

საქართველოს სახელმწიფო სასოფლო-სამეურნეო უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი მუხიგულაშვილი

არიდულ ზონაში მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესის
დინამიკა წყალურუნველყოფის ფონზე

06.01.02. _ სასოფლო-სამეურნეო მელიორაცია

(ტექნიკური)

ტექნიკის მეცნიერების კანდიდატის სამეცნიერო
ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

თბილისი 2006 წ.

ნაშრომი შესრულებულია საქართველოს სახელმწიფო
სასოფლო-სამეურნეო უნივერსიტეტში

სამეცნიერო ხელმძღვანელები: *ედუარდ კუხალაშვილი*
ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი

ნოდარ მოდებაძე
ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, უფროსი მეცნიერ
თანამშრომელი

ოფიციალური ოპონენტები: *რევაზ დანელია*
ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი

ვლადიმერ შურღაია
ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, უფროსი მეცნიერ
თანამშრომელი

დისერტაციის დაცვა შედგება 2006 წლის 29 ნოემბერს ____ საათზე.
საქართველოს სახელმწიფო სასოფლო-სამეურნეო უნივერსიტეტის
T 05.02.12 სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე

მისამართი: თბილისი, დავით აღმაშენებლის ხეივანი მე-13 კმ.

ავტორეფერატი დაიგზავნა 2006 წლის 23 ოქტომბერს.

დისერტაციის გაცნობა შესაძლებელია
საქართველოს სახელმწიფო სასოფლო-სამეურნეო
უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკაში

მისამართი: თბილისი, დავით აღმაშენებლის ხეივანი მე-13 კმ.

სადისერტაციო საბჭოს სწავლული მდივანი
ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი

/გ. ჯავაძე 

ნაშრომის საერთო დახასიათება

თემის აქტუალობა: სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარების და მოსავლის ფორმირებაში გადამწყვეტ როლს ასრულებს ტენიანობის, სითბოს, საკვების, სინათლის და აირუზრუნველყოფის ფაქტორები. ამ ფაქტორებიდან არიდულ ზონებში განსაკუთრებული როლი ენიჭება წყალუზრუნველყოფის ფაქტორს, სწორედ ამის გამო წყლის რეგულირებისათვის და მისი ოპტიმიზაციისათვის აუცილებელია ბუნებრივ-ტექნიკური საირიგაციო სისტემების ისეთნაირად ფუნქციონირება, რომ მიხწეულ იქნას არსებული წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენება, რაც თავის მხრივ გამორიცხავს ისეთი უარყოფითი შეუქცევადი პროცესების წარმოშობას როგორცაა. დაჭაობება-დამლაშება, ნიადაგური საფარის ეროზია და ა.შ. ამასთან ერთად აუცილებელი ხდება მოსავლიანობის პროგნოზის ტულ გაანგარიშებებში ასახვა პოვოს ისეთმა უარყოფითმა ზემოქმედებებმა, როგორცაა უარყოფითი მეტეოროლოგიური ფაქტორები, სეტყვა, ქარი, წაყინვა და სხვა. არა მხოლოდ ნეგატიური ფაქტორების წარმოდგენილი სპექტრის, არამედ პოზიტიურისაც კი დასაშვები აუცილებელი ნორმებიდან გადახრა ხშირად მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესის შეწყვეტის, გარემოს დაჭუჭყიანების, კოროზიის მდგრადობის რღვევის და სხვა ნეგატიური გამოვლინებების მიზეზი ხდება. ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე პროცესის წარმოდგენა-გააზრება ერთიან კონტექსტში ძალზე რთულია, მასში მოქმედი ურთიერთშეკავშირებული ფაქტორთა სპექტრის გამო და აუცილებელია მცენარის ზრდა-განვითარების ინტეგრაციული მახასიათებლის (მოსავალი) ფორმირების დინამიკაზე მოქმედი ფაქტორების გავლენის (როგორც დადებითი ისე უარყოფითის) დიფერენცირებული შესწავლა. წარმოდგენილი სურათი საჭიროებს ისეთი სრულყოფილი მოდელის შერჩევას და პროცესთან ადაპტაციას, რომლის საფუძველზე შესაძლებელი გახდება მელიორაციული ღონისძიებების დაგეგმვა და სწორად შერჩევა.

