

† შაქრო ფალავანდიშვილი,
თუო ურუშაძე,
თამარ ქვრივიშვილი,
დარეჯან ჯაში

ნიადაგის ეკოლოგია

ბათუმი – თბილისი
2009

სახელმძღვანელოში განხილულია ნიადაგის ეკოლოგიის ძირითადი საკითხები. განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილებულია ნიადაგის, როგორც გარემოს ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი კომპონენტის, მდგრად განვითარებაზე.

სახელმძღვანელო პირველად იბეჭდება ქართულ ენაზე და განკუთვნილია ეკოლოგიის, გეოგრაფიის, ბიოლოგიის, აგრარული სპეციალობის სტუდენტებისა და დოქტორანტებისათვის, გარემოსდაცვით დაინტერესებულ მკითხველთა ფართო წრისთვის.

რედაქტორი:

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის
წევრ-კორესპონდენტი, ბიოლოგიის მეცნიერებათა
დოქტორი, პროფესორი
თენგიზ (გიზო) ურუშაძე

რეცენზენტები:

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის
წევრ-კორესპონდენტი, ბიოლოგიის მეცნიერებათა
დოქტორი, პროფესორი
ვანო პაპუნძე

სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი
ანზორ თავართქილაძე

ISBN 978-9941-9079-9-9

შესავალი

სასიცოცხლო ფორმების, საბინადრო გარემოს, ლანდშაფტების მრავალფეროვნება და მათში მიმდინარე პროცესები წარმოადგენენ ძალიან განსხვავებულ ობიექტებსა და მოვლენებს და გაერთიანებულია ერთიან სისტემაში – ბიოსფეროში.

ბიოსფერო წარმოადგენს დედამიწის აქტიური ცხოვრების გარსს, რომელიც მოიცავს ცოცხალ არსებებს და მათ საბინადრო გარემოს. ბიოსფეროს ზედა საზღვარი გადის დაახლოებით 10 კმ სიმაღლეზე, ხოლო ქვედა – 2-3 კმ სიღრმეზე. ბიოსფეროს ამ სასაზღვრო ზონებში აღინიშნება მხოლოდ მიკროორგანიზმები. ბიოსფეროს შემადგენლობაში მთლიანად შედიან ჰიდროსფერო და ნიადაგური საფარი (პედოსფერო). ბიოსფერო საკმაოდ რთული სისტემაა, რომლის ცალკეული კომპონენტები დაკავშირებულია ერთმანეთთან ტროფიკული (კვებითი), ენერგეტიკული და სხვა ურთიერთქმედებებით. ეს უკანასკნელები მულაგნდება ნივთიერებების და ენერგიის გადაადგილების (მიგრაციის) და გარდაქმნის მრავალნაირ პროცესებში. ეს პროცესები ექვემდებარებიან გარკვეულ კანონებს და დამახასიათებელი თავისებურებანი გააჩნია. ბიოსფეროს წარმოქმნის და განვითარების რთული ისტორია გააჩნია.

ბიოსფერო არის როგორც სივრცობრივი, ისე ფუნქციონალური ცნება. ის არსებობს როგორც ურთიერთ დაკავშირებული სტრუქტურული კომპონენტების და სხვადასხვა პროცესების ერთიანი სისტემა, რომელშიც აუცილებლად მონაწილეობენ ცოცხალი ორგანიზმები. ეს პროცესები ზოგადად უზრუნველყოფენ ბიოსფეროს და მისი ცალკეული ნაწილების (მცენარეული საფარი, ცხოველთა სამყარო, ლანდშაფტები, ნიადაგები) შედარებით სტაბილურობას და მდგრადობას.

ბუნებაში არსებობს მდგრადი განვითარების ორი განსხვავებული გზა. პირველი მათგანი დამახასიათებელია არაცოცხალი ობიექტებისთვის, მაგალითად, მინერალებისა და მთის ქანებისთვის. მათი მდგრადობა განპირობებულია ინერტულობით, ბუნებრივ წყლებთან, ატმოსფეროსთან, ცოცხალ ორგანიზმებთან სუსტად გამოხატული ურთიერთქმედების უნარით. მეორე გზა დამახასიათებელია ბუნებრივი ეკოსისტემებისთვის, რომლებიც მოიცავენ ისეთ ცოცხალ ობიექტებს, როგორიცაა ნიადაგი, ეკოსისტემა და ა.შ., და აგრეთვე ცალკეული ცოცხალი ორგანიზმებისათვის. ამ შემთხვევაში სტაბილურობა განპირობებულია ურთიერთქმედების და მასის გადატანის მუდმივად მიმდინარე პროცესებით. მრავალ ამ პროცესთაგანს აქვს ნაწილობრივ შეუქცევადი ციკლური ხასიათი. ამის მაგალითს წარმოადგენს ნივთიერებათა ცვლა ცოცხალ ორგანიზმში. ამ ცვლის დარღვევისას ორგანიზმი წყვეტს ნორმალურ ფუნქციონირებას და იღუპება. მსგავსი რამ მიმდინარეობს უფრო რთულ ბუნებრივ სისტემებში, მაგალითად, ეკოსისტემებში. მდგრადობა განპირობებულია ურთიერთდაკავშირებული პროცესების განსაკუთრებული შეთანხმებით სივრცესა და დროში. მათი დარღვევით ბუნებრივი სისტემები იცვლება. ზოგიერთ შემთხვევაში ეს ცვლილებები შეუქცევადია, ბუნებრივი სისტემების სრულ დეგრადაციამდე. მდგრადობის ეს ტიპი ჩვეულებრივ შედარებითია, შეიძლება ირღვეოდეს ბუნებრივი ევოლუციის ბუნებრივი გზით კლიმატური და კოსმოსური ფაქტორების გავლენით და აგრეთვე თანამედროვე ტექნოგენური ზემოქმედების შედეგად.

ბიოსფერო მოიცავს მრავალ სტრუქტურულ კომპონენტს, რომელთა შორის უმნიშვნელოვანესია ხმელეთის და წყლის ეკოსისტემები. ესენი თავის მხრივ, შეიცავენ ბიოტას (ცოცხალი ორგანიზმების ერთობლიობას) და მათ საბინადრო გარემოს; მათ შორის მუდმივად მიმდინარეობს ურთიერთქმედების და ცვლის პროცესები. დედამიწაზე ეკოსისტემების

და ლანდშაფტების დიდი მრავალფეროვნებაა. მაგრამ ხმელეთის ნებისმიერი ხმელეთის ეკოსისტემების და აგრეთვე ბიოსფეროს შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს ნიადაგი.

ნიადაგი დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოქმნის, ევოლუციის და მთის ქანებთან ბიოტის ურთიერთქმედების ყველაზე მასშტაბური, გლობალური შედეგია. ნიადაგი, მთის ქანებთან შედარებით, ხმელეთის მცირე სისქის (რამდენიმე სანტიმეტრიდან 1-2 მეტრამდე) ზედაპირული ნაყოფიერი ფენაა. ნიადაგი არის ბიოსფეროში მიმდინარე ნივთიერებების ტრანსფორმაციის და მიგრაციის ყველა თანამედროვე პროცესის მონაწილე. ნიადაგზე ვითარდება დედამიწის მწვანე მცენარეების ძირითადი ნაწილი, რომელიც არის ჩვენი პლანეტის დანარჩენი მობინადრეების საკვები და ბიოენერგეტიკული მასალის მთავარი საწყისი წყარო. მწვანე მცენარეები, რომლებიც იზრდებიან ნიადაგზე, უზრუნველყოფენ ატმოსფეროში ჟანგბადის შემცველობის ნორმალურ დონეს. ხმელეთის მწვანე მცენარეების წლიური ენერგეტიკული პროდუქტიულობა დაახლოებით 10-ჯერ აღემატება ნამარხ საწვავზე მომუშავე პლანეტის სამრეწველო ენერგეტიკის წლიურ მოცულობას. ნიადაგში მიმდინარეობს ბიომასის უამრავი რაოდენობის ტრანსფორმირება და ამგვარად ხდება ატმოსფეროს ბუნებრივი შედგენილობის, აგრეთვე ნაყოფიერების შედარებითი სტაბილურობის და თვით ნიადაგის ბუნებრივი ევოლუციის უზრუნველყოფა.

ნიადაგი კვებავს არა მარტო ხმელეთის, არამედ ოკეანეების მაცხოვრებლებს. მინერალური კვების ბიოფილური ელემენტები (მცენარეების და ცხოველების მინერალური კვების საჭირო ელემენტები: ნახშირორჟანგი, აზოტი, ფოსფორი, კალიუმი, კალციუმი, რკინა და სხვ.), რომლებიც შედიან ზღვის მიკროორგანიზმების, მცენარეების და ცხოველების შემადგენლობაში, ოკეანეში ხვდებიან ზედაპირული (ნიადაგური), ხოლო შემდგომ მდინარის ჩამონადენი წყლებით. ამ

ელემენტების მნიშვნელოვანი ნაწილი ადრე მრავალჯერ იღებდა მონაწილეობას ხმელეთის მცენარეების ნიადაგურ კვებაში. ეს არის ერთ-ერთი მიგრაციული ნაკადი, რომელიც ნიადაგის მეშვეობით აგრეთვე უზრუნველყოფს კავშირებს ბიოსფეროს სხვადასხვა შემადგენელ სტრუქტურულ ნაწილებს შორის და უზრუნველყოფს მის ნორმალურ ფუნქციონირებას. საერთოდ კი კავშირი ბიოსფეროს და პირველ რიგში, ნიადაგის სხვადასხვა სტრუქტურულ ერთეულებს შორის, ხორციელდება ბიოგეოქიმიური წრებრუნვების მეშვეობით. ისინი წარმოადგენენ სივრცესა და დროში ნივთიერებების ტრანსფორმაციული და მიგრაციული ნაკადების შეთანწყობილ სისტემას, რომელსაც აქვს ციკლური ხასიათი ბიოტის და ნიადაგის აუცილებელი მონაწილეობით.

ნიადაგის, როგორც ბუნებრივი სხეულის, ერთ-ერთი დამახასიათებელი თვისება, რითაც ის განსხვავდება მთის ქანისგან, არის მონაწილეობა ბიოგეოქიმიურ წრებრუნვებში. ბიოგეოქიმიური წრებრუნვები ბიოსფეროს, ნიადაგის და თვით სიცოცხლის აუცილებელი პირობაა. ნივთიერებების წრებრუნვა ინდივიდის არსებობის პირობაა, ხოლო ბიოგეოქიმიური წრებრუნვები სიცოცხლის როგორც გლობალური მოვლენის პირობაა.

ცნობილია, რომ ჩვენს პლანეტაზე სიცოცხლე გაჩნდა ოკეანეში. ნიადაგები წარმოიშვა ხმელეთზე სხვადასხვა სასიცოცხლო ფორმების, პირველ რიგში, მცენარეულობის გავრცელებასთან ერთად. ბიოსფეროს ევოლუციის პროცესში ნიადაგი გახდა დედამიწაზე სიცოცხლის არსებობის და განვითარების არა მარტო შედეგი, არამედ უმნიშვნელოვანესი, აუცილებელი პირობა.

თანამედროვე ცხოვრების მნიშვნელოვანი თავისებურებაა ბიოსფეროსა და ნიადაგზე მძლავრი ტექნოგენური ზემოქმედება, რომელიც გამოიხატება მიწების გადახვნაში, დიდი რაოდენობით მინერალური სასუქების და პესტიცი-

დების (სარეველების, მავნებლების და ავადმყოფობებისგან მცენარეების დაცვის ქიმიური საშუალებების გამოყენებაში), ატმოსფეროში, მდინარეებსა და ოკეანეში სამრეწველო გამონატყორცნებსა და ჩაშვებაში; მათ შორის მნიშვნელოვანი წილი ეკუთვნის ტოქსიკურ ნივთიერებებს: მძიმე ლითონებს, კანცეროგენებს, ხელოვნურ რადიოაქტიურ ნუკლიდებს და სხვ. უზარმაზარი ტერიტორიების გადახვნაში, ჭაობიანი ნიადაგების სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულებით ათვისებამ, მელიორაციის სხვადასხვა ხერხების გამოყენებამ, ირიგაციული სისტემების, წყალსაცავების მშენებლობამ და ადამიანის სხვა საქმიანობამ შეიძლება სერიოზულად დაარღვიონ ბიოსფეროში დამყარებული წონასწორობა და გამოიწვიონ ნეგატიური შედეგები, იმ შემთხვევაში თუ ეს საქმიანობა წარიმართება ეკოლოგიური უეცრობით.

თანამედროვე ტექნოგენეზის პირობებში ტოქსიკური ნაერთები ერთვებიან ბიოგეოქიმიურ წრებრუნვებში, ნიადაგის, ჰიდროსფეროს და ატმოსფეროს მეშვეობით ხვდებიან მცენარეებში, საკვებში, ცხოველების და ადამიანის ორგანიზმში.

ეკოლოგიური პრობლემების ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზი მათი უცოდინრობაა. ადამიანი არასაკმარისად იცნობს ეკოლოგიის კანონებს და აგრეთვე სუსტად არის გაცნობიერებული მათ არსში.

ეკოლოგია ფართოდ შეიჭრა საზოგადოებრივ ცხოვრებაში, თითქმის ყველა მეცნიერულ დისციპლინაში და მათ შორის ნიადაგმცოდნეობაში. მონოგრაფია, „ნიადაგების ეკოლოგიის“ სახელწოდებით, პირველად გამოიცა 1963 წელს ბაქოში, აკადემიკოს ვ. ვოლობუევის მიერ. ყოფილ საბჭოთა კავშირში, მიუხედავად ნიადაგმცოდნეობის დიდი განვითარებისა, ასეთი ნაშრომი შემდგომში არ შექმნილა. 1993 წელს გამოიცა მ. ლომონოსოვის სახელობის მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის პროფესორის ლ. კარპაჩევსკის დამხმარე სახელმძღვანელო — „ეკოლოგიური ნიადაგმცოდ-

ნობა“. ქართულ ენაზე ნიადაგების ეკოლოგიაში ნაშრომების რაოდენობა მწირია.

უმაღლეს სასწავლებლებში „ნიადაგის ეკოლოგიის“ საგნის შემოღება ძალზე მნიშვნელოვანია. მომავალი სპეციალისტი კარგად უნდა ერკვეოდეს კაცობრიობის მარჩენალის – ნიადაგის თავისებურებებში სხვადასხვა ბუნებრივ პირობებში, რაც განპირობებულია ეკოლოგიური ფაქტორებით. ნიადაგის თვისებების და შედგენილობის ცოდნა ეკოლოგიურ ფაქტორებთან ერთად სახალხო მეურნეობის და მათ შორის სოფლის მეურნეობის შემდგომი აღმასვლის საწინდარია.

სახელმძღვანელო „ნიადაგის ეკოლოგია“ ქართულ ენაზე პირველად იბეჭდება. მასში წარმოდგენილია ძირითადი მონაცემები ნიადაგის ეკოლოგიის შესახებ. შესაძლებლობის მიხედვით მოცემულია საქართველოში ჩატარებული კვლევის მასალები.

საქართველოში „ნიადაგის ეკოლოგიის“ საგნის სწავლება პირველად დაიწყო შოთა რუსთაველის ბათუმის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოგრაფიის და საქართველოს სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტის აგრონომიულ ფაკულტეტებზე. „ნიადაგის ეკოლოგიის“ კურსი შედგება ორი ნაწილისგან: პირველში განხილულია ნიადაგის ეკოლოგიის საფუძვლები, ხოლო მეორეში – ნიადაგის ეკოლოგიური კრიზისი, რომელიც გამოწვეულია ნიადაგზე უარყოფითი ფაქტორების ზეგავლენით.

ნაწილი I

ნიადაგის ეკოლოგიის საფუძვლები

თავი 1. ცნება ნიადაგის ეკოლოგიის შესახებ

ბოლო პერიოდში ეკოლოგიური პრობლემებისადმი გაზრდილი ყურადღება განპირობებულია მათი განსაკუთრებული ადგილით ყოველდღიურ ცხოვრებაში. ამ პრობლემების გადაწყვეტის ეფექტურობა ბევრად განსაზღვრავს კაცობრიობის ზეგალინდელი დღის ბედს. ამ სფეროს მრავალ საკითხს შორის მნიშვნელოვანი ადგილი ეკუთვნის ნიადაგების ეკოლოგიას. სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის მზარდი ტემპი მოითხოვს რთული ბუნებრივი კანონზომიერებების მრავალმხრივ შესწავლას, რომლებიც საფუძვლად უდევს ბუნებრივი რესურსების რაციონალურ გამოყენებას. ეს სრულად ეხება ნიადაგურ საფარსაც (პედოსფეროს), რომელიც წარმოადგენს სასურსათო პრობლემების გადაწყვეტის საფუძველს. ამიტომ ყოველწლიურად იზრდება გენეზისური ნიადაგმცოდნეობის თეორიული ასპექტების პრაქტიკული მნიშვნელობა, რომელთა შორის ერთ-ერთ ძირითად მიმართულებას წარმოადგენს ნიადაგის ეკოლოგია.

საერთოდ ნიადაგმცოდნეობა წარმოდგენილია რამდენიმე მიმართულებით. პირველი მიმართულებაა ფუნდამენტური ანუ ზოგადი ნიადაგმცოდნეობა. ზოგჯერ მას პედოლოგიას უწოდებენ. პედოლოგია ბერძნული სიტყვაა, „პედონ“ — ნიადაგს ნიშნავს, ზოლო „ლოგოს“ — შესწავლას. აღნიშნული მიმართულება სწავლობს ნიადაგს, როგორც ბუნებრივ-ისტორიულ სხეულს, მის წარმოქმნას, შედგენილობას და თვისებებს. მეორე მიმართულებაა გამოყენებითი ანუ კერძო ნიადაგმცოდნეობა, რომელიც სწავლობს ნიადაგს პრაქტიკული გამოყენების მიზნით.

ფუნდამენტალური ანუ ზოგადი ნიადაგმცოდნეობა სწავლობს ნიადაგის თავისებურებას შესაბამისი მეთოდების გამოყენებით და იყოფა სხვადასხვა მიმართულებათ. პირველი მათგანი არის პედოგნოსტიკა, რომელიც შეისწავლის ნივთიერებათა შედგენილობას. აღნიშნულ მიმართულებაში გამოყოფენ ისეთ განხრებს ანუ განაკვეთებს როგორიცაა: ნიადაგის მორფოლოგია, ნიადაგის ქიმია, ნიადაგის ფიზიკა, ნიადაგის მინერალოგია, ნიადაგის ბიოლოგია, ნიადაგის ენერგეტიკა და სხვ.

მეორე მიმართულებაა პედოგრაფია (ნიადაგის აღწერა), რომელიც სწავლობს ნიადაგის სივრცობრივ გავრცელებას და ნიადაგის მრავალფეროვნებას გეოგრაფიულ გარემოში. ამ მიმართულებაში შედის ნიადაგის გეოგრაფია, ნიადაგის კარტოგრაფია, ნიადაგის სისტემატიკა, ნიადაგის ეკოლოგია, ნიადაგის შეფასება, ნიადაგის ინფორმატიკა და სხვ.

მესამე მიმართულებაა ისტორიული ნიადაგმცოდნეობა, რომელიც სწავლობს ნიადაგის გენეზისს ანუ წარმოშობას და ევოლუციას ხმელეთის ზედაპირის განვითარებასთან კავშირში. მისი განხრებია ნიადაგის გენეტიკა და პალეონიადაგმცოდნეობა.

მეოთხე მიმართულებაა დინამიური ნიადაგმცოდნეობა, რომელიც შეისწავლის ნიადაგწარმოქმნის პროცესებს და ნიადაგის თანამედროვე რეჟიმს. ასევე სწავლობს ნიადაგწარმოქმნის დროს ნივთიერებათა ბიოლოგიურ და გეოლოგიურ წრებრუნვას, წყლოვან და სითბოს რეჟიმს, მინერალური შედგენილობის ტრანსფორმაციას და მინერალურ ახალქმნილებებს, ნიადაგის ჰუმუსის დაშლას, ჟანგვა-აღდგენის დინამიკას, ნიადაგური ჰაერის შედგენილობას, ნიადაგის ეროზიასა და დაცვის ასპექტებს და სხვ. აღნიშნულ მიმართულებაში გამოიყოფა ხუთი განხრა: ნიადაგის ნაყოფიერება, ნიადაგის მელიორაცია, ნიადაგის ტექნოლოგია, ნიადაგის ეროზია და ნიადაგის დაცვა.

ფუნდამენტალური ნიადაგმცოდნეობის მეხუთე მიმართულებაა რეგიონალური ნიადაგმცოდნეობა. იგი სწავლობს მსხვილი რეგიონების ან ადმინისტრაციული ერთეულების ნიადაგურ საფარს. მასთანაა დაკავშირებული რეგიონის რაციონალური ბუნებათსარგებლობა. ადამიანი იყენებს ბუნებრივ რესურსს იქ, სადაც ცხოვრობს. ამიტომ მან უნდა იცოდეს მისი მხარის ბუნებრივი რესურსები.

ბოლო, მეექვსე მიმართულებაა მეცნიერების ისტორია და მეთოდოლოგია, რომლებმაც ბოლო პერიოდში განიცადეს საინტერესო განვითარება. გაიზარდა მეცნიერების როლი ადამიანის საქმიანობაში. იგი გახდა საზოგადოების საწარმოო ძალა. ამისათვის საჭიროა მისი ისტორიისა და მეთოდების ცოდნა.

გამოყენებით ანუ კერძო ნიადაგმცოდნეობაში ნიადაგის გამოყენებისა და ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის მიხედვით, ასევე გამოიყოფა რამდენიმე მიმართულება.

სასოფლო-სამეურნეო ანუ აგრონიადაგმცოდნეობა მჭიდროდაა დაკავშირებული სასოფლო-სამეურნეო წარმოებაში ჩართულ ნიადაგთან. იგი მოიცავს ტერიტორიის რაციონალურ ორგანიზაციას და ნიადაგის რაციონალურ გამოყენებას, ნიადაგების შერჩევას ამა თუ იმ კულტურისათვის, ნიადაგების ნაყოფიერების ამაღლების მიდგომებს.

მელიორაციული ნიადაგმცოდნეობა სწავლობს ნიადაგის კომპლექსური მელიორაციისათვის აუცილებელ საინჟინრო-ტექნიკური, ქიმიური, ბიოლოგიური და აგროტექნიკური მეთოდების თეორიულ საფუძვლებს.

სატყეო ნიადაგმცოდნეობა სწავლობს ნიადაგის თვისებებთან დაკავშირებულ ტყის პროდუქტიულობას; ნიადაგის თვისებების გათვალისწინებით მაღალპროდუქტიული ტყის ნარგავების ზრდის უზრუნველყოფას, ხელოვნური ტყეების გაშენება. ამასთან სატყეო ნიადაგმცოდნეობის ერთ-ერთ მნიშ-

ენელოვან ამოცანას წარმოადგენს აგროსატყეო მელორაციული სამუშაოების ჩატარება.

სანიტარული ნიადაგმცოდნეობის მიმართულებას გააჩნია შესაბამისი ამოცანა, რომელიც დაკავშირებულია სამრეწველო, საყოფაცხოვრებო და სასოფლო-სამეურნეო ანარჩენების გაუნებელყოფასთან. მასთანაა დაკავშირებული მცენარეების, ცხოველების, ადამიანის და მათ შორის ეპიდემიური დაავადებების გეოგრაფიული პრობლემები, მცენარეების, ცხოველების და ადამიანების დაცვა რადიაციული დაზიანებისგან და მასთან დაკავშირებით ნიადაგის თვისებების შესწავლა.

საინჟინრო ნიადაგმცოდნეობა მჭიდროდაა დაკავშირებული გრუნტმცოდნეობასა და საინჟინრო გეოლოგიასთან. სწავლობს ნიადაგის თვისებებს სამშენებლო მასალების (აგური, მოსაპირკეთებელი მასალები), კერამიკის და სხვა წარმოებისათვის.

ეკოლოგიური ნიადაგმცოდნეობა ანუ ნიადაგის ეკოლოგია სწავლობს ნიადაგის ეკოლოგიურ თვისებებს, მის ადგილს ბიოსფეროში, ეკოსისტემების და მათი ცალკეული კომპონენტების როლს ნიადაგის ფორმირებაში, ნიადაგის თვისებებს, ნიადაგური საფარის სტრუქტურის კავშირს ეკოსისტემის სტრუქტურასთან და სხვა საკითხებს.

ნიადაგის ეკოლოგია არის ნიადაგმცოდნეობის დამოუკიდებელი ნაწილი ნიადაგების გენეზისთან და ნიადაგების გეოგრაფიასთან ერთად. ტერმინი ნიადაგის ეკოლოგია ანუ პედოეკოლოგია ეკუთვნის ლ. პრასოლოვს. ნიადაგის ეკოლოგია გულისხმობს ნიადაგების გარემომცველ პირობებთან ურთიერთობის შესწავლასა და ნიადაგების თვისებათა დამოკიდებულების მიზეზთა გამოვლენას.

ნიადაგის ეკოლოგია შეისწავლის კანონზომიერებას, რომელიც მოქმედებს სისტემაში ნიადაგი – ფაქტორები. ის განსხვავდება ეკოლოგიური ნიადაგმცოდნეობისაგან და ნია-

დაგების ორგანიზმების (პედობიოტების) ეკოლოგიისაგან. ეკოლოგიური ნიადაგმცოდნეობა შეისწავლის ნიადაგს, როგორც ორგანიზმების საცხოვრებელ გარემოს და ეკოსფეროს კომპონენტს.

ნიადაგების ეკოლოგიაში გამოიყენება შემდეგი პირობითი ტერმინები და ცნებები: ეკოლოგიური სივრცე, ეკოლოგიური ველი (მინდორი), ეკოლოგიური სეკვენტურობა, ეკოლოგიური ნიშა, ეკოლოგიური დიაპაზონი, ეკოლოგიური არეალი.

ჩამოთვლილი ტერმინები აუცილებელია ნიადაგურ-ეკოლოგიური კანონზომიერების ანალიზის დროს.

ეკოლოგიური სივრცე არის აბსტრაქტული მრავალგანზომილებიანი სივრცე, რომლის კოორდინატორად გვევლინებიან ნიადაგწარმოქმნელი ფაქტორები. გამოყოფენ შემდეგ ეკოლოგიურ სივრცეებს: სრული – დედამიწის პირობებში ფაქტორთა ყველა შესაძლო კომბინაციების ერთობლიობა, რეალური (რეცენტული) – ფაქტორთა თანამედროვე კომბინაციების ერთობლიობა, პალეო – ფაქტორთა წარსულით არსებული კომბინაციების ერთობლიობა, კერძო – ეკოლოგიური სივრცე, რომელიც წარმოიქმნება ფაქტორთა ან მისი მახასიათებლების გარკვეული ნაწილით. აღსანიშნავია, რომ ეს ცნებები შეიძლება დაემატოს ერთმანეთს, რის შედეგადაც გამოიყოფა რეალური სივრცე, სრული პალეოსივრცე და ა.შ.

ეკოლოგიური ველი (მინდორი) წარმოადგენს სიბრტყეს ეკოლოგიურ სივრცეში, რომელიც წარმოქმნილია ან ორი ფაქტორის ანდა ერთი ფაქტორის ორი მახასიათებლით, დანარჩენი ფაქტორები კი სტაციონარულია. ეს ცნება ფართოდ გამოიყენება კონკრეტული ნიადაგურ-ეკოლოგიური კანონზომიერების გამოსავლენად.

ეკოლოგიური სეკვენტურობა (ეკოლოგიური რიგი) – ნიადაგების თანმიმდევრობითი მონაცვლეობა, რომელიც ხდება

ნიადაგწარმოქმნელი ფაქტორების თანმიმდევრობითი შეცვლის დროს. შეიძლება გამოიყოს რთული (რამდენიმე ფაქტორის მონაცვლეობის დროს) და მარტივი (ერთი ფაქტორის ან მისი მახასიათებლების მონაცვლეობის დროს) ეკოლოგიური სეკვენტურობა.

ეკოლოგიური ნიშა ეკოლოგიური სივრცის ნაწილია, რომელიც დაკავებულია ჩვენთვის საინტერესო ობიექტით. ეს არის ფაქტორთა ყველა კომბინაციის ერთობლიობა, რომლის დროსაც შესაძლებელია მოცემული ობიექტის ფორმირება.

ეკოლოგიური დიაპაზონი არის ერთი ფაქტორის ან ამ ფაქტორის ერთი მახასიათებლის მნიშვნელობის დიაპაზონი, რომელშიც შესაძლებელია ობიექტის არსებობა. შეიძლება გამოიყოს სრული დიაპაზონი, რომელიც შეესაბამება დანარჩენი ფაქტორების ყველა შესაძლო კომბინაციას და კერძო დიაპაზონი, რომელიც შეესაბამება ფაქტორთა განსაზღვრულ კომბინაციებს. კერძო დიაპაზონი განიხილება როგორც ეკოლოგიური არეალი.

ეკოლოგიური არეალი არის ეკოლოგიური ველის ნაწილი, რომელსაც იკავებს ჩვენთვის საინტერესო ობიექტი.

ნიადაგის ეკოლოგიაში ფართოდ გამოიყენება ისეთი ცნებები, როგორიცაა ნიადაგების რეფლექტურობა და სენსორულობა. ნიადაგების რეფლექტურობა არის მისი უნარი ასახოს, კოდირება მოახდინოს, დაიმახსოვროს თავის თვისებებში ნიადაგწარმოქმნელი ფაქტორების შესახებ ინფორმაცია და წარმოადგენს ეკოლოგიურ-გენეზისური ანალიზის ძირითად ობიექტს. ნიადაგის სენსორულობა არის მათი უნარი შეიცვალოს ეკოლოგიურ სივრცეში ნიადაგწარმოქმნელი ფაქტორების შეცვლის დროს და წარმოადგენს ეკოლოგიურ-გეოგრაფიული ანალიზის ძირითად ობიექტს.

ნიადაგის ეკოლოგიას მჭიდრო კავშირი აქვს ნიადაგმცოდნეობის სისტემის ძირითად მეცნიერულ მიმართულებებთან. განსაკუთრებით, ნიადაგმცოდნეობის ფუნდამენტური ანუ

ზოგადი ნიადაგმცოდნეობის დისციპლინებთან. მას კავშირი აქვს გეოლოგიურ დისციპლინებთან, კერძოდ მინერალოგიას და პეტროგრაფიასთან. ნიადაგწარმომქმნელი ქანების გავრცელება და შემადგენლობა განსაზღვრავენ არა მარტო ნიადაგწარმოქმნის პროცესს, არამედ ნიადაგის მინერალური ნაწილის ნიშან-თვისებებს. ნიადაგწარმომქმნელი ქანების შედგენილობა და გეოგრაფიული გავრცელება გარკვეულად განსაზღვრავს ნიადაგის წარმოქმნას და გავრცელებას.

ნიადაგის ეკოლოგიას კავშირი აქვს ფიზიკური გეოგრაფიის დისციპლინებთან, როგორიცაა: მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგია, გეომორფოლოგია, ლანდშაფტმცოდნეობა და სხვ. მეტეოროლოგიური ელემენტები ღიდ გავლენას ახდენენ ნიადაგწარმომქმნელი ქანების გამოფიტვის ინტენსივობაზე, ნაშალი პროდუქტების გადანაწილებაზე და ნიადაგწარმოქმნის პროცესზე. ბორიალურ და არიდულ პირობებში გამოფიტვის ქერქი მცირე სისქისაა და ზირხატიანია.

გეომორფოლოგია შეისწავლის დედამიწის ზედაპირის ფორმებს. რელიეფის ფორმა განსაზღვრავს ავტომორფული და ჰიდრომორფული ჯგუფის ნიადაგების განვითარებას. მაგალითად, კოლხეთის დაბლობზე გავრცელებულია ჰიდრომორფული ჯგუფის ნიადაგები, ჭაობიან-ტორფიანი და ჭაობიან-ლესიანნი; შემადგენელი რელიეფის პირობებში გავრცელებულია ალუვიური ნიადაგები; უფრო მაღლა და გორაკ-ბორცვებზე გავრცელებულია წითელმიწები. სხვადასხვა ლანდშაფტურ პირობებში ასევე აღინიშნება განსხვავებული ეკოლოგიური ფაქტორები.

ნიადაგის ეკოლოგია დაკავშირებულია ბოტანიკასთან, ზოოლოგიასთან, ფიტოგეოგრაფიასთან და ზოოგეოგრაფიასთან. ბუნებრივი ცენოზები განსაზღვრავენ ნიადაგის ორგანული ნაწილის ანუ ჰუმუსის რაოდენობას და მის შედგენილობას. ნიადაგი ფორმირდება მცენარეების აქტიური მონაწილეობით. მცენარეთა გარკვეული ტიპი მიგვანიშნებს ნიადა-

გის თვისებასა და ნაყოფიერებაზე. ნაირბალახოვანი მარცვლოვნების ქვეშ ფორმირდება მაღალნაყოფიერი შავმიწები. გვიმრის ქვეშ ფორმირდება დაბალნაყოფიერი, მჟავე რეაქციის ნიადაგები. ნიადაგში არსებული ცხოველები გავლენას ახდენენ ნიადაგის ფიზიკურ თვისებებზე.

ნიადაგის ეკოლოგიის კავშირი მიწათმოქმედებასთან. მიწათმოქმედების ძირითადი მიზანია ნიადაგის დამუშავების საკითხების შესწავლა, სხვადასხვა კულტურების მოყვანის ტექნოლოგიის გათვალისწინებით.

ანთროპოგენური ფაქტორის არასწორი ზემოქმედება ბუნებრივ რესურსებზე, ნიადაგის დამუშავების დროს იწვევს ნიადაგის ეკოლოგიურ კრიზისს. ნიადაგის ეკოლოგიური კრიზისის დროს ვლინდება ეროზიული პროცესები და აღინიშნება სხვადასხვა სახის დაბინძურება, რაც ნიადაგების სისქის შემცირებას და ნაყოფიერების დაცემას იწვევს.

მიწათმოქმედების პროცესში, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავალს, ნიადაგიდან გამოაქვთ სხვადასხვა საკვები ელემენტები. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მაღალი, სტაბილური მოსავლის მისაღებად აუცილებელია ნიადაგს დაუბრუნდეს საკვები ელემენტები მინერალური და ორგანული სასუქების სახით. ამგვარად, არსებობს გარკვეული კავშირი ნიადაგის ეკოლოგიასა და აგროქიმიას შორის. აგროქიმიამ სწავლობს მცენარის, სასუქებისა და ნიადაგის ურთიერთმოქმედების კანონზომიერებას სასოფლო-სამეურნეო კულტურების კვების პროცესში.

ო. ზარდალიშვილი და თ. ურუშაძე აღნიშნავენ, რომ სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის გადიდების საქმეში მინერალურ სასუქებზე პროდუქციის ნამატის 30% მოდის. სასუქების გამოყენება იძლევა დიდ ეკონომიურ ეფექტს. ამასთან მიუთითებენ, რომ სასუქებს დიდ სიკეთესთან ერთად, არამიზნობრივი გამოყენების დროს, შეუძლია საკმაო ზიანის მოტანა.

მინერალური სასუქების გამოყენების შემთხვევაში აუცილებელია სასუქების ფორმების, ღოზების, მცენარის ასაკის და ნიადაგის ნაყოფიერების გათვალისწინება. ჭარბი რაოდენობით მინერალური სასუქების შეტანის შემთხვევაში ადგილი აქვს ნიადაგის დაბინძურებას და მოსავალი არ არის ეკოლოგიურად სუფთა.

ნიადაგის ეკოლოგიის კანონების შესწავლის მეთოდოლოგიური საფუძველია შედარებითი-ეკოლოგიური მიდგომა, რომელიც წარმოდგენას გვაძლევს ნიადაგის თავისებურებებზე ნიადაგწარმოქმნელი ფაქტორების სხვადასხვა კომბინაციის პირობებში. მეთოდოლოგიური განსხვავებანი ნიადაგის ეკოლოგიასა და ნიადაგების გეოგრაფიას შორის არ არის მნიშვნელოვანი.

ბოლო პერიოდში ნიადაგის ეკოლოგიის კვლევის მეთოდებს დაემატა ინფორმაციული მეთოდი, რომელიც აგრეთვე ცნობილია ეკოლოგიური მატრიცის მეთოდის სახელწოდებით. ამ მეთოდის საშუალებით შეიძლება გამოვლინდეს ე. წ. თეთრი ლაქები ეკოლოგიურ სივრცეში და კვლევის შედეგად შეიძლება გამოვლინდეს ახალი ნიადაგები, რომელთა ფორმირება მოხდა წინათ შეუსწავლელი ნიადაგწარმოქმნელი ფაქტორების კომბინაციის პირობებში. ნიადაგის კვლევის დროს მხედველობაში მისაღებია ნიადაგურ-ეკოლოგიური და ეკოლოგიურ-გენეტიკური კანონები, რომლებიც არეგულირებენ ნიადაგის ეკოლოგიის ზოგად კანონზომიერებებს.

ნიადაგის ეკოლოგია, როგორც ნიადაგმცოდნეობის ერთ-ერთი დამოუკიდებელი მიმართულება, თავის კვლევებში ძირითადად იყენებს ნიადაგმცოდნეობის კვლევის მეთოდებს. მათგან მნიშვნელოვანია შემდეგი ძირითადი მეთოდები: პროფილური მეთოდი — შეიმუშავა ვ. დოკუჩაევმა და წარმოადგენს ნიადაგის ყველა სახის კვლევის საფუძველს. ამ მეთოდით ნიადაგი შეისწავლება ზედაპირიდან მთელ სიღრმეზე, ნიადაგწარმოქმნელ ქანამდე, გენეზისური ჰორიზონ-

ტების მიხედვით. ამით ვლინდება ბუნებრივი კანონზომიერებათა ვერტიკალურად ნიადაგწარმოქმნის პროცესისა და ნიადაგის თვისების მიხედვით ეკოლოგიურ პირობებთან კავშირში.

მორფოლოგიური მეთოდი – აგრეთვე შეიმუშავა ვ. დოკუჩაევმა. ამ დროს შეისწავლება ნიადაგის პროფილში, გენეზისური ჰორიზონტების მიხედვით ისეთი გარეგნული (მორფოლოგიური) ნიშნები, როგორიცაა: ფერი, შენება, სტრუქტურა, ახალქმნილები, ჩანართები და სხვ.

თანამედროვე პირობებში ფართოდ იყენებენ ნიადაგის სამი სახის მორფოლოგიურ ანალიზს: მაკრომორფოლოგიური – შეისწავლება შეუიარაღებელი თვალით, მეზომორფოლოგიური – ლუპის და ბინოკულიარის გამოყენებით და მიკრომორფოლოგიური – მიკროსკოპის და ზოგჯერ ელექტრომიკროსკოპის გამოყენებით.

სტაციონარული მეთოდი – ბუნებრივ პირობებში, ტიპურ ადგილზე, წყლის ქცევა-თვისებებს შეისწავლიან ლიზიმეტრული მეთოდით. ამ მეთოდით სწავლობენ წყლის ზედაპირულ და შინაგან დინებას, ნიადაგის ხსნარის მოძრაობას ვერტიკალურ პროფილში, ნივთიერებისა და ელემენტების მიგრაციას, საკვები ელემენტების გადაადგილებას და გამორეცხვას, სხვადასხვა დახრილობაზე ნიადაგის ეროზიას და სხვა საკითხებს. ლიზიმეტრების საშუალებით, ბუნებრივ პირობებში ღებულობენ ხსნარს და ისაზღვრება მისი შედგენილობა.

სტაციონალურ პირობებში ხდება ნიადაგის ჰაერის, ნიადაგის ტემპერატურის, ტოქსიკური მარილების მოძრაობის და სხვა საკითხების შესწავლა.

ლაბორატორიულ-ექსპერიმენტულ მეთოდს ფართო გამოყენება აქვს ნიადაგმცოდნეობაში და ნიადაგის ეკოლოგიაში. აღნიშნული მეთოდი საშუალებას იძლევა ველზე აღებული ნიადაგის ნიმუშებში ლაბორატორიულ პირობებში

წლის ნებისმიერ დროს, შესწავლილი იქნას ფიზიკური, ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები და სხვ.

აღნიშნული მეთოდების გარდა ნიადაგის ეკოლოგია ფართოდ იყენებს შედარების— გეოგრაფიულ მეთოდს. აღნიშნული მეთოდი იძლევა შესაძლებლობას ერთი რეგიონის ან მხარის ეკოლოგიური პირობები შევადაროთ მეორეს და განვსაზღვროთ მეურნეობის გაძღოლის მიმართულება. ასე, მაგალითად, XIX საუკუნის ბოლოს ა. კროსნოვი გაეცნო აღმოსავლეთ ჩინეთის და სამხრეთ იაპონიის ნიადაგებს, კლიმატურ პირობებს და შედარებით—გეოგრაფიული მეთოდის საშუალებით დაასაბუთა დასავლეთ საქართველოში სუბტროპიკული კულტურების განვითარების შესაძლებლობა.

თავი 2. ნიადაგის ძირითადი ფუნქციები

ბიოსფერო წარმოადგენს ლითოსფეროს, ჰიდროსფეროს, ატმოსფეროს იმ ნაწილს, რომელშიც ბინადრობენ ცოცხალი ორგანიზმები.

ბიოსფერო შედგება ეკოსისტემებისგან, რომელიც მოიცავს ცოცხალ ორგანიზმს და მისი არსებობის გარემოს.

გამოყოფენ ეკოსისტემების შემდეგ ტიპებს:

1. ბიოგენური ეკოსისტემები შედგებიან სისტემის ორგანიზატორისაგან, ცოცხალი ორგანიზმისაგან, რომელიც ბინადრობს ცოცხალ ორგანიზმზე. მაგალითად, ჰელმინტები ცხოველების სხეულში, ლიქენები ხეებზე, მიკროორგანიზმები ფოთლებზე, ბაქტერიოფაგები მიკროორგანიზმის სხეულში. გამოყოფენ ამ ტიპის შემდეგ ეკოსისტემებს: მცენარე მცენარეზე, ცხოველი ცხოველზე, მიკროორგანიზმები მიკროორგანიზმებზე, მიკროორგანიზმები ცხოველზე, მიკროორგანიზმები მცენარეებზე, ცხოველები მცენარეებზე. ამ სისტემების არსე-

ბობის ხანგრძლივობა განსხვავებულია – რამდენიმე წამიდან საუკუნეებამდე.

2. ორგანოგენური ეკოსისტემები – ისეთი ეკოსისტემებია, რომლებშიც ცოცხალი ორგანიზმი ცოცხლობს მკვდარ ორგანულ ნივთიერებაზე (საპროფიტები). მათ მიეკუთვნება ხოჭოების მატლი მკვდარი თხუნელას სხეულში, ბუზების მატლი ექსკრემენტებში, სოკოები ნეშომპალაზე, საფუარები ყურძნის წვეთში. ამ ეკოსისტემების (ცოცხალი ორგანიზმები) ორგანიზატორები შეიძლება იყვნენ მცენარეები, ცხოველები, მიკროორგანიზმები.

3. ბიოკოსნური ეკოსისტემები – ცოცხალი ორგანიზმები, რომლებიც ბინადრობენ სუბსტრატებში და თავისი წარმოქმნით დაკავშირებულია ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს, ლითოსფეროს აბიოტურ სუბსტრატებთან. სხვადასხვა დონის ბიოკოსნური ეკოსისტემები კლასიფიცირდება არა მარტო სისტემის ორგანიზატორების მიხედვით, არამედ იმ სუბსტრატის მიხედვით, რომელიც წარმოადგენს ბიოკოსნური ეკოსისტემის საფუძველს. ასე მაგალითად, ორგანიზატორების მიხედვით გამოყოფენ: მცენარეულ, ცხოველურ, მიკრობულ ეკოსისტემებს. სუბსტრატების მიხედვით აირიან, თხიერ, მყარ ბიოკოსნურ ეკოსისტემებს.

რეალურ ბიოსფეროში ეკოსისტემები ერთიანდებიან ერთობლიობებში, უფრო რთულ ეკოსისტემებში.

არსებობს ბიოსფეროს ორი სახე: ბიოჰიდროსფერო (ოკეანეები, ზღვები, ტბები, მდინარეები) და ბიოგეოსფერო. ბიოსფეროს ამ ორ სახეობას შორის არსებობს გადასვლები (ჭალა, ხელოვნური წყალსატევები), რომლებშიც მჟღავნდება ბიოსფეროს ორივე სახის თვისებები. ბიოსფეროს ორივე სახეობაში არსებობს ბიოკოსნური სხეულების სამივე ტიპი (თხიერი, მყარი, გაზისებრი).

თხიერ ბიოკოსნურ სხეულებს მიეკუთვნება ბუნებრივი წყლები (ზღვები, ტბები, მდინარეები) და ხელოვნური

წყალსატევები (წყალსაცავები და ტბორები). თხიერ ბიოკოსნურ სხეულს მიეკუთვნება გუბეც. მასში ცხოვრობენ ავტოტროფები და ჰეტეროტროფები, ამ ნივთიერებების სიცოცხლის ციკლები ექვემდებარებიან კლიმატურ რიტმებს, ზოლოზოგიერთ პირობებში – ამინდს. როგორც ნიადაგს, ამ ბიოკოსნურ სხეულებსაც გააჩნია ნაყოფიერება, უნარი მოამარაგოს მცენარე საკვები ნივთიერებებით. წყლის ეკოსისტემების სტრუქტურა ნაკლებად გამოსახულია, თუმცა შესაძლებელია გამოიყოს სხვადასხვა ეკოსისტემები.

გაზისებრი ეკოსისტემები – ეს არის პლანეტის გაზისებრი გარსის ქვედა შრეები. ამ გაზისებრ, ჰაეროვან სისტემებში ბინადრობენ ფრინველები, მწერები, მიკროორგანიზმები, ისინი შეიცავენ აეროზოლებს, წყლის ორთქლს, ზოგჯერ წყალს თხიერ ფაზაში.

ნიადაგები, წყალსატევების ფსკერულ ნაფენებთან ერთად, წარმოადგენენ მყარ ბიოკოსნურ სხეულებს. ამ სხეულებისთვის დამახასიათებელია ყველა ის ნიშანი, რაც გააჩნია სხვა ბიოკოსნურ სხეულებს: ნაყოფიერება, ცოცხალი ორგანიზმების ფუნქციონირება, კლიმატურ და ამინდის ციკლებთან დაკავშირებული თვისებების ცვალებადობა.

სწორედ ეს ბიოკოსნური სხეულები შეადგენენ ბიოსფეროს. ბიოკოსნური სხეულების წარმოქმნის შედეგად შესაძლებელი გახდა ბიოსფეროს ფორმირება.

დედამიწის გეოლოგიური მატრიანე იძლევა საშუალებას გამოავლინოს ყოფილი ბიოკოსნური სხეულები, რომლებიც გარდაიქმნენ გეოლოგიურ ქანებში სხვა ნაფენებით მათი გადამარხვის შედეგად. ასეთ ყოფილ ბიოკოსნურ სხეულებს მიეკუთვნება ქვანახშირის, ცარცის, კირქვის შრეები, მრავალი ფხვიერი დანალექი ნაფენები, მეტამორფული ნაფენების ნაწილი. ამ შრეებში ხშირად გვხვდება ცოცხალი ორგანიზმების ნარჩენები, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ, ეს შრეები თავის დროზე იყვნენ ბიოკოსნური სხეულები.

ფხვიერი დანალექი ნაფენები, მეტამორფული ნაფენების ნაწილი. ეს შრეები თავის დროზე ხშირად იყვნენ ბიოკოსნური სხეულები.

ბიოკოსნური სხეულები ახორციელებენ კავშირს ავტოტროფებსა (მცენარეები) და ჰეტეროტროფებს (ცხოველები, მიკროგანიზმები) შორის.

ნიადაგს გააჩნია სხვა ბიოკოსნური სხეულისგან განმასხვავებელი ნიშნები. ნიადაგის თავისებურება დაკავშირებულია ბიოქიმიურ პროცესებთან, ნიადაგში ორგანული ნივთიერების გარდაქმნასთან. ამის შედეგად ნიადაგი იძენს განსხვავებულ ჰორიზონტებს, მათ შორის ჰუმუსოვანს, გარდამავალს და ა.შ. სწორედ ერთიანი, გეოლოგიური ქანის ჩვეულებრივ იზოტროპული მასის დაყოფა ჰორიზონტებად და ანიზოტროპული მყარი სხეულის ფორმირება წარმოადგენს ნიადაგწარმოქმნის პროცესს.

ამ ბოლო წლებში სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მაქსიმალური მოსავლის მისაღებად ფართოდ ინერგება ხელოვნური ბიოკოსნური სხეულების შექმნა. მაგალითად, ჰიდროპონიკის მეთოდი დაფუძნებულია საკვები ხსნარების შექმნაზე. ამ დროს მცენარეები უზრუნველყოფილია ყველა საჭირო საკვები ნივთიერებებით, მაქსიმალურად მექანიზირებული და ავტომატიზირებული ტექნოლოგიის პირობებში.

ერთის მხრივ, ნიადაგი არ წარმოადგენს ბუნების უნიკალურ სხეულს და შედის ბიოსფეროს ბუნებრივი ბიოკოსნური სხეულების ჯგუფში, ხოლო, მეორეს მხრივ, ადამიანის და მისი მომავლის თვალსაზრისით — ნიადაგი უნიკალური ბუნებრივი სხეულია, რომლის ეკოლოგიურ თვისებებზეა დამოკიდებული კაცობრიობის მომავალი.

ბიოსფერო არსებობდა ფანეროზოიში თუ არა, კემბრიუმში მაინც, როდესაც გაჩნდნენ ცოცხალი ორგანიზმები. სილურში სიცოცხლე, ცოცხალი ორგანიზმები გამოვიდნენ წყლიდან ხმელეთზე (წყალმცენარეები, სოკოები, ლიქენები).

ხავსები გაჩნდნენ ღვეონში, გვიმრასნაირები – ქვანახშირის პერიოდის დასაწყისში, ხოლო შიშველთესლიანები – ბოლოში.

პირველადი ნიადაგები ჩამოყალიბდნენ ხავსების ქვეშ და გვაგონებდნენ თანამედროვე ტორფნარებს, ტორფიან-ეწერ ნიადაგებს. გვიმრების ქვეშ ვითარდებოდნენ ტორფნარ-ნეშომპალა ნიადაგები მძლავრი ორგანოგენური ჰორიზონტით, რომელიც შემდგომ გარდაიქმნა ქვანახშირის შრეში.

ქვანახშირის პერიოდის ბოლოს, წიწვიანი ჯიშების ქვეშ ფორმირდებოდნენ ეწერი, ყომრალი და მათი ანალოგიური ნიადაგები. მხოლოდ იურის ბოლოს, ფარულთესლიანი მცენარეების, მათ შორის ბალახების გაჩენის შემდეგ, უკვე არსებულ ნიადაგებთან ერთად, დაიწყო შავმიწების, წაბლა, ტყის რუხი, ბიცობების და ბიცების ფორმირება.

ეკოსისტემებში ნიადაგისთვის დამახასიათებელია ორი ძირითადი ფუნქცია: ეკოლოგიური და ბიოგეოქიმიური. ლ. კარპაჩევსკის (1993) მიხედვით, ეს ფუნქციები შეიძლება დაიყოს მთელ რიგ კონკრეტულ ფუნქციებად:

1. *ნიადაგი, როგორც სასიცოცხლო სივრცე.* ტყის ეკოსისტემებში ფესვების მარაგი შეადგენს 20-30 ტ/ჰა, ცხოველების 1-2 ტ/ჰა, მიკროორგანიზმების 5 ტ/ჰა-მდე. ყველა ესენი ბინადრობენ ნიადაგში და იყენებენ მის ფორივან სივრცეს. ნიადაგის სიმკვრივე 1,4 გ/სმ³ მკვეთრად ამცირებს ფესვების და ცხოველების შეღწევის შესაძლებლობას ნიადაგში. ამ შემთხვევაში ნიადაგი, როგორც სასიცოცხლო სივრცე ფუნქციონირებს შეზღუდულად.

2. *ნიადაგი, როგორც მექანიკური საყრდენი.* ამით ის წარმატებით ემსახურება ბალახებს და ბუჩქებს, მაგრამ ნაკლებად საიმედოდ – ხეებს. ცალკეულ ნიადაგზე გარკვეული სიმაღლის და ვარჯის სიღიღის მიღწევისას შეიძლება მოხდეს ამოვარდნა, რადგანაც ნიადაგი ვერ გაუძლებს ხის

წონით, ქარის ქმედებით გამოწვეული ძალის ზემოქმედებას და მოხდება ნიადაგის ნაწილის მოგლეჯვა დანარჩენი მასისგან. ცალკეული ამოვარდნები ტყის ეკოსისტემებისთვის ბუნებრივი მოვლენაა და ხასიათდება მიახლოებული პარამეტრებით (ხის სიმაღლით და დიამეტრით, დარღვევის ფართობით, მსგავსი მიკრორელიეფით), მაგრამ იმ შემთხვევაში, როდესაც ნიადაგის როგორც მექანიკური საყრდენის მაჩვენებლები შეზღუდულია, შეიძლება მოხდეს ხეების მასიური ამოვარდნა. ნიადაგის ამ ფუნქციას დიდი მნიშვნელობა აქვს მცენარეების, მათ შორის ბალახების, კონკურენციის შემთხვევაში, როდესაც მცენარე იკავებს ნიადაგის გარკვეულ მოცულობას, ათავსებს ფესვებს ფოროვან სივრცეში, ის ზღუდავს ნიადაგში სხვა მცენარეების ფესვების გავრცელებას, რასაც ხელს უწყობს თვით ნიადაგი, მისი თვისებები.

3. *ნიადაგი, როგორც თესლის შემნახველი.* ბევრ შემთხვევაში თესლი ინახება მრავალი წლის მანძილზე და ამასთან არ კარგავს აღმოცენების უნარს. ეს უნდა დავუკავშიროთ ნიადაგს, როგორც თესლების საკუჭნაოს. შესაძლებელია, რომ ნიადაგში, ნიადაგურ ხსნარში ინახება ნივთიერებები, რომლებიც ხელს უწყობენ (ინგიბირებენ) გარკვეული თესლების გაღვივებას. ამ ნივთიერებებს გამოყოფენ ეკოსისტემების ძირითადი მცენარეები.

4. *ნიადაგი, როგორც წყლის და საკვები ნივთიერებების შემნახველი.* ნიადაგის სწორედ ეს ფუნქცია მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მის ნაყოფიერებას. ნიადაგში წყლის მარაგი განისაზღვრება მისი ტენტევადობით, ე.ი. ნიადაგების ზვედრითი ზედაპირის სიდიდით, რომელსაც შეუძლია შთანთქოს წყალი და ფორების, განსაკუთრებით კაპილარული, რაოდენობით, რომლებიც შეიძლება შეივსოს წყლით. ეს პარამეტრები დაკავშირებულია ნიადაგების გრანულომეტრულ შედგენილობასთან, მინერალური მარცვლების სტრუქტურას-

თან, რომლებიც შეადგენენ გრანულომეტრულ ფრაქციებს და თვით ნიადაგის სტრუქტურასთან.

საკვები ელემენტების მარაგი დამოკიდებულია პირველადი და მეორადი მინერალების ხასიათზე, ჰუმუსის რაოდენობასა და ხარისხზე, ნიადაგის ხვედრით ზედაპირზე, მჟავიანობაზე.

ნიადაგში, განსაკუთრებით ტყის ნიადაგში, მრავალი წლის მანძილზე ინახება სხვადასხვა თესვები, რომლებიც ხშირად არ შეესაბამება ზრდის მოცემულ პირობებს. ხელსაყრელ პირობებში, ჩვეულებრივ ნიადაგის განათების (ჭრები) ან ექსტრემალური მოვლენების (ყინვები, გვალვა) შეიძლება მოხდეს მათი გააქტიურება და აღმოცენება. ნიადაგის ეს ფუნქცია ხელს უწყობს ბალახების პოპულაციების განახლებას ტყის ეკოსისტემებში.

5. *ნიადაგი, როგორც ფერმენტების დეპო.* როგორც წესი, თავისი წარმოშობით ეს ფერმენტები დაკავშირებულია მიკროორგანიზმებთან. ისინი გამოიყოფიან მიკროორგანიზმებით გარემოში, ნიადაგში. ცოცხალი ორგანიზმის ყველა ცნობილი ფერმენტი აღინიშნება ნიადაგში. ეს ფერმენტები მონაწილეობენ აზოტის ნაერთების გარდაქმნაში, ზეჟანგების, სხვა ორგანული ნივთიერებების დაშლაში. დადგენილია მთელი რიგი ფერმენტების კავშირი ნიადაგის ნაყოფიერების დონესთან.

6. *ნიადაგი, როგორც ხისტი მექანიკური ბუფერული სისტემა.* მცენარეების და ცხოველების ცხოვრებაში ნიადაგი თამაშობს განსაკუთრებულ დაცვით როლს. ის ეწინააღმდეგება ნიადაგში არსებული ფესვების, ცხოველების მექანიკურ დაზიანებას. ნიადაგის ასეთივე დაცვით ფუნქციას მიეკუთვნება მისი ქიმიური ბუფერობა.

7. *ნიადაგი, როგორც წყლოვანი და თბური რეჟიმების მარეგულირებელი.* თბური და წყლოვანი მიმოქცევა ნიადაგსა და ატმოსფეროს შორის ხშირად შენელებულია, რაც მცე-

ნარეებისთვის საჭირო ტემპერატურის და ტენიანობის შენარჩუნების საშუალებას იძლევა.

8. *ნიადაგი, როგორც სანიტარი.* ამ ფუნქციის გამომჟღავნებაში აღინიშნება სამი ძირითადი ასპექტი.

პირველი მათგანი დაკავშირებულია ნიადაგის ზედაპირზე მოსული ორგანული ნარჩენების დესტრუქციასთან. დიდი ხნის მანძილზე მიაჩნდათ, რომ ორგანული ნარჩენების დესტრუქცია ხორციელდება მხოლოდ მიკრობებით. შემდგომში დადგინდა, რომ ამ პროცესში ნიადაგური უხერხემლოების მნიშვნელოვანი როლი, რომლებიც არა მარტო მონაწილეობენ ნიადაგის ზედაპირზე მოსული ჩამონაცვენის დაშლაში, არამედ ითრევენ ორგანულ ნარჩენებს ნიადაგში და ამით ზრდიან მათ შესაძლებელ აქტიურ შეცვლას. ნიადაგური ცხოველების უქონლობისას ხდება ნიადაგის ზედაპირზე მკვდარი საფარის დაგროვება, იქმნება ანაერობული პირობები. ასე მაგალითად, ტორფის მძლავრი წარმონაქმნები მნიშვნელოვნად უკავშირდება ცხოველების-საპროფიტების შემცირებულ რაოდენობას. უხერხემლოები აქტიურად მონაწილეობენ სხვადასხვა ორგანული ნარჩენების დესტრუქციაში. ჯერ კიდევ ლინეიმ დათვალა, რომ ტროპიკებში სამი ბუზის შთამომავლობა უფრო სწრაფად ჭამს ცხენის ლეშს, ვიდრე ლომი. იქ სადაც უხერხემლოების სანიტარული ფუნქცია შესუსტებულია, ეკოსისტემაში სწრაფად ვითარდება სხვადასხვა არასახარბიელო ცვლილებები. ნიადაგური ცხოველები, კერძოდ ჭიაყელები, ხელს უწყობენ მრავალი ნიადაგური მიკროორგანიზმის გამრავლებას. ასე მაგალითად, მ. გილიაროვის მიხედვით, ჭიაყელების ექსკრემენტებში მიკრობების რიცხოვნობა 3-13 ჯერ მეტია, ვიდრე მიმდებარე ნიადაგში.

მეორე ასპექტი დაკავშირებულია ნიადაგის ანტისეპტიკურ თვისებებთან, რითაც იზღუდება დამავადებელი მიკროორგანიზმების განვითარება. გაუჭუჭყიანებელ

ნიადაგებში აღინიშნება მიკროორგანიზმების სახეობები, რომლებსაც შეუძლიათ გამოიწვიონ დაავადებები ადამიანებში, ცხოველებში და მცენარეებში. ზოგიერთ ნიადაგში ხვდება ნარჩენები და ორგანული სასუქები, რომლებშიც ხშირია პათოგენური მიკროფლორის წარმომადგენლები. მაგალითად, ფეკალიები ხშირად შეიცავენ დამაავადებელ მიკრობებს. გარკვეულ საფრთხეს წარმოადგენენ ნაკელი, კომპოსტები, ტორფ-ფეკალური სასუქები, სამეურნეო ნარჩენები, ჩამონადენი სითხეები, რომელთა გამოყენების დროს დაცული უნდა იქნეს გარკვეული სანიტარულ-ჰიგიენური ნორმატივები. დასახლებული ადგილების და მიმდებარე ტერიტორიების ნიადაგები შეიძლება წარმოადგენდნენ ეპიდემიოლოგიურ საშიშროებას მათი პათოგენური მიკროფლორით დაბინძურების გამო. არსებობენ ორგანიზმები, რომლებიც საკმარის დიდი ხნით ინახება ნიადაგში (ქოლერის ვიბრიონი, ლეპტოსპიროზები და სხვ.). ნიადაგის თვითგაწმენდა დამაავადებელი მიკროორგანიზმებიდან ბევრად არის დამოკიდებული ნიადაგის თვისებებზე, მაგალითად მექანიკურ შედგენილობაზე. გარკვეული თვისებების მქონე ნიადაგები ადვილად „კლავენ“ მრავალ პათოლოგიურ მიკროორგანიზმს.

ნიადაგის სანიტარული ფუნქციის მესამე ასპექტი უკავშირდება ნიადაგური მიკრობების მიერ ცოცხალი ორგანიზმების გაცვლის პროდუქტების დაშლას. ამით ხდება ფესვების მიმდებარე ზონაში ტოქსიკური ნივთიერებების გადამეტებული დაგროვების თავიდან აცილება და შემდგომში სწრაფი გამოყვანა ორგანიზმიდან. ცდებში ნიადაგური სუბსტრატის სტერილიზაცია თრგუნავდა მცენარეებს ზრდასრული სასუქების ფონზეც.

9. *ნიადაგი, როგორც ინფორმაციული სისტემა.* ცნობილია, რომ როდესაც ნიადაგის ტემპერატურა გადადის საშუალო დღეღამურ 5⁰ ზღვარს, მასში მკვეთრად იზრდება ისეთი საკვები ნივთიერებების მოძრაობა როგორიცაა P, K,

NH₄. სხვაგვარად, ნიადაგის ტემპერატურა 5⁰ წარმოადგენს ეკოსისტემაში სავეგეტაციო პერიოდის, ნიადაგიდან საკვების ნივთიერებების მოხმარების დაწყების ნიშანს.

ნიადაგის მიერ ახალი ინფორმაციის შეძენას ხშირად თან ახლავს უკვე არსებულის დაკარგვა. მაგალითად, გვიანაპლეისტოცენურ-ჰოლოცენურ დროში კავკასიაში ხდებოდა ბუნებრივი პირობების მრაველჯერადი ცვლა. ამავდროულად ფორმირდებოდნენ რთული პოლიგენეტიკური პროფილები ბუნებრივი კომპლექსის განვითარების სხვადასხვა სტადიების შესახებ მდიდარი ინფორმაციით. მაგრამ ნიადაგების ტრანსფორმაციის შედეგად, გარემოს შეცვლასთან დაკავშირებით, მრავალმა ნიადაგურმა პროფილმა დაკარგა მასზე არსებული იმფორმაციის ნაწილი. გენეტიკური პროფილის პერიოდული ცვლა არა მარტო იწვევს არსებული ინფორმაციის გარკვეულ დაკარგვას, არამედ ამნელებს მის გაშიფვრას.

10. *ნიადაგი, როგორც ეკოსისტემის „მეხსიერება“*. ვ. ტარგულიანის და ი. სოკოლოვის თანახმად ნიადაგს გააჩნია ორგვაროვანი ბუნება. ნიადაგური სხეული შედგება „ნიადაგი-მეხსიერების“ – მისი განვითარების მთელი ისტორიის მანძილზე შექმნილი მდგრადი თვისებების და ნიშნების კომპლექსი, და „ნიადაგი-მომენტისგან“ – დაკვირვების მომენტში ნიადაგის ყველაზე ცვლადი პროცესების და თვისებების ერთობლიობა. ეკოსისტემის ყველა კომპონენტისგან განსხვავებით ნიადაგს გააჩნია ყველაზე კარგად გამოხატული გეოგრაფიული გარემოს ფაქტორების ასახვის უნარი. ნიადაგი თავის გენეტიკურ პროფილში იწერს და ინახავს ინფორმაციის ყველაზე დიდ რაოდენობას. ეს უნარი დაკავშირებულია ნიადაგის ორგვაროვან ბუნებასთან. „ნიადაგი-მეხსიერების“ წყალობით ხდება გეოგრაფიული გარემოს განვითარების ხანგრძლივი მონაკვეთების შესახებ ინფორმაციის დაგროვება და შენახვა. „ნიადაგი-მომენტის“ მეშვეობით ხდება გარემოს ყოველწუთიერი ცვლილებების სწრაფი ასახვა.

„ნიადაგური მეხსიერებისგან“ არსებითად განსხვავდება ეკოსისტემის ბიოლოგიური („გენური მეხსიერებისგან“). ეს პირველ რიგში აიხსნება იმით, რომ ნიადაგი მთლიანად არის დამოკიდებული გარემო პირობებზე და ცოცხალი ორგანიზმებისგან განსხვავებით არ შეუძლია მიგრირება გარემოს ფაქტორებთან ერთად.

„ნიადაგი-მეხსიერების“ და „ნიადაგი-მომენტის“ კონცეფციაში მნიშვნელოვანია ნიადაგის პროფილის მიერ ეკოსისტემების ცვლის სისწრაფის და სისრულის ასახვის საკითხები. ნიადაგის სხვადასხვა თვისებები და კომპონენტები განსხვავებული სისწრაფით ასახავენ ნიადაგთწარმოქმნის ფაქტორებს და პროცესებს. ამ საკითხის დასაზუსტებლად შემოღებულ იქნა „დამახასიათებელი დროის“ ცნება. რომელიმე ობიექტის ან მისი ცალკეული კომპონენტების დამახასიათებელი დროის ქვეშ იგულისხმება დრო, რომელიც საჭიროა იმისათვის, რომ გარემოს გარკვეული ფაქტორების გავლენით განვითარებული ობიექტი და მისი შემდგენელი ნაწილები, მოვიდნენ წონასწორობაში ამ ფაქტორებთან.

ნიადაგური პროფილის დამახასიათებელი დრო მის ცალკეულ კომპონენტებთან შედარებით განსხვავებულია. ასე მაგალითად, მწიფე ნიადაგური პროფილის წარმოქმნისათვის საჭიროა ასი, ათასი და ათობით ათასი წელი, მაშინ, როდესაც ნიადაგის ცალკეული შემადგენელი კომპონენტისათვის დამახასიათებელი დრო გაცილებით ნაკლებია. მაგალითად, ტენიანობისა და ტემპერატურისთვის ის შეიძლება შეადგენდეს საათებს, დღეებს; ნიადაგური ხსნარისთვის – დღე-ღამეებს, თვეებს; ნიადაგის მშთანთქავი კომპლექსისათვის – თვეებს, წლებს; A_0 პორიზონტისთვის – თვეებს.

ნიადაგი, ერთის მხრივ, ასახავს გარემოს, გენეტიკურ პროფილში იწერს, იმახსოვრებს, კოდირებს ინფორმაციას ნიადაგწარმოქმნის ფაქტორების შესახებ; მეორეს მხრივ, ასახავს რა გარემო, ცდილობს გარდაიქმნას პროდუქტში,

რომელიც გაწონასწორებული იქნება ნიადაგწარმოქმნელ ფაქტორებთან. ნიადაგის მიერ გარემო მაქსიმალურად სრულად აისახება მაშინ, როდესაც ყველა ნიადაგური თვისება მოახდენს თავისი დამახასიათებელი დროის რეალიზებას ანუ დადგება ნიადაგის სრული კლიმაქსი. რეალურ პირობებში ნიადაგის სრული კლიმაქსის დადგომა გაძნელებულია.

11. *ნიადაგი, როგორც ბიოგეოქიმიური ფუნქციების მატარებელი.* თავის მხრივ, ბიოგეოქიმიური ფუნქციები შეიცავენ ისეთ ფუნქციებს როგორიცაა ორგანული და სხვა ნაერთების აკუმულაცია, ნივთიერებების ტრანსფორმაცია, ნივთიერებების მოძრაობა ნიადაგში, ნიადაგში მცენარეების და ცხოველების სტიმულაცია და ინგიბირება. ასე მაგალითად, ყველა ნიადაგისთვის დამახასიათებელია ჰუმუსის წარმოქმნა, მისი აკუმულაცია. ამავე დროს, თვით ჰუმუსი აკავებს ეკოსისტემაში და ნიადაგში მოხვედრილ მძიმე ლითონებს.

12. *ნიადაგის აზოტდამაფიქსირებელი ფუნქცია.* ამ ფუნქციის განხორციელების შედეგად ხდება ნიადაგში აზოტის ნაერთების აკუმულირება. აზოტის პირველი, ძალიან მცირე პორცია ხვდება ნიადაგში ატმოსფეროში ამონიუმის ნაერთების სინთეზის შედეგად (ელვის განმუხტვა). მაგრამ ეს რაოდენობა უკვე საკმარისია მცენარეების განვითარებისათვის, ხოლო მათ მიერ პროდუცირებული ორგანული ნივთიერება ხელს უწყობს ნიადაგსა და ზოგიერთი მცენარის ფესვებზე აზოტფიქსირებელი ორგანიზმების (აზოტბაქტერია, ოლიგონიტროფილები, კოჟრის ბაქტერიები) განვითარებას. სწორედ ამ მომეტიდან ნიადაგი იწყებს ფუნქციონირებას, როგორც აზოტფიქსატორი და ბუნებრივ ეკოსისტემებში მისი ნაყოფიერება იწყებს ზრდას აზოტის დაგროვების შედეგად.

13. *ნიადაგის ნივთიერებების ტრანსფორმაციის ფუნქცია.* არსებითად ეს არის ნიადაგის ბიოქიმიური ფუნქცია და გულისხმობს მცენარეული და ცხოველური ნარჩენების გარდაქმნას ნიადაგურ ჰუმუსში, უფრო მარტივ ორგანულ ნაერ-

თებში. ორგანული ნაერთების ზოგიერთ ნაწილს ნიადაგი და მასში მობინადრე ცოცხალი ორგანიზმები შლიან CO_2 -მდე, რომელიც მერე გამოიყოფა ნიადაგიდან.

ამ ფუნქციის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ნიადაგ-წარმოქმნის პროცესით ხდება დედაქანების საწყისი ნივთიერებების და მტვრით, ატმოსფერული ნალექებით, ზედაპირული და გრუნტის წყლებით, მცენარეული ნარჩენებით მოსული პროდუქტების გარდაქმნა. ამ გარდაქმნის შედეგად ნიადაგის სუბსტრატი იძენს სასიკეთო თვისებებს მასზე განვითარებულ ეკოსისტემებისათვის. ასე მაგალითად, იმ ჰორიზონტებში, რომლებიც უზრუნველყოფენ მცენარეებს კვების ელემენტებით, შეიმჩნევა გახსნილ და გაცვლით ფორმაში არა მარტო მრავალი ნაერთების დაგროვება, არამედ საწყის ქანში არსებული მთელი რიგი ელემენტების შეფარდების ცვლა. ამასთან დაკავშირებით, ნიადაგები მთის ქანებთან შედარებით, ჩვეულებრივ უფრო მეტი რაოდენობით შეიცავენ ცოცხალი ორგანიზმების ქსოვილების ამგებ ნახშირბადს, აზოტს, ფოსფორს, კალიუმს და სხვა ელემენტს. ეს შესაძლებელი ხდება ნიადაგების და ცოცხალი ნივთიერებების მიერ დედა ქანების და ორგანიზმების ცხოველქმედებით წარმოქმნილი ორგანოგენური ნარჩენების უდიდესი გეოქიმიური ტრანსფორმაციის შედეგად. ამ ტრანსფორმაციის მნიშვნელოვანი შედეგია ორგანული ნარჩენების დაშლის შედეგად ფოტოსინთეზის დროს აკუმულირებული ენერგიის განთავისუფლება. ეს ენერგია თავისუფლდება არა მარტო თბური, არამედ ქიმიური ფორმითაც, რასაც არანაკლები მნიშვნელობა აქვს. ვიდრე ორგანული ნაერთების წარმოქმნას.

14. *ნიადაგი, როგორც აბიოტური კატალიზატორი.* მრავალი ნივთიერების ცვლა შეიძლება დაკავშირებული იყოს ნიადაგის აბიოტური კატალიზატორების (არა ფერმენტების, არა ბიოტური წარმოშობის) გავლენასთან. კატალიზატორე-

ბის როლი შეიძლება შეასრულონ სილიკატებმა, Mn, Fe და სხვა მძიმე ლითონების ნაერთებმა.

15. *ნიადაგის მიერ წყლის და სხვა ნაერთების სორბციის ფუნქცია.* ნიადაგის ეს ფუნქცია მეტად მნიშვნელოვანია ეკოსისტემის სიცოცხლისთვის. ამ თვისების წყალობით ნიადაგს ყოველთვის გააჩნია „წყლის გარემო“, რაც იძლევა საშუალებას განხორციელდეს სხვადასხვა წყლის რეაქციები, იცოცხლონ მიკროორგანიზმებმა (აგრეთვე სორბირებულიები ნიადაგურ ნაწილაკებზე). სორბცია აკავებს ნიადაგში ორგანულ ნივთიერებებს და იძლევა მათი მატრიცული აღწარმოების საშუალებას.

