

მანია მელაქა

სატყეო მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგია

საქართველოს სახელმწიფო აგროარული უნივერსიტეტის
სატყეო ფაკულტეტის საბჭოს მიერ (ოქმი № 11, 07.10.2010 წ.)
დამტკიცებულია სახელმძღვანელოდ შესაბამისი პროფილის
უმაღლესი სასწავლებლების სტუდენტებისათვის



**გამომცემლობა „უნივერსალი“
თბილისი 2011**

uak (UDC): 551.502.4(075.8)
m_ 529

saxel nZRvanel oSi ganxil ul ia atmosferos zogadi Tvis-
bebi, cirkul aciis procesebi (amindi) da gaWuWyianebis ZiriTadi
aspektebi; meteorol ogiuri el ementebis, rogorc garemos abio-
turi faqtorebis (mzis sxivuri energia, niadagisa da haeris
temperaturebis reJini, atmosferul i nal eqebi, tenianoba, qari
da sxva) fizikuri procesebi da maTi gavl ena tyis masivebze; sa-
SiSi meteorol ogiuri movl enebis (gval vebi, wayinvebi) warmoq-
mmis pirobebi da maT winaarndeg brZol is meTodebi, aseve wayin-
vebis prognozis meTodebi; xencenareebis fenol ogiuri fazebi,
fenol ogiuri dakvirvebebi da sxva.

mocemul ia kl imatisa da kl imatwarmoqmmel i faqtorebis
(tyis kl imatis fornireba), mikrokl imatis (tyis da sxva), ag-
reTve kl imatis cvl il ebis Sefaseba.

saxel nZRvanel o Sedgenil ia moqmedi programis mixedvit da
gankuTvnil ia satyeo special obisa da Sesabanisi profil is
umarl esi saswavl ebl ebis studentebisaTvis. igi garkveul dax-
marebas gauwevs satyeo meteorol ogia-kl imat ol ogiis sakiTxe-
bit dainteresebul sabunebismetyvel o dargebis special ist ebs,
magistrebs da doqt orant ebs.

redaqtori : sofl is neurneobis mecnierebaTa doqt ori,
sr. profesori gi orgi gagoSi Ze

recenzentebi : biol ogiis akademiuri doqt ori,
asoc. profesori nato kobaxi Ze

sofl is neurneobis akademiuri doqt ori,
asoc. profesori nikol oz sul xani Svi li

© m. mel aZe, 2011

gamomceml oba`uni ver sal i-, 2011

Tbilisi, 0179, i. WavWavaZis gamz. 19, (: 22 36 09, 8(99) 17 22 30

E-mail: universal@internet.ge

ISBN 978-9941-17-141-3

შესავალი

სატყეო მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგიის კურსის შესწავლა სატყეო მეურნეობის პრაქტიკული მოთხოვნების გათვალისწინებით, ხელს უწყობს მეტყვეობას ამინდისა და კლიმატური ფაქტორების ეფექტურად გამოყენებაში. მისი მიზანია შეისწავლოს ამინდისა და კლიმატის გავლენა ტყეებზე, მათ ზრდა-განვითარებაზე, პროდუქტიულობაზე და პირიქით ტყის გავლენა კლიმატსა და ამინდზე.

„სატყეო მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგიის“ სახელმძღვანელოს (ე.ჯიქია, 1969) გამოცემიდან ოთხ ათეულზე მეტმა ნელმა განვლო. ამ პერიოდის განმავლობაში მრავალმა სიახლემ იჩინა თავი სატყეო მეტეოროლოგიური პროცესების შესწავლაში. უფრო სრულყოფილი გახდა ატმოსფეროზე დაკვირვების მეთოდები, გამოქვეყნდა მრავალი სამეცნიერო ნაშრომი და მონოგრაფია მეტეოროლოგიაში, კლიმატოლოგიაში, აგრომეტეოროლოგიაში და სხვა, რამაც საფუძველი მისცა წინამდებარე სახელმძღვანელოს შექმნას.

წარმოდგენილი ნაშრომი (სახელმძღვანელო) გარკვეულ მიზნად ისახავს იმ ხარვეზების შევსებას, რომელიც სატყეო მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგიაში არსებული ლიტერატურის სიმწირითაა განპირობებული. იგი შედგენილია მოქმედი პროგრამის (ავტორი მ.მელაძე) მიხედვით, რომელმაც განაპირობა სატყეო მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგიის საკითხების ახალი კუთხით წარმოჩენა.

სახელმძღვანელოში სატყეო მეტეოროლოგიისა და კლიმატოლოგიის საკითხები მოცემულია არა განყენებულად, არამედ ერთ მთლიანობაში. უმეტეს შემთხვევაში ზოგიერთი მათგანი განიხილება კომპლექსურად, რისი საფუძველიც თანამედროვე მეცნიერული კვლევით მიღებული შედეგებია.

სატყეო მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა მონაცემები მოცემული ტერიტორიის ტყის კლიმატს ახასიათებს. აქედან გა-

მომდინარე, ტყის კლიმატის შესწავლას წინ უნდა უძღვოდეს სატყეო მეტეოროლოგიის კანონების საფუძვლიანი ცოდნა.

მეტეოროლოგიური და კლიმატური პირობების შესწავლას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს სატყეო მეურნეობისათვის, რადგან ამინდთან და კლიმატთან არის დაკავშირებული მრავალი ღონისძიების ჩატარება. მცენარეთა გავრცელების არეალის სწორი შერჩევა და მათი ხელოვნური განლაგება მნიშვნელოვანწილად განისაზღვრება კლიმატური პირობების გათვალისწინებით. კლიმატური მონაცემების საფუძველზე ხდება არახელსაყრელ მოვლენებთან (გვალვები, სეტყვა, წაყინვები, ძლიერი ქარები და ა.შ.) ბრძოლის შესაბამისი მეთოდების გამოყენება.

ტყე წარმოადგენს გარემოზე დადებითი გავლენის მომხდენ ხემცენარეთა ერთობლიობას, რომელიც ქმნის განსაკუთრებულ მიკროკლიმატს. ტყის დადებითი გავლენა ვრცელდება მის მიმდებარე ტერიტორიებზეც. იგი ქმნის ზომიერ კლიმატს, სადაც მეტეოროლოგიური ელემენტების ცვალებადობა მცირეა. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ტყის როლი კლიმატის ცვლილებაში.

აღნიშნული საკითხების განხილვით, სტუდენტი სათანადო კვალიფიკაციის მიღების შემთხვევაში, შეძლებს მეცნიერულად დასაბუთებული კვლევის საფუძველზე განსაზღვროს ამინდისა და კლიმატის გავლენა ტყეებზე, მათ ზრდა-განვითარებაზე და პირიქით ტყის გავლენა კლიმატსა და ამინდზე. სწორად წარმართოს სატყეო მეურნეობა – არსებული ტყეების მოვლა, მათი ექსპლუატაცია და ხელოვნური ნარგავების შექმნა მეტეოროლოგიური და კლიმატური პირობების გათვალისწინებით.

თავი I

სატყეო მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგია

1.1 სატყეო მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგიის საგანი

სატყეო მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგია შეისწავლის ამინდისა და კლიმატის გავლენას ტყეებზე, მათ ზრდა-განვითარებაზე და პროდუქტიულობაზე და პირიქით, ტყის გავლენას კლიმატზე და ამინდზე.

სატყეო მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგიის ძირითად მიზანს წარმოადგენს, ხელი შეუწყოს სატყეო მეურნეობას ამინდისა და კლიმატური პირობების რაციონალურად გამოყენებაში. იგი იძლევა კლიმატისა და ამინდის გავლენის დასაბუთებას მცენარეთა ზრდა-განვითარებაზე და მათ პროდუქტიულობაზე, ამუშავებს მეტეოროლოგიური ფაქტორების არახელსაყრელ მოვლენებთან ბრძოლის მეცნიერულ მეთოდებს და ა.შ.

სატყეო მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგია მჭიდრო კავშირშია მეტეოროლოგიასთან, კლიმატოლოგიასთან, აგრომეტეოროლოგიასთან და სხვა დარგებთან. იგი თავის კვლევის მეთოდებთან აკავშირებს ბიოლოგიის, ფიზიკის, მათემატიკის, გეოგრაფიის, ჰიდროლოგიის და მეცნიერების სხვა დარგების კვლევის ზოგიერთ მეთოდებს.

მეტეოროლოგიურ და კლიმატურ პირობებს დიდი მნიშვნელობა აქვს სატყეო მეურნეობისათვის. მცენარეების გავრცელების არეალის სწორი განსაზღვრა და მათი ხელოვნურად განლაგება შესაძლებელია მხოლოდ კლიმატური პირობების გათვალისწინებით. სწორედ ამ პირობების საფუძველზე ხდება შესაბამისი მეთოდებით ბრძოლა არახელსაყრელ მოვლენებთან.

მეტეოროლოგია (ბერძ. Meteora - ატმოსფერული მოვლენა, logos - მოძღვრება) შეისწავლის ატმოსფეროს თვისებებს და

მოვლენებს, რომლებიც მიმდინარეობს ატმოსფეროში. ამის გამო, მას ატმოსფეროს ფიზიკასაც უწოდებენ.

კლიმატოლოგია (ბერძ. klima, klimatos - კლიმატი) არის მეცნიერება, რომელიც სწავლობს კლიმატწარმოქმნელ პროცესებს და ახდენს ცალკეული რაიონების, ქვეყნების კლიმატური პირობების აღწერას მათი ფიზიკურ-გეოგრაფიული თავისებურებების გათვალისწინებით.

მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგია მჭიდროდაა დაკავშირებული საბუნებისმეტყველო მეცნიერებებთან. რაც აიხსნება ატმოსფერული პროცესების მჭიდრო ურთიერთქმედებით დედამიწის ზედაპირზე მიმდინარე პროცესებთან.

თანამედროვე მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგია მრავალდარგოვანი მეცნიერებებია. მათი ძირითადი დარგებია: აგრომეტეოროლოგია, აგროკლიმატოლოგია, სინოპტიკური მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგია, სამედიცინო მეტეოროლოგია, დინამიკური კლიმატოლოგია და სხვა.

აგრომეტეოროლოგია ანუ სასოფლო-სამეურნეო მეტეოროლოგია შეისწავლის მეტეოროლოგიურ, კლიმატურ და ჰიდროლოგიურ პირობებს სოფლის მეურნეობის წარმოების პროცესებთან და ობიექტებთან მიმართებაში.

აგროკლიმატოლოგია ანუ სასოფლო-სამეურნეო კლიმატოლოგია შეისწავლის კლიმატს სოფლის მეურნეობისათვის. იგი დიდ გავლენას ახდენს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გეოგრაფიულ გავრცელებაზე, მოსავლიანობასა და პროდუქტიულობაზე.

მეტეოროლოგიური და კლიმატური პირობების გათვალისწინება აუცილებელია სატყეო მეურნეობის განვითარებისათვის. ტყე ქმნის თავისებურ, განსაკუთრებულ მიკროკლიმატს. ქარსაფარი ზოლების გაშენება წარმატებით შეიძლება განხორციელდეს მეტეოროლოგიური ფაქტორების გათვალისწინებით. სატყეო მეურნეობისათვის უკიდურესად საშიშია ხანძარი. მასთან ბრძოლის ღონისძიებების გატარება შესაძლებელია მხოლოდ იმ არეალისათვის, ამინდის პროგნოზის გათვალისწინებით.

მეტეოროლოგიას დიდი მნიშვნელობა აქვს სოფლის მეურნეობისათვის. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარება და მოსავლიანობა დამოკიდებულია ატმოსფერული მოვლენების მსვლელობაზე. კლიმატური პირობების ცოდნა საშუალებას იძლევა სწორად მოხდეს ტერიტორიის აგროკლიმატური დარაიონება, ეფექტურად იქნას გამოყენებული ხელსაყრელი აგროკლიმატური პირობები, მცენარეები დაცული იქნას საშიში მეტეოროლოგიური მოვლენებისაგან და ა.შ.

სატყეო მეურნეობაში კლიმატის გათვალისწინების გარეშე მცენარეთა გეოგრაფიული გავრცელება ნაკლებად შესაძლებელია, რადგან აბიოტური ფაქტორები მნიშვნელოვნად უწყობს ხელს ტყის განვითარებას. ტყეები თავის მხრივ, განსაკუთრებით მთაგორიან ქვეყნებში არეგულირებენ კლიმატს და მიკროკლიმატს.

1.2 მეტეოროლოგიის განვითარების ძირითადი ეტაპები

პირველი წერილობითი ცნობები მოწმობს, რომ ატმოსფერული მოვლენების აღრიცხვა ხდებოდა საბერძნეთში, რომში, ჩინეთში, ინდოეთში, ეგვიპტეში. ხანგრძლივი დაკვირვებების მასალების დაგროვების შემდეგ დაიწყო სხვადასხვა მეტეოროლოგიური მოვლენების ახსნა. მეტეოროლოგიის განვითარებაში ახალი ეტაპი, როგორც ინსტრუმენტალური დაკვირვებები დაიწყო XVI საუკუნიდან, როცა გალილეო გალილეიმ გამოიგონა თერმომეტრი (1597 წ), ხოლო ტორიჩელმა ბარომეტრი (1643 წ). აღნიშნულმა ხელსაწყოებმა დასაბამი მისცა ამინდის ძირითადი მახასიათებლების შეფასებას (წნევა, ტემპერატურა).

XIX საუკუნის დასაწყისში შეიქმნა პირველი სახელმწიფო მეტეოროლოგიური სამსახურის ქსელი. მეტეოროლოგიური სადგურები იყო პარიზში, ოქსფორდში, ლონდონში და სხვა. საქართველოში პირველი სისტემატური დაკვირვებები დაიწყო

1844 წელს თბილისში. მეტეოროლოგიის მნიშვნელოვანი განვითარება მოხდა XIX და XX საუკუნეებში, როდესაც მიღებული იქნა პირველი მონაცემები ატმოსფეროს მაღალ ფენებში აეროლოგიური დაკვირვებების საფუძველზე მიმდინარე მოვლენებზე.

მეტეოროლოგიური დაკვირვებების მასალების დაგროვების საფუძველზე, შეიქმნა კლიმატოლოგიის ძირითადი საფუძვლები, რომელიც სწრაფ განვითარებას XIX საუკუნის დასაწყისში იწყებს. არსებობს მოსაზრება, რომ კლიმატოლოგია შეიქმნა მაშინ, როცა ა.ჰუმბოლდტმა შეადგინა იზოთერმების პირველი რუკა. XIX საუკუნის I ნახევარში ფრანგმა მეცნიერმა გასპერენმა დაწერა ნაშრომი – „მინათმოქმედების კავშირი კლიმატთან“.

საქართველოში პირველი აგრომეტეოროლოგიური დაკვირვებები აღინიშნება 1883 წლიდან საქარის (ზესტაფონის რაიონი) და საგარეჯოს რაიონის სადგურებზე. სისტემატიური აგრომეტეოროლოგიური დაკვირვებები დაიწყო 1945 წლიდან.

1.3 დაკვირვებები მეტეოროლოგიურ ელემენტებზე

მეტეოროლოგიურ ელემენტებს უწოდებენ ჰაერის მდგომარეობის სხვადასხვა ხასიათს და ატმოსფეროს ზოგიერთ პროცესს. ძირითად მეტეოროლოგიურ ელემენტებს მიეკუთვნება: ჰაერის და ნიადაგის ტემპერატურა, ატმოსფერული წნევა, ჰაერის ტენიანობა, ღრუბლები, ატმოსფერული ნალექები, მზის რადიაცია, ქარი და სხვა. მეტეოროლოგიური ელემენტების მნიშვნელობა დროის გარკვეულ პერიოდში ხასიათდება მეტეოროლოგიური პირობებით (ამინდის პირობები).

მეტეოროლოგიური ელემენტები სხვადასხვა მნიშვნელობის მქონე გავლენას ახდენენ მცენარეების ზრდა-განვითარებაზე, ცხოველების მდგომარეობაზე და პროდუქტიულობაზე. აღნიშნული ელემენტები წარმოადგენენ მეტეოროლოგიურ ფაქტორ-

რებს, რომლებიც მოცემულ დროში მათი ურთიერთშეთანხმანყო-
ბის პროცესში აყალიბებენ გარკვეულ პირობებს.

მეტეოროლოგიური ელემენტები ცვალებადია დროსა და
სივრცეში, ამიტომ მათზე დაკვირვებები ტარდება რეგულარუ-
ლად, დღელამეში ერთი პროგრამის მიხედვით, ერთი ტიპის მქო-
ნე ხელსაწყო-იარაღების საშუალებით მრავალრიცხოვან პუნ-
ქტებზე (სადგურები, საგუშაგოები). ასეთი პუნქტების საერთო
რიცხვი, რომლებიც ეწევიან დაკვირვებებს, მთელ მსოფლიოში
მრავალი ათასია. თავისი ხასიათის მიხედვით სადგურთა ქსელი
იყოფა – მეტეოროლოგიურ, ჰიდროლოგიურ, აგრომეტეორო-
ლოგიურ, აეროლოგიურ და სხვა სახის სადგურებად.

აგრომეტეოროლოგიური სადგურებისა და საგუშაგოების
ქსელთა ძირითადი დანიშნულებაა: დაკვირვებათა ჩატარება მე-
ტეოროლოგიურ პირობებზე რეგულარული ინფორმაციის მიღე-
ბის მიზნით და მათი გავლენა მცენარეებსა და საველე სამუშა-
ოებზე, ფენოლოგიაზე, შეტყობინება სოფლის მეურნეობისათვის
საშიში მოვლენების შესახებ.

სადგურებზე, მეტეოროლოგიურ ელემენტებზე დაკვირვე-
ბები ტარდება რამდენჯერმე დღელამეში. მაგალითად იქ, სადაც
შეისწავლიან კლიმატს, დაკვირვება ტარდება 01, 07, 13 და 19
საათზე ადგილობრივი დროით, ხოლო ამინდის სამსახურისათ-
ვის 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, და 21 საათზე გრინვიჩის დროით.

მეტეოროლოგიურ სადგურთა სამუშაოს ძირითად პროგ-
რამაში ჩართულია დაკვირვებები ჰაერის ტემპერატურაზე, ატ-
მოსფეროს წნევაზე, მზის რადიაციაზე, ჰაერის ტენიანობაზე,
ქარზე (სიჩქარე და მიმართულება), ღრუბლიანობაზე, ნალექებ-
ზე, თოვლის საბურველზე, ხილვადობაზე, ნიადაგის ზედაპირის
და მისი სხვადასხვა სიღრმის ტემპერატურაზე, აგრეთვე ატმოს-
ფეროს ზოგიერთ მოვლენაზე (თრთვილზე, ნამზე, ლიპყინულზე,
სეტყვაზე, ნისლზე და სხვა). აღნიშნული დაკვირვებები ტარდე-
ბა სპეციალური მეტეოროლოგიური ხელსაწყო-იარაღებით
(თერმომეტრებით, ნალექზომით, თოვლსაზომით, ფსიქრომეტ-

რით, ჰიგრომეტრით, ბარომეტრით, აქტინომეტრით, აგრეთვე თვითმწერი და დისტანციური ხელსაწყოებით და სხვა).

მეტეოროლოგიური პირობების მდგომარეობაზე ატმოსფეროს ზედა ფენებში დაკვირვება მიმდინარეობს სპეციალურ აეროლოგიურ სადგურებზე (წნევაზე, ჰაერის ტენიანობაზე და ტემპერატურაზე, ქარის სიჩქარეზე და მის მიმართულებაზე). აეროლოგიურ დაკვირვებებს აწარმოებენ რადიოზონდების გამზვებით ატმოსფეროს მაღალ ფენებში, სადაც სწავლობენ მასში მიმდინარე პროცესებს და მოვლენებს.

მდინარეებზე, ტბებზე, წყალსაცავებზე, აგრეთვე მდინარის ჩამონადენზე და წყლის სხვადასხვა რესურსებზე დაკვირვებებს აწარმოებს ჰიდროლოგიური სადგურები.

ტყე დიდ გავლენას ახდენს კლიმატზე და მეტეოროლოგიური ელემენტების მსვლელობაზე, ამიტომ საჭიროა სპეციალური სატყეო მეტეოროლოგიური სადგურის ორგანიზება. მისი მოწყობა ხდება ტყის მასივში და ტყის გარეთ, მონაცემების შედარების საფუძველზე ტყისა და ველის ურთიერთდამოკიდებულების დადგენის მიზნით.

ტყის სიხშირის გავლენა მკვეთრად გამოხატულია ცენტრიდან პერიფერიისაკენ, რაც გათვალისწინებული უნდა იქნას მეტეოსადგურის ორგანიზების დროს. ამ ტიპის სადგურებში, გარდა მეტეოროლოგიური დაკვირვებებისა ატარებენ ფენოლოგიურ დაკვირვებებს, საზღვრავენ ნიადაგის ტემპერატურას, ტენიანობას, თოვლის საბურველის სიმაღლეს ტყეში და ტყის გარეთ.

1.4 ატმოსფეროში მიმდინარე მოვლენების შესწავლის მეთოდები

ატმოსფეროში მიმდინარე მოვლენების შესწავლისათვის იყენებენ შემდეგ მეთოდებს: დაკვირვების, ექსპერიმენტის, სტატისტიკური ფიზიკურ-მათემატიკური ანალიზის და დისტანციური დაკვირვების.

დაკვირვების მეთოდი. ატმოსფეროში მიმდინარე მოვლენებზე და კლიმატზე დაკვირვებების მასალების ანალიზის საფუძველზე, ადგენენ შესასწავლი ელემენტების წარმოქმნის მიზეზებს. მეტეოროლოგიური დაკვირვება ხდება მინისპირა ფენებში (2 მ სიმაღლეზე ნიადაგის ზედაპირიდან), ხოლო დაახლოებით 40 კმ სიმაღლეზე ჩატარებულ დაკვირვებას აეროლოგიური დაკვირვება ეწოდება.

მეტეოროლოგია მაღალი ფენების შესწავლისათვის იყენებს დაკვირვებების რადიოლოკაციურ მეთოდს. რადიოლოკაციური სადგურების საშუალებით განისაზღვრება – ღრუბლების ზედა და ქვედა საზღვარი, ღრუბლებისა და მასთან დაკავშირებული მოვლენების (სეტყვა, თავსხმა წვიმა და სხვა) გავრცელების ადგილები, ქარის მიმართულება და სიჩქარე, ტემპერატურული გრადიენტისა და ტენიანობის გაზრდილი არეები და სხვა.

რადიოლოკატორისა და რადიოზონდის ერთდროული მუშაობით ხდება ატმოსფეროს კომპლექსური ზონდირება, ზომავენ: ტემპერატურას, ტენიანობას, წნევას და ატმოსფეროს სხვა პარამეტრებს. რადიოლოკატორით ხდება აგრეთვე სეტყვის კერების აღმოჩენა და მასზე ზემოქმედების მოხდენა.

ექსპერიმენტის მეთოდი. ექსპერიმენტს იყენებენ განსაზღვრულ ფარგლებში ატმოსფერული პროცესების შესწავლის მიზნით. იგი ტარდება როგორც ლაბორატორიაში, ასევე ველზე. მეტეოროლოგიურ ექსპერიმენტს მიეკუთვნება ნისლის გაფანტვა, სეტყვაზე ზემოქმედება, ხოლო კლიმატურს ქარსაცავი ზოლების გაშენება, მორწყვა, წყალსაცავების ორგანიზება. მათი საშუალებით შეიძლება შემუშავდეს კლიმატზე ზემოქმედების მეთოდები.

სტატისტიკური და ფიზიკურ-მათემატიკური ანალიზის მეთოდი. სტატისტიკური ანალიზის საშუალებით ხდება ატმოსფეროში მიმდინარე მოვლენების კანონზომიერების დადგენა. ამისათვის, მეტეოროლოგიური დაკვირვების მასალა უნდა იყოს ხანგრძლივი, სინქრონული და უწყვეტი.

მეტეოროლოგიაში მნიშვნელოვანია ატმოსფერული მოვლენების ფიზიკური არსის ანალიზი, რასაც განსაზღვრავს ფიზიკური კანონები. აღნიშნულის საფუძველზე იყენებენ ფიზიკურ-მათემატიკური ანალიზის მეთოდს. ხდება დიფერენციალური განტოლებების შედგენა, რომელშიც შეაქვთ დაკვირვებების საფუძველზე მიღებული მაჩვენებლები და განტოლების ამოხსნით პოულობენ ატმოსფერული პროცესების ხარისხობრივ მახასიათებლებს. შესაძლებელია აგრეთვე მათი შემდგომი განვითარების წინასწარმეტყველებაც.

დისტანციური დაკვირვების მეთოდი. ეს მეთოდი გულისხმობს გარკვეული ტერიტორიის ფოტოგადაღებას კოსმოსიდან, რაც სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება მეტეოროლოგიურ და კლიმატოლოგიურ კვლევებში.

მეტეოროლოგიური კვლევის ძირითადი ამოცანებია: ატმოსფეროში მიმდინარე მოვლენების აღწერა, მათი წარმოშობის და განვითარების კანონზომიერებების დადგენა, მათ საფუძველზე ატმოსფერული მოვლენების პროგნოზირების მეთოდების შემუშავება, ასევე ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესებზე ზემოქმედება (იგულისხმება საშიშ მეტეოროლოგიურ მოვლენებთან ბრძოლის მეთოდები).

1.5 გარემო ფაქტორების კანონზომიერებები

გარემო ფაქტორები ხასიათდება შემდეგი ძირითადი კანონზომიერებებით:

1. *სიცოცხლის ძირითადი ფაქტორების შეუცვლელობის ანუ თანაბარმნიშვნელოვნობის კანონი.* მისი არსი იმაში მდგომარეობს, რომ არცერთი საჭირო ფაქტორი მცენარეების ზრდა-განვითარებისათვის (სითბო, ტენი, სინათლე) არ შეიძლება გამოთიშული ან შეცვლილი იქნას სხვა ფაქტორით. ყველა ისინი აუცილებელია მცენარეთა არსებობისათვის.

2. *გარემო ფაქტორების არატოლფასოვნობის კანონი.* ამ კანონის თანახმად, გარემო ფაქტორები მცენარეებზე თავისი მოქმედების მიხედვით იყოფიან ძირითად და მეორეხარისხოვან ფაქტორებად. ძირითადი ფაქტორები ახდენენ უშუალო და ძლიერ გავლენას მათზე. სხვა დამატებითი ფაქტორები ასრულებენ მეორეხარისხოვან, არაპირდაპირ მოქმედებას. მათ კორექტივები შეაქვთ ძირითადი ფაქტორების მოქმედებაში, აძლიერებენ ან ასუსტებენ მათ მოქმედებას.

3. *მინიმუმის კანონი ანუ მალიმიტირებელი ფაქტორის კანონი.* ამ კანონის თანახმად, სხვა უცვლელი გარემო ფაქტორების შემთხვევაში მცენარის ზრდა-განვითარება და მოსავლის რაოდენობა განისაზღვრება იმ ფაქტორით, რომელიც მინიმუმს წარმოადგენს. მაგალითად, გვალვიან ზონაში ტენის რაოდენობა მოსავლიანობის მალიმიტირებელ ფაქტორს წარმოადგენს, ასევე ამა თუ იმ ადგილის ზამთრის ძლიერი ყინვები, ნაკლებად ყინვაგამძლე მრავალწლიანი მცენარეების გავრცელებისათვის მალიმიტირებელი ფაქტორია და ა. შ.

4. *ოპტიმუმის კანონი (ანუ ფაქტორების ერთობლივი მოქმედება).* ამ კანონიდან გამომდინარე, მცენარეების ყველაზე მეტი პროდუქტიულობა უზრუნველყოფილია, მხოლოდ სხვადასხვა აგრომეტეოროლოგიური ფაქტორების ოპტიმალური შეთანხმებით, კულტურების მოვლა-მოყვანის სათანადო აგროტექნიკის პირობებში.

5. *კრიტიკულ პერიოდთა კანონი.* ამ კანონის შესაბამისად, მცენარის არსებობა ცალკეულ პერიოდებში ძალზე მგრძობიარეა გარკვეულ გარემო ფაქტორებისადმი, განსაკუთრებით ტენის, სითბოს და მზის რადიაციისადმი.

აღნიშნული კანონების მიზანია, დაადგინოს ძირითადი და მეორეხარისხოვანი გარემო ფაქტორების რაოდენობრივი მნიშვნელობები, რომლებიც განაპირობებენ მცენარეების არსებობას და მალიმიტირებელ მნიშვნელობას, აგრეთვე ოპტიმალურ შეთანხმებას კრიტიკული პერიოდების გათვალისწინებით.

თავი II

ატმოსფეროს საერთო თვისებები

2.1 ატმოსფეროს ფენები და ფიზიკური თვისებები

ატმოსფერო დედამიწის გაზობრივი გარსია, რომელიც ცოცხალი ორგანიზმების საარსებო გარემოს წარმოადგენს. ატმოსფეროში მიმდინარეობს ყველა ის ფიზიკური პროცესები, რომლებიც განაპირობებენ ამინდის ფორმირებას და განსაზღვრავენ მის მრავალფეროვნებას.

ატმოსფერო შედგება სხვადასხვა გაზის ნარევისაგან, რომელსაც ჰაერი ეწოდება.

დედამიწის ჰაეროვანი გარსი არაერთგვაროვანია და შედგება განსხვავებული (ტენიანობით, სიმკვრივით, ჰაერის ცირკულაციის ხასიათით და სხვა) ფენებისაგან (ცხრილი 2.1.1).

ცხრ. 2.1.1

ატმოსფეროს ფენები

ფენა	ზედა და ქვედა საზღვრის სიმაღლე (კმ)	ტემპერატურის მსვლელობის ხასიათი	გარდამავალი ფენა
ტროპოსფერო	მიწის პირიდან 8-10-მდე	მცირდება	ტროპოპაუზა
სტრატოსფერო	10-დან 50-მდე	მატულობს	სტრატოპაუზა
მეზოსფერო	50-დან 90-მდე	მცირდება	მეზოპაუზა
თერმოსფერო	90-დან 800-მდე	მატულობს	თერმოპაუზა
ეგზოსფერო	800-ზე ზევით	მატულობს	თერმოპაუზა

ატმოსფეროს ქვედა ფენაა ტროპოსფერო, რომელიც იწყება უშუალოდ დედამიწის ზედაპირიდან და ვრცელდება 8-10 კმ-

მდე. ამ ფენაში მიმდინარეობს ატმოსფეროს მნიშვნელოვანი ფიზიკური პროცესები. იგი დედამიწასთან ახლოს მდებარეობს და აქტიურად განიცდის მის გავლენას. ჰაერის გათბობა მიმდინარეობს გამთბარი დედამიწის ზედაპირიდან გამოსხივებული ენერჯის ხარჯზე. ამ ფენაში შეიმჩნევა ისეთი მოვლენები, რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ მცენარეთა ზრდა-განვითარებაზე და ადამიანის საქმიანობაზე. მინისპირა ფენაში ჰაერის ტემპერატურა დღისით მაღალია, ხოლო ღამით დაბალი. დაბალ ფენებში ქარის სიჩქარე ხახუნის შედეგად შესუსტებულია მაღალ ფენებთან შედარებით, მაგრამ სიმაღლის ზრდასთან ერთად ძლიერდება.

ტროპოსფერო ხასიათდება შემდეგი ფიზიკური თვისებებით და მოვლენებით:

1. ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი დაახლოებით 0.6° უდრის ე.ი. ჰაერის ტემპერატურა ყოველი 100 მ სიმაღლეზე 0.6° -ით კლებულობს;
2. წყლის ორთქლის დიდი ნაწილი მოქცეულია ამ ფენაში;
3. ტროპოსფეროში ჰაერი მოძრაობს, როგორც ვერტიკალურად ისე ჰორიზონტალურად.

ტროპოსფერო ატმოსფეროს ის ფენაა, სადაც მიმდინარეობს ყველა ფიზიკური პროცესები და ყალიბდება გარკვეული ხასიათის ამინდი. ამიტომ, მეტეოროლოგია ატმოსფეროს ძირითად მოვლენებს სწავლობს ტროპოსფეროში. თითქმის ყველა სახის ღრუბელი წარმოიქმნება ტროპოსფეროში. ტენიანი ჰაერი, რომელიც დედამიწის ზედაპირიდან მაღლა მიემართება, ადიაბატურად ფართოვდება, ცივდება და აღწევს ნაჯერ მდგომარეობას. ამის შემდეგ ორთქლი კონდენსირდება და წარმოიქმნება ღრუბლები. ამ უკანასკნელიდან გარკვეულ პირობებში გამოიყოფა ნალექები წვიმის, თოვლის და სხვა სახით.

ტროპოსფეროში ჰაერის მასების ჰორიზონტალურად გადაადგილების შედეგად წარმოიქმნება ქარი, რაც გარკვეულწილად განაპირობებს ამინდს. თუ ქარი აღმოსავლეთიდან ქრის,

ნლის თბილ პერიოდში მყარდება მშრალი და ცხელი ამინდი, თუ ჩრდილოეთიდან ქრის, დგება ცივი ამინდი და ა.შ.

ტროპოსფეროს ზედა საზღვარზე ჰაერის ტემპერატურა დაბალია და შეადგენს -55 , -60° .

ატმოსფეროს მეორე ფენა ვრცელდება 10-დან 50 კმ-მდე და მას სტრატოსფეროს უწოდებენ. იგი ტროპოსფეროსაგან გამოყოფილია ტროპოპაუზით. ეს ფენა უღრუბლოა, ტროპოსფეროსთან შედარებით ჰაერი ძალიან გამჭვირვალეა. აქ ტემპერატურა 30 კმ-მდე უცვლელი რჩება (-55°), ხოლო 50 კმ სიმაღლეზე 0° -ს უტოლდება. ფენა დიდი რაოდენობით შეიცავს ოზონს, რომელსაც მზის რადიაციის მოკლე ტალღის ნაწილის შთანთქმის უნარი გააჩნია. ოზონი ატმოსფეროში უმეტესად ჭექა-ქუხილის დროს წარმოიქმნება. მას მნიშვნელოვანი როლი აქვს მზის რადიაციის ულტრაიისფერი გამოსხივების ნაწილის შთანთქმაში. ამ სხივს ახასიათებს მაღალი ჯამური აქტივობა, რაც ცოცხალი ორგანიზმებისათვის საზიანოა.

ოზონი ხელს უწყობს ორგანული ნივთიერებების დაშლას. იგი ჰაერში ადიდება აირის ჰიგროსკოპულობას, რაც აჩქარებს წყლის ორთქლის კონდენსაციის პროცესს, რაც დადებითი მოვლენაა ატმოსფერული ნალექების წარმოქმნისათვის. სტრატოსფეროს და მეზოსფეროს შორის გარდამავალ ფენას სტრატოპაუზა ეწოდება. აქ მაქსიმალური ტემპერატურა დაიკვირვება.

ატმოსფეროს ფენას, რომელიც 50-60-დან 80-90 კმ-მდე ვრცელდება მეზოსფერო ეწოდება. იგი ხასიათდება სიმაღლეზე ტემპერატურის სწრაფი კლებით. მეზოსფეროს ზედა საზღვარს, სადაც ყველაზე დაბალი ტემპერატურა დაიკვირვება (-80 , -100°) მეზოპაუზა ეწოდება. მეზოსფეროში ტემპერატურა სიმაღლის ზრდასთან ერთად ეცემა და ზედა საზღვარზე -70 , -80° -ს უტოლდება. დაახლოებით 80 კმ სიმაღლეზე ამ ფენაშია ვერცხლისფერი ღრუბლები, რომელთა წარმოქმნაზე არსებობს განსხვავებული მოსაზრებები. მეზოსფეროში განვითარებულია

ტურბულენტური მოძრაობა, ქარის სიჩქარე 50-100 კმ/სთ აღ-
ნევს.

მეზოსფეროს შემდეგ დაახლოებით 800 კმ სიმაღლეზე
ვრცელდება თერმოსფეროს ფენა. ამ ფენაში ტემპერატურა და-
ახლებით 2000°-ია, ჰაერი გაიშვიათებულია. მეზოსფეროსთვის
დამახასიათებელია დიდი იონიზაცია. ე.ი. მასში დიდი რაოდენო-
ბითაა დადებითად და უარყოფითად დამუხტული ნაწილაკები,
იონიზებული მოლეკულები და ატომები. დიდი იონიზაციის გამო
ფენა ხასიათდება მაღალი ელექტროგამტარობით და მას იო-
ნოსფეროსაც უწოდებენ. მომდევნო ფენას, რომელიც 800 კმ-
დან იწყება ეგზოსფეროს უწოდებენ. იგი ატმოსფეროს გარეგან
გარსს წარმოადგენს. ამ ფენაში ძირითადად წყალბადის ატომე-
ბია. მასში ჰაერი გაიშვიათებულია, ვრცელდება 2000-3000 კმ-
მდე და გადადის საპლანეტაშორისო სივრცეში.

2.2 წყლის ორთქლი, აიროვანი და აეროზოლური მინარევები ატმოსფეროში

ატმოსფეროს ტენიანობას აფასებენ ჰაერში წყლის ორ-
თქლის შემცველობით. მისი შემცველობა ატმოსფეროში ცვალე-
ბადია და მერყეობს 0-დან 4%-მდე. წყლის ორთქლის კონდენსა-
ციასთან არის დაკავშირებული ისეთი მოვლენები, როგორიცაა
– ღრუბლებისა და ნისლის წარმოქმნა, ნალექების მოსვლა, ჭე-
ქა-ქუხილი და სხვა. კონდენსაციის და აორთქლების შედეგად
შთანთქმული და გამოყოფილი სითბო მნიშვნელოვან როლს ას-
რულებს ატმოსფეროს ენერგეტიკული რესურსების გაზრდაში.
ატმოსფეროში წყლის ორთქლის გადასვლასთან, აიროვანი
მდგომარეობიდან თხევად ან მყარ მდგომარეობაში დაკავშირე-
ბულია ამინდისა და კლიმატის მნიშვნელოვანი პროცესები.
წყლის ორთქლი დიდ გავლენას ახდენს დედამიწისა და ატმოს-
ფეროს თერმულ რეჟიმზე. წყლის ორთქლი შთანთქავს რა მზის

სხივურ ენერგიას, ათბობს ატმოსფეროს, რომელიც თავის მხრივ გამოასხივებს ინფრანითელ რადიაციას, რომელიც მიმართულია დედამიწისაკენ.

წყლის აორთქლებაზე იხარჯება დიდი რაოდენობით სითბო. კონდენსაციის დროს გამოიყოფა დიდი რაოდენობით ენერგია, რომელიც ატმოსფეროს გათბობას ხმარდება. კონდენსაციის შედეგად წარმოქმნილი ღრუბლები აირეკლავს და შთანთქავს მზის რადიაციას.

წყლის ორთქლის შემცველ ჰაერს (ტენიან ჰაერს) დიდი მნიშვნელობა აქვს როგორც მცენარეებისათვის, ასევე ცხოველებისათვის.

ატმოსფეროში აიროვანი მინარევებიდან მცენარეებისათვის მნიშვნელოვანია ნახშირორჟანგი, აზოტი, ჟანგბადი. ატმოსფეროს ქვედა ფენებში აზოტის მოცულობითი რაოდენობა 78%-ია, ჟანგბადის 21%, ხოლო დანარჩენი გაზების (არგონი, ნეონი, კრიპტონი, ქსენონი და ა.შ.) მინარევების პროცენტული შემადგენლობა ერთზე ნაკლებია.

აზოტი. ატმოსფეროში, აიროვანი აზოტის დიდი რაოდენობით შემცველობის მიუხედავად, მცენარის მიერ მისი უშუალოდ ჰაერიდან შეთვისება არ ხდება (გამონაკლისია დაბალ საფეხურზე მდგომი მცენარეები). მისი წრებრუნვის პროცესი განუწყვეტლივ მიმდინარეობს და შედეგად ბიოლოგიური ფიქსაციის ხარჯზე ხდება ატმოსფეროს აზოტის ორგანულ ნაერთად გარდაქმნა. იგი მცენარის ნიადაგური კვების ერთერთ ძირითად ელემენტად ითვლება.

ჟანგბადი. ქიმიურად აქტიური აირია, რომელიც აუცილებელი ელემენტია ცოცხალი ორგანიზმების სუნთქვისათვის, ლპობის და წვის პროცესებისათვის. ატმოსფეროში მისი რაოდენობა თითქმის მუდმივია. ჟანგბადი ორგანულ ნივთიერებებთან ურთიერთქმედების დროს ცოცხალი ორგანიზმების უჯრედებში გამოყოფს ენერგიას, რომელიც უზრუნველყოფს მცენარეებისა და ცხოველების ცხოველმოქმედებას.

ნიადაგის გამდიდრება უანგბადით, რაც მიიღწევა ნიადაგის აერაციის გაუმჯობესებით, ხელს უწყობს ნიადაგში ფესვთა სისტემის ზრდას, მიკროორგანიზმების მოქმედებას და მცენარეთა ნიადაგური კვების გაუმჯობესებას.

ნახშირორჟანგი (CO₂). იგი ატმოსფეროში მცირე რაოდენობითაა და მეტად მერყევა წლების, წლის დროებისა და დღე-ღამის საათების მიხედვით. მისი რაოდენობა მეტია თბილ პერიოდში – ტენიან პირობებში (გაძლიერებული ფოტოსინთეზის დროს). იგივე მიზეზი განაპირობებს მის სიმცირეს დღის საათებში. ნახშირორჟანგი გამოიყოფა ცოცხალი ორგანიზმიდან სუნთქვისა და წვის პროცესში, ასევე სამრეწველო ობიექტებიდან, ვულკანების ამოფრქვევის დროს და ა.შ.

ტყის ნიადაგები ნახშირორჟანგს გამოყოფს მის ზედაპირზე მცხოვრები ბაქტერიებისა და სოკოების ცხოველმოქმედების შედეგად. ტყის ნიადაგებიდან ნახშირორჟანგის ინტენსიური გამოყოფა ხელს უწყობს ტყეების პროდუქტიულობის ზრდას. როცა ტყის მცენარეების ვარჯის ზევით ჰაერის შემადგენლობაში 0.03% ნახშირორჟანგია, ვარჯის შიგნით ასიმილაციის პროცესის შედეგად მისი შემცველობა 0.02%-ზე ნაკლებია. ვარჯის ქვედა ნაწილში ნახშირორჟანგის შემცველობა მაღალია და შეადგენს 0.05-0.08%-ს. ფოთლოვანი ტყის (მუხნარი, არყნარი) ნიადაგის ჰაერში შედარებით მეტი ნახშირორჟანგი წარმოიქმნება, ვიდრე წიწვოვანი ტყის (ნაძვნარი, ფიჭვნარი) ნიადაგის ჰაერში.

ნახშირორჟანგის შთანთქმა დიდი რაოდენობით ხდება ოკეანეებისა და მცენარის მწვანე ნაწილების მიერ. შთანთქმული ნახშირორჟანგი მზის სხივების დახმარებით იშლება და შედეგად მცენარეში წარმოიქმნება ნახშირწყლები და გამოიყოფა უანგბადი.

აეროზოლური მინარევეები – ჰაერში დიდი რაოდენობითაა მყარი და თხევადი ნაწილაკების სახით. მათი კონცენტრაცია დიდია მსხვილ სამრეწველო ცენტრებში. ატმოსფეროში დაახლოებით 30-70 მლნ ტონა აეროზოლია, რომელთა დიდი ნაწილი (მტვრის) მთის ქანების დაშლის, ნიადაგის გამოფიტვის, ხანძრე-

ბის, ვულკანური ამოფრქვევების და სხვა გზებით წარმოიქმნება.

აეროზოლების რაოდენობა და ხასიათი განსაზღვრავს ატმოსფეროში სხივთა გაბნევას და შთანთქმას, ჰაერის გამჭირვალობას და რიგ ოპტიკურ მოვლენებს. მათი უდიდესი ნაწილი ტროპოსფეროშია, შედარებით მცირე – სტრატოსფეროში, სადაც აეროზოლების ნაწილაკები დიდხანს ჩერდებიან.

მაგნე აირებიდან მნიშვნელოვანია SO_2 , რომელიც დიდი რაოდენობით შეინიშნება სამრეწველო საწარმოებიდან გამოყოფილ კვამლში. აღნიშნული კვამლის მაგნე აირების მიმართ წინვოვანებიდან განსაკუთრებით მგრძნობიარეა სოჭი, ნაძვი, ლარიქსი, ხოლო ფოთლოვანებიდან წიფელი, ნეკერჩხალი, მუხა, კოპიტა, თელა, ცაცხვი. მერქნიანი ჯიშების მაგნე აირებისადმი გამძლეობა დამოკიდებულია მცენარეთა ასაკზე. მათ მიმართ განსაკუთრებულ მგრძნობიარობას იჩენს წიფლის ახალგაზრდა და სოჭის ხნიერი ხეები.

ატმოსფეროში დიდი რაოდენობითაა აგრეთვე მცენარეების მიერ გამოყოფილი აქროლადი ნივთიერებები – ფიტონციდები. ისინი დამლუპველად მოქმედებენ ატმოსფეროში არსებულ მაგნე მიკროორგანიზმებზე და ბაქტერიებზე. ტყის ჯიშებიდან ფიტონციდური მცენარეებია ევკალიპტი, არყის ხე, ფიჭვი, კაკალი, ღვია და სხვა.

2.3 ატმოსფერული წნევის გაზომვა

ატმოსფეროს წნევა ის ძალაა, რომელიც მოქმედებს ფართობის გარკვეულ ერთეულზე. ყოველი გაზი, რომელიც მოთავსებულია რაიმე ჭურჭელში, ახდენს დანოლას ჭურჭლის კედლებზე თავისი მოლეკულების მოძრაობის შედეგად. ატმოსფეროში ასეთი, პირობითად გამოყოფილი ჰაერის ნებისმიერი მოცულობა დანოლას ახდენს მის გარშემო მყოფ ჰაერზე, ეს უკანასკნელი კი – დედამიწაზე. ჰაერის ასეთი გამოყოფილი მოცუ-

ლობა შეიძლება ძალიან მცირე იყოს წერტილის საზღვრებამდეც. მაშასადამე, ატმოსფეროს ყოველ წერტილში არსებობს ატმოსფერული წნევის განსაზღვრული სიდიდე.

მეტეოროლოგიაში ატმოსფეროს წნევის გამოთვლისათვის იყენებენ ბარის მეათასედ ნაწილს – მილიბარს. ატმოსფერული წნევის მილიმეტრიდან მილიბარში გადაყვანისათვის საჭიროა მილიმეტრებში მიღებული წნევის სიდიდე გადავამრავლოთ $4/3$ და პირიქით, თუ გვინდა მილიბარიდან მილიმეტრში გადაყვანა, წნევის სიდიდის მილიბართა რიცხვს გავამრავლებთ. მაგალითად, $736 \text{ მმ} \times 4/3 = 981.3 \text{ მმ}$ ან პირიქით $981.3 \text{ მმ} \times 3/4 = 736 \text{ მმ}$.

დედამინაზე სიმძიმის ძალის აჩქარება მატულობს ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ და მცირდება სიმაღლის ზრდასთან ერთად. იმისათვის, რომ გამოვრიცხოთ სხვადასხვა განედის სიმძიმის ძალის აჩქარების გავლენა ვერცხლისწყლის სვეტის ჩვენებაზე, საჭიროა მასში შევიტანოთ შესწორება, რათა იგი მივიყვანოთ ზღვის დონეზე და 45° -იანი სიმძიმის ძალის ჩვენებაზე. ზღვის დონეზე, 0° -იანი ტემპერატურისა და 45° -იანი განედის პირობებში ატმოსფერული წნევა შეადგენს 760 მმ , რომელსაც ნორმალურს უწოდებენ.

ატმოსფეროს წნევის გაზომვისათვის მეტეოროლოგიურ სადგურებში გამოიყენება ვერცხლისწყლიანი – ფინჯნიანი ბარომეტრები, ხოლო ექსპედიციებში ბარომეტრი – ანეროიდი. ატმოსფეროს წნევის უწყვეტი რეგისტრაციისათვის გამოიყენება – ბაროგრაფი.

ბარომეტრი. ფინჯნიანი ბარომეტრი შედგება მინის მილისაგან და ფინჯნისაგან, რომელიც შევსებულია ვერცხლისწყლით. მილის ერთი ბოლო დახშულია, მეორე (ქვედა) ჩაშვებულია ვერცხლისწყლიან ფინჯანში. მინის მილს დაზიანებისაგან იცავს მონიკელებული ჩარჩო და მასზე დატანილია ბარომეტრის სკალა. ჩარჩოს ქვედა ნაწილზე დამაგრებულია თერმომეტრი, რომელიც ზომავს ხელსაწყოს ტემპერატურას. ჩარჩოს ზედა ნაწილში არის ორი საპირისპირო ჭრილი, რაც იძლევა ვერცხლის-

ნყლის მენისკის დანახვის საშუალებას. ბარომეტრის ბუდის ზედა ნაწილზე დახრახნილია ხუფი რგოლით ხელსაწყოს ჩამოსაკიდებლად. ბუდის შიდა ნაწილში მოთავსებულია რგოლი ნონიუსით. რგოლის გადაადგილება ხდება ზემოთ და ქვემოთ დაკბილული სახაზავისა და კბილანის თავის საშუალებით. ბუდის შუა ნაწილში გაკეთებულ ქრილში ჩასმულია თერმომეტრი, რომლითაც იზომება ჰაერის ტემპერატურა წნევის ათვლის მომენტში.

ბარომეტრი უნდა მოთავსდეს სტაბილური ჰაერის ტემპერატურის პირობებში. მას არ უნდა ეცემოდეს მზის სხივი, დაშორებული უნდა იყოს გასათბობი სისტემიდან, ფანჯრიდან და კარებიდან.

ბარომეტრზე დაკვირვება იწყება თერმომეტრზე ანათვალის გაკეთებით (0.1°-ის სიზუსტით). შემდეგ მონიკელებულ ჩარჩოზე მიკაკუნებით, ხრახნის დახმარებით ნონიუს აყენებენ მენისკის ზედა ნაწილში და აითვლება ბარომეტრის ჩვენება სკალაზე (0.1 მმ-ის სიზუსტით). მთელი მილიბარები აითვლება ნონიუსის ქვედა საზღვრის მდებარეობის მიხედვით, ხოლო მეათედები ნონიუსის მიხედვით. თერმომეტრის ანათვალს შესწორება ეძლევა შესაბამისი სერთიფიკატის მიხედვით. ბარომეტრის ანათვალს ეძლევა ინსტრუმენტული, ტემპერატურული და სიმძიმის ძალის შესწორება. ინსტრიმენტული შესწორება მითითებულია ხელსაწყოს სერტიფიკატში, ხოლო ტემპერატურული და სიმძიმის ძალის შესწორებები სპეციალურ ცხრილებშია მოცემული. ინსტრუმენტალურ და სიმძიმის ძალის შესწორებას მუდმივ შესწორებას უწოდებენ.

ანეროიდი. ექსპედიციებში წნევის გასაზომად გამოიყენება ბარომეტრ-ანეროიდი (ნიშნავს „უჰაეროს“, რაც ხელსაწყოს მუშაობის პრინციპში გამოიხატება), რომლის მიმღებ ნაწილს წარმოადგენს რამოდენიმე კოლოფი, ორი ერთმანეთთან მიმაგრებული გოფირებული მემბრანით. კოლოფებიდან ჰაერი გამოტუმბულია. როდესაც ჰაერის წნევა მატულობს კოლოფის კედლები ერთმანეთს უახლოვდება, შემცირებისას შორდება. ბერკეტის სისტემის საშუალებით ეს ცვლილება გადაეცემა ისარს,

რომელიც ციფერბლატზე მოძრაობს. ციფერბლატზე გრძელი ხაზები აღნიშნავს ათეულ მილიმეტრებს (მილიბარებს), მოკლე ხაზები – ერთეულ მილიმეტრებს (მილიბარებს). ანეროიდის სკალაზე მიმაგრებულია თერმომეტრი ხელსაწყოს ტემპერატურის გასაზომად. ანეროიდზე პირველ რიგში ხდება თერმომეტრის ჩვენების ათვლა 0.1° -ის სიზუსტით. შუშის ზედაპირზე მიკაკუნების შემდეგ აითვლება ისრის მდებარეობა ანეროიდის მრგვალ სკალაზე 0.1 მმ-ის სიზუსტით.

ანეროიდის ჩვენებაში შეაქვთ შემდეგი შესწორებები: 1. სკალის; 2. დამატებითი; 3. ტემპერატურული.

ბაროგრაფი. ჰაერის წნევის უწყვეტი რეგისტრაციისათვის გამოიყენება ხელსაწყო ბაროგრაფი, რომელიც ორი სახისაა: დღელამური და კვირეული. ხელსაწყოს მთავარ ნაწილს წარმოადგენს ერთ ვერტიკალურ ღერძზე დამაგრებული ლითონის თხელკედლებიანი კოლოფები. ატმოსფერული წნევის მომატებისას კოლოფები იკუმშება, ხოლო შემცირებისას იშლება. ბაროგრაფის გადამცემი ნაწილი წარმოადგენს ბერკეტულ სისტემას, რომელიც დაბოლოებულია ისრით, ჩამწერი კალმის დაბოლოებით. კალამში ასხია გლიცერინიანი მელანი, რომელიც ებჯინება დოლს. იგი ბრუნავს საათის მექანიზმის საშუალებით ისე, რომ მასზე მიმაგრებულ ბაფთაზე კალამი კვალს ტოვებს, რითაც უჩვენებს წნევის ცვლილებას. საათის მექანიზმის მომართვა ხდება კვირაში ორჯერ, ხოლო ბაფთის გამოცვლა დროის შუალედში, რომელიც შეესაბამება დოლის ბრუნვას ერთ დღელამეში ან ერთხელ კვირაში.

ბაროგრაფი თავსდება ჰორიზონტალურად თაროზე ან მაგიდაზე ვერცხლისწყლიანი ბარომეტრის ახლოს. იგი დაცული უნდა იყოს მზის სხივების ზემოქმედებისაგან.

2.4 ატმოსფერული წნევის ცვალებადობა

სატყეო მეურნეობისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ცალკეული მასივის მიკროკლიმატურ შესწავლას, რისთვისაც აუცილებელია ადგილის შეფარდებითი სიმაღლეების დადგენა. მეტყევეობისათვის ადგილის მიკროკლიმატური აგეგმვა (სიმაღლის მიხედვით) ნიადაგის და მიკროკლიმატის შესაბამისად გავრცელებული ტყის ჯიშების გაადგილების შესაძლებლობის საშუალებაა.

ატმოსფერული წნევის ცვლილება სივრცესა და დროში, მჭიდრო კავშირშია ძირითადი ატმოსფერული პროცესების მიმდინარეობასთან.

თეორიული და პრაქტიკული მიზნებისათვის, მნიშვნელოვანია წნევის ცვლილების დინამიკა, როგორც ჰორიზონტალური, ისე ვერტიკალური მიმართულებით.

რელიეფის ფერდობის ქვედა და ზედა პუნქტებს შორის სიმაღლის სხვაობის გამომანგარიშებისათვის, რომელსაც დამატებით ბარომეტრულ ნიველირებას უწოდებენ გამოიყენება ბაზინეს ფორმულა:

$$h = 16000 \left(1 + 0.00366 \frac{t_1 + t_2}{2}\right) \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2}$$

სადაც h - სიმაღლის სხვაობაა (მ), p_1 და p_2 - წნევა ზედა და ქვედა პუნქტებში (მმ ან მბ), t_1 და t_2 - ჰაერის ტემპერატურა შესაბამის პუნქტებზე, 0.00366 - გაზების გაფართოების კოეფიციენტი.

ბარომეტრული ნიველირება გამოიყენება ექსპედიციური გამოკვლევების პირობებში, განსაკუთრებით მთიან ადგილებში, როდესაც რელიეფის სხვადასხვა ფორმების შეფარდებითი სიმაღლის განსაზღვრაა საჭირო.

ბარომეტრული ფორმულის გამოყენებით შესაძლებელია გადაიჭრას შემდეგი საკითხები:

1. თუ ცნობილია წნევა და ტემპერატურა ზედა და ქვედა პუნქტებზე, გამოითვლება სიმაღლეთა სხვაობა ამ ორ პუნქტს შორის (ბარომეტრული ნიველირება);

2. თუ ცნობილია წნევა და ტემპერატურა ქვედა პუნქტზე (ტემპერატურის ცვლილების კანონი სიმაღლის მიხედვით), გამოითვლება ჰაერის წნევის სიდიდე ნებისმიერ სიმაღლეზე;

3. თუ ცნობილია პუნქტის სიმაღლე ზღვის დონიდან, ტემპერატურის ცვლილება სიმაღლეზე და წნევის სიდიდე ამ პუნქტზე, გამოითვლება წნევა ქვედა პუნქტზე.

2.5 ადიაბატური პროცესები ატმოსფეროში

ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესებში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ჰაერის ტემპერატურის ცვლილება, გარემომცველ გარემოსთან სითბოს გაცვლის გარეშე. ტემპერატურის ასეთ შეცვლას, რომელიც მიმდინარეობს სითბოს გარემოსთან გაცვლის გარეშე ადიაბატური პროცესი ეწოდება.

ატმოსფეროში აბსოლუტურად ადიაბატური პროცესი არ შეიძლება არსებობდეს, ანუ არც ერთი მასა არ შეიძლება ისე იყოს დაცული, რომ გარე ჰაერთან არ იყოს კავშირში. თუმცა ჰაერის მოძრაობის სისწრაფე შეიძლება იმდენად მაღალი იყოს, რომ სითბოს გაცვლა ძალიან უმნიშვნელოდ მოხდეს. მსგავსი პროცესი შეიძლება ადიაბატურად ჩაითვალოს.

აღმავალი ჰაერი ადიაბატურად ცივდება, ხოლო დაღმავალი ჰაერი ადიაბატურად თბება. დადგენილია, რომ თუ ჰაერი იკუმშება, მაშინ წნევაც იზრდება და ამასთანავე მატულობს ტემპერატურაც, ხოლო თუ ჰაერი ფართოვდება, მაშინ წნევაც ეცემა და ამასთანავე კლებულობს ტემპერატურაც.

ატმოსფეროში ჰაერის შეკუმშვა და გაფართოება ძირითადად მიმდინარეობს ჰაერის აღმავალი და დაღმავალი დენების დროს. თუ ჰაერი მაღლა მიიწევს, ე.ი. წარმოიქმნება აღმავალი დენები, ჰაერი ფართოვდება, მისი წნევა ეცემა და შესაბამისად

ტემპერატურა კლებულობს. თუ დაღმავალი დენები წარმოიქმნება ჰაერი იკუმშება, წნევა მატულობს და შესაბამისად ჰაერის ტემპერატურაც იზრდება. მშრალ და ტენით გაუჯერებელ ჰაერში აღმავალი დენების დროს ტემპერატურა თითქმის 1° -ით ეცემა ყოველ 100 მ-ზე, ხოლო დაღმავალი დენების დროს მატულობს იმავე სიდიდით. ტენით გაჯერებულ ჰაერში აღმავალი დენების დროს ტემპერატურის ადიაბატურად შემცირებასთან ერთად მიმდინარეობს წყლის ორთქლის კონდენსაცია და ფარული სითბოს გამოყოფა, რომელიც ჰაერის გათბობას ხმარდება. ამიტომ, გაჯერებულ ჰაერში აღმავალი დენების დროს ტემპერატურის დაცემა შედარებით ნაკლებია, ვიდრე გაუჯერებელ ჰაერში. ეს სიდიდე ცვალებადია. ღრუბლების დიდი ნაწილი წარმოიქმნება ჰაერის აღმავალი დენების დროს, ადიაბატური გაცივების შედეგად.

თავი III

მზის რადიაცია

3.1 მზის რადიაციის სპექტრული შემადგენლობა და მისი ცვლილება

დედამინაზე დაცემისას, სითბურ ენერგიად გარდაქმნილ მზის სხივური ენერგიის ნაკადს, მზის რადიაცია ეწოდება.

ყველა სხეული, რომლის ტემპერატურა აბსოლუტურ ნულზე მეტია, გამოასხივებს. ასეთ რადიაციას დედამინა იღებს მზისგან და მას ტემპერატურულ რადიაციას უწოდებენ. მზის სხივური ენერგია დედამინაზე დაცემისას გარდაიქმნება სითბოთ, რომელიც ათბობს მას. გამთბარი დედამინა გამოასხივებს. გამოსხივებული ენერგიის რაოდენობა და ტალღის სიგრძე დამოკიდებულია სხეულის ტემპერატურაზე და მის თვისებებზე. ტემპერატურის მაჩვენებელი ტალღის სიგრძის უკუპროპორციულია, ანუ რაც მაღალია ტემპერატურა, მით ნაკლებია ტალღის სიგრძე. დედამინის საშუალო ტემპერატურა დაახლოებით 15° -ს შეადგენს. აღნიშნული ტემპერატურა საუკუნეების მანძილზე მნიშვნელოვნად არ იცვლება, რაც იმას ნიშნავს, რომ დედამინა და ატმოსფერო მზისგან რა რაოდენობის ენერგიასაც იღებს, იმდენივეს გასცემს, ე.ი. დედამინა სითბურ წონასწორობაშია.

მზის რადიაცია შედგება სხვადასხვა სიგრძის ელექტრომაგნიტური ტალღებისაგან. მზის რადიაციის ტალღის სიგრძეს აქტინომეტრიაში გამოხატავენ მიკრომეტრებში (მკმ). მზის სხივური ენერგიის დაყოფას ტალღების სიგრძის მიხედვით სპექტრს უწოდებენ, რომელიც იყოფა სამ ძირითად ნაწილად:

1. ულტრაიისფერ სხივებად (ტალღის სიგრძე < 0.40 მკმ);
2. ხილულ სხივებად (ტალღის სიგრძე $0.40-0.76$ მკმ);
3. ინფრანითელ სხივებად (ტალღის სიგრძე ≥ 0.76 მკმ).