კვლევის მიზანი: სადისერტაციო ნაშრომი მიზნად ისახავს სხვადასხვა გეოგრაფიულ და ნიადაგურ პირობებში განლაგებული სოფლის მეურნეობის სავარგულთა პოტენციურ შესაძლებლობების, კერძოდ პროგნოზირებული მოსავლის დონის გარანტიის უზრუნველყოფის მეცნიერული საფუძვლების შექმნას, სარწყავი წყლისა და საკვები ნივთიერებების ეფექტურად გამოყენების პირობებში. კერძოდ დამუშავებული უნდა იქნას სხვადასხვა კულტურათა მოსავლიანობის პროგნოზირების მეთოდიკა. მცენარეთა დაგეგმილი მოსავლიანობის უზრუნველსაყოფად აგებული იქნას მათემატიკური მოდელი, რომლის საფუძველზე განხორციელდება მისი ზრდა-განვითარების პროცესის განმაპირობებელი პოზიტიური და ნეგატიური ფაქტორების რაოდენობრივი შეფასება.

კვლევის ძირითად ამოცანას წარმოადგენს:

– მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესის არსებული მასალების ანალიზის საფუძველზე შესარჩევ მოდელში გასათვალისწინებელი პოზიტიური და ნეგატიური ფაქტორების ღირსება – ნაკლოვანებების გამოყოფა და შესწავლა;

– გარკვეული გეოგრაფიული, კლიმატური, ნიადაგობრივი პირობების გათვალისწინებით სარწყავი წყლის და საკვები ნივთიერების რაოდენობრივი გამოყენების ეფექტურობის შეფასება სასოფლო სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის პროგნოზირებულ სიდიდეზე;

– სასოფლო სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარების პროცესზე მოქმედი ცაალკეული ფაქტორების დინამიკის დიფერენცირებული შესწავლა;

– თეორიული გზით კულტურათა ზრდა-განვითარების პროცესზე მათემატიკური მოდელის ადაპტაცია;

– მათემატიკურ მოდელში შემავალი კოეფიციენტების დადგენა ისეთი სტრატეგიული კულტურებისათვის როგორცაა საშემოდგომო ხორბალი, სიმინდი, იონჯა, ვენახი;

– შერჩეული მოდელით საპროექტო კულტურათა ქცევის შეფასება და სასურველი რეჟიმით მისი მართვა ვეგეტაციის მთელ პერიოდში;

– სასოფლო სამეურნეო პროდუქტის წარმოების გარემოზე ზემოქმედების შესწავლა, გამოწვეული ზარალის პროგნოზი და აღმოფხვრის ღონისძიებები ნეგატიური ფაქტორების გათვალისწინებით.

კვლევის ობიექტი: სასოფლო სამეურნეო კულტურათა სხვადასხვა სახეები, მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესზე მოქმედი პოზიტიური და ნეგატიური ფაქტორები, მცენარეთა მოსავლიანობა.

მეცნიერული სიახლე: ჩატარებული კვლევის შედეგად მიღებულია:

– სასოფლო სამეურნეო კულტურათა ზრდა-განვითარების პროცესის პროგნოზირების მეთოდების ღირსება-ნაკლოვანი მხარეების ანალიზის საფუძველზე გამოვლენილია ძირითადი განმსაზღვრელი ნეგატიური და პოზიტიური ფაქტორები, დადგენილია მათი მოსავლის სიდიდეზე მოქმედების ინტენსივობის ზღვრები;

– გამოვლენილია მელიორაციაში წყლის რესურსების გამოყენების და მისი დეფიციტის შევსების შესაძლებლობა კულტურათა სახეების ცვლილების საფუძველზე;

– დამუშავებულია სასოფლო-სამეურნეო სავარგულთა მოსავლიანობის ფორმირების განმსაზღვრელი პრინციპულად ახალი მათემატიკური მოდელი;

– მოცემულია საპროექტო კულტურათა ქცევის დინამიკა მისი განვითარების ნებისმიერ ფაზაში და დასახულია მისი მართვის ღონისძიებების გზები;

– დადგენილია სასოფლო სამეურნეო წარმოების გარემოს ეკოსისტემებზე ნეგატიური ზემოქმედების ზღვრები;

– შემოთავაზებულია ნეგატიური ფაქტორებით გამოწვეული მოსავლიანობის ზარალის სიდიდის დამოკიდებულება მათ ინტენსივობასთან კავშირში.