16. *ნიადაგის ნივთიერებების გადაადგილების ფუნქცია.* მრავალი (თუ არა ყველა) ნიადაგური პროცესი დაკავშირებულია ნივთიერებების გადაადგილების ამა თუ იმ ფორმასთან. ნიადაგის ეს ფუნქცია გამოიხატება ხსნად მდგომარეობაში ან წყალთან ერთად ზოლის გადაადგილებაში. სწორედ მოძრაობის ეს ფორმები უდევს საფუძვლად გაეწერებას, ლესივაჟს, განმარილებისას ბიცის ბიცობში ევოლუციას და სხვ. მაგრამ ნივთიერებების მოძრაობა შეიძლება მიმდინარეობდეს არა მარტო წყლით, არამედ ღიფუზიის სახით კონცენტრაციის გრადიენტის მიხედვით. ღიფუზიის პროცესებს ემყარება ფესვების მინერალური კვება: ფესვის ირგვლივ საკვები ნივთიერებების მოხმარებით მცენარე ქმნის კონცენტრაციის გრადიენტს და ნიადაგის ფესვგარშემო მოცულობაში (ჩვეულებრივ სიგანით 3 მმ) იწყებენ ღიფუნდირებას საკვები ნივთიერებები. რაც უფრო მაღალია ნიადაგის ტემპერატურა, მით უფრო სწრაფად მინდინარეობს ღიფუზიის პროცესები.

გადაადგილების ფუნქციას მიეკუთვნება აგრეთვე ნიადაგის გაზის ცვლა ატმოსფეროსთან. ნიადაგიდან ატმოსფეროში გამოიყოფა CO_2 , მეთანი, სხვა აქროლადი ორგანული ნაერთები, ხოლო ნიადაგური ჰაერიდან შთაინთქმება აზოტი, იხარჯება ჟანგბადი (ფესვების, ცხოველების, მიკრო-

ორგანიზმების სუნთქვაზე). ნიადაგის გაზის ცვლა ატმოსფეროსთან ჯერ კიდევ ნაკლებად არის შესწავლილი, რაც დაკავშირებულია მისი მრავალი კომპონენტის მცირე კონცენტრაციებთან, მინდორში მათი პირდაპირი განსაზღვრის სირთულეებთან და მომდევნო ზუსტი ანალიზისთვის ნიმუშების შერჩევის სიძნელეებთან.

17. *ნიადაგი როგორც ამა თუ იმ ორგანიზმების ინგიბიტორი და სტიმულატორი.* ცნობილია, რომ ნიადაგში გარკვეული დროის მანძილზე შეიძლება შენარჩუნებულ იქნენ სხვადასხვა ორგანული ნაერთები, მათ შორის ჰორმონები, ფერმენტები. ძალიან ხშირად ერთი სახეობის მცენარეების ალელოპათიური გავლენა სხვაზე, მიმდინარეობს ნიადაგის მეშვეობით, მასში რაღაც ნივთიერებების დაგროვების შედეგად. შესაძლებელია მნიშვნელოვნად ბიოქიმიასთან, ანტიბიოტიკების ტიპის გარკვეული გამოყოფის არსებობით, რომლებიც შეიძლება გამოყონ ნიადაგურმა აქტინომიცეტებმა.

18. *ნიადაგი, როგორც დაცვითი და ბუფერული სისტემური ეკრანი.* ხანგრძლივი ევოლუციის შედეგად ფორმირებული ეკოსისტემების ზონალური ტიპები გამოირჩევიან მნიშვნელოვანი მდგრადობით. ეს შესაძლებელი ხდება მათში ბუფერული და მარეგულირებელი მექანიზმების უკუკავშირის არსებობის შედეგად. ჰომესტატიკური რეგულირების ეს უნარი მეტად მნიშვნელოვანია, რადგანაც ის უზრუნველყოფს დედამიწაზე ჩამოყალიბებული ეკოსისტემების ფუნქციონირების მდგრადობას. ეს კი ბიოსფეროს კეთილდღეობის საწინდარია.

ნიადაგს გააჩნია ეკოსისტემებში შემავალი ნივთიერებების და ენერგიის მკვეთრი რყევადობის ნივთიერების უნარი. ეს მეტად არსებითია, რადგანაც ეკოსისტემების შემადგენლობის, სტრუქტურის და ფუნქციონირების შენარჩუნება ხდება მაშინ, როდესაც ის ამ ნაკადების რყევადობა არ სცილდება გარკვეულ, ანუ ტოლერანტობის საზღვრებს. ასეთი

ნიველირების მაგალითს წარმოადგენს ეკოსისტემების მიწის-ზედა იარუსში ტენიანობის და ტემპერატურის გასწორება. ნიადაგის მიერ ატმოსფერული ტენის შეწოვის და აკუმულირების შედეგად, ერთის მხრივ, ხდება მის ზედაპირზე თოვლის დნობის და თავსჩმების დროს მოსული წყლის დაგროვების თავიდან აცილება, მეორეს მხრივ, აღინიშნება გვალვების დროს მიწისზედა ფენებში ჰაერის გადამეტებული სიმშრალის შესუსტება. ნიადაგის მსგავსი ქმედება აღინიშნება ეკოსისტემის ზედა იარუსის ტემპერატურის ცვალებადობასაც.

ამ ფუნქციის არსებით მხარეს წარმოადგენს აგრეთვე სხვადასხვა ფაქტორებით ნიადაგებით ეკოსისტემების დაცვას – წყლით, ჰაერით, სიმძიმის ძალით გამოწვეული მექანიკური დაზიანებისგან. ეს მიიღწევა ნიადაგის ისეთი თვისებებით, როგორიცაა წყლისმიერი ეროზიის აღკვეთა, მცენარეების ვერტიკალურ მდგომარეობაში შენარჩუნება, წვრილმიწის გამტვრიანების წინააღმდეგობა და სხვ. ეს თვისებები კარგად აქვთ გამოხატული ყამირ ნიადაგებს და უარესდება მათი დამუშავებისას. მელიორაციული ღონისძიებების კომპლექსს შეუძლია არა მარტო შეინარჩუნოს ეს თვისებები, არამედ გაუმჯობესოს ისინი, განსაკუთრებით დაბალნაყოფიერი ნიადაგების შემთხვევაში.

19. *ნიადაგი, როგორც მასში მოხვედრილი სიცოცხლის „ნარჩენების“ ტრანსფორმატორი.* ეს პრობლემა ჩვეულებრივ წყდება „ედაფონით“, ნიადაგის მოსახლეობით.

20. *ნიადაგი, როგორც ეკოსისტემების რიცხოვნობის, შემადგენლობის და სტრუქტურის რეგულატორი.* ამ ფუნქციის ერთ მნიშვნელოვან ფორმას წარმოადგენს ნიადაგური ფაქტორების ზემოქმედება ეკოსისტემების კონკრეტული, კონსორციული (თანასაზოგადოებრივი) სტრუქტურის ფორმირებაზე. მიაჩნიათ, რომ სხვადასხვა ორგანიზმების კონსორციულ კავშირებში წამყვანი ადგილი ეკუთვნის უმაღლეს

მცენარეებს. ხოლო ამ მცენარეების, განსაკუთრებით ფესვთა სისტემების, სივრცობრივი განაწილება მნიშვნელოვნად განისაზღვრება ნიადაგების თვისებების და რეჟიმების რეალური დინამიკით.

ეკოსისტემის ნებისმიერი ტიპის ფარგლებში, მცენარეების ყოველი სახეობის ფესვებთან დაკავშირებულია ნიადაგში მობინადრე ორგანიზმების სპეციფიკური კომპლექსები: სოკოები, მიკორიზები, რიზოსფერული ბაქტერიები, ფიტოფაგები – ნემატოდები, მწერები და სხვ. ნიადაგური ორგანიზმების დაკავშირება ფესვთა სისტემებთან განსაკუთრებით მკაფიოდ მჟღავნდება არიდულ პირობებში, სადაც ხდება ფესვების ლოკალიზება ტენით გადიდებული შემცველობის ნიადაგის ნაკვეთებზე. ამის შედეგად, ხშირად მკვეთრად მჟღავნდება ნიადაგში მობინადრე ცხოველების (როგორც წვრილი, ისე მსხვილი) გავრცელების არაერთგვაროვნება. ცნობილია ნიადაგური უხერხემლოების განსახლების კავშირი ნიადაგის ცალკეულ თვისებებთან. ასე მაგალითად, ობობების, ჭიაყელების დიფერენციაცია დამოკიდებულია მკვდარი საფარის მასაზე; მოლუსკების – ნიადაგის pH-ზე და ა.შ. კარგა ხანია ცნობილია ნიადაგის გავლენა ეკოსისტემების შემადგენლობაზე. ნიადაგი ზემოქმედებას ახდენს მათში მოხვედრილი თესლების განვითარებაზე. თესლების დიდი რაოდენობიდან, როგორც წესი, აღმოცენდება მცირე ნაწილი, რაც მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ნიადაგების წყლოვან-ჰაეროვან, ტემპერატურულ და კვებით რეჟიმებზე, pH, მასში მეტაბოლიტების შემცველობასა და შეფარდებაზე. სასუქების შეტანით ზოგიერთი ნიადაგი განიცდის არსებით ცვლილებას. მაგალითად თერმოფილური მიკროორგანიზმების განვითარება იმ ნიადაგებში ხდება სადაც ნაკელი შეაქვთ დიდი რაოდენობით.

21. *ნიადაგი, როგორც გამშვები მექანიზმი.* ეკოსისტემების ეს ფუნქცია მჟღავნდება ეკოლოგიური პირობების

შეცვლისას, მაგალითად, ნიადაგების დამლაშების თუ დაჭაობების შემთხვევაში, რაც იწვევს ნიადაგების სტადიურ გარდაქმნას და შესაბამისი სუქცესიების შეცვლას.

ნიადაგური ფიტოფაგების მოქმედება შეიძლება განიხილებოდეს, როგორც მცენარეული საფარის სუქცესიების განმსაზღვრელი ფაქტორი. მდელოებზე ფესვის მავნებლების მოქმედების შედეგად ზოგიერთი მცენარე იღუპება, ხოლო განთავისუფლებულ ადგილზე სახლდება მოცემული ასოციაციის სხვა სახეობა. ამის შედეგად ადგილი აქვს ერთი ეკოსისტემის ფარგლებში წვრილი ფიტოცენოტური კომპლექსების მუდმივ ცვლას. ამის გარდა, ნიადაგური ფიტოფაგების მოქმედებამ შეიძლება გამოიწვიოს ბალახოვანი მცენარეული ასოციაციების სუქცესიები ზოგადად.

22. ნიადაგი, როგორც სეზონური და სხვა ბიოლოგიური პროცესების ნიშანი. ეს ფუნქცია მრავალწახნაგოვანი და არსებითია. ის კონტროლდება პირველ რიგში ნიადაგების პერიოდულად ცვლადი პარამეტრებით. საქართველოს ტყეების ზედა სარტყლის ნაძვნარების ფესვების ზრდის დაწყების ძირითადი ფაქტორია ნიადაგის ტემპერატურა. უფრო ცივ ჩრდილოეთ დებრესიულ ადგილებში, რომლებიც იზბორება მდნარი წყლებით, ნაძვის ზრდა ფერხდება 10-20 დღით, მიუხედავად იმისა, რომ ჰაერის ტემპერატურა ხელსაყრელია ვეგეტაციისთვის. ცივ წლებში ფესვების ზრდის პერიოდი მცირდება. ასევე 5-10 % მცირდება მათი ბიომასა.

ნიადაგის ტემპერატურა, როგორც სეზონური განვითარების მარეგულირებელი ფაქტორი, განისაზღვრება მრავალი შემადგენლით: ნიადაგების თბოტევადობით და თბოგამტარობით, სითბოს (სიცივის) მარაგებით, ტენიანობით, ჰაერის ტემპერატურით, რადიაციის ნაკადით და ნიადაგის არეკვლითი უნარით, ღამის საათებში გამოსხივების ინტენსივობით და სხვ. მოცემული პარამეტრები ბევრად განისაზ-

ღვრება ნიადაგების ძირითადი თვისებებით. ასე მაგალითად, მექანიკური შედგენილობის მიხედვით, ნიადაგის თბოტევადობა შეიძლება განსხვავდებოდეს 5-ჯერ, ხოლო ტენიანობის მიხედვით – 15-ჯერ. ზაფხულობით ნიადაგი, როგორც წესი, ჰაერზე უფრო ცივია.

არსებითია აგრეთვე სიღრმით ნიადაგის ტემპერატურის ცვალებადობის შემცირება. ჭაობებში დაღვენილია ტემპერატურების შემდეგი ცვლა: დღე-ღამური რყევადობები ნათლად შეიმჩნევა 15-25 სმ სიღრმეზე; წლიური – 3 – 3,5 მ სიღრმეზე. ამგვარად, ნიადაგის ტემპერატურა, როგორც სეზონური ბიოლოგიური პროცესების რეგულაციის ფაქტორი, შეიძლება განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი იყოს მცირე სიღრმეზე მობინდარე ორგანიზმებისათვის.

ნიადაგის ტემპერატურა არა მარტო ორგანიზმების ცხოველმოქმედების სეზონური ციკლების დაწყების ან შეწყვეტის ნიშანია, არამედ განსაზღვრავს მთელ რიგ ფიზიოლოგიურ პროცესს. დადგენილია, რომ ნიადაგის ტემპერატურის დაწვეისას ხდება ტრანსპირაციის ინტენსიობის შემცირება, ხოლო აწვეისას – მისი გაძლიერება. ცდებით ნაჩვენებია, რომ ფესვთა ზონის გათბობა ზრდის მცენარეების უნარს აიღონ წყალი მინერალური საკვების დაბალი ტემპერატურებისას. ნიადაგის ტემპერატურის დაწვეისას შეიძლება ზღებოდეს ფოტოსინთეზის და სუნთქვის ინტენსიობის დაქვეითება. სითბოს მოყვარულ მცენარეებში (სიმინდი) ეს დაქვეითება უფრო ძლიერად არის გამოხატული, ვიდრე სიცვივსაღმში მდგრად (კარტოფილი, ზორბალი) მცენარეებში.

არა ნაკლებ არსებითია ცოცხალი ორგანიზმების სეზონური განვითარების და აქტიობის მარეგულირებელი სხვა ნიადაგური ფაქტორების მნიშვნელობა. ცნობილია, რომ არასაკმარისი დატენიანების რაიონებში წლიურ ციკლში მრავალი მცენარის განვითარების ფაზების ცვლა განისაზღვრება პირველ რიგში ნიადაგების წყლოვანი რეჟიმების დინამიკით.

ამის ნათელი მაგალითია ეფემერების და ეფემეროიდების გაძლიერებული სეზონური განვითარება, რომლებიც განპირობებულია არიდულ ლანდშაფტების ნიადაგების წყლით უზრუნველყოფი მოკლე პერიოდით.

მწერების კვერცხების განვითარება ნიადაგში დამოკიდებულია მის ტენიანობაზე. მაგალითად, კალიებში ის იწყება მხოლოდ იმ პერიოდში, როდესაც იმ შრის ტენიანობა, სადაც დადებულია კალიას კვერცხები, აღემატება მკვდარ მარაგს. ეკოსისტემების სეზონურ ცვლილებებსა და განვითარებაზე კვებითი რეჟიმის წლიური დინამიკის გავლენის მაგალითს წარმოადგენს ნიადაგების მიკროორგანიზმების რიცხოვნობის რყევადობა მოსული მცენარეულ ჩამონაცვენთან კავშირში. დადგენილია მიკრობების რაოდენობის შემოდგომაზე აფეთქება, რაც უკავშირდება ახალი ორგანული მასალის მოსვლას.

23. *ნიადაგი, როგორც ნაყოფიერების მატარებელი.* ნიადაგის ნაყოფიერება წარმოადგენს ნიადაგის ყველაზე ინტეგრარულ ფუნქციას, რომელიც განისაზღვრება მისი ყველა თვისების და ზემოთ დახასიათებული ფუნქციების ურთიერთმოქმედებით. ხანგრძლივი დროის მანძილზე ნიადაგური ნაყოფიერება აიხსნებოდა გამარტივებულად და უკავშირდებოდა ნიადაგის თვისებების შეზღუდულ რაოდენობას. მეცნიერების თანამედროვე მიღწევები მეტყველებენ ნიადაგების ნაყოფიერების გადიდების და რეგულირების საკითხებისადმი კომპლექსური მიდგომის აუცილებლობაზე. რომელიმე ფაქტორის ან ფუნქციის გაუთვალისწინებლობამ შეიძლება გამოიწვიოს სასუქების და სამუშაო დროის ზედმეტი ხარჯვა, ტექნიკის გაცდენა. ამ მხრივ საგულისხმოა დაბალი მოსავლეები განოყიერებულ ნიადაგებზე, რომლებიც დასნეულებულია მცენარეების პარაზიტებით და მათი მოსპობის შემდეგ მოსავლიანობის მკვეთრი ზრდა.

ამგვარად ნიადაგის ეკოლოგიური ფუნქციების მოკლე მიმოხილვა გვიჩვენებს მის მნიშვნელოვან როლს ეკოსისტემის და ბიოსფეროს ცხოვრებაში.

თავი. 3. ეკოლოგიური ფაქტორების გავლენა ნიადაგის წარმოქმნასა და თვისებებზე

ეკოლოგიური ფაქტორები განსაზღვრავენ ნიადაგის წარმოქმნასა და თვისებებს ფიზიკურგეოგრაფიული პირობების მიხედვით. აღნიშნული ფაქტორები გარემოს კომპონენტებია, რომელთა ზემოქმედებით და მონაწილეობით ხმელეთის ზედაპირზე წარმოიქმნება ნიადაგური საფარი.

გენეზისური ნიადაგმცოდნეობის ფუძემდებელმა ვ. დოკუჩაევმა ნიადაგის განმარტება დაუკავშირა ნიადაგწარმოქმნელ ფაქტორებს, რომელიც წარმოადგენს ეკოლოგიურ ფაქტორებს და იცვლება ლანდშაფტების მიხედვით. მისი განმარტებით ნიადაგი მინერალურ-ორგანული ზედაპირული წარმონაქმნია და წარმოადგენს რელიეფის, დედაქანის, კლიმატის, ორგანიზმების და ხნოვანების ურთიერთმოქმედების შედეგს.

ყველა ნიადაგი და მათი ნაყოფიერება აღნიშნულ ფაქტორთა რთული ურთიერთქმედების შედეგია და მასთან დაკავშირებით იცვლება. ცალკეული ლანდშაფტის ნიადაგის მრავალფეროვნებას განსაზღვრავს ეკოლოგიური ფაქტორების სხვადასხვაობა.

ეკოლოგიური ფაქტორები განსაზღვრავენ არამარტო ნიადაგის წარმოქმნას და თვისებებს, არამედ ახდენენ გავლენას ერთმანეთზე. ამიტომ ყველა მათ-

განი უნდა იქნეს განხილული ურთიერთკავშირში. ერთი ფაქტორის ცვლებადობა გავლენას ახდენს მეორეზე. მაგალითად, ქობულეთის რაიონში ზღვის სანაპიროდან აღმოსავლეთისაკენ რელიეფი ამფითეატრისებურად მაღლდება, ჰავა 200 მეტრ სიმაღლემდე ზღვის დონიდან ერთნაირია და წარმოდგენილია ნოტიო სუბტროპიკული, რბილი ზამთრით, ხანგრძლივი და ცხელი ზაფხულით. რელიეფური ფაქტორის გამო ქობულეთის დაბლობის ჩადაბლებულ ადგილებში გავრცელებულია ჭაობის შესაბამისი მცენარეულობა ჭაობიან-ტორფიანი ნიადაგებით. დაბლობის შემაღლებულ, კარგად დრენირებულ ტერიტორიებზე გავრცელებულია ალუვიური ნიადაგები, ხოლო ნაკლებად დრენირებულებზე გაღეშებული ალუვიური ნიადაგები. დაბლობთან მიმდებარე ოჩხამურის ტერიტორიაზე 20–30 მეტრის სიმაღლიდან 400-500 მეტრამდე გავრცელებულია წითელმიწები, რომლებიც თავისი შემაღეგნლობით ახლოა ტროპიკული ქვეყნების ფერალიტურ ნიადაგებთან.

თუ მკვლევარი ერკვევა ნიადაგსა და ეკოლოგიურ ფაქტორებს შორის კავშირსა და ისტორიაში, ასევე იცნობს გეომორფოლოგიას, გეოლოგიას, კლიმატს და მცენარეულ საფარს, შეიძლება წინასწარ განსაზღვროს თუ რომელი ნიადაგია გავრცელებული მოცემულ ტერიტორიაზე. ერთნაირ ეკოლოგიურ პირობებში ერთნაირი ნიადაგები ფორმირდება.

ეკოლოგიური ფაქტორებიდან ნიადაგწარმოქმნის პროცესში ზოგი მკვლევარი ერთ ან ორ ფაქტორს ანიჭებს უპირატესობას და პირველად მათ განიხილავს. ვ. კოვდა აღნიშნავს, რომ ვ. დოკუჩაევის ნიადაგწარმომქმნელი ფაქტორები შეისწავლეს და გააღრმავეს კ. გლინკამ და ბ. პოლინოვმა, რომლე-

ბიც წამყვან მნიშვნელობას ანიჭებდნენ მთის ქანებს და მინერალებს.

ს. ზახაროვმა ყველა ფაქტორი დაყო ორ ჯგუფად: აქტიური და პასიური. აქტიურს მიაკუთვნა ბიოსფერო, ატმოსფერო და ჰიდროსფერო, ხოლო პასიურს ქანები და რელიეფი. ვ. ვილიამსი ნიადაგ-წარმოქმნაში წამყვან როლს აკუთვნებდა ბიოლოგიურ ფაქტორს. ზოგიერთი მეცნიერი უპირატესებას ანიჭებს კლიმატს და ნიადაგწარმომქმნელი ფაქტორების დახასიათებას იწყებს კლიმატის განხილვით.

სწავლება ნიადაგწარმოქმნის ეკოლოგიურ ფაქტორებზე პირველად მოგვცა ვ. დოკუჩაევმა. მისი აზრით ჯერ ნიადაგწარმომქმნელი ქანებიდან წარმოიქმნება მინერალური ნაწილი, ხოლო შემდეგ ორგანული (ჰუმუსოვანი) ნაწილი. ამიტომ უნდა დავიცვათ მის მიერ შემოთავაზებული ფაქტორების განხილვის რიგი. პირველად უნდა განვიხილოთ ნიადაგწარმომქმნელი ქანები, შემდეგ ჰავა, ბიოლოგიური ფაქტორები, რელიეფი, ხნოვანება და ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა.

3.1. ქანი და ნიადაგწარმოქმნის პროცესი

ქანის როლი ნიადაგწარმოქმნის პროცესში ძალზე მნიშვნელოვანი და მრავალფეროვანია. ქანები აზღვენენ გავლენას ნიადაგთწარმოქმნის სისწრაფეზე, მის მიმართულებაზე, ნიადაგის ნაყოფიერებაზე. ნიადაგების განვითარებას ანელებს ქანის სიმკვრივე, წვრილმარცვლოვნება, კვარცის მაღალი შემცველობა და სხვ. მისი მინერალოგიური შემად-

გენლობა ერთგვარად ქმნის ნიადაგის ნაყოფიერების საფუძველს. ქანები, რომლებიც მდიდარია საკვები ელემენტებით, განაპირობებენ მათზე განვითარებული ნიადაგების მაღალ ნაყოფიერებას. ამიტომაც ფუძე ქანებზე (გაბრო, ბაზალტი, დოლერიტი და სხვ.) განვითარებული ნიადაგები ბევრად მეტ საკვებ ელემენტს შეიცავენ, ვიდრე მჟავე ქანების (გრანიტები, კვარცის ქვიშები, რიოლიტები და სხვ.) ნიადაგები. ამრიგად, დედამიწის ქერქი (და მისი ამგები ქანები) და ნაწილობრივ ნიადაგები მდიდარია ან ღარიბია სხვადასხვა მინერალებით და შესაბამისად მათი შემადგენელი ელემენტებით.

ნიადაგების ფორმირება იწყება მთის ქანების ზედა შრეებში. იმ შეთხვევაში როდესაც ნიადაგწარმოქმნის პროცესი მოიცავს გეოლოგიური ქანის სულ უფრო ღრმა შრეებს, ფორმირდება ჰორიზონტების სამი ძირითადი ჯგუფი: აკუმულაციური (ჰორიზონტი A), გარდამავალი (ჰორიზონტი B) და ნიადაგწარმოქმნელი ქანის (ჰორიზონტი C). მართალია, “დედა ქანი” და “ნიადაგწარმოქმნელი ქანი” გამოიყენება როგორც სინონიმები, მაგრამ უფრო ზუსტად დედა ქანი არის საწყისი გეოლოგიური ქანი, რომლისგანაც წარმოიქმნა გამოფიტვის ქერქი, რომელიც უკვე არის ნიადაგწარმოქმნელი ქანი. ხშირია შემთხვევები, როდესაც ნიადაგის პროფილი ვითარდება ერთი ქანისგან, ხოლო ეს სიზრქე ემიჯნება სხვა ქანს, რომელიც არ არის გენეტიკურად დაკავშირებული ნიადაგწარმოქმნელ ქანთან. ასეთი ქანი არის ნიადაგწარმოქმნელი და თავის დროზე აღინიშნებოდა ჰორიზონტით.

ნიადაგური რესურსების მსოფლიოს კორეალიური ბაზის (ნიადაგების საერთაშორისო კლასიფიკაციის და კორელაციის საფუძველი) მიხედვით გამოიყოფა: C ჰორიზონტები ან შრეები. ესენი წარმოადგენენ ნიადაგწარმოქმნის პროცესებით სუსტად შეცვლილ ჰორიზონტებს ან შრეებს (მყარი

ქანის გარდა), რომლებსაც არ გააჩნია ნიადაგური ჰორიზონტების (H, O, A, E ან B) ნიშნები; R შრეები, რომლებიც წარმოადგენენ მყარ ქანს, რომელიც ქვეფენილია ნიადაგისთვის; W შრეები, რომელიც წარმოადგენს წყლის შრეს ნიადაგის ქვემოთ ან მის თავზე ან წყალს, რომელიც ტბორავს ნიადაგს. ეს უკანასკნელი არსებობს მუდმივად ან პერიოდულად ჩნდება 24 საათის განმავლობაში.

ზოგჯერ დედაქანის გავლენა ნიადაგის თვისებებზე იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ ყალიბდება თვითმყოფადი (ე.წ.ლითოგენური) ნიადაგი. მაგალითად ნეშომპალა-კარბონატული ნიადაგები კარბონატულ ქანებზე (კირქვები, მერგელები, დოლომიტები) ან დასავლეთ საქართველოში წითელი ფერის გამოფიტვის ქერქზე წითელმიწები. ჩვეულებრივ ნიადაგების გარკვევა ძირითადად ხდება მისი მყარი ფაზით, რომელიც შედგება სხვადასხვა მინერალებისა და ქანის ნამტვრევებისგან.

არსებობს მთის ქანების სხვადასხვა კლასიფიკაცია. 1. გენეზისის მიხედვით: ამონთხეული, მეტამორფული და დანალექი. 2. ფიზიკური თვისებებით: მკვრივი მასიური, ნატეხოვანი ან ქვიან-ლორლიანი, ქვიშები, ქვიშნარები, თიხნარები, თიხები, ფიქლები. 3. ფორმირების გეოქიმიური თავისებურებებით: გამოფიტვის ქერქი, გამოფიტვის პროდუქტები, გადალექილი გამოფიტვის ქერქი.

ნიადაგწარმოქმნაში ქანების როლი განისაზღვრება, პირველ რიგში, მისი ფიზიკური მახასიათებლებით; ფხვიერ ქანებთან შედარებით მკვრივი ქანები უფრო ნელა ერთვებიან ნიადაგწარმოქმნაში.

დედამიწის ქერქის და მთლიანად დედამიწის შემადგენლობის დასადგენად შეისწავლება ქანების და მინერალების ქიმიური შემადგენლობა. დედამიწის ქერქი მკვეთრად განსხვავებული რაოდენობით აღინიშნება. პირველი განზოგადოება დედამიწის ქერქის შემადგენლობის შესახებ გამოაქ-

ვეყნა კლარკმა 1889 წელს. ამ სიდიდეებს ეწოდა კლარკი. შემდგომში კი სულ ახალ-ახალი მონაცემებით ხდებოდა მათი რაოდენობების დაზუსტება.

დედამიწის ქერქში ჭარბობს 3 ელემენტი: ჟანგბადი, კაჟმიწა და ალუმინი. მათი წილი 82,58 %; 6 ელემენტზე – Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti-ზე მოდის 15%. დანარჩენ ელემენტებზე კი - 2,26%.

დედამიწის ქერქში ქიმიური ელემენტები წარმოქმნიან მინერალებს, ქანების და მადნეულის შემადგენელ ნაწილებს, რომლებიც განსხვავდებიან ქიმიური შემადგენლობით და ფიზიკური თვისებებით (სიმაგრე, ფერი, სიმკვრივე, ტყვრვალობა და სხვ.).

ცხრ. 1.. დედამიწის ქერქში გავრცელებული ელემენტები

ქიმიური ელემენტი	შემცველობა	
	ვინოგრადოვით	დრონოვით და იაროშევსკით
ჟანგბადი	49,13	46,50
კაჟმიწა	26,00	25,70
ალუმინი	7,45	7,65
რკინა	4,20	6,24
კალციუმი	3,25	5,79
ნატრიუმი	2,40	1,81
კალიუმი	2,35	1,34
მაგნიუმი	2,35	3,23
ტიტანი	0,61	0,52
ნახშირბადი	0,35	0,46
წყალბადი	1,00	0,16

მინერალი წარმოადგენს ბუნებრივ ქიმიურ შენაერთს ან ელემენტარულ ნივთიერებას, რომელიც წარმოშობილია ქერქში ან მის ზედაპირზე მიმდინარე რთული გეოლოგიური პროცესების შედეგად. მინერალთა უდიდესი ნაწილი მყარ კრისტალურ მდგომარეობაშია: კაჟმიწა, მინდვრის შპატები, ქარსები, პიროქსენები და სხვ. არის თხევადი: წყალი, ნავთობი, ვერცხლიწყალი და სხვ. მცირე ნაწილი გაზობრივ მდგომარეობაშია: გოგირდწყალბადი, ნახშირორჟანგი, ამორფული ალოფანი და სხვ. კრისტალურ ნივთიერებაში იონები განლაგებულია მკაცრად, ამ ნივთიერებისათვის გარკვეული წესით და წარმოშობენ კრისტალურ მესერს. ამორფულში ასეთი კანონზომიერება იონების განლაგებაში არ აღინიშნება. გარდა კრისტალური ნივთიერებისა აღინიშნება კოლოიდები — ფარულკრისტალური სახეობები, რომლებიც შედგებიან დისპერსული გარემოსა და დისპერსული ფაზისაგან (მიცე-ლები). იგი წარმოადგენს ძალზედ წვრილ გაბნეულ ნაწი-ლაკებს დისპერსიულ გარემოში. ესაა უწვრილესი კრისტა-ლები (მათ გააჩნიათ კრისტალური მესერი).

ქანების ამგები მინერალები იყოფა პირველად და მეორად მინერალებად. პირველადი მინერალები გამოკრის-ტალდებიან უშუალოდ მაგმიდან, ხოლო მეორადები კი ჩნდებიან პირველადი მინერალების დაშლის და შეცვლის შე-დეგად. მაგ., ფელდშპატების დაშლის შედეგად ჩნდება კაო-ლინიტი. მინერალები იჩენენ სხვადასხვა მდგრადობას გამო-ფიტვისადმი, რაც დამოკიდებულია მათ შემადგენლობაზე და თვისებებზე. არჩევენ მექანიკურ და ქიმიურ მდგრადობას. მექანიკური მდგრადობა დაკავშირებულია მინერალის სიმაგ-რეზე, ტყეფადობაზე და სხვა ფიზიკურ თვისებებზე, მის კონსისტენციაზე, შემადგენლობაზე, დისპერსიულობის ხარის-ხზე, გარემოს თვისებებზე და ამ გარემოში ყოფნის დროზე.

გამოფიტვის პროცესი მიმდინარეობს 2 მიმარ-თულებით — პირველი, მინერალების ჰიდროლიზი, რის შედე-

გადაც წარმოიშობა ნივთიერება უფრო მცირე ზომის მოლეკულებით. მათი ნაწილი გამოიტუტება წყლის დაღმაყალი მოძრაობით, დარჩენილი კი გადადის ამორფულ ფაზაში. მეორე შემთხვევაში პირველადი მინერალები თანდათანობით გარდაიქმნებიან ახალ მინერალებად შემორჩენილი კრისტალური მესრით. გამოფიტვისას განთავისუფლებული ფუძეები წარმოშობენ მინერალების მჟავებთან მარილებს: კარბონატებს, ნიტრატებს, ქლორიდებს, ფოსფატებს. სხვადასხვა მინერალებს გააჩნია უნარი სხვადასხვა ღონით შეეწინააღმდეგოს გარეშე ზემოქმედებას, რის შედეგად გამოფიტვის პროცესში ხდება უფრო მდგრადი მინერალების კონცენტრაცია – დაგროვება და მცირდება – შეიძლება სულაც გაქრენ არამდგრადი მინერალები.

ყველა მინერალი მდგრადია გარკვეულ თერმოდინამიურ პირობებში, რომლის შეცვლის შედეგად იგი იშლება და გადადის ახალ, შეცვლილ და სხვა მდგრად მდგომარეობაში. თანამედროვე წარმოდგენით მინერალთა უმეტესობა წარმოიშობა ქერქის სიღრმეში მაგმური მდნარის ან მისი წარმოებულიდან (გაზის, ორთქლის, ცხელი ხსნარების) კრისტალიზაციის შედეგად, ერთმანეთთან, შეცვლილ ქანებთან და გარემოსთან ურთიერთობით.

მინერალთა წარმოშობის სამი ძირითადი პროცესია ცნობილი: მაგმური ანუ ენდოგენური, დანალექი – ეგზოგენური და მეტამორფული.

მაგმური მინერალების წარმოშობა უკავშირდება მაგმის კრისტალიზაციას. მინერალთა გამოყოფა მიმდინარეობს გარკვეული თანმიმდევრობით, დნობის ტემპერატურის მიხედვით. პირველ რიგში გამოკრისტალდებიან მინერალები, რომლებსაც გააჩნიათ დნობის მაღალი ტემპერატურა. ასეთებია Fe და Mg-ს შეცვლილი მინერალები. შემდგომში განაგრძობენ ადვილად მდნობი, უფრო დაბალი დნობის ტემპერატურის მინერალები.

პეგმატიტური მინერალწარმოშობა იწყება 500⁰-დან და მთავრდება 700⁰-ზე. ნარჩენი მდნარის ბოლო სტადიაზე, რომელიც ამ დროს გამდიდრებულია SiO₂-ით, ორქლით, აირებით (HF, H₂S, HCL, CO, CO₂), აქროლადებით (S, B, F). მაგმის დიფერენციაციის ამ სტადიაზე წარმოიშობიან მინდვრის შპატები, კვარცი, მადნეული, რადიაქტიული და სხვ. მინერალები. 500⁰ დაბლა იწყება ჰიდროთერმული პროცესი.

მაგმური მდნარი გაციებისას მდიდრდება ქროლადი ნივთიერებებით, რომელთა შორის მთავარია წყალი. როდესაც ხსნარი-მდნარი გაცივდება კრიტიკული ტემპერატურის დაბლა (374⁰ – სუფთა წყლისთვის) ქროლადი კომპონენტები სქელდება და გადაიქცევიან ცხელ ხსნარად. ეს უკანასკნელნი მოძრაობენ ნაპრალებში და ფორებში, ავსებენ მათ. გარდა ამისა, ცხელი ხსნარები ხსნიან და ანაცვლებენ ამ კედლების ქანებს და ახდენენ გამოლექვას. ამ გზით წარმოიქმნება სულფიდები, კვარცი, კალციტი და სხვ.

პნევმატოლითური პროცესის დროს მინერალწარმოქმნა მიმდინარეობს ორთქლისა და გაზური მდგომარეობიდან, ე.ი ქროლადი შემადგენელის ხარჯზე, რომელიც გროვდება მაგმურ მდნარში და შემდგომ გამოიყოფა გარემომცველ ქანებში. პნევმატოლითური პროცესი ვლინდება მაგმური კერის მახლობლად და მასთან არის დაკავშირებული გენეტურად და სივცობრივად. ასე წარმოიშობიან თვითნაბადი გოგირდი, ბორის მინერალები, კოველინი (ჩუშ), სოლვინი, (KCL), ნიშადური (NH₄CL) და სხვ. სუფთა სახით ხშირად აღინიშნებიან მომქმედ უულკანებში და მათ სიახლოვეს.

ეგზოგენური მინერალწარმოქმნის პროცესი მიმდინარეობს დედამიწის ზედაპირზე. მისი მიმდინარეობისას მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება გამოფიტვას, რომლის დროსაც მიმდინარეობს ქანების დაშლა-დაქუცმაცება და გარდაქმნა. გამოფიტვის პროცესი მიმდინარეობს დედამიწის ქერქის სულ ზედა ნაწილში და მას გამოფიტვის ქერქი ეწოდება.

მინერალწარმოქმნის წყაროს ეგზოგენური პროცესების დროს წარმოადგენენ ადრე წარმოშობილი სხვადასხვა ქანები, რომლებიც განიცდიან დაშლას. ამიტომაც წარმონაქმნები, რომლებიც წარმოიშვებიან ეგზოგენური პროცესების დროს ყოველთვის მეორადია, ე.ი. წარმოიშვებიან ადრე არსებული მინერალებისა და ქანების ხარჯზე.

გამოყოფენ მათ სამ ტიპს:

1. გამოფიტვის შედეგად წარმოშობილი მინერალები. მაგ. კაოლინიტის $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8 \cdot xH_2O$. წარმოშობით მეორადი მინერალი ჩნდება ალუმოსილიკატების გამოფიტვის ხარჯზე, სილიკატების კოლოიდური სახესხვაობები – მონთმორილონიტის – $(Al, Mg)_2(OH)_2Si_4O_{10} \cdot H_2O$ - ჯგუფის მინერალები: ჰალუაზიტი, ალოფანი, ნონტრონიტი და სხვ.

2. მინერალები წარმოშობილი-დალექილი ზღვებში, ტბებში, ჭაობებში: თაბაშირი - $CaSO_4 \cdot nH_2O$, მირაბილიტი - $Na_2SO_4 \cdot nH_2O$, ჭაობის რკინის მადანი $(Fe_2O_3 \cdot H_2O)$ და სხვ.

3. მინერალები დალექილი მლაშე ტბებში, ლაგუნებში – ქვამარილი ალიტი $(NaCl)$, კარბოლითი $(MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O)$ და სხვ.

მეტამორფული მინერალწარმოქმნის პროცესი მიმდინარეობს დედამიწის ქერქის სიღრმეში (6-10 კმ). ადრე წარმოშობილი მაგმური, დანალექი, მეტამორფული ქანები გეოლოგიური პროცესების შედეგად ხვდებიან სიღრმეში, მაღალი წნევის, ტემპერატურის, გაზების, წყლის ორთქლის მოქმედებით განიცდიან ღრმა ცვლილებებს, მეორად გადაკრისტალებას და ახალი მინერალების წარმოშობას. ეს პროცესი ხშირად იმდენად შორს მიდის რომ მათი ქიმიური შემადგენლობაც კი იცვლება.

მინერალთა კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს მათი ქიმიური შემადგენლობა. ამის საფუძველზე ისინი დაყოფილია 9 კლასად.

თვითნაბადი ელემენტების კლასში განიხილებიან მინერალები, რომლებიც შედგებიან ერთი ელემენტისგან. დედამიწის ქერქში ისინი მცირე გავრცელებით სარგებლობენ. ძირითადია (გაზების გარდა) კეთილშობილი მეტალები: ოქრო, პლატინა, ნაკლებად ვერცხლი. უფრო ნაკლებად აღინიშნება ელემენტები: სპილენძი, ბისმუტი, ვერცხლისწყალი, ნახშირბადი, ნაწილობრივ გოგირდი. დანარჩენი ძალზედ მცირე რაოდენობითაა, მათ შორის ოსმიუმი, პალადიუმი, ირიდიუმი და სხვ. საქართველოში აღინიშნება მადნეულის სპილენძ-ბარიტ-პოლიმეტალური საბადო, სადაც გვხვდება და მოიპოვება ოქრო, ვერცხლი, ზოლო სელენი, ტელური, კადმიუმი კი იშვიათი გაფანტულების სახით.

სულფიდების კლასს განეკუთვნებიან ქიმიური თვალსაზრისით გოგირდწყალბადის და სელენოწყალბადის წარმოებულები. ისინი ძირითადად უკავშირდებიან ცხელ წყლებს (ხსნარებს), გამოილექებიან ცხელი ხსნარებიდან (ჰიდროთერმული პროცესი), ნაკლებად უკავშირდება მაგმის გაციების სტადიას და ცივ ხსნარებს (ბაქტერიების მონაწილეობით). უმთავრესი მინერალებია: გალენიტი – PbS , სფალერიტი – ZnS , სინგური (ვერცხლის წყალი) – HgS და სხვ. ზედაპირზე სულფიდები არამდგრადია და აუცილებლად განიცდიან გამოფიტვას.

სულფატების ჯგუფის მინერალები წარმოადგენენ გოგირდმჟავას მარილებს. წარმოიშვებიან გოგირდმჟავას მარილების დალექვის შედეგად ლაგუნებსა და ტბებში, ასევე სულფიდების დაჟანგვის შედეგად. არჩევენ წყლიან მირაბილიტი-გლაუბერის მარილს ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$), თაბაშირს ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) და უწყლო ბარიტს ($BaSO_4$), ასევე ჰიდროქსილისშემცველ ალუნიტს ($(K \cdot Na) \cdot Al_3O_6 [SiO_4]$) და სხვ.

ჰალოიდები ჰალოიდწყალბადოვან მჟავათა მარილებია (HCl , HF , HBr , HJ). აქედან ყველაზე დიდი გავრცელებით სარგებლობენ ქლორ-წყალბადოვანი შენაერთები (ჰალიტი –

NaCl, სილინი - KCl, კარნალითი $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$, რომლებიც ნიადაგის დამლაშების დიდ ფაქტორს წარმოადგენენ. თითქმის ყოველთვის არიან მიწისქვეშა წყლებში. ალი-ნიშნებიან ასევე ვულკანურ აირებში.

ჟანგები და ჰიდროჟანგები. მათ განეკუთვნებიან სხვადასხვა ელემენტების შენაერთები ჟანგბადთან ან ჰიდროქსილურ ჯგუფებთან. იყოფა ორ ჯგუფად. პირველში შედის კაჟის ჟანგები და ჰიდროჟანგები (კვარცი - SiO_2 , ქალცედონი - SiO_2 , ოპალი - $SiO_2 \cdot nH_2O$ და სხვ.), მეორეში კი მეტალების (Fe, Al, Mn, Cr) ჟანგები და ჰიდროჟანგები. ბევრი მინერალი წარმოიშობა სხვათა დაჟანგვის შედეგად (რომლებიც წარმოშობილი იყვნენ დიდ სიღრმეზე) და აღმოჩნდნენ გეოლოგიური პროცესების შედეგად დედამიწის ქერქის დაჟანგვის ზონაში. მაგ., ლიმონიტი ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$) შეიძლება წარმოიშვას მაგნეტიტის და ჰემატიტის დაჟანგვის შედეგად. ჰემატიტი - Fe_2O_3 წარმოიქმნება ჰიდროთერმალური პროცესის დროს, მაგნეტიტი - $FeO \cdot Fe_2O_3$ წარმოიქმნება ცხელი ხსნარებიდან მეტამორფიზმის პროცესის დროს. სხვადასხვა პროცესების შედეგად ყველაზე ხშირად წარმოიქმნიებიან მაგბური, მეტამორფული და ჰიდროთერმალური ჰიდროჟანგები დამახასიათებელია დაბალტემპერატურული პროცესებისთვის, განსაკუთრებით ეგზოგენურისათვის, ხშირად კოლოიდების დალექვის შედეგად. ყველაზე მეტად გავრცელებულია (კვარცის ნაერთების ჩათვლელად) Fe-ს ჟანგები და ჰიდროჟანგები.

კარბონატები. ამ კლასის მინერალები წარმოადგენენ ნახშირმჟავას მარილებს. ისინი შეადგენენ დედამიწის ქერქის 1,7%. ძირითადად წარმოიშობიან ჰიდროთერმული და ეგზოგენური პროცესების შედეგად. ძალიან დიდი მასა (მაგ. კალციტი) ბიოგენური წარმოშობისაა. მასში შედის 80-მდე მინერალი. მნიშვნელოვანი გავრცელებით სარგებლობენ Ca, Mg, Fe, Zn, Pb, B კარბონატები. ამასთანავე მათი უმრავლეს-

სობა დანალექი და მეტამორფული ქანების ქანთშენი მინერალეზია. ასევე გამოილექებიან ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლებიდან. ნიადაგებში ისინი დიდი რაოდენობით გროვდება. ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია მინერალი კალციტი – CaCO_3 , დოლომიტი – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$, რომელიც მიიღება Ca -ის Mg -ით ჩანაცვლებით, ასევე ჰიდროთერმალური გზით და სხვ. არჩევენ უწყლო და წყლიან კარბონატებს. უწყლოს განეკუთვნებიან კალციტი (CaCO_3), არაგონიტი (CaCO_3), მუგნეზიტი (MgCO_3), დოლომიტი და სხვ. ხოლო წყლიანს: მალაქიტი $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$, აზურიტი – $\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2(\text{OH})_2$, სოდა – $\text{Ca}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ და სხვ.

ფოსფატები წარმოადგენენ ორთოფოსფორის ანდა ფოსფორმჟავას და ასევე ღარიშხანის და ვანადიუმის მჟავის მარილების მინერალებს. უმეტესობა იშვიათია. ძირითადად წარმოიშობიან პირველადი წარმონაქმნების გამოფიტვისას და ორგანული ნივთიერების გახრწნისას. იყოფა წყლიან და უწყლო ფოსფატებად. წყლიან ფოსფატებს წარმოადგენენ ვივიანიტი, ფიროზის, კოროდიტის ჯგუფის მინერალები, ხოლო უწყლოსი კი აპატიტის, ლაზულიტის, ლითიოფილიტის ჯგუფები. დიდი მნიშვნელობა აქვს აპატიტს $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F}, \text{OH}, \text{Cl})$, ვივიანიტს $\text{Fe}_3[\text{PO}_4]_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, ასევე ფოსფორიტს, რომელიც შემადგენლობით ახლოა აპატიტთან, ოღონდ შერეული აქვს CaCO_3 და თიხა, წარმოადგენენ ფოსფოროვანი სასუქების მისაღებ ნედლეულს. ხშირ შემთხვევაში აპატიტს მნიშვნელობა აქვს როგორც ქანთაშენ მინერალს.

სილიკატებს და ალუმოსილიკატებს განეკუთვნებიან მინერალების საერთო რაოდენობის $1/3$. სილიკატების რაოდენობაზე მოდის დედამიწის ქერქის საერთო მასის 85% . მათ კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს მათი კრისტალოქიმიური აგებულება დაფუძნებული სილიციუმ-ჟანგბადოვან ტეტრაედრზე $[\text{SiO}_4]^{-4}$ -სილიციუმ მჟავას ანიონი. მის წვეროებში განლაგებულია ჟანგბადის იონები $[\text{O}]^2$, ცენტრში კი

კაჟის იონი $(\text{Si})[\text{Si}]^{4+}$. ტეტრაედრები ერთმანეთს უკავშირდებიან წვეროების მეოხებით. ტეტრაედრების კავშირების ნაირგვარობა გარკვეულ გამოხატულობას პოულობს არა მარტო ფორმულაზე, არამედ კრისტალის მორფოლოგიაზე და მის ფიზიკურ თვისებებზე. ამის საფუძველზე გამოყოფენ სილიკატების შემდეგ ჯგუფებს: 1. კუნძულისებრი, 2. რგოლისებრი, 3. ლენტისებრი და ჯაჭვისებრი, 4. ფენობრივი, 5. კარკასული სილიკატები და ალუმოსილიკატები. ვ. ვერნადსკის მიხედვით ალუმოსილიკატები ეწოდება ყველა იმ სილიკატს, რომლებიც შეიცავენ Al -ს. ის სთვლიდა მათ ალუმო-სილიციუმის მჟავათა რთულ მარილებად.

1. *კუნძულისებრი სილიკატები* გამოირჩევიან დიდი სიმტკიცით და ღლობის მაღალი ტემპერატურით. მათი ტიპური წარმომადგენელია ოლივინი $[\text{MgFe}] \cdot [\text{SiO}_2]$, რომელიც წარმოიშობა კაჭმიწით (SiO_2) და თიხამიწით Al_2O_3) ღარიბი მაგმის გაციებისას. აღსანიშნავია გრანატების დიდი ჯგუფი (პიროპი, გროსულარი, ალმადინი და სხვ.), ტოპაზი $\text{Al}_2[\text{Fe,OH}]_2[\text{SiO}_4]$, ცირკონი $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$, ლისტენის ჯგუფი და სხვ.

2. *რგოლურ სილიკატებს* განეკუთვნება ბერილი $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$, ტურმალინი – გააჩნია პიეზოექტრული თვისებები, გვხვდება გრანიტებში, ფიქლებში.

3. *ლენტისებრი და ჯაჭვისებრი სილიკატები* წარმოდგენილია მთავარი ქანთაშენი მინერალებით – პიროქსენით და ამფიბოლებით, შეადგენენ დედამიწის ქერქის (მასის) 16%. პიროქსენებიდან აღსანიშნავია დიოპსიდი $\text{CaMg} \cdot [\text{Si}_2\text{O}_6]$, ავგიტი $\text{Ca} \cdot \text{Mg}(\text{MgFe}_2, \text{Al})[(\text{SiAl})_2\text{O}_6]$, ეგირინი და სხვ. ამფიბოლები მრავალი ამორფული და მეტამორფული ქანების ქანთაშენი მინერალებია. ამ ჯგუფის წარმომადგენელია რქატყუარა, რომლის ქიმიური შემადგენლობა არ არის მუდმივი. აქტინოლითი და სხვ. რქატყუარა ერთ-ერთ მნიშვნელოვანი ფემური მინერალთაგანია,

გვხვდება ამოფრქვეულ და მეტამორფულ ქანებში. აქტი-
ნოლითი დამახასიათებელია მეტამორფული ქანებისთვის.

4. *ფენობრივი სილიკატები*. მათ განეკუთვნებიან ფარ-
თოდ გავრცელებული ქარსები. დედამიწის ქერქში მათი რაო-
დენობა აღწევს 3,8 %. ძირითადად გვხვდება მჟავე ქანებში
(გრანიტებში და სხვ.) და კრისტალურ ფიქლებში. აგებულე-
ბა აქვთ ფირფიტოვანი, თხელფურცლოვანი. მათი მნიშვნე-
ლოვანი ნაწილი გამოკრისტალეულია მაგმიდან, ნაწილი კი
უკავშირდება პეგმატიტებს და მეტამორფულ ქანებს. მათ
მიეკუთვნება: ბიოტიტი, მუსკოვიტი, კაოლინიტის ჯგ., ქლო-
რიტები, ტალკის ჯგ. და სხვ.

კაოლინიტი – $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_3$, ალუმინის ძირითადი
სილიკატია. როგორც წესი წარმოიშობა მინდვრის შპატების
და ქარსების გამოფიტვისას. განსაკუთრებული მნიშვნელობა
აქვს ნიადაგწარმოქმნის პროცესში. ბევრად განსაზღვრავს ნია-
დაგის მინერალური ნაწილის შთანთქმის უნარს, გავლენას
ახდენს მის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე. კაოლინიტი
წარმოადგენს ალუმოსილიკატების დაშლის ჩვეულებრივ
პროდუქტს.

თიხის მინერალებიდან კაოლინიტის გარდა ფართო
გავრცელება აქვთ ჰალუაზიტს, მონტმორილონიტს, საკმაოდ
რთული შემადგენლობის მინერალებს – ქლორიტებს, აგრეთ-
ვე ჰიდროქარსებს და სხვ.

ფენობრივი აგებულების სილიკატების კოლოიდურ
სახესხვაობებს განეკუთვნებიან თიხა-მინერალები: მონტ-
მორილონიტი, ჰალუაზიტი, ალოფანი, ნონტრონიტი და სხვ.
ყველანი წარმოადგენენ გამოფიტვის ქერქის მინერალებს.
მონტმორილონიტი და მისი ანალოგი მინერალები შეადგენენ
ბენტონიტურ თიხებს, რომლებსაც ადსორბციის დიდი უნა-
რი გააჩნიათ. საქართველოში ბენტონიტური თიხების საბა-
დოები ცნობილია ქუთაისის მახლობლად სოფ. გუმბრთან და
ასკანის საბადო ოზურგეთის რაიონში.

5. *კარკასული სილიკატები* წარმოდგენილია ფელდშპატებით (მინდვრის შპატები), ფელდშპატიოდებით (ნეფელინი, ლეიციტი, ანალციმი და სხვ.), ცეოლითებით და სხვა ალუმოსილიკატებით.

სილიკატებიდან მინდვრის შპატები ყველაზე გავრცელებული მინერალებია. ესენია K, Na, Ca, იშვიათად B-ის ალუმოსილიკატები. მინდვრის შპატების ჯგუფში გამოიყოფა კალიუმიანი, კალი-ნატრიუმიანი (ორთოკლაზი მიკროკლინი) და ნატრი-კალციუმიანი (პლაგიაგლაზები-ალბიტ-ანორთიტის იზომორფული რიგი) სახესხვაობები. დედამიწი ქერქში ისინი შეადგენენ დაახლოებით 50%. მინდვრის შპატების 60 % შედის ამოფრქვეულ-მაგმურ ქანებში, 30 % - მეტამორფულ ქანებში და 10-11 % დანალექ ქანებში. ისინი ყველაზე გავრცელებული ქანთამშენი მინერალებია.

ცეოლითები წარმოდგენენ Ca, Na, იშვიათად K და Ba-ის წყლიანი ალუმოსილიკატების ჯგუფს. ზოგიერთ მათგანისათვის დამახასიათებელია ცეოლითური წყლის შემცველობა, რომელიც ტოვებს მინერალს გახურებისას მოცულობის შეუცვლელად, შემდგომ კვლავ აღიდგენს აკარგულ წყალს და ფიზიკურ თვისებებს. უმთავრესად პოსტვულკანური (მაგმის კრისტალიზაციის შემდგომი მინერალწარმოქმნის პროცესების ერთიანობა-სტადიები) მინერალებია, რომლებიც ძირითადად უკავშირდებიან ვულკანურ ქანებს, წარმოიშობიან ასევე ჰიდროთერმული პროცესის შედეგად. ზოგიერთი მათგანი მონაწილეობს დანალექი ქანების და ნიადაგების შედგენილობაში. ცეოლითების ჯგუფის მინერალებია: ნატროლითი, ჰეილანდიტი, მორდენიტი და სხვ. საქართველოში ცეოლითები ფართოდ არის გავრცელებული წყალტუბოს, ქუთაისის, ზესტაფონის, მცხეთის, კასპის, თბილისის რაიონებში.

კარკასულ სილიკატების ჯგუფში განიხილება კვარცი SiO_2 , რომელსაც ახასიათებს კარკასული მესერი და თავისი

ქიმიური და ფიზიკური თვისებებით სილიკატებთან უფრო ახლოა, ვიდრე ჟანგეულებთან. იგი პოლიმორფული ნივთიერებაა და გააჩნია რამდენიმე მოდიფიკაცია:

ტემპერატურული ინტერვალი	სტაბილური მოდიფიკაცია
1. 0 – 575	1. λ - კვარცი
2. 575 – 870	2. β - კვარცი
3. 870 – 1470	3. β_2 - ტრილიმიტი
4. 1470 – 1710	4. β - ქრისტობალიტი
5. > 1710	5. თხევადი SiO_2 – მინა მდნარი

ცნობილია კვარცის ფარულკრისტალური სახესხვაო-ბები: ქალცედონი, აქატი, ეშმა, ონიქსი, პრაზემი და სხვ. კვარცი მრავალი გზით წარმოიშობა: უშუალოდ მაგმიდან გამოკრისტალებით, ჰიდროთერმული გზით; ცნობილია მეტამორფული და დანალექი კვარციც კი.

გეოდინამიური პროცესები მიმდინარეობენ შიდა ზონებში იმ ენერგიის ხარჯზე, რომელიც გამოიყოფა მატერიის განვითარებისას და მას ეწოდება ენდოგენური პროცესები. ესენი ვლინდება მაგმატიზმის, მეტამორფიზმის და დედამიწის ქერქის დეფორმაციის ფორმით, რომელიც შემდგომში შეჯამებულია მატერიის მოძრაობით და გადაწეობებით, ერთი მდგომარეობიდან მეორეში ან ერთი ფორმიდან მეორეში გადასვლით.

ეგზოგენური პროცესები წარმოიშობიან დედამიწის ქერქის ურთიერთობისას ატმოსფეროსთან, ჰიდროსფეროსთან. გარეგანი აგენტები მუდმივად ანგრევენ ენდოგენური პროცესების მიერ შექმნილ ფორმებს და ეგზოგენური პროცესები წარმოშობენ ახალ ნივთიერებას, მატერიის ახალ ფორმას,

მდგრადს ახალი გარემოსთვის, რის შედეგადაც ქანების დაშლის პროდუქტი გადამუშავდება, ერევა ერთმანეთს და გროვდება ახალ ადგილებში, ნალექისა და დანალექი ქანების სახით.

მაგმა არის რთული, სილიკატური მდნარი გაჯერებული გაზური პროდუქტით, რომლის გაციების შედეგად წარმოიქმნებიან მაგმური ქანები. იგი ჩნდება ქერქში ან ქერქვეშ. მის ბუნებაზე წარმოდგენას გვაძლევენ ვულკანები, რომლებიც სილიკატურ მდნარს (მაგმას) ამოდენიან დედამიწის ზედაპირზე და მას ლავა ეწოდება.

თანამედროვე წარმოდგენით დედამიწა არის მკვრივი სხეული, მიუხედავად იმისა, რომ 50 კმ-ს სიღრმეზე დაახლოებით 1500⁰ ტემპერატურაა, რომლის დროსაც ზედაპირულ პირობებში ნივთიერებები აუცილებლად დადნებოდა. სინამდვილეში ეს არ ხდება იმ წნევის გამო, რომელიც ამ სიღრმეზეა და აღწევს დაახლოებით 130 000 კგ/სმ². ამიტომ თვლიან, რომ დედამიწის სიღრმეში არის გარკვეული თერმოდინამიური წონასწორობა ტემპერატურასა და წნევას შორის, რომლის დარღვევა იწვევს ნივთიერების გადასვლას თხევად მდგომარეობაში და რომ იგი არ არის ნარჩენი მდნარი დედამიწის პლანეტარული მდგომარეობისა. ასეთი უბნები წარმოიშობა რღვევების ჩამოყალიბებისას ტექტონიკური მოძრაობების დროს. ამის შედეგად ჩნდება ლოკალიზირებულ უბნებში და ამასთანავე იგი შესაძლებელია დაკმაყოფილდეს ან სიღრმული მაგმატიზმით ან ზედაპირული-ეფუზური მაგმატიზმით (ვულკანიზმი), რომელიც ამოინთხა ზედაპირზე.

ქანების კლასიფიკაცია ხდება მათი წარმოშობის მსვლელობაში ენდოგენური და ეგზოგენური პროცესების მონაწილეობის ხარისხით. ამ ნიშნით გამოყოფილია ქანების 3 გენეტიკური ტიპი.

1. მაგმური – ქანები ყალიბდებიან მაგმის გაციების შედეგად იმ პირობებთან დაკავშირებით, თუ სად ზდება მაგმას გაცემა და ქანად ჩამოყალიბება, მაგმურ ქანებს ყოფენ 2 ჯგუფად: 1. სიღრმული ანუ ინტრუზული, ჩამოყალიბებული დედამიწის ქერქში, მის სიღრმეში. 2. ამოღვრილ და გაციებული დედამიწის ზედაპირზე – ეფუზური (ვულკანური ქანები).

სიღრმულ ანუ ინტრუზულ ქანებს ყოფენ ორ ჯგუფად: საკუთრივ სიღრმული (აბისალური), გაციებულს და დაკრისტალეზულს 3-5 კმ ან მეტ სიღრმეზე და ნახევრად სიღრმული (ჰიპაზისური), გაციებული 2-3 კმ სიღრმეზე.

მაგმური ქანები განსხვავდებიან ერთმანეთისგან როგორც მინერალური ასოციაციით, ასევე მინერალების რაოდენობრივი შეფარდებით. ისინი კლასიფიცირდება ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით. ისაზღვრება 12-15-მდე ჟანგეული: SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , SO_2 , P_2O_5 , $+\text{H}_2\text{O}$, $-\text{H}_2\text{O}$.

SiO_2 -ს რაოდენობის მიხედვით ზდება ქანების კლასიფიცირება

- | | |
|------------------------|--------------|
| 1. მჟავე ქანები | - 65 – 78 %; |
| 2. საშუალო მჟავიანობის | - 53 – 64 %, |
| 3. ფუძე | - 44 – 53 %, |
| 4. ულტრაფუძე | - 30 – 44 %. |

მჟავე ქანების (65 – 78 %) სიღრმული, ინტრუზული სახეობაა გრანიტები, გრანოდიორიტები, კვარციანი მონცონიტები და სხვ. გრანიტებში კვარცი 30 %-მდეა, ორთოკლაზი 40-46 %, მჟავე პლაგიოკლაზები 20 % -მდე. მუქი ფერის მინერალები 5-10 %. ამდენად ისინი ღია ფერის (ლეიკოკრატული) ქანებია. საქართველოში გვხვდება კავკასიონის ღერძულ ნაწილში (აფხაზეთი, სვანეთი, რაჭა, დარიალის ზეობა), ძირულის, ზრამის, ლოქის მასივებში. მსოფლიოში ალინიშნებიან სკანდინავიაში, ციმბირში, კანა-

დაში. გრანიტი ღია ნაცრისფერი, ვარდისფერი, ზორცისფერია (არამც და არამც შავი). გრანიტების ეფუზური (ეულკანური) ანალოგებია: რიოლითი, ფელზიტი, ლიპარიტი; კვარც-პორფირი, პერლიტები, პემზა და სხვ.. ეს უკანასკნელები გვხვდებიან ახალგაზრდა ეულკანიზმის გავრცელების მხარეში. საქართველოში აღინიშნება მესხეთ-ჯავახეთში. პემზა – აქაფებული მინაა, მჟავე ან საშუალო სიმჟავიანობის, თეთრი ან მონაცისფრო, ძალზედ მსუბუქი. აღსანიშნავია ასევე ობსიდიანი შავი, მოწითალო ნაცრისფერი ეულკანური მინა მჟავე ან საშუალო მჟავიანობის, ცნობილია ტბა ფარავნის მახლობლად.

საშუალო მჟავიანობის ქანებში SiO_2 53 – 64 %-მდეა და მიეკუთვნება დიორიტ-ანდეზიტის ჯგუფს. არსებითად უკვარცო ქანებია, ან ძალზედ მცირე რაოდენობით. მუქი ფერის მინერალების რაოდენობა აღწევს 20-25 %, სჭარბობს ვიდრე მჟავე ქანებში და ამდენად უფრო მუქია, ვიდრე მჟავე ქანები. დიორიტი გვხვდება გრანიტებთან ერთად (ძირულის მასივზე) ნაკლებად გავრცელებულია. სამაგიეროდ მისი ეულკანური ანალოგი ანდეზიტი ბევრად ფართოდ არის გავრცელებული: მოწითალო, ნაცრისფერი, რუხი ფერის ქანებია. მისი უზარმაზარი ფართობის ლავური ნაკადები აღინიშნება მესხეთ-ჯავახეთში, კავკასიონზე. ანდეზიტებით (ძირითადად) არის აგებული კავკასიონის ეულკანები: იალბუზი, მყინვარწყერი, ქაბარჯინა და სხვ.

ფუძე ქანებში SiO_2 53 – 44%-მდეა. გაბრო-ბაზალტის ოჯახი, უკვარცო ქანებია. მუქი ფერის მინერალების რაოდენობა აღწევს 50 %-მდე. ამდენად რუხი, შავი ფერის ქანებია. ქანთამშენი მინერალებია ფუძე პლაგიოკლასები (ლაბრადორი), პიროქსიდები, რქატყუარა და სხვ.. ამ ოჯახის წარმომადგენლებია სიღრმული: გაბრო, ნორიტი, ანორთოზიტი, პიროქსენიტი და სხვ. საქართველოში ფაქტიურად არ გვხვდება. სამაგიეროდ გაბროს ეულკანური ანალოგი

ბაზალტი ფართოდ გავრცელებულია საქართველოში: ყელის ვულკანური ზეგანი, მყინვარწვერის ვულკანური ცენტრი, ჯავახეთი. საქართველოს ფარგლებს გარეთ სომხეთში, წყნარი ოკეანის პერიფერიაზე და სხვ. დიაბაზი გაბრო-ბაზალტის ოჯახის ძარღვრული ან ჰიპაბისური წვერია ამჟღავნებს გაბროსთვის დამახასიათებელ მინერალურ შემადგენლობას. საქართველოში აღინიშნება ჭიუხის მასივში (კავკასიონზე) ძარღვების სახით.

ულტრაფუძე ქანებისათვის დამახასიათებელია კაჟმიწის დაბალი (45 % ნაკლები) შემცველობა. ცოტაა ასევე Al_2O_3 და ტუტეები (Na_2O , K_2O); ჭარბადაა Mg და Fe . ამ ჯგუფის ქანები აგებულია მხოლოდ მუქი (რკინა-მაგნეზიური) სილიკატებით. საქართველოში ამ ჯგუფის ქანები პრაქტიკულად არ გვხვდება.

დანალექი ქანები ისეთი წარმონაქმნებია, რომლებიც არსებობენ დედამიწის თანამდეროვე, თერმოდინამიურ პირობებში. ისინი აგებენ ლითოსფეროს ქერქის 80 %-მდე. წარმოიშობიან დედამიწის ქერქის ზედაპირზე, უზარმაზარი რაოდენობის მინერალური მასების დაგროვების შედეგად და წარმოიშობიან ზედაპირზე გაშიშვლებული ქანების ტემპერატურის, ჟანგბადის, ნახშირორჟანგის, წყლის ზემოქმედებით. ნაწილი მასალა სიმძიმის ძალით, მყინვარების ზემოქმედებით, წყლით, ქარით გადაიტანება და ახალ ადგილზე იწყებს დაგროვებას ნალექების სახით და შემდგომ კი ქანად ჩამოყალიბებას. დანალექი ქანები წარმოშობის მიხედვით იყოფა შემდეგ ჯგუფებად: ნამსხვრევი (კლასტური), თიზიანი, ქიმიური და ორგანული წარმოშობის. დანალექი ქანების განსაკუთრებულ ჯგუფს წარმოადგენს პიროკლასტური ქანები, რომლებიც წარმოიშობიან ქერქის ზედაპირზე ვულკანური მოქმედების, აქტიობის მიერ ამოტყორცნილი ვულკანური ფერფლის და სხვა ნამსხვრევი მასალის დალექვის შედეგად.

ნამსხვრევი ქანები იყოფიან მისი ამგები ნატეხების ზომის მიხედვით. არჩევენ უხეშნატეხოვანს 1 მმ სიდიდის, ქვიშას შემდგარს სანახევროდ მარცვლებისგან ზომით 1-0,1 მმ-მდე და ალევრიტული ქანები 0,1-0,01 მმ-მდე. ქვიშები თავის მხრივ (და შეცემენტებული ქვიშაქვები) იყოფა წვრილმარცვლოვანი (ჭარბობს მარცვლები 0,1-0,25 მმ), საშუალომარცვლოვანი (ჭარბობს 0,25 მმ-0,5 მმ-მდე), მსხვილმარცვლოვანი (ჭარბობს 0,5 0,5-1 მმ-მდე) და უხეშ-მარცვლოვანი – 1-2 მმ-მდე სახეობებით. შემაცემენტებელი მასა-ცემენტი წარმოდგენილია კარბონატებით, Si-ს ნაერთებით და სხვ.

თიხები-პელიტები. გარდამავალი ქანებია ნამსხვრევიდან ქიმიურისკენ. შედგება ძირითადად 0,01 მმ-მდე ზომის ნაწილაკებისგან; 30 % მეტს შეადგენს 0,001 მმ ნაკლები ზომის ნაწილაკები.

იმის მიხედვით თუ თიხიანი ქანების შემადგენლობაში რომელი თიხა-მინერალი ჭარბობს, გამოყოფენ კაოლინურ, მონტორილონიტურ და ჰიდროქარსულ სახეობებს. საქართველოში კაოლინიტური გამოფიტვის ქერქი აღინიშნება შროშაში; გამოიყენება როგორც ცეცხლგამძე თიხა. შროშის ჰიდროქარსული კაოლინურის მსგავსია საბადო ჭარტალში. მონტორილონიტური თიხები ცნობილია გაფუების და მაღალი ადსორბციის უნარით (ანუ ბენტენიტური თიხები) საქართველოში ცნობილია მისი საბადოები სოფ. გუმბრთან (ქუთაისი) და ასკანასთან (ოზურგეთის რაიონი).

ქიმიური და ორგანული წარმოშობის დანალექი ქანები ჩვეულებრივ იყოფიან შემადგენლობის მიხედვით. არჩევენ ალიტურ და სიალიტურ ქანებს, კარბონატებს, კაჟიანებს ორგანული და ქიმიური წარმოშობის, ფოსფორიტებსა და სხვ.

ალიტურ და სიალიტურ ქანებს, რომლებშიც შეფარდება $Al_2O_3 : SiO_2 > 1$, თავის დროზე ეწოდა ალიტები,

განსხვავებით ქანებისგან, რომლებშიც შეფარდება $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 < 1$, ეწოდა სილიკატები. ალიტები ძირითადად შედგებიან Al-ს ჰიდროჟანგისაგან, რკინის ჰიდროჟანგის, ამორფული კაჟმჟავას, კაოლინიტის, კარბონატების კვარცის, მინდვრის შპატების და სხვ. მინარევებისგან. ალიტების ტიპური ქანებია ლატერიტები და ბოქსიტები.

ლატერიტები არის ლატერიტული გამოფიტვის ქერქის ნარჩენი პროდუქტი; რბილი ან მაგარი ქანები წითელი, ფორთოხლის და ვარდის ფერი, რომლებიც შეიცავენ Fe და Al ჟანგებს (80-90 %) და SiO_2 (1-2 %) რაოდენობით, ზოგჯერ Ti და Mn ჟანგებს მცირე რაოდენობით. გამოიყენება როგორც Al და Fe მადანი.

ბოქსიტები – ესეც Al-ს ჰიდროჟანგია ქლორიტების, პირიტის, სიდერატის და Ti ჟანგის მინარევებით ძირითადად წითელი ან ყავისფერი. პასუხობს ლ-ნი მადნის მოთხოვნილებას შესაბამისი კონდიციის პირობებში.

კაჟიანი ქანები (სილიციტები), ორგანული და ქიმიური წარმოშობის, შემდგარი ოპალისაგან, ქალცედონისაგან, თიხიანი ნივთიერების მინარევებით, გლაუკონიტით და სხვ. ოპოკა-შემდგარი წვრილმარცვლოვანი ოპალისაგან, წვრილი ნატეხი კვარცის, მინდვრის შპატების, თიხოვანი ნივთიერების, დიატომეების-რადიოლარიების მინარევებით. ოპოკა გამოიყენება როგორც მშთანთქმელი. აღინიშნებიან ასევე Fe ქანები – ფეროლითები რკინიანი შენაერთების უშუალო ხსნარებიდან გამოლექვით (ჭაობებში, ტბებში, ზღვებში), მანგანოლითები დაკავშირებული ზღვიურ ნალექებთან; ცნობილია ასევე ჭაობების და ტბების მანგანუმის საბადოები. ფოსფატებიანი – ფოსფორიტები. ვარაუდობენ, რომ წმინდა ბიოგენური ქანებია. სხვა მოსაზრებით უკავშირდება ვულკანიზმს. საქართველოში ფოსფორიტები აღინიშნება ქუთაისის და ზონის რაიონებში.

კარბონატული ქანები ძალზედ გავრცელებულია, შედგება კალციტისგან, დოლომიტისგან, ზოგჯერ სიდერიტი, მინარევის სახით შეიცავენ თიხის და ქვიშის ნაწილაკებს. მათ კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს მინერალური შედგენილობა და წარმოშობა. მინერალური შემადგენლობის მიხედვით გამოიყოფიან კირქვები, დოლომიტები, მერგელები. ამ სახესხვაობებს შორის არსებობენ გარდამავალი სახეობები.

კირქვები დანალექი ქანებია, რომლებიც შედგება ძირითადად კალციტისგან CaCO_3 . მინარევების სახითაა დოლომიტი, ქვიშის და თიხის ნაწილაკები. წარმოშობის მიხედვით გამოყოფენ ორგანოგენულ, ქიმიურ და ნამსხვრევ (კლასტურ) კირქვებს. ორგანოგენული კირქვები აგებულია სხვადასხვა ორგანიზმების კირიანი ჩონჩხით და ნიჟარებით. ორგანოგენული კირქვის სახესხვაობას წარმოადგენს ცარცი-შემღვარი ფორამინიფერების უწვრილესი ნიჟარებისგან, ფხვნილისებრი კალციტისაგან და უმარტივესი წყალმცენარეების ჯავშნისაგან. ქიმიური წარმოშობის კირქვები წარმოიშობა ხსნარებიდან კალციტის გამოლექვის შედეგად. ტიპური წარმომადგენელია ტრავერტინები (კირიანი ტუფი), რომელიც წარმოიშობა ცხელი და ცივი ხსნარებიდან კალციუმის კარბონატის დალექვის შედეგად. ნამსხვრევი კირქვა წარმოიშობა ადრე არსებული კირქვის ნატეხების დამსხვრევის და გადალექვის შედეგად.

