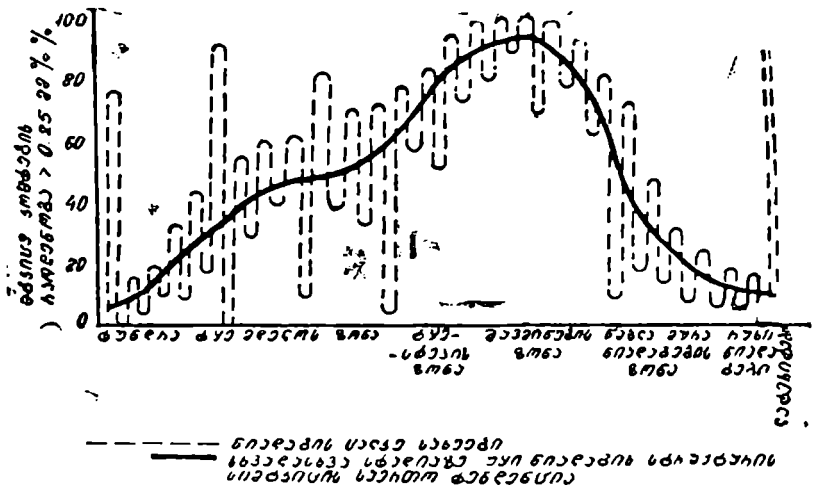
ულრანი ტყეების პირობების ნიადაგს (ეწერი), როგორც ცნობილია, ახასიათებს ორგანული და მინერალური კოლოიდების სიმცირე (ზედაფენაში), განსაკუთრებით კი ჰუმინისა და ულმინის მჟავების ნაკლებობა და პირიქით, ფულვომჟავების მეტი რაოდენობა. ამიტომ ეწერწარმოქმნის ნიადაგს აგრონომიულად დაბალი ღირსების, არამტკიცე სტრუქტურა აქვს.

კორდიან-მდელოს სტადიის ნიადაგს, რომელიც საერთოდ კოლოიდებით და, კერძოდ კი, ჰუმუსის (ჰუმინისა და ულმინის) მჟავებით მდიდარია, საუკეთესო (მტკიცე) სტრუქტურა ახასიათებს.

ის სტეპური ნიადაგები (წაბლა, მურა და სხვ.), რომლებიც ორგანული ნივთიერებების სიმცირესთან ერთად, აერობული პროცესების გამო გამოშვრალ არააქტიურ ჰუმუსს შეიცავენ, ხასიათდებიან სტრუქტურის დარღვევა-დაშლის ინტენსიური გამოხატულებით.

ნ. სავინოვის სქემა ნიადაგების ზედა ფენის მტკიცე მაკროსტრუქტურული აგრეგატების შემცველობის შესახებ, ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის სტადიებთან დაკავშირებით, ზემოთქმულის ნათელ ილუსტრაციას წარმოადგენს. (სურ. 19).

სურათზე შავი ხაზი ნიადაგის სტადიების მიხედვით სტრუქტურის სიმტკიცის გამოხატულების მაჩვენებელია. წყვეტილი ხაზები, შავ ხაზს ზემოთ, გამოხატავს ნიადაგური ზონების ცალ-ცალკე სხვაობების სტრუქტურის სიმტკიცეს ტუნდრასა და ტყე-ტუნდრაში — დრენირებულ ნიადაგებს, ტყე-სტეპისა და შავმიწების ზონაში — არაბიცობიან და ჩამოურეცხავ ნიადაგებს, წაბლა და მურა ნიადაგების ზონაში — დაბლობებს და, საერთოდ, კარგად დატენიანებულ ნიადაგებს, რომ-



სურ. 19. სხვადასხვა ზონის აუთოისებულო ნიჟარების ზედაფენის მაკროსტრუქტურის სიმტკიცე.

ლებიც მდებარე-სტების მცენარეულობით ხასიათდებიან, რუხი ნიჟარების ზონაში კარგად დატენიანებულ, მრავალწლოვან მარცლოვანებით დაკავებულ ნიჟარებს. წყვეტილი ხაზები, შავ ხაზს ქვემოთ, შესაბამება სტრუქტურის სიმტკიცეს ტუნდრასა და ტყე-ტუნდრაში ძლიერ ეწერიან და დაჭობებულ ნიჟარებს. ტყე-სტებისა და შავმიწების ზონაში მსუბუქი მექანიკური შედგენილობისა და გადმორეცხილ, სხვადასხვა ხარისხით ბიცობიან ნიჟარებს წაბლა-მურა და რუხი ნიჟარების ზონაში კი სხვადასხვა ხარისხით ბიცობიან და დამლაშებულ ნიჟარებს.

## ნიადაგის ფიზიკური თვისებები

ნიადაგის ფიზიკური თვისებებია საერთო ფიზიკური, ფიზიკურ-მექანიკური, ნიადაგის წყლის, ჰაერისა და სითბოს თვისებები. შეეჩერდეთ თითოეულ მათგანზე.

### 1. ნიადაგის საერთო ფიზიკური თვისებები

ნიადაგის ფორიანობა. ნიადაგის მექანიკურ ელემენტებსა და სტრუქტურულ აგრეგატებს შორის, თავისუფალი ადგილები სხვადასხვა ფორმის ღრუებს — სიცარიელებს ანუ ფორებს უკავია: ზათი საერთო რაოდენობა ნიადაგის ფორიანობას გამოხატავს.

ნიადაგის ფორიანობა დამოკიდებულია ნიადაგის წარმოქმნის პირობებზე, მექანიკურ და სტრუქტურულ შედგენილობაზე. ამ უკანასკნელთა წყობა განსაზღვრავს არა მარტო ნიადაგის საერთო ფორიანობას, არამედ მის ხასიათსაც (ფორმას, ღიამეტრს და სხვ.). ამ საკითხის გასარკვევად წარმოვიდგინეთ, რომ 1 მ<sup>3</sup> მოცულობის ყუთში, ჩაწყობილია 1000 ცალი ბირთვი, თითოეული 10 სმ ღიამეტრით. ბირთვები მოთავსებულია ერთიმეორის ზემოთ. ყოველ ბირთვს (გარდა განაპირა ბირთვებისა) შეხების ექვსი წერტილი აქვს. ასეთი წყობა წარმოადგენს ფხვიერ წყობას (სურ. 20. I, V). მყარი ნაწილის მიერ დაკავებული ადგილი უდრის 52,4%, ფორების კი — 47,6% (100 — 52,4 — 47,6) იმ შემთხვევაში კი, როდესაც ზედა ბირთვი ქვედა ორ ბირთვს შორისაა მოთავსებული, როგორც ეს მე-20 (II, III, IV) სურათიდან ჩანს, ასეთი წყობა იქნება მკვრივი და ფორების საერთო რაოდენობა მხოლოდ 25,9%-ის ტოლი. ნიადაგში, სადაც სხვადასხვა სიდიდის გორბებია, მდგომარეობა, რა თქმა უნდა, კიდევ უფრო რთულია. საერთოდ ფორიანობა დამოკიდებულია ნაწილაკთა და გორბთა წყობის ხასიათზე. მკვრივი წყობის შემთხვევაში ფორიანობა, ფხვიერ წყობასთან შედარებით, თითქმის ორჯერ ნაკლებია. გარდა აგრეგატთა წყობისა, ფორიანობაზე გავლენას ახდენს სტრუქტურული აგრეგატების ღიამეტრი.





I



II



III



IV



V

სურ. 20. ბირთვების წყობა ფხვიერი (I, V) და შკერივი (II, III, IV) აგებულების შემთხვევაში.

მყარი ფაზის არაერთგვაროვანი მექანიკური შედგენილობისა და არათანაბარი დიამეტრიანი სტრუქტურის გამო, ნიადაგში სტვადასხვა ხასიათის (დიამეტრის) ფორებია წარმოდგენილი.

ნ. კაჩინსკის მიხედვით ნიადაგში შემდეგი სახის ფორებია: 1. საერთო ფორიანობა; 2. აგრეგატული ფორიანობა; 3. აგრეგატშორისი ფორიანობა; 4. მტკიცედმული წყლით დაკავებული ფორები; 5. ფაშარადმული წყლით დაკავებული ფორები; 6. კაპილარული წყლით დაკავებული ფორები; 7. ყველა სახის წყლით დაკავებული ფორები და 8. ჰაერით დაკავებული ფორები.

კაჩინსკი ნიადაგის ფორების ასეთ ცალ-ცალკე სახეებად დაყოფას, დიფერენციულ ფორიანობას უწოდებს. ნიადაგის ჰაერისა და წყლის თვისებები დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა ადგილი უკავია საერთო ფორიანობაში დიდდიამეტრიან ფორებს. აგრონომიულად კარგი მდგომარეობა მაშინაა ნიადაგში, როცა აგრეგატულ და აგრეგატშორის ფორიანობის რაოდენობა საერთო ფორიანობის 20%-ზე ნაკლები არ იქნება.

სხვადასხვა ნიადაგი დიფერენციული ფორიანობით ერთმეორისაგან აშკარად განსხვავდება.

ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ შავმიწას ახასიათებს როგორც საერთო, ისე ცალკე აგრეგატთა ფორიანობის საუკეთესო მაჩვენებლები. ბიცობი და ეწერი ნიადაგების ფორიანობა კი ამ მხრივ არააღმაკმაყოფილებელი თვისებებისაა.

როგორც ცნობილია, ნიადაგის ფორები შევსებულია წყლითა და ჰაერით. ყოველი სახის ფორში აღსაზრებულ (შთანთქმულ) წყალს მეტ-ნაკლები ადგილი უკავია. ამის გამო ფორების ეს ნაწილი, ჰაერის შემცველობის მხრივ, პასიურია, დანარჩენი ნაწილი კი, სადაც ჰაერია, — აქტიურია.

ნ. კაჩინსკი საერთო ფორიანობისა და ადსორბირებული წყლით დაკავებული ფორების სხვაობის ნაშთს — აქტიურ ფორიანობას უწოდებს. აქტიური ფორიანობა, ნიადაგის მექანიკური შედგენილობის მახედვით, დიდ ფარგლებში მერყეობს.

ცხრილი 28

ნიადაგის ლიფერენციული ფორიანობა %-ობით

ნიადაგი	პორიონტის სტრუქტურა	საერთო ფორიანობა	ცალკე აგრეგატთა ფორიანობა	აგრეგატთა ფორიანობა ერთად (ჯამი)	აგრეგატთა შორის ფორიანობა	აუტორი
შემიწა გამოტუტეილი, მსუბუქი თიხნარი, კურსკის ოლქი (სტეპი-ნაკრძალი)	0—4	64,0	53,0	41,0	23,0	ნ. კაჩინსკი
	10—14	61,0	50,0	39,0	22,0	
	55—59	59,0	47,0	36,0	23,0	
	80—84	58,0	46,0	36,0	22,0	
ბიკობი ბელტოვანი, მსუბუქი თიხნარი სევრდლოვის ოლქი (ყამირი)	0—4	57,0	38,0	27,0	30,0	
	10—14	50,0	37,0	30,0	20,0	
	15—19	50,0	29,0	20,0	30,0	
საშუალო ეწერი თიხნარი (მოსკოვის ოლქი)	10—12	49,0	39,0	33,0	16,0	
	20—32	48,0	38,0	32,0	16,0	
	85—110	34,0	27,0	24,0	10,0	
მდელოს ყავისფერი, საშუალო თიხნარი, იონჯის ნათესი, (მუხრანი)	0—10	45,2	33,1	27,1	18,1	რ. კირვალძე
	25—35	41,7	30,4	25,7	16,0	
	50—60	44,3	32,7	26,3	17,9	

მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგების საერთო ფორიანობაში აქტიურ ფორიანობას უფრო მეტი ადგილი უკავია, ვიდრე მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში.

საერთო ფორიანობა პირდაპირ დამოკიდებულებაშია ნიადაგის თიხა-ნაწილაკების რაოდენობასთან. თიხიანი ნიადაგების საერთო ფორიანობა მაღალია (60 — 70% და მეტი), ხოლო თიხნარი და სილნარი ნიადაგებისა დაბალი (20 — 29%). თიხნარი ნიადაგების ფორები უფრო წვრილდიამეტრიანია, მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებისა კი შედარებით მსხვილდიამეტრიანი.

ნიადაგის ფორიანობას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ნიადაგში ჰაერისა და წყლის რაოდენობა, ჰაერისა და წყლის მოძრაობის უნარი და სხვ., დამოკიდებულია ნიადაგის ფორიანობაზე. წვრილდიამეტრიან ფორებში (კაპილარული ფორები) წყალია მოთავსებული, დიდდიამეტრიან (არაკაპილარულ ფორებში) ფორებში კი, ჩვეულებრივ, ჰაერი.

ნიადაგების ფორიანობას ანგარიშობენ მოცულობით წონისა და კუთრი წონის მონაცემების მიხედვით, შემდეგი ფორმულით:

$$P = \left( 1 - \frac{D}{d} \right) \cdot 100,$$

სადაც P არის ფორიანობა გამოხატული %-ობით,

1 — ნიადაგის საერთო მოცულობა,

D — მოცულობითი წონა,

d — კუთრი წონა.

ფორიანობის კოეფიციენტს ანგარიშობენ ფორმულით:

$$e = \frac{P}{T},$$

სადაც e — არის ფორიანობის კოეფიციენტი,

P — ნიადაგის ფორიანობა,

T — ნიადაგის მკვრივი ფაზის მოცულობა (თავის მხრივ იანგარიშე-

ბა მოცულობითი და კუთრი წონის მონაცემების მიხედვით  $\frac{D}{d}$ ).

### მოცულობითი და კუთრი წონა

მოცულობითი წონა ეწოდება დაურღვეველი, გარკვეული მოცულობის ნიადაგის წონის შეფარდებას მისივე მოცულობის წყლის წონასთან ანუ, სხვანაირად, მოცულობითი წონა არის ვრამობით გამოხატული 1 სმ<sup>3</sup> დაურღვეველი ნიადაგის წონა.

მოცულობითი წონა ნიადაგის მნიშვნელოვანი დამახასიათებელი აგრონომიული ნიშანია, რადგან ის მიგვითითებს ნიადაგის სიფხვიერეზე. ფხვიერი აგებულების ნიადაგების მოცულობითი წონა დაბალია. ე. ი. ფორიანობისა და მოცულობითი წონას სიდიდეებს შორის უკუპროპორციული დამოკიდებულებაა. ნიადაგის მოცულობით წონას ვან-საზლერავს მისი (ნიადაგის) სტრუქტურა, მექანიკური და ქიმიური შედგენილობა. ჩვეულებრივ, მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგების მოცულობითი წონა უფრო მაღალია, ვიდრე მძიმე მექანიკური შედგენილობისა, რადგან პირველის ფორიანობა, მეორესთან შედარებით, ნაკლებია.

ჭუმუსის შემცველობის გადიდება ნიადაგში იწვევს მოცულობითი წონის შემცირებას (გასტრუქტურების გამო) და, პირიქით. კლება — მოცულობითი წონის გადიდებას. მოყვანილი ცხრილი გვიჩვენებს, რომ შევმიწა ნიადაგის მოცულობითი წონა უფრო დაბალია, ბიცობი ნიადა-

გისა კი — მაღალი. მოცულობითი წონა ზედა ფენაში ნაკლებია, ქვედა ფენებში, შედარებით — მეტი.

ნიადაგის მოცულობითი წონა საშუალოდ 1,1 — 1,4 (1,6) ფარგლებში მერყეობს. სტრუქტურის ცვალებადობისა და აგროტექნიკურ ღონისძიებათა შესაბამისად ნიადაგის მოცულობით წონას ახასიათებს სეზონური დინამიკა. სტრუქტურის დარღვევის მომენტებს ემთხვევა მოცულობითი წონის გადიდება, ხოლო სტრუქტურის გაუმჯობესებისას კი — შემცირება.

კუთრი წონა ეწოდება ნიადაგის მყარი ნაწილის წონის შეფარდებას იმავე მოცულობის წყლის წონასთან.

კუთრი წონა დამოკიდებულია ნიადაგის შემადგენელ ნივთიერებებზე. მძიმე (რკინიანა) ნივთიერებებით მდიდარ და ჰუმუსით ღარიბ ნიადაგს მაღალი კუთრი წონა აქვს. ორგანული ნივთიერებებით მდიდარ ნიადაგებს კი, პირიქით, შედარებით დაბალი კუთრი წონა ახასიათებს (ჰუმუსის კუთრი წონა 1,2 — 1,4 უდრის).

ნიადაგის ვერტიკალურ პროფილში კუთრი წონა, ჩვეულებრივ, ზემოდან ქვემოთ მატულობს.

ნიადაგის კუთრი წონა საშუალოდ 2,2 — 2,6 (2,8) ფარგლებში მერყეობს. კუთრი წონა მოცულობით წონასთან შედარებით, მყარი მაჩვენებელია.

ცხრილი 29

ნიადაგის მოცულობითი და კუთრი წონის მონაცემები

ნიადაგი	სიღრმე- სმ-ობით	მოცულო- ბითი წონა	კუთრი წონა	ავტორი
შემიწა (შირაქი)	0—10	1,12	2,15	გ. ტალახაძე
	20—30	1,20	2,22	
	50—60	1,40	2,35	
ბიცობი (ჩათმა)	0—8	1,40	2,30	
	18—28	1,65	2,70	
	60—70	1,70	2,70	
ენური (ზუგდიდი)	0—8	1,20	2,25	
	15—25	1,30	2,42	
	40—50	1,35	2,40	

## 2. ნიადაგის ფიზიკა-მექანიკური თვისებები

ნიადაგი და მცენარე მჭიდრო ურთიერთმოქმედებაში არიან. ამ ურთიერთმოქმედებას მექანიკური მოვლენის ხასიათიც აქვს. ნიადაგზე მექანიკურ მოქმედებას გარეგანი და შინაგანი მიზეზები აპირობებს; გარეგანს ნიადაგის დამუშავება წარმოადგენს, შინაგანს კი — მცენარის

ფესვთა სისტემის მოქმედება და კაპილარული მოვლენები, ჰიდრო-სტატიკური დაწოლა, ბმულობის (კოგეზია) თვისებები და სხვ.

შინაგანი და გარეგანი მექანიკური მოქმედება ნიადაგზე მის დეფორმაციაში ვლინდება. დეფორმაციის ხასიათი მჭიდროდაა დაკავშირებული ნიადაგის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებთან, ეს თვისებები გამოხატავს ნიადაგის დამოკიდებულებას მასზე მოქმედი (მექანიკური) ძალებისადმი. დეფორმაციის ხასიათი დამოკიდებულია როგორც ნიადაგის შედგენილობაზე, ისე მოქმედ მექანიკურ ძალებზე.

ნიადაგის დამოკიდებულებას მექანიკური ძალებისადმი დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს — თესლის აღმოცენების, მცენარის დაფესვიანების, ნიადაგის დამუშავებისა და სხვათა თვალსაზრისით. ამ თვისებას, ნიადაგის მექანიკური და განსაკუთრებით სტრუქტურული შედგენილობა განაპირობებს. სტრუქტურის წყობის ხასიათზე ანუ ნიადაგის აგებულებაზეა დამოკიდებული მისი (ნიადაგის) დეფორმირების თვისება. ფზიკური აგებულების ნიადაგი ადვილად დეფორმირდება, ამის გამო მისი დამუშავება უფრო ადვილია, მცენარეს დაფესვიანებისათვის დიდი ძალა არ ჰქირდება, ხოლო მკვრივი აგებულების ნიადაგის დეფორმირება, პირიქით, ძნელად ხდება, ძნელი დასამუშავებელია და მცენარე მეტ ენერჯიას ხარჯავს დაფესვიანებაზე.

### ნიადაგის თქვირება, დაჯლოვა და ჩაქცევა

ნიადაგის წყლით დასველებისას მისი მოცულობის მომატებას თქვირება ეწოდება. თქვირებას მრავალმხრივი მნიშვნელობა აქვს.

თქვირების ბუნება დღემდე ზუსტად არ არის გამორკვეული. მის ასახსნელად არსებობს მრავალი ჰიპოთეზა. მათ შორის ყველაზე გავრცელებულია ჰიდრატაციური (სოლვატურა) ჰიპოთეზა. ამ უკანასკნელის მიხედვით, ნიადაგის თქვირებას იწვევს კოლოიდური მიცელის დიფუზური შრის იონებთან ბმული (სუსტად) — ლიოსორბული წყალი. კოლოიდურ წილაკებზე გარშემოვლებული. წყლის ეს მოლეკულები მათ განზე სწევს, ე. ი. მათ შორის კავშირს ასუსტებს და აღიღებს ნიადაგს მოცულობაში.

თქვირების დროს ადგილი აქვს წყლის მოცულობის კონტრაქციის (შეკუმშვის) მოვლენას. ეს მოვლენა იმაში მდგომარეობს, რომ გათქვირული ნიადაგის მოცულობა ნიადაგისა და მასზე მოქმედი წყლას მოცულობათა ჯამს არ უდრის, უფრო ნაკლებია. ეს გარემოება განოწვეულია ლიოსორბული წყლის მეტი სიმკვრივით, თავისუფალ წყალთან შედარებით. კონტრაქციული მოცულობა სხვადასხვა ნიადაგისათვის სხვადასხვაა და მერყეობს 0,16—1,60 მლ ფარგლებში (100 გ. ნიადაგისათვის).

ნიადაგის თქვირება დამოკიდებულია, ერთი მხრივ, ნიადაგის, ხოლო, მეორე მხრივ, წყლის (მოქმედ) შედგენილობაზე. სხვადასხვა ტიპის ნიადაგი ერთმეორისაგან, თქვირების უნარის მხრივ, მკვეთრად განსხვავდება. მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგების თქვირების უნარი ბევრად მეტია, ვიდრე მსუბუქის, სიღრმე ნიადაგებს კი თქვირება არა აქვს. გამოკვლეულია, რომ ნიადაგის თქვირების უნარზე დიდ გავლენას ახდენს მეორადი (თიხა) მინერალების შედგენილობა. მოძრავი კრისტალური მესერის მქონე მინერალებს — მონთმორილონიტის, ბეიდელიტის, ნონტრონიტის და სხვათა თქვირების თვისება მაღალია. მტკიცე კრისტალური მესერის მქონე მინერალების — კაოლინიტის, გალუაზიტისა და სხვ. თქვირების უნარი სუსტია. გოფმანის გამოკვლევებით ცნობილია, რომ მონთმორილონიტის კრისტალური მესერის სტრუქტურული ერთეულები, სუსტი ურთიერთკავშირის გამო, დასველებით ადვილად ცილდება ერთმანეთს და მათ შორის შედის წყალი. აღნიშნული ავტორის მონაცემებით სტრუქტურულ ერთეულთა (შრეთა) შორის მანძილი დიდდება წყლის შემცველობის შესაბამისად, მაგალითად: 8,7% ტენის დროს სტრუქტურულ ერთეულთა შუა მანძილი უდრის 11,2 ანგსტრემს. 23% ტენის შემცველობის დროს — 15,2 ანგსტრემს, 30% დროს — 19,6 ანგსტრემს.

თქვირების დროს ადგილი აქვს ნიადაგის დისპერგაციას, რაც თავის მხრივ თქვირებებს თვისებას კიდევ უფრო ინტენსიურს ხდის.

კ. ვედროიციის, ვ. ოხოტინის, ს. მატსონის მიხედვით თქვირების უნარზე გავლენას ახდენს შთანთქმულ კატიონთა შედგენილობა. ერთვალენტური კატიონების შემცველი (განსაკუთრებით Na) ნიადაგების თქვირების თვისება ბევრად ძლიერია, ვიდრე მრავალვალენტური კატიონებით მადლარი ნიადაგებისა. შთანთქმულ კატიონთა ვალენტურობასა და ნიადაგის თქვირებას შორის შემდეგ დამოკიდებულებას აქვს ადგილი:

კატიონი<sup>+</sup> > კატიონი<sup>++</sup> > კატიონი<sup>+++</sup>

ნიადაგის თქვირების უნარი უკუდამოკიდებულებაშია შემოქმედნი წყლის მინერალიზების ხარისხთან, ე. ი. წყალში ელექტროლიტების რაოდენობის ზრდით კოლოიდური მიცელის დიფუზიური შრის იონების ჰიდრატირება კლებულობს და თქვირებაც მცირდება. ეს გარემოება მეტყველებს თქვირების ოსმოსურ ბუნებაზე.

დაჯდომა. ნიადაგის დაჯდომა თქვირების საწინააღმდეგო მოვლენაა და იმაში მდგომარეობს, რომ დასველებული ნიადაგი გაშრობით მოცულობაში კლებულობს. დაჯდომა ჩვეულებრივ კარგადაა გამოხატული მძიმე მექანიკური შედგენილობის, მონთმორილონიტის ტიპის მინერალებით მდიდარ ნიადაგებში. დაჯდომა წარმოებს გათქ-

ვირული ნიადაგის გაშრობის შედეგად. დაჯდომის მოვლენა განსაკუთრებით ინტენსიური მაშინაა, როცა კოლოიდური მიცელის დიფუზური შრის იონების დეჰიდრატაციას აქვს ადგილი. ლიოსორბული წყლის შემცირებით კოლოიდური წილაკები მოლეკულური მიმზიდველობის ძალით ერთიგვარად უახლოვდებიან (კოაგეზია), რის გამოც ნიადაგის საერთო მოცულობა კლებულობს, სკდება, ჩნდება ნაპრალები — ნიადაგი ჯდება.

რაც უფრო სველია ნიადაგი (და, მაშასადამე, თქვირება მაქსიმალურადაა გამოხატული), მით უფრო მეტად დაჯდება იგი გაშრობით. დაჯდომის უნარსა და ნიადაგის დისპერსიობის ხარისხს შორის პირდაპირი დამოკიდებულებაა. ა. პანკოვის ცდებით (ვოლგისპირეთის წაბლა ნიადაგების მაგალითზე) დამტკიცებულია, რომ ნიადაგის დაჯდომის თვისებაზე დიდ გავლენას ახდენს შთანთქმულ კატიონთა შედგენილობა. ამ მხრივ ნიადაგის კატიონთა ვალენტურობასა და დაჯდომის უნარს შორის შემდეგი დამოკიდებულება არსებობს:

კატიონი<sup>+</sup> > კატიონი<sup>++</sup> > კატიონი<sup>+++</sup>

ნიადაგის დაჯდომაზე გავლენას ახდენს აგრეთვე ჰაერის შეფარდებითი ტენიანობა და ტემპერატურა. დაბალი შეფარდებითი ტენიანობისა და მაღალი ტემპერატურის პირობებში ენერგიული დაჯდომა ხდება. რაც უფრო სწრაფად წარმოებს დაჯდომა, მით უფრო ინტენსიურია ნიადაგის დაბზარვა-დანაპრალება.

თქვირება-დაჯდომის მოვლენები მაქსიმალურადაა გამოხატული მშრალი, სარწყავი ზონის ნიადაგების პირობებში, რაც უარყოფითად მოქმედებს მცენარის განვითარებაზე — იწვევს მის ფესვთა სისტემის მექანიკურ დაზიანებას (დაწყვეტას).

ჩაქცევა. დაჯდომისაგან განსხვავებით, ჩაქცევა გამოიხატება ნიადაგის 0,5 მეტრ და ცოტა მეტ ფართობზე სიღრმით დაწვევა-ჩარღვევაში.

ლ. როზოვის მიხედვით ჩაქცევას იწვევს ფორიანობის განსაკუთრებული სახეობა და ნიადაგის მლაშიანობა. ჩაქცევას ადგილი აქვს იქ, სადაც ნიადაგის ქვედა ფენა ნაკლები მოცულობითი წონისაა, ე. ი. ფხვიერი აგებულებისაა და ფორებს არამტკიცე არქიტექტონიკა აქვთ (ე. ი. ზედა ფენების დასველებით გამოწვეული დაწოლის გადიდებას ვერ უძლებს).

მარილების როლი ამ მხრივ ორგვარია:

1  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  და მის მსგავს მარილიან ნიადაგში, სადაც მარილების კრისტალიზაცია წყლის მრავალრიცხოვანი მოლეკულების უშუალო მონაწილეობით მიმდინარეობს, ადგილი აქვს ნიადაგის მასის წყობის ერთგვარ ცვლილებას სიფხვიერის მატების მიმართულებით.

როცა ეს პროცესი ნიადაგის ქვედა ფენებში მიმდინარეობს, ნიადაგის ზედა ფენა ჩაქცევა.

2. ჩაქცევას ადგილი აქვს იმ შემთხვევაშიც, როდესაც მარილი ნიადაგში „ხირხატის“ სახითაა წარმოდგენილი. ასეთ შემთხვევაში წყლის მოქმედებით მარილის გახსნის შედეგად, ნიადაგის მასას ქვე-მოდან თითქოს საყრდენი ეცლება და ნიადაგი ჩაქცევას განიცდის. ასეთ მდგომარეობას მხოლოდ იმ შემთხვევაში არა აქვს ადგილი, როცა მარილი ნიადაგის მტკიცე არქიტექტონიკის ფორებშია მოქცეული.

ჩაქცევის მოვლენები შენიშნულია შუა აზიასა და, განსაკუთრებით, ჩრდილო კავკასიაში. ამ მოვლენას ადგილი აქვს აგრეთვე ვარეკახეთის, უდაბნოს მეურნეობის, სამხრეთ აღმოსავლეთით, რუხ-ყავისფერ დამლაშებული ნიადაგების ზოლში.

### ნიადაგის პლასტიკურობა

მშრალი (თიხიანი) ნიადაგი წყლის თანდათანობითი მიმატებით იცვლის ფიზიკურ თვისებებს. მაგარი მდგომარეობიდან ის ჯერ ნახევრად მაგარ მდგომარეობაში გადადის, შემდეგ კი პლასტიკურში. ნიადაგის პლასტიკურობის თვისება წყლის გარკვეული რაოდენობით მიმატების შემდეგ მქლავნდება.

პლასტიკურობა ეწოდება ნიადაგის ისეთ თვისებას, როდესაც ნიადაგი გარკვეული რაოდენობით ტენის შემცველობის პირობებში, გარეგანი ძალის მოქმედებით განიცდის დეფორმაციას (ფორმის შეცვლას) და ამ ძალის მოცილების შემდეგ კვლავ ინარჩუნებს შეცვლილ ფორმას. პლასტიკურ მდგომარეობაში ნიადაგს ახასიათებს დრეკადობის კარგად გამოხატული თვისება.

პლასტიკურობა ახასიათებს წვრილდისპერსიული ფრაქციით მდიდარ ნიადაგებს. მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებს (მსუბუქი თიხნარი, სილნარი, და სხვ.) ეს თვისება არა აქვთ.

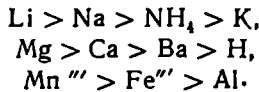
ნიადაგის პლასტიკურობის თვისება მრავალ პირობაზეა დამოკიდებული. პლასტიკურობის მიზეზების ამხსნელი, ერთიანი, საყოველთაოდ მიღებული თეორია ჯერ შემუშავებული არ არის.

პლასტიკურობაზე დიდ გავლენას ახდენს კოლოიდური წილაკების დიფუზური შრის ლიოსორბული ტენი. ნიადაგი პლასტიკურ მდგომარეობაში გადადის მხოლოდ გარკვეული რაოდენობის ლიოსორბული წყლის შემცველობის დროს. ამ წყლის საშუალებით თიხა-ნაწილაკების ერთიმეორესთან ბმულობის თვისება შესუსტებულია, დრეკადობის უნარი, პირიქით, გადიდებულია.

ნიადაგის პლასტიკურობის უნარზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადა-



გის ქიმიური და მექანიკური შედგენილობა. მოძრავი კრისტალური მესერის მქონე მინერალების შემცველი ნიადაგების (მაგ., შავმიწა, ბიცობი და სხვ.) პლასტიკურობის თვისება უფრო მაღალია, ვიდრე ზტკიცე კრისტალური მესერის მინერალების შემცველი ნიადაგებისა (მაგ., ეწერი). ორგანული კოლოიდებით მდიდარი ნიადაგების (შავმიწა) პლასტიკურობა განსაკუთრებით ძლიერია. ი. შაერიგინის გამოკვლევებით ნიადაგის პლასტიკურობაზე დიდ გავლენას ახდენს შთანთქმულ ფუძეთა შედგენილობა. ამ მხრივ კატიონები შემდეგნაირად ლავდებიან:



ამის გამო ბიცობიან (Na-ის შემცველ) ნიადაგს ძლიერი პლასტიკურობის უნარი ახასიათებს.

ნიადაგის დისპერსიულობის ხარისხსა და პლასტიკურობას შორის პირდაპირი დამოკიდებულებაა. კოლოიდებით მდიდარი ნიადაგების პლასტიკურობის უნარი მაღალია, კოლოიდებით ღარიბი ნიადაგებისა — მეტად დაბალი. ნიადაგის პლასტიკურობისადმი უკუპროპორციულ დამოკიდებულებას ამჟღავნებს ძლიერ მინერალიზებული წყალი. ამ მხრივ გამოკვეულა, რომ ხსნარის ის ნივთიერებები, რომლებიც დადებით აღსორბციას განიცდიან, ნიადაგის პლასტიკურობის თვისებას ამცირებს, ის ნივთიერებები კი, რომლებიც უარყოფით აღსორბციას განიცდიან, პირიქით, აღიდეგს.

პლასტიკურობა მქლავნდება ნიადაგის ტენიანობის მხოლოდ გარკვეული რაოდენობის პირობებში. ტენის რაოდენობის შემდგომ გადიდებას, ნიადაგის პლასტიკურობის თვისებას შემცირება და, ბოლოს, სრულიად დაკარგვა მოსდევს თან, რადგან ამით კოლოიდურ წილაკთა შორის ბმულობა-კავშირი სრულიად ირღვევა და ნიადაგი გადადის ახალ თვისობრიობაში — დენადობის თვისობრიობაში (წყლის მსგავსად). ნიადაგის პლასტიკურობას განსაზღვრავენ პირდაპირი და არაპირდაპირი მეთოდებით.

არაპირდაპირი წესით პლასტიკურობას, ათერბერგის მიხედვით, შემდეგი კატეგორიები აქვს:

1. დენადობის ზედა ზღვარი — ნიადაგი დენადობს წყალივით;
2. დენადობის ქვედა ზღვარი ანუ პლასტიკურობის ზედა ზღვარი, — როცა ნიადაგის ორი გუნდა მოთავსებულია ჯამში ძლიერ უერთდება ერთიმეორეს (სამჯერ ხელის წყვეტილი დარტყმით);
3. მწებაობის ზღვარი — ნიადაგი არ ეწებება ხელს, ლითონს და სხვ;

4. პლასტიკურობის ქვედა ზღვარი ანუ დასორსოლების ზღვარი, როცა ნიადაგი უკვე აღარ სორსოლდება.

5. გზრალი ნიადაგი — ნიადაგი დარტყმით (დაწოლით) იფშვნება. თიხას (ნიადაგს) ნახევრად მყარ, ბლანტე-პლასტიკურ და წებოვან-პლასტიკურ კონსისტენციის დროს ახასიათებს პლასტიკურობის თვისება.

ნიადაგს (და გრუნტს) პლასტიკურობის მკვეთრი დინამიკურობა ახასიათებს ტენის რაოდენობის ცვალებადობასთან დაკავშირებით. ეს ცვალებადობა განსაკუთრებით დიდია მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში, ე. ი. მაღალი პლასტიკურობის რიცხვის მქონე ნიადაგ-გრუნტებში. პლასტიკურობის რიცხვი ეწოდება პლასტიკურობის ზედა და ქვედა ზღვარის შესაბამის ტენიანობათა სხვაობას.

ნიადაგ-გრუნტის პლასტიკურობის რიცხვის ცვალებადობაზე ნათელ წარმოდგენას იძლევა ცხრილი 30.

ცხრილი 30

ნიადაგ-გრუნტის კლასიფიკაცია პლასტიკურობის მიხედვით (ათერბერგი)

ნიადაგ-გრუნტის კლასები	ნიადაგ-გრუნტები	პლასტიკურობის რიცხვი
I	მაღალპლასტიკური (თიხები)	17
II	პლასტიკური (თიხნარები)	17—7
III	დაბალპლასტიკური (სილნარები)	7—0
IV	არაპლასტიკური (ქვიშები)	0

პლასტიკურობის რიცხვსა და ნიადაგის დეფორმაციისათვის საჭირო ძალის რაოდენობას შორის პირდაპირ კორელაციურ დამოკიდებულებას აქვს ადგილი.

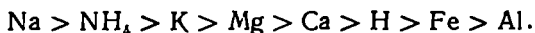
თიხის პლასტიკურობის თვისებას მეტად დიდი მნიშვნელობა აქვს კერამიკულ მრეწველობასა და ირიგაციულ მშენებლობაში (სარწყავი არხების ფილტრაციის შესამცირებელი საფარის შექმნა).

#### ნიადაგის შიკროზილობა

გარკვეული ტენიანობის პირობებში ნიადაგის სხვა სხეულზე (ლითონი, ხე და სხვ.) მიწებებას მიკრობილობა ეწოდება. ამ მოვლენის ბუნება დღემდე კარგად არ არის შესწავლილი. არსებობს მოსაზრება, რომლის მიხედვითაც მიკრობილობაში მონაწილეობს ლიოსობრბული წყალი.

ვ. სერგეევის აზრით, ლიოსორბული წყალი, როდესაც ნიადაგში მიკრობილობის ზღვარს გაუტოლდება, მაშინ ნაწილაკების გარშემოვლებული წყლის მოლეკულების შრე იმ სისქეს აღწევს, როცა მას შეუძლია სხვა სხეულზე მიკრობა. ტენის შემდგომ მომატებას თან მოსდევს ნიადაგის მყარ ნაწილთან, წყლის მოლეკულების მიმზიდველობის ძალის შემცირება და მიკრობილობის თვისების შესუსტება. ამრიგად, მიკრობილობის მაქსიმუმი ემთხვევა ნიადაგში ტენის გარკვეულ რაოდენობას. ტენის რაოდენობის შემდგომი ცვლილება, როგორც პლუს, ისე მინუს მიმართულებით მიკრობილობის შემცირებას იწვევს.

ნიადაგის მიკრობილობა დამოკიდებულია გრანულმეტრულ შედგენილობაზე. რაც უფრო მეტი რაოდენობით შეიცავს ნიადაგი თიხა-კოლოიდურ ნაწილს, მით მეტია მისი მიკრობილობა. მიკრობილობა პლასტიკურობისა და თქვირების მსგავსად დამოკიდებულია შთანთქმულ კატიონთა შედგენილობაზე. პ. შავრიგინას მონაცემებით ნიადაგის მიკრობილობის თვისება, შთანთქმულ კატიონთა მიხედვით შემდეგ თანმიმდევრულ რიგს ქმნის:



ამრიგად, მიკრობილობის მაქსიმუმი ახასიათებს Na-ით მადლარ (ბიცობი), ხოლო მინიმუმი Al-ით მდიდარ (წითელმიწა) ნიადაგებს. ნიადაგის მიკრობილობის თვისების ზრდაზე განსაკუთრებით გავლენას ახდენს ჰუმუსის კოლოიდები. ამის გამო შავმიწებს, მიუხედავად Ca-ით მადლობისა, მაღალი მიკრობილობის უნარი აქვთ. მიკრობილობის თვისებაზე მეორადი მინერალებიც ახდენენ გავლენას. მონთ-მორილონიტის ტიპის მინერალების შემცველ ნიადაგებს უფრო მაღალი მიკრობილობის უნარი ახასიათებს, ვიდრე კაოლინიტის ტიპის მინერალების შემცველ ნიადაგებს.

მინერალიზებული წყალი ნიადაგის მიკრობილობის თვისებას ასუსტებს, ნიადაგს განსხვავებული მიკრობილობის თვისება აქვს ლითონის, ზისა და სხვა საგნების მიმართ. ნიადაგის მიკრობილობის თვისებას ლითონზე დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რადგან ნიადაგის დასამუშავებელი იარაღები ლითონისაა. თიხიანი ნიადაგები, ჩვეულებრივ, ხეზე უფრო მეტი მიკრობილობის უნარს იჩენენ, ვიდრე ლითონზე. სილნარი და ტორფიანი ნიადაგები, პირიქით, ლითონს უფრო მეტად ეკვრიან.

ნიადაგის მიკრობილობას გამოხატავენ გ/სმ<sup>2</sup>-ით, ე. ი. წონითი ერთეულების იმ რაოდენობით, რომელიც ყოველ კვადრატულ სანტიმეტრ ნიადაგზე მიწებებული ფირფიტის მოსაცლილებლად არის საჭირო.

მიკრობილობის გამოსაანგარიშებლად სარგებლობენ შემდეგი ფორმულით:

$$A = \frac{P}{F},$$

სადაც A არის მიკრობილობა გ/სმ<sup>2</sup>,

P — ძალა გ-ობით, რომელიც საჭიროა ნიადაგზე მიკრული (მიწვებებული) ფირფიტის მოსაცილებლად,

F — ფირფიტის ფართი სმ<sup>2</sup>-ით.

### ნიადაგის გზულობა

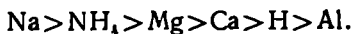
ნიადაგის გრანულმეტრულ ნაწილაკთა შორის არსებულ ურთიერთკავშირის ბმულობის თვისება აქვს. ამ თვისების შედეგად ნიადაგი წინააღმდეგობას უწევს ყოველგვარ ძალას, რომელიც მის სადეფორმაციოდ არის მიმართული.

ბმულობის თვისებას დიდი საწარმოო მნიშვნელობა აქვს. ბმულობა უშუალო გავლენას ახდენს ნიადაგის წვეთი წინააღმდეგობის ძალაზე, მცენარის დაფესვიანებისათვის საჭირო ენერგიაზე და სხვ. ვ. ვილიამსის მიხედვით, სტრუქტურული ნიადაგის მასას, მთლიანად აღებულს, თითქმის არ ახასიათებს ბმულობის თვისება. თუმცა ცალკე აღებული თითოეული გორიხი (სტრუქტურული ერთეული) შეიძლება დიდი ბმულობის ანუ, როგორც აღნიშნული იყო, დიდი სიმაგრიის თვისებით ხასიათდებოდეს. სტრუქტურიან ნიადაგს, გორიხებს შორის „თავისუფალი“ შუალედების არსებობის გამო ნაკლები ბმულობა აქვს. უსტრუქტურო, განცალკევებულ ნაწილაკებიან (როგორც გამტვერიანებულ, აგრეთვე ბელტოვან) ნიადაგებში ბმულობის თვისება ძლიერია იმიტომ, რომ ყოველი ნაწილაკი, ერთიმეორისადმი დიდი სიახლოვის გამო, მიმზიდველობის ან ტენის მოქმედების საშუალებით, მჭიდრო—მონოლიტურ კავშირშია მოქცეული.

სტრუქტურის დარღვევით ნიადაგის შემადგენელ გრანულმეტრული სხვადასხვა ზომის ნაწილაკთა ისეთი შემჭიდროება ხდება, რომ თავს იჩენს ბმულობა მთელი თავისი ძალით. გასტრუქტურებით, პირიქით, ნიადაგის მთლიან მასაში ბმულობა თითქოს „ქრება“.