ატმოსფეროს ზედა საზღვარზე მზის ჯამური რადიაციიდან სხივური ენერჯის 46% სპექტრის ხილულ ნაწილზე მოდის, 47% ინფრანითელზე, 7% ულტრაიისფერზე. თუ მზის სხივს მინის პრიზმაში გავატარებთ, თეთრ ეკრანზე მივიღებთ სხივების 7 ფერად ზოლს: წითელს, ნარინჯისფერს, ყვითელს, მწვანეს, ცისფერს, ლურჯს და იისფერს. მსგავს მოვლენას ბუნებაშიც აქვს ადგილი, რაც ცისარტყელის სახელწოდებითაა ცნობილი (ცხრილი 3.1.1).

ცხრ. 3.1.1

მზის რადიაციის ტალღის სიგრძეები სხვადასხვა ფერის სხივების მიხედვით

სხივის ფერი	ტალღის სიგრძე (მკმ)	სხივის ფერი	ტალღის სიგრძე (მკმ)
იისფერი	0.39 – 0.45	ყვითელი	0.57 – 0.58
ლურჯი	0.45 – 0.48	ნარინჯისფერი	0.58 – 0.62
ცისფერი	0.48 – 0.50	წითელი	0.62 – 0.76
მწვანე	0.50 – 0.57		

მზის რადიაცია, ატმოსფეროში გავლის დროს ატმოსფერული გაზებისა და აეროზოლების შთანთქმის და გაბნევის შედეგად სუსტდება. ამასთანავე, იცვლება მისი სპექტრული შემადგენლობაც. ულტრაიისფერი სხივები შთაინთქმება ატმოსფეროს მაღალ ფენებში. სპექტრის ხილულ ნაწილში სუსტდება (გაბნევის შედეგად) მოკლე ტალღის სიგრძის სხივები – ლურჯი და იისფერი, კიდევ უფრო ნაკლებად სუსტდება გრძელი ტალღის სხივები – წითელი, ნარინჯისფერი. რაც უფრო მცირეა მზის სიმაღლე, მით უფრო ძლიერ გაიბნევა მოკლე ტალღები (იისფერი, ლურჯი, ცისფერი) და მით უფრო მეტია გრძელი ტალღების გავლის წილი (წითელი, ნარინჯისფერი). ამიტომ, მზე ჰორიზონტზე მოწითალო ფერს იღებს. რაც უფრო დიდი

რაოდენობით გვხვდება ნაწილაკები, რომლებიც გააბნევენ და შთანთქავენ რადიაციას, მით უფრო მცირეა ატმოსფეროს გამჭირვალობა. ატმოსფეროს გამჭირვალობა ხასიათდება გამჭირვალობის კოეფიციენტით, რომელიც გვიჩვენებს, მზის რადიაციის რა ნაწილი აღწევს პირდაპირი რადიაციის სახით დედამიწის ზედაპირამდე. გამჭირვალობის კოეფიციენტი მერყეობს 0.60-0.85 საზღვრებში, იგი სხვადასხვაა ტალღის სიგრძის შესაბამისად.

სინათლის სპექტრულ გავლენას დიდი მნიშვნელობა აქვს მცენარის ზრდა-განვითარებისათვის. მცენარის ფიზიოლოგიური პროცესების ნორმალური მიმდინარეობისათვის, რომლებიც განაპირობებენ მის სიცოცხლისუნარიანობას, მნიშვნელოვანია მოკლეტალღოვანი რადიაცია, რომლის ტალღის სიგრძე 0.1-4.0 მკმ ფარგლებში იცვლება. ინფრანითელი რადიაცია (≥ 0.76 მკმ) მცენარეთა ზრდა-განვითარებაში ახდენს მხოლოდ სითბურ ეფექტს. ულტრაიისფერი რადიაცია მოქმედებს მცენარის ზრდის პროცესზე, ხოლო ხილული რადიაცია მთლიანად განაპირობებს მცენარის ფიზიოლოგიური პროცესების მსვლელობას. ეს ის ენერგეტიკული რესურსია, რომლის შთანთქმითაც მცენარე არეგულირებს მის სასიცოცხლო პროცესებს. სპექტრის ამ უბანზე ნათლად ჩანს ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაციის (ფარ) მნიშვნელობა. რადიაციის იმ ნაწილს, რომელსაც შთანთქავს ფოთლის ქლოროფილის მარცვლები კ.ტიმირიაზევმა ფიზიოლოგიური რადიაცია უწოდა. ფოტოსინთეზის პროცესისათვის გამოიყენება ჯამური რადიაციის ის ნაწილი, რომელიც მდებარეობს სხივის 0.38-0.71 მკმ ტალღის სიგრძის ინტერვალში და მას ფოტოსინთეზურად აქტიურ რადიაციას (ფარ) უწოდებენ. ფოთოლზე დაცემული მთლიანი სხივური ენერგიიდან შთანთქმება 73%, ხოლო 27% გატარდება. შთანთქმული 73%-დან ფოტოსინთეზის პროცესს ხმარდება 1-5%, დანარჩენი სითბურ ენერგიაში გადადის და იხარჯება სუნთქვასა და აორთქლებაზე.

მცენარის მიერ ორგანული ნივთიერების დაგროვებისათვის, საჭიროა სინათლის ენერგეტიკული მხარე, რომელიც იქ-

მნება მზის რადიაციის დახმარებით. იგი, უნდა სჭარბობდეს განსაზღვრულ მნიშვნელობას, რომელსაც კომპენსაციის ნერტილს უწოდებენ. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ფოტოსინთეზის პროცესში მცენარის სუნთქვაზე უფრო მეტი ორგანული ნივთიერება გაიცემა (დაიხარჯება) ვიდრე შეიქმნება, რაც მცენარის დაკნინებას გამოიწვევს.

3.2 მზის პირდაპირ და გაბნეულ რადიაციასთან დაკავშირებული მოვლენები

ნიადაგის ზედაპირზე მზიდან მიღებულ პარალელური სხივების ნაკადს პირდაპირი რადიაცია ეწოდება (მზის რადიაცია). მისი ინტენსივობა იზომება სითბოს იმ რაოდენობით კალორიებში, რომელსაც ღებულობს სხივებისადმი პერპენდიკულარულად მიმართული 1 სმ^2 შავი ზედაპირი 1 წთ-ის განმავლობაში. მისი ენერგეტიკული მხარე დამოკიდებულია მზის დგომის სიმაღლეზე, ატმოსფეროს გამჭვირვალობაზე, შემადგენლობასა და წლის პერიოდზე.

დედამიწის მზის გარშემო ელიფსისებურ ორბიტაზე მოძრაობა იწვევს სხვადასხვა სეზონში დედამიწის განსხვავებული მანძილით დაშორებას მზიდან. მისი ინტენსივობა იზრდება ზღვის დონიდან ადგილის სიმაღლის ზრდასთან ერთად. მზის რადიაციის ტალღის სიგრძე, რომელიც აღწევს დედამიწამდე, მერყეობს $0.29\text{-}4.0$ მკმ ფარგლებში. მისი ენერჯის დაახლოებით ნახევარი მოდის ფოტოსინთეზურად აქტიურ რადიაციაზე.

მზის პირდაპირ რადიაციას ახასითებს როგორც დღიური, ისე წლიური მსვლელობა. მზის ამოსვლისას მზის რადიაციის ინტენსივობა ძალზე მცირეა. მზის სიმაღლის ზრდასთან ერთად იგი თანდათან მატულობს და შუადღისას აღწევს მაქსიმუმს. პირდაპირი რადიაციის წლიური მსვლელობა კი მკვეთრად გამოსატყუარია პოლუსებზე, რადგან აქ ზამთარში პოლარული დამეების პირობებში მზის რადიაცია საერთოდ არ შეიმჩნევა.

შუალო განედებზე პირდაპირი რადიაციის მაქსიმუმი მოდის არა ზაფხულზე, არამედ გაზაფხულზე, რადგან ზაფხულის თვეებში ნყლის ორთქლისა და მტვერის მომატების გამო, ატმოსფეროს გამჭირვალობა დაქვეითებულია. საქართველოსათვის რადიაციის მაქსიმუმი აღინიშნება ივნისში, ხოლო მინიმუმი ზამთრის პერიოდში, დეკემბერში.

გაბნეული რადიაცია მზის რადიაციის ის ნაწილია, რომელიც ატმოსფეროში გავლის დროს გაიბნევა და ამ სახით აღწევს ნიადაგის ზედაპირს. სხივების გაბნევას ხელს უწყობს ატმოსფეროში არსებული გაზების მოლეკულები, მტვერი, ღრუბლები და სხვა. ღრუბლებიდან რადიაციის გაბნევის ინტენსივობა მეტად რთულია, რადგან აქ მხედველობაშია მისაღები, როგორც ღრუბლების რაოდენობა, ისე მისი ვერტიკალური სიმძლავრე, ოპტიკური თვისება და სხვა. თოვლის საბურველი, რომელიც აირეკლავს პირდაპირი რადიაციის 70-90%-ს, ადიდებს გაბნეულ რადიაციას ატმოსფეროში. მონმენდილ ამინდში, ზღვის დონიდან ადგილის სიმაღლის მატებასთან ერთად გაბნეული რადიაციის ინტენსივობა კლებულობს.

გაბნეული რადიაციის დღელამური და წლიური სვლა თითქმის შეესაბამება პირდაპირი რადიაციის მსვლელობას. დილით გაბნეული რადიაცია შეიმჩნევა მზის ამოსვლამდე, ხოლო საღამოს – მზის ჩასვლის შემდეგ. საერთოდ, მზის ამოსვლის და ჩასვლის პერიოდში იგი ძლიერ სუსტია. წლიურ სვლაში გაბნეული რადიაციის მაქსიმუმი შეიმჩნევა ზაფხულობით.

ჰაერში მყოფი ნაწილაკების მიერ მზის სხივების გაბნევის სილურჯის მიზეზია. მზის სხივები თეთრი შეფერილობისაა, თუმცა შეიძლება დაიშალოს სხვადასხვა ფერებად. ყველა ფერის სხივი ერთნაირად არ იშლება. ყველაზე მეტად გაიბნევა ლურჯი და იისფერი, რაც განსაზღვრავს ცის ლურჯ შეფერილობას. როცა ჰაერში დიდი რაოდენობით არის ღრუბლების ნაწილაკები, მაშინ ყველა ფერი ერთნაირად გაიბნევა და ცა მოთეთრო ან რუხი შეფერილობისაა. გაბნეული რადიაციის შედეგია დღის სინათლე. გაბნევის არ არსებობის შემთხვევაში სი-

ნათლე მხოლოდ იქ იქნებოდა, სადაც სხივების დაცემა ხდება, ან იქ სადაც არეკლილი სხივები მიაღწევდა. აქედან გამომდინარე, ჩრდილში მუდმივად სიბნელე იქნებოდა. გაბნეული სხივების შედეგია ის, რომ მზის ჩასვლისთანავე არ ბნელდება, ხოლო მზის ამოსვლის წინ ნათდება. იმის მიხედვით, თუ რომელი სხივები უფრო მეტად გაიბნევა, ცა იღებს ყვითელ, წითელ და ა.შ. შეფერილობას.

გაბნეული რადიაცია, მოწმენდილი ცის პირობებში, გაცილებით მდიდარია მოკლეტალღოვანი სხივებით, ვიდრე პირდაპირი სხივებით, რაც მნიშვნელოვან ფიზიოლოგიურ გავლენას ახდენს, როგორც მცენარეთა, ისე ცხოველთა ზრდა-განვითარებაზე. განედის ზრდასთან ერთად მნიშვნელოვნად მატულობს ღრუბლიანობა, რის გამოც ჩრდილოეთით მდებარე ქვეყნებში გაბნეული რადიაციის როლი მცენარეთა და ცხოველთა განვითარებისათვის გაცილებით მეტია, ვიდრე სამხრეთ ქვეყნებში. მზის სიმაღლეზეა დამოკიდებული არა მარტო პირდაპირი, არამედ გაბმული რადიაციის ინტენსივობაც, ე.ი. მზე ჰორიზონტიდან რაც უფრო დაბლა დგას, იმდენად ნაკლებ პირდაპირ და გაბნეულ რადიაციას იძლევა.

3.3 ჯამური, არეკლილი და შთანთქმული რადიაცია. დედამიწის ალბედო

მზის გაბნეული – D და პირდაპირი – S' რადიაციებით მიღებულ სითბოს ჯამს, რომელიც მოდის ჰორიზონტალურ ზედაპირზე უნოდებენ ჯამურ (მთლიან) რადიაციას.

$$Q=S'+D$$

ჯამური რადიაცია წარმოადგენს რადიაციული ბალანსის ძირითად შემადგენელ ნაწილს. დედამიწის ზედაპირზე იგი სით-

ბოს ძირითადი ნაწილია. ჯამური რადიაცია მთლიანი ღრუბლიანობის შემთხვევაში წარმოდგენილია მხოლოდ გაბნეული რადიაციის სახით, ხოლო მონმენდილი ამინდის დროს პირდაპირი და გაბნეული. პირდაპირი და გაბნეული რადიაციის თანაფარდობა ჯამურ რადიაციაში დამოკიდებულია მზის სიმაღლეზე, ღრუბლიანობასა და ატმოსფეროს გაჭუჭყიანებაზე. გამჭირვალე ატმოსფეროს შემთხვევაში, მცირეა გაბნეული რადიაციის წილი ჯამურ რადიაციაში. ჯამური რადიაციის ინტენსივობა ენერგიის ის რაოდენობაა, რომელსაც ლეზულობს 1სმ^2 ჰორიზონტალური ზედაპირი 1 წთ-ის განმავლობაში.

მთლიანი რადიაციის ცვლილება დღეღამურ და წლიურ მსვლელობაში მზის სიმაღლის ცვლილების პროპორციულია. დღეღამურ სვლაში ჯამური რადიაციის მაქსიმუმი მოდის შუადღეზე, ხოლო წლიურ სვლაში – ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ივნისში, სამხრეთ ნახევარსფეროში – დეკემბერში.

ჯამური რადიაცია, რომელიც მოდის დედამიწის მოქმედ ზედაპირზე და საგნებზე, ნაწილი აირეკლება მისგან. ასეთ რადიაციას არეკლილ რადიაციას უწოდებენ. არეკვლის სიდიდე დამოკიდებულია ზედაპირის თავისებურებაზე. თეთრი ზედაპირი უფრო ინტენსიურად აირეკლავს, ვიდრე მუქი. არეკლილი რადიაციის დიდი ნაწილი მოდის კოსმოსურ სივრცეზე, ხოლო ნაწილი უბრუნდება ატმოსფეროს და დედამიწას.

დედამიწაზე მოსული ჯამური რადიაციის მნიშვნელოვანი ნაწილი შთაინთქმება ნიადაგის ზედა ფენების და წყლის მიერ, გარდაიქმნება სითბოდ, რის შედეგადაც თბება ნიადაგი და წყალი.

სხვადასხვა ზედაპირის არეკვლის თვისებები განისაზღვრება სიდიდით, რომელსაც ალბედო ეწოდება. ე.ი. არეკლილი რადიაციის (R_a) შეფარდება ჯამურ რადიაციასთან (Q) გვიჩვენებს ალბედოს (A) სიდიდეს, რომელიც გამოხატავს საგნის არეკვლითუნარიანობას:

$$A = \frac{R}{Q} 100\%$$

ალბედოს მაჩვენებელი ცვალებადია. მოქმედი ზედაპირის ალბედო დამოკიდებულია მის ფერზე, ტენიანობასა და სხვა თვისებებზე (ცხრილი 3.3.1).

ცხრ. 3.3.1

სხვადასხვა ზედაპირის ალბედო

ზედაპირი	ალბედო, %
წიწვოვანი ტყე	10 – 15
ფოთლოვანი ტყე	15 – 20
ნოტიო, შავი ნიადაგი	5
მოშიშველებული, მშრალი ნიადაგი	40
ნიადაგი მცენარეული საფარით	10 – 25
ახალმოსული თოვლი	80 – 95

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ყველაზე მეტი არეკვლის უნარი გააჩნია ახალმოსულ თოვლს. არეკვლა დამოკიდებულია აგრეთვე მზის დგომის სიმაღლეზე და იცვლება დღის განმავლობაში. წყლის ზედაპირის ალბედო მცირეა ხმელეთის ალბედოსთან შედარებით, რადგან მზის სხივი ხვდება წყალში, გაიბნევა და შთაინთქმება მასში. დიდი რაოდენობის მზის ენერგიას ირეკლავს ღრუბლების ზედაპირიც. მისი სიდიდე დამოკიდებულია ღრუბლების შემადგენლობაზე, სისქესა და მასში შემავალი წვეთების ზომაზე. გროვა ღრუბლების ალბედო შეადგენს 78%-ს. სველი ფოთლისა და ნიადაგის ზედაპირი მშრალთან შედარებით ნაკლებად აირეკლავს მზის სხივებს.

სხვადასხვა ზედაპირის ალბედოს გააჩნია მკვეთრად გამოხატული დღელამური და წლიური მსვლელობა, რომელიც დამოკიდებულია მზის სიმაღლეზე და იცვლება დღის განმავლობაში.

ხმელეთის, ზღვებისა და ღრუბლების ალბედოზე დაკვირვება წარმოებს დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრიდან. ალბედო საშუალებას იძლევა გავიანგარიშოთ სხვადასხვა ზედაპირის მიერ შთანთქმული რადიაციის რაოდენობა. ზღვის ალბედოს მიხედვით შეიძლება განვსაზღვროთ ტალღის სიმაღლე, ხოლო ხმელეთის ალბედოს მიხედვით, შესაძლებელია შეფასდეს მცენარეული საფარის მდგომარეობა.

3.4 დედამიწისა და ატმოსფეროს გამოსხივება

დედამიწის ზედაპირიდან გამოსხივება განუწყვეტილად მოდის, ასევე განუწყვეტილად ლებულობს დედამიწა სითბოს მზისგან. გამოსხივების ინტენსივობა იზრდება გამომსხივებელი ზედაპირის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად. დღისით, მაღალი ტემპერატურის პირობებში ნიადაგი მეტად თბება, ამიტომ გამოსხივება მცირდება. ამ ორი ნაკადის (ატმოსფეროს და დედამიწის) სხვაობა ($E_d - E_s$) წარმოადგენს გრძელტალღოვანი სხივების იმ რაოდენობას, რომელსაც კარგავს მოქმედი ზედაპირი. ამ სხვაობას, ეფექტური გამოსხივება (E_{eff}) ეწოდება და გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$E_{eff} = E_d - E_s.$$

მოქმედი ფენის ეფექტური გამოსხივება დამოკიდებულია არსებული სხეულის ტემპერატურაზე, ტენიანობაზე, ჰაერის ტემპერატურაზე და ღრუბლიანობაზე. ეფექტური გამოსხივება (E_{eff}) იზრდება დედამიწის ტემპერატურის მატებასთან ერთად, ხოლო ჰაერის ტემპერატურის და ტენიანობის გაზრდით იგი

მცირდება. ღრუბლიანობის მომატებით ეფექტური გამოსხივება (E_ფ) მცირდება.

დედამინის გამოსხივებით იკარგება სითბური ენერგია, რომლის უდიდეს ნაწილს შთანთქავს ატმოსფერო და ათბობს ჰაერს, ხოლო მეორე ნაწილი მიდის არსებულ სივრცეში.

ატმოსფეროს მიერ გამოსხივებულ რადიაციას, რომელიც დედამინისაკენ არის მიმართული შემხვედრ (E_ს) რადიაციას უწოდებენ. იგი მიმართულია დედამინის მიერ გამოსხივებული რადიაციისაკენ. ღრუბლებს დიდი გამოსხივების უნარი გააჩნიათ, ამიტომ შემხვედრი გამოსხივება იზრდება ღრუბლიანობის მომატების მიხედვით. მოღრუბლულობა დიდ გავლენას ახდენს ატმოსფეროსა და დედამინის გამოსხივებაზე. რაც უფრო მშრალია ჰაერი, მით მეტია დედამინის გამოსხივება. აქედან გამომდინარე, მონმენდილი ცის და ჰაერში წყლის ორთქლის მცირე რაოდენობის გამო ეფექტური გამოსხივება მატულობს.

ეფექტური გამოსხივების დღელამური სვლა ხასიათდება 12-14 საათზე მაქსიმუმით, ხოლო მზის ჩასვლის წინ მინიმუმით. წლიური სვლა კონტინენტური კლიმატის პირობებში ხასიათდება მაქსიმუმით ზაფხულის თვეებში და მინიმუმით ზამთარში.

3.5 დედამინის ზედაპირის რადიაციული ბალანსი

სხვაობას მზის სხიური ენერგიის შემოსულ ანუ შთანთქმულ რადიაციასა და გასულ ანუ ეფექტურ გამოსხივებას შორის რადიაციული ბალანსი ეწოდება. რადიაციული ბალანსი წარმოადგენს მნიშვნელოვან კლიმატურ ფაქტორს, რომელიც უშუალო გავლენას ახდენს ნიადაგის და ატმოსფეროს მინისპირა ფენაში ტემპერატურის განაწილებაზე, ჰაერის მასების ტრანსფორმაციაზე, თოვლის დნობის პროცესებზე და ა.შ.

რადიაციული ბალანსი შედგება შემოსული: პირდაპირი, გაბნეული, ატმოსფეროს შემხვედრი რადიაციებისაგან და გასუ-

ლი: არეკლილი რადიაციისა და დედამინის ზედაპირის ეფექტური გამოსხივებისაგან. რადიაციული ბალანსის განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$B = S' + D - R_s - E_{\text{დ}} - E_s,$$

სადაც B - რადიაციული ბალანსია, S' - პირდაპირი რადიაცია, მოსული ჰორიზონტალურ ზედაპირზე, D - გაბნეული რადიაცია, R_s - არეკლილი რადიაცია, $E_{\text{დ}}$ - დედამინის ზედაპირის გამოსხივება, E_s - ატმოსფეროს შემხვედრი გამოსხივება.

რადიაციული ბალანსის განტოლება შეიძლება დაინეროს შემოკლებული სახითაც:

$$B = Q - R_s - E_{\text{ეფ}},$$

სადაც Q - ჯამური (მთლიანი) რადიაციაა, $E_{\text{ეფ}}$ - ეფექტური გამოსხივება. დადებითი რადიაციული ბალანსის დროს, შემოსული რადიაცია მეტია გასულზე. ამ შემთხვევაში დედამინის მოქმედი ფენა იწყებს გათბობას. უარყოფითი რადიაციული ბალანსის დროს აღნიშნული ფენა ცივდება. დღისით რადიაციული ბალანსი დადებითია, ხოლო ღამით უარყოფითი. მცენარეული საფარით, ტერიტორიის რადიაციული ბალანსის შესწავლა საშუალებას იძლევა გამოითვალოს იმ რადიაციის რაოდენობა, რომელიც შთანთქმება მცენარეებით და ნიადაგით. ბალანსის გამოთვლა ხდება წუთის, დღელამის, თვის, სეზონის და წლის შუალედებისათვის. იგი შეიძლება იყოს როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი. მაღალმთაში რადიაციული ბალანსი დადებითი მხოლოდ ზამთრის თვეებშია. რადიაციული ბალანსის სიდიდე დამოკიდებულია სიმაღლეზე, ღრუბლიანობაზე და ა.შ. წლიური რადიაციული ბალანსი დედამინის ზედაპირზე თითქმის ყველგან დადებითია (გამონაკლისია გრელანდია და ანტარქტიდა), რაც ნიშნავს, რომ შთანთქმული რადიაცია მეტია ეფექტურ გამოსხივებაზე.

3.6 მზის რადიაციის გაზომვა

მზის რადიაციის მახასიათებლების გასაზომად გამოიყენება აბსოლუტური და შეფარდებითი მეთოდები. აბსოლუტური ხელსაწყოები გამოიყენება შეფარდებითი ხელსაწყოების შემონ-მებისათვის.

რეგულარული დაკვირვებების დროს, ექსპედიციებში, სა-ველე პირობებში გამოიყენება შედარებითი ხელსაწყოები. ყვე-ლაზე ფართოდ გამოიყენება თერმოლექტრული ხელსაწყოები – აქტინომეტრი, პირანომეტრი და ალბედომეტრი.

თერმოლექტრული აქტინომეტრი – ხელსაწყო გამოიყენება მზის პირდაპირი რადიაციის გაზომვისათვის. მის მიმღებ ნაწილს წარმოადგენს მოვერცხლილი დისკო, რომლის მზისკენ მიმართული ზედაპირი გაშავებულია. დისკოს მეორე მხარეზე მინებებული აქვს თერმოზატარეის ნარჩილები, რომლებიც მან-განუმისა და კონსტანტანის ბოლოებისაგან შედგება და აქვს ვარსკვლავის ფორმა.

კენტი ნარჩილები განლაგებულია ვარსკვლავის ცენტრში, ხოლო ლუნი ნარჩილები – ვარსკვლავის პერიფერიაზე. გაშავე-ბული დისკო ვარსკვლავთან ერთად მოთავსებულია აქტინომეტ-რის ქვედა გაფართოებულ მილში. მზის სხივები, რომლებიც ხვდება დისკოზე, ათბობს მას და მასზე მინებებულ ვარსკვლავის შიგა ნარჩილებსაც, ხოლო გარე ნარჩილები ჩრდილში რჩება და ინარჩუნებს ჰაერის ტემპერატურას. თერმოდენს ინვევს შიგა და გარე ნარჩილების ტემპერატურათა სხვაობა, რომელიც რადიაციის ინტენსივობის პროპორციულია. თერმოდენის გაზომვა ხდება აქტინომეტრთან მიერთებული გალვანომეტრით.

თერმოლექტრული პირანომეტრი – ხელსაწყო გამოიყენება გაბნეული და ჯამური რადიაციის გაზომვისათვის. მის მიმ-ღებ ნაწილს წარმოადგენს თერმოლექტრული ბატარეა, რომე-ლიც შედგება მანგანუმისა და კონსტანტანის თერმოლემენტე-ბისაგან. მათი ზოლები თანმიმდევრობით არიან მიერთებული ერთმანეთთან. თერმოზატარეის წყვილი ნარჩილები შეღებილია

თეთრი ფერით, ხოლო კენტი ნარჩილები შავი ფერით. ისინი განლაგებულია ჭადრაკულად და თბებიან არათანაბრად, რაც ქმნის ტემპერატურათა სხვაობას და წარმოქმნის თერმოელექტრულ დენს.

პირანომეტრის ზედა ნაწილი შედგება თერმობატარეის კორპუსისა და მინის ხუფისაგან, რომელიც მიხრახნილია სადგამზე და ხრახნით ჩამაგრებულია სამფეხში. სამფეხი ბუდით დამაგრებულია საფუძველზე, რომელსაც გააჩნია გამაწონასწორებელი ხრახნი. გაზომვის დროს პირანომეტრი მოყავთ ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში, ხრახნის დახმარებით. დენის გაზომვა ხდება გალვანომეტრით, რომლის ჩვენება გადაიყვანება კალორიებში. გალვანომეტრის ისრის ნულოვანი მდებარეობის განსაზღვრისათვის და მინის ნახევარსფეროს დასაცავად, პირანომეტრის ზედა ნაწილს ეხურება ლითონის ხუფი.

საველე ელექტრული ალბედომეტრი – ხელსაწყო გამოიყენება საველე პირობებში ჯამური და არეკლილი რადიაციის გაზომვისათვის. მის მიმღებ ნაწილს წარმოადგენს პირანომეტრის თავი, რომელიც ჩახრახნილია მილში კარდანული საკეტიტ და სახელურით. სახელურის 180° -ით მობრუნების დროს მიმღები ნაწილი შეიძლება მიმართული იქნას ზევით, შემოსული მოკლეტალლოვანი რადიაციის გაზომვისათვის და ქვემოთ არეკლილი მოკლეტალლოვანი რადიაციის გასაზომად.

უნივერსალური ჰელიოგრაფი – ხელსაწყო გამოიყენება მზის ნათების ხანგრძლივობის განსაზღვრისათვის დროის იმ მონაკვეთში, რომლის დროსაც მზე არ იყო დაჩრდილული ღრუბლებით. ჰელიოგრაფის ძირითად ნაწილს წარმოადგენს მინის სფერო, რომელიც ფოკუსში კრეფს მასზე დაცემულ მზის სხივებს. სფეროსა და მთავარი ფოკუსის მანძილებს შორის რკალისებრ დამჭერზე დამაგრებულია ჩარჩო, რომლის შიგა მხარეიდან ამოკვეთილია სამი წყვილი ჭრილი მუყაოს ბაფთის ჩასადებად. მზიან ამინდში ბაფთაზე დაცემული სხივები ტოვებს ამომწვარ ზოლს, რომლის მიხედვით იგებენ, თუ რამდენ ხანს ანათებდა მზე დღის, თვის და წლის განმავლობაში.

ჰელიოგრაფი იდგმება ღია ადგილზე, განედის შესაბამის რიცხვზე, სკალის მიხედვით, რომელიც მოთავსებულია უძრავ სადგარზე.

თერმოელექტრული ბალანსმზომი – ხელსაწყო გამოიყენება ზედაპირის რადიაციული ბალანსის გაზომვისათვის. მის გაშვებულ ზედაპირზე ეცემა მზის სხივები. მეორე ზედაპირზე, რომელიც მიმართულია დედამიწისაკენ ჩრდილშია, ისე რომ პირველი მათგანი ხურდება მეორე ცივი რჩება, რაც ინვევს ტემპერატურათა სხვაობას. წარმოქმნილი თერმოელექტრული დენი, იზომება გალვანომეტრით. აღნიშნული დენის ძალა შესაბამება რადიაციული ბალანსის სიდიდეს. ღამით, მისი ჩვენება ეფექტური გამოსხივების ტოლი იქნება. ბალანსმზომის ჩვენება დამოკიდებულია ქარის სიჩქარეზეც, რადგან ქარის სიჩქარის გაზრდასთან ერთად მატულობს კონვექტური სითბოს გავლენა. ამ გავლენის აღრიცხვისათვის ბალანსმზომის სიმაღლეზე და მის ახლოს დგავენ ანემომეტრს.

ლუქსმეტრი – ხელსაწყო გამოიყენება განათების გაზომვისათვის. მის მიმღებ ნაწილს წარმოადგენს სწორკუთხედი ფორმის სელენის ფოტოელემენტი. ლუქსმეტრის გამზომი წარმოადგენს მაგნიტოელექტრულ ხელსაწყოს, რომელიც პლასტმასის ჩარჩოშია მოთავსებული. კორპუსის წინა მხარეს არის სკალა, რომელზედაც სამ რიგად აღნიშნულია ციფრები (განათებულობის განზომილების სამი ზღვრის გამომხატველი). ხელსაწყოს ზედა ნაწილში მოთავსებულია დამჭერები, მიმღები ნაწილის მიერთებისათვის და სახელური, საზღვრების გადართვისათვის. ქვედა ნაწილშია კორექტორი, რომელიც უზრუნველყოფს ისრის ნულოვან მდებარეობაში გაჩერებას. ლუქსმეტრი გამოიყენება 10-35° ტემპერატურის პირობებში. ხელსაწყოს ფოტოელემენტსა და გამზომს დგავენ ჰორიზონტალურად და აზუსტებენ ისრის მდებარეობას. კორექტორით რეგულირება ხდება მაშინ, როცა ისარი არ ემთხვევა სკალის ნულოვან მდებარეობას. ამის შემდეგ ხდება გამზომის მიერთება პოლარობის დაცვით.

3.7 განათებულობისა და დღის ხანგრძლივობის მნიშვნელობა მცენარეებისათვის

სინათლე მნიშვნელოვანი ფაქტორია მცენარეების ზრდა-განვითარებისათვის. იგი მზის სხივურ ენერგიას, ნყალს და ნახშირორჟანგს გარდაქმნის ორგანულ ნივთიერებად. სინათლისადმი დამოკიდებულების მიხედვით, მცენარეები შეიძლება დაიყოს სინათლისმოყვარულ და ჩრდილისამტანებად. აღნიშნული ჯგუფების მცენარეები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან როგორც მორფოლოგიურად, ისე ფიზიოლოგიურად.

ნაძვის ტყეებში, ნაძვის აღმონაცენები ძირითადად ილუპებთან სინათლის ნაკლებობის გამო, რადგან ახალგაზრდა მცენარეებში არ გროვდება ორგანული ნივთიერებების ის რაოდენობა, რა რაოდენობაც საჭიროა მისი ჩამოყალიბებისათვის. ამიტომ, ნაძვის აღმონაცენები უკეთ ვითარდებიან მეჩხერი ტყის პირობებში, სადაც საკმარისად აღწევს სინათლე.

მცენარეები ასიმილაციის პროცესისათვის მოითხოვენ გარკვეულ სინათლის ინტენსივობას (სასიმილაციო მინიმუმი), რომელიც იცვლება ადგილის გეოგრაფიული განედის შესაბამისად. სამხრეთ განედებში მერქნიანი მცენარეები უფრო მეტად არიან ჩრდილის ამტანნი, ხოლო ჩრდილოეთით პირიქით, სინათლისმოყვარული ხდებიან. მიუხედავად იმისა, რომ ჩრდილოეთ განედებში სინათლე შესუსტებულია, იგი ხანგრძლივია და ამ შემთხვევაში ჭარბობს გაბნეული სინათლე, რომელიც გრძელტალღოვანი სხივებითაა მდიდარი. სამხრეთით დღე მოკლეა, სინათლის ინტენსივობა მაღალია და დიდია მოკლეტალღოვანი (ულტრაიისფერი) სხივები. ე.ი. სამხრეთის განედზე მცენარეების ზრდა-განვითარება მიმდინარეობს მოკლე დღის პირობებში, ჩრდილოეთის განედებზე, გრძელი დღის პირობებში.

ტყეში, სინათლის ინტენსივობის შემცირება იწვევს მერქნიანი ჯიშების თავისებურ განაწილებას. ჩრდილისამტან მცენარეებს უკავიათ ქვედა იარუსი (ქვეტყე), ზედა იარუსი სინათლისმოყვარულ ჯიშებს, ხოლო საშუალო იარუსი ნახევრად

ჩრდილის ჯიშებს. საქართველოს პირობებში გავრცელებულია ფიჭვნარ-სოჭნარ-ნაძვნარი, სადაც ზედა იარუსი უკავია ფიჭვს, როგორც სინათლისმოყვარულ ჯიშს. მეორე იარუსი უკავია ჩრდილის ამტან ჯიშებს – ნაძვი, სოჭი, ხოლო დაბლა იარუსი წარმოდგენილია ტიპიური ჩრდილისამტანი ქვეტყის ჯიშებით – ნყავი, ქყორი, ქანჭყატი და სხვა.

მცენარეებს გააჩნიათ დღის ხანგრძლივობათა მინიმუმები-სა და მაქსიმუმების განმსაზღვრელი კრიტიკული მნიშვნელობები, რომელთა საზღვრებს ზევით მცენარეები არ ვითარდებიან. მცენარეები, რომლებიც უპირატესობას ანიჭებენ განსაზღვრული კრიტიკული მინიმუმის მეტ პერიოდს, ითვლება გრძელი დღის მცენარეებათ, ხოლო რომლებიც ნორმალურად ვითარდებიან მაშინ, როცა ფოტოპერიოდი კრიტიკულ მაქსიმუმზე ნაკლებია, ჩაითვლება მოკლე დღის მცენარეებად.

განათების ხანგრძლივობიდან გამომდინარე, შეიძლება იყოს გრძელი, მოკლე და ზომიერი (ნეიტრალური) დღის ხანგრძლივობის მცენარეები. ტროპიკულ ტყეებში განათება შემცირებულია ჰაერის მაღალი ტენიანობის გამო. ტროპიკული ტყის მაღალი მცენარეული საფარი არ ატარებს სინათლეს ნიადაგის ზედაპირამდე და ამიტომ იგი დაფარულია სწრაფად ხრწნადი ფოთლების საფარით.

მცენარეები, რომელთა ბუნებრივი ციკლის შესრულები-სათვის საჭიროა დღის დიდი ხანგრძლივობა, ითვლება გრძელი დღის მცენარეებათ. მათი განვითარების ბუნებრივი ციკლის შესრულება ნორმალურად მიმდინარეობს ჩრდილოეთით, ხოლო სამხრეთით მათი გადატანისას, სადაც დღეები უფრო მოკლეა მცენარეთა განვითარება ფერხდება.

დედამიწის ზედაპირის გზით განათების დღელამური ხანგრძლივობა განისაზღვრება დედამიწის ბრუნვით ლერძის გარშემო, ლერძის დახრილობით დედამიწის ორბიტის სიბრტყესთან, ადგილის განედით და მზის სხივების დახრილობით. დედამიწის ბრუნვა განაპირობებს დღის და ღამის მონაცვლეობას. დღელამის ნათელი ნაწილის ხანგრძლივობა (დღის ასტრონომიული

სიგრძე), იცვლება წლის დროებისა და გეოგრაფიულ განედებთან დამოკიდებულებით. ეკვატორზე დღის ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში უდრის 12 სთ+30 წთ. დღის ხანგრძლივობის გადიდება ჩრდილოეთ განედებში ხელს უწყობს მცენარის ფოტოსინთეზის პერიოდის გახანგრძლივებას.

დღის ხანგრძლივობას უკავშირდება მზის ნათების ხანგრძლივობა, ანუ ის დრო (რაოდენობა), როდესაც დედამიწის ზედაპირი განათებულია მზის პირდაპირი რადიაციით. მზის ნათების ხანგრძლივობა მნიშვნელოვანი კლიმატური ელემენტია, რომელიც დამოკიდებულია დღის ხანგრძლივობაზე (განედზე), წლის დროზე, რელიეფზე და ღრუბლებზე, რომელიც აკავებს პირდაპირ რადიაციას. მზის ნათების ხანგრძლივობა გამოისახება საათებში. იგი ცვალებადია როგორც წლის განმავლობაში, ისე ტერიტორიის მიხედვით. ყველაზე მეტი მზის ნათების ხანგრძლივობა შეიმჩნევა ტროპიკულ უდაბნოებში, ხოლო ყველაზე მცირე ირლანდიისა და ნორვეგიის დასავლეთ სანაპიროებზე. იგი წლის განმავლობაში იცვლება 1000-1200 საათიდან (შოტლანდია, რუსეთის ჩრ. რაიონები) 2900 საათამდე (მადრიდი), თბილისში იგი 2112 საათის ტოლია.

3.8 მზის ენერჯის მნიშვნელობა მცენარეებისათვის

მზის ენერჯია წარმოადგენს ერთერთ მნიშვნელოვან პირობას ბიოსფეროს არსებობისათვის. მისი გამოყენებით ატმოსფეროში მიმდინარეობს ჰაერის მასების ტრანსფორმაცია, რაც უზრუნველყოფს ატმოსფეროს ძირითადი შემადგენლობის მუდმივობას. მზის ენერჯის მოქმედებით ხდება წყლის უდიდესი რაოდენობის აორთქლება ნიადაგებიდან, მცენარეებიდან და ა.შ.

მცენარე ზრდა-განვითარებისა და პროდუქტიულობისათვის იყენებს მზის გაბნეულ და პირდაპირ სხივებს, თუმცა ეს უკანასკნელი ზოგჯერ სახიფათოა ციტოპლაზმისა და ქლოროფილისათვის, მაღალი ინტენსივობის შემთხვევაში. გაბნეულ

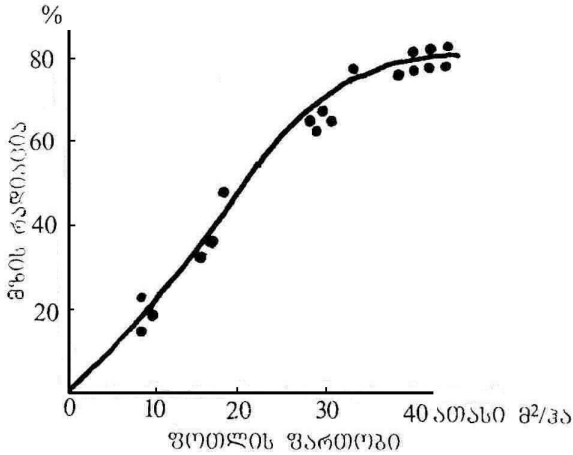
სხივებს მცენარე იყენებს მთლიანად (მასში 60%-მდე ყვითელ-წითელი სხივებია) ფოტოსინთეზისათვის.

ფიზიოლოგიური პროცესებისათვის, რომლებიც განსაზღვრავენ მცენარეთა ცხოველმოქმედებას, ყველაზე მნიშვნელოვანია მოკლელტალლოვანი სხივები (0.30-0.52 მკმ). ამ სხივების მაქსიმუმი შთანთქმება ქლოროფილის მიერ, ხოლო უფრო მეტი ინტენსიურობით შთანთქმა ვლინდება ნარინჯ-წითელ და წითელ სხივებზე (0.60-0.68 მკმ). შთანთქმის მინიმუმი ვლინდება ყვითელ-მწვანე სხივებზე (0.55-0.57 მკმ).

მზის სხივური ენერგია გარდა იმისა, რომ ქმნის ორგანულ ნივთიერებებს, ამავე დროს წარმოადგენს მცენარეთა განვითარების რეგულიატორსაც.

ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაციის შთანთქმისა და გატარების ძირითად განმსაზღვრელ ფაქტორს, წარმოადგენს მცენარეთა ზედაპირული ფოთლების ფართობის დამოკიდებულება ტერიტორიის ფართობთან. მზის რადიაციის განაწილების კანონზომიერება დაკავშირებულია ფოთლის ოპტიმალური ფართობის შექმნასთან, რომელიც განაპირობებს მცენარეთა პროდუქტიულობას. ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაციის შთანთქმა მატულობს ფოთლის ფართობის გადიდებასთან ერთად. შთანთქმის ოპტიმალური პირობები არის მაშინ, როცა ფოთლების ფართობი შეადგენს 40 000 მ². აღნიშნული მაჩვენებლის გაზრდის შემთხვევაში ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაციის შთანთქმა არ მატულობს (ნახაზი 3.8.1).

ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაციის მცენარეში გატარება დამოკიდებულია, აგრეთვე მზის დგომის სიმაღლეზე და ფოთლის ორიენტაციაზე. მზის, მაღალ სიმაღლეებზე დგომის დროს (>35°) პირდაპირი რადიაცია ინტენსიურად იჭრება მცენარეებში იმ შემთხვევაში, თუ ფოთლები ვერტიკალურადაა ორიენტირებული სხივებისადმი. მზის დაბლა დგომისას რადიაციის გატარება ინტენსიური ხდება მაშინ, როდესაც ფოთლების მდებარეობა ჰორიზონტალურს უახლოვდება.



ნახ. 3.8.1. მცენარეთა მიერ მზის რადიაციის (%) შთანთქმა ფოთლის ფართობთან მიმართებაში (ათასი მ²/ჰა)

ბუნებრივ ცენოზში – ტყის ქვემოთ, ნათელ ამინდში ხდება პირდაპირი მზის სხივების, აგრეთვე ციდან და სხვადასხვა საგნებიდან არეკვლის შედეგად გაბნეული სხივების შეჭრა. მცენარეების ქვემოთ შემოჭრილი სინათლის სპექტრული შემადგენლობა იცვლება და მცირდება ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაცია. მზის სხივების შეღწევა მცენარეების ქვემოთ დამოკიდებულია: ფოთლების სიხშირეზე, ჰაბიტუსის თავისებურებაზე, მზის დგომაზე, ამინდის პირობებზე და ა.შ. ტყის მცენარეები ჯიშების მიხედვით განსხვავდებიან მზის სხივების გატარების უნარით. მაგალითად, ვერხვის კრონაში განათება შეადგენს – 38%-ს, არყის ხისათვის 30%-ს, ნეკერჩხლისა და ცაცხვისათვის 7%-ს, ნაძვისათვის 5%-ს.

თავი IV

ნიადაგის ტემპერატურა

4.1 ნიადაგის ტემპერატურის დღეღამური და წლიური მსვლელობა

ნიადაგის ტემპერატურის ცვლილებას დღეღამის განმავლობაში დღეღამურ სვლას უწოდებენ, რომელიც ხასიათდება ერთი მაქსიმუმით და ერთი მინიმუმის მაჩვენებლით. ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის მინიმუმი დაიკვირვება მოწმენდილ ამინდში, მზის ამოსვლის წინ, უარყოფითი რადიაციული ბალანსის პირობებში. ამ შემთხვევაში, სითბოს გაცვლა ჰაერსა და ნიადაგს შორის უმნიშვნელოა. მზის ამოსვლიდან რადიაციული ბალანსის სიდიდე იზრდება დადებითისაკენ. ტემპერატურა მაქსიმუმს აღწევს 14 საათისათვის, რის შემდეგაც იგი იწყებს კლებას დღიამდე და აღწევს მინიმუმს.

ნიადაგის ტემპერატურის მსვლელობის დღეღამურ ამპლიტუდაზე გავლენას ახდენს: წლის დრო (ზაფხულში იგი მაღალია ვიდრე ზამთარში) და ადგილის რელიეფი. სამხრეთის ფერდობები უფრო მეტად თბება ვიდრე ჩრდილოეთ ფერდობები, ხოლო დასავლეთის რამდენადმე მეტად ვიდრე აღმოსავლეთის ფერდობები (შესაბამისად იცვლება ამპლიტუდა). ნიადაგის ფერი გარკვეულად მოქმედებს ტემპერატურის მსვლელობის ამპლიტუდაზე. მუქი ფერის ნიადაგების ზედაპირის ტემპერატურის მსვლელობის ამპლიტუდა უფრო დიდია ვიდრე ღია ფერის. დიდი ამპლიტუდა ახასიათებს, აგრეთვე მშრალ ფხვიერ ნიადაგებს, ტენიანი ნიადაგების ზედაპირთან შედარებით.

ტემპერატურის დღეღამური სვლის დარღვევა შეიძლება გამოწვეული იყოს ღრუბლიანობით, ნალექებით და სხვა ფაქტორებით. ტემპერატურა ძლიერ ცვალებადობს განსაკუთრებით შავმიწა ნიადაგებზე. ტყის ნიადაგების ტემპერატურა შედარე-

ბით ნაკლებად ცვალებადია, რაც მათი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების განსხვავებულობის შედეგია.

ნიადაგის ტემპერატურის წლიური მსვლელობა დღელამური მსვლელობის ანალოგიურია. იგი ხასიათდება ერთი მაქსიმუმით – ივლისში, როცა სითბოს ნაკადი ნიადაგზე ყველაზე მეტია და მინიმუმით – იანვარში ან თებერვალში. მოშიშვლებული ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის წლიური ამპლიტუდა გაცილებით დიდია, ვიდრე მცენარეული ან თოვლის საფარით დაფარული ზედაპირის.

ნიადაგის ტემპერატურის წლიური მსვლელობის ამპლიტუდაზე გავლენას არ ახდენს წლის დრო. ნიადაგის ზედაპირის ფენის ტემპერატურის დღელამური და წლიური მერყეობა თბოგამტარობით გადაეცემა ნიადაგის ღრმა ფენებს. ნიადაგის ფენას, რომელშიც მიმდინარეობს დღელამური და წლიური ტემპერატურების მსვლელობა აქტიური ფენა ეწოდება.

ერთგვაროვანი ნიადაგის შემთხვევაში, ტემპერატურათა მერყეობის გავრცელება ნიადაგის სიღრმეებში მიმდინარეობს ფორიეს შემდეგი კანონებით:

1. ტემპერატურათა მერყეობის პერიოდი სიღრმეების მიხედვით არ იცვლება;
2. თუ ნიადაგის სიღრმე იზრდება არითმეტიკული პროგრესიით, ამპლიტუდა მცირდება გეომეტრიული პროგრესიით, ე.ი. სიღრმის მატების მიხედვით ამპლიტუდა სწრაფად მცირდება;
3. მაქსიმალური და მინიმალური ტემპერატურების დადგომის დრო სიღრმის მიხედვით იგვიანებს, რაც ნიადაგის სიღრმის პროპორციულია;

აღნიშნული კანონზომიერებები შეიძლება დაარღვიოს უხვმა ნალექებმა, ინტენსიურმა აორთქლებამ, ფარულმა სითბომ, რომელიც გამოიყოფა ნიადაგის გაყინვისას.

4.2 ნიადაგის გათბობა და გაცივება

ნიადაგის ტემპერატურა მჭიდროდაა დაკავშირებული ჰაერის ტემპერატურასთან. თუმცა, აქვს რეჟიმის დამოუკიდებელი სვლა, რომელიც განპირობებულია მისი ფიზიკური და მოქმედი ზედაპირის თავისებურებით.

ნიადაგსა და ჰაერს, ასევე ნიადაგის ზედა და ღრმა ფენებს შორის მიმდინარეობს სითბოს გაცვლა. დღისით, ნიადაგის ზედაპირი შთანთქმავს მზის სხივურ ენერგიას – პირდაპირი და გაბნეული რადიაციის სახით და თბება. გამთბარი ნიადაგი ნაწილობრივ უბრუნებს ატმოსფეროს გრძელტალღოვან სხივებს და ათბობს ჰაერს. ე.ი. დედამიწა და ატმოსფერო ერთმანეთს უცვლიან სითბოს და ნაწილობრივ კარგავენ მას სამყაროს სივრცეში.

მზის სხივების შთანთქმის უნარი დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე – ადგილის სიმაღლეზე ზღვის დონიდან, მზის სიმაღლეზე, ფერდობის ექსპოზიციაზე, ნიადაგის შედგენილობასა და ფერზე, მცენარეულ და სხვა ბუნებრივ საფარზე.

ღია ფერის ნიადაგს დიდი არეკვლის უნარი გააჩნია, ამიტომ დღისით სუსტად თბება შავი ფერის ნიადაგთან შედარებით. მზის სხივების შთანთქმის უნარი ყველაზე მეტად გააჩნია მუქი ფერის ნიადაგებს. ნიადაგის ფერის გავლენა მზის ენერგიის შთანთქმით უნარიანობაზე განსაკუთრებით ვლინდება მზიან ამინდში. ღრუბლიან ამინდში (გაბნეული რადიაციის დროს) ეს გავლენა უმნიშვნელოა.

ადგილის გეოგრაფიული მდებარეობა მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ნიადაგის მიერ მზის ენერგიის შთანთქმით უნარიანობას. სამხრეთ ფერდობის ნიადაგები მეტად თბება ვიდრე ჩრდილოეთ ფერდობების. ნიადაგის ტემპერატურაზე საგრძნობ გავლენას ახდენს ბუნებრივი საფარი – ტყე, ბალახი (მცენარეულობა). მცენარეულობა დღისით ნიადაგს იცავს გადახურებისაგან, ხოლო ღამით გაცივებისაგან.

თოვლი დიდი რაოდენობით შეიცავს ჰაერს, ამიტომ სითბოს ცუდი გამტარია, რაც იცავს ნიადაგს გაცივებისაგან. თოვლის 40-50 სმ სისქის ფენაში ნიადაგის ტემპერატურა 6-7^o-ით მეტია მოშიშვლებული ნიადაგის ტემპერატურაზე. მოშიშვლებული ნიადაგი ზამთარში 1 მ სიღრმეზე იყინება. თოვლით დაფარულ ნიადაგზე გაყინვის სიღრმე 40 სმ აღწევს. ამრიგად, თუ მცენარეული საფარი ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურას ზაფხულის პერიოდში ამცირებს, თოვლის საფარი პირიქით, ზამთარში ზრდის მას.

ნიადაგის მიერ ატმოსფეროში სითბოს გაცემა ძირითადად ნიადაგის ტენიანობაზეა დამოკიდებული. ნიადაგი, რომელსაც ჭარბი წყლის დაკავების უნარი გააჩნია (თიხნარი ნიადაგები), ყოველთვის ცივია სხვა ნიადაგებთან შედარებით. ჰუმუსით მდიდარი, სტრუქტურული ნიადაგები სითბოს მეტად ინარჩუნებენ, ვიდრე ჰუმუსით ღარიბი ნიადაგები. მზის სხივებით ძლიერ თბება ქვიშნარი ნიადაგები, უფრო სუსტად ტყით და ბუჩქებით დაფარული ნიადაგები.

ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურული რეჟიმი განპირობებულია რადიაციული ბალანსით ანუ დამოკიდებულია მიღებულ რადიაციაზე, ალბედოს სიდიდესა და ეფექტურ გამოსხივებაზე. დადებითი რადიაციული ბალანსის დროს სითბოს ნაწილი შთაინთქმება ნიადაგის ფენის მიერ და გადაეცემა მის სიღრმეს, ხოლო ნაწილი აირეკლება ატმოსფეროში, რის შედეგადაც ნიადაგის ზედაპირის ფენა თბება. ნიადაგში ტემპერატურის ასეთ განაწილებას ინსოლაცია ეწოდება. დადებითი რადიაციული ბალანსის დროს ნიადაგი შთანთქავს მზის ენერჯის 60%-ს, ხოლო ატმოსფეროს უბრუნებს 40%-ს. უარყოფითი რადიაციული ბალანსის დროს, ნიადაგის ზედა ფენა ცივდება და სითბო ნიადაგის სიღრმიდან მის ზედაპირზე ამოდის, რაც ნიადაგის სიღრმის გაცივებას იწვევს. ნიადაგში ტემპერატურის ასეთ განაწილებას გამოსხივება ეწოდება.

კონდენსაციის დროს გამოიყოფა სითბო, რომელიც ათბობს ნიადაგს, ხოლო აორთქლების დროს სითბო იხარჯება და ადგილი აქვს ნიადაგის გაცივების შემთხვევას.

ნიადაგის სითბური თვისებებიდან მთავარ და განმსაზღვრელ ფაქტორს ნიადაგის სითბოტევადობა და სითბოგამტარობა წარმოადგენს. განასხვავებენ მოცულობით და წონით (ხვედრით) თბოტევადობას. მოცულობითი თბოტევადობა სითბოს ის რაოდენობაა კალორიებში, რომელიც საჭიროა 1 სმ³ ნიადაგის 1°-ით გასათბობად, ხოლო წონითი თბოტევადობა სითბოს ის რაოდენობაა კალორიებში, რომელიც საჭიროა 1 გრ ნიადაგის 1°-ით გასათბობად. რაც უფრო მეტია ნიადაგში წყალი და ნაკლებია ჰაერი, მით მეტია მისი სითბოტევადობა. ნიადაგი, რომელიც მცირე რაოდენობით ჰაერს შეიცავს და ტენიანია, მშრალ ნიადაგთან შედარებით ნელა თბება და ნელა ცივდება. აქედან გამომდინარე, მშრალ ნიადაგში ტემპერატურის მერყეობა უფრო დიდია, ვიდრე ტენიან ნიადაგში.

ნიადაგის გათბობის ხარისხს განსაზღვრავს სითბოგამტარობა. იგი ტოლია სითბოს იმ რაოდენობის, რომელიც 1 წმ-ში გაივლის 1 სმ² განივკვეთისა და 1 სმ სისქის ნიადაგის ფენას, ტემპერატურის 1°-ით სხვაობისას.

მცენარეებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის თბოგამტარობას, რადგან ნიადაგის ზედაპირმა შეიძლება მიიღოს დიდი რაოდენობის სითბო, მაგრამ ვერ გაატაროს მის ქვედა ფენებში. ასეთ პირობებში, ნიადაგის ზედა და ქვედა ფენებს შორის იქმნება ტემპერატურის დიდი მერყეობა, რაც არახელსაყრელ პირობებს უქმნის მცენარეებს ზრდა-განვითარებისათვის.

ნიადაგის სიღრმეში სითბოს გადაცემის განსაზღვრა ხდება შემდეგი ფორმულით:

$$T = \lambda \frac{t_2 - t_1}{Z_2 - Z_1} \cdot \tau \text{ კალ/სმ}^2,$$

სადაც T - არის სითბოს დინება კალ/სმ² წამში, λ - თბოგამტარობის კოეფიციენტი, $\frac{t_2 - t_1}{z_2 - z_1}$ ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი, ე.ი. სხვაობა ტემპერატურის ($t_2 - t_1$) ორ სიღრმეში ($z_2 - z_1$) საშუალოდ დროის ზოგიერთი შუალედისათვის, τ - პერიოდი.

როგორც ფორმულიდან ჩანს, ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტით მიმდინარეობს ნიადაგში სითბოს გადატანა.

სითბოს სწრაფად მიღება და გაცივება დამუღწეული ნიადაგებისგან განსხვავებით, წარმოებს მოშიშვლებულ ნიადაგებში. ნიადაგის ზედაპირზე მოთავსებული მულჩი შთანთქავს მზის სხივად ენერჯიას, ხოლო ზედმეტ სითბოს რაოდენობას გადასცემს მის ქვეშ მოთავსებულ ნიადაგს. მულჩის გავლენით, ეს პროცესი ზომიერად მომდინარეობს. ნელა მიმდინარეობს აგრეთვე ნიადაგის გაცივება, რადგან მას მულჩი იცავს და არ ხდება ნიადაგის სიღრმიდან სითბოს ინტენსიური გამოსხივება.

ნიადაგის სიღრმეების თანდათანობით გათბობა-გაცივებას უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს მცენარეთა ზრდა-განვითარებისათვის, ხელსაყრელი პირობების შექმნაში.

4.3 რელიეფის, მცენარეული და თოვლის საფარის გავლენა ნიადაგის სითბურ რეჟიმზე

ნიადაგის ტემპერატურის სითბურ რეჟიმზე (გათბობა-გაცივება) გავლენას ახდენს რელიეფი, მცენარეული და თოვლის საფარი, რელიეფის ფორმა – ფერდობის ექსპოზიცია, დაქანება განსაზღვრავს ნიადაგის გათბობა-გაცივების პროცესს. სამხრეთის ფერდობები, მზის სხივებს მეტი რაოდენობით ღებულობს ჩრდილოეთ ფერდობებთან შედარებით. აქედან გამომდინარე,

სამხრეთის ფერდობები 3-4°-ით უფრო თბილია. შუალედური ადგილი უჭირავთ აღმოსავლეთ და დასავლეთ ფერდობებს. ამიტომ, მცენარეთა გაადგილების დროს განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს მათ მოთხოვნილებას სითბოსადმი.

ნიადაგის ტემპერატურის რეჟიმი, როგორც მის ზედაპირზე ასევე ქვედა ფენებში, ნიადაგის თვისებების გარდა დამოკიდებულია მის საფარზე. ნიადაგის მთავარ საფარს მცენარეულობა წარმოადგენს, განსაკუთრებით ტყე. მცენარეული საფარი აკავებს დედამიწის ზედაპირზე შემოსულ მზის პირდაპირ რადიაციას, რითაც ცვლის ნიადაგის სითბურ რეჟიმს. მცენარეული საფარი ამცირებს არა მარტო მზის რადიაციის შემოსვლას, არამედ სითბოს ხარჯვასაც – გამოსხივების გზით (დღელამის განმავლობაში). ნიადაგი მცენარეული საფარის ქვეშ ზაფხულში უფრო ცივია, ვიდრე მოშიშვლებული ნიადაგის ქვეშ, ხოლო ზამთრის პერიოდში თბილია. ნიადაგის ტემპერატურაზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს ტყე. ნიადაგის საშუალო წლიური ტემპერატურა ტყეში 2°-ით დაბალია ვიდრე ველზე. ზაფხულის პერიოდში ტყეში ნიადაგი 20 სმ სიღრმეზე 6°-მდე შეიძლება უფრო ცივი იყოს, ვიდრე ადგილი მცენარეული საფარის გარეშე.

ამრიგად, მცენარეულობა ნიადაგის ტემპერატურას ზაფხულში ამცირებს, თოვლის საფარისაგან განსხვავებით. თოვლის საფარი ზამთარში ტემპერატურას ზრდის ისე, რომ მათი ერთობლივი მოქმედების შედეგად ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის წლიური ამპლიტუდა მნიშვნელოვნად მცირდება. მოშიშვლებულ ნიადაგთან შედარებით, აღნიშნული შემცირება 10°-ს უახლოვდება.

თოვლის საფარი ცივ პერიოდში ნიადაგის განსაკუთრებული საფარია. იგი, მის ქვეშ მყოფ მცენარეებს იცავს გაყინვისაგან, ნიადაგისათვის სითბოს შენარჩუნების გზით. თოვლის საფარი ხასიათდება როგორც დადებითი ისე უარყოფითი თვისებებით. იგი წარმოადგენს ნიადაგში წყლის მარაგის ერთერთ წყაროს, მდინარეებს კვებავს წყლით, ნიადაგს და მცენარეებს

უნარჩუნებს სითბოს, ნიადაგის ღრმა ფენებს იცავს გაყინვისაგან. თოვლის საფარი ჰაერის ტემპერატურის მერყეობის მარეგულირებელ ფაქტორს წარმოადგენს. დიდი გავლენა აქვს მას კლიმატზე, კერძოდ, ინარჩუნებს სითბურ ბალანს და მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ნიადაგისა და ჰაერის ტენიანობის რეჟიმის რეგულირებაში. განსაკუთრებულია, მისი როლი მკაცრი ზამთრის პირობებში. ზომიერი თოვლის საფარის ქვეშ ტემპერატურა თითქმის მუდმივია, ასეთ პირობებში მცენარე იშვიათად დაზიანდება მკაცრი ზამთრისაგან. ე.ი. თოვლის საფარს შეუძლია დაიცვას მცენარე, როგორც ყინვებისაგან, ასევე ტემპერატურის მკვეთრი მერყეობისაგან.

თოვლის უარყოფით მხარედ შეიძლება ჩაითვალოს მისგან გამონვეული ზვავები და სხვა.

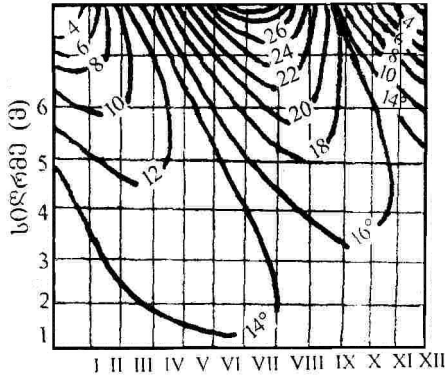
4.4 ნიადაგის ტემპერატურის თერმოიზოპლეტები

ნიადაგის ტემპერატურა განსაზღვრავს მცენარეთა თესლის გაღვივებას და აღმოცენებას. არსებობს ტემპერატურის მინიმუმი და მაქსიმუმი ანუ ზღვრული ტემპერატურები, რომლებიც სხვადასხვა მცენარეებისათვის განსხვავებულია.