დოლომიტები შედგებიან 90% დოლომიტისგან $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. წარმოიქმნება ყურეებში და ლაგუნებში წყლიდან გამოლექვის შედეგად (მაღალი მარილოანობის წყალი), ანდა კირქვიანი შლამის დოლომიტიზაციის შედეგად.

მერგელი გარდამავალი ქანია კირქვებიდან და დოლომიტებიდან თიხოვანი ქანებისაკენ. შედგება 40-60 % კალციტისაგან, 20-50 % თიხა-ქვიშიანი მასალისაგან.

მინერალური მარილები (სულფატურ-ჰალოიდური ქანები) წარმოადგენენ ქიმიური დანალექი ქანების დამახასიათებელ ჯგუფს, რომელიც შედგება Na, Ca, K, Mg-ს ჰალოიდური და სულფატური შენაერთებისგან. ყველაზე მეტად გავრცელებულია: თაბაშირი, ანჰიდრიდი, ჰალიტი, კალიმაგნეზიალური მარილები და სხვ.

რკიანი ქანების ჯგუფიდან ყველაზე მეტად გავრცელებულია ლიმონიტი — $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (ჭაობის ან ტბური მადანი). ჩვეულებრივად წარმოადგენს რკიანი მინერალების შეცვლის პროდუქტს დედამიწის ზედაპირზე. წარმოიშობა ასევე ტბებში, ჭაობებში გამოლექვის გზით. ვარაუდობენ, რომ დაკავშირებულია ბაქტერიების ცხოველმყოფელობის პროცესთან.

მეტამორფული ქანები წარმოიშობიან მაგმური, დანალექი და ადრე წარმოშობილი მეტამორფული ქანების გარდაქმნის (მეტამორფიზმის) შედეგად. მეტამორფიზმის პროცესი მიმდინარეობს მაღალი წნევის და ტემპერატურის პირობებში. მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ხსნარები და გაზები. ყველა ეს პარამეტრიც აქტიურ მონაწილეობას იღებს ქანების გარდაქმნაში, რომელიც ხშირად იმდენად შორს არის წასული, რომ ქანის პირვანდელი ბუნების დადგენა გაძნელებულია, ხშირად კი სულ შეუძლებელია. იმის და მიხედვით ზემოთ მოყვანილი ფაქტორებიდან რომელი ასრულებს ქანის გარდაქმნაში მთავარ როლს, გამოყოფენ მეტამორფიზმის სახეებს: დინამომეტამორფიზმი (დისლიკეციური), კონტაქტური (თერმული), ავტომეტამორფიზმი და მეტასომატური მეტამორფიზმი. მეტამორფული ქანებია: ფილიტები, კვარციტები, მარმარილოები, სხვადასხვა ფიქლები და სხვ.

ქანების და მინერალების დაშლის, შეცვლის პროცესს, რომელიც მიმდინარეობს დედამიწის ზედაპირზე მზის სხივების, ტემპერატურის მერყეობის, ყინვის, ჟანგბადის,

ნახშირორჟანგის და ასევე ზედაპირზე დასახლებული ორგანიზმების უშუალო ზემოქმედებით ეწოდება გამოფიტვა. იგი გეოლოგიური პროცესია, რომელსაც დიდი როლი აკისრია ქერქის ზედა ჰორიზონტების გარდაქმნაში. მასთან დაკავშირებულია ახალი ქანების, მინერალების ჩამოყალიბება.

მაშასადამე, მინერალების და ქანების შეცვლის პროცესს, ფიზიკური და ქიმიური ზემოქმედებით, საბოლოოდ მიყვავართ მათი დაშლა-დაქუცმაცებისაკენ. არჩევენ ფიზიკურ, ქიმიურ და ბიოლოგიურ გამოფიტვას. გამოფიტვის სახეები ჩვეულებრივ ერთად ვლინდება, ერთმანეთს ავსებენ. უშუალოდ არის დაკავშირებული კლიმატურ პირობებთან. ერთ შემთხვევაში ჭარბობს წნევა, ტემპერატურა, სხვა შემთხვევაში — ორგანიზმთა ცხოველქმედება, ასევე მჟავიანობა, გარემოს ტუტიანობა და სხვ.

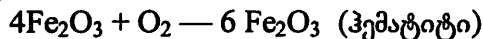
ფიზიკური გამოფიტვის ძირითადი ფაქტორია ტემპერატურის მკვეთრი მერყეობა, რომელიც იწვევს ქანებისა და მისი ამგები მინერალების მოცულობის არათანაბარ შეცვლას. უთანაბრობა იწვევს ქანების დაბზარვას, დაშლას, დაქუცმაცებას. გამოფიტვის ინტენსიობა დამოკიდებულია კლიმატურ პირობებზე, შემადგენლობაზე, სტრუქტურაზე, ფერზე.

ქიმიური გამოფიტვა განპირობებულია ქანების ურთიერთობით გარემოსთან (წყალი, ჰაერი). მის ინტენსიობას ხელს უწყობს დაბლობი და სუსტად დანაწევრებული რელიეფი. ქანებთან და მათი დაშლის პროდუქტებთან ურთიერთობისას წყალი კარგავს თავისი შემადგენლობის გარკვეულ ნაწილს და საპირისპიროდ მდიდრდება სხვებით, ე.ი. ცვლის არა მარტო ქანის შემადგენლობას, არამედ თავისასაც და თანდათანობით კარგავს თავის ქიმიურ აქტიობას. ქიმიური გამოფიტვის სიღრმე განპირობებულია გრუნტის წყლის სიღრმით, ჩვეულებრივ არ აჭარბებს 20-30 მ. ქიმიური გამოფიტვის დროს და საერთოდაც მნიშვნელობა აქვს მინერალთა მდგრადობას. ამჟამად მიღებულია:

1. კვარცი ყველაზე მდგრადი მინერალია,
2. პლაგიოკლასები უფრო ადვილად იფიჭებიან (ფუძე სახეობები), ვიდრე K-იანი მინდვრის შპატები,
3. ბიოტიტები უფრო სწრაფად იფიჭებიან, ვიდრე მუსკოვიტები და ღია ფერის ქარსები,
4. ამფიბოლები (მაგ. რქატყუარა) ნაკლებად მდგრადია, ვიდრე პიროქსენები (ავგიტები).

ქიმიური გამოფიტვისას მიმდინარე რეაქციების ტიპები სხვადასხვაა და დამოკიდებულია ქანების შემადგენლობაზე, ტემპერატურაზე, სინესტეზე, ასევე პროცესების ხასიათზე (ნივთიერებათა გაცვლა, თუ დაკარგვა ან მოტანა). ქიმიური გამოფიტვის დროს შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს ჰიდროლიზს, კარბონატიზაციას, აღდგენას, გახსნას, დაჟანგვას.

დაჟანგვის პროცესს თან სდევს დაბალვალენტური ქვეყანგი შენაერთების გადასვლა მაღალვალენტიან ჟანგებში. მაგ. მაგნეტიტის დაჟანგვა და გადასვლა ჰემატიტში ცხელი ჰავის პირობებში



ხსნადობა არის ერთ ნივთიერების მოლეკულების უნარი გავრცელდეს დიფუზიის შედეგად სხვა, მეორე ნივთიერებაში ქიმიური შემადგენლობის შეუცვლელად. ყველა ბუნებრივი ნივთიერება იხსნება მეტნაკლებად ამა თუ იმ ზარისხით, განსაკუთრებით კი ზოგიერთი დანალექი ქანები: და ქვამარილები, თაბაშირი, კირქვები.

ფართოდ გავრცელებული ელემენტები მათი ხსნადობის და მიგრაციული (ანუ გადანაცვლების) თვისებების მიხედვით დაიყო შემდეგნაირად:

1. ენერგიულად გაიტანება Cl, Br, I, S,
2. ადვილად გაიტანება Ca, Mg, Na, K, F, Si (სილიკატების შემადგენლობაში),
3. მოძრავნი , Mn, Ni, Cu, Co,
4. ინერტულნი Fe, Al, Ti,

5. პრაქტიკულად უძრავი SiO_2 .

ქიმიური გამოფიტვისას ქანებს შორდებიან ადვილად ხსნადი ნაერთები და თანდათანობით იცვლება გამოფიტვის ნაკლებად მოძრავი ნარჩენი პროდუქტების შემადგენლობით. ყველაზე ადვილად იფიტება ოლივინი, რომელიც კარგავს Fe, ნაწილობრივ Mg-ს, ჰიდრატიზირდება და გადაიქცევა სერპენტინად. ქარსებიდან ყველაზე სწრაფად იფიტებიან მუქები, მაგალითად, ბიოტიტი, რომელიც კარგავს ტუტეებს, რკინას და გადაიქცევა ქლორიტად. ნაკლებად მდგრადებია ჰალოიდები, სულფატები, კარბონატები, რომლებიც სწრაფად გამოტუტდებიან, თუ წყალი გაჯერებულია ნახშირორჟანგით,

ორგანულ გამოფიტვაში მცენარეები ფესვებით ავსებენ ნაპრალებს, შლიან ქანებს მექანიკურად, ამავე დროს გამოყოფენ ორგანულ მჟავებს და იწვევენ ქანების ქიმიურ დაშლას. დიდი მნიშვნელობა აქვთ მიკროორგანიზმებს, რომელთაც ახასიათებს დიდი აქტიობა. ისინი ითვისებენ ქანებიდან ქიმიურ ელემენტებს და კვლავ გამოყოფენ მათ თავიანთი ცხოველმყოფელობის ნარჩენების სახით თავისი სიკვდილის შემდგომ, მაგრამ უკვე სხვა ნაერთის სახით. დიდი მნიშვნელობა აქვს ცხოველების ზემოქმედებას - თავისი გამონაყოფებით და ფიზიკური ზემოქმედებით.

ამრიგად, ცოცხალი ორგანიზმების აქტიური ცხოველქმედების შედეგად, მინერალური ნივთიერება გადადის ორგანულში, ხოლო შემდგომ ორგანული გადადის მინერალურში. მიმდინარეობს ნოვთიერებათა განუწყვეტელი წრებრუნვა, რაც ფაქტობრივად წარმოადგენს ნიადაგწარმოქმნას. ამის შემდეგ, გამოფიტვის ზედა ფენა მდიდრდება ორგანული ნივთიერებებით, განიცდის ბიოქიმიურ გარდაქმნას. ორგანული გამოფიტვა ვლინდება მხოლოდ დედამიწის ქერქის ზედაპირულ ჰორიზონტებში.

ქიმიურ გამოფიტვას ახასიათებს სტადიურობა. გამოყოფილია 4 სტადია:

1. ნამსხვრევი წარმოადგენს ფიზიკური გამოფიტვის ფხვიერ პროდუქტებს. ქიმიურ გამოფიტვას ჯერ ადგილი არა აქვს.

2. ელუვიონის გაკარბონატება, იწყება სილიკატების დაშლა. ქიმიური გამოფიტვის საწყისი სტადია, რომლის დროსაც ქანები შემდგარი ალუმოსილიკატებიდან და სილიკატებიდან იშლება, ქუცმაცდება. ამას სდევს Cl და S გამოტანა და კარბონატების გამდიდრება.

3. ნარჩენი მჟავე სიალიტური (კაოლინური) გამოფიტვის ქერქი. ამ სტადიისათვის დამახასიათებელია SiO_2 , ნაწილობრივი და CaCO_3 მთლიანი გამოტანა. ტუტე პირობები იცვლება მჟავეზე. ამ სტადიაზე წარმოიშობა კაოლინიტი მჟავე ან საშუალო მჟავიანობის ქანებზე ან ნონტრონიტი ფუძე და ულტრა ფუძე ქანებზე. ეს უკანასკნელი კოლოიდური სახესხვაობაა. მას ასევე ქლოროპალი ეწოდება. ახლოა შემადგენლობით მონტმორილონიტთან. CaCO_3 გამოიტანება წყლით (განსაკუთრებით ჰუმიდური ჰავის პირობებში).

4. ალიტური (ლატერიტული), რომლის ელუვიონში გროვდება Al. ქიმიური გამოფიტვა მთავრდება ქერქის ზედაპირულ პირობებში მარტივი და მდგრადი შენაერთები: Al, Si, Fe წყლის ჟანგები (ყველაზე ნაკლებად მოძრავი).

გამოფიტვის ქერქის სიმძლავრე აღწევს ერთეულიდან რამდენიმე ათეულ მეტრის სიმძლავრეს. ვერტიკალური ზონალობა, რომელიც აღინიშნება ყველა სახის გამოფიტვის ქერქში, აიხსნება გამოფიტვის პროცესების სხვადასხვა ინტენსივობით. ზედაპირულ ზონებში, სადაც წყალში ბევრია ნახშირორჟანგი და ორგანული მჟავეები, რეაქციები უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობენ, იქმნება მჟავე არე. ამასთან დაკავშირებით პირველადი მინერალები გადადიან თიხამინერალებში, Fe, Al, Si-ის ჟანგების ჰიდრატებში. სიღრმისკენ გამოფიტვა მკვეთრად ნელდება.

გამოფიტვის ნარჩენ პროდუქტს (არაგადაადგილებულს) ეწოდება ელუვიონი. ეს არის თავისებური კონტინენტური ნალექები, რომელთაც გააჩნიათ რიგი დამახასიათებელი ნიშანი, როგორიცაა: განლაგებულია დედაქანის დაშლის ადგილზე, არ ახასიათებს შრეობრიობა, სიღრმისკენ დედაქანის დაშლის ხარისხი კლებულობს და სხვ. სხვადასხვა ელუვიური წარმონაქმნების ამ ნიშნების ერთობლიობას ეწოდება გამოფიტვის ქერქი.

საქართველოში ცნობილია ძველი გამოფიტვის ქერქები, რომელზედაც ჩამოყალიბებულია თიხის მინერალოგიური შედგენილობის მიხედვით შემდეგი თიხები: კაოლინური, ჰიდროქარსული, მონთმორილონიტური.

კაოლინური თიხები წარმოშობის მიხედვით ორგვარი: პირველადი – ქემოგენური და მეორადი – გადანალექი. პირველადი კაოლინები მყავე კრისტალური ქანების გრანიტების ქიმიური გამოფიტვის გვიან სტადიაზე წარმოიშობა, მყავე გარემო პირობებში $\text{pH} > 7$. ძირითადი შემადგენელი კაოლინები, როგორც გადანალექი თიხები დაწმენდილია, მათ დიდი პრაქტიკული გამოყენება აქვთ, როგორც ცეცხლგამძლე ნედლეულს (ლღევა 1790⁰). საქართველოში ამგვარი თიხის საბადო ცნობილია სოფ. შროშაში.

ჰიდროქარსული თიხები წარმოშობით კაოლინურ თიხებს უახლოვდებიან. ვარაუდობენ, რომ თიხის შემადგენელი უმთავრესი მინერალები: ჰიდროქარსები (ჰიდრობიოტიტი, ჰიდრომუსკოვიტი, ვერმიკულიტი და სხვ.), გარდამავალი ჯგუფი ქარსებსა და შრეობრივი სტრუქტურის თიხა მინერალებს შორის. წარმოიშობიან კრისტალური ქანების ქიმიური გამოფიტვის ადრეულ სტადიაზე. ისინი წინ უსწრებენ კაოლინიტის გაჩენას. საქართველოში აღინიშნება ჭართალთან (ხარაგაულთან).

მონთმორილონიტის თიხები დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობისაა (ადსორბენტი თიხებია). კაოლინური თიხებისგან

განსხვავებით, ისინი წარმოიშობიან ფუძე და საშუალო ქანების, უმთავრესად კი ვულკანური ტუფების და ფერფლის დაშლის შედეგად ტუტე გარემოში. მისი საბადოები ცნობილია სოფ. გუმბრში (ქუთაისის მაზლობლად) და სოფ. ასკანასთან (ოზურგეთის რაიონი).

ლატერიტული ქერქი ჰქვია მისი წითელი აგურისფერის გამო. წარმოიქმნება ალუმოსილიკატებით მდიდარი კრისტალური ქანების გამოფიტვის შედეგად ტროპიკების ზოგიერთ რაიონში, წვიმიანი და მშრალი პერიოდების მონაცვლეობის პირობებში. ძირითადად ვითარდება ფუძე და ტუტე შედგენილობის ქანებზე. გამოფიტვის შედეგად გამოტანილია SiO_2 , ტუტე და ტუტემიწა მეტალები (K, Na, Ca, Mg), რის შედეგადაც გროვდება გამოფიტვის ნარჩენ პროდუქტებში ძნელად ხსნადი Fe და Al ჰიდროქსიდები. ზოგჯერ აღინიშნება Ti და Mn ჟანგები. საქართველოში მათზე (ბათუმ-ქობულეთის რაიონი) განვითარებულია წითელი ფერის ნიადაგები – წითელმიწები, თიხამიწიანი წარმონაქმნები, რომლებიც წარმოადგენენ ალუმოსილიკატებიანი ქანების გამოფიტვის პროდუქტს. ზოგის აზრით წითელმიწების წარმოშობა უკავშირდება ლატერიტწარმოქმნის ადრეულ სტადიას, რომელსაც ახასიათებს SiO_2 -ს გამოტანის ნაკლები ინტენსიობა. ზოგს მიაჩნია, რომ ეს არ არის ნიადაგი, არამედ გამოფიტვის ქერქის ნაწილია, წარმოშობილი საშუალო და ფუძე ქანებზე (პორფირული ანდეზიტები და ბაზალტები).

ლატერიტული ძველი გამოფიტვის ქერქი, რომელზედაც ჩამოყალიბდა წითელმიწები, ჩვენში ძირითადად გავრცელებულია აჭარის და გურიის მთისწინებში, ზღვის დონიდან 300-400 მეტრამდე. ლატერიტი თიხისებრი წარმონაქმნია, რომელიც მიკუთვნება თიხამიწიანი ქანების – ალიტების გამოფიტვის პროდუქტს, რომელიც არსებითად ჰიდრატისგან შედგება. ლატერიტების წარმოშობაზე არსებობს სხვადასხვა შეხედულებები. ერთის მიხედვით ლატერი-

ტი ზედაპირული გამოფიტვის ნარჩენი პროდუქტია, რომელიც ალუმოსილიკატური ქანების დაშლით წარმოიშობა ტროპიკული ჰავის პირობებში.

საქართველოში არსებული ლატერიტების მსგავსი ქანების (ისინი ლატერიტებადაც კი იყვნენ აღწერილი) შემდგომმა კვლევებმა აჩვენა, რომ მათ ლატერიტებთან საერთო ცოტა აქვთ, რადგანაც არ შეიცავენ მათთვის დამახასიათებელ Al ჟანგის ჰიდრატებს და სავსებით მართებულია სახელწოდება წითელმიწები.

ქანები გამოფიტვისადმი იჩენენ გარკვეულ განსხვავებულ მდგრადობას, რაც დამოკიდებულია მის შემადგენლობაზე, სტრუქტურაზე, ტექსტურაზე, თვისებებზე. დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ჰავას. გრანიტები მკვეთრ კონტინენტურ პირობებში ჯერ იშლება ბლოკებად, ხოლო შემდგომ, თანდათან მასალის მტვრევა-დაქუცმაცებით მცირდება არკოზულ ქვიშებამდე (შემადგენილი მასალა კვარც-მინდვრის-შპატიანი ქანების – გრანიტების, გნეისების კრისტალური ფიქლების მექანიკური დაშლის პროდუქტია). კონტინენტურ პირობებში, ფიზიკური გამოფიტვა საკმაოდ დანაწევრებული რელიეფის პირობებში მიმდინარეობს ენერგიულად, ხოლო ქიმიური ვლინდება სუსტად და ვერ აღწევს ბოლო სტადიას.

ნესტიან ტროპიკებში ქიმიური გამოფიტვა მიმდინარეობს ინტენსიურად და მოსწორებული რელიეფის პირობებში. გრანიტები იფიტებიან კაოლინური ქერქის გამოფიტვამდე (ლოდნარის და მსხვილი მასალის სტადიის გაუვლელად). არკოზული ქვიშები ამ პირობებში გარდაიქმნებიან კვარცის ქვიშად და თიხად (კაოლინურ), ე.ი. გამოფიტვის პროცესმა მიაღწია ბოლო სტადიას.

სიენიტები და ნეფელინიანი სიენიტები გამოიფიტებიან გრანიტების ანალოგიურად. მაგრამ განსხვავდებიან იმით, რომ მათ გამოფიტვის პროდუქტებში კვარცი თითქმის არ არის. ისინი არ წარმოშობენ მსხვილ ლოდნარს, იქცევა პირ-

დაპირ ღორღად. ძალიან ადვილად გამოიფიტებიან ნეფელინიანი სიენიტები, ნეფელინის ძალზე დაბალი მდგრადობის გამო.

დიორიტები, გაბრო, ამფიბოლიტები შედგებიან ნაკლებად მდგრადი პლაგიოკლაზებისგან და ფერადი მინერალებისაგან. ისინი გამოიფიტებიან გრანიტებზე სწრაფად, იშლებიან ლოდებად, რომლებიც საბოლოოდ გადაიქცევა გამოფიტვის მიწისებრ პროლუქტებში გამდიდრებული რკინის ჰიდროქსიდებით. პერიდოტიტები და დუნიტები, აგებული უფრო ნაკლებად მდგრადი ოლივინით და პიროქსენით, გადაიქცევიან მიწისებრ გარკინებულ ქანებში, სერპენტინის და ქრომიტის ნატეხებით.

ეფუზივებიდან ყველაზე მდგრადია მჟავე მინებრივი სახეობები. ბაზალტები, ანდეზიტები მდგრადია სუბპოლიარული ჰავის პირობებში, ტროპიკებში კი იფიტებიან შედარებით ადვილად. ფუძე ეფუზივების (ბაზალტების) გამოფიტვის შედეგად გროვდება Ti, Al, Fe. დანარჩენი ყველა ელემენტი გაიტანება, რადგანაც, როგორც ჩანს იფიტება ძირითადად ვულკანური მინა. მინის დაშლა მიდის მარტივ ჟანგებამდე, ყველა ელემენტის დაკარგვით და რკინის და ალუმინის დამაგრებით ამორფულ ორგანულ-მინერალურ შენაერთებში და ალოფანში. ტიტანი გროვდება მდგრადი მინერალების შემადგენლობაში. ამის შედეგად ფუძე ეფუზივებზე ყალიბდება მძლავრი ლატერიტული ქერქი. ყველაზე სწრაფად იფიტებიან ფორიანი ვულკანური ტუფები.

დანალექი ქანები იფიტებიან უფრო სწრაფად, ვიდრე მაგმური. კონგლომერატები და ქვიშაქვები იშლებიან თავდაპირველად ჯერ ბელტებად, ხოლო შემდგომ ღორღად, კენჭებად და ქვიშად. თიხაფიქლები ჩვეულებრივ იშლებიან ძელაკებად, ღორღად, რომელიც შემდგომში გადაიქცევა წვრილ მტკრიან მასალად.

კარბონატული ქანების (კირქვები, დოლომიტიანი კირქვები) გამოფიტვისას (ქიმიური გამოფიტვა) – Ca^{2+} და HCO_3^- -თან ერთად ხსნარში გადადის Mg^{2+} იონები, რაც ხშირად წარმოქმნის კარსტულ სისტემებს. აღნიშნული მოვლენა (კარსტული გამოქვაბულები და მასთან დაკავშირებული ნაპრაღთა სისტემები) ფართოდ არის გავრცელებული საქართველოში (აფხაზეთში – ახალი ათონის გამოქვაბული, სამეგრელოში, იმერეთში – სათაფლიის გამოქვაბული ქუთაისთან, რაჭაში და სხვ.).

მეტამორფული ქანები ხასიათდებიან ფიქლებრიობით და ხაზობრივი ტექსტურით, რომლის გასწვრივ ხდება მათი ბელტებად ან ღორღად დაშლა. მასიური მეტამორფული ქანები, მაგ. კვარციტები, ძალზედ მდგრადია გამოფიტვისადმი.

ქანების და მისი პროდუქტების (დაშლის პროდუქტი) გარდაქმნა ნიადაგად მიმდინარეობს მისი შემადგენლობის და აგებულების არსებითი ცვლილებებით. ეს ცვლილებები დაკავშირებულია მცენარეების ცხოველყოფილობასთან და მიმდინარეობს მჭიდრო კავშირში, როგორც ფიზიკურ და ქიმიურ გამოფიტვასთან, ასევე სხვა გეოლოგიურ პროცესებთან ერთად.

ნიადაგწარმოქმნა მიმდინარეობს როგორც მასიურ, ასევე ფხვიერ ქანებზე, ელუვიურ, დელუვიურ, მდინარეულ (ალუვიური), მყინვარულ, ზღვიურ, ეოლურ და პიროკლასტურ ნალექებზედაც კი, რომელთა შემადგენლობა და ფიზიკური თვისებები განპირობებულია სხვადასხვა გეოლოგიური პროცესებით. ბუნებრივია, რომ განსხვავებულ ქანებზე და განსხვავებულ ეოლოგიურ პირობებში ნიადაგწარმოქმნის პროცესი მიმდინარეობს განსხვავებულად. ამასთან ერთად ქანები დედამიწის ზედაპირზე (მათ შორის ნიადაგებიც) არამდგრადია და ხშირად გადაადგილდებიან: გადარეცხვა წყლით, გადაიტანება ქარით, ირევა ერთმანეთში, იფანტება, გადაილექება ახალ ადგილებში. ფხვიერი ქანების და ნიადა-

გების გადაადგილებას მივყავართ მათი ასაკის დიდ მრავალფეროვნებასთან: რადგანაც ერთ ადგილას იწყება ნიადაგწარმოქმნა (ეროდირებულ უბნებში, მასიური ქანები), სხვაგან კი უკვე მიაღწია გარკვეულ ასაკს.

3.2. რელიეფი და ნიადაგწარმოქმნის პროცესი

რელიეფი წარმოადგენს მოცემული ნაკვეთის ზედაპირის სახეს და ხასიათს. ს. ა. ზახაროვის აზრით რელიეფი მხოლოდ ტრადიციით და პირობითად შეიძლება მიეკუთვნოს ნიადაგწარმოქმნელ ფაქტორს. უფრო სწორად ის წარმოადგენს ნიადაგწარმოქმნის პირობებს. მართლაც, იმ დროს, როდესაც სხვა ფაქტორები: დედა ქანები, კლიმატი, მცენარეული და ცხოველთა სამყარო მონაწილეობენ ნიადაგწარმოქმნაში თავისი მასით, ენერგიით, რელიეფი განსაზღვრავს მხოლოდ დედამიწის ზედაპირზე მოსული მატერიის და ენერგიის გადანაწილებას და სხვა არაფერს. მთიან პირობებში და საერთოდ დანაწევრებული ზედაპირის ადგილებში ნიადაგწარმოქმნაში რელიეფის ასეთი მონაწილეობა ჩვეულებრივ გამოხატულის ძალიან მკვეთრად და თვალში საცემია. ნიადაგწარმოქმნაში რელიეფის მნიშვნელობა ირიბია, გარდატეხილია კლიმატზე, მცენარეებსა და ცხოველებზე.

რელიეფი ფერდობების ექსპოზიციის და დახრილობის მიხედვით წარმოადგენს მზის რადიაციის, ნალექების გადანაწილების მთავარ ფაქტორს და გავლენას ახდენს წყლოვან, ტბურ, საკვებ, ჟანგვა-აღდგენით და დამარილების რეჟიმებზე.

რელიეფის დახასიათება ემყარება მის გენეზისს (ტექტონიკური, სუფოზიური, მყინვარულ-აკუმულაციური, ეოლური ფორმები და ა.შ.) და ფორმას (გეომორფოლოგია).

რელიეფის ფორმის სამ ჯგუფს არჩევენ: მაკრორელიეფი, მეზორელიეფი და მიკრორელიეფი.

მაკრორელიეფი არის რელიეფის ყველაზე დიდი ფორმა, რომელიც განსაზღვრავს დიდი ტერიტორიის საერთო იერს: ვაკეები, პლატო, მთის სისტემები. მაკრორელიეფის ფორმირება უმთავრესად დაკავშირებულია ტექტონიკურ მოვლენებთან დეამიწის ქერქში.

აჭარის ზღვის სანაპიროს არშიასავით გაჰყვება ქობულეთ-ჩაქვის ქედი, რომელიც წარმოადგენს ბარიერს შავი ზღვიდან მოტანილი ტენიანი ჰაერის მასებისთვის. ამიტომ აღნიშნული ქედის დასავლეთი ფერდობი, რომელიც ზღვისკენაა მიმართული, წელიწადში 2000-3000 მმ ნალექს ღებულობს, ხოლო აღმოსავლეთი ფერდობი – გაცილებით ნაკლებს.

მეზორელიეფი წარმოადგენს საშუალო ზომის რელიეფის ფორმებს: ბეჭობები, ბორცვები, ღარტაფები, ველები, ტერასები და მათი ელემენტები – ბრტყელი ნაკვეთები, სხვადასხვა დაქანების ფერდობები. მეზორელიეფის წარმოშობა ძირითადად დაკავშირებულია ეგზოგენურ გეოლოგიურ პროცესებთან (დენუდაციური პროცესები, კონტინენტალური ნაფენების წარმოქმნა), რაზედაც დიდ გავლენას ახდენენ ხმელეთის ცალკეული ნაკვეთების ნელი აწევები და ჩაწევები.

მიკრორელიეფის ქვეშ იგულისხმება რელიეფის წვრილი ფორმები, რომლებიც იკავებენ უმნიშვნელო ფართობებს (რამდენიმე კვადრატული დეციმეტრიდან რამდენიმე ასეულ კვადრატულ მეტრადე) ფარდობითი სიმაღლეების რყევადობით ერთი მეტრის ფარგლებში. მათ მიეკუთვნება ბორცვები, დადაბლებებში, რომლებიც იქმნება რელიეფის სწორ ზედაპირებზე სხვა მიზეზებით, მათ შორის მზრალური დეფორმაციებით. ფერდობებზე მიკრორელიეფი ზოგჯერ განისაზღ-

ვრება ნიადაგურ-გრუნტის მასების ჩამოცოცვით ან ნიადაგურ-ეროზიული პროცესებით.

ნიადაგების ფორმირებასა და ნიადაგური საფარის განვითარებაში რელიეფის მნიშვნელობა დიდია და მრავალფეროვანი.

რელიეფის ყოველი ელემენტი შეიძლება განხილულ იქნეს შემდეგი პარამეტრებით: 1) სიმაღლე ზღვის დონიდან; 2) დახრილობა; 3) ექსპოზიცია; 4) მდგომარეობა რელიეფის საერთო კონფიგურაციაში.

ეს პარამეტრები თავისი მნიშვნელობით არ არის ტოლფასი. ზოგიერთი მათგანი უშუალო გავლენას ახდენს პროცესებზე და ნიადაგწარმოქმნის ხასიათზე (ფერდობის დახრილობა და ნაკვეთის მდგომარეობა); სხვანი (სიმაღლე ზღვის დონიდან და ექსპოზიცია) მოქმედებენ ირიბად, განაპირობებენ კლიმატის, მცენარეულობის და ცხოველების გარკვეულ ცვლილებებს, რაც თავის მხრივ აისახება ნიადაგწარმოქმნაში.

I. რელიეფის უშუალო მნიშვნელობა ნიადაგწარმოქმნაში.

ა) ფერდობის დაქანება. დადგენილია, რომ 12^0 მეტი დაქანების ფერდობის დამუშავება გაძნელებულია და შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სათიბებსა და საძოვრებისთვის; 25^0 მეტი დაქანების ფერდობები სასურველია გამოყენებულ იქნეს ტყეებისთვის.

არსებობს ფერდობების დახრილობის შემდეგი კლასიფიკაცია:

1. დამრეცი ფერდობები (დაქანებით 5^0 ნაკლები) – სუსტი ჩამორეცხვა მხოლოდ ყველაზე წვრილი ნაწილაკების და მათი დალექვა ნიადაგის ზედაპირზე; ნიადაგური საფარი მთლიანია.

2. დაქანებული ფერდობები ($5 - 20^0$), მათ შორის სუსტად დაქანებული - $5-10^0$; დაქანებული - $10 - 15^0$,

ძლიერ დაქანებული - 15 - 20⁰. იშვიათად გვხვდება მთის ქანების გაშიშვლებები; ნიადაგური საფარი ზოგიერთ ადგილას გარღვეულია.

3 ციცაბო ფერდობები (20 - 45⁰), აქ ნაწილაკების გადაადგილება ხდება სიმძიმის ძალით, ჭარბობს დენუდაცია, ნიადაგური საფარი წყვეტილია, ხშირია მთის ქანების გაშიშვლებები.

4. ფლატოვანი ფერდობები (45⁰ მეტი). სიმძიმის ძალით გამოფიტვის პროდუქტების მეტ-ნაკლებად სრული მოცილება. ნიადაგური საფარი გვხვდება მხოლოდ ნაწილებად.

ბ) რელიეფის კონფიგურაციის მნიშვნელობა. იმის და მიხედვით რელიეფის რომელ ნაწილში იმყოფება ზედაპირის ეს მონაკვეთი, მისი ნიადაგები განიცდიან გეოლოგიური მოვლენების (ჩამორეცხვა, ჩარეცხვა, ნატანი) სხვადასხვა სიძლიერის ზემოქმედებას და გააჩნიათ შენების და შემადგენლობის სხვადასხვა თავისებურებანი.

რელიეფის ძირითადი ტიპების გათვალისწინებით შესაძლებელია მოტანილ იქნეს ნიადაგწარმოქმნის შემდეგი თავისებურებანი:

1. დაბალი მთების ნიადაგური საფარი ძირითადად წარმოდგენილია კარგად განვითარებული ნიადაგებით; იგივე შეიძლება ითქვას ზეგანის ნიადაგებზე.

2. საშუალო მთების ნიადაგები ხასიათდება: ა) ხირხატიანობით ფერდობის ზედა ნაწილებში და წვრილმიწიანობით მის ქვედა ნაწილებში; ბ) სიმძლავრის ზრდით იმავე მიმართულებით; გ) ხშირად ნიადაგებსა და ქანებს შორის გენეტიკური კავშირების უქონლობით ფერდობის ქვედა ნაწილებში; დ) ნიადაგებში ხშირად დელუვიური ფენების ან გადამარხული ნიადაგების არსებობით.

3. მაღალი მთების ნიადაგები ხასიათდება: ა) მაღალი ხირხატიანობით; ბ) მცირე სიმძლავრით; გ) ჰორიზონტების

სუსტი გამოხატულებით; დ) ნიადაგური საფარის ძლიერი დარღვევით.

4. ველების ნიადაგები ხასიათდება: ა) ძლიერ ცვალებადი მექანიკური შედგენილობით; ბ) სუსტი დიფერენციაციით ნიადაგურ ჰორიზონტებზე; გ) ხშირად შრეობრიობით.

II. რელიეფის ირიბი მნიშვნელობა – სიმაღლე ზღვის დონიდან და ფერდობების ექსპოზიცია. რელიეფის ირიბი მნიშვნელობა გავლენას ახდენს კლიმატზე, ზედაპირული წყლების (ატმოსფერული ნალექები და თოვლის ნაღობი), მცენარეულობის განაწილებაზე. პირველ რიგში რელიეფი აისახება კლიმატზე, რომელიც თავის მხრივ გავლენას ახდენს მცენარეულობის ხასიათზე.

1. რელიეფის მნიშვნელობა კლიმატური პირობებისთვის. რელიეფის გავლენა კლიმატური პირობების ხასიათზე აღინიშნება სამი მიმართულებით: ა) ხმელეთის ერთი ნაკვეთის ამაღლებით სხვა ნაკვეთზე ხდება კლიმატის ცვლა ვერტიკალური მიმართულებით – იქმნება ვერტიკალური კლიმატური სარტყლები ან ზონები; ბ) მოცემული ნაკვეთის ჰორიზონტალური მდგომარეობიდან გადახრის გამო იცვლება მზის ენერგიის და ნალექების რაოდენობა ხმელეთის ზედაპირის ერთეულზე. რაც უფრო ძლიერია ეს გადახრა, მით უფრო ნაკლები სითბო და ტენი მოდის ნიადაგის ზედაპირის ერთეულზე და ტენის მით უფრო მეტი ნაწილი ჩამოსრიალდება ზედაპირიდან და გამოუყენებლად ქრება ნიადაგის მოცემული ნაკვეთისთვის; გ) დახრილი ნაკვეთების განსხვავებული ექსპოზიციის გამო, გასხვავებული ნიადაგები იღებენ სითბოს და ტენის არათანაბარ რაოდენობას და ხასიათდებიან განსხვავებული წყლოვანი, თბური და ჰაეროვანი რეჟიმებით.

მთიან პირობებში საწინააღმდეგო ფერდობების ნიადაგებს შორის განსხვავება ხშირად საკმაოდ მკვეთრია. თბილისის მიდამოებში, წყნეთის თავზე თრილეეთის ქედის ჩრდილოეთ ფერდობებზე ვითარდება ყომრალი ნიადაგები, ხოლო

სამხრეთ ფერდობებზე – ყავისფერი კარბონატული, რომელ-
თა პროფილის ქვედა ნაწილში აღინიშნება მეორადი
კარბონატების არსებობა.

2. *რელიეფის გავლენა ზედაპირული წყლების განაწი-
ლებაზე.* ის ატმოსფერული ნალექები, რომლებიც ვერ აღწე-
ვენ ნიადაგში, ჩამოსრიალდებიან რელიეფის ამოზნექილი და
ამაღლებული ნაწილებიდან ჩაღრმავებულ და დადაბლებულ
ნაწილებში, რის შედეგად ხდება ამ უკანასკნელების გაძლიე-
რებული დატენიანება. ეს აისახება როგორც შესაბამისი მცე-
ნარეულობის განვითარებასა და შემადგენლობაზე, ისე ნია-
დაგწარმოქმნაზე (ნიადაგების ჩარეცხვა, ნეშომპალის დაგრო-
ვება და ა.შ.).

3. *რელიეფის გავლენა მცენარეულობის განაწილება-
ზე.* კავშირი მცენარეულობის განაწილებისა და ხასიათს შო-
რის მჟღავნდება როგორც მსხვილ, ისე წვრილ მასშტაბში.
მსხვილ მასშტაბში ის გამოიხატება მცენარეულობის განაწი-
ლებაში ექსპოზიციასა და ფერდობის დაქანებასთან კავშირში.
წვრილ მასშტაბში ეს გავლენა გამოიხატება ვერტიკალური
მცენარეული ზონების წარმოქმნაში.

მთებში არსებული კლიმატის, მცენარეულობის და
ნიადაგების ვერტიკალური სარტყლიანობა არის სიმაღლის
მატებასთან ერთად ჰაერის ტემპერატურის დაწვეისა და და-
ტენიანების ცვლილებისა. ჰაერის მასები, უახლოვდებიან რა
მთებს ნელი წვეებიან ზემოთ და თანდათანობით ცივდებიან,
რაც განაპირობებს ნალექების მოსვლას. მთების გადაღახვის
შემდეგ, იგივე ჰაერის მასები ეშვებიან, ცხელდებიან და ხდე-
ბიან მშრალნი.

მეზო- და მიკრორელიეფის ელემენტები და განსა-
კუთრებით სხვადასხვა დაქანების ფერდობები პირველ რიგში
გადაანაწილებენ ნალექების ტენს დედამიწის ზედაპირზე და
არეგულირებენ წყლების შეფარდებას, რომლებიც ჩამოე-
დინება ზედაპირზე, იჟონება ნიადაგში, გროვდება ჩადაბ-

ლებებში. სხვადასხვა დახრილობის და ექსპოზიციის ზედაპირები იღებენ მზის რადიაციას განსხვავებული რაოდენობით. ყოველივე ეს აისახება ტემპერატურული და წყლოვანი რეჟიმების პირობებზე. განსხვავებები დატენიანებაში იწვევენ საკვები, ჟანგვა-აღდგენითი და დამლაშების რეჟიმების ცვლას.

ყოველივე ეს იწვევს სხვადასხვა მცენარეულობის დასახლებასა და განვითარებას, ორგანული ნივთიერებების სინთეზსა და დაშლაში არსებით გასხვავებას, ნიადაგური მიწერალების გარდაქმნას და საბოლოო ჯამში რელიეფის სხვადასხვა პირობებში, განსხვავებული ნიადაგების წარმოაქმნას.

რელიეფის მდგომარეობით და ნალექების გადანაწილებით გამოყოფენ ნიადაგების შემდეგ ჯგუფებს ან დატენიანების რიგებს.

ავტომორფული ნიადაგები – ფორმირდებიან სწორ ზედაპირებზე და ფერდობებზე ზედაპირული წყლების თავისუფალი ჩამონადენის პირობებში, გრუნტის წყლების ღრმა დგომისას (6 მ უფრო ღრმად).

ნახევრადჰიდრომორფული ნიადაგები – ფორმირდებიან ზედაპირული წყლების ხანმოკლე გაჩერებისას ან გრუნტის წყლების დგომისას 3-6 მ სიღრმეზე (კაპილარული არშია შეიძლება აღწევდეს მცენარეების ფესვებს).

ჰიდრომორფული ნიადაგები – ფორმირდებიან წყლების ხანგრძლივი ზედაპირული გაჩერებისას ან გრუნტის წყლების დგომისას 3 მ ნაკლებ სიღრმეზე (კაპილარული არშია შეიძლება აღწევდეს ნიადაგის ზედაპირს).

რელიეფი დიდ გავლენას ახდენს ეროზიული პროცესების განვითარებაზე. რელიეფის ფერდობითი ფორმების პირობებში შესაძლებელია წყლისმიერი ეროზიის გამოვლენა, ე.ი. ნიადაგის ჩამორეცხვისა და გადარეცხვის გამოვლენა. რელიეფის ვაკე ფორმები გვალვიანი და კონტინენტალური

კლიმატის პირობებში ხელს უწყობენ ქარისმიერი ეროზიის წარმოქმნას.

რელიეფი შეიძლება იყოს მცენარეულობის და ნიადაგების ევოლუციის ფაქტორი. მაგალითად, მდინარის კალაპოტის თანდათანობითი შეჭრისას ჭალის ტერასა გარდაიქმნება ჭალიზდა ტერასაში. ეს იწვევს დატენიანების რეჟიმის შეცვლას (ჭალის და ალუვიური პროცესების შეწყვეტას, გრუნტის წყლების დაწევას) და, როგორც შედეგი, ნიადაგების განვითარებას არა ჰიდრომორფულ ან ნახევრად ჰიდრომორფულ, არამედ ავტომორფულ პირობებში.

ნიადაგწარმოქმნაზე რელიეფის თავისებურებების გავლენას დიდი მნიშვნელობა აქვს მიწათმოქმედებაში, რადგანაც სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე რელიეფის ნაირფეროვნება განაპირობებს მცენარეების მოყვანის ნიადაგური პირობების არაერთგვაროვნებას, დიფერენცირებული აგროტექნიკის გამოყენების აუცილებლობას და ა.შ.

რელიეფი დიდ გავლენას ახდენს სითბოსა და ნალექების განაწილებაზე, ღენუდაციურ და აკუმულაციურ პროცესებზე, ნიადაგის ხსნარის და მასში გახსნილი ნივთიერების გადაადგილებაზე, ნიადაგის დატენიანებაზე და სხვა მოვლენებზე.

დედამიწის ზედაპირზე სითბოს მთავარ წყაროს მზის სხივური ენერგია წარმოადგენს. აღნიშნულ ენერგიას დედამიწა ღებულობს პირდაპირი და გაფანტული რადიაციის სახით და შეადგენს 17 %, რომელიც იხარჯება ფიზიკურ აორთქლებაზე, ტრანსპირაციაზე და ფოტოსინთეზზე.

ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ჩრდილოეთის ფერდობები სითბოს მცირე რაოდენობით ღებულობენ და ისინი ყველაზე ცივია. აჭარის პირობებში ერთი და იგივე სიმაღლეზე ცივი ზამთრის პირობებში ციტრუსები ილუპება ჩრდილოეთ ფერდობზე, სხვა ფერდობზე ეს მოვლენა არ აღინიშნება.

როგორც ცნობილია, დედამიწის ზედაპირის არათანაბარი გათბობა იწვევს დაბალი და მაღალი წნევის არეების წარმოქმნას, ჰაერის მასების გადაადგილებას, აგრეთვე ნალექის მოსვლას. ამრიგად, სხვადასხვა ექსპოზიციაზე განსხვავებულია არა მარტო სითბოს რაოდენობა, არამედ ნალექების მოსვლა. აღნიშნული დიდ გავლენას ახდენს მცენარეთა საფარის თავისებურებაზე. დადგენილია, რომ ნებისმიერ კლიმატურ ზონაში წყლის რეგულირებას განსაზღვრავს რელიეფური თავისებურებანი.

კონტინენტური ჰავის პირობებში, ნებისმიერი სიმაღლის მაღლობსა და მთიან ადგილებში, სამხრეთი ფერდობი ჩრდილოეთის ფერდობებთან შედარებით, დაბალი დატენიანებისა და ღარიბი მცენარეულობის გამო, შედარებით მცირე სისქისა და შეზღუდული შედგენილობის ნიადაგებით ხასიათდება. სამხრეთი ფერდობის ნიადაგები არა მარტო სუსტადაა განვითარებული, არამედ ხშირად კარბონატულიცაა.

უსწორმასწორო ზედაპირი გავლენას ახდენს ზედაპირული ჩამონადენის განაწილებაზე და დატენიანების ხარისხზე. ვაკე რელიეფის პირობებში წყლის განაწილება თანაბარია. ტყის პირობებში ვაკე რელიეფი გაცილებით ნაკლებ ნალექს ღებულობს, ვიდრე ტყიანი მაღლობისა და ქედის ფერდობები. ჯერ კიდევ გ. ვისოცკი აღნიშნავდა, რომ ტყე აშრობს ვაკეებს და ატენიანებს მთებს.

რელიეფი და ვერტიკალური ზონალობა. რელიეფის გავლენა სითბოსა და ტენის განაწილებაში კარგადაა გამოკვეთილი მთიან პირობებში, სადაც ადგილი აქვს რელიეფის დანაწევრებას და ფერდობის დიდ დახრილობას. აღნიშნულთან ერთად დიდ როლს თამაშობს აბსოლუტური სიმაღლის მატება.

კავკასიის მთიან რელიეფთან დაკავშირებული კლიმატის ვერტიკალური სარტყლიანობა, რაც გამოიწვება ზღვის დონიდან სიმაღლის მატებასთან ერთად ტემპერატურის და

ნალექების შეცვლაში. ტემპერატურის დაცემის გრადიენტი სიმაღლის მატების ყოველ 100 მეტრზე კავკასიის ცალკეული ნაწილებისთვის არ არის ერთნაირი. კავკასიის დასავლეთი ნაწილის ფერდობებისთვის, რომლებიც იმყოფებიან შავი ზღვის დატენიანების გავლენის ქვეშ, ის არ აღემატება 0,5⁰, ხოლო მთიანი ქედებისთვის, რომლებიც განლაგებულია მშრალი კონტინენტალური ჰავის რაიონებში, მაგალითად, დარალაგეზის ქედი ამიერკავკასიაში, ის აღწევს 0,7⁰.

ნალექების რაოდენობა სიმაღლის მატებასთან ერთად აგრეთვე იზრდება, მაგრამ გარკვეულ სიმაღლემდე. მთავარ კავკასიონზე ნალექების ზრდა აღინიშნება როგორც ჩრდილოეთ, ისე სამხრეთ ფერდობებზე. მაქსიმუმს ისინი აღწევენ 2380 მეტრის სიმაღლეზე, ჯერის ურელტეხილზე. – 1733 მმ. მაგრამ თუ გავითვალისწინებთ, რომ ნალექების რაოდენობა ყაზბეგის ზედა სადგურზე (3653 მ) შეადგენს 1404 მმ, უნდა ვივარაუდოთ, რომ გარკვეული სიმაღლიდან ნალექების რაოდენობა იწყებს შემცირებას. ალპებისთვის ასეთი კრიტიკული წერტილია 2000 მ, ხოლო კავკასიის ქედისთვის – 2500 მ. ალბათ, მთავარი, ისე როგორც მცირე კავკასიონის ცალკეული ნაწილებისთვის, კრიტიკული სიმაღლე, რომლის შემდეგ ნალექების რაოდენობა იწყებს შემცირებას, არ არის ერთნაირი. მაგალითად, აჭარა-იმერეთის ქედისთვის ეს სიმაღლე იქნება 2500 მ ნაკლები. ეს დასტურდება იმით, რომ თუ ოზურგეთში (70 მ ზღვის დინიდან), აჭარა-თრიალეთის ქედის ძირში ნალექების რაოდენობა უდრის 2090 მმ, უკვე 1926 მეტრის სიმაღლეზე, ბახმაროში, ნალექების რაოდენობა უდრის მხოლოდ 1602 მმ.

რელიეფი დიდ გავლენას ახდენს კავკასიის ცალკეული ნაწილების კლიმატზე; მრავალი ქედი და მაღლობი წარმოადგენს კლიმატური რაიონების საზღვარს.

მთიან პირობებში კლიმატური ელემენტების ცვალებადობის შესაბამისად იცვლება მცენარეთა საფარი და ნიადაგე-

ბი. ბათუმის ზღვის სანაპიროზე, კახაბრის დაბლობიდან აღმოსავლეთით არსიანის ქედის მიმართულებით შემდეგნაირად იცვლება მცენარეთა საფარი და ნიადაგები: კახაბრის დაბლობი ათვისებულია კულტურული მცენარეებით, მათ ქვეშ ალუვიური ნიადაგებია. გორაკ-ბორცვებზე კუნძულების სახით შემორჩენილია კოლხეთის ტიპის ტყე, მდიდარი მარადმწვანე ქვეტყით ტიპური წითელმიწებით. 400 (500) მეტრის ზევით წითელმიწები იცვლება ყვითელ-ყომრალი ნიადაგებით. 800 (900) მეტრიდან ფოთლოვანი ტყის ქვეშ ვითარდება ყომრალი ნიადაგები. სიმაღლის მატებასთან ერთად ფოთლოვანი ტყე გადადის შერეულ და წიწვოვან ტყეში. 1800 (1900) – 2000 (2100) მეტრის ფარგლებში გავრცელებულია სუბალპური ტყეები მთა-ტყე-მდელოს ნიადაგებით. 2100 მეტრიდან იწყება სუბალპური მდელოები, რომლებიც იცვლება ალპური მდელოებით. სუბალპური და ალპური მდელოების ქვეშ განვითარებულია მთა-მდელოს ნიადაგები.

ამგვარად, მთიან პირობებში კარგადაა გამოხატული მცენარეებისა და ნიადაგების ვერტიკალური ზონალობა.

რელიეფის როლი ნიადაგის მყარი ნივთიერების და ხსნარის მიგრაციის პროცესში. ნიადაგისა და გამოფიტვის ქერქის დენუდაციისა და გადარეცხვის პროცესები ცნობილია ეროზიის სახელწოდებით. გეოლოგიურ წარსულში ადგილი ჰქონდა ე.წ. ნორმალურ ანუ ბუნებრივ ეროზიას. ადამიანის არასწორი სამეურნეო საქმიანობით ადგილი აქვს აჩქარებულ ეროზიას, რომელიც დიდ ზიანს აყენებს ბუნებრივი და კულტურული მცენარეების განვითარებას.

ნიადაგის ზედაპირიდან ნალექების და თოვლის ნაღობი წყლით გადაირეცხება ნაყოფიერი ფენა და ხდება მისი აკუმულაცია ჩადაბლებული რელიეფის პირობებში. ნიადაგის ეროზიის ინტენსივობაზე გავლენას ახდენს შემდეგი ფაქტორები: ნალექების მოსვლის რაოდენობა და ინტენსივობა

დროის ერთეულში, ფერდობის დახრილობის სიდიდე, სიგრძე, ექსპოზიცია, ნიადაგის თვისება (წყალგამტარობა), ზედაპირის დაფარულობა მცენარეთა საფარით და სხვ.

ზედაპირულ ჩამონადენზე გავლენას ახდენს ფერდობის დახრილობა და ნიადაგის შენება, აგრეთვე მოსული ნალექების რაოდენობა, მათი ხანგრძლიობა და ინტენსიობა. ბათუმის ბოტანიკურ ბაღში კოლხეთის ტიპის ტყეში, 84,6 მმ მოსული ატმოსფერული ნალექების პირობებში ტყის ვარჯის ქვეშ შეღწეული ნალექების რაოდენობა შეადგენდა 64,3 მმ და 29⁰ დაქანების პირობებში ზედაპირული ჩამონადენი იყო 3,8 მმ (მოსული ნალექის 4,5% და ტყის ვარჯის ქვეშ შეღწეული ნალექის 5,9 %). ატმოსფერული ნალექები იმავე რაოდენობის დროს 36⁰ დაქანების პირობებში ზედაპირულმა ჩამონადენმა უკვე შეადგინა 4,8 მმ (მოსული ნალექების 4,5 % და ტყის ვარჯის ქვეშ შეღწეული ნალექების 5,9 %).

საერთოდ, კოლხეთის ტიპის ტყეში ზედაპირული ჩამონადენის სიდიდე დიდი არ არის, ის მცირდება ფერდობის დაქანების, ნალექების რაოდენობისა და ინტენსიობის შემცირებისას, ფოთლების ჩამოცვენის შემდეგ ზედაპირული ჩამონადენის სიდიდე იზრდება.

საქართველოს ტენიან სუბტროპიკებში ზედაპირული ჩამონადენი იწვევს მთელ რიგ არასასურველ მოვლენებს: ნიადაგების ჩამორეცხვას, ხეების წარმოქმნას, საკვები ნივთიერებების შემცირებას და ნიადაგების ზედა პორიზონტის სიმძლავრის შემცირებას. მ. ღარასელიას მიხედვით დასავლეთ საქართველოში ახალგაზრდა ჩაის პლანტაციაში ფერდობის დახრილობის მიხედვით ერთი ჰექტარიდან წელიწადში გადაირეცხება 50-80 ტ ნიადაგი.

ეროზიული პროცესის დროს ზდება ნიადაგის მყარი ნივთიერების, განსაკუთრებით ჰუმუსის გადატანა და ნიადა-

გის ნაყოფიერების დაცემა, რისთვისაც საჭიროა ეროზიის წინააღმდეგ ბრძოლა.

რელიეფის ზედაპირის თავისებურების მიხედვით ზღე-
ბა ატმოსფერული ნალექების განაწილება და ჩაჟონვა. ნია-
დაგში ჩაჟონილი წყალი ფაქტიურად წარმოადგენს სხვა-
დასხვა ელემენტებით გაჯერებულ ხსნარს. წყალგამყოფებზე
და მაღლობი რელიეფის პირობებში წყლის ძირითად წყაროს
წარმოადგენს ატმოსფერული ნალექები, დაბლობსა და მთა-
თაშორის ქვაბულებში ნალექებთან ერთად ნიადაგის და
გამოფიტვის ქერქის დატენიანებას ხელს უწყობს გრუნტის
წყალი. ნალექების მოსვლის დროს ნიადაგის ხსნართან ერ-
თად მიგრაციას და გადანაწილებას განიცდის სხვადასხვა
ელემენტები ნიადაგის პროფილში. დიდი რაოდენობით ნალე-
ქების მოსვლის შემსხვევაში ადგილი აქვს ელემენტების გა-
მორეცხვას ნიადაგიდან გვერდითი დინების საშუალებით და
გადაადგილებას სიღრმის მიხედვით. ამიტომ წყალგამყოფებზე
რელიეფის მცირე დაზრილობის პირობებში ფორმირდება
გენეტიკურად დამოუკიდებელი ნიადაგები, მონატანი ნივთიე-
რების გარეშე. ფერდობებთან მიმდებარე ვაკე რელიეფზე და
მთათაშორის ქვაბულებში ნიადაგწარმოქმნაში მონაწილეობს
მონატანი ნივთიერებანი.

ამგვარად, რელიეფის ზედაპირის თავისებურებანი დიდ
როლს თამაშობს მოსული ატმოსფერული ნალექების
გადანაწილებაში, მათთან ერთად მყარი და გახსნილ მდგო-
მარეობაში მყოფი ელემენტების მიგრაციასა და გამოტანაში.
ამ დროს ადგილი აქვს გარკვეულ გეოქიმიურ პროცესებს,
რაც ხელს უწყობს დამლაშებული, კონგლომერატიანი ფენის
წარმოქმნას და სხვადასხვა სახის კონკრეციების დაგროვე-
ბას, განსაკუთრებით გამოფიტვის ქერქში.

3.3. კლიმატი და ნიადაგწარმოქმნის პროცესი

ატმოსფერული კლიმატის ქვეშ იგულისხმება ამა თუ იმ ტერიტორიის (დედამიწის, კონტინენტების, ქვეყნების, ოლქების, რაიონების და ა.შ.) ატმოსფეროს საშუალო მდგომარეობა, რომელიც ხასიათდება მეტეოროლოგიური ელემენტების (ტემპერატურა, ნალექები, ჰაერის ტენიანობა და ა.შ.) საშუალო და უკიდურესი მაჩვენებლებით, რომლებიც იძლევიან რყევადობის ამპლიტუდებს დღე-ღამის, სეზონის და მთელი წლის მანძილზე. ამინდი კი ატმოსფეროს ქვედა ფენის მდგომარეობაა მოცემული დროსა და მოცემული ადგილისათვის. ჰავას ამინდისგან განსხვავებით გააჩნია მდგრადობა და მუდმივობა. ზოგჯერ წლების მიხედვით ჰავას ახასიათებს გადახრები ჰაერის ტემპერატურის, ნალექების რაოდენობის და რეჟიმის, ამინდის ხასიათის და სხვ. აღნიშნული გადახრები არ არის დიდი.

ჰავის როლი ძალზე დიდია ქანების გამოფიტვის, გამოფიტვის პროდუქტების გარდაქმნაში და ნიადაგის წარმოქმნის პროცესში. ჰავაზეა დამოკიდებული მცენარეთა გავრცელება და ზრდა, ნიადაგების შემადგენლობა, ორგანული ნივთიერების დაშლა, რაოდენობა და სხვ.

დედამიწის ზედაპირზე კლიმატი განსაზღვრავს მრავალი ბუნებრივი ფაქტორის ურთიერთმოქმედებას. კონტინენტის ვრცელ ვაკეებზე, რომლის წარმოშობის ისტორია მეტ-ნაკლებად ერთნაირია და ნიადაგწარმოქმნელი ქანები ერთგვაროვანია, კლიმატის როლი ნიადაგის წარმოქმნაში განსაკუთრებით დიდია. კლიმატური ოლქების ცვლასთან ერთად ამ შემთხვევაში შეიმჩნევა ნიადაგების ტიპების მკვეთრად გამოსახული ცვლა. ეკვატორიდან ჩრდილოეთ და სამხრეთ პოლუსების მიმართულებით ხდება თანმიმდევრული, თუმცა არა სრულად კანონზომიერი ცვლა ჰაერის ტემპერატურის და ატმოსფერული ნალექების. ამავე მიმართულებით შეიმჩნევა ნიადაგური საფარის ტიპების საერთო პლანეტარუ-

ლი ცვლა, რომელიც ჩვეულებრივ მთლიანად მიეწერება კლიმატის ცვლას.

აღნიშნული კანონზომიერება რუსეთის ვაკის ნიადაგების გეოგრაფიაში დადგენილ იქნა ვ. დოკუჩაევის და ნ. სიბირცევის მიერ და მიიღო ჰორიზონტალური ზონალობის კანონის სახელწოდება. საჭიროა აღინიშნოს, რომ ურთიერთკავშირი ნიადაგურ საფარსა და კლიმატს შორის გართულებულია ნიადაგწარმოქმნის სხვა ფაქტორების მონაწილეობით. ჩვენი პლანეტის ეკვატორიდან პოლუსების მიმართულებით არა მარტო იცვლება კლიმატის ტიპი, არამედ ერთდროულად ხდება ნიადაგწარმოქმნის პროცესის ყველაზე ძველი სტადიების და გამოფიტვის ქერქის შეცვლა სულ უფრო ახალგაზრდებით. ეს აიხსნება კონტინენტალური მყინვარული საფარების პერიოდული გამოჩენით საერთო მიმართულებით პოლუსებიდან ეკვატორისკენ. მეოთხეულ ეპოქაში ეს მყინვარები არ ეხებოდნენ ტროპიკულ და სუბტროპიკულ ოლქებს და ამავდროულად თითქმის მთლიანად მოიცავდნენ ზომიერი და ცივი კლიმატის ოლქებს. ამიტომ ნიადაგების ჰორიზონტალური ზონალობის საერთო პლანეტარულ სურათში თანამედროვე კლიმატის გავლენა ჯამდება ძველი კლიმატის გავლენასთან და დიდ სხვაობებთან ტერიტორიების გამოფიტვის ხანგრძლივობასა და ნიადაგების ასაკში, რომლებსაც შეეხო და არ შეეხო მეოთხეული გამყინვარება.

მთიან ქვეყნებში არსებობს კავშირი ნიადაგურ საფარს, მცენარეულ და ვერტიკალურ კლიმატური ზონებს შორის. ნიადაგების გეოგრაფიის ეს ერთ-ერთი ძირითადი კანონი, ცნობილი ნიადაგების ვერტიკალური ზონალობის სახელით, დადგენილი იყო ვ. დოკუჩაევის მიერ საქართველოს ნიადაგების მაგალითზე. ცნობილია, რომ ადგილმდებარეობის სიმაღლის მატებასთან ერთად, მცირდება ტემპერატურა და იზრდება ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა. ვერტი-

კალური ზონების ამ ცვლას მთიან ქვეყნებში, სიმაღლის მატებასთან ერთად თან ახლავს მცენარეულობის კანონზომიერი ცვლა სტეპის ბალახა, ტყის და მდელოს მცენარეულობით. საქმე იმაშია, რომ კავშირი ნიადაგურ საფარსა და კლიმატურ ვერტიკალურ ზონებს შორის არ არის მარტივი. ასაკი და რელიეფის ზედაპირი, რომლებიც მოქცეულია ნიადაგწარმოქმნის პროცესში, აგრეთვე იცვლება სიმაღლის მატებასთან ერთად. ეროზია და ტექტონიკური მოვლენები მჭიდროდ არის დაკავშირებული ერთმანეთთან, ამიტომ, ხშირად მთის ნაგებობების ყველაზე ამაღლებული ნაწილები ყველაზე მეტად ეროდირებულია. მეორეს მხრივ, მთის ქანების შუა და ქვედა ნაწილები და განსაკუთრებით მთის წინა ვაკეები, რომლებიც ხასიათდებიან უფრო წყნარი რელიეფით, გამოირჩევიან ძველი ნიადაგური საფარის მეტი შენახულობით. ამის გარდა, ისინი იღებდნენ და იღებენ მთის შემადგენელი ადგილებიდან მექანიკურ და ქიმიურ ნალექებს და ნიადაგწარმოქმნის პროდუქტებს. ამიტომ ვაკეებიდან ზემოთ მთებისკენ ხდება არა მარტო კლიმატური პირობების და მცენარეული საფარის ცვლა, არამედ მკვეთრად იცვლება გამოფიტვის და ნიადაგწარმოქმნის პროდუქტების შენახვის, მიგრაციის და გადანაწილების ნიადაგურ-გეოქიმიური პირობები და, რაც მთავარია, წარმოიქმნება გენეზისით და ასაკით მკვეთრად განსხავებული გამოფიტვის ქერქი და ნიადაგები.

საქართველოს, როგორც მთიან ქვეყანას, გააჩნია საინტერესო გლაციალოგიური ისტორია. რ. გობეჯიშვილის, ჭ. ჯანელიძის და სხვათა გამოკვლევებით დადგინდა, რომ უკანასკნელად მყინვარები ყველაზე დიდ ფართობს იკავებდნენ 15 000 – 16 000 წლის წინათ, რის შემდეგ დაიწყო მათი დეგრადაცია და უკან დაწევა. დასავლეთ საქართველოში, მთავარი კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებზე, მყინვარები ჩამოდიოდნენ 900 – 1200 მეტრამდე, იმავე ფერდობებზე, აღმოსავლეთ საქართველოში, მყინვარების საზღვარი შედარე-

ბით მაღლა გადიოდა. მცირე კავკასიონზე გამყინვარების გამოჟღავნება უფრო სუსტი იყო და მყინვარის საზღვარი 1800 - 2000 მეტრს ქვემოთ არ ჩამოდიოდა. ამგვარად შეიძლება დავასკვნათ, რომ დასაღეთ საქართველოს ჩრდილოეთ ნაწილში, 900- 1200 მეტრს ზემოთ საქმე უნდა გვქონდეს ახალგაზრდა ნიადაგებთან, რომლებიც განვითარდნენ პოლოცენის დროის მანძილზე (10 000 - 12 000 წლის მანძილზე). აღმოსავლეთ საქართველოს მთავარი კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებზე ახალგაზრდა ნიადაგებია 1500-1600 მეტრს ზემოთ. ამავე მიდგომით მცირე კავკასიონზე, ახალგაზრდა ნიადაგები ჩამოყალიბებულია 1800-2000 მეტრს ზემოთ.

მაგრამ არსებობს ერთი გარემოება, რომელმაც უნდა შეიტანოს არსებითი კორექტივები ახალგაზრდა და ძველი ნიადაგწარმოქმნის პროცესში. საქმე ეხება ფლუვიოგლაციალური ნაკადების წყალს, რომელიც წარმოიქმნება მყინვარების დნობის შედეგად და მათი დამანგრეველი ძალა აუცილებლად მისაღებია მხედველობაშია. თუ გავითვალისწინებთ, რომ მთავარი კავკასიონის სამხრეთ ფერდობების დაახლოებით 1 000 მეტრის ზემოთ შედარებით ციცაბო ფერდობები გვაქვს, სადაც ნიადაგწარმოქმნა, ერთის მხრივ, გამწვანებულია და, მეორეს მხრივ, ნიადაგი მყიფეა. უნდა ვიფიქროთ, რომ დაახლოებით 1000 მეტრს ქვემოთ საქმე გვაქვს ძველი ნიადაგწარმოქმნის პროცესის შედეგად ჩამოყალიბებულ ნიადაგებთან. ეს კანონზომიერება რამდენიმე ასეული მეტრით უნდა იყოს აწეული მცირე კავკასიონის ჩრდილოეთ ფერდობებზე.

გარკვეულწილად განსხვავებული სურათი გვაქვს სამხრეთ საქართველოში, სადაც მყინვარები ჩამოდიოდნენ 1500 მეტრამდე. მაგრამ აქ რელიეფის რბილი ფორმები ამუხრუჭებდნენ მყინვარების უკან დახევასთან დაკავშირებული უარყოფითი გავლენის გამომჟღავნებას.

ამგვარად, გლაციალური და ნიადაგური გამოკვლევების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მთელ საქართველოში ყველაზე ახალგაზრდაა მაღალმთიანეთის ნიადაგები (მთა-მდელოს). ყველაზე ძველი ნიადაგების რიცხვს მიეკუთვნება წითელმიწები, ყვითელმიწები, სუბტროპიკული ეწერები, რუხი-ყავისფერი, მდელოს ყავისფერი, ყავისფერი, მდელოს რუხი-ყავისფერი ნიადაგები და ალუვიური ნიადაგების დიდი ნაწილი. რაც შეეხება სხვა ნიადაგებს (ყომრალი, ყვითელ-ყომრალი, შავ-ყომრალი, ნეშომპალა-კარბონატული) ისინი იკავებენ გარდამავალ ადგილს. აქაც ყომრალების შედარებით დიდი ნაწილი უნდა იყოს ახალგაზრდა, რასაც ვერ ვიტყვით ყვითელ-ყომრალ, შავ-ყომრალ, ნეშომპალა-კარბონატულ ნიადაგებზე. სამწუხაროდ ჩვენში ამ მიმართულებით კვლევები თითქმის არ ჩატარებულა.

ბიოლოგიური და ნიადაგური პროცესების ენერგიის მთავარი წყაროა მზის რადიაცია, ხოლო დატენიანების ძირითადი წყაროა – ატმოსფერო ნალექები. სითბური ენერგიის მოსვლა ნიადაგის ზედაპირზე იცვლება ადგილის გეოგრაფიული მდგომარეობის, რელიეფის ხასიათის და მცენარეული საფარის თავისებურებების გათვალისწინებით. ატმოსფეროში მოსული მზის სინათლე და ბიოსფეროს და ნიადაგს მიღწეული, წარმოადგენს სიცოცხლის ენერგიის და შესაბამისად ნიადაგწარმოქმნის მთავარ წყაროს.

მიწისზედა კლიმატთან ერთად, რომელიც ისწავლება და ხასიათდება მეტეოროლოგიური სადგურების მონაცემებით, არსებობს შიდა ნიადაგური კლიმატი, რომელიც განსხვავდება მიწისზედასგან. ეს განსაკუთრებით ეხება მთიან ქვეყნებს, სადაც ფერდობების ნიადაგური კლიმატი მკვეთრად განსხვავდება ზონალურისგან. მთიან ქვეყნებში ატმოსფერული ნალექები ძირითადად არ ხვდება ნიადაგურ პროფილში, და სცილდებიან ზედაპირული ჩამონადენით. მთების სამ-

ზრეთ და ჩრდილოეთ ფერდობებს აქვთ განსხვავებული სი-
ნათლის და თბური რეჟიმები.

დედამიწის ზედაპირზე მოსული მზის ენერგიის
კოსმოსური ნაკადი ანუ მზის მუდმივა, საშუალოდ შეადგენს
2 კალ/სმ² წუთი. ატმოსფეროში მზის სხივის გავლისას
დაახლოებით 30% აირეკლება კოსმოში, დაახლოებით 20%
შთანთქმება წყლის ორთქლით და მტვრით და ირიბი გზით
აღწევს დედამიწის ზედაპირს. ამიტომ მიწის ზედაპირზე ხე-
დება დაახლოებით მზის რადიაციის ნახევარი. ტენიან სუბტ-
როპიკებში ეს სიდიდე შეადგენს დაახლოებით 40 %, ხო-
ლო უდაბნოებში – 70 %. მზის რადიაციის მოსვლა იზრდება
აგრეთვე მთებში. მაგრამ შიშველი ნიადაგის ზედაპირიდან,
მცენარეულობიდან ან სუფთა წყლიდან მზის რადიაციის
არეკვლის გამო იკარგება კიდეც 30 - 60, 15 - 25, 5 -
20 %, შესაბამისად.

მზიდან მოსული ენერგიის რაოდენობა და მისი
ხარჯი ნიადაგწარმოქმნაზე (გაცხელება, აორთქლება, ტრანს-
პირაცია, ფოტოსინთეზი, ჰუმუსის სინთეზი) საკმაოდ განს-
ხვავებულია სხვადასხვა ბუნებრივ ზონებში.

მაგრამ ენერგიის დანახარჯი ბიოლოგიურ პრო-
ცესებზე ასევე, ხოლო ენერგიის დანახარჯი მინერალურ
რეაქციებზე ათი ათასჯერ ნაკლებია აორთქლებასა და გაც-
ხელებაზე დახარჯულ ენერგიაზე. რაც უფრო მეტია ად-
გილის რადიაციული ბალანსი, მით საკმარისი ტენიანობის
პირობებში, მით უფრო მეტია მცენარეული ბიომასის სინ-
თეზი და უფრო მეტია ტერიტორიის ბიოლოგიური პროდუქ-
ტიულობა. ჩვენს პლანეტაზე ნიადაგწარმოქმნის თბური პი-
რობები საკმაოდ მრავალფეროვანია, მაგრამ ზოგადად ისინი
უკავშირდება რადიაციული ბალანსის სიდიდეებს.

მზის რადიაცია შთანთქმება ხმელეთის ზედაპირით,
შემდეგ თანდათანობით გამოსხივდება და ათბობს ატმოს-
ფეროს. ნიადაგში მოხვედრილი ნალექების ტენი შთაითქმება

მცენარეებით და ბრუნდება ატმოსფეროში ტრანსპირაციით ან ფიზიკური აორთქლების შედეგად. ამგვარად, ღვება მუდმივი თბო და ტენცვლა ნიადაგსა და ატმოსფეროს შორის. ამ ცვლის პროცესში ფორმირდება ნიადაგის ჰიდროთერმული რეჟიმი, რომელიც მისი უმნიშვნელოვანესი თვისებაა. ამიტომ დიდი მნიშვნელობა აქვს კლიმატის დახასიათებას ტემპერატურული პირობებით და დატენიანებით.

ტერიტორიის თერმული რეჟიმის აგრონომიული და ნიადაგური შეფასებისთვის მოხერხებული საშუალებაა ე.წ. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის სიდიდე. ბალახოვანი მცენარეებისთვის აქტიურია $+5^{\circ}$ მეტი ტემპერატურა, ხოლო ტყის მცენარეულობისთვის - $+10^{\circ}$ მეტი

თუ შევაჯერებთ ადგილის საშუალო წლიურ ტემპერატურებს, რადიაციულ ბალანსს და აქტიურ ტემპერატურათა ჯამს, მივიღებთ მეტად საინტერესო მონაცემებს, რომლებიც ახასიათებენ დედამიწის ყველაზე არსებით თერმულ თავისებურებებს.