ბმულობის თვისება, ნიადაგის დისპერსიულობის თვისებაზეა დამოკიდებული; მაღალი დისპერსიულობის, უსტრუქტურო ნიადაგებში, ბმულობა უფრო ძლიერადაა გამოხატული, ვიდრე მცირე დისპერსიულობის უსტრუქტურო ნიადაგებში. ბმულობა უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაშია ნიადაგში ტენის რაოდენობასთან. ტენის რაოდენობის გადიდება ნიადაგში მყარი ფაზის ნაწილაკთა შორის.

ჯავშირის დარღვევას (ან შესუსტებას) იწვევს და ამის გამო ბმულობის თვისების შემცირებას. ნიადაგის გამოშრობით ნაწილაკთა შორის მიმზიდველობა ძლიერდება და ნიადაგის ბმულობის უნარი იზრდება. ჰ. რებინდერის გამოკვლევებით ბმულობაში დიდ როლს ასრულებენ სილიციუმმჟავას კოლოიდური აქსკები. ეს ახლად წარმოქმნილი აქსკები ჰიდრატირებულია და მეტად მოქნილი, გამოშრობით მათი დეჰიდრატაცია, დრეკადობის დაკარგვა და ბმულობის თვისების განვითარება ხდება. პ. შვერიგინის მიხედვით ბმულობაზე დიდ გავლენას ახდენს შთანთქმულ კატიონთა შედგენილობა. ამ მხრივ შთანთქმული კატიონები შემდეგი თანმიმდევრობით ლაგდებიან:



როგორც ჩანს, ყველაზე მაღალი ბმულობის თვისება აქვთ Na-ით მადარ ნიადაგებს (ბიცობი), ხოლო ყველაზე სუსტი ბმულობა Al-ით მადარ ნიადაგებს (წითელმიწა).

ბმულობის თვისებას შესამჩნევად ამცირებს ორჯანული კოლოიდები, რადგან ეს (ჰუმუსის) კოლოიდები სტრუქტურის წარმოქმნას იწვევს და ამის გამო ნიადაგის მასის გაფხვიერებას.

სტრუქტურაინი და უსტრუქტურო ნიადაგების ბმულობაზე წარმოდგენას გვაძლევს 31-ე ცხრილი.

ცხრილი 31

სტრუქტურის მექანიკური წინააღმდეგობის უნარი (1 სმ<sup>2</sup>/გ)

ტენი %-ობით	სტრუქტურული ფრაქცია		უსტრუქტურო ფრაქცია		აქტორი
	2—1 მმ	1—0,5 მმ	ბუნებრივი	გამკვრივებული	
3,5	670	1115	2400	12000	ა. ფადეევი
1,5	700	1886	4250	44000	

ბმულობის გასაზომად სიმაგრეზომ ხელსაწყოებს იყენებენ.

### ნიადაგის დავარგებულება (სიმწიფე)

ნიადაგის ფიზიკური და, კერძოდ, ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები განსაზღვრავს ნიადაგის დავარგებულობის პერიოდს, ე. ი. იმ მომენტს, როდესაც ნიადაგის დამუშავებით მაღალი ხარისხის ხნული მიიღება და ამავე დროს მოსახნავად (საერთოდ დასამუშავებლად) ნაკლები ენერგია დაიხარჯება. ნიადაგის დავარგებულობის მომენტს აპირობებს ბმულობის, მწევაობისა და აგრეგატებად დაშლის თვისებები. ყველა ეს თვისება თავის მხრივ დამოკიდებულია ნიადაგში ტენის რაოდენობაზე. ტენის შესაფერისი (ოპტიმალური) რაოდენობის

პირობებში შემცირებულია ბმულობა, მწეობა; ამავე დროს ნიადაგს აგრეგირების კარგი უნარი აქვს. ტენის ასეთ ოპტიუმს — 40 — 45% წარმოადგენს (სრული ტენტევადობიდან). სველი ნიადაგი, დამუშავებით იზილება, სახნისა და ფრთას ეწებება და მოჭრილი ბელტი არ იშლება აგრეგატებად. მშრალ პირობებში კი ნიადაგის ძლიერი ბმულობის გამო მისი წვეითი წინააღმდეგობის ძალა დიდია, ე. ი. დასამუშავებლად მეტი ენერჯიაა საჭირო, ხნული ბელტოვანი გამოდის. ორივე შემთხვევაში (სველი, მშრალი) ხნული აგრონომიული თვალსაზრისით უხარისხია.

ოპტიმალური ტენიანობის პირობებში დამუშავებულ ნიადაგს, როგორც დ. ვილენსკისა და ვ. გერმანოვას ცდებითაა გამოჩვენებული, მაღალი აგრეგირების უნარი აქვს, ამიტომ დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის შესაფერისი ტენიანობის პირობებში დამუშავებას.

### ნიადაგური მარილი

ნიადაგური ქერქი მრავალ უარყოფით თვისებას იწვევს. ის ამცირებს თესლის აღმოცენების ხარისხს, ამოსული მცენარის ფესვის ყელს სალტესავით უჭერს და „ახრჩობს“ (ჩაგრავს), ამის გამო ამცირებს საერთო მოსავლიანობას. ქერქის გაჩენით ძლიერდება ნიადაგიდან წყლის აორთქლება. ქერქი ხელს უშლის ნიადაგში ჰაერის მოძრაობას (აერაციას), ბიოქიმიურ პროცესებს (ზღუდავს). ნიადაგური ქერქის გაჩენა, შრომის ხარჯვას აღიძვებს მეურნეობაში საკულტივაციო და სათოხი სამუშაოების მხრივ.

ქერქის წარმოქმნა დაკავშირებულია მრავალ პირობასთან. მძიმე ნექანიკური შედგენილობის არამტკიცე და უსტრუქტურო სარწყავ ნიადაგებს ხშირად უჩნდება ქერქი. მ. პიგულევსკის მიხედვით მძიმე ნექანიკური შედგენილობის ნიადაგი პირველად (მორწყვის ან წვიმის შემდეგ) პირს წაიკრავს, გაშრობის შემდეგ კი მეტად მაგარი ქერქით იფარება. ქერქზე დიდ გავლენას ახდენს შთანთქმულ კატიონთა შედგენილობა. Na-ის შემცველ ნიადაგებში (ბიცობი) ქერქის წარმოქმნის მოვლენები უფრო ხშირია და ძლიერი, ვიდრე Mg-ით და განსაკუთრებით Ca-ით მაძლარ ნიადაგებში. Al და Fe-ით მაძლარი ნიადაგები (წითელმიწა) ჩვეულებრივ ქერქს არ იკეთებენ.

ვ. ვილიამსის. ნ. კაჩინსკის, ს. კრავკოვცისა და სხვათა მიხედვით, ნიადაგური ქერქის წარმოქმნა გამოწვეულია ნიადაგის არაწესიერი დამუშავებით; ნიადაგის დამუშავება, როდესაც სიმწიფის (დავარგებულობის) მომენტს არ ემთხვევა, როგორც აღვნიშნეთ, გვაძლევს უხარისხო-ბელტოვან ხნულს. უკანასკნელის გაძლიერებული ფარცხვა მის გამტვერიანებას იწვევს. გამტვერიანებული ნიადაგი წვიმის

ან მორწყვის გავლენით პირველად ძლიერ თქვირებას განიცდის, ხოლო წყლის აორთქლების შემდეგ, ტლანქი ქერქით იფარება. ქერქი უჩნდება უსტრუქტურო ნიადაგებს.

ქერქის წინააღმდეგ ბრძოლას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს. ეს ბრძოლა უნდა ატარებდეს კომპლექსურ ხასიათს. ბალახების თესვა ამ მხრივ ნიადაგური ქერქის წინააღმდეგ ბრძოლის ძირითად საშუალებას წარმოადგენს, მეავე და ტუტე რეაქციის ნიადაგებში კი მას უნდა დაემატოს ქიმიური მელიორაციის ღონისძიებანი, მოკირიანება (ეწერ ნიადაგებში) მოთაბაშირება (ბიცობ ნიადაგებში). ქერქის წინააღმდეგ საბრძოლველად მიმართავენ, აგრეთვე ფარცხვას, კულტივაციას. ქერქის წარმოქმნის საწინააღმდეგო პროფილაქტიკურ ღონისძიებად, ს. კრავკოვი, პ. ნეკრასოვი და სხვა, მულჩირებას (დაჩუღვას) თვლიან (ნიადაგის ზედაპირის დაფარვა სპეციალური ქაღალდით, ტორფის თხელი ფენით, ჩელხით, და სხვა.).

### ხნულის ძირი

ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობასთან და ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებთან მჭიდრო კავშირშია ე. წ. ხნულის ძირი. ხნულის ძირის წარმოქმნას ადგილი აქვს ზოგიერთი ათვისებული ნიადაგის სახნავი ფენის ქვედა პორიზონტში. ეს მოვლენა უმთავრესად ემჩნევა მეავე და ტუტე რეაქციის ნიადაგებს. ამ ნიადაგებს, როგორც ცნობილია, მაღალი დისპერსიულობის თვისება აქვთ. ამის გამო ერთსა და იმავე სიღრმეზე ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ხენის შედეგად ადგილი აქვს წვრილდისპერსიული ნაწილაკების (კოლოიდების) მექანიკურ (ჩაბნევა) და წყლის საშუალებით ქვედა ფენაში გადაადგილებას. ეს ნივთიერებანი, როგორც ა. სოკოლოვსკა შენიშნავს, სახნავ ქვედა ფენაში თავისებურ ილუვიურ პორიზონტს წარმოქმნის. ამ ფენას ახასიათებს დიდი სიმავრე და წყლის გაუჟონვადობა. ამის გამო ნიადაგში ზოგჯერ თავს იჩენს დროებითი დაჭაობების მოვლენები (ეწერ ნიადაგებში).

ხნულის ძირის წარმოქმნა უარყოფითად მოქმედებს, როგორც მცენარეთა ზრდა-განვითარება-დაფესვიანებაზე, ისე ნიადაგის წყლისა, ჰაერისა და საკვებ ნივთიერებათა რეჟიმზე. ხნულის ძირის მქონე ნიადაგზე ხშირად შემოდგომის პურის ნათესი ჩაღებება ან ყინულის ქვეშ მოექცევა, გაიყინება-დაილუბება.

ხნულის ძირის წინააღმდეგ ბრძოლის რადიკალურ საშუალებას წარმოადგენს პერიოდულად, ნიადაგის ღრმად ხენა — 25 — 30 სმ-ზე.

ნიადგი ყოველგვარ მექანიკურ ზემოქმედებას წინააღმდეგობას უწევს და ამავე დროს მოქმედი ძალის შესაფერის დეფორმაციას განიცდის.

არჩევენ ორი სახის დეფორმაციას:

1. დრეკადს, ე. ი. ისეთ დეფორმაციას, როცა ზემოქმედი ძალის მოცილებით ნიადგი საწყის მდგომარეობას უბრუნდება და

2. ნარჩენს (პლასტიკურს), რომელიც ძალის (ტვირთის) მოქმედებისაგან განთავისუფლებას შემდეგაც რჩება ნიადგში.

მოქმედი ძალის (ტვირთის) მაქსიმუმს, რომლისგანაც განთავისუფლების შემდეგ ნიადგს კიდევ შეუძლია თავის საწყის მდგომარეობას დაუბრუნდეს — დრეკადობის ზღვარი ეწოდება (e) ამრიგად, დრეკადი დეფორმაცია მოქცეულია 0-ისა და დრეკადობის ზღვარის განსაზღვრული დატვირთვის (ძალის) შუა. მოქმედი ძალისადმი (ტვირთი) ნიადგის წინააღმდეგობა e იზომება კგ/სმ<sup>2</sup>-ით. უმცირესი დატვირთვა: რომლის დროსაც ნიადგი დაიშლება, აღინიშნება n. სხვაობა n — e გამოხატავს იმ დატვირთვას, რომელიც ნარჩენ დეფორმაციას წარმოქმნის. ნიადგის დეფორმაცია იწყება მაშინ, როდესაც ნიადგის სიმტკიცეს (გამძლეობას) აღემატება მოქმედი ძალის სიდიდე. ასეთ შემთხვევაში ტვირთის დაწოლის ძალა ნიადგის შემადგენელი ნაწილაკების მიმზიდველობის ძალაზე მეტია და ნიადგი იფშენება, იშლება. ნიადგის წინააღმდეგობის უნარს მოქმედი ძალისადმი (ტვირთისადმი), განსაზღვრავს დროებითი წინააღმდეგობა.

დროებითი წინააღმდეგობა ორგვარია:

1. დეფორმაციის (წყვეტის, კუმშვის, ძვრის, ღუნვისა და სხვ.) დროს წარმოქმნილი და 2. ხახუნით გამოწვეული.

დროებითი წინააღმდეგობის ყველა ეს სახე, სხვადასხვა ნიადგში სხვადასხვაგვარია.

1. დეფორმაციის დროს წარმოქმნილი დროებითი წინააღმდეგობა. ტ. გოლოჯურსკის გამოკვლევებით ნიადგის კუმშვის დროებით წინააღმდეგობაზე დიდ გავლენას ახდენს მექანიკური შედგენილობა და ტენიანობა. მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადგის კუმშვის დეფორმაციისადმი წინააღმდეგობის უნარი 5 — 6-ჯერ მეტია, ვიდრე მსუბუქი მექანიკური შედგენილობისა. ნიადგში 40% ტენიანობამდე (სრული ტენტევალობიდან) ტენის რაოდენობის ზრდასა და კუმშვის დროებით წინააღმდეგობას შორის პირდაპირი დამოკიდებულებაა. შემდეგ კი ტენის რაოდენობის მატებას კუმშვის წინააღმდეგობის შემცირება მოსდევს თან.

ი. უუკისა და ვ. რუბინის მონაცემებით თიხიან შავმიწა ნიადგს



სხვადასხვა ტენიანობის პირობებში წყვეტის, კუმშვის, ძვრისა და ლუნვის შემდეგი მაჩვენებლები ახასიათებს.

ცხრილი 32

შავმიწა ნიადაგის დროებითი წინააღმდეგობის წყვეტის, კუმშვის, ძვრისა და ლუნვის მაჩვენებლები

წყვეტა		კუმშვა		ძვრა		ლუნვა	
ნიადაგის ტენიანობა %-ობით	საშუალო დროებითი წინააღმდეგობა გ/სმ <sup>2</sup>	ნიადაგის ტენიანობა %-ობით	საშუალო დროებითი წინააღმდეგობა გ/სმ <sup>2</sup>	ნიადაგის ტენიანობა %-ობით	საშუალო დროებითი წინააღმდეგობა გ/სმ <sup>2</sup>	ნიადაგის ტენიანობა %-ობით	საშუალო დროებითი წინააღმდეგობა გ/სმ <sup>2</sup>
21—23	61,8	12—16	1080	15—17	122,1	15—17	488
23—25	52,5	19—22	980	20—24			
26—28	50,0	22—24	650				

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ დროებითი წინააღმდეგობის სახეებიდან ყველაზე დიდი წინააღმდეგობის უნარი აქვს კუმშვას (1080). დროებითი წინააღმდეგობის ყველა სახეს ემჩნევა ნიადაგის ტენიანობის ზრდასთან დაკავშირებით, შემცირებისადმი აშკარად გამოჩნატული ტენდენცია. აღნიშნული აეტორების გამოკვლევებით ცნობილია, რომ თიხიანი შავმიწის წყვეტისა და ლუნვის დროებითი წინააღმდეგობა, ჰაერმშრალი მდგომარეობიდან მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობამდე მატულობს. ძვრის დროებითი წინააღმდეგობა კი კლებულობს (სურ. 21).

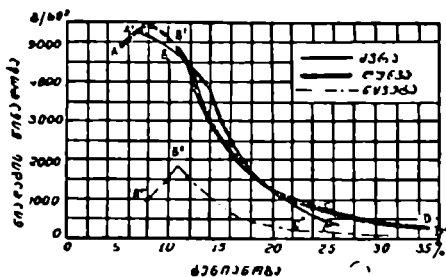
მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობიდან კაპილარულ ტენტევალობამდე ძვრის, ლუნვისა და წყვეტის დროებითი წინააღმდეგობა, პირიქით, მცირდება. ერთნახევარი მაქსიმალური ჰიგროსკოპული ტენიანობის დროს ნიადაგის დროებითი წინააღმდეგობა მკვეთრად ეცემა; ამიტომ ტენიანობის ამ რაოდენობას უუკი და რუბინი ნიადაგების ტექნიკური სიმწიფის (დამუშავების თვალსაზრისით) ქვედა ზღვარად თვლიან.

2) ხახუნით გამოწვეული დროებითი წინააღმდეგობა. ნიადაგის დამუშავების დროს ადგილი აქვს გარეგან (ნიადაგისა და სამუშაო იარაღის ლითონს შორის) და შინაგან (ნიადაგის ნაწილაკთა შორის) ხახუნს.

ნიადაგის ხახუნით გამოწვეულ წინააღმდეგობას ვანსაზღვრავს:

1. დაწოლა;
2. დაწოლის ხანგრძლიობა;
3. მექანიკური შედგენილობა (ნაწილაკთა ფორმის ჩათვლით);
4. სტრუქტურა;
5. ტენიანობა.

აკად. ვ. გორიაჩინის გამოკვლევებით მშრალი ნიადაგის გარეგანი ხახუნი ლითონზე ნაკლებია, სველის, პირიქით, მეტი ტ. გოლოგურს-



სურ. 21. ღროებითი წინააღმდეგობის დამოკიდებულება ტენიანობასთან.

სიჭრელე მეტია, იმდენად შინაგანი ხახუნი ძლიერია. საზოგადოდ მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგების შინაგანი ხახუნი ბევრად აღემატება მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგების ამავე თვისებას. ასეთივე კანონზომიერება არსებობს ნიადაგის მთლიან ხახუნსა (შინაგანი+გარეგანი) და ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობას შორის.

ნიადაგის, როგორც შინაგან, ისე გარეგან ხახუნს იწვევს დამუშავების დროს ნიადაგის ჰრა და ნიადაგის ნაწილაკების (და სტრუქტურის) ძვრა — მიკროგადაადგილება. მ. პიგულევსკის მიხედვით კორდიან-ეწერაინი სხვადასხვა მექანიკური შედგენილობის ნიადაგების ხახუნის უნარი გამოიხატება შემდეგი მაჩვენებლებით (ცხრ. 33).

ცხრილი 33

ნიადაგის კრითა და ხახუნით გამოწვეული ღროებითი წინააღმდეგობა

ნიადაგის სახესხვაობები	პორიზაციის სიღრმე სმ-ით	ტენიანობის რაოდენობა %-ით	ტენიანობის მაქსიმუმი %-ით	სრული ტენიანობა %-ით	მოცულობითი წონა	ნიადაგის ხახუნის ფორულაზე	ნიადაგის ხახუნის ნივთიერება	ღროებითი წინააღმდეგობა კრით	ხვედრილი წინააღმდეგობა სმ მოხუნისას მუთონზე კგ/სმ <sup>2</sup>
მძიმე თიხნარი	0—12	12	27	40	1,2	0,34	1,15	0,30	0,45
	12—18	13	29	31	1,7	0,31	1,05	0,42	
საშუალო თიხნარი	0—12	12	24	44	1,1	0,39	1,03	0,27	0,40
	12—35	13	21	25	1,7	0,44	1,03	0,43	
მსუბუქი თიხნარი	0—12	11	22	51	1,1	0,38	1,18	0,02	0,35
	10—30	11	18	32	1,5	0,48	1,00	0,15	
სილნარი	0—12	7	16	40	1,3	0,21	1,04	0,04	0,30
	12—20	7	20	34	1,4	0,35	0,93	0,09	
ქვიშნარი	0—10	3	14	33	1,3	0,26	1,07	0,03	0,20
	10—30	4	9	29	1,5	0,28	0,67	0,00	

32-ე ცხრილიდან ჩანს, რომ, როგორც გარეგანი, ისე შინაგანი ხაზუნი მძიმე თიხნარი ნიადაგისა მეტია, ქვიშიან ნიადაგთან შედარებით. ქრის ღრობებით წინააღმდეგობა მძიმე თიხნარ ნიადაგისათვის 10-ჯერ და კიდევ მეტჯერ ღიღია მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგთან შედარებით. მძიმე თიხნარ ნიადაგში კუთრი წინააღმდეგობა, ე. ი. ყოველი 1 სმ<sup>2</sup> ნიადაგის ქრახე დახარჯული ენერგიის რაოდენობა, მძიმე თიხნარი ნიადაგისა 2 და მეტჯერ აღემატება ქვიშიანი ნიადაგისას.

**ნიადაგის წვეთით წინააღმდეგობის ძალა და მისი მაპროგნოზული ფაქტორები**

ნიადაგის წვეთით წინააღმდეგობის ძალას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. მასზეა დამოკიდებული ხენის სიჩქარე, ნიადაგის დასამუშაველად საჭირო ძალის სიდიდე, საწვავი მასალის ხარჯვა და სხვ.

აკადემიკოს ვ. გორიაჩინმა ტრაქტორის გუთნის წვეთით წინააღმდეგობის ძალა ვამოსახა შემდეგი რაციონალური ფორმულით:

$$P = fG + Kab + Er^2ab,$$

სადაც P არის გუთნის წვეთით წინააღმდეგობა;

f — ხახუნის კოეფიციენტი;

g — გუთნის წონა (კილოგრამობით);

K — ნიადაგის კუთრი წინააღმდეგობა (კგ/სმ<sup>2</sup>-ობით);

a — ხენის სიღრმე სმ-ობით;

b — მოდების განი (სმ-ობით);

r — ხენის სიჩქარე;

E — ნიადაგის თვისებასა და გუთნის ფრთის ფორმაზე დამოკიდებული კოეფიციენტი.

ამ ფორმულიდან ჩანს, რომ გუთნის წვევისათვის საჭირო ენერგიის რაოდენობა ძირითადად, ნიადაგის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზეა დამოკიდებული. გამორკვეულია, რომ ამ მხრივ განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის სტრუქტურას. მექანიკურ შედგენილობას და დამუშაების მომენტში ნიადაგის ტენიანობას. სტრუქტურიან ნიადაგს ბმულობის, მიკრობილობის უნარი და ხახუნით გამოწვეული წინააღმდეგობის ძალა ნაკლები აქვს უსტრუქტურო ნიადაგთან შედარებით. ამიტომ სტრუქტურიანი ნიადაგის ქრისა და ძვრის დეფორმაცია ნაკლებ ენერგიას საჭიროებს, ე. ი. ნაკლები წვეთით წინააღმდეგობის ძალა აქვს, უსტრუქტურო თიხიანს კი მეტი.

ნიადაგის წვეთით წინააღმდეგობის ძალა ფიზიკურ-მექანიკური

თვისებებისა და ნიადაგის ტენიანობის ცვალებადობის შესაბამის დინამიკას განიცდის. სტრუქტურის გაუმჯობესების მომენტებს ემთხვევა ნიადაგის წვეთი წინააღმდეგობის ძალის შემცირება, ხოლო გაუარესებას, პირიქით, გადიდება. ამიტომ გაზაფხულზე ნიადაგი უფრო ადვილი დასამუშავებელია, ვიდრე ზაფხულში ან ადრე შემოდგომაზე. ნიადაგის წვეთი წინააღმდეგობის ძალა, ნიადაგის სიმწიფის (დავარგულობის) დროს მცირეა.

ნიადაგის სტრუქტურის შექმნა-გაუმჯობესება ამცირებს ნიადაგის წვეთ წინააღმდეგობის ძალას და მის შესაბამისად ადიდებს მუშაობის მარგ კოეფიციენტს (ზრდის ხენის სიჩქარეს, ამცირებს საწვავის ხარჯვას, აუმჯობესებს ხნულის ღირსებას და სხვ.).

### 3. ნიადაგის წყლვანი თვისებები

#### ნიადაგური ტენის წარმოება

ნიადაგური ტენის მთავარი წყარო ატმოსფერული ნალექებია. გარკვეულ როლს ამ მხრივ აგრეთვე მიწისქვეშა წყალიც ასრულებს.

წყლის ეს წყაროები დედამიწაზე არა ერთგვარად არის განაწილებული გეოგრაფიული, ტოპოგრაფიული, ჰიფსომეტრული და სხვა პირობების გამო. ამიტომ მათი როლიც ყველგან ერთნაირი არ არის. ატმოსფერული ნალექების რაოდენობას, ინტენსივობას და წელიწადის დროზე განაწილებას მეტად დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგური ტენისათვის.

ატმოსფერული ნალექების ნიადაგურ ტენში გადასვლის მასშტაბი დამოკიდებულია ტენის მიმოქცევის ხასიათზე.

ნიადაგური ტენის რაოდენობაზე გავლენას ახდენს ტენის მიმოქცევის ყველა სახე (მცირე, დიდი და ხმელეთშიგა), მაგრამ განსაკუთრებული მნიშვნელობა მაინც ხმელეთშიგა ტენის მიმოქცევას აქვს.

ტენის მცირე მიმოქცევა ხორციელდება ოკეანისა (ზღვისა) და ატმოსფეროს შორის; ამდენად მისი უშუალო როლი ნიადაგურ ტენში მონაწილეობის მხრივ გამორიცხულია.

ტენის დიდი მიმოქცევის პირობებში ადვილი აქვს ოკეანიდან (ზღვიდან) წყლის აორთქლებას და ხმელეთზე გადმოსვლას — კონდენსაციას (ნალექების სახით ჩამოდენას). შემდგომში ეს უკანასკნელი ისევ ზღავს უბრუნდება ნალექების, ზედაპირული ჩამონადენისა და სხვათა სახით. ტენის დიდი მიმოქცევის ერთი დიდი რგოლი — ატმოსფერული ნალექები — ნიადაგური ტენის მკვებავ პირდაპირ წყაროს წარმოადგენს. ტენის დიდი მიმოქცევის როლი ნიადაგურ ტენში მონაწილეობის მხრივ იმდენად დიდია, რამდენადაც ნაკლებია

ზედაპირული ჩამონადენი, ნიადაგიდან ფიზიკური აორთქლება, ტრანსპირაცია და წყლის ღრმა ფენებში ჩადინება.

ხმელეთშია ტენის მიმოქცევის შემოხვევაშიც ხმელეთზე ნალექების წარმომშობი წყლის ორთქლის პირველ წყაროს ოკეანის (ზღვის) ზედაპირიდან აორთქლებული წყალი წარმოადგენს. ამ გზით წარმოშობილი ნალექების ნაწილი ნიადაგში ჩაიჭონება, ნაწილი ზედაპირულ ჩამონაღენს მოგვეცემს, ნაწილი კი ტრანსპირაციას ან პირდაპირ ფიზიკურ აორთქლებას განიცდის. ეს უკანასკნელი, ცხადია, ჰაერში დარჩენილ ორთქლს შეუერთდება და მის საერთო რაოდენობას გააღიღებს, მაგრამ რა თქმა უნდა, არა საწყის რაოდენობამდე. შემდეგი კონდენსაციის შედეგად კიდევ მოვა ნალექები. უკანასკნელიც ნიადაგში ჩაიჭონება, ნაწილი ზედაპირულ ჩამონადენს წარმოშობს, ნაწილი კი აორთქლდება და ა. შ. ხმელეთშია ტენის მიმოქცევის ყოველ შემდეგ რგოლს ტენის მარაგის შემცირება ახასიათებს, რადგან წყლის ნაწილი თანდათან ისევ ზღვას უბრუნდება.

აქედან გამომდინარე, თუ ოკეანის (ზღვის) სანაპირო ზოლიდან მატერიკის სიღრმისაკენ რაიმე ადგილობრივი პირობები არ აძლიერებს ტენის მიმოქცევას და ამით არ ზრდის ნალექების რაოდენობას, მაშინ ეს უკანასკნელი ამ მიმართულებით (ზღვიდან — ხმელეთის სიღრმისაკენ), როგორც წესი, შემცირებას განიცდის.

ამრიგად, დიდი განსაკუთრებით კი, ხმელეთშია ტენის მიმოქცევა, განსაზღვრავს ნიადაგურ ტენში ატმოსფერული ნალექების მონაწილეობის მასშტაბს. ის, ჩვეულებრივ, ზღვის მახლობელ ზოლში დიდია, ხოლო დაშორებით — ნაკლები.

ხმელეთშია ტენის მიმოქცევის გაძლიერება ადიღებს ნიადაგურა ტენის რაოდენობას, არბილებს ჰავას და ამით ამცირებს ნიადაგური ტენის დანაკლისს (ტრანსპირაციას, ფიზიკურ აორთქლებას), ე. ი. აუმჯობესებს ტენის ბალანსს, წყლის მეურნეობას ეკონომიურს ხდის. ამიტომ ხმელეთშია ტენის მიმოქცევის გაძლიერებას არა მარტო აგრონომიული, არამედ საერთო დადებითი კლიმატურა მნიშვნელობა აქვს.

ნიადაგური ტენის შემდეგი მნიშვნელოვანი წყაროა ნიადაგურ ჰაერში მყოფი წყლის ორთქლი, რომელიც კონდენსაციისა და ადსორბციის საშუალებით ნიადაგურ ტენში გადადის. ამის გამო ორთქლისებრი წყალი მიწისქვეშა წყლის წარმოქმნაში გარკვეულ როლს ასრულებს.

მიწისქვეშა (გრუნტის) წყლის წარმოშობის შესახებ ორი ერთიმეორის საწინააღმდეგო თეორია — ინფილტრაციული და კონდენსაციური — დიდი ხნის განმავლობაში ებრძოდა ერთიმეორეს. ინფილტრაციულმა თეორიამ რომელმაც ჯერ კიდევ ძველ საბერძნეთში იჩინა

თავი (პლატონი), გამოავლინა, რომ მიწისქვეშა წყალი ატმოსფერული ნალექების ნიადაგში ჩაუნვის შედეგად არის წარმოშობილი. ინფილტრაციული თეორიის დიდი ავტორიტეტი იყო ჯერ პალისი, ხოლო შემდეგ ფრანგი ფიზიკოსი მარიოტი. მარიოტი ამტკიცებდა, რომ ატმოსფერული ნალექები გრუნტის წყლის მკვებავი ერთადერთი წყაროა. ეს თეორია XIX საუკუნის 80-იან წლებამდე მიწისქვეშა წყლის წარმოშობის შესახებ ერთადერთი გაბატონებული თეორია იყო.

1877 წ. გერმანელმა ინჟინერმა ოტო ფოლგერმა წამოაყენა კონდენსაციური თეორია მიწისქვეშა წყლების წარმოშობის შესახებ, რომლის მიხედვით მიწისქვეშა წყლის წარმოშობა ნიადაგ-გრუნტის ჰაერის ორთქლის კონდენსაციით (შესქვლებით) ხდება.

XX საუკუნის დასაწყისში პროფ. ა. ლებედევმა თავისი მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტებით ამ საკითხში გარკვეულობა შეიტანა. მან ბუნებრივ პირობებში ჩატარებული ცდებით დაადასტურა, რომ მიწისქვეშა წყლების წარმოშობაში მონაწილეობენ როგორც ინფილტრაციის, ისე კონდენსაციის მოვლენები.

ოღესაში ლებედევის მიერ ჩატარებული ცდის მიხედვით კონდენსაციის საშუალებით წარმოქმნილი წყლის რაოდენობა წელიწადში 60 — 100 მმ შეადგენს.

ამრიგად, ატმოსფერული ჰაერის ორთქლისებრ მდგომარეობაში მყოფი წყალი, რომელიც ნიადაგ-გრუნტის ფენებში გამუდმებულ ცირკულაციას განიცდის, ნიადაგური ტენის როგორც თხიერი, აგრეთვე აღსორბციული წყლის ფორმების მნიშვნელოვანი წყაროა, რაც ჯეოგრაფიული ზონების მიხედვით დიდ ფარგლებში მერყეობს.

ნიადაგური ტენის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი წყაროა მიწისქვეშა (გრუნტის) წყალი. მისი მნიშვნელობა, ერთი მხრივ დამოკიდებულია ამ წყლის ნიადაგ-გრუნტში დგომის სიღრმეზე და წყლის ქიმიურ შედგენილობაზე, ხოლო, მეორე მხრივ, ნიადაგის ქვედა ფენების მექანიკურ შედგენილობაზე.

ძლიერ ღრმა ფენებში მდგომი მიწისქვეშა წყლის, როგორც ნიადაგური ტენის წყაროს მნიშვნელობა, რატქმაუნდა, პრაქტიკულად გამორიცხულია.

მიწისქვეშა წყლის როლი ნიადაგურ ტენში მონაწილეობის მხრივ დამოკიდებულია გრუნტის წყლის ქიმიურ შედგენილობაზეც. აკადემიკოსი ბ. პოლინოვის გამოკვლევებით ცნობილია, რომ ორვალენტური კატიონების ზარილების შემცველი წყალი უფრო ნაკლებად აიწვევს მალა კაპილარულად, ნიადაგში, ვიდრე ერთვალენტურიანია. აქედან ცხადია, ღრმა ფენებში მდგომი გრუნტის წყალი, რომელიც მინერალიზებულია ორვალენტური კატიონების მარილებით, ნიადაგური ფენების წყლის უფრო ნაკლებ წყაროს წარმოადგენს, ვიდრე

ერთვალენტიანი კატიონების მარილების შემცველი მიწისქვეშა წყალი.

მიწისქვეშა წყლის ნიადაგურ ფენაში გადასვლის შესაძლებლობა დიდად არის დამოკიდებული ნიადაგ-გრუნტის მექანიკურ შედგენილობაზე. ნიადაგის მძიმე მექანიკური შედგენილობის შემთხვევაში, კაპილარული მოვლენების საშუალებით, მიწისქვეშა წყალს შეუძლია ღრმა ფენებიდან ამოწევა და მონაწილეობის მიღება ნიადაგის ტენით კვებაში. მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის გრუნტს ამ მხრივ წყლის ბევრად უფრო ნაკლებ სიმძლავრე ამოწევის უნარი აქვს და, მაშასადამე, ნიადაგურ ტენში გადასვლის ნაკლები შესაძლებლობაც.

გარდა ამისა, მნიშვნელობა აქვს მიწისქვეშა წყალთან უშუალო კონტაქტში მყოფ გრუნტის ფენების ფორიანობას. ულტრაფორიანობის (ულტრაკაპილარობის) შემთხვევაში ასეთ ფორებში, როდესაც მენისკურ ძალებს აღემატება წყლისა და ნიადაგს შორის ხახუნის ძალა, წყლის კაპილარული აწევა წყდება. ასეთ შემთხვევაში, ცხადია, მიწისქვეშა წყლის ნიადაგურ ტენში გადასვლის შესაძლებლობა მეტად მცირეა.

ნიადაგში შესული წყალი ნიადაგის მყარ ფაზასთან მეტად რთულ ურთიერთობაშია, რის შედეგადაც ეს წყალი განსხვავებული ფიზიკური და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მქონე ნიადაგური ტენის ფორმებში გადადის.

დღეისათვის, თუ მხედველობაში არ მივიღებთ ქიმიურად დაკავშირებულ და მყარ წყალს, არჩევენ ნიადაგური ტენის შემდეგ ძირითად ფორმებს: ორთქლისებრ, ბმულსა და თავისუფალს.

## ნიადაგური ტენის შორეული

### ორთქლისებრი ტენი და მისი თვისებები

#### 1. საერთო საკითხები

დღემიწაზე — ხმელეთზე და ოკეანეებზე (ზღვებზე, ტბებზე) მოსული ნალექები ატმოსფეროსა და ნიადაგურ ჰაერს უბრუნდება მხოლოდ ორთქლისებრი ტენის ფორმით, რომელიც ატმოსფეროში დიფუზიურ და ჰაერის ნაკადების დინებით გამოწვეულ გადანაწილებას განიცდის.

ორთქლისებრი ტენის რაოდენობა, საშუალოდ, ნიადაგური ჰაერის 0,5 — 2,3%-ს შეადგენს და ნიადაგის წონის 0,001%-ს არ აღემატება.

ორთქლისებრი ტენი ნიადაგში მუდმივ დინამიკურ ცვალებადობას განიცდის. დინამიკის ხასიათი განისაზღვრება ნიადაგის ორთქლისებ-

რი ტენის ბალანსის ელემენტებით. ნიადაგური ორთქლისებრი ტენის წყარობია, ერთი მხრივ, ატმოსფერული ჰაერის ორთქლი, ხოლო, მეორე მხრივ, ნიადაგის ტენის ყველა ფორმა ორთქლისებრ მდგომარეობაში გადასვლის შემდეგ, და აგრეთვე ნიადაგში მცხოვრები ორგანიზმების მიერ აორთქლებული წყალი.

ორთქლისებრი ტენის ხარჯვის ელემენტებია: თერმული კონდენსაცია (ორთქლისებრი ტენის თხიერ მდგომარეობაში გადასვლა), მოლეკულური კონდენსაცია (ორთქლისებრი ტენის ადსორბცია — ჰიგროსკოპულ წყალში გადასვლა) და მისი (ორთქლის) გადაადგილება — ჰაერში ამოსვლა ან ღრმა ფენებში ჩასვლა. ბალანსის ამ ელემენტების რაოდენობრივი გამოხატულების შესაბამისად ორთქლისებრი ტენი ნიადაგში დროსა და სივრცეში მკვეთრად ცვალებადობს.

ნიადაგურ და ატმოსფერულ (მიწისპირა) ჰაერში ორთქლისებრი ტენის რაოდენობის მაქსიმუმი მაღალ ტემპერატურას ემთხვევა, ხოლო მინიმუმი — დაბალს.

ნიადაგური ორთქლისებრი ტენის შემცველობის ამპლიტუდა, რატემა უნდა. საერთო გეოგრაფიულ კანონზომიერებასაც ემორჩილება. ის (ამპლიტუდა) ეკვატორულ ზოლში ბევრად მცირეა, ვიდრე სამხრეთ და ჩრდილოეთ განედებში; კავშირის ჩრდილოეთ ნაწილში უფრო მცირეა, ვიდრე სამხრეთ ნაწილში.

ორთქლისებრი ტენის რაოდენობა ცვალებადია ნიადაგის ვერტიკალურ პროფილშიც. როდესაც ორთქლისებრი ტენი ნიადაგის ზედაფენაში (მიწისპირა ჰაერის მოსაზღვრე ფენაში) მცირეა, ქვედაფენაში ის, ჩვეულებრივ უფრო მეტია. ორთქლისებრ ტენს, როგორც ნიადაგური ტენის სხვა ფორმების წყაროს, დიდი პირობოლოგიური და აგრონომიული მნიშვნელობა აქვს და ნიადაგური ტენის სხვა ფორმებისაგან განსხვავებით, ნიადაგ-გრუნტში უმნიშვნელო რაოდენობით შემცველობის შემთხვევაშიც კი მოძრაობს. მას ნიადაგურ ჰაერთან ერთად შეუძლია ერთი ფენიდან მეორეში (ან ნიადაგიდან ატმოსფერულ ჰაერში) გადაადგილდეს. ის მოძრაობს ნიადაგურა ჰაერისაგან დამოუკიდებლადაც, ორთქლის წაღალი დრეკადობის არესკენ. იმ შემთხვევაში, როდესაც ნიადაგურა ჰაერი ორთქლით მაძლარ მდგომარეობაშია (ფართობით: ტენიანობა 96%-ია), მისი მოძრაობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე — გადაადგილდება მაღალიდან დაბალი ტემპერატურის მქონე ფენებისაკენ. მზრალ (გაყინულ) ნიადაგში ორთქლისებრი ტენი მაძლარ მდგომარეობაში მოძრაობს გაუყინავი (ქვედა) ფენიდან გაყინულ ფენისაკენ, რადგან მაძლარი ორთქლისებრი ტენის დრეკადობა გაყინულ-გადაცივებულ ფენაში უფრო დაბალია, ვიდრე გაუყინავ ფენაში.

მაძლარ მდგომარეობაში მყოფი ორთქლისებრი ტენის დრეკადო-



ბაზე გავლენას ახდენს ტენის შემხები ზედაპირის ფორმა. ეს საკითხი შეისწავლა ტომსონმა (კელვინმა), ამიტომ მას „ტომსონის ეფექტს“ ეძახიან. ტომსონის მიხედვით მაძლარი ორთქლის დრეკადობა ჩაზნე-ქილ ზედაპირზე უფრო მცირეა, ვიდრე ბრტყელ ზედაპირზე და ბრტყელზე თავის მხრივ უფრო ნაკლები, ვიდრე ამოზნექილზე.

ტომსონმა ზედაპირის ფორმასა და ორთქლის დრეკადობას შორის დამოკიდებულება გამოხატა შემდეგი ფორმულით:

$$P_1 = P \pm A \frac{S}{E} - \frac{2}{r},$$

სადაც P არის მაძლარი ორთქლის დაწოლა ამოზნექილ (+) ან ჩაზნე-ქილ (-) ზედაპირზე;

A — კაპილარული კონსტანტი;

S — ორთქლის სიმკვრივე;

E — სითხის სიმკვრივე;

r — სითხის ზედაპირის სიძრუდე (და, მაშასადამე,  $\frac{2}{r}$  შემხე-ბი ზედაპირის სიძრუდე).

ამ განტოლების მიხედვით: ორთქლისებრ ტენს შეუძლია ამოზნე-ქილი ზედაპირიდან ჩაზნექილ ან ბრტყელ ზედაპირზე გადაადგილება. გადაადგილება გაგრძელდება მანამდე, სანამ ორთქლისებრ ტენის დრეკადობა არ გათანაბრდება.

ნიადაგური ტენის ბალანსში, როგორც პროფ. ა. ლებედევისა და სხვათა გამოკვლევებით არის ცნობილი, ორთქლისებრ ტენს საკმაოდ დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან ტენის ეს ფორმა ნიადაგური ტენის, ერთი მხრივ, აღსორბეცული, ხოლო, მეორე მხრივ, კონდენსა-ციურა ფორმების წარმოქმნის მნიშვნელოვანი წყაროა.

#### ორთქლისებრი ტენის მოძრაობის კანონზომიერებანი და თერმული კონდენსაციის მოვლენები

ნიადაგში ტენის მოძრაობა მეტად რთული ხასიათის მოვლენაა, რადგან ის მრავალ თვისობრივად განსხვავებულ ფაქტორებზეა დამოკიდებული.

ნიადაგური ტენის მოძრაობის კანონზომიერების გარკვევას გარდა თეორიული მნიშვნელობისა (ტენის ფორმების კლასიფიკაცია), უადრესად დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობაც აქვს (მცენარისათვის მისაწვდომი ტენის რაოდენობის გარკვევა).

ნიადაგური ორთქლისებრ ტენის მოძრაობისა და მისი სხვა თვისობრიობაში გადასვლის კანონზომიერების საკითხი სპეციალურ ლი-

ტერატურაში საკმაოდ მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტული მასალის ანალიზის საფუძველზე აქვს გაშუქებული პროფ. ა. ლებედევს.

ნიადაგურ ფენებში ორთქლისებრი ტენის მოძრაობა ორთქლის ღრეკადობაზეა დამოკიდებული. ღრეკადობა კი თავის მხრივ გაპირობებულია: ტემპერატურით, ნიადაგის ტენის რაოდენობით, ნიადაგის მყარი ფაზის დისპერსიულობით და სხვ.

ნიადაგ-გრუნტის მაღალი ტემპერატურის მქონე ფენებში ტენი მეტი რაოდენობით ორთქლდება, რის გამოც ორთქლის ღრეკადობა აქ მეტია.

ნიადაგის ფენებს შორის ტემპერატურის ცვალებადობის შესაბამის დინამიურ ხასიათს ატარებს ორთქლის ღრეკადობის ხარისხი.