ზაფხულში 1 მ სიღრმის ნიადაგის ფენაში ტემპერატურა საშუალოდ 3°-ით ნაკლებია (ნიფლის ქვეშ 3.2°-ით, ნაძვის ქვეშ 3.0°-ით, ფიჭვის ქვეშ 2.8°-ით ნაკლებია) ველთან შედარებით. ზამთარში, ტყის ქვეშ ნიადაგი თბილია (ფიჭვის ქვეშ 0.5°-ით, ნიფლის ქვეშ 0.3°-ით, ნაძვის ქვეშ 0.1°-ით თბილია). ველთან შედარებით, ტყის ქვეშ ნიადაგის გაყინვის სიღრმე საშუალოდ 10 სმ-ით ნაკლებია. ტყის გავლენა ნიადაგის ტემპერატურაზე, დღის სხვადასხვა საათებში განსხვავებულია. ნიადაგის 1 მ სიღრმის ფენაში დღის 4 საათზე 1-3°-ით ნაკლებია, დღის 2 საათზე 3-5°-ით.

ტყეში ნიადაგის მუდმივ ტემპერატურიანი ფენა იწყება 60 სმ-დან, ველზე 90 სმ სიღრმიდან.

სიღრმის მიხედვით ნიადაგის ტემპერატურის ცვლილება გამოისახება გრაფიკულად (ნახაზი 4.4.1).



ნახ. 4.4.1 ნიადაგის თერმოიზოპლეტები

აბსცისთა ღერძზე დაიტანება ნიადაგის თვის ტემპერატურა, ხოლო ორდინატზე ნიადაგის სიღრმეები. იზოხაზებით აერთებენ ერთნაირი ტემპერატურის მქონე წერტილებს. მიღებული მრუდის ხაზების სისტემას თერმოიზოპლეტები ეწოდება.

გრაფიკზე ნიადაგის ტემპერატურის განსაზღვრისათვის ნებისმიერი ჰორიზონტალური ხაზიდან, სადაც ნიადაგის სიღრმეებია ნაჩვენები, შესაძლებელია გავიგოთ საჭირო ნიადაგის ტემპერატურის განაწილება, თუ რა სიღრმის იქნება ამა თუ იმ თვეში. ასევე, შეიძლება განისაზღვროს ვერტიკალური ხაზებიდან, სადაც თვეებია მითითებული ნიადაგის ტემპერატურის განაწილება საჭირო სიღრმეებში.

თერმოიზოპლეტებით შეიძლება განისაზღვროს ნიადაგის აქტიური ფენის ტემპერატურები ნებისმიერ სიღრმეზე, თვეების მიხედვით; როდის დადგება ფესვთა სისტემისათვის აქტიური ტემპერატურა 10, 15, 20°; რა ხანგრძლივობით იქნება შენარჩუ-

ნებული ეს ტემპერატურები ნიადაგში და რამდენად ხელსაყრელი იქნება იგი მცენარეებისათვის.

4.5 ნიადაგის ტემპერატურის რეჟიმის მნიშვნელობა მცენარეებისათვის

ნიადაგის ტემპერატურის რეჟიმი დიდ როლს ასრულებს მცენარეთა ცხოველმოქმედებაში. იგი განსაზღვრავს მცენარის ფესვების მიერ წყლისა და მასში გახსნილი ნივთიერებების გარდაქმნის სიჩქარეს. ნიადაგის ოპტიმალური სითბოს რეჟიმი განაპირობებს მცენარის პლაზმის მაღალ გამჭირვალობას, რაც ფესვების მიერ საკვები ნივთიერებების შეწოვის უნარის მაჩვენებელია. ნიადაგის ტემპერატურაზე დამოკიდებული მცენარეთა ფიზიოლოგიური (ბიოლოგიურ-ქიმიური) პროცესების – სუნთქვის, ნიადაგში წყლის გადანაცვლების ნორმალური მიმდინარეობა.

მცენარეთა ჯგუფებს განსხვავებული მოთხოვნა აქვთ ნიადაგის ტემპერატურისადმი. დაბალ ტემპერატურებს კარგად ეგუება ჩრდილოეთის მცენარეულობა, ხოლო სამხრეთის მცენარეები მოითხოვენ შედარებით მაღალ ტემპერატურებს. მცენარეთა ფესვები ოპტიმალურად ვითარდება ნიადაგის 23°-ის პირობებში. ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის მაღალ ტემპერატურებს მოითხოვს ცაცხვი, წითელი მუხა და კოპიტი. ისეთ შემთხვევაში, როცა ჰაერის ტემპერატურა დამაკმაყოფილებელია მცენარის ცხოველმოქმედებისათვის, ხოლო ნიადაგის ტემპერატურა დაბალია და აღნიშნული პირობების პერიოდი გახანგრძლივდა, მცენარე იღუპება. ნიადაგის დაბალმა ტემპერატურებმა შეიძლება გამოიწვიოს ნიადაგის ფიზიოლოგიური სიმშრალე. ასეთ შემთხვევაში მცენარე ნიადაგში არსებულ წყალს ვერ ითვისებს, დაბალი ტემპერატურით გამონვეული პლაზმის გაუმჭირვალობის გამო.

ნიადაგის ტემპერატურა დიდ გავლენას ახდენს მერქნიანი მცენარეების თესლის აღმოცენებაზე. სხვადასხვა სახეობის მცენარის თესლის აღმოცენებისათვის საჭიროა მისთვის ხელსაყრელი ტემპერატურა, რომელიც განაპირობებს მცენარის ენერგიულ აღმოცენებას. აღმოცენებისათვის ოპტიმალური ტემპერატურული პირობების გარდა, მნიშვნელოვანია მცენარის სახეობა, თესლის ასაკი და სხვა. ფიჭვის თესლის აღმოცენებისათვის ოპტიმალური ტემპერატურა 25°-ია, ნაძვისათვის 20°.

ხის ვარჯის ტემპერატურის გადიდება აძლიერებს სუნთქვის და ტრანსპირაციის პროცესს. ნახშირწყლებს და წყალს ძირითადად ვარჯი მოიხმარს, ამიტომ იგი ფესვებისათვის ძნელად მისაწვდომი ხდება. ვერცხლისფერი ნეკერჩხლის (რიხარდსონი) ფესვების ზრდა ფერხდება ტემპერატურის 30°-მდე გაცებისას. ფიჭვის ზრდა ინტენსიურია მაშინ, როცა თბილი დღე გრილი ღამით იცვლება და პირიქით, გრილი დღე ცივი ღამით. კონტინენტური კლიმატის პირობებში გავრცელებული მცენარეები ინტენსიური ზრდისათვის მოითხოვს ღამის დაბალ ტემპერატურას.

ჰაერის და ნიადაგის ტემპერატურებს შორის სხვაობას, მცენარის გარემოს სითბური რეჟიმის ტემპერატურული გრადიენტი ეწოდება. გრადიენტის მაღალი მაჩვენებლის შემთხვევაში, მცენარის საარსებო პირობები გაუარესებულია.

4.6 ნიადაგის ტემპერატურის გაზომვა

ნიადაგის ტემპერატურის გაზომვა წარმოებს სათანადო თერმომეტრებით (ვერცხლისწყლიანი, სპირტიანი და სხვა).

ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის გასაზომად გამოიყენება ვადიანი თერმომეტრი, რომლითაც ტემპერატურა იზომება განსაზღვრულ ვადებში. იგი წარმოადგენს მარტივ ვერცხლისწყლიან თერმომეტრს, რომლის სკალის დანაყოფი შეადგენს 0.2

ან 0.5°-ს. ვადიანი თერმომეტრის პარალელურად აყენებენ მაქსიმალურ და მინიმალურ თერმომეტრებს. მათი საშუალებით განისაზღვრება ნიადაგის ტემპერატურის უდიდესი და უმცირესი ტემპერატურები, დროის განსაზღვრულ მონაკვეთში.

თერმომეტრებს ათავსებენ ნიადაგის ზედაპირზე ჰორიზონტალურად, მიმართულებით – აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ (რეზერვუარით აღმოსავლეთისაკენ).

მაქსიმალური თერმომეტრის მიმღებ ნაწილში (რეზერვუარში) მოთავსებულია ვერცხლისწყალი (სინდიცი). სკალის დანაყოფი უდრის 0.5°-ს. რეზერვუარის ძირში მიკალულია შუშის ღერაკი, რომლის ბოლო შედის კაპილარის დასაწყისში და ქმნის სივინროვეს. ტემპერატურის მატებისას, სინდიცი ფართოვდება და შედის კაპილარში. ტემპერატურა აღწევს რა მაქსიმალურ მნიშვნელობას იწყებს დაქვეითებას. რეზერვუარში სინდიცი იკუმშება, თუმცა უკან ვერ ბრუნდება (სივინროვის გამო). სინდიცის ის ნაწილი, რომელმაც მაქსიმალური ტემპერატურა აჩვენა, რჩება კაპილარში. საჭიროების შემთხვევაში, მისი უკან დაბრუნებისათვის თერმომეტრს ბერტყავენ, რათა მისი ჩვენება მიყვანილი იქნას ჰაერის ტემპერატურის მაჩვენებელთან დაკვირვების მომენტში.

მინიმალური თერმომეტრის რეზერვუარში და კაპილარში მოთავსებულია სპირტი, რომელშიც არის შუშის ღერაკი (მისი ბოლოები მომრგვალებულია). სკალის დანაყოფი შეადგენს 0.5°-ს. ტემპერატურის შემცირების დროს სპირტი იკუმშება, მისი აფსკი ეხება ღერაკის მომრგვალებულ ბოლოს და მას წაიღებს რეზერვუარისაკენ, იმ პერიოდის განმავლობაში, სანამ სპირტი მინიმუმამდე არ შეიკუმშება. ტემპერატურის მატებისას სპირტი კვლავ კაპილარისკენ წავა, ღერაკი კი რჩება ადგილზე. თერმომეტრზე ათვლა ხდება რეზერვუარის მოპირდაპირე ღერაკის ბოლოდან. ანათვალი იქნება ყველაზე მინიმალური ტემპერატურა უკანასკნელი დაკვირვებიდან. ახალი ანათვალის განსაზ-

ღვრისათვის თერმომეტრის რეზერვუარი უნდა დავიჭიროთ ზე-
ვით, მანამ სანამ ღერაკი სპირტის ზედაპირს არ შეეხება.

ნიადაგის სახნავი ფენის (5, 10, 20 სმ) ტემპერატურა იზომე-
ბება მუხლებიანი (სავინოვის) თერმომეტრებით. ამ თერმომეტ-
რებით დაკვირვება ხდება წლის თბილ პერიოდში. მუხლიანი
თერმომეტრის სკალის დანაყოფი შეადგენს 0.5°-ს. იგი რეზერ-
ვუარის მახლობლად მოხრილია 135°-ით. თერმომეტრის რეზერ-
ვუარი ნიადაგში ჰორიზონტალურად თავსდება. მისი მილი, რო-
მელშიც სკალაა მოთავსებული დახრილი უნდა იყოს 45°-ით ნია-
დაგის ზედაპირიდან.

ნიადაგის უფრო ღრმა ფენების (20, 40, 60, 120, 160, 240,
320 სმ) ტემპერატურის განსაზღვრისათვის იყენებენ ე.წ. სილ-
რმის (ამოსაღებ) თერმომეტრებს, რომლებიც ნიადაგში ჩაშვე-
ბულია ებონიტის დისკიანი მილის საშუალებით. იმისათვის, რომ
ებონიტის მილიდან თერმომეტრის ამოღებისას ჩვენების შეც-
ვლა არ მოხდეს, აღნიშნული თერმომეტრის რეზერვუარის გარ-
შემო ბუდეში ჩაყრილია სპილენძის ნაქლიბი. თერმომეტრის ხის
ღეროს ზემოდან დამაგრებული აქვს ლითონის ხუფი, რომელიც
იცავს მილს ნალექებისა და მტვრისაგან.

საველე პირობებში, სახნავი ფენის ტემპერატურის ერ-
თჯერადი გაზომვა ხდება შუპის გადასატანი თერმომეტრით.
იგი მოთავსებულია მეტალის ჩარჩოში და წვეტიანი რეზერვუა-
რით ბოლოვდება.

მეტეოროლოგიურ სადგურებში გამოიყენება დისტანციუ-
რი ელექტრონული თერმომეტრები. მათი საშუალებით შეიძლე-
ბა გაიზომოს ნიადაგის ტემპერატურა, ნიადაგის ბუნებრივი პი-
რობების დარღვევის გარეშე. ნიადაგის სხვადასხვა სიღრმის
ტემპერატურა იზომება უშუალოდ სამომსახურებო შენობიდან.

გამოიყენება ნიადაგის ტემპერატურის უკონტაქტოდ გან-
საზღვრის მეთოდები (თანამგზავრებიდან, თვითმფრინავებიდან,
შვეულმფრენებიდან), რომლებიც საშუალებას იძლევა დედამი-

ნის ზედაპირის დიდი ნაკვეთებიდან მივიღოთ ტემპერატურის გასაშუალებული მნიშვნელობები.

4.7 ნიადაგის გაყინვა და გაღობა

ზამთრის პერიოდში, ნიადაგის სხვადასხვა სიღრმეზე გაყინვა, მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული. კერძოდ, ყინვის ინტენსივობასა და ხანგრძლივობაზე, ნიადაგის სითბოტევადობასა და სითბოგამტარობაზე, მცენარეული და თოვლის საფარის სიმალლეზე, ზამთრის ხანგრძლივობაზე და ა.შ.

ნიადაგი, რომელიც ტენითაა გაჯერებული ნაკლებ სიღრმეზე იყინება, მშრალ ნიადაგთან შედარებით. ნიადაგის ტენი სხვადასხვა მარილების სახით შეიცავს მინერალებს, ამიტომ მისი გაყინვის ტემპერატურა შეიძლება იყოს არა 0° -ის ტოლი, არამედ -0.5 , -1.5° .

ნიადაგის გაყინვის ინტენსივობა დამოკიდებულია თოვლის საფარის სიმალლეზე. რაც მეტია თოვლის სიმალლე, მით ნაკლებია ნიადაგის გაყინვის სიღრმე.

სველი ნიადაგი ნაკლებად იყინება, რადგან წყლის გაყინვის დროს გამოიყოფა ფარული სითბო, რაც აფერხებს გაყინვის პროცესს. შეიძლება ასევე არ გაიყინოს გრუნტის წყლებთან ახლოს არსებული ნიადაგები. მკაცრი ზამთრის პირობებში სუსტად იყინება დაჭაობებული ნიადაგები, ქვიშნარი ნიადაგებისაგან განსხვავებით.

პოლარულ რაიონებში და ციმბირში ნიადაგები ღრმა ფენებამდე იყინება და ზაფხულის პერიოდში მისი მხოლოდ ზედაპირი ღვდება. ასეთ გაყინულ ნიადაგს, რომლის ქვედა ფენა მთელი წლის განმავლობაში გაყინულია მუდმივ მზრალს უწოდებენ, მოვლენას მუდმივ მზრალობას. მის წარმოქმნას სხვადასხვანაირი ახსნა აქვს. მკვლევართა ნაწილს მიაჩნია, რომ იგი

გამყინვარების პერიოდის შემდეგ დარჩა, ხოლო მეორე ნაწილი თვლის, რომ იგი მკაცრი კლიმატური პირობების შედეგია.

ნიადაგის გაყინვა იწყება ზედა ფენიდან და ვრცელდება მის ღრმა ფენებში. გაღლობა იწყება გაზაფხულზე, ძირითადად მზის რადიაციული ენერჯის მოქმედების და ნიადაგის სიღრმეში არსებული ტემპერატურით, რომელსაც თანდათანობით იღებს ნიადაგის ზედა ფენა.

ნიადაგის სიღრმის გაყინვის და გაღლობის განსაზღვრისათვის გამოიყენება ხელსაწყო – დანილინის გაყინულმზომი. იგი შედგება ებონიტის მილისაგან. მასში ორივე მხრიდან მოთავსებულია თავდახურული რეზინის მილი, რომელშიც გამოხდილი წყალია. მასზე დაკვირვება იწყება ნიადაგის გაყინვის მომენტიდან და გრძელდება მის გაღობამდე, ე.ი. გაზაფხულამდე (ხელსაწყო ნიადაგში თავსდება 1.6 მ სიღრმეზე). ებონიტის მილიდან ამოღებულ რეზინის მილზე საზღვრავენ ნიადაგის გაყინვის და გაღლობის სიღრმეს (მასზე თითის მიჭერით). მილზე აღნიშნულია დანაყოფები (სმ), რომლის მიხედვით დგინდება თუ სადამდეა გაყინული წყლის სვეტი. გაყინულმზომით ნიადაგის გაყინვის სიღრმე განისაზღვრება გაყინული წყლის სვეტის ქვემო ბოლოთი, ხოლო გაღლობის სიღრმე მისი ზემო ბოლოთი.

4.8 ნიადაგის ტენიანობის განსაზღვრა

ნიადაგის ტენი ცვალებადია დროსა და სივრცეში. იგი განსხვავებულია კლიმატური ზონების მიხედვით. ნიადაგის ტენი განსაზღვრავს ნიადაგის სითბურ რეჟიმს, რაც გავლენას ახდენს ნიადაგში მიმდინარე ფიზიკურ და ქიმიურ პროცესებზე. მცენარეებისათვის, იგი შეუცვლელი ფაქტორია, რომლის ნაკლებობა ან სიჭარბე უარყოფითად მოქმედებს მათზე (სიჭარბე აზიანებს ფესვთა სისტემას, აყვითლებს ფოთლებს და ა.შ.).

ნიადაგში ტენის რაოდენობა დამოკიდებულია ნიადაგის სტრუქტურაზე – ტენტევადობაზე, გამტარობის უნარზე, აერაციაზე.

ნიადაგის ტენიანობის განსაზღვრისათვის იყენებენ თერმოსტატულ მეთოდს. ამ მეთოდის მიხედვით ნიადაგის ყოველ 10 სმ ფენაში საჭირო სიღრმეზე აღებულ ნიმუშებს ათავსებენ საშრობ ჭიქებში და წონიან 0.1 გ სიზუსტით. შემდეგ, ათავსებენ თერმოსტატში 100-105° ტემპერატურის პირობებში და აშრობენ. ნიადაგის სველი და მშრალი წონათა სხვაობების მიხედვით გამოიანგარიშება ნიადაგის ტენიანობა ფორმულით:

$$W = \frac{(P_1 - P_2)}{P_2} 100\%$$

სადაც W - ნიადაგის ტენიანობაა (%), p₁ - ტენიანი ნიადაგის წონა, p₂ - ნიადაგის ნიმუშის წონა გამოშრობის შემდეგ.

მეტეოროლოგიურ სადგურებში ნიადაგის ტენიანობის განსაზღვრისათვის იყენებენ რადიაქტიულ იზოტოპებიან ტენსაზომს.

მცენარეებისათვის მნიშვნელოვანია ტენის ის ნაწილი, რომელიც მისაწვდომია ფესვთა სისტემისათვის და მას პროდუქტიულ ტენს უწოდებენ. მისი რაოდენობა გამოისახება პროცენტებში. ტენის გარკვეული ნაწილი შეკავებულია ნიადაგის ნაწილაკების მიერ, ამიტომ მცენარეებისათვის შეუთვისებელია. ნიადაგის ტენიანობას, რომლის დროსაც მცენარეთა უჯრედებში ტენიანობის დეფიციტი ვერ აღსდგება მინიმალური ტრანსპირაციის პირობებში, ჭკნობის ტენიანობა (ჭკნობის კოეფიციენტი) ეწოდება (ცხრილი 4.8.1).

**ჭკნობის კოეფიციენტი (%) სხვადასხვა ტიპის
ნიადაგებში**

ნიადაგის ტიპი	ჭკნობის კოეფიციენტის ტენიანობა (%)
სილა	0.5 – 1.5
სილნარი	1.5 – 4.0
თიხნარი	3.7 – 7.0
საშუალო	5.0 – 8.0
მძიმე	8.0 – 12.0
თიხა	12.0 – 20.0
ჭაობის ტორფი	40.0 – 50.0

ჭკნობის კოეფიციენტი იზრდება ნიადაგის ნაწილაკების სიდიდის შემცირებასთან ერთად. იგი მეტია თიხნარ ნიადაგში ვიდრე სილნარში. ე.ი. იცვლება ნიადაგის ფიზიკური თვისებების მიხედვით.

პროცენტებით გამოსახული ნიადაგის ტენის მილიმეტრებში (პროდუქტიული ტენის ერთეულებში) გადასაყვანად გამოიყენება შემდეგი ფორმულა:

$$W_{პრ} = 0.1dh (W - k),$$

სადაც $W_{პრ}$ - პროდუქტიული ტენის მარაგია (მმ), d - ნიადაგის მოცულობითი წონა (გ/სმ³), h - ნიადაგის ფენის სისქე (სმ), W - ნიადაგის ტენიანობა (ნიადაგის აბსოლუტური მშრალი წონიდან %), k - ჭკნობის ტენიანობა (%), 0.1 - კოეფიციენტი წყლის ფენის სიმაღლის გადაყვანისათვის სმ-დან მმ-ში.

ნიადაგის პროდუქტიული ტენიანობის (10 სმ ფენაში) განსაზღვრის შემდეგ შესაძლებელია, გავიგოთ პროდუქტიული ტენის მარაგი 0-20 სმ, 0-30 სმ, 0-40 სმ და ა.შ. ნიადაგის ფენებში, რისთვისაც შეიკრიბება ტენის მარაგის რაოდენობა ცალკეული 10 სანტიმეტრიანი ფენების მიხედვით.

4.9 ნიადაგის ტენის მარაგის პროგნოზი

ნიადაგის ტენის მარაგის პროგნოზი (ლ.რაზუმოვა) მნიშვნელოვანია საგაზაფხულო კულტურების ოპტიმალური თესვის ვადების შერჩევისა და ნიადაგის წინასწარი დამუშავებისათვის. იგი უნდა შედგეს 1 მარტისათვის, თესვამდე 1-1.5 თვით ადრე. მისი ემპირიული ფორმულაა:

$$y=0.115x+0.56d-20,$$

სადაც y - ნიადაგის მეტრიან ფენაში პროდუქტიული ტენის მარაგის ცვლილებაა, შემოდგომაზე ნიადაგის ტენის განსაზღვრის თარიღიდან ნიადაგის გაყინვის წინ (საწყისი მონაცემები), გაზაფხულზე საშუალო დღე-ღამური ჰაერის ტემპერატურის 5° -ზე გადასვლის თარიღამდე პერიოდში; d - შემოდგომაზე პროდუქტიული ტენის დეფიციტი ნიადაგის მეტრიან ფენაში; x - ნალექების რაოდენობა, რომელიც მოსულია შემოდგომაზე ნიადაგის ტენის განსაზღვრიდან 1 მ-მდე პერიოდში და 1 მარტიდან საშუალო დღე-ღამური ჰაერის ტემპერატურის 5° -ს ზევით გადასვლამდე, რომლის დროს განისაზღვრება საგაზაფხულო საველე სამუშაოები (მონაცემები, მიიღება ამინდის გრძელვადიანი პროგნოზის მიხედვით).

მაგალითი. დაუშვათ, ნიადაგის ტენი განისაზღვრა 10 ნოემბერს. ტენის მარაგი ნიადაგის მეტრიან ფენაში იყო 80 მმ; ნიადაგის უმცირესი ტენიაობა 170 მმ-ია (ცნობარის მიხედვით), 10 ნოემბრიდან პროგნოზის შედგენის თარიღამდე ნალექების ჯამი 45 მმ იყო. გაზაფხულზე 5° -ის ზევით გადასვლა აღინიშნებოდა 28 აპრილს, პროგნოზის შედგენის თარიღიდან 28 აპრილამდე ნალექები მოვიდა 30 მმ. ამრიგად, ნალექების ჯამი შემოდგომაზე იქნება ნიადაგის ტენის განსაზღვრის თარიღიდან ჰაერის ტემპერატურის 5° -ის ზევით გადასვლამდე $x = 45 + 30 = 75$ მმ. ნიადაგის

დეფიციტი $d=170-80=90$ მმ. აღნიშნული სიდიდეების ფორმულაში ჩასმით მივიღებთ:

$$y = 0.115 \times 75 + 0.56 \times 90 - 20 = 40 \text{ მმ}$$

მაშასადამე, ნიადაგის მეტრიან ფენაში მოსალოდნელი პროდუქტიული ტენის მარაგი იქნება 120 მმ ($80+40=120$).

თავი V

ჰაერის ტემპერატურა

5.1 ჰაერის ტემპერატურის ცვლილება

ტემპერატურა არსებით გავლენას ახდენს მცენარეთა ფიზიოლოგიურ პროცესებზე (სუნთქვა, ტრანსპირაცია, ფოტოსინთეზი), რომლებიც სითბოს მხოლოდ გარკვეულ ფონზე მიმდინარეობს. იგი განაპირობებს მცენარეთა კანონზომიერ განლაგებას დედამიწის ზედაპირზე, რაც გამოიხატება მათი გაადგილების ზონალურობაში – პოლუსებიდან ეკვატორისაკენ (ტყეები, ველები, უდაბნოები, ტროპიკული ტყეები).

ატმოსფეროში ტემპერატურის განაწილებას და მის ცვალებადობას ატმოსფეროს სითბური რეჟიმი ეწოდება. ატმოსფეროს სითბური რეჟიმი განისაზღვრება დედამიწისა და ატმოსფეროს შორის სითბოს გაცვლით. სითბოს გადატანას ნიადაგის მოქმედ ზედაპირსა და ატმოსფეროს შორის შემდეგი პროცესები განაპირობებენ:

სითბური კონვექცია. იგი გამოწვეულია დედამიწის ზედაპირის არათანაბარი გათბობით და სითბოს გადაცემის მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს. კონვექცია ვითარდება დღისით, მონმენდილ ამინდში (განსაკუთრებით წლის თბილ პერიოდში) მზის რადიაციის მოქმედებით დედამიწის სხვადასხვა ადგილის არათანაბარი გათბობის შედეგად. გამთბარი ჰაერი მსუბუქია, ხოლო მისი სიმკვრივე მცირე, ამიტომ მოძრაობას იწყებს ვერტიკალური მიმართულებით. ცივი ჰაერი იჭერს მის ადგილს, თბება და ზევით ადის. ე.ი. წარმოიქმნება აღმავალი და დაღმავალი ნაკადები, რაც იწვევს ჰაერის მასების ერთმანეთში შერევას და სითბოს გაცვლას ვერტიკალური მიმართულებით.

ტურბულენტობა – არის მცირე მოცულობის გრიგალისებური, ქაოტური მოძრაობა ქარის საერთო ნაკადში, რომელიც

ინვეს ტურბულენტური სითბოს გაცვლას დედამინის (ნიადაგის) ზედაპირსა და ატმოსფეროს შორის. ტურბულენტობის შემთხვევაში ჰაერის გადაადგილება ხდება როგორც ჰორიზონტალური, ისე ვერტიკალური მიმართულებით, რომლის დროს ინტენსიურად მიმდინარეობს სითბოს გადატანა. ტურბულენტობა ორი სახისაა: თერმული და დინამიკური. თერმული ტურბულენტობა გამონვეულია დედამინის არათანაბარი გათბობით. დინამიკური ტურბულენტობა წარმოიქმნება დედამინის ზედაპირთან ჰაერის ხახუნისა და შინაგანი ხახუნის შედეგად. ჰაერის სიჩქარის გადიდებასთან ერთად ძლიერდება ტურბულენტობა და წარმოიქმნება სხვადასხვა სიძლიერის ქარი და გრიგალი.

მოლეკულური სითბოს გამტარობა – გულისხმობს მოლეკულების სახით სითბოს გადატანას დედამინის ზედაპირიდან ჰაერში. ეს პროცესი, ხდება თითქმის უმოძრაო ჰაერის პირობებში (მცენარეულ საფარში, დახურულ ადგილებში და ა.შ.). მოლეკულური თბოგამტარობის კოეფიციენტი ($\lambda=0.00005$) და სითბოს გაცვლა ძალიან მცირეა.

რადიაციული თბოგამტარობა – ჰაერის გათბობის მნიშვნელოვანი პროცესია. იგი წარმოიქმნება ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის მიერ დედამინიდან გამოსხივებული სითბოს გრძელტალღოვანი რადიაციის შთანთქმის შედეგად. გრძელტალღოვანი რადიაციის მოქმედება ვლინდება ატმოსფეროს ქვედა ფენებში, უმეტესად ღამით. ამ გზით ჰაერის გათბობა უმნიშვნელოდ ხდება.

წყლის ორთქლის კონდენსაცია. მინისპირა ჰაერის ფენის გათბობისათვის და ატმოსფეროს მაღალი ფენებისათვის, სადაც წარმოიქმნება ღრუბლები, დიდი მნიშვნელობა აქვს კონდენსაციის შედეგად გამოყოფილ ფარულ სითბოს. კონდენსაციის დროს 1 გრ წყლის ორთქლი გამოყოფს დაახლოებით 600 კალორია სითბოს. მნიშვნელოვანია, აგრეთვე დედამინის ზედაპირიდან, მცენარეულობიდან და წყლიდან აორთქლებისას ფარული ფორმით ატმოსფეროში გადასული სითბო.

ადვექცია. ჰაერის მასებთან ერთად სითბოს გადატანას ერთი ადგილიდან მეორეში, ჰორიზონტალური მიმართულებით ადვექცია ეწოდება. იგი შეიძლება იყოს თბილი (თბილი ჰაერის მასების შემოჭრისას) და ცივი (ცივი ჰაერის მასების შემოჭრისას). ცივი ადვექცია მცენარეებისათვის განსაკუთრებით საშიშია გაზაფხულსა და შემოდგომაზე, რადგან უეცარმა აციებამ ამ პერიოდში შეიძლება გამოიწვიოს მათი დაზიანება.

ამრიგად, ჰაერის გათბობა და გაცივება რთული პროცესია, რომელიც ატმოსფეროში მიმდინარეობს ზემოაღნიშნული ფიზიკური მოვლენების კომპლექსური მოქმედების შედეგად. იგი მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ნიადაგის მოქმედი ზედაპირის თვისებებზე (ნიადაგის მექანიკური შედგენილობა, ნიადაგის ფერი), მცენარეულ საფარზე და სხვა.

5.2 ჰაერის ტემპერატურის დღელამური და წლიური მსვლელობა

ჰაერის ტემპერატურის დღელამური მსვლელობა ძირითადად განპირობებულია დედამიწის მოქმედი ზედაპირის და ატმოსფეროს მიერ მიღებული სითბოს (მზის დღელამური სვლით) დღელამური ცვლილებით. დღელამური და წლიური ჰაერის ტემპერატურების მერყეობა გამოხატულია განსაკუთრებით დაბალ ფენებში. ატმოსფეროს მინისპირა ფენაში მათი სვლა განისაზღვრება ნიადაგის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე. ჰაერის ტემპერატურის დღელამური მსვლელობა ხასიათდება ერთი მაქსიმუმით და ერთი მინიმუმით. მაქსიმუმი აღინიშნება 14-15 სთ-ზე, ხოლო მინიმუმი ემთხვევა მზის ამოსვლას. დღელამური ტემპერატურის მაქსიმუმსა და მინიმუმს შორის სხვაობას ჰაერის ტემპერატურის დღელამური ამპლიტუდა ეწოდება.

ტემპერატურის დღელამური ამპლიტუდა დამოკიდებულია შემდეგ ფაქტორებზე: ადგილის (გეოგრაფიულ) განედზე, წლის დროზე, ქვეფენილი ზედაპირის ხასიათზე, მოლრუბლულობაზე,

რელიეფის ფორმაზე, ამინდის პირობებზე, ჰაერის ტენიანობაზე, ადგილის სიმაღლეზე და ა.შ.

ადგილის განედის მატებასთან ერთად მცირდება მზის საშუალო სიმაღლე და ტემპერატურის დღელამური ამპლიტუდაც კლებულობს. ამპლიტუდა ყველაზე დიდია ტროპიკულ სარტყელში (12° განედზე), სადაც მზის სიმაღლე დღელამის განმავლობაში მკვეთრად იცვლება. განსაკუთრებით დიდი ამპლიტუდაა უდაბნოებში. საჰარაში, დღისით ტემპერატურა 45-50°-მდეა, ხოლო ღამით შეიძლება მნიშვნელოვნად დაეცეს. ამიტომ, ჰაერის ტემპერატურის დღელამური ამპლიტუდა ხშირად 20°-ს აღწარბებს. მცირე ამპლიტუდით ხასიათდება პოლარული ქვეყნები (1-2°), მზის სიმაღლე ჰორიზონტიდან მცირედ იცვლება.

წლის დრო. სხვადასხვა განედზე წლის დროის მიხედვით ამპლიტუდის რყევადობა სხვადასხვაა. ზამთრის ჰაერის დღელამური ამპლიტუდა ნაკლებია ზაფხულის ამპლიტუდაზე. გაზაფხულის ამპლიტუდა სჭარბობს შემოდგომისას, რადგან გაზაფხულზე ნიადაგი უფრო ცივია და იგი ღამით ჰაერს მნიშვნელოვნად აცივებს. ზომიერ და მაღალ განედებში ყველაზე დიდი ამპლიტუდა აღინიშნება გაზაფხულსა და შემოდგომაზე (6-9°). თბილისში, იანვრის თვის ჰაერის დღელამური ამპლიტუდა 5-7°-ია, აგვისტოში 10°.

ქვეფენილი ზედაპირის ხასიათი. მცენარეულ საფარს დიდი მნიშვნელობა აქვს ტემპერატურის დღელამური ამპლიტუდის შემცირებასა და ტემპერატურების გაზომიერებაში. მცენარეული საფარი ამცირებს ჰაერის ტემპერატურის დღელამურ ამპლიტუდას, რადგან იგი დღისით მზის რადიაციას აკავებს, ხოლო ღამით ნიადაგის გამოსხივებას. მცენარეთა გაადგილებისას გათვალისწინებული უნდა იქნას ჰაერის ტემპერატურის დღელამური მსვლელობა. კერძოდ, სითბოსმოყვარული მცენარეებისათვის შერჩეული უნდა იქნას, ისეთი რელიეფის ფორმები, რომლებზეც ნაკლებია ჰაერის ტემპერატურის მსვლელობის ამპლიტუდა. ზღვა ამცირებს ამპლიტუდას, რადგან ნელა თბება და

ცივდება ხმელეთთან შედარებით. ამპლიტუდა მეტია სილნარი ნიადაგების ზედაპირზე, შავი ფერის, დამუშავებულ, ფხვიერ ნიადაგებზე ვიდრე ღია ფერის, თიხნარ და ყამირ ნიადაგებზე.

მოღრუბლულობა. იგი დიდ გავლენას ახდენს ამპლიტუდაზე. მონმენდილ ამინდში ამპლიტუდა დიდია, ხოლო მოღრუბლულში – მცირე. ტემპერატურის დღელამურ რყევას აწესიგებს ღრუბლები, რომელიც დღისით აკავებს მზის პირდაპირ რადიაციას, ღამით ხელს უშლის ნიადაგის ზედაპირიდან გამოსხივებას.

რელიეფის ფორმა. ამოზნექილ ზედაპირზე (გორაკი, ქედი) ამპლიტუდა მცირეა, ვიდრე ჩაზნექილზე, რაც განპირობებულია იმით, რომ დღისით ჩაზნექილ ადგილებში ჰაერი გროვდება და თბება, ხოლო ღამით გაცივებული ჰაერი ფერდობიდან ძირს ეშვება. ქედზე და გორაკზე ქარი თავისუფლად ქრის (ჰაერი მათზე არ ჩერდება), შესაბამისად ამპლიტუდა მცირეა.

ამინდის პირობები. მონმენდილ ამინდში ტემპერატურის დღელამური ამპლიტუდა დიდია, მოღრუბლულთან შედარებით. მოღრუბლულ ამინდში არ ხდება ჰაერის ტემპერატურის არსებითი ცვლილება დღელამის განმავლობაში. აღნიშნული, გამოწვეულია დღისით ღრუბლების მიერ მზის რადიაციის შეკავებით, ხოლო ღამით ნიადაგის ზედაპირიდან სითბოს დაკარგვის შემცირებით (ადგილი აქვს გამოსხივებას).

ჰაერის ტენიანობა. იგი რამდენადმე ამცირებს ამპლიტუდას. მშრალ ამინდში ამპლიტუდა დიდია, რადგან ამ შემთხვევაში ჰაერის გამჭირვალობა მატულობს. დღისით იზრდება მზის რადიაციის შემოსვლა, ხოლო ღამით ინტენსიურად მიმდინარეობს სითბოს ხარჯვა გამოსხივების შედეგად.

ადგილის სიმაღლე. ჰაერის ტემპერატურის დღელამური ამპლიტუდა მცირდება სიმაღლის მატების მიხედვით. თავისუფალ ატმოსფეროში ეს ცვლილება უფრო სწრაფად მიმდინარეობს ვიდრე მთებში, რადგან ამ შემთხვევაში მნიშვნელოვანია ნიადაგის ზედაპირის გავლენა.

ჰაერის ტემპერატურის წლიური მსვლელობა ხასიათდება თვის საშუალო ტემპერატურების მიხედვით. მას დღელამური

ტემპერატურის მსვლელობის ანალოგიური ხასიათი აქვს. ყველაზე ცივი და ცხელი თვეების საშუალო ტემპერატურებს შორის სხვაობას, წლიური ამპლიტუდა ეწოდება. იგი მატულობს განედის მატებასთან ერთად და უდიდეს მაჩვენებელს პოლარულ რაიონებში აღწევს.

ჰაერის ტემპერატურის წლიურ მსვლელობაზე გავლენას ახდენს ადგილის სიმაღლე ზღვის დონიდან, ქვემდებარე ზედაპირის ხასიათი, ღრუბლიანობა, ნალექები. ამპლიტუდის სიდიდის მიხედვით განასხვავებენ ზღვის კლიმატს – მცირე წლიური ამპლიტუდით და კონტინენტურ კლიმატს – მაღალი ამპლიტუდით. გამოყოფენ ჰაერის ტემპერატურის წლიური მსვლელობის ოთხ ტიპს:

1. *ეკვატორული ტიპი*, რომელიც ხასიათდება ტემპერატურის ორი მაქსიმუმით და ორი მინიმუმით. მაქსიმუმი დგება გაზაფხულსა და შემოდგომის ბუნიობისას, ხოლო მინიმუმი – ზამთარსა და ზაფხულის ბუნიობის შემდეგ.

2. *ტროპიკული ტიპი* – ხასიათდება ტემპერატურის ერთი მაქსიმუმითა და ერთი მინიმუმით. მაქსიმუმი დგება ზაფხულის, ხოლო მინიმუმი ზამთრის ბუნიობის შემდეგ.

3. *ზომიერი სარტყლის ტიპი* – თითქმის ტროპიკული ტიპის ანალოგიურია. ამ ტიპშიც ადგილი აქვს ტემპერატურის წლიური მსვლელობის ერთ მაქსიმუმს და ერთ მინიმუმს. ტემპერატურის მაქსიმუმი ივლისშია, ხოლო მინიმუმი – იანვარში.

4. *პოლარული ტიპი* – ხასიათდება მკაცრი, ხანგრძლივი ზამთრით და მოკლე გრილი ზაფხულით. ჰაერის ტემპერატურის მინიმუმი თებერვალ-მარტის თვეებშია, ხოლო მაქსიმუმი ივლისში.

5.3 ჰაერის ტემპერატურის განაწილება სიმაღლის მიხედვით

ატმოსფეროს ჰაერში ტემპერატურა სიმაღლის მიხედვით ეცემა, რაც მკაფიოდაა გამოხატული ატმოსფეროს ქვედა ფენაში – ტროპოსფეროში. მშრალსა და მონმენდილ ამინდში აღნიშნული (ტემპერატურის) ცვალებადობა დიდია ღრუბლიან ამინდთან შედარებით. ჰაერის ტემპერატურის ცვლილებას ყოველი 100 მ სიმაღლეზე ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი ეწოდება და გამოისახება ფორმულით:

$$T = \frac{t_B - t_A}{Z_A - Z_B} 100$$

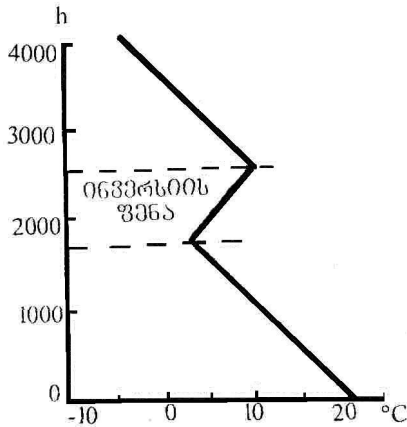
სადაც $t_B - t_A$ ჰაერის ტემპერატურის სხვაობაა ქვედა და ზედა სიმაღლეებს შორის, $Z_A - Z_B$ სიმაღლეთა სხვაობაა მეტრებში. თუ $t_A < t_B$ ჰაერის ტემპერატურა მცირდება სიმაღლესთან ერთად და ვერტიკალური გრადიენტის სიდიდე (T) დადებითია. ტემპერატურის ასეთი განაწილება დამახასიათებელია უმეტესად ტროპოსფეროსთვის. როცა, $t_A > t_B$ ადგილი აქვს ტემპერატურის ინვერსიას ანუ ტემპერატურა იზრდება სიმაღლის მიხედვით და ტემპერატურის გრადიენტის სიდიდე (T) უარყოფითია. თუ $t_A = t_B$, ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი $T = 0^\circ/100\text{მ}$. ტემპერატურის ასეთი განაწილებისას, როცა იგი არ იცვლება სიმაღლის მიხედვით ადგილი აქვს იზოთერმიას.

ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი დამოკიდებულია წლის (ზამთარში ის მცირეა, ზაფხულში დიდია) და დღე-ღამურ დროზე (ღამით მცირეა, დღისით დიდია).

ატმოსფეროში ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი (T) ყოველ 100 მ სიმაღლეზე საშუალოდ ტოლია 0.6° -ის. იმ შემთხვევაში, როცა სიმაღლეების მიხედვით ტემპერატურა მატუ-

ლობს ადგილი აქვს ინვერსიას. ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი მნიშვნელოვნად იცვლება დროში, ატმოსფეროს მინისპირა ფენაში. იგი დამოკიდებულია ამინდზე, ნიადაგის საფარზე, დღელამის დროზე. განსაკუთრებით ზაფხულში, დღისით (ხმელეთზე) გრადიენტი თითქმის ყოველთვის დადებითია. ტემპერატურის ვერტიკალურ გრადიენტს ამცირებს ქარი, ღრუბლიანობა, ნალექები, ნიადაგის ტენიანობა.

ატმოსფეროში ტემპერატურის განაწილებას სიმაღლის მიხედვით ატმოსფეროს სტრატოფიკაციას უწოდებენ (ნახაზი 5.3.1).



ნახ. 5.3.1 ატმოსფეროს სტრატოფიკაციის მრუდი

ნახაზიდან ჩანს, რომ ატმოსფეროს სხვადასხვა სიმაღლეზე ატმოსფეროს სტრატოფიკაცია განსხვავებულია და დამოკიდებულია ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტის სიდიდეზე და ნიშანზე. ქვედა ფენებში გრადიენტი დადებითია (1500 მ და ცოტა ზემოთ) და ტემპერატურის ნორმალურ დაცემას აქვს ადგილი. 2500 მეტრამდე და ცოტა ვერტიკალური გრადიენტი უარყოფითი გადადის, რასაც თან ახლავს ტემპერატურის მა-

ტება სიმაღლის მიხედვით, ე.ი. ადგილი აქვს ტემპერატურის ინვერსიას. აღნიშნული ფენის დამთავრების შემდეგ ტემპერატურის გრადიენტი ისევ დადებითში გადადის და ა.შ.

ატმოსფეროში ზოგჯერ ადგილი აქვს შებრუნებულ მოვლენას – ინვერსიას, ე.ი. ტემპერატურის მატებას სიმაღლის მიხედვით.

მინისპირა ფენის ინვერსია არის ორი ტიპის – რადიაციული და ადვექციური.

რადიაციული ინვერსია – წარმოიქმნება წლის თბილ პერიოდში, წყნარ ამინდში, ღამით, ქვეფენილი ზედაპირის რადიაციული გადაცივების დროს. მზის ამოსვლისას რადიაციული ინვერსია ქრება. რადიაციული ინვერსია ზამთარშიც გვხვდება, როცა ქვეფენილი ზედაპირის გადაცივება მატულობს ყოველდღიურად და მისმა სიმაღლემ (ინვერსიის ფენის) შეიძლება 2 კმ სიმაღლეს მიაღწიოს.

ადვექციური ინვერსია – წარმოიქმნება თბილი ადვექციის დროს ცივ ზედაპირზე, რომელიც აცივებს მის მოსაზღვრე სუსტად მოძრავ ჰაერს. როცა ჰაერის ქვედა ფენა ხმელეთის ცივ ზედაპირზე შეხებისას ცივდება, ზედა ფენები თბილი რჩება. ასეთ ინვერსიას მიეკუთვნება თოვლის ინვერსია, რომელიც წარმოიქმნება მდნობარე თოვლის ზედაპირზე, თბილი ჰაერის გადაადგილების პროცესში.

5.4 ჰაერის ტემპერატურის აღმასვლის ოთხი სტადია

ჰაერის ტემპერატურა აღმასვლის დროს გაივლის ოთხ სტადიას:

1. *მშრალი სტადია*. ამ სტადიაში, სიმაღლის მიხედვით ატმოსფერული წნევის შემცირების გამო, ჰაერი ფართოვდება ადიაბატურად და ტემპერატურა მცირდება 1°-მდე, ყოველ 100 მ სიმაღლეზე. შეფარდებითი ტენიანობა კი მატულობს და გარ-

- კვეულ სიმაღლეზე 100%-ს აღწევს. ჰაერი წყლის ორთქლით გაჯერდება და მისი დრეკადობაც მაქსიმალური გახდება. მშრალი სტადია მთავრდება დაახლოებით 1400 მ სიმაღლეზე.
2. *წვიმის სტადია*. ამ სტადიაზე კონდენსაციის პროცესი იწყება 1400 მ-დან და მთავრდება დაახლოებით 4800 მ სიმაღლეზე. ამ სტადიაში წყლის ორთქლი გაზისებრი მდგომარეობიდან გადადის თხევადში და წარმოიქმნება ღრუბლები. წვიმის სტადიის დროს ნაჯერი ჰაერის ტემპერატურა საშუალოდ ეცემა 0.5° -ით ყოველ 100 მ სიმაღლეზე.
 3. *სეტყვის სტადია*. აღნიშნული სტადიის დროს ორთქლით ნაჯერი ჰაერის ტემპერატურა 0° -ს აღწევს, ღრუბლებში არსებული წყლის წვეთები იწყებენ გაყინვას. წყლის გადაცივებული მცირე წვეთები ერთმანეთს ეჯახებიან, მსხვილდებიან და იძენენ სეტყვის ფორმას. სეტყვის სტადიის ჰაერის ფენის სისქე, ამ დროს აღწევს დაახლოებით 200 მეტრს, რომელიც მდებარეობს წინა ორი სტადიის ზემოთ 5000 მ სიმაღლეზე.
 4. *თოვლის სტადია*. ამ სტადიის დროს ადგილი აქვს წყლის ორთქლის სუბლიმაციას. ჰაერის ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი შეადგენს 0.7° -ს ყოველ 100 მ სიმაღლეზე. ამ სტადიის დროს ტემპერატურა 0° -ის დაბლა ეცემა და მთავრდება იქ, სადაც აღმავალი დენი დაახლოებით ზღ. დონიდან 8500 მ სიმაღლეს მიაღწევს. თოვლის სტადია მთავრდება მაშინ, როცა ჰაერში წყლის ორთქლი გამოილევა. თოვლი შეიძლება მოვიდეს იმ შემთხვევაში, როდესაც დედამიწის ზედაპირის მახლობელ ფენაში ტემპერატურა დაახლოებით 0° -ს შეადგენს.
- თოვლის ფიფქი შედგება რთული კრისტალებისაგან, აქვს ვარსკვლავისებური ფორმა, რომლის რადიუსი 4-6 მმ და მეტსაც აღწევს.

5.5 ჰაერის ტემპერატურის გავლენა მცენარეებზე და ტემპერატურათა ჯამები

ტემპერატურა განაპირობებს მცენარეთა ორგანიზმების ზრდა-განვითარებას და ადგენს ყველა ბიოლოგიური პროცესის საზღვრებს. კლიმატოლოგიურ გამოთვლებში, ჰაერის ტემპერატურა შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს მცენარეული ქსოვილის ტემპერატურისაგან. თუ მცენარის ტემპერატურა ჰაერის ტემპერატურის პროპორციულად იცვლება, ასეთ შემთხვევაში მათ შორის სხვაობას კლიმატურ გამოთვლებში არა აქვს მნიშვნელობა. პრაქტიკაში არ არის ასეთი პროპორციულობა. ამიტომ, განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია ამ ორი სიდიდის შეფარდების კანონზომიერების დადგენა.

სხვადასხვა მცენარის ორგანიზმში ფოტოსინთეზი, სუნთქვა, წყლისა და საკვები ნივთიერებების გადაადგილება გარკვეულ ტემპერატურაზე მიმდინარეობს. მცენარის სუნთქვის პროცესის ქვედა ზღვარი 0° -ის ქვევითაა, ინტენსიური სუნთქვის $36-40^{\circ}$ -ია. ტემპერატურის შემდგომი მატება იწვევს სუნთქვის პროცესის შესუსტებას და იგი საბოლოოდ წყდება 50° და მეტი ტემპერატურის დროს. ტემპერატურის მინიმუმია, რომლის დაბლა მცენარე სასიცოცხლო პროცესს წყვეტს. ოპტიმუმის დროს მცენარის განვითარება ნორმალურად მიმდინარეობს, ხოლო მაქსიმუმია ტემპერატურა, რომლის ზევით მცენარის სასიცოცხლო პროცესი წყდება. აღნიშნულ საზღვრებს კარდინალური ტემპერატურის ნერტილები ეწოდება.

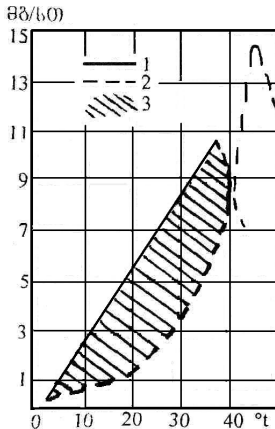
ტემპერატურის გავლენა მცენარეთა სასიცოცხლო პროცესების ინტენსივობაზე ძირითადად ემორჩილება ვანტ-ჰოფის წესს, რომლის თანახმად ქიმიური რეაქციის სიჩქარე ტემპერატურის ზრდასთან ერთად მატულობს და ყოველ 10° -ზე ორმაგდება. თუ 5° ტემპერატურის დროს, ქიმიური რეაქციის შედეგად წარმოქმნილი პროდუქტიულობის რაოდენობას 100%-ად მივიღებთ, მაშინ წესის თანახმად 15° დროს იგი იქნება 200%, 25° -ზე

400% და ა.შ. აღნიშნული წესი მისაღებია გარკვეული ტემპერატურის ფარგლებში.

ტემპერატურა განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს მცენარეთა მიერ ორგანული ნივთიერებების დაგროვების პროცესზე. აღნიშნული პროცესი წარმოადგენს ფოტოსინთეზისა და სუნთქვის ურთიერთქმედების შედეგს. ორგანული მასის დაგროვება ხდება ფოტოსინთეზის დროს, ხოლო მისი ხარჯვა სუნთქვისას. მათი ურთიერთქმედების შედეგი გამოისახება სხვაობით:

$$m = a - b,$$

სადაც m - დროის გარკვეულ მონაკვეთში დაგროვილი ორგანულ ნივთიერებათა ჯამია, a - ფოტოსინთეზის პროცესში ორგანული ნივთიერების დაგროვება, b - მცენარის სუნთქვის პროცესში ნივთიერების ხარჯვა. ასიმილაციისა და დისიმილაციის სხვაობის ცვლილება, რომელიც დაკავშირებულია ტემპერატურის მსვლელობასთან მოცემულია ნახაზზე 5.5.1.



1. ასიმილაცია; 2. დისიმილაცია;
 3. ორგანული ნივთიერებების დაგროვება.
ნახ. 5.5.1 ასიმილაციისა და დისიმილაციის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე

ნახაზიდან ჩანს, რომ 20° ტემპერატურაზე მცენარე გაცილებით მეტ ორგანულ ნივთიერებას აგროვებს, ვიდრე იხარჯება დისიმილაციის პროცესში. აღნიშნულ ტემპერატურაზე 1 სთ-ის განმავლობაში მცენარე ასიმილაციის შედეგად საშუალოდ აგროვებს დაახლოებით 5.5 მგ ორგანულ ნივთიერებას. ე.ი. ზემოაღნიშნული განტოლებიდან გამომდინარე, $a=5.5$ მგ/სთ; იგივე დროში მცენარე სუნთქვაზე საშუალოდ ხარჯავს დაახლოებით 1.5 მგ ორგანულ ნივთიერებას, ე.ი. $b=1.5$ მგ/სთ. გამომდინარე აქედან, 1 სთ-ში ფოტოსინთეზის შედეგად მცენარე დააგროვებს 4.0 მ/სთ ორგანულ ნივთიერებას

$$(m = a - b = 5.5 \text{ მგ/სთ} - 1.5 \text{ მგ/სთ} = 4.0 \text{ მგ/სთ}).$$

მაშასადამე, მცენარეებისათვის ორგანული ნივთიერების დაგროვების ოპტიმალური ტემპერატურაა $20-30^\circ$.

მცენარე ზრდისა და ცალკეული ფაზების განვითარებისათვის მოითხოვს სითბოს გარკვეულ რაოდენობას, რომელიც გამოიხატება ტემპერატურათა ჯამებით. კლიმატის თერმული რესურსების შეფასებისათვის გამოიყენება ტემპერატურათა ჯამები 10° -ის ზევით. იგი წარმოადგენს სითბოს უზრუნველყოფის მაჩვენებელს, მცენარეთა აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში. დღელამური ტემპერატურის 10° -ის ზევით მდგრადი გადასვლიდან იწყება ტემპერატურების დაჯამება, რაც შეადგენს აქტიურ ტემპერატურათა ჯამს.

მცენარეთა მოთხოვნილება სითბოსადმი შეიძლება გამოხატული იქნას, აგრეთვე ეფექტური ტემპერატურების ჯამებით. იგი არის დღელამური ტემპერატურები ათვლილი მცენარის ბიოლოგიური მინიმუმიდან, რომელზეც მოცემული მცენარე იწყებს განვითარებას. მაგალითად, საშუალო დღელამური ტემპერატურის 10° -ზე ზევით მდგრადი გადასვლიდან ტემპერატურათა ჯამის დაანგარიშებისას, ყოველდღიურად აკლდება 10° ტემპერატურა და დარჩენილი ტემპერატურები ჯამდება, რომელსაც ეფექტურ ტემპერატურას უწოდებენ. აღნიშნული ტემპერატურა

რები სხვადასხვა მცენარისათვის განსხვავებულია. ცხრილში 5.5.1 მოცემულია ჰაერის ტემპერატურის აქტიური და ეფექტური ჯამების დაანგარიშება.

ცხრილში აღნიშნული მაჩვენებლები გამოიყენება ტერიტორიის თერმული რეჟიმის შეფასებისათვის, ასევე მცენარეთა განვითარების ცალკეული პერიოდებისა (ფაზების) და მთელი სავეგეტაციო პერიოდის შეფასებისათვის.

5.6 ტყის გავლენა ჰაერის ტემპერატურაზე

ტყის გავლენა ჰაერის ტემპერატურაზე დამოკიდებულია ტყის ასაკზე, მის ჯიშობრივ შემადგენლობაზე, სიხშირეზე და სხვა. გასათვალისწინებელია, აგრეთვე მარადმწვანე მცენარეების და ქვეტყის არსებობა.

გაზაფხულის თვეებში (მარტი-მაისი) ტყეში, ველთან შედარებით ტემპერატურა ღამით დაბალია, ხოლო დღისით მაღალი. ტყეში, გაზაფხულზე, დღის საათებში მაღალ ტემპერატურას განაპირობებს ის, რომ ფოთლები ჯერ კიდევ გაუშლელია და მზის სხივები შეუფერხებლად შთაინთქმება არამარტო ნიადაგის ზედაპირის, არამედ მცენარის ტოტების მიერ. შთანთქმული ზედაპირიდან სითბო ნაწილობრივ გამოიყოფა და გადაეცემა ჰაერს. აღნიშნული დამატებითი სითბოს გადაცემის წყარო დღისით, ტყეში იწვევს ჰაერის ტემპერატურის მატებას. სითბოს გადაცემის ასეთ მექანიზმს ხელს უწყობს ისიც, რომ ტყეში ჰაერის გაცვლა უფრო სუსტია ვიდრე ველზე.

ცხრ. 5.5.1

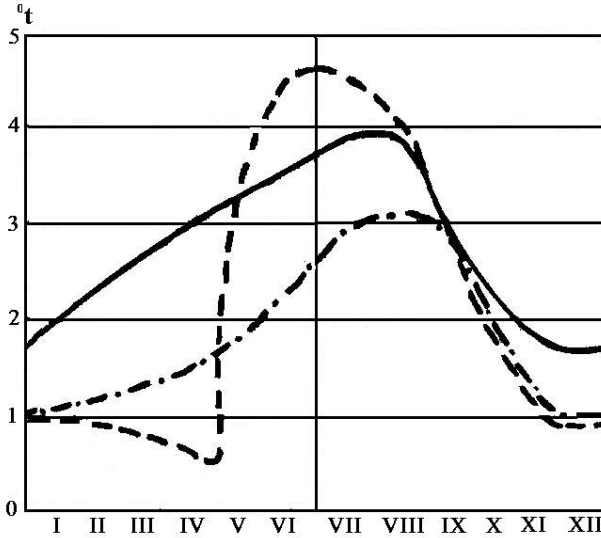
პაერის აქტიური და ეფექტიური ტემპერატურებისა და აბიების დაანგარიშება

ტემპერატურა	ა ბ რ ი ლ ი																													
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	ჯამი													
დღე-ღამური	14.1	15.0	18.2	12.5	10.3	11.6	8.7	9.6	12.5	9.1	14.8	13.2	16.1	16.4	15.8	17.3	215.2													
აქტიური 10°-ის ზევით	14.1	15.0	18.2	12.5	10.3	11.6	0.0	0.0	12.5	0.0	14.8	13.2	16.1	16.4	15.8	17.3	187.8													
ეფექტიური 10°-ის ზევით	4.1	5.0	8.2	2.5	0.3	1.6	0.0	0.0	2.5	0.0	4.8	3.2	6.1	6.4	5.8	7.3	67.8													
ეფექტიური 5°-ის ზევით	9.1	10.0	13.2	7.0	5.3	6.6	3.7	4.6	7.5	4.1	0.8	8.2	11.1	11.4	10.8	12.3	135.7													

ზაფხულის თვეებში, ზოგჯერ სექტემბრის და ოქტომბრის თვეებში, ტყეში ჰაერის ტემპერატურა დაბალია ველთან შედარებით. ღამით, ჰაერი ველზე უფრო ცივდება ვიდრე ტყეში, ხოლო მზის ამოსვლის შემდეგ ჰაერი ველზე იწყებს სწრაფად გათბობას. ტყეში ამ დროს ჰაერის გათბობა ნელა მიმდინარეობს, რის გამოც ტყეში ველთან შედარებით ნაკლები ტემპერატურა აღინიშნება. ტყისა და ველის ტემპერატურებს შორის ყველაზე მეტი სხვაობა მყარდება დილის 7 საათზე, ხოლო ყველაზე ნაკლები სხვაობები აღინიშნება შუადღის საათებში. შუადღის შემდეგ, როცა ტემპერატურა ეცემა, ველზე აღმავალი დენები სუსტდება და ქრება. ამ დროს, ტემპერატურათა სხვაობა მატულობს და ხელახლა აღწევს მაქსიმუმს დაახლოებით 18 საათისათვის. ტყისა და ველის ტემპერატურებს შორის სხვაობამ შეიძლება მიაღწიოს 4-6°.

ტყის ვარჯის ქვეშ იქმნება განსაკუთრებული კლიმატი. ღამით, ვარჯის ფოთლების ზედაპირიდან გამოსხივების შედეგად კრონათა შორის სივრცეში ჰაერი ძნელად ცივდება, ვიდრე მის ზევით და ქვევით. მზიან დღეებში ვარჯის მიერ გამოიყენება სითბური ინსოლაცია, ხოლო ცივ ღამეში ჰაერი ექცევა მსხვილ ტოტებს შორის სივრცეში და შეერევა თბილ ჰაერს. სწორედ ეს განაპირობებს ტყის გაცივებიდან ცივი ჰაერის მასების ნაკადის შეკავებას. სითბოს გაცვლის პროცესის დროს მნიშვნელოვანია მცენარის ჯიში და ფორმა.

ტყეში, ივლისის თვეში ტემპერატურის მერყეობა ღია ადგილთან შედარებით მცირდება. ნიფლის დაბურულ, სინათლეს მოკლებულ ტყეში იგი მცირდება 4.5°-ით, ნაკლებად დაბურულ ნაძვის ტყეში 4.0°-ით, ხოლო ნათელი ფიჭვის ტყეში 3.0°-ით (ნახაზი 5.6.1).