ცხრ. 2. პლანეტარული თერმული სარტყლები

სარტყელი	საშუალო წლიური ტემპერატურა, $^{\circ}\text{C}$	რადიაციული ბალანსი, კკალ/სმ ² •წელ.	აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი წელიწადში, $^{\circ}\text{C}$
პოლიარული	- 35	< 5	0 - 0,5
სუბპოლიარული	- 15	5 - 10	0 - 0,5
ზომიერად ცივი	- 4	5 - 10	500 - 1000
ზომიერი	+ 4	10 - 20	1000 - 1500
ზომიერად თბილი	+ 10	20 - 50	1500 - 4000
სუბტროპიკული	+ 15	50 - 60	4000 - 6000
ტროპიკული	+ 32	>60 - 80	6000 - 10 000

როგორც ჩანს, პოლუსების რაიონებში რადიაციული ენერგიის მოსვლა უმნიშვნელოა - 5 კკალ/სმ²•წელ.-ზე ნაკლები. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის მიხედვით, არ არის მცენარეული საფარის არსებობისთვის რაიმე წინაპირობა. ზომიერად ცივ სარტყელში რადიაციული ბალანსი შეადგენს დაახლოებით 10 კკალ/სმ²•წელ., ხოლო აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი - 500-800⁰. ორივე ეს სიდიდე მკვეთრად იზრდება თბილ, სუბტროპიკულ და ტროპიკულ სატყელებში. ამ უკანასკნელებში რადიაციული ბალანსი აღწევს 50 - 60 - 80 - 100 კკალ/სმ²•წელ. და მეტს, ხოლო აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი - 4 - 8 - 10 ათას. წელიწადში.

გამოფიტვის ინტენსიობა, ფოტოსინთეზი და ორგანული ნივთიერების წარმოქმნა, ცხოველების და ბაქტერიების ცხოველმოქმედება საგრძნობლად იზრდება პოლარული ოლქებიდან თბილ ტროპიკულ - ეკვატორულ ოლქებისკენ. ამავე მიმართულებით იზრდება ნიადაგწარმოქმნის პროცესის ინტენსიობა, როგორც იმ ფორმით, რომელსაც თან ახლავს მინერალების დაშლა, ორგანული ნივთიერების გახრწნა და გამოტუტვა, ისევე ისეთ ფორმებშიც, რომლებსაც თან ახლავს ახალი მინერალების და ორგანული ნაერთების შემოსვლა, დაგროვება და სინთეზი.

სტეპის ნიადაგწარმოქმნაში ტემპერატურის ჯამური ეფექტი ნათლად აისახება გათიხების გაზრდით და აზოტის (და ჰუმუსის) შემცველობის შემცირებით ნიადაგებში, საშუალო წლიური ტემპერატურების ზრდასთან ერთად. ნიადაგური ჰორიზონტების გაცხელებას, ისევე როგორც გაციებას თან ახლავს კოლოიდური ხსნარების კოაგულაცია, წვრილდისპერსილი ნაწილაკების გამოყოფა ნალექში და ამორფული ნაერთების გადასვლა კრისტალურში. ნიადაგში ორგანული ნივთიერება მჭიდროდ

არის დაკავშირებული ადგილის წყლის რეჟიმთან და მცენარეული ორგანიზმების ფიზიოლოგიურ თავისებურებებთან. მცენარეების ცხოველმოქმედებისთვის და მათი ფესვთა სისტემების განვითარებისთვის არსებობს ოპტიმალური ტემპერატურები. ჟანგბადის დაბალი შემცველობის დროს ნიადაგების გადახურებას თან ახლავს მცენარეების დათრგუნვა. ფესვების დათრგუნვა აღინიშნება აგრეთვე კარგად აერირებულ ნიადაგებზე მაშინაც, როდესაც ტემპერატურა აღემატება 30° . ნიადაგების თბურ რეჟიმს აქვს დღე-ღამური, სეზონური და საუკუნოვანი რითმულობა და დინამიკა. დღე-ღამური და სეზონური რითმულობა და დინამიკა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მიწათმოქმედების პრაქტიკაში.

თერმული ფაქტორის მნიშვნელობა გამოფიტვასა და ნიადაგწარმოქმნაში განსაკუთრებით დიდია. ცნობილია, რომ ტემპერატურის 10° ზრდა იწვევს ქიმიური რეაქციების ზრდას საშუალოდ 2-3-ჯერ. იგივე ხდება წყალში გახსნილი ქიმიური ნივთიერებების დისოციაციის ხარისხთან. ტემპერატურის 0-დან $+50^{\circ}$ გადიდებისას დისოციაციის ხარისხი იზრდება 8-ჯერ. თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ მაქსიმალური და მინიმალური ტემპერატურების სხვაობა შეიძლება აღწევდეს $140-150^{\circ}$, უნდა მივიღოთ, რომ ქიმიური რეაქციების ინტენსიობა დედამიწის ყველაზე თბილ ოლქებში ყველაზე ცივ ოლქებთან შედარებით, უნდა იყოს ათი ათასჯერ უფრო დიდი. ამით აიხსნება, რომ გამოფიტვის და ნიადაგწარმოქმნის სისწრაფე, ნიადაგური პროფილის და გამოფიტვის პროდუქტების სიმძლავრე ტროპიკებში გაცილებით მეტია, ვიდრე დედამიწის ზომიერი და ცივი ოლქების ნიადაგებსა და გამოფიტვის ქერქში.

სითბო წარმოადგენს ნიადაგური წყლების აორთქლების უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს. სტეპურ ოლქებში აორთქლება აღწევს წელიწადში 500 – 600 მმ. ზომიერად თბილი სარტყლის გეალვიან რაიონებში – 700 – 1000 მმ, ტროპიკულ და სუბტროპიკულ უდაბნოებში – 1500 – 2000 მმ. აორთქლება იწვევს ხსნარების კონცენტრირებას და მარილების დაღეჟვას. ამიტომ აორთქლება ხელს უწყობს მინერალწარმოქმნას და მარილების დაგროვებას ნიადაგში.

დედამიწის ზედაპირზე მზიდან მოსული სითბოს და სინათლის ნიადაგწარმოქმნელი და ბიოლოგიური ეფექტი შეიძლება გამომჟღავნდეს მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ადგილი და მცენარეულობა უზრუნველყოფილია ტენის საკმარისი რაოდენობით. ამიტომ ნიადაგწარმოქმნის პროცესში ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა და სეზონური განაწილება ისევე მნიშვნელოვანია, როგორც სითბოს მნიშვნელობა. ხმელეთზე მოსული ატმოსფერული ნალექები წარმოადგენენ წყლის ნაწილს, რომელიც მონაწილეობს ოკეანის, ატმოსფეროს და კონტინენტებს შორის მსოფლიო წრებრუნვაში. დედამიწაზე აბსოლუტურად ჭარბობენ მლაშე მაღალმინერალიზებული ზღვის და მიწისქვეშა წყლები. წყლის საერთო მარაგის მხოლოდ 2-3 % მოდის მტკნარ წყალზე. ეს წყალი წარმოდგენილია ატმოსფერული ნალექებით, მდინარეების და ტბების წყლებით და ნაწილობრივ გრუნტის წყლებით.

დედამიწის ზურგზე წლის განმავლობაში, ატმოსფერული ნალექების ჯამი საკმაოდ ძლიერად მერყეობს. არსებობენ აბსოლუტური უდაბნოების ტერიტორიები, სადაც აღინიშნება პერიოდები, როდესაც რამდენიმე წლის მანძილზე ატმოსფერული ნალექები საერთოდ არ აღინიშნება. ასეთებია ჩილეს

და პერუს, საქარის, დასავლეთ ჩინეთის უდაბნოები. დედამიწაზე გვაღვიანი ტერიტორიები საერთო ზედაპირის არა ნაკლებ 25 % შეადგენენ. ასეთ ტერიტორიებზე წლის განმავლობაში მოდის ნალექების 20 – 50 – 100 მმ. კლიმატის გავლვიანობა მუღავნდება წელიწადში 300 – 400 მმ ნალექების პირობებში. ზომიერი და ზომიერად ცივი სარტყლების ტყის ოლქების ვრცელი სივრცეები ყოველ წლიურად იღებენ ნალექების 500 – 800 მმ-მდე. ტენიან სუბტროპიკებში ყოველწლიურად მოდის ნალექების 1500 – 2500 მმ. ეკვატორული ოლქების ტენიან ტროპიკებში ატმოსფერული ნალექების საშუალო წლიური რაოდენობა ძალიან იზრდება და ზოგჯერ აღწევს 7 – 10 ათას მმ. განგას და ბრამაპუტრის დელტებში ზოგიერთი რაიონები იღებენ წელიწადში ნალექების 14 000 მმ.

საქართველოში ნალექების ყველაზე დიდი რაოდენობა აღინიშნება აჭარაში: ცისკარა – 3898 მმ, დაგვა – 2950 მმ, ხალა – 2750 მმ, ჩაქვა – 2621 მმ. ნალექების ყველაზე მცირე რაოდენობა მოდის ქვემო ქართლში: წითელი ხიდი – 357 მმ, გარდაბანი – 378მმ, რუსთავი – 382 მმ, ვაზიანი – 386 მმ.

დედამიწაზე ნალექები და სითბო ნაწილდება პარალელურად და იზრდება სუბტროპიკებისა და ეკვატორისკენ, მცირდება ცივი სარტყლებისა და პოლარული ოლქებისკენ. ეს გარემოება მეტად მნიშვნელოვანია ხმელეთის ნიადაგური საფარის გენეზისის და გეოგრაფიისთვის. სუბტროპიკებთან, ტროპიკებთან და ეკვატორთან მიახლოებისას ტემპერატურების და ატმოსფერული ნალექების ზრდა, ხელს უწყობს ნიადაგწარმოქმნის მინერალური, ბიოლოგიური და ბიოქიმიური პროცესების ინტენსიობის ზრდას. ეკვატორულ ოლქებში მაღალი ტემპერატურებით, მაღალი ტენიანობით და ფიტობიომასის

უდიდესი რაოდენობით უზრუნველყოფილი ნიადაგ-
წარმოქმნის პროცესის ინტენსიობა ბევრად (აღბათ
რამდენი რიგით) აღემატება ნიადაგწარმოქმნელი
პროცესების ინტენსიობას ზომიერ და ცივ
განედებში.

ატმოსფერული ნალექების მნიშვნელობა ორ-
განიზმების, განსაკუთრებით მცენარეების ცხოვ-
რებაში და ნიადაგწარმოქმნის პროცესებში უაღრე-
სად დიდია. ნიადაგში მოსულ ატმოსფერულ ნალე-
ქებთან დაკავშირებულია გახსნა, გამოტუტვა და
მოძრავი ნაერთების გადატანა რელიეფის სხვადა-
სხვა ფორმის ფარგლებში, აგრეთვე მექანიკური და
ქიმიური ნალექების გადატანა ზედაპირული და
შიდანიადაგური ჩამონადენით დიდ მანძილებზე. ატ-
მოსფერული ნალექების წყალობით მიმდინარეობს
პირველადი მინერალების ჰიდროლიზის და მეორადი
თიხა მინერალების ფორმირების პროცესები. ატ-
მოსფერულ ნალექებთან ერთად ნიადაგის ზედა-
პირზე ხედება არა მარტო მტვერი, არამედ აზოტის
ჟანგები, ამიაკი, გახსნილი ნახშირმჟავა, ხოლო ინ-
დუსტრიულ რაიონებში – მიკროელემენტები, ტოქ-
სიკური ნაერთები.

წყლის მოძრაობასთან არის დაკავშირებული
ნიადაგის ჰუმუსოვანი ნივთიერებების დაგროვების
წარმოქმნის, დაშლის, ეროზიის მოვლენები და ჩამო-
რეცხილი მასალის გადალექვა. არიდულ ოლქებში
ფორმირდება ნიადაგები კარბონატების მაღალი
შემცველობით, ჰუმუსის დაბალი რაოდენობით, კო-
ლოიდების და თიხა მინერალების მცირე შემცველო-
ბით, დაბალი შთანთქმის უნარიანობით. ატმოსფე-
რული ნალექების ზრდასთან ერთად ნიადაგების გა-
მოტუტვის პროცესები ძლიერდება, იზრდება ჰუმუ-
სის და თიხა მინერალების შემცველობა, მატულობს
ნიადაგების შთანთქმის უნარიანობა. მაგრამ ჭარბი

დატენიანების დროს მნიშვნელოვნად იზრდება ნიადაგების მჟავიანობა, მონთმორილონიტის და კაოლინიტის ჯგუფის თიხა მინერალები იშლება, კლებულობს ჰუმუსის შემცველობა, მცირდება შთანთქმის უნარიანობა.

დედამიწის თერმული ჯგუფების კლიმატები განლაგებულია განედური სარტყლებად. ესენი ხასიათდება არა მარტო ტემპერატურების საშუალო დღე-ღამური ჯამებით, არამედ მცენარეულობის და ნიადაგების გარკვეული ტიპებით, რომლებიც იცვლებიან დიდ ფარგლებში დატენიანების მიხედვით. ესაა ნიადაგურ-ბიოკლიმატური ანუ ნიადაგურ-ბიო-თერმული სარტყლები.

ნიადაგწარმოქმნაში კლიმატის ძირითად თერმულ ჯგუფებთან დაკავშირებულია ნიადაგების თბური რეჟიმი, ქიმიური და ბიოქიმიური პროცესების სისწრაფე, ბიოლოგიური პროდუქტიულობა ოპტიმალური დატენიანებისას.

ნიადაგური გამოკვლევებისას ნალექებით დატენიანების მიხედვით არჩევენ კლიმატის ექვს ძირითად ჯგუფს.

კლიმატის ჯგუფები	დატენიანების კოეფიციენტი
------------------	-----------------------------

ძალიან ტენიანი (ექსტრაჰუმიდური)	$> 1,33$
ტენიანი (ჰუმიდური)	$1,33 - 1$
ნახევრად ტენიანი (სემიჰუმიდური)	$1 - 0,55$
ნახევრად მშრალი (სემიარიდული)	$0,55 - 0,33$
მშრალი (არიდული)	$0,33 - 0,12$
ძალიან მშრალი (ექსტრაარიდული)	$< 0,12$

ასეთი დაყოფის კრიტერიუმს წარმოადგენს ნალექების რაოდენობის შეფარდება აორთქლებასთან (აორთქლება წყლის ღია ზედაპირიდან, მმ), რომე-

ლმაც მიიღო დატენიანების კოეფიციენტის სახელწოდება. დადგენილი იყო ჯერ კიდევ მე-XX საუკუნის დასაწყისში გ. ვისოცკის მიერ, ხოლო შემდგომ ნ. ივანოვმა გამოიყენა დედამიწის კლიმატების კლასიფიკაციისთვის. ამ მაჩვენებელმა გამოავლინა საკმაოდ მაღალი კორელაცია ნიადაგების ტიპებთან.

ნიადაგების მთავარი ჯგუფები შეესაბამებიან ნალექების და ტემპერატურების გარკვეულ შეფარდებებს. ამასთან არჩევენ ნიადაგების ორ ძირითად კატეგორიას.

1. ნიადაგები, რომლებშიც ბიოლოგიური პროცესები მეტ-ნაკლებად დათრგუნულია. ეს არის რუხი ნიადაგები, უდაბნოების ნიადაგები, აგრეთვე ტუნდრის ნიადაგები. ეს ნიადაგები ფორმირდებიან დაბალი დატენიანების ოლქებში (წელიწადში 500 მმ ნაკლები), მაგრამ მდებარეობენ სხვადასხვა თერმულ სარტყელებში;

2. ნიადაგები, რომლებიც ფორმირდებიან მეტ-ნაკლებად თბილ კლიმატურ პირობებში: ყომრალები, ყვითელმიწები, წითელმიწები, ლატერიტები. ამ ნიადაგებს გააჩნიათ შედარებით მკვეთრად შეზღუდული თერმული პირობები და ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის ტევადობის საკმაოდ ფართო დიაპაზონი (წელიწადში ათასიდან რამდენიმე ათას მილიმეტრამდე). დედამიწის სუბტროპიკული და ტროპიკული სარტყლების ნიადაგების ფორმირება დაკავშირებულია მაღალ ტემპერატურებთან, რაც საკმარისი დატენიანების პირობებში იწვევს იწვევს ნიადაგების პირველადი მინერალების ღრმა გამოფიტვას.

იმ შემთხვევაში, როდესაც ერთგვაროვანი ქანების, რელიეფის, ასაკის პირობებში ხდება საშუალო წლიური ტემპერატურების და ატმოსფერული ნალექების პარალელური ზრდა, იქმნება ნიადაგ-

წარმომქმნელი ქანების უფრო ღრმა და ინტენსიური გამოფიტვის, თიხის ფრაქციის ფორმირების, გამოტუტვის და მჟავიანობის განვითარების პირობები.

ნიადაგწარმოქმნაზე ნალექების და ტემპერატურების ერთობლივი გავლენის ჯამური ეფექტი საკმაოდ რთულია. ბევრია დამოკიდებული ადგილის ჰიდროთერმული პირობების და ნიადაგურ-გეოქიმიური მდგომარეობის შეხამებაზე და განსაკუთრებით ნიადაგწარმოქმნის პროცესში ჩართული ნივთიერებების მოსული და დახარჯული მაჩვენებლების შეფარდებაზე. პლატოებზე, ზომიერად ტენიანი და ზომიერად თბილი კლიმატის პირობებში, ჩამოყალიბდება ღრმა პროფილის ნიადაგები, ღრმად გამოფიტული და გამოტუტული, მნიშვნელოვანი გათიხებით, განვითარებული ჰუმუსოვანი ჰორიზონტით და მაღალი შთანთქმის უნარით. იმავე ტემპერატურის და დატენიანების, მაგრამ აკუმულაციური რელიეფის პირობებში ცუდი ბუნებრივი დრენაჟით და გაძნელებული სადენით, ნიადაგწარმოქმნის პროცესს ექნება სრულებით სხვა ხასიათი. აქ განვითარდება დაჭაობების და გაღებების, გატორფების, მეორადი მინერალების, რკინის, მანგანუმის ჟანგეულების დაგროვების პროცესები და ა.შ.

ადგილის რელიეფთან, გეოქიმიურ ბალანსთან დაკავშირებული ნალექების და ტემპერატურის ნიადაგწარმოქმნის ეფექტის სწორედ ასეთი მნიშვნელოვანი სხვაობით აიხსნება ის ფაქტი, რომ ტენიან ტროპიკებში და სუბტროპიკებში წითელი ფერის ალიტური ნიადაგები არსებობენ მხოლოდ ამაღლებულ პლატოებზე, ხოლო ბარის ვაკეებზე და დეპრესიებში წარმოიქმნებიან დაწილული შავი ან ტორფიან-ჭაობიანი ნიადაგები და გარკინებული ლატერიტები. ნიადაგწარმოქმნაში არანაკლებ ძლიერი სხვაობა იქნება მშრალი კლიმატის პირობებში

პლატონმაგვარ ვაკეებზე და ვრცელ დეპრესიებში. ამ შემთხვევასი დეპრესიებში ჩამოყალიბდება მონთმორილონიტური და ილითური თიხები, ჰუმუსოვანი, კარბონატული, მდელოს, ტუტე და ძლიერ დამლაშებული ნიადაგები, ზოგჯერ მლაშე ან კირიან-თაბაშირიანი ქერქები. ასეთივე მშრალ კლიმატში, ნალექების და ტემპერატურების იგივე მაჩვენებლებით, მაგრამ პლატოზე წარმოიქმნება არამძლავრი, მცირე ჰუმუსიანი, დაუმლაშებელი ან ნარჩენ-დამლაშებული ნიადაგები.

ნიადაგწარმოქმნაში წამყვანი როლი ეკუთვნის ორგანიზმების და განსაკუთრებით, მცენარეების ცხოველქმედებას. ამავედროულად ნიადაგწარმოქმნის პროცესის უმნიშვნელოვანეს საეაღდებულო ელემენტებს წარმოადგენენ ნიადაგურ სიზრქეში და ლანდშაფტებში ნიადაგწარმოქმნელი ქანების, მინერალების მექანიკური, ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური ცვლილებები, გახსნა, გამოტუტვა, მარილების, კოლოიდური ხსნარების და სუსპენზიების გადანაწილება. ყველა ეს მოვლენა მჭიდროდ დაკავშირებულია კლიმატის გავლენასთან.

ნიადაგების სეზონური დატენიანება და დაღმავალი ტენის დინების განვითარებას ხშირად თანახლავს ანაერობული პირობების განვითარება და აღდგენითი რეაქციების გაძლიერება, რასაც გადაყავს რკინის და მანგანუმის ნაერთები მოძრავ ფორმებში. ეს მოვლენა ძლიერდება ნაკლებად გამტარი ნიადაგწარმოქმნელი ქანებისა და ცუდი ბუნებრივი დრენაჟის პირობებში. სეზონური ჩარეცხვის პერიოდში ნიადაგში ჭარბობენ გახსნის, ნაერთების ჰიდროლიზის, მათი გამოტუტვის და გამოტანის პროცესები.

წლის ტენიანი პერიოდების ცვლას მშრალი და ცხელით თანახლავს ნიადაგის სიზრქეში

აორთქლების პროცესების განვითარება, ხსნარების კონცენტრაციის ზრდა და მათი გადაადგილება აღმავალი მიმართულებით, სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში აორთქლება მერყეობს ასიდან ათას მილიმეტრამდე წელიწადში; შესაბამისად განსხვავდება ნიადაგური სხნარების აღმავალი დინების ინტენსიობა.

წლის მშრალ სეზონებში იზრდება ნიადაგური ხსნარის აერაციის ხარისხი და დაჟანგვითი რეაქციების მნიშვნელობა. რკინის და მანგანუმის ნაერთების მოძრაობა მკვეთრად მცირდება და ისინი გადადიან ნალექში.

ტემპერატურის სეზონური ცვლა, რომლის დროს ადგილი აქვს ნიადაგის გაყინვას და გალღობას, ხშირად იწვევს ნიადაგებში შეუქცევად ცვლილებებს და წარმოადგენენ ცივი კლიმატის თავისებურებებთან დაკავშირებული ნიადაგწარმოქმნის ტიპიურ ელემენტებს.

ნიადაგური ხსნარების, გამოფიტვის და ნიადაგწარმოქმნის პროდუქტების ვერტიკალურ აღმავალ და დაღმავალ სეზონურ პერიოდულ გადაადგილებასთან ერთად, ნიადაგწარმოქმნის პროცესში ასევე დიდი მნიშვნელობა ეკუთვნის ლანდშაფტში ადგილის დაქანების მიხედვით ხსნარების სეზონურ გადაადგილებას.

ყოველწლიურად რელიეფის დადებითი ფორმებიდან წვიმის და თოვლის წყლების დელუვიური და პროდუვიური ნაკადებით გამოიტანება და ილექება რელიეფის ურყოფით ფორმებში ნიადაგების მყარი ნაწილაკები, ორგანული ნივთიერება, კოლოიდური ნაერთები და ადვილადხსნადი მარილები.

გამოფიტვის და ნიადაგწარმოქმნის პროდუქტების ჰორიზონტალურ გადაადგილებაში აგრეთვე დიდ როლს თამაშობს დროებითი გრუნტის წყლების

ადგილობრივი ნაკადი. გრუნტის წყლების ზედა ჰორიზონტი მჭიდროდ არის დაკავშირებული ნიადაგთან. თავისი ქიმიური შედგენილობით ასახავს და განაპირობებს ნიადაგწარმოქმნის პროცესის მიმართულებას.

ნიადაგწარმოქმნის და გამოფიტვის პროდუქტების გვერდითი და ჰორიზონტალური გადანაწილება სეზონურად მოძრავ ხსნარებთან წარმოადგენს ღრმა განსხვავებების მიზეზს ტენიანი და მშრალი ოლქების, აგრეთვე ბარის, ტერასების, წყალგამყოფების და მთების ნიადაგებს შორის.

ამგვარად, კლიმატის როგორც ნიადაგწარმოქმნის ფაქტორის მრავალმხრივი მნიშვნელობა მჟღავნდება შემდეგში:

1) კლიმატი წარმოადგენს ბიოლოგიური და ბიოქიმიური პროცესების განვითარების მნიშვნელოვან ფაქტორს. ტემპერატურული პირობების და დატენიანების გარკვეული შეხამება განსაზღვრავს მცენარეულობის ტიპს, ორგანული ნივთიერების შექმნის და დაშლის ტემპებს, ნიადაგური მიკროფლორის და ფაუნის შემადგენლობას და საქმიანობის ინტენსიობას;

2) ატმოსფერული კლიმატი, ნიადაგების თვისებების და შემადგენლობის გარდატეხის შედეგად, დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგების წყალ-ჰაეროვან, ტემპერატურულ და ჟანგვა-აღდგენით რეჟიმებზე;

3) კლიმატურ პირობებთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული ნიადაგში მინერალური ნაერთების გარდაქმნის პროცესები (გამოფიტვის მიმართულება და ტემპი, ნიადაგწარმოქმნის პროდუქტების აკუმულაცია და სხვ.);

4) კლიმატი დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგების ქარისმიერ და წყლისმიერ ეროზიაზე.

დასასრულს მოგვყავს დედამიწის კლიმატური სარტყლების და ოლქების სქემა ბ. აღისოვის მიხედვით.

I. ეკვატორული სარტყელი

ჭარბობენ სუსტი არამდგრადი ქარები. ცხელი და ტენიანია. ჰაერის ტემპერატურის და ტენიანობის ცვალებადობა ძალიან მცირეა (დღე-ღამურზე ნაკლები). ხშირია თავსხმები და ელჭექი.

1. განსაკუთრებით ცხელი ოლქები.
2. ნაკლებად ცხელი ოლქები.

II. სუბეკვატორული სატყელი

ზაფხულში ჭარბობენ ეკვატორული, ზამთარში – ტროპიკული ტიპის ჰაერის მასები. ზაფხულის პერიოდში ჭარბობენ ქარები ეკვატორიდან, ხოლო ზამთარში – ეკვატორისკენ. ზამთარი ოდნავ უფრო გრილია ვიდრე ზაფხულის პერიოდი და მატერიკებზე ხასიათდება სიმშრალით. ოკეანეებზე ზაფხულ–შემოდგომის პერიოდში უმთავრესად წარმოიქმნებიან ტროპიკული ციკლონები (ტროპიკული გრიგალები, ტაიფუნები).

3ა. ოლქები საკმარისი დატენიანებით.

3ბ. ოლქები არამდგრადი დატენიანებით.

III. ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნახევარსფეროების ტროპიკული სარტყლები

ჭარბობენ აღმოსავლეთის რუშბების ქარები. ჰაერის ტემპერატურის სეზონური ცვლილებები კარგად არის შესამჩნევი, განსაკუთრებით მატერიკებზე. ოკეანეებზე შეიმჩნევა ტროპიკული ციკლონები.

4. არამდგრადი სტრატეგიფიცირებული პასატების ოლქები, შედარებით გრილი, თითქმის უწვიმო, მაგრამ ჰაერის მაღალი ფარდობითი ტენიანობით და ხშირი ნისლებით. ცივი ზღვიური დინებები.
5. პასატური შედარებით წვიმიანი ოლქები. ხმელეთზე მკვეთრი განსხვავებებია ნალექების რაოდენობაში, მთების საქარე და ქვექარის ფერდობებზე.
6. ცვალებადი ქარების და სიმყუდროვის ოლქები.
7. ზაფხულობით მდგრადი სტრატეგიფიცირებული პასატი, ზამთრობით ცვალებადი ქარები.
8. ზამთრობით მდგრადი სტრატეგიფიცირებული პასატი, ზაფხულობით ცვალებადი ქარები.
9. ცხელი გვალვიანი ოლქები ტემპერატურის ძალინდი დღე-ღამური ამპლიტუდით. ჰაერის ტემპერატურის აბსოლუტური მაქსიმუმი (დედამიწაზე).

IV. ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნახევარსფეროების სუბტროპიკული სარტყლები

- ზაფხულობით ჭარბობენ ტროპიკული, ზამთრობით – ჰაერის მასების ზომიერი ტიპები. მუსონური ოლქების გამონაკლისით, ზაფხულობით ჭარბობს ანტიციკლონური, ზამთრობით ციკლონური ამინდი. მნიშვნელოვანია ტემპერატურის და ნალექების სეზონური ცვლილებები. შესაძლებელია თოვა.
11. ზაფხულობით ჭარბობს ნათელი, თბილი, ამინდი; ზამთრობით - წვიმიანი, ქარიანი.
 12. შედარებით გრილი, უწვიმო ზაფხული, ხშირი ნისლებით; წვიმიანი ზამთარი, ზღვის ცივი დინებები.
 13. მუსონური ოლქები. ხმელეთზე ცხელი, წვიმიანი, ძალიან ტენიანი ზაფხული და შედარებით ცივი, მშრალი ზამთარი.

ოკეანეებზე ტემპერატურის და ნალექების უფრო თანაბარი წლიური ცვლა.

14. მშრალი ცხელი ზაფხული და შედარებით ცივი ზამთარი.

15. მთელი წლის მანძილზე თანაბარზომიერი დატენიანება.

16. სუბტროპიკული სარტყლის მაღალმთიანეთის ჰავა.

V. ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნახევარსფეროების ზომიერი სარტყლები

ჭარბობენ დასავლეთის ქარები. ოკეანეებზე, ყველა სეზონში, განვითარებულია ციკლონური მოქმედება, ხშირია შტორმები, განსაკუთრებით სამხრეთ ნახევარსფეროში. ჰაერის ტემპერატურის სეზონური რყევადობა უფრო მეტად იზრდება. მატერიკებზე ზამთარში თითქმის ყველგან თოვლის საფარია. სამხრეთ ნახევარსფეროს ოკეანეებზე ზღვიური მცურავი ყინულები და აისბერგები შეიძლება შეგვხვდეს წლის ყველა სეზონში.

17. შედარებით თბილი ზამთარი არამდგრადი ამინდით და ძლიერი ქარებით. შედარებით გრილი ზაფხული უფრო წყნარი ამინდით. თანაბარი, ალაგ-ალაგ ჭარბი დატენიანება.

18. შედარებით უფრო ცივი ზამთარი. ჩრდილოეთ რაიონებში შეიმჩნევა ყინულები. ზაფხულობით ბევრი ნისლია.

19. კონტინენტური ჰაერის ოლქი. ჰაერის ტემპერატურის დიდი სეზონური რყევადობა. ნალექები კლებულობენ ჩრდილოეთიდან სამხრეთისკენ:

ა) დატენიანება საკმარისი;

ბ) დატენიანება არამდგრადი;

გ) ტემპერატურის სეზონური ცვალებადობა განსაკუთრებით დიდია. ნალექები ცოტაა, ისინი უმეტესად მოდიან ზაფხულში. თოვლის საფარი მცირეა;

დ) გეალვიანი ოლქები.

20. ოლქები გარდამავალი კლიმატით ოკეანურიდან კონტინენტურისკენ:

ა) დატენიანება ჭარბი;

ბ) დატენიანება საკმარისად;

გ) დატენიანება არასაკმარისი;

21. მუსონური ოლქები. ტენიანი წვიმიანი ზაფხული, ცივი მშრალი ზამთარი.

22. ტენიანი გრილი ზაფხული, ცივი თოვლიანი ზამთარი.

23. ზომიერი სარტყლის მაღალმთიანეთის ჰავა.

VI. სუბარქტიკული და სუბანტარქტიკული სარტყლები

ზაფხულობით ჭარბობენ ზომიერი, ზამთრობით – არქტიკული და ანტარქტიკული ტიპის ჰაერის მასები. გაბატონებულია ქარების სეზონური ცვლა. ჰაერის ტემპერატურის დიდი სეზონური ცვლილებები. კონტინენტებზე მრავალწლიანი მშრალი ნიადაგების სრული გავრცელება. ოკეანეებზე მრავალადაა მცურავი ყინულები და აისბერგი.

24. გრილი ტენიანი ზაფხული. ზღვებზე ხშირია ნისლები. ქარიანი ტენიანი ზამთარი.

25. დედამიწის ზედაპირზე ჰაერის ტემპერატურის ყველაზე დიდი სეზონური ცვლილებები; ზამთრობით მთებში გაცილებით უფრო თბილა, ვიდრე ბარში.

26. ზამთრობით ქარები ანტარქტიკული კონტინენტიდან, ზაფხულობით – დასავლეთის ზღვიური. ცივი ზამთარი, მრავალრიცხოვანი მცურავი ყინულები და აისბერგები. გრილი ტენიანი ზაფხული, ყინული ცოტაა.

VII. არქტიკული და ანტარქტიკული სარტყლები

ყინულოვანი საფარი ჭარბობს მთელი წლის განმავლობაში. ცივი ზამთარი, ცივი ზაფხული, ნალექები ცოტაა.

27. შედარებით რბილი ზამთარი, ცივი ზაფხული (დაახლოებით 0°).

28. ცივი ზამთარი, ცივი ზაფხული (დაახლოებით 0°).

3.4. ორგანიზმები და ნიადაგწარმოქმნის პროცესი

ნიადაგწარმოქმნაში მონაწილეობს ორგანიზმების სამი ჯგუფი – მწვანე მცენარეები, მიკროორგანიზმები და ცხოველები, რომლებიც ხმელეთზე ქმნიან რთულ ეკოსისტემებს. ორგანიზმების ერთობლივი ზემოქმედებით მათი ცხოველქმედების პროცესში, აგრეთვე ცხოველქმედების პროდუქტების ხარჯზე ხორციელდება ნიადაგწარმოქმნის უმნიშვნელოვანესი პროცესები – ორგანული ნივთიერების სინთეზი და დაშლა, ბიოლოგიურად მნიშვნელოვანი ელემენტების კონცენტრაცია, მინერალების დაშლა და ახალქმნილება, ნივთიერებების მიგრაცია და აკუმულაცია და სხვა მოვლენები, რაც წარმოადგენს ნიადაგწარმოქმნის პროცესის არსს და განსაზღვ-

რავს ნიადაგის უმთავრესი თვისების – ნაყოფიერების ფორმირებას.

ამავდროულად ყოველი ამ ჯგუფის, როგორც ნიადაგწარმოქმნელების, ფუნქცია განსხვავებულია.

ნიადაგწარმოქმნის პროცესში მცენარეების ყველაზე მნიშვნელოვან ფუნქციას წარმოადგენს ორგანული ნივთიერების რეგულარული სინთეზი, რასაც თან ახლავს მინერალური ნაერთების მობილიზაცია. ეს იწვევს მცენარეების მიწისზედა და მიწისქვეშა ორგანოებში, მათ ნარჩენებში და ნიადაგებში პოტენციური ენერგიის და ბიოფილური ელემენტების მარაგების აკუმულაციას.

ფოტოსინთეზის დროს მცენარეები იყენებენ მზის ენერგიის უმნიშვნელო რაოდენობას – საშუალოდ დაახლოებით 0,2-0,5 % და არაუმეტეს 1 % (3-4 % საუკეთესო სამიწათმოქმედო მეურნეობებში).

ხმელეთზე ყოველწლიურად წარმოიქმნება ბიომასის $5,3 \cdot 10^{10}$ ტონა., რომელიც სინთეზირდება მწვანე მცენარეებით ატმოსფეროს CO_2 , მზის ენერგიის, წყლის და მინერალური ნაერთების ხარჯზე. ეს შეესაბამება პოტენციური ენერგიის $2,13 \cdot 10^{17}$ კკალ.

გამოყოფენ ფოტოსინთეზის პროდუქტიულობის შემდეგ ძირითად დონეებს:

1. უდაბნოები და ღრმა ოკეანე გამოირჩევა მინიმალური პროდუქტიულობით – 0,1 გ/მ² ნახშირბადი დღეში;

2. მდელოები, სტეპები, მინდვრები და წყალმარჩხოვა - 0,5 - 3 გ/მ² ნახშირბადი დღეში;

3. პრერიები, ტყეები და კულტურული მინდვრები – 3 – 10 გ/მ² ნახშირბადი დღეში;

4. ტროპიკული ტყეები, ინტენსიური კულტურული მინდვრები, ჭაღის ლანდშაფტები და ესტუარიები – 10 – 20 გ/მ² ნახშირბადი დღეში.

ფიტომასის ყველაზე დაბალი რაოდენობა დამახასიათებელია სუბტროპიკული და ტროპიკული უდაბნოებისთვის (2,5 ტ/ჰა-ზე ნაკლები). უფრო მდიდარია პოლარული უდაბნოები, სუბპოლარული ცუნოზები, სუბბორეალური უდაბნოები და დაშლად შებენი ნიადაგები (2,5 – 5 ტ/ჰა). ტუნდრაში ფიტომასის მარაგები შეადგენენ დაახლოებით 12,5-25 ტ/ჰა, ტყე-ტუნდრაში – 50 ტ/ჰა და ტაიგაში – 300 – 400 ტ/ჰა. ფართოფოთლოვან და სუბტროპიკულ ტყეებში შეიმჩნევა ფიტომასის უფრო მაღალი მარაგი (400-500 ტ/ჰა).

ფიტომასის ყველაზე დიდი მარაგი აღმოჩენილია ტენიან ტროპიკულ მარადმწვანე ტყეებში – 500 ტ/ჰა-ზე მეტი (ბრაზილიის ტყეებში, მაგალითად, დაფიქსირებულია 1500-1700 ტ/ჰა). სტეპების, მთის მდელოების, ქსეროფიტულ მეჩხერების და სავანეების, და აგრეთვე მანგრების ფიტომასა შეადგენს 12,5-150 ტ/ჰა.

ადამიანი, მთელი ცხოველთა სამყარო, მწერების და მიკროორგანიზმების სამყარო არსებობს ამ მცენარეული ორგანიკის მოხმარებით; ხარჯავს და გამოიყენებს ენერგიას, რომელიც ფოტოსინთეზის გზით კონსერვირებულია ორგანულ ნივთიერებაში. დედამიწის წიაღში დაგროვილია ორგანული ნივთიერებების სხვადასხვა ფორმების კოლოსალური მარაგები, რომლებიც გაფანტულია დანალექ ქანებში ან კონცენტრირებულია ქვანახშირში, ტორფში და ა.შ. თანამედროვე ინდუსტრიული საზოგადოება ფართოდ იყენებს უძველესი გეოლოგიური სისტემების ორგანიზმების ენერგიის გეოლოგიურ მარაგებს ქვანახშირის, ნავთობის, გაზების, ტორფის სახით. ენერგიის თანამედროვე მოთხოვნილებების 90 %-მდე იფარება ამ წყაროების ხარჯზე.

ნიადაგში არის ორგანული ნივთიერების მილიარდი ტონა და მასთან დაკავშირებული ენერგია გაბნეული ორგანული ნარჩენების და ნიადაგური ჰუმუსის სახით. გაანგარიშებით, ნიადაგური ჰუმუსის სახით ხმელეთის ნიადაგები შეიცავენ დაკავშირებული ენერგიის $n \cdot 10^{19}$ კკალ, რაც უტოლდება ხმელეთის ბიომასაში დაკავშირებულ ენერგიას. მცენარეულ ნივთიერებაში ყოველწლიურად აკუმულირებული ენერგია შეადგენს ნიადაგწარმოქმნის პროცესში ჩართული ენერგიის 5 %-მდე. ყოველწლიურად ამ ორგანიკის უდიდესი ნაწილი იხარჯება ნიადაგური ფაუნის და მიკროორგანიზმების ცხოველქმედებაზე და ნიადაგური ჰუმუსის სინთეზისკენ მიმართულ რეაქციებზე.

ორგანულ ნივთიერებასთან ერთად ნიადაგში მისული ენერგიის რაოდენობების მნიშვნელოვანი ვარიაციები ასახავენ კლიმატის გავლენას მცენარეული მასის პროდუქციაზე. სიცივე ტუნდრაში და სიმშრალე უდაბნოში მინიმუმამდე ზღუდავენ ფოტოსინთეზს და მცენარეული ნივთიერების შემატებას ამ ლანდშაფტებში. ტენიანი სუბტროპიკების და ტროპიკების ტყეებში ყოველწლიურად სინთეზირდება ორგანიკის ყველაზე დიდი მასები და წარმოიქმნება ბიომასის მაქსიმალური მარაგები.

ნიადაგური გამოკვლევების და განზოგადოებისას არჩევენ:

ცხრ. 3. სხვადასხვა ლანდშაფტებში მცენარეულობის პროდუქტიულობა, ც/ჰა

ლანდშაფტი	ფიტომასა	წლიური ნამატი	წლიური ჩამონაც- ვენი
მთის ტროპიკული ტყეები	17 241	-	-

(ბრაზილია)			
ტენიანი ტროპიკული ტყეები (საშუალო)	5 000	325	250
სუბტროპიკული ტყეები (საშუალო)	4 100	245	210
მუხნარები	5 000-მდე	99	65
წიფლნარები	3 700	130	90
სამხრეთ ტაიგის ნაძვნარები	3 300-მდე	85	55
სამხრეთ ტაიგის ფიჭვნარები	2 800-მდე	61	47
საევანები (განა)	660	120	115
მშრალი საევანები (ინდოეთი)	268	73	72
მდელოს სტეპები (რუსეთი)	250	137	137
მშრალი სტეპები	100	42	42
ნახევრადუჩქნარი უდაბნოები	43	12,2	12
არქტიკული ტუნდრები	50	10	10
უდაბნოების წყალმცენარეებიანი თაკირები	1,1	1,1	1,1

- გარდამავალი მერქნიან-ბალახოვანი ფორმაციების ჯგუფში: ქსეროფიტულ ტყეებს (მათ შორის ბუჩქნარ ცენოზებს – მაქეისი, შიბლიაკი და სხვ.), საევანები;

- მერქნიანი ფორმაციების ჯგუფში: ტაიგის ტყეებს, ფართოფოთლოვან ტყეებს, ტენიან სუბტროპიკულ ტყეებს და ტენიან ტროპიკულ, ე.წ. წვიმიან ტყეებს;

- ბალახოვანი ფორმაციების ჯგუფში: მშრალ და დაჭაობებულ მდელოებს, ბალახოვან პრერიებს, ზომიერი სარტყლის სტეპებს, სუბტროპიკულ ბუჩქნარ სტეპებს;

ამის გარდა, გამოიყოფა უდაბნოების ფორმაცია (სუბ-ბორეალური ვეგეტაციის ზაფხულის ციკლით, სუბბორეალური ვეგეტაციის ზამთრის ციკლით და ტროპიკული) და ლიქენ-ხავსიანი ფორმაცია (ტუნდრები, მაღლარი ჭაობები).

ყოველი მცენარეული ფორმაცია ხასიათდება ორგანული ნივთიერების შემადგენლობის, მისი ნიადაგში მოსვლის, ორგანული ნივთიერების დაშლის პროცესების და დაშლის პროდუქტების ნიადაგის მინერალურ მასასთან ურთიერთმოქმედების თავისებურებებით.

ტყის მცენარეულობა წარმოქმნის რთულ, მრავალსართულიან მერქნიან, ბუჩქნარ, ბალახოვან და ხავსიან-ლიქენებიან ფორმაციების ეკოსისტემას ნიადაგის სიზრქეში ღრმად შეღწეული ფესვებით. ტყის მცენარეულობა ყოველთვის მრავალწლიანია, ამიტომ მისი ნარჩენები ძირითადად ხვდებიან ნიადაგის ზედაპირზე ზედაპირული ჩამონაცვენის სახით. ამ ნარჩენების ტრანსფორმაციის პროცესები მიმდინარეობს ნიადაგის ზედაპირზე, სადაც ფორმირდება ტყის მკვდარი საფარი და მის მინერალურ სიზრქეში ხვდება დაშლის წყალხსნადი პროდუქტები. ტყეში ბიოლოგიური წრებრუნვის თავისებურებას წარმოადგენს აზოტის და ნაცრის ელემენტების მნიშვნელოვანი რაოდენობის ხანგრძლივი კონსერვაცია და მათი გამოთიშვა ყოველწლიური ბიოლოგიური ბრუნვიდან. ტყის საბურველის ქვეშ მცირდება წყლის ფიზიკური აორთქლება ნიადაგის ზედაპირიდან, გაბატონებულია ტენის დაღმავალი დინებები, რაც ხელს უწყობს წყალხსნადი პროდუქტების გამოტანას ნიადაგური პროფილიდან.

უმაღლესი მწვანე მცენარეების ფესვთა სისტემას ნიადაგის ფორმირების საქმეში დიდი როლი ეკუთვნის. ეს გამოიხატება იმაში, რომ ფესვთა სისტემის განვითარება და გავრცელება, აგრეთვე ბიოლოგიური ბრუნვა ხელს უწყობს ქანების გამოფიტვას და ნაშალის ორგანული ნივთიერებით გამდიდრებას. მცენარე აქტიურ გავლენას ახდენს ნიადაგზე

და მიკროორგანიზმებზე. ფესვები მცენარის წყლისა და საკვები ნივთიერების მომარაგების პროცესში გამოყოფს ნახშირორჟანგს, სხვადასხვაგვარ მჟავებს (რძის, ვაშლის და სხვ.) და სხვა ნაერთებს, რომლებიც მოქმედებენ ნიადაგში მიმდინარე ბიოლოგიურ და ქიმიურ პროცესებზე. მცენარის ფესვთა სისტემის გარემო (რიზოსფერო) მდიდარია ბაქტერიებით და მათ მიერ გამოყოფილი ფერმენტებით. ნიადაგში მიმდინარე სხვადასხვა პროცესების შედეგად იცვლება მცენარის ფესვთა სისტემისა და ბაქტერიების მოქმედება. ფესვთა სისტემის დიდი მასა მოქცეულია ნიადაგის ზედა ფენაში. ფესვთა სისტემა შერჩევითი შთანთქმის საფუძველზე აზღენს ნიადაგში გაბნეული ნაცრის ელემენტებისა და აზოტის კონცენტრაციას ნიადაგის ზედა ფენაში. ამიტომ ნიადაგის ზედა ფენაში საკვები ნივთიერების შემცველობა გაცილებით მეტია, ვიდრე ქვედა ფენაში.

ზანგრძლივი ევოლუციის პროცესში მცენარეების სხვადასხვა სახეობას გამოუმუშავდა უნარი შთანთქმოს გარკვეული ქიმიური ელემენტები. ამიტომ სხვადასხვა მცენარეების ნაცრის ქიმიური შედგენილობა სხვადასხვაა. ნიადაგში ნაცრის სხვადასხვა ქიმიური ელემენტებით შედგენილობას განსაზღვრავს მცენარეთა თანასაზოგადოების ჩამოცვენილი ფოთლებისა და ტოტების სხვადასხვა ქიმიური შედგენილობა.

მრავალწლიანი მერქნიანი მცენარეებისგან ნიადაგი ყოველწლიურად ღებულობს ფოთლების, ტოტებისა და სხვა ორგანული მასის ნაწილს, ბუჩქნარებისაგან შედარებით მეტს, ხოლო ბალახმცენარეების მიწისზედა მასას მთლიანად. ამიტომ, რომ ბალახმცენარეები ჰუმუსის წარმოქმნის მთავარ წყაროს წარმოადგენს.

მერქნიანი მცენარეები, განსაკუთრებით ფოთოლმცვენი ტყეები, ყოველ წელს ნიადაგს ამდიდრებს ფოთლებით და ტოტებით, რის გამოც ნიადაგის ზედაპირი მდიდრდება მკვ-

დარი საფარით. ზოგიერთი მცენარეების ნარჩენი შეიცავს მთრიმლავ ნივთიერებებს, ზოგიერთის მერქანი კი ფისებს. ბალახმცენარეთა ნაშთები მთრიმლავ ნივთიერებებს და ფისებს არ შეიცავენ.

ტუნდრის მცენარის ჩამონაცვენში ნაცრის ელემენტები შედარებით ნაკლებია, ვიდრე აზოტი. ნაცრის ელემენტებში ჭარბობს კალციუმი და კალიუმი. ტაიგის მცენარეულობის ჩამონაცვენში აზოტი ნაკლებია ნაცრის ელემენტებთან შედარებით. ხოლო ტაიგის სამხრეთში, შერეულ ტყეში, ნაცრის ელემენტებში კალციუმსა და კალიუმთან ერთად, იზრდება კაჟმიწის (SiO_2) შემცველობა. ფართოფოთლოვანი ტყეების ჩამონაცვენში იზრდება კალციუმის რაოდენობა. სტეპების ზონაში ნაცრის ელემენტებში კაჟმიწა თითქმის ნახევარს შეადგენს. უდაბნოს ბუჩქნარების ჩამონაცვენის ნაცარში მეტია კალციუმი აზოტთან შედარებით და გარკვეული რაოდენობითაა ნატრიუმი. ტროპიკული ტყეების ჩამონაცვენში ნაცრის ელემენტების რაოდენობა ბევრად ჭარბობს აზოტს.

გამოფიტვის ნაშალ მასალაზე, მიკროორგანიზმების შემდეგ დასახლებას იწყებენ უმაღლესი მცენარეული ორგანიზმები. მცენარეები ნიადაგწარმოქმნის პროცესში წამყვან ბიოლოგიურ ფაქტორად ითვლება.

ყველა ბუნებრივი ზონის ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობები განსაზღვრავს უმაღლესი მცენარეებისა და მიკრობების დაჯგუფებას. მაშინ როდესაც ნიადაგის ზედაპირზე მცენარეთა დაშლილი ნაშთების დიდი რაოდენობაა, ეს მიგვითითებს მიკრობიოლოგიური პროცესის მაღალ ინტენსივობაზე.

უმაღლესი მცენარეები ნიადაგწარმოქმნაში გავლენას ახდენს ბიოლოგიური პროცესების სიჩქარესა და ენერგიაზე. ორგანული ნივთიერების ძირითად წყაროს უმაღლესი მცენარეები წარმოადგენს. ორგანული ნივთიერების წარმოქმნა

დაკავშირებულია ფოტოსინთეზთან, რომლის განხორციელება მიმდინარეობს მცენარის ქლოროფილის საშუალებით. მცენარეები ჰაერიდან შთანთქავენ ნახშირორჟანგს და წყალთან ერთად სინთეზირებით წარმოქმნიან ორგანულ ნივთიერებას. ამ რთული პროცესის განხორციელებისათვის საჭიროა მზის ენერგია. სინთეზირებით მცენარეულ უჯრედში იქმნება სხვადასხვა შენაერთები: ნახშირწყლები, ცხიმები, ცილები და სხვ.

უმაღლესი მცენარეთა საფარი დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის ზედაპირული ჩამონადენის რეგულირებაზე და ნიადაგს იცავს წყლისმიერი და ქარისმიერი ეროზიისგან.

მცენარეების ნიადაგდაცვითი მნიშვნელობა აღსანიშნავია მთიანი ადგილებისთვის, სადაც გავრცელებულია დიდი ლაქანების ფერდობები და ნიადაგები ძლიერ გადარეცხილია. ნიადაგის ჩამორეცხვის სიძლიერე ყველაზე მეტია იქ, სადაც მცენარეთა საფარი ძალზე თხელია ან სრულებით არ არის. ამ შემთხვევაში დიდი მნიშვნელობა აქვს მცენარის მკვდარ საფარს, რომელიც დიდხანს ინარჩუნებს ტენს, ფერდობებს იცავს ჩამორეცხვისგან და ხელს უწყობს ნიადაგწარმოქმნას და ნიადაგდაცვას. ამიტომ დიდი ყურადღება ექცევა ფერდობებზე ტყის, ბუჩქნარების გაშენებას და ბალახოვანი მცენარეებით ნიადაგის დამაგრებას. ბალახმცენარეებისგან უკეთესია პარკოსნები, რომლებიც ნიადაგს დამაგრებასთან ერთად ამდიდრებს აზოტით.

უმაღლესი მცენარეების გავრცელების გეოგრაფია განსაზღვრავს ნიადაგის ძირითადი ტიპების გეოგრაფიულ გავრცელებას. გ. ლობროვოლსკი და ი. ურუსევსკაია აღნიშნავენ, რომ თუ შევადარებთ ერთმანეთს ნიადაგურ და მცენარეთა რუკებს, დავინახავთ მჭიდრო კავშირს. ნიადაგის ტიპს განსაზღვრავს მცენარეთა თანასაზოგადოების ტიპი. რაც გეოგრაფიულად გამოიხატება იმაში, რომ მცენარეთა ზონას შეესაბამება განსაზღვრული ზონალური ტიპის ნიადაგი. აღ-

ნიშნულის საილუსტრაციოდ მათ მოცემული აქვთ მცენარეულობის და ნიადაგების შეთანაწყობა აღმოსავლეთ ევროპის ვაკეზე ჩრდილოეთიდან სამხრეთისკენ.

არქტიკული უდაბნო — არქტიკული ნიადაგები;

არქტიკული ტუნდრა — არქტოტუნდრიანი ნიადაგები;

ტუნდრა — ტუნდრის ლებიანი და ტუნდრის ილუვიალურ—ჰუმუსოვანი ნიადაგები;

ჩრდილოეთის მეჩხერი ტაიგა — ლებიან—ეწერი და ეწერ ილუვიურ—ჰუმუსოვანი ნიადაგები;

ტიბიური მუქწიწვოვანი ტაიგა — ეწერი ნიადაგები;

შერეული (წიწვოვან—ფოთლოვანი) ტყე — კორდიან—ეწერი ნიადაგები;

ფართოფოთლოვანი ტყე — ტყის რუხი ნიადაგები;

გასტეპებული მდელო — გამოტუტული შავმიწები;

მდელო სტეპი — ტიპური შავმიწები;

სტეპი ნაირგვაროვანი, ქუჩი—ვაციწვერით — სამხრეთის შავმიწები;

მშრალი სტეპი, ქუჩი—ვაციწვერით — წაბლა ნიადაგები;

ნახევარუდაბნო და უდაბნო, წივანა—აბზინდიანი — ნახევარუდაბნოს მურა და უდაბნოს რუხი—მურა ნიადაგები.

არის მცენარეთა სახეობები, რომლებიც მიგვანიშნებენ ნიადაგის ზოგიერთ თვისებაზე, როგორიცაა: მაღალი და საშუალო მჟავიანობა, დამლაშება, ნიტრატების შემცველობა, დატენიანების ხარისხი და სხვ.

ბალახოვანი მცენარეულობა, ჯამური ბიომასით, იკავებს ხმელეთზე ტყის მცენარეულობის შემდეგ, მეორე ადგილს. ბალახოვანი მცენარეულობა წარმოქმნის ნიადაგში წვრილი ფესვების ხშირ ბადეს, რომელიც გადახლართავს ნიადაგური პროფილის მთელ ზედა ნაწილს. მათი ბიომასა ჩვეულებრივ აღემატება მიწისზედა ნაწილს. ბალახოვანი მცენარეულობის ფესვები ნიადაგის ორგანული ნაწილის ძირითადი წყაროა, ფესვთა სისტემები და მათი ჰუმიფიკაციის

პროდუქტები ხელს უწყობენ ზედა პროფილის ნაწილის გასტრუქტურებას, სადაც ზდება კვების პროდუქტებით მდიდარი ჰუმუსოვანი ჰორიზონტის წარმოქმნა. ამ პროცესების ინტენსიობა განისაზღვრება ბუნებრივი პირობებით, რადგანაც ბალახეული ფორმაციის სხვადასხვა ტიპში წარმოქმნილი ბიომასის რაოდენობა და ბიოლოგიური წრებრუნვის ინტენსიობა განსხვავებულია და როგორც შედეგი ფორმირდება სხვადასხვა ნიადაგები.

სახნავ სავარგულებზე ფორმირდება აგროცენოზი, რომლის ხასიათი და ბიოლოგიური პროდუქტიულობა განისაზღვრება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების სახეობების აგროტექნიკური და აგრომელიორაციული ღონისძიებებით (სასუქების შეტანა, ნიადაგის დამუშავება, მოკირიანება, მოთაბამირება, მორწყვა, დაშრობა და ა.შ.). აგროცენოზი არსებითად განსხვავდება ბუნებრივი ეკოსისტემებისგან ბიოლოგიური წრებრუნვის ინტენსიობით და გავლენით ნიადაგწარმოქმნის პროცესზე, რის გამოც ნიადაგწარმოქმნის ბუნებრივი მსვლელობა იცვლება კულტურული ნიადაგწარმოქმნის პროცესით.

ნიადაგში ვითარდება შემდეგი მიკროორგანიზმები – ბაქტერიები, ვირუსები, სოკოები, აქტინომიცეტები და წყალმცენარეები, რომლებიც შედიან ტყის და ბალახოვანი ეკოსისტემების შემადგენლობაში. ნიადაგში მიკროორგანიზმების საერთო რაოდენობა შეადგენს 1 გრ-ში მილიონებსა და მილიარდებს.

ნიადაგწარმოქმნის პროცესის მიმართულების ყველაზე მძლავრი ფაქტორია ცოცხალი ორგანიზმები. ნიადაგწარმოქმნის დაწყება დაკავშირებულია ქანების გამოფიტვის პროდუქტებზე ცოცხალი ორგანიზმების დასახლებასთან. მათი დასახლება ზდება მაშინ, როდესაც ქანების ნაშალის პროდუქტები იძენს ორ თვისებას: წყალგამტარობას და წყალშეკავებას.

გამოფიტვის ნაშალ პროდუქტებზე პირველად სახლდება მიკროორგანიზმები, შემდეგ კი მცენარეები და ცხოველები. მათი ნარჩენების ბიოქიმიური გარდაქმნის შედეგად წარმოიქმნება ორგანული ნივთიერება, რითაც ნიადაგი იძენს ახალ თვისებას, რომლითაც განსხვავდება ნაშალი პროდუქტებისგან და გამოფიტვის ქერქისაგან.

მიკროორგანიზმების როლი ნიადაგწარმოქმნაში. მიკროორგანიზმების გარეშე შეუძლებელია ნიადაგწარმოქმნა. მიკროორგანიზმებს ეკუთვნით ბაქტერიები, აქტინომიცეტები, სოკოები, წყალმცენარეები და სხვ.

მიკროორგანიზმების როგორც ნიადაგარმოქმნელების ძირითადი ფუნქციებია მცენარეული ნარჩენების და ნიადაგური ჰუმუსის დაშლა მარტივ მარილებამდე, მონაწილეობა ჰუმუსოვანი ნივთიერებების წარმოქმნაში, ნიადაგური მინერალების დაშლასა და ახალწარმოქმნაში. დიდი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე მიკროორგანიზმების ზოგიერთი ჯგუფების მიერ ატმოსფერული აზოტის ფიქსაციის უნარს.

ეს პროცესები ხორციელდება ფერმენტების მონაწილეობით, რომელთა ნაწილი გამოიყოფა მიკროორგანიზმის უჯრედის მიმართ გარე სამყაროში (ეკზოფერმენტები), ხოლო ფერმენტების მეორე ნაწილი მუშაობს ცოცხალ უჯრედში და ანხორციელებს მიკრობული პლაზმის სინთეზის სხვადასხვა რეაქციებს.

ბაქტერიები ნიადაგში მიკროორგანიზმების ყველაზე მრავალრიცხოვანი და მრავალფეროვანი უწყვილესი ერთუჯრედიანი ორგანიზმების ჯგუფია. მათი ზომა ძალიან მცირეა — 0,5-2 მკ. მათი რაოდენობა ნიადაგის ტიპის მიხედვით მერყეობს 1 გ 300 მილიონიდან 3000 მილიონამდე. ისინი ერთუჯრედიანი უხილავი ორგანიზმებია და შეუიარაღებელი თვალით დანახვა შეუძლებელია. ფორმის მიხედვით არჩევენ ბურთისმაგვარ, ჩხირისმაგვარ, მათ შორის გარდამავალი და სხვა ფორმის ბაქტერიებს.

ნიადაგში, წყალმცენარეებთან, სოკოებთან და პროტო-ზოებთან ერთად, ბაქტერიები ასრულებენ ჰუმუსწარმოქმნის და ორგანული ნივთიერებების სრული მინერალიზაციის ფუნ-ქციას. აღწერილია ნიადაგური ბაქტერიების დაახლოებით 50 გვარი და 250-მდე სახეობა.

ბაქტერიები თავიანთი ორგანიზმების ზედაპირის სა-შუალებით მოიძიებენ საკვებს და გამოყოფენ პროდუქტებს. მათ სახეობრივ და საერთო რაოდენობას განსაზღვრავს ფი-ზიკურ-გეოგრაფიული პირობები.

ნახშირბადის შთანთქმის ხასიათის მიხედვით გამოყო-ფენ ავტოტროფულ და ჰეტეროტროფულ ბაქტერიებს. ავტო-ტროფული ბაქტერიები ჰაერიდან ნახშირბადს ითვისებენ ნახშირმჟავა გაზისგან. ამ დროს ამ ბაქტერიებს გააჩნიათ უნარი ჰაერიდან მცირე რაოდენობით შთანთქან აზოტი.

ნახშირბადის შთანთქმა ნახშირმჟავიდან წარმოადგენს ენდოთერმულ პროცესს, რომელიც მოითხოვს დამატებით გა-რეგანი ენერგიის ხარჯვას. ასეთი სახის ბაქტერიები იყენე-ბენ ქიმიურ ენერგიას ზოგიერთი მინერალური შენაერთების დაჟანგვისათვის. ამ პროცესმა მიიღო ჰემოსინთეზის სახელ-წოდება, ხოლო ბაქტერიების მიერ განხორციელებულმა პროცესმა კი — ჰემოავტოტროფული. ზოგიერთ ბაქტერიას თავის შემადგენლობაში გააჩნია ქლოროფილის ტიპის ნივ-თიერება, რომლითაც მწვანე მცენარის მსგავსად ახდენს ფო-ტოსინთეზს. ასეთ ბაქტერიებს ფოტოავტოტროფულს უწო-დებენ.

ჰემოსინთეზის განხორციელებისთვის საჭიროა ავტო-ტროფული ბაქტერიების ნიტროფიციკრებული მოქმედება. ნიტრიფიკაცია არის ბიოქიმიური პროცესი, რომლის დროს ადგილი აქვს ამიაკის დაჟანგვას აზოტის მჟავამდე. ამ დროს სპეციალური სახეობის ბაქტერიების უჯრედში მიმდინარეობს ორგანული ნივთიერების სინთეზი ენერგიის გამოყოფის

ხარჯზე და გამოიყოფა ამიაკი აზოტმჟავას დაჟანგვის რეაქციების გამო.

არსებობს ბაქტერიების განსაკუთრებული ჯგუფი, რომლებიც სახლობენ ქანების ნაშალ პროდუქტებზე და ნიადაგში ჰაერიდან შთანთქავენ მოლეკულურ აზოტს. ამ პროცესმა მიიღო აზოტფიქსაციის სახელწოდება. აზოტი ყველაზე მეტად ჰაერშია და მასში ყოველ ჰექტარ ნიადაგის ზედაპირზე იმყოფება დაახლოებით 79 ტონა აზოტის ქიმიური ელემენტი, ხოლო ნიადაგში არასაკმარისადაა, რადგან ნიადაგწარმომქმნელ ქანში აზოტი არ არსებობს. აზოტს ნიადაგი ღებულობს ჰაერიდან წვიმასთან ერთად და მას საგრძნობლად ხელს უწყობს ჭექა-ქუხილი.

კვების ხერხის მიხედვით ბაქტერიები იყოფა ჰეტეროტროფულ და ავტოტროფულ ბაქტერიებად.

ჰეტეროტროფული ბაქტერიები ასრულებენ ყველა ნიადაგისთვის ერთ-ერთ უმთავრეს პროცესს – ორგანული ნარჩენების დაშლას უბრალო მინერალურ ნაერთებამდე. ჰაეროვანი რეჟიმის ხასიათის მიხედვით ეს პროცესი ვითარდება აერობულ და ანაერობულ პირობებში. აერობული ბაქტერიები ანზორციელებენ მკვდარი მცენარეული და მიკრობული ნარჩენების შემადგენლობაში შემავალი ცილების, ცხიმების, ნახშირწყლების და სხვა რთული ორგანული ნაერთების დაჟანგვას ამიაკამდე, წყლამდე და ნახშირმჟავა აირამდე. აერობულ ჰეტეროტროფულ ბაქტერიებს შორის ნიადაგში თოდ არის გავრცელებული როგორც სპორწარმომქმნელი (*Bac. mycoides*, *Bac. Subtilis* და სხვ.), ისე არწარმომქმნელი ბაქტერიები (*Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas pyacyamea* და სხვ.).

ავტოტროფული ბაქტერიები აზორციელებენ ნიადაგში ჰეტეროტროფების ცხოველმოქმედების შედეგად წარმოქმნილი დაუჟანგავი მინერალური ნაერთების დაჟანგვის პროცესს.

პროცესების ძირითად ნაწილებია ნიტრიფიკაცია, სულფოფიკაცია და სხვ.

ნიტრიფიკაცია წარმოადგენს პროცესს, რომლის დროს ამიაკი განიცდის შემდგომ დაჟანგვას და გადადის ჯერ აზოტოვან, ხოლო შემდეგ აზოტის მჟავაში. ნიტრიფიკაცია ნიშნავს ამიაკური მარილების დაჟანგვას ნიტრატებად.

სულფოფიკაცია არის გოგირწყალბადის, ელემენტარული გოგირდის და თიონაერთების დაჟანგვა გოგირდმჟავამდე.

ნიადაგში აზოტის ნაკლებობა იწვევს მცენარეების ზრდა-განვითარების შესუსტებას და მოსავლის შემცირებას. ამიტომ აზოტის ფიქსაციის ბაქტერიებს დიდი მნიშვნელობა აქვს. ამ ბაქტერიებს თავიანთი ცხოველმყოფელობით ატმოსფეროს აზოტი გადაჰყავთ მცენარისათვის მისაწვდომ ფორმაში.

აზოტის ფიქსაციის ბაქტერიებს შორის გამოყოფენ თავისუფლად მცხოვრებ ბაქტერიებს, რომლებიც ცხოვრობენ პარკოსანი მცენარეების ფესვებზე. აღნიშნული ბაქტერიები წლის განმავლობაში ერთ ჰექტარ ფართობზე. ნიადაგში, ათეულ კგ აზოტს აგროვებენ.

ჰეტეროტროფული ბაქტერიები ნახშირბადს შთანთქავენ მზა ორგანული შენაერთებისაგან, რთულ ნივთიერებას შლიან მარტივამდე. სწორედ ამ ბაქტერიების მოქმედებით მიმდინარეობს მნიშვნელოვანი პროცესი, კოლოსალური რაოდენობის მკვდარი ორგანული ნივთიერების დაშლა და ქიმიური ელემენტების განთავისუფლება, რომლებიც მჭიდროდაა დაკავშირებული ორგანული შედგენილობის ნარჩენების დაშლასთან.

სუნთქვის ხასიათის მიხედვით ბაქტერიებს ყოფენ ორ დიდ ჯგუფად. პირველ ჯგუფს ეკუთვნის აერობული ბაქტერიები, რომლებიც ცხოვრობენ ისეთ ადგილებში, სადაც თა-

ვისუფალია ჰაერის მოძრაობა და ჟანგბადს ღებულობენ უშუალოდ ჰაერიდან. მეორე ჯგუფია ანაერობული ბაქტერიები რომლებიც ჟანგბადს ღებულობენ ჟანგბადოვანი შენაერთების დაშლის ხარჯზე.

აერობული ბაქტერიები ნაშალი ქანებისა და ნიადაგის ზედაპირულ ფენაში ცხოვრობენ. ეს ბაქტერიები იწვევენ აზოტით მდიდარი ორგანული შენაერთების დაშლას და ამონიფიკაციას. ამიტომ, რომ ჰუმუსოვანი ფენა მეტი რაოდენობით აზოტს შეიცავს, ვიდრე ღრმად განლაგებული ჰორიზონტები.

აერობულ ბაქტერიებთან შედარებით ანაერობული ბაქტერიები ნიადაგში მცირე რაოდენობითაა. ისინი ვითარდებიან მძიმე მექანიკური შედგენილობისა და ჭარბტენიან ნიადაგებში, სადაც ნაკლებია ჟანგბადი.

ბაქტერიების რაოდენობრივი განაწილება ნიადაგის პროფილში არაერთგვაროვანია. ყველაზე მეტია ზედა ჰორიზონტებში, სიღრმის მიხედვით კლებულობს. ამავე დროს ფართოდაა გავრცელებული უმაღლესი მცენარეების ფესვებთან ახლოს ანუ რიზოსფეროს არეში.

ბაქტერიების ცხოველმყოფელობაზე დიდ გავლენას ახდენს კლიმატური პირობები, ნიადაგის სტრუქტურა, რეაქცია, წყლისა და ჰაერის რეჟიმი, აგროტექნიკური პირობები და სხვ.

აქტინომიცეტები მიეკუთვნებიან ისეთ ორგანიზმებს, რომლებიც წარმოადგენენ გარდამავალს ბაქტერიებსა და სოკოებს შორის. ისინი მიეკუთვნებიან ერთუჯრედიან ორგანიზმებს და აქვთ ჩხირისებრი ფორმა. მათი ცხოველმყოფელობის შედეგად ხდება სხვადასხვა ორგანული ნაერთების დაშლა.

ნიადაგწარმოქმნის პროცესში საყურადღებოა ლიქენების როლი. ისინი სახლდებიან როგორც მაგმურ, ასევე დანალექ ქანებზე. ამ ორგანიზმების ჰიფები ქანშია ჩაშვებული და

გარედან ეკერის. ამავე დროს ჰიფები, გამოყოფილი ნივთიერებების მოქმედებით, ქანებს შლიან, ზოლო ლიქენების სიკვდილის შემდეგ აღვილი აქვს ორგანული ნივთიერებების დაშლა—გარდაქმნას.

მიკროორგანიზმებს შორის ნიადაგწარმოქმნაში გარკვეული მნიშვნელობა აქვთ სოკოებს. სოკოვანი მიკროორგანიზმები ყველაზე მეტადაა გავრცელებული ტყის პირობებში. ისინი მოქმედებენ ლიგნინზე და მთრიმლავ ნივთიერებებზე. ამ დროს წარმოიქმნება ორგანული მჟავები, რომლებიც გავლენას ახდენს ნიადაგის მჟავიანობაზე, განსაკუთრებით წიწვოვანი ტყეების ქვეშ.

ზოგიერთი სოკო ასინთეზირებს ტოქსიკური ხასიათის ნივთიერებებს, რომლებიც სპობენ ბაქტერიების გარკვეულ ჯგუფს. სოკოების ზოგიერთი სახეობა სიმბიოზურად ცხოვრობს უმაღლეს მცენარეებთან. ეს სოკოები ხშირ შემთხვევაში ხე-მცენარეების ფესვებზეა მიმაგრებული მიკორიზით და შიგა ჰიფებით საკვებს ფესვებიდან იღებს ნახშირწყლების სახით, ზოლო გარე ჰიფებით ნიადაგში შლის ორგანულ ნივთიერებას და მცენარეს აწვდის აზოტს. აქტინომიცეტების მსგავსად ცხოველმყოფელობენ აერობულ პირობებში.

მიკროორგანიზმების წარმომადგენელია წყალმცენარეები, მათ შორის: ლურჯ-მწვანე, მწვანე და დიატომები. მათი გარკვეული ნაწილი აქტიურ მონაწილეობას ღებულობს ქანების ბიოლოგიურ გამოფიტვაში და ნიადაგწარმოქმნაში. ზოგიერთ წარმომადგენელს აქვს ატმოსფერული აზოტის ფიქსაციის უნარი. ეს ორგანიზმები, ქემოტროფულ ბაქტერიებთან ერთად გამოფიტვის ნაშალზე ორგანული ნივთიერების დამაგროვებელ პირველ ორგანიზმებად ითვლებიან.

მიკროორგანიზმებიდან ნიადაგში ცხოვრობს ერთუჯრედიანი ცხოველური ორგანიზმები, განსაკუთრებით 0 — 10 სმ ფენაში. მათგან აღსანიშნავია ამება, შოლტოსანი და ინფუზორია. ამ მიკროორგანიზმების ზოგიერთი წარმომადგენ-

ელი სიმბიოზურ ცხოვრებას ეწევა მწვანე წყალმცენარეებთან.

ნიადაგწარმოქმნაში მცენარეების როლი საკმაოდ დიდია, მაგრამ ცხოველებიც მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ. მიუხედავად იმისა, რომ ზოომასის წონის რაოდენობა ნაკლებია ფიტომასასთან შედარებით. ამავე დროს სხვადასხვა ცხოველების როლი ნიადაგწარმოქმნის პროცესში სხვადასხვაგვარია.

ზოგიერთი ცხოველი მთელ ცხოვრებას ნიადაგში ატარებს, საკვებად იყენებს მცენარეების ფესვებს და სხვა ორგანიზმების ნაშთებს. ცხოველები საკვების გადამუშავების შემდეგ გამოყოფენ ექსკრემენტებს, სიკვდილის შემდეგ მათი ნარჩენები რჩება ნიადაგში და მიკროორგანიზმების საშუალებით ხდება მინერალიზაცია.

ზოომასის ძირითადი ნაწილი 97-99% უხერხემლო ცხოველებზე მოდის. მათი როლი ნიადაგწარმოქმნაში მნიშვნელოვნად დიდია. მათგან აღსანიშნავია ჭიაყელა, მწერები, ზოჭოები, ჭიანჭველები, ტერმიტები და სხვ. უხერხემლო ორგანიზმებიდან ფართოდაა გავრცელებული ჭიაყელა. მისი რაოდენობა ერთ ჰა ფართობზე 200 ათასიდან ხუთ მილიონამდე აღწევს. ჭიაყელა ჩადის 3-4 მეტრ სიღრმემდე. ნიადაგში ის აკეთებს ხვრელებს და აუმაღლებს ნიადაგის ფიზიკურ თვისებებს. გარდა ამისა, იგი აბუშავებს მცენარისა და სხვა ორგანიზმების ნარჩენებს, გადამუშავების შემდეგ გამოყოფს ექსკრემენტებს, რომელიც შეიცავს აზოტს, კალიუმს და სხვა ელემენტებს. დადგენილია, რომ ჭიაყელა ნიადაგის მთელ მასას გადაამუშავებს თავის ორგანიზმში. ნიადაგის ზედაპირულ ფენაში წელიწადში გადაამუშავებენ რამდენიმე ასეულ ტონა ნიადაგს ჰექტარზე. მისი რაოდენობა განსაკუთრებით მეტია სარწყავი ფართობის ნიადაგში. ჭიაყელა გავლენას ახდენს ნიადაგის აგებულებაზე, უფრო სწო-

რად მის სიფხვიერეზე. მისი ექსკრემენტების აქტუალური რეაქცია ნეიტრალურს უახლოვდება.