ნაშრომის პრაქტიკული მნიშვნელობა. მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესის დინამიკის შემოთავაზებული მოდელი საშუალებას იძლევა არიდულ ზონებში უფრო ზუსტი პროგნოზი გაუკეთდეს ირიგაციულ წყლის ხარჯებს, სასუქების რესურსებს გარემოს ტემპერატურული რეჟიმისგან დამოკიდებულებით და სასოფლო სამეურნეო კულტურათა მოსავლიანობას. საპროექტო კულტურათა ქცევის პროგნოზის საფუძველზე შესაძლებელია მცენარის ზრდა-განვითარების მართვის ღონისძიებების დასახვა,

ნეგატიური მოვლენებისგან კულტურათა დაცვა გარემოს ეკოსისტემების ნეგატიური ზემოქმედებებისაგან დამცავი ღონისძიებების სახეების შერჩევა.

ნაშრომის აპრობაცია. სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენებული იყო: ახალგაზრდა მეცნიერთა და ასპირანტთა სამეცნიერო კონფერენციებზე ქ. თბილისი, 2001-2002 წ.წ. საქართველოს სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტის სასოფლო სამეურნეო ჰიდროტექნიკური მელიორაციის და ჰიდროტექნიკის და საინჟინრო ეკონომიკის კათედრების გაფართოებულ სხდომებზე 2003-2004 წ.წ.

პუბლიკაცია: სადისერტაციო ნაშრომის ცალკეულმა თეორიული და პრაქტიკული ხასიათის საკითხებმა ასახვა ჰპოვა ოთხ სამეცნიერო შრომაში.

ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლისაგან, ოთხი თავისაგან, ძირითადი დასკვნებისა და გამოყენებული ლიტერატურისაგან. იგი მოიცავს 133 ნაბეჭდ გვერდს, რომელშიც შედის 18 ნახაზი და 10 ცხრილი.

ნაშრომის ძირითადი შინაარსი

პირველ თავში მოცემულია საქართველოს მიწისა და წყლის რესურსების შეფასება, სავარგულებზე კულტურების განაწილების დინამიკა და მოსავლიანობის პროგნოზირების არსებული მეთოდები. განხილულია, როგორც სტატიკური, ასევე დინამიური მოდელები. დამტკიცებულია დინამიური მოდელების უპირატესობა სტატიკური მოდელების მიმართ. რადგან ეს უკანასკნელი სავსე სამუშაოების ჩატარების შედეგების საფუძველზე, იძლევიან მხოლოდ საბოლოო შედეგს და შეუძლებელს ხდიან, გაუკეთდეს ანალიზი მცენარის ზრდა-განვითარების დინამიკას. დინამიური მოდელები, გარდა საბოლოო შედეგისა – (მოსავლიანობას), სავსეგეტაციო პერიოდის მთელ ეტაპზე შესაძლებლობას იძლევა შეფასდეს მცენარის ქცევა $\tau=0$ -დან $\tau=T$ -მდე პერიოდში, რომლის საფუძველზე შესაძლებელია შერჩეულ იქნას საჭირო აგროქიმიური ან აგრომელიორაციული ღონისძიებები, დაავადებების საწინააღმდეგო საშუალებები და საჭირო და შეთხელებული. დღემდე დამუშავებული არც ერთი დინამიური მოდელი სრულყოფილი არ არის. ისინი ითვალისწინებენ ჩვენს მიერ ზემოთ მოყვანილ ფაქტორთაგან ზოგიერთს, ხშირად ერთს ან ორს. ასეთი მიდგომა ნაწილობრივ აისახება პროცესის სირთულით, მასში მონაწილე ფაქტორებს შორის ურთიერთგავლენის სირთულით და სხვ.

არსებული დინამიური მეთოდების მოდელების უმრავლესობის პრაქტიკულად გამოყენება საკმაოდ რთულია, რადგან ისინი შეიცავენ ისეთ პარამეტრებს, რომელთა ექსპერიმენტალურად დადგენა თითქმის შეუძლებელია, თუნდაც მიახლოებით. მაგალითად, შეიძლება მოვიყვანოთ სიროტენკოს, გალიამინის, ხუბლარიანის და სხვათა ცნობილი მოდელები, რომლებიც შეიცავენ მცენარის ფოთლის ზედაპირის, ფესვთა სისტემის ზედაპირის ფართს და ა.შ. რომლებთანაცაა დაკავშირებული ფოტოსინთეზის და საკვებ ნივთიერებათა შეწოვა-ათვისების პროცესი. ამ მოდელებში კოეფიციენტების