რამდენადაც ნიადაგში ტენის რაოდენობა მეტია მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობაზე, იმდენად მცირეა ორთქლის ღრეკადობა.

ჰიგროსკოპული მარილებით მდიდარ ნიადაგ-გრუნტში, ამ მარილების მიერ ნიადაგური ჰაერიდან ორთქლის შთანთქმის გამო, ჰაერის ორთქლის ღრეკადობა ნაკლებია.

ნიადაგის დისპერსიულობის ხარისხსა და ორთქლის ღრეკადობას შორის შებრუნებულ დამოკიდებულებას აქვს ადგილი, რადგან დისპერსიულობის ხარისხის ზრდა ორთქლის შთანთქმას აძლიერებს და ამით ორთქლისებრი ტენის ღრეკადობას ამცირებს.

ნიადაგ-გრუნტში ორთქლის განსხვავებული ღრეკადობის შემთხვევაში ადგილი აქვს მის (ორთქლის) მოძრაობას მეტი ღრეკადობის არედან ნაკლები ღრეკადობის არესკენ.

ორთქლისებრი ტენი ნიადაგ-გრუნტში მოძრაობის შედეგად ხშირად ახალ თვისობრიობაში (თხიერ და ადსორბციულ) გადადის. ამ მოვლენას იწვევს ერთი მხრივ, ტემპერატურის შემცირება, ხოლო, მეორე მხრივ, ამოდრეკილი (ბრტყელი) ზედაპირის ფორმებიდან ჩადრეკილ ფორმებში ორთქლის აკუმულაცია. პირველს (ორთქლის ტემპერატურის დაცემით თხიერ მდგომარეობაში გადასვლას) თერმული კონდენსაცია ეწოდება, ხოლო მეორეს (ჩადრეკილი ზედაპირის ფორმებში ორთქლის დაგროვებას — თხიერ მდგომარეობაში გადასვლას) — კაპილარული კონდენსაცია. უკანასკნელი მოვლენა ორთქლისებრი ტენის მოძრაობის შედეგად შესამჩნევია იმ ნიადაგში, რომელშიც ტენიანობა მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობას უახლოვდება.

თერმული კონდენსაცია ნიადაგ-გრუნტის თერმულ გრადიენტზეა დამოკიდებული ან, როგორც ლებედევი ამბობს, ორთქლისებრი ტენის მოძრაობა ნიადაგ-გრუნტში დედამიწის ზედაფენის ტემპერატურათა ცვლილების ფუნქციას წარმოადგენს. მაღალიდან დაბალი ტემპერატურის მქონე ფენებისაკენ გადაადგილდება ორთქლისებრი ტენი

ნი, სადაც მან შესაძლოა მიადწიოს ორთქლით მაძღარ მდგომარეობას და თხიერ მდგომარეობაში გადავიდეს. ტენის ეს წყარო ნიადაგ-გრუნტის ტენის ბალანსში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს, მაგალითად, ლებედვის მონაცემებით ოდესის ნიადაგები თერმული კონდენსაციის შედეგად წელიწადში დამატებით ლებულობენ 66 მმ ტენს, ზოლო როსტოვისა — 67 — 80 მმ-ს.

პროფ. ა. ლებედვი წელიწადის დროსთან დაკავშირებით არჩევს ორთქლისებრი ტენის მოძრაობისა და თერმული კონდენსაციის სამ პერიოდს: ზამთრის, გაზაფხულ-შემოდგომის და ზაფხულის.

ზამთრის პერიოდში ორთქლისებრი ტენის დრეკადობა ნიადაგ-გრუნტის ფენებში ზემოდან ქვემოთ მატულობს და ამიტომ ორთქლის ქვედა ფენებიდან ზედა ფენებში გადაადგილებას და კონდენსაციას აქვს ადგილი.

ზაფხულში, პირიქით, ორთქლისებრი ტენის დრეკადობა ზემოდან ქვემოთ კლებულობს, რის გამოც ორთქლი ამავე მიმართულებით განიცდის გადაადგილებას და კონდენსაციას.

გაზაფხულ-შემოდგომის პერიოდში ნიადაგ-გრუნტის ფენებს შორის მცირე ტემპერატურული განსხვავებაა, რის გამოც ორთქლისებრი ტენი დრეკადობის მხრივ გაწონასწორებულ მდგომარეობაშია და გადაადგილებას თითქმის არ განიცდის.

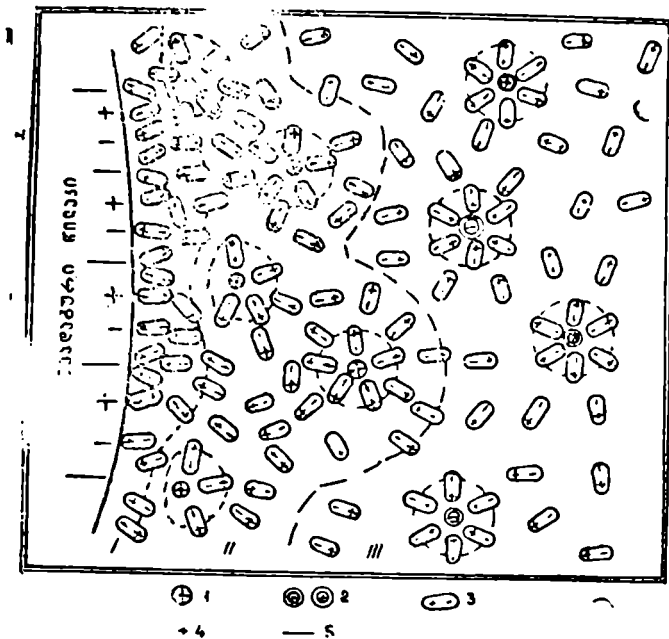
### 3. მოლეკულური კონდენსაცია — ადსორბციული ტენი

ორთქლისებრი ტენი ნიადაგის მყარ ფაზასთან შეხებისას შთაინთქმება ანუ, სხვანაირად რომ ვთქვათ, ნიადაგის მყარი ნაწილაკები ზედაპირული ენერჯის ძალით ორთქლისებრი მდგომარეობაში მყოფი წყლის მოლეკულებს — ჰიდროლებს — მიიზიდვენ და დააკავებენ.

ორთქლისებრი ტენის მოლეკულური კონდენსაციის დროს, ა. ოოდეს მიხედვით, ნიადაგ-გრუნტის მყარი ფაზის ზედაპირული ნაწილის იონებს და მათი განლაგების ხასიათს მნიშვნელობა აქვს მხოლოდ პირველი წყება წყლის მოლეკულების შთანთქმისათვის.

როგორც 22-ე სურათიდან ჩანს, ნიადაგებს მყარი ნაწილის უარყოფითმუხტიან ადგილს უკავშირდება დიპოლი დადებითმუხტიანი პოლუსით, ხოლო დადებითმუხტიან ადგილს, პირიქით, უარყოფითმუხტიანი პოლუსით; წყლის მოლეკულების შემდეგ წყებათა შთანთქმა კი; ძირითადად, ფიზიკურ პროცესს წარმოადგენს, ე. ი. დამოკიდებულია მყარი ფაზის ხეედრით ზედაპირზე.

ნიადაგ-გრუნტის მიერ ჰაერიდან ორთქლისებრი ტენის ასეთ მიზიდვა-დაკავებას ადსორბცია ეწოდება, ამ გზით შთანთქმულ ტენს — ადსორბციული, ანუ ჰიგროსკოპული ტენი, ზოლო ნიადაგ-გრუნტის



სურ. 22. მტკიცედ და ფაშარად ბმული და თავისუფალი ტენის სქემა:

I— მტკიცედ ბმული ტენი; II ფაშარად ბმული ტენი; III— თავისუფალი წყალი:  
 1— გაყვლილი იონები; 2— ხსნარის იონები; 3— წყლის დიპოლები; 4— ნიადაგური წილაკების ზედაპირული მოლეკულების კომპენსირებული მუხტები; 5— არაკომპენსირებული მუხტები.

ორთქლისებრი ტენის შთანთქმის უნარს — ჰიგროსკოპულობის თვისებას.

აღსანიშნავია, რომ მშრალ ნიადაგს და ვრუნტს, აღსორბციის უნარი წვეთური წყლის მიმართაც ახასიათებს.

ამრიგად, ორთქლისებრი ტენის მოლეკულური კონდენსაციის შედეგად წარმოიქმნება აღსორბციული ტენა, რომელსაც სხვანაირად ჰიგროსკოპულ წყალს (ლებედევი), ფიზიკურადბმულ (დუმანსკი), მოლეკულურადბმულ-ოსმოსურ (მატსონი) და მტკიცედბმულ (როდე, დოლგოვი) ტენსაც უწოდებენ.

ჰიგროსკოპული წყლის რაოდენობა დამოკიდებულია ჰაერის ფარდობით ტენიანობაზე. ამ უკანასკნელის შესაბამისად იცვლება ჰიგროსკოპული წყლის რაოდენობა ნიადაგ-ვრუნტში.

ნიადაგ-გრუნტში ჰიგროსკოპული წყალი რაოდენობრივად ჰაერში მყოფ ორთქლისებრ ტენთან არის გაწონასწორებული. როდესაც ნიადაგის შემხევა ჰაერის ფარდობით ტენიანობა 100%-ს მიუახლოვდება (94 — 96%), ე. ი. ჰაერი ორთქლით მძლარ მდგომარეობას მიღწევს, მაშინ ნიადაგში აღსორბციული ტენის მაქსიმუმი იქნება, რასაც მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობას (მპ), უწოდებენ.

ორთქლისებრი ტენის აღსორბციაზე მოქმედი პირობების შესახებ მრავალი გამოკვლევა არსებობს.

პროფ. ა. ლებელევი ამ მხრივ განსაკუთრებულ ყურადღებას აქცევს ნიადაგ-გრუნტის ხვედრით ზედაპირს, რაც თავის მხრივ მის (ნიადაგ-გრუნტის) მექანიკურ შედგენილობაზე, კერძოდ, წვრილდის-პერსიული ფრაქციის — თიხისა და ჰუმუსის რაოდენობაზეა დამოკიდებული. თიხითა და ჰუმუსით მდიდარი ნიადაგი, როგორც ცნობილია, ხასიათდება მეტად დიდი ზედაპირული ენერგიითა და მიზიდულობის ელექტროსტატიკური ძალებით, რომლებიც განაპირობებენ აღსორბციის მოვლენას.

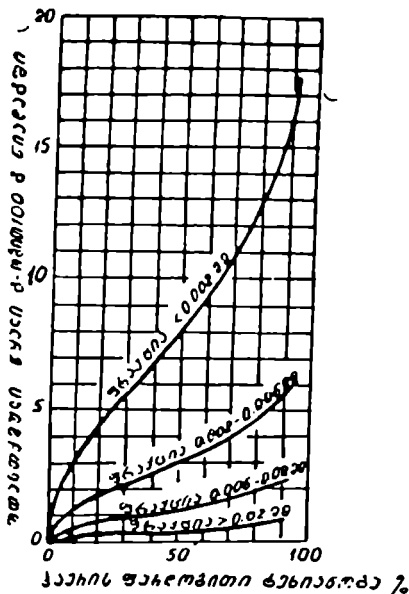
ერთნაირი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებს შორის მაღალი ჰიგროსკოპულობით ხასიათდება ჰუმუსით მდიდარი ნიადაგები.

ორთქლისებრი ტენის აღსორბციაზე დიდ გავლენას ახდენს აგრეთვე, ნიადაგ-გრუნტის მინერალოგიური შედგენილობა.

მაღალი ჰიდროფილობის მინერალებით მდიდარ ნიადაგ-გრუნტს ორთქლისებრი ტენის ძლიერი მოლეკულური კონდენსაციის უნარი ახასიათებს (იხ. ცხრილი 34).

განსაკუთრებით მაღალი მოლეკულური კონდენსაციის

თვისებით ხასიათდება მეორადი (თიხა) მინერალები. ამ მხრივ გამოირჩევა მოძრავი კრისტალური მესერის მქონე მინერალები (მონთმო-



სურ. 23. ნიადაგის ფრაქციათა დამეტრსა, ორთქლისებრი ტენის ნიადაგის აღსორბციულ უნარსა და ატმოსფერულ ჰაერის ფართობით ტენიანობას შორის დამოკიდებულება (ა. როდე).

რილონიტის ჯგუფი), რომელთაც მტკიცე კრისტალური მესერის მი-  
ნერალებთან (კაოლინიტის ჯგუფი) შედარებით შესამჩნევად მეტი სა-  
ერთო ზედაპირი და, მაშასადამე, მაღალი ადსორბციულობა ახასი-  
თებთ, მაგალითად, ასკანიტის (მონთმორილონიტის ჯგუფის მინერა-  
ლია) ჰიგროსკოპულობაა 13,64%, ხოლო მაქსიმალური ჰიგროსკოპუ-  
ლობა — 31,46 პროცენტი.

ცხრილი 34

სხვადასხვა მანერაღის <1μ ფრაქციას ადსორბციას უნარა  
(ათერბერგი, ფილატოვი)

მინერალები	1 გ მინერალის მიერ შთანთქმული წყალი მგ-ობით
კვარცი .	8,7
ალბიტი	81,4
ორთოკლასი	167,3
მიკროკლინი .	169,4
ლომონიტი	228,9
მუსკოვიტი .	358,1
ბიოტიტი	479,3

ანდერსონისა და მატსონის გამოკვლევებით დადასტურებულია,  
რომ ორთქლისებრი ტენის კონდენსაცია პირდაპირ დამოკიდებუ-  
ლებაშია მინერალში (საერთოდ, ნიადაგ-გრუნტში)  $SiO_2$ -ისა და  $R_2O$ -  
ის რაოდენობასთან. სხვა თანაბარ პირობებში ადსორბციული ტენის  
რაოდენობა იმდენად მეტაა, რამდენადაც მაღალია  $\frac{SiO_2}{R_2O_3}$  მაჩვენე-  
ბელი.

მოლეკულურ კონდენსაციაზე დიდ გავლენას ახდენს ადსორბენტის  
„რელიეფი“. მრგვალი ფორმის ნაწილაკებს უფრო ნაკლები ადსორბ-  
ციის უნარი აქვს, ვიდრე უსწორმასწორო, კუთხიანი ზედაპირისას,  
რაც ამ უკანასკნელთა საერთო ზედაპირისა და ელექტროსტატიკური  
ძალების შედარებით მეტი რაოდენობით არის გამოწვეული. ნაწი-  
ნააღმდეგო მოქმედებას იწვევს „ტომსონის ეფექტი“. ნაწილაკთა  
ამოხნევილი „რელიეფის“ ელემენტებიდან ორთქლისებრი ტენის გა-  
დაადგილება და დაგროვება ხდება ჩაზნევილი „რელიეფის“ ელემენ-  
ტებზე.

ორთქლისებრი ტენის მოლეკულურ კონდენსაციას ერთდროულად  
ადგილი აქვს, როგორც ნიადაგ-გრუნტის ნაწილაკების ზედაპირზე,  
აგრეთვე ნაწილაკების კრისტალური მესერის შიგნით.

აქედან ჩანს, რომ ადსორბციული (ჰიგროსკოპული) ტენი არა  
ერთი (როგორც ადრე ფიქრობდნენ), არამედ რამდენიმე წყება  
წყლის მოლეკულების შრეებისაგან შედგება (პოლიმოლეკულურია).

ადსორბციული ტენის შრის პოლიმოლეკულური სტრუქტურა მიგვიჩვენებს იმაზე, რომ ნიადაგ-გრუნტში ორთქლისებრი ტენის მოლეკულური კონდენსაცია ხორციელდება არა მხოლოდ ზედაპირული მიმზიდველობის ძალით, არამედ მასში სხვა სახის ძალებიც უნდა მონაწილეობდნენ. ასეთ ძალებად ა. როდეს პირველ რიგში მიაჩნია ვან-დერ-ვალსის ძალები, რომელთა მოქმედების რადიუსაც მნიშვნელოვნად აღემატება ქიმიური (ვალენტური) მოქმედების ძალების რადიუსს. ამიტომ მისი გამოკვლევით ადსორბციული ტენის შრეში წყლის მოლეკულების მეორე და შემდგომი წყება შეიძლება დაკავებული იყოს ვან-დერ-ვალსის ძალებით.

გარდა აღნიშნულისა, ორთქლისებრი ტენის მოლეკულური კონდენსაციის პროცესში უნდა მონაწილეობდეს სორბციული და ორთქლის ტენის ან თავისუფალი წყლის მოლეკულებს (ჰიდროლები) შორის მიმზიდველობის ძალა.

ლიტერატურული ცნობების მიხედვით ორთქლისებრი ტენის მოლეკულურ კონდენსაციასა და ნიადაგ-გრუნტის ზოგიერთ სხვა მაჩვენებლებს შორის ადგილი აქვს გარკვეულ დამოკიდებულებას.

ადსორბციული ტენის რაოდენობა კელის, იენის, ბრაუნის, ალიოშინისა და სხვათა მიხედვით დაკავშირებულია ნიადაგის შთანქმის ტევადობასთან.

ცხრილი 35

ჰაერმშრალი ნიადაგის ჰიგროსკოპულობასა და შთანქმის ტევადობის შორის დამოკიდებულება (ალიოშინი)

ნიადაგი	შთანქმის ტევადობა მილიექვივალენტობით 100 გ ნიადაგში	ჰაერმშრალი ნიადაგის ჰიგროსკოპულობა %-ობით	იგივე მილიმობით 100 გ ნიადაგში	შეუარდება მილიმობით შთანქმის ტენტევადობასთან
საშუალო ეწერი	8,32	1,90	105	12,6
ტყის ზანგარა	21,02	2,68	149	7,1
მუჭი ყაუისფერი	29,59	3,29	183	6,2
გამოტუტეული შაემიწა	38,33	5,04	280	7,3
ღრმა შაემიწა	51,81	7,12	395	7,5
სამხრეთის შაემიწა	34,44	4,61	256	7,6
წაბლა	22,76	3,25	181	8,2
წითელმიწა	12,00	5,73	318	26,5

ნიადაგ-გრუნტი, როგორც პოლიდისპერსიული სხეული: ჰიგროსკოპულობის გამოხატულების მხრივ რთულ მოზაიკას წარმოადგენს, ე. ი. ქმნის ცალკე ნაწილაკების ადსორბციული ტენის სხვადასხვა სისქის შრეებს.

ტენის პირველი მოლეკულების შრე, რომელიც უშუალოდ ეკვრის ნაწილს გარშემო, მეტად დიდ დაწოლას — 17 — 37 ათას ატმოსფეროს განიცდის. ამის გამო ჰიგროსკოპული წყალი, ჩვეულებრივი თხიერი წყლისაგან თვისობრივად აშკარად განსხვავდება.

ჰიგროსკოპულ ტენს ახასიათებს მაღალი სიმკვრივე, საშუალოდ (2,28 -- 2,45), დიდი სიბლანტე, დრეკადობა და ძერისადმი, განსაკუთრებული მაღალი წინააღმდეგობის უნარი. ჰიგროსკოპული წყლის თბოტევადობა — 0,70-ია, იუინება მინუს 78°-ზე (ბოიუკოსი), ვერ ხსნის ნიადაგში შეტანილ მარილებს („გაუხსნელი მოცულობა“), ამიტომ ამ ტენში მარილთა გადაადგილება არ ხდება, მათი ქიმიური აქტივობის მთლიანად გაძღრობის გამო.

ნიადაგის ჰიგროსკოპულ ტენს, როცა ის მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობას არ აღემატება, მოძრაობის თვისება არა აქვს. ჰიგროსკოპულ ტენს, როგორც ეს პროფ. ა. ლებედევის ცდებით არის დამტკიცებული, მოძრაობა შეუძლია მხოლოდ ორსაქლისებრი ტენის ფორმაში გადასვლით.

#### გამული ტენი

ნიადაგ-გრუნტში ბმული ტენის არსებობა გაპრობებულია ფიზიკური ძალებით. ამ ძალთა მაქსიმალური მოქმედების არეში, როგორც ეს 24-ე სურათიდან ჩანს, ნიადაგის მყარი ფაზის ზედაპირზე ატმოსფერული ჰაერიდან ორთქლის აღსორბციის შედეგად წარმოქმნილია ჰიგროსკოპული ტენი, ანუ ფიზიკურად მტკიცედ ბმული წყალი. ამავ კატეგორიის წყლის წარმოქმნას ადგილი აქვს მშრალ ნიადაგზე წვეთური წყლის მოქმედების დროს.

მრავალი გამოკვლევით (როდე, დუმანსკი, დოლგოვი და სხვ.) ცნობილია, რომ ჰიგროსკოპული ტენის წარმოქმნაზე ნიადაგის მთელი ფიზიკური ძალები (მოლეკულური მიმზიდველობის ძალა) არ იხარჯება, რის გამოც მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობამდე დატენიანებულ ნიადაგს კიდევ აქვს წვეთურ წყალთან შეხებისას ახალი მოლეკულების მიზიდვა — დამაგრების უნარი, თუმცა, ამ უკანასკნელის ძალა მტკიცედბმულ წყალთან შედარებით, ბევრად სუსტია. ამიტომ ტენის ამ კატეგორიას, დუმანსკის წინადადებით, ფაშარადბმული წყალი ეწოდება (სინონიმი — აკისებრი, ლიოსორბული, ოსმოსური)

მყარი ნაწილაკის ზედაპირზე წყლის მოლეკულების უახლოესი შრეები დიდი ძალით არის დამაგრებული (მტკიცედბმული, წყალი), ხოლო შემდგომი შრეების კავშირი, ნიადაგის მყარ ფაზასთან შედარებით, შესამჩნევად სუსტია.

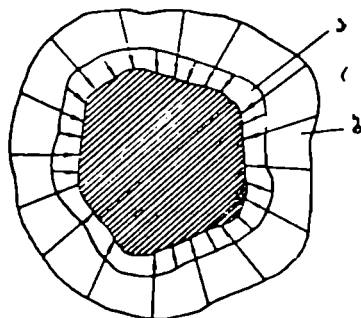
ტენის ეს სახე (ფაშარადბმული), რომელსაც ე. ლებედევი აკვი-



სებრ წყალს უწოდებს, წარმოიქმნება მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულაზამდე დატენიანებული ნიადაგის შემდგომი დასველებით. მას, ლებედვის აზრით, მტკიცედბმული წყლისაგან განსხვავებით, მოლეკულური ძალების ზეგავლენით ახასიათებს მოძრაობის უნარი, ტენის მეტი სიმსხოს შრიდან ნაკლები სიმსხოს შრისაკენ.

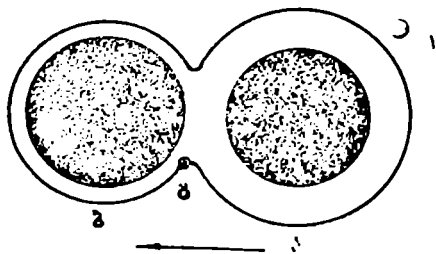
წყლის მოლეკულების ასეთი გადაადგილება გაგრძელდება მანამდე, სანამ ტენის შრის სიმსხო არ გათანასწორდება.

ლიოსორბული წყლის მოძრაობაზე გავლენას ახდენს ტემპერატურა. მისი მატება ზრდის ტენის ამ სახეობის მოძრაობის სისწრაფეს.



სურ. 24. ფაშარადბმული წყალი.

ა. ლებედვის გამოკვლევით, ნიადაგში აპსკისებრი (ლიოსორბული) წყლის წარმოქმნის ქვედა ზღვარს მაქსიმალურ-ჰიგროსკოპული, ხოლო ზედა ზღვარს ნიადაგ-გრუნტის ისეთი დატენიანება წარმოადგენს, რომლის დროსაც წყალი სიმძიმის ძალით ჯერ კიდევ ვერ მოძრაობს. როდეს აზრით, ფაშარადბმული წყლის დამახასიათებელია ნიადაგ-გრუნტის ნაწილაკიდან ნაწილაკისაკენ გადაადგილება არა უწყვეტად (მთლიანად), არამედ წყვეტილად.



სურ. 25. აფსკისებრი წყლის მოძრაობის სქემა (ა. ლებედვი).

თან (ნიადაგ-გრუნტთან) საკმაოდ დიდია. ის თვლის, რომ ტენი, რომელიც დარჩება ნიადაგში 18,000—20,000 გ სიჩქარის ცენტრიფუგაში, 5—10 წუთი ცენტრიფუგირების შემდეგ, შეესაბამება აპსკისებრ წყალს და მისი მოცილება 70,000გ სიჩქარის ცენტრიფუგითაც აღარ შეიძლება. შემდეგმა გამოკვლევებმა (მ ტროიცი, ს. დოლოგვი, ლ. ოლმშტედი და სხვ.) ნათელჰყო, რომ 18,000გ სიმძიმის ძალის აჩქარება სულაც არაა ტოლი ფაშარადბმული წყლის წნევის ძალისა. პირიქით, როდესაც დოლოგოვი გამოიყენა 35,000—37,000გ სიჩქარის

ცენტრიფუგი, ნიადაგში დარჩენილმა ტენის რაოდენობამ უწყვეტად იკლო. ოლმშტედმა, რომელიც სარგებლობდა დიდი სიჩქარის ცენტრიფუგით (300,000g), მიაღწია ტენის შემცირებას მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობამდე.

ლიოსორბული ტენის შრეში წყლის მოლეკულები ერთნაირი ძალით არ არის დამაგრებული და არც მხოლოდ მოლეკულური მიმზიდველობის ძალა მოქმედებს მასზე, როგორც ამას პ. ფაგელერი ამტკიცებს. დამაგრების ძალა ტენის შრის პერიფერიისაკენ თანდათან მცირდება და ტენის ამ კატეგორიის ზედაპირზე სორბციული ძალების დაწოლა, დოლგოვის მიხედვით, უკვე 1 ატმოსფეროზე ნაკლებია.

ასკისებრი ტენის შესაძლო მაქსიმალურ რაოდენობას, ე. ი. ტენის იმ რაოდენობას, რომელიც დაკავებულია ნიადაგის ნაწილაკთა და წყლის მოლეკულათა ზედაპირული მიზიდულობის მთელი ძალებით, ლებედევი, მაქსიმალურ მოლეკულურ ტენტევადობას (მ მ ტ-ს) უწოდებს.

ლიოსორბული წყლის მაქსიმუმი (მაქსიმალური მოლეკულური ტენტევადობა) თავის მხრივ რთულ კონგლომერატს წარმოადგენს, რომელიც, როგორც რაოდენობის, აგრეთვე მოლეკულათა სიმტკიცის თვისება-ქცევის მიხედვით, რამდენადმე განსხვავდება ერთიმეორისაგან. ეს გარემოება გამოწვეულია იმათ, რომ მ მ ტ-ში, როგორც ა. როდე აღნიშნავს, ვაერთიანებულია არა მარტო ზედაპირული ძალებით, არამედ სხვა გზითაც დაკავებული ტენი. ა. ტროფიმოვის გამოკვლევებით, მ მ ტ-ში წყლის დიდი ნაწილი აღსორბციული წყალია, ხოლო მცირე ნაწილი — თავისუფალი.

ბმული და, კერძოდ, ლიოსორბული წყალი წერილდისპერსიული ნაწილათ მდიდარ ნიადაგებში უფრო მეტია, ვიდრე არამძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში. დოლგოვის გამოკვლევებით, შავმიწა ნიადაგის ზედაფენაში ბმული წყლის რაოდენობა 25%-ს უახლოვდება, ხოლო ეწერი და რუხი ნიადაგების (რომლებიც კოლოიდებით უფრო ღარიბია, ვიდრე შავმიწები) იმავე ფენებში. 9,5 — 12,5%-ს.

ადვილად ხსნადი მარილების შემცველობა ნიადაგში ლიოსორბული წყლის რაოდენობას ამცირებს; ამის გამო ეწერი ნიადაგში ამ კატეგორიის ტენის რაოდენობა დიდია და, რიგ შემთხვევებში, მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობას აჭარბებს კიდევ. ადვილად ხსნადი მარილების მცირე რაოდენობით შემცველ ნიადაგებში (წაბლა, რუხი, ყავისფერი) ის მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობას უახლოვდება, ხოლო ბიც (მლაშე) ნიადაგებში მისი რაოდენობა ნულია.

ვ. ფრანცესონის გამოკვლევებით ნათელი გახდა, რომ ბმული წყლის შემცველობაზე გავლენას ახდენს ნიადაგის გამოსრობა და

დატენიანება. გამოშრობა ამცირებს ნიადაგში ბმული ტენის რაოდენობას, ხოლო დატენიანება პირიქით, აღიდეგს.

ა. როდეს ნიადაგის გამოშრობით ბმული ტენის შემცირების მიზნად ნიადაგის ზედაპირის შემცირება და ნაწილი კოლოიდების ძლიერი დეჰიდრატაცია მიიჩნია.

ბმული წყლის რაოდენობაზე მოქმედებს აგრეთვე ნიადაგის სტრუქტურა. ბუნებრივი სტრუქტურის მქონე ნიადაგში ბმული წყლის რაოდენობა, ფრანცესონის მიხედვით, უფრო მცირეა, ვიდრე ხელოვნურად დარღვეულ (გადაზელილ) იმავე ნიადაგში, რასაც დასახელებული მკვლევარი ხსნის ნიადაგის ბუნებრივი აგრეგატის დიდ ფორებში თავისუფალი წყლის, ხოლო წვრილ ფორებში ბმული წყლის არსებობით. აგრეგატის გადაზელივით, (დაშლით) დიდი ფორები მცირდება; მაშასადამე, მცირდება თავისუფალი წყლის რაოდენობა და იზრდება (იქმნება) წვრილი ფორები, რომელშიც ბმული წყალია. აქედან ჩანს, რომ სტრუქტურის დარღვევას თან მოსდევს თავისუფალი წყლის ზარზე ლაოსობული წყლის რაოდენობის გადიდება.

### თავისუფალი წყალი

თავისუფალი წყალი ნიადაგური წყლის ისეთი ფორმაა, რომელსაც არ ახასიათებს მოლეკულათა ორიენტირება ნიადაგის მყარი ფაზის ნაწილაკების ირგვლივ. იგი ნიადაგში გვხვდება ყინულისა და თხიერი წყლის სახით. თხიერი წყალი, წარმოდგენილია კაპილარული და გრავიტაციული წყლის ფორმებით.

#### 1. კაპილარული წყალი

თავისუფალი წყლის ეს სახე კაპილარულ მილებშია მოთავსებული და კაპილარული ანუ მენისკური ძალების ზეგავლენით, მოძრაობს.

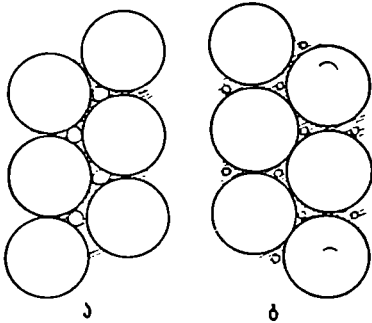
კაპილარული წყალი ფაშარადბმულ წყალთან მტკიცე კავშირშია, რაც იმაში გამოიხატება, რომ ნიადაგში ფაშარადბმული ტენის ზემოთ წყლის მომატებას ნიადაგში, კაპილარული წყლის წარმოქმნა მოსდევს თან; ამიტომ ყოველთვის არ ხერხდება ტენის ამ ორ კატეგორიას შორის მკვეთრი ზღვარის გატარება. უწერილესი დიამეტრის ფორებში (ულტრაკაპილარები) მხოლოდ ფიზიკურად ბმული წყალია. უფრო დიდი დიამეტრის ფორების ნაწილი უკავია ფიზიკურად დაკავშირებულ წყალს, ხოლო დანარჩენი — კაპილარულს.

კაპილარულ წყალზე განსხვავებული შეხედულებები აქვთ მკვლე-

ვარებს. ვერსელიუსს კაპილარული წყალი წარმოდგენილი აქვს 3 ფორმით:

1) პენდულარული, 2) ფუნიკულარული და 3) საკუთრად კაპილარული. ს. დოლგოვი არჩევს: 1) კაპილარულ-გათიშულს ანუ კაპილარულ-უმოდრაოს, 2) კაპილარულ-მოდრავს და 3) კაპილარულ-ადვილად მოძრავს. ბოლო დროის გამოკვლევებიდან ამ მხრივ აღსანიშნავია ა. როდეს კლასიფიკაცია, რომლის მიხედვით კაპილარულ წყალს თავის თვისებებით შემდეგი ფორმები აქვს: 1) კაპილარულ-დაკიდებული, 2) აპსკისებრ-დაკიდებული, 3) კაპილარულ-დაყრდნობილი, 4) პირაპირა (კუთხეების) და 5) დაკიდებულ-შიგააგრეგატული წყალი.

ვერსელიუსი (1918) თავის შრომაში „ნიადაგის კაპილარობა“ აღნიშნავს, რომ ნიადაგის დასველების მხრივ თანმიმდევარ მდგომარეობას აქვს ადგილი—უმცირესს, როდესაც ტენი ეკვრის ნიადაგის ფორების მხოლოდ კუთხეებს და დამაგრებულია მოლეკულური ძალებით. პენდულარულს, როდესაც ფორის უდიდესი ნაწი-



სურ. 26. პენდულარული (ა), ფუნიკულარული (ბ) და კაპილარული წყლის სქემები.

ლი აივსება წყლით, გარდა ცენტრალურისა, რომელშიც ჰაერის სვეტია. წყალი ამ დროს ნიადაგში დაკავებულია მენისკური და მოლეკულური მიმზიდველობის ძალებით—ეს ფუნიკულარული წყალია. იმ შემთხვევაში კი, როდესაც ფორი მთლიანად აივსება წყლით—იქნება საკუთრად კაპილარული წყალი.

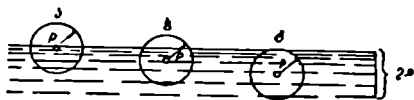
ვერსელიუსის კონცეფცია ფართოდ გამოიყენა ს. დოლგოვმა. მან კაპილარული წყლის კლასიფიკაციას საფუძვლად დაუდო მენისკური ძალების გამოხატულება. მისი კაპილარულ-გათიშული ანუ კაპილარულ-უმოდრაო წყალი შეესაბამება ვერსელიუსის პენდულარული წყლის ფორმას, რომელსაც წვეთური წყლის სახით მოძრაობა არ შეუძლია და შეიძლება გადავიდეს მხოლოდ ორთქლისებრ ტენის მდგომარეობაში ანდა გადაადგილდეს აპსკისებრი წყლის ფორმით; კაპილარულ-მოდრავი ანუ კაპილარული მძივისებრი ფორმის წყალი ფუნიკულარულ წყალს უახლოვდება. კაპილარული წყლის ეს ფორმა წარმოიქმნება კაპილარულ-გათიშული წყლის მიკროდაგროვებებს შორის ტენის შემდგომი მიმატებით (ამოვსებით), რის შედეგადაც კაპილარული წყალი მძივისებრ ფორმას მიიღებს, რომელსაც მენისკური ძალით მოძრაობის უნარი აქვს.

კაპილარული წყლის ფორმების ქვევა-თვისებების უკეთ გაგების მიზნით საჭიროა მოკლედ გავეცნოთ კაპილარული მოვლენების დახასიათებას.

ცნობილია, რომ კაპილარული მოვლენები წარმოიქმნება მყარი, თხიერი და აიროვანი ფაზის შეხების საზღვარზე ვან-დერ-ვალსის ძალების მეშვეობით.

მოლეკულები თხიერი ფაზის ზედაპირზე და შიგნით განსხვავებულ მდგომარეობაშია, როგორც ეს ჩანს 27-ე სურათიდან.

თხიერი ფაზის შიგნით ყოველი მოლეკულა ურთიერთმიზიდვისა და დიდი დაწოლის ქვეშ იმყოფება, ზედაპირზე კი ის ცალმხრივ მიზიდვას განიცდის, რის გამოც ეს ზედაპირული მოლეკულები მთელ თხიერ



სურ. 27. წყლის მოლეკულები ფხვიერი ფაზის შიგნით და ზედაპირზე.

ფაზას აწვევა მეტად დიდი ძალით—11,000 ატმოსფერომდე დაწოლით, ეს არის ზედაპირული დაჭიმულობის ძალა. დაწოლას, რომელსაც ადგილი აქვს ბრტყელ ზედაპირზე, ნორმალური დაწოლა ეწოდება. ჩაზნექილ ზედაპირზე (მენისკზე) ეს დაწოლა ნორმალურთან შედარებით მცირეა, ხოლო ამოზნექილ ზედაპირზე (მენისკზე), პირიქით, მეტია.

თხიერი ფაზა, რომელიც ზედაპირულ დაწოლას განიცდის, მისი წრაფის ზედაპირის შემცირებისაკენ, ე. ი. ისეთ ფორმას ღებულობს, რომელსაც მცირე ზედაპირი აქვს, წყლისათვის ეს სფერული ფორმაა.

ზედაპირულ დაჭიმულობას აღნიშნავენ  $\alpha$ -თი (ალფა) და გამოხატავენ დინებით 1 გრძივ სანტიმეტრზე.

ზედაპირულ დაჭიმულობაზე გავლენას ახდენს ტემპერატურა. ტემპერატურის მატებას თან მოსდევს ზედაპირული დაჭიმულობის შემცირება. წყლის ზედაპირული დაჭიმულობა  $0^\circ$  ტემპერატურის დროს 75,7 დინი/სმ-ია.

ზედაპირული დაჭიმულობა, რომელიც იცვლება თხიერი ფაზის ზედაპირის ფორმის მიხედვით, გამოიხატება ლაპლასის ფორმულით:

$$P_1 = P_0 + \alpha \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

სადაც  $P_1$  არის თხიერი ფაზის ზედაპირის შესაბამისი ზედაპირული დაწოლა;

$\alpha$  — ზედაპირული დაჭიმულობა;

$P_0$  — ნორმალური ზედაპირული დაწოლა და

$R_1$  და  $R_2$  — ზედაპირის სიმრუდის შთავარი რადიუსები.

ჩაზნეილი მენისკისათვის, სადაც ზედაპირის სიმრუდის მთავარ რადიუსები უარყოფითი სიდიდეებია, ლაპლასის ფორმულა ღებულბს შემდეგ სახეს:

$$P_1 = P_0 + \alpha \left( \frac{1}{-R_1} + \frac{1}{-R_2} \right) = P_0 - \alpha \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

რაც გვიჩვენებს, რომ ზედაპირული დაწოლა ნორმალურზე მცირეა.

ამოზნეილი მენისკისათვის, სადაც ზედაპირის სიმრუდის მთავარ რადიუსები დადებითი სიდიდეებია, ლაპლასის ფორმულა ასეთ სახეს მიიღებს:

$$P_1 = P_0 + \alpha \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

რაც გვიჩვენებს, რომ ზედაპირული დაწოლა ნორმალურზე მეტია.

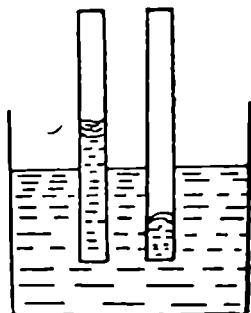
ცნობილია, რომ მყარი სხეულის ბრტყელ ზედაპირზე მოთავსებულ სითხის წვეთი სამი ძალის მოქმედებას განიცდის. ეს ძალებია: სიმძიმის, მყარ სხეულსა და სითხის მოლეკულებს შორის მიმზიდველობისა და ზედაპირული დაკიმულობის ძალა. ამ ძალთა ერთდროული მოქმედების შედეგად სითხე მიიღებს იმდენად მეტ შებრტყელებულ (შეტლევილ) ფორმას, რამდენადაც სითხისა და მყარი სხეულის მოლეკულებს შორის მიზიდულობის ძალა მეტი იქნება სითხის მოლეკულებს შორის მიზიდულობის ძალაზე, ამ ძალთა მოქმედების შესაბამისად მყარი სხეულის ზედაპირზე წარმოიქმნება სიმრუდე, რომელიც სითხისა და მყარი სხეულის შედგენილობის მიხედვით ერთნაირი არაა, ე. ი. სხვადასხვა სველადობის კუთხე და ხარისხი აქვს.

როგორც ჩაზნეილი, აგრეთვე ამოზნეილი მენისკის გამოხატულება (სიმრუდე) დამოკიდებულია კაპილარული მილის დიამეტრზე. შედარებით დიდდიამეტრიან მილებში სითხის მენისკურ სიმრუდეს მხოლოდ მის ნაპირზე (კიდებზე) აქვს ადგილი, ცენტრალური ადგილი კი ბრტყელი რჩება. მეტად წვრილდიამეტრიან მილებში მენისკის სიმრუდე მკვეთრია (ამოზნეილი ან ჩაზნეილი). აქედან გასაგებია, რომ ზედაპირული დაწოლა მენისკების გამოხატულების (კაპილარული მილების დიამეტრის) შესაბამისად იცვლება. ის დიდია წვრილდიამეტრიან მილში (ჩაზნეილი მენისკი) და, პირიქით, მცირეა დიდდიამეტრიან მილში.

ნიადაგში კაპილარულ მოვლენებს თავისებურება ახასიათებს, რაც გამოწვეულია იმით, რომ ნიადაგის ფორები თანაბარდიამეტრიანი და უწყვეტი არაა; გარდა ამისა, მილები ზაოინია, განსაკუთრებით ეს

ითქმის თაზიან და თიხნარ ნიადაგ-გრუნტებზე. სილნარ ნიადაგ-გრუნტის კაპილარული მილები ამ მხრივ უფრო ნაკლებად ცვალებადია.

აღნიშნულის გამო, სილნარ ნიადაგ-გრუნტის კაპილარული მოვლენების დასახასიათებლად თუ შეიძლება გამოვიყენოთ კაპილარული მოვლენების განხილული ზოგადი დებულებები, ეს არ შეიძლება გაკეთდეს თიხიან და თიხნარ ნიადაგ-გრუნტებისათვის. ამ უკანასკნელთა კაპილარულ მილებს უმთავრესად მძივისებრი ფორმა აქვს, ამიტომ საჭიროა გავეცნოთ ამ ფორმის მილების კაპილარულ მოვლენებსაც.



სურ. 28. სითხე კაპილარში როცა ასველებს (მარცხნივ) და როცა არ ასველებს (მარჯვნივ)

მძივისებრი კაპილარში დიამეტრი თანმიმდევრულად კლებულობს და მატულობს (ვიწროვდება და ფართოვდება). ამგვარად, ის წააგავს ძაფზე ასხმულ მძივს.

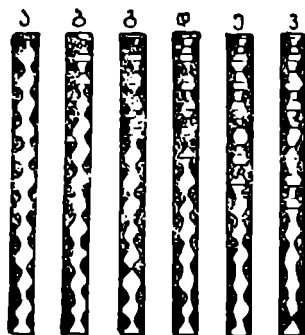
ნიადაგის მძივისებრი კაპილარებს გაფართოებული და შევიწროებული ყველა მილის დიამეტრი ერთნაირი არა აქვს. სიმარტივისათვის დაუშვათ, რომ მათი დიამეტრი ერთნაირია, ამავე დროს მძივისებრი კაპილარების შევიწროებული მილის დიამეტრი ტოლია ვიწრო კაპილარული მილის დიამეტრისა, როგორც ეს სურათზეა ნაჩვენები.