ჭიაყელას დადებით გავლენას ნიადაგზე აღნიშნავდნენ ცნობილი მეცნიერები ჩ. დარვინი, გ. ვისოცკი და სხვ.

დიდ მუშაობას აწარმოებენ ჭიანჭველები და თერმიტები, განსაკუთრებით ნიადაგის ინტენსიური მექანიკური და-მუშავების საქმეში მშრალი ჰავის პირობებში. მშრალ ქვემო ვოლგისპირეთში ჭიანჭველები 10-20 წლის განმავლობაში გადაადგილებენ რამდენიმე ტონა ნიადაგურ ფენას, რომელშიც ისინი ცხოვრობენ. განსაკუთრებით დიდია თერმიტების როლი ტროპიკებში. თერმიტები იკვებებიან მცენარეული ქსოვილებით. სოკოებთან სიმბიოზში შლიან მერქანს და ლიგნინს, რომელიც გამოირჩევა განსაკუთრებული სიმაგრით, ტროპიკებში, უმეტესად მშრალი ჰავის პირობებში, თერმიტები ზედაპირზე აშენებენ ე. წ. სასახლეებს 3 მ, ზოგჯერ კი 5-8 მეტრის სიმაღლის, 1 - 5 მეტრის დიამეტრით და ჰექტარზე 50-100 ცალის ოდენობით. შუა აზიაში, მიუთითებს ვ. კოვდა, თერმიტები არ აშენებენ მიწისზედა ნაგებობებს, მაგრამ აშენებენ რამდენიმე სართულიან მიწისქვეშა გალერეებს 5 მ ფენის სიმაღლით, ხოლო ზოგიერთი ხვრელი 30 მეტრის სიგრძისაა.

ცნობილია შემთხვევა, როდესაც თერმიტების ერთმა კოლონიამ დაიკავა 0,75 ჰა-მდე. მათი სასახლეები იწონის 3-5 ტონას, ბუდეები არსებობენ 10 წლამდე. თერმიტების მიერ მათი ნაგებობების მიტოვების შემდეგ ისინი წვიმისა და ქარის მოქმედებით სწრაფად იშლება. თერმიტების ცხოველ-მოქმედების შედეგად ტროპიკულ ნიადაგებში იქმნება სპე-ციფიკური წვრილმიწიანი ზედაპირული ჰორიზონტი სიმ-ლავერით 15 - 20 სმ-მდე.

დადგენილია, რომ აფრიკის ტროპიკულ ტყეებში ნია-დაგები მიკროფაუნით ყველაზე მდიდარია პირველადი ტყის ქვეშ: 70-80 ათასი ცალი 1 მ² 0-2,5 სმ ფენაში. ტყის გა-

რეთ მყოფ ნიადაგში, რომელიც არის ტყის კულტურების ქვეშ ან ნასვენია, ინდივიდთა რაოდენობა მცირდება 10 - 20 ათას ცალამდე 1 სმ² (შრეში 0-2,5 სმ). პარალელურად მცირდება ჰუმუსის შემცველობა, უარესდება აგროფიზიკური თვისებები, მცირდება ტროპიკული ნიადაგების ნაყოფიერება.

ნიადაგის მექანიკური თვისებების გაუმჯობესებაში გარკვეული მნიშვნელობა აქვს ხერხემლიანების წარმომადგენლებს, როგორიცაა თაგვები, მიწის კურდღელი, სხვადასხვა მღრღნელები, თხუნელა და სხვ. ისინი ნიადაგში ცხოველმყოფელობის მიზნით აკეთებენ სხვადასხვა ზომის ადგილსამყოფელსა და განსხვავებული დიამეტრის ხვრელებს, უმთავრესად 0,5 მ სიღრმეზე. მღრღნელების მიერ ნიადაგის გაფხვიერებისა და ექსკრემენტებით გამდიდრება ჰექტარზე რამდენიმე ასეულ ტონას შეადგენს. თხუნელა აღწევს 20-30 სმ სიღრმეზე და ძირითადად მოძრაობს 10-20 სმ ჰორიზონტში. მოძრაობის პროცესში ნიადაგს ამოყრის ზედაპირზე.

უმაღლესი ცხოველები, ნიადაგში ცხოვრების პროცესში, აკეთებენ ხვრელებს და ხელს უწყობენ ნიადაგის წყლოვანი და ჰაეროვანი თვისებების გაუმჯობესებას.

**ცხრ. 4. დამოკიდებულება ფაუნასა და ნიადაგის
თვისებებს შორის ტროპიკებში**

სავარგული	ორგანიზ- მების რაოდენობა	ორგანული ნივთიერება, %	ნიადაგის ფორიანობა, %	მოცულო- ბითი წონა, გ/სმ ³
ტროპიკული ტყე	79 000	10	65 - 80	0,4 - 0,8
	66 000	9 - 10	57 - 65	0,9 - 1,0
საძოვრები, ბუჩქნარები, ყავის პლანტაციები	45 000	4 - 8	53 - 57	1,1 - 1,2
ახალგაზრდა ნასვენნი, კულტურულ ი მინდვრები	18 000	3	53	1,4 - 1,8

3.5. ხნოვანება და ნიადაგწარმოქმნის პროცესი

ნიადაგი, როგორც ბუნებრივ-ისტორიული სხეული, დღევანდელი სახით წარმოქმნისთანავე არ ყოფილა. მისი წარმოქმნა და განვითარება ხანგრძლივ ისტორიულ, გეოლო-გიურ პერიოდში მიმდინარეობდა. ნიადაგს წარმოქმნიდან დღემდე გარკვეული დრო დასჭირდა. ნიადაგწარმოქმნის პროცესი ყველგან ერთდროულად არ დაწყებულა, რადგან ზმელეთის ცალკეული უბნები სხვადასხვა დროს განთავი-სუფულდა წყლის მასისაგან და ყინულისაგან. ამიტომ დედა-მიწის ნიადაგებს გააჩნიათ სხვადასხვა ხნოვანება ანუ ასაკი.

ნიადაგი იცვლება დროსა და სივრცეში. ნიადაგის ხნოვანებას უკავშირდება ორი ცნება — განვითარება და ევო-ლუცია.

ნიადაგის განვითარებაში არჩევენ ორ ფაზას. გამოი-ყოფა საწყისი ფაზა, რომელიც შეესაბამება გაშიშვლებულ

დედაქანზე ნიადაგწარმოქმნის პირველ ეტაპს. ამ დროს ხდება ნიადაგური რეჟიმების სისტემის ჩამოყალიბება, ჩნდება ფრაგმენტული ნიადაგური ჰორიზონტები, აღინიშნება ბუნებრივი ნაყოფიერების ჩასახვა. ნიადაგწარმოქმნის შემდგომ განვითარებაში შეუცვლელ ეკოლოგიურ პირობებში ნიადაგი აღწევს მწიფე ფაზას სრულად განვითარებული გენეტიკური პროფილით, ბუნებრივი ნაყოფიერების დადგენილი დონით.

ამგვარად, ნიადაგის განვითარება ხდება მუდმივ, შეუცვლელ ეკოლოგიურ პირობებში.

ნიადაგის ევოლუციას ადგილი აქვს იმ შემთხვევაში, როდესაც ნიადაგის განვითარების ან კლიმაქსურ (გარემოსთან გაწონასწორებული) მდგომარეობაში იცვლება ეკოლოგიური ფაქტორები. ამ დროს ნიადაგი შედის ახალ, ევოლუციური განვითარების ფაზაში, რომელსაც თან ახლავს ნიადაგური პროფილის ჰორიზონტების გარდაქმნა, ნიადაგების თვისებების და ბუნებრივი ნაყოფიერების შეცვლა.

ამასთან კავშირში ნიადაგური მასის თვისებები იყოფა სამ ჯგუფად: ნარჩენი თვისებები, შემორჩენილი ნიადაგწარმოქმნელი ქანიდან, რეცენტური – განვითარების პროცესში შეძენილი ნიადაგის მიერ, უცვლელ ეკოლოგიურ გარემოში და რელიქტური თვისებები – შემორჩენილი ევოლუციის პროცესში, ნიადაგის განვითარების წინა სტადიიდან.

ნიადაგების ევოლუცია გულისხმობს გარემოს ევოლუციასთან დაკავშირებულ უკვე ჩამოყალიბებული ნიადაგების შეცვლა. ამასთან, ნიადაგები გადადიან ერთი გენეტიკური ქვეტიპიდან ან ტიპიდან სხვა გენეტიკურ ქვეტიპში ან ტიპში. ნიადაგის პროფილში თანდათანობით სუსტდება ნიადაგწარმოქმნის წინა ფაზის ნიშნები და ჩნდება ნიადაგწარმოქმნის თანამედროვე ფაზასთან დაკავშირებული ახალი ნიშნები.

თანამედროვე ნიადაგური საფარი წარმოადგენს რთულ, სხვადასხვა ასაკის წარმონაქმნს.

ნიადაგების ევოლუციაში არჩევენ რამდენიმე ციკლს:

1) ბიოლოგიურს (ბიოგენურს) ან ნიადაგის განვითარების ციკლს სისტემაში ნიადაგი – მცენარე. ეს ციკლი წარმოადგენს ორი საწინააღმდეგოდ მიმართული პროცესების შედეგს: ნივთიერებების ბიოლოგიური აკუმულაციის (ბიოლოგიური წრებრუნვის) და გეოლოგიური გამოტანის (გეოლოგიური წრებრუნვის);

2) ბიოგეომორფოლოგიური, რომელშიც ნიადაგი მონაწილეობს მთელ ლანდშაფტთან ერთად, დედამიწის ზედაპირის რელიეფის ევოლუციის შედეგად;

3) ბიოკლიმატური ან ნიადაგის განვითარების ციკლი სისტემაში ნიადაგი – მცენარე, რომელიც დაკავშირებულია კლიმატის და ბუნებრივი გარემოს შეცვლასთან გეოლოგიური ეპოქების მანძილზე.

ყველა ჩამოთვლილი ციკლი ურთიერთშეთანაწყობილია, ნიადაგი მათში ერთდროულად მონაწილეობს, მაგრამ ნიადაგში მიმდინარე პროცესების არსის და მიზეზების დასადგენად საჭიროა ამ ციკლები განვასხვავოთ ერთმანეთისგან.

ბიოლოგიური ციკლი ანუ „თვითგანვითარების“ ციკლი. ეს ციკლი ხასიათდება ნიადაგების ან დამოუკიდებელი ფაქტორების შედარებით სტაბილური მდგომარეობით და იყოფა ორ ფაზად: 1) ნიადაგის წარმოქმნა მთის ქანიდან და 2) მწიფე ნიადაგის განვითარება. პირველი ფაზის ხანგრძლივობა – გარემოსთან დინამიკურ წონასწორობას მიღწეული ნიადაგწარმოქმნის ქანიდან წარმოქმნილი სრულად ჩამოყალიბებული (მწიფე) ნიადაგი განსხვავებულია სხვადასხვა ლითოლოგიურ და ბიოკლიმატურ პირობებში. ეს პროცესი მიმდინარეობს ასი, ათასი და ათეულ ათასი წლის განმავლობაში. ზომიერი სარტყლის ფხვიერ ქანებზე ის სრულდება საშუალოდ 1000 – 3000 წლის განმავლობაში. ყველაზე სწრაფად ფორმირდებიან ალუვიური ნიადაგები – 100 – 150 წელი.

ბიოგენურ ციკლში მწიფე ნიადაგის შემდგომი ევოლუცია ხდება ნიადაგწარმოქმნის პროცესში, თვით ნიადაგების შემადგენლობასა და შენებაში ღრმა შეუქცევადი ცვლილებების დაგროვების შედეგად. ამან შეიძლება გამოიწვიოს ნიადაგურ საფარსა და მთელ გეოგრაფიულ ლანდშაფტზე უკუშემოქმედება (ეწერების დაჭაობება ილუვიური ჰორიზონტის გამკრივების შედეგად, რაც აძნელებს ტენის ფილტრაციას; ბიცობების გაბიცობა და სხვ.).

გერმანიაში ყომრალი ნიადაგების თვითგანვითარების მაგალითი მოტანილი აქვს მიუკენგაუზენს (1971). ნიადაგწარმოქმნის ბუნებრივი განვითარების შედეგად, მყინვარულ ნაფენებზე, მუხნარ-წიფლნარი ტყის ქვეშ, მჟავე ყომრალი ნიადაგი, შეიცვალა გაეწრებული ყომრალი ნიადაგი, რომელმაც, თავის მხრივ, სუსტად წყალგამტარი ილუვიური ჰორიზონტის ფორმირების შედეგად, განიცადა ევოლუცია ცრუგაეწრებულ ყომრალში. ეს გადასვლა განხორციელდა 7000 – 8000 წლის განმავლობაში.

მსგავსი სურათი დადგენილ იქნა თ.ურუშადის მიერ ბაკურიანის ნაძვნარებში (ტყეების ზედა სარტყელში, 1600 მეტრის სიმაღლეზე). დროთა განმავლობაში ნაძვნარების ქვეშ ფორმირებული მჟავე ყომრალი ნიადაგი შეიცვალა გაეწრებული ყომრალით, რომელმაც შემდგომ განიცადა ევოლუცია ცრუგაეწრებულ ყომრალში (ზედაპირულად გალებებულ ყომრალში). ეს პერიოდი არ უნდა აღემატებოდეს 3000 – 5000 წელს.

ნიადაგების თვითგანვითარების საინტერესო მაგალითს წარმოადგენს კოლხეთის დაბლობის ნიადაგური საფარის ევოლუცია. დაბლობის ზოგიერთი ადგილის ნიადაგების პროგრესული დაჭაობება გამოწვეული ნიადაგების თვითგანვითარებით – ლამიან-ჭაობიანი ნიადაგები განიცდიან ევოლუციას ტორფიან-ჭაობიან ნიადაგებში.

ბიოგეომორფოლოგიურ ციკლში რელიეფის განვითარებასთან დაკავშირებულ ევოლუციას ნიადაგი განიცდის მთელ ლანდშაფტთან ერთად. დედაპირის ზედაპირი ენდოგენური და ეგზოგენური ძალების ურთიერთმოქმედების შედეგად, განიცდის მუდმივ გარდაქმნას, რომელიც გავლენას ახდენს ნიადაგური საფარის განვითარებაზე, ძირითადად ნიადაგწარმოქმნის ჰიდროთერმული რეჟიმების შეცვლის შედეგად (ჩამონადენი, დრენაჟი, გრუნტის დატენიანება).

ჰიდროგრაფიული ბადის შეჭრასთან, პირველადი რელიეფის გადარეცხვასა და დენუდაციასთან ერთად, მისი - გარდაქმნით „თითქმის ვაკეში“ ან „პენეპლენში“ ხდება ნიადაგური საფარის ევოლუცია: „პირველადი“ ვაკის არაერთგვაროვანი, შემადგენლობით განსხვავებული, ჰიდრომორფული ნიადაგების დიდი მონაწილეობით „პირველადი“ ვაკის ნიადაგური საფარი იცვლება მწიფე, კარგად გამოხატული ნიადაგებით, რთული დასერილი რელიეფით და ამავდროულად, ჭრელი, კომპლექსური ზედაპირით გასწორებული, გაძნელებული ბუნებრივი დრენაჟის ძველი „თითქმის ვაკეთი“ ან „პენეპლენით“.

ნიადაგური საფარის ევოლუციის კავშირი რელიეფის ცვალებადობასთან ნათლად შეიმჩნევა მდინარის ხეობის განვითარების პროცესში. ეროზიის ბაზისის დაქვეითების და ჰიდროგრაფიული ბადის შეჭრის შედეგად, ჭალის გადასვლა მდინარის ტერასაში იწვევს მდელის ტიპის ჭალა-ალუვიური ნიადაგების ევოლუციას მოცემული კლიმატური პირობებისადმი დამახასიათებელი ელუვიური რიგის ნიადაგებში. რიონის ხეობაში (ქვედა დინებაში) ეს არის სუბტროპიკული ეწერები, ხოლო მტკვრის ხეობაში (საქართველოს ფარგლებში) მდელის-ყავისფერი და მდელის რუხი-ყავისფერი ნიადაგები. პირველი მდინარეული ტერასების ნიადაგები როგორც სუბტროპიკული ეწერები, ისე მდელის-ყავისფერი და მდელის რუხი-ყავისფერი ნიადაგები მორფოლოგიით და ქიმიუ-

რი თვისებებით წააგავს ამ ნიადაგების ზონალურ ტიპებს, მაგრამ მათ გააჩნიათ ზოგიერთი რელიქტური ნიშანი, რომელიც მიუთითებს მათ ტიპურ ჭაღის რეჟიმზე წარსულში.

საჭიროა ვივარაუდოთ, რომ ჭაღის პირობებში ნიადაგური საფარის ევოლუციას წარსულში ჰქონდა უფრო ფართო გავრცელება, რადგანაც მათ ფორმირებაში მონაწილეობდნენ უკან დახეული მცენარეების მდნარი წყლები და მდინარეთა ნაკადების მოხეტიალე ბადე.

ვ. კოვდას (1965, 1973) მიერ დამუშავებულია ნიადაგების ევოლუციის კონცეფცია, რომლის მიხედვით ღეღამიწის ხმელეთის ვრცელმა გლიაციალურმა, ფლუვიო-გლიაციალურმა და ალუვიურმა ვაკეებმა გაიარეს განვითარების მეტ-ნაკლებად ხანგრძლივი ჰიდრომორფული ეტაპი. გამყენვარების შემდგომ პერიოდში, ხმელეთის ზედაპირის ნელმა აწევამ, მდინარეების ხეობების გაღრმავებამ და გრუნტის წყლების ღონის დაწევამ გამოიწვია ნიადაგების ევოლუციური რიგის ფორმირება, რომელშიც გამოიყოფა ნიადაგწარმოქმნის რამდენიმე სტადია — ჰიდრო-კუმულატიურიდან დაწყებული, შემდგომ ჰიდრომორფული და ნახევრად-ჰიდრომორფული, საბოლოოდ ავტომორფული სტადია. უდაოა, რომ წარსულში ჰიდრომორფული ნიადაგწარმოქმნელი პროცესი მოიცავდა გაცილებით უფრო დიდ ფართობებს, ვიდრე ამჟამად.

ბიოკლიმატური ციკლი დაკავშირებულია დროის გეოლოგიურ მონაკვეთებში კლიმატის არსებით ცვლილებებთან, რაც განპირობებულია ზოგადპლანეტარული ან კოსმოსური მიზეზებით (დათბობა ან აცივება, მშრალი ან ქსეროთერმული ეპოქების შეცვლა ტენიანი ან პლიუვიალურით). კლიმატური ზონების საზღვრების გადაწევა იწვევს ცვლილებებს მცენარეულ საფარში, ნიადაგების თბურ და წყლოვან რეჟიმში, რაც გავლენას ახდენს ნიადაგწარმოქმნის პროცესზე და აისახება ნიადაგის თვისებებში. ნიადაგის პრო-

ფილში თანდათანობით სუსტდება ნიადაგწარმოქმნის წინა ფაზის ნიშნები და ჩნდება ნიშნები, რომლებიც შეესაბამება ნიადაგწარმოქმნის ფაქტორების ახალ კომპლექსს. თანამედროვე ნიადაგებს ხშირად გააჩნიათ ნიშნები და თვისებები, რომლებიც დაკავშირებულია კლიმატური პირობების შეცვლასთან.

საქართველოში ევოლუციის ბიოკლიმატური ციკლის მაგალითს შეიძლება მივაკუთვნოთ ცენტრალურ კავკასიონზე, სუბალპურ სარტყელში, რელიეფის წყნარი ფორმების პირობებში, შედარებით მძლავრი ნიადაგების განვითარება, რომლებსაც გააჩნიათ ტყის პირობებისთვის დამახასიათებელი ნიადაგწარმოქმნის მაჩვენებლები (კაკლოვანი სტრუქტურა, თიხის გადაადგილების ნიშნები და სხვ.). ტყის ნიადაგების განვითარება სუბალპურ ზონაში უკავშირდება ჰოლოცენის ქსეროთერმულ მაქსიმუმს (დაახლოებით 5000 – 6000 წლის წინათ), როდესაც ხდებოდა ბუნებრივი ზონების აწევა 300-400 მეტრით, დღევანდელ დონესთან შედარებით.

ამავე ხასიათის ევოლუციის მაგალითს წარმოადგენენ აღმოსავლეთ საქართველოს ყავისფერ და ყომრალ ნიადაგებში რელიქტური, წითელი ფერის შრეების არსებობა.

ნიადაგწარმოქმნის პროცესი დროში მიმდინარეობს. ნიადაგწარმოქმნის ყოველ ახალ ციკლს შეაქვს გარკვეული ცვლილებები ნიადაგურ პროფილში – ორგანული და მიერალური ნივთიერებების გარდაქმნაში. ამიტომ დროის ფაქტორს ანუ ხნოვანებას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ნიადაგების ფორმირებასა და განვითარებაში.

არჩევენ აბსოლუტურ და ფარდობით ხნოვანებას.

აბსოლუტური ხნოვანება წარმოადგენს დროს ნიადაგის ფორმირების დაწყებიდან დღემდე. ის მერყეობს რამდენიმე წლიდან მილიონ წლამდე. ყველაზე დიდი ხნოვანება აქვთ ტროპიკული ტერიტორიების ნიადაგებს, რომლებმაც არ განიცადეს სხვადასხვა დარღვევა (წყლის და ქარისმიერი

ეროზია და ა.შ.). საქართველოში, დაახლოებით 1000 მეტრის ზემოთ, ნიადაგებს აქვთ ჰოლოცენური (10 000 – 12 000 წელი) ასაკი. ამ ნიშნულის ქვემოთ ნიადაგები გაცილებით უფრო ხნიერია. ყველაზე ახალგაზრდა ნიადაგები ვითარდება თანამედროვე ჭალებში.

ფარდობითი ასაკი ახასიათებს ნიადაგწარმოქმნის პროცესის სისწრაფეს, ნიადაგების განვითარების სხვადასხვა სტადიების შეცვლის სისწრაფეს. ის დაკავშირებულია ნიადაგწარმოქმნის პროცესის სისწრაფესთან და მიმართულებასთან, ქანების შედგენილობასთან და თვისებებთან, რელიეფის პირობების გავლენასთან.

ნიადაგების ევოლუციის საკითხების შესასწავლად გამოიყენება სხვადასხვა მეთოდი.

ნიადაგური პროფილის გენეტიკური ანალიზი ითვალისწინებს ნიადაგური პროფილის დეტალურ გამოკვლევას და მასში სხვადასხვა ნიშნების გამოვლენის თანმიმდევრობის რეკონსტრუქციას. ამ ანალიზში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ნიადაგისთვის დამახასიათებელი თვისებების და ნიშნების შესატყვისობას თანამედროვე ან წარსულ გეოგრაფიულ პირობებთან.

სტაციონარული მეთოდი მდგომარეობს ნიადაგწარმოქმნის პროცესის შეცვლაში უშუალოდ მრავალწლიური დაკვირვებების (ნიადაგის წყლოვანი, თბური, მარილის და აირის რეჟიმები, ნიადაგურის ხსნარის შემადგენლობის რეჟიმი და სხვ.) ჩატარებაში.

განმეორებითი გაძაღვები და გამოკვლევები გარკვეული დროის შემდეგ ერთი და იგივე ობიექტების, რაც იძლევა საშუალებას ვიქონიოთ წარმოდგენა ნიადაგების და ნიადაგური საფარის ევოლუციის შესახებ.

მოდელირების მეთოდი მდგომარეობს ნიადაგში მიმდინარე სხვადასხვა მოვლენების და პროცესების ხელოვნურ ექსპერიმენტალურ აღწარმოებაში.

შედარებით-გეოგრაფიული მეთოდი გულისხმობს ნიადაგური ტიპების სივრცობითი რიგის გაგებას, რომელთა არსებობა დაკავშირებულია გეოგრაფიულ პირობებთან, დროში ნიადაგის განვითარების თანმიმდევრული სტადიების რიგთან.

შედარებით-ქრონოლოგიური მეთოდი ითვალისწინებს სხვადასხვა ასაკის, მაგრამ ერთნაირ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში ფორმირებული ნიადაგების თვისებების შედარებას.

პალეოგეოგრაფიული მეთოდი მდგომარეობს ნიადაგ-წარმოქმნის ცვლილებების რეკონსტრუქციაში გარემოს ცვლილებებზე პალეოგეოგრაფიის მონაცემებით, რომლებიც მიიღება პალინოლოგიური (სპორო-მტვრიანური), კარპოლოგიური (თესვებით და მცენარეების ქსოვილების ნარჩენებით), პალოეზოოლოგიური, ფიტოლიტური და სხვა მეთოდებით.

ისტორიული მეთოდი ითვალისწინებს ნიადაგების ადრინდელ მდგომარეობაზე ისტორიული წყაროებით (საარქივო დოკუმენტები, მატიანე, რუკების და ა.შ.) ცნობების მიღებას.

რადიოწყალბადის მეთოდი ნიადაგების აბსოლუტური ასაკის დადგენის ერთ-ერთი ძირითადი მეთოდია, რომლის დროს ასაკის დადგენა ხდება ^{14}C გამოყენებით.

3.6. ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა და ნიადაგწარმოქმნის პროცესი

ადამიანი თავისი სამეურნეო საქმიანობით სოფლის მეურნეობაში დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის წარმოქმნაზე და ნაყოფიერებაზე. დღევანდელი ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა განსხვავდება ასი და მეტი წლის წინათ სამეურნეო

საქმიანობისაგან. დღეს ადამიანი ფლობს ტექნიკას, სასუქებს, დაშრობის, ირიგაციის და მცენარეთა დაცვის საშუალებებს, რითაც მოკლე დროში დიდ გავლენას ახდენს გარემოზე. ამგვარად, ანთროპოგენური ფაქტორი საკმაოდ ძლიერ ნიადაგთწარმოქმნის ფაქტორს წარმოადგენს.

ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა გავლენას ახდენს ნიადაგურ საფარზე როგორც პირდაპირ, ისე ირიბად (ნიადაგწარმოქმნის ფაქტორებით). პირდაპირი ზემოქმედება ხორციელდება, პირველ რიგში, ნიადაგების სამიწათმოქმედო გამოყენების პროცესში, რომელიც მოიცავს დედამიწის ხმელეთის დაახლოებით ერთ მეათედს.

ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა ნიადაგსა და ნიადაგწარმოქმნის პროცესის განვითარებაზე გარემო პირობების კომპლექსზე ზემოქმედების სპეციფიკური ძლიერი ფაქტორია (დამუშავება, სასუქები, მელიორაცია და სხვ.). ნიადაგზე შეგნებული, მიზანმიმართული ზემოქმედების ფაქტორი იწვევს მისი თვისებების და რეჟიმების ცვლას გაცილებით უფრო სწრაფი ტემპებით, ვიდრე ბუნებრივი ნიადაგწარმოქმნის ზემოქმედება. ამჟამად, ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა ხდება ნიადაგწარმოქმნის და ნიადაგების ნაყოფიერების ამაღლების გადამწყვეტი ფაქტორი დედამიწის მნიშვნელოვან სივრცეებზე.

ნიადაგების ნაყოფიერების ამაღლების ღონისძიებების სისტემატური გატარება, ნიადაგების გენეტიკური თვისებების და მოსაყვანი კულტურების მოთხოვნილებების გათვალისწინებით, იწვევს ნიადაგების გაკულტურებას, ე.ი. ნიადაგების ფორმირებას ეფექტური და პოტენციური ნაყოფიერების უფრო მაღალი დონით.

ანთროპოგენური ფაქტორის ეკოლოგიური გავლენა ნიადაგწარმოქმნაზე კარგად ჩანს ჭაობიანი ან ჭარბტენიანი, უდაბნოს ან ნახევარუდაბნოს ნიადაგების ათვისებაში. კოლხეთის დაბლობზე 225 ათასი ჰა დაჭაობებულ მიწაა. აქე-

დან დღეისათვის, 150 ათას ჰა ფართობზე „კოლხეთმშენის“ (დაარსდა 1932 წელს) მიერ ჩატარდა დაშრობითი სამუშაოები, წინათ გამოუყენებელ ნიადაგებზე შეიქმნა ჩაის, ციტრუსების და ეთერზეთების სპეციალიზირებული მეურნეობები. დაშრობილი ნიადაგების დამუშავებით, სხვადასხვა კულტურების გაშენებით და სასუქების გამოყენებით ნიადაგმა შეიძინა ყველა ის თვისება, რომელიც საჭიროა მცენარეების ზრდა-განვითარებისთვის. ფაქტიურად, უმოკლეს პერიოდში, წარმოიქმნა ანთროპოგენური ნიადაგი. არის შემთხვევები, რომ ადამიანის სწორი სამეურნეო საქმიანობით იქმნება ხელოვნური ანუ ძლიერ ანთროპოგენიზებული ნიადაგები.

მდინარე ჭოროხის ქვემო დინებაში, გონიოს მიმდებარე ტერიტორია, ვრცელ ჭაღას ეკავა, რომელიც მდინარის აღიდების გამო ხშირად იტბორებოდა. გასული საუკუნის 70-იან წლებში ჯგბირების საშუალებით გაამაგრეს ჭოროხის სანაპირო აღნიშნულ ხიდებს შორის. არსებული ჭაღა მოზვინული იქნა 40-50 სმ სიმაღლეზე სხვადასხვა ნიადაგის და გამოფიტვის ქერქით. შემდეგ ჩატარდა მოსწორება და განოყიერება, გამოყენებული იქნა ტორფი, ნაკელი და მინერალური სასუქები. შეიქმნა ხელოვნური ნიადაგი. აღნიშნულ ფართობზე დღეისათვის მოჰყავთ მარცვლეული, ბოსტნეული და მეცხოველეობის საკვები კულტურები.

სამგორის სარწყავი სისტემა აშენდა 50-იან წლებში, შეიქმნა თბილისის ზღვა და რამდენიმე ათასი ჰექტარი სარწყავი ფართობი შეემატა თბილისისა და რუსთავის გარეუბანს. მორწყვამ ხელი შეუწყო სასოფლო-სამეურნეო კულტურების და მეცხოველეობის განვითარებას. აღნიშნულ ტერიტორიებზე მორწყვით, დამუშავებით და სასუქების გამოყენებით დაჩქარდა ნიადაგის წარმოქმნა და მისი განვითარება. ასეთ პირობებში ადამიანი ზრდის ნიადაგის ნაყოფიერებას.

თანამედროვე უძლიერესი ტექნიკის პირობებში, წიაღისეული ზოგიერთ ტერიტორიაზე ზედაპირულ ფენასთან

ახლოა, მისი მოპოვება ხდება ღია (კარიერული) მეთოდით. ამ დროს პროდუქციის თვითღირებულება 2–3-ჯერ ნაკლებია. კარიერების სიღრმე ზოგჯერ 100 მ აჭარბებს, ხოლო დაზვინული ფუჭი ქანების სიმაღლე 40–50 მეტრს აღწევს. იქმნება თავისებური ანთროპოგენური რელიეფური ფორმა. ასეთი რელიეფური ფორმები ფართოდაა გავრცელებული ღონბასში, კურსკის ოლქში, კრივოი როგის, ჭიათურის და სხვა ქალაქების მახლობლად. კურსკის მაგნიტური ანომალიის აუზის სიგრძეა 2 კმ, სიღრმე 100 მეტრი და ნაყარი ბორცვები 3 მეტრი სიმაღლისაა.

აღნიშნული წესით მადნის მოპოვების დროს წყობილებიდან გამოდის საუკუნეების მანძილზე შექმნილი ნიადაგი და სასოფლო-სამეურნეო სავარგული. მოპოვების ტერიტორიაზე გროვდება ღორღი, ნაყარი, ჩნდება ორმოები, ვითარდება ეროზიული და მეწყერული პროცესები, ადგილი აქვს გაზებით და მტვერით გაბინძურებას. ასეთ პირობებში დიდი მნიშვნელობა აქვს მწყობრიდან გამოსული ნიადაგების აღდგენას (რეკულტივაცია).

ნიადაგის რეკულტივაცია წარმოადგენს სამთოტექნიკურ, საინჟინრო, სამელიორაციო, სასოფლო-სამეურნეო და სხვა სამუშაოთა ერთიან კომპლექსს, რომელიც სრულდება სავარგულის მდგომარეობამდე მიყვანით. რეკულტივაციის პერიოდი აგოგატიშვილის და ნიაშვილის მიხედვით შეიძლება 10 წლამდე გაგრძელდეს. ამ პერიოდის განმავლობაში ადამიანი აჩქარებს ნიადაგის წარმოქმნას და მის განვითარებას.

დიდი დახრილობის ფერდობების ათვისების შემთხვევაში, ეროზიული პროცესების შემცირების მიზნით ადამიანი აწყობს ტერასებს. დასავლეთ საქართველოში ციტრუსოვანთა პლანტაციები ტერასებზეა გაშენებული. ზოგჯერ ტერასის კიდის სიმაღლე ერთ მეტრს და მეტს შეადგენს. ფაქტიურად ტერასის ზედაპირი გამოფიტვის ქერქს წარმო-

ადგენს. ციტრუსების გაშენების წინ საჭიროა ნიადაგის ღრ-
მად დამუშავება 30 სმ სიღრმეზე (პლანტაჟი). შემდგომში
ყოველწლიური დამუშავების, ორგანული და მინერალური
სასუქების გამოყენებით შეიცვალა ნიადაგის ქიმიური, ფიზი-
კური და ბიოლოგიური თვისებები. ასევე შეიცვალა ჰუმუსის
რაოდენობა და შემადგენლობა, მორფოლოგიური სახე და
სხვ. სისტემატური, მიზანმიმართული სამუშაოების ჩატარე-
ბით ძალზე შეიცვალა ნიადაგის წყლოვანი, ჰაეროვანი, სით-
ბური და კვების რეჟიმი. შეიქმნა მასიური აგროლანდშაფ-
ტები. ასეთ შემთხვევაში ადამიანმა დააჩქარა და შეცვალა
ნიადაგწარმოქმნის პროცესი. ბუნებრივ შემთხვევაში კი ნია-
დაგწარმოქმნა ნელი ტემპით და სხვა მიმართულებით მიმდინ-
არეობს.

ამგვარად, ბუნებრივი, ყამირი ნიადაგები სოფლის
მეურნეობაში სწორი წარმოების პირობებში, ძირეულად გარ-
დაიქმნება და ნიადაგი წარმოადგენდა შრომის საგანს. ტერი-
ტორიის დაშრობის ან მორწყვის შედეგად მიწათმოქმედებაში
ჩართული ნიადაგი შრომის პროდუქტს წარმოადგენს.

ამასთანავე აღსანიშნავია ისიც, რომ ადამიანის არა-
მიზნობრივი, უგეგმო მოქმედება ნიადაგზე იწვევს მისი ნაყო-
ფიერების დაცემას და სასოფლო-სამეურნეო ბრუნვიდან გა-
მოყვანას. ფერდობების არასწორი და სისტემატური დამუ-
შავება იწვევს ეროზიას, ხრამების გაჩენას. დიდი ნორმით
მორწყვა ფერდობებზე იწვევს ირიგაციულ ეროზიას. ვაკე
რელიეფის პირობებში, დამლაშებულ ნიადაგებზე, მორწყვის
ნორმის დაუცველობა იწვევს მეორად დამლაშებას და სხვა
უარყოფით მოვლენებს.

საერთოდ, მაღალნაყოფიერი ნიადაგები გავრცელე-
ბულია ქალაქებისა და დასახლებული პუნქტების გარეუბნებ-
ში. ქალაქის გაფართოების, სამრეწველო მშენებლობის,
მილსადენების, საავტომობილო და სარკინიგზო გზების,

ელექტროგადამცემი ხაზების და სხვა მშენებლობებით ნაყოფიერი ნიადაგების და სავარგულების რაოდენობა მცირდება.

ადამიანის გავლენა ნიადაგებზე იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ ნიადაგების უახლეს საერთაშორისო კლასიფიკაციაში შემოღებულია სპეციალური ნიადაგები ანტროსოლების (Anthrosols) სახელწოდებით. მათ მიეკუთვნება ნიადაგები, რომლებშიც ადამიანის საქმიანობამ გამოიწვია ღრმა ცვლილებები ნიადაგურ ჰორიზონტებში ან მათი გადამარხება.

ნაკლებად ხილვადის, მაგრამ უაღრესად მინიშნელოვანს, თავისი შედეგებით, წარმოადგენს ნიადაგურ საფარზე ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის ირიბი გავლენა. ეს გავლენა უფრო ფართეა, ვიდრე უშუალო გავლენა და მისი მრავალი გამოვლენა ამა თუ იმ ხარისხით მოიცავს პლანეტის თითქმის მთელ ნიადაგურ საფარს.

ყოველწლიურად ატმოსფეროში გამოიტყორცნება აირის და აეროზოლური ხასიათის 0,5-1 მლრდ ტ მჟავური აგენტი, რომლებიც ერთვებიან გლობალურ ატმოსფერულ ცირკულაციაში. ეს არის ქლორის და მარილმჟავის (დაახლოებით 100 მლნ ტ/წელ), გოგირწყალბადის და გოგირდოვანი ანჰიდრიდის (300-400 მლნ ტ/წელ), აზოტის ოქსიდების (90-400 მლნ ტ/წელ), ამონიუმის (80-200 მლნ ტ/წელ) ნაერთები. ლაჟანგვისას ისინი წარმოქმნიან შესაბამის მჟავეებს (მარილმჟავას, გოგირდმჟავას, აზოტმჟავას), რაც ატმოსფერული ნალექების და მათთან ერთად, განაპირობებს ნიადაგების, გამჟავიანებას. დასავლეთ ევროპელი და სკანდინავიელი მეცნიერების მონაცემებით, ატმოსფერული ნალექების pH მაჩვენებელი, უკანასკნელი ათწლეულებში, შემცირდა 5,5-დან 4-მდე, ხშირად 3-მდე, ხოლო ზოგჯერ 2,8-მდე ("მჟავა" წვიმები), რაც თავიდან გახდა მთელ რიგ ქვეყანაში ნიადაგების მოკირიანების პრობლემა. წყლების მჟავიანობის ზრდა ხელს უწყობს ნიადაგიდან კალციუმის, მაგნიუმის, კა-

ლიუმის გამოტანას, რკინის, ალუმინის, მანგანუმის მობილიზაციას და როგორც შედეგს, ფოსფორის შებმას.

ნიადაგურ საფარზე არსებითად შეიმჩნევა აგრეთვე ადამიანის ზემოქმედება მცენარეულობაზე (ტყეების მოსპობა, თიბვა, საქონლის ძოვება), რაც არღვევს ნივთიერებების და ენერგიის ბიოლოგიური წრებრუნვის ბუნებრივ ხასიათს.

ამიტომ ნიადაგმცოდნეობის უმნიშვნელო თანამედროვე პრობლემაა პლანეტის ნიადაგური საფარის, მასზე არსებული ბუნებრივი და სასოფლო-სამეურნეო მცენარეულობის შემეცნება ნორმალური და ჩამოყალიბებული კონცენტრაციების ნახშირწყალბადის, ჟანგბადის, აზოტის, ფოსფორის, გოგირდის, კალციუმის და სხვა ბიოფილური ელემენტების შენარჩუნება, დედამიწის ბიოსფეროს სტრუქტურის, ფუნქციების და ოპტიმიზაციის მეთოდების შემეცნება.

3.7. ნიადაგის ფიზიკური თვისებების ეკოლოგიური მნიშვნელობა

ნიადაგები ფორმირდება სხვადასხვა სისქის ფხვიერ ნიადაგწარმომქმნელი ქანების გამოფიტვის პროდუქტებზე. გამოფიტვის პროდუქტებიდან ნიადაგი მემკვიდრეობით ღებულობს ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებს. გამოფიტვის პროდუქტების ზედაპირზე, წვრილი ფრაქციის, უმთავრესად, მტვრის დაგროვება ხელს უწყობს მცენარეების დასახლებას; ნიადაგი იწყებს ფორმირებას და შემდეგ ზდება სიღრმით განლაგებული, შედარებით მსხვილი ქანების დაქუცმაცება. ნიადაგი გამოფიტვის პროდუქტებიდან ასევე მემკვიდრეობით ღებულობს ნიადაგწარმომქმნელი ქანების სხვადასხვა ზომის გარკვეულ ნაწილაკებს. ბუნებაში მიმდინარეობს არა მარტო ქანების დაშლა და დაქუცმაცება, არამედ მისი საპირისპირო პროცესი - უწვრილესი ნაწილაკების კოაგულაცია (შეერთე-

ბა), რის გამოც მიიღება შედარებით მსხვილი ნაწილაკები. დედაქანის ან ნიადაგის სხვადასხვა ზომის ნაწილაკების შემცველობა განსაზღვრავს მის მექანიკურ ანუ გრანულო-მეტრულ შემადგენლობას. ნიადაგი შედგება პოლიდისპერსიული ნაწილაკებისგან.

მექანიკური ანალიზის საშუალებით ხდება თანაბარი სიდიდის ნაწილაკების, მექანიკური ანუ გრანულომეტრული ფრაქციების გამოყოფა. მექანიკური ფრაქციები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან არა მარტო სიდიდით, არამედ ქიმიური და ფიზიკური თვისებებით. ერთი და იმავე ფრაქციაში შემავალი ნაწილაკები ერთმანეთისაგან მცირედ განსხვავდებიან.

ნაწილაკების დაჯგუფება ფრაქციების ზომების მიხედვით არის მექანიკური ელემენტების კლასიფიკაცია.

წარმოშობის მიხედვით არჩევენ მინერალურ, ორგანულ და ორგანულ-მინერალურ ნაწილაკებს. ისინი წარმოადგენენ ქანის ნამტვრევებს, ცალკეულ მინერალებს (პირველადი და მეორადი), ჰუმუსოვან ნივთიერებებს, ორგანული და მინერალური ნივთიერებების ურთიერთმოქმედების პროდუქტებს.

რაოდენობის მიხედვით პირველი ადგილი (ტორფიანი ნიადაგების გარდა) მინერალურ მექანიკურ ელემენტებზე მოდის.

ნიადაგის ყველა მექანიკური ელემენტი წარმოიქმნება, ქანების ფიზიკური, ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური გამოფიტვის შედეგად. ნიადაგში მექანიკური ელემენტების წარმოქმნის პროცესი ერთდროულად მიმდინარეობს, მაგრამ არაერთგვაროვანი პირობების გამო სხვადასხვა ტიპის წარმოიქმნება.

მინერალური მექანიკური ელემენტები წარმოიქმნება ნიადაგწარმოქმნელი ქანების დისპერგაციის და დაქუცმაცების, ზოლო ორგანული მექანიკური ელემენტები მცენარეების, ცხოველების და მიკროორგანიზმების დაშლა-გახრწნის

შედგად, ორგანულ-მინერალური კი – მინერალური და ორგანული მექანიკური ელემენტების შეერთებით.

**ცხრ. 5. ნიადაგების და ქანების კლასიფიკაცია
მექანიკური შედგენილობის მიხედვით**

დასახელება	ფიზიკური თიხა ($<0,01$ მმ), %			ფიზიკური სილა ($>0,01$ მმ), %		
	ნიადაგწარმოქმნის ტიპი					
	ეწერი	სტეპის	ბიცობი	ეწერი	სტეპის	ბიცობი
ქვიშა:						
ფაშარად ქვიშიანი	0-5	0-5	0-5	100-95	100-95	100-95
ბმულად ქვიშიანი	5-10	5-10	5-10	95-90	95-90	95-90
ქვიშნარი	10-20	10-20	10-15	90-80	90-80	90-85
არი:						
მსუბუქი თიხნარი	20-30	20-30	15-20	80-70	80-70	85-80
საშუალო თიხნარი	30-40	30-45	20-30	70-60	70-55	80-70
მძიმე თიხნარი	40-50	45-60	30-40	60-50	55-40	70-60
თიხა:						
მსუბუქი თიხა	50-65	60-75	40-50	50-35	40-25	60-50
საშუალო თიხა	65-80	75-85	50-65	35-20	25-15	50-35
მძიმე თიხა	>80	>85	>65	<20	<15	<35

ნიადაგში ან ქანში მექანიკური ელემენტების ფარდობითი შემცველობა წარმოადგენს მექანიკურ ან გრანულომეტრულ შემადგენლობას.

ნიადაგის ფიზიკაში აღიარებულია ნიადაგების და ქანების მექანიკური შედგენილობის ნ. კაჩინსკის კლასიფიკაცია (ცხრ. 5).

ნიადაგების და ქანების კლასიფიკაცია მექანიკური შედგენილობის მიხედვით შედგენილია ნიადაგების გენეტიკური ბუნების, აგრეგირების მიმართ მათი თიხის ფრაქციის უნარის გათვალისწინებით, რაც დამოკიდებულია ჰუმუსის შემცველობაზე, გაცვლითი კათიონების და მინერალოგიურ შემადგენლობაზე. რაც უფრო მაღალია ეს უნარი, მით უფრო სუსტად მჟღავნდება თიხა თვისებები ფიზიკური თიხის თანაბარი შემცველობის დროს. ამიტომ, სტეპის ნიადაგები, წითელმიწები და ყვითელმიწები, როგორც უფრო გასტრუქტურებული, გადადიან უფრო მძიმე ნიადაგების კატეგორიაში ფიზიკური თიხის უფრო მეტი შემცველობის გამო, ვიდრე ბიცობები და ეწერი ტიპის ნიადაგები. ასე მაგალითად, ცხრილიდან ჩანს, რომ სტეპის ნიადაგები (მაგალითად, შავმიწები) თიხა ნიადაგების კატეგორიას მიეკუთვნებიან, როდესაც მათში ფიზიკური თიხის შემცველობა შეადგენს 60-75 %, ეწერებში – 50-65 %, ხოლო ბიცობებში მხოლოდ 40-50 % შემთხვევაში.

მექანიკური ფრაქციების შემადგენლობა განსაზღვრავს არა მარტო ფიზიკურ და ქიმიურ თვისებებს, არამედ ნიადაგის მინერალოგიურ შედგენილობას.

გ. ტალახაძე აღნიშნავს, რომ მძიმე თიხიანი ნიადაგები წყალს და ჰაერს ცუდად ატარებენ. მათ წყლის დაკავების უნარი მეტად დიდი აქვთ, დასველებისას მოცულობაში მატულობენ, ხოლო გაშრობის დროს მოცულობაში მცირდებიან და უჩნდებათ ნაპრალები. დიდია კოლოიდების შთანთქმის უნარი.

საშუალო და მსუბუქ თიხიან ნიადაგებში ტენტევალობა, მწებაობა, კაპილარობა ზომიერადაა გამოხატული. მოცულობაში მომატების ანუ თქვირების და დაჯდომის

უნარი მძიმე თიხასთან შედარებით ნაკლები აქვთ. ასევე შედარებით ნაკლები აქვთ კოლოიდების შთანთქმის უნარი.

მძიმე, საშუალო და მსუბუქ თიხნარ ნიადაგებში უარყოფითი თვისებები, თიხიან ნიადაგებთან შედარებით შემცირებულია, ასევე შემცირებულია ტენტევალობა. სამაგიეროდ გააჩნია წყლის, ჰაერის და სითბოს შელწევის დიდი უნარი.

სილიანი და ქვიშიანი ნიადაგები წყლის, სითბოს და ჰაერის კარგი გამტარია, მაგრამ მათი დაკავების უნარი ძალზე მცირეა; მათ კაპილარობა თითქმის არ ახასიათებთ. უმნიშვნელო აქვთ მიკრობილობა, ბმულობა და თქვირება. ასევე კოლოიდების შთანთქმის უნარი.

ნიადაგის მექანიკური ანუ გრანულომეტრული შედგენილობა დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგწარმოქმნაზე და ნიადაგების სასოფლო-სამეურნეო გამოყენებაზე. ნიადაგების და ნიადაგწარმოქმნის ქანების მექანიკურ შედგენილობაზე დამოკიდებულია ნიადაგებში ორგანული და მინერალური ნაერთების გარდაქმნასა და დაგროვებასთან დაკავშირებული მრავალი ნიადაგწარმოქმნის პროცესის ინტენსივობა. ამის შედეგად, ერთიდაიგივე ბუნებრივ პირობებში, სხვადასხვა მექანიკური შედგენილობის ქანებზე, ფორმირდება ნიადაგები განსხვავებული თვისებებით. მექანიკური შედგენილობა არსებით გავლენას ახდენს წყალ-ფიზიკურ, ფიზიკურ-მექანიკურ, ჰაეროვან, თბურ თვისებებზე, ჟანგვა-აღდგენით პირობებზე, შთანთქმის უნარიანობაზე, ნიადაგში ჰუმუსის, ნაცროვანი ელემენტების და აზოტის დაგროვებაზე.

ლექის ფრაქციით მდიდარი თიხნარი და თიხა ნიადაგები უფრო მდიდარია საკვები ელემენტებით, ვიდრე ქვიშა და ქვიშნარი ნიადაგები. სამაგიეროდ ქვიშა და ქვიშნარი ნიადაგები არიან უფრო სითბოგამტარნი. მსუბუქ ნიადაგებს მთელი რიგი უარყოფითი თვისება გააჩნია, მათ შორის დაბალი წყალტევადობა. ამიტომ ქვიშა და ქვიშნარ ნიადაგებზე, ტენიანი პირობებშიც, მცენარეები განიცდიან ტენის უკმა-

რისობას. ეს ნიადაგები ღარიბია ჰუმუსით და მცენარეების საკვები ელემენტებით, ადვილად განიცდიან ქარისმიერ ეროზიას.

მძიმე თიხნარი და თიხა ნიადაგები განსხვავდებიან უფრო მაღალი ბმულობით და ტენტევალობით, უკეთ არიან უზრუნველყოფილი საკვები ელემენტებით, უფრო მდიდარია ჰუმუსით. ამ ნიადაგების დამუშავება საჭიროებს მეტ ენერგეტიკულ დანახარჯს, ამიტომ ისინი მიეკუთვნებიან მძიმე ნიადაგებს.

ნიადაგის გრანულომეტრული შემადგენლობა და სტრუქტურა განსაზღვრავს მის სიმკვრივეს. თიხნარი ნიადაგების სიმკვრივე ნაკლებია, ვიდრე თიხა ნიადაგების. ამიტომ მცენარის ფესვთა სისტემის განვითარებისთვის ოპტიმალურია თიხნარი ნიადაგები. ვაკე რელიეფის პირობებში, მძიმე თიხნარ ნიადაგებზე, დაბალი წყალგამტარობის გამო ადგილი აქვს გაღებებს, სადაც ჭარბტენიანობას აქვს ადგილი, იწყება ჭაობიანი ნიადაგების ფორმირება. ასეთ პირობებში მსუბუქ ნიადაგებზე წარმოიქმნება ნიადაგები კორდიანი ჰორიზონტით.

ზოგიერთ სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს, თავიანთი ფიზიოლოგიური თავისებურების გამო, გარკვეული მოთხოვნილება გააჩნია ნიადაგის მექანიკური შედგენილობის მიმართ. მაგალითად, ვენახი კარგად ზარობს ღორღიან თიხნარ და თიხა ნიადაგებზე, თამბაქო მსუბუქ თიხნარ და სილნარ ნიადაგებზე, კარტოფილი, ბახჩეული და ბოსტნეული კულტურების უმეტესობა კარგად იზრდება სილნარ და მსუბუქ თიხნარ ნიადაგებზე.

გრანულომეტრული შედგენილობა გავლენას ახდენს ნიადაგის მთელ რიგ ფიზიკურ თვისებებზე. მძიმე თიხნარ ნიადაგებში სიმკვრივე, ფორიანობა, მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობა და ჭკნობის ტენიანობა შედარებით მაღალია, ვიდრე მსუბუქ თიხნარ ნიადაგებში.

საკმაოდ საინტერესოა ნიადაგის სტრუქტურის კავშირი ცალკეულ ტიპთან, მის მექანიკურ შედგენილობასთან. ნიადაგის სტრუქტურის ზოგიერთი ტიპისთვის მექანიკური შედგენილობა ავლენს გარკვეულ შეზღუდვებს. მაგალითად, ეწერი ნიადაგების გარდა, სხვა ნიადაგებში არ ფორმირდება ფიქალისებრი სტრუქტურა; ჰუმუსოვან ჰორიზონტებში კომტოვანი სტრუქტურა აღინიშნება ალუვიურ, ყომრალ, ყვითელ-ყომრალ და ყავისფერ ნიადაგებში; კაკლოვანი სტრუქტურა – ყომრალეში და ა.შ.

წყალს დიდი ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს გეოგრაფიულ გარემოში მიმდინარე პროცესებისთვის. წყალი დიდ გავლენას ახდენს ქანების გამოფიტვასა და ნიადაგწარმოქმნაზე ტემპერატურასთან. გვისოცკი აღნიშნავდა, რომ წყალი ნიადაგსა და გრუნტში თავისი ხსნარით არის ცოცხალი ორგანიზმების ნამდვილი სისხლი. ტენიანობის შემცირება ამცირებს ნიადაგწარმოქმნის ენერგიას. მშრალი კლიმატის პირობებში მცირდება კოლოიდების წარმოქმნა და შთანთქმის ტევადობა. ნიადაგში იზრდება მტერისა და სილის ფრაქციის რაოდენობა.

მცენარის ნორმალური ზრდა—განვითარებისა და ნიადაგში მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობისათვის საჭიროა ტენის გარკვეული რაოდენობა. ერთი გრამი მშრალი ნივთიერების შექმნისათვის მცენარე ხარჯავს 200-დან 1000-მდე გრამ წყალს. წყალი იცავს მცენარეებს გადახურებისგან, განსაზღვრავს სითბოს ხარჯვას, მცენარის ტრანსპირაციასა და ფოტოსინთეზს.

ცხრ. 6. ნიადაგის სტრუქტურის და ტიპის კავშირის სქემა
(A ჰორ./B ჰორ.)
(ურუშაძე, 2009)

სტრუქტურის ფორმა	ნიადაგების ტიპის								
	ალუვიური	წითელმიწა	სუბტროპიკული ეწერი	ყომბრალი	ყვითელ-ყომბრალი	შავი	შავმიწა	ყავისფერი	მთა-მდელოს
ფიქალისებრი			-/x						
სვეტისებრი			-/x			-/x			
კაკლოვანი				-/x					
მარცვლოვანი		x/-			-/x	x/-	x/-		x/-
კოშტოვანი	x/x	-/x		x/x	x/x		-/x	x/x	-/x
ბელტოვანი							-/x	-/x	-/x

ნიადაგის წყლის მთავარ წყაროს ატმოსფერული ნალექები წარმოადგენს. გარდა ამისა, გარკვეულ როლს ასრულებს მიწისქვეშა წყალი. ნიადაგის ტენიანობაზე გავლენას ახდენს, არა მარტო ნალექების მოსვლის რაოდენობა, არამედ მოსვლისა და აორთქლების თავისებურებანი. კოკისპირული წვიმის მოსვლისა დროს ზედაპირული დინება ჭარბობს ნიადაგში წყლის ჩაღწევას. ნიადაგის ტენიანობას უზრუნველყოფს თოვლის საფარი, რომელიც ამავე დროს ნიადაგს იცავს გაყინვისაგან.

წყალი წარმოადგენს ერთ-ერთ შეუცვლელ ფაქტორს, რომელიც განსაზღვრავს ორგანიზმების ცხოველმოქმედებას. ორგანული, ორგანული და ორგანულ-მინერალური ნაერთების გადაადგილების შედეგად ფორმირდება ნიადაგური პროფილი.

წყალი ნიადაგში მუდმივ მოძრაობაშია. იგი მოძრაობს სხვადასხვა მიზეზით. წყლის მოძრაობა ნიადაგში ხდება დაღმავალი დინებით, სიმძიმის ძალით ნალექების მოსვლის

დროს, თოვლის ნადნობი წყლით და მორწყვით. წყლის მოძრაობა ნიადაგში წარმოებს მისი დაკარგვით ანუ აორთქლებით, რომლის დროსაც ადგილი აქვს ტენის აღმავალ მოძრაობას.

წყლის დაღმავალ მოძრაობაზე ანუ ინფილტრაციაზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის მექანიკური შედგენილობა. სილნარი და თიხნარი ნიადაგები მაღალი წყალგამტარობით ხასიათდება, ვიდრე თიხა ნიადაგები. აორთქლების დროს, წყალი კაპილარების საშუალებით, ნიადაგის ქვედა ფენებიდან ამოდის ზედაპირზე და სითბოს ზემოქმედებით განიცდის ფიზიკურ აორთქლებას. კაპილარობა უკეთაა გამოხატული თიხნარ და თიხა ნიადაგებში, სილნარ ნიადაგებთან შედარებით. კაპილარობა კარგადაა გამოკვეთილი ფიზიკური თიხით მდიდარ ნიადაგებში. საქართველოში გავრცელებული ნიადაგების უმეტესობა მიეკუთვნება თიხნართა ჯგუფს.

მცენარეთა საფარის ქვეშ, სხვადასხვა ჰორიზონტებში, ტენის რაოდენობა განსხვავებულია. ბათუმის ბოტანიკურ ბაღში, კოლხეთის ტიპის ტყის ქვეშ დადგინდა, რომ ტენის რაოდენობა მნიშვნელოვნად მერყეობს წლების მიხედვით და იმყოფება მოსულ ნალექებთან კავშირში. უმცირესი წყალტევადობით ხასიათდება ნიადაგის ზედა 0-20 სმ ფენა. ყველაზე დატენიანებულია 20-80 სმ შრე, ქვემოთ ტენის რაოდენობა მცირდება, განსაკუთრებით ზაფხულის თვეებში. ამ შემთხვევაში, მერქნიანი მცენარეების მიერ, ადგილი აქვს ტრანსპირაციას ანუ დესუქციას, განსაკუთრებით ზაფხულში.

აჭარის პირობებში წითელმიწები, ძირითადად, ხასიათდება თიხნარი და საშუალო თიხა შედგენილობით და მაღალი ფორიანობით, რის გამოც ამ ნიადაგებში კარგადაა გამოხატული წყალგამტარობა და კაპილარული თვისებები. ტყის ქვეშ ფერდობზე მთლიან პროფილზე წყალგამტარობა 6 საათის განმავლობაში წყლის 10°C ტემპერატურის დროს შეადგენდა 1311,8 მმ, ხოლო 20 სმ სისქის ფენის

მოხსნის შემთხვევაში 249,8 მმ. ეს მონაცემები მიუთითებს, რომ ადგილი აქვს გვერდით დინებას.

ნიადაგის მექანიკური შედგენილობა გარკვეულ გავლენას ახდენს ნიადაგის ტენტივადობაზე, მაქსიმალურ ჰიგროსკოპულობაზე, მცენარის ჭკნობის ტენიანობაზე და პროდუქტიული ტენის რაოდენობაზე.

ტენი ნიადაგში მუდმივ მოძრაობაშია, გავლენას ახდენს გენეზისური პორიზონტების ფორმირებაზე, შეიწოვს მცენარე ფესვებით და აორთქლდება ჰაერში. წყალი ნიადაგში წარმოდგენილია სამი სახით — მყარი, თხიერი და ორთქლისებრი. მყარი წყლის გარდა, თხიერი და ორთქლისებრი წყალი გვხვდება ხუთი ფორმის: 1. ქიმიურად დაკავშირებული ტენი; 2. ორთქლისებური ტენი; 3. მტკიცედ დაკავშირებული ტენი; 4. ფაშარად დაკავშირებული ტენი; 5. თავისუფალი ტენი. აღნიშნული ფორმებიდან მცენარე იკვებება თავისუფალი ტენით, რომელიც მიეკუთვნება თხევადი წყლის სახეს. თავისუფალი ტენი ნიადაგში წარმოდგენილია კაპილარული და გრავიტაციული ფორმით.

აგრონომიულ პრაქტიკაში დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგში საერთო და პროდუქტიული ტენის ცოდნას.

ნიადაგის ნაწილაკების დისპერსიულობის ხარისხი ე. ი. მექანიკური ანუ გრანულომეტრული შედგენილობა განსაზღვრავს ნიადაგის ზოგიერთ ქიმიურ და ფიზიკურ თვისებას.

ნიადაგის ნაწილაკების ზედაპირის და მშთანთქავ ნივთიერებებს შორის შესაძლებელი კავშირების შეფასება მნიშვნელოვანი ამოცანაა და აუცილებელია ნიადაგის და ნიადაგური პროცესების არსის გასაგებად.

ნიადაგის ნაწილაკების ზედაპირის მიერ ნივთიერებების მშთანთქმა შეიძლება იყოს არაგაცვლითი (სორბცია) ან გაცვლითი. ნიადაგში გაცვლითი რეაქციები დიდი ხნის წინათ იყო აღმოჩენილი. დადგინდა, რომ ნიადაგს შეუძლია მთანთქოს ხსნარიდან კათიონები, ხოლო ცალკეულ შემთხვე-

ვებში ანიონებიც. იონების შთანთქმისას ნიადაგი გამოყოფს სხვა იონებს, ცვლის მათ. ნიადაგების ამ უნარმა მიიღო გაცვლითის სახელი. მას ხშირად განსაზღვრავენ როგორც ნიადაგების შთანთქმის უნარიანობას.

ნიადაგის შთანთქმის უნარიანობაზე მრავალი მეცნიერი მუშაობდა. შთანთქმის უნარიანობის პირველი კლასიფიკაცია მოგვცა კ. გელროიცმა XX საუკუნის პირველ ნახევარში, რომელსაც დღესაც არ დაუკარგავს თავისი მნიშვნელობა. მის მიერ გამოყოფილ იქნა ნიადაგის შთანთქმის უნარიანობის ხუთი სახე.

მექანიკური შთანთქმა — ნიადაგური ფორების უნარი დააკავოს მყარი ნაწილაკები, რომლებიც იფილტრება ნიადაგში სუსპენზიის სახით. არხებისა და საკნებისაგან შემდგარი ფორების ბაღე აკავებს გარკვეული ზომის ნაწილაკებს და აქვს მექანიკური საცრის მნიშვნელობა. ეს მოვლენა საყურადღებოა ნიადაგის ზედა ფენებიდან გამორეცხილი წვრილი ნაწილაკების შეკავების და სასმელი წყლის გაწმენდის საქმეში. შთანთქმის ეს სახე დამოკიდებულია ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობაზე, სტრუქტურაზე და ფორიანობაზე.

ფიზიკური შთანთქმისას ნიადაგური ნაწილაკები აკავებენ მთელ მოლეკულებს, მაგალითად წყლის, ეთილენგლიკოლის, მეთილენ ლურჯის ტიპის საღებავი და ა.შ. იმ შემთხვევაში, როდესაც წყალში წნევა გადიდებულია, უფრო მეტად ხდება მარილების ხსნადობა. ამის გამო ხსნარის კონცენტრაცია მეტია იმ ნაწილში, რომელიც უშუალოდ აკრავს დისპერსიულ ნაწილაკებს და ხდება ხსნარში მყოფი ნივთიერების დაკავება. ამ მოვლენას დადებითი ადსორბცია ეწოდება. დადებითი ადსორბციის შედეგად შთანთქმება მთელი მოლეკულა და არა ერთი იონი, როგორც ფიზიკურ-ქიმიური ან ქიმიური შთანთქმის დროს. დადებითი ადსორბციის საშუალებით ნიადაგში ხდება მრავალი

ნივთიერების შეკავება. ეს პროცესი ხელს უწყობს მცენარის მომარაგებას საკვები ნივთიერებით, ხოლო უარყოფითი აღსორცია ახასიათებს ქლორიდებს და ნიტრატებს, რომელთა დაკავება ვერ ხდება და მათი კონცენტრაცია მეტია ხსნარის თავისუფალ ნაწილში. ფიზიკური შთანთქმის უნარი დამოკიდებულია ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობაზე და განსაკუთრებით კოლოიდების რაოდენობაზე, რაც უფრო მძიმეა ნიადაგის შედგენილობა (თიხა, თიხნარი), მით უფრო მეტია მისი აღსორცეის უნარი. ეს თვისება სილიან და ქვიშიან ნიადაგებში სუსტადაა გამოხატული.

ფიზიკურ-ქიმიური ანუ გაცვლითი შთანთქმა გამოიხატება იმაში, რომ ნიადაგის მკვრივ ფაზასა და ხსნარში მყოფ ნივთიერებათა ურთიერთმოქმედების დროს ნიადაგი აკავებს ფუძეებს (კათიონებს). ეს მოვლენა ხდება ძირითადად აღსორცეის სახით და ამავე დროს ადგილი აქვს სწრაფ ქიმიურ რეაქციას – ფუძეების ჩანაცვლებას. შთანთქმის ეს სახე დაკავშირებულია ნიადაგის კოლოიდების რაოდენობასთან და მათ თვისებებთან.

ქიმიური შთანთქმა – წარმოადგენს შთანთქმის ისეთ სახეს, როდესაც ხსნარში მყოფი მარილების ანიონები კათიონებთან შეერთებით იძლევიან ძნელადხსნად ან უხსნად შენაერთებს და ხსნარიდან გამოილექებიან. ანიონების შთანთქმა რთული ბუნებისაა, მასში მონაწილეობს ქიმიური შთანთქმის სხვა სახეები.

ქიმიური შთანთქმის შედეგად, წითელმიწებში და ფერალიტურ ნიადაგებში, წარმოიქმნება ძნელადხსნადი რკინისა და ალუმინის ფოსფატები, რომლებსაც უარყოფითი აგრონომიული ხასიათი აქვთ. ამ შემთხვევაში ნიადაგის ხსნარი ღარიბდება ფოსფატებით.

ბიოლოგიური შთანთქმის ქვეშ იგულისხმება სხვადასხვა შენაერთების დაკავება და საკვები ელემენტების აკუმულაცია მცენარეების ფესვებისა და მიკროორგანიზმების მიერ.

შთანთქმის ამ სახით ხდება ქანებში და გაბნეულ მდგომარეობაში მყოფი ნაცრის ელემენტების დაკავება და აკუმულაცია მცენარის ფესვთა სისტემის არეში.

ნიადაგიდან ამოღებული საკვები ელემენტებით მცენარეები ქმნიან ორგანულ ნივთიერებას, იძლევიან ნაყოფს და ვეგეტატიურ ორგანოებს. ამავე დროს საკვებ ელემენტებს იცავენ ჩარეცხვისგან. მიკროორგანიზმები იკვებებიან ხსნადი მინერალური შენაერთებით, რითაც ხელს უწყობენ ამ ნივთიერებების გადაშუშავებას ორგანულ მდგომარეობაში და მათ დაგროვებას ნიადაგში. ბიოლოგიურ შთანთქმას დიდი მნიშვნელობა აქვს ქვიშიანი ნიადაგებისთვის. წვრილი ნაწილაკებისა და კოლოიდების მცირე შემცველობის გამო შთანთქმის ეს სახე სხვასთან შედარებით ძალზე სუსტია.

ბიოლოგიური შთანთქმის პროცესში მწვანე მცენარეები დიდ როლს ასრულებენ. შთანთქმის ეს სახე უფრო ენერგიულად მიმდინარეობს იქ, სადაც მცენარეს აქვს ძლიერი ფესვთა სისტემა. რაც უფრო ძლიერია მცენარის მიწისზედა და მიწისქვეშა ორგანოები, მით უფრო ინტენსიურად ხორციელდება ბიოლოგიური შთანთქმა.

ნიადაგისათვის დიდი ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს ჰაერისა და სითბოს რეჟიმს, რომლებიც განსაზღვრავენ მასში მიმდინარე მექანიკურ, გეოქიმიურ და ბიოლოგიურ პროცესებს.

ნიადაგის ჰაერი დიდ როლს თამაშობს ნიადაგწარმოქმნის, ნიადაგში მცენარეთა ფესვების, ცხოველების და მიკროორგანიზმების სასიცოცხლო პროცესში. აგრეთვე ხელს უწყობს ნიადაგის ხსნარის ჟანგვა-აღდგენის პროცესებს.

ნიადაგში ჰაერი გვხვდება სამი სახის: 1-თავისუფალი, 2-აღსორბციული და 3-წყალში ხსნადი. უფრო მეტი რაოდენობითაა თავისუფალი ჰაერი. ჰაერი გვხვდება წყლისგან თავისუფალ ფორებში. ნიადაგის ჰაერი ატმოსფეროსთან შედარებით, ნაკლებ ჟანგბადს შეიცავს, ხოლო ნახშირ-

ორჟანგს — მეტს. ნიადაგურ ჰაერსა და ატმოსფეროს ჰაერს შორის არსებობს აირების გაცვლა. ნიადაგში რაც უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს ბიოქიმიური პროცესი, მით მეტია ნახშირორჟანგის გამოყოფა. ნახშირორჟანგის გამოყოფა წლის სეზონების მიხედვით იცვლება, მაქსიმუმს აღწევს თბილ პერიოდში, მინიმუმს — ზამთარში.

ნიადაგის ჰაერის რეჟიმი დამოკიდებულია ჰაერტევადობაზე, ჰაერგამტარობაზე, გაზთა ცვლაზე ანუ აერაციაზე. ჰაერტევადობა ნიადაგის მოცულობის ის ნაწილია, რომელიც დაკავებულია ჰაერის მიერ მოცემული ტენიანობის პირობებში. ჰაერგამტარობა ნიადაგის თვისებაა თავის ფენაში გაატაროს ჰაერი. იგი ქმნის გაზთაცვლის პირობებს ატმოსფეროს ჰაერსა და ნიადაგის ჰაერს შორის.

ნიადაგური ჰაერის რაოდენობას და რეჟიმს განსაზღვრავს ნიადაგის სტრუქტურიანობა და სწორი დამუშავება. სტრუქტურიანობა დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგში ჟანგბადის რაოდენობაზე. ნიადაგში აერაციის ოპტიმალური პირობების შექმნა დიდ გავლენას ახდენს კულტურული მცენარეების ზრდა-განვითარებაზე და მოსავლიანობის ზრდაზე.

ნიადაგის წარმოქმნაში და მცენარეებისათვის წყალსა და ჰაერთან ერთად, დიდი მნიშვნელობა აქვს სითბოს. მასზე დამოკიდებულია კულტურების თესვის ვადები, მცენარის ზრდა-განვითარება და მოსავლის ზრდა. სითბოს საშუალებით ნიადაგში ინტენსიურად მიმდინარეობს ქიმიური რეაქციები და ბიოქიმიური პროცესები. ქიმიური რეაქციის სიჩქარე ოპტიმალური ტენიანობის პირობებში 10°C -ის მომატებით 1–2-ჯერ იზრდება.

ბაქტერიების ბიოქიმიური მოქმედების ინტენსიობა იზრდება ტემპერატურის მომატებასთან ერთად, ხოლო გარკვეული ტემპერატურის შემდგომი მომატებით მათი ცხოველმყოფელობა ნელდება. ნიადაგში ტემპერატურის ნულის ქვემოთ დაცემის შემთხვევაში მიკრობიოლოგიური პროცესი

თითქმის წყდება.

ნიადაგის სითბოს ძირითად წყაროს მზის სხივური ენერგია წარმოადგენს. აგრეთვე უმნიშვნელო რაოდენობით ღებულობს ლითოსფეროს ქვედა ფენებიდან. ნიადაგის ძირითად სითბურ თვისებებს წარმოადგენს სითბოს შთანთქმა ანუ სხივის შთანთქმა, თბოტევადობა და თბოგამტარობა. სხივის შთანთქმა არის მზის სხივური ენერგიის შთანთქმის უნარი. მასზე დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგის ფერი, ზედაპირის ხასიათი, მცენარეთა საფარი, ჰუმუსის რაოდენობა, ტენიანობა და სხვ. თბოტევადობა სითბოს ის რაოდენობაა, რომელიც საჭიროა მშრალი ნივთიერების გასათბობად ერთი გრადუსით. თბოტევადობა დამოკიდებულია ნიადაგის მინერალოგიურ და მექანიკურ შედგენილობაზე.

ნიადაგების ფიზიკური თვისებები ბევრად განსაზღვრავენ ნიადაგების წყლის რეჟიმს, ქიმიურ თვისებებს და საერთოდ ნიადაგების გენეტიკურ თავისებურებას. ადამიანის საქმიანობით ფიზიკური თვისებების შეცვლა იწვევს აგრეთვე გარკვეულ ცლილებებს ნიადაგების მორფოლოგიაში, ქიმიზმში, ნიადაგურ პროცესებში.

დიდი ხანია ცნობილია ლანდშაფტების რეკრეაციულ გამოყენებასთან დაკავშირებული ნიადაგების ფიზიკური თვისებების შეცვლა. ამასთან იცვლება ნიადაგების სიმკვრივე, საერთო ფორიანობა, სხვადასხვა დიამეტრის ფორების შეფარდება, ჰუმუსის შემცველობა. ფორიანობის დაქვეითებასთან ახლავს წყალგამტარობის შემცირება, ტენის ღვომა, გაღებება და როგორც შედეგი, გაღებების პროცესის გამომჟღავნება, მექანიკური შედგენილობის დამძიმება, ჰუმუსირების შემცირება.