დადგენის სიზუსტე ძალიან დაბალია, რადგანაც დაბალია ფოთლებისა და ფესვების ზედაპირის ფართის დადგენის სიზუსტე. ამის გამო, აუცილებელი ხდება ისეთი მათემატიკური მოდელების შექმნა, რომლებიც საშუალებას მოგვცემს, გავითვალისწინოთ ყველა ის სასიცოცხლოდ აუცილებელი ფაქტორები, რომელთა რაოდენობრივი შეფასება მცენარის დაღუპვის გარეშეა შესაძლებელი და იმავე სიზუსტით, როგორი სიზუსტითაც გვსურს მივიღოთ პროგნოზირებადი პროცესის შედეგი, თუ ისინი არ ეწინააღმდეგებიან მოდელის კომპლექტურობის პრინციპს. მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესის სირთულის გამო დღეისათვის არ არსებობს მოდელები და მისი შედეგების რეალიზაცია, დამყარებული მკაცრ მათემატიკურ გადაწყვეტილებაზე, აპრობირებული ძირითად კულტურებზე სხვადასხვა კლიმატურ და ნიადაგობრივ პირობებში, რაც საკმაოდ ართულებს ფაქტორების მართვის შესაძლებლობას.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ მოდელში გათვალისწინებულია თოთქმის ყველა პოზიტიური და ნეგატიური ფაქტორები, რომელთა სიდიდეების დაფიქსირება დიდ სირთულეს არ წარმოადგენს, რითაც ადვილდება მოდელში შემავალი კოეფიციენტების რიცხვითი მნიშვნელობების დადგენა საკმაო სიზუსტით.

ამავე თავში განხილულია წყალი, როგორც მცენარის ზრდა-განვითარების უპირატესად აუცილებელი ელემენტი, მოცემულია მისი როლი მოსავლის ფორმირების პროცესში, მოცემულია მცენარის და მიწის წყლის ბალანსის ფორმირების დინამიკა და არსებული მეთოდები, რომელთა საშუალებითაც შეიძლება დადგენილი იქნეს ნებისმიერი კულტურის წყალმოთხოვნილება.

მეორე თავში – “მცენარის ზრდა-განვითარებაზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზი” – მოცემულია მცენარის ზრდა-განვითარებაზე მოქმედი ფაქტორების ანალიზი, ხოლო მცენარე განხილულია როგორც სამართავი ობიექტი, რომელიც ვითარდება მრავალი გარე და შიგა ფაქტორების ურთიერთქმედების შედეგად. ეს ფაქტორები იცვლებიან დროში და სივრცეში მთელი პროცესის მანძილზე. მცენარის განვითარება არაა ზრდის ექვივალენტური. განსაზღვრა – “განვითარება” შეეხება მცენარის ფიზიოლოგიურ ასაკს და მის მორფოლოგიურ სახეობას მაშინ, როდესაც განსაზღვრა – “ზრდა” გამოხატავს, უპირველეს ყოვლისა, ბიომასის მატებას. მცენარის განვითარება არ შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც უბრალოდ დაბერების პროცესი, რადგანაც ტემპერატურას და სხვა გარე ფაქტორებს, შეუძლიათ შესამჩნევად დააჩქარონ ან შეანელონ ეს პროცესი, მაგრამ ტემპერატურა არაა ერთადერთი გარე ფაქტორთაგანი, რომელიც გავლენას ახდენს განვითარების სიჩქარეზე. ამ სიჩქარეზე ასევე დიდ გავლენას ახდენს დღის ხანგრძლივობა. ამას ადასტურებს ანგუზი თანავტორებთან ერთად, დიდი მოცულობის ექსპერიმენტური მასალის ანალიზის საფუძველზე. ბრემანმა ზოგიერთი ერთწლიანი ბალახების მაგალითზე აჩვენა, თუ როგორ მოქმედებს დღის ხანგრძლივობა ვეგეტაციური პერიოდის ხანგრძლივობაზე. არსებობს ერთობლივი აზრი იმის შესახებ, რომ მაღალი ტემპერატურა აჩქარებს განვითარების ტემპს გრძელი დღის მცენარეებში და ანელებს მას მოკლე დღის მცენარეებში.