1. ნიფლის ტყე - - - -
2. ფიჭვის ტყე - · - · -
3. ნაძვის ტყე ———

ნახ. 5.6.1 ტყეში ღია ადგილთან შედარებით ტემპერატურის დღელამური შემცირება, ჯიშების მიხედვით

გაზაფხულზე, როცა ტყეში ფოთლები ჯერ კიდევ არ არის გაშლილი ტემპერატურის მერყეობა უმნიშვნელოა.

ტყეში, ტემპერატურის რეჟიმი ძირითადად განისაზღვრება რადიაციის დღელამური რეჟიმით და მცენარეთა მეჩხერიანობით. ფიჭვის ტყეში, ტემპერატურის მცირე სხვაობა აღინიშნება შუადღისას. ძალზე მეჩხერ ფიჭვის ტყეში ჰაერის ტემპერატურა ახლოსაა უტყეო ადგილების ტემპერატურასთან. ტემპერატურის პირობები მცენარეთა ნარგავებში (ტყეში) 5 სმ სიმაღლეზე ნიადაგის ზედაპირიდან დაკავშირებულია ტყის ტიპებთან, რელიეფთან და ექსპოზიციასთან. ტყის ასაკობრივი სტადიები და ცალკეული პოპულაციები შეგუებულია თავისი საცხოვრებ-

ლი ადგილის განსაზღვრულ ტემპერატურულ პირობებთან. ამიტომ, ტემპერატურის რეჟიმი უმეტესად არეგულირებს ტყეში სასიცოცხლო ფორმის განაწილებას.

5.7 ჰაერის ტემპერატურის გაზომვა

ჰაერის ტემპერატურას ზომავენ თერმომეტრებით (ვალიანი, მაქსიმალური, მინიმალური), რომლებიც თავსდება ფსიქრომეტრულ ჯიხურში. ჯიხური დაცულია მზის პირდაპირი სხივების, ქარის, ნალექების და სხვა ატმოსფერული მოვლენებისაგან.

მეტეოროლოგიური სადგურის ფსიქრომეტრულ ჯიხურში მეტალის შტატივზე ვერტიკალურად იდგმება ორი ერთნაირი თერმომეტრი. მარჯვენა თერმომეტრს, რომლის რეზერვუარზე შემოხვეულია ბატისტი, ხოლო ბოლო ჩაშვებულია წყლით სავსე ჭიქაში უნოდებენ „სველს“. მარცხენა თერმომეტრს, რომელიც უშუალოდ ჰაერის ტემპერატურას აჩვენებს უნოდებენ „მშრალს“.

„მშრალი“ და „სველი“ თერმომეტრების ჩვენებათა მიხედვით, შესაბამისი ფსიქრომეტრული ცხრილების და ემპირიული ფორმულების გამოყენებით განისაზღვრება ჰაერის ტენიანობის მახასიათებლები.

აღნიშნული თერმომეტრის ერთიანობა შეადგენს ხელსაწყოს, რომელსაც ავგუსტის ფსიქრომეტრი ეწოდება. ჰაერის ტემპერატურის -20° -ზე დაბლა დაწვეისას „მშრალი“ ფსიქრომეტრული თერმომეტრის გვერდით თავსდება სპირტიანი თერმომეტრი, რადგან ვერცხლისწყლიანი თერმომეტრი იყინება -38.9° -ზე. ამიტომ ტემპერატურის -36° -მდე დაწვეის შემთხვევაში ათვლა წარმოებს სპირტიანი თერმომეტრით.

ჰაერის ტემპერატურის და ტენიანობის განსაზღვრისათვის საექსპედიციო პირობებში, ტყეებში იყენებენ ასმანის ასპირაციულ ფსიქრომეტრს. მისი მუშაობის პრინციპი ანალოგიურია ავ-

გუსტის ფსიქრომეტრის. იგი შედგება ორი თერმომეტრისაგან („მშრალი“ და „სველი“). თერმომეტრებზე ათვლის წინ ხდება ასპირატორის მომართვა, რის საშუალებითაც შეინოვება ჰაერი დაახლოებით 2 მ/წმ სისწრაფით. ამის შემდეგ, კეთდება ტემპერატურის ანათვალთერმომეტრზე. ფსიქრომეტრს თან ერთვის პიპეტი (ბატისტის დასასველებლად), ფარი (ასპირატორის დასაცავად ქარისაგან) და ლითონის ღერძი (ხელსაწყოს ჩამოსაკიდებლად).

ჰაერის ტემპერატურის განუწყვეტელი ჩანერისათვის გამოიყენება თვითმწერი – თერმოგრაფი. იგი შედგება ორი ნაწილისაგან: 1. ჩამწერის და 2. მიმღებისაგან (ორმაგლითონიანი ფირფიტა). ხელსაწყოს ჩამწერი ნაწილი წარმოადგენს კალმთან ისარს და დოლს, რომელზეც მაგრდება ბაფთა და საათის მექანიზმი, რასაც დოლი მოყავს მოძრაობაში. ტემპერატურის მატებისას კალმისანი ისარი იწევს ზევით, ხოლო შემცირებისას ფირფიტა იღუნება და ისარი ინაცვლებს ქვევით. ამრიგად, ზევიდან ქვევით მოძრაობა ბაფთაზე აღინიშნება ხაზით, რაც ტემპერატურის ცვლილებას ასახავს.

5.8 სავეგეტაციო პერიოდის სითბოთი უზრუნველყოფის პროგნოზი

სავეგეტაციო პერიოდის სითბოთი უზრუნველყოფის პროგნოზის პრაქტიკული მნიშვნელობა მდგომარეობს შემდეგში, რომ ტემპერატურის ჯამი საშუალო დღე-ღამური ჰაერის ტემპერატურის 10°-ზე გადასვლის შემდეგ სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში შეიძლება გადაიხაროს საშუალო სიდიდიდან დაახლოებით $\pm 500-700^{\circ}$ და მეტი. აღმოჩენილი იქნა (თ.დავითაია) მნიშვნელოვანი კორელაციური კავშირი, გაზაფხულზე საშუალო დღე-ღამური ტემპერატურის 10°-ს ზევით დადგომის თარიღსა და სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში 10°-ს ზე-

ვით ტემპერატურის ჯამს შორის. ამ კავშირის ანალიზით გამოიკვეთა, რომ გაზაფხულზე, რაც უფრო ადრე იწყება ჰაერის ტემპერატურის 10°-ზე ზევით დადგომის თარიღი, მით უფრო დიდია 10°-ს ზევით ტემპერატურის ჯამი და პირიქით.

სავეგეტაციო პერიოდში მცენარეების სითბოთი უზრუნველყოფის პროგნოზის შედგენისათვის გამოიყენება განტოლებები (გ.მელაძე), რაიონების მიხედვით:

$$\sum T = -9.7n + 3904 \quad (1) \text{ საგარეჯო}$$

$$\sum T = -12.3n + 4222 \quad (2) \text{ თელავი}$$

$$\sum T = -12.6n + 2110 \quad (3) \text{ ყაზბეგი}$$

$$\sum T = -10.7n + 3244 \quad (4) \text{ ახალციხე}$$

$$\sum T = -8.6n + 1372 \quad (5) \text{ ნინოწმინდა}$$

$$\sum T = -16.7n + 3018 \quad (6) \text{ დმანისი}$$

სადაც $\sum T$ – საპროგნოზო ტემპერატურის ჯამია, ჰაერის საშუალო დღელამური ტემპერატურის 10°-ის ზევით გადასვლის თარიღიდან; n - დღეთა რიცხვი 1 მარტიდან ჰაერის ტემპერატურის 10°-ის ზევით გადასვლის თარიღამდე. იმ რაიონებისათვის, რომლებიც მდებარეობენ ზღ. დონიდან 800-1300 მ სიმაღლემდე დღეთა რიცხვი გადაითვლება 1 აპრილიდან, ხოლო 2000 მ-მდე და ზევით 1 მაისიდან.

მაგალითისათვის. ხაშურის რაიონში ჰაერის ტემპერატურის გადასვლა 10°-ის ზევით განისაზღვრა 30 მარტს. ამ შემთხვევაში, დღეთა რიცხვი 1 მარტიდან იქნება 30. აღნიშნული რიცხვის შესაბამის განტოლებაში (ხაშურის რაიონისათვის) ჩასმით მივიღებთ:

$$\sum T = -15.3 \times 30 + 3931 = 3472$$

ე.ი. სავეგეტაციო პერიოდისათვის ჰაერის ტემპერატურათა ჯამი 10°-ის ზევით შეადგენს 3472°-ს.

თავი VI

წყლის ორთქლი ატმოსფეროში

6.1 ჰაერის ტენიანობის დამახასიათებელი სიდიდეები

ჰაერის ტენიანობა არის ატმოსფეროში წყლის ორთქლის შემცველობა, რომელიც განუწყვეტლივ მოედინება აორთქლების შედეგად. იგი ჰაერის შემადგენელი ნაწილის ცვალებად სიდიდეს წარმოადგენს და დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე. ეს ფაქტორებია: ადგილის ფიზიკურ-გეოგრაფიული მდგომარეობა, დღელამის, წლის დრო, ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობა, რომელიც განაპირობებს გამჟღენთი წყლის ორთქლის დრეკადობის მაქსიმალურ სიდიდეს. წყლის ორთქლს ახასიათებს დრეკადობა და როგორც მთლიანი ატმოსფეროს ნაწილი განაპირობებს ატმოსფერულ წნევას. იგი გამოსახება მილიმეტრებში ან მილიბარებში.

წყლის ორთქლის შემცველობა ჰაერში განისაზღვრება ტენიანობის შემდეგი სიდიდეებით: აბსოლუტური ტენიანობა, შეფარდებითი ტენიანობა, ტენიანობის დეფიციტი და ნამის წერტილი.

ჰაერის აბსოლუტური ტენიანობა (e) - არის წყლის ორთქლის ის რაოდენობა გრამებში, რომელიც მოთავსებულია 1მ^3 მოცულობის ჰაერში და გამოისახება გრ/მ³. წყლის ორთქლის აბსოლუტური ტენიანობა გამოიანგარიშება ფსიქრომეტრული ფორმულით და გამოისახება მილიბარებში ან მილიმეტრებში:

$$e = E' - A (t - t')p$$

სადაც E' - არის გამჟღენთი წყლის ორთქლის მაქსიმალური დრეკადობა სველი თერმომეტრის ჩვენების მიხედვით, p - ატმოსფეროს წნევა, $(t - t')$ - მშრალი და სველი თერმომეტრების

ჩვენება, A - ფსიქრომეტრული კოეფიციენტი, რომელიც გამოხატავს ჰაერის მოძრაობის სიჩქარეს სველი თერმომეტრის რეზერვუარის სიახლოვეს. სადგურის ფსიქრომეტრისათვის იგი ტოლია $A=0.0008$ მ/წმ, ხოლო ასპირაციული ფსიქრომეტრისათვის ტოლია $A=0.0006$ მ/წმ.

ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა (r) - წარმოადგენს წყლის ორთქლის აბსოლუტური ტენიანობის შეფარდებას, გამჟღენთი წყლის ორთქლის დრეკადობასთან მოცემულ ტემპერატურაზე, გამოსახულს პროცენტებში:

$$r = \frac{e}{E} 100\%$$

სადაც e - არის წყლის ორთქლის აბსოლუტური ტენიანობა, E - გამჟღენთი წყლის ორთქლის დრეკადობა მშრალი თერმომეტრის ჩვენების მიხედვით, 100% – პროცენტებში გადამყვანი მნიშვნელი (E' და E გამოითვლება სპეციალური ცხრილებით).

ჰაერის ტენიანობის დეფიციტი ანუ გაჟღენთვის უკმარისობა (d) - არის სხვაობა ორთქლის გამჟღენთ დრეკადობასა და აბსოლუტურ ტენიანობას შორის, რომელიც გამოისახება მილიბარებში ან მილიმეტრებში ფორმულით:

$$d = E - e,$$

სადაც E - არის წყლის ორთქლის გამჟღენთი დრეკადობა, e - წყლის ორთქლის აბსოლუტური ტენიანობა.

შეფარდებითი ტენიანობის გადიდების დროს ტენიანობის დეფიციტი მცირდება, 100% -ზე კი ნულს უტოლდება. ტენიანობის დეფიციტი წარმოადგენს კომპლექსურ მახასიათებელს, რომელიც ჰაერის სიმშრალის ხარისხს გამოხატავს. იგი საშუალებას იძლევა, აღნიშნული სიდიდე გამოვიყენოთ სასოფლო-სამეურნეო კულტურების განვითარების პირობების შეფასებისათვის.

ნამის ნერტილი (t_d) – არის ტემპერატურა, რომლის დროსაც ჰაერში არსებული წყლის ორთქლი მოცემულ წნევაზე იწყებს გაჯერებას. ნამის ნერტილს განსაზღვრავენ წყლის ორთქლის მაქსიმალური დრეკადობის ცხრილით. ნამი წარმოიქმნება 0° ტემპერატურის ზევით, ხოლო 0° -ზე იგი იღებს თრთვილის სახეს. ნამს გარკვეული ადგილი უჭირავს მცენარეთა ნორმალურ განვითარებაში.

ტენიანი ჰაერი ატმოსფეროში გადაადგილდება, როგორც ჰორიზონტალურად ისე ვერტიკალურად. ჰორიზონტალური გადაადგილების დროს ტენიანი ჰაერი მნიშვნელოვან ცვლილებას არ განიცდის, ხოლო ვერტიკალური მოძრაობის დროს მიმდინარეობს მეტად რთული ფიზიკური პროცესები, რაც გამოიხატება ტენიანი ჰაერის სტადიურობაში (მშრალი, წვიმის, სეტყვის და თოვლის სტადიები).

6.2 ჰაერის ტენიანობა და მცენარეულობა

ჰაერის ტენიანობა დიდ გავლენას ახდენს მცენარეთა ზრდა-განვითარებაზე. დედამიწის მწვანე საფარი მნიშვნელოვნად ცვლის ტენიანობის სვლის ხასიათს.

მცენარეულ საფარში წყლის ორთქლი გაცილებით მეტია, ვიდრე მოშიშვლებულ ნიადაგზე. აქედან გამომდინარე, ჰაერის ტენიანობა მცენარეულ საფარში მეტია, ვიდრე მის გარშემო, განსაკუთრებით დღის საათებში. შესაბამისად დიდია შეფარდებითი ტენიანობა მცენარეულ საფარში.

მცენარეულობა დიდი რაოდენობით აორთქლებს წყალს, რის შედეგადაც ატმოსფეროს ქვედა ფენებში მცირდება ტენი. აღნიშნული ტენი ხელს უწყობს ქარის სიჩქარის შემცირებას.

მრავალწლიან მცენარეთა მასივებში წყლის ორთქლი ზაფხულში მეტია ველთან შედარებით, ხოლო ზამთარში აღნიშნული სხვაობა არ შეიმჩნევა. მრავალწლიანი ნარგაობა, ასევე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ჰაერის შეფარდებითი ტენიანობის

მსვლელობაზე. შეფარდებითი ტენიანობის საშუალო დღელამური სხვაობა მრავალწლიან მცენარეთა კრონასა და ღია ადგილებს შორის შეადგენს 8-10%-ს, ცალკეულ შემთხვევებში 30%-ს.

შეფარდებითი ტენიანობა განსაზღვრავს ტრანსპირაციის ინტენსივობას და მცენარეთა მოთხოვნილებას წყლის მიმართ. გადიდებული ჰაერის ტენიანობა აფერხებს მცენარის ყვავილობას და უარყოფითად მოქმედებს მათ დამტვერვაზე. წლის თბილი პერიოდისათვის გაზრდილი შეფარდებითი ტენიანობა იწვევს მცენარის ბაქტერიული და სოკოვანი დაავადებების გავრცელებას.

ტენიანობის გაზრდილი დეფიციტის პირობებში მკვეთრად მატულობს აორთქლება ნიადაგიდან, რაც აძლიერებს მცენარეთა ტრანსპირაციას. ტენიანობის დეფიციტის 40 მმ-ის დროს 1 ჰა ნიადაგის ზედაპირიდან დღელამის განმავლობაში 80 ტონა წყალი ორთქლდება, რაც იწვევს ნიადაგის გამოშრობას.

მცენარეთა უმეტესობა, ვეგეტაციის იმ ფაზაში, რომლის დროსაც ინტენსიურად მიმდინარეობს ბიომასის მომატება, საჭიროებს ტენის ჭარბ რაოდენობას, მაშინ როცა მსგავსი მდგომარეობა სხვა ფაზაში უარყოფითად მოქმედებს მცენარეებზე. ჰაერის შეფარდებითი ტენიანობა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს, აგრეთვე მცენარეში მიმდინარე ბიოქიმიურ პროცესებზე. ჭარბი ტენიანობის დროს მცენარის ნაყოფი, თესლები, ძირხვენები, ფესვები განსხვავდებიან ნახშირწყლების მომეტებული შემადგენლობით, ხოლო მშრალი და ცხელი ამინდის პირობებში მცენარეთა ორგანიზმში უფრო მეტად ცილოვანი ნივთიერებები გროვდება.

6.3 აორთქლება

აორთქლება ეწოდება თხევადი ნივთიერების გადასვლას სითხის მდგომარეობიდან გაზობრივ მდგომარეობაში. იგი რთული პროცესია და ატმოსფეროს ტენის მთავარ წყაროდ ითვლება.

ბა. აორთქლება ძირითადად მიმდინარეობს ნიადაგიდან, მცენარეული საფარიდან, წყლის ზედაპირიდან და ა.შ. მისი ფიზიკური არსი მდგომარეობს შემდეგში – წყლის მოლეკულები, სითხის შიგნით და ზედაპირზე განუწყვეტლივ მოძრაობენ სხვადასხვა სიჩქარით. მოლეკულები, რომელთა სიჩქარეც აღემატება მოცემული ტემპერატურის პირობებში მოლეკულათა საშუალო სიჩქარეს, გადალახავს მოლეკულათა შორის არსებულ შეჭიდულობის ძალას, მოწყდება წყლის ძირითად მასას და ხვდება ჰაერში. წყლის მასას მოწყვეტილი მოლეკულათა რაოდენობა მატულობს ტემპერატურის მატებასთან ერთად, შესაბამისად მატულობს აორთქლებაც. წყლის ზოგიერთი მოლეკულა ისევ სითხეს უბრუნდება ანუ მუდმივად წარმოებს სანინალმდეგო პროცესი. ე.ი. აორთქლება არის სითხიდან მოწყვეტილი და უკან დაბრუნებული მოლეკულათა შორის სხვაობა. აორთქლების პროცესთან გვაქვს საქმე მაშინ, როცა სითხიდან გამოყოფილი მოლეკულების რაოდენობა აღემატება დაბრუნებულს.

აორთქლების პროცესზე იხარჯება დიდი რაოდენობით სითბო. წყლის ზედაპირიდან 1 გრ წყლის ასაორთქლებლად იხარჯება 600 კალორია სითბო, ხოლო ყინულის ზედაპირიდან 680 კალორია. ერთმანეთისაგან განსხვავდება ფაქტობრივი აორთქლება და შესაძლებელი აორთქლება. ძლიერ ტენიანი ნიადაგიდან და წყლის ზედაპირიდან აორთქლებას აორთქლებადობა (შესაძლებელი აორთქლება) ეწოდება. წყლის მარაგი ლიმიტირებული არ არის. ჩვეულებრივ პირობებში, ნიადაგის ზედაპირიდან აორთქლება ნაკლებია აორთქლებადობაზე, რადგან თბილ პერიოდში ნიადაგი შრება და აორთქლების პროცესი ნელდება ან წყდება. ჭარბტენიანი რაიონებისათვის ფაქტობრივი აორთქლების სიდიდე უახლოვდება აორთქლებადობას. გვალვიან რაიონებში აორთქლება მცირეა აორთქლებადობასთან შედარებით.

აორთქლების დღელამური მსვლელობა ტემპერატურის დღელამური მსვლელობის პარალელურია, აორთქლების მაქსიმუმი შუადღის საათებშია. დღელამური მსვლელობა თბილ პერი-

ოდში გამოხატულია შემდეგნაირად: მაქსიმუმი ზაფხულშია, მინიმუმი ზამთარში.

აორთქლება მცენარის ზედაპირიდან – რთული ფიზიკურ-ბიოლოგიური პროცესია, რომელსაც ტრანსპირაციას უწოდებენ. მცენარეთა ფესვთა სისტემით ნიადაგიდან შეწოვილი წყალი ორთქლდება ფოთლების საშუალებით. მცენარისათვის შეწოვილი წყალს ორი დანიშნულება აქვს. ერთის მხრივ შეწოვილი წყალი წარმოადგენს მინერალური მარილების ხსნარს, რომელსაც მცენარე იყენებს კვებისა და ზრდა-განვითარების პროცესში, ხოლო მეორე დანიშნულება ის არის, რომ მცენარე წყლის აორთქლებით დაბლა სწევს თავის ტემპერატურას და ამით გადახურებისაგან იცავს თავს.

წყლის რაოდენობას, რომელიც საჭიროა მშრალი ნივთიერების ბიომასის ერთეულის შესაქმნელად ტრანსპირაციის კოეფიციენტი ეწოდება. ტრანსპირაციის ინტენსივობაზე გავლენას ახდენს გარემოს ტემპერატურა (მცენარე ტრანსპირაციას აწარმოებს 40° ტემპერატურამდე), ქარი (2-3-ჯერ ზრდის აორთქლებას), სინათლე. პირდაპირი რადიაციის დროს ის მეტია, გაბნეული რადიაციისას ნაკლები. ჰაერში ტენის მაღალი მაჩვენებლის შემთხვევაში ტრანსპირაცია ნელდება.

ტრანსპირაციის კოეფიციენტი დამოკიდებულია მცენარის ასაკზე და იცვლება ნიადაგურ-კლიმატური პირობების მიხედვით. ტრანსპირაციის ცვლილების ინტენსიურობა მცენარეების ვარჯის სხვადასხვა ნაწილებში არათანაბრად მიმდინარეობს. ყველაზე ძლიერად ტრანსპირაცია მცირდება მცენარის ვარჯის დაჩრდილულ ნაწილებში, შემდეგ ქვედა იარუსის ფოთლებში, ხოლო ბოლოს წვეროების ფოთლებში.

ცხრილში 6.3.1 მოცემულია ფოთლოვანი და წიწვოვანი მცენარეების წყლის საშუალო ხარჯვა მშრალი ნივთიერებების დაგროვებისას.

**1 გრ მშრალი ნივთიერების შექმნაზე სატრანსპირაციო
წყლის ხარჯვა**

ფოთლოვანი მცენარეები		წიწვოვანი მცენარეები	
მუხა	340 გრ	ფიჭვი	300 გრ
წიფელი	179 გრ	ლარიქსი	260 გრ
არყის ხე	320 გრ	ნაძვი	230 გრ

აორთქლება ნიადაგის ზედაპირიდან – რთულ ფორმებში მიმდინარეობს და დამოკიდებულია როგორც მეტეოროლოგიურ პირობებზე, ასევე ნიადაგის ტიპზე, მის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე, გრუნტის წყლის სიახლოვეზე. რაც უფრო ახლოს არის გრუნტის წყალი ასაორთქლებელ ზედაპირთან, მით მეტია აორთქლება. ქვიშიანი ნიადაგებიდან აორთქლება მცირეა თიხნარ ნიადაგებთან შედარებით. აგროტექნიკური ღონისძიებების ჩატარების დროს მნიშვნელოვანია მცენარეთა რიგთაშორისებში ნიადაგის გაფხვიერება, კულტივაცია, დაფარცხვა, დამულჩვა და სხვა. აღნიშნული ღონისძიებები კაპილარული სისტემის დაშლის საშუალებას იძლევა, რაც ამცირებს აორთქლების პროცესს. აორთქლების ინტენსივობაზე გავლენას ახდენს ნიადაგის ფერი. მუქი ფერის ნიადაგის ზედაპირიდან მეტი წყალი აორთქლდება ვიდრე ღია ფერის ნიადაგიდან. რაც იმით აიხსნება, რომ მუქი ფერის ნიადაგი მეტ მზის ენერგიას შთანთქავს და თბება, ხოლო ღია ფერის ნიადაგი მეტ მზის ენერგიას ირეკლავს და ნაკლებად თბება.

აორთქლების ინტენსივობაზე ასევე, ახდენს გავლენას რელიეფის ფორმა და ექსპოზიცია. ქედზე აორთქლება მეტია, ვიდრე ქვაბულებში, ამ უკანასკნელში ჰაერის ცირკულაციის შემცირების გამო. სამხრეთის ექსპოზიციის ფერდობები უფრო მალე თბება ვიდრე ჩრდილოეთის, ამიტომ პირველ შემთხვევაში გაცილებით მეტ აორთქლებას აქვს ადგილი, ვიდრე მეორეში.

აორთქლება წყლის ზედაპირიდან. აორთქლების სიჩქარე წყლის ზედაპირიდან მატულობს მისი ტემპერატურისა და ქარის სიჩქარის ზრდასთან ერთად. ქარი იტაცებს წყლის ზედაპირიდან აორთქლებულ მასას, ხოლო მის ადგილს იკავებს შედარებით მშრალი ჰაერი. მზის რადიაცია, რომელიც წყლის ფენებს ათბობს საშუალოდ 15 მ სიღრმემდე, გავლენას ახდენს აორთქლების სიჩქარეზე.

წყლის ზედაპირიდან აორთქლების გასაზომად იყენებენ 20 და 100 მ² ფართობის ამორთქლებელ აუზებს და 3000 სმ² ზედაპირის მქონე ამორთქლებლებს. აღნიშნულ აუზებსა და ამორთქლებლებში აორთქლებას საზღვრავენ წყლის დონის ცვლილებით, სადაც გათვალისწინებულია მოსული ნალექების რაოდენობაც. ასეთი გაზომვები სრულყოფილად ვერ განსაზღვრავენ ბუნებრივ პირობებს და მხოლოდ დაახლოებით წარმოდგენას იძლევიან აორთქლებაზე.

აორთქლების გაზომვის მიზნით გამოიყენება სპეციალური ამორთქლებელი ხელსაწყოები და ემპირიული ფორმულები. აორთქლებადობის გამოსაანგარიშებლად გამოიყენება შემდეგი სიდიდეები: ტენიანობის დეფიციტი, ფარდობითი ტენიანობა, ქარის სიჩქარე, ჰაერის ტემპერატურა, რადიაციული ბალანსის სიდიდე.

6.4 ტყის გავლენა აორთქლებაზე

ტყე დიდ გავლენას ახდენს აორთქლებაზე. ტყეში, ველთან შედარებით აორთქლება ნაკლებია, რადგან ტყის სიხშირისა და ჯიშობრივი შემადგენლობიდან გამომდინარე მზის სხივები ტყის ქვეშ, ნიადაგის ზედაპირამდე მცირე რაოდენობით აღწევს. აღნიშნულის შედეგად ტყეში ფარდობითი ტენიანობა (r) მეტია, ხოლო ტენიანობის დეფიციტი (d) ნაკლები. წლის განმავლობაში ფიჭვნარში აორთქლება ველთან შედარებით 52%-ით მეტია, ნიფლნარში 43%-ით.

მცენარეული საფარი ამცირებს აორთქლებას ნიადაგის ზედაპირიდან, რადგან მის მიერ ნიადაგი სხვადასხვა სიხშირითაა დაფარული და თვითონ წარმოქმნის ასაორთქლებელ ზედაპირს. ბუნებრივ პირობებში აორთქლება მცენარეული საფარის ზრდაპირიდან წარმოადგენს ტრანსპირაციისა და ნიადაგიდან აორთქლების ერთობლივ შედეგს, რასაც ჯამურ აორთქლებას უწოდებენ. ამ მაჩვენებლის სიდიდე იცვლება როგორც მეტეოროლოგიური პირობების გავლენით, ისე მცენარეული საფარის ბიოლოგიური თავისებურებების, ფესვთა სისტემის გავრცელების სიღრმის, ჩატარებული აგროტექნიკური ღონისძიებების და სხვა პირობების მიხედვით.

ტრანსპირაციას მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია ჯამურ აორთქლებაში და იგი შეადგენს ჯამური აორთქლების 50%-ზე მეტს (ცხრილი 6.4.1).

ცხრ. 6.4.1

**ტყე-მცენარეულობიდან აორთქლების რაოდენობა
თვეების მიხედვით**

აორთქლება (მმ)	V	VI	VII	VIII	IX	X	ჯამი (V-X)
ჯამობრივი აორთქლება ტყიდან	35	82	69	48	37	14	285
აორთქლება ბალახეული მცენარეებიდან და ნიადაგიდან	19	38	31	25	18	7	138
ტრანსპირაცია	16	44	38	23	19	7	147

ტრანსპირაციის კოეფიციენტი იცვლება მცენარის ასაკის მიხედვით და განსხვავებულია ნიადაგურ-კლიმატური პირობების მიხედვით. რაც უფრო მშრალი კლიმატია, მით მეტი წყალია საჭირო მცენარეული მასის შექმნისათვის.

ტყის პირობებში ტრანსპირაცია ცვალებადობს ტყის ჯიშების პროდუქტიულობის მიხედვითაც. რაც უფრო მაღალია ჯიშთა პროდუქტიულობა (მცენარეული მასა), მით უფრო მაღალია ტრანსპირაციის კოეფიციენტი. ევკალიპტის ტრანსპირაციის კოეფიციენტი მაღალია და შეადგენს 500-700 გრ. 30 წლიანი ფიჭვნარი უფრო ინტენსიურად აორთქლებს წყალს, ვიდრე 150 და მეტი ასაკის ფიჭვი. ტრანსპირაციის ინტენსივობაზე არანაკლები გავლენა აქვს ნიადაგის ტენიანობას. ნიადაგის დაბალი ტენიანობა განაპირობებს ტრანსპირაციის ინტენსივობის შემცირებას.

6.5 ღრუბლების წარმოქმნა და კლასიფიკაცია

ატმოსფეროში წყლის ორთქლის კონდენსაციის ან სუბლიმაციის პროდუქტს, რომელიც წარმოიქმნება გარკვეულ სიმაღლეებზე ღრუბლები ეწოდება. ღრუბლის ნაწილაკები შეიძლება იყოს წყლის წვეთები და ყინულის კრისტალები. ღრუბლებიდან აღნიშნული წვეთების ან კრისტალების გამოყოფას, რომელიც დედამიწის ზედაპირზე ეცემა ატმოსფერულ ნალექს უწოდებენ. თუ ღრუბლები უშუალოდ დედამიწის ზედაპირს ეხება, მას ნისლი ეწოდება.

პროცესი, როცა წყლის ორთქლი გადადის თხევად მდგომარეობაში კონდენსაციის სახელწოდებით არის ცნობილი, ხოლო გარკვეულ პირობებში, როცა წყლის ორთქლი გაზობრივი მდგომარეობიდან პირდაპირ გადადის ყინულის მდგომარეობაში სუბლიმაცია ეწოდება. ორივე პროცეს ადგილი აქვს როგორც ატმოსფეროში, ასევე დედამიწის ზედაპირზე, მცენარეებზე, სხვადასხვა საგნებზე.

კონდენსაციის პროცესის დაწყების წინაპირობას ჰაერის გაცივება წარმოადგენს, ხოლო მეორე მნიშვნელოვან პირობას ატმოსფეროში არსებული ისეთი მყარი ნაწილაკების არსებობა, რომლებიც მაღალი ჰიგროსკოპულობით ხასიათდებიან. ე.ი.

რომლებზედაც წყლის ორთქლს შეუძლია შემოჭიდება (ბაქტერიები, სპორები, თხევადი ან გაზისებრი ნაწილაკები). ნაწილაკებს, რომლებზედაც ხდება წყლის ორთქლის კონდენსაცია საკონდენსაციო ბირთვები ეწოდება. ატმოსფეროში წყლის ორთქლის კონდენსაციის შედეგად წარმოქმნილ ნისლს და ღრუბლებს ჰიდრომეტეორები ეწოდება. ჰიდრომეტეორები შეიძლება წარმოიქმნას ნიადაგის ზედაპირზე, სხვადასხვა საგნებზე, როგორცაა – ნამი, თრთვილი, ჭირხლი, ლიპყინული.

შემადგენლობის მიხედვით არჩევენ 3 სახის ღრუბლებს:

1. წვიმის, რომელიც შედგება წყლის წვეთებისაგან. ამ სახის ღრუბლები ჩნდება ფენაში, რომელსაც 0°-ზე დაბალი ტემპერატურა აქვს. ცალკეულ შემთხვევებში, ღრუბლები შეიძლება წარმოიქმნას დადებითი ტემპერატურის პირობებშიც.
2. ყინულოვანი, რომელიც შედგება ყინულოვანი კრისტალებისაგან. ამ სახის ღრუბლები ჩნდება განსაკუთრებით დაბალი ტემპერატურის დროს.
3. შერეული, რომელიც შედგება როგორც წყლის, ისე ყინულოვანი კრისტალებისაგან. ამ სახის ღრუბლები ჩნდება ზომიერად დაბალი ტემპერატურის დროს.

ღრუბლების წარმოქმნის ძირითად მიზეზს ჰაერის ადიაბატური გაცივება წარმოადგენს, მისი აღმადინების დროს. თბილ პერიოდში წვიმის ღრუბლები ძირითადად წარმოიქმნება ტროპოსფეროს დაბალ ფენებში, ყინულოვანი – ზედა ფენებში, ხოლო შერეული – შუა ფენებში. ზამთრის პერიოდში ყინულოვანი და შერეული ღრუბლები შეიძლება წარმოიქმნას მიწისპირა ჰაერის ფენაში.

ღრუბლების პირველი კლასიფიკაცია შემუშავდა XIX საუკუნეში. ღრუბლები ქვედა საზღვრების მიხედვით იყოფა ოთხ იარუსად.

ღრუბლების საერთაშორისო მორფოლოგიურ კლასიფიკაციაში გაერთიანებულია ღრუბლების 10 ძირითადი ფორმა:

- I. ზედა იარუსის ღრუბლები (საშუალო სიმაღლე 6 კმ და მეტი)

1. ფრთა ღრუბლები – Cirus (Ci);
 2. ფრთაგროვა – Cirrocumulus (Cc);
 3. ფრთაფენა – Cirrostratus (Cs);
- II. საშუალო იარუსის ღრუბლები (საშუალო სიმაღლე 2-6 კმ)
4. მაღალგროვა – Altocumulus (Ac);
 5. მაღალფენა – Altostratus (As);
- III. ქვედა იარუსის ღრუბლები (საშუალო სიმაღლე 2 კმ და ნაკლები)
6. ფენა – Stratus (St);
 7. ფენაგროვა – Stratocumulus (Sc);
 8. ნვიმაფენა – Nimbostratus (Ns);
- IV. ვერტიკალური განვითარების ღრუბლები (საშუალო სიმაღლე 500-1500 მ)
9. გროვა – Cumulus (Cu);
 10. გროვანვიმა – Cumulonimbus (cb)

ზედა იარუსის ღრუბლები შედგებიან ცინულოვანი კრისტალებისაგან, მათგან ნალექი არ წარმოიქმნება. ზედა იარუსის ყველა ღრუბელი თეთრი ფერისაა და დედამიწის ზედაპირზე ჩრდილს არ წარმოქმნის.

საშუალო იარუსის ღრუბლები წვეთოვანი ან შერეული ღრუბლებია, რომლებიც იძლევიან ნალექებს. ეს ღრუბლები ზედა იარუსის ღრუბლებისაგან განსხვავდება მეტი სიმკვრივით. მათში ძნელად ატანს მზის სხივები, მორუხო შეფერილობა აქვს და სუსტ ჩრდილს იძლევიან.

ქვედა იარუსის ღრუბლები მკვრივი, სხივგაუმტარი, მუქი შეფერილობისაა. ხშირ შემთხვევაში, ცის მთელ თაღს ფარავს და ტალღისებურ სახეს იღებს. ფენა ღრუბელი წლის თბილ პე-

რიოდში თქორის სახით იძლევა წვიმას, ხოლო ფენა წვიმის ღრუბელი თბილ პერიოდში იძლევა წვიმას, ცივ პერიოდში თოვლს.

ვერტიკალური განვითარების ღრუბლები წარმოიქმნება ჰაერის მასების აღმასვლის დროს, განსაკუთრებით წლის თბილ პერიოდში. გროვანვიმის ღრუბელს თქემის, ელჭექის და ქარიშხლის ღრუბლებსაც უწოდებენ, ვითარდება ვერტიკალური მიმართულებით და განსაკუთრებით სახიფათოა სოფლის მეურნეობისათვის.

ღრუბლებზე დაკვირვების დროს განისაზღვრება მათი რაოდენობა, ფორმა და სიმაღლე. განსაზღვრა ხდება ათ ბალიანი სისტემით, ხოლო ფორმებისა და სახეების განსაზღვრის დროს გამოიყენება სპეციალური ღრუბლების ატლასი. მათი სიმაღლე გაიზომება თვალზომით (ვიზუალურად) ან ინსტრუმენტალურად სპეციალური შუქ-ლოკატორების დახმარებით. დაკვირვება ღრუბლებზე ხდება დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრებიდანაც. მათგან სისტემატიურად გადმოიცემა დედამიწაზე ღრუბლების ფოტოსურათები, რომლებიც წარმოადგენას იძლევიან ღრუბლების რაოდენობაზე, სტრუქტურაზე, მოძრაობაზე და ა.შ.

6.6 ჰაერის ტენიანობის გაზომვა

მეტეოროლოგიურ სადგურებში ფსიქრომეტრული მეთოდით ჰაერის ტენიანობა იზომება სადგურის (ავგუსტის) და ასპირაციული (ასმანის) ფსიქრომეტრებით (იხ. თავი V, ქვეთავი 5.7).

ჰიგრომეტრული მეთოდით ჰაერის ტენიანობის გაზომვისათვის გამოიყენება თმის ჰიგრომეტრი და ჰელიოგრაფი.

თმის ჰიგროგრაფი – გამოიყენება ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის გასაზომად. ჰაერის ტემპერატურის 10°-ზე ქვევით დანევის შემთხვევაში, იგი წარმოადგენს ჰაერის ტენიანობის გაზომვის ძირითად ხელსაწყოს. ჰიგრომეტრის მიმღები ნაწილი

ადამიანის ცხიმგაცლილი თმის ღერია, რომელიც გაჭიმულია ლითონის ჩარჩოზე, რომლის ერთი ბოლო დამაგრებულია ჩარჩოს ზედა ნაწილში მომწესრიგებელ ხრახნზე, ხოლო მეორე დაკავშირებულია ისართან. რკალი ჩამოცმულია ღეროზე, რომელზედაც დამაგრებულია ისარი. იგი მოძრაობს სკალაზე, რომლის დანაყოფია 0-დან 100%-მდე (ერთი დანაყოფი 1%-ის ტოლია). ტენიანობის შეცვლასთან ერთად თმის სიგრძეც იცვლება (როცა სველდება – გრძელდება, როცა შრება – მოკლდება). ტენიანობის სხვა მახასიათებლები გამოითვლება მშრალი და სველი თერმომეტრის ჩვენებით.

ჰიგროგრაფი – გამოიყენება ჰაერის ტენიანობის უწყვეტი რეგისტრაციისათვის. იგი თვითმწერი ხელსაწყოა, რომლის მიმღებ ნაწილს წარმოადგენს ადამიანის ცხიმგაცლილი თმის კონა (35-50 თმის ღერის რაოდენობით). მათი ორივე ბოლო დამაგრებულია ებონიტის მილზე კრონშტეინით. თმის კონას მექანიკური დაზიანებისაგან იცავს ლითონის ბადე. ჰაერის ტენიანობის ცვლილებისას თმის კონის სიგრძე იცვლება და ბერკეტის მრუდე მხარე, ძირს დაშვებით ან მაღლა აწევით ცურავს მეორე მოხრილ მხარეზე, რომელზეც მიმაგრებულია ჩამწერი კალამი და აიძულებს მას გადაადგილდეს. გადაადგილებით კალამი ბაფთაზე ხაზავს ფარდობითი ტენიანობის შესაბამის მრუდს.

ჰიგროგრაფი იდგმება ჯიხურში თერმოგრაფთან ერთად. იგი შედარებითი ხელსაწყოა, ამიტომ შესწორების შეტანისათვის ბაფთაზე კეთდება აღნიშვნები ყოველი დაკვირვების ვადაში. მისი დამუშავება წარმოებს გრაფიკის დახმარებით.

თავი VII

ატმოსფერული ნალექები

7.1 ნალექების წარმოქმნა და მათი ტიპები

ნალექების წარმოქმნა დაკავშირებულია გარკვეულ სიმაღლეზე ციხულის კრისტალების და წყლის წვეთების 0.1-0.2 მმ-მდე დამსხვილებასთან. როდესაც ისინი სიმძიმის ძალის გავლენით შეძლებენ აღმავალი დინების ძალის დაძლევას (ტოვებენ შენონილ მდგომარეობას), სწრაფად ეშვებიან დაბლა მყარი ან თხევადი ნალექების სახით.

წვეთების და კრისტალების ზრდა მიმდინარეობს მათი შეერთების (კოაგულაციის) გზით. წვეთის მოძრაობის სიჩქარეს განსაზღვრავს მისი სიდიდე. მსხვილი წვეთი უფრო სწრაფად მოძრაობს დაღმავალი მიმართულებით, ვიდრე წვრილი.

უხვ ნალექებს განაპირობებს შერეული ღრუბლები ანუ კრისტალების და გადაციებული წყლის წვეთების არსებობა. სიმაღლეზე, უარყოფითი ტემპერატურის შემთხვევაში დედამიწის ზედაპირზე მოდის მყარი ნალექი, ხოლო ქვედა ფენებში დადებითი ტემპერატურის შემთხვევაში კრისტალები დნება და ნალექი წვიმის სახით გვევლინება.

ნალექები ძირითადად ორ ტიპად იყოფა:

I – ატმოსფერული ნალექები, რომლებიც წარმოიქმნება სხვადასხვა სიმაღლეზე და ღრუბლებიდან მოდის. მათ ვერტიკალურ ნალექებსაც უწოდებენ (წვიმა, თოვლი, ხორხომელა, სეტყვა).

II – ტიპს მიეკუთვნება ნალექები, რომლებიც უშუალოდ დედამიწის ზედაპირზე წარმოიქმნება, მასზე არსებულ საგნებზე და მცენარეულ საფარზე, წყლის ორთქლის კონდენსაციის ან სუბლიმაციის შედეგად (ნამი, თრთვილი, ჭირხლი, ლიპყინული). აღნიშნულ ნალექებს ჰორიზონტალურ ნალექებს (მიწისპირა ჰიდრომეტეორები) უწოდებენ.

ატმოსფერულ ნალექებს ფაზების მიხედვით ყოფენ სამ სახედ – მყარი, თხიერი და შერეული.

გაბმული წვიმა – ძირითადად ატმოსფერულ ფრონტებთან დაკავშირებული წვიმა-ფენა (NS) ღრუბლებიდან გამოიყოფა. იგი ხანგრძლივი დროით და საშუალო ინტენსივობით მოიცავს ძალზე დიდ ტერიტორიას.

ზომიერ განედებში წლის განმავლობაში მოსული ნალექების უდიდესი ნაწილი გაბმული წვიმის სახისაა.

თაესხმა (კოკისპირული) – ნალექი უკავშირდება კონვექციური განვითარების წვიმაფენა (NS) ღრუბლებს. მისი ინტენსივობა დიდია, ხოლო ხანგრძლივობა ხანმოკლე. რაც ნიშნავს მოკლე პერიოდში ნალექების დიდი რაოდენობით გამოყოფას. მისი მოსვლა ცივი ფრონტის გავლასთან არის დაკავშირებული. ამ დროს მოსული წვიმის წვეთების დიამეტრი ცალკეულ შემთხვევაში 5-7 მმ აღწევს. იგი მოიცავს მცირე ტერიტორიას, ზოგჯერ შესაძლებელია თან ახლდეს ძლიერი ქარი.

ტროპიკულ და ეკვატორულ ზონებში ძირითადად ასეთი სახის ნალექები მოდის.

ყინულის (მცირე წვიმა, თქორი) – წვიმა გვევლინება ფენა (St) ღრუბლებიდან. იგი გამოირჩევა მცირე ვერტიკალური სიმაღლავრით, რაც წვიმის წვეთს დამსხვილების საშუალებას არ აძლევს (წვეთების დიამეტრი 0.5 მმ-ზე ნაკლებია) და დედამიწის ზედაპირზე თითქმის შეუმჩნეველია.

თოვლი – შედგება რთული სიმეტრიული ყინულის კრისტალებისაგან და ვარსკვლავის ფორმა აქვს. ნალექები შეიძლება მოვიდეს ფიფქის სახით, როცა ტემპერატურა 0°-ს უახლოვდება და მას თოვლს უწოდებენ. თოვლის ფიფქის ზომა 4-5 მმ-ს აღწევს. განასხვავებენ თოვლის მარცვლებს, ყინულოვან წვიმას (1-3 მმ დიამეტრით) და ყინულოვან ნემსებს (წვრილი, გამჭირვალე ყინულის კრისტალები).

ხორხოშელა – თეთრი ფერის, მრგვალი გაუმჭირვალე ყინულის ბურთების სახით გვევლინება. მათი დიამეტრი 2-5 მმ-ს აღწევს. იგი წარმოიქმნება დაბალ ტემპერატურაზე (შერეული

ტიპის ღრუბლებში), სადაც მიმდინარეობს ფიფქებისა და გადაცივებული წყლის წვეთების შეხვედრა. ძირითადად მოდის გვიან შემოდგომასა და ადრე გაზაფხულზე, როდესაც ტემპერატურა 0°-ის ახლოსაა.

სეტყვა – წარმოიქმნება წყლის ორთქლის კონდენსაციის შედეგად, ელჭექის ხასიათის ღრუბლებიდან. მისი ზომა აღწევს 5-8 მმ-ს, ხოლო მარცვლის წონა 200-300 გრამს და მეტს (ყოფილა შემთხვევები, მარცვლის წონას შეუდგენია 1 კგ, განსაკუთრებულ შემთხვევებში 4 კგ და მეტი). იგი გაუმჭირვალე ყინულის ბირთვია, ზოგჯერ გარშემო აკრავს გამჭირვალე შრე და მოიცავს რამდენიმე კმ-მდე ტერიტორიას, გრძელდება 10-20 წთ-ის და მეტი დროის განმავლობაში (საშუალო ხანგრძლივობა 5 წუთს შეადგენს). საქართველოს პირობებში სეტყვიან დღეთა რიცხვი მატულობს 2000-2300 მ სიმაღლემდე. იგი ნაკლებად გვევლინება ვაკე ადგილებზე, მეტად იშვიათია პოლარულ მხარეებში.

ნამი – წარმოიქმნება ნიადაგისა და მცენარეული საფარის ზედაპირზე წყლის წვრილი წვეთების სახით, ჰაერის ტემპერატურის 0°-ზე ზევით. იგი წყლის ორთქლის კონდენსაციის შედეგია. მის გაჩენას ხელს უწყობს მიწისპირა ჰაერის ფენაში წყლის ორთქლის მარაგი, მოწმენდილი ცა და სუსტი ქარი. ღამით, მოწმენდილ ამინდში დედამიწის ზედაპირი, მასზე მდებარე საგნები და მცენარეულობა ცივდება ეფექტური, გრძელტალღიანი გამოსხივების შედეგად. ასეთ ზედაპირზე ჰაერის შეხებისას ტემპერატურა ნამის წერტილამდე ეცემა და კონდენსაციის პროცესი უშუალოდ ზედაპირზე მიმდინარეობს. მოღრუბლულ, ძლიერ ქარიან ამინდში ნამი არ წარმოიქმნება. იგი დიდი რაოდენობით წარმოიქმნება ოკეანეებისა და ზღვების სანაპიროებზე, კუნძულებზე.

ნამის წარმოქმნაზე გავლენას ახდენს რელიეფი. იგი ხეობებსა და დაბლობებში უფრო მეტად აღინიშნება, ვიდრე ფერდობებზე. ნამის წარმოქმნაში მონაწილეობს მცენარეული საფარი. მას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს გვალვიან რაიონებში, სადაც თბილ პერიოდში შეიძლება მოგვცეს 10-30 მმ ნა-

ლექი ანუ 100-300 ტ წყალი 1 ჰა-ზე. მცენარეებისათვის ნამი ტენის რესურს წარმოადგენს და მნიშვნელოვან მეტეოროლოგიურ ფაქტორად ითვლება. მის ინტენსივობას და რაოდენობას საზღვრავენ როსოგრაფის საშუალებით.

ორთვილი – წარმოიქმნება მოწმენდილ, წყნარ ამინდში, ნამის წარმოქმნის ანალოგიურად, მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა ჰაერის ტემპერატურა 0°-ზე დაბლა დაინევს. მისი წარმოქმნა წყლის ორთქლის სუბლიმაციის შედეგია. იგი თეთრი ფერის ყინულის კრისტალებია, რომლითაც იფარება დედამიწის ზედაპირი და სხვადასხვა საგნები.

ჭირხლი – თეთრი ფერის, ფხვიერი ყინულის კრისტალებია, რომელიც წარმოიქმნება ღრუბლიან, ქარიან ამინდში ხის ტოტებზე, ბალახებზე, მავთულებზე და ა.შ. იგი ორგვარია – კრისტალური და მარცვლოვანი. ჭირხლი ჩნდება ჰაერში არსებული ყინულის წვრილი კრისტალების საგნებზე მოყინვის შედეგად.

ლიპყინული – ყინულის შრეა, რომელსაც გლუვი, გამჭვირვალე ან მღვრიე შეფერილობა აქვს. ყინვის დროს იგი ფარავს საგნებს, ჟინჟლის ან წვიმის გადაცივებული წვეთების შეყინვის შედეგად. ინტენსიური და ხანგრძლივი ლიპყინულის დროს საგნები შეიძლება დაიფაროს 2-3 სმ სისქის ფენის ყინულით. მცირე სიმკვრივისას იგი მღვრიე რძისფერია, ხოლო დიდი სიმკვრივის დროს გამჭვირვალეა. მის წარმოქმნას ძირითადად ადგილი აქვს სუსტი ყინვების დროს (0°-დან -3°-მდე). ცალკეულ შემთხვევებში, შესაძლებელია უფრო დაბალი ტემპერატურის პირობებშიც წარმოიქმნას. დიდი სისქის ყინულის ფენის წარმოქმნის შემთხვევაში იგი საშიშროებას უქმნის მცენარეებს, ელექტროდენის გადამცემ მავთულებს და ა.შ.

ნისლი – ჰაერის მიწისპირა ფენებში წყლის ორთქლის კონდენსაციისა და სუბლიმაციის პროდუქტია. იგი შედგენილობის მიხედვით სამი სახისაა: წვეთოვანი, კრისტალური და შერეული. ნისლის წვეთების დიამეტრი მცირეა (2-5 მკმ). იგი ხშირად ჩნდება იმ ზღვის სანაპიროებზე, რომლებიც არ იყინება. ნისლის

ნარმოქმნის ძირითადი მიზეზი ჰაერის თბილი მასის შედარებით დაბალი ტემპერატურის მქონე საგნების ზედაპირზე შეხებაა. იგი ხილვადობას ამცირებს.

ნისლის ძირითადი ტიპებია – რადიაციული, რომელიც ნარმოქმნება მოწმენდილ, წყნარ ამინდში ეფექტური გამოსხივების, დედამიწის ზედაპირისა და მისი საფარის გადაცივების დროს. იგი უმეტესად გაზაფხულსა და შემოდგომაზე ნარმოქმნება. ღრუბლიან ამინდში ნისლი არ ნარმოქმნება.

ადვექციური ნისლი ნარმოქმნება თბილი ჰაერის მასების გადაადგილებისას, როცა ის მოძრაობის დროს ეხება ცივი საგნების ზედაპირს. ადვექციური ნისლი შედარებით სქელია და მის ხელოვნურად გაფანტვას ძირითადად დიდ აეროდრომებზე ახდენენ.

ნისლი წლის ცივ პერიოდში ხმელეთზე აღინიშნება, ხოლო თბილ პერიოდში ზღვებსა და ოკეანეებზე. იგი უარყოფითად მოქმედებს მცენარეებზე, ტემპერატურის მკვეთრი შემცირების გამო.

ჯანლი – ნისლისაგან თითქმის არ განსხვავდება. იგი აღწევს 1 კმ-მდე სიმაღლეს. ჯანლი მოსალოდნელია ზამთარში და შემოდგომაზე, ღამის და დილის საათებში. მზის ამოსვლისთანავე იგი სწრაფად იფანტება. ჯანლი ძირითადად ჩრდილოეთის ქვეყნებისათვის არის ხშირი მოვლენა. იგი ხილვადობას ამცირებს 1-დან 10 კმ-მდე.

7.2 ნალექების დღელამური და წლიური მსვლელობა

ნალექების დღელამური მსვლელობა განისაზღვრება ღრუბლების ხასიათით. იგი რთული პროცესია და ძირითადად დამოკიდებულია რელიეფზე, გეოგრაფიულ განედზე, მცენარეულ საფარზე და სხვა. გამოყოფენ ნალექების დღელამური მსვლელობის ორ ტიპს: კონტინენტურს და ზღვის (სანაპირო) ტიპს.

კონტინენტური ტიპისათვის დამახასიათებელია ნალექების ორი მაქსიმუმი და ორი მინიმუმი. მთავარი მაქსიმუმი დღის მეორე ნახევარშია, როდესაც გაძლიერებულია კონვექციური პროცესები, ხოლო მეორადი მაქსიმუმი დღის საათებში. იგი უკავშირდება რადიაციული გადაცივებით წარმოქმნილ ფენა ღრუბლების განვითარებას. მთავარი მინიმუმი ღამითაა, ხოლო მეორადი – შუადღემდე. ზღვის ტიპის (სანაპირო) კლიმატისათვის ნალექების მაქსიმუმი დამახასიათებელია ღამით, ხოლო მინიმუმი დღისით. ნალექების მოსვლა ძირითადად აღინიშნება საღამოს და ღამით. რაც აიხსნება იმ გარემოებით, რომ ნაშუადღევს წარმოიქმნება ძლიერი აღმავალი ჰაერის თბილი მასები, ხოლო საღამოს ტემპერატურა იწყებს დაწევას და წყლის ორთქლის კონდენსაცია დიდი ინტენსივობით მიმდინარეობს.

ნალექების წლიური მსვლელობის თავისებურება დამოკიდებულია ადგილის კლიმატურ პირობებზე. ამ შემთხვევაში გამოყოფენ ოთხ ძირითად ტიპს: ეკვატორულს, ტროპიკულს, სუბტროპიკულს და ზომიერი განედის ტიპს.

ეკვატორული ტიპი – ხასიათდება ნალექების ორი მაქსიმუმით და ორი მინიმუმით. მაქსიმუმები აღინიშნება გაზაფხულისა და შემოდგომის ბუნიობის შემდეგ, ხოლო მინიმუმები ზაფხულისა და ზამთრის ბუნიობის შემდეგ. წლიური ნალექების რაოდენობა საშუალოდ 2000 მმ-მდეა.

ტროპიკული ტიპი – ამ სარტყელში, როგორც ჩრდილოეთში, ისე სამხრეთ ნახევარსფეროებში ადგილი აქვს წვიმების ერთ პერიოდს. ზაფხულში იგი გრძელდება ოთხი თვის განმავლობაში. დანარჩენ თვეებში ნალექები თითქმის არ მოდის, ე.ი. მშრალი პერიოდი რვა თვე გრძელდება. ნალექების ასეთ განაწილებას განაპირობებს ზაფხულის თვეებში ეკვატორული ზონიდან შემოსული ტენიანი ჰაერი. დანარჩენ თვეებში გაბატონებულია მშრალი, ტროპიკული ჰაერი.

სუბტროპიკული ტიპი – ამ სარტყელში ნალექების მაქსიმუმი მოდის ზამთარში, ხოლო მინიმუმი ზაფხულში. ნალექების მეტი წილი გაზაფხულზე მოდის, ზაფხული უფრო მშრალია

ვიდრე ზამთარი. ნალექების სიმცირეს განაპირობებს გაბატონებულ სუბტროპიკულ ანტიციკლონებში ჰაერის დაღმავალი დინებები, რაც აფერხებს ნალექების წარმოქმნას. სუბტროპიკული სარტყელი მოიცავს უდაბნოებსა და ნახევარუდაბნოებს, სადაც ნალექები (საჰარა) წლის განმავლობაში იშვიათობას წარმოადგენს.

ზომიერი ტიპი – ზომიერ განედებში, კონტინენტებზე ნალექების მაქსიმუმი ძირითადად აღინიშნება ზაფხულში, მინიმუმი ზამთარში. აქ ღრმად კონტინენტზე წლის განმავლობაში მოდის 300-500 მმ ნალექი, ხოლო ოკეანეებზე 800-1000 მმ. ნალექების რაოდენობაზე გარკვეულ გავლენას ახდენს მთის ფერდობების ექსპოზიცია გაბატონებული დინებების მიმართ. ასეთ შემთხვევაში, მთის ერთ ფერდობზე შეიძლება უფრო მეტი ნალექი მოვიდეს, ვიდრე მეორე ფერდობზე.

7.3 ნალექებით უზრუნველყოფა და მათი მნიშვნელობა მცენარეებისათვის

სავეგეტაციო პერიოდში, ნიადაგში ტენის მარაგის ძირითად წყაროს ატმოსფერული ნალექები წარმოადგენს. მათი განაწილება რეგიონების მიხედვით, განაპირობებს მცენარის ტენით უზრუნველყოფის ხარისხს. რეგიონებს, სადაც აორთქლების ინტენსივობა მეტია ნალექების წლიურ რაოდენობაზე არიდულს (მშრალს) უწოდებენ. ასეთ პირობებში, მცენარე ტენის დეფიციტს თითქმის მთელი წლის განმავლობაში განიცდის (განსაკუთრებით სავეგეტაციო პერიოდში). რეგიონებს, სადაც ნალექების წლიური რაოდენობა მეტია აორთქლების ინტენსივობაზე ჰუმიდურს (ტენიანს) უწოდებენ.

მეტეოროლოგიაში ნალექების რაოდენობის გამოსახატავად გამოიყენება ნალექის სისქის ფენის მაჩვენებელი (მმ), რომელიც ნალექების მოსვლის დროს ნიადაგის ზედაპირზე წარმო-

იქმნება. 1 მმ ნალექის მოსვლა შეეფარდება 1 მ²-ზე 1 ლ წყალს. ე.ი. 1 ჰა-ზე იგი შეადგენს 10000 ლ ანუ 10 ტონა წყალს.

მცენარეების ტენით უზრუნველყოფა დამოკიდებულია არა მარტო მოსული ნალექების რაოდენობაზე, არამედ იმ ზედაპირის საფარზე და თვისებებზე, რომლებზედაც იგი მოდის. ტყე საკმაო რაოდენობით აკავებს წვიმის სახით მოსულ ნალექებს. ცხრილში 7.3.1 მოყვანილია ტყის მცენარეების მიერ დაკავებული ნალექების რაოდენობა.

ცხრ. 7.3.1

**ტყის მცენარეების მიერ დაკავებული ატმოსფერული
ნალექების რაოდენობა**

მცენარის სახეობა	ნალექების დაკავება, %
ნაძვი-სოჭი	37
ფიჭვი	24
ნეკერჩხალი-წიფელი	43
ნეკერჩხალი	25
ვერხვი	16

მცენარეების მიერ ატმოსფერული ნალექების დაკავება იცვლება მისი სიხშირის მიხედვით. ნალექების პროდუქტიულობის ხასიათზე გავლენას ახდენს ნალექების ნიადაგში მოხვედრის ალბათობა, რაც განპირობებულია ნიადაგის ზედაპირის ფორმით და მცენარეული საფარის ხასიათით. დახრილი ექსპოზიციის ადგილებზე, ნიადაგში ნაკლები რაოდენობის წყალი ჩაიწონება ვაკე ადგილებთან შედარებით. ასევე, შედარებით დიდი რაოდენობით წყალს იღებს მცენარეული საფარის გარეშე ნიადაგის ზედაპირი, ვიდრე ნიადაგის ზედაპირი მცენარეული საფარის ქვეშ.

ცხრილში 7.3.2 მოცემულია მაჩვენებლები, რომლებიც განსაზღვრავენ თუ რა გავლენას ახდენს ტყე მოსული ნალექების რაოდენობაზე.

ტყის გავლენა მოსული ნალექების რაოდენობაზე

ნალექების განაწილება ტყეში	მაისიდან – აგვისტომდე	სექტემბრიდან – აპრილამდე
ტყის ვარჯით შეკავებული	57%	52%
ხავსითა და მკვდარი საფარით შეკავებული	18%	9%
ნიადაგს მიღწეული, ვარჯებს შორის	25%	39%

ზოგიერთი კლიმატის პირობებში წლის განმავლობაში 1 ჰა ფართობზე ტრანსპირაციის შედეგად ტყე ხარჯავს 3000 ტ წყალს. წყლის ეს ხარჯი ნიადაგის ტენს ამცირებს.

ცხრილში 7.3.3 მოცემულია მაჩვენებლები, რომლებიც განსაზღვრავენ აორთქლების ინტენსივობის ცვლილებას მცენარეული საფარის მიხედვით.

მცენარეული საფარის გავლენა ნიადაგიდან წყლის აორთქლების ინტენსივობაზე

დაკვირვების ადგილი	აორთქლება, მმ				
	ზამთარი	გაზაფხული	ზაფხული	შემოდგომა	წლის განმავლობაში
მინდორი	27.6	117.9	170.5	72.4	388.7
ნაძენარი	15.5	63.6	85.7	38.8	202.0
სხვაობა, %	56	53	50	52	52
მინდორი	29.6	123.1	145.1	71,1	368.8
წიფლნარი	63.3	60.8	55.1	28.1	147.3
სხვაობა, %	45	49	38	40	43

ცხრილში მოყვანილი მაჩვენებლების მიხედვით, ტყით დაუფარავი ნიადაგი უფრო დიდი რაოდენობით წყალს აორთქლებს, ვიდრე ტყით დაფარული. ორივე შემთხვევაში აორთქლება ინტენსიურია გაზაფხულზე და ზაფხულში, ხოლო მინიმალურია შემოდგომა-ზამთარში.