მთიან პირობებში, ეროზიული პროცესების შემცირების მიზნით, ტერასული მიწათმოქმედების დროს, ნიადაგის სისტემატური დამუშავებით ადამიანი ხელს უწყობს ნიადაგის მექანიკური ელემენტების დისპერსიულობის ანუ დაქუც-

მაცების ზრდას და ნიადაგწარმოქმნას. ადამიანი ნიადაგ-
წარმოქმნას ხელს უწყობს ჭაობის დაშრობით, არიდულ პი-
რობებში მორწყვით. ამ პროცესში ადამიანი აუმჯობესებს
ნიადაგის ფიზიკურ და წყლოვან თვისებებს.

ნიადაგის ფიზიკური თვისებების გაუმჯობესება ნია-
დაგის ნაყოფიერების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია.
მცენარის კვება, წყლით უზრუნველყოფა, ფესვთა სისტემის
განვითარება, მისი სითბური თვისებები და სუნთქვის პროცე-
სები პირდაპირ დამოკიდებულია ნიადაგის ფიზიკურ თვისე-
ბებზე, აგრეთვე ნიადაგის დამუშავება მჭიდროდაა დაკავში-
რებული მის ფიზიკურ თვისებებთან. ამ მიმართულებით შე-
იქმნა სპეციალური დარგი აგროფიზიკა.

ნიადაგის დამუშავება ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი
ლონისძიებაა. მისი მთავარი დანიშნულებაა ნიადაგის ფენები
გადაადგილდეს იმდაგვარად, რომ გაუმჯობესდეს ნიადაგის
საერთო ფიზიკური, წყლოვანი, სითბური და ჰაერცვლის
პროცესები. აღნიშნული პროცესები უზრუნველყოფს მცენა-
რისათვის საკვები ელემენტების მისაწვდომობას და მის
ზრდა-განვითარებას. ამიტომ ნიადაგის დამუშავების დროს
დიდი მნიშვნელობა აქვს მსუბუქი ტექნიკის გამოყენებას.
მძიმე წონიანი ტრაქტორის გამოყენება საშიშია, რადგანაც
ხელს უწყობს ნიადაგის დატკეპნას. დიდი მნიშვნელობა აქვს
მსუბუქი ტრაქტორების გამოყენებას სასოფლო-სამეურნეო
კულტურების კულტივაციის პერიოდში. მძიმე ტექნიკის გა-
მოყენება იწვევს ნიადაგის სიმკვრივის გაზრდას, წყალგამტა-
რობის, ფესვებისათვის წყალმისაწვდომობის და ჰაერცვლის
გაუარესებას.

თავიდან რომ იქნას აცილებული ეროზიული პროცე-
სები, დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის დამუშავებას რელი-
ეფის დახრილობის გათვალისწინებით.

ადამიანმა ხელი მოკიდა მიწათმოქმედებას მესაქონლე-
ობის შემდეგ. მიწათმოქმედების წარმოშობა დაკავშირებული

იყო მთიან რეგიონებთან და ატარებდა ბოგარულ ხასიათს. ძირითადი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების (ხორბალი, ჭვავი, ბრინჯი, სიმინდი, კარტოფილი) სამშობლოა მთიანი ქვეყნები. შემდგომში მიწათმოქმედებამ გადმონაცვლა ვაკეებზე და მდინარეთა მერიებში (ჭალა), სადაც საჭიროების შემთხვევაში წარმოებდა მორწყვა.

თავდაპირველად ადამიანი სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობას მისთვის აუცილებელი კულტურების მოსაყვანად იწყებდა ნიადაგის ფიზიკური თვისებების შეცვლით. ნიადაგის დამუშავება წყვეტდა მიწათმოქმედების წინაშე მდგარ მთელ რიგ ამოცანას: 1. მოცემული ჯიშისთვის აუცილებელ სიღრმეზე ნიადაგში თესლების ჩამაგრება. 2. მცენარეებისთვის ხელსაყრელი ნიადაგის ფიზიკური თვისებების მომზადება, კერძოდ, მისი სიმკვრივის. მაღალი სიმკვრივე ($1,4 \text{ გ/სმ}^3$ მეტი) ხელს უშლის ნიადაგში მცენარეების ფესვების შეღწევას. 3. გაფხვიერებით ბრძოლა სარეველებთან, რომლებიც ამცირებენ მოსავალს, პროდუქციას, ხარჯავენ წყალს და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლის კვებით სასაქონლო ღირებულებას. ნიადაგის დამუშავება უზრუნველყოფს ოპტიმალურ წყლის რეჟიმს სისტემაში ნიადაგი - მცენარე.

სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში და სხვადასხვა ნიადაგებში დამუშავების სიმძიმის ცენტრი შეიძლება გადაიწიოს ამა თუ იმ მხარეს. ასე მაგალითად, ჰუმიდურ (ტენიან) ზონაში მძიმე ნიადაგების დამუშავების მიზანია - წყლის რეჟიმის გაუმჯობესება, ღრენაჟის გაძლიერება გამოტუტული და ჩამრეცხი ჰიდროლოგიური ჰორიზონტის ფორმირებისას ნიადაგური პროფილის ზედა ნაწილში. არიდულ ზონაში და მსუბუქ ნიადაგებზე კი - შეკავდეს წყლის ჩაღწევა უფრო ღრმა ჰორიზონტებში, შემცირდეს მისი დანაკარგი ფიზიკურ აორთქლებაზე. საჭიროა აღინიშნოს, რომ ნიადაგების დამუშავების სისტემები ძალიან ბევრია. არსებობს დამუშავების მეთოდები, რომელიც დაკავშირებულია

ნიადაგის პროფილის სრულ შეცვლასთან. ასე, მაგალითად, ვენახებში აწარმოებენ ნიადაგის პლანტაჟირებას 70 სმ და მეტ სიღრმეზე. დამუშავების ზოგიერთი სისტემები ითვალისწინებენ ნიადაგში ცალკეული ჰორიზონტების „გადაადგილებას“ (მაგალითად, A_2 და B_1 ჰორიზონტების ეწერ ნიადაგებში). ამავე დროს, განსაკუთრებით ბოლო წლებში, ფართოდ ვრცელდება ე.წ. ნოლი-დამუშავება – მიწათმოქმედების სისტემა ნიადაგების მინიმალური დამუშავებით.

ყველა შემთხვევაში, ყველა დამუშავების დროს უნდა მოხდეს ჩათესვა. ეს აგრონომიული ხერხი იყო აგროტექნიკის პირველი ელემენტი. ნ. ვავილოვი, რომელიც სწავლობდა კულტურული მცენარეების წარმოშობის გეოგრაფიულ ცენტრებს, აღნიშნავდა უხსოვარი დროიდან შემორჩენილი სასოფლო-სამეურნეო კულტირების მოყვანის აგროტექნიკას აფრიკაში, ცენტრალურ ამერიკაში. ასე მაგალითად, იუკატანაში ნ. ვავილოვი თვალყურს ადევნებდა ყველაზე პრიმიტიულ მელიორაციულ იარაღებს, მათ შორის ხის პალოებს დათესვისთვის. არიზონაში ინდოელი მიწათმოქმედები ღრმად თესავენ სიმინდის თესლებს, მრავალჯერ თოხნიან, გვერდიდან იცავენ მცენარეებს ქვებით ქარების და გამოშრობის მომაკვდინებელი ზემოქმედებისგან.

მრავალსაუკუნოვან სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკაში დამუშავებულ, განსაკუთრებულ სისტემას წარმოადგენს შერეული ნათესები, რომლებიც ფართოდაა გავრცელებული ცენტრალურ ამერიკაში. სიმინდზე ახვეულია ლობიო, ზოლო რიგთაშორისებში გოგრებია.

აგროცენოზების შენება კარნახობს ნიადაგის დამუშავების მეთოდებსაც. ცნობილია, რომ მრავალწლიური მოხვნის შედეგად ძლიერდება ნიადაგების ეროზია, იკარგება ჰუმუსი. ამიტომ მოხვნა არ ითვლება ყველაზე პერსპექტიულ აგროხერხად. მოხვნის ეფექტურობა, პირველ რიგში, განისაზღვრება ნიადაგის საწყისი თვისებებით. კარგად აგრეგირებული

შავმიწები თავისი მარცვლოვანი სტრუქტურით შეიძლება არ მოიხნას, ამავე დროს ნახევრად ჰიდრომორფული ლამიან ჭაობიანი ნიადაგები საუკეთესო მოსავალს იძლევიან ღრმა გაფხვიერების დროს. მიუხედავად ყველაფრისა უნდა გამოიყოს ისეთი ფიზიკური თვისებები, რომლებიც მოხვნის დროს იცვლება და ხელს უწყობენ მოსავლის ზრდას. მათ მიეკუთვნება სიმკრივე, წყალგამტარობა, აერაცია, ნიადაგის ტემპერატურა. მოხვნა აუმჯობესებს ამ თვისებებს.

აგროტექნიკა, აუმჯობესებს რა ფიზიკურ თვისებებს, დადებით გავლენას ახდენს ნიადაგების წყლის რეჟიმზე. მოხვნა აუმჯობესებს ნიადაგების უმცირეს ტენტევალობას, ნიადაგში ტენის შეწოვას, ამცირებს ტენის ფიზიკურ აორთქლებას ნიადაგიდან, მულჩირებს ნიადაგს. მოხვნის დროს იქმნება ორი შრე, რომლებიც მკვეთრად განსხვავდებიან თავისი ფორიანობით. ამიტომ კაპილარული წყლის შეღწევა სახნავ ფენაში რამდენადმე გაძნელებულია. ეს თვისება ხელსაყრელია მცენარისთვის სავეგეტაციო პერიოდის შუაში, მაგრამ აძნელებს წყლის მისვლას თესლებთან მცენარეების განვითარების დასაწყისში. ამიტომ დათესვის შემდეგ სახნავს ჩვეულებრივ ტკეპნიან, რათა გაუმჯობესონ თესლების წყალმომარაგება.

აღბათ ამიტომ არსებობს ნიადაგების დამუშავების საკმაოდ საწინააღმდეგო რეკომენდაციები (ნოლი-დამუშავებიდან პლანტაჟურ მოხვნამდე), რადგანაც სხვადასხვა ნიადაგები, ისევე როგორც სასოფლო-სამეურნეო მცენარეები ვერ იტანენ შაბლონს მათი გამოყენებისას. გრანულომეტრული შედგენილობით განსხვავებულ ნიადაგებზე გამოსაყენებელია სხვადასხვა ხერხები. წყლის რეჟიმის დადგენა სასოფლო-სამეურნეო წარმოების აუცილებელი პირობაა. ამის გარდა, თავისი ცხოვრების განსხვავებულ პერიოდებში მცენარეებს გააჩნიათ განსხვავებული დამოკიდებულება ნიადაგის ერთი-დაიგივე თვისებების მიმართ.

ყოველივე ეს იძლევა საფუძველს დავასკვნათ, რომ ნიადაგის ფიზიკური თვისებები წარმოადგენენ მოსავლის მიღების ერთ-ერთ მთავარ პირობას.

თავი 5. ნიადაგის ქიმიური თვისებების ეკოლოგიური მნიშვნელობა

ნიადაგის ქიმიური შედგენილობა წარმოადგენს მის ერთ-ერთ ძირითად თვისებას, რომელიც განსაზღვრავს სხვა თვისებებს. ქიმიური შედგენილობის ნაწილი, მათ შორის ხსნადი ნაერთები, მემკვიდრეობითია დედაქანიდან. სხვა ნაწილი შეიცვალა ქანსა და ნიადაგში პედოგენეზის ადრინდელ ფაზებში.

ნიადაგების ქიმიური შედგენილობის საფუძველია მისი მთლიანი შედგენილობა. ის მნიშვნელოვნად მემკვიდრულად გადმოიცა ნიადაგწარმოქმნელი ქანიდან, მაგრამ ხშირად იცვლება ნიადაგწარმოქმნის პროცესში. ეს ცვლილებები განისაზღვრება ნიადაგების წყლოვანი და ტემპერატურული რეჟიმით, ბიოლოგიური წრებრუნვის ხასიათით, ნიადაგური მინერალების შემადგენლობით, მათი დისპერსულობის ხარისხით. ბუნებაში ნიადაგწარმოქმნა მიმდინარეობს სხვადასხვა ქანებზე, ამიტომ ნიადაგების საწყისი შემადგენლობა შეიძლება მერყეობდეს ფართო საზღვრებში, თუმცა ცალკეული ნიადაგები დაკავშირებულია ქანების გარკვეულ ტიპებთან. ასე, მაგალითად, წითელმიწები ფორმირდება ფუძე, შავმიწები – მჟავე და კარბონატულ ქანებზე და ა.შ.

ცხრ. 7. სხვადასხვა ნიადაგის კავშირი გეოლოგიურ ქანებთან (%)
(ურუშაძე, ყანჩაველი, 2009)

ნიადაგები	ქანები			
	ბჟავე	ფუძე	ულტრაფუძე	კარბონატული
წითელმიწა	0	80	20	0
ყვითელმიწა	0	70	30	10
სუბტროპიკული ეწერი	80	20	0	0
ყომრალი	30	30	30	10
ყვითელ-ყომრალი	50	25	25	0
ყავისფერი	0	20	40	40
მდელოს ყავისფერი	0	20	40	50
რუხი-ყავისფერი	0	20	40	50
მდელოს რუხი- ყავისფერი	0	20	40	50
შავი	0	60	0	40
შავმიწა	60	0	0	40
მთა-მდელოს	25	35	30	10

ნიადაგწარმოქმნის პროცესების გასაგებად საჭიროა ჰორიზონტების მიხედვით ნიადაგების მთლიანი შემადგენლობის დიფერენციაციის ხასიათის გაანალიზება. ნიადაგური პროცესის მსგავსების და განსხვავების საკითხს წყვეტენ ნიადაგების ლექის ფრაქციის მთლიანი შემადგენლობის მიხედვით. მაგალითად, ლექის ფრაქციის მთლიანი ქიმიური შედგენილობა გამოიყენება გაეწერების და ლესივაჟის პროცესების დიაგნოსტიკისთვის. პროცესი დიაგნოსტიკურდება როგორც ეწერი, იმ შემთხვევაში, თუ A_2 და B_1 ჰორიზონტების ლექის ფრაქციის შედგენილობა განსხვავდება. ლექის ფრაქ-

ციის ახლო ქიმიური შედგენილობის შემთხვევაში აღინიშნება ლესივაჟის პროცესი.

ლექში ქანთან შედარებით მცირდება SiO_2 შემცველობა. საჭიროა აღინიშნოს, რომ სუბტროპიკების და ტროპიკების ფარგლებს გარეთ გავრცელებული ნიადაგების ლექის მთლიანი ქიმიური შემადგენლობა ამჟღავნებს დიდ მსგავსებას (ცხრ. 8). ეს მიუთითებს, რომ ნიადაგწარმოქმნა მრავალ ნიადაგში ექვემდებარება ერთიდაიგივე კანონზომიერებას. შესაძლებელია, რომ ნაფენების ტრანსპორტირება დანალექი ქანების ფორმირებისას და ნიადაგწარმოქმნის გაცვლის, ჩანაცვლების, ჰუმუსწარმოქმნის პროცესები განსაზღვრავენ ერთი ტიპის ლექის ფორმირებას.

მცენარეულობის მნიშვნელობა მჟღავნდება ბიოლოგიურ წრებრუნვაში მონაწილე სხვადასხვა ბიოფილური ელემენტების შემცველობაში. ზონალური თავისებურებით განისაღვრება, პირველ რიგში, ნიადაგში წყალბადის (ნიადაგების ჰუმუსირება), აზოტის, ფოსფორის შემცველობა. სხვა ბიოფილური ელემენტები ანუ სათანადო რაოდენობით საჭირო ელემენტები გროვდება ნიადაგში მცენარეებით და მიკროორგანიზმებით მათი კონცენტრირებით. განსაკუთრებით ეს ეხება P, S, რომლებიც გაბნეულია ქანებში და ნიადაგში გროვდებიან ჰუმუსოვან ჰორიზონტში. ქანთან შედარებით ნიადაგში აგრეთვე კონცენტრირდება სხვა ელემენტები, რომლებსაც მცენარეები იყენებენ მიკრო რაოდენობებში. ეს დაგროვება აგრეთვე დაკავშირებულია ბიოტის აქტიურობასთან.

**ცხრ. 8. ლექის (1) და ნიადაგის (2) მთლიანი შედგეილობა
(გაზურებით დანაკარგზე) (ურუშადე, 1997)**

სიღრმე, სმ	SiO ₂		Al ₂ O ₃		Fe ₂ O ₃	
ყვითელმიწა						
1 - 11	6,52	2,09	7,75	2,46	41,33	14,33
12 - 22	6,63	2,10	7,87	2,46	42,00	12,30
26 - 36	5,76	2,00	6,82	2,40	40,33	12,30
64 - 79	3,88	1,95	4,54	2,47	27,25	9,33
ყვითელ-ყომრალი						
2 - 23	3,94	2,00	4,91	2,06	19,95	9,43
23 - 46	4,39	2,06	5,11	2,64	31,09	9,49
46 - 57	4,44	1,97	5,23	2,52	29,16	8,93
57 - 75	4,42	1,99	5,40	2,55	29,32	9,09
75 - 110	4,30	2,18	5,70	2,73	27,42	10,80
ყომრალი						
2 - 10	6,89	2,37	8,28	3,05	42,79	10,61
10 - 32	5,88	2,43	6,96	3,32	37,71	9,11
32 - 67	4,63	2,50	5,61	3,10	27,37	10,75
67 - 100	4,55	2,72	5,55	3,44	26,13	13,04
100 - 120	4,44	2,77	5,40	3,52	24,42	13,23
ყომრალ-შავი						
2 - 14	5,95	3,54	7,53	4,50	28,25	16,50
14 - 33	5,65	3,10	7,06	4,00	28,25	13,71
33 - 55	5,24	3,03	6,88	3,76	22,00	13,43
55 - 90	4,95	2,94	6,41	3,76	21,80	13,43
ყავისფერი						
2 - 10	4,40	3,63	5,31	4,59	25,86	17,32
10 - 24	4,26	3,18	5,19	4,07	23,99	14,70
24 - 42	4,47	3,18	5,25	4,04	29,77	14,84
42 - 70	4,35	2,83	5,10	3,65	29,23	13,73
შავი						
0 - 20	5,54	3,65	6,84	4,87	29,09	14,69
20 - 40	5,30	3,66	6,82	4,85	25,11	14,10
100 - 125	5,17	3,84	6,75	5,11	22,10	15,52
125 - 150	5,05	3,57	6,68	4,74	20,71	14,53
მთა-მდელოს						
0 - 12	4,32	3,74	5,35	4,52	22,51	21,63
12 - 25	5,25	3,92	6,56	4,76	26,26	22,13
25 - 40	5,00	3,06	6,26	3,82	24,90	15,23
40 - 80	5,14	2,94	6,50	3,79	24,58	13,14

ლითოსფეროს, ნიადაგის და მცენარეების ნაცრისაშუალო კლარკების შედარება მეტყველებს, როგორც აღნიშნავდა ვ. ვერნადსკი, მცენარეების გლობალურ გეოქიმიურ საჭმიანობაზე. მიღებულია მცენარეებში ცალკეული ელემენტების ფარდობითი დაგროვების მაჩვენებლები. თუ მცენარის ნაცარში ელემენტის კონცენტრაციის შეფარდება ლითოსფეროში მის კონცენტრაციასთან 0,7 ნაკლებია, მაშინ ელემენტი არ გროვდება მცენარეში; თუ ეს შეფარდება 0,7-1,3 შორის მერყეობს, მაშინ მცენარე არ ახდენს გავლენას ნიადაგსა და ლითოსფეროში ამ ელემენტის სტატუსზე, ხოლო თუ ეს შეფარდება 1,3 მეტია ეს ნიშნავს ამ ელემენტის მიმართ მცენარის ამორჩევითობას და შესაძლებელია მისი დაგროვება ნიადაგში ჩამონაცვენის მეშვეობით.

მცენარეების ნაცრის და ნიადაგის ამ ელემენტების შედარებისას შეიძლება დავასკვნათ თუ რომელი ელემენტების შემცველობა იზრდება ნიადაგში მცენარეების ზეგავლენით. მაგალითად, ლითოსფეროსთან შედარებით შესამჩნევია მცენარეების მიერ B, Mn, P, Cr, Mg, Cu, Zn, Br, Mo, Cs, Ag, J, Au. ამორჩევითი შთანთქმა. ნიადაგიდან მცენარეების მიერ ინტენსიურად გამოიყენება , Mg, Na, P, S, K, Ca, Mg, Co, Cu, Zn, Rb, Br, Mo, Au, Ag, J, Cs. ამავე დროს, ლითოსფეროსთან შედარებით, ნიადაგში გროვდება S, Be, Cr, As, Zn, Mo, Ag, Cd, Sn, J, Cs, Au, Br.

ნიადაგში არ გროვდება ის ელემენტები, რომლებსაც მცენარეები ამორჩევით შთანთქავენ ნიადაგიდან და ნაცარში მათი შემცველობა მეტია, ვიდრე ლითოსფეროში ელემენტის საშუალო კლარკი. მათი ნაწილის შემცველობა ნიადაგში იმდენია, როგორც ლითოსფეროში, ხოლო ზოგიერთნი შესამჩნევად (ლითოსფეროსთან შედარებით) იკარგება ნიადაგიდან. ასე იკარგება ნიადაგწარმოქმნის პროცესის შედეგად F, Na, Mg, K, Cl, Co, Cu, Rb, Ca, Hg, Pb, Ra, Th, U. როგორც ჩანს, ყველა ეს ელემენტი ლითოსფეროში შედის უფრო მყარ მი-

ნერალებში. მაგალითად, Na, K, Ca – მინდვრის შპატებში, F – ფლორიტში და ა.შ. გამოფიტვის და ნიადაგწარმოქმნის დროს ეს ელემენტები გადადიან უფრო ხსნად მდგომარეობაში და ნაწილობრივ გამოიდევენებიან ნიადაგიდან.

ნიადაგში ძირითადი ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესები ხორციელდება მხოლოდ თავისუფალი წყლის არსებობის პირობებში. ნიადაგური წყალი ის გარემოა, რომელშიც ნიადაგწარმოქმნის პროცესში ხორციელდება ქიმიური ელემენტების მიგრაცია და დიფერენციაცია. თავისუფალ წყალში მრავალი ნივთიერება არის კოლოიდური ხსნარის სახით. ამიტომ თავისუფალ ნიადაგურ ხსნარს განმარტავენ როგორც ნიადაგურ ხსნარს.

ნიადაგურ ხსნარში ნაერთების დიდი ნაწილი არის იონების სახით. ნიადაგურ ხსნარში ძირითადი იონები – $(\text{HCO}_3)^-$, $(\text{NO}_2)^-$ და $(\text{NO}_3)^-$ ხვდება ბიოლოგიური პროცესების შედეგად. ტროპიკებში აზოტმჟავას გარკვეული რაოდენობა ხვდება ნიადაგში მეხის ქმედების შედეგად. აზოტის ჟანგების ძირითადი ნაწილი დაკავშირებულია ნიტრიფიკაციის მიკრობიოლოგიურ პროცესებთან.

ნიადაგური ხსნარი მინერალური შენაერთების გარდა შეიცავს ორგანულ შენაერთებს, როგორიცაა: ფულვომჟავები, ორგანული მჟავები, ამინომჟავები, შაქრები, სპირტები და სხვ.

ნიადაგის ხსნარის მრავალი თვისებიდან მნიშვნელოვანია ოსმოსური წნევა, აქტუალური რეაქცია ანუ მჟავიანობა, ტუტეიანობა და სხვ.

ხსნარის ოსმოსური წნევის სიდიდე განისაზღვრება ხსნარის მოცულობის ერთეულში ნაწილაკების (იონები, მოლეკულა ან მიცელა) რაოდენობით. ამიტომ ნიადაგის ხსნარები, რომლებიც შეიცავენ ადვილადხსნად მარილებს, გამოირჩევიან უფრო მაღალი ოსმოსური წნევით. დამლაშებულ ნიადაგებში ოსმოსური წნევის სიდიდე შეადგენს 10 ატმ და

მეტს. დაუმლაშებელ ნიადაგებში ოსმოსური წნევა იშვიათად აღემატება 2-3 ატმოსფეროს. თუ ნიადაგური ხსნარის ოსმოსური წნევა მეტია, ვიდრე უჯრედის წვენის, მაშინ ფესვის უჯრედებში წყლის შეღწევა წყდება და მცენარე იღუპება ფიზიოლოგიური სიმშრალისგან.

ნიადაგური ხსნარის შემადგენლობა და კონცენტრაცია განსაზღვრავენ მის აქტიურ რეაქციას. აქტიური რეაქცია (აქტუალური მჟავიანობა) განისაზღვრება ხსნარში H კონცენტრაციით.

ნეიტრალურ ხსნარებში pH სიდიდე უდრის 7, ტუტეში – 7-ზე მეტია, მჟავეში – 7, ნაკლები; ნიადაგური ხსნარის pH იცვლება 3-დან 9-მდე. ამასთან pH სიდიდის მიხედვით არჩევენ:

	pH
ძლიერ მჟავე	3,0 – 4,5
მჟავე	4,5 – 5,5
სუსტად მჟავე	5,5 – 6,5
ნეიტრალური	6,5 – 7,0
სუსტად ტუტე	7,0 – 7,5
ტუტე	7,5 – 8,5
ძლიერ ტუტე	8,5 და მეტი

ნიადაგის აქტუალური მჟავიანობა გამოწვეულია ნიადაგის ხსნარში წყალბადის იონების არსებობით, ხოლო ტუტე რეაქცია-ხსნარში ტუტე და ტუტემიწა მარილებით. ტუტე რეაქცია ახასიათებს დამლაშებულ ნიადაგებს, მისი მშთანთქავი კომპლექსი შეიცავს ნატრიუმს. მჟავე რეაქცია ახასიათებს დასავლეთ საქართველოს ნიადაგებს. მიუხედავად იმისა, რომ საქართველოს წითელმიწები მჟავე რეაქციისა, ისინი ძალზე მცირე რაოდენობით შეიცავენ წყალბადს.

გ. გოლეტიანის გამოკვლევებით საქართველოს წითელმიწებში მშთანთქავი კომპლექსი ძალზე ღარიბია წყალბა-

დის იონით და ამ ნიადაგების მჟავიანობა გამოწვეულია ალუმინის დიდი რაოდენობის არსებობით. დადგენილია, რომ გაცვლითი ალუმინის არსებობა დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგების მჟავიანობაზე.

ნეიტრალური რეაქცია ახასიათებს აღმოსავლეთ საქართველოს მთელ რიგი ნიადაგს, მათ შორის ყავისფერებს, მდელოს ყავისფერებს, შავს, შავმიწებს. ტუტე რეაქცია ახასიათებთ ნახევარუდაბნოს ნიადაგებს.

ნიადაგის აქტუალური რეაქციის ცოდნას დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ის ახასიათებს ნიადაგის მრავალ გენეტიკურ და საწარმოო თვისებას. მჟავე ნიადაგებში, როგორც წესი არ არის ქლორიდები, სულფატები, კარბონატები. ნეიტრალურ ნიადაგებში აღინიშნება კარბონატები. ტუტე რეაქციის ნიადაგებში გროვდება არა მარტო კარბონატები, არამედ სულფატები და ქლორიდები. სხვადასხვა მცენარეები ნორმალურად ვითარდება pH მნიშვნელობის გარკვეულ ინტერვალებში. დადგენილია ნიადაგურ სხნარებში წყალბადის იონების კონცენტრაციის გავლენა არა მარტო უმაღლეს მცენარეებზე, არამედ მიკრობიოლოგიურ პროცესებზე და შესაბამისად ნიადაგწარმოქმნის პროცესის მსვლელობაზე.

კულტურულ მცენარეთა დიდი ნაწილი, ისევე როგორც ნიადაგის მიკროორგანიზმები, უკეთ ვითარდება ნეიტრალურ ან სუსტმჟავე რეაქციის პირობებში – pH 6 – 7. ტუტე, ასევე მჟავე რეაქცია მათზე უარყოფითად მოქმედებს, სხვადასხვა მცენარე განსხვავებულ დამოკიდებულებას ამჟღავნებს არეს რეაქციისადმი და გააჩნია pH-ის არაერთნაირი ინტერვალი.

ნიადაგის რეაქცია იცვლება ზანგრძლივი გაკულტურების პროცესში და უკავშირდება მშთანთქავი კომპლექსის შედგენილობის შეცვლას. ამ მხრივ საყურადღებოა

ხანგრძლივი მორწყვა, მინერალური სასუქების შეტანა, მოკირიანება, მოთაბაშირება და სხვ.

ი. მარშანიას (1991) მიხედვით, არეს რეაქციისა და მოკირიანების მიმართ დამოკიდებულების მიხედვით, მცენარეები იყოფა რამდენიმე ჯგუფად: 1. მჟავიანობის მიმართ მეტად მგრძნობიარე: ბამბა, შაქრის, სუფრის და საკვები ჭარხალი, ესპარცეტი, იონჯა, კომბოსტო და სხვ. ეს მცენარეები კარგად ხარობენ მხოლოდ ნეიტრალური და სუსტი ტუტე რეაქციის პირობებში. ისინი დადებითად რეაგირებენ მოკირიანების მიმართ იმ შემთხვევაშიც კი, როცა ნიადაგი სუსტი მჟავაა; 2. მაღალი მჟავიანობის მიმართ მგრძნობიარე: ჭვავი, ხორბალი, სიმინდი, ლობიო, სოია, საკვები პარკოსნები, სამყურა, მზესუმზირა, კიტრი, ხახვი და სხვ. ეს მცენარეები კარგად იზრდებიან სუსტმჟავე ან ნეიტრალური რეაქციის პირობებში. ამიტომ ამ კულტურების მიმართ ნიადაგის მოკირიანება მაღალ ეფექტს იძლევა არა მარტო ძლიერ მჟავე, არამედ საშუალო მჟავე ნიადაგებზეც. 3. მაღალი მჟავიანობის მიმართ სუსტად მგრძნობიარე: ციტრუსები, ტუნგო, დაფნა, ქერი, ტიმოთელა, პომიდორი, ბოლოკი, სტაფილო და სხვ. ეს კულტურები დამაკმაყოფილებლად ვითარდება ნიადაგის არეს რეაქციის ფართო ინტერვალში – მჟავე ან სუსტად მჟავე რეაქციამდე, მაგრამ მათი ზრდისთვის ყველაზე ხელსაყრელია სუსტი მჟავე და სუსტი ტუტე რეაქცია. სრული ნორმით მოკირიანებისას ისინი დადებითად რეაგირებენ ძლიერ მჟავე და საშუალოდ მჟავე ნიადაგებზე. ეს აიხსნება არა მარტო მჟავიანობის შემცირებით, არამედ ნიადაგის საკვები ნივთიერებების მობილიზაციით, აზოტითა და ნაცრის ელემენტებით მცენარის კვების გაუმჯობესებით. 4. სელი და კარტოფილი მოკირიანებას საჭიროებს მხოლოდ ძლიერ მჟავე ნიადაგებზე. კარტოფილი ნაკლებად მგრძნობიარეა მჟავე რეაქციის მიმართ, ამიტომ კარგად იზრდება მჟავე ნიადაგებზე. სელისათვის ვიწროა

ცხრ. 9. მცენარეთა დამოკიდებულება არეს რეაქციისადმი
(მარშანია, 1991)

მცენარე	pH	მცენარე	pH
ზორბალი საშემოდგომო	6,3 – 7,5	კიტრი	6,4 – 7,5
ზორბალი საგაზაფხულო	6,0 – 7,0	კარტოფილი	4,5 – 6,3
სიმინდი	6,0 – 7,5	კომბოსტო	7,0 – 7,4
ლობიო	6,4 – 7,1	ხაზვი	6,4 – 7,5
სოია	6,5 – 7,5	გერანი	6,5 – 7,5
შაქრის ჭარხალი	7,2 – 8,0	თამბაქო	4,0 – 7,5
ბამბა	6,5 – 7,3	ჩაის ბუჩქი	4,0 – 5,0
მზესუმზირა	6,0 – 6,8	ციტრუსები	5,5 – 7,5
პომიდორი	5,0 – 8,0		

ოპტიმალური რეაქციის ინტერვალი, იგი ვერ იტანს მაღალ მჟავიანობას, ასევე ტუტიანობასაც. კირიანი სასუქის მაღალი ნორმით გამოყენებამ, არეს რეაქციის განეიტრალებამ შეიძლება კარტოფილისა და სელის მოსავლის შემცირება გამოიწვიოს და გაუარესდეს მათი ხარისხი. 5. ჩაის ბუჩქი, ლურჯი და ყვითელი ხანჭკოლა კარგად ხარობს მჟავე ნიადაგებზე. ისინი ვერ იტანენ სუსტმჟავე, ნეიტრალურ და ტუტე რეაქციას. მაგნიუმის შემცველი კირიანი სასუქების (დოლომიტი და სხვ.) მცირე ნორმების გამოყენება – მოკირიანება, ამ მცენარეთა მოსავლის გადიდებას იწვევს.

მჟავიანობისადმი მგრძნობიარობისა და კირზე მოთხოვნილების მიხედვით, განსხვავდება არა მარტო სხვადასხვა მცენარეები, არამედ ერთი და იგივე სახეობის მცენარეთა სხვადასხვა ჯიშები. მაგალითად, სამხრეთული წარმოშობის ჯიშები, რომლებიც ჩამოყალიბებულია ნეიტრალური რეაქციის ნიადაგებზე, ვერ იტანენ მჟავე რეაქციას, ამიტომ ისინი

საჭიროებენ მოკირიანებას, ხოლო ჩრდილოეთის მჟავე რეაქციის პირობებში წარმოშობილი ჯიშები ვერ იტანენ არეს რეაქციის არამჟავე მიმართულებით შეცვლას და არ საჭიროებენ მოკირიანებას.

ნიადაგის ქიმიური თვისებები ბევრადაა დამოკიდებული ქიმიურ ელემენტებსა და მათი შენაერთების რაოდენობაზე. ქიმიური ელემენტები განსაზღვრავს ნიადაგის ცალკეული გენეზისური ჰორიზონტების თვისებებს, ფერს, საკვებ ელემენტებს და სხვ. ნიადაგებში ქიმიური ელემენტები იმყოფება სხვადასხვა ნაერთებში.

ჟანგბადი შედის ნიადაგების უმრავლეს პირველად და მეორად მინერალებში.

კაჟი. ნიადაგებში კაჟის ყველაზე გავრცელებული ნაერთია კვარცი (SiO_2). კაჟი აგრეთვე შედის სილიკატების შემადგენლობაში. მათი დაშლისას, გამოფიტვის და ნიადაგწარმოქმნის შედეგად, კაჟმიწა გადადის ხსნარში ორთო- და მეთაკაჟმიწის მჟავეების $[\text{SiO}_4]^{4-}$ და $(\text{SiO}_3)^{2-}$, ნატრიუმის და კალიუმის სილიკატების, ნაწილობრივ ზოლის სახით. გახსნილი კაჟმიწის გარკვეული ნაწილი ირეცხება ნიადაგიდან, სხვა ნაწილი ილექება (მჟავე რეაქციის დროს) გელის სახით ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) – ამორფული ნაერთები, რომლებიც წყლის დაკარგვის შედეგად შეიძლება გადავიდნენ მეორადი წარმოშობის კვარცში.

ფუძეებთან და ნახევარჟანგეულებთან ურთიერთმოქმედებისას ჭეშმარიტად გახსნილი და კოლოიდური კაჟმიწა წარმოქმნის მეორად სილიკატებს.

ალუმინი ნიადაგში იმყოფება პირველადი და მეორადი მინერალების შემადგენლობაში ორგანულ-მინერალური კომპლექსების ფორმით და შთანთქმულ მდგომარეობაში (მჟავე ნიადაგებში). ალუმინის შემცველი პირველადი და მეორადი მინერალების დაშლისას თავისუფლდება მისი ჰიდროჟანი, რომლის მნიშვნელოვანი ნაწილი გამოფიტვის დროს რჩება

ადგილზე (როგორც ნაკლებად ძვრადი) და მხოლოდ ნაწილობრივ გადადის ხსნარში ზოლის სახით. სუსტი ტუტე რეაქციის დროს ალუმინის ჰიდროჟანგი მთლიანად ილექება კოლოიდური ნალექების – გელის სახით ($Al_2O_3 \cdot nH_2O$), რომელიც კრისტალიზაციის დროს გადადის მეორად მინერალებში – ჰიბსიტში ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$), ბემიტში ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$).

მჟავე არეში ($pH < 5$) ალუმინის ჰიდროჟანგი ზდება უფრო მოძრავი და ალუმინი ჩნდება ნიადაგურ ხსნარში იონების სახით, $Al(OH)_2^+$, $Al(OH)_2^+$, რაც უარყოფით გავლენას ახდენს მცენარეების ზრდაზე..

ორგანულ მჟავეებთან ურთიერთობისას ალუმინის წყალხსნადი და კოლოიდური ჰიდროჟანგი წარმოქმნის მოძრავ კომპლექსურ ნაერთებს და ამ ფორმით შეუძლია გადაადგილდეს ნიადაგის პროფილში.

რკინა მცენარეებისთვის აუცილებელი ელემენტია, მის გარეშე ქლოროფილი არ წარმოიქმნება. ნიადაგებში ის გვხვდება პირველადი და მეორადი მინერალების-სილიკატების შემადგენლობაში, ჰიდროჟანგების და ჟანგების, უბრალო მარილების სახით, შთანთქმულ მდგომარეობაში, და აგრეთვე ორგანულ-მინერალური კომპლექსების შემადგენლობაში.

რკინაშემცველი მინერალების გამოფიტვის შედეგად თავისუფლდება მისი ჰიდროჟანგი – ძნელად ძვრადი შენაერთი, რომელიც ილექება ამორფული გელის $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ სახით და გადადის კრისტალიზაციის დროს ჰეტიტში $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ და ჰიდროჰეტიტში $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$.

მხოლოდ ძლიერ მჟავე ($pH < 3$) ჰიდროჟანგი FeO_4 მისაწვდომია მცენარეებისთვის. აღდგენით პირობებში დაჟანგვითი რკინა გადადის ქვეჟანგის რკინაში მცენარეებისთვის მისაწვდომი ხსნადი ნაერთების $FeCO_3$, $Fe(HCO_3)_2$, $FeSO_4$ წარმოქმნით. რკინის მარილების გადიდებული ხსნადობა თრგუნავს მცენარეებს. ნეიტრალურ და ტუტე ნიადაგებზე ნათლად გამოხატული დაჟანგვითი პროცესებით მცენარეებმა

შეიძლება განიცადონ რკინის უკმარისობა, რაც გარეგნულად გამოიხატება ქლოროზში.

რკინის ჰიდროქანგმა, ისევე როგორც ალუმინის ჰიდროქანმა შეიძლება შექმნას ორგანულ მჟავებთან მოძრავი ფორმების კომპლექსური ნაერთები, რომლებიც გადაადგილდება ნიადაგის პროფილში.

ნიადაგის მთავარ თვისებას წარმოადგენს მცენარის მოთხოვნილების დაკმაყოფილება წყლითა და საკვები ნივთიერებებით, რაც მის ნაყოფიერებაში გამოიხატება. ნიადაგში მცენარის საკვები ელემენტები გვხვდება მინერალური სახით, რომელიც მცენარისთვის მისაწვდომია, ორგანული და ორგანულ-მინერალური ნაერთები მცენარისთვის მიუწვდომელია. აღნიშნული ნაერთები მიკროორგანიზმების დაშლის შედეგად გადადის მცენარისთვის მისაწვდომ ფორმაში. ამავე დროს ორგანული ნივთიერებები მიკროორგანიზმების კვების ძირითადი წყაროა.

მცენარეები ზრდა-განვითარების პროცესში დიდ მოთხოვნილებას იჩენენ აზოტის, ფოსფორის და კალიუმის მიმართ. აგრეთვე ნაცრისა და მიკროელემენტებისადმი. სხვადასხვა ნიადაგებში ერთნაირი არ არის მცენარის კვებისათვის საჭირო ძირითადი ელემენტების შემცველობა (ცხრ. 10).

ნიადაგში საერთო აზოტის და საერთო ფოსფორის შემცველობა პირდაპირ კავშირშია ჰუმუსის რაოდენობასთან. ი. მარშანიას მიხედვით უმეტეს ნიადაგში საერთო აზოტის, ფოსფორისა და კალიუმის მარაგი 10—ჯერ, ზოგჯერ 100—ჯერ მეტია, ვიდრე მცენარის მიერ მოსავლით გამოტანილი მათი რაოდენობა. მაგრამ ამ ელემენტთა ძირითადი ნაწილი მცენარის კვებისათვის მიუწვდომელ ფორმაშია. მაგალითად, აზოტის ძირითადი ნაწილი ნიადაგში რთული ორგანული ნაერთების-ჰუმუსის ნივთიერებებისა და ცილების სახითაა. ფოსფორი ძნელად ხსნადი მინერალური ნაერთებისა და ორგანული ნივთიერებების შედგენილობაში შედის, ხოლო

კალიუმის ძირითადი ნაწილი წარმოდგენილია უსხნადი ალუმოსილიკატური მინერალების სახით.

ნიადაგში არსებული ძნელადხსნადი და უხსნადი ნივთიერებების გადასვლა მცენარისთვის მისაწვდომ ფორმაში ნელი პროცესით მიმდინარეობს, რადგან იგი დამოკიდებულია მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობაზე, ფიზიკურ-ქიმიური და ქიმიური რეაქციების მსვლელობაზე, ტენიანობაზე, სითბოზე და სხვა ფაქტორებზე. მაღალი და სტაბილური მოსავლის მიღებისათვის საკმარისი არ არის ნიადაგში არსებული მცენარისათვის მისაწვდომი საკვები, რომელიც ბუნებრივი გზით წარმოიქმნება. ამიტომ მიმართავენ სასუქების შეტანას ნიადაგში. მცენარის კვებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მისაწვდომი აზოტის, ფოსფორის და კალიუმის რაოდენობის ცოდნას, რისთვისაც საჭიროა მინდვრის ცდების ჩატარება.

ცხრ. 10. საკვები ნივთიერებების საერთო მარაგი
სხვადასხვა ნიადაგში
(მარშანია, 1991)

ნიადაგის ტიპი	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	%	ტ/კა	%	ტ/კა	%	ტ/კა
კორდიანი- ეწერი ქვიშაანი	0,02-0,05	0,6-1,5	0,03-0,05	0,9-1,8	0,5-0,7	15-21
კორდიანი- ეწერი თიხნარი	0,05-0,13	1,5-4,0	0,04-0,12	1,2-3,6	1,5-2,5	45-75
შავმიწა	0,2-0,5	60-15	0,1-0,3	3-9	2,0-2,5	60-75
რუხი	0,05-0,15	1,5-4,5	0,05-0,21	2,4-6,0	2,5-3,0	75-90
წითელმიწა	0,24-0,27	7,2-8,1	0,12	3,6	1,0	3
სუბტროპიკულ ი ეწერი	0,28	8,4	0,14	4,2	1,15	34,5

საველე ცდების საშუალებით, კულტურების სახეობის და ასაკის მიხედვით, ზდება ორგანული და მინერალური სასუქების ფორმების და ღოზების ეფექტიანობის დადგენა. შემდგომში კი ფართოდ ინერგება წარმოებაში. სასუქების გამოყენება ყველაზე მაღალ ეფექტს იძლევა დაბალი ნაყოფიერების ნიადაგებზე.

სასუქები მაქსიმალურ ეფექტს მაშინ იძლევიან, როცა ნიადაგში საკმარისი რაოდენობითაა ტენი, სითბო და აერაციის კარგი პირობები. სასუქების შეტანით უმჯობესდება მცენარის კვების რეჟიმი. ამავე დროს მხედველობაში მისაღებია ის გარემოება, რომ ნიადაგში შეტანილი სასუქების სახით საკვებ ელემენტებს მთლიანად მცენარე ვერ ითვისებს. საკვები ელემენტების გარკვეული ნაწილი ნალექების და სარწყავი წყლით ჩაირეცხება ქვედა ფენებში, ნაწილი კი ნიადაგიდან გამოირეცხება და აორთქლდება ატმოსფეროში, ამის გარდა გადადის მცენარისათვის ძნელად შესათვისებელ ფორმაში და მხოლოდ დარჩენილ ნაწილს შეითვისებს მცენარე. რამდენადაც კარგადაა განვითარებული მცენარის ფესვთა სისტემა, იმდენად მეტია სასუქებიდან საკვები ელემენტების შეთვისების ხარისხი.

შედგენილობის მიხედვით სასუქები იყოფა ოთხ ჯგუფად: 1. ორგანული, 2. მინერალური, 3. ორგანულ-მინერალური, 4. ბაქტერიული.

ორგანული სასუქებია: ნაკელი, ტორფი, ფეკალი, ფრინველის ექსკრემენტები, მწვანე სასუქი და ორგანული ნივთიერების შემცველი სოფლის მეურნეობის ანარჩენები. ორგანულ სასუქებს მიეკუთვნება აგრეთვე ქარხნული წესით მიღებული შარდოვანა. საერთოდ, ორგანულ სასუქებს მიეკუთვნება ყველა ის სასუქი, რომელიც შეიცავს ამა თუ იმ რაოდენობით ორგანულ ნივთიერებას.

მინერალური სასუქები ისეთი სასუქებია, რომლებიც მცენარისთვის საჭირო საკვებ ნივთიერებებს შეიცავენ მინე-

რალურ ნაერთებში. მინერალურ სასუქებში შედის: აზოტის, ფოსფორის, კალიუმის, კირის, მაგნიუმის და მიკროელემენტების შემცველი სასუქები.

ორგანულ-მინერალური ისეთი სასუქებია, რომლებშიც მცენარისთვის საჭირო საკვები ნივთიერებები შედის ორგანულ-მინერალურ შენაერთებში. ასეთებია: გუტამონიუმი, გუტაფოსი, გუტმანი და სხვ.

ბაქტერიულს მიეკუთვნება ის სასუქი, რომელიც შეიცავს სოფლის მეურნეობისთვის სასარგებლო მიკროორგანიზმებს: ნიტრაგინი, აზოტოგენი, ფოსფორობაქტერი და სხვ.

ნიადაგზე და მცენარეზე მოქმედების მიხედვით არჩევენ პირდაპირ და არაპირდაპირ მოქმედ სასუქებს. პირდაპირ მოქმედს მიეკუთვნება ყველა ის სასუქი, რომელიც შეაქვთ ნიადაგში მცენარისთვის საჭირო საკვები ნივთიერებების რაოდენობის გადიდების მიზნით. ასეთებია: აზოტიანი, ფოსფორიანი, კალიუმიანი და მიკროსასუქები. არაპირდაპირი მოქმედია ყველა ის სასუქი, რომელიც შეიტანება ნიადაგის ფიზიკური, ფიზიკურ-ქიმიური, ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით. ასეთი სასუქებია: კირი, თაბაშირი, გოგირდი და ბაქტერიული.

სასუქების სისტემაში მცენარეები დიდ მოთხოვნილებას იჩენენ აზოტის მიმართ. აზოტი მცენარისთვის ერთ-ერთი ძირითადი საკვები ელემენტია. აზოტის უზრუნველყოფა განსაზღვრავს მცენარის ზრდა-განვითარებას, მოსავალს და მოსავლის ხარისხს. აზოტი შედის ყველა მარტივი და რთული ცილების შემადგენლობაში. ცილები მცენარის უჯრედის პროტოპლაზმის ძირითადი შემადგენელი ნაწილია. აზოტის გარეშე ცილა არ წარმოიქმნება, ხოლო ცილის გარეშე სიცოცხლე არ არსებობს.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გასანოყიერებლად იყენებენ ოთხი ფორმის მინერალურ აზოტიან სასუქს.

ნიტრატული ფორმის აზოტიანი სასუქები ისეთი მინერალური სასუქებია, რომლებიც აზოტს შეიცავენ მხოლოდ ნიტრატის სახით. ამ ფორმის აზოტიან სასუქებს მიეკუთვნება ნატრიუმის გვარჯილა, კალციუმის გვარჯილა და სხვ.

ამიაკური ფორმის აზოტიანი სასუქების ჯგუფში შედის ისეთი მინერალური სასუქები, რომლებშიც აზოტს შეიცავენ მხოლოდ ამონიუმის სახით. ამ ფორმის აზოტიანი სასუქებია ამონიუმის სულფატი, ამონიუმის ქლორიდი, თხევადი ამიაკი, ამიაკური წყალი და სხვ.

ნიტრატულ-ამიაკური ფორმის აზოტიანი სასუქები აზოტს შეიცავენ როგორც ნიტრატის, ისე ამონიუმის სახით. ასეთებია ამონიუმის გვარჯილა, კალციუმ-ამონიუმის გვარჯილა, სულფატ-ნიტრატ ამონიუმი, თხევადი ამიაკატები.

ამიდური ფორმის აზოტიანი სასუქები შეიცავენ მხოლოდ ამიდის სახით. ამ ფორმის სასუქებს მიეკუთვნება შარდოვანა, კალციუმის ციანიდი და შარდოვანა ფორმალდეჰიდური სასუქები.

მცენარეებში შეიძლება დაგროვდეს ამიაკი და ნიტრატი. მცენარეში ჭარბი რაოდენობით დაგროვილი ამიაკი იწვევს მის ამონიაკურ მოწამვლას, ნიტრატების დაგროვება მცენარეზე უარყოფითად არ მოქმედებს. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების პროდუქტებში ნიტრატების ჭარბი რაოდენობა უარყოფითად მოქმედებს ადამიანისა და ცხოველების ორგანიზმზე.

ჩატარებული სავსე ცდების მიხედვით დადგენილია, რომ ყოველი ტონა აზოტიანი სასუქი იძლევა გარკვეული რაოდენობის დამატებით მოსავალს: მარცვლის – 10 - 15 ტონას, თივის – 20 - 30 ტ; შაქრის ჭარხლის – 30 - 40 ტ; სელის ბოჭკოს – 1 - 2 ტ; ხამი ბამბის – 5 - 6 ტ; ციტრუსების (მანდარინი) – 20 - 21 ტ, ჩაის მწვანე ფოთლის – 8 - 9 ტ.

აზოტიანი სასუქების ეფექტიანობა უფრო დიდია სარწყავ პირობებში, ვიდრე ურწყავში. აზოტოვანი სასუქების ეფექტიანობა დასავლეთ საქართველოს წითელმიწა და ყვითელმიწა-ეწერ (სუბტროპიკული ეწერი) ნიადაგებზე მაღალია ამ ნიადაგების დაბალი ბუნებრივი ნაყოფიერების შედეგად. დიდი რაოდენობით ატმოსფერული ნალექების გამო აქ აღვილი აქვს აზოტის გამოტანას. ამიტომ აზოტი შეაქვთ მაღალი დოზით.

აღნიშნულ ნიადაგებზე აზოტოვანი სასუქის დოზების ეფექტიანობა ჩაისა და ციტრუსების ქვეშ გაანალიზებული აქვს მ. ბზიავას, რომელიც მოცემულია ცხრ. 11 და ცხრ. 12-ში.

როგორც ჩანს, სრულმოსავლიან ჩაის პლანტაციაში, აზოტის დოზის 50 კგ-დან 300 კგ-მდე გაზრდით, ჩაის მწვანე ფოთლის მოსავალი იზრდება 6 - 7 ჯერ და მეტად.

მ. ბზიავა აღნიშნავს, რომ სრულ მოსავლიან მანდარინის ბაღში, აზოტის ოპტიმალური დოზაა 240 გრამი ერთ ხეზე.

მცენარის კვების სისტემაში აზოტის შემდეგ მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ფოსფორიანი და კალიუმიანი სასუქები.

ფოსფორი შედის მცენარის ისეთ შენაერთებში, რომელსაც გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს სინთეზური პროცესებისთვის. მცენარეში იგი შედის მინერალური და ორგანული ნაერთების სახით. მცენარეში შესული ფოსფორი წარმოშობს სხვადასხვა ორგანულ ნაერთებს. ფოსფორის შემადგენელი ნაწილია ფერმენტები, ვიტამინები, ფოსფატიდები და სხვა ნაერთები. ფოსფორის მნიშვნელოვანი ნაერთია შაქრის ფოსფატიდები, რომლებიც არსებით როლს ასრულებენ ფოტოსინთეზის და მცენარის სუნთქვის პროცესში. ფოსფორის გარეშე ცოცხალ უჯრედს არსებობა არ შეუძლია. უჯრედის ბირთვის მნიშვნელოვანი ნაწილი ფოსფორის მჟავას შეიცავს.

ფოსფორის უკმარისობის მიმართ მცენარე ახალგაზრდა ასაკში დიდ მოთხოვნილებას იჩენს. მისი უკმარისობა სუსტად მოქმედებს ფესვთა სისტემის განვითარებაზე, რის გამოც დაბალია საკვები ნივთიერების შეთვისების უნარი.

მრავალრიცხოვანი ცდებით დადგენილია, რომ ფოსფორის ნაკლებობის დროს მცენარის ზრდა-განვითარება სუსტად მიმდინარეობს, უარყოფითად მოქმედებს ნაყოფის ზრდაზე, სიმწიფეზე და ხარისხობრივ მაჩვენებელზე. ასევე უარყოფითად მოქმედებს მცენარეზე ფოსფორის ჭარბი რაოდენობა. ფოსფორით მცენარის ნორმალური კვება ხელს უწყობს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარებას, მოსავლის ზრდას და ხარისხის გაუმჯობესებას. სრულ-მოსავლიან ჩაის პლანტაციაში ფოსფორის ეფექტი გაცილებით დიდია აზოტისა და კალიუმის გამოყენების ფონზე.

ძირითადი განოციერების დროს ფოსფორიანი სასუქების ფორმების შერჩევა უნდა ჩატარდეს აგროტექნიკური და ეკონომიკური მაჩვენებლების მიხედვით, ნიადაგური და კულტურის ბიოლოგიური თავისებურების გათვალისწინებით.

კალიუმი, აზოტისა და ფოსფორის მსგავსად, აუცილებელ ელემენტს წარმოადგენს მცენარეების, ცხოველების და მიკროორგანიზმებისათვის. კალიუმი, აზოტისა და ფოსფორისაგან განსხვავებით, არ შედის ორგანული ნაერთების შემადგენლობაში. მისი დიდი ნაწილი შედის უჯრედის წვეთში და იწვევს ოსმოსური წნევის გადიდებას, რის გამოც იზრდება მცენარის გამძლეობა ზამთრის არახელსაყრელი პირობებისადმი. იგი ამაღლებს ციტრუსების ყინვაგამძლეობას. კალიუმის უკმარისობის პირობებში მცირდება მცენარეების მოსავალი, უარესდება ხარისხი.

ცხრ. 11. აზოტის სხვადასხვა დოზების გავლენა ჩაის
მწვანე ფოთლის მოსავალზე (მ. ბზიავა, 1973)

ვარიანტები, აზოტის დოზები (კგ/ჰა) ფონზე	წითელმიწა			სუბტროპიკული ევკერი		
	კგ/ჰა	%	მატება კგ 1 კგ აზოტზე	კგ/ჰა	%	მატება კგ 1 კგ აზოტზე
ფონი	634	100	-	3333	100	-
50 კგ/ჰა	1353	213	14,38	4006	120	13,46
100 „	2522	395	18,88	5721	172	23,88
150 „	2968	468	15,56			
200 „	3533	557	14,45	7813	234	22,40
300 „	3988	631	11,21	8301	249	16,56

ცხრ. 12. აზოტის გავლენა მანდარინის ხეების მოსავლიანობაზე
(ოთხი წლის საშუალოს მონაცემები, ბზიავა, 1973)

დოზები ფონზე (გრ. 1 ხეზე)	წითელმიწა		სუბტროპიკული ევკერი	
	მოსავალი ერთ ხეზე			
	კგ/ჰა	%	კგ/ჰა	%
	12,7	100	22,7	100
120	17,0	134	28,5	126
240	20,2	159	31,1	137
480	18,8	148	26,2	115

მცენარეები, ყოველი ერთი ცენტნერი სასაქონლო პროდუქციისა და მისი შესაბამისი არასასაქონლო პროდუქციის მისაღებად, კალიუმს ხარჯავენ (კგ-ით): მარცვლეული - 2,3, შაქრის ჭარხალი - 0,55 - 0,75, კარტოფილი - 0,67-0,92, ბარდა - 3,5-მდე, სამყურა და ხანჭკოლა - 1,8 - 2,7, კომბოსტო - 4, თამბაქო - 5,8 და სხვ.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მაღალი მოსავლის მიღებისა და მისი ხარისხის გაუმჯობესებისათვის, ძირითად სასუქებთან (აზოტი, ფოსფორი და კალიუმი) ერთად

დიდი მნიშვნელობა აქვს მიკროსასუქებს, როგორცაა: მან-განუმი, სპილენძი, თუთია, კობალტი, ბორი, მოლიბდენი და სხვ. აღნიშნული სასუქები დიდ ფიზიოლოგიურ როლს ასრულებენ მცენარეში. მათი მკვეთრი სიმცირე იწვევს სხვადასხვა სახის დაავადებებს, რომლებიც დიდ გავლენას ახდენენ მოსავლის შემცირებაზე და მის ზარისხზე.

თავი 6. ნიადაგის ორგანული ნაწილის ეკოლოგიური მნიშვნელობა

ნიადაგში ყოველწლიურად სხვადასხვა წარმოშობის, შემადგენლობის და ფორმის ორგანული ნივთიერების უზარმაზარი მასა ხვდება. ნარჩენების სხვადასხვა რაოდენობრივი შემადგენლობა, მიკრობიოლოგიური პროცესების განსხვავებული მიმართულება და ინტენსიობა, ნაირგვარი თბურ-წყლოვანი პირობები განაპირობებენ ნიადაგის ორგანული ნაერთების რთული კომპლექსის ფორმირებას. ნიადაგის ეს ნაწილი მუდმივ განახლებას განიცდის მასში შემავალი ნაერთების დაშლის და სინთეზის შედეგად.

ნიადაგის ორგანულ ნაწილში გამოყოფენ შემდეგ ფორმებს:

1. თითქმის დაუშლელი ან სუსტად დაშლილი ნარჩენები უმეტესად მცენარეული წარმოშობის. მათი დაგროვებით წარმოიქმნება მკვდარი საფარი, ტორფის ჰორიზონტები, სტეპის ქეჩი და სხვ. ეს არის ე.წ. უხეში ჰუმუსი, რომელიც საზღვარგარეთის ლიტერატურაში ცნობილია მორის (ტორფნარი) სახელწოდებით. მიკროსკოპის ქვეშ კარგად ჩანს მცენარეული ქსოვილის ყველა დეტალი - უჯრედების კონფიგურაცია, განლაგება, გარსის სისქე და სხვ. ნაკლებად მდგრადი ცოცხალი ქსოვილები (კამბიუმი, ფლოემა, პირველადი ქერქის პარენქიმა) დაშლილია.

2. ღრმა გარდაქმნის სტადიის ნარჩენები, რომლებიც შეუიარაღებელი თვალთა წარმოდგენს ერთგვაროვანი ნე-შომპალის შავ მასას. მიკროსკოპში ჩანს, რომ ეს მასა შედგება ფიზიკურად და ქიმიურად შეცვლილი მცენარეული ნარჩენებისგან, მცენარეული ქსოვილების წვრილი ნაფლეთებისგან, რომლებმაც მხოლოდ ნაწილობრივ შეინარჩუნეს უჯრედის შენების რელიქტები და უზვადაა გაჟღენთილი ორგანული ნაერთების ახალქმნილებებით. ამ ნარჩენებში შეიმჩნევა ისეთი მდგრადი მცენარეული ელემენტების დაშლა როგორცაა ტურჭლების გამერქნებული კედლები. ორგანული ნივთიერების მსგავსმა ფორმამ მიიღო მოდერის სახელწოდება.

3. მიკროსკოპში უხილავი მცენარეული ქსოვილების სპეციფიკური ნიადაგური ორგანული წარმონაქმნები, რომლებიც შეადგენენ თვით ჰუმუსს. მიკროსკოპში ესენი არიან ამორფული, გამჭვირვალე, ყვითელ-ყომრალი შეფერილობის და ცუდად გამჭვირვალე, უფრო მუქი შეფერილობის. ერთ შემთხვევაში ეს წარმონაქმნები დიფუზურად არიან განაწილებული ნიადაგურ მასაში, მეორეში – ჰუმუსოვანი ნივთიერებები აცემენტებენ და აწებებენ ნიადაგის მინერალურ ნაწილებს, წარმოქმნიან მულის ტიპის ჰუმუსს.

ამ ფორმებს შორის არსებობს თანდათანობითი გადასვლები.

ნიადაგის ორგანული ნაწილი შედგება ორგანული ნარჩენების (ფესვები და ზედაპირული ჩამონაცვნი) და ჰუმუსისგან. ჰუმუსის წყაროა უმაღლესი მცენარეების, მიკროორგანიზმების და ცხოველების ორგანული ნარჩენები.

ბალახოვანი მცენარეების ქვეშ ძირითადი წყაროა ფესვები, რომელთა მასა ნიადაგის ერთი მეტრის შრეში, ერთ ჰექტარზე სტეპებში შეადგენს 8 – 28 ტონას, უდაბნოებში – 3 – 12 ტ, მდელოებში, წიწვიან და შერეულ ტყეებში – 6 – 13 ტონას. ყველაზე მცირე რაოდენობა გროვდება კულტურული მცენარეების ქვეშ – 3 – 5 ტ ჰექტარზე.

ტყეების ქვეშ არსებულ ნიადაგებში ჰუმუსის ფორმირების წყაროა მკვდარი საფარი, რომლის რაოდენობა დამოკიდებულია ზონაზე, შედგენილობაზე, ნარგავის ასაკსა და სიხშირეზე, აგრეთვე ბალახოვანი საფარის განვითარებაზე.

ამგვარად, ორგანული ნივთიერებების პირველად და ძირითადი წყაროს, რომლისგანაც წარმოიქმნება ჰუმუსი, არის მწვანე მცენარეების ნარჩენები ზედაპირული ჩამონაცვენის და ფესვების სახით.

ჰუმუსის ყველაზე დიდი შემცველობა ნიადაგის ზედაპირული ფენისთვის არის დამახასიათებელი და მას ჰუმუსოვან ჰორიზონტს უწოდებენ. ამ ფენას მოშავო ან მუქი ყომრალი ფერი აქვს. ჰუმიფიკაციის პირობების მიხედვით ჰუმუსოვანი ჰორიზონტის სისქე საშუალოდ 5 – 15 სმ შეადგენს, ზოგჯერ მეტს. ტროპიკებში ჰუმუსოვანი ჰორიზონტის სისქე 5 - 10 სმ შეადგენს. ციკაბო ფერდობებზე, სადაც ადგილი აქვს ნიადაგის ჩამორეცხვას, ჰუმუსოვანი ჰორიზონტის სიმძლავრე ნაკლებია, ნიადაგის პროფილის სიღრმეში ჰუმუსის რაოდენობა თანდათანობით კლებულობს.

ნიადაგში აღინიშნება ორგანული ნივთიერების ორი ტიპი: ნიადაგში მოხვედრილი მცენარეული ნარჩენების სახით და ახალი (ჰუმუსის) ნივთიერება, რომელიც შეიქმნა ნარჩენების გარდაქმნისას.

პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება ნაერთები, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ მცენარეულ და ცხოველურ ნარჩენებს და წარმოადგენენ მათი ცხოველქმედების შედეგს. ეს არის ცილები, ნახშირწყლები, ორგანული მჟავები, ცხიმები, ლიგნინი, ფისები, ცვილი და სხვ.

ნახშირწყლები შეადგენენ მცენარეების მასის 50 % და მეტს. ნახშირწყლებიდან გამოყოფენ მონოსაქარიდებს (გლუკოზა, ფრუქტოზა), დისაქარიდებს (საქაროზა) წყალში გახსნილს და პოლისაქარიდებს – წყალში გაუხსნელ მაღალმოლეკულურ ნაერთებს. პოლისაქარიდებს მიეუთვნება

სახამებელი და უჯრედანა (ცელულოზა). მცენარეებში ნახშირწყლების ძირითადი რაოდენობა წარმოდგენილია ცელულოზით და ჰემიცელულოზებით. ნახშირწყლების დაშლა ხდება ჰუმიფიკაციის საწყის ფაზაზე, ცელულოზური ბაქტერიების გავლენით. ყველაზე ადვილად და სწრაფად იშლება გლუკოზა, ნახშირწყლებიდან ყველაზე მდგრადია ცელულოზა.

ლიგნინი მცენარეულ ნარჩენებში დიდი რაოდენობითაა, განსაკუთრებით (30%-მდე) მერქნიან მცენარეულობაში, ნაკლებად – ბალახოვანში (10-20%) ლიგნინი წარმოადგენს დაშლისადმი ყველაზე მდგრად მცენარეულ ნარჩენს; ის იშლება სოკოვანი მიკროფლორის ზეგავლენით.

ცილოვანი ნივთიერებები – რთული აზოტოვანი ნაერთებია, რომლის შემადგენლობაში შედის ფოსფორი, გოგირდი და მრავალი სხვა ქიმიური ელემენტი. ცილები შედიან პროტოპლაზმის და უჯრედის ბირთვის შემადგენლობაში, მნიშვნელოვანი რაოდენობით აღინიშნება ბალახებში (დაახლოებით 10%); მერქანში მათი შემცველობა მკვეთრად მცირდება, ზოგჯერ 1%-მდე და ნაკლები. ცილები განსაკუთრებით ბევრია ბაქტერიებში (40-70%).

ორგანული მჟავები წარმოიქმნებიან ნიადაგში მცენარეების და ნიადაგური ცხოველების ცხოველქმედების შედეგად. ეს მჟავები დაბალმოლეკულურია (ლიმონის, ძმრის, ჭიანჭველის, მჟაუნმჟავის და სხვ.). ზოგიერთ ნიადაგში ამ მჟავებს აქვთ არსებითი მნიშვნელობა ქიმიური ელემენტების მიგრაციისთვის.

ნიადაგის ორგანული ნაერთების მეორე ჯგუფი – ჰუმუსოვანი ნივთიერებები, შეადგენენ ნიადაგის ორგანული ნაწილის 85-90%; წარმოდგენილია, საწყის ნივთიერებებთან შედარებით, უფრო რთული აგებულების ნაერთების შეხამებით.

ორგანიზმების კვდომის და მეტაბოლიზმის პრიუქტებში შემაგალი ნივთიერების უმეტესი ნაწილი წაძოდგენილია მაღალმოლეკულური ნაერთებით.

ჰუმუსოვანი ნივთიერების წარმოქმნა შეილება ზდებოდეს ორი პროცესის მონაწილეობით. პირველი ტიპის პროცესები უზრუნველყოფენ მკვდარი ორგანული ნივთიერების ნაწილობრივ დაშლას მარტივ ნაერთებად: ცილები იშლება ამინომჟავებად, წყალბადე — მარტივ შაქრად, ლიგნინის დაშლა არ არის საკმარისად შესწავლილი. მეორე ტიპის პროცესების შედეგად ზდება ამინომჟავებთან (მიკროორგანიზმების დაშლის პროდუქტების) ფენოლური ტიპის (ლიგნინის და ცელულოზის დაშლის პროდუქტები) არომატული ნაერთების კონდენსაცია. ამის შედეგად იქმნება ორგანული მაღალმოლეკულური მჟავების სისტემა, რომელსაც გააჩნია შემდგომი პოლიმერიზაციის უნარი.

სხვადასხვა გამხსნელების მიმართ დამოკიდებულების მიხედვით არჩევენ ჰუმუსის შემდეგ კომპონენტებს: ფულვომჟავებს, ჰუმინის მჟავებს და ჰუმინს.

ფულვომჟავები წარმოადგენენ არომატული რიგის მაღალმოლეკულურ ნაერთებს. ისინი იხსნება წყალში და გამომშრალ მდგომარეობაში აქვთ ყომრალ-ყვითელი ფერი. ფულვომჟავები სამვალენტთან მეტალებთან, განსაკუთრებით რკინასთან, წარმოქმნიან კომპლექსურ ნაერთებს. ისინი აქტიურად ზემოქმედებენ მრავალ მინერალზე, შლიან მათ და წარმოქმნიან მდგრად კომპლექსურ ნაერთებს კათიონებთან. ამ ნაერთების (ფულვატების) უდიდესი ნაწილი კარგად იხსნება წყალში ან მჟავების სუსტად ხსნარებში და ადვილად გამოირეცხება ნიადაგური წყლებით.

ჰუმინის მჟავები ხსნარში გაუხსნელია, მაგრამ იხსნება ტუტეებში, აქვთ ყომრალი (მოშავო) ფერი. ჰუმინის მჟავების ელემენტარული შედგენილობისთვის დამახასია-

თებელია, ფულვომჟავებთან შედარებით, ნახშირბადის და აზოტის გადიდებული შემცველობა.

ჰუმინი წარმოადგენს ჰუმუსოვანი ნივთიერებების ნაწილს. და არ იხსნება არც ერთ გამხსნელში. ისინი ხშირად არიან ნიადაგურ მინერალებთან მჭიდროდ დაკავშირებული ჰუმინის მჟავებით.

ეკოლოგიური ფაქტორების ზეგავლენით ორგანული ნაწილების მინერალიზაცია მიკროორგანიზმების საშუალებით, ბიოქიმიური პროცესების სხვადასხვა ინტენსივობით მიმდინარეობს. მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობაზე დიდ გავლენას ახდენს ტენიანობა, ტემპერატურა, ჰაერი, ნიადაგის რეაქცია და ორგანული ნივთიერების ქიმიური შემადგენლობა. ორგანული ნაწილები ყველაზე სწრაფად იშლებიან ტენიანი და რბილი ჰაერის პირობებში. ასევე მინერალიზაციისთვის ოპტიმალურია ნეიტრალური და სუსტი ტუტე რეაქცია. უარყოფითია ძლიერ ტუტე და ძლიერ მჟავე რეაქცია. პირველად მინერალიზაციას განიცდის ის ორგანული ნაწილები, რომელიც შეიცავს მიკროორგანიზმებისთვის საკვებ ნივთიერებებს. მინერალიზაცია ყველაზე უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს ზაფხულში, ხოლო ყველაზე ნელა ზამთარში.

ჰუმოფიკაცია მიმდინარეობს სხვადასხვა მიკროორგანიზმების მონაწილეობით. პირველ ეტაპზე მონაწილეობენ სოკოები და საპროფიტული ბაქტერიები, რომლებიც ზემოქმედებენ მათთვის მისაწვდომ ნივთიერებებზე: ნახშირწყლებზე, ამინომჟავებზე, მარტივ ცილებზე და ცელულოზის ნაწილზე. შემდეგ აქტივობიციტები შლიან მცენარეული ნაწილების ძნელად ხსნად ნაწილებს. ფერმენტების ანუ ენზიმების ზემოქმედებით ორგანული ნაწილები ღრმა ცვლილებების შედეგად გარდაიქმნება მუქი შეფერილობის ნივთიერებად — ჰუმუსად. ჰუმუსით მდიდარი ნიადაგები მაღალი ნაყოფიერებით ხასიათდება.

ხმელეთის ცოცხალი ორგანიზმები უზრუნველყოფენ ქიმიური ელემენტების ციკლურ მიგრაციას სისტემაში: ნიადაგი-მცენარე, ნიადაგი-ატმოსფერო, ნიადაგი-ბუნებრივი წყლები. ამავე დროს ტრანსფორმირებენ და აკუმულირებენ მზის რადიაციულ ენერგიას. ნიადაგური ჰუმუსი, როგორც ნიადაგწარმოქმნის ყველაზე მნიშვნელოვანი შედეგი, წარმოადგენს მზის ენერგიის ერთ-ერთ ყველაზე მძლავრ კონცენტრატორს. არსებული გათვლებით, ხმელეთის ნიადაგურ ჰუმუსში ბმული ენერგია შეადგენს 10^{20} კკალ და აჭარბებს ხმელეთის მცენარეულობით დაგროვილი ენერგიის მარაგს.

ცხრ. 13. ჰუმუსის საშუალო შემცველობა და შედგენილობა ზოგიერთ ნიადაგში

ნიადაგები	ჰუმუსი, %	ნახშირბადის საშუალო შემცველობა, %		ჰუმინის მჟავების შეფარდება ფულვომჟავებთან
ეწერი	2,5 - 4,0	12-20	25- 30	0,6 - 0,8
ტყის რუხი	4,0 - 6,0	25-30	25-27	1,0
შავმიწები	7,0- 10,0	35-40	15-20	1,5 - 2,5
წაბლა	1,5 - 4,0	25-35	20-25	1,2 - 1,5
მურა	1,0 - 1,2	15-18	20-23	0,7
რუხი	0,8 - 1,0	17-23	25-35	0,7
წითელმიწები	4,0- 6,0	15-20	22-8	0,6 - 0,8

როგორც ჩანს, ჰუმუსის რაოდენობა იზრდება ჩრდილოეთიდან სამხრეთის მიმართულებით, შავმიწების ზონის ჩათვლით. შემდეგ კანონზომიერად კლებულობს, ხოლო წითელმიწების ზონაში იზრდება. შესაბამისად იცვლება შეფარდება ჰუმინის მჟავისა ფულვომჟავასთან. შეფარდების სიდიდე შავმიწა ნიადაგებში შეადგენს საშუალოდ 1, ხოლო ჩრდილოეთისა და სამხრეთის ნიადაგებისათვის ერთზე ნაკლებია.