მცენარის ნორმალურ ზრდა-განვითარებაზე და მასში საკვებ ნივთიერებათა მოძრაობაზე, დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგში არსებული ტენი. ნიადაგის ტენის გავლენა

მცენარეში საკვებ ნივთიერებათა გადაადგილებაზე, განპირობებულია შემდეგი ფიზიოლოგიური და ფიზიკური ფაქტორებით:

– მცენარის საერთო ფიზიოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესებით, რადგანაც ქსოვილის ნორმალური გაწყლოვანება აუმჯობესებს ფოტოსინთეზის, ცილების ბიოსინთეზისა და სხვა ნივთიერებათა ცვლის პროცესს, რომლებიც ძირითადად განსაზღვრავენ მცენარის მიერ საკვებ ნივთიერებათა შთანთქმის უნარს;

– ფესვების განვითარებით და განლაგებით, ნიადაგში ტენის ნორმალური შემცველობის დროს და ამის გამო, საერთო შთანთქმითი თვისებების გაზრდით;

– წყლის უნივერსალობით, როგორც დიფუზიის გარემო ნიადაგობრივი ხსნარიდან და ნიადაგის შთანთქმითი კომპლექსიდან მცენარის ფესვების ბეწვებთან.

ამ ფაქტორებითაა დაკავშირებული ტენის დადებითი გავლენა მცენარეში მაკრო და მიკრო ელემენტების გადაადგილებაზე.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავალი ფორმირდება მრავალი (გარე სამყაროსა და ბიოლოგიურ) ფაქტორთა რთული ურთიერთზემოქმედების შედეგად. გარემო ფაქტორთა შორის, წინა პლანზე დგას ისეთი ფაქტორები, როგორცაა ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაცია (ფარ), სითბო და სინათლე, საკვები ელემენტები და წყალი. სამი პირველი ამ ფაქტორთაგან (ფარ, ჰაერის ტემპერატურა და სინათლე) გლობალურ მასშტაბებში არარეგულირებადი ფაქტორებია, ე.ი. მათი მართვა ადამიანს ჯერ-ჯერობით გლობალური მასშტაბით არ შეუძლია. ორი უკანასკნელი ფაქტორი (საკვები ნივთიერებები და ნიადაგის ტენი) რეგულირებადია. ეს ორი უკანასკნელი ადამიანს შეუძლია მართოს თუ კი ხელთ აქვს მათი გაანგარიშების თეორიულად დასაბუთებული და პრაქტიკულად საიმედო ხერხები სხვა არარეგულირებადი ფაქტორების მიხედვით. ბიოლოგიურ ფაქტორთა შორის, აღნიშვნის ღირსია მცენარის გენეტიკური ბუნება, ჯიშობრივი თვისებები. ჩაწოლისადმი მდგრადობა, ყინვაგამძლეობა, გვალვაგამძლეობა და ა.შ., რომლებიც, თავის მხრივ, განსაზღვრავენ კულტურის მოსავლიანობას, ხოლო ზოგიერთ კონკრეტულ შემთხვევაში, განსაკუთრებული როლიც კი აქვს. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ბიოლოგიურ ფაქტორთა უმრავლესობა ექვემდებარება მართვად პროცესს, ე.ი. ადამიანს შეუძლია, ჯიშთა შეჯვარებით შეცვალოს მცენარის ბიოლოგიური თვისებები თავისი ინტერესების მიხედვით.

მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესის ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ წყლის რეჟიმი წარმოადგენს ერთ-ერთ ძირითად და მოსავლიანობის განმსაზღვრელ ფაქტორს. ნიადაგის ტენს მცენარეში გადააქვს საკვები ნივთიერებები, აწესრიგებს თერმორეგულაციას, მონაწილეობას იღებს ფოტოსინთეზის პროცესში და როგორც ძირითადი რეაგენტი, ზემოქმედებას ახდენს ჰაერის ნიადაგისპირა ფენის ტენიანობაზე და ა.შ. მიუხედავად ასეთი სასიცოცხლო მნიშვნელობისა, წყლის არსებობას ნიადაგში აქვს თავისი ზედა და ქვედა ზღვარი, რომელთა გარეთაც მას ზიანი მოაქვს და უფრო მეტიც, ხდება გარემოს დაბინძურების გადამტან მექანიზმად.

მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესში, ერთ-ერთ სერიოზულ და აუცილებელ ფაქტორს, ისევე როგორც ნებისმიერი ცოცხალი ორგანიზმისათვის, წარმოადგენს გარემოს სითბური რეჟიმი, რომელიც მცენარეს ამარაგებს იმ ენერგიით, რომელიც ფაქტიურად

მართავს ფოტოსინთეზის ორგანული ნივთიერების წარმოქმნისას. მცენარის ნებისმიერი ცხოველთმყოფელობითი გამოვლინება მიმდინარეობს გარკვეული ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში, აქედან გამომდინარე, სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისათვის შექმნილი უნდა იქნეს ოპტიმალური ფოტოკლიმატი, რომელიც შეესაბამება ამ ჯიშის, სახეობის მოთხოვნებს. ასეთი თერმული რეჟიმის შექმნა, გლობალურ მასშტაბებში, ჯერ-ჯერობით პრაქტიკულად შეუძლებელია, რის გამოც, ვთვლით, რომ ტემპერატურული რეჟიმი ეკუთვნის არარეგულირებად, უმართავ ფაქტორებს.