თუ პირველ სამ მილს ჩავდგამთ წყლიან ჭურჭელში, დავინახავთ, რომ წყალი კაპილარულად უთანაბროდ აიწვევს. ყველაზე მაღლა ( $h_1$ ) ვიწრო დიამეტრიან მილში (ა) იქნება, ყველაზე დაბლა ( $h_2$ ) ფართო დიამეტრიან მილში (ბ) და უკანასკნელზე ცოტა მაღლა ( $h'_2$ ), მძივისებრი მილში (გ).

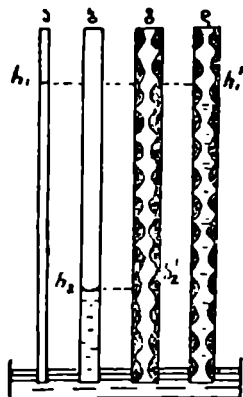
გ. მილში წყლის ცოტათი მაღლა დგომა გამოწვეულია იმით, რომ ბ მილის შესაფერის სიმაღლეს შეესაბამება პირველის (გ მილის) შევიწროებული დიამეტრი, რომელსაც ამის გამო მენისკის მეტი სიმრუდე და, მაშასადამე, ნორმალურზე მცირე ზედაპირული დაწოლა ახასიათებს. რაც იწვევს წყლის მაღლა აწევას. თუ დ მილს თავამდე ჩავდებთ წყალში, შემდეგ ამოვწევთ და დანარჩენი მილების სიმაღლეზე დავაყენებთ, შევამჩნევთ, რომ მენისკის სიმაღლე  $h'_1$ -ზე იქნება, ე. ი.  $h_1$ -ზე ცოტათი დაბლა.

ავიღოთ ექვსი მძივისებრი მილი და ზემოდან დავასხათ წყალი, დავინახავთ, რომ ზემოთა მენისკი ყოველთვის მილის შევიწროებულ ნაწილში იქნება, ქვემოთა კი — გაფართოებულში. სწორედ ქვემოთა მენისკის ნაკლები სიმრუდე და, მაშასადამე, ქვემოდან ზემოთ მიმარ-

თული მეტი ზედაპირული დაწოლა, ზემოთა ვიწრო და დიდი სიმრუდის მენისკის ნაკლებზედაპირულ დაწოლასთან შედარებით, შესაძლებლობას ქმნის მილში წყალი კაპილარულად დაკიდებულ მდგომარეობაში გაჩერდეს. ასეთნაირად დაკიდებული წყლის სვეტის სიმაღლე დამოკიდებულია ზემოთა და ქვემოთა მენისკის ზედაპირული დაწოლის სხვაობაზე. რამდენადაც ეს სხვაობა დიდია, იმდენად მეტი სიმაღლის კაპილარული წყლის სვეტი შეიძლება დაკავდეს ნიადაგში, და პირიქით.



სურ. 29. წყლის ზეაწევა მილებში—  
ა და ბ ცილინდრულ, გ და დ მძი-  
ვისებრ მილებში.



სურ. 30. დაკიდებული  
წყალი მძივისებრ კაპილა-  
რებში.

სიმაღლე, რომელზედაც ზემოთა მენისკის ზედაპირული დაწოლი-  
სა და სვეტში მყოფი წყლის სიმძიმის ძალა გაუთანასწორდება ქვე-  
მოთა მენისკის ზედაპირულ ძალას, კაპილარულად დაკიდებული  
წყლის ზღვრული სიმაღლე იქნება. ასეთ შემთხვევაში ამაზე მეტი  
სიმაღლის წყლის სვეტს ნიადაგი ვეღარ დააკავებს და სიმძიმის ძალით  
წყალი ქვემოთ დაიწყებს ჩადინებას.

მძივისებრი კაპილარების გაფართოებულ მილებში ხშირად ჩამაგ-  
რებული (ჩაქედილი) ჰაერია. ის მოქცეულია ზემოთა და ქვემოთა  
კაპილარების შევიწროებულ მილებში დაგროვილი წყლის შუა (გა-  
ფართოებულ მილში). ამ ვიწრო მილებს ახასიათებს მენისკის დიდი  
სიმრუდე და, მამასადამე, შემცირებული ზედაპირული დაწოლა. ასეთ  
შემთხვევაში, როგორც სურათზეა ნაჩვენები, ყოველი წყლის წვეთი  
დაკავებულია დამოუკიდებლად ზედა და ქვედა მენისკის ზედაპირუ-  
ლი დაწოლის ძალთა სხვაობით.



ნიადაგში, რომელშიც მიწისქვეშა წყალი ღრმად დგას (8 — 10 მეტრი და მეტი), კაპილარული წყალი ფაქტიურად დაკიდებულ წყალს წარმოადგენს.

ნიადაგში დაკიდებული წყლის არსებობა ექსპერიმენტულად პირველად ა. იზმაილსკიმ დაამტკიცა მეოცე საუკუნის დასაწყისში (1911), რაზედაც მიუთითებდა ა. ლებედევი. შემდეგ ამავე ხასიათის ცდები, უფრო ფართო მასშტაბით, ჩაატარა გ. ვისოცკიმ (ველიკო ანდოლიაში). მეტად საყურადღებო შრომა (დაკიდებულ წყალზე) ეკუთვნის პ. კოსოვიჩს (1904); ის მანამდე არსებული ლიტერატურული (ვოლნი, მაიერი და სხვ.) და საკუთარი ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე გამოყოფს ნიადაგის ჰუმცირესი ტენტევადობის ფორმას, ე. ი. ისეთს, რომელსაც არა აქვს წვეთური წყლის ფორმით გადაადგილების უნარი.

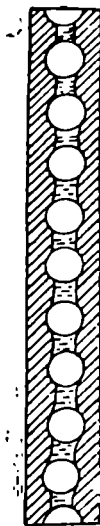
სილნარ და თიხა-თიხნარ ნიადაგ-გრუნტებში კაპილარული წყლის ამ ფორმას რიგი თავისებურებებისა ახასიათებს.

ცდის მონაცემებით. (ვასილევი, ივანოვი და სხვა) ირკვევა, რომ სილა, რომელზედაც ცდა წარმოებს, თუ წყლის დასხმამდე ცოტა ტენიანია, მაშინ დასხმული წყლის პირველივე ულუფები მაშინვე იწყებს წრეტას. ეს იმას ნიშნავს, რომ სილაში, რომელშიც პირაპირა ტენია, წყლის შემდგომი მ-მატებით მეტი რაოდენობის წყლის მარაგის შექმნა აღარ შეიძლება.

სრულიად სხვაგვარია სურათი თიხნარ და თიხიან ნიადაგებში. თიხიან ნიადაგებზე დაყენებული ცდა სავსე ტენტევადობის (ჰუმცირესი ტენტევადობის) განსაზღვრავად ვეჩვენებს, რომ წყალს ეს ნიადაგი საკმაოდ მტკიცედ აკავებს, რის გამოც პირველი 10 დღის განმავლობაში ნიადაგის ფენათა შორის ტენიანობის შესამჩნევ ცვალებადობას ადგილი არა აქვს. ამავე დროს შეიმჩნევა, რომ ეს წყალი, მართალია, ძალიან ნელა, მაგრამ მაინც იწრითება.

წყლის ეს კატეგორია ნიადაგში დაკავებულია ზედა და ქვედა მენისკის ზედაპირული დაწოლის ძალთა სწვაობის გამო, ამიტომ მას კაპილარულ-დაკიდებული წყალი ეწოდება.

კაპილარულ-დაკიდებული წყლის განსაზღვრის მრავალი ციფრობრივი მონაცემის ანალიზის საფუძველზე, ა. როდე მიდის დასკვნამდე, რომ მძიმე და საშუალო მექანიკური შედგენილობის ნიადაგ-

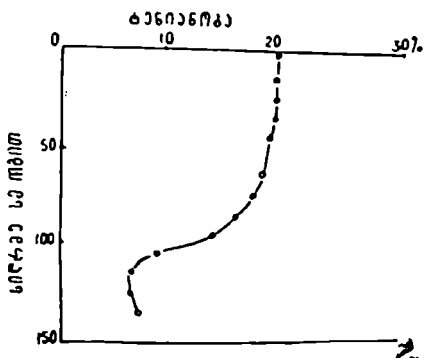


სურ. 31. პირაპირა წყალი მძიმე-სუბრ კაპილარში

გრუნტებში კაპილარულ-დაკიდებული წყალი კვაზიგაწონასწორებულ მდგომარეობაშია და მართალია უმნიშვნელოდ, მაგრამ მაინც განიცდის მთელი დასველებული ფენიდან ამოორთქლებელი ზედაპირისაკენ გადაადგილებას; ეს ამ წყლის უწყვეტობის (მთლიანობის) დამახასიათებელია, როგორც უმცირესი ტენტევალობისას, აგრეთვე მისი გარკვეულ საზღვრამდე შემცირების დროს. ამ წყლის გადაადგილება შეწყდება, როცა ნიადაგში ტენის შემცირებით წყლის უწყვეტობა დაირღვევა. მ. აბრამოვამ წყლის იმ რაოდენობას, როცა დაკიდებული წყლის გადაადგილება მკვეთრად შემცირდება, კაპილარების წყვეტის ტენიანობა უწოდა.

ა. ლებედევის, გ. ვისოცკის, ნ. ადამოვის, ს. დოლოგოვისა და სხვათა ექსპერიმენტული მონაცემებით

ირკვევა, რომ დაკიდებული წყლის ზღვრული რაოდენობა დამოკიდებული არ არის, ნიადაგის დასველების სიღრმეზე.



ა. როდეს მიხედვით, უმცირესი ტენტევალობის წყალი ნიადაგის მთლიანი ფორების მხოლოდ ნაწილს ავსებს (55 — 75%). მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში ეს პროცენტი უფრო მაღალია, ვიდრე მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგ-გრუნტებში.

სურ. 32. ზემოდან დასველების შემთხვევაში კაპილარული დაკიდებული წყლის ნიადაგში განაწილების მრუდი (გ. აბრამოვა).

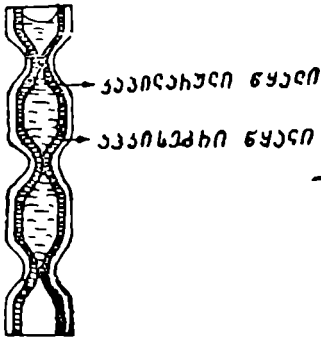
გარდა აღნიშნულისა, ნი-

ადაგში გვხვდება აპსკისებრი დაკიდებულ-კაპილარული წყალი. ამას ადგილი აქვს მძივისებრ კაპილარულ მილების მქონე ნიადაგ-გრუნტებში, იმ შემთხვევაში, როცა ამ მილის შევიწროებული ფორის დიამეტრი მეტად პატარაა და მილის საშუაქი თითქმის მთლიანად დახურულია სორბციული წყლის აბსკებით. ეს აბსკები საცობებივითაა, რის გამოც გაგანიერებული მილებიდან წყალს ჩამოდინების საშუალებას არ აძლევს. ამრიგად, წყლის ამ კატეგორიაში გაერთიანებულია, ერთი მხრივ, თავისუფალი, ხოლო მეორე მხრივ, სორბციული ძალებით დაკავებული წყალი.

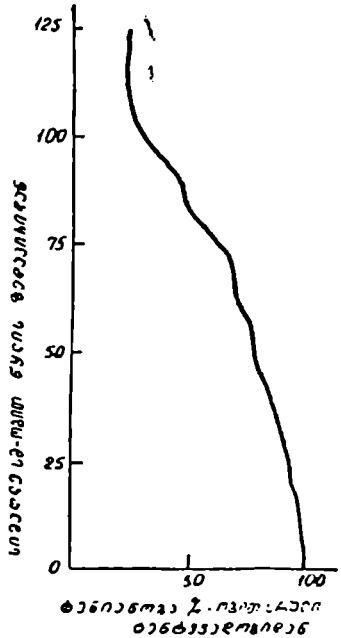
იმ შემთხვევაში, როდესაც გრუნტის წყალი კრიტიკულ დონეზე მაღლა დგას (გრუნტის წყალი ნიადაგს კაპილარულად ჰკვებავს

წყლით), როგორც ეს სურათიდან ჩანს, კაპილარული წყლის მაქსიმუმი მისი ქობის ფარგლებშია და ზემოთ ის თანდათან მციოდება, რასაც ნ. კაჩინსკის მიხედვით, კაპილარული დაბრჯენილი წყალი ეწოდება. ის ჰიდროსტატიკურად არის გაწონასწორებული.

კაპილარული ქობის სიმაღლე დამოკიდებულია მექანიკურ შედგენილობაზე. სილნარი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგ-გრუნტში მისი სიმაღლე რამდენიმე დეციმეტრს არ აღემატება, თიხნარსა და თიხიანში კი 2—3 მეტრსა და მეტს აღწევს. მონთმორილონიტი მდიდარ ნიადაგ-გრუნტში კაპილარული ქობის სიმაღლე (სიზრქე)



სურ. 33. მძივისებრ კაპილარში ბმულ წყლის საცობი.



სურ. 34. ნიადაგში კაპილარულ-დაბრჯენილი წყლის განაწილების მრული (ვესილევი).

უფრო დიდი, ვიდრე კაოლინიტის ჯგუფის თიხა-მინერალების დიდი რაოდენობით შემცველ ნიადაგ-გრუნტში. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მექანიკური ელემენტების (მაკრო და მიკრო სტრუქტურაში) წყობის ხასიათს.

ძლიერ მკვრივი წყობის შემთხვევაში კაპილარული ქობის სიზრქე ბევრად ნაკლებია, ვიდრე მომკვრივო წყობის დროს. ამის გამო არის შემთხვევები, როცა გრუნტის წყლის მცირე სიღრმეზე დგომის მიუხედავად (1 — 1,5 მეტრი) ნიადაგის ზედაფენები მშრალია (ასეთ მდგომარეობას ადგილი აქვს ალაზნის ველის ზოგიერთ ბიციკობ ნიადაგებში).

## 2. გრავიტაციული წყალი

ჯერ კიდევ 1897 წ. ლ. ბრიგსი ნიადაგური ტენის კლასიფიკაციისას გრავიტაციული წყლის შესახებ წერდა: „გრავიტაციული წყალი წარმოადგენს ნიადაგური ტენის იმ ნაწილს, რომელსაც, ჩვეულებრივ, თავისუფლად შეუძლია სიღრმეში ჩადინება“. ამრიგად, თავისუფალი წყლის გრავიტაციულ ფორმას ახასიათებს ფილტრაციის უნარი, ე. ი. სიმძიმის ძალით ზედა ფენებიდან ქვედა ფენებში ჩადინების თვისება. ა. ლებედევი შენიშნავს, რომ ასეთი ჩადინება არაფრით იზღუდებოდეს, ჩადინება შეწყდებოდა მხოლოდ დედამიწის ცენტრშიო. მაგრამ რადგან ბუნებაში მას მთელი რიგი პირობები ზღუდავს, ამიტომ მისი ჩადინების სიღრმე საერთოდ დიდი არ არის და დამოკიდებულია ამ შემზღუდავ პირობათა გამოხატულებაზეო.

მოძრაობის ხასიათის მიხედვით გრავიტაციული წყალი იყოფა მქონავ და გრუნტის დენად წყლის ფორმებად.

ნიადაგში შესული წყლიდან, უპირველეს ყოვლისა, წარმოიქმნება ფიზიკურად ბმული წყალი, დანარჩენი ნაწილიდან ჯერ კაპილარული წყალი, ხოლო შემდეგ მქონავი წყალი, რომელიც ავსებს არაკაპილარულ ფორმებს და სიმძიმის ძალით იწყებს ჩადინებას სიღრმისაკენ.

მქონავი წყლის რაოდენობაზე ნიადაგში გავლენას ახდენს არა მარტო ნიადაგური ტენის წყაროები, არამედ ნიადაგის ფიზიკურ-მექანიკური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებები.

ჩვეულებრივ, უსტრუქტურო და სტრუქტურიან ნიადაგებში თანაბარი რაოდენობით შედწეული წყლიდან მქონავი წყლის რაოდენობა პირველში შესამჩნევად მცირე იქნება, ვიდრე მეორეში. ასეთსავე მდგომარეობას ექნება ადგილი მძიმე და მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში. კოლოიდებითა და ორგანული ნივთიერებებით მდიდარ ნიადაგებში მქონავი წყლის უფრო ნაკლები ულუფა წარმოიქმნება, ვიდრე ნიადაგში შესული იმავე წყლის რაოდენობიდან, აღნიშნული ნივთიერებებით ღარიბ ნიადაგებში.

ნიადაგის ვერტიკალურ პროფილში მქონავი წყლის განაწილება და მოძრაობის ხასიათი დამოკიდებულია აგრეთვე ნიადაგის ქვედა ფენების ტენიანობის ხარისხზე. ამ ფენების სიმშრალის შემთხვევაში მქონავი წყლის რაოდენობა ნიადაგის ქვედა ფენებში პროგრესულად მცირდება, რადგან მისი საგრძნობი ნაწილი ნიადაგური ტენის სხვა ფორმებში (ფიზიკურადბმული, კაპილარული) გადადის.

მქონავი წყლის რაოდენობაზე გავლენას ახდენს შთანქმული ფუძეებისა და თიხამინერალების შედგენილობა. ნიადაგში შესული წყლიდან, მქონავი წყლის კატეგორიაში უფრო მეტი რაოდენობა გადავა ორ — და სამვალენტთან კათიონებით მადარ ნიადაგებში. ერთ-

ვალენტის კათიონებიდან თავისუფალი წყლის ამ სახეს ამცირებს განსაკუთრებით შთანქმეული ნატრიუმის იონები. მონთმორილონიტის ჯგუფის მინერალებით მდიდარ ნიადაგ-გრუნტში მეონავი წყალი უფრო ნაკლები რაოდენობით წარმოიქმნება, ვიდრე სხვა თანაბარ პირობებში კალიონიტის ჯგუფის მინერალებით მდიდარ ნიადაგ-გრუნტში.

მეონავ წყალს ნიადაგ-გრუნტში მხოლოდ პერიოდულად ვხვდებით დიდი წვიმის, თოვლის ერთბაშად დნობისა და რწყვის დროს.

იმ შემთხვევაში, როდესაც მეონავ წყალს ნიადაგში გზად გადაეღობება წყალგაუმტარი (წყალდამჭერი) ფენა, მაშინ ის (წყალი) წყალდამჭერი ფენის დახრილობის მიმართულებით იწყებს მოძრაობას, ე. ი. მეონავი წყალი გადადის გრავიტაციული წყლის გრუნტის დენადი წყლის ფორმაში.

ცხადია, მეონავი წყალი ამ შემთხვევაში მოძრაობის მიმართულებას იცვლის (ან ჩერდება — ტბორდება) წყალგაუმტარი ფენის ნაწილაკთა შეჭიდულობის წინააღმდეგობის ძალით. ამასთან დაკავშირებით ა. როდე არჩევს დაყრდნობილი გრავიტაციული და ინფილტრატ-გრავიტაციული წყლის წარმოქმნის საკითხს. პირველის წარმოქმნას ადგილი აქვს იქ, სადაც წყალგაუმტარი ფენა უარყოფით ტოპოგრაფიულ ელემენტს (ტაფობს) წარმოადგენს. ინფილტრატ-გრავიტაციული წყალი კი (დროებითი წყაროები) ჩნდება იქ, სადაც აღნიშნულ ტოპოგრაფიულ ელემენტებს ღელეები ან ხრამები სჭრის, ანდა წყალგამტარ ფენას ვავრცელების ზედა ნაწილში უფრო მეტი დახრილობა აქვს, ვიდრე ქვედა ნაწილში.

წყალგაუმტარ ფენაში მეონავი წყალი თანდათანობით დაგროვების შედეგად იძენს ჰიდროსტატიკური უწყვეტობის თვისებას, ანუ ჰიდრაულიკური დაწოლის გადაცემის უნარს, რის გამოც ეს წყალი შესაფერისი რელიეფის პირობებში ინფილტრატს იძლევა.

ფენას, რომელშიაც გრუნტის დენადი წყალი მოძრაობს, წყლოვანი ჰორიზონტი ეწოდება.

გრუნტის დენადი წყლის რაოდენობას განაპირობებს: მეონავი წყალი და წყლოვანი ჰორიზონტის მდებარეობის სიღრმე. გრუნტის დენადი და მეონავი წყლის რაოდენობას შორის პირდაპირი დამოკიდებულებაა. ტენიანი ჰავის პირობებში გრუნტის დენადი წყლის რაოდენობა წყლოვანი ჰორიზონტის მდებარეობაზეა დამოკიდებული. უკანასკნელის ზედა ფენებში მდებარეობის პირობებში ნიადაგებს გრუნტის დენადი წყლის უფრო მეტი რაოდენობა ახასიათებს, ვიდრე ამ ნიადაგებს, რომელთა წყლიანი ჰორიზონტი ღრმად მდებარეობს.

მშრალი ჰავის პირობებში, ჩვეულებრივ, მეონავი წყლის გრუნტის დენად წყალში გადასვლას უმეტეს შემთხვევაში ადგილი არა აქვს (ინტენსიური აორთქლების გამო).

არის შემთხვევები, როცა გრუნტის დენადი წყალი გრუნტის წყალს უერთდება.

გამორკვეულია (პ. ოტოკვი, გ. ვისოკვი და სხვ.), რომ გრუნტის დენადი და გრუნტის წყლებს მინერალიზებულობის ხარისხი სამხრეთ რაიონებში უფრო მაღალია, ვიდრე ჩრდილოეთის რაიონებში.

### თავისუფალი ნიადაგური ბენის მოძრაობის კანონზომიერებაანი გრავეიტაციული წყლის მოძრაობა-წყალგამტარობა

ნიადაგში. წყლის ზემოდან ქვემოთ გატარების თვისებას — წყალგამტარობა ეწოდება. წყალგამტარობის მიმდინარეობას სამი ფაზა აქვს: შექონვის, დასველებისა და ფილტრაციის.

შექონვა ხდება სორბციული და კაპილარული ძალებით, დასველება კაპილარულით, ხოლო ფილტრაცია — გრავეიტაციულით. სამივე ამ ძალთა ერთობლივი გამოხატულების შედეგია წყალგამტარობა.

ნ. კაჩინსკის მიხედვით წყალგამტარობაში, როგორც ფოკუსში, გამოვლინებულია ნიადაგის თითქმის ყველა თვისების ერთობლიობა.

ნიადაგური ტენის რეჟიმი დიდად არის დამოკიდებული წყალგამტარობის განმსაზღვრელი პირველი ფაზის (შექონვის) გამოხატულებაზე. წყლის შექონვის სისწრაფეს აპირობებს ობიექტური ფიზიკური კანონები, რომელთა რაოდენობრივი და თვისობრივი გამოხატულება იცვლება როგორც ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების, აგრეთვე ადამიანის სამეურნეო მოქმედების ხასიათის შესაბამისად.

წყლის შექონვის ინტენსივობის საკითხის შესასწავლად მრავალი გამოკვლევაა ჩატარებული, როგორც მელიორაციის, აგრეთვე პედროლოგიის დარგში. მინდვრის ცდების შედეგად შემუშავებულია ა. კოსტაკოვის ფორმულა:

$$W = Kt^a,$$

სადაც  $W$  არის წყლის შექონვის სისწრაფე;

$K$  — ნიადაგის ფილტრაციის კოეფიციენტი;

$t$  — ფილტრაციისა და წნევის გრადიენტი;

$a$  — ხარისხის მაჩვენებელი, რომელიც იცვლება 1 — 0,5 შორის (1 — მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგ-გრუნტებისათვის, 0,5 — მსუბუქი ნიადაგ-გრუნტებისათვის).

წყლის შექონვაში მონაწილეობს კაპილარული და წინააღმდეგობის ძალა (ხახუნის ძალა). აქედან ჩანს, რომ შექონვა იმდენად სწრაფია, რამდენადაც კაპილარული მოვლენები ძლიერია და, პირიქით, შექონვის სისწრაფე წინააღმდეგობის ძალის ზრდის შესაბამისად ქვეითდება.

შეჟონვის სისწრაფე, რომელზედაც გავლენას ახდენს ნიადაგის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, ნიადაგის დასველების სიზრქის ზრდასთან ერთად მცირდება. თქვირების მატებას, სტრუქტურის დარღვევასა და ბმულობის ზრდას თან სდევს შეჟონვის სისწრაფის შემცირება. მასზე გავლენას ახდენს აგრეთვე ნიადაგ-გრუნტის დატენიანების ხარისხი. დატენიანებული ნიადაგის შეჟონვის სისწრაფე, სხვა თანაბარ პირობებში. შესამჩნევად ნაკლებია, ვიდრე მშრალი ნიადაგისა, რაც გამოწვეულია პირველში აქტიური ფორების შემცირებით.

შეჟონვის სისწრაფეზე მოქმედებს აგრეთვე წყლის ტემპერატურა. ტემპერატურის დაცემით წყლის სიბლანტე მატულობს და შეჟონვის სისწრაფე კლებულობს.

ა. ასტაპოვი შეჟონვის სისწრაფის მიხედვით ნიადაგ-გრუნტებს სამ ჯგუფად ყოფს:

1. კარგი წყალგამტარი — შეჟონვის სისწრაფე პირველ საათში 150 მმ უდრის;

2. საშუალოდ წყალგამტარი — შეჟონვის სისწრაფე პირველ საათში 50 — 150 მმ-ია;

3. სუსტად წყალგამტარი — შეჟონვის სისწრაფე პირველ საათში: 50 მმ-ია.

შეჟონვის სისწრაფე ცვალებად სიდიდეს წარმოადგენს, როგორც ნიადაგის ტიპებს შორის, აგრეთვე ტიპების შიგნით (ნიადაგის მოვლ-პატრონობის შესაბამისად). მასთან პირდაპირ დამოკიდებულებაშია წყალგამტარობის მეორე მაპირობებელი — ნიადაგის დასველების სისწრაფე.

ნიადაგ-გრუნტები, რომელთაც მაღალი შეჟონვის სისწრაფე ახასიათებთ, სწრაფ დასველებას განიცდიან და, პირიქით, შეჟონვის სუსტი სისწრაფის ნიადაგ-გრუნტები დაყოვნებით სველდებიან.

შეჟონვისა და დასველების შემდეგ იწყება ფილტრაციის პროცესი (დროის მიხედვით ასეთ თანმიმდევარ საფეხებზე დაყოფა პირობითია), ფილტრაციის პროცესს გამოხატავენ დარსის კანონით, რომელიც მოცემულია შემდეგი მათემატიკური ფორმულით:

$$Q = K \frac{h}{l} \cdot S,$$

სადაც Q არის წყლის ხარჯი დროის ერთეულში;

h — წყალგამავალი ფენის თავისა და ბოლოს წნევის გრადიენტი;

l — წყალგამავალი ფენის სიზრქე;

S — წყალგამავალი ფენის კვეთის ფართი;

K --- წყალგამავლობის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია გასაფილტრი ფენის (ნიადაგის) და წყლის ფიზიკურ თვისებებზე.

ღარსის კანონი შემუშავებულია ერთნაირი მექანიკური შედგენილობის მასალისათვის (სილა). ნიადაგისათვის, როგორც ჰეტეროგენული სხეულისათვის (მექანიკური შედგენილობა, სტრუქტურა და სხვა მაჩვენებლები), მისი გამოყენება დიდ სიძნელეებს ქმნის. საჭიროა ცალკე შემთხვევებისათვის ექსპერიმენტული განსაზღვრები შეეონვის სისწრაფეზე და ფილტრაციის კოეფიციენტზე.

ფ. სავარენსკი ნიადაგებსა და ქანებს წყალგამტარობის მიხედვით სამ ჯგუფად ყოფს:

1. წყალგამტარი — ფილტრაციის კოეფიციენტი  $< 0,001$  მ ერთ დღე-ღამეში (თიხები და მასიურ-კრისტალური ქანები);

2. ნახევრად წყალგამტარი — ფილტრაციის კოეფიციენტი  $0,001—1$  მ.

ერთ დღე-ღამეში (ლიოსი, ტილი, ტორფი, თიხნარები, ფაშარი ქვიშაქვები);

3. წყალგამტარი — ფილტრაციის კოეფიციენტი  $> 1$  მ დღე-ღამეში (სილა, ღორღი, ქვარგვლები, ფიზიკური გამოფიტვის პროდუქტები).

წყალგამტარობაზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის ფორმის ფორმა, დიამეტრი და წყლის ნიადაგ-გრუნტის მყარ ფაზაზე მოქმედების ხასიათი. ეს თვისებები თავის მხრივ დამოკიდებულია ნიადაგ-გრუნტის მექანიკურ შედგენილობასა და სტრუქტურაზე.

მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგ-გრუნტი სუსტი წყალგამტარობით ხასიათდება, მსუბუქი მექანიკური შედგენილობისა კი — ძლიერით, მტკიცე სტრუქტურის ნიადაგები წყალს კარგად ატარებენ. სუსტი სიმტკიცისა კი — ცუდად.

წყალგამტარობაზე მოქმედებს შთანთქმული ფუძეების შედგენილობა. ეს საკითხი მრავალმხრივ აქვთ შესწავლილი კ. გედროიცს, ე. ანტიპოვ-კარატაევს, ა. სოკოლოვსკის და სხვ.

მაღალი წყალგამტარობის თვისებით ხასიათდება ორ და სამვალენტური კატიონებით მაძლარი ნიადაგები, ერთვალენტური კატიონებით, — განსაკუთრებით ნატრიუმის, პირიქით, ძალიან ამცირებს ნიადაგ-გრუნტის წყალგამტარობას (იხ. ცხრილი 36).

ბ. პოლინოვის გამოკვლევებით ბიცობიანი ნიადაგის წყალგამტარობა სუსტია და  $25—30$  სმ ფენაში ნულს უახლოვდება. შთანთქმული  $\text{Na}$ -ის ნიადაგ-გრუნტის ფილტრაციის თვისებაზე უარყოფითი გავლენის საფუძველზე ა. სოკოლოვსკიმ შეიმუშავა ტექნიკური მიზნებისათვის (სარწყავი არხებისა და წყალსაცავებისათვის) ნიადაგის ხელოვნური (ტექნიკური) გაბიცობების, ე. ი. შთანთქმული  $\text{Ca}$ -ის  $\text{Na}$ -ით შეცვლის მეთოდი. გამოკვლეულია, რომ ამგვარი ზემოქმედებით შევშიწების წყალგამტარობა  $214—285$ -ჯერ მცირდება.

წყალგამტარობაზე გავლენას ახდენს ნიადაგის პედილიტური



შედგენილობა. მონთმორილონიტის ჯგუფის მინერალებით მდიდარ ნიადაგებში წყალგამტარობა უფრო დაბალია, მათი მაღალი თქვირების გამო, ვიდრე კაოლინიტის ჯგუფის მინერალებით მდიდარ ნიადაგ-გრუნტებში.

ცხრილი 36

ნიადაგის წყალგამტარობა მშ-ობით

ნიადაგი	პორიზონტი	წყალგამტარობა პირველ საათში
წითელმიწა ანასეული (მ. დარასელია)	A	725
	B	72
	C	56
	D	210
საშუალო ეწერი ზუგდიდი (მ. დარასელია)	A+B	97
	C	26
შავმიწა უდაბნო (მ. ტალახაძე)	A	118
	B	92
	C	52

წყალგამტარობას ამცირებს ორგანული ნივთიერების რაოდენობის მატება ნიადაგში.

წყალგამტარობაზე გავლენას ახდენენ აგრეთვე ნაფესვარები, ნიადაგში მცხოვრები ორგანიზმების სოროები და სხვა დიდი ზომის აავისუფალი ადგილები. მკვრივი აგებულების ნიადაგებშიც კი „თავისუფალი“ ადგილების ასეთი ქსელი წყალგამტარობის თვისებას აუმჯობესებს.

წყალგამტარობა ნიადაგში მკვეთრად მცირდება ტენის გაყინვით, რადგან მას ამ ახალ თვისობაში გადასვლის შემდეგ წყალგამტარობის თვისება აღარ ახასიათებს. გარდა ამისა, გაყინული წყალი ნიადაგში ქმნის წყალგაუმტარ მაგარ ფენას, რომელიც შესამჩნევად ზღუდავს წვეთურ მდგომარეობაში მყოფი წყლის ქვემოთ ჩადინების შესაძლებლობას.

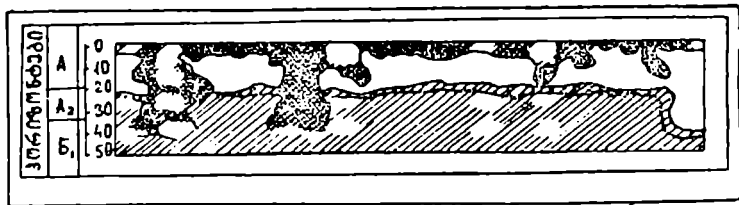
წყალგამტარობას ზღუდავს საჰაერო „საცობება“, ანუ ე. წ. ჩამაგრებული ჰაერი. რამდენადაც მეტია ჰაერი ნიადაგში, იმდენად წყალგამტარობა შესამჩნევად ფერხდება.

წყალგამტარობაზე გავლენას ახდენს ჰაერის ბარომეტრული დაწოლა. ატმოსფერული წნევის გადიდება წნეხავს ნიადაგში ჰაერს და ამით ერთგვარად ამცირებს მასში ჰაერით დაკავებულ ადგილს, რის ხარჯზედაც იზრდება წყალგამტარობა. პირიქით, ბარომეტრული დაწოლის შემცირებას თან სდევს წყალგამტარობის დაქვეითება.

წყალგამტარობას ახასიათებს ცვლილება როგორც დროში, ისე სივრცეში. ამ საკითხს პირველად ყურადღება მიაქცია ნ. კაჩინსკიმ (1925). შემდეგ იგივე საკითხი შეამიწა ნიადაგებისათვის შეისწავლა ნ. დოლგოპოლოვმა (1948).

ნ. კაჩინსკიმ გვალვების შემდეგ (ეწერ ნიადაგებზე) დიდი წვიმის დროს უშუალო დაკვირვებით გამოარკვია, რომ ნიადაგის წყალგამტარობას ახასიათებს კომპლექსურობა. წყალი ყველაზე მეტ სიღრმეზე ჩადის ნაპრალებისა და ხვრელების გავრცელების მიკროფუნებში; იქ, სადაც ეს ქსელი არაა, წყალი ნაკლებ სიღრმეზე იფონება. დოლგოპოლოვის გამოკვლევით წყალგამტარობა მიკროშემადგენლებზე შესამჩნევად მეტია, ვიდრე მიკროჩადაბლებაზე. ასეთსავე დასკვნამდე მივედით ჩვენ 1951 წ. ზაფხულში ნაგომრების (შირაქი) შეამიწაზე ძლიერი წვიმის დროს ნიადაგის დასველების პროფილზე დაკვირვებისას.

პირველად ა. ლებედევმა (1933) გამოარკვია, რომ წყალგამტარობაზე გავლენას ახდენს ნიადაგ-გრუნტის შენება — ძლიერი და სუსტად წყალგამტარი შრეების (ფენების) მორიგეობა. ასეთი შრეობრივი შენების ნიადაგ-გრუნტებში წყალგამტარობა შესამჩნევად შემცირებულია. თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ უმეტესი ნიადაგების ვერტიკალური პროფილი, მექანიკური შედგენილობისა და სტრუქტურის მიხედვით, სწორედ ასეთი განსხვავებული ფენების წყებაა წარმოადგენს, ე. ი. პროფილი ამ მხრივ ჰეტეროგენული ფენების სისტემაა, მაშინ ნათელი გახდება აღნიშნული მოვლენების მნიშვნელობა ნიადაგების წყალგამტარობის საკითხთან დაკავშირებით.



სურ. 35. წვიმის წყლის ნიადაგის დასველების პროფილი (ნ. კაჩინსკი).

ნიადაგ-გრუნტის პროფილის შრიანი შენების მნიშვნელობაზე წყალგამტარობის საკითხთან დაკავშირებით, საყურადღებო გამოკვლევები ჩაატარეს ს. რიჟოვმა და ნ. კაჩინსკიმ. ნ. კაჩინსკიმ ტორფისა და სილის ფენების მორიგეობით დაწყობის საფუძველზე გაარკვია, რომ ამ ღონისძიებით წყალგამტარობა მნიშვნელოვნად მცირდება. ამ ცდის საფუძველზე ის იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ შრეთა რიცხვის ზრდით. თითოეული მათგანის სიზრქის შემცირების პირობებში

წყალგამტარობა არა მარტო მკვეთრად მცირდება, არამედ შეიძლება პრაქტიკულად სრულიად შეწყდეს კიდეც. ამ მოვლენის დადგენას მელიორაციული პრაქტიკისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს.

წყალგამტარობა, ნიადაგის პროფილში აგრეგატორისი ფორიანობის შემცირების შესაბამისად, უმეტეს შემთხვევაში, ზემოდან ქვემოთ კლებულობს. ამიტომ ის, ჩვეულებრივ, მეტია აკუმულაციურ ფენაში, რომელიც მდიდარია მაკროფორებით (არაკაპილარული ფორებით). ქვემოთ ეს ფორები მცირდება და ამის შესაბამისად კლებულობს წყალგამტარობაც რიგ შემთხვევებში A ჰორიზონტის მომდევნო ფენაში, ქვემოთ, რომელიც დაბზარულია და ხვრელშიანია, წყალგამტარობა ხელახლა შესამჩნევად მატულობს.

ნიადაგის წყალგამტარობა საწყის სტადიაში შესამჩნევად უფრო ძლიერია, ვიდრე დროის შემდეგ შუალედებში. ეს მოვლენა ნიადაგის დასველებით გამოწვეული თქვირების შედეგია. წყალგამტარობა დროის შემდეგ შუალედებში განსაკუთრებით მეტად მცირდება მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში.

ნიადაგის წყალგამტარობის თვისების გამოხატულებას ნიადაგწარმოქმნის ბუნებრივი პროცესებისა და სამეურნეო ზემოქმედების ხასიათის შესაბამისად, როგორც ზემოთ უკვე იყო აღნიშნული, ფართო მასშტაბით ცვლილება ახასიათებს; წყალგამტარობა ყველაზე სუსტია კორდიან მდელოს ჰაობიან ნიადაგის წარმოქმნის სტადიაზე.

შავმიწების გაბიცობებას თან სდევს წყალგამტარობის შემცირება; ბიცობების გასტეგება, პირიქით, იწვევს წყალგამტარობის ამაღლებას. შავმიწების პროფილის დასველება უკეთ ხდება, ვიდრე ეწერებისა და განსაკუთრებით კი ბიცობების.

წყალგამტარობა იცვლება აგრეთვე სეზონურად, სამეურნეო — ზემოქმედების ხასიათის შესაბამისად. სტრუქტურის აღდგენა-გაუმჯობესების პერიოდს ემთხვევა წყალგამტარობის ამაღლება, დარღვევას კი — დაქვეითება. ეწერების მოკირიანებითა და ბიცობების მოთაბაშირებით ამ ნიადაგების წყალგამტარობა მნიშვნელოვნად უმჯობესდება.

### კაპილარული წყლის მოძრაობა — კაპილარული მოვლენები ნიადაგში

ნიადაგური ტენის ერთ-ერთი ძირითადი ფორმა კაპილარული ტენია. მის ქცევა-თვისებებზე დიდად არის დამოკიდებული, საერთოდ, ნიადაგური ტენის რეჟიმი.

კაპილარული წყალი ნიადაგ-გრუნტის კაპილარულ მილებშია მოთავსებული. ამ მხრივ, როგორც აღვნიშნეთ, ბუნებაში ვხვდებით:

1) კაპილარულ-დაკიდებულ და 2) კაპილარულ-დაბრჭენილ (დაყრდნობილ) წყალს. პირველის მკვებაე წყაროს თავისუფალი-გრავიტაციული წყალი წარმოადგენს, ხოლო მეორისას — გრუნტის წყალი.

კაპილარული მიღების ქსელის ფორმისა და ხასიათის შესაბამისად იცვლება ნიადაგ-გრუნტში კაპილარული წყალი. ერთგან ყველა ფორი სავსეა წყლით (განსაკუთრებით კაპილარულ-დაბრჭენილი ტენის შემთხვევაში — გრუნტის წყლის შეხების მახლობელ ფენებში). მეორეგან მხოლოდ ნაწილი — კაპილარულ-დაბრჭენილი ტენის გრუნტის წყლიდან დაცილებულ (მალლითა) ფენებში და აგრეთვე კაპილარულ-დაკიდებული წყლის გავრცელების ქვედა „უბანში“.

კაპილარულ-დაბრჭენილი წყალი უმთავრესად მენისკური ძალებით განიცდის ზეაწევას. ამ წყალს ა. როდე კაპილარულ ზეაღმავალ წყალს უწოდებს.

კაპილარულ-დაკიდებული წყლის ზეაწევის მექანიზმი შემდეგნაირად შეიძლება წარმოვიდგინოთ. ნიადაგ-გრუნტში ცალ-ცალკე ბუნდა-ბუნდნად დაგროვილი კაპილარულ-დაკიდებული წყლის ზედაპირიდან ტენის აორთქლებით, ზედა მენისკებზე ზედაპირული დაწოლა მცირდება, რითაც კაპილარული წყალი ზეაწევის იმპულსს ღებულობს და მალა იწევს. ამავე დროს ქვედა მენისკი ჩაზნექილ სახეს ღებულობს მასზე ზედაპირული დაწოლა მცირდება, რის გამოც კაპილარული წყლის შემდგომი ზეაწევა ერთგვარად იზღუდება მანამდე, სანამ ზედა მენისკების სიმრუდე ხელახლად არ შეიცვლება; ეს მაშინ მოხდება, როცა ან გრავიტაციული წყლის შემომატებით ანდა ნიადაგური ჰაერის აორთქლის კონდენსაციით ჩაზნექილ მენისკებში ტენი კვლავ დაგროვდება — მენისკები შებრტყელდება.

კაპილარულ-დაკიდებული წყლის ასეთნაირად გადაადგილება, საერთოდ, მაშინ შეწყდება, როცა აორთქლებით, ნიადაგში წყლის რაოდენობა კაპილარულ წყვეტის ტენის ტოლი გახდება.

გარდა აღნიშნულისა, წყლის გადაადგილება აპსკისებრი ტენის მოძრაობითაც ხდება. ცნობილია, რომ ამორთქლებელ ფენაში აპსკისებრი ტენის შრის სიმსხო უფრო მცირეა, ვიდრე მის მომდევნო (ქვედა) ფენაში. ამის გამო, ამ უკანასკნელიდან აპსკისებრი წყალი ზემოთ განიცდის გადაადგილებას.

ამრიგად, კაპილარულ-დაკიდებული წყალი მენისკური და აპსკისებრი (მოლეკულური) ძალებით ზეაწევას განიცდის. გამორკვეულია, რომ კაპილარულ-დაკიდებული წყლის ზეაწევას მენისკური ძალებით (ზეაწევის „მენისკური“ მექანიზმი — აბრამოვა) უმთავრესად ადგილი აქვს სტრუქტურული და შედარებით მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის (თიხნარი) ნიადაგ-გრუნტში, ხოლო უსტრუქტურო,

მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში მოლეკულური ძალე-  
ბით (ზეაწევის „აბსკისებრი“ მექანიზმი. აბრამოვა).