მცენარეთა ტყის ჯიშების წყალზე მოთხოვნილების დადგენა ხდება იმის მიხედვით, თუ წყლით მომარაგების რომელ კლიმატურ რეგიონშია ისინი ბუნებრივად განლაგებული.

ცხრილში 7.3.4 მოცემულია მცენარეთა ტყის ჯიშების მიხედვით წყალზე მოთხოვნილება.

ცხრ. 7.3.4

**მერქნიანი და ბუჩქოვანი მცენარეების ჯგუფები
წყალზე მოთხოვნილების მიხედვით**

მცენარეთა ჯგუფები	მცენარეების დასახელება
ულტრაქსეროფიტები	საქსაული, ღვია, კორპის მუხა, ჯაგრცხილა
ქსეროფიტები	ყირიმის ფიჭვი, ჩვეულებრივი ფიჭვი, ბზა, სტეპის ბუჩქნარი, წვრილფოთოლა თელა
ქსერომეზოფიტები	თამელი, შავი ნეკერჩხალი, მინდვრის და მახვილფოთლიანი ნეკერჩხალი
მეზოფიტები	ცაცხვი, რცხილა, კოპიტა (იფანი), სოფი, ლარიქსი, ნიფელი, წაბლი, ვერხვი, ტყის თხილი, თელამუში
მეზოჰიგროფიტები	თელა, შოთხვი, ოფი, თხის ტირიფი, რუხი თხმელა
ჰიგროფიტები	ჭაობის კოპიტის ეკოტიპი, ბუჩქისებრი არყის ხე, ტირიფის სახესხვაობები, ჭაობის კიპარისი, შავი თხმელა

7.4 ნაღებების ხელოვნურად გაზრდა

ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედებით ნაღებების ხელოვნურად გაზრდა დამატებითი წყლის რესურსების მიღების საშუალებაა. აღნიშნული პროცესის ხელოვნურ რეგულირებას მაღალი ეკონომიკური ეფექტი ახასიათებს. მცენარეებისათვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ნაღებების ხელოვნურად გაზრდა ნაკლებად ტენიან რეგიონებში. ამ გზით გაზრდილი ნაღებები მცენარეებისათვის დამატებითი ტენის რესურსია.

ღრუბლებზე აქტიური ზემოქმედების მიზანს ნაღებების ხელოვნურად გაზრდა წარმოადგენს. სხვადასხვა ქვეყნებში (მათ შორის საქართველოში) ჩატარდა ექსპერიმენტები, კერძოდ ფენა (St) და გროვა-წვიმის (Sc) ღრუბლებზე. ღრუბლებში შეტანილი იქნა სხვადასხვა ქიმიური ნივთიერებები (რეაგენტები). უარყოფითი ტემპერატურის პირობებში, გადაცივებულ ღრუბლებზე (ნისლზე) ზემოქმედება ხდება მყარი ნახშირმჟავას და იმ ნივთიერებების გამოყენებით, რომელთა კრისტალების სტრუქტურა ყინულის კრისტალთა სტრუქტურის იზომორფულია (მსგავსია). ასეთებია – იოდინი ვერცხლის ნივთიერება (AgI) და იოდინი ტყვია (PbI₂).

დადებითი ტემპერატურის პირობებში თბილ ღრუბლებზე (ნისლზე) ზემოქმედება ხდება ჰიგროსკოპიული ნივთიერებების ან წყლის მსხვილი წვეთების ღრუბლებში შეტანით. აღნიშნული პროცესი აჩქარებს ღრუბლებისა და ნისლის წვეთების ზრდას, რაც განაპირობებს ნაღებების გამოყოფას.

ჰაერში ნაღებების გაჩენა ჰიგროსკოპიული ნაწილაკებით ხდება მაშინ, როცა ფარდობითი ტენიანობა 100%-ზე ნაკლები არ არის. იმ შემთხვევაში, როცა ღრუბლები წვრილ წვეთებს დიდი რაოდენობით შეიცავს, ნაღებების წარმომქმნელი პროცესების განვითარება შეფერხებულია. ამიტომ, ბუნებრივ პირობებში ყველა ღრუბლიდან ნაღებების გამოყოფა არ ხდება. ღრუბლებში დამატებითი ნაწილაკების შეტანა იწვევს კრისტალური ფაზის ზრდას, რაც ღრუბლების კოლოიდური მდგომარე-

ობის დარღვევისა და მასში ნალექთა ელემენტების წარმოქმნის საფუძველი ხდება, საიდანაც უნდა გამოიყოს ნალექების გარკვეული რაოდენობა.

მშრალი ყინულის ღრუბლებში შეტანის შედეგად ტემპერატურა დაბლა იწევს. ძლიერი გადაცივების შემდეგ წყლის ორთქლი გადაჯერდება და წარმოიქმნება ყინულის კრისტალები, რომლებზეც მოხდება გადაცივებული წყლის წვეთების შეყინვა და დამსხვილება. მათი ნალექის სახით გამოყოფის შემდეგ ადგილი აქვს ღრუბლების დაშლის პროცესს.

ღრუბლებში იოდოვანი ვერცხლის შეტანა საკმაოდ ეფექტურია -6° ტემპერატურის პირობებში. აღნიშნული ნივთიერების გარდა, ღრუბლებში ხდება ეფექტური რეაგენტების შეტანა, სადაც მნიშვნელოვანია რეაგენტის ოპტიმალური დოზის დაცვა. ამჟამად, ნალექების ხელოვნურად ზრდა საშუალოდ 10-15%-ს შეადგენს.

რეაგენტების ღრუბლებში (ნისლში) შეტანა ხდება დედამიწის ზედაპირიდან (აეროზოლი გენერატორები, რაკეტები და სხვა), თვითმფრინავების გამოყენებით და სხვა საშუალებებით.

აღნიშნული სამუშაოები წარმატებით მიმდინარეობს აშშ-ში, ისრაელში, ავსტრალიაში, მექსიკაში და სხვა ქვეყნებში.

მიღებული შედეგების მიუხედავად, ზოგიერთი საკითხი მოითხოვს შემდგომ კვლევებს. მხედველობაშია მისაღები გარკვეული გარემოებები. კერძოდ, მოცემულ ტერიტორიაზე ნალექების ხელოვნური გაზრდა, ხომ არ გამოიწვევს მეზობელ რეგიონებში ნალექების შემცირებას და ა.შ.

7.5 თოვლის საფარი და მისი მნიშვნელობა მცენარეებისათვის

ზამთრის პერიოდში ნალექები ძირითადად თოვლის სახით გვევლინება. იგი მყარი ნალექია, რომელსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგში წყლის მარაგის შესავსებად. ჰაერის უარყოფითი

ტემპერატურის დროს, როცა თოვლი ნიადაგის ზედაპირის 2/3 და მეტ ნაწილს ფარავს წარმოქმნის თოვლის საფარველს. იგი კლიმატური მახასიათებელია და დიდ გავლენას ახდენს ჰაერის, ნიადაგის, წყლის რეჟიმებზე და სხვა პროცესებზე. თოვლი აირეკლავს მზის რადიაციის 70-80%-ზე მეტს, ამიტომ მისი ზედაპირი ნიადაგის ზედაპირთან შედარებით ცივია. მის ქვემოთ ნიადაგის ტემპერატურის მერყეობა მცირეა.

ცხრილში 7.5.1 მოყვანილია თოვლის საფარის სხვადასხვა სიღრმის ქვეშ ტემპერატურის ცვლილების მაჩვენებლები.

ცხრ. 7.5.1

ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის დამოკიდებულება თოვლის საფარის სიმაღლეზე

ტემპერატურა	თოვლის საფარის სიმაღლე (სმ)				
	2	7	15	18	65
თოვლის საფარის ზედაპირზე	-12	-17	-20	-22	-26
ნიადაგის ზედაპირზე	-8	-11	-5	-4	-2
სხვაობა	4	6	15	18	24

ცხრილის მიხედვით, თოვლის საფარის სიმაღლის მატებასთან ერთად მატულობს სხვაობა მოცემულ ტემპერატურებს შორის.

თოვლის საფარის რეგულირებისათვის მნიშვნელოვანია მინდორსაცავი ტყის ზოლების მოწყობა. იგი ადგილის განედისა და რელიეფის მიხედვით თანდათანობით დნება 10-20 დღის განმავლობაში. ამ პროცესში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სითბური ადვექცია. მზის რადიაციით თოვლის გათბობა უმნიშვნელოდ ხდება, რადგან თოვლი დიდი ალბედოთი ხასიათდება (80-90%). გამონაკლის შემთხვევაში, როცა თოვლის ზედაპირი მუქია (ჭუჭყიანია), მისი შთანთქმის უნარი მატულობს და დნობის პროცესი უშუალო გათბობით ინტენსიური ხდება. თოვლის

საფარის დნობის სიჩქარე დამოკიდებულია ადგილის განედზე, რელიეფსა და მცენარეულ საფარზე. სამხრეთ განედებზე თოვლის დნობა უფრო სწრაფად ხდება ვიდრე ჩრდილოეთ განედზე. ჩრდილოეთ ექსპოზიციის ფერდობებთან შედარებით თოვლი უფრო სწრაფად დნება სამხრეთ ექსპოზიციის ფერდობებზე.

ბუნებრივ ტყეში თოვლის საფარი საშუალოდ 15-20 დღით გვიან დნება ველთან შედარებით. თანდათანობით გამდნარ თოვლის წყალს ნიადაგი კარგად ითვისებს, ამის გამო მშრალ ზონებში მიმართავენ თოვლის დაგროვებასა და დატკეპნას.

ცხრილში 7.5.2 მოცემულია ნიადაგში ტენიანობის გაზრდის მაჩვენებლები თოვლის საფარის დატკეპნის შემდეგ.

ცხრ. 7.5.2

ნიადაგში ტენიანობის გადიდება თოვლის საფარის დატკეპნისას

სიღრმე (სმ)	დატკეპნილი ნაკვეთი	დაუტკეპნავი ნაკვეთი	სხვაობა
	ნიადაგის ტენი, %	ნიადაგის ტენი, %	
0	7.9	2.6	-5.3
5	29.5	23.5	-6.0
15	30.5	23.0	-7.5
40	25.2	19.2	-4.2
60	25.0	20.8	-4.2
0	31.5	27.3	-4.2
5	31.7	23.8	-7.9
15	29.4	24.9	-4.5
40	25.0	20.2	-4.8
60	30.0	26.1	-3.9

ცხრილიდან ჩანს, რომ თოვლის დატკეპნის შემდეგად ნიადაგის ტენი საგრძნობლად მატულობს 5-დან 40 სმ სიღრმემდე. ეს ის ფენაა, სადაც მცენარის ფესვთა სისტემის უმეტესი ნაწილია გავრცელებული.

თოვლის საფარის განაწილება დამოკიდებულია ზღვის დონიდან ადგილის ოროგრაფიაზე და ქარზე. მისი შეკავების უნარზე გარკვეულ გავლენას ახდენს მცენარეული საფარი. მაგალითად, 70 წლის ასაკის არყის ხე ზამთრის ნალექების 4-5%-ს იკავებს, წინვოვანები (ნაძვის ხშირი ნარგაობა) 50%-ს. თოვლის შეკავების უნარი დამოკიდებულია მცენარის ვიშურ თავისებურებებზე (ცხრილი 7.5.3).

ცხრ. 7.5.3

თოვლის შეკავების უნარის ცვალებადობა ტყის ვიშების სხვადასხვა კორომში

ტყის ვიშები	თოვლის შეკავება
15 – წლიანი ხშირი ნაძვნარი	76%
40 – წლიანი ხშირი ნაძვნარი	54%
90 – წლიანი ხშირი ნაძვნარი	88%
35 – წლიანი წიფლნარი	11%
55 – წლიანი წიფლნარი	11%
70 – წლიანი წიფლნარი	18%

როგორც ცხრილიდან ჩანს, თოვლის შეკავების მეტი უნარით წინვოვანი ტყეები ხასიათდება, ფოთლოვანებთან შედარებით. მნიშვნელოვანია ის, რომ ახალგაზრდა წინვოვანი ტყე უფრო მეტ თოვლს იკავებს ვიდრე ხნიერი.

თოვლის საფარს გააჩნია როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი მნიშვნელობა. თოვლის საფარის დადებითი თვისებებიდან გარდა იმისა, რომ იგი ადიდება წყლის მარაგს ნიადაგში, აკავებს ნიადაგის სითბოს და იცავს მცენარეთა ნორჩ აღმონაცენს ყინვებისაგან. თოვლი სითბოს ცუდი გამტარია (განსაკუთრებით ფხვიერი თოვლი), ამიტომ მის ქვეშ მოქცეული ნიადაგი ინარჩუნებს შედარებით მაღალ ტემპერატურას და იცავს მცენარეებს გაყინვისაგან. თოვლის საფარის დამცველ თვისებებზე მიუთითებს ის, რომ ჰაერის ტემპერატურის -17° -ის დროს თოვლის საფარის 52 სმ სიღრმეში ტემპერატურა მხოლოდ -1.6° -ს შეად-

გენს. თოვლის უარყოფითი გავლენა აისახება მცენარეებზე. კერძოდ, იგი მნიშვნელოვან მექანიკურ ზემოქმედებას ახდენს მცენარეებზე. განსაკუთრებით დიდი ზიანი მოაქვს მარადმწვანე ფოთლოვანი მცენარეებისათვის. ტყის ჯიშებიდან ადვილად ტყდება – ფიჭვი, თეთრი აკაცია, მურყანი, ნაძვის ხნიერი ხეები, მუხის ტოტები, ხოლო თოვლის დიდ საფარს უძლებს: მუხის ახალგაზრდა ხეები, ნაძვი, ნიფელი, სოჭი. თოვლის საფარის ხანგრძლივი დგომა იწვევს მცენარეთა ამოხუთვას. ასეთი საფარის ქვეშ მცენარეს აზიანებს არა ყინვები, არამედ ის, რომ გაძლიერებული სუნთქვის შედეგად აკლდება პლასტიკური ნივთიერებათა მარაგი, რაც მცენარეთა დალუპვის მიზეზი ხდება. გარდა ამისა, თოვლის საფარი მნიშვნელოვნად ამცირებს სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობას.

თოვლის საფარის უარყოფით მხარედ ითვლება ასევე ზვავები, გაზაფხულზე თოვლის დნობის შედეგად მდინარეების ადიდება, ხშირად მათი კალაპოტიდან გადმოსვლა.

7.6 ნალექების გაზომვა

მოსული ნალექების რაოდენობა განისაზღვრება წყლის იმ ფენის სიმაღლით (მმ), რომელიც წარმოიქმნება ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მოსული წვიმის ან თოვლის სახით. დაკვირვება ხდება ვიზუალურად და ხელსაწყოების საშუალებით. ვიზუალური დაკვირვებით განისაზღვრება ნალექების სახეობა, მათი ინტენსივობა, დაწყების და დამთავრების დრო. ნალექების რაოდენობის განსაზღვრისათვის გამოიყენება ნალექმზომი და წვიმსაზომები, ხოლო მათი მოსვლის დინამიკისა და ინტენსივობის განსაზღვრისათვის გამოიყენება პლუვიოგრაფი.

ტრეტიაკოვის ნალექმზომი. ხელსაწყო გამოიყენება ნალექების რაოდენობის განსაზღვრისათვის, რომელიც მოდის თხევადი ან მყარი ნაწილაკების სახით. იგი შედგება: ორი ცილინდრის ფორმის ჭურჭლისაგან, სახურავის, ქარდამცველი ფირფი-

ტის და გამზომი ჭიქისაგან. ცილინდრული ფორმის ჭურჭლის სიმაღლე 40 სმ-ია, ხოლო მიმღები ნაწილის ფართობი 200 სმ². ჭურჭელს ორ ნაწილად ყოფს დიაგრამა. გარეთა მხრიდან მიმაგრებული აქვს სითხის გადმოსაღვრელი მილი, რომელიც იხურება ხუფით. ჭურჭელში მოხვედრილი სითხე გადმოიღვრება საზომ ჭიქაში. ნალექზომი დადგმულია სადგარზე, რომელიც ისე მაგრდება ნიადაგში, რომ ცილინდრული ჭურჭლის მიმღები ნაწილი ნიადაგის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზეა. სადგარის გვერდზე მაგრდება კიბე.

დავითაიას წვიმსაზომი. იგი გამოიყენება ექსპედიციებში თხევადი ნალექების გასაზომად. განსაკუთრებით მოსახერხებელია უშუალოდ მცენარეთა შორის ნალექების გაზომვისათვის.

წვიმსაზომი წარმოადგენს ცილინდრული ფორმის, დანაყოფებიან მინის ჭიქას, რომელიც გაფართოებულია ზედა ნაწილში. ჭიქიდან აორთქლების შესამცირებლად მასში იდგმება მინის ძაბრი. ანათვალეები კეთდება დანაყოფების მიხედვით, რომელიც აღნიშნულია ჭიქის კედელზე (მმ). ჭიქა მაგრდება ხის ან ლითონის სადგამზე, შესაძლებელია დაიდგას უშუალოდ ნიადაგზე, როცა ხდება ნალექების რიგთაშორისებში გაზომვა.

პლუვიოგრაფი. იგი გამოიყენება თხევადი ნალექების რაოდენობისა და ინტენსივობის უწყვეტი რეგისტრაციისათვის. პლუვიოგრაფი შედგება ცილინდრული ფორმის ჭურჭლისაგან. მიმღები ჭურჭელი მიერთებულია ცილინდრული რკინის კორპუსთან. მოსული ნალექი მიმღები ჭურჭლით ხვდება ტივტივას კამერაში, სადაც მოთავსებულია ლითონის ტივტივა ლერძით და ისრით, რომელიც ბოლოვდება ჩამწერი კალმით. კამერასთან ახლოს დამაგრებულია დოლი, საათის მექანიზმით. დოლზე მაგრდება მუყაოს ბაფთა, მასზე ჰორიზონტალური ხაზები შეესაბამება ნალექების რაოდენობას, ვერტიკალური – დროს. ხელსაწყოს კორპუსის ქვედა ნაწილში მოთავსებულია საკონტროლო ჭურჭელი, რომელშიც ჩამოედინება ნალექი ტივტივას კამერიდან. კალამი ბაფთაზე იწყებს ჩანერას მას შემდეგ, რაც ნალექების მოსვლის დროს წყალი მიმღები ჭურჭლიდან გადაიღვრება

ტივტივას კამერაში. როდესაც ნალექები შეავსებს კამერას, წყალი ავტომატურად გადმოიღვრება საკონტროლო ჭურჭელში. ამ დროს კალამი ბაფთაზე ხაზავს ვერტიკალურ ხაზს. თუ ნალექები შეწყდება, კალამი ბაფთაზე ავლებს მხოლოდ ჰორიზონტალურ ხაზს.

დაკვირვება თოვლის საფარზე. დაკვირვება წარმოებს წინასწარ შერჩეულ ერთ ან ორ ღია და დაცულ ნაკვეთზე ან ერთერთ მათგანზე (ნაკვეთი სწორი, ვაკე უნდა იყოს). თოვლის საფარის სიმაღლის საზომად იყენებენ მუდმივ თოვლსაზომ ლარტყას, რომელიც დამზადებულია ხისგან. მას აქვს დანაყოფებიანი სკალა (სმ). თოვლის საბურველის მარშრუტული აგეგმვის დროს გამოიყენება ე.წ. გადასატანი (საველე) ლარტყა.

თოვლის წყლის მარაგის განსაზღვრისათვის (წყლის ფენის სიმაღლე, მმ) თოვლის საფარის სიმაღლის გარდა, საჭიროა განისაზღვროს მისი სიმკვრივეც. რომელიც წარმოადგენს გამდნარი თოვლის მოცულობის შეფარდებას იმ მოცულობასთან, რომელიც ახასიათებდა თოვლს დნობის დაწყებამდე. თოვლის სიმკვრივე ყოველთვის ერთზე ნაკლებია. მისი განსაზღვრა ხდება თოვლსაზომით, რომელიც შედგება ლითონის ცილინდრის, სასწნორის და ნიჩბისაგან (ცილინდრის სიმაღლე 60 სმ-ია, განიკვეთის ფართობი 50 სმ²). მას გარეთა მხრიდან აქვს დანაყოფები (სმ), რომელიც აღნიშნავს თოვლის სინჯის სიმაღლეს (თითო დანაყოფი 5 გრ ტოლია).

თოვლის სიმკვრივეს ზომავენ მაშინ, როცა მისი სიმაღლე 5 სმ-ს აღემატება. გაზომვისათვის ცილინდრს ჩაუშვებენ თოვლში და როდესაც იგი ნიადაგის ზედაპირს მიაღწევს ამოიღებენ. ამოღების შემდეგ ქვევიდან შეუდგამენ აქანდაზს, გაზომავენ თოვლის სიმაღლეს და წონიან (თუ თოვლის საფარის სიმაღლე 60 სმ-ზე მეტია, ასეთ შემთხვევაში რამდენიმე სინჯს აკეთებენ). რადგან სასწნორის თითო დანაყოფი 5 გრ-ის ტოლია, თოვლის სინჯის წონა ყოველთვის ტოლი იქნება – სასწნორზე ათვლილი დანაყოფთა რიცხვი გამრავლებული 5-ზე. თოვლის მოცულობა

ტოლი იქნება (ცილინდრის განივკვეთი 50 სმ² ტოლია) 50 გამ-
რავლებული თოვლის სიმაღლეზე, ე.ი. სიმკვრივე ტოლია:

$$d = \frac{5m}{50h} = \frac{m}{10h}$$

სადაც d - თოვლის სიმკვრივეა, m - სასწორზე ათვლილ დანა-
ყოფთა რიცხვი, h - თოვლის სიმაღლე (სმ), რომელიც ცილინ-
დრის სკალაზეა ათვლილი.

თავი VIII

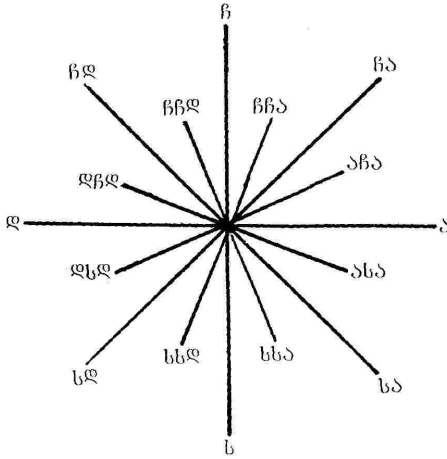
ქარი

8.1 ქარის წარმოქმნის მიზეზები

ჰაერის მასების ჰორიზონტალური ან ნახევრად ჰორიზონტალური მიმართულებით მოძრაობას ქარი ეწოდება. მისი წარმოქმნის მიზეზი ატმოსფერული წნევის არათანაბარი განაწილებაა. ტემპერატურათა სხვაობა ეკვატორსა და პოლუსებს შორის განაპირობებს ამ მხარეებში ცვალებად ატმოსფერულ წნევებს. კერძოდ, პოლუსებზე უფიდეხს, ხოლო ეკვატორზე უმციირეს, რაც ძირითადი მიზეზია ატმოსფეროს დიდი მასშტაბით ცირკულაციისა.

ატმოსფეროში წნევის ცვალებადობა ხდება როგორც ჰორიზონტალური, ასევე ვერტიკალური მიმართულებით. აქედან გამომდინარე, ჰაერის მასების გადაადგილდება შეიძლება მოხდეს ვერტიკალურად – აღმავალი და დაღმავალი მიმართულებით, რასაც კონვექტურ დენებს უწოდებენ. ჰაერის მასები მოძრაობენ მაღალი წნევის არედან დაბალი წნევის არესაკენ. ეს პროცესი გრძელდება სანამ მათ შორის ატმოსფერული წნევა არ გათანაბრდება. ე.ი. ქარის წარმოქმნის ძირითადი მიზეზი, ეს არის ორ ადგილს შორის წნევათა სხვაობა (მერიდიანის 1°-ის მანძილზე), რომელიც განისაზღვრება ბარომეტრული გრადიენტით. იგი მატულობს ქარის სიჩქარის მატებასთან ერთად.

ქარს ახასიათებს მიმართულება და სიჩქარე. ქარის მიმართულება განისაზღვრება ჰორიზონტის იმ წერტილით, საიდანაც ჰაერის მასა მოძრაობს. აღმოსავლეთიდან მოძრავ ჰაერის მასას აღმოსავლეთის ქარს უწოდებენ, დასავლეთიდან – დასავლეთის და ა.შ. ჰორიზონტი იყოფა 16 რუმბად (ნახაზი 8.1.1).



ნახ. 8.1.1 ჰორიზონტის რუმბების განაწილება

ქარის სიჩქარე ჰაერის მასების დროის ერთეულში განვლილი მანძილია. იგი გამოისახება მ/წმ ან კმ/სთ-ში. ქარის მოძრაობის დაწყების მომენტში აღიძვრება ძალები, რომლებიც გავლენას ახდენენ მოძრავი ჰაერის მასების ხასიათზე. ამ ძალებს მიეკუთვნება:

1. ბარომეტრული გრადიენტის ძალა;
2. დედამიწის ბრუნვის გადამხრელი ძალა;
3. ხახუნის ძალა;
4. ცენტრიდანული ძალა.

დედამიწის ბრუნვის გადამხრელი ძალა. აღნიშნული ძალა დამოკიდებულია ღერძის გარშემო დედამიწის ბრუნვის სიჩქარეზე. იგი მუდმივმოქმედი ფაქტორია და აპირობებს დედამიწის ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ქარების მიმართულების გადახრას ჩრდილოეთით, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროში – მარცხნივ. ეს ძალა არ ცვლის ჰაერის სიჩქარეს, არამედ ცვლის მიმართულებას. დედამიწის ბრუნვის გადამხრელი ძალა განაპირობებს მდინარეების გადახრას მარჯვნივ და მარცხნივ.

ხახუნის ძალა. დედამიწის ზედაპირზე მოძრავი ჰაერის მასები მუდმივად განიცდიან ხახუნის გავლენას. იგი მოქმედებს ქარის მოძრაობის სანინალმდეგო მიმართულებით, ამუხრუჭებს მოძრაობას და ამცირებს ჰაერის სიჩქარეს. ხახუნის ძალა წარმოადგენს გარეგანი და შინაგანი ხახუნის ძალას, ხოლო მოძრავი ჰაერის მასების ურთიერთშეხება იწვევს შინაგანი ხახუნის ძალას. ხახუნის ძალის სიდიდე მნიშვნელოვანია უსწორმასწორო ადგილებში. იგი ოკეანეების ზედაპირზე ხმელეთთან შედარებით მცირეა დაახლოებით 4-ჯერ. სიმაღლის მატებასთან ერთად მცირდება ხახუნის ძალა. ჰაერის ფენას, სადაც მჟღავნდება ხახუნის ძალის მოქმედება ხახუნის ფენა ეწოდება. ხახუნის გავლენა ვლინდება 500-1500 მ სიმაღლემდე. აღნიშნულ სიმაღლეს ხახუნის დონე ეწოდება. მნიშვნელოვანია ხახუნის გავლენა ქარის მიმართულებასა და სიჩქარეზე.

ცენტრიდანული ძალა. ჰაერის მასის მოძრაობა თუ მიმდინარეობს მრუდხაზოვანი ტრაექტორიით, წარმოიქმნება ცენტრიდანული ძალა, რომელიც დედამიწის ბრუნვით გამოწვეული ძალის მსგავსია და აძლიერებს მას. ცენტრიდანული ძალა მიმართულია ცენტრისკენული ძალის მოპირდაპირე, მრუდხაზოვანი ტრაექტორიის გარეთ. მისი მნიშვნელობა მცირეა ციკლონებში და ანტიციკლონებში, ხოლო საგრძნობია ტროპიკულ ციკლონებში, სადაც ქარის სიჩქარე კოლოსალურ სიდიდეს აღწევს.

ზემოაღნიშნული ქარის მამოძრავებელი ძალები განაპირობებენ დედამიწის ზედაპირზე ჰაეროვანი გარსის, როგორც მთლიანი მოძრავი სისტემის რთულ ცირკულაციას.

8.2 ქარის სახეები, მათი დღელამური და წლიური მსვლელობა

წნევის ზონალური განაწილება მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს დედამიწის ზედაპირზე გაბატონებული ქარების ზონალობას. ქარების განაწილება და ხასიათი იცვლება გეოგრაფიული განედების მიხედვით.

პასატები. იგი ხმელეთის ზედაპირზე მოქმედი ქარია, რომელიც წარმოიქმნება დედამიწის ეკვატორულ ნაწილში, მზის რადიაციის თანაბარი მოქმედების შედეგად. მას აქვს მუდმივი მიმართულება, მისი საშუალო სიჩქარეა 6-8 მ/წმ. პასატები გადაადგილდება ოკეანეების შედარებით ნაკლებად თბილი ზედაპირიდან უფრო თბილ ზედაპირზე, რაც წარმოქმნის ძლიერ კონვექციას. კონვექცია ვითარდება დაბალ ფენაში, რადგან 1200-2000 მ სიმაღლეზე პასატურ ინვერსიას აქვს ადგილი. აღნიშნული ფენა აფერხებს ღრუბლების ვერტიკალურ განვითარებას, ამიტომ პასატები ხასიათდებიან მცირე ნალექით. ჩრდილო და სამხრეთ ნახევარსფერო ერთმანეთს ხვდება ეკვატორთან, სადაც ვითარდება აღმავალი ნაკადები და წარმოქმნილი გროვა, გროვანვიმა ღრუბლებიდან მოდის კოკისპირული წვიმა, განსაკუთრებით მზის ზენიტში დგომის დროს.

მუსონები. იგი წარმოიქმნება კონტინენტებისა (ხმელეთის) და ოკეანეების (ზღვის) არათანაბარი გათბობისა და გაცივების შედეგად. მუსონები სეზონური ხასიათის ქარებია. ისინი ქრიან ზღვიდან ხმელეთისაკენ და პირიქით, ხოლო მიმართულებას იცვლიან წელიწადის დროთა ცვლის შესაბამისად. ზაფხულში ქრის ზღვიდან ხმელეთისაკენ (ზაფხულის მუსონი) და ზამთარში ხმელეთიდან ზღვისაკენ (ზამთრის მუსონი). პირველ შემთხვევასთან დაკავშირებულია ღრუბლიანი, ნალექიანი ამინდები, ხოლო მეორესთან მოწმენდილი, მშრალი ამინდები.

მუსონების დროს ჰაერის ნაკადი ერთი მიმართულებითაა გაბატონებული, თუმცა ცალკეულ შემთხვევებში მოკლე პერიოდით ხდება მისი მიმართულების შეცვლა.

პასატები და მუსონები ზოგადი ხასიათის ქარებს მიეკუთვნებიან. რელიეფის ადგილობრივი პირობები კი ხელს უწყობს მცირე მასშტაბის ცირკულაციის განვითარებას, რაც გამოიხატება ადგილობრივი ხასიათის ქარების ფორმირებაში. ეს ის ქარებია, რომლებიც ადგილობრივად წარმოიქმნებიან და ადგილის ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების გავლენით დამახასიათებელ

ტიპიურ თვისებებს იძენენ. ადგილობრივ ქარებს მიეკუთვნება: ბრიზები, მთა-ბარის, ტყე-ველის, ფიონი, ბორა და სხვა.

ბრიზები. იგი წარმოიქმნება ოკეანეების, ზღვების, ტბების, ტყის სანაპიროებზე. მას სანაპირო ქარებსაც უწოდებენ. ბრიზი სუსტი ქარია, რომელიც მიმართულებას იცვლის დღელამის განმავლობაში. დღისით ხმელეთი წყლის ზედაპირთან შედარებით უფრო მეტად თბება, ამიტომ წყლის ზედაპირზე წნევა მაღალია და ჰაერის მასები წყლიდან ხმელეთისაკენ იწყებენ მოძრაობას. ღამით ეს პროცესი პირიქით მიმდინარეობს. ღამით ხმელეთი ზღვასთან შედარებით უფრო მეტად ცივდება, შესაბამისად ხმელეთზე წნევა უფრო მაღალია, ვიდრე ზღვაზე, ამიტომ ქარი ხმელეთიდან ზღვისკენ ქრის.

მთა-ბარის ქარები. დღელამის განმავლობაში მთასა და ბარს შორის ქარის მიმართულება ცვალებადობს და მათ დღელამის პერიოდი ახასიათებთ. დღისით ქარი ბარიდან ქრის მთებისკენ, ხოლო ღამით მთებიდან ბარისკენ, რაც მთისა და ბარის არათანაბარი გათბობით არის გამოწვეული. დღისით ჰაერი მთებში ნაკლებად თბება ვიდრე ბარში, ამიტომ ჰაერის მასა ბარიდან მთისკენ იწყებს მოძრაობას, ღამით პირიქით. მთა-ბარის ქარის განვითარება ძირითადად ხდება ზაფხულში, წყნარი ამინდის პირობებში.

ტყე-ველის ქარები. დღისით ტყეში ველთან შედარებით ტემპერატურა დაბალია, ხოლო წნევა მაღალი, ამიტომ ქარი ტყიდან ველისაკენ იწყებს ქროლას. ღამით ქარი ველიდან ტყისაკენ ქრის, რადგან ველი სითბოს ვერ ინარჩუნებს, წნევა კი მატულობს. ტყე-ველის ქარები მკვეთრად არის გამოხატული ზაფხულში.

ფიონი. იგი წარმოიქმნება ტენიანი ჰაერის მიერ მთის გადალახვის დროს, სხვადასხვა ექსპოზიციის ფერდობებს შორის წნევათა სხვაობის შედეგად. ფიონის შემთხვევაში ჰაერის ტემპერატურა სწრაფად მატულობს და შესაბამისად თოვლის სწრაფ დნობას აქვს ადგილი. იგი წარმოიქმნება მაშინ, როცა ქედის მხარეებზე განსხვავებული წნევებია. დასავლეთ საქარ-

თველოში აღმოსავლეთის ქარს აქვს ფიონური ხასიათი და მას „ზენა“ ქარს უწოდებენ. იგი ქრის წლის ყველა პერიოდში, უფრო ხშირად ზამთარში.

ფიონი დიდ ზიანს აყენებს მცენარეულობას, განსაკუთრებით ყვავილობის პერიოდში (ყვავილები ჭკნება, ცვივა, ფოთლები ყვითლდება, ხმება და ა.შ.). ფიონს აქვს დადებითი მხარეებიც, კერძოდ, იგი აზომიერებს ჰაერის ტენიანობას, ამრობს ჭარბტენიან ნიადაგს, ადიდებს ზამთრის ტემპერატურას, აჩქარებს ნაყოფების დამწიფებას და სხვა. ქუთაისში 114 დღე ფიონურია, მისი ხანგრძლივობა ზოგიერთ შემთხვევაში 5 დღესაც გრძელდება.

ბორა. ადგილობრივი ძლიერი ქარია, რომელიც მოძრაობს დაბალი სიმაღლის მთებიდან (100 მ-მდე) თბილი ზღვის მიმართულებით. ბორა ციცაბო ფერდობზე ისეთი დაღმავალი სიჩქარით მოძრაობს, რომ „ქარვარდნილს“ წარმოქმნის. ბორა ხშირად ქრის შავი ზღვის სანაპიროზე – ნოვოროსიისკის რაიონში და მას ნოვოროსიისკის ბორას უწოდებენ. მისი მოქმედების დაწყებისას ცივი ჰაერის მასები მიემართება შავი ზღვისაკენ მარხოტის უღელტეხილით და დიდი სიჩქარით ეშვება „ქარვარდნილის“ სახით ნოვოროსიისკის ნავსადგურის ტერიტორიაზე. იგი იწვევს ძლიერ ლელვას, ამ მომენტისათვის ცივი ქარის სიჩქარე 20 მ/წმ, ცალკეულ შემთხვევაში 60 მ/წმ-ს აღემატება.

ქარის სიჩქარისათვის დამახასიათებელია დღელამური და წლიური მსვლელობა. ქარის სიჩქარის მაქსიმუმი 14 საათზეა, მინიმუმი – ღამით ან დილით. 500 მ და უფრო მაღალ სიმაღლეზე მაქსიმუმი ღამითაა, მინიმუმი დღისით. ქარის სიჩქარეს ანალოგიური დღელამური მსვლელობა ახასიათებს მთებშიც.

ქარის წლიური მსვლელობა საკმაოდ რთულია. იგი დამოკიდებულია კლიმატურ პირობებზე. მაგალითად, თბილისის პირობებში თებერვალი და მარტი უფრო ქარიანია, ვიდრე სხვა თვეები.

ქარის მიმართულების დღელამური მსვლელობის დროს სიჩქარის მატებასთან ერთად (შუადღის საათებში) ხმელეთზე

ქარი გადაიხრება მარჯვნივ (საათის ისრის მიმართულებით), ხოლო ღამით ქარის სიჩქარის შემცირებას თან ახლავს ქარის მიმართულების შემობრუნება მარცხნივ, რაც აიხსნება ჰაერის ტურბულენტური მოძრაობის დღელამური მსვლელობით.

8.3 ტყის გავლენა ქარზე

ტყის გავლენით ქარის სიჩქარე მცირდება, რაც შესამჩნევი ხდება 2-4 მ სიმაღლიდან. ჰაერის მასების ნაწილი იჭრება ტყეში, უმეტესი ნაწილი ზევით ადის, შემდეგ ძირს ეშვება და შენელებული სიჩქარით განაგრძობს მოძრაობას. ტყეში ქარის სიჩქარე თანდათან იკლებს და ბოლოს წყდება. ქარის სიჩქარე ღია ადგილთან შედარებით შეიძლება შემცირდეს მინდორსაცავი ტყის ზოლის გავლენით (20%-ით და მეტით). საერთოდ, ტყეში ქარის სიჩქარე მცირეა და 0.4-0.9 მ/წმ-ს არ აღემატება.

უსწორმასწორო ზედაპირზე ჰაერის მასების მოძრაობა დაბრკოლებულია. რაც მეტია წინააღმდეგობა, მით შენელებულია ქარის სიჩქარე და პირიქით. ტყე ქარს უცვლის როგორც სიჩქარეს, ასევე მიმართულებას, რაც დამოკიდებულია ტყის ჯიშობრივ შემადგენლობაზე, სიხშირეზე და სხვა.

ტყისგან განსხვავებით, ტყის ველობი თავისებური მიკროკლიმატით ხასიათდება. მას ქარისაგან იცავს ტყე. დღისით ტყის ველობი თბება, ხოლო ღამით ცივდება (შემოდგომა გაზაფხულზე ხშირად იწყება წაყინვა). ტყის ველობს ახასიათებს დაბლობი და ჩავარდნილი ადგილებისათვის დამახასიათებელი ჰაერის ტენიანობის მსვლელობის რეჟიმი. ფოთოლმცვენ ტყესა და ველობში მეტეოროლოგიური ელემენტების მსვლელობა მსგავსია, წინვინ ტყეებში განსხვავებული. ტყის ველობებში წაყინვები მთავრდება საშუალოდ 11 დღით გვიან, ღია ადგილთან შედარებით, შემოდგომაზე 14 დღით ადრე იწყება. გამომდინარე აქედან უყინვო პერიოდი საშუალოდ მცირდება 25 დღით.

მერქნიანი მცენარეები (ტყის ჯიშები) დიდი სიმაღლის გამო განიცდიან ქარის ძლიერ ზემოქმედებას და მათი თესლი ქარს შორ მანძილზე გადააქვს. ნაბლის, მუხისა და ნიფლის ნაყოფები სიმძიმის გამო მხოლოდ 20 მეტრ მანძილზე გადაადგილდება. რცხილის, ფიჭვის, სოჭის და ნაძვის თესლები საშუალო სიმძიმისაა და 50-60 მ-ზე ვრცელდება, ხოლო ვერხვის და ტირიფის თესლები სიმსუბუქის გამო 100-200 მ მანძილზე გადაადგილდება.

ქარის დადებითი გავლენა აისახება ანემოფილურ ტყის ჯიშებზე – ფიჭვი, ნაძვი, ლარიქსი, სოჭი, ალვის ხე, ნიფელი, მუხა და ა.შ. მნიშვნელოვანია ის, რომ ქარით დამამტვერებელ მცენარეებს ახასიათებს ადაპტაციის უნარი, რაც აადვილებს მტვრის მარცვლების ქარით გადატანას. დიდი რაოდენობით მტვრის მარცვლებით ხასიათდება წიწვოვანები და ფიჭვი. მცენარეთა გარკვეული სახეობების ფართოდ გავრცელებას უზრუნველყოფს ქარის საშუალებით მათი თესლების და ნაყოფების დიდ მანძილზე გადატანა (ანემოქორია). ქარის საშუალებით ძირითადად გადაიტანება ის თესლები და ნაყოფები, რომელთაც ფრენისადმი გარკვეული შეგუება აქვთ. მაგალითად, ბუსუსები (ტირიფისა და ალვის ხის თესლები), ფრთისებრი გამონაზარდები (კოპიტის, ნეკერჩხლის, ნაძვის თესლები).

ძლიერი ქარის გავლენით ხდება დიდი ვარჯისა და ზედაპირული ფესვების მქონე მერქნიანი ჯიშების ამოთხრა – ქარქცევა. წიწვოვანებიდან ქარქცევადია ნაძვი (განსაკუთრებით ჭარბტენიან ნიადაგებზე) და სოჭი, ფოთლოვანი ჯიშებიდან – ნიფელი, არყის ხე და ფიჭვი. შედარებით ქარგამძლე ჯიშებს განეკუთვნება: კოპიტი, მუხა, ნეკერჩხალი, თელა, სექვოია და სხვა. მათ უვითარდებათ ძლიერი და ღრმა ფესვები. წიწვოვანი და ფოთლოვანი ჯიშების შერეული ნარგაობა აძლიერებს ტყის ქარგამძლეობას. ძლიერი ქარებით ძირითადად ზიანდება ტყის რბილმერქნიანი ჯიშები: ვერხვი, ცაცხვი, ტირიფი, ხოლო წიწვოვანებიდან – სოჭი.

ვარჯის დეფორმაციას და ღეროს გადაღუნვას ადგილი აქვს იქ, სადაც ძლიერი ქარი მუდმივად ერთი მიმართულებით ქრის. მისი მოქმედების მხრიდან კვირტები, ფოთლები და ახალგაზრდა ნაზარდები სუსტად ვითარდება, რის შედეგადაც ხემცენარის ვარჯი ცალმხრივად განვითარებული რჩება. ვარჯის მნიშვნელოვან დეფორმაციას განიცდის ცაცხვი, ვერხვი, ხოლო ნაკლებად დეფორმირდება ფიჭვი, არყი, მუხა, კვიპაროსი და სხვა.

ქარის მექანიკური მოქმედება მცენარეზე ძლიერდება მაშინ, როცა ქარი სილის ან თოვლის ნაწილაკებს შეიცავს. ქარის სილნარევი ნაკადი მცენარეს აცლის ფოთლებს და ტოტებს, აუხეშებს მის მერქანს. აღნიშნულის მიმართ უფრო გამძლეა წვრილფოთოლა მცენარეები, ფართო ფოთლის მქონე მცენარეებთან შედარებით.

ქარის მოქმედების საწინააღმდეგო ღონისძიებებიდან მნიშვნელოვანია მინდორსაცავი ტყის ზოლების მოწყობა. იგი ამცირებს ქარის სიჩქარეს, გვალვის მავნე ზეგავლენას, ამავდროს ხელს უწყობს თოვლის თანაბარ გადანაწილებას და ასრულებს ეროზიის საწინააღმდეგო ფუნქციას. მინდორსაცავი ტყის ზოლის სიგანე 10-20 მ შეადგენს, ხოლო სიგრძე რამდენიმე კილომეტრია.

კონსტრუქციის მიხედვით ტყის ზოლები რთულია და ასრულებს არამარტო ქარისაგან დაცვის ფუნქციას, არამედ გარკვეული მნიშვნელობა აქვს კლიმატური მელიორაციისათვის.

ქარგაუმტარი კონსტრუქციის ზოლი. იგი გამოირჩევა ხშირი ნარგაობით და უმეტეს შემთხვევაში სამიარუსიანი ზოლით. ზედა იარუს შეადგენს მუხის ნარგაობა, შუას – ნეკერჩხლისა და ცაცხვის, ხოლო ქვედა იარუსი წარმოდგენილია ტყის თხილით და სხვა ჯიშებით. ასეთ ზოლში ქარი სუსტად აღწევს და მხოლოდ ზევიდან გადაუვლის ზოლს. ზოლის სიგანე 15 მეტრზე მეტია.

აჟურული ზოლი. იგი ორი ან სამ იარუსიანია და ნაკლებად მკვრივი. აჟურული ზოლი ქარის ნაკადის მხოლოდ ნაწილს ატარებს, დანარჩენი გადადის ზემოდან.

ერთიარუსიანი ქარგამტარი ზოლი. იგი შედგება მერქნია-ნი ჯიშებისაგან, არა აქვს ქვეტყე და ხასიათდება ვიწრო სიგანით. მის ვარჯსა და ნიადაგს შორის დატოვებულია 1-2 მეტრის სიგანის ფანჯარა, რომელშიც ქარი ადვილად მოძრაობს.

აღნიშნული მინდორსაცავი ტყის ზოლები გაბატონებული ქარის პერპენდიკულარული მიმართულებით ეწყობა. მშრალ რაიონებში ისინი ეწყობა ტენის შენარჩუნებისათვის, ხოლო ტენიან რაიონებში ქარებისაგან დაცვის მიზნით, სადაც ძირითადად გამოყენებულია მარადმწვანე ტყის ჯიშები (კარგად განვითარებული ვარჯის მქონე ჯიშები – ფიჭვი, კრიპტომერია, კიპარისი).

გაბატონებული ქარების სიძლიერე და განმეორადობის სიხშირე, რელიეფი, მცენარის სიმაღლე და ა.შ., განსაზღვრავს მანძილს ქარსაფარ ზოლებს შორის, რომელიც იცვლება 100-დან 500 მ-მდე.

8.4 რელიეფისა და მცენარეების გავლენა ქარზე

რელიეფის გავლენა მნიშვნელოვნად ცვლის ქარის მიმართულებას და სიჩქარეს. როცა, ჰაერის ნაკადს ხვდება წინააღმდეგობა – დედამიწის ზედაპირის უსწორმასწორობის, ბორცვის, მთის და სხვა სახით, ხდება ჰაერის ნაკადების საგრძნობი ცვლილება, რასაც ქარის ნაკადთა დეფორმაციას უწოდებენ.

ქარის მიერ ბორცვის გადალახვის შემდეგ ჰაერი ეშვება ვაკეზე, სადაც მისი ნაკადი იშლება და ხდება ნაკადთა დივერგენცია. აღნიშნული პროცესი იწვევს ვაკეზე ქარის რამდენადმე შესუსტებას. იმ შემთხვევაში, როცა ფერდობის გადალახვის დროს ქარი ჩაღრმავებულ ადგილში ხვდება, ამ უკანასკნელში წარმოიქმნება კორიანტელი. ჰაერის ასეთი დინება მიწის ზედაპირთან განაპირობებს ჰაერის ტურბულენტურ მდგომარეობას. ასეთ დროს, მნიშვნელოვანია მინდორსაცავი ზოლის ისე გაშენება, რომ მის მიერ აღძრულმა ტურბულენტურმა მოძრაობამ საგრძნობლად შეამციროს ქარის სიჩქარე.

საშუალო სიხშირის ტყის ზოლებში ჰაერის ნაკადი არ იშლება. მისი ერთი ნაწილი გადადის ტყის ზედაპირზე და ეშვება სანინალმდეგო მხარეს, ხოლო მეორე ღრმად იჭრება ტყეში, სადაც მისი სიჩქარე მცირდება. ტყის ზედაპირზე და მის შიგნით ნარმოიქმნება მცირე ზომის გრიგალისებრი მოძრაობები, რომლებიც ამცირებენ ძლიერ ტურბულენტურ გაცვლას მიწისპირა ფენებში. აღნიშნული პროცესი იწვევს ქარსაცავ ზოლებს შორის (მინდვრებში) ნიადაგის ზედაპირიდან აორთქლების შემცირებას.

ქარის სახეობისა და სიჩქარის მიხედვით იცვლება ქარისაგან მცენარის დაზიანების ხასიათი და ხარისხი.

ცხრილში 8.4.1 მოცემულია ბოფორტის სკალა, რომელიც გვიჩვენებს მცენარეთა დაზიანების ხარისხს, ქარის სიძლიერის მიხედვით.

ცხრ. 8.4.1

მცენარეთა დაზიანების ხარისხი ქარის სიძლიერის მიხედვით

ქარის ხასიათი	ქარის მოქმედება	ქარის სიჩქარე, მ/წმ
1. სიო	ხის ბოლო ირხევა ვერტიკალურად	1 – 2
2. სუსტი ნიავი	ხის ფოთლები ოდნავ ირხევა	2 – 4
3. ნიავი	ხის ფოთლები ხანგრძლივად ირხევა	4 – 6
4. სუსტი ქარი	ირხევა ხის პატარა ტოტები	6 – 8
5. ძლიერი ქარი	ირხევა ხის ტოტები და წყლის ზედაპირი	8 – 12
6. ქარიშხალი	იმტვრევა ხის ტოტები	14 – 17
7. ძლიერი ქარიშხალი	იმტვრევა ხეები	17 – 24
8. გრიგალისებრი ქარიშხალი	ითხრება ხეები	24 – 30
9. გრიგალი	გამანადგურებელია	30 და მეტი

8 მ/ნმ და მეტი სიჩქარის ქარს ზიანი მოაქვს ტყის პროდუქტიულობისათვის. ასეთ დროს ქარი სწრაფად ფანტავს ჰაერის ტენიან მასებს და აძლიერებს ტრანსპირაციას. შედეგად იქმნება წყლის დეფიციტი ფოთლებსა და ყლორტებში, რაც იწვევს ფოთლების ჭკნობას და ხის წვერების გახმობას.

მაღალმთიან ადგილებში, სადაც ქარი მუდმივად ქრის ადგილი აქვს ე.წ. „თოვლის კოროზიას“. მისი მოქმედების შედეგად იღუპება თოვლის ზემოთ დარჩენილი მცენარის ყველა ნაწილი. მაღალმთიან ზონებში მცენარეები ინვითარებენ გართხმულ ფორმას, რაც მათ იცავს ძლიერი ქარების მოქმედებისაგან.

ქარების მოქმედება შედარებით სუსტად ვლინდება დაბალი სიმაღლის ხეებსა და ბუჩქებზე. ასევე სუსტია მათი გავლენა ბალახოვან მცენერებზე.

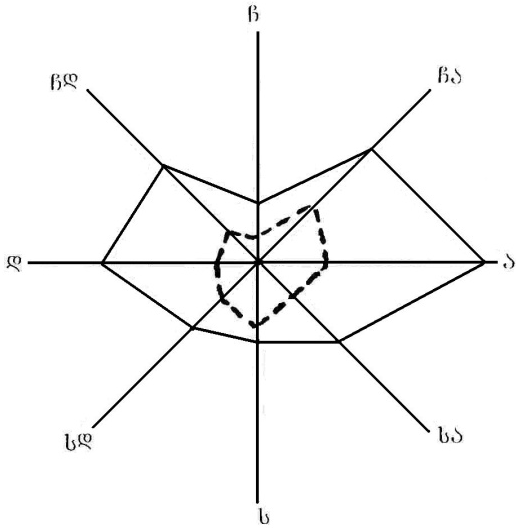
ტყიის მცენარეებისათვის ქარი სინათლის რეჟიმის განმსაზღვრელი ფაქტორია (ვარჯის რხევა ამცირებს დაჩრდილვას). იგი იწვევს ფოტოსინთეზის ინტენსივობის შემცირებას, რადგან ძლიერი ქარის დროს მცენარეთა ბაგეები იხურება. ტრანსპირაციის გადიდებასთან ერთად იზრდება სუნთქვის ინტენსივობა, რაც იწვევს მცენარის მარაგი ნივთიერებების ხარჯვას. ამით სუსტდება მისი გამძლეობა არახელსაყრელი პირობებისადმი, კერძოდ ყინვაგამძლეობისადმი.

8.5 ქართა სქემა

მინდორსაცავი ტყის ზოლების გაშენებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის გრაფიკულად გამოსახვას.

ქარის კლიმატური დამუშავების დროს თვითეული პუნქტისათვის ადგენენ გრაფიკს, რომელსაც ქართა სქემას უწოდებენ. ქარის მიმართულება მოცემული ადგილისათვის, წლის განმავლობაში ცვალებადია. ამ გრაფიკის აგებისათვის ერთი ნერტილიდან გაყავთ ჰორიზონტის მიმართულების მაჩვენებელი

8 ძირითადი რუმბი. თითოეული ხაზი შეესაბამება გარკვეული რუმბის სახელწოდებას – ა, სა, ს და ა.შ. აღნიშნულ რუმბებზე ნერტილებით დაიტანება შესაბამისი ქარის მიმართულების განმეორადობა გამოსახული პროცენტებში, რომელიც შეერთდება უწყვეტი ხაზებით. იმ რუმბზე, რომელზედაც დატანილი იქნება შემთხვევათა რიცხვის უმეტესი რაოდენობა, მიანიშნებს გაბატონებული ქარის მიმართულებას (ნახაზი 8.5.1).



ნახ. 8.5.1 ქართა სქემა

ქართა სქემის აგებისათვის მრავალწლიური დაკვირვებათა საშუალო სიდიდეებს და მათ განმეორადობას გამოსახვენ პროცენტებში (ცხრილი 8.5.1).

**ქარის განმეორადობა (%) და საშუალო სიჩქარე (მ/წმ)
რუმბების მიხედვით**

რუმბები (%, მ/წმ)	ჩ	ჩა	ა	სა	ს	სდ	დ	ჩდ
განმეორადობა (%)	5	7	35	11	16	20	20	18
ქარის საშუალო სიჩქარე (მ/წმ)	2	10	8	5	10	11	7	7

სქემის (ნახ. 8.5.1) თვითეულ ხაზზე მოიზომება შესაბამისი რუმბის ქარის საშუალო სიჩქარე. ამ მონაკვეთების ბოლოებს აერთებენ წყვეტილი ხაზებით, რაც იძლევა ქარის საშუალო სიჩქარეთა სქემას მოცემული ადგილისათვის.

8.6 ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის გაზომვა

ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის გაზომვისათვის მეტეოროლოგიურ სადგურებში იყენებენ ფლუგერს, ხელის ანემომეტრსა და ანემორუმბომეტრს.

ფლუგერი. იგი წარმოადგენს ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის გამზომ ხელსაწყოს. მიმართულების მაჩვენებელია ორი წაკვეთილი კონუსის ფორმის ფრთა, ქარგამკვეთი ტვირთით და 8 ლითონის ღეროთი. ღეროები ჰორიზონტის მხარეების მაჩვენებელია. ქარის მოქმედებით ქარგამკვეთი ტვირთი ბრუნავს ვერტიკალური ღერძის გარშემო და ქარის მიმართულება განისაზღვრება ღერაკებს შორის ქარგამკვეთის მდებარეობით. ქარის სიჩქარის მაჩვენებელი შედგება ლითონის დაფისაგან და 8 ღერაკისაგან, რომლებიც ჩამაგრებულია იმავე რკალისებურ ჩარჩოზე. წყვილი რიცხვების მაჩვენებელი (0, 2, 4, 6) ღერაკები უფრო გრძელია, ვიდრე კენტი რიცხვების (1, 3, 5, 7). მეტეო-

სადგურებზე გამოიყენება ორი ფლუგერი — მსუბუქ დაფიანი, რომლის მიხედვით გაიზომება ქარის სიჩქარე 20 მ/წმ-მდე და მძიმე დაფიანი 20 მ/წმ-ის ზევით.

ქარის სიჩქარის განსაზღვრისათვის აითვლება ის რიცხვი, რომლის ახლოსაც მდებარეობს დაფა და სპეციალური ცხრილის გამოყენებით მიღებული რიცხვი გადაიყვანება მ/წმ-ში (ცხრილი 8.6.1).

ცხრ. 8.6.1

**მძიმე და მსუბუქ დაფიანი ფლუგერის გადამყვანი
მაჩვენებლები**

ფლუგერის დაფის მდებარეობა	ქარის სიჩქარე, მ/წმ	
	მძიმე დაფა	მსუბუქი დაფა
0 წკირის მახლობლად	0	0
0-1 შორის	1	2
1 წკირის მახლობლად	2	4
1-2 შორის	3	6
2 წკირის მახლობლად	4	8
2-3 შორის	5	10
3 წკირის მახლობლად	6	12
3-4 შორის	7	14
4 წკირის მახლობლად	8	16
4-5 შორის	9	18
5 წკირის მახლობლად	10	20
5-6 შორის	12	25
6 წკირის მახლობლად	14	28
6-7 შორის	17	34
7 წკირის მახლობლად	20	40
7 წკირის ზევით	>20	>40

ხელის ანემომეტრი. იგი გამოიყენება ქარის საშუალო სიჩქარის გასაზომად, ღროის ნებისმიერ მონაკვეთში. ანემომეტრის

მიმღები ნაწილი წარმოადგენს სწრაფად მბრუნავ ფირფიტებს. ისინი დამაგრებულია ლითონის ღერძზე და მთავრდება „უსასრულო“ ხრახნით. ხრახნს ბრუნვით მოძრაობაში მოყავს კბილებიანი თვლების სისტემა, რომელიც ამოძრავებს ასათვლელი მექანიზმის ისრებს. მექანიზმი მოთავსებულია კორპუსში, რომლის ციფერბლატს აქვს სამი სკალა (ათასების, ასეულებისა და ათეულების ბრუნვების ასათვლელად). პატარა ისრების ჩვენებით აითვლება ასეული და ათასეული ბრუნვები. ასათვლელი მექანიზმის ჩართვა და გამორთვა ხდება არტერიით, რომელიც მოთავსებულია კორპუსის გვერდზე, პატარა რგოლის სახით.

ანემორუმბომეტრი. იგი დისტანციური ხელსაწყოა, რომელიც გამოიყენება საშუალო და უეცარი – მაქსიმალური ქარის სიჩქარისა და მიმართულების გაზომვისათვის.

ხელსაწყოს კომპლექტში შედის გადამცემი, გამზომი პულტი და მკვებავი ბლოკი. გადამცემი შედგება ლითონის გლუვი კორპუსისაგან, რომელიც მოძრაობს ვერტიკალური უძრავი ღერძის გარშემო. კორპუსის ბოლოში მოთავსებულია ქარგამკვეთი, ხოლო თავში ოთხფარფლიანი ხრახნი, რომელიც ქარგამკვეთის დახმარებით მუდმივად ქარის დინების პერპენდიკულარულად დგას.

თავი IX

გვალვა

9.1 გვალვის წარმოქმნა და ტიპები

გვალვა წარმოადგენს ნალექების ხანგრძლივ და საგრძნობ დეფიციტს ნორმასთან შედარებით, ჰაერის ტემპერატურის მომატების პირობებში გაზაფხულზე და ზაფხულში, რის შედეგადაც ნიადაგში ინჰურება ტენის მარაგი (აორთქლების ან ტრანსპირაციის გზით). იგი რთული მრავალფაქტორიანი მეტეოროლოგიური მოვლენაა, რომელიც გამოიწვევა სიხშირის, ხანგრძლივობის და სეზონურობის მიხედვით. არჩევენ გაზაფხულის, ზაფხულის და შემოდგომის გვალვებს. გაზაფხულის გვალვა ხასიათდება დაბალი შეფარდებითი ტენიანობით და ტემპერატურით, ასევე ცივი ქარებით. ასეთ პირობებში მცენარეები ვითარდებიან იმდენად ცუდად, რომ შემდგომში მათ არ შეუძლიათ განაგრძონ ზრდა-განვითარება, რის შედეგადაც ეცემა მათი პროდუქტიულობა. ზაფხულის გვალვა ხასიათდება მაღალი ტემპერატურებით, ჰაერის დაბალი შეფარდებითი ტენიანობით და მაღალი აორთქლებით. ზაფხულის გვალვების დროს მცენარეთა ფაზები და ფესვთა სისტემა ნორმალურად ვითარდება. შემოდგომის გვალვა ემთხვევა მცენარეების ვეგეტაციის დამთავრებას, ამიტომ იგი არსებით გავლენას ვერ ახდენს მათზე.

გვალვა შეიძლება იყოს ატმოსფეროსა და ნიადაგის. ატმოსფერული გვალვის დროს მშრალი ჰაერის მასები ზემოქმედებენ მცენარეებზე, მას თან სდევს მაღალი ტემპერატურები, რაც იწვევს ტრანსპირაციის გაძლიერებას. ნიადაგის გვალვა გამოწვეულია ნიადაგში მცენარის მიერ შესათვისებელი წყლის სიმცირით. გამოყოფენ, აგრეთვე ფიზიოლოგიურ და ფიზიკურ გვალვას. ფიზიკური გვალვა წარმოიქმნება ატმოსფერული გვალვის დროს წყლის სიმცირით, ხოლო ფიზიოლოგიური გვალვა წყლის ფიზიოლოგიური შეუთვისებლობის შედეგია.

გვალვების მოვლენები, გარდა ნალექების რაოდენობრივი სიმცირისა, ზოგჯერ შეიძლება განისაზღვროს ჰაერის ტემპერატურით. სავეგეტაციო პერიოდში მისი მომატება ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში (მრავალწლიურ საშუალო ტემპერატურასთან შედარებით), მიგვითითებს გვალვიანობის მაჩვენებლებზე.