წყლისა და თერმული რეჟიმის გვერდით, მცენარის კვებითი რეჟიმი შედის ფაქტორთა იმ სამეულში, რომელიც აკმაყოფილებს ცნობილ ლიბიხის პრინციპს. ე.ი. საკვები ნივთიერებების გარეშე, ისევე როგორც ცხოველთა სამყარო, მცენარის ზრდა-განვითარებაც გამორიცხულია და შესაბამისად, მოსავალსაც ვერ იძლევა. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ უმრავლეს შემთხვევაში, ნიადაგის ნაყოფიერება ვერ აკმაყოფილებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოთხოვნილებას საკვებ ელემენტებზე და ამის გამო, მაღალი მოსავლიანობის მისაღწევად, აუცილებელი ხდება არსებული დეფიციტის ხელოვნურად შევსება, რათა მიღწეულ იქნას მცენარის დაბალანსებული და მდგრადი კვებითი რეჟიმი, იმ გარემოების გათვალისწინებით, რომ არ დავაჭყუჭყიანოთ გარემო, მავნე მეტალთა იონებით.

სეტყვა ის ნალექია, რომელიც წარმოიშობა ჰაერის ზედა ფენებში სინოტივის კონდენსირების შედეგად მყარ ფორმაში. მისი ზემოქმედება, ნებისმიერი ინტენსივობის დროს, უარყოფითად მოქმედებს ნათესებზე. დაბალი ინტენსივობის დროს, მექანიკური ზემოქმედება იმდენად საშიში არაა, რამდენადაც ჰაერის ტემპერატურის მკვეთრი დაცემა, რომელსაც ერთწლიანი კულტურების უმრავლესობა ვერ იტანს. სეტყვის დიდი ინტენსივობა, როდესაც იგი აღემატება 2 მმ/წთ-ში სიდიდეს, იწვევს მცენარის ახალგაზრდა ამონაყარის მექანიკურ დაზიანებას, ხოლო 3-4 მმ/წთ-ის ზემოთ ნათესის სრულ განადგურებას. სეტყვის წარმოშობა დაკავშირებულია ჰაერის ძლიერ აღმავალ დენებთან, რომელიც ფორმირდება და გვევლინება ელქექის ხასიათის ღრუბლებიდან. სეტყვა სოფლის მეურნეობას დიდ ზიანს აყენებს. იგი განსაკუთრებით საშიშია მცენარეების ყვავილობისა და ნაყოფის მომწიფების პერიოდში, როცა მათ არ შეუძლიათ, აღადგინონ დაზიანებული ორგანოები და მოგვცენ მოსავალი.

ადამიანის მიერ ამინდის მოვლენებზე აქტიური ზემოქმედების ისტორია შორეულ წარსულში იწყება, ხოლო ღრუბლებზე ზემოქმედების მეცნიერული გამოკვლევები 30-იან წლებს განეკუთვნება. საქართველოში 1961 წელს, პირველად შეიქმნა სეტყვასთან ორგანიზებული ბრძოლის სამსახური, რომელსაც ალაზნის ველზე სასოფლო-სამეურნეო კულტურების სეტყვისაგან დაცვის ფუნქცია დაევალა.

ქარი, ეს არის ჰაერის მასების მოძრაობა დედამიწის ზედაპირის მიმართ. იგი წარმოიშობა ატმოსფერული წნევების არათანაბარი განაწილებით დედამიწის ზედაპირზე და ხასიათდება სხვადასხვა სიჩქარით და მიმართულებებით. სიჩქარე იზომება სპეციალურ ხელსაწყოებით და გამოისახება მასების გადაადგილების სიჩქარით-დროის ერთეულში (მ/წმ). ქარის ზემოქმედება ნათესზე ძირითადად ნეგატიურია გარკვეული სიჩქარის ზემოთ. ქარის დაბალი სიჩქარეები, ხშირ შემთხვევაში, სასარგებლოა ნათესებისათვის თუ ისინი ქრიან დაბალი სიჩქარით (1-5 მ/წმ) უფრო ნოტიო რეგიონიდან; მათი სასუალებით