წყლის კაპილარულ ზეაწევას განსაზღვრავენ ეიუერენის ფორმუ-  
ლით:

$$H = \frac{2A}{r \rho d} \text{ მმ,}$$

სადაც  $H$  არის წყლის ზეაწევის სიმაღლე:

$2A$  — წყლის კაპილარობის კონსტანტი;

$r$  — კაპილარის რადიუსი;

$q$  — სიმძიმის ძალის აჩქარება;

$d$  — წყლის სიმკვრივე მოცემულ ტემპერატურაზე.

კაპილარული წყლის ზეაწევის სიმაღლე ეიუერენის ფორმულის  
მხედვით ნიადაგ-გრუნტის კაპილართა რადიუსის უკუპროპორციუ-  
ლია. კაპილარული მილების დიამეტრი მერყეობს 1 მმ-სა და მილი-  
მეტრის მერყედსა და მეთასწედს შორის. ჩვეულებრივ, მსუბუქი მე-  
ქანიკური შედგენილობის ნიადაგ-გრუნტებში კაპილარული მილების  
დიამეტრი დიდია, ვიდრე მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგ-  
გრუნტებში. ვიგენერის მიხედვით თიხებში კაპილარული მილების დი-  
ამეტრი  $< 5\mu$ -ია (ულტრაფერმები). თანაბარდიამეტრიან კაპილარუ-  
ლი მილების მქონე ნიადაგ-გრუნტებში მენისკები დაახლოებით ერთ  
სიმაღლეზეა და ზედაფენებიდან წყლის აორთქლების შემთხვევაში,  
ქვედაფენებიდან წყალს მთელ ნიადაგ-გრუნტებში თანაბარ სიმაღლე-  
ზე აიწევს მაღლა. უთანაბრო დიამეტრის კაპილარული მილების მქო-  
ნე ნიადაგებში კაპილარული წყლის ზეაწევა სხვადასხვა სიმაღლეზე  
ხდება.

კაპილარული წყლის ზეაწევის სიმაღლეზე გავლენას ახდენს მთე-  
ლი რიგი პირობები. ჯერ კიდევ ვ. შუმახერმა (1864), ხოლო შემდეგ  
ე. ვოლნიმ (1884) მიაქციეს ყურადღება, რომ კაპილარული წყლის  
ზეაწევა დამოკიდებულია ნიადაგის დატენიანებაზე. დატენიანებულ  
ნიადაგში კაპილარული ზეაწევა უფრო მეტ სიმაღლეზე ხდება, ვიდრე  
მშრალში.

კაპილარული წყლის ზეაწევის სიმაღლეზე გავლენას ახდენს ტემ-  
პერატურა. დაბალი ტემპერატურის მქონე წყალს უფრო ნაკლებ სი-  
მაღლეზე ზეაწევის უნარი ახასიათებს, ვიდრე მაღალი ტემპერატუ-  
რისას. ა. ვოლფის გამოკვლევით ერთი დღე-ღამის განმავლობაში  
 $4,4 - 14,4^\circ$  ტემპერატურის წყალმა კაოლინისაგან დამზადებულ  
სუეტში 13 სმ სიმაღლეზე აიწია, ხოლო  $30 - 40^\circ$  ტემპერატურის  
დროს 18 სმ-ზე. ტემპერატურის ცვალებადობასთან დაკავშირებით კა-  
პილარული წყლის ზეაწევის ცვალებადობა წყლის სიბლანტის შეცვ-

ლასთან უნდა იყოს დაკავშირებული (წყლის ტემპერატურის დაცემას თან მოსდევს სიბლანტის გადიდება და კაპილარული მოვლენების შემცირება, ხოლო ტემპერატურის მატებას — წყლის სიბლანტის შემცირება და კაპილარული მოვლენების გაძლიერება).

კაპილარული წყლის ზეაწევის სიმაღლეზე მოქმედებს ელექტროლიტების შედგენილობა. ორვალენტიანი ელექტროლიტების შეტანა (ან არსებობა) ნიადაგში კაპილარულ მოვლენებს ამცირებს, ერთვალენტიანებისა, პირიქით, აძლიერებს. ეს გარემოება პირდაპირ კავშირშია ამ ელემენტების (ელექტროლიტების) ფიზიკურ-ქიმიურ მოქმედებასთან ნიადაგ-გრუნტზე. ორვალენტიანი ელექტროლიტების მაღალი კოაგულაციის თვისების გამო, ცხადია, კაპილარული წყლის ზეაწევის სიმაღლე მცირდება, ხოლო ერთვალენტიანი პეპტიზატორი კათიონების ზემოქმედებით, პირიქით, ძლიერდება:

მაღალმოლეკულური ორგანული ნაერთების (კოლოიდების) დაგროვება ნიადაგში აგრეთვე ამცირებს მასში კაპილარულ მოვლენებს. სწორედ ამით არის გამოწვეული, რომ ტორფნარებში, ქვედაფენების ტენის სიჭარბის მიუხედავად, ზედაფენები სრულიად მშრალია.

ამ მხრივ, როგორც ბ. პოლინოვის გამოკვლევებით არის ცნობილი, მნიშვნელობა აქვს წყლის ქიმიზმსაც. კაპილარული წყალი, რომელიც ორვალენტიანი კატიონების მარილებს შეიცავს, ნიადაგ-გრუნტში უფრო ნაკლებ სიმაღლეზე ადის მაღლა, ვიდრე ერთვალენტიანი კატიონების მარილების შემცველი წყალი.

ნიადაგ-გრუნტის კაპილარული მოვლენებიდან დიდმნიშვნელოვანია კაპილარული წყლის ზეაწევის სისწრაფე. ნიადაგ-გრუნტის ეს თვისება მრავალ მკვლევარს (ვოლნის, ათერბერგს, რიჩარდსონს, ცუნკერს, ნოვაქს და სხვ.) აქვს შესწავლილი. გამოკვლევები გვიჩვენებს, რომ კაპილარული წყლის ზეაწევის სისწრაფის ერთ-ერთი ძირითადი განმსაზღვრელი პირობაა კაპილარული მილების დიამეტრი, რაც თავის მხრივ, მექანიკურ შედგენილობაზეა დამოკიდებული.

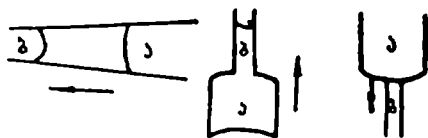
დიდი დიამეტრიან მილებში, წყალი სწრაფად ადის მაღლა, მაგრამ ნაკლებ სიმაღლეზე, წვრილ ფრაქციებში (წვრილ დიამეტრიან მილებში) კი ნელა და დიდ სიმაღლეზე.

ამრიგად, მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში წყალი, მართალია, სწრაფად იწევს მაღლა, მაგრამ ნაკლებ სიმაღლეზე, მძიმე მექანიკური შედგენილობისაში, პირიქით, ნელა, მაგრამ დიდ სიმაღლეზე.

ექსპერიმენტებით დადგენილია, რომ კაპილარული წყლის ზეაწევის სისწრაფე სიმაღლეზე თანდათან მცირდება ანუ, როგორც ვ. ვილიამსი ამბობს, წყლის კაპილარული მოძრაობის სისწრაფეს „პროგრესულად შენელებული“ ხასიათი აქვს, ამ მოვლენას შემდეგი მიზეზი

აპირობებს: კაპილარული წყლის ზეაწევის პროცესი იწყება დიდ-დიაპეტრიან ფორებში წყლის შესვლით, ამიტომ ის სწრაფია, ხოლო, როცა წვრილდიაპეტრიან ფორებზე ვრცელდება, ზეაწევის პროცესი ნელია. აქედან ჩანს, რომ ფორების გეომეტრიას ნიადაგ-გრუნტის პროფილში კაპილარული წყლის მოძრაობის სისწრაფისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს.

ნიადაგ-გრუნტში. როგორც ფორების გეომეტრიის მხრივ მეტად რთულ სხეულში, კაპილარულ წყალს ყოველთვის არ ახასიათებს „იდეალური“ ნიადაგისათვის (ნიადაგური მოდელისათვის) დადგენილი კანონზომიერებანი.



სურ. 36. ფორების გეომეტრიის გავლენა კაპილარული წყლის მოძრაობის მიმართულებასა და სისწრაფეზე.

წყალგამტარობასა და კაპილარულ მოვლენებს შორის, კერძოდ ზეაწევისას სისწრაფის მხრივ, უკუპროპორციული დამოკიდებულებაა, ე. ი. კარგი წყალ-

გამტარი ნიადაგების კაპიტალური მოვლენები (ზეაწევის სისწრაფე) დაქვეითებულია, ცუდი წყალგამტარისა, პირიქით, გაძლიერებული.

კაპილარული წყლის ზეაწევის სისწრაფეზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგ-გრუნტის აგრეგატულობა, რომელიც კაპილარულ მოვლენებს — ზეაწევის სიმაღლესა და სისწრაფეს ზღუდავს. ამიტომ ეს მოვლენები უსტრუქტურო ნიადაგებში უფრო ძლიერად არის გამოხატული, ვიდრე სტრუქტურულში, განსაკუთრებით მტკიცესტრუქტურიან ნიადაგებში.

კაპილარულ მოვლენებზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგ-გრუნტის შთანთქმული ფუძეების შედგენილობა. ორ-და სამეალენტნიანი კატიონებით მაძლარ ნიადაგ-გრუნტებში კაპილარული წყლის ზეაწევის სიმაღლე ბევრად ჩამორჩება ერთვალენტნიანი კატიონებით, კერძოდ, Na-ით მაძლარ ნიადაგ-გრუნტების ამავე თვისებას (იხ. ცხრილი 37).

ცხრილი 37.

კაპილარული მოვლენების კავშირი შთანთქმული ფუძეების შედგენილობასთან (ლუკაშვიჩის და ხოკოლოვსკის მონაცემები)

სიმაღლე სმ-ობით	H <sup>+</sup>	Fe <sup>+++</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	ბუნებრივი ნიადაგში
2,8 სმ-ზე კაპილარულად წყლის აწევისათვის წყლის აწევის საშუალო სისწრაფე (სმ/სეკ)	2 წუთი 2,3 · 10 <sup>-2</sup>	2 წუთი 2,3 · 10 <sup>-2</sup>	2,8 საათი 7,7 · 10 <sup>-3</sup>	30 დღე-ღამე 1,0 · 10 <sup>-6</sup>	3,5 წუთი 1,3 · 10 <sup>-2</sup>

ამ მოვლენებზე მოქმედებს აგრეთვე ნიადაგ-გრუნტის აქტიური ფორიანობა. რამდენადაც საერთო ფორიანობასა და პასიურ ფორიანობას შორის (აღსორბციული წყლით დაკავებული ფორები) განსხვავება მცირეა, იმდენად კაპილარული წყლის ზეაწევის სისწრაფე ნელია და, პირიქით.

ნიადაგ-გრუნტის ფორიანობის და, კერძოდ, ფორიანობის გეომეტრიის შეცვლის შესაბამისად იცვლება ნიადაგებს შორის და ნიადაგის ტიპებს შიგნით კაპილარული წყლის ზეაწევის სიმაღლე და სისწრაფე.

კაპილარული წყლის ზეაწევის სიმაღლეზე და სისწრაფეზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის სველადობა. ცნობილია, რომ ნიადაგის სველადობა გაპირობებულია შთანქმული კატიონებისა და კოლოიდური მიცელის კრისტალური მესერის იონების სოლვატაციის თვისებით. დიდი სოლვატაციის უნარის მქონე ნიადაგ-გრუნტებს მაღალი სველადობა და, მაშასადამე, ძლიერი კაპილარული მოვლენები აქვს და, პირიქით. ამიტომ, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, დატენიანებულ ნიადაგებში კაპილარული მოვლენები უფრო ძლიერად არის გამოხატული, ვიდრე მშრალში, რომლის დასველებას აძნელებს შთანქმული ჰაერი და ბიტუმინიზებული ორგანული ნივთიერებების (ფისები, ცვილები) ამა თუ იმ რაოდენობით არსებობა.

ნიადაგ-გრუნტში, როგორც ცნობილია, მენისკური ძალები ყველა მიმართულებით მოქმედებს; ამის შესაბამისად მოძრაობს კაპილარული წყალიც. ქვემოდან ზემოთ მოძრაობის დროს მენისკურ ძალებს სიმძიმის ძალა უწევს წინააღმდეგობას, რის გამოც როგორც აწევის სიმაღლეს, ისე სისწრაფეს ზღუდავს, მაშინ, როდესაც ზემოდან ქვემოთ მოძრაობის დროს ძალები ერთდება (ჯამდება) და ადიდებს მის როგორც სისწრაფეს, აგრეთვე გადაადგილების საერთო მანძილს (სიგრძეს).

კაპილარული წყლის სხვადასხვა მიმართულებით მოძრაობის სისწრაფეზე გავლენას ახდენს მექანიკური შედგენილობა. ქვემოდან ზემოთ წყალი ქვეშაში უფრო სწრაფად ადის, ვიდრე თიხაში; ჰორიზონტალური მიმართულებით მოძრაობისათვის კაპილარულ წყალს ქვეშაში უფრო ნაკლები დრო სჭირდება, ვიდრე თიხაში. თიხაში, ზემოდან ქვემოთ მოძრაობისათვის კაპილარულ წყალს უფრო ნაკლები დრო უნდა, ვიდრე ქვემოდან ზემოთ მოძრაობისათვის.

#### ნიადაგურ-ჰიდროლოგიური მახასიათებლები

ნიადაგური ტენი, როგორც უკვე ვიცით, თავისი ქცევა-თვისებების მიხედვით ერთგვარი არაა. ნიადაგური ტენის კატეგორიებად დაყოფას (კლასიფიკაციას) სხვადასხვა მეცნიერი სხვადასხვა მაჩვენებ-



ზელს უდებს საფუძვლად. ამ მხრივ ყველაზე მართებულ საზომს ტენის ჰერადობის თვისება წარმოადგენს. ა. როდეს გამოყოფს 6—წყლოვან ფიზიკურ კონსტანტს:

1. ნიადაგის სრულ ტენტევალობას (სტ);
2. უმცირეს ტენტევალობას (უტ);
3. კაპილარული კაქშირის წყვეტის ტენიანობას (კწტ);
4. მდგრადი ჰენობის ნიადაგურ ტენიანობას (ჰტ);
5. მაქსიმალურ ჰიჯროსკოპულობას (მჰ);
6. მაქსიმალურ-აღსორბციულ ტენტევალობას (მატ).

### 1. ნიადაგის სრული ტენტევალობა (სტ)

სრული ტენტევალობა მოცემული ნიადაგისათვის გამოხატავს წყლის დაკავების შესაძლო მაქსიმალურ რაოდენობას, სრული ტენტევალობის დროს ნიადაგში როგორც ფიზიკურადმებული, აგრეთვე თავისუფალი წყლის დაკავებაში მონაწილეობენ, როგორც სორბციული და აღსორბციული, ისე კაპილარული და გრავიტაციული ძალები.

ნიადაგის სრულ ტენტევალობას უდიდეს ტენტევალობასაც უწოდებენ. სრული ტენტევალობის დროს ნიადაგის ყველა (დიდი და პატარა) ფორები წყლით არის სავსე. აქედან ცხადია, რომ სრული ტენტევალობა რაოდენობრივად (პროცენტულად) ნიადაგის საერთო ფორიანობის ტოლი უნდა იყოს. ასეთ მდგომარეობას ადგილი აქვს კოლოიდებით ღარიბ ნიადაგებში, ე. ი. ისეთ ნიადაგებში, რომელთაც თქვირების თვისება არ ახასიათებთ. მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში სრული ტენტევალობა საერთო ფორიანობას მცირედ აღემატება.

ჩვეულებრივ, მაღალი სრული ტენტევალობით ხასიათდებიან მძიმე მექანიკური შედგენილობის (დიდი საერთო ფორიანობის) ნიადაგები. მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგების სრული ტენტევალობა კი მათი დაბალი საერთო ფორიანობის შესაბამისად დაქვეითებულია (20—25%).

სრულ ტენტევალობაზე, მექანიკური შედგენილობის გარდა, დიდ ვაჟუნას ახდენს ნიადაგ-გრუნტის სტრუქტურა. ერთნაირი მექანიკური შედგენილობის სტრუქტურაან და უსტრუქტურო ნიადაგ-გრუნტებში ჰირველის სრული ტენტევალობა შედარებით მაღალია. ვიდრე მეორის. ამ მხრივ, განსაკუთრებით, დიდი მნიშვნელობა აქვს სტრუქტურის სიმტკიცეს. მტკიცესტრუქტურიანი ნიადაგების სრული ტენტევალობა უფრო მაღალია, ვიდრე იმავე მექანიკური შედგენილობის სუსტი სიმტკიცის სტრუქტურის ნიადაგებისა. უკანასკნელ

გარემოებას აპირობებს შემდეგი: სუსტი სიმტკიცის ნიადაგები, როგორც ცნობილია, დასველებით ირღვევა, რასაც შედეგად მოსდევს საერთო ფორიანობის შემცირება და მის შესაბამისად სრული ტენტევალობის დაქვეითება. პირიქით, სტრუქტურის სიმტკიცის მატება სრულ ტენტევალობას ამაღლებს.

ნიადაგის სრულ ტენტევალობაზე შესამჩნევად მოქმედებს სტრუქტურული და მექანიკური ელემენტების წყობის ხასიათი — ნიადაგის აგებულება. ჩვეულებრივ, ფხვიერი აგებულების ნიადაგს უფრო მაღალი სრული ტენტევალობა ახასიათებს. ვიდრე მკვრივი აგებულების ნიადაგს.

სრულ ტენტევალობაზე დიდ გავლენას ახდენს ორგანული ნივთიერება, რის გამოც ორგანული ნივთიერებით ბუნებრივად მდიდარ ან ხანგრძლივი დროის განმავლობაში სისტემატურად განოციერებულ ნიადაგებს მაღალი სრული ტენტევალობა ახასიათებთ.

სრული ტენტევალობის მდგომარეობაში ხანგრძლივად გვხვდება ჰაობიანი ნიადაგები. ნიადაგების უმეტესობაში ტენტევალობის ამ მახასიათებელს მხოლოდ ხანმოკლე დროში აქვს ადგილი — თოვლის ერთბაშად დნობის, მორწყვის ან დიდი წვიმების დროს.

## 2. უმცირესი ტენტევალობა (უბ)

ნიადაგურ ჰიდროლოგიაში უმცირესი ტენტევალობის ცნება პირველად პ. კოსოვიჩმა შემოიტანა (1904). ის ტენტევალობის ამ კატეგორიას შემდეგნაირად განმარტავს: „ნიადაგის უმცირესი ტენტევალობა ეწოდება ნიადაგის უნარს დააკავოს წყალი იმ სიმაღლეზე, რომელზედაც გრუნტის წყალთან უშუალო კავშირში მყოფი კაპილარული წყალი ვერ სწვდება“. სხვანაირად რომ ვთქვათ, ეს არის ტენის ზღვრული რაოდენობა, რომელიც სიმძიმის ძალით ზემოდან ქვემოთ მოძრავი წყლისაგან განსხვავებით პრაქტიკულად თითქმის უძრავია.

მსუბუქი და მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგ-გრუნტების უმცირესი ტენტევალობა განსხვავებული ხასიათისაა, როგორც ეს ჩანს ა. როდეს და ი. ვასილევის მონაცემებიდან. მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგ-გრუნტებში უმცირესი ტენტევალობის განმსაზღვრელი კაპილარულ-დაკიდებული წყალი გათიშულია, დაგროვილია ცალ-ცალკე ფორებსა და მის კუთხეებში, ე. ი. ის ერთ მთლიან უწყვეტ „სხეულს“ არ ქმნის. მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგ-გრუნტებში კი ამ კატეგორიის ტენტევალობის შემქმნელი წყალი, პირიქით, ერთ მთლიან „სხეულად“ არის წარმოდგენილი.

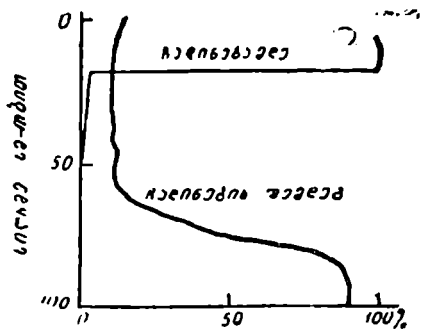
ლ. როზოვის აზრით, უმცირესი ტენტევალობა (რომელსაც ის

ზღერულ ტენტევადობას უწოდებს) მაქსიმალურ მოლექულურ ტენტევადობასა და სრულ ტენტევადობას შორის მოთავსებული სიდიდეა. ახალი გამოკვლევებით, მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგ-გრუნტებში უმცირეს ტენტევადობაში მონაწილეობს მტკიცდბმული, ფაშარადბმული და აპსკისებრი კაპილარული წყალი. მსუბუქი ნიადაგების უმცირეს ტენტევადობას, ძირითადად, ფიზიკურადბმული და კაპილარული წყალი ქმნის.

უმცირესი ტენტევადობის დროს ნიადაგის ფორების მხოლოდ ნაწილია წყლით ამოვსებული. ა. როდეს მიხედვით უმცირესი ტენტევადობისას, საშუალოდ, საერთო ფორიანობის 55 — 57%-ია წყლით დაკავებული. უნდა ითქვას, რომ უმცირესი ტენტევადობა არ არის უცვლელი სიდიდე და, როგორც ე. შოუს მონაცემებიდან ჩანს, ის 4 თვის შემდეგაც კი განიცდის კაპილარულ-დაკიდებული წყლის გაწოვის გამო შემცირებას.

უმცირესი ტენტევადობის მდგომარეობა ნიადაგ-გრუნტში სრული ტენტევადობის 2—3 დღის შემდეგ მყარდება.

მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგ-გრუნტებში სრული ტენტევადობის შემდეგ წყლის ახალი ულუფებს მიმატებით ნიადაგის დასველების კონტურა ჯალაც საზღვრამდე თანდათან დიდდება, შემდეგ, როგორც ა. როდე შენიშნავს ... ტენის მთელი რაოდენობა თითქოს ჩაიქცევა ქვემოთ და ზედაფენებში ღარჩება მხოლოდ პირაპირა ტენი“. ეს კარგად ჩანს ი. ვასილევის ცდის მონაცემების საფუძველზე შედგენილი (როდე) მრუდიდან (სურ. 37).

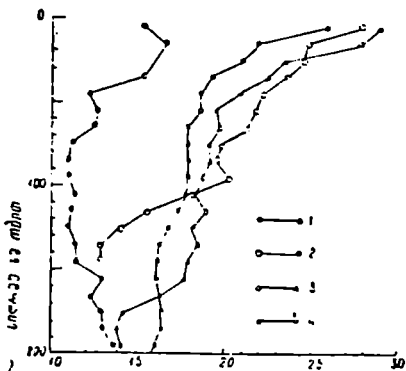


სურ. 37. უმცირესი ტენტევადობის მრუდი ქვიშაან ნიადაგის პროფილში.

ლიტერატურული მონაცემების მიხედვით მრავალრიცხოვანმა განსაზღვრებებმა გვიჩვენა, რომ არა მარტო აბსოლუტური მაჩვენებლების მიხედვით არის მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგების უმცირესი ტენტევადობა უფრო მცირე, ვიდრე მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებისა, არამედ სრულ ტენტევადობაში უმცირესი ტენტევადობის პროცენტული რაოდენობის მხრივაც. სრულ ტენტევადობაში უმცირეს ტენტევადობაზე განსაკუთრებით დიდი პროცენტი მოდის ბიცობიან ნიადაგებზე. ე. ჩხიკვიშვილის მონაცემებით, სტეპის ბიცობებში

უმცირეს ტენტევალობას სრულ ტენტევალობაში 90 — 95% ადგილი უკავია, მდელის ბიკობებში კი 80 — 85%. ეს მაჩვენებელი ვ. ფრანცენსონის, ა. ფედოსოვის და სხვათა მიხედვით შავმიწებში 50 — 70% ფარგლებშია, ხოლო ეწერებსა და წითელმიწებში კიდევ უფრო მცირეა — 50 — 67% (ს. დოლგოვი).

ა. როდეს სხვადასხვა მექანიკური შედგენილობის ნიადაგ-გრუნტების უმცირესი ტენტევალობის განსაზღვრათა დაპირისპირებული შეფასების (ანალიზის) საფუძველზე დაასკენის, რომ ამ მხრივ დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგ-გრუნტის აგებულებას, ჩვეულებრივ მკვრივი აგებულების ნიადაგ-გრუნტებს რამდენადმე უფრო დაბალი უმცირესი ტენტევალობა ახასიათებთ, ვიდრე იმავე მექანიკური შედგენილობის ფხვიერ ნიადაგ-გრუნტებს. ამის გამო ნიადაგის ვერ-



სურ. 38. უმცირესი ტენტევალობის ცვალებადობა დროის შუალედებში:

1 — მორწყვამდე; 2 — მორწყვიდან ორი დღის შემდეგ; 3 — მორწყვიდან სამი დღის შემდეგ; 4 — მორწყვიდან სამოცი დღის შემდეგ.

ხასიათისაა, რაც შეეხება მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგ-გრუნტებს, აქ ამ მხრივ ორგვარი მდგომარეობაა.

ა. როდეს გამოკვლევებით, მძიმე მექანიკური შედგენილობის, მიკროსტრუქტურის მქონე ნიადაგ-გრუნტებში (რომელთაც მაკროსტრუქტურა არა აქვთ) უმცირესი ტენტევალობის წყლის დაკავებაში, აგრეთვე მონაწილეობენ სორბციული ან თითქმის მხოლოდ სორბციული ძალები. რაც შეეხება მაკროსტრუქტურის მქონე ნიადაგ-გრუნ-

ტიკალურ პროფილში ზედაფენების უმცირესი ტენტევალობა უმეტეს შემთხვევაში უფრო მეტია, ვიდრე ქვედაფენების (რადგან ქვედაფენები უფრო მკვრივი აგებულებისაა). ეს გარემოება მიგვითითებს იმაზე, რომ ნიადაგის გაკულტურება (გასტრუქტურება) უმცირეს ტენტევალობას ზრდის. უკანასკნელის შესაბამისად, ცხადია, იზრდება ნიადაგში პროდუქტიული ტენის რაოდენობა.

მოკლედ უნდა აღვნიშნოთ იმ ძალების შესახებაც, რომლებიც უმცირესი ტენტევალობის წყლის დაკავებაში მონაწილეობენ. მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგ-გრუნტებში ეს ძალები, თითქმის მთლიანად სორბციული

ტებს, აღნიშნული ტენტევალობის წყლის დაკავება ხდება სორბციული და მენისკური ძალებით. სორბციული ძალები მონაწილეობენ წერილდიამეტრიან ფორების, ხოლო მენისკური ძალები მსხვილდიამეტრიანი ფორების წყლის დაკავებაში.

### 3. კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობა (ქწტ)

ნიადაგურ ჰიდროლოგიაში ქწტ-ის ცნება მ. აბრამოვამ შემოიტანა (1948). ა. ბოლშაკოვისა და მ. აბრამოვას ცდებით დადგინდა, რომ კაპილარულ-დაკიდებულ წყალს (უმცირესი ტენტევალობის შესაბამის წყალს) ახასიათებს უწყვეტობა და ამოართქლებელი ზედაპირისაკენ (ყველა მიმართულებით, სადაც აორთქლება ხდება) გადანაწილების უნარი; გაირკვა, რომ ტენის ამ კატეგორიის უწყვეტობას ადგილი აქვს არა მარტო უმცირესი ტენტევალობის დროს, არამედ მის ქვემოთაც, ტენის შემცირების გარკვეულ საზღვრამდე. ტენის სწორედ ამ მინიმალურ რაოდენობას, რომლის ქვემოთაც ტენის უწყვეტობა ირღვევა და კაპილარულ-დაკიდებულ წყლის გადანაწილება ამოართქლებელი ზედაპირისაკენ მკვეთრად მცირდება, კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობა ეწოდება (ქწტ). იგი ა. როდეს მიხედვით, შედგება ნიადაგის ნაწილაკების შეხების წერტილების ირგვლივ, სამაგურის ფორმის წყლისაგან, მასში მონაწილეობს აგრეთვე წყალი, რომლითაც ამოვსებულია იზოლირებული ფორები ან ფორების სისტემა, წყალი გვხვდება აპსკისებრი ფორმითაც.

კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობა ერთგვარად ემსგავსება უიდსონისა და მაკლაფინის მიერ ნიადაგურ ჰიდროლოგიაში შემოტანილ ლენტო-კაპილარული ტენიანობის ცნებას (1912). ტენის ამ კატეგორიას ნელი გადანაწილების უნარი აქვს (ლათინურად *Lenlo* — ნელა). ეს ტენიანობა, თავისი ქვევა-თვისებებით, როგორც როდეს აღნიშნავს, ა. ლებედევის მაქსიმალურ მოლეკულურ ტენტევალობას უფრო შეესაბამება, ვიდრე კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობას.

კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობის შემთხვევაში ნიადაგის ზედაფენის გათბობა ტენის ცირკულაციას იწვევს. ბ. აბრამოვას ცდებით ცნობილია, რომ მას შემდეგ, რაც ნიადაგ-გრუნტში დამყარდება კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობა ნიადაგის ზედაფენების გათბობით, ადგილი აქვს ორთქლისებრი ტენის ნაწილის ნიადაგის ქვედაფენებში (ცივ ფენებში) გადანაწილებას, სადაც კონდენსაციის შედეგად წვეთური წყალი მოიმატებს და კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობაზე მეტი წყალი ხელახლა გადანაწილდება მალე ამოართქლებელი ზედაპირისაკენ.

უმცირესი ტენტევადობის წყლის დინამიკის მასტიმულირებელ ფაქტორს აორაჟლება წარმოადგენს. მის გარეშე მეტი ტენიანობის ფენიდან ნაკლები ტენიანობის ფენისაკენ წყლის გადანაწილება მეტად ნელა ხდება.

ნიადაგის სტრუქტურა წყლის ფიზიკურ აორთქლებაზე პირდაპირ გავლენას ახდენს. რამდენადაც სტრუქტურაინია ნიადაგი, იმდენად უმცირეს ტენტევადობასა და კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობას შორის განსხვავება ნაკლებია და, პირიქით, უსტრუქტურო მძიმე მექანიკურ ნიადაგებში — დიდი.

აღნიშნულიდან გამომდინარეობს ნიადაგური ჰიდროლოგიისათვის მნიშვნელოვანი დასკვნა: პროდუქტიული ტენის მარაგის სიდიდე დამოკიდებულია კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობის სიდიდეზე, რაც იმას ნიშნავს, რომ თანაბარი უმცირესი ტენტევადობის ნიადაგებს შორის მეტი პროდუქტიული ტენით ხასიათდება მაღალი კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობის მქონე ნიადაგები.

#### 4. ჰკნობის ტენიანობა (ჰტ)

ტენის იმ მინიმალურ რაოდენობას, რომლის ქვემოთაც ნიადაგში წყლის შემცირებას თან სდევს მცენარის ჰკნობა, „ჰკნობის კოეფიციენტი“ ეწოდება. ეს ცნება ნიადაგურ ჰიდროლოგიაში შემოიტანეს ამერიკელმა მეცნიერებმა ლ. ბრიგსმა და ჰ. შანცმა. ს. დოლგოვი (1948) ამ ცნების შესატყვისად ჰკნობის ტენიანობას ხმარობს.

ჰკნობის ტენიანობის მეცნიერულ შესწავლას საუკუნეზე მეტი ხნის ისტორია აქვს. ი. საქსმა პირველმა აღნიშნა, რომ მცენარეს ნიადაგის ყველა წყლის გამოყენების უნარი არა აქვს.

ს. ბოგდანოვმა (1889) პირველმა გაარკვია ცდით, რომ ტენის მინიმალური რაოდენობა, რომელსაც თესლი ნიადაგში გალივება-განვითარებისათვის იყენებს, დაახლოებით ორმაგი მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობის შესაბამისია.

ნ. ლობანოვი განოკვლევების საფუძველზე მივიდა დასკვნამდე, რომ ნიადაგი მცენარის ტენის მოთხოვნილებაზე დაკმაყოფილების მხრივ უნდა დახასიათდეს ორი მაჩვენებლით: 1) ჰკნობის დაწყების ტენიანობით და 2) სრული ჰკნობის ტენიანობით, როცა მცენარის ფესვთა სისტემას დესუქციის უნარი აღარა აქვს და წყლის ნაკლებობით ხმება. ავტორმა გაარკვია, რომ სრული ჰკნობის ტენიანობა ჰკნობის ტენიანობის ის ქვედა ინტერვალია, რომელსაც შედარებით მეტი მედეგობა ახასიათებს. ჰკნობის დაწყების ტენიანობა ამ მხრივ, რა თქმა უნდა, უფრო ცვალებადი სიდიდეა და დამოკიდებულია გარემო პირობებზე — ქარზე, ჰაერის ფარდობით ტენიანობაზე და სხვ.

დ. ფედოროვსკის, ცდებით (1948) გამოიჩინა, რომ ჭკნობის ტენიანობა იცვლება მცენარის განვითარების ფაზებთან ერთად (იხ. ცხრილი 38).

ცხრილი 38

საკვანძულ ხორბალი „ღიაჰანტის“ ჭკნობის ტენიანობა განვითარების ფაზების მიხედვით

მაჩვენებელი	განვითარების ფაზები			
	აღერების დასაწყისი	დათავთაება	ყვეილობა	რძისებრი სიმწიფე
დრო დღეებით	21	31	35	55
სომალე სმ-ობით	31	57	61	65
მშრალი მასის წონა გრამობით	1,40	7,72	9,48	12,41
ჭკნობის კოეფიციენტი	$19,34 \pm 0,33$	$17,67 \pm 0,53$	$15,04 \pm 0,31$	$16,47 \pm 0,68$
ყვეილობის ჭკნობის კოეფიციენტი მიღებულია 100-ად	129	117	100	110
ჭკნობის	1,82	1,67	1,42	1,55

მცენარის, ამ შემთხვევაში ხორბლის, დასაკიანებასთან ერთად იცვლება ჭკნობის ტენიანობა (ჭკ) — მცირდება ეს მაჩვენებელი, რაკ დ. ფედოროვსკის მიხედვით, სრულ შესაბამისობაშია მცენარის განვითარების ფაზებთან დაკავშირებულ პლანტის დაძველებასთან და ფიზიოლოგიურ პროცესებში მომხდარ ცვლილებებთან.

გამოკვლევებით დამტკიცდა, რომ ჭკნობის ტენიანობა მერყეობს, როგორც მცენარეთა სახეობრივი შედგენილობის, აგრეთვე მათი განვითარების ფაზების მიხედვით.

ნ. კაჩინსკის (თანამშრომლებით — 1950) მიხედვით მცენარის ჭკნობა სამ სტადიად ვლინდება:

1. ჭკნობის საწყისი ფაზა, როცა მცენარე მხოლოდ ზედა ფოთლებს ჩამოუშვებს;

2. ჭკნობის ძლიერი ფაზა, როცა მცენარე ჩამოუშვებს ფოთლებს და მათგან გაყვითლდება ქვედა ფოთლები და მორწყვით მხოლოდ რამდენიმე საათის შემდეგ გამოცოცხლდება;

3. საბოლოო ჭკნობა, როცა მცენარე მორწყვითაც აღარ გამოცოცხლდება.

ნ. კაჩინსკის (თანამშრომლებით) მიხედვით ჭკნობის ტენიანობის (კოეფიციენტი) მეორე სტადიას შეესაბამება ნიადაგში 1,5 ხოლო

მესამეს — 0,6 — 0,9 მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობის ტენის რაოდენობა.

მცენარის წყალზე მოთხოვნილებისა და ნიადაგ-გრუნტის ტენიანობის ურთიერთკავშირში შესწავლა გვიჩვენებს, რომ ნიადაგური ტენის ყველა კატეგორია მცენარისათვის ერთნაირად მისაწვდომი არ არის. ამ მხრივ ნიადაგის ტენი სამნაირია: 1) გამოუყენებელი (მაქსიმალური ადსორბციული ტენტევადობის შესაბამისი), 2) ძნელად გამოსაყენებელი (ჰქნობის ტენსა და კაპილარულ კავშირის წყვეტის ტენიანობას შორის მოქცეული წყალი) და 3) გამოსაყენებელი (კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობაზე მეტი წყალი).

ტენის იმ ნაწილს, რომელიც მცენარის სასიცოცხლო-ფიზიოლოგიურ პროცესებს ხმარდება — პროდუქტიული ტენი ეწოდება, ხოლო იმ ნაწილს, რომელსაც მცენარე ვერ გამოიყენებს — არაპროდუქტიული ანუ გამოუყენებელი ტენი. აღსანიშნავია, რომ ტენის მცენარისადმი მიწვედომის უნარი იმდენად იკლებს, რამდენადაც მისი რაოდენობა ნიადაგში ჰქნობის ტენიანობას უახლოვდება, ამ მიმართულებით ჩატარებული გამოკვლევებიდან ჩანს, რომ თიხნარ და თიხიან ნიადაგებში წყლის ძვრადობა, ე. ი. წყლის გადაადგილება იქ, სადაც მისი ხარჯვა ხდება, იმდენად ენერგიულად წარმოებს, რამდენადაც ტენიანობა უმცირეს ტენტევადობაზე მეტია. ეს იმას ნიშნავს, რომ მცენარის წყლით უზრუნველყოფა სრულ ტენტევადობასა და უმცირეს ტენტევადობას შორის ინტერვალში შეუფერხებლად ხდება.

ნიადაგში უმცირეს ტენტევადობაზე ქვემოთ ტენიანობის კიდევ უფრო მეტი შემცირებით, მართალია ტენის ცვალებადობა შესამჩნევად მცირდება, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, პროდუქტიული ტენის რაოდენობა ამ ინტერვალში მაინც საკმაოდ მაღალია, რაც, როგორც ა. როდე ფიქრობს, სრულიად უზრუნველყოფს მცენარის მოთხოვნილებას წყალზე.

ნიადაგური ტენის ლაბილობის მკვეთრ დაქვეითებას ადგილი აქვს კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობის დროს. ტენიანობის შემდგომი შემცირებით კი კიდევ უფრო მცირდება მცენარის წყლით უზრუნველყოფა. მცენარის ტენით უზრუნველყოფის სიმცირე თავის გამოხატულების მწვერვალზე ადის ჰქნობის ტენიანობის. განსაკუთრებით, ჰქნობის ძლიერი გამოხატულების (მესამე სტადია — კაჩინსკის მიხედვით) ინტერვალში.

კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობასა და ჰქნობის კოეფიციენტის ტენიანობას შორის ინტერვალში მცენარის წყლის მისაწვდომობა შესამჩნევად არის დაქვეითებული. რაც გამოწვეულია ორი მიზეზით: 1) ამ კატეგორიის ტენის დაბალი აქტივაციის (ძვრადობის)



და 2) ნიადაგური ხსნარის ოსმოსური წნევისა და სორბციული ძალების გადიდებით.

სიღნაღ და სხვა მსუბუქ ნიადაგებზე ამ მხრივ შეიძლება ითქვას შემდეგი: იმ ნიადაგებში, რომელთაც მიწისქვეშა წყალი ვერ სწვდება, უმცირესი ტენტევალობის ქვემოთ (წყლის შემცირებით) ნიადაგში მხოლოდ პირაპირა (კუთხეების) ტენია, რომელიც, როგორც აღვნიშნეთ, პრაქტიკულად უძრავია; ამიტომ, ცხადია, მისი მცენარისათვის მისაწვდომობა კიდევ უფრო დაქვეითებულია.

ნიადაგში არაპროდუქტიული ტენის რაოდენობა უმცირესი ტენტევალობის 20 — 70%-ს შეადგენს.

ს. დოლოგოვის გამოკვლევებით ცნობილია:

1. ფარდობით ყველაზე მეტ არაპროდუქტიულ ტენს შეიცავს წაბლა ნიადაგები, რამდენადმე უფრო ნაკლებს — შავმიწები, შესამჩნევად ნაკლებს — ეწერები. ხოლო ყველაზე ნაკლებს — რუხი ნიადაგები;

2. წვრილდისპერსიული ფრაქციის გადიდებით ნიადაგში, პროდუქტიული ტენის ფარდობითი რაოდენობა მატულობს, რუხ ნიადაგებში — 24 — 34, ეწერებში — 20 — 45, შავმიწებში — 26 — 60 და წაბლა ნიადაგებში — 43 — 70%-ით.

3. წვრილდისპერსიული ფრაქციის გადიდებით ტენის საერთო მარაგი უფრო მეტად იზრდება, ვიდრე პროდუქტიული ტენის რაოდენობა. მაგალითად, რუხ მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში. მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ამავე ტიპის ნიადაგებთან შედარებით, ტენის საერთო მარაგი 1,23-ჯერ მეტია, პროდუქტიული ტენის რაოდენობა კი მხოლოდ 1,07-ჯერ მეტი; ეწერებში ტენის საერთო რაოდენობა გადიდებულია 2,13-ჯერ პროდუქტიული ტენის რაოდენობა კი — მხოლოდ 1,57-ჯერ. შავმიწებში ტენის საერთო მარაგი გადიდებულია 2,37-ჯერ. პროდუქტიული ტენისა კი — 1,34-ჯერ. წაბლა ნიადაგებში ტენის საერთო მარაგი გადიდებულია 2,02-ჯერ, პროდუქტიული ტენის — 1,08-ჯერ.

ცხადია, რომ პროდუქტიული ტენის რაოდენობა ნიადაგში სხვა პირობებზედაცაა დამოკიდებული. კერძოდ, სტრუქტურაზე. მტკიცე სტრუქტურის ნიადაგებში მისი (პროდუქტიული ტენის) მარაგი უფრო მაღალია, ვიდრე უსტრუქტუროში.

### 5. მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობა (მპ)

ნიადაგის წყლოვანი თვისებების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მახასიათებელია მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობა. ეს ჰიგროსკოპული წყლის ის რაოდენობაა, რომელსაც მოცემული ნიადაგი (ნიმუში) ორთქლით მაქსიმალური ან თითქმის მაქსიმალური ჰაერიდან შთანთქავს (ჰაერის

94% ფარდობითი ტენიანობის პირობებში). ასეთ შემთხვევაში, როგორც კ. გედროიცი შენიშნავს, ნიადაგი რამდენ წყალსაც აორთქლებს, იმდენსავე შთანთქავს ატმოსფერული ჰაერიდან. მჭ-ს სხვანაირად უდიდეს ჰიგროსკოპულობასაც უწოდებენ.

მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობის დროს, როგორც ამჟამად არის დამტკიცებული, ნიადაგის ნაწილაკები მრავალწყება წყლის მოლეკულებით არის გარშემოვლებული.

გამორკვეულია, რომ მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობაში მონაწილეობენ მტკიცდებულ და კაპილარულ-კონდენსაციური ფაზარად-ბმული ნიადაგური ტენის სახეები.

მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობა დამოკიდებულია ნიადაგის მექანიკურ და ქიმიურ შედგენილობაზე. წვრილდისპერსიული ნაწილის რაოდენობა პირდაპირ გავლენას ახდენს მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობაზე. ამის შესახებ ნ. კაჩინსკი (1930) წერს: „რამდენადაც მეტია ნიადაგში უწყრილესი, კოლოიდურად დაქუცმაცებული ნაწილაკები, იმდენად დიდია მოქმედი ზედაპირი, იმდენად მეტი რაოდენობით შეიქმნა მას მიიზიდოს და დაამაგროს წყლის ორთქლი, ე. ი. იმდენად მაღალია მისი ჰიგროსკოპულობა“.