გვალვის დახასიათება შეიძლება ვანარმოთ გ.სელიანი-ნოვის ჰიდროთერმული კოეფიციენტით (ჰოკ):

$$\text{ჰოკ} = \frac{\sum p}{\sum t : 10}$$

მოცემული ფორმულა ნალექისა და ტემპერატურის შეფასებისას გამოხატავს გვალვიანობის პერიოდის ხარისხს. ფორმულის მრიცხველში ($\sum p$) ნალექების ჯამი მიღებულია როგორც წყლის რესურსი, ხოლო მნიშვნელში ($\sum t$) ტემპერატურის ჯამი შემცირებულია 10-ჯერ, რაც ახლოსაა აორთქლების სიდიდესთან. მოცემული ჰიდროთერმული კოეფიციენტი არ გამოიყენება ზამთრის ტენიანობის შეფასებისათვის. ასევე, გაზაფხულსა და შემოდგომაზე, როცა ჰაერის საშუალო დღელამური ტემპერატურა 10°-ზე დაბალია.

აღნიშნული ჰიდროთერმული კოეფიციენტით შეიძლება შეფასდეს გვალვა და მისი ხანგრძლივობა. მაგალითად, ჰოკ <0.1-ზე გვიჩვენებს გვალვიანობას, ჰოკ <0.4-ზე მიუთითებს მეტად ძლიერ გვალვაზე, <0.5-ზე ძლიერ გვალვაზე, ხოლო ჰოკ <0.6-ზე საშუალო გვალვაზე. განხილულ ჰოკ-ში არ არის გათვალისწინებული ნიადაგის ტენის მარაგი, წყლის ზედაპირული ჩამონადენი და აორთქლება. მიუხედავად ამისა, იგი მნიშვნელოვანია ტენიანობის ბალანსის შეფასებისათვის.

გვალვა უარყოფითად მოქმედებს მერქნიანი მცენარის ზრდაზე, განსაკუთრებით სავეგეტაციო პერიოდში. იგი გავლენას ახდენს ხემცენარეთა ყვავილობასა და მსხმოიარობაზე. მის-

გან ძლიერ ზიანდება ჩვეულებრივი კოპიტი, ნაძვისა და სოჭის ნათესარები. ფესვთა სისტემის ღრმად განვითარების გამო ზაფხულის ხანგრძლივ გვალვებს იტანს მუხისა და ნეკერჩხლის ნათესარები. ვერხვის, ალვის ხის, ტირიფის და არყის აღმონაცენები განვითარების პირველ პერიოდში იმდენად მგრძობიარენი არიან გვალვების მიმართ, რომ 2-5 მმ სიღრმემდე ნიადაგის გამოშრობა მათზე დამლუპველად მოქმედებს. არანაკლებ საზიანოა მარადმწვანე მცენარეებისათვის ზამთრის გვალვებიც, განსაკუთრებით თბილ რეგიონებში. ტემპერატურის 0°-მდე დაცემის დროს მცენარეთა მიერ წყლის შეწოვა ძნელდება, თუ ნიადაგი გაიყინა, მაშინ წყლის შეწოვა მთლიანად წყდება. ამ დროს, შუადღის საათებში წყალი მაინც ორთქლდება. ამიტომ, თუ შუადღის საათებში ჰაერი გამთბარია და ამასთანავე ქარებიც ქრის, აღინიშნება მცენარის გამოშრობა, რის შედეგადაც იგი იღუპება.

სხვადასხვა სახის მცენარეთა გვალვაგამძლეობა იცვლება მისი განვითარების სტადიების მიხედვით. იგი განსაკუთრებით დაბალია განვითარების საწყის ეტაპზე. მცენარის განვითარებული, ზრდადასრულებული ქსოვილი ხასიათდება გვალვებისადმი მეტი ტოლერანტობით, ვიდრე ახალგაზრდა, ზრდადაუმთავრებელი. საერთოდ, მცენარეთა ტოლერანტობა ვეგეტაციის დასაწყისში დაბალია, ვიდრე მისი დასრულების დროს. ერთი და იგივე სახეობის მცენარეთა გვალვაგამძლეობისადმი ტოლერანტობა განსხვავებულია. იგი დამოკიდებულია მცენარის მიერ დამკვიდრებული ადგილის პირობებზე. ასევე, განსხვავებულია მცენარეთა ტყის ჯიშების დამოკიდებულება (მგრძობიარობა) გვალვებისადმი.

ცხრილში 9.1.1 მოცემულია ზოგიერთი ტყის ჯიშის გვალვებისადმი მგრძობიარობის კლასიფიკაცია.

**ზოგიერთი ტყის ჯიშის გვალვების მიმართ
მგრძნობიარობის კლასიფიკაცია**

გვალვების მიმართ მეტად მგრძნობიარე	გვალვების მიმართ საშუალოდ მგრძნობიარე	გვალვების მიმართ მცირედ მგრძნობიარე
სოჭი, ნაძვი, ვერხვი, ჩვეულებრივი იფანი, რცხილა, ნაბლი, ევკალიპტი, კედარი, წიფელი, კოპიტა, მურყანი, ნეკერჩხალი, ღვია	თეთრი აკაცია, მუხა, ყვითელი აკაცია, ბზა, თელა, ალვის ხე, ტირიფი (ზოგიერთი სახეობა), კოპიტა (პენსილვანიის)	კორპის მუხა, არჩა, გლედჩია, საქსაული

ხორშაკი (ატმოსფერული გვალვა). იგი კომპლექსური მეტეოროლოგიური მოვლენაა, რომელიც ხასიათდება მაღალი ტემპერატურებით, დაბალი ჰაერის ტენიანობით და ძლიერი ქარიით. აღნიშნული ფაქტორები იწვევს მცენარეების ტრანსპირაციის გადიდებას, ნიადაგის ზედაპირიდან ინტენსიურ აორთქლებას.

ხორშაკის წარმოქმნა, უმეტეს შემთხვევაში დაკავშირებულია მაღალი წნევის არესთან და გამონვეულია დიდი მასშტაბის ცირკულაციური პროცესებით. არის შემთხვევები, როდესაც ზევიდან ქვევით სწრაფად მოძრავი ჰაერის მასა ხვდება ჰორიზონტალურად მოძრავ ჰაერის მასას და წარმოიქმნება ქარი. მიუხედავად იმისა, რომ ის შეიძლება ტენიანი არიდან მოდიოდეს, გვალვას მაინც გამოიწვევს. ხორშაკის შემთხვევაში, როდესაც ღამით ცა მოწმენდილია, ჰაერის ტემპერატურა არ ეცემა და ფარდობითი ტენიანობა არ მატულობს. ამიტომ, აორთქლება ოდნავ შემცირებულია, გრძელდება ღამითაც და აორთქლების დღელამური ჯამი საგრძნობია, რის გამოც მცენარეებიდან აორთქლება მატულობს.

ხორშაკი უმეტესად გვევლინება ჩრდილოეთიდან ან ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან მშრალი ქარების ტრანსფორმაციის შედეგად. მაღალი მთის ქედიდან ჰაერის დაღმავალი მოძრაობის შედეგად წარმოიქმნება ფიონი, რომელიც ხორშაკის ერთერთი სახეობაა. გავრცელებულია სამი ტიპის ფიონი (პ.ბუცკის მიხედვით) ანუ მთის ხორშაკი.

ინტენსიური ფიონი (ხორშაკი). ამ მოვლენის დროს, დედამიწიდან დღეღამის აორთქლება წყნარ ამინდში 8 მმ-ზე მეტს შეადგენს, ხოლო ზომიერი ქარის შემთხვევაში 10 მმ-ზე მეტს. აღნიშნული ხორშაკის დროს დღეღამის საშუალო ტემპერატურა 25°-ზე მეტია, ხოლო შეფარდებითი ტენიანობა 30%-ზე ნაკლები. ქარის სიჩქარე შეიძლება იყოს 5 მ/წმ და მეტი.

ზომიერი ფიონი. ამ შემთხვევაში აორთქლება დღეღამის განმავლობაში 10 მმ-მდეა, ხოლო ჰაერის საშუალო ტემპერატურა შეადგენს 15-დან 25°-მდე.

სუსტი ფიონი. მისი მოქმედების დროს დღეღამური საშუალო აორთქლება 6 მმ-მდე აღწევს, ხოლო ჰაერის საშუალო ტემპერატურამ ზოგჯერ შეიძლება მიაღწიოს 20°-მდე.

9.2 გვალვის წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებები

გვალვისა და მასთან ბრძოლის პრობლემამ თავი იჩინა XX საუკუნის დასასრულში. საქართველო არ წარმოადგენს უდაბნოების ზონის მახლობელ ტერიტორიას, მაგრამ მოსალოდნელი გლობალური დათბობის ფონზე, მისი აღმოსავლეთი ნაწილის ზოგიერთ რაიონს (გარე კახეთი, ქვემო ქართლი) სისტემატური გვალვიანობის შემთხვევაში შესაძლებელია შეექმნას ლოკალური გაუდაბნოების საშიშროება. აღნიშნულის მიზეზი, შეიძლება გახდეს ამ რაიონებში არსებული ბუნებრივი რესურსების არაეფექტური გამოყენება.

მცენარეებისათვის განსაკუთრებით საშიშია ზაფხულის გვალვა, რადგან ამ პერიოდში აქტიურდება მცენარის ზრდა-

განვითარების პროცესი და იზრდება მისი მოთხოვნილება წყალზე. აღმოსავლეთ საქართველოს ლანდშაფტები უფრო მონყვლადია ატმოსფერული ნალექების დეფიციტის მიმართ დასავლეთის ლანდშაფტებთან შედარებით, სადაც ვერტიკალური ზონალობით ატმოსფერული ნალექების სიმცირე რამდენადმე კომპენსირდება ჰორიზონტალურით – ნამით, რომელიც დიდი რაოდენობით გამოიყოფა ზაფხულის პერიოდში დასავლეთ საქართველოში.

მცენარე სავეგეტაციო პერიოდში, ფაზების მიხედვით სხვადასხვა რაოდენობით წყალს საჭიროებს, თუმცა საწყის ფაზაში ყველა სახეობის მცენარე მეტი რაოდენობით ტენს საჭიროებს (80-90%-ის ფარგლებში). ამიტომ მცენარის გადარგვის, მცნობის, თესვის და სხვა ღონისძიებების წინ, თუ ბუნებრივი ნალექი არ არის, 2-3 დღით ადრე ნიადაგი უნდა მოირწყას და მხოლოდ შემდეგ ჩატარდეს აღნიშნული სამუშაოები. მცენარის ფესვთა სისტემის განვითარება ძირითადად ნიადაგის ტენიანობასა და სითბოზეა დამოკიდებული. მათზეა დამოკიდებული ტყის ჯიშების მერქნის განვითარება და ხარისხი, თუმცა მნიშვნელოვანია აგრეთვე საკვები ნივთიერებები, რომლებზედაც უნდა იმოქმედოს აღნიშნულმა ფაქტორებმა, რათა მცენარის ვეგეტაციამ ნორმალურად ჩაიაროს. ისეთი ტყის ჯიშები, როგორცაა: ვერხვი, ალვის ხე, ტირიფი და არყის აღმონაცენები განვითარების საწყის პერიოდში იმდენად მგრძობიარეა გვალვების მიმართ, რომ 2-5 მმ სიღრმემდე ნიადაგის გამოშრობა მათზე დამლუპველად მოქმედებს. ამიტომ, სიცოცხლის პირველ პერიოდში მათთვის აუცილებელია ნიადაგის დაჩრდილვა, რათა ზედაპირული ფენა დავიცვათ გამოშრობისაგან.

გვალვის ნეგატიური ზემოქმედების შერბილება და საადაპტაციო ღონისძიებები გულისხმობს შემდეგი სამუშაოების ჩატარებას:

1. ნიადაგის ფიზიკური თვისებების გაუმჯობესება (ეროზირებული ნიადაგების აღდგენა) მისი დამუშავებითა და თეს-ლბრუნვით;

2. ნიადაგის ხელოვნური რწყვა და სარწყავი სისტემის მონიტორინგი;
3. გვალვის მიმართ ნაკლებად მგრძობიარე მცენარეების შერჩევა;
4. გვალვის პროგნოზირება;
5. თოვლის საბურველის ხანგრძლივად გაჩერება;
6. გვალვის პერიოდში მეტეოროლოგიური პირობების შეცვლა ჰაერის აქტიურ ფენაში და ნიადაგის ზედაპირზე ინსოლაციის შემცირება დაჩრდილვით;
7. საირიგაციო ქსელის შექმნა;
8. მინდორსაცავი ტყის ზოლების გაშენება, ამ მიზნით შერჩეული შესაბამისი (გვალვაგამძლე) მცენარეების დარგვა ნიადაგისა და კლიმატური პირობების გათვალისწინებით.

მცენარეებზე ხორშაკის (ფიონის) მოქმედება რამდენადმე შეიძლება გამოვრიცხოთ მაღალი აგროტექნიკის ფონზე. აღნიშნული მოვლენის საწინააღმდეგოდ მცენარეები უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ნიადაგის ტენით, რისთვისაც საჭიროა ჩატარდეს მორწყვა, კულტივაცია და სხვა.

სუსტი ხორშაკით მცენარეები არ ზიანდებიან 5 დღის განმავლობაში, თუ 0-20 სმ ფენის ნიადაგში პროდუქტიული ტენის რაოდენობა 20-30 მმ-ს შეადგეს, 50 მმ-ზე მეტს 0.5 მ ფენაში და დაახლოებით 100 მმ-ს 0.1 მ ფენაში.

თავი X

ნაყინვა

10.1 ნაყინვის ტიპები და მათი წარმოქმნის პირობები

ნაყინვას უწოდებენ წლის თბილ პერიოდში ჰაერის ტემპერატურის სწრაფ დაცემას 0° -მდე და უფრო დაბლა. აღნიშნული მოვლენა საყურადღებოა გაზაფხულისა და შემოდგომის თბილი ამინდის პირობებში, როცა ამინდის სწრაფ ცვალებადობას აქვს ადგილი. მცენარეებისათვის განსაკუთრებით საზიანოა გაზაფხულის ნაყინვა, რადგან ვეგეტაციის დასაწყისში მცენარეები დაბალი ტემპერატურებისადმი ძლიერ მგრძობიარეა, ამიტომ იგი შეიძლება არამარტო დაზიანდეს, არამედ დაიღუპოს კიდევც.

ნაყინვები დაკავშირებულია როგორც ტემპერატურის დღელამურ მსვლელობასთან, ისე მის არაპერიოდულ ცვლილებასთან. ამ შემთხვევაში, მინიმალური ტემპერატურა დღელამის ზოგიერთ მონაკვეთში შეიძლება 0° -მდე და უფრო დაბლა დაეცეს, მაშინ როცა საშუალო დღელამური ტემპერატურა 0° -ზე მაღალია.

შემოდგომაზე, ხშირ შემთხვევაში მცენარეთა გარკვეული ნაწილი შედარებით ადვილად იტანს ძლიერ ნაყინვას, განსხვავებით გაზაფხულის ნაყინვისა (გაზაფხულის სუსტი ნაყინვაც კი ზოგიერთი მცენარისათვის საზიანოა), რაც დამოკიდებულია მცენარის ასაკზე და მასში შაქრების რაოდენობაზე. ნაყინვათა ზემოქმედების პერიოდი, მიუხედავად მისი ხანგრძლივობისა მაინც დამლუპველად მოქმედებს მცენარეულობაზე. მინიმალურ ტემპერატურას, რომლის ზეგავლენითაც ვეგეტაციაში მყოფი მცენარე ნაწილობრივ ზიანდება ან მთლიანად იღუპება კრიტიკულ ტემპერატურას უწოდებენ. მისი სიდიდე სხვადასხვაა და დამოკიდებულია მცენარის განვითარების ფაზაზე.

სრულყოფილად განვითარებულ ტყეში, ზაფხულობით (ცხელ დღეებში) ჰაერის ტემპერატურა დაბალია, ხოლო ღამით მცენარეებით დაუფარავ ტერიტორიასთან შედარებით მაღალია, ამასთანავე დაბალია ტემპერატურის ამპლიტუდა. ამ უკანასკნელის ერთერთი მიზეზია, რომ გაზაფხულზე ტყეში წაყინვები ადრე წყდება, ხოლო შემოდგომაზე გვიან იწყება, იმ ადგილებთან შედარებით სადაც ტყე არ არის.

მნიშვნელოვანია, რომ მეტეოროლოგიურ ჯიხურში 2 მ სიმაღლეზე ჰაერის ტემპერატურა შეიძლება დადებითი იყოს, ხოლო მიწისპირა ფენაში – უარყოფითი. ამ ორ სიმაღლეს შორის ტემპერატურათა სხვაობამ შეიძლება 5-6°-ს მიაღწიოს.

წარმომქმნელი პროცესებისა და ამინდის პირობების მიხედვით არჩევენ წაყინვების სამ ტიპს: რადიაციული, ადვექციური და რადიაციულ-ადვექციური.

1. რადიაციული წაყინვები – წარმოიქმნება წყნარ მოწმენდილ ამინდში, ძირითადად დილის საათებში, ტემპერატურის ნორმალური დღელამური მსვლელობის დროს. იგი განპირობებულია ნიადაგის მოქმედი ზედაპირის გადაციებით (გამოსხივებით). მისი სიძლიერე და ინტენსიობა უმეტესად დამოკიდებულია რელიეფის ფორმაზე, ნიადაგის ზედაპირის მდგომარეობაზე, ნიადაგისა და ჰაერის ტენიანობაზე და სხვა ადგილობრივ პირობებზე.

რადიაციული წაყინვებისას ადგილი აქვს ტემპერატურის ინვერსიას, რომლის დროს მეტეოროლოგიურ ჯიხურში ჰაერის ტემპერატურა შეიძლება 2-3°-ით მეტი აღმოჩნდეს ნიადაგის მიწისპირა ჰაერთან შედარებით. ამ ტიპის წაყინვები იწყება ღამით და მაქსიმალურ ინტენსივობას აღწევს მზის ამოსვლისას. წყნარი და მოწმენდილი ამინდის შემთხვევაში წაყინვების ხანგრძლივობა იზრდება და მოსალოდნელი ხდება ყოველდღიურად. აღნიშნულს მნიშვნელოვნად უშლის ხელს ქარის მოქმედება, რადგან ამ შემთხვევაში ხდება ჰაერის მასების ინტენსიური, ვერტიკალური და ჰორიზონტალური შერევა.

რადიაციული ნაყინების წარმოქმნა ხშირია ქვაბულებში, ხეობებში და დაბლობებში, სადაც მთის ფერდობებიდან დაშვებული ცივი ჰაერი გროვდება და განიცდის დამატებით გადაცივებას.

2. ადვექციური ნაყინები – წარმოიქმნება ცივი ჰაერის მასების შემოჭრისას (ცივი ადვექცია) და გრძელდება რამოდენიმე დღის განმავლობაში. ამ დროს, მიმდინარეობს ჰაერის ტემპერატურის დაწვევა 0°-ზე დაბლა და შეიძლება მოიცვას დიდი ტერიტორია. განსაკუთრებით საშიშია გარდამავალ სეზონებში, ჩრდილოეთიდან არქტიკული ჰაერის მასების ადვექცია. ადვექციური ნაყინები რადიაციული ნაყინებისაგან განსხვავებით ნაკლებადაა დამოკიდებული ადგილობრივ პირობებზე.

3. ადვექციურ-რადიაციული ნაყინები – ხშირი მოვლენაა და წარმოიქმნება მოცემულ ადგილზე ცივი ჰაერის შემოჭრისა და შემდგომში რადიაციული გადაცივების შედეგად. საქართველოს ტერიტორიაზე ნაყინების ეს ტიპია გაბატონებული და განსაკუთრებულ საშიშროებას წარმოადგენს მცენარეებისათვის. ის წარმოიქმნება გვიან გაზაფხულსა და ადრე შემოდგომაზე – ხანგრძლივი დათბობის შემდეგ.

ადვექციურ-რადიაციული ნაყინების დროს, დღისით ნიადაგის ზედაპირი ცივდება და სითბოს მარაგი მის სიღრმეებშიც კლებულობს, ღამით კი ინტენსიურად იწყება გამოსხივება. ასეთ შემთხვევაში ადვექციისა და რადიაციის პროცესები ერთმანეთს ავსებენ. ღია, ქარისაგან დაუცველი ადგილებისათვის აღნიშნული სახის ნაყინები საშიშია, რადგან ყინვებმა შეიძლება მიაღწიოს -2, -4° (მეტსაც) და გაგრძელდეს ორი-სამი დღის განმავლობაში.

საქართველოს პირობებში ნაყინები იწყება მაშინ, როცა შემოჭრილი ცივი ჰაერის მინიმალური ტემპერატურა უარყოფითია. რაც უფრო დაბალია აღნიშნული ტემპერატურა, მით მეტია ნაყინების წარმოქმნის ალბათობა.

ნაყინების ინტენსივობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ნიადაგის სითბოტევადობა და სითბოგამტარობა. ნაყინე-

ბი უფრო ძლიერია რაც ნაკლებია აღნიშნული მახასიათებლები. ნიადაგში ტენის რაოდენობის მატებისას შესაბამისად მატულობს სითბოტევადობა და სითბოგამტარობა. აღნიშნული პროცესი იწვევს ღამის პერიოდში სითბოს მოდენას სიღრმიდან ზედაპირისაკენ. აქედან გამომდინარე, წაყინვების ალბათობა ტენიან ნიადაგზე ნაკლებია მშრალ ნიადაგთან შედარებით.

10.2 რელიეფის გავლენა წაყინვების ინტენსივობასა და ხანგრძლივობაზე

რელიეფის გავლენა ადვექციური წაყინვების დროს ნაკლებად შეიმჩნევა, ვიდრე რადიაციული და ადვექციურ-რადიაციული წაყინვებისას. ამ უკანასკნელზე გავლენას ახდენს ფერდობები, მცენარეული საფარის თავისებურება, დიდი მდინარეებისა და წყალსაცავების სიახლოვე და სხვა. თუ ფერდობები მცენარეული საფართაა წარმოდგენილი, მაშინ იგი ხელს უშლის ქვაბურებში ცივი ჰაერის ფერდობიდან ჩამოდენას. აღნიშნულმა გარემოებამ შეიძლება შეაფერხოს წაყინვების წარმოქმნა ქვედა ფენებში.

მთის ფერდობებზე, ღამით ნიადაგის მოქმედ ზედაპირთან მიმდებარე ჰაერის ფენა რადიაციული გადაციების შედეგად ქვემოთ ეშვება. ამიტომ, ფერდობების ქვედა ნაწილში და ველზე, სადაც გროვდება გადაცივებული ჰაერი, იგი მნიშვნელოვნად ცივია, ვიდრე ფერდობების ზედა ნაწილში. ჰაერი უფრო ცივია ჩაღრმავებულ, ჩაკეტილ ქვაბურებში, სადაც ცივი ჰაერის მასებს გასასვლელი არა აქვს.

ცხრილში 10.2.1 მოცემულია ტემპერატურათა სხვაობები სნორ, ღია ადგილსა და რელიეფის სხვადასხვა ფორმისას, ასევე უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა.

რელიეფის ცალკეული ფორმის წაყინვების საშიშროება
(წყნარი, მონმენდილი ლამის დროს, ი.გოლცბერგის მიხედვით)

რელიეფის ფორმა	ცივი ჰაერის		ცვლილებები ვაკესთან შედარებით	
	შემოდინება	ჩადინება	მინ. ტემპურატურა ლამით, გაზაფხულზე და შემოდგომაზე, °C	უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა, დღეებში
მწვერვალები, ციცაბო (>10°) ფერდობების ზედა და შუა ნაწილი	არ არის	კარგია	3-დან 5°-მდე	15 – 25
შემალღებული, დაბალი (<10°) ფერდობის ზედა ნაწილი	არ არის	არის	1-დან 3°-მდე	5 – 15
ვაკე, გავაკებული მწვერვალები	არ არის	არ არის	0°	0
დიდი მდინარეების ჭალები, წყალსაცავების სანაპიროები	არის	არის	2-დან 4°-მდე	10 – 20
ვინრო, დაკლაკნილი, ჩაკეტილი ველების ძირი და ფერდობის ქვედა ნაწილები	არის	თითქმის არ არის	-3-დან -5°-მდე	15 – 25
ქვაბურები	არის	არ არის	-4-დან -6°-მდე და მეტი	20 – 30
ჩაკეტილი ფართო ბრტყელი ველები	არის	თითქმის არ არის	-4-დან -6°-მდე და მეტი	20 – 30
ნესტიანი დაბლობები	არ არის	არ არის	-3-დან -6°-მდე	15 – 30

ცხრილიდან ჩანს, რომ რელიეფის ჩაზნექილი ფორმისას (ჩაკეტილ ველზე, ქვაბურებში), უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა მკვეთრად მცირდება, ხოლო რელიეფის ამოზნექილი ფორმისას (გორაკების მწვერვალები, ფერდობის ზედა ნაწილი) ღია, სწორ ადგილებთან შედარებით იზრდება.

ტყით დაფარულ ფერდობებზე, ტყის ცივი ჰაერი ჩერდება და ფერდობის ღია ადგილებზე წაყინვის საშიშროება იზრდება. რადიაციული წაყინვების დროს, ტემპერატურა ტყეში 2-3°-ით უფრო მაღალია ველთან შედარებით.

ფერდობების ორიენტაციას გარკვეული გავლენა აქვს წაყინვების მიერ მცენარეების დაზიანების ხარისხზე. აღმოსავლეთის და სამხრეთ-აღმოსავლეთის ფერდობებზე მცენარეები ზიანდებიან უფრო ძლიერად. ასეთ ფერდობებზე, რადიაციული სითბოს მოქმედებამ მცენარეებზე შეიძლება უარყოფითად იმოქმედოს. მცენარეების გაყინვის დროს ტემპერატურის მკვეთრ აწევას შეუძლია გამოიწვიოს მათი დაზიანება, განსაკუთრებით სამხრეთის ფერდობებზე, ე.წ. „სიდამწვრის“ სახით. მცენარის ყველა ორგანო არ ილუპება გაყინვის დროს. ამ შემთხვევაში განსაზღვრულია გარემო პირობები. თუ დნობა მიმდინარეობს უმზეოდ და მას თან ახლავს წვიმაც, მაშინ მცენარე იწყებს გამოკეთებას, ხოლო გაყინვის შემდეგ თუ ის მოექცევა ნათელი მზის სხივების ქვეშ იგი დაილუპება. მცენარე ყინვას იმ ადგილებში უფრო უძლებს, სადაც შუადღის მზის სიმალლე მცირეა და ცა დაფარულია ღრუბლებით. ყინულის კრისტალები, რომლებიც წარმოიქმნება ფოთლის შიგნით, უჯრედებს შორის, მზეზე სწრაფად ღვება და ამ ყინულის მნიშვნელოვანი ნაწილი უფრო ადრე ორთქლდება, ვიდრე ისევ უჯრედი შეინოვდეს მას. მოსალოდნელია, აგრეთვე მცენარეთა უჯრედების გახლეჩვა, რის შედეგად ფოთლების დიდი ნაწილი ილუპება. მაშასადამე, ასეთ შემთხვევაში დიდი მნიშვნელობა აქვს მცენარეების დაცვას მზის პირდაპირი სხივებისაგან, განსაკუთრებით დილის საათებში, წაყინვების შემდეგ.

10.3 ნაყინვებთან ბრძოლის მეთოდები

არსებობს ნაყინვების წინააღმდეგ ბრძოლის სხვადასხვა მეთოდი და მათი ეფექტურად გამოყენებისათვის გათვალისწინებული უნდა იქნას ნაყინვების წარმოქმნის პირობები. პირობითად, აღნიშნული მეთოდები შეიძლება წარმოდგენილი იქნას ორ ჯგუფად:

I – ჯგუფს მიეკუთვნება ფიზიკური მეთოდები: ნამის წერტილის აწევა, გამოსხივების შემცირება, ჰაერის გათბობა, ჰაერის ფენების ერთმანეთში შერევა და სხვა.

II – ჯგუფს მიეკუთვნება ბიოლოგიური მეთოდები: სელაქციური გზით ყინვაგამძლე ჯიშების გამოყვანა, მცენარეთა კვების რეჟიმის რეგულირება, პინცირება, მცენარეების შტამპზე მიწის შემოყრა და სხვა.

გამოსხივების შემცირება. ნიადაგიდან და მცენარეებიდან გამოსხივება შეიძლება შემცირდეს კვამლის გამოყენებით. მისი მოქმედება ამცირებს ნაყინვების მოქმედებას. მის ეფექტს განსაზღვრავს საწვავი მასალა. წვის დროს კვამლთან ერთად გამოიყოფა სითბო, რომლის რაოდენობა დამოკიდებულია საწვავი მასალის რაოდენობასა და კალორიულობაზე. კვამლის გამოყენებას დადებითი შედეგი აქვს წყნარი და ძალზე სუსტი ქარის შემთხვევაში (1-2 მ/წმ). მისი ეფექტი 1-დან 2°-მდე აღწევს.

ნამის წერტილის აწევა – შესაძლებელია ჰაერის ტენიანობის გადიდებით, რაც მიიღწევა ნიადაგის უხვად მორწყვით. მორწყვის შედეგად წყლის ორთქლი კონდენსირდება და გამოიყოფა ფარული სითბო. აღნიშნული მეთოდის გამოყენება მიზანშეწონილია გაზაფხულზე და შემოდგომაზე, შედარებით გვალვიან რეგიონებში. მისი ეფექტი ტემპერატურის 1-2°-ით მომატებაა, ნიადაგის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე.

ჰაერის გათბობა. მისი ეფექტი ძირითადად დამოკიდებულია მათბურების რაოდენობაზე. მაგალითად, 100 ცალი მათბურა 1 ჰა-ზე 1-1.5 მ სიმაღლეზე 1°-მდე ტემპერატურის ეფექტს იძლევა, ხოლო 500 ცალი 3-4°-მდე (წყნარ ამინდში). აღნიშნული

მეთოდის რთულ ოროგრაფიულ პირობებში გამოყენება გარკვეულ სიძნელეებთან არის დაკავშირებული.

ჰაერის ფენების ერთმანეთში შერევა. ეს მეთოდი განსაკუთრებულ ეფექტს იძლევა რადიაციული ნაყინების დროს, ე.წ. საქარე დანადგარებით, რომელსაც ჰაერის ცივი და თბილი მასები მოძრაობაში მოყავს და ერთმანეთში ურევს. დანადგარმა შეიძლება მცენარე დაიცვას -4 , -6° რადიაციული ნაყინვის დროს. აღნიშნული საქარე დანადგარები ფართოდ არის გამოყენებული ამერიკაში, იტალიაში, საფრანგეთში და სხვა ქვეყნებში.

სელექციური გზით ყინვაგამძლე ჯიშების გამოყვანა. ამ მეთოდის თანახმად, სელექციური გზით უნდა შეირჩეს მცენარეთა ისეთი ჯიშები, რომლებიც რამდენადმე გვიან დაიწყებენ ვეგეტაციას (ნაყინების შეწყვეტის შემდეგ) და ადრე შეწყვეტენ მას.

მცენარეთა კვების რეჟიმის რეგულირება. ნიადაგში სასუქების შეტანა უნდა მოხდეს (განსაკუთრებით აზოტიანი სასუქების) დადგენილ, ოპტიმალურ ვადებში. დაგვიანების შემთხვევაში მცენარემ შეიძლება ვეგეტაცია გააგრძელოს გვიან შემოდგომამდე და ამ დროს უმნიშვნელო ნაყინვაც ზიანის მომტანი გახდება. მიუხედავად იმისა, რომ კალიუმისანი სასუქები რამდენადმე ზრდის მცენარის ყინვაგამძლეობას, მათი ნიადაგში შეტანის ვადების დაცვა მაინც საჭიროა.

პინცირება (ნაჩქმეტა). შემოდგომაზე, როცა მცენარეებს ექმნებათ ხელსაყრელი აგრომეტეოროლოგიური პირობები, ისინი განაგრძობენ ზრდას. ნაყინებისა და ზამთრის ყინვებისაგან რომ არ დაზიანდეს ეს ნაზარდები, მათ აცლიან დაახლოებით 10-15 სმ სიგრძის წვეროებს. მცენარე, ასეთ შემთხვევაში იძულებული ხდება შეწყვიტოს ვეგეტაცია და გადავიდეს მოსვენებით მდგომარეობაში. ამ დროს ნაზარდები ინართობა დაბალ ტემპერატურაზე და მცენარეც ზამთრის ყინვებს შედარებით უკეთ იტანს.

მცენარეების შტამპზე მინის შემოყრა. ადვექციური ნაყინებისაგან დაცვის ღონისძიებათა შორის მნიშვნელოვანია ახალ-

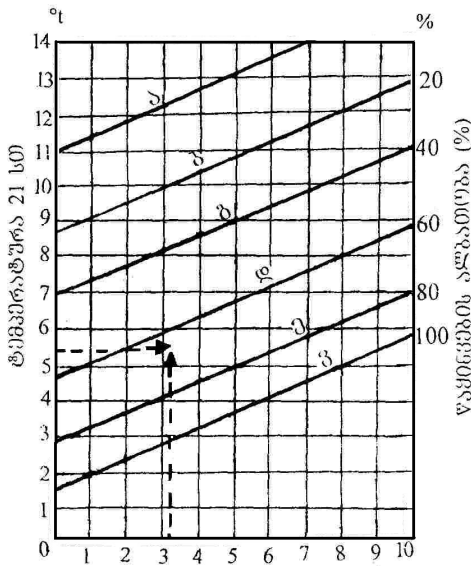
გაზრდა მცენარის ფესვის ყელთან 30-35 სმ-მდე ფხვიერი მიწის შემოყრა. ეს მეთოდი ძლიერი ყინვების დროს იცავს მცენარის მიწით დაფარულ ნაწილს. გადარჩენილი ნაწილიდან კი გაზაფხულზე საკმაოდ ძლიერი ნაზარდები ვითარდება.

ზემოაღნიშნული მეთოდები გარკვეული ეფექტურობით ხასიათდება, თუმცა საჭიროა მეცნიერულად დასაბუთებული უფრო რადიკალური მეთოდების შემუშავება და დანერგვა.

10.4 წაყინვების პროგნოზის მეთოდები

წაყინვების წინააღმდეგ ბრძოლის ღონისძიებების წარმატებით ჩატარებისათვის, საჭიროა წინასწარ განისაზღვროს მათი დადგომის დრო (თარიღი) და ინტენსივობა. ამისათვის, ხდება წაყინვების პროგნოზების შედგენა. აღნიშნული მიზნისათვის არსებობს წაყინვების პროგნოზის შედგენის სხვადასხვა მეთოდი.

ბროუნოვის მეთოდი. ამ მეთოდის არსი შემდეგში მდგომარეობს, რომ წაყინვების წარმოქმნის ალბათობა დაკავშირებულია ტემპერატურის აბსოლუტურ სიდიდესთან, საღამოს დაკვირვების ვადაში. საღამოს 21 საათზე რაც უფრო დაბალია ტემპერატურა და რამდენადაც 13 საათიდან 21 საათისაკენ მკვეთრად კლებულობს იგი, იმდენად მეტად მოსალოდნელია წაყინვა. გ.ვენცკევიჩმა და ე.ცუბერბილერმა წაყინვების ეს ხერხი გადაამუშავეს და გამოსახეს გრაფიკულად (ნახაზი 10.4.1).



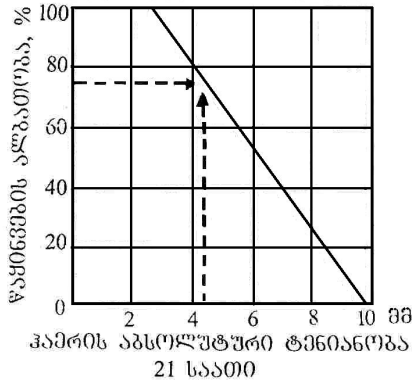
ტემპერატურის სხვაობა 13 და 21 სთ შორის

ა – წაყინვა არ იქნება; ბ – წაყინვა ძალიან მცირე ალბათობისაა; გ – წაყინვა მცირე ალბათობისაა; დ – წაყინვა შესაძლებელია; ე – წაყინვა უმეტესად შესაძლებელია; ვ – წაყინვა იქნება.

ნახ. 10.4.1 წაყინვების დადგომის ალბათობის (%) გრაფიკი

მაგალითისათვის გრაფიკზე განვსაზღვროთ წაყინვების ალბათობა. დაუშვათ, 13 საათზე ჰაერის ტემპერატურა იყო 8.5°, ხოლო 21 საათზე 5.2°. აღნიშნული ტემპერატურების სხვაობა იქნება 3.3°. გრაფიკზე დავიტანთ სათანადო ტემპერატურის მარჩენებლებს, ე.ი. 5.2° და 3.3°, სადაც გავიგებთ, რომ წაყინვა უმეტეს შემთხვევაში შესაძლებელია დაახლოებით 70%. ანალოგიურად განისაზღვრება წაყინვის ალბათობა გრაფიკზე დღისა და საღამოს სხვა ტემპერატურების ურთიერთგადაკვეთის წერტილში.

მიხელსონის გრაფიკული მეთოდი – იგი აკავშირებს ლამით წაყინვების წარმოქმნის ალბათობას ჰაერში წყლის ორთქლის შემცველობასთან. ეს წესი ემყარება შემდეგს, რაც უფრო მცირეა ჰაერის აბსოლუტური ტენიანობა, წაყინვა იმდენად უფრო მოსალოდნელია და პირიქით (ნახაზი 10.4.2).



ნახ. 10.4.2 წაყინვების დადგომის ალბათობის გრაფიკი

განვსაზღვროთ მოსალოდნელი წაყინვა გრაფიკზე, რომელიც გაიანგარიშება 21 საათზე ჰაერის აბსოლუტური ტენიანობით. დაუშვათ, იგი 21 საათზე იყო 4.2 მმ. მოცემული სიდიდის გრაფიკის აბსცისთა ლერძიდან აღვმართავთ სწორ ხაზს, გრაფიკზე დახრილი ხაზის გადაკვეთამდე. ამ უკანასკნელის წერტილიდან გავავლებთ პორიზონტალურ ხაზს ორდინატის გადაკვეთამდე, სადაც გადაკვეთის წერტილი გვიჩვენებს წაყინვის დადგომის ალბათობას, დაახლოებით 75%. ე.ი. წაყინვა მოსალოდნელია.

აგრო- და ჰიდრომეტეოროლოგიურ სადგურებზე შეიძლება ვანარმოოთ პროგნოზის ზოგიერთი დაზუსტება მიხალეფსკის ემპირიული ფორმულებით, პირობების გათვალისწინებით.

ჰაერის მინიმალური ტემპერატურა (მოსალოდნელი ნაყინვა) განისაზღვრება ფორმულით:

$$M = t' - (t - t') C \pm A,$$

ხოლო ნიადაგის ზედაპირზე მინიმალური ტემპერატურა (მოსალოდნელი ნაყინვა) განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$M_1 = t' - (t - t') 2C \pm A,$$

ფორმულებში M - არის მოსალოდნელი მინიმალური ტემპერატურა მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე (მეტეოროლოგიურ ჯიხურში);

M_1 - მოსალოდნელი მინიმალური ტემპერატურა ნიადაგის ზედაპირზე;

t - „მშრალი“ თერმომეტრის ტემპერატურა 13 სთ-ზე;

t' - „სველი“ თერმომეტრის ტემპერატურა 13 სთ-ზე;

C - კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია 13 საათის ჰაერის შეფარდებით ტენიანობაზე. კონკრეტული რაიონისათვის C - კოეფიციენტი იცვლება, ამიტომ შეფარდებითი ტენიანობის სიდიდის ცვლილებების შესაბამისად იგი მოცემულია სპეციალურ ცხრილში 10.4.1.

**C - კოეფიციენტი დამოკიდებული
შეფარდებით ტენიანობაზე – r (%) 13 საათზე**

r	c	r	c
100	5.0	55	1.3
95	4.5	50	1.2
90	4.0	45	1.0
85	3.5	40	0.9
80	3.0	35	0.8
75	2.5	30	0.7
70	2.0	25	0.5
65	1.8	20	0.4
60	1.5	15	0.3

A - არის ღრუბლიანობის სიდიდეზე შესწორება 21 საათზე; წაყინვის პროგნოზის კორექტირება წარმოებს 21 საათზე ღრუბლებლიანობის მიხედვით. მაგალითად, თუ ცის თალი 21 საათზე მოწმენდილია, ე.ი. ღრუბლიანობა ბალებში ტოლია 0-4, მაშინ $A=-2$. მაშასადამე, ფორმულით გაანგარიშებული მინიმალური ტემპერატურა შემცირდება 2° -ით. როდესაც ღრუბლიანობა 4-7 ბალია, $A=0$ კორექტირება არ არის საჭირო. იმ შემთხვევაში, თუ ცის თალი დაფარულია ღრუბლებით, ე.ი. ღრუბლიანობა უდრის 7-10 ბალს, მაშინ $A=+2$. მაშასადამე, გაანგარიშებული მინიმალური ტემპერატურა უნდა გადიდდეს 2° -ით.

მაგალითისათვის. დაუშვათ 13 საათზე „მშრალი“ თერმომეტრის მიხედვით ტემპერატურა $t = 8.4^{\circ}$, $t' = 3.7$, $r = 60\%$; 21 საათზე ღრუბლიანობა ცის თალზე უდრის 1 ბალს.

ცხრილში 10.4.1 $r=60\%$ -ის დროს $C=1.5$, ამ მნიშვნელობების ფორმულაში ჩასმით გამოვიანგარიშებთ:

$$M = 3.7 - (8.4 - 3.7)1.5 = -3.4^{\circ},$$

ზემოაღნიშნულის თანახმად, მიღებულ სიდიდეს ვამცირებთ 2-ით და ვღებულობთ:

$$M=-3.4-2 =-5.4^{\circ}.$$

ნიადაგის ზედაპირზე მოსალოდნელი მინიმალური ტემპერატურის განსაზღვრისათვის, სათანადო ფორმულის გამოყენებით, მივიღებთ:

$$M_1=3.7-(8.4-3.7)2\times 1.5=-10.4^{\circ},$$

საბოლოოდ 21 საათზე დაზუსტებით მოსალოდნელი მინიმალური ტემპერატურა ნიადაგის ზედაპირზე იქნება:

$$M_1=-10.4-2=-12.4^{\circ}$$

ბოლო და პირველი წაყინვების თარიღების დადგომის და უყინვო პერიოდის დღეთა რიცხვის განსაზღვრა. ბოლო და პირველი წაყინვების თარიღების დადგომის განსაზღვრის წესი დამყარებულია წაყინვების თარიღებსა და ზღვის დონიდან სიმაღლეებს შორის არსებულ კორელაციურ კავშირზე. განსაზღვრისათვის გამოიყენება შემდეგი რეგრესიის განტოლებები (გ.მელაძე):

$$n=0.027h+52 \quad (1) \text{ ბოლო წაყინვებისათვის,}$$

$$n=-0.018h+100 \quad (2) \text{ პირველი წაყინვებისათვის,}$$

სადაც n - წაყინვების თარიღია (დღეთა რიცხვი 1 თებერვლიდან ბოლო წაყინვების თარიღის დადგომამდე, ხოლო 1 აგვისტოდან პირველი წაყინვების თარიღის დადგომამდე); h - ადგილის სიმაღლე ზღ. დონიდან (მ).

მაგალითისათვის. თუ ზღ. დონიდან ადგილის სიმაღლე $h=20$ მ, აღნიშნული სიდიდის განტოლებაში (1) ჩასმით მივიღებთ:

$$n=0.027 \times 20 + 52 = 53$$

მიღებულ სიდიდეს (53) გადავთვლით 1 თებერვლიდან და ბოლო წაყინვის თარიღი იქნება 25 მარტი.

ანალოგიურად განისაზღვრება პირველი წაყინვის თარიღი.

უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე) მჭიდრო კორელაციურ კავშირშია სიმაღლესთან ზღ. დონიდან. ამ კავშირიდან გამომდინარე, შედგენილია რეგრესიის განტოლება უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობის განსაზღვრისათვის:

$$n = -0.046h + 229 \quad (3),$$

სადაც n - უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობაა (დღეები); h - ადგილის სიმაღლე ზღ. დონიდან (მ).

მაგალითისათვის. თუ ზღ. დონიდან ადგილის სიმაღლე $h=30$ მ, აღნიშნული სიდიდის განტოლებაში (3) ჩასმით მივიღებთ:

$$n = -0.046 \times 30 + 229 = 228$$

მიღებული სიდიდე (228 დღე) წარმოადგენს უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობას 30 მ სიმაღლეზე (ზღ. დონიდან).

თავი XI

ატმოსფეროს ცირკულაცია და ამინდი

11.1 ჰაერის მასების ფორმირება. ცივი და თბილი ფრონტები

ატმოსფეროში არსებული ჰაერის მასები მუდმივად მოძრაობს და ქმნის რთულ სისტემას, რომელსაც ჰაერის მასები დედამიწის ზედაპირის ერთი ადგილიდან მეორეში გადააქვს. ეს მოძრაობა არაერთგვაროვანია და ინვევს დედამიწის ზედაპირის არათანაბარ გათბობას. დედამიწის ზედაპირის გათბობა დაბალ და მაღალ განედებზე მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისაგან (სხვაობა $40-45^{\circ}$ და მეტია), რაც ინვევს წნევათა სხვაობას და თან ახლავს ჰაერის მასების გადაადგილებას.

დედამიწის ზედაპირზე ძირითადი ჰაერის მასების ერთობლიობას ატმოსფეროს ცირკულაცია ეწოდება.

ტროპოსფერო, როგორც ატმოსფეროს მთავარი შემადგენელი ნაწილი დაყოფილია ცალკეულ ჰაერის მასებად, რომლებსაც უჭირავთ მილიონობით კვადრატული კილომეტრი და ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან თავიანთი თვისებებით. მათში ამინდი და მისი მსვლელობაც განსხვავებულია. აღნიშნული საჰაერო მასები ერთმანეთისაგან ძირითადად განსხვავდება ტემპერატურით, ტენიანობით, ღრუბლიანობით, ატმოსფეროს გამჭირვალობით და სხვა.

საჰაერო მასების თვისებები განპირობებულია იმ ადგილის თვისებებებით, სადაც ხდება მათი ფორმირება. მაგალითად, ზაფხულში ოკეანეების ზედაპირზე წარმოქმნილ საჰაერო მასებს შედარებით დაბალი ტემპერატურა, მეტი გამჭირვალობა და მაღალტენიანობა აქვს, ვიდრე წლის იმავე პერიოდში, იმავე განედებში ხმელეთის ზედაპირზე წარმოქმნილ მასებს.

ჰაერის მასები იმის მიხედვით, თუ რომელ ზედაპირზე ფორმირდება მიეკუთვნება ზღვის ან კონტინენტურ ქვეტიპს.

ზაფხულის პერიოდში, საშუალო განედების ზღვის მასები უფრო ცივია, ვიდრე კონტინენტური მასები, ხოლო ზამთარში პირიქით, უფრო თბილია. ჰაერის მასები, დედამიწის მოქმედი ზედაპირის გავლენით განიცდის ცვალებადობას (იცვლის ფიზიკურ თვისებებს) და გარდაიქმნება სხვა გეოგრაფიული ტიპის ჰაერის მასად, რასაც ჰაერის მასის ტრანსფორმაციას უწოდებენ.

გეოგრაფიული წარმოშობის მიხედვით, ჰაერის მასებს გამოყოფენ შემდეგი კლასიფიკაციით:

1. არქტიკული (ანტარქტიკული), რომელიც ფორმირდება არქტიკაში (ანტარქტიდაში);
2. ზომიერი განედების მასები (პოლარული), რომელიც ფორმირდება ზომიერი განედების ხმელეთსა და ოკეანეების ზედაპირზე;
3. ტროპიკული, რომელიც წარმოიქმნება სუბტროპიკულ და ტროპიკულ განედებში;
4. ეკვატორული, რომელიც წარმოიქმნება ეკვატორულ განედებში.

ჰაერის მასები ერთმანეთში შერევისას წარმოქმნიან ფრონტალურ ზონებს, ხოლო მათი დედამიწასთან გადაკვეთის ადგილს ფრონტის ხაზს, ანუ ფრონტს უწოდებენ. სწორედ აქ შეიმჩნევა ატმოსფერული მოვლენების სწრაფი ცვლილება, კერძოდ ქარის სიჩქარის და მიმართულების, ტემპერატურის, ტენიანობის, ატმოსფერული წნევის და სხვა. გამოყოფენ ფრონტის რამდენიმე სახეს: ძირითადი, თბილი, ცივი და ოკლუზიის ფრონტი.

ძირითად ფრონტს მიეკუთვნება: არქტიკული (ანტარქტიკული), პოლარული და ტროპიკული.

თბილი ფრონტი. როცა თბილი ჰაერის მასა, როგორც უფრო მსუბუქი და მშრალი ინყებს ცივი ჰაერის მასაზე აღმა სრივს, ცივი ჰაერი თანდათანობით ადგილს უთმობს თბილ ჰაერის მასას. მათ გამყოფ ხაზს, რომელიც ნიადაგის ზედაპირს გადაკვეთს, თბილ ფრონტს უწოდებენ.

თბილი ჰაერის აღმასვლის დროს (8-9 კმ-მდე), თბილი ჰაერი ადიაბატურად ცივდება, რაც განაპირობებს კონდენსაციურ პროცესებს. ამის შედეგად წარმოიქმნება ნალექები, ქვედა შრეში კი ღრუბლები. ფრონტის ხაზის ახლოს, დედამიწის გადაკვეთასთან წარმოიქმნება ქვედა იარუსის წვიმაფენა (Ns) ღრუბლები, რომლებიც მცირე ინტენსივობის ხანგრძლივ ნალექს იძლევიან. ასეთი სახის ნალექი სასარგებლოა მცენარისათვის, რადგან თანაბრად ჩაიჭონება ნიადაგში და ავსებს ტენის მარაგს. თბილი ჰაერის შემდგომი აღმასვლის დროს ადგილი აქვს მაღალფენა ღრუბლების წარმოქმნას, რომლებიც ზაფხულში იძლევა ნალექს წვიმის სახით, ხოლო ზამთარში თოვლის სახით. ჰაერის შემდგომი აღმასვლის დროს კი წარმოიქმნება ფრთა ფენა (Cs) და ფრთა (Ci) ღრუბლები, საიდანაც ნალექები არ მოდის.

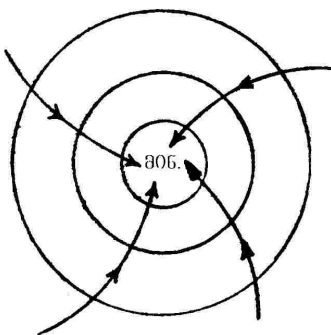
ცივი ფრონტი. ცივი ჰაერის მასა გაცილებით სწრაფად მოძრაობს (საშუალოდ 40-50 კმ/სთ), ვიდრე თბილი. იგი შეიჭრება თბილ ჰაერში სოლისებურად და აიძულებს მას უკან დაიხიოს, რის შედეგად თვითონ იკავებს მის ადგილს. მათ გამყოფ ხაზს, რომელიც ნიადაგის ზედაპირს გადაკვეთს ცივ ფრონტს უწოდებენ. ამ დროს ადგილი აქვს სწრაფ და ინტენსიურ კონდენსაციურ პროცესებს, რის შედეგად წარმოიქმნება გროვანვიმის ღრუბლები (Cb), საიდანაც მიიღება თქეში წვიმა.

წლის თბილ პერიოდში, ცივი ფრონტის გავლისას ადგილი აქვს ელჭექსა და სეტყვას. ეს ფრონტი წარმოიქმნება მაშინ, როცა ერთი ცივი ჰაერის მასა სწრაფი მოძრაობით დაეწევა მეორე ცივ ჰაერის მასას და მოხდება მათი ფრონტის ხაზების გაერთიანება. ცივი ჰაერის მასების ერთმანეთში შერევა ინვევს თბილი ჰაერის მასების მაღლა სწრაფად განდევნას და გროვანვიმის (Cb) ღრუბლებისა და ელჭექის წარმოქმნას. ფრონტის ხაზების ასეთ გაერთიანებას ოკლუზია ეწოდება.

11.2 ციკლონი და ანტიციკლონი

ატმოსფეროს საერთო ცირკულაციის სისტემა ხასიათდება მაღალი და დაბალი წნევის არეებით. დაბალი წნევის არეს ციკლონი ეწოდება, ხოლო მაღალი წნევის არეს ანტიციკლონი.

ციკლონი – ჰაერის წნევათა განაწილების ისეთი არეა, რომლის ცენტრში წნევას უმცირესი მნიშვნელობა ახასიათებს, რის გამოც ქარი ქრის პერიფერიებიდან ცენტრისაკენ, საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით (ნახაზი 11.2.1).



ნახ. 11.2.1 ციკლონი

იგი წარმოიქმნება ტროპიკულ განედებში, ასევე ფორმირდება ცივი და თბილი მასების გამყოფ პოლარულ ფრონტზეც.

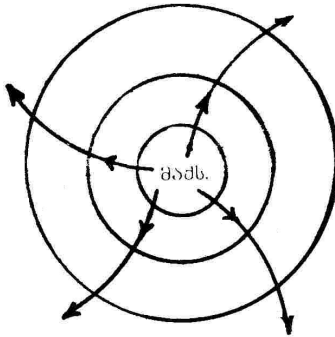
ციკლონის დროს მყარდება შესაბამისი ამინდი – აღმავალი დინებისა და დაბალი წნევის შედეგად ციკლონის ცენტრში წარმოიქმნება ღრუბელი, რის გამოც ციკლონს ახასიათებს დიდი ღრუბლიანობა და უხვი ნალექები, თბილ პერიოდში წვიმის, ხოლო ცივ პერიოდში თოვლის სახით. ციკლონი თბილი ჰაერის მასების მოძრაობის მიმართულებით გადაადგილდება, ე.ი. ზაფხულში გეოგრაფიულად იგი დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ გადაადგილდება, დღელამეში 400-800 კმ-ით, ზამთარში უფრო სწრაფად გადაადგილდება (1000 კმ/სთ). ციკლონის შიგნით ჰაე-

რის მასების მოძრაობის სიჩქარეა 10-15 მ/წმ, ზოგჯერ 30 მ/წმ და მეტსაც აღწევს. ციკლონის მოძრაობის სიჩქარეა 30-50 კმ საათში, ცალკეულ შემთხვევებში 100 კმ/სთ.

ციკლონის წარმოქმნაში და ფორმირებაში მონაწილეობს ორი ფრონტი – თბილი და ცივი, რომლებსაც თავისებური ამინდი ახასიათებს. თბილი ჰაერის მასა მოძრაობაში აიძულებს ჰაერის ცივ მასას დაიხიოს უკან და დაიკავოს მისი ადგილი. ცივი ჰაერი, რომელიც თბილი ფრონტის უკან მოძრაობს უფრო მეტი სიჩქარით, აიძულებს მას აიწიოს მაღლა და დაუთმოს ადგილი. ფრონტების ასეთი ტალღური მოძრაობით ციკლონის ცენტრში წარმოიქმნება ჰაერის წრიული მოძრაობა. ფრონტალური ხაზები ერთდებიან და წარმოქმნიან ოკლუზიის ფრონტს, რის შედეგადაც ციკლონი სუსტდება და საბოლოოდ ქრება.

ცივი ფრონტის გავლის დროს წარმოიქმნება წვიმაგროვა ღრუბლები და მოდის თქეში ხასიათის ნალექები, რომელსაც ხშირად სეტყვაც მოყვება. ცივ ფრონტზე წარმოქმნილი ნალექები, განსხვავებით თბილ ფრონტზე წარმოქმნილისა მეტად საზიანოა მცენარეებისათვის.

ანტიციკლონი. ანტიციკლონის შემთხვევაში წნევის მაქსიმუმი წარმოდგენილია ცენტრში და პერიფერიისაკენ თანდათანობით კლებულობს. ჰაერის მასები ანტიციკლონში მოძრაობენ ცენტრიდან პერიფერიისაკენ, საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით, რის გამოც მისი მოქმედების ზონაში მოწმენდილი და მშრალი ამინდია (ნახაზი 11.2.2).



ნახ. 11.2.2 ანტიციკლონი

ანტიციკლონი მძლავრი ერთგვაროვანი ჰაერის მასაა, რომელიც 2 ათეულ კმ-ზე მეტ ტერიტორიას იკავებს. იგი წარმოიქმნება ზევიდან ჰაერის მასების დაშვებით, რის გამოც მის ცენტრში გროვდება ჰაერის მასა, რაც მაღალ წნევას განაპირობებს. ზაფხულში, მან შეიძლება გამოიწვიოს ატმოსფერული გვალვა, როგორც შედარებით იშვიათი მოვლენა მოდის თქვენი ნვიმებიც, რაც გამოწვეულია ადგილობრივი კონვექტური დენებით. ზამთარში, ანტიციკლონის მოქმედების განედებისათვის დამახასიათებელია მინის ზედაპირული ინვერსიები (მკაცრი ყინვები).

ანტიციკლონებს უკავიათ დიდი ტერიტორია, მათი დიამეტრი 2000-3000 კმ აღწევს. მათთვის დამახასიათებელია სუსტი ქარები. არჩევენ მოძრავ და სტაციონარულ ანტიციკლონებს. მოძრავი ანტიციკლონები წარმოიქმნება არქტიკაში და მოაქვს ცივი, მშრალი ჰაერი. სტაციონარული ანტიციკლონები უმეტესად წარმოიქმნება ზაფხულში, წყნარი ოკეანის ჩრდილოეთ ნაწილში და ზამთარში ზომიერი განედების მატერიკულ ნაწილში. ისინი ხასიათდებიან დგომის ხანგრძლივობით (რამდენიმე კვირა, თვე). ანტიციკლონების გადაადგილების სიჩქარეა 25 კმ/სთ-ში, ზოგჯერ 80 კმ/სთ აღწევს.

ანტიციკლონები, ისევე როგორც ციკლონები ძირითადად მოძრაობენ დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ, თუმცა შესაძლებელია გადაიხარონ დაბალი განედებისაკენ, სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით.

11.3 ამინდის პროგნოზი

ამინდი წარმოადგენს ჰაერის მასებისა და მასში მიმდინარე ფიზიკური პროცესების მდგომარეობას და ცვლილებას ანუ იგი არის მეტეოროლოგიური ელემენტების – წნევის, ტენიანობის, ტემპერატურის, ქარისა და სხვა მეტეოროლოგიური ელემენტების მაჩვენებლების ცოდნა, მოცემულ ადგილზე დროის მოცემულ პერიოდში. იგი გარემოზე მუდმივმოქმედი ფაქტორია და მთელ რიგ შემთვევებში შესაძლებელია არახელსაყრელი აღმოჩნდეს როგორც მცენარეებისათვის, ისე სხვა ცოცხალი ორგანიზმებისათვის. მათ საშიშ მეტეოროლოგიურ მოვლენებს უწოდებენ. თბილ პერიოდში ასეთ მოვლენად მიიჩნევა: გვალვები, წაყინვები, მშრალი ქარები, სეტყვა, თავსხმა (თქეში) წვიმები, ხოლო წლის ცივ პერიოდში ძლიერი ყინვები, ლიპყინული, ძლიერი ქარები და სხვა. მოსალოდნელი ატმოსფერული მოვლენის წინასწარ ცოდნა საშუალებას იძლევა ყოველგვარი ზომები იქნას მიღებული ამინდის უარყოფითი გავლენის თავიდან ასაცილებლად. აქედან გამომდინარე, დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ამინდის მეცნიერულ პროგნოზს.

ამინდის პროგნოზი შეიძლება იყოს მოკლევადიანი 1-3 დღის და გრძელვადიანი – კვირის, 1 თვის.

ამინდის პროგნოზირებისათვის ადგენენ სინოპტიკურ რუკას. მასზე, პირობითი ნიშნებით დაიტანება მეტეოროლოგიური სადგურების ერთდროული და დინამიკური (ყოველი 3 საათის შემდეგ) დაკვირვების შედეგები – ჰაერის მასების მოძრაობის მიმართულების, ციკლონების განვითარების, ფრონტთა გადა-

ნაცვლებისა და მასთან დაკავშირებული ნალექების ზონის მდგომარეობის შესახებ.

სინოპტიკური რუკის ანალიზი, საშუალებას იძლევა წინასწარ განვსაზღვროთ ამინდის მოსალოდნელი ცვლილებები. სინოპტიკური რუკის მიხედვით ამინდის წინასწარმეტყველების მეთოდს, სინოპტიკური მეთოდი ეწოდება. სინოპტიკური ინფორმაცია გამდიდრებულია აეროლოგიური დაკვირვებების მონაცემებით ანუ მონაცემებით, რომელიც უშუალოდ თავისუფალი ატმოსფეროდან მიიღება. სინოპტიკური რუკები შესაძლებელია შედგეს როგორც დიდი (კონტინენტები), ისე მცირე ტერიტორიებისათვის (ადმინისტრაციული რაიონი). იგი შეიძლება იყოს როგორც მოკლე (მოკლევადიანი), ისე ხანგრძლივი პერიოდისათვის (გრძელვადიანი).

მოსალოდნელი ამინდის პროგნოზისათვის გამოიყენება ჰიდროდინამიური ანუ რიცხვითი მეთოდი. რიცხვითი პროგნოზის განტოლებების გადანყვეტაში გამოიყენება თითქმის ყველა მეტეოროლოგიური ინფორმაცია.

პროგნოზი დგება საერთო და სპეციალური დანიშნულებისათვის. საერთო პროგნოზი იძლევა ცნობებს ქარის, ტემპერატურის, ნალექების, ღრუბლიანობის და სხვა ელემენტების შესახებ. სპეციალური დანიშნულების პროგნოზის შედგენისას ითვალისწინებენ იმ დარგის სპეციფიკას, რომლისთვისაც დგება პროგნოზი.

გრძელვადიანი პროგნოზისათვის განიხილება ხანგრძლივი პერიოდისათვის ჰაერის მასებისა და ბარიული სისტემების შესაძლებელი უამრავი შემთხვევა. ასევე, ყურადღება ექცევა მზის აქტივობის რყევას, რადგან მისი ამპლიტუდა გარკვეულწილად მოქმედებს ატმოსფეროს ცირკულაციურ პროცესებზე და შესაბამისად ამინდის ფორმირებაზე.