გადაადგილდება ღრუბლები, რომლებიც წარმოადგენენ სინოტივის გადატანის და ამის შედეგად ნალექების (წვიმა) წარმოშობის ერთადერთ საშუალებას. ქარის სიჩქარის ზრდა იწვევს მცენარის ტანის მდგრადობის რღვევას და მის სრულ დაკარგვას. ისინი იწვევენ ნიადაგის ეროზიას (ქარისმიერი ეროზია), რის შედეგადაც სამუდამოდ იკარგება ნიადაგის ნაყოფიერი ფენა; ხანგრძლივი ქარის ქროლვა ერთი და იგივე მიმართულებით, იწვევს ნიადაგის გამოშრობას და მცენარის ჭკნობას. დიდი მნიშვნელობა აქვს ქარის ქროლვის პერიოდს. დიდი დროით ქარის ქროლვას შეუძლია, მთლიანად წარიტაცოს ნიადაგის ნაყოფიერი ფენა მასზე არსებული ნარგავებით. ქარის ნეგატიური ზემოქმედებისაგან დაცვის ერთ-ერთ ეფექტურ საშუალებას წარმოადგენ მინდორსაცავი ტყის ზოლების გაშენება, რომელთა შორის მანძილი განისაზღვრება გაბატონებული ქარების სიჩქარით და შენდება ამ ქარების მიმართულების მართებულად.

ეროზია _ არის ნიადაგის სტრუქტურის დაშლის პროცესი წყლის ნაკადით ან ქარით. ამასთან, იშლება ნიადაგის უფრო ნაყოფიერი ზედა ფენა, ამ ფენის დაშლა მიმდინარეობს სწრაფად, მის აღსადგენად კი საჭიროა საუკუნეები. 18 სმ სისქის ნიადაგის წარმოსაქმნელად, ბუნება ხარჯავს არანაკლებ 1400-7000 წელიწადს. ნიადაგწარმოქმნა მიმდინარეობს დაახლოებით 0,5-2 სმ სიჩქარით 100 წელიწადში. ასეთი ფენის დაშლა ეროზიით, შეიძლება მოხდეს ერთი წლის განმავლობაში. ზოგჯერ ერთი ნიაღვრით, ან მტვრიანი ქარბუქით. განასხვავებენ ქარისმიერსა და წყლისმიერ ეროზიას.

ქარისმიერი ეროზია მიმდინარეობს ნიადაგის ნაწილაკების ინტენსიური გადაადგილებით მიწის ზედაპირზე. იგი მიმდინარეობს წელიწადის ყოველ დროსა და ნებისმიერი ძალის ქარის დროს, მაგრამ განსაკუთრებით ინტენსიურია ძლიერი ქარის მოქმედების დროს (15-20 მ/წმ) გაზაფხულზე, როდესაც ნიადაგი გაფხვიერებულია და ჯერ კიდევ არ არის დაფარული მცენარეულობით. ქარის მოქმედება სუსტია ტენიან ნიადაგზე. ამიტომ, ქარისმიერ ეროზიას განიცდიან მშრალი ოლქების ნიადაგები. ნიადაგის ადგილობრივი ქარისმიერი ეროზია მიმდინარეობს ნელა და თანდათანობით შლის ნიადაგს. ეს უფრო ხშირად წარმოიშობა ფერდობებზე, სადაც ქარის ზემოქმედება უფრო შესამჩნევია.

წყლისმიერი ეროზია შეიძლება იყოს სიბრტყითი და ხაზობრივი. სიბრტყითი ეროზია არის ნიადაგის ჩამორეცხვა ნიაღვრების, ან ნადნობი წყლის ნაკადით. მიკრორელიეფის უსწორმასწორობა ხელს უწყობს ატმოსფერული ნალექების კონცენტრაციას, რომელიც, ჩამოედინება რა ნიადაგის ზედაპირზე, ნაკადულებად წარმოშობს ჩამონადარებს. მოხვნის შედეგად, ნიადაგის ასეთი ზედაპირი სწორდება, მაგრამ ფხვიერდება და ეროზიასაშიში ხდება.

ნადნობი წყლისა და ნიაღვრების ზედაპირული დინების რეგულირების ნიადაგის ეროზიისა და ასევე გვალვების წინააღმდეგ ბრძოლის ყველაზე მარტივი და ეფექტური აგროტექნიკური ღონისძიებაა ფერდობის გარდიგარდმო ხვნა და თესვა, სარწყავი კვლების დაჭრა და სხვ.