მრავალრიცხოვანი ანალიზური მონაცემებით დადგენილია მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობასა და ნიადაგში  $< 0,001$  მმ ფრაქციას შორის რაოდენობრივი დამოკიდებულება. მაღალი მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობით ხასიათდება, ჩვეულებრივ, მძიმე მექანიკური შედგენილობის, ჰუმუსით მდიდარი ნიადაგები (შავმიწები). დაბალი მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობა ახასიათებს ჰუმუსით ღარიბ, მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის (რუხ) ნიადაგებს.

ნიადაგის ვერტიკალურ პროფილში ჰუმუსისა და მიკრონული ფრაქციის რაოდენობრივი განაწილების შესაბამის სახეს გვიჩვენებს მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობა.

მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებით დადასტურდა, რომ ორთქლისებრი ტენის ადსორბციისას ნიადაგის ნაწილაკის ზედაპირზე წარმოიქმნება წყლის მოლეკულების პოლიმოლეკულური შრე (აპსკი), ან შრის სიმსხოს საკითხს ეხება ა. დობენევი, ფ. ცუნკერი, ს. რიევი და სხვ. ა. დობენემა პირველმა აღნიშნა, რომ ჰიგროსკოპული ტენის აპსკებას სიმსხო მცირდება ადსორბენტის ნაწილაკთა დიამეტრის შემცირებით. ნოშტტის გამოკვლევით ნაწილაკთა დიამეტრის შემცირებისას დადგება ჰიგროსკოპულობა, მაგრამ არა პირდაპირ პროპორციულად, არამედ უფრო ნაკლებად, რაც მიგვითითებს დაწვრილებული (დაქუცმაცებული) ნაწილაკების ჰიგროსკოპული ტენის აპსკების ნაკლებ სიმსხოზე. ავტორის აზრით, ფრაქციათა დაწვრილმანებისას წარმოიქმნება ისეთი ულტრაფორები. რომლებშიც წყლის ორთქ-

ლის შესვლა იზღუდება და ამიტომ ადგილი აქვს დისპერსიულობის ზრდასა და ჰიგროსკოპულობას შორის მოსალოდნელი პირდაპირპროპორციული დამოკიდებულების დარღვევას.

აღსორბირებულ ტენის აპსკის სიმსხოს, ნიადაგური ტენის მობილუზის თვალსაზრისით, დიდი მნიშვნელობა აქვს. მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობა, რომელიც უწერილესი სამსხოს ტენის აპსკებისაგან შედგება, უფრო ნაკლებად მობილურია, ვიდრე ის მაქსიმალური ჰიგროსკოპული ტენი, რომელშიც უფრო მეტი სიმსხოს აღსორბციული ტენის აპსკები მონაწილეობენ.

ნ. კაჩინსკის (1930) მეთოდური ხასიათის გამოკვლევები გვიჩვენებს, რომ ნიადაგის მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობაზე გავლენას ახდენს სტრუქტურა. ერთსა და იმავე ნიადაგის დანაყილ და დაურღვეველ ნიმუშში განსაზღვრული მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობა ერთიმეორეს უახლოვდება. განსხვავება მხოლოდ დროის ინტერვალშია --- დანაყილ ნიმუშს უფრო მეტი დრო სჭირდება მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობაზე მისაღწევად: ვიდრე დაურღვეველს (დაუნაყავს): გარდა ამისა, მნიშვნელობა აქვს როგორ ნიმუშს ავილებთ ანალიზისათვის ჰაერმშრალს, თუ აბსოლუტურად შშრალს. ამ ხასიათის მრავალი განსაზღვრების საფუძველზე ნ. კაჩინსკი დაასკვნის, რომ მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობის ანალიზისათვის გამოყენებული უნდა იქნეს ჰაერმშრალი ნიადაგის ნიმუშები.

## 6. მაქსიმალური აღსორბციული ტენტევადობა (მ ა ტ)

ნიადაგ-გრუნტის მიერ აღსორბციული ძალეებით დაკავებულ მტკიცედბული წყლის შესაძლო მაქსიმალურ რაოდენობას --- მაქსიმალური აღსორბციული ტენტევადობა ეწოდება. მაქსიმალურ-მოლეკულურ ტენტევადობაში, ა. ლებედვის განმარტებით, აპსკისებრი წყლის შესაძლო მაქსიმალური რაოდენობაა: ფაქტიურად ცენტრიფუგის ან წნეხის მეთოდით განსაზღვრისას მასში ხედება მტკიცედბული, აპსკისებრი და ულტრაკაპილარების წყალი. ამიტომ, პ. კოლესკოვის წინადადება, რომ მაქსიმალურა აღსორბციული ტენტევადობის ცნება მაქსიმალურ-მოლეკულური ტენტევადობის ცნების სინონიმად ჩაითვალოს, არ არის სწორი, რადგან რაოდენობრივად პირველი მეორის მხოლოდ ნაწილია.

მაქსიმალური აღსორბციული ტენტევადობა დამოკიდებულია ნიადაგ-გრუნტის მექანიკურ შედგენილობაზე, კერძოდ მიკრონული ფრაქციის რაოდენობაზე. აქედან ჩანს, რომ ის კორელაცია, რომელიც მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობასა და მიკრონულ ფრაქციას შორის დამოკიდებულებისათვის არის დადგენილი რამდენადმე ძალაშია

მაქსიმალური ადსორბციული ტენტევადობისათვისაც. ამ მაჩვენებლის მაღალი გამოხატულება აქვს, როგორც ეს ა. დუმანსკის გამოკვლევებიდან ჩანს, თიხნარ შავმიწებს (7—8%), დაბალი გამოხატულება კი — ტყის ზანგარა ნიადაგებს (2—3%).

მაქსიმალური ადსორბციული ტენტევადობა დამოკიდებულია აგრეთვე ნიადაგში ადვილად ხსნადი მარილების შემცველობაზე (ოსნოსურ წნევაზე). დამლაშებული ნიადაგების მაქსიმალური მოლეკულური ტენტევადობა შესამჩნევად დაბალია, ვიდრე იმ ნიადაგებსა (ეწერა), რომლებიც ამ მარილებით ღარიბია.

მაქსიმალურ ადსორბციულ ტენტევადობაზე გავლენას ახდენს ნიადაგ-გრუნტის პედოლიტური შედგენილობა. მოძრავი კრისტალურ-მესერის მქონე მინერალების შემცველ ნიადაგ-გრუნტში ეს მაჩვენებელი, ჩვეულებრივ, უფრო მაღალია, ვიდრე მტკიცე კრისტალური მესერის მქონე მინერალების შემცველ ნიადაგ-გრუნტში.

განხილული მახასიათებლების გარდა, არჩევენ შედარებით უფრო ნაკლებად კონსტანტ მაჩვენებლებს — კაპილარულ ტენტევადობას, წყლის გაცემას და ფილტრაციის კოეფიციენტს.

კაპილარული ტენტევადობა (კ ტ) გამოხატავს ნიადაგ-გრუნტის კაპილარული (მენისკური) ძალებით დაკავებული წყლის მაქსიმალურ რაოდენობას. ტენტევადობის ეს მახასიათებელი წარმოადგენს ფიზიკურად ბმულ და კაპილარულ ძალებით ამოწეულ (ქეცმოდან) წყლის საერთო რაოდენობას. აქედან ჩანს, რომ კაპილარული ტენტევადობით ხასიათდებიან ის ნიადაგები, რომელთა ზედაფენებშია გრუნტის წყალი.

კაპილარული ტენტევადობა დამოკიდებულია ნიადაგ-გრუნტის მექანიკურ შედგენილობაზე, სტრუქტურასა და აგებულებაზე. კაპილარულ ტენტევადობასა და ნიადაგ-გრუნტის კაპილარულ ფორიანობას შორის პირდაპირ დამოკიდებულებას აქვს ადვილი. ამის გამო, კაპილარული ტენტევადობა ნიადაგის აგებულების შესაბამისად იცვლება. კაპილარული ტენტევადობა დინამიკური სიდიდეა. როცა ადვილი აქვს არაკაპილარული ფორების მატებას, კაპილარული ტენტევადობა მცირდება, ხოლო არაკაპილარული ფორიანობის შემცირების პერიოდს, პირიქით, კაპილარული ტენტევადობის ზრდა ახასიათებს.

წყლის გაცემა (წ გ) გამოხატავს თავისუფალი (გრავიტაციული) წყლის იმ რაოდენობას, რომელიც ჩაედინება ქეცმით, გრუნტის (ნიადაგ-გრუნტის) წყლის დონის დაწევის შემთხვევაში. აქედან გამომდინარეობს, რომ წყლის გაცემა რაოდენობრივად დამოკიდებულია გრუნტის წყლის დონის დაწევის სიღრმეზე. თუ გრუნტის წყლის დაწევა ხდება ნიადაგის სრული ტენტევადობიდან უმცირეს ტენტე-

ვადობამდე ინტერვალში, ასეთ შემთხვევაში წყლის გაცემა თავისი გამოხატულების მაქსიმუმს აღწევს.

ნიადაგური ჰიდროლოგიის ეს მახასიათებელი დიდად არის დამოკიდებული ნიადაგ-გრუნტის მექანიკურ შედგენილობაზე, სტრუქტურასა და ფორიანობაზე. სტრუქტურიან ნიადაგებში წყლის გაცემის მაჩვენებელი, ჩვეულებრივ, უფრო მაღალია, ვიდრე უსტრუქტუროში, რაც იმას ნიშნავს, რომ წყლის გაცემა იმდენად მეტია, რამდენადაც საერთო ფორიანობაში არაკაპილარული ფორიანობა მეტი იქნება და, პირიქით.

ფილტრაციის კოეფიციენტი (ფკ) გამოხატავს სიდიდეს, რომელიც გვიჩვენებს ნიადაგ-გრუნტის წყლით სავსე ფორებიდან წყლის მოძრაობის სისწრაფეს დროის ერთეულში. ფილტრაციის დაწყების საწყისად ითვლება წყლის გამოყოფა ნიადაგური მინალიტიდან (ძარში).

ფილტრაციის სისწრაფე ცვალებადი სიდიდეა. მასზე გავლენას ახდენს ნიადაგის მექანიკური შედგენილობა, სტრუქტურა, თქვირების თვისება, შთანთქმულ ფუძეთა შედგენილობა და სხვ.

მაღალი ფილტრაციის თვისებით ხასიათდება მძიმე მექანიკური შედგენილობის, სუსტი სიმტკიცის სტრუქტურის, მაღალი თქვირების თვისებისა და შთანთქმული ნატრიუმის შემცველი (ბიცობიანი) ნიადაგები. მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის, მტკიცე სტრუქტურის, ფხვიერი აგებულების, ორ-და სამჟალენტ-ანი კატიონებით მაღალი ნიადაგების ფილტრაციის კოეფიციენტი, პირიქით, მაღალია.

## ნიადაგური ტენის რეჟიმი და მისი ტიპები

### 1. ნიადაგური ტენის რეჟიმი

ნიადაგური ტენის რეჟიმი, რომელიც გამოხატავს ნიადაგში ტენის შესვლასა და ხარჯვის მოვლენათა ერთობლიობას, ფაქტიურად ტენის ბალანსს გვიჩვენებს.

ტენის ბალანსი, იცვლება გეოგრაფიული განედის, ადგილობრივი ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების, მიწათსარგებლობის წესების, მიწათმოქმედების კულტურის დონისა და სხვა ფაქტორების შესაბამისად.

ნიადაგური ტენის ბალანსში ტენის შემოსავლის მნიშვნელოვან წყაროს, როგორც უკვე აღნიშნული იყო ატმოსფერული ნალექები წარმოადგენს. ატმოსფერული ნალექების ნაწილს მცენარეთა მიწისზედა საფარი აკავებს (ვარჯის, ფოთლებისა და სხვა ორგანოების დაშვლებით). მცენარეთა მიერ ამ გზით ნალექების დაკავების მასშტაბი

დამოკიდებულია თვით მცენარეთა შედგენილობაზე — მერქნიანებო მეტს აკავებენ, ვიდრე ბალახები; მერქნიანებს შორის ეს თვისება უფრო ძლიერად არის გამოხატული წიწვოვანებში, ვიდრე ფოთლოვანებში. გავლენას ახდენს აგრეთვე ნალექების ხასიათი — ეუყუნა წვიმის დროს ხის ვარჯებზე მეტი კავდება, ვიდრე შხაპუნა წვიმის შემთხვევაში.

ტენის ბალანსში გარკვეულ როლს ასრულებს კონდენსირებული ტენი, ხალაო იქ, სადაც მიწისქვეშა წყალი კრიტიკულ დონეზე მაღლა დგას, ეს უკანასკნელიც.

ტენის ბალანსის ხარჯის (გასავლის) მნიშვნელოვან ელემენტს წარმოადგენს ტრანსპირაციაზე დახარჯული წყალი. ეს მოვლენა, დესუქცია (ფესვებით წყლის ამოწოვა), თავის მხრივ დამოკიდებულია მცენარეთა საფარის შედგენილობაზე. დესუქციის მაღალი მაჩვენებელი ახასიათებს მერქნიანებს ბალახებთან და მინდვრის კულტურებთან შეფარდებით. მერქნიანებს შორის ჯართოფოთლიანი კიშების დესუქციის მაჩვენებელი უფრო დიდია (წიფლის — 254 მმ), ვიდრე წიწვოვანების (ფიჭვის — 107 მმ).

ა. პოლჩანოვის გამოკვლევებით ცნობილია, რომ დესუქციაზე შესამჩნევ გავლენას ახდენს ტყის სიხშირე. ფიჭვნარებში, რომლის სიხშირეა 0.9, დესუქციაზე დახარჯული წყლის რაოდენობა 243 მმ უდრის, ხოლო 0.4 სიხშირის პირობებში მხოლოდ 181 მმ-ს. დესუქციის შედარებით უფრო მაღალი მაჩვენებელი ახასიათებს ახალგაზრდა ხეებს (30 — 35 წლის), შემდეგ კი კლებულობს.

ნიადაგური ტენის ხარჯს ქმნის აგრეთვე ნიადაგიდან ტენის ფიზიკური აორთქლება, ტენის ნიადაგშიგა ჩადინება, გრუნტში (ღრმა ფენებში) ჩადინება და ზედაპირული ჩამონადენი.

როდესაც დასახლებული სიდიდეები ცნობილია, შეიძლება შედგეს ნიადაგური ტენის ბალანსი. ტენის ბალანსს გამოხატავენ მშობით. ტენის ბალანსი შეიძლება გამოიხატოს წლის ყველა პერიოდისათვის, უფრო ხშირად კი მთელი წლისათვის.

ტენის ბალანსის გამოსაანგარიშებლად სარგებლობენ ფორმულით:

$$B_1 = B_0 + (O_c + K + \Gamma p n) - (D + V c n + n c + B n c + \Gamma p c),$$

სადაც  $B_1$  არის ტენის მარაგი ნიადაგში შესწავლილი პერიოდის დასასრულს.

$B_0$  — ტენის მარაგი შესასწავლი პერიოდის დასაწყისში;

$O_c$  — ნალექების ჯამი მთელ პერიოდში;

$K$  — კონდენსაციური ტენი მთელ პერიოდში;

$\Gamma p n$  — გრუნტის წყლიდან ნიადაგში შემოსული ტენის რაოდენობა მთელ პერიოდში;

D — დესტექციის რაოდენობა მთელ პერიოდში;  
nc — ზედაპირული ჩამონადენის რაოდენობა მთელ პერიოდში;

Bnc — ნიადაგშიგა ჩადინება მთელ პერიოდში;

Γpc — გრუნტი (ღრმა ფენებში) ჩადინება მთელ პერიოდში.

თუ მხედველობაში არ მოვიღებთ დაჭაობებისა და დაშრების შემთხვევებს, მაშინ  $B_1 = B_0$ ; ამავე დროს თუ კონდენსაციურ ტენს, როგორც მცირე სიდიდეს, ნულად მივიღებთ, განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$O_e + \Gamma p n = D + V c n + n c + B n c + \Gamma p c.$$

ცალკეული წლების მიხედვით, როცა ტენის მარაგი წლის ბოლოსთვის მეტი ან ნაკლებია ტენის ბალანსის შედგენის წლის საწყის პერიოდთან შედარებით, მაშინ განტოლება ასე შეიცვლება:

$$O_e + \Gamma p n = D + V c n + c n + B n c + \Gamma p c \pm b,$$

სადაც b არის ნიადაგში ტენის მარაგის შეცვლის უარყოფით ან დადებითი მაჩვენებელი.

## 2. ნიადაგური ტენის რეჟიმის ტიპები

ტენის რეჟიმის ტიპების შესწავლას საფუძველი ჩაუყარა გ. ვისოცკიმ.

ტენის რეჟიმის ტიპს განსაზღვრავს ტენის ბალანსი. ამის მიხედვით გ. ვისოცკი არჩევს პერმაციდული, პერიოდულად პერმაციდული, იმპერმაციდული და ექსუდაციური ტენის რეჟიმის ტიპებს.

ა. პერმაციდული ტენის რეჟიმის ტიპი ხასიათდება ნიადაგ-გრუნტის პროფილის ყოველწლიური დასველებით გრუნტის წყლის დონემდე. ამასთან ერთად, ზემოდან ქვემოთ ჩამავალი ტენი რაოდენობრივად მეტია, ვიდრე გრუნტის წყლიდან ზემოთ ამომავალი, ე. ი.

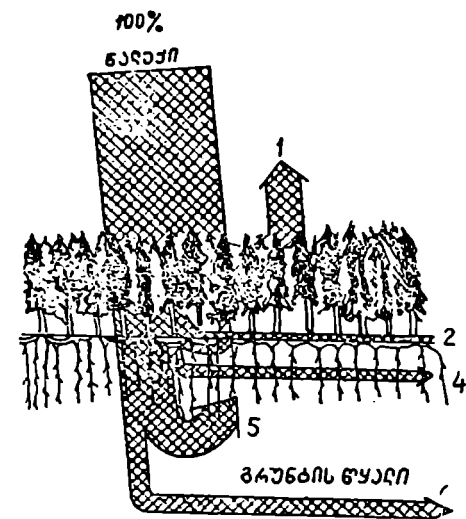
$$\Gamma p c > \Gamma p n$$

მაშასადამე,  $O C > V c n + n c + B n c$ .

ატმოსფერული ნალექების ნაწილი ნიადაგ-გრუნტის სფეროდან გადის გრუნტის წყალში და ამრიგად რეცხავს ნიადაგურ პროფილს, რის გამოც მას პერმაციდული, ანუ გამრეცხი ტენის რეჟიმის ტიპი ეწოდება. ამ ტიპის წყლის ბალანსი მოცემულია 39-ე სურათზე (ა. როდე).

ბ. პერიოდულად პერმაციდული ტენის რეჟიმის ტიპს ხასიათებს მიწისქვეშა წყლის დიდ სიღრმეზე დგომა

და ამასთან ერთად, პერიოდულად ტენიან ამინდში (ან ტენიან წლებში). ჰიდრაულიკური კავშირია ზედაფენების ნიადაგურ ტენსა და მიწისქვეშა წყალს შორის. თუმცა, როგორც ა. როდე შენიშნავს, ეს წყალი (ნიადაგური) არასოდეს არ არის გრუნტის წყლით კაპილარულ დაბრჯენილ მდგომარეობაში, რის გამოც კაპილარულად ნიადაგურ ფენაში ის არ შემოდის.



სურ. 39. პერმაციდული ტენის რეჟიმის ტიპის წყლის ბალანსი:

- 1—კავდება კრონზე (30); 2 — ზედაპირული ჩამონადენი (5%); 3—ფიზიკური აორთქლება და ბალახების დესუქცია (10%); 4—ნიადაგში ჩაღინება (10%); 5 — ხემცენარეთა დესუქცია (30%); 6—გრუნტში ჩაღინება (15%).

ამ ტიპის ზონის ნიადაგებში გრუნტის წყალი, ჩვეულებრივ, 12 — 15 მეტრ სიღრმეზე დგას. ამის გამო გრუნტის წყლის ქობაა და ატმოსფერული ნალექებით დასველებული ნიადაგური პროფილის ქვედა საზღვარს შუა მოთავსებული ფენა ხასიათდება სიმშრალით, მხოლოდ ჭკნობის კოეფიციენტის შესაბამისა ტენიანობით. გ. ვისოცკი ამ ფენას მკვდარ ფენას უწოდებს.

იმპერმაციდული ტიპის ტენის რეჟიმის ნიადაგში, რომელშიც ნიადაგურ წყალსა და გრუნტის წყალს შორის კავშირი არაა ტენის ბალანსის მაჩვენებელი  $\Gamma_{\text{ჩ}}$  და  $\Gamma_{\text{ც}}$  ნულს უტოლდება და განტოლება ლებულობს შემდეგ სახეს:

$$O_c = D - Vcn - nc - Bnc.$$



ვაკე-სწორი ზედაპირის ნაკვეთის პირობებშიც  $nc$  და  $Bnc$  ნულს ტოლია, რის გამოც განტოლება შემდეგნაირად იცვლება:

$$O_c = D + Vcn..$$

იმპერმაციდული ტენის რეჟიმით ხასიათდება მდელი-სტეპის, მშრალი სტეპის და უდაბნო-სტეპის ზონის ნიადაგები (შავმიწა, წაბლა და რუხი). ტყე-სტეპის ზონაში კი ამ ტიპის ტენის რეჟიმით ხასიათდება ტყის ზანგარა ნიადაგები და დეგრადირებულ შავმიწები.

იმპერ-მაციდული ტენის რეჟიმის ტიპის ტენის ბალანსი გრაფიკულად გამოხატულია მე-40 სურათზე (ა. როდე).

ტენის რეჟიმის ამ ტიპის ნიადაგებს, პერმაციდული ტენის რეჟიმის ტიპის ნიადაგებთან შედარებით, ახასიათებს სუსტი გამოტუტვა და ატმოსფერული ნალექებით დასველებული ფენის ქვემოთ  $CaCO_3$  და  $CaSO_4$  მარილების ჩარეცხვის პროდუქტები, სხვადასხვა ფორმის ახალი წარმონაქმნების სახით.

დექსუდაციური ტენის რეჟიმის ტიპი გვხვდება შედარებით მშრალსა და თბილი კლიმატის პირობებში — უარყოფითი ტენის ბალანსის ზონაში. აქ მიწისქვეშა წყლის კრიტიკულ დონეზე მაღლა დგომის გამო, ადგილი აქვს დესუქციისა და ძლიერი ფიზიკური აორთქლებით მიწისქვეშა წყლის ახალ-ახალი ნაკადებით ნიადაგური ფენის შევსება-დატენიანებას.

ამრიგად, ტენის რეჟიმის ამ ტიპის ძირითადი მკვებავი წყარო კაპილარულ-დაბრჯენილი წყალია.

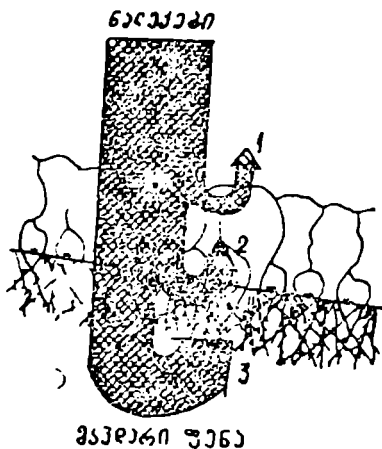
ტენის რეჟიმის ამ ტიპის ტენის ბალანსის განტოლება ასეთია:

$$D + Vcn + nc > O_c;$$

ამის მიხედვით

$$\Gamma pn > \Gamma pc + Bnc.$$

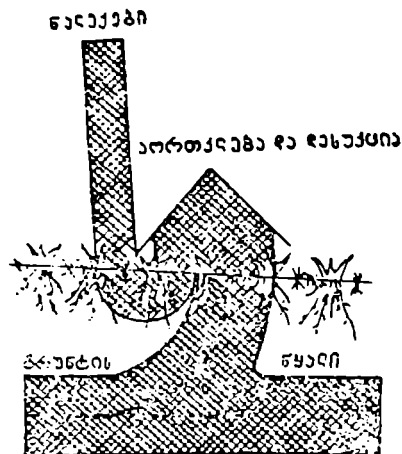
ექსუდაციური ტენის რეჟიმის ტენის ბალანსი გრაფიკულად გამოხატულია 41-ე სურათზე (ა. როდე).



სურ. 40. იმპერმაციდული ტენის რეჟიმის ტიპის წყლის ბალანსი.

1 — კაკდება კრიონზე (15%); 2 — ფიზიკური აორთქლება და ბალახების დესუქცია (25%); 3 — ხემკენარეთა დესუქცია (60%).

ტენის რეჟიმის ეს ტიპი ახასიათებს ამა თუ იმ ხარისხით დამლაშებულ ნიადაგებს დამლაშების მიზეზია ნიადაგში გრუნტის წყლის აორთქლების შედეგად დაგროვილი  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$  და სხვა მარილები.



სურ. 41. ექსლდაციური ტენის რეჟიმის ტიპის წყლის ბალანსი.

ცხადია, რომ ტენის რეჟიმის ტიპები ბუნებაში კიდევ უფრო მეტია, ვიდრე ეს მოცემული აქვს გ. ვისოცკის. ა. როდემ, რომელმაც გ. ვისოცკის სწავლება ნიადაგური ტენის რეჟიმის ტიპებზე განავითარა, ნიადაგთმცოდნეთა პარიზის მსოფლიო VI კონგრესზე (1956) წარდგენილ მოხსენებაში გამოჰყო 5 ტიპი და 16 ქვეტიპი. ეს ტიპებია: კრიოგენული, პერმაციდული, იმპერმაციდული, ექსლდაციური და ირიგაციული.

კრიოგენული ტიპი მუდმივი მზრალობის ზონას ახასიათებს. ტენის რეჟიმის ეს ტიპი ჩამოყალიბებულია მეტად მცირე ატმოსფერული ნალექების პირობებში, სადაც დაბალი ტემპერატურის გამო, როგორც ფიზიკური აორთქლება, ისე ტრანსპირაცია უმნიშვნელოა. ნიადაგი ხანგრძლივად ჭარბტენიან მდგომარეობაშია. ადგილი აქვს ტიქსოტროპიულ მოვლენებს (ზოლის მდგომარეობის კოლოიდების შესქელებას ერთნაირი ტემპერატურის პირობებში), რაც ხელს ჭუმლის წყლის ჩაქონვას. მუდმივი მზრალობის ფენა, რომელიც აქ, ჩვეულებრივ, მცირე სიღრმეზე მდებარეობს, წყალგამტარობას აგრეთვე მკვეთრად ზღუდავს. ამის გამო კრიოგენული ტიპის ტენის რეჟიმის ნიადაგებს სუსტი გამოტუტვა და რკინისა და ალუმინის დაგროვება ახასიათებს, მიუხედავად იმისა, რომ ნალექების რაოდენობა სჭარბობს აორთქლებას.

პერმაციდული ტენის რეჟიმის ტიპს ა. როდემ ორ ჩჯუფად ყოფს: A — პერმაციდულად და B — პერიოდულ-პერმაციდულად.

პირველის (A) დატენიანების კოეფიციენტია (დ კ)  $> 1$ , მეორისა (B)  $\geq 1$  (ან  $< 1$ ); პირველი, მკვებავი ტენის წყაროების მიხედვით, ძირითადად ორგვარია: 1) ატმოსფერული და 2) გრუნტულ-ატმოსფერული. გრუნტის წყალი მუდმივ ან პერიოდულ კავშირშია ნიადა-

გურ ფენასთან. ტენის რეჟიმის ამ ტიპში წარმოდგენილია შვიდი ქვეტიპი; 1. ტაიგის, 2. ნახევრად ჭაობიანი, 3. ჭაობიანი, 4. გრუნტული ტაიგის, 5. გრუნტული — ნახევრად ჭაობიანი, 6. გრუნტულ-ჭაობიანი და 7. ტაიგის ღრმად პერმაციდული.

დატენიანების რყევის ფარგალი ნახევრად ჭაობიან, ჭაობიან, გრუნტულ ნახევრადჭაობიან და გრუნტულ-ჭაობიან ქვეტიპების ნიადაგების პროფილის პირველ ნახევარში მოქცეულია სრულ ტენტევალობასა და უმცირეს ტენტევალობას შორის, ხოლო ტაიგისა და გრუნტული ტაიგის ქვეტიპებში კაპილარული ტენტევალობისა და კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობას შორის, ტაიგის ღრმა პერმაციდულ ქვეტიპის ნიადაგში უმცირეს ტენტევალობისა და ჭკნობის ტენიანობის ინტერვალში.

A — პერმაციდული ტენის რეჟიმის ტიპი ახასიათებს ეწერებს. ეწერ-ჭაობიან, ტარფიან-ჭაობიან, კორდიან-ეწერაან, ტყის ყომრალ და მერიის დაჭაობებულ ნიადაგებს.

B — პერიოდულ-პერმაციდული ტენის რეჟიმის ტიპის გუფი წარმოდგენილია ტყე-სტეპისა და სტეპის პოტოსკულური ქვეტიპებით. ორივეს ტენის კვების ძირითადი წყარო ატმოსფერული ნალექებია. გრუნტის წყლის ქობა ნიადაგურ პროფილს საგრძნობლად სცილდება ქვემოთ. ორივე ამ ქვეტიპის ნიადაგური პროფილის პირველ ნახევარში ტენიანობის რყევის ფარგლები უმცირესი ტენტევალობისა და ჭკნობის ტენიანობის შორის ინტერვალშია მოქცეული.

პერიოდულ-პერმაციდული ტენის რეჟიმის ტიპით ხასიათდება ტყის ზანგარა, მდელის ყავისფერი, სტეპისა და მშრალი სტეპის დეპრესიული რელიეფის ელემენტების ნიადაგები (შავმიწა და წაბლა).

იმპერმაციდული ტენის რეჟიმის ტიპში ა. როდე სტეპის ღრმა მშრალი ფენისა და სტეპის ქვეტიპებს აერთიანებს. ტენის რეჟიმის ამ ტიპის მკვებავ წყაროს ატმოსფერული ნალექები წარმოადგენს. დატენიანების კოეფიციენტი  $< 1$ ; გრუნტის წყალი უფრო ღრმად დგას, ვიდრე პერიოდულ-პერმაციდული ტენის რეჟიმის ტიპის ნიადაგში. ტენიანობის რყევის ფარგალი, ნიადაგური პროფილის პირველ ნახევარში, მოთავსებულია უმცირეს ტენტევალობისა და ჭკნობის ტენიანობას შორის ინტერვალში.

იმპერმაციდული ტენის რეჟიმის სტეპის ღრმა მშრალი ფენის ქვეტიპი გამოხატულია იმ შავმიწა, წაბლა, რუხ და აგრეთვე ყავისფერ ნიადაგებში, რომლებშიც გრუნტის წყალი ღრმად დგას.

ექსტრადაციური ტენის რეჟიმის ტიპს ა. როდე ყოფს სამ ქვეტიპად ესენია: 1) მდელი-სტეპის, 2) მდელის და 3) ბა-

კიანი. სპივეს ტენით კვების წყარო გრუნტ-ატმოსფერული ტენია. დატენიანების კოეფიციენტი  $< 1$ .

მდელო-სტეპის ქვეტიპებში მიწისქვეშა წყალი ნიადაგურ პროფილს ქვემოთ შესამჩნევად სცილდება. მდელოს ქვეტიპში გრუნტის წყალი პერიოდულად შემოდის ნიადაგურ პროფილში, ხოლო ბიციანში — მუდმივად.

ტენიანობის რყევის ფარგლები მდელო-სტეპის ქვეტიპის ნიადაგური პროფილის პირველ ნახევარში უმცირესი ტენიანობისა და ჰქნობის ტენიანობის შორის ინტერვალშია, მდელოს ქვეტიპში კაპილარულ ტენტევალობისა და ჰქნობის ტენიანობის, ხოლო ბიციან ქვეტიპში — სრული ტენტევალობისა და უმცირეს ტენტევალობის შორის ინტერვალში.

ექსჟდაციური ტენის რეჟიმის ტიპის მდელო-სტეპის ქვეტიპი გამოხატულია მდელოს შავმიწებში, მდელოს წაბლა ნიადაგებში. მდელოს რუხ ნიადაგებში; მდელოს ქვეტიპი წარმოდგენილია შავმიწა მდელოს, მდელოს ბიცობიან და ზოგიერთ ნოლა ნიადაგებში, ხოლო ბიციანი ქვეტიპი სხვადასხვა ხარისხით დამლაშებულ და ბიცობიან ნიადაგებსა და ბიცობებში.

ირიგაციული ტენის რეჟიმის ტიპი აერთიანებს სარწყავ ნიადაგებს, სადაც დატენიანების კოეფიციენტი, ჩვეულებრივ,  $< 1$ . ა. როდეს აზრით, რწყვის რეგულაციით შეიძლება შეიქმნას ირიგაციული ტენის რეჟიმის სხვადასხვა ქვეტიპი, რომლებიც შეიძლება იყოს ანალოგიური ბუნებრივი, ზემოთ დახასიათებული ტენის რეჟიმის ქვეტიპებისა.

ზემოთქმულის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ნიადაგური ტენის რეჟიმის ტიპების ჩამოყალიბება დამოკიდებულია მცენარეულ საფარზე. კლიმატზე, რელიეფზე და მხარის (რაიონის) გეოლოგიურ აგებულებაზე.

მცენარეული საფარის შეცვლით შესაძლოა შეიცვალოს ტენის რეჟიმის ტიპი. ასევე დიდ გავლენას ახდენს კლიმატი. ნალექებისა და აორთქლების შეცვლით იცვლება ტენის ბალანსი, ამის შესაბამისად კი — ტენის რეჟიმის ტიპი.

უწრეტე (დახშული) რელიეფის ელემენტებზე, ჩვეულებრივ, პერმაციდული ან ექსჟდაციური ტენის რეჟიმის ტიპები ყალიბდება. ხოლო დადებითი ტენის ბალანსის ზონაში წყალგამყოფებზე — პერმაციდული ან პერიოდულად პერმაციდული. გეოლოგიური აგებულებას შეცვლით შეიძლება გრუნტის წყლის დგომის დონემ ამოიწიოს მაღლა და ჩამოყალიბდეს უარყოფითი ტენის ბალანსის ზონაში ექსჟდაციური ტენის რეჟიმის ტიპი.

მაღალი და მყარი მოსავლის მიღება დღედად არის დამოკიდებული მცენარის წყლით უზრუნველყოფაზე. ამიტომ ნიადაგის ეფექტური ნაყოფიერების ამაღლებისათვის საჭირო ღონისძიებათა სისტემაში ფართო ადგილი უკავია ნიადაგური ტენის მტკიცე მარაგის შექმნის საკითხს.

ნიადაგური ტენის მტკიცე მარაგის შექმნის ღონისძიებები ადგილობრივი ბუნებრივ-სამეურნეო პარობების შესაბამისად სხვადასხვაგვარი ხასიათისაა.

დადებითი ტენის ბალანსის რაიონებში ხშირად ადგილი აქვს ტენის სიჭარბეს — დაჭაობების მოვლენებს, რაც იწვევს ნიადაგში წყლისა და ჰაერის რაოდენობის შორის დისბალანსირებულ დამოკიდებულებას. ასეთ პირობებში ნიადაგის აგრონომიულად საჭირო ტენის მტკიცე მარაგის შექმნა მოითხოვს ჰარბი (ზედმეტი) ტენის მოცილებას, დაშრობითი სამელიორაციო ღონისძიების გატარების საშუალებით.

მერყევი და განსაკუთრებით უარყოფითი ტენის ბალანსის მხარეებში მცენარის განვითარებასა და მაღალ პროდუქტიულობას ზღუდავს ნიადაგში ტენის ნაკლებობა, რაც გამოწვეულია ნალექების საერთო ნაკლებობით და წელიწადის დროზე უთანაბრო განაწილებით. ნალექების შესამჩნევი ნაწილი იკარგება — ზედაპირული ჩამონადენის სახით, ნიადაგიდან ფიზიკურა აორთქლებით და სხვ.

გვალიან, მცირენალექებიან რაიონებში, ტენის რეჟიმის რეგულაციისათვის იყენებენ რწყვას და შესაფერის აგროტექნიკურ ღონისძიებებს.

ჩვენი რესპუბლიკის სახნავ-სათესი ტერიტორიის მნიშვნელოვანი ნაწილის ნიადაგური ტენის მტკიცე მარაგის შექმნისათვის საჭიროა გამოყენებულ იქნეს აგროტექნიკურ ღონისძიებათა კომპლექსი, რომელიც თავის მხრივ ორგვარი ხასიათის ღონისძიებათა სისტემას მოიცავს: 1. ატმოსფერული ნალექების ნიადაგში მაქსიმალური რაოდენობით მოქცევას და 2. ნიადაგური ტენის მაღალმწარმოებლურ გამოყენებას.

ატმოსფერული ნალექების ნიადაგში მოქცევა ტენის ბალანსის შემოსავლის ნაწილის ძირითადი ელემენტია. ამიტომ ნიადაგური ტენის მარაგი ურწყავ რაიონებში სწორედ ატმოსფერული ნალექების არა მარტო საერთო რაოდენობაზეა დამოკიდებული, არამედ მის ნიადაგში მოქცევის მასშტაბზე. ზედაპირულ თხიერ ჩამონადენს ზარალი მოაქვს. ერთი მხრივ, ზედაპირული ჩამორეცხვით, ხოლო, მეორე მხრივ, ნიადაგური ტენის მარაგის შემცირებით. უკანასკნელზე წარმოდგენას გვაძლევს 38-ე ცხრილი. ზედაპირული თხიერი ჩამონადე-

ნი ნიადაგური ტენის ბალანსზე დიდ გავლენას ახდენს. ზოირ შემთხვევებში მ-სი მაქსიმუმი ნალექების წლიური რაოდენობის ერთმეოთხედსა და მეტს უდრის. განსაკუთრებით, დიდი თხიერი ჩამონადენით ხასიათდება ტყე-სტეპი აბსოლუტური მაჩვენებლებით ტყე-სტეპში თხიერი ჩამონადენი ჰექტარზე 1000 — 1200 მ<sup>3</sup> აღწევს. მ. დარასელიას გამოკვლევებით დასავლეთ საქართველოს წითელმიწა ნიადაგების ზონაში ეს მაჩვენებელი აგრეთვე მაღალია, ცალკეული ნალექების მიხედვით მერყეობს 2 — 10% ფარგლებში, მეტია დიდი ნალექების და, პირიქით, მცირეა, ნაკლები ნალექების დროს. ასეთივე კანონზომიერება ემჩნევა, ვ. ამბოკაძის გამოკვლევებით, ზედაპირულ თხიერ ჩამონადენს ხორბლის ნათესით დაკავებულ ტყის ყავისფერ ნიადაგებზე (მარტყოფი).

ცხრილი 39

ზედაპირული თხიერი ჩამონადენი (სსრკ მეცნიერებათა აკადემიის მონაცემები)

მხარე	ლანდშაფტური ზონა	ნალექების წლიური რაოდენობა მმ-ით	წლიური ჩამონადენი	
			მმ-ობით	წლიური ნალექებიდან %-ობით
უკრაინა ცენტრალური შავმიწა ნიადაგის ოლქი	ტყე-სტეპი	560	100	18
	ტყე-სტეპი	475	120	25
ჩრდილო კავკასია	სტეპი	500	50	10
ვოლგისპირეთი	ტყე-სტეპი	450	125	28
	სტეპი	400	100	25
	მშრალი სტეპი	247	45	18
ყაზახეთი	მშრალი სტეპი	300	25	8

ეროზიის საწინააღმდეგო კომპლექსურ ღონისძიებათა გატარების საშუალებით, როგორც ეს ჩანს საკვლევი ინსტიტუტებისა და საცდელი სადგურების მონაცემებიდან, მნიშვნელოვნად იზღუდება თხიერი ჩამონადენი და, მაშასადამე, დიდდება ნიადაგური ტენის ბალანსის შემოსავლის ელემენტი. ვ. ამბოკაძის მონაცემებით, მარტყოფის სტაციონარზე თხიერი ჩამონადენი (1951 წ. 26/IV მოსული წვიმის მიხედვით) ბალანსათესზე ოთხჯერ ნაკლებია ყაზახეთთან შედარებით. თხიერი ჩამონადენი მცირეა აგრეთვე ეროზიის საწინააღმდეგო სხვადასხვაგვარი ღონისძიების (გარდიგარდმო ხენა, წყალდამჭერი კვლები და სხვ.) გატარების შედეგად.

ტენის ბალანსის ერთ-ერთი საყურადღებო ელემენტია თოვლი.

მისი დაცვა და ნიადაგში ჩახენა ნიადაგური ტენის მარაგის გადიდების მნიშვნელოვანი წყაროა. ამ უკანასკნელი ღონისძიების გატარებას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ტყე-სტეპების ძლიერი ქარების რაიონში. საქართველოს მთის შავმიწების ზონაში თოვლის დაცვას კიდევ ის მნიშვნელობა აქვს, რომ ამ ღონისძიების გატარებით ნიადაგი ნაკლებ სიღრმეზე გაიყინება და გაზაფხულზე, თოვლის დნობის დროს, გაყინულ ნიადაგში გამდნარი წყლის ჩაქონვას არ (ან ძალიან ნაკლებ) შეუშლის ხელს.

ატმოსფერული ნალექების მაქსიმალური რაოდენობით ნიადაგში მოქცევა დამოკიდებულია ნიადაგის ჰიდროლოგიურ თვისებებზე და, კერძოდ, წყალგამტარობის უნარზე. წყალგამტარობა, ნიადაგის ბუნებრივი თვისებების გარდა (მექანიკური შედგენილობა, სტრუქტურა და სხვ.), დიდად არის დამოკიდებული აგროტექნიკაზე. ნიადაგის ღრმად ხენა, სახნავ — ქვედა ფენის გაფხვიერება, ფართოფრთიანი ჯუთნით ხენა და სხვა მკვეთრად აუმჯობესებს ნიადაგის წყალგამტარობის თვისებას. ვ. ი. აღიღებს ნიადაგური ტენის შემოსავლის ელემენტს. ტენის მტკიცე მარაგის შექმნისათვის საჭიროა ნიადაგის წყალგამტარობის თვისებასთან ჰქონდეს წყლის დაკავების ანუ ტენტევადობის თვისებაც.

მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში ტენტევადობის უნარის გაუმჯობესება მეტად ძვირსა და პრაქტიკულად ძნელად განსახორციელებელ ღონისძიებას — თიხის შეტანას მოითხოვს. ამავე თვისების გაუმჯობესება შედარებით უფრო ადვილად მისაწვდომი საშუალებით შეიძლება განხორციელდეს სხვა გზით, ამ მიზნის მისაღწევად მიმართავენ შემდეგ ღონისძიებებს:

1. შრეობრივ ეკრანს. რომლის იდეა ა. ლებედევს ეკუთვნის. შემდეგ ეს საკითხი უფრო დეტალურად ნ. კაჩინსკიმ შეისწავლა. ამ ღონისძიების დედაარსი შემდეგში მდგომარეობს. თუ ავიღებთ ორ (ან რამდენიმე) სხვადასხვა დიამეტრიან ფორების მასალას, მაგალითად, სილას და ტორფს და მათგან დავამზადებთ ეკრანს სილისა და ტორფის მასალის შრეების მორიგეობით, მას ექნება ათჯერ უფრო ნაკლები წყალგამტარობის თვისება, ვიდრე ცალკე სილასა და ტორფს. ნ. კაჩინსკის გამოკვლევით დასტურდება, რომ ასეთივე თვისებისა ერთი და იმავე მასალისაგან დამზადებული ეკრანი: რომლის ცალკე შრეების საწყისი ტენიანობა სხვადასხვაა.