ფულვომჟავების მეტი რაოდენობა განსაზღვრავს ნიაჲაგში ჰუმუსის ნაკლებ დაგროვებას, მაგალითად ეწერ ნიადაგებში. საერთოდ ჰუმუსის თვისობრივ შედგენილობას განსაზღვრავს კლიმატური პირობები და ორგანული ნაწილების რაოდენობა, რომელთა დაშლა—სინთეზის შედეგად ჰუმუსი წარმოიქმნება. შავმიწებისთვის დამახასიათებელია ჰუმინის მჟავების დიდი რაოდენობა. ეწერ ნიადაგებში არაა ჰუმინის მჟავის წარმოქმნისთვის ხელსაყრელი პირობები და ამიტომ ნიადაგი ღარიბია ჰუმუსით. რუხი ნიადაგები, რომლებიც დამახასიათებელია ნახევარუდაბნოსა და უდაბნოებისათვის, ორგანული ნაწილების სიღარიბით ხასიათდება; მაღალი ტემპერატურისა და ხანმოკლე ტენიანი პირობების გამო სწრაფად ზდება დაშლა და არ რჩება მასალა ჰუმინის მჟავის შენაერთების სინთეზისთვის, რის გამოც ნიადაგი ღარიბი რჩება ჰუმუსით.

სუბტროპიკული ზონა მდიდარია ორგანული ნაწილებით. დაშლა სწრაფად მიმდინარეობს, წითელმიწები მდიდარია ჰუმუსით. ჰუმუსში ფულვომჟავების დიდი რაოდენობა დაკავშირებულია ერთნახევარ ჟანგულებთან. ჰუმუსის შემადგენლობის გეოგრაფიული გავრცელების კანონზომიერებას განსაზღვრავს არა მარტო რადიაციული ბალანსის სიდიდე, არამედ მისი კავშირი ტენიანობასთან. მაღალი თერმული პირობები და დიდი ტენიანობა ხელს უწყობს ჰუმუსის დაგროვებას.

ტყიან მხარეში, სადაც ჰავა ტენიანია და დაბალია თერმული პირობები, ორგანული ნაწილების დაშლის შედეგად წარმოიშობა ე.წ. უხეში შედგენილობისა და შედარებით ხსნადი ჰუმუსი. ამას იწვევს ფულვომჟავებისა და ჰუმუსის სხვა ხსნადი კომპონენტების მეტი შემცველობა და ნაკლები ჰუმოფიკაცია. ასეთ მოვლენას ადგილი აქვს ჩრდილოეთის წიწვოვან ტყეებში.

მშრალი ჰავის სარტყელი მცენარეებით ღარიბია და ამიტომ ჰუმუსის რაოდენობა ნიადაგში მცირეა. ყველაზე დიდი რაოდენობის და მტკიცე ჰუმუსი ახასიათებს ზომიერად მშრალი ჰავის მდელო-სტეპის მდიდარ მცენარეულ ზონას, როგორიცაა შავმიწები. აქ ორგანული ნაწილების დაშლისა და ჰუმუფიკაციის პროცესები ოპტიმალურად მიმდინარეობს.

მოყვანილი მონაცემები (ცხრ. 14) გვიჩვენებს თუ როგორ კანონზომიერად კლებულობს ნიადაგის პროფილში სიღრმის მიხედვით ჰუმუსის რაოდენობა. ასევე ჰუმუსის რაოდენობა განსაზღვრავს აზოტის რაოდენობას. ამასთან დაკავშირებით მერყეობს აზოტის შეფარდება ნახშირბადთან.

ჰუმუსი დიდ როლს თამაშობს ნიადაგწარმოქმნასა და ნიადაგის განვითარებაში. ჰუმუსოვანი ნივთიერებანი და ორგანული ნარჩენების დაშლის შუალედური პროდუქტები აქტიურად მონაწილეობენ ნიადაგწარმოქმნის პირველ ეტაპზე – მინერალების ბიოლოგიურ გამოფიტვაში და დღის ზედაპირზე გამოსული მთის ქანების დაშლაში. ყველაზე ენერგიულად მინერალები იშლებიან ფულვმჟავების ზეგავლენით, რადგანაც მათ წყლის ხსნარებს გააჩნიათ ძლიერ მჟავე რეაქცია. მინერალები არანაკლებ ინტენსიურად იშლებიან ორგანული ნარჩენების დაშლის რიგი დაბალმოლეკულური პროდუქტების ზეგავლენით (ორგანული მჟავები, ფენოლები, ამინომჟავები და ა.შ.). ამასთან მინერალებიდან ამოიღება ორგანიზმებისთვის საჭირო კვების ელემენტები.

ჰუმუსს დიდი როლი ეკუთვნის ნიადაგური პროფილის ფორმირებაში. ამ მონაწილეობის ხასიათი ბევრად განისაზღვრება ჰუმუსოვანი ნივთიერებების შემადგენლობით. იმ ნიადაგებში, სადაც წარმოიქმნება ჰუმინის მჟავების დიდი რაოდენობა, რომლებიც ჩვეულებრივ გროვდება მათი წარმოქმნის ადგილზე, ფორმირდება სხვადასხვა სიმძლავრის (5-20-დან 50-70 სმ) კარგად გამოხატული ჰუმუსოვანი ჰორი-

ზონტი, კათიონების შთანთქმის მაღალი უნარით. თუ ნიადაგი მდიდარია კალციუმით, ჰუმინის მჟავები წარმოქმნიან კალციუმის ჰუმატებს, რომლებიც მონაწილეობენ წყალგამძლე და ფოროვანი მარცვლოვანი სტრუქტურის შექმნაში. ამ ნიადაგებს გააჩნიათ ყველაზე ხელსაყრელი წყლოვან-ჰაეროვანი თვისებები და კვების კარგი რეჟიმი. ჰუმინის მჟავების შეფარდება ფულვმჟავებთან ყოველთვის 1-ზე მეტია (მაგალითად, შავმიწები). თუ ჰუმუსის შემადგენლობაში ბევრია ფულვომჟავები, რაც დამახასიათებელია მუდმივი ან დროებითი ჭარბი ტენიანობის ნიადაგებისთვის, მაშინ ეს ნიადაგები ადვილად ღარიბდებიან კალციუმით, მაგნიუმით, კალიუმით და სხვა ფუძეებით, რადგანაც ფულვომჟავები მათთან წარმოქმნიან ხსნად მარილებს, რომლებიც მიგრირებენ პროფილში დაღმავალი დინებით. ნიადაგის რეაქცია ზდება მჟავე, იწყება სილიკატების და ალუმოსილიკატების (როგორც პირველადი, ისე მეორადი – თიხამინერალების) დაშლა. ამ ნიადაგებში ჰუმინის მჟავების შეფარდება ფულვომჟავებთან 1-ზე მნიშვნელოვნად ნაკლებია (მაგალითად, სუბტროპიკული ეწერები, წითელმიწები, ყვითელმიწები).

ცხრ. 14. ჰუმუსის, აზოტის და ფოსფორის მარაგები
ზოგიერთ ნიადაგში, ტ/ჰა
(Кононова, 1963)

ნიადაგი	ჰუმუსი/ორგ. C		აზოტი		ფოსფორი სახნავ ფენაში	
	0-20	0-100	0-20	0-100	მინერ.	ორგან.
ეწერი	53/31	99/62	3,2	6,6	1,27-1,44	0,56-0,63
ტყის რუხი	109/63	215/134	6,0	12,0	1,72	1,32
შავმიწა გამოტ.	192/111	549/321	9,4	26,5	-	-
შავმიწა მძლავ.	224/130	709/437	11,3	35,8	2,87	1,56
შავმიწა ჩვეულ	137/79	426/257	7,0	24,0	-	-
წაბლა	99/57	229/150	5,6	-	2,09	0,63
რუხი	37/21	82/43	2,5	7,5	1,68-1,91	0,30
წითელმიწა	153/89	282/172	4,7	10,5	-	-

ჰუმუსში გროვდება და დიდი ხნის მანძელზე ინახება მცენარეების და მიკროორგანიზმების კვების ყველა ძირითადი ელემენტი. ჰუმუსის თანდათანობითი მინერალიზაციის დროს ეს ელემენტები გადადიან მინერალურ ფორმებში და გამოიყენება მცენარეების მიერ.

ორგანული ნივთიერებები რთულ და ნაირგვარ როლს თამაშობენ ნიადაგური ნაყოფიერების ფორმირებასა და განვითარებაში, მცენარეების ზრდასა და განვითარებაში. მიკრო-და მაკროორგანიზმების ზემოქმედებით ნიადაგებში ახალი ორგანული ნივთიერების ყოველწლიური სინთეზი და მისი დაშლის, რესინთეზის და ახალი დაშლის მომდევნო ფაზები, სისტემატურად აახლებენ და ავსებენ ორგანული ნივთიერებების მარაგს ნიადაგში.

ნიადაგში მობინადრე მაკრო-და მიკროორგანიზმები იყენებენ ნიადაგური ორგანული ნივთიერებიდან მათი არსებობისათვის საჭირო ენერგიას და მინერალურ ნაერთებს. საპროფიტული სოკოების და ბაქტერიების მოთხოვნილება ენერგეტიკულ მასალაში აგრეთვე კმაყოფილდება ნიადაგური ნეშომპალით. ახალი ორგანული ნივთიერებების, ნეშომპალას სინთეზის და ნელი მინერალიზაციის ყოველწლიური ციკლური პროცესები იწვევენ ნიადაგურ ხსნარებში მისაწვდომი მინერალური ნაერთების სახით მცენარეების კვების უმნიშვნელოვანესი ელემენტების: აზოტის, ფოსფორის, გოგირდის, კალიუმის, კალციუმის, მიკროელემენტების სისტემატურ მოხვედრას.

ამგვარად, მცენარეული ორგანიზმების ცხოველქმედება, ჰუმუსოვანი ნივთიერებების წარმოქმნა და მათი ნელი მინერალიზაცია განსაზღვრავენ ნიადაგწარმოქმნელი ქანებიდან მცენარეების მინერალური კვების ელემენტების მუდმივ მობილიზაციას ნიადაგების ზედა ჰორიზონტებში, მცენარეებისთვის მოსწვდომი ნაერთების სახით.

მთელ რიგ ვიტამინებს, ორგანულ მჟავებს, პოლი-ფენოლებს და ქინონებს გააჩნიათ მცენარეების ზრდის სტი-მულირების უნარი. ეს ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიე-რებები იმყოფება ნიადაგების ორგანული ნაერთების დაბა-ლმოლეკულურ ნაწილში.

ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების მასტიმუ-ლირებელი ეფექტი განსაკუთრებით შესამჩნევია არახელსაყ-რელ ეკოლოგიურ პირობებში (მაღალი ტემპერატურა ან ჭარბი დატენიანება), მცენარეების განვითარების საწყის ფა-ზაში.

ისეთი ორგანული ნივთიერებები, როგორიცაა ათის, ჭიანჭველის ძმარ-პროპილური, ასპარაგინის მჟავები და მათი წარმოებულები ახდენენ მცენარეებზე მასტიმულირებელ ზე-მოქმედებას.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ორგანული ნივთიერებე-ბის ზეგავლენა ნიადაგის აგრონომიულად ძვირფასი, წყალ-გამძლე სტრუქტურის და მცენარეებისთვის ხელსაყრელი წყლოვან-ჰაეროვანი თვისებების ჩამოყალიბებაში. შავმიწებსა და მდელოს-კორდიან ნიადაგებში, წყალგამძლე კალციუმის და რკინის ჰუმატების ფორმირება, უზრუნველყოფს ამ ნია-დაგებში მარცვლოვანი, ფოროვანი, წყალგამძლე სტრუქტუ-რის ჩამოყალიბებას, რაც სძენს ნიადაგს დადებით აგრონომი-ულ თვისებებს.

ჰუმუსის და ორგანული ნარჩენების დაშლისას დიდი რაოდენობით გამოიყოფა ნახშირორჟანგი, რომელიც წარმო-ადგენს მცენარეების ნახშირბადოვანი კვების წყაროს.

ნიადაგში ჰუმუსი განსაზღვრავს ისეთ მნიშვნელოვან თვისებებს, როგორიცაა: შთანთქმისუნარიანობა, მექანიკური ელემენტების აგრეგირება (შეწებება) – სტრუქტურის წარ-მოქმნა, ფიზიკური თვისებები, ნიადაგში წყლის, ჰაერის და სხვა მოწესრიგება, ნიადაგის ბიოლოგიური თვისებების გაუ-მჯობესება და სხვ.

აღსანიშნავია დედამიწის ქერქში ნიადაგის ორგანული ნივთიერებების დიდი ბიოქიმიური მნიშვნელობა. მიკროელემენტების და იშვიათი ელემენტების, Fe და Al უდიდესი ნაწილი კონცენტრირდება და მიგრირებს რთული ორგანო-მინერალური ნაერთების სახით. ჰუმუსის, ტორფის, ნახშირების გადამარხული ფორმების აკუმულაცია იწვევს ურანის, გერმანიუმის, ვანადიუმის, მოლიბდენის, თუთიის, მანგანუმის, კობალტის, ნიკელის და მრავალი სხვა ელემენტის კონცენტრაციას.

სასოფლო-სამეურნეო წარმოებაში, ნიადაგების გამოყენების დროს, საჭიროა როგორც ჰუმუსის რაოდენობის, ასევე მისი შემადგენლობის დარეგულირება. ნიადაგის როგორც საწარმოო ძალის შენარჩუნება შესაძლებელია მაშინ, როდესაც დაცულია წონასწორობის გარკვეული დონე ორგანულ და მინერალურ ნაწილებს შორის.

ჰუმუსი დიდ ეკოლოგიურ გავლენას ახდენს ნიადაგის სითბურ თვისებებზე. იმის გამო, რომ ჰუმუსი ძირითადად შავი ფერისაა, ის აძლიერებს სხივის შთანთქმის უნარს. ჰუმუსის როგორც რაოდენობა, ასევე შედგენილობა დიდად უწყობს ხელს ბიოქიმიურ პროცესებს.

იმის გამო, რომ ჰუმუსს დიდი მნიშვნელობა აქვს, საჭიროა ყურადღება მიექცეს მისი რაოდენობისა და ნილობის რეგულირებას. ამისათვის საჭიროა ნიადაგის სწორი დამუშავება, მწვანე და ორგანული სასუქების გამოყენება, ნიადაგის რეაქციის დარეგულირება ქიმიური მელიორაციის საშუალებით, ნიადაგის დაცვა ეროზიისგან და სხვა ღონისძიებების სწორად გატარება.

ამგვარად, ჰუმუსი არის არა მარტო მცენარეების, არამედ ხმელეთზე ყველა ცოცხალი ორგანიზმის არსებობის ეკოლოგიური ფაქტორი.

თავი. 7. ნიადაგის ნაყოფიერება და მისი ეკოლოგიური მნიშვნელობა

ბუნებრივი და კულტურული მცენარეების განვითარების ძირითადი ფაქტორებია: სინათლე, სითბო, წყალი, ჰაერი და საკვები ნივთიერებანი. ამ ფაქტორებიდან წყალს და საკვებ ნივთიერებებს მცენარე ფესვების საშუალებით ღებულობს ნიადაგიდან, უმნიშვნელო რაოდენობას კი ფოთლებიდან. აგრეთვე ნიადაგში გარკვეული რაოდენობითაა ჰაერი და სითბო. ნიადაგები, რომლებიც მდიდარია მცენარის საკვები ნივთიერებით და ხასიათდება ტენის, სითბოს და ჰაერის ოპტიმალური პირობებით, მცენარისთვის მაღალ ნაყოფიერ ნიადაგებს მიეკუთვნება.

მცენარე ნიადაგიდან ითვისებს აუცილებელ საკვებ ნივთიერებებს და ასიმილაციის შედეგად ქმნის ახალ ორგანულ ნივთიერებას. ორგანული ნივთიერების სისტემატური, დიდი რაოდენობით მიღებისათვის ადამიანი აუმჯობესებს ნიადაგის თვისებებს და მცენარის თვისობრივ შემადგენლობას. მცენარის მოსავლის რაოდენობით ფასდება ნიადაგი, მისი ნაყოფიერება.

ნაყოფიერება ნიადაგის თვისობრივ-ხარისხობრივი მაჩვენებელია. ადამიანი სწორი წარმოების პროცესში ცვლის ნიადაგის თვისებას, მისი ნაყოფიერების ელემენტებს, რითაც ნიადაგი იქცევა შრომის პროდუქტად და კულტურულ ნიადაგად.

ნაყოფიერება არის ნიადაგის თვისება მაქსიმალურად დააკმაყოფილოს მცენარის მოთხოვნილება წყლითა და საკვები ნივთიერებებით. სწორედ ნაყოფიერების თვისებებით ნიადაგი არსებითად განსხვავდება დედაქანისა და ბუნების სხვა სხეულისგან, რომელთაც არ აქვთ უნარი დააკმაყოფილონ მცენარის სასიცოცხლო მოთხოვნილებანი.

ნიადაგის ნაყოფიერება მჭიდროდაა დაკავშირებული მის ფიზიკურ, ქიმიურ და ბიოლოგიურ თვისებებთან. აგრეთვე ანთროპოგენურ ფაქტორთან, რომელიც ატარებს ღონისძიებათა კომპლექსს ნიადაგის ნაყოფიერების ასამაღლებლად.

ნიადაგის ნაყოფიერება ცვალებადია დროში და იგი სხვადასხვანაირად ვლინდება ადამიანთა საზოგადოების განვითარების დონის მიხედვით. დღეისათვის, ბუნებრივ პირობებში არსებული მაღალი ნაყოფიერების ნიადაგები იმის მაჩვენებელია, რომ მათ ქანების გამოფიტვის, ნიადაგწარმოქმნის და ევოლუციის პროცესში ჰქონდათ შესაფერისი ეკოლოგიური პირობები.

გამოყოფენ ნიადაგის ნაყოფიერების შემდეგ კატეგორიებს:

ბუნებრივი ნაყოფიერება — ნიადაგის ნაყოფიერება ბუნებრივ პირობებში ადამიანის ჩაურევლად. იგი ვლინდება ბუნებრივი ცენოზების განვითარების მიხედვით ან სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ქვეშ ათვისების დროს.

ხელოვნური ნაყოფიერება — ნიადაგი მას იძენს სწორი სამეურნეო მოქმედების (მოხვნის, პერიოდული დამუშავების, მეღიორაციის, სასუქების გამოყენების და სხვ.) დროს.

პოტენციური ნაყოფიერება — ნიადაგის ნაყოფიერების ჯამია, განსაზღვრული მისი შემადგენლობით და მიღებული ნიადაგწარმოქმნის პროცესში ან ადამიანის შეცვლით.

ეფექტური ნაყოფიერება — პოტენციური ნაყოფიერების ის ნაწილია, რომელიც გამოიხატება მცენარის მოსავლის სახით, მოცემულ კლიმატურ (ამინდი) და ტექნიკურ-ეკონომიკურ (აგროტექნიკური) პირობებში.

შედარებითი ნაყოფიერება — ნიადაგის ნაყოფიერება ამა თუ იმ მცენარეთა ჯგუფის ან სახეობის მიმართ (ერთი ჯგუფი მცენარისათვის შეიძლება იყოს ნაყოფიერი, ხოლო მეორესათვის უნაყოფო).

ეკონომიკური ნაყოფიერება – ნიადაგის ეკონომიკური შეფასება მის პოტენციურ ნაყოფიერებასთან დაკავშირებით და მიწის ნაკვეთის ეკონომიკური დახასიათება.

ნაყოფიერების კვლავწარმოქმნა – ნიადაგის ბუნებრივი პროცესების ერთობლიობა ან მიზანმიმართული მელიორაციული და აგროტექნიკური სისტემების ზემოქმედება ნიადაგის ეფექტური ნაყოფიერების შესანარჩუნებლად იმ დონეზე, რომელიც მიახლოებულია პოტენციურ ნაყოფიერებასთან.

ამა თუ იმ მცენარისთვის ნაყოფიერია ის ნიადაგი, რომელზეც კარგად ვითარდება და კულტურული მცენარეები მაღალ მოსავალს იძლევა. ყავისფერი ნიადაგები ნაყოფიერია ვენახებისთვის, ხოლო არანაყოფიერია კარტოფილისთვის. წითელმიწები ნაყოფიერია სუბტროპიკული კულტურებისთვის, არანაყოფიერია ერთწლიანი კულტურებისთვის. ნიადაგის ნაყოფიერებასთან ერთად მცენარის ზრდა-განვითარებისთვის და მაღალი სტაბილური მოსავლის მიღებისთვის დიდი მნიშვნელობა აქვს კლიმატს. ნიადაგი კლიმატთან ერთად ბუნებრივი მცენარეულობისა და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელების ძირითადი ფაქტორია.

ბუნებრივი ფიტოცენოზების და აგროცენოზების მოთხოვნილება ნიადაგის მიმართ არსებითად განსხვავებულია. ბუნებრივ ფიტოცენოზში მცენარეთა საფარი წარმოდგენილია მცენარეთა სხვადასხვა სახეობებით. ისინი განსხვავდებიან ერთმანეთისგან ბიოლოგიური მდგრადობით, დამოკიდებულებით წყლისა და საკვები ელემენტების, სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობის და სხვათა მიმართ. მცენარეების მასის მიწისზედა და მიწისქვეშა იარუსული განაწილება შესაძლებლობას აძლევს შედარებით სრულყოფილად გამოიყენონ სინათლე, სითბო და ნიადაგის ნაყოფიერება.

აგროცენოზი, მცირე გამონაკლისის გარდა, წარმოდგენილია ერთი მცენარის სახეობითა და ჯიშ-პოპულაციებით. ყველა მათგანი სავეგეტაციო პერიოდში მოითხოვს

წყალს და საკვებ ელემენტებს. ადამიანმა მეურნეობის ხანგრძლივი პერიოდის მანძილზე გაკულტურებით კულტურულ მცენარეებს შეუქმნა ზრდის შედარებით ხელსაყრელი პირობები, არჩევდა სასურველ ჯიშებს. ამის შედეგად, მათი უმრავლესობა, გახდა სათუთი და დაკარგა გარემოს არასასურველი პირობების მიმართ მდგრადობის უნარი. აგროცენოზებს, ველურ და სარეველა მცენარეებთან შედარებით, დაბალი აქვთ ძნელად შესათვისებელი შენაერთებისგან საკვები ელემენტების შეთვისების უნარი. აგროცენოზების პროდუქტიულობის შემცირება უმეტესად გამოწვეულია კლიმატური პირობებით, განსაკუთრებით ამინდის ცვალებადობით. ადამიანის ჩარევის გარეშე აგროცენოზები ვერ უძლებენ ველური მცენარეების და სარეველების კონკურენციას. ამავდროს დიდ მოთხოვნილებას უყენებენ ნიადაგის თვისებებს.

კულტურული მცენარეები, გამოყვანილი სხვადასხვა ბუნებრივ ზონაში, შეგუებულია აღნიშნული ზონის ნიადაგებთან. კულტურულ მცენარეებს ნიადაგის მიმართ დიდი მოთხოვნა აქვთ, რომელიც ძირითადად ვერ კმაყოფილდება. ასეთ შემთხვევაში სუსტდება მცენარის ზრდა—განვითარება და მცირდება მისი მოსავალი. ნაყოფიერების ამაღლებისთვის საჭიროა ეკოლოგიური პირობების გაუმჯობესება.

მაღალპროდუქტიულ კულტურულ მცენარეებს უნდა ჰქონდეთ განვითარებული ძლიერი ფესვთა სისტემა. ამისათვის ნიადაგი უნდა იყოს ფხვიერი, ფორიანი და არა მკვრივი, რაც უზრუნველყოფს ჰაერაციას ნიადაგის ჰაერსა და ატმოსფეროს შორის. სხვადასხვა მცენარეების მოთხოვნილება ნიადაგის ფორიანობაზე განსხვავებულია, მაგრამ მკვრივ ნიადაგებზე კულტურული მცენარეები სუსტად ვითარდებიან.

კულტურული მცენარეები თავისი ზრდა—განვითარებისთვის მოითხოვენ უზრუნველყოფას საკვები ელემენტებით. საკვები ნივთიერებების დიდი ნაწილი ნიადაგში წარმოდგენილია ორგანული ნაერთების სახით, რომლებსაც მცენარეები

ვერ ითვისებენ. მიკრობიოლოგიური პროცესებით ორგანული ნაერთები განიცდიან მინერალიზაციას და გადადიან მცენარისთვის მისაწვდომ ფორმაში. მცენარეებს ყოველწლიურად მოსავლის სახით ნიადაგიდან გამოაქვთ საკვები ელემენტები და მისი მოსავალი კლებულობს. ნიადაგში საკვები ელემენტების ბალანსის შევსებისთვის საჭიროა მათი დამატებითი შეტანა მინერალური და ორგანული სასუქების სახით, მცენარის ასაკისა და მოსავლის, ფორმებისა და დოზების გათვალისწინებით. აღნიშნულის დასადგენად საჭიროა საველე ცდების ჩატარება.

მრავალწლიანი პრაქტიკით დადგენილია, რომ მცენარის კვების რეგულირების საშუალებას წარმოადგენს სასუქების გამოყენება. მათი გამოყენებით იზრდება ნიადაგის ნაყოფიერება და მცენარისთვის საჭირო საკვებ ნივთიერებათა რაოდენობა. ამავე დროს უმჯობესდება სასარგებლო მიკროორგანიზმების რაოდენობა, ცხოველმყოფელობა და აქტიურობა.

დაუშვებელია სასუქების შეტანა ჭარბი რაოდენობით. დადგენილია, რომ ჭარბი რაოდენობით შეტანილი აზოტიანი სასუქები უარყოფითად მოქმედებენ მცენარის ქიმიურ შედეგნილობაზე, მცენარეში დიდი რაოდენობით გროვდება ნიტრატები, რომლებსაც მცენარე ვერ იყენებს ორგანული ნივთიერების შექმნისთვის და ისინი რჩება მოსავალში. ნიტრატების ჭარბი რაოდენობით საკვებად გამოყენება ადამიანისა და ცხოველების ორგანიზმში იწვევს საშიშ დაავადებებს.

ზოგიერთ ქვეყანაში, სასუქების გამოყენების ხარჯზე სოფლის მეურნეობის კულტურების მოსავლის ნამატი ხშირად 30%-ს შეადგენს. სასუქების გამოყენების შედეგად გამოწვეული ნამატის რაოდენობა დამოკიდებულია ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებზე. სასუქების გამოყენების ეფექტი განსაკუთრებით შესამჩნევია დაბალი ნაყოფიერების ნიადაგებზე. დასავლეთ საქართველოში სუბტროპიკული კულტუ-

რების გავრცელების ზონაში გაცილებით მეტი სასუქი გამოიყენებოდა, ვიდრე საქართველოს სხვა რეგიონებში. ჩაის ქვეშ, ერთ ჰექტარზე, გამოიყენებოდა 150 - 200 კგ აზოტი. ამიერკავკასიაში ასეთი რაოდენობის აზოტი არც ერთი კულტურის ქვეშ არ გამოიყენებოდა.

აზოტის, ფოსფორის და კალიუმის სასუქების გამოყენების დროს გაცილებით მეტი დამატებითი მოსავალი მიიღება თუ დაცული იქნება სამივე ელემენტს შორის ოპტიმალური თანაფარდობა, მცენარის მოთხოვნილების და ნიადაგურ-კლიმატური პირობების გათვალისწინებით. მინერალური სასუქების გამოყენებამდე ჩაის მწვანე ფოთლის საჰექტარო მოსავალი 800-1000 კგ შეადგენდა, ციტრუსების - 2-3 ტონას. სასუქების გამოყენების შედეგად ჩაის მოსავალი ავიდა 6-7 ტონამდე, ხოლო ციტრუსების - 20-25 ტონამდე.

კულტურული მცენარეებისთვის, მინერალური და ორგანული სასუქების გარდა, საჭიროა მწვანე და ბაქტერიული სასუქები. მწვანე სასუქია სიდერატები, რომელიც ითესება მრავალწლიანი კულტურების ქვეშ და ხდება მათი ჩახვნა. ამ ღონისძიებაში იგულისხმება არა მარტო მწვანე მასის, არამედ მასთან ერთად ფესვის კოჟრის ბაქტერიების ჩაბარვა ან ჩახვნა.

მწვანე სასუქად ანუ სიდერატებად იყენებენ პარკოსან მცენარეებს. მათ ფესვებზე არსებულ კოჟრის ბაქტერიებს აქვთ უნარი ატმოსფეროს თავისუფალი აზოტი შეითვისონ და გადაიყვანონ მცენარისთვის მისაწვდომ ფორმაში.

სიდერატებს მიეკუთვნება: ხანჩკოლა, ჩიტფეხა, ძიძო, საშემოდგომო ცერცველა, ხინა, ესპარცეტი და სხვ. მწვანე სასუქად ზოგჯერ არაპარკოსან მცენარეებსაც იყენებენ, ზოგჯერ კი ნარევს. აღნიშნული სიდერატები ნიადაგს ამდიდრებენ ორგანული ნივთიერებით და აზოტით. ი. მარშანიას მიხედვით სიდერატების მასის მოსავალი 35-45 ტ/ჰა შეადგენს- მისი ჩაბარვით ან ჩახვნით ნიადაგში გროვდება 150-

200 კგ/ჰა აზოტი, რომელიც წარმოიქმნება კოჟრის ბაქტერიების ჰაერიდან ფიქსირების შედეგად.

პარკოსანი კულტურები ღრმად ივითარებენ ფესვთა სისტემას, აფხვიერებენ ნიადაგის ქვედა ფენებს და ამავდროს ზედა ფენაში ამოაქვთ შესათვისებელი საკვები ელემენტები. სიდერატების გამოყენებისას ასევე ადგილი აქვს ნიტრატების შემცველობის შემცირებას. კარგად განვითარებული სიდერატები ხელს უშლიან სარეველების გავრცელებას, ამცირებენ ნიადაგის ზედაპირიდან ტენის აორთქლებას და ანელებენ ეროზიულ პროცესებს.

დადგენილია, რომ ციტრუსოვანთა რიგთაშორისებში სიდერატების თესვა ხელს უწყობს ციტრუსოვანი კულტურების ყინვაგამძლეობას, საკვები ელემენტების და ჰუმუსის ზრდას.

საერთოდ მწვანე სასუქების გამოყენება წარმოადგენს ნიადაგის ნაყოფიერების გადიდების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან, აგროტექნიკურ ღონისძიებას. მისი გამოყენება ეფექტს იძლევა არა მარტო პირველ წელს, არამედ შემდეგაც და 4-5 წლამდე გრძელდება.

სოფლის მეურნეობაში მწვანე სასუქების გამოყენებას აქვს 3-4 ათასი წლის ისტორია. მისი გამოყენება დაიწყო ჯერ კიდევ ჩინეთში, ინდოეთში, იაპონიაში, ძველ რომში. ჩვენში მწვანე სასუქების გამოყენება უკავშირდება სუბტროპიკულ კულტურებში მეურნეობის გაძლიერებას. ამჟამად მათ ფართოდ იყენებენ სხვა კულტურების (ხეხილი, ვენახი და სხვ.) გასანოყიერებლად. სიდერატების მწვანე მასა თითქმის იგივე რაოდენობის აზოტს შეიცავს, რამდენსაც ნაკელი, ხოლო ფოსფორსა და კალიუმს შედარებით ნაკლებს.

მწვანე სასუქების გარდა, პრაქტიკაში დანერგილია, ბაქტერიული სასუქების-ნიტარგინის, აზოტობაქტერიინის, ფოსფობაქტერიინის, კომბინირებული ბაქტერიული პრეპარატის, სილიკატური ბაქტერიებისა და სხვა პრეპარატების გა-

მოყენება. ნიადაგში ბაქტერიებს დიდი მნიშვნელობა აქვს ნაყოფიერებისა და მცენარის კვებისათვის. მათი სიმცირის შემთხვევაში ნიადაგში ხელოვნურად შეყავთ მიკროორგანიზმების შემცველი ბაქტერიები.

სასუქების რაციონალური გამოყენება ყველა კულტურის მოსავლიანობის გადიდების და მათი ხარისხობრივი გაუმჯობესების წამყვანი ფაქტორია. ამავ დროს სასუქების გამოყენება განსაზღვრავს ნიადაგის ნაყოფიერების ზრდას და მის შენარჩუნებას.

ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლება ხელს უწყობს კულტურული ცენოზების განვითარებას, რომელიც განსაზღვრავს ეკოლოგიური პირობების გაუმჯობესებას.

ნიადაგის ნაყოფიერებაში, მცენარის მისაწვდომ საკვებ ელემენტებთან ერთად, მნიშვნელოვანია მცენარის უზრუნველყოფა წყლითა და სითბოთი. მშრალ და ცხელ კლიმატურ პირობებში მცენარეები 1-2 ჯერ მეტ წყალს ხარჯავენ, ვიდრე ზომიერ კლიმატურ პირობებში. წყალი აქტიურ მონაწილეობას იღებს ისეთ ფიზიოლოგიურ პროცესებში, როგორიცაა: ტრანსპირაცია, ფოტოსინთეზი, სუნთქვა, ზრდა და სხვ. აორთქლებით წყალი მცენარეს იცავს გადახურებისგან.

წყლის რაოდენობა, დახარჯული ერთი წონითი ერთეულის მშრალი ნივთიერებისთვის (ტრანსპირაციული კოეფიციენტი), სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისთვის განსხვავებულია. იგი მრავალწლიან და მარადმწვანე მცენარეებში გაცილებით მაღალია, ვიდრე ერთწლიანებში.

ნიადაგიდან, წყალთან ერთად, მცენარეში შედის მასში გახსნილი საკვები ნივთიერებანი, რომელიც გადაადგილდება მცენარის ორგანოებში. წყალი აუცილებელია უჯრედის ტურგორის შენარჩუნებისთვის. წყლის საშუალებით მცენარე ქმნის მშრალ ნივთიერებას. ერთი გრამი მშრალი ნივთიერების შექმნისთვის მცენარე ხარჯავს რამდენიმე ასეულ გრამ

წყალს. ნ. დარასელიას გამოკვლევებით, საქართველოს ტენიან სუბტროპიკულ ზონაში, ჩაის ბუჩქი ერთი გრამი მშრალი ნივთიერების შექმნისთვის ხარჯავს 350 გრამ წყალს. სასუქების გამოყენება შესაბამისი რაოდენობის წყლის გარეშე ეფექტს არ იძლევა. ამიტომ კვების რეჟიმის გაუმჯობესებასთან ერთად საჭიროა წყლის რეჟიმის გაუმჯობესება.

ნიადაგის წყლის რეჟიმის რეგულირება წარმოებს მორწყვით: წყლის მიშვებით პატარა არხებით, წვიმისებური მორწყვა სპეციალური დანადგარებით და წვეთური მორწყვა. წვეთური მორწყვა ძირითადად გამოიყენება ტერასებზე, მრავალწლიანი კულტურების ქვეშ. მ.დარასელიას მიერ ცდებით დადგენილ იქნა, რომ დასავლეთ საქარსველოში, ჩაის პლანტაციის წვიმისებური მორწყვის შედეგად, ჩაის ფოთლის მოსავლმა ურწყავ ფართობთან შედარებით, 15-20 %-ით მოიმატა.

მორწყვის შედეგად იზრდება ნიადაგის ნაყოფიერება, მიიღება სტაბილური, მაღალი მოსავალი. ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლების თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია სტრუქტურის გაუმჯობესება, რომელიც ხელს უწყობს წყლის რეჟიმისა და ჰაერაციის ნორმალური პირობების შექმნას. სტრუქტურის გაუმჯობესება ბევრადაა დამოკიდებული ნიადაგის დამუშავებაზე. ნიადაგის ნაყოფიერება და თვისებები გარკვეულ გავლენას ახდენენ მცენარის ბიოლოგიურ თავისებურებებზე. დასავლეთ საქართველოს წითელმიწა და ყვითელმიწა-ეწერ (სუბტროპიკული ეწერი) ნიადაგებს ახასიათებთ დაბალი ბუნებრივი ნაყოფიერება. ამ ნიადაგებზე კარგად ვითარდება ჩაის კულტურა, რომელიც სათანადო აგროტექნიკურ პირობებში მაღალ მოსავალს იძლევა. ასევე მაღალ მოსავალს, შედარებით მშრალ პირობებში, რკინით მდიდარ კირქვებზე განვითარებულ ტერა-როსას ნიადაგებზე, იძლევა ზეთის ხილი. აღნიშნული კულტურები მაღალი ნაყოფიერების შავმიწებზე კერ ვითარდებიან.

ნაწილი 11 ნიადაგის ეკოლოგიური კრიზისი

თავი 8. ნიადაგის ეროზიის ეკოლოგიური შედეგი

დედამიწის ზედაპირზე ნიადაგის ეროზიული პროცესები გავრცელებულია იმ ქვეყნებში, სადაც გვხვდება საშუალო და დაბალი სიმაღლის მთები, ბორცვები, სერები და მოსახლეობის სიმჭიდროვე მაღალია. ასეთ ქვეყნებში მოსახლეობა ითვისებს დიდი დახრილობის ფერდობებს. ათვისების პირველსავე წლებში დადგინდა, რომ კოკისპირული წვიმების და თოვლის ნადნობი წყლით წარმოქმნილი ნაკადების მიერ ადგილი აქვს ნიადაგის ზედაპირული, ნაყოფიერი ფენის დაშლას, გადატანას და მასთან ერთად სახნაუ-სათესი ფართობების დაზარალებას, განადგურებას. ნიადაგის ეროზია საკმაოდ გავრცელებულია მშრალ პირობებში ქარის მოქმედებით.

ეროზია ლათინური სიტყვაა. ზოგიერთის მიხედვით განცალკევებას ნიშნავს, ზოგის კი ამოჭმას, შეჭმას. ეროზიის ტერმინს ფართოდ იყენებენ სოფლის მეურნეობაში, გეოგრაფიაში, გეოლოგიაში და სხვა დარგებში. თავის დროზე ნიადაგის ეროზია იყო შემდეგნაირად განმარტებული: წყლისა და ქარის ნაკადების მოქმედების მრავალფეროვანი და ფართოდ გავრცელებული მოვლენა, რომელიც იწვევს ნიადაგის, ფხვიერი ქანების დაშლას და გადატანას.

ნიადაგის დაშლისა და გადატანის გამომწვევი ფაქტორების მიხედვით არჩევენ წყლისმიერ და ქარისმიერ (დეფლაცია) ეროზიას. სარწყავი მიწათმოქმედების პირობებში, წყლის ხარჯვის გადიდებული ნორმით და ინტენსიური მორწყვის შედეგად, ადგილი აქვს ირიგაციულ ეროზიას. წყლისმიერი ეროზიის დროს ადგილი აქვს ნიადაგის ზედაპირული ფენის გადატანას, ხოლო დეფლაციის დროს – ნიადაგის ახვეტვას.

ნიადაგის ეროზიის განვითარების ინტენსივობისა და ხარისხის მიხედვით არჩევენ ნორმალურ (ბუნებრივ) და აჩქარებულ (ექსცესივურ) ეროზიას.

ნორმალური ეროზია წარმოიქმნება ნიადაგის ზედაპირზე, ბუნებრივი მცენარეულობის ქვეშ, რელიეფური და მეტეოროლოგიური ფაქტორების ზეგავლენით. წყალი და ქარი მუდმივად, შლიან ნიადაგის ზედაპირს ან ფხვიერ ქანებს და გადაადგილებენ მათ ერთი ადგილიდან მეორეზე. აღნიშნული პროცესი ადამიანის ჩარევის გარეშე ნელა მიმდინარეობს და მას დიდი ზიანი არ მოაქვს. ნორმალური ეროზია მკვეთრად იცვლება ადამიანის არასწორი მოქმედებით, როგორიცაა: ფერდობის დახრილობის მიმართულებით ნიადაგის დაშუშავება, დიდი დახრილობის ფერდობებზე ტყის მთლიანი გაკაფვა, ასევე დიდი დახრილობის ფერდობის ათვისება ერთწლიანი კულტურების ქვეშ, საძოვრების გადატვირთვა ინტენსიური ძოვების შედეგად და სხვ. ასეთ პირობებში ადგილი აქვს ნიადაგის ზედაპირული ფენის დაშლას და გადატანას, რის გამოც ეცემა ნიადაგის ნაყოფიერება. ეს პროცესი ცნობილია ნიადაგის აჩქარებული ეროზიის სახელწოდებით. აჩქარებული ეროზიის სიძლიერე გაცილებით მეტია და მას დიდი ზიანი მოაქვს, ვიდრე ნორმალურს. ამ დროს ჩამორეცხვის ტემპები ბევრად ჭარბობს ნიადაგწარმოქმნის პროცესების ტემპებს.

ნორმალურ (ბუნებრივ) ეროზიას ზოგიერთნი გეოლოგიურსაც უწოდებენ, რადგანაც ის საუკუნეების მანძილზე მიმდინარეობს და ნიადაგის ნაყოფიერების შემცირების თვალსაზრისით მას არსებითი მნიშვნელობა არ აქვს. ამიტომ ნიადაგის დაცვისთვის რაიმე ღონისძიების გატარება არ არის საჭირო.

აჩქარებული წყლოვანი ეროზია იწვევს დროის მოკლე მონაკვეთში ნიადაგის ზედაპირული ნაწილის დაშლას და გადატანას. აჩქარებული ეროზიის განვითარება ძირითადად გამოწვეულია ანთროპოგენური ფაქტორით და მასთან ერთად

სხვადასხვა პირობებებით, მაგალითად, ფერდობის დახრილობით, ამგები ქანების შემადგენლობით, ნალექების რაოდენობით და ინტენსივობით. ფზიერი და ღორღიანი აგებულების ნიადაგწარმოქმნელი ქანების წყალგამტარობა გადიდებულია და ნიადაგის ეროზიული პროცესი შესუსტებულია. იმ შემთხვევაში, როდესაც ნიადაგწარმოქმნელი ქანი მკვრივია, წყალი წყალგაუმტარ ფენაზე სიმძიმის ძალით მოძრაობს დახრილობის მიმართულებით. ნალექების მოსვლის ინტენსივობის გადიდებასთან ერთად იზრდება ნიადაგის ზედაპირული გადარეცხვა. დიდი მნიშვნელობა აქვს მცენარეულ საფარს, რომელიც თავისი ვარჯით აკავებს ნალექებს და ამცირებს წვიმის წვეთების დაცემის ძალას ნიადაგის ზედაპირზე. არანაკლებ მნიშვნელოვანია ნიადაგის ფიზიკური თვისებები, წყალგამტარობა, სტრუქტურუიანობა და სხვ.

მცენარის საფარის პირობებში (მერქნიანი ან ბალახოვანი) მოსულ ნალექებს შეიწოვს ნიადაგის ფორები. ფორების წყლით ავსების შემდეგ ხდება წყალგამტარობა ვერტიკალურად და გვერდითი დინებით. როდესაც ნალექების მოსვლის რაოდენობა სჭარბობს ნიადაგის მიერ წყლის შეწოვას და წყალგამტარობას, ამის შემდეგ იწყება ზედაპირული გადადინება. ზედაპირული გადადინებული წყლით იქმნება პატარა ნაკადები, რომელთა შეერთებით წარმოიქმნება შედარებით მსხვილი ერთიანი ნაკადები. მსხვილი ერთიანი ნაკადები შლიან ნიადაგის ზედაპირულ ფენას და გადარეცხავენ.

წყლისმიერი ეროზიისაგან ფართოდაა გავრცელებული ზედაპირული ანუ სიბრტყითი და სიღრმითი ეროზიის სახე. აღნიშნულთან ერთად ზოგიერთი გამოყოფს ჭავლისებურ და ხაზობრივ ეროზიას. მაგრამ მათ შორის დიდი განსხვავება არ არის.

ზედაპირული სიბრტყითი ეროზია კარგადაა გამოხატული მცენარეთა საფარს მოკლებული ტერიტორიის პირობებში. იგი იწყება თანდათანობით და ნებისმიერ დახრილ

ფერდობზე წვიმის წვეთები შლის ნიადაგის ნაწილაკებს. აღნიშნული ნაწილაკების გადატანა ხდება შეტივტივებული ან გადაგორების სახით. გადატანის სიჩქარე დამოკიდებულია ფერდობის დახრილობაზე და წყლის ნაკადების მოძრაობის სიჩქარეზე. მცენარეთა საფარის არსებობა ნიადაგის ზედაპირის დაშლას და გადატანას ძლიერ ამცირებს.

ზედაპირული სიბრტყითი ეროზიის მოქმედების ინტენსივობას აჩქარებს ადამიანის არასწორი სამეურნეო მოქმედება. აღნიშნული ეროზიის სახე ძლიერადაა გამოხატული ერთწლიანი სათოხნი კულტურების ქვეშ. ვ. მაჭავარიანის მიხედვით, ზემო იმერეთში, სიმინდის ყანაში 11-12⁰ დახრილობის ფერდობიდან ნიადაგის ნაყოფიერი ფენის საშუალო წლიური დანაკარგი ჰექტარზე 110-120 ტონას შეადგენდა, ხოლო ამავე დახრილობის ფერდობიდან ვენახში – 50-60 ტონას ჰექტარიდან. დასავლეთ საქართველოში ახალგაზრდა ჩაის პლანტაციიდან ტ.კეარაცხელიას, მ. დარასელიას და ვ. გუსაკის გამოკვლევებით, ერთი ჰექტარიდან გადარიცხება 50-200 ტონა ნაყოფიერი ნიადაგი. მ. დარასელიას მიერ პირველად დანერგილი იქნა ჩაის ლენტისებური გაშენება (ჭადრაკულ ბუდობრივის ნაცვლად) ფერდობის დახრილობის საწინააღმდეგო მიმართულებით.

დამუშავებულ ფერდობებზე, ახალგაზრდა ნათესარსა და ნარგავებში, კოკისპირული წვიმების დროს წყლის ნაკადების შედეგად წარმოიქმნება დიდი სიღრმის წყალნალარები, რომლებიც დამუშავების შედეგად მთლიანად არ ისპობა. შემდგომში წვიმის მოსვლის და თოვლის ნადნობი წყლის მოქმედებით წყალნალარები ღრმავდება და ადგილი აქვს სიღრმით ეროზიას. სიღრმითი ეროზიის განვითარება საფუძველს აძლევს ზრამების განვითარების დასაწყისს, რომელიც შემდგომში კიდევ უფრო ღრმავდება. საერთოდ ნიადაგის გადარეცხვა ორჯერ მეტია სილნარი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებიდან, ვიდრე თიხა და თიხნარი

შედგენილობის ნიადაგებიდან. ზედაპირული სიბრტყითი ეროზიის დროს ნიადაგის ინტენსიური ჩამორეცხვა ხდება ჭავლისებური წყლის ნაკადების შედეგად.

ხაზობრივი ეროზიის დასაწყისს წარმოადგენს ზედაპირული სიბრტყითი ეროზია. ძლიერი ზედაპირული დინების შედეგად წარმოიქმნება ვიწრო კალაპოტიანი წყალნალარები, ვერტიკალური მიმართულებით, ვიწრო უბნებზე. ხშირად ნაკადების კონცენტრაციას ადამიანი ხელს უწყობს არასწორი მოხვნის ან არასწორი დაკვალვით. ნაკადებით იშლება და გადაიტანება ნიადაგი. ნაკადების კალაპოტი შემდგომი მოქმედებით ფართოვდება, ღრმავდება და წარმოიქმნება ხრამები, ღარტაპები.

წვიმის მოსვლის გარდა ნიადაგის ეროზიას იწვევს თოვლის ნაღნობი წყლის მოქმედება. ამ დროს ნიადაგის ეროზიის ინტენსივობა დამოკიდებულია თოვლის ღნობის ინტენსივობაზე, აღნიშნული ეროზია უფრო ძლიერ გამოხატულია იმ ფერდობებზე, რომელიც მოსავლის აღებამდე ეკავა ერთწლიან სათოხნ კულტურებს.

მორწყვის პირობებში ადგილი აქვს ირიგაციულ ეროზიას. ეროზიის ამ სახეს ადგილი აქვს მორწყვის მაღალი ნორმების გამოყენების დროს. მორწყვის სახეები: პატარა არხით მორწყვა თვითდინებით, დაწვიმებითი და წვეთური მორწყვა. მორწყვის აღნიშნულ სახეებს იყენებენ წყლის რაოდენობის და რელიეფის გათვალისწინებით. საერთოდ მორწყვა ხელს უწყობს არა მარტო ნიადაგის წყლის რეჟიმის დარეგულირებას და მცენარისათვის საკვები ელემენტების მისაწვდომობას, არამედ ჰაერის შეფარდებითი ტენიანობის და საერთოდ, მცენარის გარემოს ეკოლოგიური პირობების გაუმჯობესებას.

წყლის მარაგის რაციონალური გამოყენებისა და მორწყვის ეფექტიანობისთვის საჭიროა დადგინდეს მორწყვის ნორმა. ნორმის დადგენისათვის აუცილებელია ნიადაგის სავე-

ლე ანუ უმცირესი ტენტევალობის, მოცულობითი წონის და ნიადაგის სარწყავი სიღრმის ცოდნა.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მორწყვის დროს იყენებენ მდინარის, ტბის ან გრუნტის მტკნარ წყალს. ამავე დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს სარწყავი წყლის ტემპერატურას, ატივტივებული ნაწილაკების რაოდენობის და აქტუალური რეაქციის ცოდნას. წყლის ტემპერატურა ახლოს უნდა იყოს მცენარის ტემპერატურასთან. ცივი წყალი ხელს უშლის მცენარის ზრდა-განვითარებას. წვრილი ნაწილაკების არსებობა განსაზღვრავს წყლის ქიმიურ შედგენილობას. დაბალი წყალგამტარობის პირობებში საერთო მინერალიზაციის მაჩვენებელი უნდა შეადგენდეს 1-1,5 გრამს ლიტრში, ხოლო კარგი წყალგამტარობის პირობებში 2 გრამს ლიტრში.

უდაბნოებსა და ნახევარუდაბნოებში, სადაც ძირითადად მოჰყავთ ერთწლიანი ბოჭკოვანი მცენარეები, მორწყვა წარმოებს პატარა არხებით ანუ ე.წ. ერიკებით.

დაწვიმებითი მორწყვა დიდ ეფექტს იძლევა მრავალწლიან კულტურებში, განსაკუთრებით მეჩაიეობაში საქართველოში, აზერბაიჯანსა და რუსეთის კრასნოდარის მხარეში.

მდარასელიას გამოკვლევებით, ჩაის პლანტაციის მორწყვის სახეებიდან მაღალ ეფექტს იძლევა დაწვიმება. დაწვიმებითი მორწყვა დადებითად მოქმედებს ჩაის მცენარის და ნიადაგის წყლის რეჟიმზე. მრავალწლიანი მონაცემების დაწვიმებითი მორწყვით დასავლეთ საქართველოში ჩაის ფოთლის მოსავალის მატება შეადგენს 15 %-ს, ზოგჯერ კი 30 %-ს.

მდარასელიას ცდებით დადგენილი იქნა, რომ 0-10 სმ სიღრმეზე ჩაის პლანტაციაში, ნიადაგის საველე ტენტევალობა 70 %-ის ქვევით არ უნდა ეცემოდეს. ზაფხულის ცხელ საათებში დიდ ეფექტს იძლევა გამაგრილებელი რწყვა, რომელიც ატენიანებს ჩაის მცენარის ვარჯს. გამაგრილებელი რწყვის დროს ნაკლებია ეკონომიკური დანახარჯები, მცირეა

საჭირო წყლის რაოდენობა და რაც მთავარია მიიღება უფრო მეტი მოსავალი, ვიდრე ჩვეულებრივი მორწყვის დროს. ამავე დროს ადგილი აქვს ჰაერის ტენიანობის გარკვეულმა ტემპებს და ტემპერატურის შემცირებას.

ტერასულ პირობებში მრავალწლიანი კულტურების ქვეშ ფართოდ იყენებენ წვეთურ მორწყვას. ამ დროს წყლის გატარება ხდება პლასტმასის მილებში და მცენარის ღეროსთან წვრილი ხერხელის საშუალებით წყალი გამოდის წვეთის სახით. მორწყვის ეს სახე კარგ შედეგს იძლევა დატერასებულ ფერდობებზე.

ხანგრძლივი და დიდი ნორმებით მორწყვა იწვევს ეროზიულ პროცესებს და მეორად დამლაშებას, რასაც ადგილი არა აქვს წვეთური მორწყვის დროს.

ნიადაგის წყლისმიერი ეროზიის ყველა სახის დროს დიდია ნიადაგის ნაყოფიერი ფენის დანაკარგი და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის შემცირება.

წყლისმიერი ეროზია ყველაზე კარგადაა გამოხატული გორაკ-ბორცვებზე და წინამთებზე ინტენსიური მიწათმოქმედების პირობებში, განსაკუთრებით იქ, სადაც დიდია წლიური ნალექების მოსვლის რაოდენობა.

წყლისმიერი ეროზია ფართოდაა გავრცელებული საქართველოს სუბტროპიკულ რაიონებში, განსაკუთრებით ახლად დამუშავებულ მრავალწლიანი და ერთწლიანი კულტურების ქვეშ. ნიადაგის ზედაპირის გადარეცხვა ძლიერ იზრდება კოკისპირული წვიმების დაწყების წინ, როდესაც მოდის მსხვილი წვეთები. ნიადაგის გადარეცხვის შედეგად შიშვლდება მცენარეთა ფესვთა სისტემა, ზოგიერთი მცენარე იღუპება, საერთოდ მცირდება მცენარის ზრდა—განვითარება და შესაბამისად მოსავალი. ვ. მაჭავარიანის მიხედვით, სამი წლის საშუალო მონაცემებით, ჩამოურეცხავ ნიადაგებზე ერთი ძირი ვაზის მოსავალი 205 კგ შეადგენდა, ზოლო ჩამორეცხილ ნიადაგზე — 109 კგ ანუ 13 %-ით ნაკლებს.

დასავლეთ საქართველოს სუბტროპიკულ რაიონებში, ნიადაგის გადარეცხვის მაღალი ინტენსივობა აღინიშნება შემოდგომისა და ზამთრის თვეებში. ამ დროს მოდის წლიური ნალექების 60 %. ნიადაგის გადარეცხვა პირდაპირ კავშირშია ნალექების მოსვლის რაოდენობასთან და მის ინტენსივობასთან. აღნიშნულის შესახებ საინტერესო გამოკვლევები აქვს ჩატარებული მ. დარასელიას, ახალგაზრდა ჩაის პლანტაციაში. საცდელ ნაკვეთზე ნიადაგის ზედაპირული გადარეცხვა წელიწადში შეადგენდა 75 ტონას ჰექტარიდან. გადარეცხილ ნიადაგში ჰუმუსის რაოდენობა 2400 კგ შეადგენს, აზოტის – 150 კგ, ხოლო ფოსფორის – 95 კგ.

ჩაის პლანტაციაში ნიადაგის ეროზიის შემცირების მიზნით, მ. დარასელიას მიერ, პირველად დანერგილ იქნა ჩაის გაშენების წინ ნიადაგის ღრმად დამუშავება (45 სმ) და ჩაის ბუჩქის გაშენება ფერდობის დახრილობის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ასეთი წესით გაშენებული ჩაის პლანტაცია შემდგომში იწვევდა ფერდობის თვითდატერასებას. მას აუცილებლად მიაჩნდა ჩაის პლანტაციის რიგთაშორისში ნასხლავი მასალის დატოვება, რაც ამცირებდა ეროზიას და ზრდიდა ჰუმუსის რაოდენობას ნიადაგში.

ქარისმიერი ეროზია (დეფლაცია) წარმოიქმნება ძლიერი ქარების მოქმედების ზონაში, როდესაც ქარის სიჩქარე ნაკლებია 22–25 მ/წამზე ეროზიული პროცესი ძლიერ შესამჩნევი არ არის, მაგრამ საგრძნობლად დიდი ზიანი მოაქვს. მტვრიანი გრიგალის დროს (ქარის სიჩქარე 22–25 მ/წამზე მეტია) ადგილი აქვს ზედაპირული ფენის ახვეტვას. მტვრიანი გრიგალი ყოველთვის დიდ ტერიტორიას მოიცავს.

ქარისმიერი ეროზია ფართოდაა გავრცელებული საქართველოში, კერძოდ შირაქში, ალაზნის დაბლობზე, ივრის ზეგანზე, ქვემო ქართლის ვაკეებზე და სხვ.

ქარის მოძრაობის დროს ნიადაგის წვრილი ნაწილაკები მოძრაობის დროს ერთმანეთს ეჯახებიან. ქარის სიჩქა-

რის შემდგომი მომატებით ნიადაგის წვრილი ნაწილაკები ძლიერი დაჯახებით შლიან მსხვილ ნაწილაკებს. ქარის სიჩქარის გაძლიერებით ადგილი აქვს ერთი ადგილიდან ნიადაგის ზედაპირის ახვეტვას და მეორე ადგილზე გადატანას.

ს. ზახაროვის მიხედვით, მტვრიანი გრიგალის პირობებში, ერთი სმ სისქის სახნავი ფენის გადატანით ჰექტარიდან გაიტანება 30 კგ აზოტი, 20 კგ ფოსფორი და 300 კგ-ზე მეტი კალიუმი.

ქარს, ნიადაგის ზედა ფენასთან ერთად მიაქვს ახლად დათესილი თესლი, ახლად აღმოცენებული და სუსტად განვითარებული ნერგები და ადგილზე აშიშვლებს მცენარეთა ფესვთა სისტემას. ნიადაგის მტვრის დაღებვის შედეგად იმარხება ნათესები, ივსება სარწყავი არხები, წყალსაცავები, იფარება გზები და სხვა, რომელთა გაწმენდა დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული.

აღმოსავლეთ საქართველოში, განსაკუთრებით გარე კახეთში, გვიან შემოდგომაზე და ადრე გაზაფხულზე ხშირია ძლიერი ქარები და მათი სიჩქარე ზოგჯერ 25-30 მ/წამს აღემატება. აღნიშნული ქარი რამდენიმე დღეში ნიადაგს აცლის 4-5 სმ სისქის ზედა ფენას და მთლიანად აზიანებს სუსტად განვითარებულ ნათესებს. ამავე დროს ნიადაგის მტვრით ივსება სარწყავი არხები.

ეროზიული პროცესების შედეგად გადაირეცხება და აიხვეტება ნიადაგის ზედაპირული, საკვები ნივთიერებებით მდიდარი, ჰუმუსოვანი ფენა, რის გამოც ეცემა ნიადაგის ნაყოფიერება. ფერდობებზე ეროზიის შედეგად წარმოქმნილი ნაყარები შემდგომში ხელს უწყობს ხრამებისა და ღარტაპების წარმოქმნას, აძნელებს ფერდობის დამუშავებას. ასეთ ფერდობებზე შემდგომში მცენარეთა საფარი ვერ ვითარდება.

ფერდობები განიცდიან ეროზიულ მოქმედებას არა მარტო მიწათმოქმედების პირობებში, არამედ ტყის გაკაფვის შედეგადაც.

ანთროპოგენური ფაქტორის და სოციალური პროცესების არასწორი მიმართულების გააქტიურების შედეგად ძლიერდება ეროზიული პროცესები და საუკუნეების მანძილზე წარმოქმნილი ნიადაგის ნაყოფიერი ფენა ღროის მცირე მონაკვეთში გადაიტანება და აიხვეტება.

ეროზირებული და უტყეო ფერდობები, აგრეთვე მიმდებარე ვაკე ტერიტორიები, მცირედ და არარეგულარულად ღებულობენ ატმოსფერულ ნალექებს. მოსული ნალექები მცენარეთა საფარის სიმეჩხერის ან არ არსებობის გამო გაცილებით ნაკლებია. ნალექები ნიადაგის დაბალი წყალგამტარობის გამო გადაედინება ზედაპირზე და ორთქლდება. ეს მოვლენა ხელს უწყობს წყაროების, წყლის პატარა ნაკადულების შემცირებას და იზრდება არიდიზაცია. არიდიზაციის შემდგომი ზრდა ხელს უწყობს გაუდაბნოების პროცესს. უტყეო ფერდობებზე აქტიურდება თოვლზგავები და მეწყერული მოვლენები.

ჰიდროლოგიური პირობების გაუარესების შედეგად მცირდება მდინარეების და ტბების ღონე. იზრდება მარილების კონცენტრაცია, მატულობს ნიტრატების, ფოსფატების და სხვა მავნე ნარჩენების ტოქსიკურობა, რადგან წყლის რაოდენობის შემცირების გამო მცირდება მისი თვითგაწმენდის შესაძლებლობა.

ამგვარად, ეროზირებულ ტერიტორიაზე, არიდიზაციის მატებისა და გაუდაბნოების გამო, იცვლება ეკოლოგიური პირობები.

ცნობილია, რომ ეროზიული მოვლენების გამო ხდება დიდი რაოდენობით მიწების მიტოვება აზიის, აფრიკის, ჩრდილოეთ და სამხრეთ ამერიკის სახელმწიფოებში. 1985 წლის მონაცემების მიხედვით, აფხაზეთის მთიან პირობებში,

სისტემატური ეროზიული პროცესების გამო, გარკვეულ წლებში 20 ათასმა ჰა სახნავმა დაკარგა ნაყოფიერება და გადაყვანილი იქნა ნასვენ საეარგულში.

თავი 9. ნიადაგის გაჭუჭყიანება ატმოსფერული ნალექებით

ატმოსფერო დედამიწის ჰაეროვანი გარსია. ატმოსფეროს ქვედა საზღვარს დედამიწის ზედაპირი წარმოადგენს, მაგრამ ჰაერს შეიცავენ ნიადაგისა და ქანების ფორები და ნაპრალები.

ჰაერი წარმოადგენს მყარი და თხევადი ნაწილაკების გაწონასწორებულ აირს, რომელიც მიზიდულობის ძალით აკრავს დედამიწას და მასთან ერთად მოძრაობს. მისი სიმკვრივე 10-ჯერ ნაკლებია წყლის სიმკვრივეზე. დედამიწის ზედაპირთან ახლოს, მტვრისა და ტენის გარეშე, ჰაერის შემადგენლობა ასეთია: აზოტი – 78,09 %, ჟანგბადი – 20,95 %, არგონი – 0,932 %, ნახშირორჟანგი – 0,03 %. სხვა აირების რაოდენობა ძალზე უმნიშვნელოა.

ჩატარებული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ 100 კმ სიმაღლემდე ჰაერის შემადგენლობა თითქმის უცვლელია. ზოგიერთი მსხვილი სამრეწველო ქალაქების ზევით მთელი რიგი აირების შემადგენლობა გაცილებით მეტია. მაგრამ აღნიშნულ სიმაღლემდე ჰაერის ერთგვარად მუდმივი შემადგენლობა განპირობებულია იმით, რომ ჰაერის მასები მუდმივ მოძრაობაშია, მიმდინარეობს სხვადასხვა რეაქციები და ჰაერს გააჩნია თვითგაწმენდის უნარი.

ატმოსფეროს საშუალებით მიმდინარეობს ნივთიერებათა ცვლა ხმელეთსა და კოსმოს შორის. ამავე დროს ატმოსფერო საიმედოდ იცავს დედამიწას და მათ შორის ადამიანს მრავალი საშიშროებისგან. ატმოსფერო კოსმოსიდან არ ატარებს მეტეორებს. ი.ნოვიკოვი აღნიშნავს, რომ მზო-

ლოდ მოსკოვის თავზე დღე-ღამეში იწვის 200-მდე მეტე-
ორიტი. ზოგიერთი მეტეორი მაინც აღწევს დედამიწას.
ატმოსფერო დედამიწას იცავს გადახურებისგან, ატარებს
გარკვეული რაოდენობით ენერგიას, არეგულირებს დღე-
ღამური ტემპერატურის მსვლელობას. ატმოსფეროს ზედა
ფენაში ადგილი აქვს ინტენსიურ კოსმოსურ გამოსხივებას.
დედამიწამდე მათი მიღწევის შემთხვევაში ყველა ცოცხალი
არსება გაქრება.

ატმოსფერო შეიცავს ჰაერს, რომელიც აუცილებელია
ფლორისა და ფაუნისათვის. საკვების გარეშე ადამიანს შეუძ-
ლია იცოცხლოს ხუთი კვირა, წყლის გარეშე – ხუთი დღე,
უჰაეროდ – მხოლოდ ხუთი წუთი. ადამიანის ნორმალური
საქმიანობისთვის განუწყვეტლივ საჭიროა არა მარტო ჰაე-
რის არსებობა, არამედ მისი სისუფთავე და ხარისხი. ჰაერის
ხარისხი გავლენას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე, მცე-
ნარებისა და ცხოველთა სამყაროს მდგომარეობაზე. გაჭუჭ-
ყიანებული ჰაერი უარყოფითად მოქმედებს ყველა ცოცხალ
ორგანიზმზე ხმელეთსა და ზღვაში, ასევე შენობა-ნაგებო-
ბების მდგომარეობაზე.

ატმოსფეროს ზედა საზღვრად მიიჩნევენ 2000 კმ-ს
და ტემპერატურის ცვალებადობის მიხედვით გამოყოფენ რამ-
დენიმე არეს ანუ სფეროს. სფეროებს შორის გარდამავალ
არეს პაუზებს უწოდებენ, სადაც ტემპერატურა უმნიშვნე-
ლოდ იცვლება.

დედამიწის ზედაპირიდან ვერტიკალური მიმართულე-
ბით გამოყოფენ შემდეგ სფეროებს:

ტროპოსფერო – იგი უშუალოდ ეკერის დედამიწის
ზედაპირს და ვერტიკალური სიმაღლე განედების მიხედვით
იცვლება. ეკვატორზე 18 კმ-ზე მაღლაა, ხოლო პოლუსებთან
– 8-10 კმ-ზეა. ადგილი აქვს ჰაერის მასების ჰორიზონ-
ტალურ და ვერტიკალურ გადაადგილებას, რაც იწვევს სიმა-
ღლის მიხედვით ტემპერატურის დაცემას. ყოველ 1 კმ სი-

მაღლეზე ტემპერატურა მცირდება 6–6,5⁰–ით. ტროპოსფეროში თავმოყრილია ატმოსფეროს მასის 64 %, აქ წარმოიქმნება ღრუბლები და დედამიწაზე მოდის ნალექები. ტროპოსფერო განსაზღვრავს დედამიწის ზედაპირზე ამინდს და კლიმატს.

ტროპოსფეროს ზევით გარდამავალი შრე ტროპოპაუზა ვრცელდება 50–55 კმ–ზე, რომელშიც ტემპერატურა არ ეცემა.

სტრატოსფერო – ტროპოპაუზის ზევითაა, დამახასიათებელია ატმოსფერული ჰაერის სუსტი დინება, წყლის ორთქლი თითქმის არ არის და არ წარმოიქმნება ნალექები. 30–35 კმ სიმაღლეზე ოზონის შრეა, რომელიც წარმოიქმნება ულტრაიისფერი სხივების გავლენით. ოზონის შრე შტანთქავს მზის ულტრაიისფერ სხივებს, რითაც დედამიწის ზედაპირზე განადგურებისაგან იცავს ორგანულ სამყაროს.

სტროპოსფეროს ზევითაა სტრატოპაუზის შრე, რომლის ზევითაა მეზოსფერო.

მეზოსფერო – ვრცელდება 80 კმ–მდე, რომელშიც ტემპერატურა კვლავ ეცემა აქ წარმოიქმნება ვერცხლისფერი ღრუბლები, რომლის ბუნება დღემდე შესწავლილი არ არის. ფიქრობენ, რომ აქ გავრცელებულია გაფანტული ყინულის წვრილი კრისტალები. მეზოსფერო გადადის მეზოპაუზის შრეში, რომლის შემდეგ იწყება თერმოსფერო.

თერმოსფერო – ვრცელდება მეზოპაუზის შემდეგ და მოიცავს 80 კმ–დან 800 (900) კმ–მდე სიმაღლეს. თერმოსფეროს ქვედა ფენაში აირები – აზოტი და ჟანგბადი იონიზირებულ მდგომარეობაშია. ულტრაიისფერი და მზის ელექტრული რადიაცია არღვევს მას მოლეკულურ და ატომურ წყობად. ამიტომ აღნიშნულ ფენას იონოსფეროს უწოდებენ.

თერმოსფეროში 160 კმ სიმაღლიდან განუწყვეტლივ მიმდინარეობს მეტეორიტების წვა და ისინი ვერ აღწევენ

დედამიწამდე. ამით ცოცხალი ორგანიზმები გადარჩენილია განადგურებისაგან.

თერმოსფეროს ზევითაა თერმოპაუზის შრე, რომელიც 900 კმ-დან გადადის ეგზოსფეროში.

ეგზოსფერო – ვრცელდება 2000 კმ და მეტ სიმაღლემდე. მისი შესწავლა შესაძლებელი გახდა მხოლოდ რაკეტების საშუალებით. ჰაერი ძალზე გაიშვიათებულია.

ამგვარად, ატმოსფეროს ზედა ფენები დედამიწის ზედაპირზე არეგულირებს საჭირო რაოდენობის სითბოს და სინათლეს, ამასთანავე განსაზღვრავს ამინდისა და კლიმატის ელემენტებს.

ბიოსფეროსთვის მეტად მნიშვნელოვანია ატმოსფეროში აზოტის, ჟანგბადის და ნახშირორჟანგის შეთანაწყობის ბალანსი.

ატმოსფერული ჰაერი აზოტის დიდ რაოდენობას შეიცავს და ფაქტიურად მისი გიგანტური რეზერვუარია. მასზე მოდის ჰაერის მოცულობის $\frac{2}{3}$ ნაწილი. მისი რაოდენობა აზოტომბაფიქსირებელი და დენიტრიფიკატორული ბაქტერიების ცხოველმყოფელობით ასე თუ ისე გაწონასწორებულია. აზოტი ჰაერში თავისუფალ მდგომარეობაშია. იგი უფერო, უსუნო, უგემო, ჰაერზე მსუბუქი აირია. აზოტის მცირე ნაერთები გვხვდება ნიადაგში. აზოტი შედის ცილოვან ნივთიერებებში და სხვა ბუნებრივ ორგანულ ნაერთებში. ატმოსფერული აზოტის სამრეწველო გამოყენებამ შეიძლება შეცვალოს მისი ბალანსი. ცნობილია, რომ სამრეწველო მიზნებისათვის წელიწადში მილიარდამდე ტონა აზოტი იხარჯება, გაცილებით მეტი, ვიდრე დენიტრიფიკატორი ბაქტერიები გამოიმუშავენ.

ატმოსფერული ჰაერის მეორე ძირითადი კომპონენტია ჟანგბადი. მის გარეშე შეუძლებელია სუნთქვა და ცოცხალი ორგანიზმების არსებობა. ჟანგბადის რაოდენობას მცენარეთა საფარი განსაზღვრავს, ოკეანეებში კი – მწვანე წყალმცენა-

რეები. მწვანე წყალმცენარეების შემცირება წყლის გაბინძურებითაა გამოწვეული.

ნახშირორჟანგი ატმოსფერულ ჰაერში მცირე რაოდენობითაა. მისი რაოდენობრივი მომატება უარყოფითად მოქმედებს ცოცხალ ორგანიზმებზე. მისი სტაბილურობის შენარჩუნება შესაძლებელია მცენარეული საფარის გაზრდით.

იმის გამო, რომ ჰაერის მასები განუწყვეტლივ მოძრაობაშია, ერთ ადგილზე გაჭუჭყიანებული ჰაერი სტრატოსფეროს ყველა ნაწილში ვრცელდება. გაჭუჭყიანებულ ჰაერში დედამიწიდან აორთქლებული წყლის ორთქლის გამოყოფილი წვეთები აჩქარებს სტრატოსფეროში ქიმიურ რეაქციებს, გამოყოფილი მავნე ნივთიერებები ნალექების საშუალებით გვევლინება ხმელეთზე და ზღვების ზედაპირზე.

ტენიანი და რბილი ჰაერის მასები გარკვეულ სიმაღლეზე გაცივების შედეგად განიცდიან კონდენსაციას, რასაც კონდენსაციის დონეს უწოდებენ. კონდენსაციის შედეგად წარმოიქმნება წყლის ორთქლი, რომელიც ჰაერში გვევლინება ნისლითა და ღრუბლების სახით. ვერტიკალური მოძრაობის, წელიწადის დროების მიხედვით, სიმაღლეზე განაწილებისა და სხვა ფაქტორების გამო არსებობს სხვადასხვა ფორმის ღრუბლები.

ღრუბლების გაცივების შედეგად წარმოიქმნება წყლის წვრილი წვეთები, რომლებიც მოძრაობენ და ერთმანეთს უერთდებიან. შეერთებული მძიმე წვეთები სიმძიმისა და მიზიდულობის ძალით დედამიწაზე გვევლინება წვიმის სახით. გარკვეული პირობების შედეგად ატმოსფერული ნალექი დედამიწაზე შეიძლება მოვიდეს თოვლის, სეტყვის, ყინულოვანი წვიმის და სხვა სახით.

ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ეკოლოგიურ პრობლემას წარმოადგენს მჟავიანობის მომატება ნიადაგში, ჰიდროსფეროში ე.წ. მჟავე წვიმების საშუალებით. ტერმინი მჟავე

წვიმა პირველად გამოიყენა ბრიტანელმა მეცნიერმა რობერტ ანგუს სმიტმა 1872 წელს.

ატმოსფეროს გაჭუჭყიანება ორი სახისაა — ბუნებრივი და ხელოვნური. ატმოსფეროს ბუნებრივ გამაჭუჭყიანებელი ფაქტორებიდან აღსანიშნავია: ჰაერის უეცარი გაჭუჭყიანება კოსმოსური მტვერით და კოსმოსური გამოსხივებით.. ხმელეთიდან ჰაერს აჭუჭყიანებს ეულკანების ამოფრქვევა, რომელიც ლავასთან ერთად დედამიწის ზედაპირზე ამოაფრქვევს შხამიან აირებს, გრიგალები, ტყის ხანძრები, ზღვის მიერ გამოტანილი მარილი და სხვ.