მსოფლიო მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა სისტემას თანამგზავრული მონაცემებით ემსახურება ხელოვნური თანამგზავრების ორი ტიპი: პოლარულ-ორბიტალური და გეოსტაციონალური. თანამგზავრული ტექნოლოგიების განვითარებას უზ-

რუნველყოფს კოსმოსური კვლევის ცენტრი აშშ-ში NASA და ევროპაში „EUMETSAT“ (მეტეოროლოგიური თანამგზავრები). ინფორმაციის მიღება ხდება 5 არხით (სპექტრულ დიაპაზონში) უწყვეტად. თანამგზავრიდან მიღებული ფოტოსურათებით ხდება ციკლონებისა და ანტიციკლონების ადგილმდებარეობისა და სიჩქარის განსაზღვრა.

ამინდის პროგნოზისათვის აუცილებელია ყოველდღიური ცნობები ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესებზე არა მარტო გარკვეული ნაწილისათვის, არამედ მისი მთლიანი ზედაპირისათვის. დედამიწის ზედაპირის 70% დაფარულია ზღვებითა და ოკეანეებით, რაც სრულ მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა ნარმოების საშუალებას არ იძლევა. ამიტომ, ე.წ. მეტეოროლოგიური თანამგზავრების საშუალებით ხდება ატმოსფეროს მაღალ ფენებში მიმდინარე პროცესების უწყვეტი შესწავლა.

ამინდის პროგნოზების შესწავლის გლობალური ხასიათის დამადასტურებელია მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის (WMO) მიერ ამინდზე დაკვირვებების სრულყოფა, ამინდის პროგნოზის გაუმჯობესება და მეტეოროლოგიური ინფორმაციის შეკრებისა და გაცვლის დაჩქარება მსოფლიოს ქვეყნებს შორის.

11.4 ამინდის წინასწარმეტყველება ადგილობრივი ნიშნებით

ადგილობრივი ნიშნებით ამინდის პროგნოზის შედგენა შესაძლებელია მხოლოდ მცირე ტერიტორიისათვის. გათვალისწინებულია ის გარემოება, რომ ამინდი არ უნდა ვინინასწარმეტყველოთ ერთი რომელიმე ნიშნის მიხედვით, არამედ რამდენიმე ნიშანი უნდა დაუპირისპიროთ ერთმანეთს. პროგნოზის საიმედოობა მაშინ იქნება მაღალი, როცა ნიშნების უმეტესი ნაწილი ერთმანეთს დაემთხვევა. აღნიშნული ნიშნები საერთოა კონკრეტული ადგილისათვის. შეიძლება ერთი ადგილისათვის დარის

მაუწყებელი ნიშანი, სხვა ადგილისათვის ავდრის მაუწყებელი გამოდგეს. მოსალოდნელი ამინდის წინასწარმეტყველება მთიან რეგიონებში, რელიეფის სირთულის გამო გაძნელებულია. ამიტომ, ადგილობრივი ნიშნების გამოყენებით შესაძლებელია ამინდის პროგნოზი დაზუსტდეს პატარა რაიონისათვის.

ტყის ბიომასის მატებისათვის მნიშვნელოვანია მწერების, სოკოვანი და ბაქტერიული ავადმყოფობების მიმართ ტყის ნარგაობის მდგრადობა. ტყის ჯიშებზე მავნებლებისა და სხვადასხვა დაავადების გავრცელება ამინდის პირობებით, კერძოდ, მისი უარყოფითი მოვლენებით არის გამოწვეული. ტყის მასობრივი გადაგვარება ხდება არახელსაყრელი ნიადაგურ-კლიმატური პირობებით. ტყის ნარგაობაზე დამლუპველად მოქმედებს გვალვები, ძლიერი ყინვები და სხვა. მრავალი მავნებლისა და დაავადების აფეთქება იწყება გვალვიან წლებში ან ზამთრის ძლიერი ყინვების შემდეგ, ანუ ამინდის იმ არახელსაყრელი მოვლენის შედეგად, რაც მცენარის გამოფიტვასა და დასუსტებას იწვევს.

ამინდთან მჭიდრო კავშირშია ტყეში ხანძრის წარმოქმნის საშიშროება. ხანძრის გაჩენის ალბათობა მეტია გვალვებისა და ტყის ბალახეული საფარის გახმობის პერიოდში. ცეცხლის გაჩენის მომენტში საშიშია ქარების მოქმედება, აგრეთვე ჭექა-ქუხილის დროს წარმოქმნილი ელექტრომუხტი. გამომდინარე იქედან, რომ ხანძრის მოვლენა დაკავშირებულია ამინდთან, ხანძრის საშიშროების შეფასება ხდება კომპლექსური მახასიათებლებით. ხდება ხანძრის საშიშროების კლასების შედგენა, რომლის მიხედვით შემუშავდება ტყის ხანძრების საშიშროების რუკა და პროგნოზი ხანძარსაშიში პერიოდისათვის.

მოსალოდნელი ამინდის ადგილობრივი ნიშნები დაფუძვნებულია მეტეოროლოგიური მოვლენების ხასიათზე.

წნევაზე და ტენიანობაზე დამოკიდებული ნიშნები – დილით ჰაერის ტენიანობის ძლიერი კლება, ხოლო საღამოს მატება, მზიანი ამინდის ნიშანია. წნევის სწრაფი დაცემა ქარის გაძლიერების და ნალექის ნიშანია, ხოლო თუ წნევა განუწყვეტლივ მატულობს მოსალოდნელია კარგი ამინდი. თუ წნევა დილიდან-

ვე მცირდება, ხოლო ჰაერის ტემპერატურა და ტენიანობა ჩვეულებრივზე მეტად იზრდება, ამავე დროს ჰაერი იხუთება მოსალოდნელია ჭექა-ქუხილი.

ქარზე დამოკიდებული ნიშნები – სალამოს ქარის გაძლიერება ავდრის ნიშანია. ზაფხულში ღამით წყნარი ამინდი, შუადღის საათებში ძლიერი ქარი, რომელიც სალამოს ჩადგება კარგი ამინდის ნიშანია. თუ მზიან ამინდში ქარი რამდენიმე დღის განმავლობაში ერთი მხრიდან ქრის, შემდეგ შეიცვალა მიმართულება და მეორე მხრიდან დაუბერა, ნიშანია ამინდის შეცვლის და ნალექის.

ღრუბლებზე დამოკიდებული ნიშნები – ფრთა ღრუბლის გამოჩენა ჰორიზონტზე დასავლეთიდან და მისი სწრაფი მოძრაობა წვიმის და ქარის ნიშანია. დღისით ფრთა ღრუბლების გამოჩენა, რომელთა რაოდენობა არ მატულობს და უნესრიგოდაა გაფანტული ცაზე, კარგი ამინდის ნიშანია. თუ სალამოს გროვა ღრუბლები არ გაიფანტა და არ გაქრა, მოსალოდნელია ამინდის გაუარესება და წვიმა. თუ გროვა ღრუბლები სწრაფად იზრდება და უზარმაზარი მთების ზომას აღწევს მოსალოდნელია ჭექა-ქუხილი.

შერეული ნიშნები – ძლიერი ნამი კარგი ამინდის ნიშანია, ხოლო დილით მშრალი ბალახი ღამით მოსალოდნელი წვიმის. თუ ხევში და დაბალ ადგილებში სალამოსა და დილით ნისლია, რომელიც იფანტება მზის ამოსვლისას მზიანი ამინდია მოსალოდნელი. ვარსკვლევების ციმციმი ნალექის ნიშანია. ასევე, ნალექის ნიშანია თუ დილით რიჟრაჟი ძალზე წითელი ფერისაა.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ამინდის ადგილობრივი მეცნიერულ დაკვირვებათა ნიშნების ნაწილი დამყარებულია ხელსაწყოების ჩვენებაზე, ხოლო ნაწილის შემჩნევა ვიზუალურად არის შესაძლებელი.

თავი XII

კლიმატი

12.1 კლიმატი და მისი წარმომქმნელი ფაქტორები

კლიმატი ეწოდება მოცემულ ადგილში ამინდის მრავალწლიურ რეჟიმს ანუ ამინდის საშუალო მდგომარეობას ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში, რომელიც განპირობებულია მისი გეოგრაფიული მდებარეობით.

მეცნიერებას, რომელიც სწავლობს კლიმატს კლიმატოლოგია ეწოდება. მის მიზანს წარმოადგენს კლიმატის წარმომქმნელი პროცესების, კლიმატის ცვალებადობის პროგნოზირებისა და კლიმატური რესურსების რაციონალურად გამოყენების შესწავლა.

კლიმატის წარმომქმნელი ძირითადი ფაქტორებია: მზის რადიაცია, ატმოსფეროს ცირკულაცია, დედამიწის ზედაპირის საფარი (მცენარეულობა, ყინული, თოვლი და სხვა), ოკეანეები, ზღვები და ა.შ.

კლიმატის ფორმირებაში მნიშვნელოვანი როლი მზის რადიაციას ენიჭება. იგი ატმოსფეროში მიმდინარე თითქმის ყველა პროცესის წყაროა. დედამიწის ზედაპირზე მზის რადიაცია არათანაბრად არის განაწილებული. მისი შემოდინება და რადიაციული ბალანსის სეზონური ცვლილება დამოკიდებულია დედამიწის სფეროსებრ ფორმასა და მისი ღერძის დახრაზე.

მზის რადიაციის განედური განაწილება იწვევს მაღალ და დაბალ განედებს შორის ატმოსფერული ნწვევის განსხვავებას, რის შედეგადაც ვითარდება ჰაერის ნაკადები, რაც განაპირობებს ატმოსფეროს ცირკულაციის ხასიათს.

დედამიწის ზედაპირზე განედების მიხედვით, მზის სითბოს განაწილებას ყოფენ ხუთ თერმულ სარტყელად.

- ცხელი სარტყელი (ტროპიკული), რომელიც მდებარეობს ტროპიკებს შორის ჩრდილოეთ და სამხრეთ (23.5°) განედებზე;

- ორი ზომიერი სარტყელი, ტროპიკებიდან პოლარულ წრემდე (23.5-დან 66.5°-მდე, ჩრდილო და სამხრეთ ნახევარსფეროში);
- ორი ცივი სარტყელი (პოლარული), რომელიც მდებარეობს პოლარულ წრესა და ჩრდილო და სამხრეთ პოლუსებს შორის.

დედამიწის ზედაპირზე სითბოს განაწილებას აგრეთვე განაპირობებს მცენარეული საფარი. ბალახის საფარი ამცირებს ნიადაგის ტემპერატურის დღეღამურ ამპლიტუდას და საშუალო ტემპერატურას. მნიშვნელოვან გავლენას კლიმატზე ახდენს ტყე. მის, მიერ შექმნილი მიკროკლიმატი განსხვავდება მისი მახლობელი ტერიტორიების მიკროკლიმატისაგან. ტყის საფარი ქმნის უსწორმასწორობას, რომელზედაც მატულობს ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა და ჰაერის ტემპერატურა. იგი ხელს უწყობს ტურბულენტური მოძრაობის გააქტიურებას.

ტყის და ყოველგვარი მცენარეული საფარის გავრცელება დამოკიდებულია ადგილის კლიმატურ პირობებზე ანუ მცენარეულობა და კლიმატი მჭიდრო კავშირშია.

კლიმატის წარმოქმნაზე, გარდა გეოგრაფიული განედებისა გავლენას ახდენს მატერიკები და ოკეანეები, რომლებიც წარმოქმნიან კონტინენტური და ზღვის ტიპის კლიმატებს. ერთსა და იმავე განედზე, კონტინენტის დასავლეთ და აღმოსავლეთ სანაპიროებზე განსხვავებული კლიმატია, რასაც განაპირობებს ზღვები და ოკეანეები. ზღვის სანაპირო ზონიდან ადგილის დაშორება გავლენას ახდენს ტენიანობაზე, ტემპერატურულ რეჟიმზე, ღრუბლიანობაზე, ნალექებზე და განსაზღვრავს კლიმატის კონტინენტურობას. კონტინენტურობას განსაზღვრავს, აგრეთვე ატოსფეროს ზოგადი ცირკულაცია.

ძლიერი კლიმატქარმოქმნელი ფაქტორია დიდი მთები, რომლებიც ქმნიან განსაკუთრებულ კლიმატს – მთის კლიმატს.

დედამიწაზე კლიმატების დიდ სხვაობას ქმნის კლიმატის წარმოქმნელი ფაქტორების სხვადასხვა შეთანანწყობა. დედამიწის ზედაპირის დაყოფას კლიმატურ ოლქებად დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, რადგან მცენარეებისა და ნიადაგის თავისებურება, ცხოველების გავრცელება დამოკიდე-

ბულია კლიმატის ხასიათზე. ასევე, კლიმატს უკავშირდება ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის მრავალი დარგი.

დედამიწაზე კლიმატის შესწავლისათვის, ცალკეული რეგიონებისათვის ადგენენ კლიმატის ელემენტთა სხვადასხვა ნიშნების განსაზღვრულ შეთანხმობას, რის შესაბამისადაც არსებობს კლიმატის მრავალი კლასიფიკაცია. აკად. ლ.ბერგის მიხედვით, გამოყოფილია გეოგრაფიული კლიმატური ლანდშაფტური ტიპის ზონები:

1. *ტუნდრის კლიმატი*. აქ ზამთარი ხანგრძლივი და ცივია. ზაფხული ტენიანი, ცივი და ხანმოკლე. ყველაზე თბილი თვის საშუალო ტემპერატურა არ აღემატება 10-12°-ს;
2. *ტაიგის კლიმატი* – ზომიერი კლიმატია, ცივი ზამთრით. თბილი თვის ტემპერატურა 10-20°-ია, ყინვები -30°-ზე დაბალია. ნალექების წლიური ჯამი ქვეზონების მიხედვით ცვალებადობას 300-600 მმ-ს შორის;
3. *ზომიერი ზონის ფოთლოვანი ტყეების კლიმატი*. აქ ზამთარი ნაკლებად ცივია, ხოლო ზაფხული უფრო თბილი, ტაიგის კლიმატთან შედარებით. ნალექების რაოდენობა 500-700 მმ-ს შეადგენს.
4. *მუსონური კლიმატი* – ხასიათდება მშრალი ზამთრით და ხანგრძლივი, თბილი, ტენიანი ზაფხულით. ივლისის თვეში ნალექები აღწევს 100 მმ-ს. ზაფხულში ჰაერის ტენიანობა მაღალია, დღისით ზოგჯერ აღწევს 70%-ს;
5. *სტეპის კლიმატი*. ამ კლიმატის I ქვეტიპში ზამთარი ზომიერია (ან ცივია), ზაფხული – თბილი. II ქვეტიპში ზამთარი თბილია, ზაფხული ცხელი. ნალექების წლიური ჯამი 460 მმ-ია;
6. *ხმელთაშუაზღვის კლიმატი* – სუბტროპიკებშია, სადაც ზაფხული ცხელი და მშრალია, ზამთარი – თბილი და ტენიანი;
7. *სუბტროპიკული ზონის ტყის კლიმატი* – ხასიათდება შედარებით თბილი ზამთრით. ყველზე ცივი თვის საშუალო

- ტემპერატურა 2°-ზე მეტია. ზაფხული ცხელი და უხვ ნალექიანია (1000 მმ და მეტი);
8. *ზომიერი სარტყლის შიდამატერიკული უდაბნოს კლიმატი* – ხასიათდება გრილი ზამთრით, ძალიან მშრალი და ცხელი ზაფხულით. იანვრის თვის საშუალო ტემპერატურა უმეტესად უარყოფითია. ნალექების წლიური ჯამი 250 მმ-ზე ნაკლებია;
 9. *ტროპიკული უდაბნოს კლიმატი* – ხასიათდება ცხელი ზაფხულით და თბილი ზამთრით. ნალექების რაოდენობა მცირეა (250 მმ-ზე ნაკლები წელიწადში);
 10. *სავანის ანუ ტროპიკული ტყე-სტეპის კლიმატი*. ამ ზონაში ყველაზე ცივი ტემპერატურა 18°-ზე დაბლა არ ეცემა. ნალექების რაოდენობა 200-1000 მმ-ს შეადგენს;
 11. *ტენიანი ტროპიკული ტყის კლიმატი* – ცხელია, აქ მშრალი სეზონი იშვიათად იცის, ტემპერატურის წლიური მსვლელობის ამპლიტუდა მცირეა. ნალექების რაოდენობა 2000-5000 მმ-ს შეადგენს;
 12. *მუდმივი ყინულის კლიმატი* – მოიცავს უკიდურეს ჩრდილოეთ რაიონებს (მთებში თოვლის ზონის მაღლა), სადაც ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა ყოველთვის უარყოფითია.

12.2 აგროკლიმატური რესურსების შეფასება

აგროკლიმატური ფაქტორების ერთობლიობას, რომელიც ქმნის სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მიღების შესაძლებლობას აგროკლიმატური რესურსი ეწოდება.

აგროკლიმატური რესურსების შეფასების მეთოდულად მნიშვნელოვანია გარემოსა და მცენარის ერთიანობის პრინციპი, რომელიც გამოიხატება მცენარეთა მოთხოვნილების არსებობით გარკვეული პირობებისადმი. აღნიშნული მეთოდულად ემყარება ორ ძირითად გარემოებას: მცენარეების სიცოცხლისათვის საჭი-

რო თანაბარმნიშვნელოვნობის (შეუცვლელიობის) ფაქტორებს და მცენარეთა გარემოს ყოფის ფაქტორებს.

კლიმატის ძირითადი ფაქტორები: სითბო, სინათლე, ტენი და ჰაერი ერთნაირად საჭიროა მცენარეებისათვის. ეს ფაქტორები მათზე ახდენენ უშუალო და პირდაპირ გავლენას, როგორც სიცოცხლის მთელ პეიოდში, ასევე მათი გავრცელების მთელ ტერიტორიაზე. დანარჩენი ფაქტორები (დამატებითი) ასრულებენ მეორეხარისხოვან როლს. მათ კორექტივები შეაქვთ ძირითადი ფაქტორების მოქმედებაში (ეს ფაქტორებია: ქარი, ღრუბლიანობა, ნისლი და სხვა). ისინი აძლიერებენ ან ასუსტებენ ძირითადი ფაქტორების მოქმედებას. მაგალითად, ღრუბლიანობა ასუსტებს და ცვლის მზის რადიაციის სპექტრულ შემადგენლობას დედამიწაზე და მნიშვნელოვნად ამცირებს ჰაერის ტემპერატურის დღელამურ ამპლიტუდას. ქარი აძლიერებს ნიადაგის ტენის ხარჯვას აორთქლებაზე, ტრანსპირაციაზე და ა.შ.

აგროკლიმატური რესურსების შეფასების მეთოდულ კამპიაში გასათვალისწინებელია მინიმუმის კანონი (მალიმიტირებელი ფაქტორის კანონი). ამ კანონის თანახმად, სხვა პირობების შეცვლისას მოსავლის რაოდენობა განისაზღვრება იმ ფაქტორით, რომელიც მინიმუმს წარმოადგენს. მაგალითად, გვალვიან ზონებში ტენის რაოდენობა წარმოადგენს მოსავლის მალიმიტირებელ ფაქტორს. ე.ი. აგროკლიმატის შეფასებას საფუძვლად უდევს დედამიწაზე სხვადასხვა კლიმატურ ზონებში ტემპერატურის რეჟიმისა და ნიადაგის ტენიანობის შეფასება.

აგროკლიმატური რესურსების შეფასებისას უნდა დადგინდეს შემდეგი პირობების რაოდენობრივი მნიშვნელობები:

1. სავეგეტაციო პერიოდის თერმული და ნაწილობრივ სინათლის პირობები და მისი ცალკეული პერიოდები;
2. ტენიანობის პირობები (ნალექების რეჟიმი და ნიადაგის ტენი);
3. მცენარეების გადაზამთრების პირობები, რომლებიც ხასიათდებიან ჰაერისა და ნიადაგის მინიმალური ტემპერატურებით, თოვლის საფარის სიმაღლით;

4. მცენარეებისათვის არახელსაყრელი (საშიში) მეტეოროლოგიური მოვლენები.

კლიმატის მითითებულ მახასიათებლებთან ერთად გათვალისწინებული უნდა იქნას მცენარეების მოთხოვნილება გარემოსადმი. კერძოდ, ოპტიმალური და კრიტიკული ჰაერის და ნიადაგის ტემპერატურები და მათი ჯამები.

აგროკლიმატური მაჩვენებლები. რაოდენობრივი კავშირის გამოსახვას კლიმატურ ფაქტორებსა და მცენარის ზრდა-განვითარებას, ყინვაგამძლეობასა და მოსავლის ფორმირებას შორის აგროკლიმატური მაჩვენებლები ეწოდება.

სავეგეტაციო პერიოდში სითბოზე მცენარეების მოთხოვნილების აგროკლიმატურ მაჩვენებლად გამოიყენება ეფექტური და აქტიური ტემპერატურების ჯამები.

აგროკლიმატურ მაჩვენებლებს განეკუთვნება კრიტიკული ტემპერატურებიც, რომლებიც განსაზღვრავენ მცენარეების სიცოცხლისუნარიანობას.

მცენარის ტენზე მოთხოვნილების აგროკლიმატური მაჩვენებელია პროდუქტიული ტენის მარაგი, რაც მოსავლის სიდიდის უზრუნველყოფის განმსაზღვრელია.

აგროკლიმატური ანალოგების თეორიის საფუძველს წარმოადგენს ის გარემოება, რომ მცენარეების სიცოცხლის განმსაზღვრელი კლიმატური ფაქტორები უნდა უზრუნველყოფდეს მცენარეების მოთხოვნილებას. მცენარის ერთი კლიმატური ზონიდან მეორეში გადატანისას, საჭიროა დადგინდეს ახალი ტერიტორიის კლიმატური რესურსების შესაბამისი ხარისხი, მცენარეების მოთხოვნილების მიხედვით, რაც გამოიხატება აგროკლიმატური მაჩვენებლებით.

ტერიტორიის აგროკლიმატური შეფასება ხდება არა მარტო მეტეოროლოგიური სიდიდეების საშუალო მრავალწლიური მნიშვნელობებით, არამედ მათი განსაზღვრული მნიშვნელობების და მათი დროში განმეორადობითაც. აღნიშნული, საშუალებას იძლევა გამოვავლინოთ ნიადაგის ტენიანობის სხვადასხვა

მარაგის, ნალექებისა და ტემპერატურათა ჯამის ნორმიდან მნიშვნელოვანი გადახრების განმეორადობის სიხშირე.

აგროკლიმატური სიდიდეების უზრუნველყოფისა და განმეორადობის გაანგარიშება. აგრომეტეოროლოგიური რესურსების შეფასებისათვის გამოიყენება საშუალო მრავალწლიური მეტეოროლოგიური სიდიდეების მნიშვნელობები, რომლებიც მიიღება რიგი წლების გასაშუალებით. თუ რიგი საკმაოდ დიდია (40-60 და მეტი, მრავალფაქტორთა სიდიდისათვის), ასეთ გასაშუალებას კლიმატურ ნორმას უწოდებენ. მომდევნო ეტაპს, მეტეოროლოგიური დაკვირვებათა მონაცემების განზოგადოებისას წარმოადგენს მათი დაჯგუფება. მნიშვნელობების ინტერვალს, რომლითაც ჯგუფდება მონაცემები, რიგი მრავალწლიური დაკვირვებათა რომელიმე სიდიდეების მიხედვით, გრადაციას უწოდებენ.

მოცემული გრადაციის სიხშირეს ან შემთხვევათა რიცხვს, რომელიც განეკუთვნება მოცემული რიგის საერთო რიცხვს, მოცემული გრადაციის განმეორადობა ეწოდება. მოცემული სიდიდის განმეორადობის მნიშვნელობას, რომელიც პროცენტებში გამოისახება ალბათობას უწოდებენ. ეს სიდიდე გვიჩვენებს ასეთი მოვლენის განმეორადობის ალბათობის სიხშირეს, წლის გარკვეულ ინტერვალში.

ჯამური ალბათობის მოვლენას გარკვეული საზღვრის ზევით ან ქვევით უზრუნველყოფას უწოდებენ.

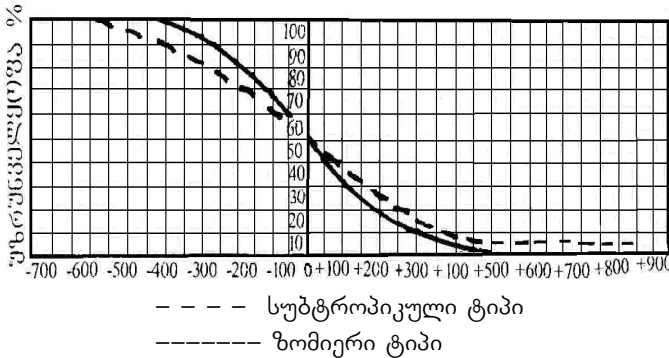
კლიმატური პარამეტრების სხვადასხვა მნიშვნელობების უზრუნველყოფის და ალბათობის გაანგარიშება წარმოებს ემპირიული ფორმულით:

$$p = \frac{m}{n + 1} \cdot 100\%$$

სადაც p - უზრუნველყოფაა (%), m - სტატისტიკური წევრების რიგითი ნომერი $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$, რომლებიც განლაგებულია კლებად რიცხვებად, n - შემთხვევათა რიცხვი რიგში.

სავეგეტაციო პერიოდის თერმული და სინათლის რესურსების შეფასება. სავეგეტაციო პერიოდის თერმული პირობების შეფასება ხდება აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის მიხედვით. ცალკეულ წლებში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი სავეგეტაციო პერიოდში შეიძლება არსებითად განსხვავდებოდეს საშუალო მრავალწლიურისაგან. იმისათვის, რომ დავადგინოთ მოცემულ ადგილზე, უმეტეს წლებში მცენარეები უზრუნველყოფილია თუ არა სითბოთი ჩვენთვის საინტერესო მოცემული მნიშვნელობებით, უნდა განისაზღვროს ტემპერატურის ჯამის განმეორადობის შემთხვევა და მცენარის მიერ ტემპერატურის ჯამისადმი მოთხოვნილების უზრუნველყოფა (%).

ნახაზზე 12.2.1 მოცემულია ტემპერატურის ჯამის უზრუნველყოფის მრუდი.



ნახ. 12.2.1 ტემპერატურათა ჯამის უზრუნველყოფის მრუდი

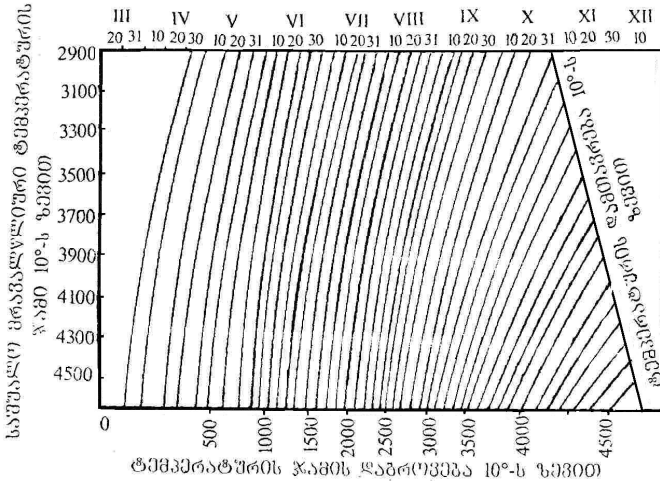
ნახაზის აბსცისთა ღერძზე მოცემულია ტემპერატურათა ჯამის გადახრა საშუალო სიდიდიდან (0-დან პირობითადაა მიღებული), ხოლო ორდინატთა ღერძზე ტემპერატურით უზრუნველყოფა (%).

მოცემული მრუდები ორი ტიპისაა და ახასიათებს ზომიერ და სუბტროპიკულ კლიმატურ ზონებს. აღნიშნული მრუდების მიხედვით, შეიძლება განისაზღვროს სითბოთი უზრუნველყოფა სავეგეტაციო პერიოდში, სხვადასხვა მცენარისათვის. ამისათვის, უნდა ვიცოდეთ მოცემული რაიონისათვის მრავალწლიური

საშუალო ტემპერატურის ჯამი 10° -ის ზევით მდგრადი გადასვლიდან.

აღნიშნული მეთოდი საშუალებას იძლევა მოცემულ ადგილზე, სავეგეტაციო პერიოდში გავიგოთ, თუ როგორი ალბათობითაა მოსალოდნელი აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის ესა თუ ის მნიშვნელობა. გამოთვლილი სიდიდე, არ იძლევა სრულწარმოდგენას ტემპერატურის ჯამის დაგროვების დინამიკაზე, მაშინ როცა რიგი ამოცანების გადაწყვეტისათვის, საჭიროა განისაზღვროს რომელ ვადაში დაგროვდება მცენარისათვის საჭირო ტემპერატურათა ჯამი.

ნახაზზე 12.2.2 მოცემულია ნომოგრამა, რომლის მიხედვით, განისაზღვრება ამა თუ იმ ტემპერატურის ჯამის დაგროვება ნებისმიერ თარიღში და პირიქით, თუ ვიცით თარიღი განისაზღვრება ტემპერატურის ჯამი, რომლის სიზუსტე არის 50° (იშვიათად 100°).



ნახ. 12.2.2 ტემპერატურის ჯამის დაგროვება დამოკიდებული ტემპერატურის მრავალწლიურ საშუალო ჯამზე

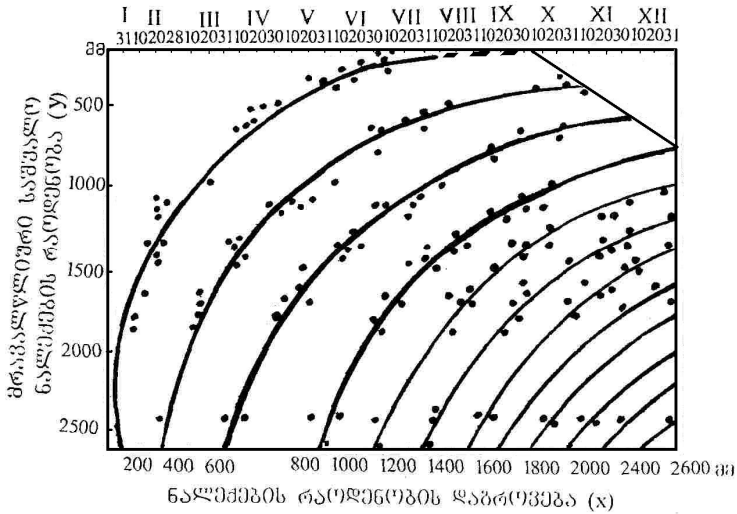
მოცემული ნომოგრამა შედგენილია მშრალი და სუბტროპიკული ზონებისათვის, ზღვის დონიდან 1000 მ სიმაღლემდე.

თერმული პირობების შეფასებისათვის, ასევე გათვალისწინებულია უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა, ჰაერში და ნიადაგის ზედაპირზე ინტენსიური წაყინვების დაწყებისა და დამთავრების საშუალო და მოსალოდნელი ვადები.

მზის რადიაციის რესურსები სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში ძირითადად განისაზღვრება მზის რადიაციის ჯამური შემოსვლით, საშუალო მრავალწლიური ჯამების ან რადიაციული ბალანსის ჯამების მიხედვით, ასევე 5 და 10°-ის ზევით ტემპერატურების პერიოდში, ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაციის ჯამური შემოსვლით.

სავეგეტაციო პერიოდის ტენიანობის პირობების შეფასება. მცენარეების ტენით უზრუნველყოფის შეფასება ხდება ნალექების საშუალო მრავალწლიური ჯამებით, რომლებიც ახასიათებენ ტერიტორიის უზრუნველყოფას 50%-ით.

ნახაზზე 12.2.3 მოცემულია ნომოგრამა, რომლითაც შესაძლებელია გაანგარიშებული იქნას კონკრეტული რაიონისათვის ნალექების ჯამის სხვადასხვა უზრუნველყოფა ნებისმიერი პერიოდისათვის, თუ ცნობილია მათი საშუალო მრავალწლიური ჯამი თვისა და წლის პერიოდისათვის.



**ნახ. 12.2.3 მრავალწლიური ნალექების ჯამზე (y)
დამოკიდებული ნალექების დაგროვება (x)**

ნომოგრამა საშუალებას იძლევა განისაზღვროს, თუ რომელ კალენდარულ ვადაში დაგროვდება ჩვენთვის საინტერესო ნალექების ჯამი (მმ), საიდანაც გავიგებთ, თუ როგორ იქნება უზრუნველყოფილი მცენარე ტენით.

სავეგეტაციო პერიოდის ტენიანობის პირობების შეფასება ნალექების ჯამებით, არ არის საკმარისი ტერიტორიის წყლის რესურსების დახასიათებისათვის. რადგან ამა თუ იმ რაიონში ნალექების ჯამი შეიძლება ერთნაირი იყოს, მაგრამ ერთი რაიონი ხასიათდებოდეს ნალექების სიჭარბით მცენარეებისათვის, ხოლო მეორე ტენის ნაკლებობით და მოითხოვდეს მორწყვითი ღონისძიებების გატარებას, რაც აიხსნება ამ რაიონებში აორთქლების სხვაობით. აორთქლება ძირითადად დამოკიდებულია მზის რადიაციის შემოსვლაზე და ამით განპირობებულია ტემპერატურული რეჟიმი. სამხრეთის რაიონებში აორთქლება მაღალია, ვიდრე ჩრდილოეთის რაიონებში. ტერიტორიის ტენიანობის პირობების შეფასებისათვის მიმართავენ ნალექების რაოდენ-

ნობის შეფარდებას მის აორთქლებასთან, რისთვისაც გამოიყენება გ.სელიანინოვის ჰიდროთერმული კოეფიციენტი (ჰტკ).

12.3 ტყე და კლიმატი

ტყის მჭიდრო კავშირი კლიმატთან ვლინდება დედამიწაზე მისი ზონალური განაწილებით. დედამიწის ზედაპირი ხშირ შემთხვევაში უსწორმასწორო, ტალღისებურია, აქედან გამომდინარე კლიმატური და კერძოდ, მიკროკლიმატური პირობებიც განსხვავებულია.

მცენარეს ზრდა-განვითარებისათვის გარკვეული რაოდენობით სითბო, ტენი, სინათლე და სხვა მეტეოროლოგიური ელემენტების ოპტიმალური შეთანაწყობა ესაჭიროება. ამიტომ, ბუნებრივ პირობებში მცენარეების სხვადასხვა ჯიშები ზონალურად ნაწილდება რელიეფისა და სიმაღლის მიხედვით.

ტყის როლი კლიმატის ფორმირებაში ადრეული პერიოდიდან იყო მნიშვნელოვანი. ტყის ხელოვნურად გაშენების ისტორია რამოდენიმე ეტაპად შეიძლება დაიყოს.

პირველი პერიოდი მიმართული იყო ტყის დაცვისა და მუხნარი ტყეების აღდგენისაკენ.

მეორე პერიოდი ცნობილია ვ.დოკუჩაევის ექსპედიციის წინა პერიოდად, როდესაც ყალიბდებოდა საცდელი სატყეოები.

მესამე პერიოდი ხასიათდება სტეპებში ტყის ხელოვნური გაშენებით. შემდგომ პერიოდში შენდება ტყეები, იქმნება მინდორსაცავი ტყის ზოლები, სატყეო-საცდელი მეურნეობები და სხვა.

ტყის გავლენაში იგულისხმება ყოველი მცენარისა და ბუჩქის გავლენა კლიმატზე, მინისქვეშა წყლის დონეზე, მდინარის დინებაზე, ეროზიაზე და ა.შ.

ამრიგად, ტყის როლი კლიმატთან მიმართებაში შემდეგია:

- ა) ტყე ჩრდილავს ნიადაგის ზედაპირს, ხოლო წვიმის, თოვლისა და სხვა სახის ატმოსფერული ნალექების ნაწილს

ატარებს ნიადაგში (ნაწილი ფოთლებიდან და ტოტებიდან ორთქლდება), ადიდება ჰაერის ტენიანობას, რაც დადებით მოვლენად უნდა ჩაითვალოს.

ნიადაგის მიერ მიღებული ნალექების რაოდენობა დამოკიდებულია ტყის სიხშირეზე და მის ჯიშობრივ შემადგენლობაზე. წინვოვანი მცენარეები ნაკლებ ნალექს ატარებენ ნიადაგის ზედაპირამდე, ვიდრე ფოთლოვანები. წინვოვან ტყეებში ნიადაგი უფრო დაჩრდილულია, ამიტომ აორთქლების ინტენსივობა დაბალია, ხოლო მზის რადიაციის გავლენა სუსტი, შესაბამისად დაბალია ჰაერისა და ნიადაგის ტემპერატურებიც.

ტყეში თოვლის საფარი თანდათანობით დნება და მის მთელ მარაგს ნიადაგი ითვისებს, რაც მცენარეს ნორმალური ვეგეტაციისათვის ოპტიმალურ პირობებს უქმნის. აღნიშნულისაგან განსხვავებით, ველზე მზის რადიაციის მოქმედებით თოვლი სწრაფად დნება (განსაკუთრებით ზამთრის პერიოდში), ნიადაგი მას ვერ ითვისებს, რაც ნყალდიდობას იწვევს. მსგავსი უარყოფითი მოვლენების თავიდან აცილება შესაძლებელია ტყის სწორი ექსპლუატაციით, მისი გაშენებით და დაცვით.

ბ) ტყე და მინდორსაცავი ტყის ზოლი ამცირებს ქარის მავნე მოქმედებას, უცვლის მას მიმართულებას და სიჩქარეს.

აღმოსავლეთის მიმართულების ქარი მშრალი და ცხელია, რადგან ის უდაბნო ადგილებიდან ქრის, წლის თბილ პერიოდში. ცივ პერიოდში კი – მშრალი და ცივი, რაც სამხრეთ რაიონებში დაბალ ტემპერატურას ამყარებს და იწვევს მცენარეთა დაზიანებას. ტყის მასივი, დიდ როლს ასრულებს ამ მავნე მოვლენების ზეგავლენის შემცირებაში.

ტყით დაფარულ ადგილებში ეროზიული მოვლენა მცირე მასშტაბით (ან სულ არ ხდება) მიმდინარეობს, რაც ტყის სიხშირესთანაა დაკავშირებული.

გ) ტყისქვეშა ნიადაგი ორგანული ნარჩენების დაშლის პროცესის გამო, სხვა ნიადაგებისაგან მაღალი ფიზიკურ-ქიმი-

ური თვისებებით გამოირჩევა. ის კარგად ითვისებს ნაღვეებს, დიდი სითბოგამტარობა და სითბოტევადობა ახასიათებს, რაც ხელსაყრელ პირობებს ქმნის მცენარეების ზრდა-განვითარებისათვის.

ტყის ნიადაგის ზედაპირსა და ქვედა ფენებში ტემპერატურის ამპლიტუდა მცირეა, ტენიანობის დინამიკა კი ნორმალური, რაც ხელს უწყობს მცენარეთა ფესვთა სისტემის განვითარებას. ეს უკანასკნელი კი, თავის მხრივ დადებითი ფაქტორია მცენარის მიწისზედა ნაწილის განვითარებისათვის. როცა ნაღვეები მცირე რაოდენობითაა, ან სულ არ არის, მცენარე არსებობისათვის წინა პერიოდში დაგროვილ ატმოსფერულ ნაღვეებს იყენებს, რაც მხოლოდ ტყის პირობებშია შესაძლებელი.

კლიმატზე ტყის გავლენის მნიშვნელობა განსაკუთრებულად აქტუალური გახდა ტყის არასწორი ექსპლოატაციის შედეგად კლიმატის ცვლილების, ატმოსფერული ნაღვეებისა და ამასთან დაკავშირებით წყლის რესურსების შემცირების, მოშიშველებულ ადგილებზე წყალდიდობების, თოვლის ზვავებისა და სხვა მოვლენების გამო.

ტყის ქვეშ მეტეოროლოგიური პროცესები, ველთან შედარებით განსხვავებულად მიმდინარეობს. ტყის ინტენსიური ჭრის შედეგად, მის ქვეშ განათებულობა, ასევე ჰაერისა და ნიადაგის ტემპერატურები მატულობს, ხოლო ჰაერისა და ნიადაგის ტენიანობა სწრაფად ეცემა, რაც არღვევს მეტეოროლოგიურ ელემენტებს შორის კანონზომიერებას.

ტყის გაკაფვის შედეგად ძლიერდება ეროზიული პროცესები, განსაკუთებით დასერილ რელიეფიან, მთაგორიან ადგილებში. ნიადაგის ზედაპირსა და მიმდებარე ჰაერის შრეში ტემპერატურა ძლიერ ცვალებადობს, იზრდება მისი ამპლიტუდა.

ცხრილში 12.3.1 მოცემულია გაუკაფავ და გაკაფულ ტყეებში ნიადაგის ტემპერატურებზე დაკვირვებათა მონაცემები.

**გაუკაფავი და გაკაფული ტყეების ნიადაგის
ტემპერატურები (°C)**

სიღრმე (სმ)	გაუკაფავი ტყე (°C)	გაკაფული ტყე (°C)
0	5.3	4.8
10	6.1	4.9
25	6.1	5.2
50	6.1	5.3

ცხრილიდან ჩანს, რომ ტყის 1/3 ნაწილის გაკაფვა საგრძნობლად ამცირებს ნიადაგის სიღრმეში ტემპერატურის ნორმალურ მსვლელობას და ამასთან დაკავშირებით სხვა პროცესებსაც.

12.4 კლიმატის ცვლილება

კლიმატი ბერძნული სიტყვაა და „დახრილობას“ ნიშნავს. იგი წარმოადგენს ადგილის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ მახასიათებელს, რომელიც განისაზღვრება გეოგრაფიული მდებარეობით (განედით), ხმელეთისა და ზღვის განაწილებით, რელიეფით, მცენარეული საფარით და სხვა.

კლიმატური ცვლილებები მიმართულია დათბობის, აცივების, ტენიანობის ან სიმშრალისაკენ. გრძელვადიან პერიოდში შესაძლებელია ერთი კლიმატიდან მეორეში გადასვლა, რასაც საკმაოდ ხანგრძლივი დრო სჭირდება. აღნიშნული პროცესი კლიმატის წარმომქმნელი ფაქტორების მკვეთრ ცვლილებასთან არის დაკავშირებული და ათეულ მილიონ წელს მოიცავს. შედარებით მოკლე პერიოდს მოიცავს კლიმატის მერყეობა. სხვადასხვა ადგილის მეტეოროლოგიური პირობები განსხვავებულია და

მუდმივად ცვალებადობს. ასეთი პირობები არ იძლევა კლიმატის ცვლილების საფუძველს, რადგან ამ დროს შეინიშნება მეტეოროლოგიური ელემენტების დროებითი მერყეობა, რასაც თან არსდევს კლიმატის ტიპების მკვეთრი ცვლილება.

კლიმატის ცვლილებაში მნიშვნელოვანი როლი აქვს „სათბურის ეფექტის“ მექანიზმს. იგი დედამიწაზე არსებობს ასობით მილიონი წელი (ატმოსფეროს წარმოქმნის დღიდან) და ხელს უწყობს სიცოცხლის განვითარებას დედამიწაზე.

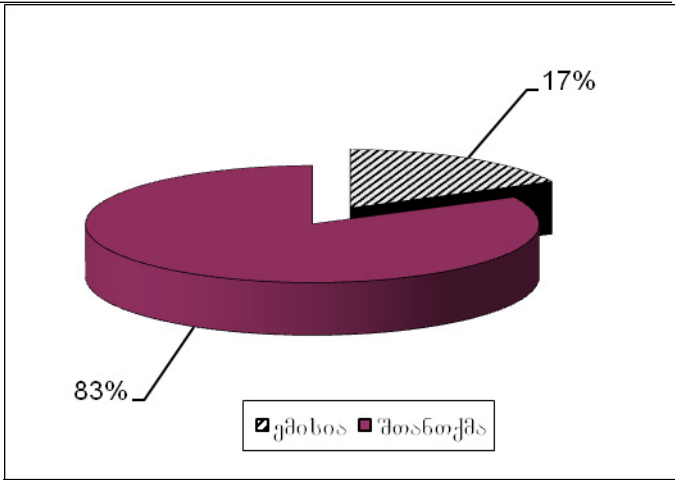
ბუნებრივი სათბურის ეფექტის მექანიზმის პრინციპიდან გამომდინარე, დედამიწის რადიაციული ბალანსი 0-ის ტოლია, როცა მზისგან მიღებული რადიაციის რაოდენობა შეესაბამება გამოსხივებას, რომელიც დედამიწიდან აირეკლება ატმოსფეროში. ულტრაიისფერი (მოკლელტალღიანი) გამოსხივება გარდაიქმნება ინფრანითელ (გრძელტალღიანი) გამოსხივებად – ატმოსფეროს სათბურის ემისიები შთანთქმავს დედამიწის ზედაპირიდან არეკლილ ინფრანითელ რადიაციას (ნაწილობრივ უკან აბრუნებს), შედეგად კი ატმოსფეროსა და დედამიწის ქვედა ფენებისათვის წარმოიქმნება გათბობის დამატებითი პირობები. „სათბურის ეფექტი“ ცვლის პლანეტის სითბურ ბალანსს, რასაც მოყვება გლობალური დათბობის პროცესი. „სათბურის ეფექტის“ არსებობა განსაზღვრავს პლანეტის საშუალო ტემპერატურის უფრო მაღალ მაჩვენებელს, ვიდრე ეს იქნებოდა მის გარეშე.

სავეგეტაციო პერიოდში მცენარეთა აქტიური ზრდა იწვევს CO₂-ის რაოდენობის კლებას. შემოდგომასა და ზამთარში მცენარეული ნარჩენების დაშლის შედეგად მისი რაოდენობა მატულობს. CO₂-ის კონცენტრაციის მატებაში მნიშვნელოვანი როლი ანთროპოგენურ ფაქტორებს ენიჭება. ნახშირორჟანგის რაოდენობის მატება ატმოსფეროში სხვადასხვა ანთროპოგენური ფაქტორებით ვლინდება (სანვაგების წვა – ნავთობი, ქვანახშირი, გაზი და სხვა, ცემენტის წარმოება, ავტოტრანსპორტიდან სათბური გაზების ემისიები, ტყეების გაჩეხვა და ა.შ.). სხვადასხვა საწვავის წვის შედეგად ატმოსფეროში CO₂-ის კონცენტრაცია წელიწადში 0.2%-ით მატულობს.

ტყეებში განუწყვეტლად მიმდინარეობს ნახშირორჟანგის შთანთქმა ატმოსფეროდან და უკან გადინება, რაც განპირობებულია ბუნებრივი და ანთროპოგენური ზემოქმედებით.

ტყეებსა და ხის ბიომასის სხვა მარაგებში ნახშირორჟანგის ემისიების ცვლილებები გამოწვეულია ნახშირბადის მარაგის ნეტო ცვლილებით ბიომასის მატებისა და ბიომასის დანაკარგების (შეშის ტრადიციული მოხმარებით და მერქნის კომერციული დამზადებით) შედეგად.

საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინების მიხედვით (კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისათვის), 2000 წელს საქართველოს ტყეებში ბიომასის წლიურმა ნამატმა 1392.6 გგ-C (83%) შეადგინა, ხოლო მერქნის კომერციული დამზადებისა და შეშის ტრადიციული მოხმარების შედეგად გამონთავისუფლდა 294.7 გგ-C (17%). ე.ი. ნახშირბადის ნეტო შთანთქმა იყო 1097.9 გგ-C, ანუ 4025.5 გგ-CO₂ (ნახაზი 12.4.1).



ნახ. 12.4.1 საქართველოს ტყეებიდან ნახშირბადის შთანთქმა და ემისია (გგ-C)

აღნიშნული მაჩვენებელი (CO₂-ის ნეტო შთანთქმა) 1990 წლის ანალოგიურ სიდიდესთან (3738.8 გგ-CO₂) შედარებით გაზრდილია 286.7 გგ-CO₂-ით.

კლიმატის თანამედროვე ცვლილება, მნიშვნელოვნად უკავშირდება რადიაციული ფაქტორების ცვალებადობას, რაც ატმოსფეროს გამჭირვალობასთან არის დაკავშირებული.

დიდი მნიშვნელობა აქვს ატმოსფეროში წყლის ორთქლის რაოდენობას, რადგან ისიც სითბოს აქტიური მშთანთქმელია. ატმოსფეროში მისი რაოდენობის განახევრება დედამიწის ტემპერატურას საშუალოდ 5°-ით შეამცირებს.

კლიმატის გლობალურ ცვლილებას განაპირობებს ატმოსფეროში ასული მტვერი, რომელიც დედამიწის ზედაპირიდან და კოსმოსური სივრციდან ხვდება ჰაერში. ატმოსფერული მტვერის ძირითად წყაროს მასშტაბური ხანძრები, უდაბნოები, სტიპები, დიდი სამრეწველო ცენტრები წარმოადგენს.

კლიმატის მნიშვნელოვანი ცვლილება დაიწყო XIX საუკუნის ბოლოს. აღნიშნულ პროცესს ახასიათებდა ტემპერატურის თანდათანობით მატება, რითაც ყველაზე მეტად ხასიათდება მაღალი განედები. XX საუკუნის 30-იან წლებში ჰაერის ტემპერატურის მატებამ (XIX საუკუნის ბოლოსთან შედარებით) 0.6° შეადგინა. ცალკეულ ადგილებში ტემპერატურა 2.8°-ით გაიზარდა, რამაც გამოიწვია მყინვარების უკან დახევა და სხვა.

XX საუკუნის 40-იან წლებში დათბობა აცივებით შეიცვალა, რამაც ჩრ. ნახევარსფეროს მნიშვნელოვანი ნაწილი მოიცვა, ხოლო 70-იანი წლებიდან იგი დათბობით შეიცვალა.

კლიმატის ასეთი ცვალებადობის ან მერყეობის შესწავლისათვის საუკეთესო საშუალებაა ინსტრუმენტალური დაკვირვებების მასალები (ზოგიერთი პუნქტისათვის იგი 200 წელს მოიცავს). გამოიყენება მეტეოროლოგიურ ელემენტებზე დაკვირვების გრძელი რიგი, კერძოდ, ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების მონაცემები, რადგან კლიმატის მერყეობა უპირველესად, ამ ელემენტების ცვალებადობაში აისახება.

„სათბურის ეფექტის“ ანთროპოგენური წყაროებია ენერგეტიკა (სათბურის გაზების 60% წარმოიქმნება სათბობი ნედლეულის წვის შედეგად), ტრანსპორტი (იგი CO₂-ის ემისიის მთავარ წყაროდ ითვლება, აშშ-ში მასზე მოდის საერთო ემისიის მესამედი, ხოლო ევროპაში 1/5 ნაწილს შეადგენს), სოფლის მეურნეობა (მეცხოველეობის ნარჩენებისაგან წარმოქმნილი მეთანი, მინერალური სასუქების ჭარბი გამოყენება). განსაკუთრებულ პრობლემას წარმოადგენს ტყის გაჩეხვა. ყოველწლიურად იჩეხება და ხანძრის შედეგად ნადგურდება 17 მლნ ჰექტარი ტროპიკული ხე, რის შედეგადაც წარმოიქმნება CO₂-ის დიდი კონცენტრაცია. ტროპიკული ტყეების გაქრობა კი გამოიწვევს გაუდაბნობას (ძლიერი წვიმები გადარეცხავენ ნიადაგებს).

ევროპის ბოტანიკურ ბაღებში ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობა გაზრდილია 10 დღით, აქედან გამომდინარე გაზრდილია მცენარეთა ზრდის და ფოტოსინთეზის პერიოდები. კლიმატის ცვლილების შედეგად, ზომიერ სარტყელში მოსალოდნელია ტყის გარკვეული ნაწილის გადაადგილება ჩრდილოეთისაკენ. დათბობის პროცესის სწრაფი განვითარება ტყეებს შეუქმნის „სტრესულ“ მდგომარეობას, რაც გამოწვეული იქნება სიმშრალით, ნიადაგის მჟავიანობის გაზრდით, სხვადასხვა სახის პარაზიტების გამოვლენით. პროცესის დაჩქარებული განვითარება გამოიწვევს იმაზე მეტი მცენარის დაღუპვას, ვიდრე ეს პროგნოზით არის მოსალოდნელი, კლიმატის სწრაფი შეცვლით. ასევე, საკმაოდ დიდი საფრთხე ემუქრება ტროპიკულ ტყეებს. იგი გამოიწვევს მოსული ნალექების რაოდენობის შემცირებას, რასაც მოყვება ტყის მასივების განადგურება. საშიშროება ემუქრება მანგროვან ტყეებს, რომლებიც სანაპიროს იცავენ ეროზიისაგან. ზღვის დონის მატების შემთხვევაში აღნიშნული ტყეები დაიფარება წყლით და განადგურდება.

ტყე განახლებადი რესურსია, სადაც ინტენსიურად მიმდინარეობს ატმოსფეროდან ნახშირორჟანგის შთანთქმა და უკან გადინება.

ტყის განახლების თანმიმდევრობისათვის, საჭიროა ტყის მასალის დამზადება დაბალანსებული იყოს მის ქრასთან (უნდა დაირგოს მეტი, ვიდრე მოიჭრება), ე.ი. დასაშვებ დატვირთვად შეიძლება ჩაითვალოს მდგომარეობა, რომლის სტაბილურობა-საც ხელს შეუწყობს ადამიანი. ასეთი მიდგომით ტყის ნარგავებით გაფართოვდება ტრიტორიები იქ, სადაც ამას საჭიროება მოითხოვს.

კლიმატი განაპირობებს განსხვავებული ეკოსისტემების ჩამოყალიბებას. არსებობს მცენარეთა სახეობები, რომლებიც ხანმოკლე გვალვების ან სუსტი ყინვების დროსაც ილუპებიან ანუ ნებისმიერი სახეობისათვის დამახასიათებელია მეტნაკლებად ფართო დიაპაზონის სასიცოცხლო-ბუნებრივი პირობები. კლიმატური სისტემის მკვეთრი ტრანსფორმაციის პირობებში მცენარეების გარკვეული ნაწილი განიცდის ადაპტაციას და ეგუება ახალ პირობებს, ხოლო მეორე ნაწილი ილუპება. ტყე, როგორც ერთიანი ეკოლოგიური სისტემა ვერ გადაინაცვლებს მაღალმთიანი ზონისაკენ (რამდენიმე კმ-ით წელიწადში), რადგან ახალ ზონაში მას ადგილობრივი ნიადაგი შეუქმნის პრობლემას. ე.ი. ინტენსიური დათბობის ფონზე სულ უფრო მეტი ეკოსისტემა აღმოჩნდება საფრთხეში. გადარჩება ის სახეობები, რომლებიც შეეგუებიან ცვლილებებს, ხოლო დაილუპებიან ისინი, რომლებსაც ვინრო ეკონიშა უკავიათ, მაგალითად, ტროპიკულ ტყეებში.

თავი XIII

მიკროკლიმატი

13.1 მეზო- და მიკროკლიმატი, მათი შესწავლის მეთოდები

ტერმინები – მეზოკლიმატი (ადგილობრივი კლიმატი) და მიკროკლიმატი ნიშნავს მცირე ადგილების – ტყის, ველის, ქალაქის და სხვა ტერიტორიების კლიმატს.

მიკროკლიმატის ფორმირება ხდება მსხვილმასშტაბიანი ფაქტორების გავლენით, კერძოდ, მზის რადიაცია, ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაცია, მიწისპირა ზედაპირი და სხვა ფაქტორები. მისი პირობები თითქმის მუდმივია, განსხვავებით მიკროკლიმატისა, რომელიც ცვალებადია. ანთროპოგენური ჩარევის შედეგად საგრძნობლად იცვლება მიკროკლიმატური პირობები – ნიადაგის დამუშავებით, ტყის გაკაფვით, ჭაობების დაშრობით, ნყალსაცავების შექმნით და მრავალი სხვა მოქმედებით. მიკროკლიმატი მოიცავს მცირე ფართობებს, რომელსაც ქმნის მცირემასშტაბიანი კლიმატწარმომქმნელი ფაქტორები – დედამიწის ზედაპირის უსწორმასწორობა, მცენარეული საფარი და სხვა.

მიკროკლიმატსა და მიკროკლიმატს შორის გამოყოფენ შუალედურ – მეზოკლიმატს (ადგილობრივი კლიმატი). მიკროკლიმატსა და მეზოკლიმატს შორის განსხვავება პირობითია. მეზოკლიმატი არის გეოგრაფიული ლანდშაფტის კლიმატის (მიკროკლიმატის) შიგნით არსებული გარკვეული ადგილის კლიმატი. იგი შეიძლება დახასიათებული იქნას ერთი მეტეოროლოგიური სადგურის დაკვირვებათა მონაცემებით, განსხვავებით მიკროკლიმატისაგან, რომელიც შეისწავლება ტიპიურ ადგილებში მდებარე რამდენიმე მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემებით.

მეზოკლიმატი (ადგილობრივი კლიმატი) შედარებით მეტ ტერიტორიას მოიცავს, ვიდრე მიკროკლიმატი. არჩევენ ტყის, ქალაქის, დაბლობის, ტბის და სხვა მეზოკლიმატს (ადგილობრივი კლიმატი).

მიკროკლიმატი წარმოადგენს კიდევ უფრო მცირე ადგილის ჰავას, ვიდრე მეზოკლიმატი, რომელსაც ორი მნიშვნელობა აქვს: პირველში იგულისხმება მცირე ადგილის კლიმატი (მაღლობის, ფერდობის, ეზოს, მცენარეული ნარგაობის და ა.შ.), ხოლო მეორეში მიწისპირა ჰაერის კლიმატი. მიკროკლიმატის ფორმირებაში დიდი მნიშვნელობა აქვს ქვემდებარე ზედაპირის ტენიანობის და ენერგეტიკულ რეჟიმს.

მიკროკლიმატის შესწავლისათვის გამოიყენება არა მარტო მეტეოროლოგიური სადგურების დაკვირვების მასალები, არამედ საჭიროა დამატებითი ხშირი ქსელის მოწყობა (თუნდაც ხანმოკლე პერიოდით).

შენობა-ნაგებობების ზეგავლენით ფორმირდება ქალაქის მიკროკლიმატი, ხოლო მცენარეთა ნარგაობაში ფიტოკლიმატი. ანალოგიურად, ყალიბდება ტყის კლიმატი, რომელიც ტყის მცენარეულობითაა წარმოდგენილი.

მეტეოროლოგიაში არსებული კლასიფიკაციის მიხედვით მიკროკლიმატური პირობების შესწავლა ხდება რამდენიმე მიმართულებით:

1. მიწისპირა და ჰაერის ფენაში;
2. მცენარის არეში;
3. რელიეფის ფორმის გათვალისწინებით;
4. ქალაქის მიკროკლიმატი.

მიკროკლიმატის მერყეობის მკვეთრი მაჩვენებელია ნიადაგის ზედაპირსა და მიმდებარე ჰაერის ფენას შორის ზღვარი, სადაც ტემპერატურის დიდ ცვალებადობას აქვს ადგილი. ნიადაგის მიმდებარე ჰაერის ფენაში აბსოლუტური ტენიანობა მუდმივად მეტია, რადგან მასში ინტენსიური აორთქლების გამო წყლის ორთქლი გროვდება.

მიკროკლიმატის შესწავლისათვის მნიშვნელოვანია ტემპერატურასა და ქარის მაჩვენებლების აღრიცხვა უშუალოდ ნიადაგის ზედაპირზე.

რელიეფის მიკროკლიმატი მრავალფეროვანია. აქედან გამომდინარე, დედამიწის ზედაპირი შეიძლება მიმართული იყოს ჰორიზონტის სხვადასხვა მხარისაკენ, რაც განაპირობებს სითბოს განსხვავებული რაოდენობით მიღებას. შედეგად, ტემპერატურის განაწილება ფერდობების მიხედვით განსხვავებული იქნება. ერთნაირი ფერდობის სხვადასხვა ადგილები სითბოს არათანაბრად მიიღებენ, რაც დამოკიდებულია მზის სხივის დაცემის კუთხესა და ნიადაგის შედგენილობაზე. სხივის დაცემის კუთხე რაც უფრო ნაკლებია, მით ნაკლებ სითბოს იღებს ნიადაგის ზედაპირი.

ყოველ ფერდობს ახასიათებს მიკროკლიმატური თავისებურებანი. მთაგორიან ადგილებში, მაღლობიდან დაბლობისაკენ მოძრაობს ჰაერის მასები, რაც დაბლობებში ღამის საათებში იწვევს ცივი ჰაერის მასების დადგომას და დაგროვებას.

მცენარეული საფარი, განსაკუთრებით ტყე ქმნის მყუდროებას არა მარტო მისი გავრცელების ტერიტორიაზე, არამედ მის ზემოთ და განაპირა ადგილებში. ასეთ ზონაში, ტემპერატურისა და ტენიანობის რეჟიმი უფრო მდგრადია და აზომიერებს სხვადასხვა მეტეოროლოგიური ელემენტის მსვლელობას, რაც მნიშვნელოვანია მიკროკლიმატისათვის.

13.2 ტყის მიკროკლიმატი

ტყის მასივებს დიდი მნიშვნელობა აქვს ადგილობრივი მიკროკლიმატის ფორმირებისათვის.