ასეთნაირად დამზადებული ეკრანების წყალგამტარობის თვისების შემცირების მიზეზია ვრეთა შორის მოყოლილი, ჩამაგრებული ქაერი.

2. წყალგამტარობის შემცირებისათვის იყენებენ ნიადაგის ხელოვ-

ნურ გაბიციბებებს (ა. სოკოლოვსკის მეთოდი). ამ ღონისძიების გატარებით წყალგამტარობა შეიძლება შემცირდეს თიხნარ და თიხიან ნიადაგებში. ხელოვნური გაბიციბების მიზნით ნიადაგში შეაქვთ ნატრიუმის მარილი. ამ მარილსა და ნიადაგის შთანთქმულ კათიონებს (Ca და Mg) შორის გაცვლითი რეაქციის შედეგად კოლოიდებს დაუკავშირდება Na-ის იონები, რასაც შედეგად მოყვება ნიადაგის სტრუქტურის დარღვევა და წყალგამტარობის უნარის შემცირება. გამოკვეულია, რომ ამგვარი ღონისძიებით წყალგამტარობა 200-ზე მეტჯერ მცირდება.

3. წყალგამტარობის შემცირებას — ჰიდროფობირების მეთოდით. ეს მეთოდი დამუშავა ფ. კოლიასევემა. წყალგამტარობა, როგორც ცნობილია, დამოკიდებულია დასველების თვისებაზე. რამდენადაც მცირეა ამა თუ იმ ნივთიერების დასველების უნარი, იმდენად მცირეა ისი წყალგამტარობა და, პირიქით. დასველების თვისება კი თავის მხრივ დამოკიდებულია ნიადაგის წვრილღისპერსიულ ნაწილში ჰიდროფილური და ჰიდროფობური კოლოიდების რაოდენობაზე. პირველი აღიღებს წყალგამტარობას, ხოლო მეორე — ამცირებს. აღნიშნული მეთოდით წყალგამტარობის შემცირება სწორედ ჰიდროფობური კოლოიდების ამ თვისებაზეა დამოკიდებული. ამ მიზნით, ნიადაგ-გრუნტს ჯერ რკინის შაბიამნით ელენთავენ. შემდეგ კი მის ჰიდროფობირებას ახდენენ საპნით. ნიადაგ-გრუნტი, რომელსაც რამდენიმე სანტიმეტრი სიმსხოს საპნის აპსკები აქვს გადაკრული, ასჯერ ამცირებს წყალგამტარობას.

ნიადაგური ტენის ბალანსის ხარჯის ნაწილის ერთ-ერთი დიდ-მნიშვნელოვანი ელემენტია წყლის ფიზიკური აორთქლება, რომელიც დამოკიდებულია, ერთი მხრივ, ატმოსფერულ (მეტეოროლოგიურ) მოვლენებზე, ხოლო, მეორე მხრივ, ნიადაგურ პირობებზე. ნიადაგ-გრუნტიდან ფიზიკურად წყლის აორთქლება სამხრეთ რაიონებში უფრო მეტია თბილი კლიმატის გამო, ვიდრე ჩრდილოეთ რაიონებში.

ნიადაგიდან წყლის ფიზიკური აორთქლების სიძლიერე დიდად არის დამოკიდებული თვით ნიადაგის თვისებებზე. ამ მხრივ განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობას და აკვებულებას. მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგ-გრუნტებში, რომლებშიც ძლიერად არის გამოხატული წვრილღიამეტრიანი კაპილარული მილების ქსელი, ადგილი აქვს ნიადაგური წყლის ინტენსიურ ზეაწვეას და აორთქლებას. ამის შესახებ ჯერ კიდევ ვოლნი აღნიშნავდა, რომ ნიადაგის ნაწილაკების დიამეტრის შემცირება აღიღებს აორთქლებასო. მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგების მსხვილღიამეტრიან ფორებში წყლის კაპილარული მოძრაობა მკვეთრად არის შენელებული, თუმცა ამ ფორებში ჰაერის ცირკულაციის



გამო ნიადაგშია აორთქლების მოვლენება არცთუ სუსტადაა გამოხატული.

ნიადაგ-გრუნტის აგებულება ნიადაგური ტენის აორაქლებასზე დიდ გავლენას ახდენს. ფხვიერი ზედაფენების ნიადაგში ეს მოვლენა ნევრად უფრო მცირეა, ვიდრე მაგარი (მკვრივი) აგებულების ნიადაგ-გრუნტებში. ფიზიკური აორთქლების შემცირების მიზნით მიმართავენ ნიადაგის კულტივაცია-გაფხვიერებას.

ნიადაგური ტენის ფიზიკური აორთქლება დამოკიდებულია სხვა პირობებზედაც, კერძოდ, მცენარეთა დაფარულობის ხარისხზე. რაჰდენადაც დიდია დაფარულობის ხარისხი, ე. ი. მაღალია ნიადაგის დაჩრდილის მაჩვენებელი, იმდენად მცირეა ტენის ფიზიკური აორთქლება. ს. ზონი ტყის ცალკე კულტურების პირობებისათვის. თავის ბოლოდროინდელ გამოკვლევაში, ფართო ექსპერიმენტულ მონაცემთა ანალიზის საფუძველზე აღნიშნავს კულტურის (მუხის) თესვის წესისა და სიხშირის დიდ მნიშვნელობას. ნიადაგში ტენის დაგროვებასთან დაკავშირებით, ბუნობრივად მუხის ნათესი ტენით უკეთესად არის უზრუნველყოფილი, ვიდრე ზოლებრივად ნათესი, რადგან პირველიდან ტენის ფიზიკური აორთქლება უფრო ნაკლებია, ვიდრე ზოლებრივი ნათესიდან.

ტენის ბალანსის ხარჯვის ყველაზე მნიშვნელოვანი და დიდი ელემენტია ნიადაგური ტენის მწარმოებლური ხარჯვის ელემენტი (დესუქცია). ამ მხრივ მცენარეთა მოთხოვნილება ერთიმეორისაგან განსხვავებულია (იხ. მე-40 ცხრილი).

ც ხ რ ი ლ ი 40

ზოგიერთი კულტურის ტრანსპირაციის კოეფიციენტი

კულტურა	ტრანსპირაციის კოეფიციენტი	კულტურა	ტრანსპირაციის კოეფიციენტი
ხორბალი	231—557	სამყურა	251—709
ქერი	322—766	კარტოფლი	167—636
სიმინდი	233—386	ჩაი	400—450
შაქრის კარხალი	262—397	ვაზი	421—682
ბამბა	380—600	წიფელი	780
იონჯა	446—1068	მუგა	575
მზესუმზირა	490	ფიქვი	160
საზამთრო			
ნესვი	600—834		

მონაცემებიდან ჩანს, რომ ნიადაგური ტენის ერთი და იგივე მინიმალური მარაგი სხვადასხვა კულტურის ზრდა-განვითარებისა და მაღალი მოსავლის მოსაცემად სხვადასხვაა. მაგალითად, ნიადაგური

ტენის მარაგი, რომელიც საკმარისია შაქრის ჭარხლის დიდი მოსავლის მისაღებად, არასაკმარისი იქნება საზამთროსა და ნესვის ან იონჯის ნათესისათვის და ა. შ.

ნიადაგური ტენის მარაგზე და მის პროდუქტიულობაზე გავლენას ახდენენ ნიადაგის ჰიდროლოგიური მახასიათებლები, რომლებსაც ა. როდე ნიადაგური ტენის პროდუქტიულობის ზრდისათვის, საჭირო ღონისძიებების მიხედვით შემდეგნაირად აკგუფებს: 1) მაქსიმალური აღსორბციული ტენტევადობა, მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობა და ჰქნობის ტენიანობა, 2) კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობა, უმცირესი ტენტევადობა, კაპილარული ტენტევადობა, სრული ტენტევადობა, აქტიური ტენიანობის დიაპაზონი, წყალგამტარობა და წყალგაცემა.

ღონისძიებები პირველი ჯგუფისათვის დამოკიდებულია ნიადაგ-გრუნტის მექანიკურ შედგენილობაზე, განსაკუთრებით წვრილ-დის-პერსიული ფრაქციის რაოდენობასა და ჰუმუსის შემცველობაზე, ხოლო მეორე ჯგუფისა — მექანიკურ შედგენილობასთან ერთად ნიადაგის სტრუქტურასა და აგებულებაზე: აქედან ჩანს, რომ აღნიშნული მახასიათებლების რეგულაციისათვის საჭიროა ზემოქმედება ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობაზე, სტრუქტურაზე, აგებულებასა და ჰუმუსის შემცველობაზე.

ნიადაგის მექანიკური შედგენილობის შეცვლით მასზე დამოკიდებული მახასიათებლების გაუმჯობესება მეტად ძვირსა და ძნელ ღონისძიებას წარმოადგენს, რის გამოც მას მხოლოდ გამოინაკლის შემთხვევაში მიმართავენ. იარუსიანი მექანიკური შედგენილობის, მსუბუქი და მძიმე შედგენილობის ფენების მორიგეობის ნიადაგებში შესაძლებელია იარუსიანი ხენით, წყლოვანი თვისებების „თვით“ მელიორაცია გამოვიწვიოთ (ჩვენთვის სასურველი ზედაფენის გამძიმება ან გამსუბუქება), ე. ი. პროდუქტიული ტენის რაოდენობა გავადიდოთ არაპროდუქტიული ტენის შემცირების საშუალებით.

ამ უკანასკნელი ამოცანის განხორციელება შეიძლება გასტრუქტურება-გაფხვიერების ღონისძიებათა გატარების საშუალებითაც. გასტრუქტურება-გაფხვიერებით ნიადაგში მოიმატებს პროდუქტიული ტენის რაოდენობა არაპროდუქტიული ტენის ხარჯზე.

ნიადაგის ჰიდროლოგიური მახასიათებლების გაუმჯობესების ხელმისაწვდომი საშუალებაა აგრეთვე ნიადაგში ორგანული ნივთიერების რაოდენობის გადიდება ნაკელისა და ტორფის შეტანით ან მწვანე სასუქების გამოყენებით (საერთოდ ბალახთესვით).

#### 4. ნიადაგური ქაერი

ნიადაგის აიროვან ფაზას ჰაერი წარმოადგენს. ნიადაგის ჰაერს უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგთწარმოქმნის, ნიადაგში მცენარეთა ფესვების, მიკრობთა სასიცოცხლო პროცესების, ჟანგვა-აღდგენის მოვლენებისა და სხვა თვისებებისათვის. დამტკიცებულია, რომ მცენარეთა ფესვის ყოველ 1 გრ მშრალ ნივთიერებას დღე-ღამის განმავლობაში 1 მგ ჟანგბადი ჰკირდება (კულრიავეცევა).

ნიადაგი, როგორც ფორიანი სხეული, ყოველთვის შეიცავს ჰაერს, ამის გამო უჰაერო ნიადაგი არაა (ვერნადსკი)

ნიადაგში ჰაერი გვხვდება სამგვარად: 1. თავისუფალ, 2. ადსორბციულ და 3. წყალში ხსნად მდგომარეობაში. რაოდენობრივად ჩვეულებრივ, თავისუფალი ჰაერი ჰკარბობს დანარჩენ ორს (გამონაკლისი ჰაობიანი ნიადაგია, რომელშიც თავისუფალი ჰაერი მცირეა).

ნიადაგის ჰაერის საერთო რაოდენობა დამოკიდებულია ნიადაგის ფორიანობასა და ტენის რაოდენობაზე. თვისუფალ ჰაერს უკავია წყლისაგან თავისუფალი ფორები. ადსორბციული ჰაერი ნიადაგის წვრილდისპერსიული ნაწილს ზედაპირზეა შთანთქმულ მდგომარეობაში, ადსორბციული ჰაერი კოლოიდებით მდიდარ ნიადაგში მეტია, კოლოიდებით ღარიბ ნიადაგში — მცირე. ხსნადი ჰაერი ნიადაგის ტენშია გახსნილი. ხსნადი აირის რაოდენობა აირთა პარციალურ დაწოლაზე დამოკიდებული. ხსნად აირთა რაოდენობა უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაშია ტემპერატურასთან. 5° ტემპერატურაზე ჰაერი წყალში თითქმის ერთნახევარჯერ მეტი რაოდენობით იხსნება (0,259 მლ ლიტ. 1 ლიტრ წყალში). ვიდრე 3°C — ტემპერატურის დროს (0,141 მლ 1 ლიტრ წყ.). ჰაერის შემადგენელ ნივთიერებებიდან ყველაზე მეტი ხსნადობის უნარი ახასიათებს ნახშირორჟანგს (5°C — 14,24 მლ 1 ლიტრ წყ.). ჟანგბადის ხსნადობა შედარებით მცირეა (5°C — 0,51 მლ 1 ლიტრ წყ.). ზამთარში და ადრე გაზაფხულზე ნიადაგში ხსნადი ჰაერის რაოდენობა უფრო მეტია, ვიდრე ზაფხულში. ამ გარემოებას გაზაფხულ-ზამთრის ნიადაგის ტენჰკარბობისათვის ჟანგვა-აღდგენის მოვლენათა რეგულაციის თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს.

ნიადაგში ჰაერისა და წყლის გარკვეული რაოდენობით შემცველობა ნიადაგის აგრონომიულ თვისებებზე უდიდეს გავლენას ახდენს.

ნიადაგის ჰაერი ატმოსფერული ჰაერისაგან განსხვავდება. ნიადაგის ჰაერი ნახშირორჟანგს ბევრად მეტი რაოდენობით შეიცავს, ვიდრე ატმოსფერული, ჟანგბადი კი ნიადაგის ჰაერში მცირეა, ატმოსფერულ ჰაერთან შედარებით.

## ატმოსფერული და ნიადაგური ჰაერის შედგენილობა %-ობით

შედგენილობა	ატმოსფერული ჰაერი	ნიადაგური ჰაერი
აზოტი	78,0	70—80
ჟანგბადი	21,0	0,1—20
ნახშირორჟანგი	0,03	0,1—15(საშუალოდ 0,1—0,3)

ნიადაგურ ჰაერში ჟანგბადის სიმცირე და ნახშირორჟანგის დიდი რაოდენობა გამოწვეულია ბიოქიმიური პროცესებით. ამის გამო ნიადაგურ ჰაერში ჟანგბადის რაოდენობა ნიადაგში ორგანული ნივთიერების შემცველობისა და ბიოქიმიური პროცესების ინტენსივობის ზრდის შესაბამისად მცირდება; ნიადაგურ ჰაერში მით უფრო მეტია ნახშირორჟანგის რაოდენობა, რაც უფრო ენერგიულია მასში ბიოქიმიური პროცესები.

ნიადაგური ჰაერის შედგენილობა დამოკიდებულია მთელ რიგ პროცესებზე: ნიადაგური ფლორისა და ფაუნის (მიკრო და მაკრო) ცხოველმყოფელობაზე. ლპობისა და ხრწნის ბიოქიმიური პროცესების შედეგად ნიადაგის ჰაერიდან იხარჯება ჟანგბადი და, პირიქით, გამოიყოფა ნახშირორჟანგი. აზოტფიქსატორები ნიადაგური ჰაერიდან აზოტს ნთქავენ და ამით მის რაოდენობას ამცირებენ, დენიტრიფიკატორები კი, პირიქით, მოლეკულურ აზოტს გამოჰყოფენ ნიადაგის ჰაერში.

აღნიშნული ნივთიერებების გარდა, ნიადაგური ჰაერი ყოველთვის შეიცავს, მეტ-ნაკლები რაოდენობით, წყლის ორთქლს, ჰაბიანი ნიადაგების ჰაერი კი — მეთანს, გოგირდწყალბადს, წყალბადსა და სხვ.

ნიადაგურ ჰაერს ახასიათებს რადიაქტივობა. ნიადაგთან შედარებით ჯანის რადიაქტივობა უფრო მეტია (რადიუმის მეტი რაოდენობით შემცველობის გამო). ნიადაგის აიროვანი ფაზა რადიოაქტიური ემანაციით ბევრად მდიდარია (1000 და მეტჯერ); ვიდრე ატმოსფერული ჰაერის. რადიუმის ემანაცია (ნიადაგურ ჰაერში) ნიადაგის ღრმა ფენებისაკენ მატულობს და 4—5 მეტრის სიღრმეზე აღწევს თავის მაქსიმუმს. ნიადაგური ჰაერის ტემპერატურის მომატება და ბარო-ჰეტრული წნევის დაცემა რადიუმის ემანაციის ღარისად აღიღებს ატმოსფერულ ჰაერში, რის გამოც მისი რაოდენობა ნიადაგურ ჰაერში მცირდება.

ნიადაგური ჰაერის ემანაცია, როგორც დღე-ღამურ, ისე წელიწადის დროების მიხედვით, ცვალებადობას განიცდის.

რადიუმის დაშლით გამოსხივებული უარყოფითი მუხტის (—) α სხივები ნიადაგის დადებით (+) კოლოიდების კოაგულაციას იწვევს.

ნიადაგური ჰაერის რეჟიმს აპირობებს: ჰაერტევადობა, ჰაერშემცველობა და აერაცია (ჰაერის მიმოცვლა).

ჰაერტევადობა გამოხატავს ჰაერმშრალ ნიადაგში ჰაერის შესაძლო მაქსიმალურ რაოდენობას. ჰაერტევადობას გამოხატავენ მოცულობითი პროცენტებით. ჰაერტევადობა რაოდენობრივად საერთო ფორიანობისა და ნიადაგში არსებული ჰიგროსკოპული წყლის რაოდენობათა სხვაობას უდრის. მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგების ჰაერტევადობა უფრო მაღალაა. ვიდრე მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებისა. სტრუქტურიან ნიადაგებს, აგრეთვე უფრო მაღალი ჰაერტევადობა აქვთ უსტრუქტურო ნიადაგებთან შედარებით.

ჰაერშემცველობა გვაჩვენებს ჰაერის იმ რაოდენობას, რომელიც ნიადაგში დაკვირვების მომენტის ტენიანობის დროს არის. ჰაერშემცველობას გამოხატავენ ფორმულით:

$$A_w = P - V_w,$$

სადაც  $A_w$  არის ჰაერშემცველობა;

$P$  — საერთო ფორიანობა;

$V_w$  — წყლით დაკავებული ფორების მოცულობა.

გამოკვლევებით ცნობილია, რომ ჰაერშემცველობა თუ 10--12%-ზე ნაკლებია, მაშინ მცენარის ნორმალური ზრდა-განვითარება ფერხდება და იღუპება კიდევ.

ნიადაგური ჰაერის მიმოცვლა (აერაცია). ნიადაგის ჰაერს დინამიკური წონასწორობა ახასიათებს. ეს გარემოება ნიადაგის აირების ცვლითაა გამოწვეული. აირთა მიმოცვლას ადგილი აქვს ნიადაგსა და ატმოსფერულ ჰაერს შორის. ატმოსფერული ჰაერის ჩაღწევას (ჩასვლას) ნიადაგში — ნიადაგის ჰაერგამტარობის თვისება ეწოდება. ნიადაგის აერგამტარობა ნიადაგის ჰაერის შედგენილობაზე დიდ გავლენას ახდენს.

ნიადაგურ ჰაერცვლას აპირობებს:

ა. ნიადაგური და ატმოსფერული ჰაერის განსხვავებული შედგენილობით გამოწვეული — აირების დიფუზია. ამის გამო  $CO_2$ -ით მდიდარი ნიადაგური ჰაერი ამოდის ატმოსფერულ ჰაერში და უანგბადო მდიდარი ატმოსფერული ჰაერი, პირიქით, ჩადის ნიადაგში;

ბ. ტემპერატურის რხევით გამოწვეული აირების შეკუმშვა და გაფართოება;

გ. ნიადაგის ტენიანობას ცვალებადობა — ტენის მამატებით ჰაერი ამოდის ნიადაგიდან, შემცირებით, პირიქით, ჩადის.

დ. ქარების მოქმედება:

ე. ატმოსფერული ჰაერის ბარომეტრული დაწოლის ცვალებადობა — შემცირება ამოსვლას იწვევს, გადიდება — ნიადაგში ჰაერის ჩასვლას.

ყველა ეს ფაქტორი უფრო მეტ შემთხვევაში ერთდროულად მოქმედებს, რის შედეგადაც ჩქარდება ან, პირიქით, ყოვნდება აერაცია.

ცლით (Rommel) დამტკიცებულია, რომ ნიადაგში 15° ტემპერატურის დროს 1 მ<sup>3</sup> ფართობიდან, დღე-ღამის განმავლობაში 7 — 10 ლიტრი CO<sub>2</sub> გამოიყოფა ჰაერში. ნიადაგურ ჰაერში მის (CO<sub>2</sub>) დაგროვებას ადგილი არა აქვს მხოლოდ მაშინ, როდესაც ნიადაგური ჰაერის განახლება განუწყვეტლივ წარმოებს. ნიადაგური ჰაერის CO<sub>2</sub>-ის დიდი ნაწილი მაღლა (ატმოსფერიაში) ამოდის. ნაწილი კი წყალში გახსნილი ჩადის ნიადაგის ღრმა ფენებში.

ნიადაგურ ჰაერს, როგორც რაოდენობრივი, ისე შედგენილობრივი დღეღამური და სეზონური (სავეგეტაცია პერიოდში) დინამიკა ახასიათებს. ნიადაგის ჰაერის რაოდენობის ცვალებადობაზე წარმოდგენას გვაძლევს 42-ე ცხრილი.

ცხრილი 42

ჰაერის შემცველობა 1000 სმ<sup>3</sup> ნიადაგში კუბურ სმ-ობით (მოსკოვის ოლქი)

საკარგული	20.IV	1.V	1.VI	1.VII	ავტორი
ენური ნიადაგი—შავი ანეული	325	360	300	340	ა. ვოზბუცკია
ენური—ადრეული ანეული	235	420	320	360	
ენური—ნაგვიანევი ანეული	220	200	200	300	

ნ. რემეზოვის მონაცემებით, ნიადაგური ჰაერის შედგენილობის ცვლილების წლიურ ციკლს შემდეგი კანონზომიერება ახასიათებს: ზამთარში და გაზაფხულზე (ნოემბრიდან-აპრილამდე) ნიადაგური ჰაერი ხასიათდება ნახშირორჟანგის უფრო ნაკლები რაოდენობით, ვიდრე ზაფხულის პერიოდში. ღრმა ფენების ჰაერში, საერთოდ, ნახშირორჟანგის რაოდენობა მატულობს და 2 მეტრის სიღრმეზე 11 — 12% აღწევს.

ნიადაგის ჰაერში უანგბადის დინამიკა ნახშირორჟანგის შემცველობა-განაწილების შებრუნებული ხასიათისაა: ნიადაგის ზედა ფენის ჰაერში მისი რაოდენობა მეტია (20%-ია ან უახლოვდება მას), სიღრმისაკენ უანგბადის რაოდენობა შესამჩნევად კლებულობს. ნიადაგური ჰაერის უანგბადსა და ნიადაგის ტენიანობის რაოდენობას შორის უკუპროპორციული დამოკიდებულებაა.

ნიადაგური ჰაერის შედგენილობას, დღე-ღამის განმავლობაში,

ნახშირორქანის მაქსიმუმი შუადღისას (15 — 17 საათი) ახსიათებს, ხოლო მინიმუმი — გათენებისას (4 — 5 საათი).

ნიადაგური ჰაერის რეჟიმის რეგულაცია ძირითადად დამოკიდებულია ნიადაგის სტრუქტურაზე, რადგან უკანასკნელი, სხვა თანაბარ პირობებში, განსაზღვრავს ჰაერისა და წყლის შესანახი ფორების საერთო რაოდენობას ნიადაგში (წყალი კაპილარულ, ხოლო ჰაერი, არაკაპილარულ ფორებშია). ამიტომ სტრუქტურიანი ნიადაგი არა მარტო მეტი რაოდენობით შეიცავს ჰაერს, არამედ ჰაერცვლის მოვლენას მასში უფრო ინტენსიურა ხსიათივ აქვს, რაც ნიადაგის ჰაერის უანგბადის რაოდენობრივ შემცველობაზე უდიდეს გავლენას ახდენს. ამრიგად, სტრუქტურის შექმნა, ნიადაგის დროული და მალაზხარისხოვანი დამუშავება, ნიადაგის აერაციის პირობების გაუმჯობესების მხრივ, კულტურული მცენარის ზრდა-განვითარების ხელსაყრელ პირობებს ქმნის.

## 5. ნიადაგის თბური თვისებები

ნიადაგის წყლოვან და ჰაერის თვისებებთან მჭიდრო კავშირშია ნიადაგური სითბოს თვისებები.

სითბო დიდი მნიშვნელობის ფაქტორია, როგორც მცენარის ზრდა-განვითარების, აგრეთვე ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის თვალსაზრისით. გარკვეული ტემპერატურული პირობებია საჭირო ნიადაგში სასიცოცხლო პროცესების — ორგანული ნივთიერებების შექმნისა და ორგანული ნაშთების დაშლა-გარდაქმნის მოვლენების განვითარებისათვის.

ნიადაგის სითბოს თვისებები და სითბური რეჟიმი მჭიდროდ არის ერთიმეორეზე დამოკიდებული. ნიადაგური სითბოს რეჟიმი გამოხატავს ნიადაგის სითბურ ბალანსს, ე. ი. ნიადაგის ტემპერატურაზე მოქმედ ენერგეტიკული წყაროებისა და სითბოს ხარჯვა-გამოსხივების ყველა დაპირისპირებულ ერთობლიობას.

ნიადაგის სითბოს ძირითად წყაროს მზის სხივოსნური ენერგია წარმოადგენს... „მზის გამოსხივების ინტენსივობა, სიმაღლე ჰორიზონტზე და ნათების ხანგრძლიობა, ე. ი. დღის სიგრძე“ (რემეზოვი) განსაზღვრავს ნიადაგის სითბოს რაოდენობას.

მზის სხივოსნური ენერგიის მხოლოდ ნაწილი მონაწილეობს ნიადაგის თერმულ პროცესებში. ატმოსფერული ჰაერი, სხვადასხვა სიმკვრივის, ღრუბლიანობის, კოსმიური მტვერის, ტენიანობისა და სხვათა შემცველობის გამო მზის სხივოსნური ენერგიის მნიშვნელოვან ნაწილს შთანთქავს და ნაწილს გააბნევს, ხოლო დედამიწაზე მონვედრილი ენერგიის ნაწილი შთანთქმება, ნაწილი აირეკლება.

ეკვატორულ ზოლში, სადაც მზის სხივებს ყველაზე ნაკლები მანძილი აქვს გასავლელი დედამიწის ზედაპირამდე, სხივები ეცემა შვეულად, პოლუსებზე კი — მახვილი კუთხით. პირველ შემთხვევაში ბევრად მეტი ენერგია აღწევს დედამიწის ზედაპირამდე, პოლუსებზე კი — ყველაზე ნაკლები.

განგარიშებულა, რომ დედამიწის ზედაპირამდე, საშუალოდ, მზის სხივოსნური ენერგიის მხოლოდ 75% აღწევს.

ნიადაგის სითბოს წყაროთა შორის მეორეხარისხოვანი როლი ბიოქიმიური პროცესების შედეგად გამოყოფილ სითბოს ეკუთვნის. პ. კოსოვიჩის მიხედვით ფიჭვის ტყის ერთი წლის მკვდარი საფარის მთლიანად დაშლის შემთხვევაში, ნიადაგის ზედა ფენის ტემპერატურა აიწევა მხოლოდ 2,5°-ით. სველადობის სითბო, ე. ი. მშრალი ნიადაგის დასველების შედეგად წარმოქმნილი სითბო, აგრეთვე არსებით როლს არ თამაშობს ნიადაგის თბურ თვისებებში.

ნიადაგის თბოფიზიკურ თვისებებს ეკუთვნის სხივითშთანქმა, თბოტევადობა, ტემპერატურაგამტარობა და სხივთფრქვევა. ყველა ეს თვისება იცვლება ნიადაგის ქიმიური და მინერალოგიური შედგენილობისა და ტენის რაოდენობის მიხედვით. ნიადაგის თბოფიზიკურ თვისებებზე დიდ გავლენას ახდენს აგრეთვე აგროტექნიკური და სამელიორაციო ღონისძიებები.

1. ნიადაგის მიერ მზის სხივოსნური ენერგიის შთანქმის უნარს სხივითშთანქმა ეწოდება. სხივოსნური ენერგია შთანქმის შემდეგ სითბურ ენერგიაში გადადის.

ნიადაგის ფერი სხივითშთანქმის თვისებაზე დიდ გავლენას ახდენს. შავი ფერის ნიადაგს უფრო ძლიერი სხივითშთანქმის უნარი ახასიათებს, ვიდრე ღია ან მოთეთრო ფერის ნიადაგს. გამოკვლეულია, რომ შავი ფერის ნიადაგი მზის სხივოსნური ენერგიის 86% შთანქმავს, რუხი 80%, ხოლო თეთრი მხოლოდ 20%-ს.

ნიადაგის სითბოს ბალანსი დიდადა დამოკიდებული არეკლილ (A) და დაცემულ (E) სხივოსნურ ენერგიათა ფარდობაზე — ალბედოზე.

უზბეკეთის სსრ პირობების (მცენარეულ საფარს მოკლებულ ნიადაგზე) მაგალითზე სკვორცოვის გამოკვლევებით (ალბედოზე) გავლენას ახდენს დედამიწის ზედაპირის ფორმა. რამდენადაც ზედაპირი უახლოვდება ვაკეს, იმდენად ალბედო დიდია და, პირიქით, რამდენადაც ის უსწორმანწოროა, იმდენად მცირე.

#### ალბედოს მაჩვენებლები

შავმიწა მშრალი	14
რუხი ნიადაგი	29 — 31
ქვიშა თეთრი	40



2. თ ბ ო ტ ე ვ ა დ ო ბ ა წარმოადგენს სითბოს იმ რაოდენობას (კალორიებით), რომელიც საჭიროა 1 გ ნიადაგის 1°-ზე გასათბობად (წონითი თბოტევადობა). სხვადასხვა ნიადაგს სხვადასხვა თბოტევადობა ახასიათებს, რაც იმას ნიშნავს, რომ მათი თანაბარი რაოდენობის ნიმუშს ერთი და იმავე ხარისხით (გრადუსით) გათბობისათვის სითბოს განსხვავებული რაოდენობა სჭირდება.

ნიადაგის მინერალური ნივთიერებების თბოტევადობა წყლის თბოტევადობასთან (1) შედარებით 5-ჯერ მცირეა (0,2). ორგანული ნივთიერებების თბოტევადობა საშუალოდ — 0,6 უდრის, სილს — 0,19, თიხს — 0,24, ხოლო ჰაერის — 0,000306 ამის გამო სველ ნიადაგს მაღალი თბოტევადობა ახასიათებს, მშრალს — დაბალი. ჰუმუსით მდიდარი ნიადაგების თბოტევადობა დიდია, მცირე ჰუმუსიანის — ნაკლები. ამის დასადასტურებლად იხილეთ 43-ე ცხრილი.

ც ხ რ ი ლ ი 43  
შავმიწა ნიადაგის თბოტევადობა უფნების მიხედვით

პორიზონტი სმ-ობით	წონითი თბოტევადობა	ავტორი
0—17	0,2300	ა. საბანიანი
17—35	0,2131	
35—44	0,2105	
53—70	0,2087	

ნიადაგის თბოტევადობა ა. საბანიანის მიხედვით, საშუალოდ 0.217 — 0.248 ფარგლებში მერყეობს.

რადგან ნიადაგის წვეთური წყლის თბოტევადობა უფრო მაღალია (უდრის — 1,5 — 2,0), ვიდრე ბმული წყლის (0,7-ს ანდრიანოვი), ამიტომ ნიადაგს, რომელიც თავისუფალ წყალს მეტი რაოდენობით შეიცავს; უფრო მაღალი თბოტევადობა ახასიათებს; ვიდრე იმ ნიადაგს, რომელშიც ბმული წყალი ჰქარბობს თავისუფალს. ტორფიან ნიადაგში ტენის რაოდენობის გადიდება 0 — 100%-მდე თბოტევადობას 6-ჯერ აღიდეებს, თიხიან ნიადაგში 4-ჯერ, ხოლო ქვიშიანში 2.5-ჯერ. ამიტომ თიხიანი სველი ნიადაგები ძნელად თბება და ცივია, ხოლო ქვიშიანი, ხირხატიანი, მშრალი ნიადაგები ადვილად თბება — ისინი თბული ნიადაგებია.

#### ნიადაგური სითბოს მიმოცვლა

ნიადაგში, როგორც სამფაზიან სხეულში, ადგილი აქვს სითბოს მიმოცვლის სამ სახეს—კონდუქციურს, კონვექციურს და გამოსხივებას. პირველი ამათგანი ხორციელდება ნიადაგის მყარი ფაზის სითბოგამტარობის, მეორე (კონვექციური) თხიერი (ნიადაგის ხსნარი) ან ჰაერის

სითბოგამტარობის, ხოლო მესამე (გამოსხივება) ელექტრომაგნიტური ტალღების მოძრაობის საშუალებით.

1. სითბოს გამტარობა ეწოდება ნიადაგის უნარს — გაატაროს სითბო თავის მასაში, თერმული გრადიენტის შესაბამისად, მეტი ტემპერატურის ფენიდან ნაკლები ტემპერატურის ფენისაკენ.

თბოგამტარობა დამოკიდებულია ნიადაგის ქიმიურ და მექანიკურ შედგენილობაზე. ნიადაგის მინერალური ნაწილის თბოგამტარობა უდრას 0,005—0,004 (ერთეულად მიღებულია ვერცხლის თბოგამტარობა), წყლის — 0,0014, ჰაერის — 0,00006. ამიტომ ნიადაგის თბოგამტარობა დამოკიდებულია მის ფორებში წყლისა და ჰაერის რაოდენობაზე. სველი ნიადაგები უკეთ ატარებს სითბოს, მშრალი — ცუდად. ამის გამო მშრალი ნიადაგის ზედაპირი უფრო მეტად თბება, ვიდრე სველის.

თბოგამტარობაზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის აგებულება. მკვრივი აგებულები ნიადაგები უკეთ ატარებენ სითბოს, ვიდრე ფხვიერი აგებულებისა. ხიზბიანი ნიადაგების თბოგამტარობა მეტია ვიდრე უხიზბიანი ნიადაგებისა.

მშრალი ნიადაგის სითბოგამტარობა ბევრად მცირეა, ვიდრე ტენიანი ნიადაგისა.

სითბოგამტარობა შეიძლება გამოისახოს: 1) აბსოლუტური ერთეულებით — 1 სმ<sup>2</sup> ნიადაგზე, რომლის მოპირისპირე ბოლოებზედაც ტემპერატურათა სხვაობა 1° უდრის, 1 წამში გავლილი სითბოს რაოდენობით (კალორიებით) და 2) ტემპერატურის გათანაბრების სისწრაფით. პირველ ამათგანს თბოგამტარობის კოეფიციენტი ეწოდება, ხოლო მეორეს ტემპერატურა გამტარობის კოეფიციენტი. მათ შორის შემდეგ დამოკიდებულებაა:

$$K = \frac{S}{C \cdot D},$$

სადაც  $K$  არის ნიადაგის ტემპერატურა გამტარობის კოეფიციენტი,

$S$  — თბოგამტარობის კოეფიციენტი,

$C$  — წონითი ტევადობა,

$D$  — მოცულობითი წონა,

$C \cdot D$  — მოცულობითი თბოტევადობა.

2. სხივთფრქვევა სხივთშანთქმის საწინააღმდეგო მოვლენაა. სხივთფრქვევის გამო შთანთქმული სითბური ენერგიის რაოდენობა მცირდება ნიადაგში, ტემპერატურა ეცემა. ნიადაგის სხივთფრქვევის თვისება აგრეთვე ნიადაგის შენადგენელ ნივთიერებებზე დამოკიდებული. სხივთფრქვევის ყველაზე მაღალი მაჩვენებლით ხასიათდება წყალი, ხოლო ყველაზე დაბალით — ჰაერი. ამიტომ სველი:

ნიადაგები ბევრად უფრო მეტ სითბოს ასხივებს (სველი ნიადაგების სხივთფრქვევის დროს სითბოს მნიშვნელოვანი რაოდენობა იხარჯება წყლის აორთქლებაზე), ვიდრე მშრალი. ჰუმუსით მდიდარი ნიადაგები უფრო ნაკლებ სითბოს ასხივებს, ვიდრე მცირეჰუმუსიანი ნიადაგები. გამორკვეულია, საერთოდ, რომ დედამიწა ასხივებს თითქმის მთელ შთანთქმულ სხივოსნურ ენერგიას, მცენარეების მიერ შთანთქმული სხივოსნური ენერგიის (1—2%) გამოკლებით.

ნიადაგის სხივთშთანთქმა (დღისით) და სხივთფრქვევა (განსაკუთრებით ღამე) ნიადაგის ტემპერატურის დღელამურ რხევას იწვევს. ნიადაგის ტემპერატურული ამპლიტუდა ზაფხულში უფრო მეტია, ვიდრე ზამთარში. ნიადაგის სხივთფრქვევაზე დიდ გავლენას ახდენს მცენარეული საფარი. უკანასკნელი ამცირებს სხივთფრქვევას. ამიტომ ტყის ნიადაგში დღელამური ტემპერატურული ამპლიტუდა ბევრად უფრო მცირეა, ვიდრე სტეპის ნიადაგში.

ნიადაგის სხივთფრქვევას ამცირებს აგრეთვე თოვლის საფარი.

#### ნიადაგის გაყინვა (მზრალობა) და თოვრი თვისებების რეგულაცია

ნიადაგის გაყინვას, როგორც ნ. კაჩინსკის დაკვირვებები გვაჩვენებს, ადგილი აქვს 0°-ზე რამდენიმედ უფრო დაბალ ტემპერატურაზე. ეს გარემოება გამოწვეულია ნიადაგის წყლის ფიზიკური თვისებებით. კაპილარული და სხვა ფორმის წყალი იყინება მხოლოდ 0°-ზე დაბალ ტემპერატურაზე.

ნიადაგის გაყინვაზე გავლენას ახდენს მიკრორელიეფი, თოვლის საფარი, მცენარეული საბურველი და ნიადაგის ტენიანობა. ნ. კაჩინსკის დაკვირვებით, მოსკოვის მახლობლად, მინდორზე, 1924 წ. ზამთარში მიკროდუბებში ნიადაგი გაიყინა 5—12 სმ-მდე, ვაკეზე — 28 სმ-მდე, ხოლო ქუდურზე — 38 სმ-მდე.

თოვლის საფარი გაყინულობას ამცირებს. მცენარეული საფარის მოქმედება ამ მხრივ თოვლის საფარის ანალოგიურია. სწორედ ამის გამო ნიადაგის გაყინვას მინდორსა და ტყეში ერთნაირი ხასიათი არა აქვს. ნ. კაჩინსკის მიხედვით (1924) მოსკოვის მახლობლად ნიადაგი მინდორში გაიყინა 31 სმ-მდე, ტყეში კი გაყინვას სულ არ ჰქონია ადგილი. 1924/25 წ. ზამთარში ტყეში ნიადაგი გაიყინა 8 სმ-მდე, მინდორში კი 40 სმ-მდე.

ნიადაგის გაყინულობის ხანგრძლიობა ადგილის გეოგრაფიულა მდებარეობისა და მცენარეული საფარის ხასიათის მიხედვით სხვადასხვაა. ჩრდილოეთ ქვეყნებსა და მაღალმთიან რაიონებში გაყინულობის ხანგრძლიობა მეტია, ვიდრე სამხრეთის ქვეყნებსა და მთიანე-

რაიონების დაბალ ზონაში. ტუნდრის სარტყელში ადგილი აქვს მუდ-  
მივი მზრალობის (გაყინულობის) მოვლენებს. მუდმივი მზრალობა  
არქტიკულ ტუნდრაში 60 — 100 სმ სიღრმიდან იწყება, სუბარქტი-  
კულ ტუნდრაში კი უფრო ღრმა ფენებიდან — 150 — 200 სმ, ტორ-  
ფიან ჭაობებში — 20 — 40 სმ.

გალობა გაყინვის საწინააღმდეგო მოვლენაა. ის იწყება გაზა-  
ფხულზე (ტუნდრასა და მაღალ მთიანეთში — ზაფხულში). ნიადაგის  
გალობის პროცესის სისწრაფეზე გავლენას ახდენს, როგორც გეოგ-  
რაფიული მდებარეობა, ისე მცენარეული საფარი, რელიეფური პირო-  
ბები, ნიადაგის თვისებები და სხვ. აღნიშნული პროცესი სამხრეთის  
ქვეყნებში სწრაფად მიმდინარეობს, ჩრდილოეთსა და მთიანეთში —  
ნელა. მცენარეული, განსაკუთრებით ტყის საფარი, თანაბარზომიერ  
ხასიათს აძლევს ლლობის პროცესს, რაც დადებით გავლენას ახდენს  
ტყის ნიადაგების წყლის ბალანსზე. ტენის ნიადაგში ჩაყონვის მხრივ.  
ლობა ტყეში უფრო ადრე იწყება, ვიდრე ველებში. ამ გარემოებას  
ხელს უწყობს, ხეების ირგვლივ, ნიადაგის ზედა ფენისა და თოვლის  
საფარის გათბობა. უსწორმასწორო რელიეფის პირობებში ნიადაგის  
ლობა შედარებით ფერხდება და ამავე დროს არათანაბარი ხასიათი-  
საა. ჩრდილოეთ ფერდობებზე გვიან იწყება ლობა, სამხრეთისაზე  
კი ადრე. ძლიერი სხივთშთანთქმის (შავი ფერის) უნარის მქონე ნი-  
ადაგებში ჩვეულებრივ, ლობა უფრო ადრე იწყება; ვიდრე სუსტი  
სხივთშთანთქმის ნიადაგებში. რიგ შემთხვევებში, გაზაფხულზე, ად-  
გილი აქვს გაყინული ნიადაგის ლლობის დროს ლიჭყის გაჩენას, რაც  
იმაში გამოიხატება, რომ ნიადაგის გაყინული ფენის გალობა არა-  
თანაბრად წარმოებს და გალობილ ზედაფენას მოსდევს ქვედა გაყი-  
ნული ფენა. ასეთი მოვლენა ნიადაგის ქვედა ფენაში წყლის შეუღწე-  
ვადობას იწვევს, რაც ხელს უწყობს ფერდობებზე ეროზიას და ვა-  
ეებზე კი ნათესების ამოხრჩობა-დაღობას.

ნიადაგის გაყინვა-გალობის მოვლენებს საერთოდ დიდი მნიშვ-  
ნელობა აქვს. განსაკუთრებით: საყურადღებოა ის მაღალმთიანი ზო-  
ლისა და ჩრდილოეთის ქვეყნების პირობებში, სადაც მიწათმოქმედ-  
ების მთავარ შემზღუდველ ბუნებრივ ფაქტორს, სითბოს სიმცირე წარ-  
მოადგენს.