XIX საუკუნის ბოლო პერიოდში გარემოს ბუნებრივი გაჭუჭყიანების წილზე მოდიოდა 64 %, ხოლო 14 % გაჭუჭყიანება გამოწვეულია ადამიანის სამეურნეო საქმიანობით. ამჟამად ეს მდგომარეობა რადიკალურად შეცვლილია.

ატმოსფეროს ძირითადი ხელოვნური გამაჭუჭყიანებელია სამრეწველო, სატრანსპორტო და საყოფაცხოვრებო საწარმოების მავნე ნივთიერების გამოფრქვევა. მავნე ნივთიერების გამოფრქვევა ატმოსფეროში სამრეწველო ცენტრებიდან ყოველ წელს იზრდება.

ატმოსფეროში თბოელექტროსადგურებით, შავი და ფერადი მეტალურგიის, ნავთობისა და გაზის გადამამუშავებელი, ურანის მრეწველობის, ქიმიური მრეწველობის, ცელულოზა-ქაღალდის, სამშენებლო მასალების, სხვა მრავალი სახის საწარმო და ტრანსპორტი ყოველ წელს გამოაფრქვევენ ათეული ტონობით მავნე ნივთიერებას. დიდი სამრეწველო ქალაქების ზევით ტოქსიკური შენაერთები უერთდება ნისლის ნარევს, რასაც სმოგი ეწოდება. სმოგი უმეტესად ოქტომბერ-თებერვალშია, შეიცავს ტოქსიკურ ნივთიერებას. 1952 წელს ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესების შედეგად სმოგი ქ. ნიუ-იორკში ჩამოვიდა ქვევით, დაიღუპა 400-მდე ადამიანი და გაჭუჭყიანდა ქუჩები, სკვერების და გარეუბნის ნიადაგები.

საქინფორმის მონაცემებით, 1988 წელს, საწარმოო გაერთიანება კასპიცემენტმა ატმოსფეროში გამოაფრქვია 57 ათასი ტონა, რუსთავის ცემენტის ქარხანამ — 46,3 ათასი ტონა, რუსთავის მეტალურგიულმა ქარხანამ — 60,2 ათასი ტონა, თბილისის რაიონულმა ელექტროსადგურმა — 52,7 ათასი ტონა, ბათუმის ნავთობგადამამუშავებელმა ქარხანამ — 13 ათასი ტონა, ქუთაისის საავტომობილო ქარხანამ — 20,2 ათასი ტონა, რუსთავის საწარმოო გაერთიანება აზოტმა — 19,5 ათასი ტონა მავნე ნივთიერებები. ამ ჩამონათვალში არ არის მოცემული იმ დროს საქართველოში მოქმედი ყველა საწარმო.

ჰაერში გამონაფრქვევი მავნე ნივთიერებები წარმოდგენილია გოგირდის ორჟანგით, ნახშირბადის გოგირდჟანგით, ნახშირბადგოგირდით, წყალბადგოგირდით, აზოტის ჟანგბადოვანი და სხვა მჟავა ნაერთებით. როდესაც აღნიშნული მავნე ნივთიერებების რაოდენობა ჭარბობს, ატმოსფერო კარგავს თვითგაწმენდის უნარს. ჰაერის მასების მოძრაობის, წყლის ორთქლის და ჭექა-ქუხილის შედეგად მიმდინარეობს სხვადასხვა სახის რთული რეაქციები და წარმოიქმნება მრავალი ტოქსიკური მჟავა და ელემენტი, რომლებიც დედამიწაზე გვევლინება მჟავე წვიმების სახით. ამგვარად, გაჭუჭყიანებულ ატმოსფეროში არსებული ტოქსიკური ნივთიერებანი ნალექების საშუალებით უბრუნდება დედამიწას, ატმოსფერული ნალექების მოსვლით დედამიწაზე ფაქტიურად მიმდინარეობს გაჭუჭყიანებული ატმოსფეროს გაწმენდა.

მჟავე წვიმების მოსვლა ერთ-ერთ სერიოზულ ეკოლოგიურ პრობლემას წარმოადგენს, რომელიც იწვევს პედოსფეროსა (ნიადაგური სფერო) და ჰიდროსფეროში მჟავიანობის მომატებას.

დასავლეთ საქართველოს წითელმიწები და ყვითელმიწა-ეწერი ნიადაგები მჟავე ნიადაგების რიცხვს მიეკუთვნება. აღნიშნული ნიადაგები კლიმატურ პირობებთან ერთად წარ-

მოადგენს ჩაის, ციტრუსების და სხვა სუბტროპიკული კულტურების გავრცელების საუკეთესო გარემოს. ბუნებრივად მჟავე ნიადაგებზე, 60 წლის მანძილზე, ყოველ წელს ჩაის ქვეშ შედიოდა 300 კგ და ციტრუსების ქვეშ - 240 კგ ფიზიოლოგიურად მჟავე აზოტოვანი სასუქი სუფთა ელემენტის სახით.. ფიზიოლოგიურად აზოტოვანი მჟავე სასუქების ხანგრძლივმა გამოყენებამ და მჟავე წვიმებმა, რომელიც დიდი რაოდენობით მოდის, უარყოფითად იმოქმედა ნიადაგის თვისებებზე და მცენარეებზე.

აჭარის ზღვისპირა რაიონების ნიადაგებში ბოლო პერიოდში შეიმჩნევა მჟავიანობის მომატება, რომელიც სხვა ფაქტორებთან ერთად გამოწვეულია მჟავე წვიმების მოსვლით. მჟავე წვიმების უარყოფითი გავლენა მრავალწლიან სუბტროპიკულ კულტურებზე პირველ ხანებში თითქმის არ შეიმჩნევა, მაგრამ უარყოფითად მოქმედებს მოსავალზე. მჟავე წვიმების მოსვლის უარყოფითი მოქმედება მაშინვე შეიმჩნევა ბოსტნეულ კულტურებზე, რომლებიც იწყებენ ხმობას.

ატმოსფერულ ნალექებთან ერთად მოდის ტოქსიკური და რადიაციული ელემენტები. ტოქსიკური და რადიაციული ელემენტები ილექება მცენარეებზე, ნიადაგის ზედაპირზე, ვრცელდება წყალსაცავებში და სასმელ წყალში. ნიადაგში მოხვედრილი ტოქსიკური და მძიმე მეტალები დიდხანს არ იშლება, გადადის მცენარეების მოსავალში, საიდანაც საკვების საშუალებით გადადის ცხოველებში. აღნიშნული მეტალებით გაბინძურებულ, ეკოლოგიურად საშიშ მცენარეულ და ცხოველურ პროდუქტებს ღებულობს ადამიანი. ეკოლოგიურად არასუფთა პროდუქტების გამოყენება ადამიანის ორგანიზმში აქვეითებს იმუნიტეტს. ამიტომ, რომ ხშირად ადამიანები საკვების მიღების შემდეგ იწამლებიან და სხვადასხვა სახის დაავადებები გავრცელდა, რომელიც წინათ არ შეიმჩნეოდა.

ნიადაგების მჟავიანობის მომატება უარყოფითად მოქმედებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარებაზე, მოსავლის რაოდენობაზე და ხარისხზე. ნიადაგის მჟავიანობის გადიდებით იზრდება ტოქსიკური მეტალების კონცენტრაცია, ხსნადობა და მოძრაობა. ნიადაგის მჟავიანობის მომატება ძალზედ ამცირებს მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობას, რაც უარყოფით გავლენას ახდენს ჰუმუფიკაციაზე.

მჟავე წვიმები კიდევ უფრო ზრდის ისედაც ალუმიინით მდიდარ წითელმიწებში მის კონცენტრაციას. ალუმიინის კონცენტრაციის მომატება იწვევს ნიადაგში მჟავიანობის გაზრდას. წითელმიწაში გაცვლითი მჟავიანობა ზედაპირიდან სიღრმისაკენ იზრდება. ჩატარებული ცდების მიხედვით გაცვლითი წყალბადის რაოდენობა გაცვლით ალუმიინთან შედარებით ძალზე უმნიშვნელოა.

დადგენილია, რომ წითელმიწების მჟავიანობა ძირითადად განპირობებულია ალუმიინის დიდი რაოდენობით, ზოლო წყალბადის იონის როლი მცირეა.

მჟავე წვიმების განეიტრალება შეიძლება იმით, რომ სამრეწველო საწარმოებიდან უნდა შემცირდეს ტოქსიკური აირების გამოფრქვევა ატმოსფეროში, ამისათვის საჭიროა სამრეწველო საწარმოების საკვამლე და სავენტილაციო მილებში გამწმენდი ფილტრების მოწყობა.

თავი 10. ნიადაგის გაჭუჭყიანება აგროქიმიკატებით და პესტიციდებით

თავიდანვე მიწათმოქმედებაში ადამიანმა დაიწყო ისეთი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოყვანა, რომლებიც დიდი რაოდენობით იძლეოდნენ ცილებს, ცხიმებს, სახამებე-

ლს, შაქარს, ალკალოიდებს და სხვა ორგანულ ნივთიერებას. ამიტომ სასოფლო-სამეურნეო კულტურების განვითარების დროს მოსავლიანობის გადიდებათან ერთად, ყურადღებას აქცევდა ხარისხის გაუმჯობესებას.

მცენარეები საკვებ ნივთიერებებს და წყალს ძირითადად ნიადაგიდან ითვისებენ. მცენარეები სახეობრივი და ჯიშობრივი თავისებურების მიხედვით არაერთგვაროვან დამოკიდებულებას იჩენენ კვების მიმართ. ამავე დროს საკვები ელემენტების მიმართ მოთხოვნილება მცენარის ასაკთან კავშირში იცვლება.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს დიდი რაოდენობით გამოაქვთ ნიადაგიდან საკვები ნივთიერებები, რომლებიც ხმარდება მცენარის ბიომასის და მოსავლის შექმნას. მცენარეები მოსავალს იძლევა ნაყოფის, ფოთლის, ტუბერის, ბოჭკოს და სხვა სახით.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს ნიადაგიდან საკვები გამოაქვთ შემდეგი ფორმით:

ბიოლოგიური გამოტანა — საკვების ის რაოდენობაა, რომელიც იხარჯება მცენარის ბიომასის შექმნაზე. საკვების ბიოლოგიური გამოტანა იყოფა სამეურნეო და ანარჩენის ჯგუფად. სამეურნეო გამოტანა საკვები ელემენტებით ის რაოდენობაა, რომელსაც შეიცავს სასაქონლო პროდუქციის — მარცვლის, ჩალის, ნაძვის და სხვ მოსავალი. თუ ჩალა ან ნაძვა არ გაიტანება და რჩება მინდორში ჩასახნავად, მაშინ მასში არსებული საკვები არ მიეწერება სამეურნეო გამოტანას.

ანარჩენითი საკვები ელემენტების გამოტანა ის რაოდენობაა, რომელიც მინდვრიდან არ გამოიტანება და უბრუნდება ნიადაგს ჩამოცვენილი ნასკვით, ყვავილების, ნაყოფის, ფოთლის, ფესვის, ჩალის და სხვა ანარჩენით.

ჩაი მრავალწლიან მარადმწვანე კულტურას წარმოადგენს, რომელიც ერთი და იგივე ნაკვეთზეა გაშენებული ათე-

ული წლობით და სისტემატურად ნიადაგიდან გამოაქვს მნიშვნელოვანი რაოდენობით საკვები ნივთიერებანი. გამოტანილი საკვები ნივთიერება იცვლება ასაკის და მოსავლიანობის მიხედვით და ნიადაგს არ უბრუნდება. ყოველწლიურად, ჩაის მცენარეს მოსავლის სახით, საკვები ელემენტებიდან ყველაზე მეტად გამოაქვს აზოტი.

ნიადაგის ნაყოფიერება რომ არ დაეცეს და არ შემცირდეს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავალი, საჭიროა კულტურების მიერ მოსავლის სახით გამოტანილი საკვები ელემენტები დაუბრუნდეს ნიადაგს. ნიადაგში შეტანილი უნდა იქნას მინერალური და ორგანული სასუქები. მინერალური სასუქების ეფექტიანობა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ქვეშ მაღალია დაბალი ნაყოფიერების ნიადაგებზე, სადაც ნალექების მოსვლა სავეგეტაციო პერიოდში დიდ დეფიციტს არ წარმოადგენს.

საინტერესოა თუ როგორ იზრდება ჩაის ფოთლის მოსავალი აზოტის სასუქის ცალკე და ფოსფორიან-კალიუმიან სასუქებთან ერთად გამოყენების შემთხვევაში (ცხრ.15).

ცხრ.15. წითელმიწებზე ცალკეული ელემენტის გავლენა ჩაის ფოთლის მოსავლიანობაზე (აბესაძე, ნაკაიძე, 1991)

ცდების ვარიანტი	ჩაქვი		ანასეული			
	ნაძენკო და სადოვსკი		გაბისონია (3 წლის საშუალო)		ცანავა (10 წლის საშუალო)	
	კგ	%	კგ	%	კგ	%
უსასუქო	1396	100	1366	100	1800	100
N	-	-	2538	194	1930	107
P	-	-	1245	95	1255	70
K	-	-	1112	85	1190	68
NP	1571	109	1622	124	2740	152

NK	2219	159	3872	296	4990	277
PK	2056	147	2600	199	3440	191
NPK	2216	158	3742	287	5990	333

როგორც ჩანს, ჩაის გაშენების პირველივე წლიდან, მკვეთრად მჟღავნდება აზოტის სასუქების შეტანის ეფექტი. აზოტის ცალმხრივი გამოყენება თითქმის ორჯერ აღიღებს ფოთლის მოსავალს, მაგრამ მაქსიმალური ეფექტი მიიღება აზოტის, ფოსფორის და კალიუმის შეტანის შემთხვევაში. შემდგომ წლებში კი მარტო აზოტის შეტანის ეფექტურობა მკვეთრად ეცემა, მაშინ როდესაც აზოტ-ფოსფორის და აზოტ-ფოსფორ-კალიუმის შეტანის ეფექტი წლების მიხედვით თანდათანობით იზრდება 15 წლის და მეტი ასაკის პლანტაციებში.

საქართველოს პირობებში მაღალი დოზით მინერალური სასუქები გამოიყენებოდა სუბტროპიკული კულტურების ქვეშ, რადგან კულტურები გაშენებულია დაბალი ნაყოფიერების ნიადაგებზე (წითელმიწა) ყვითელმიწა-ეწერი) და მთელი წლის განმავლობაში მაღალია ნალექები და სითბოს რაოდენობა.

ი. მარშანია, ო. ზარდალიშვილი, თ. ურუშაძე და სხვები აღნიშნავენ, რომ მინერალური სასუქების არასწორი და ჭარბი გამოყენება იწვევს ნიადაგების გაჭუჭყიანებას და შესაბამისად მოსავლის ხარისხის გაუარესებას. ნიადაგში არ უნდა იქნას შეტანილი ისეთი სასუქები, რომლებიც მოსავალს საგრძნობლად ზრდიან, მაგრამ ხელს უწყობენ ნიადაგში ტოქსიკური ნივთიერების დაგროვებას.

მინერალური სასუქების სწორი გამოყენების შემთხვევაში, რაც გულისხმობს დოზების, ვადების და ფორმების დაცვას, იგი არ შეიძლება გახდეს პროდუქტების დანაგვიანების მიზეზი. მინერალურ სასუქებთან ისეთი დამოკი-

დებულებაა საჭირო, შენიშნავს ო.ზარდალიშვილი, როგორც ავადმყოფის ყურადღება წამლის მიმართ.

ყველა სასოფლო-სამეურნეო კულტურა დიდ მოთხოვნილებას იჩენს აზოტისადმი. ნიადაგის დაბალი ნაყოფიერების პირობებში აზოტისადმი მოთხოვნილება საკმაოდ დიდია, ამჟამად მოქმედი აგროწესების მიხედვით ერთ ჰექტარ ჩაის პლანტაციაში გათვალისწინებულია 300 კგ აზოტი, ციტრუსებში — 240 კგ, სიმინდის ქვეშ — 450 კგ, თამბაქოს ქვეშ ჩამორეცხილ ნიადაგებზე — 210 კგ. აზოტოვანი სასუქის შეტანის დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს ღობების დაცვას, ფართობზე თანაბარ განაწილებას და ჩათოხნას.

ზოგჯერ აზოტი ნაკვეთის ერთ უბანზე უფრო მეტი შეაქვთ, ვიდრე მეორე უბანზე, არ ხდება ჩათოხნა ან შეაქვთ წვიმის დროს. აზოტის ასეთი გამოყენება დაუშვებელია. ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს მის აორთქლებას და ზედაპირულ გადარეცხვას, რის გამოც იზრდება ნიტრატების რაოდენობა ატმოსფეროში და წვიმის შედეგად ისინი ისევ ნიადაგს უბრუნდებიან. გადარეცხვის შედეგად ნიტრატების რაოდენობა იზრდება სასმელ წყალსა და წყალსატევებში.

მცენარეში შეღწეული აზოტი სწრაფად გადადის ამინომჟავებში. ამინომჟავები აუცილებელია ცილების, ნუკლეინის მჟავების, ალკალოიდების და სხვა აუცილებელი ნივთიერებების შესაქმნელად. აზოტი შედის ქლოროფილის, ვიტამინების, ჰორმონების და სხვა ნივთიერების შემადგენლობაში. ამგვარად აზოტის ელემენტს დიდი მნიშვნელობა აქვს მცენარისთვის. იგი მცენარეში მრავალი პროცესის კატალიზატორია. ამიტომ აუცილებელია მცენარისათვის აზოტით კვების პირობების გაუმჯობესება.

მცენარის აზოტით ჭარბად კვება უარყოფითად მოქმედებს მასში მიმდინარე სასიცოცხლო პროცესებზე და მოსავლის ხარისხზე. მცენარის აზოტით ჭარბი კვება იწვევს

ნახშირწყლების რაოდენობის შემცირებას, ნიტრატების დიდი რაოდენობით დაგროვებას და მის შეუთვისებლობას მცენარის მიერ. აგრეთვე ცილოვანი ნაერთების და ცხიმების წარმოქმნის შენელებას და სხვა უარყოფით პროცესებს. ფაქტიურად მოსავალი ეკოლოგიურად სუფთა არ არის.

ჭარბი რაოდენობით აზოტოვანი სასუქის გამოყენება იწვევს მცენარის ვეგეტატიური ორგანოების ზრდას გენერაციულის ხარჯზე, იზრდება ტემპერატურის შემცირებისკენ მიდრეკილება. ნიადაგი ჭარბ ნიტრატულ აზოტოვან ფორმას ვერ აკავებს და ის განიცდის მიგრაციას ნიადაგის პროფილში, შემდეგ კი ხვდება გრუნტის და სასმელ წყალში.

ნ. ცანავას და ვ. ცანავას გამოკვლევებით ჩაის პლანტაციაში ყოველწლიურად აზოტოვანი სასუქების (300-250 კგ/ჰა—ზე) გამოყენებამ ოზურგეთის რაიონის წყაროსა და სასმელ წყლებში გაზარდა ნიტრატების რაოდენობა. ნიტრატების კონცენტრაციის გაზრდამ 40-50 მგ/ლ—ში, გამოიწვია ბავშვების მეტაჰემოგლობინის დაავადება აშშ—ში, ისრაელში, საფრანგეთში, გერმანიაში და სხვა განვითარებულ ქვეყნებში. ნიტრატების კონცენტრაცია არ უნდა აღემატებოდეს 10 მგ/ლ—ში.

არა მარტო ნიტრატული, არამედ ჭარბი ამიაკური აზოტიც, წარმოადგენს ნიადაგის და სასმელი წყლების გაჭუჭყიანების საშუალებას. ამიაკური აზოტი წყალს ართმევს ჟანგბადს, დაჟანგვით გადადის ნიტრატში და წყალი განიცდის ჟანგბადის ნაკლებობას. ამის გამო წყალში იღუპება ცოცხალი ორგანიზმები. ამიაკურ აზოტს დიდი რაოდენობით შეიცავს ახალი ნაკელი.

აზოტოვან სასუქებთან ერთად, მცენარის კვების საქმეში, მნიშვნელოვანია აგრეთვე ფოსფორიანი და კალიუმიანი სასუქები. აღნიშნული სასუქები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ მცენარეში მიმდინარე ბიოქიმიურ პროცესებში. მათი

უშუალო მონაწილეობით ხდება შაქრის, სახამებლის, ცხიმების და მრავალი ნაერთის სინთეზი.

ჭარბი რაოდენობით ფოსფორიანი სასუქების გამოყენების დროს მათი დიდი ნაწილი ნიადაგში რჩება. კალციუმის, ალუმინის და რკინის ქიმიური შთანთქმის შედეგად წითელმიწები მდიდარია ალუმინითა და რკინის ჟანგეულებით. მათთან ფოსფორის შეერთებით წარმოიქმნება ძნელად ხსნადი ფოსფატები, რომლებიც უხვი ატმოსფერული ნალექების მოსვლის გამო, განსაკუთრებით არასავეგეტაციო პერიოდში გადაინაცვლებს ნიადაგში, რაც იწვევს სასმელ წყალში და ტბორებში ფოსფატების დაგროვებას.

კალიუმიანი სასუქებიდან აღსანიშნავია ქლორკალიუმი, 40%-იანი კალიუმის მარილი, კალიუმსულფატი, კალიუმმაგნეზია და კალიელექტოლიტი. სოფლის მეურნეობაში ფართოდ გამოიყენება ქლორკალიუმი. მისი მაღალი დოზებით სისტემატური გამოყენება იწვევს ქლორის დაგროვებას ნიადაგში, რაც არა სრულფასოვანს ხდის მოსავალს. მაგალითად, ქლორის ჭარბი შემცველობა იწვევს კარტოფილის გაწყალებას.

საერთოდ მინერალური სასუქები არ არიან მაღალი კონცენტრაციის, გამონაკლისს წარმოადგენს შარდოვანა, რომელშიც აზოტი 34–35 %–ია. სასუქები დიდი რაოდენობით შეიცავენ სხვადასხვა ქიმიურ მინარევს, ე. ი. ბალანსტს, რომელიც რჩება ნიადაგში და აუარესებს ნიადაგის ეკოლოგიურ პირობებს.

საზოგადოების უკმაყოფილებას იწვევს ის გარემოება, რომ აგროქიმიკატების გამოყენებით აღვილი აქვს ნიადაგის გაჭუჭყიანებას სხვადასხვა ტოქსიკური ელემენტებით, რომლებიც მცენარეული და ცხოველური პროდუქტების საშუალებით შედის ადამიანის ორგანიზმში და იწვევს სხვადასხვა სახის დაავადებას. დადგენილია, რომ ნიადაგში ნიტრატების

დიდი შემცველობა იწვევს ადამიანების კუჭ-ნაწლავის კიბო-თი დაავადებას.

ცხოველების საკვებში ნიტრატების შემცველობა დიდ ზიანს აყენებს პირუტყვს, მცირდება მეცხოველეობის პრო-დუქტიულობა, ქვეითდება გამრავლების უნარი, წონაში მატე-ბა და სხვ. ნიტრატების მაღალი დოზებით მიღება იწვევს პირუტყვის დაღუპვას.

ამავე დროს სოფლის მეურნეობის ინტენიური განვი-თარება, რასაც დღევანდელი ცხოვრება მოითხოვს, შეუძ-ლებელია მინერალური სასუქების გამოყენების გარეშე. მინე-რალური სასუქების გამოყენებით ვინარჩუნებთ ნიადაგის მა-ღალ ნაყოფიერებას და ვუბრუნებთ იმ ელემენტებს, რომელიც ალებულ იქნა მოსავლის სახით. მიწათმოქმედების პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ ინტენსიფიკაციის პირობებში მინერალური სასუქების გამოყენება რამდენჯერმე იზრდება.

ფაო-ს (გაეროს სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაცია) ნორმატივებით, XXI საუკუნის დასაწყისში, ერთ ადამიანზე წელიწადში აზოტის, ფოსფორის და კალიუ-მის მოხმარება უნდა შეადგენდეს 30 კგ-ს. ეს ნიშნავს, რომ კაცობრიობას წელიწადში ესაჭიროება 75 მილიონი ტონა სასუქი. ამასთან ერთად გამოყენებული უნდა იქნას ადგი-ლობრივი ორგანული სასუქი.

ასეთმა პროგნოზმა შეშფოთება არ უნდა გამოიწვიოს. მინერალური სასუქებით ნიადაგის გაჭუჭყიანება ვლინდება მისი არასწორი გამოყენების დროს. ამავე დროს სასუქების სწორი გამოყენება ზრდის გარემოს და მათ შორის ნიადაგის დაცვის უნარს. სასუქების სწორი გამოყენებით უმჯობესდება მცენარის ზრდის პირობები, რის გამოც წარმოიქმნება მეტი ბიომასა. ბიომასის რაოდენობა იზრდება ანთროპოგენურ ლანდშაფტებში, რომლებსაც გააჩნია ჰიგიენური და სანიტა-რული თვისებები. ატმოსფეროს ქვედა ფენებში იზრდება

ქანგადაის რაოდენობა, რაც დადებითად მოქმედებს ცხოველურ ორგანიზმებზე.

სოფლის მეურნეობაში ფართოდ გამოიყენება პესტიციდები, რომელიც შხამქიმიკატებია და იყენებენ სარეველების წინააღმდეგ საბრძოლველად (ჰერბიციდები), მცენარეთა სოკოვანი დაავადებისადმი (ფუნგიციდები) და მავნებლების წინააღმდეგ (ზოოციდები, ინსექციდები და სხვ.). მათი გამოყენება 30%-ით ზრდის მოსავალს. ფართოდ გამოიყენება პესტიციდები, რომლებიც შეიცავენ ორგანულ ნივთიერებებს. მინდვრების და პლანტაციების პესტიციდებით დამუშავების შემთხვევაში, მათი ნაწილი რჩება მცენარისა და ნიადაგის ზედაპირზე.

ნიადაგის ზედაპირზე მოხვედრილი პესტიციდები ნიადაგის დამუშავების შემდეგ განიცდიან აღსორცისას ნიადაგური ორგანული ნაერთებით და კოლოიდებით. პესტიციდები დიდი რაოდენობით შეიცავენ ტოქსიკურ ნივთიერებებს, რომლებიც ანადგურებენ სარეველა მცენარეებს, მავნებლებსა და სოკოვან დაავადებებს. პესტიციდების მცირე დოზების გამოყენება სიმინდის ყანაში ერთწლიანი სარეველების წინააღმდეგ ეფექტს არ იძლევა. საკონტროლო ვარიანტზე, სადაც სარეველების წინააღმდეგ ბრძოლა წარმოებდა ხელით, სიმინდის მოსავალი იყო გაცილებით მეტი. მისი გამოყენება დიდ ეფექტს იძლევა მრავალწლიან კულტურებში (ჩაი, ციტრუსები, ხეხილი და სხვ.), ერთწლიანი სარეველების წინააღმდეგ.

ნიადაგის ზედაპირზე ჭარბად შეტანილი პესტიციდები იწყებს დაგროვებას და ატმოსფერული ნალექების საშუალებით ხდება მათი გადაადგილება ქვედა ფენებში, გრუნტის წყალმდე და გამოტანა ნიადაგიდან. ნიადაგში დარჩენილი პესტიციდები დიდი ხნის მანძილზე ინარჩუნებენ ტოქსიკურობას. მათ შორის აღსანიშნავია ქლორორგანული, ფოსფორორგანული და სხვა შენაერთები. პესტიციდების ტოქსი-

კური ნივთიერებები გადადიან მცენარეთა პროდუქტებში და სასმელ წყალში, რის გამოც ადამიანები და ცხოველები ავადდებიან. ამავე დროს გავლენას ახდენენ მცენარეთა თანასაზოგადოებების ცვალებადობაზე. ამგვარად, ირლვევა გარემოს ეკოლოგიური წონასწორობა.

ჰერბიციდების გამოყენების შემსხვევაში დიდი მნიშვნელობა აქვს დოზების ზუსტ დაცვას და ნაკლებად ტოქსიკური შენაერთების გამოყენებას. აგრეთვე ფერმენტული მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობისთვის სათანადო პირობების შექმნას. ფერმენტულ მიკროორგანიზმებს გააჩნია დეტოქსიზაციის უნარი.

აღნიშნული პირობების დაცვა ხელს შეუწყობს ნიადაგის გაჭუჭყიანების თავიდან აცილებს.

თავი 11. ნიადაგის გაჭუჭყიანება საყოფაცხოვრებო და ტექნიკური ანარჩენებით

ადამიანების მუდმივ საცხოვრებელ ადგილზე ყოველთვის რჩება გარკვეული რაოდენობის მყარი, საყოფაცხოვრებო ანარჩენები. სოფლის პირობებში, სადაც ოჯახები უმეტესად გაფანტულად ცხოვრობენ, ნაკლებად ჩანს მყარი საყოფაცხოვრებო ანარჩენები. მჭიდროდ დასახლებულ პუნქტებში, განსაკუთრებით ქალაქებში და დაბებში, მცირე ტერიტორიაზე მყარი საყოფაცხოვრებო ანარჩენები გროვდება დიდი რაოდენობით.

მყარ საყოფაცხოვრებო ანარჩენებს მიეკუთვნება მინის, პლასტმასის, თუნუქის ქილები და ბოთლები, სხვადასხვა სახის ჩვარი, ძველი და ამორტიზირებული ავეჯი, ელექტროქურები, ელექტროგამათბობელი, გაზქურები, ფანჯრის და კარის გატეხილი მინები, საჭმლის გასაკეთებელი ჭურჭლები, თეფშები, გატეხილი დანა-ჩანგლები, ქაღალდის და მუ-

ყაოს ნარჩენები, ბინის და ეზოს ნაგავი, პლასტმასის და რკინის მიღები, სხვადასხვა სახის ღუმელი, ცენტრალური ან ინდივიდუალური გასათბობი სისტემის ანარჩენები, ადამიანის საკვების ანარჩენები, ქუჩის ანახვეტი ნაგავი და სხვა მრავალი. ქალაქებში საკმაო რაოდენობითაა ბინების რემონტის ანარჩენები.

ცნობილია, რომ ერთ სულზე, წელიწადში საშუალოდ ნაგავის რაოდენობამ 250 კგ უნდა შეადგინოს. ქ. მოსკოვში ერთ ადამიანზე საყოფაცხოვრებო ანარჩენი წელიწადში 270 კგ შეადგენს და შეინიშნება ზრდის ტენდენცია. მაღალგანვითარებულ ქვეყნებში საყოფაცხოვრებო ანარჩენის რაოდენობა გაცილებით მეტია. აშშ-ში თითოეულ მცხოვრებზე 745 კგ ანარჩენი მოდის, შვედეთში კი 400 კგ. 1997 წელს რუსეთის ქალაქებიდან გატანილი იქნა 130 მილიონი კუბური მეტრი მყარი, საყოფაცხოვრებო ანარჩენი.

დასახლებული პუნქტებიდან ნაგავის გატანას აწარმოებს ადგილობრივი თვითმმართველობის სპეციალური სამსახური, ხოლო ნაგავსაყრელი ტერიტორიის გამოყოფა ხდება სამთავრობო ორგანოების მიერ ქალაქის გარეთ. ზოგიერთ ქალაქში ნაგავსაყრელი ტერიტორიის გამოყოფა გარკვეულ პრობლემებთან არის დაკავშირებული. მათ შორის აღსანიშნავია ქალაქის გარეუბნის მცირე მიწიანობა და მჭიდრო დასახლება. მაგალითად, ასეთია ქალაქი ბათუმი.

ზოგიერთი ქალაქიდან ნაგავსაყრელი შორსაა და ქალაქის დასუფთავების სამსახურის მუშაკები ზოგჯერ ნაგავს ყრიან ქალაქთან ახლოს, არასანქცირებულ ტერიტორიაზე. ასეთი არასანქცირებული ნაგავსაყრელი თითქმის ყველა ქალაქის გარეუბანშია, სადაც ხდება ანტისანიტარული კერის წარმოქმნა.

ანარჩენების უტილიზაციის პროცესში დიდი მნიშვნელობა აქვს მათ შეგროვებას დასახლებულ პუნქტებში, გატანას, დახარისხებასა და გადამუშავებას.

ყოველდღიურად გროვდება ანარჩენების დიდი რაოდენობა. დიდი მნიშვნელობა აქვს ანარჩენების შეგროვების ორგანიზაციას. ბოლო პერიოდში მრავალსართულიან სახლებში ფუნქციონირებს სანაგვე მილი, რომელშიც სართულების მიხედვით ჩაყრილი ნაგავი გროვდება პირველ სართულზე ბუნკერში და შემდეგ სპეციალური ავტომანქანებით გააქვთ ქალაქგარეთ. ნაგავის რაოდენობა დამოკიდებულია სართულების რაოდენობაზე და ოჯახების სულადობაზე. ნაგავის შეგროვების დროს გასათვალისწინებელია, რომ მასში არ მოხდეს საჭმლის თხევადი და მყარი ანარჩენები. ასეთ შემთხვევაში მიკრობიოლოგიური პროცესები სწრაფად მიმდინარეობს, სანაგვე ბუნკერში ვითარდება ანტისანიტარული პირობები და მღრღნელები მრავლდება, ადგილი აქვს მყრალი, აუტანელი სუნის გავრცელებას და სხვა პროცესებს. ეს რომ არ მოხდეს, აუცილებელია ოჯახური ანარჩენების დახარისხება. ამისათვის საჭიროა რამდენიმე მილი და ბუნკერი, სხვადასხვა სახის საოჯახო ნაგვისათვის, რაც დიდ სირთულეებთან არის დაკავშირებული.

ბოლო პერიოდში ფართო გავრცელება მიიღო ნაგვის შეგროვებამ კონტეინერებში. კონტეინერები იდგმება საცხოვრებელ სახლთან ახლოს, სადაც მოსახლეობა თვითონ აგროვებს ნაგავს და ქალაქის დასუფთავების სამსახურს გააქვს სპეციალიზირებული ავტომანქანებით. კონტეინერები თავლიაა, ადვილად მისაწვდომია ქუჩის ძაღლებისა და კატებისთვის. ზაფხულში, მიკრობიოლოგიური პროცესების შედეგად, მათთან ახლოს არასასიამოვნო სუნია და იქმნება ანტისანიტარული კერა. ზოგიერთ პატარა ქალაქში, კონტეინერების უქონლობის გამო, ნაგავის შეგროვება ხდება სპეცდასუფთავების სამსახურის ავტომანქანებით.

საცხოვრებელ სახლებთან ახლოს რომ არ შეიქმნას ანტისანიტარული კერა, საჭიროა რომ ადგილობრივი მმართველობის დასუფთავების სამსახურმა მოსახლეობას დაუ-

რიგოს პოლიეთილენის პატარა ტომრები ოჯახში ნაგვის შესაგროვებლად ტომარას უნდა ჰქონდეს ოჯახური ანარჩენის წარწერა (სურსათის, ჩერის, ფეხსაცმლის, მინის და სხვ.) და მათი გადატანა მოხდება გარკვეულ დროზე, დასუფთავების ავტომანქანით ან თავდახურული კონტეინერებით. ამავე დროს დასუფთავების ავტომანქანას უნდა ჰქონდეს განყოფილებები ან კონტეინერები ტომრის წარწერის მიხედვით.

მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს ნაგავის უტილიზაცია. ნაგავსაყრელზე უნდა იყოს ბეტონირებული და გადახურული მოედანი, რომელიც დაიცავს გარემოს გაჭუჭყიანებისგან.

ტექნოგენური ანარჩენების რაოდენობა ძალზე ბევრია ფაბრიკა-ქარხნებში, მათ შორის შავი და ფერადი მეტალების ანარჩენი. მიუხედავად იმისა, რომ ანარჩენ მეტალებს აძლევენ მეტალურგიულ ქარხნებს მეორადი გადამუშავებისთვის, ნაგავი მაინც მიიღება. ასევე ბევრი ანარჩენია თბოელექტროსადგურებში, რომლებიც მუშაობენ ქვანახშირზე, საწვავ ფიქალზე და ტორფზე, ქიმიურ და ხე-ტყის დამამუშავებელ ქარხნებში, საქსოვ, სამკერვალო, საგალანტერიო, კვების ფაბრიკებში და სხვა მრავალ საწარმოებში. არის შემთხვევა, როდესაც ნაგავში ხდება რადიოაქტიური ელემენტები.

ნაგავსაყრელზე საყოფაცხოვრებო და ტექნოგენური ანარჩენების უტილიზაციის მეთოდის დახარისხება ხდება 3 ჯგუფად: დამარხვა, დაწვა, მეორადი გადამუშავება და დაკომპოსტება. დამარხვა უნდა მოხდეს ისეთი ანარჩენების, რომელიც არ იწვის და არ შეიძლება გადამუშავდეს. მასში ძირითადად შედის ქიმიური ანარჩენები. ანარჩენების დამარხვა უნდა მოხდეს დასახლებული პუნქტებიდან შორს. დაშორებული უნდა იყოს სასმელი წყლიდან, არ უნდა იყოს ახლოს გრუნტის წყალთან.

დაწვას განეკუთვნება სხვადასხვა სახის ქსოვილების, ტყავის, ზოგიერთი პლასტმასის, ქაღალდის, მუყაოს, ხის და სხვა სახის ანარჩენები. დადგენილია, რომ ერთი ტონა ნაგვის დაწვის დროს გამოიყოფა 4 ათასი მ² გაზი, რომელიც შეიცავს დიოქსინებს და ამავე დროს შორს ვრცელდება. დიოქსინებთან ერთად გამოიყოფა დიდი რაოდენობით ტოქსიკური გაზები.

ბევრ ქვეყანაში მუშავდება ნაგვის დაწვის შედეგად მიღებული მყარი ანარჩენების გამოყენების ტექნოლოგია. დასაწვავ ნაგავში დიდი რაოდენობით გვხვდება მცირე ზომის მეტალები და სხვა ანარჩენები, რომლებიც არ იწვის.

ნაგვის დაწვის შედეგად ატმოსფეროში გამოფრქვეული მავნე აირები ნიადაგის ზედაპირზე ხვდება წვიმისა და თოვლის საშუალებით. აღნიშნულის შედეგად ადგილი აქვს ნიადაგის ტექნოგენურ გამჟავებას ან ტექნოგენურ გატუტბანებას იმის მიხედვით, თუ როგორია გამონაფრქვევი გაზის შედგენილობა. ატმოსფეროში მოხვედრილი დიოქსიდები დიდი რაოდენობით შეიცავენ გოგირდს, რომელსაც სორბირებას უკეთებს ნიადაგის ზედაპირი და ნალექების საშუალებით ვრცელდება ქვედა ფენებში. ტენიანი ნიადაგი 2-3 ჯერ უფრო მეტ რაოდენობას უკეთებს სორბირებას, ვიდრე მშრალი ნიადაგი. ჩატარებული გამოკვლევების მიხედვით, კორდიან-ეწერ ნიადაგებში, წყალხსნადი გოგირდის რაოდენობის ფონია 5-7 მგ 100 გრ ნიადაგზე, ხოლო ქარხნებთან და ნაგავსაწვავთან ახლოს 20 მგ და მეტია 100 გრ ნიადაგზე. ამონიაკის ქარხნებთან ახლოს, თუ ნაგავი შეიცავს ამონიაკის ნარჩენებს, ადგილი აქვს ნიადაგის გატუტბანებას.

სამრეწველო ქალაქებში ნაგვის დახარისხების დროს შედარებით დიდი ზომის მყარი ანარჩენები, როგორიცაა: შავი და ფერადი მეტალი, მინა, პლასტმასი და სხვა, იგზავნება დანიშნულების მიხედვით მეორად გადამუშავებაზე.

ოჯახის საკვები და კვების მრეწველობის ანარჩენებისგან ნაგავგადაამუშავებელ ქარხნებში აწარმოებენ დაკომპოსტებას. დაკომპოსტების პირველი პროცესია საკვები ანარჩენების წვრილ ფრაქციად გადამუშავება და შემდეგ დაკომპოსტება, რომლისგან მიიღება მაღალი ხარისხის ორგანული სასუქი.

დიდ ქალაქებში ადგილობრივი ხელისუფლება ადგენს ქალაქის სანიტარული დასუფთავების თანამედროვე ტექნოლოგიების გრძელვადიან სპეციალურ პროგრამას, რომელიც გამორიცხავს მიმდებარე ტერიტორიის ნიადაგებისა და ატმოსფეროს გაჭუჭყიანებას. აგრეთვე ნაგავგადაამუშავებელი ქარხნების მშენებლობის ახალი ტიპის დაპროექტებას და მშენებლობას.

სოფლად და ქალაქის ტიპის დასახლების უბნებში საერთოდ მოუგვარებელია ოჯახური ანარჩენების შეგროვება და ნაგავსაყრელის წესრიგში მოყვანა. ნაგავსაყრელი ღია ცის ქვეშა და სავარგულებთან ახლოსაა. ნაგავსაყრელზე სითბოსა და ტენის ხელშეწყობით ინტესიურად მიმდინარეობს მიკრობიოლოგიური პროცესები. ამ დროს გამოიყოფა სხვადასხვა სახის ტოქსიკური მჟავები. აღნიშნული მჟავები წვიმისა და თოვლის ნაღობი წყლის საშუალებით აჭუჭყიანებს ნიადაგებს. ნიადაგები ასევე ჭუჭყიანდება ოჯახებში შემორჩენილი პესტიციდებით და სხვადასხვა სახის ქიმიური ანარჩენებით, რომლებიც მოიხმარება ოჯახში.

ძალზე საშიშია ის გარემოება, რომ აღნიშნულ ნაგავსაყრელებზე მოსახლეობას გააქვს ვერცხლისწყლიანი თერმომეტრები, სამედიცინო ხელსაწყოთა ნარჩენები, ლუმიანაციური ნატეხები და სხვა ანარჩენები, რომლებიც შეიცავენ ვერცხლისწყალს. ვერცხლისწყალს კი მაღალი ტოქსიკურობა ახასიათებს, აგრეთვე ვადაგასულ სამედიცინო პრეპარატებსაც. ასეთი ანარჩენები ქარისა და წვიმის საშუალებით

ვრცელდება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე, საიდანაც ტოქსიკური ნივთიერებები ზვდება საკვებ პროდუქტებში.

ბევრ ქვეყანაში დიდი ყურადღება ექცევა ტექნოგენური (მყარი და თხევადი) ანარჩენების დახარისხებას ფაბრიკა-ქარხნებში. სიდიდის მიუხედავად ზდება დაწნეხვის დახარისხება (შავი, ფერადი და მძიმე მეტალები, მინა, პლასტმასი, ქალაღი, მუყაო და სხვა) და მეორად გადამუშავებაზე გაგზავნა. ამასთანავე, დაინტერესების მიზნით ზდება ტექნოგენური ანარჩენების შემგროვებლებისა და დამხარისხებლების წახალისება. აგრეთვე წახალისება ზდება ავტომფლობელების, რომლებიც ამორტიზირებული ავტომობილის ნაწილებს (ფერადი ლითონი, მინა, საბურავი, აკუმულატორი, პლასტმასი და სხვა) დანიშნულებისამებრ აგზავნიან მეორად გადამუშავებაზე.

მსოფლიოში დიდ პრობლემას წარმოადგენს ამორტიზირებული ავტოსაბურავების უტილიზაცია. ავტოსაბურავები მსოფლიო მასშტაბის მიხედვით დიდი რაოდენობით გროვდება. მხოლოდ აშშ-ში ყოველწლიურად გროვდება 280 მილიონი ცალი ნახმარი ავტოსაბურავი. მათი შეგროვება ნებისმიერ ადგილზე ძალზე საშიშია. ავტოსაბურავების საშიშროება განპირობებულია იმით, რომ ავტოსაბურავები ძალზე ხანძარსაშიშია. მათი დაწვის შემთხვევაში გამოიყოფა ტოქსიკური ნივთიერებები, მათ შორის დიდი რაოდენობითაა ნახშირწყალბადი, გოგირდი და სხვ. ტოქსიკური ნივთიერებებით ჭუჭყიანდება ნიადაგი, ჰიდროსფერო და ატმოსფერო. ღია ცის ქვეშ, ავტოსაბურავების შეგროვების ადგილზე, მზისა და ნალექების ზემოქმედებით, გამოიყოფა ტოქსიკური ნივთიერებანი, რომლებიც აჭუჭყიანებენ ნიადაგს, მიწისზედა და გრუნტის წყლებს.

ავტოსაბურავების შეგროვების ადგილი წარმოადგენს ეპიდემიის კერას, რადგან საუკეთესო თავშესაფარის საშუალებაა

თაგვების, ვირთხების, სხვადასხვა მწერების და სხვა ავადმყოფობის გადამტანი სხვა ცხოველებისთვის.

ეკოლოგიური თვალსაზრისით, ზოგიერთ ქვეყანაში, ამორტიზირებულ ავტოსაბურავებს იყენებენ მეორადი გადამუშავებისთვის, საწვავად ან აწარმოებენ დამარხვას.

განვითარებულ ქვეყნებში დიდ ყურადღებას აქცევენ ამორტიზირებული ავტოსაბურავების აღდგენას. 1992 წელს აშშ-ში გაიყიდა 22 მილიონი სატვირთო ავტომობილის და ავტობუსის საბურავი, მათგან 18 მილიონი იყო აღდგენილი. 1992 წელს გამოვიდა აშშ პრეზიდენტის გიორგ ბუშის ბრძანებულება, რომლის მიხედვით ყველა მარკის სახელმწიფო ტრანსპორტმა უნდა გამოიყენოს მხოლოდ აღდგენილი ავტოსაბურავი. ამავე დროს მათი ფასი ახალთან შედარებით 2-3-ჯერ ნაკლებია. ზოგჯერ ერთი და იგივე საბურავის აღდგენა ხდება 2-3-ჯერ.

ავტოსაბურავები შეიცავენ 60 % რეზინს, 11-17 % მეტალს და 11-29 % ქსოვილს. აშშ-ში იმ შემთხვევაში, როდესაც ავტოსაბურავების აღდგენა შეუძლებელია, ხდება მათი დაქუცმაცება და ცალკე გამოყოფენ მეტალს, ქსოვილს და რეზინს მეორადი გადამუშავებისთვის.

ბევრ ქვეყანაში პრობლემას წარმოადგენს ძველი ავტომანქანების უტილიზაცია. ამიტომ ავტომანქანების მფლობელები, რომლებიც დიდხანს ინახავენ ძველ ავტომანქანებს, გარკვეული დროის შემდეგ თავისუფლდებიან გადასახადისგან.

ტექნოგენური ანარჩენების ერთ-ერთი სახეა საამშენებლო ანარჩენები. სხვადასხვა დანიშნულების შენობების და საცხოვრებელი სახლების რემონტის, რეკონსტრუქციის, აღების და ახლის მშენებლობის დროს ადგილი აქვს დიდი რაოდენობით ანარჩენის დაგროვებას. მათი გატანა ქალაქგარეთ, უმეტეს შემთხვევაში, ხდება არასანქცირებულ ნაგავსაყრელზე და გზის მახლობლად სავარგულებზე. მრავალსართულია-

ნი სახლის აღების დროს დიდი რაოდენობით გროვდება სხვადასხვა შემადგენლობის ნაგავი, აგურის, ბეტონის, რკინის, ხის, პლასტიკატის და სხვა სახის ანარჩენები.

ბევრ ქვეყანაში ადგილზე წარმოებს მშენებლობისა და რემონტის შედეგად წარმოქმნილი ნაგვის ანარჩენების დახარისხება და მათი გამოყენება. ბეტონისა და აგურის დახარისხების შედეგად, შედარებით მსხვილ ფრაქციას იყენებენ ბლოკების წარმოებისთვის და ქუჩების კეთილმოწყობისთვის, ხოლო წვრილ ფრაქციას კი კედლების შელესვისთვის.

ნიადაგის გაჭუჭყიანებას ადგილი აქვს წიაღისეულის მოპოვებით და გადამამუშავებელ—გამამდიდრებელ ქარხნებში წარმოქმნილი ტექნოგენური ანარჩენებით. იქ, სადაც მადნიანი ფენა ზედაპირთან ახლოსაა, წიაღისეულის მოპოვებას აწარმოებენ ღია (კარიერული) მეთოდით. ამ დროს საბადოების დამუშავება, შახტებთან და მაღაროებთან შედარებით, ძალზე რენტაბელურია. კარიერების სიღრმე 100 მეტრზე მეტს შეადგენს. მომავალში ტექნიკის განვითარების გათვალისწინებით კარიერების რაოდენობა და სიღრმე კიდევ უფრო გაიზრდება.

ღია (კარიერული) მეთოდით წიაღისეულის მოპოვების დროს სამიწათმოქმედო ბრუნვიდან გამოდის სავარგული, წარმოიქმნება ღრმულები, ზედაპირზე ყრილები და სხვადასხვა სახის უსწორმასწორო ზედაპირი. მაღლობის პირობებში მოპოვებული წიაღისეული ნალექების ნაკადების მოქმედებით ჭუჭყიანდება მაღლობთან მიმდებარე ნიადაგები.

აღნიშნული მეთოდით წიაღისეულის მოპოვება ხდება ჭიათურაში (მანგანუმი), ბოლნისში (ოქრო) და სხვ.

წიაღისეულის მოპოვების შემდეგ მიტოვებულ ტერიტორიებზე წარმოებს ნიადაგების აღდგენა ანუ რეკულტივაცია. დღეისათვის არჩევენ სამთოტექნიკურ, ბიოლოგიურ და სამშენებლო რეკულტივაციას.

ტექნოგენურ ანარჩენებს მიეკუთვნება სამთო გამამდიდრებელი და მეტალურგიული ქარხნების ანარჩენები. ბოლო პერიოდში აღნიშნულ ანარჩენებს იყენებენ სამშენებლო ბლოკების, ქალაქის ქუჩის ტროტუარებისა და სასოფლო გზებისთვის.

ნიადაგების რეკულტივაციის მიზანია დარღვეული ბუნებრივი ლანდშაფტების ადგილზე უფრო პროდუქტიული, თანამედროვე მოთხოვნილების შესაბამისი ანთროპოგენური ლანდშაფტების მოწყობა.

თავი. 12. ნიადაგის რადიოაქტიური გაჭუჭყიანება

ნიადაგის რეაქტიულობას განსაზღვრავს მასში არსებული რადიოაქტიური ელემენტები. არჩევენ ნიადაგის ბუნებრივ და ხელოვნურ (ანთროპოგენური) რადიოაქტიურობას.

ბუნებრივი რადიოაქტიობა გამოწვეულია ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტებით. ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტები იყოფა სამ ჯგუფად:

1. რადიოაქტიური ელემენტები, რომელთა ყველა შესწავლილი იზოტოპი რადიოაქტიურია. მათ ეკუთვნის ურანის თანმიმდევრულად გარდაქმნილი სამი ოჯახი – რადიუმი, აქტინიუმი და თორიუმი. ამ ოჯახების ქიმიური ელემენტების დაშლის შუალედური პროდუქტებია როგორც მყარი, ისე გაზისებრი იზოტოპები. მათგან ყველაზე დიდი მნიშვნელობა აქვს: ურანს (^{238}U , ^{235}U), თორიუმს (^{232}Th), რადიუმს (^{226}Ra) და რადონს (^{222}Rn , ^{220}Rn).

2. “ჩვეულებრივი” ქიმიური ელემენტების იზოტოპები, რომლებსაც გააჩნიათ რადიოაქტიური თვისებები. მათ მიეკუთვნება კალიუმი (^{40}K), რუბიდიუმი (^{87}Rb), სამარიუმი

(^{147}Sm), კალციუმი (^{48}Ca), ცირკონიუმი (^{96}Zr) და სხვ. მათგან წამყვანი ადგილი ეკუთვნის კალიუმს, რომელიც განაპირობებს ბუნებრივი რადიოაქტიურობის ყველაზე დიდი სიდიდეს.

3. რადიოაქტიური იზოტოპები, რომლებიც წარმოიქმნება ატმოსფეროში კოსმოსური სხივების ზემოქმედებით, ასეთებია: ტრიტიუმი (^3H), ბერილიუმი (^7Be , ^{10}Be) და ნახშირბადი (^{14}C).

ნიადაგის რადიოაქტიურობა ძირითადად გამოწვეულია ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტებით, რომლებიც იყოფა ორ ჯგუფად: პირველადი – ნიადაგში წარმოიქმნება რადიოაქტიური ნიადაგწარმოქმნილი ქანებისგან ანუ გეოქიმიური პროცესების შედეგად. მეორე ჯგუფი წარმოიქმნება ატმოსფეროში კოსმოსური სხივების ზემოქმედებით.

ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტები ძირითადად წარმოდგენილია ხანგრძლივმცხოვრები იზოტოპებით, რომელთა ნახევრად დაშლის პერიოდია $10^8 - 10^{16}$ წელი. დაშლის პროცესში ისინი გამოყოფენ α , β და γ ნაწილაკებს. აღნიშნული იზოტოპები ატმოსფეროში გაბნეულ მდგომარეობაშია.

ნიადაგში რადიოაქტიური შემცველობა ძირითადად დამოკიდებულია ნიადაგწარმოქმნელ ქანებზე. ნიადაგები, რომლებიც ფორმირებულია მჟავე ქანების გამოფიტვის პროდუქტებზე, რადიოაქტიურ ელემენტებს მეტს შეიცავს, ვიდრე ფუბე და ულტრა-ფუბე ქანებზე წარმოქმნილი ნიადაგები. მძიმე მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში რადიოაქტიური ელემენტები გაცილებით მეტია, ვიდრე მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებში.

სიღრმის მიხედვით, ნიადაგის პროფილში, ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტები განაწილებულია ნიადაგის ტიპების მიხედვით. კარბონატულ ნიადაგებში გაცილებით მეტია ჰუმუსოვან ჰორიზონტში, სიღრმისკენ კლებულობს. გაეწრე-

ბულ, ლესივირებულ, ბიცობიან, სოლოდ და ლეზიან ნიადაგებს თან ახლავს ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტების გამოტანა ელუვიურ (გამორეცხვის) ჰორიზონტიდან და დაგროვება ილუვიურ და ლეზიან ჰორიზონტებში. ზოგჯერ აღნიშნულ ჰორიზონტებში ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტების რაოდენობა შესამჩნევად მეტია.

საერთოდ, ნიადაგის პროფილში, ბუნებრივი რადიოაქტიური ელემენტების განაწილება, მჭიდრო კავშირშია თიხის ნაწილაკების შემცველობასთან და ერთნახევარი ჟანგეულების განაწილებასთან.

ნიადაგში არსებული რადიონუკლიდები ფესვთა სისტემის საშუალებით ხვდება მცენარეში, შემდეგ კი საკვებ პროდუქტებში.

ნიადაგის ხელოვნური დაბინძურება გამოწვეულია რადიოაქტიური იზოტოპებით, რომელიც წარმოიქმნება ატომური და თერმობირთვული აფეთქების, ატომური მრეწველობის, ატომური ელექტროსადგურების ავარიების და სხვ. შემთხვევებში.

ატომური და თერმობირთვული აფეთქების დროს ურანის (^{235}U , ^{233}U) და პლუტონიუმის (^{239}Pu) მძიმე ბირთვების დაყოფის შედეგად, წარმოიქმნება ახალი რადიოიზოტოპების დიდი რაოდენობა, რომელთა ნახევრადდაშლის პერიოდი სხვადასხვაა (წამიდან დაწყებული მრავალი წლით დამთავრებული). წარმოქმნილი რადიოაქტიური ნივთიერებები ხვდებიან რა ატმოსფეროში, ვრცელდებიან დიდ მანძილებზე, თანდათანობით ილექებიან ხმელეთის ზედაპირზე, მათ შორის ნიადაგზე, რაც იწვევს გლობალურ დაბინძურებას. ანალოგიური მოვლენას აღვილი ჰქონდა ჩერნობილის ატომური სადგურის ავარიის დროს. ამ პერიოდში ჩაის ფოთოლში გაცილებით მაღალი იყო რადიოაქტიურობა აჭარის პირობებში, ვიდრე სოჭის მიდამოების ჩაის პლანტაციაში, რაც გამოწვეული იყო ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესებით და ნა-

ლექებით. რუსეთის, უკრაინის და ბელორუსიის შემდეგ ჩერნობილის ატომური კატასტროფა საგრძნობლად შეეხო საქართველოს.

რადიოაქტიური ფონის მომატების გამო XX საუკუნის 50-იანი წლებიდან აიკრძალა ატომური და თერმობირთვული იარაღის გამოცდა და გამოყენება.

გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ნიადაგის რადიოაქტიურობა, ძირითადად, გამოწვეულია სტრონციუმ-90-ით და ცეზიუმ-137-ით. ისინი წარმოადგენენ ძალზე საშიშს ადამიანისათვის, ხელს უწყობენ სისხლის გათეთრებას, რადგან მათ დაშლას დიდი დრო სჭირდება. ^{90}Sr ნახევარდაშლისთვის საჭიროა 28 წელი, ხოლო ^{137}Cs – 33 წელი. მათ გააჩნიათ მაღალი გამოსხივების ენერგია. ნიადაგში სტრონციუმ-90-ს და ცეზიუმ-137-ის რაოდენობა და განაწილების ხასიათი დამოკიდებულია ატმოსფერული ნალექების რაოდენობაზე და შედგენილობაზე, იზოტოპების თვისებაზე, მცენარეულობაზე, რელიეფზე და სხვა პირობებზე. სიღრმის მიხედვით განსაზღვრამ აჩვენა, რომ სტრონციუმ-90 ძირითადად გავრცელებულია ზედაპირულ ფენაში - 0 - 20 სმ სიღრმეზე.

სტრონციუმ-90 რადიოაქტიური თვისებებით ახლოა კალციუმთან, ცეზიუმ-137 კი - კალიუმთან. მათი ქცევა ნიადაგში ახლოა ანალოგ ქიმიურ ელემენტებთან. სტრონციუმ-90-ს და ცეზიუმ-137-ს დამაგრება და შემცველობა ნიადაგში დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორი ფორმის შენაერთის სახისაა ისინი (წყალხსნადი, იონური, გაცვლითი, ძნელადხსნადი). აღნიშნული ნუკლიდების შემცველობა ნიადაგში ერთნაირი არ არის. სტრონციუმ-90 უმეტესად გაცვლით მდგომარეობაშია და ადვილად გამოიდევენება ნიადაგიდან, ხოლო ცეზიუმ-137 შედარებით მდგრადია.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოყვანისას, ხელოვნური რადიოიზოტოპებით დაბინძურებული ნიადაგები-

დან, ისინი გამოაქვთ მცენარეების ფესვებს და გროვდება მოსავალში. მცენარეში მათი შეღწევის შემცირება შესაძლებელია სათანადო ხერხებით.

ჩატარებული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ მცენარეში უფრო ინტენსიურად შედის სტრონციუმ-90, ვიდრე ცეზიუმ-137. კალციუმის მოყვარული მცენარეები ჩვეულებრივ უფრო მეტ ^{90}Sr შთანთქავენ, ვიდრე კალციუმით ღარიბი მცენარეები. სტრონციუმის ყველაზე დიდ რაოდენობას აგროვებენ პარკოსანი კულტურები, შედარებით ნაკლებს – ძირხვენები და ტუბერები, უფრო ნაკლებს – მარცვლოვნები. მცენარეები, რომლებიც მეტი რაოდენობით შეიცავენ კალიუმს, უფრო მეტ ^{137}Cs ს აგროვებენ.

მცენარეები, რომლებიც იზრდებიან მსუბუქ და ჰუმუსით ღარიბ ნიადაგზე, ნაკლებად შეითვისებენ რადიოქ-

ცხრ. 16. მდგრადი რადიონუკლიდებით (^{90}Sr , ^{137}Cs) საქართველოს ნიადაგების დაბინძურება (საშუალო 2005-2008 წწ.)

№	ნიადაგის ტიპი	სიღრმე, სმ	სტრონციუმ-90	ცეზიუმ-137
			ბკ/კგ	
1.	წითელმიწა	0 - 20	149 - 503	85 - 662
		20 - 40	93 - 368	87 - 436
2.	ყვითელმიწა	0 - 20	83 - 429	0 - 898
		20 - 40	33 - 746	20 - 242
3.	სუბტროპიკული ეწერი	0 - 20	114 - 286	62 - 310
		20 - 40	36 - 242	41 - 54
4.	ნეშომპალა-კარბონატული	0 - 20	89 - 706	66 - 794
		20 - 40	0 - 219	0 - 728
5.	რუხი-ყავისფერი	0 - 20	57 - 156	15 - 44
		20 - 40	18 - 198	0 - 25

6.	ყავისფერი	0 – 20	19 – 160	6 – 71
		20 – 40	6 - 239	0 - 80
7.	მდელოს- ყავისფერი	0 – 20	79 - 157	0 – 43
		20 - 40	17 - 131	0 - 59
8.	შაგმიწა	0 – 20	21 – 160	39 - 167
		20 - 40	26 - 175	0 - 66
9.	ყომრალი	0 – 20	94 – 249	21 - 291
		20 - 40	26 - 189	26 - 133
10.	ალუვიური	0 - 20	59 - 382	75 - 653
		20 - 40	24 - 334	0 - 258

ტიურ იზოტოპებს, ვიდრე გაზრდილები მძიმე და ჰუმუსით მდიდარ ნიადაგებზე. მცენარეებში ^{90}Sr შელწევა მცირდება გაკულტურებულ ნიადაგებზე, მოკირიანების და სასუქების შეტანისას. მკვეთრად ამცირებს მცენარეებში ^{137}Cs შელწევას კალიუმისანი სასუქები.

2005-2008 წლებში საერთაშორისო პროექტით, ი. ვეკუას სოხუმის ფიზიკა-ტექნიკის ინსტიტუტში, მკვლევართა (პროფესორები თ. ურუშაძე, მ. კვაჭანტირაძე, ზ. ჩანქსელიანი, გ. ბოკუჩავა) მიერ ჩატარებული გამოკვლევებით შესწავლილ იქნა მდგრადი რადიონუკლიდების - Sr^{90} და Cs^{137} შემცველობა საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში და ნიადაგებში. დადგინდა, რომ რეგიონებსა და ნიადაგებში აღნიშნული რადიონუკლიდების ცალკეულ შემცველობა მკვეთრად განსხვავებულია. ყოველივე ამას განაპირობებს არა მხოლოდ ატმოსფეროდან რადიონუკლიდების ჩამოცვენის ინტენსიობა, არამედ რელიეფი, ნალექების რაოდენობა, ქარების მიმართულება, ნიადაგების თვისებები და სხვ.

საქართველოს ნიადაგები დაბინძურებულია მდგრადი რადიონუკლიდებით - ^{90}Sr და ^{137}Cs . კლებადი რიგით ^{90}Sr ნიადაგების გაბინძურება იძლევა შემდეგ სურათს: წითელმიწა > ნეშომპალა-კარბონატული > ყვითელმიწა > ალუვიური > სუბტროპიკული ეწერები > ყომრალები > ყავისფერი >

რუხი-ყავისფერი > შავმიწა > მდელოს-ყავისფერი. კლებადი რიგით ჩს¹³⁷ ნიადაგების გაბინძურება გვაძლევს შემდეგ სურათს: ყვითელმიწა > წითელმიწა > ნეშომპალა-კარბონატული > ალუვიური > სუბტროპიკული ეწერი > ყომრალი > შავმიწა > ყავისფერი > მდელოს-ყავისფერი > რუხი-ყავისფერი.

დაბინძურების მზარდი ხარისხის მიხედვით ნიადაგები განლაგდა შემდეგი თანმიმდევრობით: მდელოს - ყავისფერი < რუხი-ყავისფერი < ყავისფერი < შავმიწა < ყომრალი < სუბტროპიკული ეწერი < ალუვიური < წითელმიწა < ყვითელმიწა < ნეშომპალა - კარბონატული. რეგიონების მიხედვით შემდეგი სურათია: ქვემო და ზემო სვანეთი (არ აღინიშნება დაბინძურება) < რაჭა-ლეჩხუმი < შიდა ქართლი < თბილისის შემოგარენი < სამცხე - ჯავახეთი < მცხეთა -

მთიანეთი < კახეთი < ქვემო ქართლი < გურია < სამეგრელო < იმერეთი < აჭარა < აფხაზეთი.

ცხრ. 17. მდგრადი რადიონუკლიდებით (⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs) საქართველოს რეგიონების დაბინძურების (საშუალო, 2005-2008 წწ.)

რეგიონი	სიღრმე, სმ	სტრონციუმ-90	ცეზიუმ-137
		ბკ/კგ	ბკ/კგ
სამცხე-ჯავახეთი	0 - 40	86 - 393	38 - 319
კახეთი	0 - 40	25 - 566	20 - 469
ქვემო ქართლი	0 - 40	35 - 696	0 - 343
შიდა ქართლი	0 - 40	0 - 397	0 - 173
მცხეთა - მთიანეთი	0 - 40	11 - 416	0 - 385
თბილისის შემოგარენი	0 - 40	71 - 411	0 - 166
იმერეთი	0 - 40	25 - 1050	15 965
რაჭა-ლეჩხუმი	0 - 40	0 - 174	0 - 177

ქვემო სვანეთი	0 – 40	0	0
ზემო სვანეთი	0 – 40	0	0
სამეგრელო	0 – 40	90 - 827	166- 1279
გურია	0 – 40	83 - 871	0 - 640
აჭარა	0 – 40	101 - 1205	10 - 1098
აფხაზეთი	0 - 40	85 - 1392	0 - 637

დაბინძურების მზარდი ხარიხხის მიხედვით ნიადაგები განლაგდა შემდეგი თანმიმდევრობით: მდელის - ყავისფერი < რუხი-ყავისფერი < ყავისფერი < შავმიწა < ყომრალი < სუბტროპიკული ეწერი < ალუვიური < წითელმიწა < ყვითელმიწა < ნეშომპალა - კარბონატული. რეგიონების

ცხრ. 18. მდგრადი რადიონუკლიდებით (^{90}Sr , ^{137}Cs) სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დაბინძურება (ბკ/კგ)

კულტურა	^{90}Sr	კულტურა	^{90}Sr	^{137}Cs
მანდარინი, ნაყოფი კანის გარეშე	25-20	სიმინდი	250-375	60-135
მანდარინი, ნაყოფი კანით	75-80	ხორბალი	60-65	25-30
მანდარინი, 1-2 წლიანი ღეროები	93-98	ჩაღა	280-435	63-80
მანდარინი, ფოთლები	186-248	კარტოფილი	87-92	7-10
ლიმონი, ნაყოფი კანის გარეშე	25-30	ბალახი	123-733	80-85
ლიმონი, ნაყოფი კანით	85-90	ბალი, ხეხილი	50-517	110-135
ლიმონი, 1-2 წლიანი ღეროები	105-110			

ლიმონი, ფოთლები	248-425			
ფორთოხალი, ნაყოფი კანის გარეშე	13-18			
ფორთოხალი, ნაყოფის კანით	80-85			
ფორთოხალი, 1-2 წლიანი ღეროები	90-95			
მფორთოხალი, ფოთლები	210-220			
ჩაი, დუყი	15-45			
ჩაი, ძველი ფოთლები	85-135			

ნიადაგების მდგრადი რადიონუკლიდებით დაბინძურება აისახება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების სანიტარულ-ჰიგიენურ მდგომარეობაში.

ყველა კულტურა დაბინძურებულია საკმაოდ მაღალი ხარისხით, მათ შორის ლიმონი, სიმინდი, ჩალა, ბალახი. სუბტროპიკულ კულტურებში ყველაზე მეტად დაბინძურებულია ფოთლები, შემდეგ 1-2 - წლიანი ყლორტები და ყველაზე ნაკლებად ნაყოფი კანის გარეშე.

შექმნილი მდგომარეობის გამოსასწორებლად საჭიროა მკაცრი მონიტორინგის დაწესება და ყველა აპრობირებული ზეზნის გამოყენება ეკოლოგიური მდგომარეობის გაჯანსაღებისათვის.

ძირითადი ლიტერატურა

1. გობეჯიშვილი რ., კოტლიაკოვი ვ. გლაციოლოგია (მყინვარები), თბილისი, 2006.
2. გოგატიშვილი ა., იაშვილი ნ. ნიადაგის აღდგენა. „საბჭოთა საქართველო“, თბილისი, 1993.
3. ელიავა ი., ნახუცრიშვილი გ., ქაჯაია გ. ეკოლოგიის საფუძვლები. თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, 1992.
4. ერისთავი ვ. დანელია ა. ალასანია რ. არხიპოვი გარემოს გაჭუჭიანების წყაროები და მისი ლიკვიდაციის ტექნიკური ღონისძიებები. თბილისი, 1985.
5. ზარდალიშვილი ო. ურუშაძე თ. სასუქების გამოყენება და გარემო. „საქართველო“, თბილისი, 1992.
6. თავართქილაძე ა. აჭარის ასსრ ძირითადი ნიადაგები, „საბჭოთა აჭარა“, ბათუმი, 1983.
7. მარშანია ი. აგროქიმიკა. „განათლება“, თბილისი, 1991.
8. მაჭავარიანი ვ. ნიადაგის ეროზია და დაცვის საშუალებები. „მეცნიერება“, თბილისი, 1987.
9. მელაძე გ. ეკოლოგია აგრომეტეოროლოგიის საფუძვლებით, თბილისი, 1998.
10. მოწერელია ა. კულტურტექნიკა და აგრომელიორაცია კოლხეთის დაბლობის დაშრობილ მიწებზე. „საბჭოთა საქართველო“, თბილისი, 1986.
11. მჭედლიძე მ. დოღანაძე ზ. ეკოლოგია მეტეოროლოგიისა და ბუნების დაცვის საფუძვლებით. „განათლება“, თბილისი, 1995.
12. ნაკაიძე ი., აბესაძე გ. აგროქიმიკა. „განათლება“, თბილისი, 1991.

13. ურუშაძე თ. საქართველოს ძირითადი ნიადაგები. „მეცნიერება“, თბილისი, 1997.
14. ურუშაძე თ. აგროეკოლოგია. „ქრინიგრაფი“, თბილისი. 2001.
15. ფალავანდიშვილი შ. ნიადაგების გეოგრაფია, „აჭარა“, 2002.
16. ქაჯაია გ. ბიოსფერო და საზოგადოება. თბილისი, 1997.
17. ქაჯაია გ. გამოყენებითი ეკოლოგიის საფუძვლები. თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 2002.
18. Бзиава М. Л. Удобрение субтропических культур, “Сабчота Сакартвело”, Тбилиси, 1973.
19. Волобуев В.Р. Экология почв (очерки). Изд-во АН АзССР, Баку, 1963.
20. Глинка К. Д. Исследования в области процессов выветривания (выветривания в Чакве близ Батуми), Почвоведение, 3, 1904.
21. Дараселия М. К. Красноземные и подзолистые почвы Грузии и их использование под субтропические культуры, Изд. ВНИИЧисК, Махарадзе-Анасеули, 1949.
22. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения. Изд. ”Просвещение”, Москва, 1989.
23. Добровольский Г.В., Никитин Е.П. Экологические функции почвы. Изд. МГУ, Москва, 1986.
24. Зонн С. Почвенный покров и проблемы преобразования природы и хозяйства субтропиков СССР. “Наука”, Москва, 1987.
25. Карпачевский Л. Экологическое почвоведение. Изд. МГУ, Москва, 1993.
26. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. Изд. МГУ, Москва, 1996.

27. Ковда В. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана, "Наука", Москва, 1984.
28. Палавандишвили Ш. Водный режим красноземных почв Аджарии. Изд. "Сабчота Аджара", Батуми, 1985.
29. Польшов Б. Б. Кора выветривания, Ч. 1. Процессы выветривания Основные формы коры выветривания и их распределение. Изд-во АН СССР, Л., 1934.
30. Урушадзе Т.Ф. Горные почвы СССР. ВО "Агропромиздат", Москва, 1989.

ს ა რ ჩ ე ვ ი

შესავალი	3
თავი 1. ცნება ნიადაგის ეკოლოგიის შესახებ	9
თავი 2. ნიადაგის ძირითადი ფუნქციები	19
თავი 3. ეკოლოგიური ფაქტორების გავლენა ნიადაგის წარმოქმნასა და თვისებებზე	39
3.1. ქანი და ნიადაგწარმოქმნის პროცესი.	42
3.2. რელიეფი და ნიადაგწარმოქმნის პროცესი	73
3.3 კლიმატი და ნიადაგწარმოქმნის პროცესი	86

ნაწილი I

ნიადაგის ეკოლოგიის საფუძვლები

3.4. ორგანიზმები და ნიადაგწარმოქმნის პროცესი. . . .	109
3.5. ხნოვანება და ნიადაგწარმოქმნის პროცესი	128
3.6. ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა და ნიადაგწარმოქმნის პროცესი	136
თავი 4. ნიადაგის ფიზიკური თვისებების ეკოლოგიური მნიშვნელობა	142
თავი 5. ნიადაგის ქიმიური თვისებების ეკოლოგიური მნიშვნელობა	161
თავი 6. ნიადაგის ორგანული ნაწილის ეკოლოგიური მნიშვნელობა -	181
თავი 7. ნიადაგის ნაყოფიერება და მისი ეკოლოგიური მნიშვნელობა	194

ნაწილი II

ნიადაგის ეკოლოგიური კრიზისი

თავი 8. ნიადაგის ეროზიის ეკოლოგიური შედეგი. . .	203
თავი 9. ნიადაგის გაჭუჭყიანება ატმოსფერული ნალექებით	213
თავი 10. ნიადაგის გაჭუჭყიანება აგროქიმიკატებით და პესტიციდებით.	221
თავი 11. ნიადაგის გაჭუჭყიანება საყოფაცხოვრებო და ტექნიკური ანარჩენებით	230
თავი 12. ნიადაგის რადიოაქტიური გაჭუჭყიანება . . .	239
ძირითადი ლიტერატურა.	248
სარჩევი	251