რადიაციული ნაკადის ფორმირება ტყეში მიმდინარეობს ფოთლებისა და ცალკეული ხეების რადიაციული რეჟიმის ურთირთქმედების შედეგად. ტყეში, ნიადაგის ზედაპირზე დაცემული რადიაცია საკმაოდ შემცირებულია ვიდრე ველზე, რასაც

მრავალი ფაქტორი განაპირობებს, კერძოდ: ტყის ჯიშობრივი შემადგენლობა, სიმაღლე, ვარჯის შეკრულობა, მზის სხივების დაცემის კუთხის სიდიდე. გამომდინარე აქედან ღია ადგილებში, შედარებით მაღალი ტემპერატურები მყარდება დღისით, ხოლო ღამით – პირიქით. ტყეში, ნიადაგის ზედაპირი ნაკლებად თბება ველთან შედარებით. 20-30 მ სიმაღლის ხშირი ტყე, ნიადაგის ზედაპირამდე 2-7% მზის რადიაციას ატარებს (ფოთლოვანი ტყე, წინვოვანთან შედარებით მეტ რადიაციას ატარებს), ხოლო ნაძვის ხშირი ტყე ატარებს 0.7-1.0% რადიაციას. ტყე რამდენადაც მეჩხერია, იმდენად მეტ მზის სხივებს ატარებს და შესაბამისად მის ქვეშ ნიადაგიც უფრო თბილია. ტყესა და მის მოსაზღვრე ველს შორის წარმოიქმნება ნაპირის ქარი, რომელიც დღისით ტყიდან ველისაკენ ქრის, ხოლო მზის ჩასვლის შემდეგ, ღამით – ველიდან ტყისაკენ. განსაკუთრებით შესამჩნევია ტყის მასივების გავლენა ქარზე. ხშირად ვითარდება ტყესა და ველს შორის ადგილობრივი ქარი, ე.წ. ტყის ბრიზი.

ტყე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს ქარის რეჟიმზე. იგი უცვლის ქარს მიმართულებას და ამცირებს მის სიჩქარეს.

ტყე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ტენიანობაზე. ველთან შედარებით, ტყეში ფარდობითი ტენიანობა მაღალია, რასაც იწვევს ჰაერის დაბალი ტემპერატურა და ტყის ინტენსიური ტრანსპირაცია. აბსოლუტური ტენიანობა განსაკუთრებით მაღალია მცენარეთა ვარჯის თავზე, სადაც ტემპერატურა მაქსიმუმს აღწევს. ფარდობით ტენიანობაზე ტყის გავლენა შესამჩნევია ზაფხულში. ტყესა და ველს შორის ტენიანობის სხვაობა 25%-ს აღწევს. ჯამური აორთქლება ტყის მასივებში, ველზე ჯამურ აორთქლებასთან შედარებით მაღალია. აღნიშნულის მიზეზს წარმოადგენს ტყის სავეგეტაციო პერიოდის მეტი ხანგრძლივობა და მაღალი რადიაციული ბალანსი ველთან შედარებით.

ტყე გავლენას ახდენს ნალექების განაწილების რაოდენობაზე. ასე მაგალითად, ტყეში მცირე წვიმის დროს ნიადაგის ზედაპირამდე ნალექების 1/3 აღწევს. ტყე გარკვეული რაოდენო-

ბის ნალექს აკავებს, რომელიც ისე ორთქლდება, რომ ნიადაგის ზედაპირამდე ვერ აღწევს (წინვები უფრო მეტ ნალექს იკავებს ვიდრე ფოთლები და სხვა).

ტყის გავლენა შეიმჩნევა მყარი ნალექების განაწილებაზე, მის სიმაღლეზე, დნობაზე და წყლიანობაზე.

თოვლის საფარის სიმაღლე და წყლის მარაგი ტყეში მეტია ველთან შედარებით. თოვლი ტყეში თანაბრად ნაწილდება. მისი დნობა წინვოვან ტყეში, ველთან შედარებით გვიან იწყება, ფოთლოვანში კი დაახლოებით იმავე დროს, როცა მის მოსაზღვრე არეალში. ტყეში თოვლის დნობა თანაბრად მიმდინარეობს, რის გამოც დამდნარი წყლის დიდი ნაწილი ნიადაგში ჩაიჭონება. აღნიშნული, გრუნტის წყლის დონეზე და მის მარაგზე დადებითად მოქმედებს.

13.3 ქალაქის მიკროკლიმატი

ქალაქის საზღვრებში მეტეოროლოგიური ელემენტების, განსაკუთრებით სითბური რეჟიმის, ტენიანობის, ქარის, ატმოსფერული ჰაერის გამჭირვალეობის მსვლელობა მკვეთრად განსხვავდება გარეუბნებში მიმდინარე პროცესებისაგან.

თანამედროვე ქალაქი ქმნის თავისებურ ლანდშაფტს, რომელიც გავლენას ახდენს მისი შემოგარენის კლიმატურ პირობებზე. აღნიშნული გავლენა დაკავშირებულია ქალაქის სიდიდეზე, რაც საკმაოდ დიდ მასშტაბებს იღებს.

ქალაქის კლიმატის თავისებურებებს ძირითადად შემდეგი ფაქტორები განსაზღვრავენ:

1. დედამიწის ალბედოს ცვლილება, რაც ქალაქში ნაკლებია, მის შემოგარენთან შედარებით;
2. დედამიწიდან აორთქლების ცვალებადობა. იგი ქალაქის პირობებში რამდენადმე შემცირებულია;
3. საწარმოების მიერ გამოყოფილი სითბური ენერჯია;

4. ჰაერის გაჭუჭყიანება მყარი, თხევადი და აიროვანი ნაწილაკებით.

ატმოსფეროს მცირე გამჭირვალობის შედეგად ქალაქში მზის რადიაცია საგრძნობლად შემცირებულია. მასზე დიდ გავლენას ახდენს აირები, კვამლი, მტვერი, რომლებიც საკმაო რაოდენობით გამოიყოფა სამრეწველო ობიექტებიდან.

ჰაერის ტემპერატურაზე ურბანიზაციის გავლენა საგრძნობლად შეიმჩნევა. ტემპერატურის სიდიდეზე მოქმედებს ქვემდებარე ზედაპირის თავისებურება (შენობები, გზა და ა.შ.).

ხელოვნური სითბო, რომელიც მნიშვნელოვან როლს თამაშობს სითბურ რეჟიმში, აღემატება (დიდ ქალაქებში) მზისგან მიღებულ სითბოს. მისი გავლენა მკვეთრად გამოიხატება 100-150 მ სისქის ფენაში და შეიმჩნევა 1000 მ სიმაღლემდე.

ურბანიზაციის მიერ შეცვლილი სასაზღვრო ფენის ლოკალური სტრუქტურა გავლენას ახდენს მიწისპირა ქარის სიჩქარეზე. ქარის რეჟიმზე განსაკუთრებულად მოქმედებს ქუჩების განლაგება და მწვანე ნარგავები, რომლებიც მას მიმართულებას უცვლიან და უმცირებენ სიჩქარეს. ზამთრის პერიოდში, ქალაქებში მკვეთრადაა გამოხატული გრიგალისებური ქარი. ასეთ ქარს, სწრაფად გადააქვს თოვლი ერთი ადგილიდან მეორეზე. ხშირ შემთხვევაში, ქარი ქრის ქალაქის განაპირა ადგილიდან ცენტრისაკენ, რაც ჰაერის წნევათა განსხვავებითაა გამოწვეული (განაპირა ადგილზე ჰაერის წნევა მეტია, ცენტრში – ნაკლები). ქარის სიჩქარე მით მეტია, რაც მეტია მოცემულ ადგილებს შორის წნევათა სხვაობა (გრადიენტი). ქალაქისათვის ხშირად დამახასიათებელია ქალაქის ბრიზი.

ქალაქი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ტენიანობაზე, ღრუბლიანობაზე, ატმოსფერულ ნალექებზე და სხვა. ხშირ შემთხვევაში, ფარდობითი ტენიანობის სიმცირე აიხსნება მცენარეული საფარის ნაკლებობით და შენობების სიმრავლით. ქალაქში ტენიანობის ნაკლებობა, გარეუბნებთან შედარებით დაკავშირებულია ტემპერატურის ზრდასთან და აორთქლების შემცირებასთან.

წვის შედეგად წარმოქმნილი და ჰაერში ასული მტვერი მეტად ჰიგროსკოპულია. ის, ხელს უწყობს ჰაერში წყლის ორთქლის კონდენსაციას, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ნისლი და ღრუბლები. ყოველივე ეს ამცირებს მზის რადიაციის ინტენსივობას. შენობები აფერხებს ჰაერის მასების გადაადგილებას და ააქტიურებს ფრონტალურ პროცესებს, რის გამოც მატულობს ღრუბლიანობა და გამოიყოფა უხვი ნალექები. ნალექების ზრდას განაპირობებს აგრეთვე ატმოსფეროს გაჭუჭყიანება, რაც ხელს უწყობს ნისლიანი დღეების სიხშირეს.

13.4 დასერილი ადგილის მიკროკლიმატი

დასერილი ადგილი თავისებურ გავლენას ახდენს მზის რადიაციაზე, ჰაერისა და ნიადაგის ტემპერატურასა და ტენიანობაზე.

დასერილი რელიეფის მიკროკლიმატის ფორმირებაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ექსპოზიციას, რელიეფის ფორმას და ფერდობის დახრილობას. აღნიშნული ფაქტორები, გავლენას ახდენენ მზისგან მიღებული სხივური ენერჯიის განაწილებაზე. მეტეოროლოგიური ელემენტების ცვალებადობა უპირველეს ყოვლისა მოქმედებს პირდაპირ რადიაციაზე. დადგენილია, რომ ნიადაგის ტემპერატურა სამხრეთის ექსპოზიციის ფერდობზე სხვა ექსპოზიციის ფერდობებთან შედარებით უფრო მაღალია. სხვადასხვა ფერდობზე თერმული რეჟიმის სხვაობა გავლენას ახდენს მცენარეებზე, განსაკუთრებით ტყის ბუნებრივ განვითარებაზე, ჯიშობრივ შემადგენლობაზე.

ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობა ზეგანსა და ფერდობზე ნაკლებია დაბლობთან შედარებით. ჩაზნექილი ადგილები (ქვაბულები) უფრო ცივია და ტემპერატურის ამპლიტუდა მაღალია ვიდრე ამოზნექილ ადგილებში. ქვაბური განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს ნაყინვებსა და აბსოლუტურ მინიმალურ ტემპერატურებზე. მკვეთრად გამოიხატება ადგილის რელიეფის

გავლენა უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობაზე. უყინვო პერიოდი, გეოგრაფიული განედის გარდა, მჭიდროდაა დაკავშირებული ადგილის რელიეფთან. ზედაპირის მცირე უსწორმასწორობაც კი ტემპერატურის საგრძნობ ცვალებადობას იწვევს (ცხრილი 13.4.1).

ცხრ. 13.4.1

ტემპერატურის (°C) ცვალებადობა ზედაპირის ფორმის მიხედვით

ზედაპირის ფორმა	ს ი ლ რ მ ე, სმ			
	5	10	15	20
ნაზურგი (°C)	13.6	11.3	10.5	9.8
სწორი მინდორი (°C)	12.6	10.5	9.4	8.3
სხვაობა (°C)	1.0	0.8	1.1	1.5

ლამით, ცივი ჰაერი დაბლობისაკენ მიემართება, სადაც გროვდება და თუ გასასვლელი ვერ ნახა, ნიადაგის ზედაპირზე და მიმდებარე ჰაერის ფენაში ამყარებს დაბალ ტემპერატურას. ეს მდგომარეობა გასათვალისწინებელია მინდორსაცავი ტყის ზოლების გაშენების დროს. მისი გაშენებისას, საჭიროა დატოვებული იქნას ჰაერის მასის გასასვლელი.

რელიეფის უსწორმასწორობა, ექსპოზიცია და სხვა, გარკვეულ გავლენას ახდენს მოსული ნალექების რაოდენობაზე და მის ტერიტორიულ განაწილებაზე. ნალექების მეტი რაოდენობა მოდის ფერდობზე, რომელიც ეღობება ტენიანი ჰაერის მასებს. ქვაბულის ძირში ნალექების რაოდენობა შემცირებულია, ხოლო სიმაღლეზე მატულობს. თუმცა, ზოგჯერ დარღვეულია სიმაღლეზე ნალექების მატების კანონზომიერება.

თოვლის საფარის განაწილებაზე მნიშვნელოვანი გავლენა აქვს რელიეფის უსწორმასწორობას. კერძოდ, უზვი თოვლი ქარ-

პირა ფერდობებზე მოდის და გროვდება ქვაბულის ძირში, რასაც ემატება მაღალი ადგილებიდან ქარის მიერ თოვლის დაბლა ჩატანა.

13.5 მიკროკლიმატური დაკვირვებები

მიკროკლიმატური დაკვირვებების ქსელი იყოფა ორ ნაწილად:

1. მუდმივი ქსელი, რომელიც დაკვირვებას აწარმოებს ხანგრძლივად;
2. დროებითი ქსელი, რომელიც 1-2 სეზონის განმავლობაში მუშაობს.

მუდმივი ქსელის მიზანია ძირითად მოვლენებზე ადგილმდებარეობის გავლენის აღრიცხვა, ხოლო დროებითი ქსელი შეისწავლის ცალკეულ ნაკვეთებს.

მიკროკლიმატური ქსელის მუშაობა ითვალისწინებს ადგილის შერჩევას და ხელსაწყოების დაყენებას. ხელსაწყოების დაყენება წარმოებს სელიანინოვის ჯიხურში, სადაც თავსდება მაქსიმალური და მინიმალური თერმომეტრები. დაკვირვება წარმოებს დილით და საღამოს. ტარდება, აგრეთვე თერმომეტრული აგეგმვა, რომელიც მიმდინარეობს ფსიქრომეტრის საშუალებით, ნიადაგიდან 10 და 150 სმ სიმაღლეებზე.

ადგილის შერჩევაში იგულისხმება – ქსელის თვითეული პუნქტის სიმაღლე ზღვის დონიდან, ზედაპირის ფორმა, ნიადაგისა და მცენარეულობის დახასიათება, მანძილი ტყიდან, ქალაქებიდან და ა.შ.

მეტეოროლოგიური ელემენტების გაზომვა ხდება სხვადასხვა სიმაღლეზე, რასაც გრადიენტულ დაკვირვებას უწოდებენ.

დაკვირვებების დროს გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ მიწისპირა ჰაერის ფენაში რელიეფის ფორმისა და დედამიწის საფარის ზეგავლენით, ადგილის დამახასიათებელი პირობები შეიძლება მკვეთრად განსხვავდებოდეს იმ პირობებისა-

გან, რომელებიც ნიადაგის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზეა. (სელიანიანოვის ჯიხური). მხედველობაშია ჰაერის ტემპერატურა, ჰაერის ტენიანობა და სხვა დამახასიათებელი ელემენტები. აღნიშნულთან დაკავშირებით, ნიადაგი შეიძლება სხვადასხვაგვარად გათბეს და გადაცივდეს, დატენიანდეს და გამოშრეს, რაც მცენარის განვითარების პირობების გარკვეულ ცვლილებას იწვევს. ამიტომ, მიკროკლიმატი შესწავლილი უნდა იქნას მინისპირა ჰაერის ფენაში და მცენარეებით დაფარულ გარემოში. მცენიერების ამ მიმართულებას მიკროკლიმატოლოგია ეწოდება, ე.ი. იგი გულისხმობს მცირე ადგილის კლიმატის შესწავლას.

მიკროკლიმატური დაკვირვებისათვის იყენებენ ასპირაციულ ფსიქრომეტრს, ანემომეტრს, ვილდის ფლუგერს, დავითაიას ნალექმზომს და სხვა. მიკროკლიმატური დაკვირვებები გულისხმობს, ასევე ანემომეტრულ აგეგმვას, რომელიც ტარდება ფუსის ანემომეტრით დღეში 3-ჯერ. აღნიშნული სამუშაოები ტარდება წინასწარ შერჩეულ ადგილებში, სადაც გათვალისწინებულია რელიეფი, მარშრუტის მანძილი 1000 მეტრს არ უნდა აღემატებოდეს, ხოლო დაკვირვება უნდა დამთავრდეს 1.5 საათში.

ზემოაღნიშნული დაკვირვებების მონაცემები ესაჭიროება თითქმის ყველა დარგს, განსაკუთრებით სოფლის მეურნეობას, ქალაქებისა და კურორტების მშენებლობას, ასევე საავტომობილო გზებისა და რკინიგზის ხაზების, აეროდრომების მშენებლობას და სხვა.

თავი XIV

ფენოლოგია

14.1 ფენოლოგიური დაკვირვებები

ცოცხალ ბუნებაში სეზონურ მოვლენებზე დაკვირვებას ფენოლოგიური დაკვირვება ეწოდება. იგი პირველად ჩაატრა კარლ ლინეიმ 1748 წელს.

გამოყოფენ ზოგად ანუ კლიმატოლოგიურ და კერძო ანუ ბიოლოგიურ ფენოლოგიას.

ზოგადი ფენოლოგია შეისწავლის ცხოველებისა და მცენარეების განვითარების კავშირსა და დამოკიდებულებას მეტეოროლოგიურ პირობებთან. უფრო მეტად შესწავლილია მცენარის ფენოლოგია ანუ ფიტოფენოლოგია, ხოლო შედარებით ნაკლებად – ცხოველების ფენოლოგია ანუ ზოოფენოლოგია.

ბუნების სეზონურ მოვლენებზე დაკვირვება, თუ მას სისტემატური ხასიათი აქვს, საშუალებას იძლევა შესწავლილი იქნას გარემო პირობების გავლენა მცენარეებსა და ცხოველებზე. ფენოლოგიური დაკვირვება წარმოებს ერთიანი მეთოდის გამოყენებით, თუმცა ინსტრუქციაში ყველა მოვლენის გათვალისწინება ძნელია. ამიტომ, ცალკეული ობიექტისადმი დაკვირვებისას საჭიროა ინდივიდუალური მიდგომა და შემჩნეული მოვლენის აღნიშვნა. ყველაზე მარტივი ფორმით მიმდინარე ფენოლოგიურ დაკვირვებასაც კი დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. მაგალითად, თუ ცნობილია მცენარის კვირტის გაღვივების და ფოთოლცვენის დასაწყისი, გავიგებთ ამ მცენარის სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობას. ასევე, შეგვიძლია გამოვიანგარიშოთ აქტიური და ეფექტური ტემპერატურების ჯამები, ამ პერიოდში მოსული ნალექების რაოდენობა და სხვა.

მცენარე ვეგეტაციას იწყებს მაშინ, როცა მისთვის დგება ხელსაყრელი პირობები – ნიადაგისა და ჰაერის ტემპერატურა,

ტენიანობა და სხვა. ამრიგად, ცოცხალი ორგანიზმი მუდმივად ცვალებადი ამინდის გავლენის ქვეშ იმყოფება. ყოველი მცენარე ვითარდება განსაზღვრული დროის განმავლობაში, ე.ი. კვირტის გაღვივების დღიდან ფოთოლცვენის დაწყებამდე, რასაც სავეგეტაციო პერიოდი ეწოდება.

სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში, მცენარეებში ადგილი აქვს განვითარების განსაზღვრულ პერიოდებს, რომლებსაც ფაზები ეწოდება. ფაზები რეგისტრირებული უნდა იყოს თარიღების მიხედვით. გარდა თარიღების აღნიშვნისა, საჭიროა მცენარის საერთო მდგომარეობის შეფასება ვიზუალურად. ამისათვის, იღებენ საშუალო განვითარების მცენარეს და მისი მდგომარეობის შეფასებას ახდენენ 1 ბალით, სუსტი მდგომარეობის მცენარე შეფასდება 2 ბალით, საშუალო – 3, საშუალოზე მეტი – 4, კარგი – 5 ბალით.

მცენარის განვითარების ზამოაღნიშნული შეფასება ვიზუალურია და ამდენად იგი სუბიექტურია. ამიტომ, საჭიროა მცენარის განვითარების ობიექტური შეფასება, რისთვისაც ადგენენ შემდეგ მაჩვენებლებს:

1. მცენარის საშუალო სიმაღლეს;
2. სიხშირეს;
3. დაზიანებულ ან დაავადებულ მცენარეთა პროცენტს.

სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში საჭიროა ატმოსფეროს სტიქიური მოვლენების აღრიცხვა. კერძოდ – ძლიერი ქარი, ხანგრძლივი გვალვა, წყალდიდობა, სეტყვა, ყინვები და სხვა, რაც საბოლოოდ გამოყენებას პოულობს მცენარეთა მდგომარეობის შეფასების დაზუსტებაში.

ტყისდამცავ ზოლში ფენოლოგიურ დაკვირვებათა ჩატარებისათვის, საჭიროა ნაკვეთის შერჩევა – ტყის მრავალწლიანი ნარგავების ცენტრში, ერთწლიანი და ორწლიანი ნარგავებს შორის, ორწლიანი და სამწლიანი ბუდობრივ ნათესებს შორის. ნაკვეთი (100 მ²) უნდა შეირჩეს მინდორსაცავი ზოლის გასწვრივ, მეტეოროლოგიურ სადგურთან ახლოს. შერჩეული ნაკვეთი აღწერილი უნდა იქნას შემდეგი სქემით:

- მეტეოსადგურის და ტყისდამცავი ზოლის სახელწოდება;
- ნარგაობათა ასაკი და სიმაღლე;
- ნიადაგის მომზადების წესი (მოხვნის სიღრმე და სხვა);
- სანერგიდან დასარგავ მასალათა ამოღების თარიღი, შენახვის წესი, ცნობები ჯიშების შესახებ;
- დათესვის წესი;
- ცნობები ირიგაციული ღონისძიებების ჩატარების შესახებ (დათესვისა და დარგვის დროს);
- რელიეფის ფორმა (ფერდობის დახრილობა);
- ნაკვეთის ნიადაგის ტიპი და ქვენიადაგის წყლის დონე.

ტყის ნარგაობაში ჩატარებული დაკვირვებათა მიზანს წარმოადგენს მცენარის ფაზების განვითარების შეფასება. დაკვირვება უნდა ტარდებოდეს მთელი სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში და უნდა დასრულდეს ფოთოლცვენის ბოლოს.

ფენოლოგიურ დაკვირვებათა მასალები გამოიყენება სხვადასხვა სამუშაოს (მინდორსაცავი ტყის ზოლების გაშენების, ბაღისა და ტყის მავნებლებთან ბრძოლის) ჩასატარებლად.

14.2 ფენონომალია

მცენარის ფაზის დადგომის დრო წლის მიხედვით მერყეობს, რაც გამოწვეულია ამინდის ცვალებადობით. მაგალითად, რომელიმე წლის ფენოლოგიური თარიღები არ შეიძლება ზუსტად დაემთხვეს მრავალწლიურ ფენოლოგიურ თარიღებს. იგი შეიძლება რამდენიმე დღით, ზოგჯერ კვირითაც უფრო ადრე ან გვიან დადგეს. ამ შემთხვევაში, ადგილი აქვს მრავალწლიური ფენოლოგიური თარიღიდან გადახრას. აღნიშნული გადახრა შეიძლება იყოს დადებითი ან უარყოფითი.

დადებითი ფენონომალია მცენარის ნორმალური ზრდა-განვითარების მაჩვენებელია, რადგან ასეთ წელს სავეგეტაციო

პერიოდი უფრო ხანგრძლივია. ამ დროს მცენარეები წარმატებით ამთავრებენ ვეგეტაციას და მოსავლიანობაც უზრუნველყოფილია.

ფენოანომალიის უარყოფითი გადახრის დროს საპირისპირო მოვლენებს აქვს ადგილი.

მრავალწლიური ფენოლოგიური თარიღიდან არსებული ფენოლოგიური თარიღის გადახრას ფენოანომალია ეწოდება. იგი დამოკიდებულია ადგილობრივ კლიმატზე და ამინდის მსვლელობაზე.

კონტინენტური კლიმატის პირობებში, მცენარის ფაზის დადგომის დრო დიდ საზღვრებში ცვალებადობს, ე.ი. ფენოანომალია უარყოფითია. ოკეანისა და ზღვის კლიმატის პირობებში ფენოანომალიას უმეტესად დადებითი გადახრა ახასიათებს. ცალკეულ შემთხვევებში კი უახლოვდება მრავალწლიურ ნორმას, ზოგჯერ ემთხვევა მას. ყოველგვარი ასეთი გადახრა ადგილობრივ კლიმატსა და ამინდზეა დამოკიდებული.

კონტინენტური კლიმატის შემთხვევაში ფენოანომალია მეტია. მაგალითად, ქართლის კლიმატის შემთხვევაში – გაზაფხული ზოგიერთ წელს დაახლოებით 15 დღით დაგვიანებით დგება, ზოგჯერ პირიქით, ამდენივე დღით ადრე. აქედან გამომდინარე, ფენოთარიღი მუდამ იხრება მრავალწლიურ საშუალო ფენოლოგიური თარიღიდან. მაგალითად, თუ მცენარის საშუალო მრავალწლიური ყვავილობის დასაწყისის ფენოლოგიური თარიღი 20 მარტია, მაგრამ ერთ-ერთ წელს აყვავდა 25 მარტს, ასეთ შემთხვევაში ფენოანომალია უდრის 5 დღეს. ცალკეულ შემთხვევებში ფენოანომალია 1-2 დღით განისაზღვრება, რაც უმნიშვნელო მოვლენად უნდა ჩაითვალოს.

14.3 ფენოლოგიური ინდიკატორი

ფენოლოგიური ნიშანი ანუ ინდიკატორი არის ბუნების სეზონური მოვლენა, რომელიც ამა თუ იმ სამუშაოს დაწყების მა-

უნყებელია. თუმცა, საშუალო მრავალწლიურ ფენოლოგიურ თარიღებზე დაყრდნობით სამუშაოების დაგეგმვა არასაკმარისია და საჭიროა ყოველწლიური ფენოლოგიური დაკვირვებების წარმოება.

ბუნებაში, შეიმჩნევა ისეთი სეზონური მოვლენები, რომლებიც სხვადასხვა სამუშაოების დაწყების საუკეთესო დროის მოახლოებაზე მიუთითებს. ასეთ მოვლენებს ფენოლოგიურ ინდიკატორებს უწოდებენ.

მცენარის მავნებლებთან ბრძოლის ვადა, შეიძლება დაუკავშიროთ მცენარის სავეგეტაციო პერიოდის რომელიმე ფაზას. ზოგიერთი მავნე მწერის განვითარება დაკავშირებულია ამა თუ იმ მცენარის განვითარებასთან, რადგან სხვა დროს იგი საკვებს ვერ პოულობს.

ფენოლოგიური ინდიკატორი გამოყენებულია მეცხოველეობაშიც, კერძოდ, მეფუტკრეობაში. მაგალითად, ველური ბალახების ყვავილობა საზამთრო ბინიდან ფუტკრის გამოყვანის მაჩვენებელია.

ბუნების ყოველი სეზონური მოვლენა დაკავშირებულია ნიადაგისა და ჰაერის ტემპერატურასა და ტენიანობასთან. როდესაც აღნიშნული პირობები ხელსაყრელია, იწყება მცენარის კვირტის გაღივება, გაშლა, ყვავილობა და სხვა. მაშასადამე, ამ მოვლენებს შეიძლება დაუკავშიროთ სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოები.

ფენოლოგიური ინდიკატორი არ ვრცელდება დიდ მანძილზე. იგი ადგილობრივი ობიექტური ნიშანია და მას დიდი მნიშვნელობა აქვს მიკროკლიმატის შესწავლისათვის. ინდიკატორი იცვლება ანთროპოგენური ზეგავლენით – ნიადაგის დამუშავების, მცენარეული საფარის შემცირების ან სრულად განადგურების, სასუქების შეტანის, თესლის იაროვიზაციის შედეგად და ა.შ. ასეთ შემთხვევაში სეზონური მოვლენების დროც იცვლება.

მრავალწლიური დაკვირვებების შედეგად დასტურდება, რომ ფენოლოგიური პროგნოზის საიმედოობა (გამართლება) 80-85%-ია.

ბიოკლიმატური კანონი გულისხმობს, სეზონების მიხედვით მცენარის განვითარების მჭიდრო კავშირს გეოგრაფიულ განედთან, გრძედთან, სიმაღლესთან და სხვა ფაქტორებთან. ბიოკლიმატურ კანონთან დაკავშირებით, იქმნება ამა თუ იმ ადგილის შესაფერისი კლიმატი, რომელიც თავის მხრივ თავისებურ ფლორასა და ფაუნას ქმნის. მზის სხივურ ენერგიას დედამიწის მრავალფეროვანი ზედაპირი სხვადასხვანაირად ლებულობს, რაც ძირითადად განედზეა დამოკიდებული. მცენარეებში, სეზონური მოვლენები ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ იგვიანებს, რაც უმთავრესად სითბოსა და ტენიანობის განაწილებასთანაა დაკავშირებული.

სეზონური მოვლენების ვადის ცვალებადობას გეოგრაფიული განედის, გრძედისა და სიმაღლის მიხედვით გრადიენტი ეწოდება. იგი ცვალებადი ელემენტია. ამრიგად, ბიოკლიმატური კანონი (ჰოპკინსი) ტყის ჯიშების სეზონური მოვლენების ვადების დადგენის შესახებ მიახლოებით მონაცემებს იძლევა. მცენარის განვითარებაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ეკოლოგიურ პირობებს, რადგან მცენარის განვითარების ფაქტური ვადები არ ემთხვევა თეორიულ ვადებს.

14.4 ხემცენარეების განვითარების ფენოლოგიური ფაზები

ფენოლოგიური ფაზის ანუ ფენოლოგიური მოვლენის დადგომას ფენოთარილი ეწოდება. ე.ი. როცა მცენარემ დაიწყო აღმოცენება, კვირტის გაშლა და ა. შ. მაგალითად, თუ 20 აპრილს მოხდა კვირტის გაშლა, ეს თარიღი იქნება ამ მოვლენის ფენოლოგიური თარიღი. მსგავსი დაკვირვებების ჩატარება მიმდინარეობს წლების განმავლობაში, რაც საშუალებას იძლევა დაზუსტდეს ამა თუ იმ მცენარის ფაზების განვითარების დადგომის საშუალო თარიღები. აღნიშნული დაკვირვების ჩატარებისათვის არსებობს სამი ძირითადი პირობა:

1. ფენოლოგიური დაკვირვება უნდა წარმოებდეს ერთსა და იმავე მცენარეზე, წლების განმავლობაში;
2. დაკვირვება უნდა ხდებოდეს ერთსა და იმავე საცდელ ნაკვეთზე;
3. ყოველწლიურად ფენოფაზა და ფენომოვლენა უნდა იყოს აღნიშნული ერთი და იმავე ნიშნების მიხედვით.

ფენოლოგიური ფაზის დადგომას და მის შემდგომ განვითარებას ხელს უწყობს გარემო პირობები, განსაკუთრებით ტემპერატურა და ტენიანობა. ზოგჯერ, მცენარე სავეგეტაციო პერიოდის დასაწყისიდან ხელსაყრელი ტემპერატურის ქვეშ იმყოფება, შემდგომ დაბალი ტემპერატურის დამყარების პირობებში, განვითარების ესა თუ ის ფაზა გვიანდება, რაც მცენარის ვეგეტაციის ნორმალურად დამთავრებას უშლის ხელს.

მცენარის სხვადასხვა ფაზის დადგომა და მისი განვითარება მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ტემპერატურაზე. მეცნიერები შეეცადნენ მოენახათ ოდენობითი მაჩვენებლის დამოკიდებულება მცენარის ფაზის სიჩქარის გავლისა ტემპერატურასთან, ამ უკანასკნელის გამოანგარიშებით.

მცენარის რომელიმე ფაზის დადგომისათვის საჭიროა გარკვეულ დღეთა რაოდენობა და ამ დღეების შესაბამისი ტემპერატურული ჯამი, გამოთვლილი არა აბსოლუტური ნულიდან, არამედ იმ ტემპერატურიდან, რომლის დროსაც მცენარეში იწყება სასიცოცხლო პროცესები, ანუ წვეთა მოძრაობა. აღნიშნული ტემპერატურა სხვადასხვა მცენარისათვის განსხვავებულია.

ტემპერატურათა ჯამი, რომელიც საჭიროა ამა თუ იმ ფაზის დადგომისათვის, ეფექტურ ტემპერატურათა ჯამს წარმოადგენს. თუ წინასწარ გვექნება განსაზღვრული ეფექტურ ტემპერატურათა საშუალო ჯამი, საკვლევი ფაზის დადგომისათვის, შეგვიძლია გამოვთვალოთ იმ დღეთა რაოდენობა, რომელიც სჭირდება ამა თუ იმ ფაზის დადგომას.

მიღებულია დაკვირვებების ჩატარება ხემცენარეების განვითარების შემდეგ ფაზებზე: საფოთლე კვირტის გაღვივება, გაშ-

ლა, პირველი ფოთლის გამოჩენა, ყვავილობა, ნაყოფისა და თესლის დამწიფება და ჩამოცვენა, შემოდგომის ფოთლის შეფერვა და ფოთოლცვენა. გარდა ამისა, აღნიშნავენ ყლორტის ზრდას სიგრძეზე, ყლორტის მეორად ზრდასა და მეორად ყვავილობას. დაკვირვება ხდება პირველი წლის ნათესების აღმოცენებაზე, ყლორტის სიგრძეზე, ზრდის დასასრულსა და ფოთოლცვენაზე.

ხემცენარეების აღმოცენებაში ანუ ფაზის ნიშანში იგულისხმება, ნიადაგის ზედაპირზე გათიშული ლებნების გამოჩენა ცაცხვის, თელას, ნეკერჩხლისა და სხვა ჯიშთა შემთხვევაში.

კვირტის გაღვივება – გულისხმობს, საფოთლე კვირტების მფარავი ნაწილის განევას და უფრო ღია ნაწილის გამოჩენას.

კვირტის გაშლა – გულისხმობს, კვირტის ქერცლის გაშლას იმდენად, რომ კვირტის თავზე ფოთლის მწვანე წვეტები გამოჩნდება.

პირველი ფოთლების გაშლა – ნიშნავს, მიღისებურად დახვეული ფოთოლაკების გაშლასა და ნორმალური ფოთლების გამოჩენას.

ყვავილობის დაწყება – ნიშნავს, ყვავილის გამოჩენას.

ყვავილობის დასასრული – უმეტეს მცენარეებში ნიშნავს, გვირგვინის ჩამოცვენას.

ნაყოფისა და თესლის დამწიფების დროს ხეხილოვანებისა და კენკროვანების ნაყოფი ნორმალური შეფერილობის ხდება და რბილდება, მათი ჩამოცვენის დრო აღინიშნება დასაწყისით და დასასრულით.

შემოდგომაზე ფოთლების გაუფერულებაში – იგულისხმება, პირველი ფოთლების ჩვეულებრივი ფერის შეცვლა, მასობრივი გაუფერულება.

ფოთოლცვენა – ნიშნავს, პირველი ფოთლების ჩამოცვენას, ხოლო ფოთოლცვენის დასასრული თითქმის ყველა ფოთლის ჩამოცვენას.

ყლორტების სიგრძეზე ზრდის დამთავრება – აღინიშნება, ყლორტის ბოლოში უკანასკნელი ფოთლის გაშლით და კენწე-როზე კვირტის წარმოქმნით.

მეორადი ზრდა – არის დაკვირვების პერიოდში ახალი კვირტების გაშლა და მათგან ყლორტების განვითარება.

მეორადი ყვავილობა – ზაფხულის მეორე ნახევარში ან შემოდგომის დასაწყისში ზოგიერთი ხისა და ბუჩქის ყვავილო-ბაა.

თავი XV

ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების ძირითადი ასპექტები

15.1 ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების წყაროები

უკანასკნელ პერიოდში, ბუნებრივი გარემოს გაჭუჭყიანება მსოფლიო მასშტაბით მიიღო. გაჭუჭყიანების ძირითადი წყაროებია: ბუნებრივი და ანთროპოგენურ-ტექნოგენური. განსაკუთრებულ საშიშროებას წარმოადგენს ატმოსფეროს გაჭუჭყიანება მავნე აირებით, მყარი და თხევადი ნაწილაკებით, რაც გამოწვეულია იმით, რომ ატმოსფერული პროცესები არსებით გავლენას ახდენენ ბიოსფეროს ყველა კომპონენტზე, განსაკუთრებით ცოცხალ ორგანიზმებზე. ანთროპოგენურმა, არარეგულირებულმა ზემოქმედებამ ატმოსფერულ პროცესებზე, მომავალში შესაძლოა გამოიწვიოს შეუქცევადი ეკოლოგიური კრიზისი.

ატმოსფეროში არსებული შენაერთები – მყარი, თხევადი და გაზობრივი მდგომარეობაში არსებულნი, თავიანთი კონცენტრაციის დონით განაპირობებენ ისეთ თვისებებს, რომლებიც უარყოფითად მოქმედებენ როგორც ადამიანებზე, ასევე საერთო ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე.

ბუნებრივი გაზების უმრავლესობა, რომლებსაც ჰაერი შეიცავს (გოგირდისა და აზოტის ჟანგეულები, ნახშირწყალბადი, ნახშირორჟანგი და სხვა) დედამიწაზე სიცოცხლის შენარჩუნების წყაროს წარმოადგენენ. როდესაც, მათი კონცენტრაციის ზრდა აღემატება ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციას (ზღვ), ისინი საშიშ ნივთიერებებად იქცევიან.

ჰაერში არსებული ნივთიერებათა კონცენტრაციის ბუნებრივი დონე (ფონური კონცენტრაცია) ფორმირდება ბუნებრივი პროცესების შედეგად (ტყის ხანძარი, მეტეორების წვა, კოსმო-

სური მტვერი, რადიაქტიური გამოსხივება, ქარის მოქმედება და სხვა).

ცხრილში 15.1.1 მოყვანილია ატმოსფეროში არსებული ზოგიერთი მავნე ნივთიერების ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციების მნიშვნელობები.

ცხრ. 15.1.1

**ატმოსფეროში ზოგიერთი მავნე ნივთიერების
ზღვ (მგ/მ³)**

გაზები	ზღვ (ერთჯერადი)	ზღვ (საშუალო დღელამური)
გოგირდოვანი გაზი	0.5	0.05
გოგირდმჟავა	0.3	0.1
ნახშირჟანგი	3.0	1.0
ბენზოლი	1.5	0.8
ფოსფოროვანი ანჰიდრიდი	0.15	0.05
აზოტის ორჟანგი	0.085	0.085
ამიაკი	0.20	0.20
აცეტონი	0.35	0.35
არატოქსიკური მტვერი	0.5	0.16
მური	0.15	0.05
ქლორი	0.10	0.03

ცხრილში ნივთიერებათა წონითი სიდიდეები მოცემულია როგორც ერთჯერადი, ისე საშუალო დღელამური ზღვრული დასაშვები კონცენტრაციისათვის.

ჰაერში გავრცელებული გოგირდოვანი შენაერთებიდან გვხვდება: გოგირდწყალბადი (H₂S), გოგირდოვანი გაზები (SO₂, SO) ან გოგირდმჟავა. მათი 2/3 ბუნებრივი წარმოშობისაა. გოგირდწყალბადის წარმოქმნის წყაროს ორგანული პროცესები წარმოადგენს, რომლებიც მთელი მასის 45%-ს შეადგენს. გო-

გირდოვანი გაზების ძირითადი მასის წარმოქმნა უკავშირდება გოგირდის წვას, რომელსაც წიაღისეული შეიცავს (ნავთობი, სანჯავი ქვანახშირი და სხვა).

ნახშირჟანგის (CO) წარმოქმნა დაკავშირებულია ნახშირბადის შემცველი სანჯავი ნედლეულის არასრულ წვასთან. ჰაერში მოხვედრილი CO-ს დაახლოებით 80% ავტომანქანების გამონაბოლქვზე მოდის. იგი ძლიერ ტოქსიკურ ნივთიერებას წარმოადგენს, რომელიც იწვევს ადამიანის ცენტრალური ნერვული სისტემის ფუნქციურ დარღვევებს. ტოქსიკურობის მსგავსი თვისებებით ხასიათდება აზოტისორჟანგი (NO₂).

აღნიშნული ნივთიერებების გარდა ჰაერში ხვდება სხვა ელემენტებიც, რომელთა უმრავლესობა ტოქსიკურია და მეტად საშიშია ცოცხალი ორგანიზმებისათვის (ამიაკი, ფენოლო, ბენზოლი და სხვა).

ბიოსფეროს გაჭუჭყიანებაში განსაკუთრებული როლი აქვს რადიაქტიურ გამოსხივებას. იგი ძირითადად განპირობებულია ნიადაგიდან რადიაქტიური გაზების დიფუზიით და მათი დაშლით. რადიაქტიური ნივთიერებები ჰაერსა და ნიადაგში ხვდება ატომური იარაღის გამოცდის, რეაქტორებში გამოყენებული რადიაქტიური ნარჩენებისა და წყლის საშუალებით. აღნიშნული ნივთიერებები საშიშროებას უქმნის ციცხალ ორგანიზმებს.

ბუნებრივი რადიაქტიურობა იცვლება ამინდის ადგილობრივი პირობების შესაბამისად. მისი რაოდენობა მცირდება ნალექების მოსვლის შემდეგ.

გაჭუჭყიანებული ჰაერი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მეტეოროლოგიურ რეჟიმზე, განსაკუთრებით რადიაციაზე, ხოლო მავნე ნივთიერებების განაწილება, თავის მხრივ დამოკიდებულია მეტეოროლოგიურ პირობებზე.

ატმოსფეროში დიდი რაოდენობითაა ატივანარებული მყარი და თხევადი ნაწილაკები – აეროზოლები. ჰაერში მათი წილი შეადგენს მთელი შენარევი მასის დაახლოებით 10%-ს, ხოლო 90% მოდის გაზობრივ კომპონენტებზე. აეროზოლების ძირითადი მასა (80-90%) მოძრაობს ტროპოსფეროს ქვედა ფენაში, ხოლო

უნვრილესი ნაწილაკები ტროპოსფეროს მაღალ ფენებსა და სტრატოსფეროში.

ატმოსფეროში მუდმივად არის სხვადასხვა სახის მავნე ნივთიერებები, როგორც ბუნებრივი, ისე ანთროპოგენური გავლენით. სავარაუდოდ, ატმოსფერო თვითგამწმენდი მექანიზმით შეძლებს დედამიწის ბუნებრივი გამაჭუჭყიანების ეკოლოგიური ნონასწორობის შენარჩუნებას. რაც შეეხება ანთროპოგენურ გავლენას, იგი განსაკუთრებულ ყურადღებას ითხოვს, რადგან მისი რეგულირების მექანიზმი ადამიანის ხელშია.

15.2 მეტეოროლოგიური ელემენტების გავლენა გარემოს გამაჭუჭყიანებლებზე

ჰაერის მასების მოძრაობის რეჟიმს დიდი მნიშვნელობა აქვს ბიოსფეროს გამაჭუჭყიანების მექანიზმის დადგენისათვის. ატმოსფეროს გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების კონცენტრაცია არათანაბრად ნაწილდება და მისი გავრცელების ძირითად საშუალებას ატმოსფეროს მასების მოძრაობა – ქარები განაპირობებენ.

ქარების საშუალებით, გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებები სწრაფად მოძრაობენ ჰორიზონტალურ სიბრტყეში და ნიადაგის ზედაპირზე დალექვით. მათი ნიადაგში და წყლის აუზებში მოხვედრის ალბათობა მაღალია.

ჰაერის ჰორიზონტალური მოძრაობის დროს შეიმჩნევა ვერტიკალური, ქაოტური მოძრაობა ისე, რომ გამაჭუჭყიანებლები არა მარტო ჰორიზონტალური, არამედ ვერტიკალური მიმართულებითაც გადაიტანება (გადატანის ინტენსივობას რელიეფის ხასიათი და ნიადაგის საფარი განსაზღვრავს).

ბიოსფეროში ჰაერის მასების ვერტიკალური მოძრაობა შედარებით ნელია, ამიტომ ჰაერში შემავალი და ამ დინებაში მოხვედრილი გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებები გაცილებით დიდ-

ხანს რჩება ჰაერში (2-დან 3 თვემდე), რაც მეტ დაზიანებას იწვევს.

სხვადასხვა წყაროების მიერ გამოყოფილი ატმოსფეროს გამაჭუჭყიანებლების დიფუზია ან გაფანტვა ინტენსიურად მიმდინარეობს, რასაც ხელს უწყობს მინისპირა ჰაერისათვის დამახასიათებელი ტურბულენტობა. ჰაერის სხვადასხვა ფენა ტურბულენტობის პროცესით კარგად ირევა ყველა მიმართულებით. ამ პროცესში იფანტება გამაჭუჭყიანებლები და მცირდება მათი კონცენტრაცია. ამ გზით ნაწილაკების გადატანის სიძლიერე განისაზღვრება ჰაერის სტრატოფიკაციით. არამდგრადი სტრატოფიკაციის დროს მავნე ნივთიერებები ადის მაღლა, ისე რომ გარემოს გაჭუჭყიანება ნაკლებად ხდება. მდგრადი სტრატოფიკაციის პირობებში კი პირიქით ხდება – ატმოსფერო ძლიერ ჭუჭყიანდება. ამ შემთხვევაში გამაჭუჭყიანებელი ნელა ვრცელდება ჰორიზონტალურად, ქარის მიმართულებით.

განსაკუთრებულად ჭუჭყიანდება ატმოსფერო ტემპერატურის მინისპირა ინვერსიის დროს. ასეთ შემთხვევაში თხელი ფენა ჭუჭყიანდება, თუმცა მავნე ნივთიერებების კონცენტრაცია 5-10-ჯერ აღემატება საშუალო მაჩვენებელს. სხვა მეტეოროლოგიური ელემენტებიდან, ატმოსფეროში ჭუჭყის რაოდენობაზე განსაკუთრებულად მოქმედებს ატმოსფერული ნალექები (წვიმასთან ან თოვლთან ერთად ჩამოდის მტვრის დიდი ნაწილი).

15.3 გამაჭუჭყიანების შეფასება

ანთროპოგენური ზემოქმედების ინტენსივობასა და ჰაერში გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების კონცენტრაციის დონეს ძირითადად ქალაქის სიდიდე და მოსახლეობის რაოდენობა განსაზღვრავს. ასევე, მნიშვნელოვანია სამეურნეო მასშტაბის, ტრანსპორტის, საყოფაცხოვრებო პირობების და ფუნქციონალური სტრუქტურის როლი გამაჭუჭყიანებლების კონცენტრაციის დონის განსაზღვრაში.

ურბანიზებულ ტერიტორიაზე ანთროპოგენური ზემოქმედებით ჰაერში მოხვედრილი ზოგიერთი ნივთიერების და აეროზოლების რაოდენობა თანდათანობით უახლოვდება ან უტოლდება კიდეც ბუნებრივ ფონს. გარემომცველი გარემოსათვის სახიფათოდ ითვლება ყველა ის ნივთიერება, რომელიც ცვლის წყლის, ნიადაგის ან ჰაერის ბუნებრივ შემადგენლობას და ზიანს აყენებს ეკოსისტემებს. ამასთან ერთად ჰაერში, წყალში და ნიადაგში შეიმჩნევა ისეთი ნაერთები, რომლებსაც ბუნებრივ პირობებში არ ვხვდებით (ხელოვნური იზოტოპები, პესტიციდები და სხვა). ირღვევა ნივთიერების წრებრუნვა როგორც ლოკალური, ისე პლანეტარული მასშტაბით.

გარემომცველი გარემოს მიმართ გარკვეული ნივთიერებების საფრთხის შეფასებისათვის, საჭიროა განისაზღვროს გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერების შემცველობის კონცენტრაცია, მისი მოქმედების ხანგრძლივობა და მისი გავლენა ცოცხალ ორგანიზმებზე.

მავნე ნივთიერებების გარემოზე გავლენის შეფასებისათვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ნივთიერებების რაოდენობა, რომელიც წრებრუნვაში იმყოფება, მისი გამოყენების ადგილმდებარეობა, გარემოში ნივთიერებების მდგრადობა, მისი დაგროვების შესაძლებლობა, განსაკუთრებით ცოცხალ ორგანიზმებში.

ჰაერის გამაჭუჭყიანებელ ნივთიერებათა კონცენტრაციის დონე დამოკიდებულია არა მარტო მათი წარმომქმნელი წყაროს თავისებურებებზე, არამედ მოცემული რაიონისათვის დამახასიათებელ მეტეოროლოგიურ პირობებზეც. აღნიშნული პროცესების ურთიერთზემოქმედების გათვალისწინებით, შესაძლებელია ჰაერის გაჭუჭყიანების დონის პროგნოზირება, ე.ი. განისაზღვროს თუ რამდენად შეიძლება აღემატებოდეს ინგრედიენტთა (გამაჭუჭყიანებელ ნივთიერებათა) კონცენტრაცია ზღვ-ს (იხ. ცხრილი 15.1.1).

პროგნოზირებას საფუძვლად უდევს სტატისტიკური კავშირი ქალაქის ჰაეროვანი აუზის ინგრედიენტთა კონცენტრაციასა და მეტეოროლოგიურ პირობებს შორის.

ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების მაღალი დონე დაკავშირებულია სუსტ ქართან და ატმოსფეროს მდგრად სტრატოფიკაციასთან (ტემპერატურის შემცირებული გრადიენტი, იზოთერმია ან ინვერსია – სიმაღლის მიხედვით ტემპერატურის მატება). მინარევთა საშუალო კონცენტრაციის დონე უფრო მაღალია ტემპერატურის ინვერსიული განაწილების დროს, ვიდრე ჩვეულებრივ ამინდში – ინვერსიის გარეშე.

მეტეოროლოგიურ ფაქტორებთან ერთად გაჭუჭყიანების ერთერთ ძირითად მიზეზად მიიჩნევა ოროგრაფიული პირობები. მაგალითად, ქალაქ თბილისის მდებარეობა (ნახევრად ქვაბური) გაჭუჭყიანების ერთერთი მიზეზია, რადგან იგი ინვესს ჰაერის ვენტილაციის შესუსტებას და ტემპერატურული ინვერსიების წარმოქმნის ალბათობის გაზრდას.

ლიტერატურა

- აგრომეტეოროლოგიის, კლიმატოლოგიის და ზოგადი მეტეოროლოგიის საკითხები. ჰმი-ის შრომები, ტ. №102, 2002
- გვალვის და მასთან ბრძოლის პრობლემები, ჰმი-ის შრომები, ტ. №107, 2002
- ე.გუგავა, გ.მელაძე – მცენარეთა ეკოლოგია. გამომც. „მერაბ აბელაშვილი“, თბილისი, 2003
- ე.გუგავა, ე.ვადიანი, ი.ყარალაშვილი – ბოტანიკა. II ნაწილი, მცენარეთა სისტემატიკა. თბილისი, 2010
- გ.გუნია – საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატის ცვლილების ანთროპოგენური ფაქტორების მონიტორინგის შესახებ. საქართველოს მეცნ. აკად. ჰმი-ის შრომები, ტ. 104, თბილისი, 2001
- ე.ელიზბარაშვილი – საქართველოს კლიმატური რესურსები. გამომც. ჰმი, თბილისი, 2007
- თბილისის კლიმატის მრავალწლიური ცვლილება და ციკლური რყევადობა. ჰმი-ის შრომები, ტ. №103, 2001
- ა.კოტარია – მეტეოროლოგიის საფუძვლები. თსუ-ის გამომცემლობა, თბილისი, 1992
- გ.მელაძე – ეკოლოგია აგრომეტეოროლოგიის საფუძვლებით. ჰიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტის ბეჭდვისა და პოლიგრაფიის უბანი, თბილისი, 1998
- მ.მელაძე – აგრომეტეოროლოგია. გამომც. „უნივერსალი“, თბილისი, 2008
- გ.მელაძე, ე.გოგლიძე – აგრომეტეოროლოგია. გამომც. “განათლება”, თბილისი, 1991
- გ.მელაძე, მ.მელაძე – საქართველოს აღმოსავლეთ რეგიონების აგროკლიმატური რესურსები. გამომც. „უნივერსალი“, თბილისი, 2010
- მ.მელაძე – სატყეო მეტეოროლოგია. მოკლე სალექციო კურსი (ელ. ვერსია), 2007
- მ.მჭედლიძე, ზ.დოლონაძე – ეკოლოგია მეტეოროლოგიისა და ბუნების დაცვის საფუძვლებით. გამომც. “განათლება”, თბილისი, 1995
- საქართველოს სამეცნიერო-გამოყენებითი კლიმატური ცნობარი – ცალკეული კლიმატური მახასიათებლები. ნაწილი I, რედ. ე.ელიზბარაშვილი, ლ.პაპინაშვილი, ლ.ქართველიშვილი, თბილისი, 2004

- საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისათვის. თბილისი, 2009
- ც.სამადაშვილი, გ.კაპაბაძე – სატყეო გენეტიკა და სელექცია. გამომც. „პოლიგრაფისტი“, თბილისი, 2007
- ა.ციციციძე, გ.გიგაური, გ.გაგოშიძე – დენდროლოგია. ნაწილი I, გამომც. „განათლება“, თბილისი, 2004
- შ.ჯავახიშვილი – მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგია. თსუ-ის გამომცემლობა, თბილისი, 2000
- ე.ჯიქია – სატყეო მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგია. გამომც. „განათლება“, თბილისი, 1969
- Иванов В.П. - Лесная метеорология. Метеорологические приборы и наблюдения. Изд. Марийский государственный технический университет, 2009
- Косарев В.П. - Лесная метеорология с основами климатологии. Изд. Санкт-Петербургская государственная академия, 2002
- Косарев В.П., Андриюшенко Т.Т. - Лесная метеорология с основами климатологии. Изд. Санкт-Петербургская государственная академия, 2009
- Китредж Дж. – Влияние леса на климат, почвы и водный режим. Издательство иностранной литературы. Под редакций проф. Зонна С.В. Москва, 1951
- Agricultural and Forest Meteorology - International journal (Heaquartered in Amsterdam, Netherland), 2008
- Human Development Report - Fighting Climate Change: Human Solidarity Divided Word. Published for the United Nations Development Programme (UNDP), 2007-2008
- Harpal S. Mavi, Graeme I. Tupper - Agrometeorology. Principles and Applications of Climate Studies in Agriculture. Haworth Press Ins., Austria, 2004
- Impacts of Desertification and Drought and Other Extreme Meteorological Events - Prepared by Gathara S.T. Geneva, Switzerland, 2006
- Kogan F. - Global Drought Watch from Space. Bull. Amer. Meteorology, 2001
- Menna OP, Charak Ac, Somani LL. - Agrometeorology. Publ. Agrotech Publishing Academy, 2007
- www.climatechange.telenet.ge
- www.WMO.int/pages/index_en.html.

ს ა რ ჩ ე ვ ი

შესავალი 3

თავი I სატყეო მეტეოროლოგია

და კლიმატოლოგია 5

- 1.1 სატყეო მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგიის საგანი 5
- 1.2 მეტეოროლოგიის განვითარების ძირითადი ეტაპები 7
- 1.3 დაკვირვებები მეტეოროლოგიურ ელემენტებზე 8
- 1.4 ატმოსფეროში მიმდინარე მოვლენების შესწავლის მეთოდები 10
- 1.5 გარემო ფაქტორების კანონზომიერებები 12

თავი II ატმოსფეროს საერთო თვისებები 14

- 2.1 ატმოსფეროს ფენები და საერთო თვისებები 14
- 2.2 წყლის ორთქლი, აიროვანი და აეროზოლური მინარევები ატმოსფეროში 17
- 2.3 ატმოსფერული წნევის გაზომვა 20
- 2.4 ატმოსფერული წნევის ცვალებადობა 24
- 2.5 ადიაბატური პროცესები ატმოსფეროში 25

თავი III მზის რადიაცია 27

- 3.1 მზის რადიაციის სპექტრული შემადგენლობა და მისი ცვლილება 27
- 3.2 მზის პირდაპირ და გაბნეულ რადიაციასთან დაკავშირებული მოვლენები 30
- 3.3 ჯამური, არეკლილი და შთანთქმული რადიაცია. დედამიწის ალბედო 32
- 3.4 დედამიწისა და ატმოსფეროს გამოსხივება 35
- 3.5 დედამიწის ზედაპირის რადიაციული ბალანსი 36
- 3.6 მზის რადიაციის გაზომვა 38

3.7 განათებულობისა და დღის ხანგრძლივობის მნიშვნელობა მცენარეებისათვის	41
3.8 მზის ენერჯის მნიშვნელობა მცენარეებისათვის	43

თავი IV ნიადაგის ტემპერატურა 46

4.1 ნიადაგის ტემპერატურის დღელამური და წლიური მსვლელობა	46
4.2 ნიადაგის გათბობა და გაცივება	48
4.3 რელიეფის, მცენარეული და თოვლის საფარის გავლენა ნიადაგის სითბურ რეჟიმზე.....	51
4.4 ნიადაგის ტემპერატურის თერმოიზოპლეტები	53
4.5 ნიადაგის ტემპერატურის რეჟიმის მნიშვნელობა მცენარეებისათვის	55
4.6 ნიადაგის ტემპერატურის გაზომვა	56
4.7 ნიადაგის გაყინვა და გაღობა	59
4.8 ნიადაგის ტენიანობის განსაზღვრა	60
4.9 ნიადაგის ტენის მარაგის პროგნოზი.....	63

თავი V ჰაერის ტემპერატურა 65

5.1 ჰაერის ტემპერატურის ცვლილება	65
5.2 ჰაერის ტემპერატურის დღელამური და წლიური მსვლელობა	67
5.3 ჰაერის ტემპერატურის განაწილება სიმაღლის მიხედვით	71
5.4 ჰაერის ტემპერატურის აღმასვლის ოთხი სტადია	73
5.5 ჰაერის ტემპერატურის გავლენა მცენარეებზე და ტემპერატურათა ჯამები	75
5.6 ტყის გავლენა ჰაერის ტემპერატურაზე	78
5.7 ჰაერის ტემპერატურის გაზომვა	82
5.8 სავეგეტაციო პერიოდის სითბოთი უზრუნველყოფის პროგნოზი	83

თავი VI წყლის ორთქლი ატმოსფეროში 85

- 6.1 ჰაერის ტენიანობის დამახასიათებელი
სიდიდეები 85
- 6.2 ჰაერის ტენიანობა და მცენარეულობა 87
- 6.3 აორთქლება 88
- 6.4 ტყის გავლენა აორთქლებაზე 92
- 6.5 ღრუბლების წარმოქმნა და კლასიფიკაცია 94
- 6.6 ჰაერის ტენიანობის გაზომვა 97

თავი VII ატმოსფერული ნალექები 99

- 7.1 ნალექების წარმოქმნა და მათი ტიპები 99
- 7.2 ნალექების დღელამური და წლიური
მსვლელობა 103
- 7.3 ნალექების უზრუნველყოფა და მათი
მნიშვნელობა მცენარეებისათვის 105
- 7.4 ნალექების ხელოვნურად გაზრდა 109
- 7.5 თოვლის საფარი და მისი მნიშვნელობა
მცენარეებისათვის 110
- 7.6 ნალექების გაზომვა 114

თავი VIII ქარი 118

- 8.1 ქარის წარმოქმნის მიზეზები 118
- 8.2 ქარის სახეები, მათი დღელამური და
წლიური მსვლელობა 120
- 8.3 ტყის გავლენა ქარზე 124
- 8.4 რელიეფისა და მცენარეების გავლენა ქარზე 127
- 8.5 ქართა სქემა 129
- 8.6 ქარის მიმართულებისა და სიჩქარის
გაზომვა 131

თავი IX გვალვა 134

- 9.1 გვალვის წარმოქმნა და ტიპები 134

9.2 გვალვის წინააღმდეგ ბრძოლის ლონისძიებები	138
თავი X ნაყინვა	141
10.1 ნაყინვის ტიპები და მათი წარმოქმნის პირობები	141
10.2 რელიეფის გავლენა ნაყინვების ინტენსივობასა და ხანგრძლივობაზე	144
10.3 ნაყინვებთან ბრძოლის მეთოდები.....	147
10.4 ნაყინვების პროგნოზის მეთოდები	149
თავი XI ატმოსფეროს ცირკულაცია და ამინდი	156
11.1 ჰაერის მასების ფორმირება. ცივი და თბილი ფრონტები	156
11.2 ციკლონი და ანტიციკლონი	159
11.3 ამინდის პროგნოზი	162
11.4 ამინდის წინასწარმეტყველება ადგილობრივი ნიშნებით	164
თავი XII კლიმატი	167
12.1 კლიმატი და მისი წარმომქმნელი ფაქტორები	167
12.2 აგროკლიმატური რესურსების შეფასება	170
12.3 ტყე და კლიმატი	178
12.4 კლიმატის ცვლილება	181
თავი XIII მიკროკლიმატი	187
13.1 მეზო- და მიკროკლიმატი, მათი შესწავლის პირობები	187
13.2 ტყის მიკროკლიმატი	189
13.3 ქალაქის მიკროკლიმატი	191
13.4 დასერილი ადგილის მიკროკლიმატი.....	193
13.5 მიკროკლიმატური დაკვირვებები	195

თავი XIV ფენოლოგია	197
14.1 ფენოლოგიური დაკვირვებები	197
14.2 ფენონომალია	199
14.3 ფენოლოგიური ინდიკატორი	200
14.4 ხემცენარეების განვითარების ფენოლოგიური ფაზები	202
თავი XV ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების ძირითადი ასპექტები	206
15.1 ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების წყაროები.....	206
15.2 მეტეოროლოგიური ელემენტების გავლენა გარემოს გაჭუჭყიანებაზე	209
15.3 გაჭუჭყიანების შეფასება	210
ლიტერატურა	213

მანია მელაძე

**სატყეო მეტეოროლოგია
და კლიმატოლოგია**

МАЙЯ МЕЛАДЗЕ

**ЛЕСНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ
И КЛИМАТОЛОГИЯ**

MAIA MELADZE

**FOREST METEOROLOGY
AND CLIMATOLOGY**

**დედანი მომზადდა გამოსაცემად საქართველოს სახელმწიფო
აგრარული უნივერსიტეტის სარედაქციო-საგამომცემლო
განყოფილების მიერ**

**რედაქტორები: ნ.კერესელიძე
ჟ.კეკელია**



გამომცემლობა „უნივერსალი“

თბილისი, 0179, ი. ჭავჭავაძის გამზ. 19, ☎: 22 36 09, 8(99) 17 22 30
E-mail: universal@internet.ge