ნიადაგის თბური რეჟიმის გაუმჯობესება მცენარის ნორმალური  
ზრდა-განვითარების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პირობაა. ნიადაგის  
თბური რეჟიმის რეგულაცია, ამ რეჟიმის განმსაზღვრელი ელემენტე-  
ბას (სხივთშთანთქმა, აბორტევადობა და სხვ.) გაუმჯობესებაზეა დამო-  
კიდებული.

სითბოს თვისებების გაუმჯობესება თავის მხრივ იმავე დროს, ნი-

ადაგის სტრუქტურის, წყლისა და ჰაერის რეჟიმის რეგულაციას ემყარება.

ნიადაგის სტრუქტურის გაუმჯობესება ნიადაგის წყლისა და ჰაერის რეჟიმის გაუმჯობესებას იწვევს და ამით აუმჯობესებს ნიადაგის თბოფიზიკურ თვისებებს — ამცირებს თბოტევადობას, თბოგამტარობას და სხივთფრქვევას. თოვლის ფენის დაცვა ნიადაგზე, აგრეთვე დიდ როლს ასრულებს თბური რეჟიმის მოწესრიგებაში.

ნიადაგის თბური რეჟიმის რეგულაციაზე უდიდეს გავლენას ახდენს აგრეთვე მცენარეული საფარი. ქარსაცავი, მინდორსაცავი ტყის ზოლების როლი ამ მხრივ მეტად დიდია და ეფექტური, რადგან ის არბილებს კლიმატს. ნიადაგის გაყინვა-გაღობის პროცესს სასურველ შიშართულებას აძლევს და ამავე დროს დადებითად მოქმედებს წყლის რეჟიმზე.

თბური რეჟიმის რეგულაციისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის სხივთშთანქმის უნარის გაძლიერებას. ეს უკანასკნელი სერიოზულ ყურადღებას მოითხოვს განსაკუთრებით ჩრდილოეთში, კერძოდ ტუნდრასა და მალამითიან რაიონებში; სხივთშთანქმის გაძლიერების მიზნით ნიადაგში შეაქვთ ნაკელი, ტორფი და სხვა (შავი ფერის) ნივთიერებები. ამავე მიზნით ნიადაგს აგრეთვე შავი ფერის მულჩა ქაღალდით ფარავენ.

უნდა აღინიშნოს აგრეთვე, რომ სითბოს არათანაბარი განაწილება საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე დიდ გავლენას ახდენს როგორც სასოფლო-სამეურნეო კულტურული მცენარეების განლაგებაზე, ისე სათიბ-საძაჟვრების ზოტანიკურ შედგენილობაზე.

### ნიადაგის ეროზია

ნიადაგის ეროზია ეწოდება წყლის ან ქარის მიერ ნიადაგური მასის დაშლას, გატანა-ჩამორეცხვას. ეროზია სტიქიური ბუნებრივი მოვლენაა, რომელიც იწვევს ნიადაგის ნაყოფიერი ფენის შემცირებას და შეაძლება სულ მოსპობასაც. ამ პროცესის ხარისხობრივი გამოხატულების შესაბამისად მცირდება (ქვეითდება) ნიადაგის ნაყოფიერება.

ეროზია მეტად დიდ ზარალს აყენებს, როგორც ნიადაგებს, აგრეთვე ნათეს-ნარგაობას. ს. სობოლევის გამოკვლევებით მარტო დასავლეთ ციმბირის, ალტაის მხარისა და ჩრდილოეთ ყაზახეთის რაიონების სამიწათმოქმედო ზონიდან ყოველწლიურად ირეცხება 100 მილიონი ტონა ნიადაგი, რომელიც შეიცავს 300 ათას ტონამდე აზოტს, 100 ათას ტონა ფოსფორს და ერთ მილიონ ტონაზე მეტ კალიუმს.

დიდ ზარალს განიცდის ამ მხრივ აზერბაიჯანის, სომხეთისა და საქართველოს ბორცვიან-გორაკიანი ზონის სამიწათმოქმედო რაიონებიც. მარტო დასავლეთ საქართველოს მეჩაიეობის რაიონებიდან ყოველწლიურად იკარგება, ეროზიის შედეგად, 2 ათას ტონაზე მეტი აზოტი, 1 ათასი ტონა ფოსფორი და 30 ათას ტონამდე ორგანული ნივთიერება. მდინარე რიონს თავის შენაკადებით მიაქვს შავ ზღვაში ყოველწლიურად 10 ათასი, ხოლო მტკვარს კასპიის ზღვაში — 14 ათასი ტონა ნიადაგი.

ნიადაგის ეროზიას ყველაზე საბედისწერო ხასიათი ამერიკაში აქვს. სადაც, ბუნების, საერთოდ და, კერძოდ, მიწათმოქმედების ზონის ბარბაროსულმა ექსპლოატაციამ უდაბნოდ აქცია მალაზიყოფიერი ნიადაგების ასეული მილიონობით ჰექტარი ფართობი ცნობილი ამერიკელი მეცნიერი ლაუდერმილკის მონაცემებით აშშ-ში 400 მილიონ ჰექტარზე მეტი სახნავი მიწაა წყობიდან გამოსული. ეროზიის შედეგად სახნავ-სათესი და საძოვრების ნიადაგები ყოველწლიურად ჰკარგავენ, იმავე მკვლევარის ცნობით, 3 მილიარდ ტონა ნიადაგს, რომელიც შეიცავს 43 მილიონ ტონაზე მეტ აზოტს, ფოსფორს და კალიუმს.

წყლის მოქმედებით გამოწვეულ ეროზიას წყლისმიერი ეროზია ეწოდება. ხოლო ქარის მოქმედებით გამოწვეულს — ქარული ეროზია ანუ დეფლაცია.

წყლისმიერი ეროზია შეიძლება იყოს ზედაპირული ანუ სიბტყილი და სიღრმითი ანუ ზრამული. ეროზიას, რომელსაც სარწყავ ფართობებზე, სარწყავი წყლის უწყესო გამოყენების შედეგად აქვს ადგილი, ირიგაციულ ეროზიას უწოდებენ.

როგორც ქარის, აგრეთვე წვიმის ან თოვლის დნობის შედეგად ნიადაგის ზედაპირზე მოხვედრილი წვეთური წყალი მექანიკურ ზემოქმედებას ახდენს ნიადაგზე, რასაც შედეგად მოსდევს ნიადაგის მასის დაშლა-გადაადგილება. ნიადაგის დაშლა-გადაადგილების ანუ ეროზიის პროცესის რაოდენობრივი გამოხატულება დამოკიდებულია ერთი მხრივ იმ რეაგენტებზე (წყალი, ქარი), რომლებიც ამ პროცესში მონაწილეობენ, ხოლო მეორე მხრივ ნიადაგზე და, მასთან დაკავშირებულ სხვა ბუნებრივ ძალებზე — მცენარეულ საფარზე და რელიეფზე.

ეროზია ბუნებრივი პროცესია, მას შეიძლება ყველგან ჰქონდეს ადგილი; სადაც წვეთური წყლის ნაკადის წარმოქმნის შესაძლებლობაა და, სადაც, აგრეთვე სათანადო სიძლიერის ქარები მოქმედებენ. ასეთი, ბუნებრივი ხელშემწყობი პროცესებით განპირობებულ ეროზიას, ნორმალური ეროზია ეწოდება, ხოლო ეროზიას, რომლის გამოხატულებაც ადამიანის შეუფერებელი მოქმედებით გაძლიერებულ, ინტენსიურ ხასიათს ატარებს — აჩქარებული ეროზია.

ეროზიის ენერგეტიკული ძალების (წყალი, ქარი) გამოხატულება პირდაპირ დამოკიდებულიებაშა კლიმატთან. ჩვეულებრივ, რაც უფრო ინტენსიური და ხანგრძლივია წვიმა, მით უფრო ძლიერია წყლისმიერი ეროზია. რაიონებში, სადაც ნალექები თქემის სახით მოდის, ეროზია უფრო ძლიერად არის გამოხატული, ვიდრე მცირე ნალექებიან, არაძლიერი წვიმის რაიონებში.

ძლიერი ქარების, სტეპის, ტყე-სტეპისა და, განსაკუთრებით, მშრალი და უდაბნო-სტეპის, რაიონებში მძინვარებს ქარული ეროზია.

ქარული ეროზია აღმოსავლეთ საქართველოს სუბტროპიკულ-სტეპებშიც საკმაოდ ძლიერად არის გამოხატულა.

ქარულმა ეროზიამ 1953 წელს აღმოსავლეთ საქართველოს პოფლის მეურნეობას საკმაოდ დიდი ზიანი მიაყენა, როგორც ნიადაგური საფარის დეფლაციის, აგრეთვე ნარგავ-ნათესების დაზიანებას მხრივ. ამ წელს ქარმა 100 ტონაზე მეტი ნიადაგური მასა გაიტაცა და გაფანტა ჰექტარი ფართობიდან ერთ საეკვეტაციო პერიოდში.

არც ისე იშვიათად, საკმაოდ ძლიერად არის გამოხატული აგრეთვე ირიგაციული ეროზია. ცუდი რწყვის შედეგად სამგორის, დოღლი-აურის, ტირიფონის, ალაზნისა და სხვა სარწყავი სისტემის ფართობებზე გვხვდება სიღრმითი ეროზიის ფორმები — ხრამები, წყალნალარები. ღრანტეები და სხვ.

მთიან ქვეყნებში საერთოდ, და კერძოდ საქართველოში, განსაკუთრებით აღმოსავლეთ საქართველოში. ეროზიას ხშირად ღვარცოფის ანუ სელოური ღვარების ხასიათი აქვს. ღვარცოფი, ჩვეულებრივ, ერთსა და იმავე ადგილას ვითარდება, უმთავრესად ივნის-ივლისის თვეებში. ამ დროს მოსული თქემური ნალექები გამეჩხრებული მცენარეების ალპურ და სუბალპურ ზონაში იტაცებს ქანების ნამტვრევ მასალას, ნიადაგის ზედაფენას და წარმოქმნის ქვატალახიან ღვარს. რომელიც ჩამოდის ბარში და, რა თქმა უნდა, დიდ ზიანს აყენებს სახალხო მეურნეობას — მარხავს გამონატანი მასალით ნათესს, ნარგაობას, სიცოცხლეს უსპობს ყველაფერს, რასაც გზაზე მოუსწრებს.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ეროზიის გამოხატულება, გარდა ბუნებრივი ენერგეტიკული ფაქტორებისა, დამოკიდებულია რელიეფზე და მცენარეულ საფარზე. წყალი, როგორც ცნობილია, მიისწრაფის დაიკავოს რელიეფის ყველაზე დაბალი ადგილები. ამის გამო, ცხადია, წვეთური წყლის ნაკადების მოძრაობისა და მამასადამე, ეროზიული პროცესებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ადგილის ქანობს. დიდი ქანიბის ფერდობებზე წყალნაკადის სისწრაფე დიდია და ეროზიული მოვლენებიც ძლიერია და, პირიქით, მცირე ქანობის რელიეფის ელემენტებზე წყალნაკადების სისწრაფე შედარებით სუსტია და ეროზიული მოვლენების გამოხატულებაც შეზღუდულია. ვაკე რე-

ლიეფის პირობებში, სადაც წყალს მხოლოდ ნიადაგის სიღრმეზე ჩაქონვის შესაძლებლობა აქვს, წყლის მიერ ეროზიას ადგილი არა აქვს.

გამოკვლევებით ცნობილია, რომ ეროზიაზე დიდ გავლენას ახდენს აგრეთვე ექსპოზიცია. ჩრდილო ნახევარსფეროში — სამხრეთისა და დასავლეთის ექსპოზიციის ფერდობებზე — ეროზიული მოვლენები უფრო ძლიერი გამოხატულებისაა, ვიდრე ჩრდილოეთისა და აღმოსავლეთის ექსპოზიციის ფერდობებზე, ეს გარემოება, როგორც განოკვლევები გვიჩვენებს, სამხრეთისა და დასავლეთის ფერდობების ნიადაგების შედარებით ნაკლებ ჰუმუსთანაბასთან არის დაკავშირებული — ორგანული მწებავი ნივთიერებების სიმცირის პირობებში აქ ნიადაგს წყალი უფრო ადვილად შლის, ვიდრე ჩრდილოეთისა და აღმოსავლეთის ექსპოზიციის, შედარებით მეტი ჰუმუსის შემცველ ნიადაგებს.

ნიადაგის ეროზიისადმი დამყოლობის თვისება დიდად არის დამოკიდებული მცენარეულ საფარზე. მცენარეული საფარი ეროზიის მოვლენას ზღუდავს. ფერდობების ნიადაგებს, რომლებსაც კარგად განვითარებული მცენარეული საფარი ფარავს, ეროზიისადმი დიდი გამძლეობის უნარი აქვს. ასეთ მდგომარეობას ადგილი აქვს, როგორც ტყის. აგრეთვე ბალახმცენარეების საფარის ნიადაგებზე. მ. დარასელიას, ვ. ამბოჯაძის, მ. ფარჯანაძის, გ. ტარასაშვილის და სხვათა სტაციონარული გამოკვლევები მოწმობს, რომ ტყის სიხშირეზე და ტიპოლოგიურ მხარეზე დიდად არის დამოკიდებული ეროზიის სიძლიერე. ჩამდენადაც ტყის სიხშირე მალაღია, იმდენად ტყის მკვდარი საფარი ფენის სისქე ჩეტია; ამის გამო თხიერი (წყლის) და მკვირივი (ნიადაგის) ჩამონადენი მცირეა. სხვა თანაბარ პირობებში წიწვიან ტყეებში ჩამონადენი უფრო მცირეა, ვიდრე ფოთლიან ტყეებში. ეს გარემოება წიწვიან ტყეებში ხის ვარჯების წვიმის წყლის უფრო მეტი რაოდენობით დაკავების უნარით არის გამოწვეული. საერთოდ, მრავალი მონაცემებით არის დადასტურებული მცენარეების — ტყისა და ბალახების დადებითი მნიშვნელობა ნიადაგის ეროზიისგან დაცვის საქმეში.

მცენარეთა საფარის ბუნებრივი და სამეურნეო ზემოქმედებით გამოწვეული ცვლილება პირდაპირ გავლენას ახდენს მხარის (ზონის) ეროზიულ მოვლენებზე. ტყეების გაჩეხვას ჩვეულებრივ თან მოსდევს ეროზიული მოვლენების გაძლიერება. ამიტომაც რომ, ჩვეულებრივ ეროზიული მოვლენები უფრო ძლიერადაა გამოხატული ტყე-სტეპის, ვიდრე ულრანი ტყეების ზონაში. პრიმიტიული მიწათმოქმედების სისტემებ-ს გამოყენების რაიონებს (ქვეყნებს) უფრო ძლიერი ეროზიული მოვლენები ახასიათებს (ან ახასიათებდა), ვიდრე რაიონებს, სადაც გაუმჯობესებული მიწათმოქმედების სისტემებია გამოყენებული. ერო-



ზიული მოვლენების გამოხატულება დიდად არის დამოკიდებული თვით ნიადაგის თვისებებზე. გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ამ მხრივ განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის სტრუქტურას. მტკიცე სტრუქტურის ნიადაგებს ეროზიისადმი დიდი წინააღმდეგობის თვისება აქვთ, ვინაიდან ასეთ ნიადაგს შეუძლია წყალი კარგად გაატაროს, რის შედეგადაც ატმოსფერული ნალექები ნიადაგში ჩაიქონება და თხიერი ჩამონადენი თავიდან იქნება აცილებული. იმ ნიადაგებს კი, რომლებსაც, პირიქით, სუსტი სიმტკიცის სტრუქტურა ახასიათებთ, ეროზიისადმი დიდი დამყოლობის თვისება აქვთ. ასეთ ნიადაგს დაქვეითებული ფილტრაციის თვისება ახასიათებს და ატმოსფერული ნალექების დიდი ნაწილი ფერდობის დაქანების მიმართულებით მიედინება — იძლევა თხიერ ჩამონადენს.

ორ და სამვალენტიანი კატიონებით მატარებული კოლოიდური კომპლექსის მქონე ნიადაგების ეროზიისადმი გამძლეობის უნარი ბევრად დიდია, ვიდრე ფუძეებით არამატარებელი და აგრეთვე ბიცობიანი ნიადაგებისა. ნიადაგები, რომლებიც მდიდარია ერთნახევარი უანგის ჰიდრატებით, ეროზიისადმი უფრო გამძლეა, ვიდრე ამ უანგეულებით ღარიბი ნიადაგები; ნიადაგები, რომელთა ჰუმუსი ჰუმინის მკაფას მქონე რაოდენობით შეიცავს, ეროზიისადმი ნაკლები დამყოლები არიან და, პირიქით, ნიადაგებს, რომელთა ჰუმუსი ფულვომჟავებით არის მდიდარი, ეროზიისადმი მაღალი დამყოლობის თვისება ახასიათებთ. ჩვეულებრივ არამძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგები უფრო ნაკლებად ჩამოირეცხება, ვიდრე მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგები.

წყლისმიერი ეროზიისადმი ნაკლები დამყოლობის თვისება აქვს შავმიწებს, ყავისფერ ნიადაგებს, წითელმიწებს, ყომრალ ნიადაგებს, ნეშომპალა-კარბონატულ და მთა-მდელოს ნიადაგებს. ეროზიისადმი დიდი დამყოლობით ხასიათდებიან, ტყის ზანგარა, ბიცობიანი და ეწერი ნიადაგები.

ნიადაგის დაცვის მიზნით ეროზიის წინააღმდეგ ბრძოლა აუცილებელი ღონისძიებაა. ეს ღონისძიებები სამგვარია — საინჟინრო ტექნიკური, სატყეო-სამელიორაციო და აგროტექნიკური.

საინჟინრო-ტექნიკურ ღონისძიებებს პირმართავენ ღვარცოფების ზოლში და ზოგიერთ მდინარეთა სანაპიროებზე სათანადო სიმაგრეების, დამბებისა და სხვა სახის ნაგებობის შექმნის საშუალებით.

სატყეო-სამელიორაციო ღონისძიებები გულისხმობს ფერდობებზე, ხეობებში და მდინარეთა სანაპიროებზე, წყლისმიერი ეროზიული მოვლენების შეზღუდვის მიზნით, ხელოვნური ტყის ნარგაობების შექმნას.

წყლისმიერი და ქარული ეროზიის წინააღმდეგ აგროტექნიკურ საშუალებებს ფართოდ იყენებენ. ამ მხრივ განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის დაქანების საწინააღმდეგო მიმართულებით დამუშავებას (მოხვნას). ასეთი წესით ფერდობის დამუშავება, ზედაპირულ თხიერ ჩამონადენს თითქმის მთლიანად აჩერებს და ხელს უწყობს ნალექების ნიადაგში ჩაქონვას.

ამავე მიზანს ემსახურება ფერდობების დაქანების საწინააღმდეგო მიმართულებით დაკვალვა. კვალთა შორის მანძილი ქანობის სიძლიერის მიხედვით იცვლება; დიდი ქანობის ფერდობებზე კვალთა შორის მანძილი 5 — 10 მეტრს არ უნდა აღემატებოდეს, მცირე ქანობის დახრილ ვაკეებზე კი შეიძლება 40 — 50 მეტრამდე გაიზარდოს, ე. ა. მბოკაძის მონაცემებით, მარტყოფის სტაციონარზე ჩატარებული ცდების მიხედვით, დაკვალვის საშუალებით, ზედაპირული ჩამონადენი მკვეთრად შემცირდა, ნიადაგში ტენის მარაგმა იმატა და ხორბლის მოსავალი საშუალოდ 14 — 30% გაიზარდა.

ეროზიის წინააღმდეგ ბრძოლის მალალ ეფექტურ ღონისძიებას წარმოადგენს მზრალად, ჯვარედინად ხვნა. მზრალად ჯვარედინ ხვნას ჩაატარებენ შემოდგომაზე ორფრთიანი გუთნის П.П-70-ის საშუალებით.

ეროზიის საწინააღმდეგოდ მიმართავენ ბალახების თესვას. ბალახების ნათესი კორდს ქმნის და ნიადაგს იცავს ჩამორეცხვისაგან. აღმოსავლეთ საქართველოში ამ მიზნისათვის იყენებენ ესპარცეტისა და კონდარის ნარევი ნათესს, ხოლო დასავლეთ საქართველოში ტიმოთელას და კონდარს.

ეროზიის წინააღმდეგ ბრძოლას ფერდობის ზოლმორიგეობის წესის ათვისებითაც აწარმოებენ. ამ მიზნით ფერდობის ათვისებას იწყებენ ქვემოდან ზემოთ ზოლგამოშვებით.

ფერდობებისა და დახრილი ვაკეების ეროზიისაგან დაცვის ეფექტურ ღონისძიებას წარმოადგენს ნიადაგთდაცვის თესლობრუნვები. ამ თესლობრუნვაში მრავალწლიანი ბალახების პერიოდული მონაწილეობა ჰქმნის კორდს. აუმჯობესებს ნიადაგის სტრუქტურას და ფიზიკურ თვისებებს, რითაც დიდად იცავს ნიადაგს ჩამორეცხვისაგან.

მრავალწლიანი კულტურების ფერდობებზე გაშენებისათვის ეროზიის წინააღმდეგ ბრძოლის ქმედითი ღონისძიებაა ტერასების მოწყობა, ე. ი. ფერდობისათვის კიბისებრი სახის მიცემა.

ქარული ეროზიის (დეფლაციის) საწინააღმდეგოდ კარგ შედეგებს იძლევა ქარსაფარი ზოლების გაშენება გაბატონებული ქარების ქროლ-

ვის საწინააღმდეგო მიმართულებით (პერპენდიკულარულად), მინდვრის კულტურების თესვა, თავთავიანი პურეულების ვიწრომწკრივიანი სათესით თესვა ჯვარედინი წესით. დადებით შედეგს იძლევა, აგრეთვე ბელტის გადმოუბრუნებლად ხვნა.

უნდა აღინიშნოს, რომ ეროზიის წინააღმდეგ ბრძოლა ყველაზე ეფექტურია მაშინ, როდესაც ამ ღონისძიებებს სისტემის ხასიათი აქვს, ე. ი. შეთანაწყობილია ერთიმეორესთან.

**ნიადაგის ნაყოფიერება და მისი ამაღლებისათვის საპირო  
ლონისძიებათა სისტემა**

ნიადაგის ნაყოფიერების საკითხი აგრონომიული მეცნიერების ცენტრალურ საკითხია. ნაყოფიერების თვისების გამო ნიადაგი შრომის საგანი და წარმოების საშუალებაა. ნიადაგის ნაყოფიერება დიდ გავლენას ახდენს მცენარის ზრდა-განვითარებასა და მოსავლიანობაზე.

არჩევენ ნიადაგის ბუნებრივ (ანუ პოტენციურ) და ეფექტურ ნაყოფიერების ფორმებს. ნიადაგის ბუნებრივი ნაყოფიერება მისი ბუნებრივი თვისებაა, რომელიც გაპირობებულია საკვებ ნივთიერებათა რაოდენობითა და წყლის რეჟიმის ხასიათით, ხოლო ეფექტურ ნაყოფიერებას გამოხატავს მიღებული მოსავლას რაოდენობა, რომელსაც თავის მხრივ განსაზღვრავს ადამიანის შრომა — აგროტექნიკა. ამიტომ, როგორც პირველად მარქსმა აღნიშნა, შესაძლოა ორი მიწის ნაკვეთი, რომელთაც ერთნაირი ბუნებრივი ნაყოფიერების თვისება აქვს, ეფექტური ნაყოფიერების მხრივ მკვეთრად განსხვავდებოდეს ერთმეორისაგან. ეფექტურ ნაყოფიერებაში გადაწყვეტი მნიშვნელობა აქვს აგრონომიულ ღონისძიებათა კომპლექსს, რაც თავის მხრივ დამოკიდებულია ადამიანთა საზოგადოებრივი ურთიერთობის ხასიათზე და საწარმოო ძალთა განვითარების დონეზე. ამდენად ცხადია, რომ ნიადაგის ნაყოფიერება არა მარტო ბუნებრივ-ისტორიული კატეგორიაა, არამედ სოციალურ-ეკონომიურიც.

ბურჟუაზიული მეცნიერები კაპიტალისტური წყობილების დაცვა-გამართლების მიზნით აყენებენ ე. წ. კლებადი ნაყოფიერების ცრუმეცნიერულ კანონს, რომლის მიხედვითაც მოსავლიანობის ყოველგვარი გადიდება არის არა მოსავლის მისაღებად დახარჯული შრომის პროპორციული, არამედ ბევრად უფრო ნაკლები. ამ „კანონის“ სიყალბე და მისი ანტიმეცნიერული ხასიათი ამხილეს მარქსიზმ-ლენინიზმის კლასიკოსებმა. ლენინი თავის ცნობილ შრომაში — აგარული საკითხი და „მარქსის კრიტიკოსები“ — იძლევა ამ ცრუკანონის ამომწურავ კრიტიკას.

ვ კილიამსმა დიალექტიკური მატერიალიზმის მეთოდის მომარაგებით, აგრონომიული ანალიზის საფუძველზე. ცხადპყო ნიადაგის კლებადი ნაყოფიერება „კანონის“ უმწეობა. მან დაამტკიცა, რომ მცენარის ზრდა-განვითარების ფაქტორებზე (წყალი, საკვები, ჰაერი, სითბო და სხვ.) ერთდროული მოქმედების პირობებში მოსავლიანობის გადიდებას შეიძლება მიეცეს მუდმივად მზარდი — პროგრესული ხასიათი, რაც მართლაც დასტურდება სოციალისტური მიწათმოქმედების პრაქტიკით, ისტორიაში არნახული მაღალი მოსავლის მიღებით.

მოსავლიანობის ზრდა საერთოდ დამოკიდებულია მცენარის სასიცოცხლო ფაქტორების რეგულაციაზე. საბჭოთა აგრონომიულ მეცნიერებას ამ ყაქტორთა ერთი რიგის — საკვები ნივთიერებების, წყლის, ჰაერისა და ნაწილობრივ სითბოს რეჟიმის მოწესრიგების ეფექტური საშუალება გააჩნია.

მცენარის ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის საჭიროა:

1. ნიადაგზე შეიცავდეს მცენარისათვის მისაწვდომი ფორმის საკვებ ნივთიერებებს საკმაო რაოდენობით, მცენარის განვითარებას ყველა ფაზაში;

2. მცენარე მთელ სავეგეტაციო პერიოდში დაკმაყოფილებული იყოს საჭირო წყლის რაოდენობით;

3. ნიადაგის ჰაერი შეიცავდეს ჟანგბადს საკმაო რაოდენობით; ადგილი ჰქონდეს ნიადაგისა და ატმოსფერული ჰაერის სისტემატური მიმოცვლას;

4. ნიადაგი ხასიათდებოდეს შესაფერისი სიღრმითა და სიფხვიერით, რათა მცენარის ფესვთა სისტემა ნორმალურად განვითარდეს;

5. ნიადაგი უნდა ხასიათდებოდეს გარკვეული თბური თვისებებით;

6. ნიადაგში არ უნდა იყოს ტოქსიკური, მცენარის ზრდა-განვითარებაზე უარყოფითად მოქმედი ნივთიერებანი;

7. ნიადაგი თავისუფალი უნდა იყოს საჩვევლებისა, მავნე მიკროფლორისა და მიკრო- და მაკროფაუნისაგან.

ნიადაგის აღნიშნულ თვისებათა რეგულაციის საჭირო საშუალებანი (ლონისძიებანი), აკად. ი. ტიურინის მიხედვით. ოთხგვარი ხასიათისაა: 1) ბიოლოგიური, 2) აგროფიზიკური, 3) აგროქიმიური და 4) ნელიორაციული. შეეჩერდეთ თითოეულ მათგანზე, მოკლედ.

ბიოლოგიური ჩგუფის ლონისძიებანი თითონ მცენარისა და ბაქტერიული ფლორის (ბალახები, სიდერატები, ბაქტერიული სასუქი, ფიტომელიორაცია და სხვ.) მეოხებით წარმოებს ნიადაგის მთელი რიგი თვისებების გაუმჯობესება, მაგალითად, ბალახები, მსგავსად ბუნებრივი მდელოს ან მდელო-სტეპის მცენარეულობისა, ნიადაგში ახდენენ საკვები ელემენტების დაგროვებას (ჰუმუსის სახით) და ამავე დროს აუმჯობესებენ სტრუქტურას, რაც თავის

მხრივ ნიადაგის წყალს, ჰაერს, სითბოსა და კვების რეჟიმის რეგულაციას ახდენს. ასეთ მდგომარეობას, ადგილი აქვს მხოლოდ ბალახების დიდი მოსავლის პირობებში.

ჩვენი მიწათმოქმედება ამიტომ დიდი ამოცანის წინაშე დგას — წარმატებით და უშეცდომოდ იქნეს გამოყენებული ბიოლოგიური ფაქტორი ნიადაგის ნაყოფიერების გადიდების დარგში.

ა გ რ ო ფ ი ზ ი კ უ რ ი ჯ გ უ ფ ი ს ლ ო ნ ი ს ძ ი ე ბ ე ბ ი ს (ნიადაგის რაციონალური მექანიკური დამუშავება) საშუალებით ხორციელდება წყლის, ჰაერის, სითბოს ოპტიმალური რეჟიმის შექმნა, რაც თავის მხრივ ნიადაგში მიმდინარე ბიოლოგიურ პროცესებს (საკვებ ნივთიერებათა მობილიზაციას) აძლიერებს და შეტანილი სასუქის გამოყენებას ეფექტურ ხასიათს აძლევს. ამის გარდა, აღნიშნული ჯგუფის ლონისძიებანი სარეველების წინააღმდეგ ბრძოლის ერთ-ერთ მთავარ საშუალებას წარმოადგენს.

ნიადაგის ტიპებს შვესაფერისად, დიფერენციული წესით, ღრმა სახანავე ფენის შექმნა, ნიადაგის ეფექტური ნაყოფიერების გაზრდის ერთ-ერთი მძლავრი საშუალებაა.

წინმხველიანი გუთნით ნიადაგის ზენა, თესვისწინა დამუშავების წესების გაუმჯობესება, ნიადაგის ფორიანობისა და, საერთოდ, ოპტიმალური ფიზიკური თვისებების შექმნა აგროფიზიკური ჯგუფის მეთოდების ძირითადი ამოცანაა.

ამავე ღროს, როგორც აკად. ი. ტიურინი აღნიშნავს, დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს სტრუქტურის აღდგენა-გაუმჯობესებას არა მარტო ბალახების თესვით, არამედ სხვა ლონისძიებების გამოყენებითაც — სათანადო ნივთიერებების (პოლიმერებისა, ტორფიდან მიღებული ხსნადი ჰუმატებისა და სხვ.) გამოყენების საშუალებით.

ამავე ჯგუფის მეთოდები ფართოდ უნდა იქნეს გამოყენებული (ბორცვიან-გორაკიან ზონაში) ეროზიის საწინააღმდეგოდ — დახრცობის საპირისპირო მიმართულებით (გარდიგარდმო) ნიადაგის დამუშავება, ფერდობებზე წყალშემკრები კვლების მოწყობა და სხვ.

ა გ რ ო ქ ი მ ი უ რ ლ ო ნ ი ს ძ ი ე ბ ე ბ ე ს, მინერალური და ორგანული სასუქების დანიშნულებისამებრ სწორ გამოყენებას მოსავლიანობის ზრდის საქმეში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს. ტორფის, ნაკელის, კომპოსტისა და სხვა ორგანული სასუქების ფართოდ გამოყენება მოსავლიანობის ზრდის მძლავრი ფაქტორია.

ეწერი ნიადაგების მოკირიანება და ბიცობებს მოთაბაშირება (და ნასთან დაკავშირებული სხვა ლონისძიებანი) ამ ნიადაგების ეფექტური ნაყოფიერების გადიდების ძირითადი პირობაა.

აგროქიმიური ჯგუფის ლონისძიებათა როლი ჩვენი სოფლის მეურნეობის პირობებში სისტემატურად იზრდება და შემდგომში კიდევ

უფრო გაიზრდება, რადგან, როგორც საბჭოთა კავშირის კომუნისტური პარტიის ყრილობებისა და ცენტრალური კომიტეტის პლენუმების დადგენილებით არის გათვალისწინებული, მინერალური სასუქების წარმოება, არსებულთან შედარებით, 4—5-ჯერ გადიდდება.

მელიორაციულ ღონისძიებებს ნიადაგის წყლის, ჰაერის, სითბოს, ბიოქიმიურ და სხვა თვისებათა რეგულაციის დარგში აგრეთვე არსებითი მნიშვნელობა აქვს.

გვალვიან რაიონებში ხელოვნური მორწყვა, განოყიერებასთან ერთად, მოსავლიანობის ზრდის ძირითადი პირობაა. ამავე დროს უნდა აღინიშნოს, რომ მორწყვითი მელიორაცია მაღალ აგროტექნიკას მოითხოვს — მეორადი დაჭაობებისა და დამლაშების მოვლენების თავიდან ასაცილებლად.

ტორფიან-ჭაობიანი და სხვა სახის ჭაობიანი და დაჭაობებული ნიადაგების ეფექტური ნაყოფიერების გადიდება უკავშირდება დაშრობით მელიორაციას. სწორ აგროტექნიკასთან შეხამებული დაშრობა გენარის ზრდა-განვითარების პირობებს დიდად აუმჯობესებს და, მაშასადამე, მაღალი და მყარი მოსავლის საწინდარს წარმოადგენს.

აღნიშნული ღონისძიებები მაღალ ეფექტს მხოლოდ მაშინ იძლევა, როდესაც მათ საფუძვლად უდევს ამა თუ იმ მხარის ან რაიონის ნიადაგობრივი და კლიმატური პირობების თავისებურებანი.

ბუნებრივ-ისტორიულ პირობებთან შეხამებულ აგრონომიულ ღონისძიებათა მთელი კომპლექსის დანერგვას უმაგალითო დონემდე აპყავს ჩვენს ქვეყანაში ნიადაგის ნაყოფიერება. ამის საუკეთესო დამადასტურებელია ჩვენი დიადი ქვეყნის საბჭოთა მეურნეობების, კოლმეურნეობების პრაქტიკული საქმიანობა და სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულებათა მიღწევები.

## შ ი ნ ა ა რ ს ი

აუტორისაგან	3
შესავალი	3
ნიადაგთმცოდნეობის განვითარების მთავარი ისტორიული ეტაპი	4

### თ ა ვ ი 1

ნიადაგის მინერალური ნაწილის წარმოქმნა .	23
დედამიწის ქერქის ქიმიური შედგენილობა	23
გამოფიტვის პროცესი—ნაშალი ქანების წარმოქმნა	26
ქანშეშენი მთავარი მინერალების გამოფიტვა	31
დანალექი ქანების გამოფიტვა	37
გამოფიტვის ტიპები	38
გამოფიტვის ნაშალი — დედაქანები	41
დედაქანების მინერალოგიური და ქიმიური შედგენილობა	43
ნაშალის დინამიკის ტიპები და დედაქანში ახალი თვისებების განვითარება	44
ნაშალისა და ნიადაგის მექანიკური (გრანულმეტრული) შედგენილობა	46
დედაქანებისა და ნიადაგების კლასიფიკაცია მექანიკური (გრანულმეტრული) შედგენილობის მიხედვით	49

### თ ა ვ ი II

ფლორა და ფაუნა — ბიოლოგიური პროცესები ნიადაგში	52
ნიადაგის ორგანიზმები	52
ბიოლოგიური პროცესები ნიადაგში	60
ატმოსფერული აზოტის ფიქსაცია	66
ნიტრატების აღდგენის პროცესი — დენიტრიფიკაცია	70
გოგირდიანი და ფოსფორიანი ნაერთების გარდაქმნა	71
რკინიანი და მარგანეციანი ნაერთების გარდაქმნა	73

### თ ა ვ ი III

ნიადაგთწარმოქმნის პროცესი	74
ნიადაგთწარმოქმნის პროცესის არსი	74
ნიადაგური მასის მინერალურ ნივთიერებათა გარდაქმნის ელემენტარული ნიადაგთწარმოქმნის პროცესები	76
ნიადაგური მასის ორგანულ ნივთიერებათა გარდაქმნის ელემენტარული ნიადაგთწარმოქმნის პროცესები	77
ნიადაგური მასის მინერალურ და ორგანულ ნივთიერებათა გაააღდგილების ელემენტარული ნიადაგთწარმოქმნის პროცესები .	78
ნიადაგთწარმოქმნის პირველადი (პრიმიტული) პროცესი	80



## თ ა ვ ი I V

<b>ნიადაგის ორგანული ნივთიერებანი</b>	84
ორგანულ ნივთიერებათა წყაროები. გარდაქმნის პროცესები და ფორმები	84
ძირითადი მიმართულებანი ნიადაგის ორგანული ნაწილის სწავლებაში	94
ჰუმუსის მკვლევართა ბუნება	98
ჰუმუსის როგორც კოლოიდი და ნიადაგის ორგანულ-მინერალური კომპლექსის მთავარი შემადგენელი ნაწილი	101
ჰუმუსის სხვადასხვა ტიპის ნიადაგებში	103
ნიადაგის ჰუმუსის აგრონომიული მნიშვნელობა	104

## თ ა ვ ი V

<b>ნიადაგური პროფილი და მისი დამახასიათებელი ნიშნები</b>	107
ნიადაგის მორფოლოგიური ნიშნები	108

## თ ა ვ ი VI

<b>საკვები ელემენტები ნიადაგში</b>	112
მაკროელემენტები. აზოტი ნიადაგში	113
ფოსფორი ნიადაგში	114
კალიუმი ნიადაგში	116
კალციუმი ნიადაგში	118
მაგნიუმი ნიადაგში	119
რკინა ნიადაგში	119
გოგირდი ნიადაგში	121
მიკროელემენტები	122

## თ ა ვ ი VII

<b>ნიადაგური კოლოიდები და მეორადი თიხამინერალები</b>	133
ნიადაგური კოლოიდების აღნაგობა	138
ნიადაგური კოლოიდების დინამიკა	143
პექტიზაცია და კოლოიდების შექცევადობა	148
მეორადი თიხამინერალები	149

## თ ა ვ ი VIII

<b>ნიადაგის შთანთქმისუნარიანობა</b>	156
საკითხის შესწავლის ძირითადი ისტორიული მომენტები	156
შთანთქმისუნარიანობის სახეები	157
შთანთქმისუნარიანობის კანონზომიერებანი	166
შთანთქმული კატიონების გავლენა ნიადაგის აგრონომიულ თვისებებზე	170

## თ ა ვ ი IX

<b>ნიადაგური ხსნარი</b>	173
ხსნარის ოსმოსური წნევა	175
ნიადაგის რეაქცია	176
20. გ. ტალახაძე	305

თ ა ვ ი X

ნიაღვის მყარი ფაზის რეაქცია	182
პოტენციური მჟავიანობა	182
ნიაღვის ბუფერობა	185
ქიმიური მელიორაცია, როგორც ნიაღვის ნაყოფიერების გაღღმების საშუაღღბა	186

თ ა ვ ი XI

ნიაღვის სტრუქტურა	189
სტრუქტურის წარმოქმნის პროცესი	190
ნიაღვის სტრუქტურის სიმჟარისა და სიმტკიცის თვისება	193
სტრუქტურის დარღღვევა	195
ნიაღვის სტრუქტურის დინამიკა	196
სტრუქტურის ხასიათი ნიაღვრეწარმოქმნის პროცესის სტადიების მიხედღღვით	198

თ ა ვ ი XII

ნიაღვის ფიზიკური თვისებები	202
1. ნიაღვის ხაერთო ფიზიკური თვისებები	202
მოკუღღობითი და კუთრი წონა	203
2. ნიაღვის ფიზიკურ-მჟეჟანციური თვისებები	204
ნიაღვის თქვირება, დაჯღღომა და ჩაქცევა	205
ნიაღვის პლასტიკურობა	208
ნიაღვის მიკრობიღღობა	210
ნიაღვის ბმუღღობა	212
ნიაღვის დავარგებუღღობა (სიმწიფე)	213
ნიაღვური ქერქი	214
ხნუღღლის ძირი	215
ნიაღვის წინაღღღმღღვება ძალისადმი	216
ნიაღვის წვეთითი წინაღღღმღღვების ძალა და მისი მჟაპირობებელი ფაქტორები	219
3. ნიაღვის წუღღოვანი თვისებები	220
ნიაღვური ტენის წყაროები	222
ნიაღვის ტენის ფორმები	223
ორთქლისებრი ტენი და მისი თვისებები	223
ბმუღღლი ტენი	232
თავისუფალი წყალი	235
1. კაბიღღარული წყალი	235
2. გრავიტაციული წყალი	244
თავისუფალი ნიაღვური ტენის მოძრაობის კანონზომიერებანი	246
გრავიტაციული წყლის მოძრაობა-წყაღღგამტარობა	246
ნიაღვურ-ჟიდროლოგიური მახასიათებლები	252
1. ნიაღვის სრული ტენტეღღვადობა (სტ)	257

2. უმცირესი ტენტევალობა (უტ)	258
3. კაპილარული კავშირის წყვეტის ტენიანობა (კწტ)	261
4. კენობის ტენიანობა (ქტ)	262
5. მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობა (მჰ)	265
6. მაქსიმალური აღსორბციული ტენტევალობა (მატ)	267
ნიადაგური ტენის რეჟიმი და მისი ტიპები	269
ნიადაგური ტენის მტკიცე მარაგის შექმნის ძირითადი საშუალებანი	277
4. ნიადაგური ჰაერი	283
5. ნიადაგის თბური თვისებები	287
ნიადაგური სითბოს მიმოცვლა	289
ნიადაგის გაყინვა (მზრალობა) და თბური თვისებების რეგულაცია	291
ნიადაგის ეროზია	292

### თ ა ვ ი X I I I

ნიადაგის ნაყოფიერება და მისი ამაღლებისათვის საჭირო ღონისძიებათა სისტემა 300.  
გამოყენებული ლიტერატურა

## ТАЛАХАДЗЕ ГАВРИИЛ РЕВАЗОВИЧ

Основы общего почвоведения  
(на грузинском языке)

რედაქტორი ა. ბ ე დ ი ა  
გარეკანის მხატვარი ი. გ უ კ ი ე ვ ა  
მხატვრული რედაქტორი ს. ბ ო ტ კ ო ვ ე ლ ი  
ტექნიკური რედაქტორი გ. ჯ ო ხ ა ძ ე  
კორექტორი პ. დ გ ე ბ უ ა ძ ე  
გამომშვები მ. ყ უ ლ ო შ ვ ი ლ ი

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 10/IV-71 წ., ქალაქის  
ზომა 60×90. ნაბეჭდი თაბახა 19,25. სააღრიცხვო-  
საგამომცემლო თაბახი 18,97  
უე 00281 ტირაჟი 2000 შეკვ. 802  
ფასი 71 კაპ.

გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, კამოს ქ. №18.  
Издательство «Ганат.ლება». Тбилиси, ул. Камо, 18.  
1971

საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭოს ბეჭდვითი  
სიტყვის სახელმწიფო კომიტეტის მთავარპოლიგრაფ-  
ბრუნველობის ბეჭდვითი სიტყვის კომბინატი.  
თბილისი, მარჯანიშვილის ქ. № 5.

Комбинат печати Главполиграфпрома  
Государственного комитета Совета Министров  
Грузинской ССР по печати.  
Тбилиси, ул. Марджанишвили № 5.