როგორც წყლისმიერ, ასევე ქარისმიერ ეროზიას, დიდი ზიანი შეუძლია მიაყენოს სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებს და განსაკუთრებით ერთწლიან ნარგავებს. ამდენად, მოსავლიანობის პროგნოზირების მეთოდის დამუშავებისას, აუცილებელია ამ ბუნებრივი მოვლენების გათვალისწინება, რაც ჩვენს მიერ არის განხორციელებული.

მესამე თავში – “მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესის მატემატიკური მოდელის დამუშავება” – მოცემულია საკითხები, რომლებიც მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესის მართვას ეხება. ამ მიდგომის აუცილებლობა განპირობებულია რიგი მიზეზებით რომელთა შორის, უპირველეს ყოვლისა, აღსანიშნავია ტექნოლოგიური პროცესების სწრაფი განვითარება და გართულება, ჩატარებული ღონისძიებების მასშტაბებისა და ღირებულებების ინტენსიური ზრდა, ავტომატიზაციისა და ტელემექანიზაციის ფართო შემოსვლა წარმოებაში და სხვ. ყოველივე ამის გათვალისწინებით, აუცილებელია, მოხდეს რთული და მიზანდასახული პროცესების დეტალური ანალიზი, რათა შესაძლებელი გახდეს ადამიანის სასარგებლოდ ამ პროცესზე მოქმედი ფაქტორების მიზანდასახული მართვა. ამ სფეროში კვლევის ძირითადი მიზანია, ისეთი მეთოდების მოძებნა, რომლებიც გააუმჯობესებენ პროცესის შედეგს, ან დაგეგმილი ოპერაციის მსვლელობას. ამ მიზნის მისაღწევად, წარმოებს ადრე ჩატარებული ოპერაციების ანალიზი, დგინდება ფაქტები, ხდება თეორიების დამუშავება, რომლებიც ხსნიან ამ ფაქტებს და ბოლოს ფაქტები და თეორია გამოიყენება მომავალი ოპერაციის მსვლელობის პროგნოზირების, შედეგების გაუმჯობესების, საჭირო ღონისძიებების გამოვლინების და ა.შ. ყოველივე ეს პროცედურა იწერება მათემატიკურ ენაზე, ე.ი. ხდება პროცესის მათემატიკური მოდელირება.

მათემატიკური მოდელის აგება წარმოადგენს ყველა შემდგომი ანალიზის საფუძველს. ეს პროცესი წარმოადგენს ცენტრალურ ეტაპს მომავალ კვლევაში. აგებული მოდელის ხარისხზე (დონეზე) მთლიანადაა დამოკიდებული შემდგომი ანალიზის ბედი. მოდელის აგება არაფორმალური პროცედურაა და რა თქმა უნდა, დიდადაა დამოკიდებული მკვლევარზე. მოდელმა საკმარისად სრულად და სწორად უნდა ასახოს მოვლენა, მაგრამ ამის გარდა იგი უნდა იყოს გამოსაყენებლად მოსახერხებელი. ამიტომ, მოდელის დეტალიზირების ხარისხი, მისი წარმოდგენის ფორმა, განისაზღვრება კვლევის მიზნებით დასამოდელებელი პროცესის სფეროში.

მათემატიკური მოდელების აგების საერთო კანონი არ არსებობს. ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში, დასახული მიზნიდან და ოპერაციის მიმართულებიდან გამომდინარე, მოდელი იგება პროცესის ფიზიკურ არსზე დაყრდნობით და ამდენად, ყოველი მკვლევარი თავისებურად აგებს მას.

მოდელისადმი წაყენებული მოთხოვნები ურთიერთსაწინააღმდეგოც კია. ერთის მხრივ, მოდელი უნდა იყოს საკმაოდ სრული, ე.ი. მასში გათვალისწინებული უნდა იყოს პროცესში მონაწილე ყველა ფაქტორი, მეორეს მხრივ, კი მოდელი უნდა იყოს საკმაოდ მარტივი, რათა შესაძლებელი გახდეს ადვილად აღსაქმელი კავშირების დამოკიდებულებების მიღება სხვადასხვა ფაქტორებს შორის. ყოველივე ამის გამო, მოდელის აგების ოპტიმალური ვარიანტის არჩევა, მოითხოვს ღრმა ცოდნას არა მარტო და არც იმდენად მათემატიკასა, რამდენადაც მოვლენის არსის აღქმას, პროცესში შემავალი პარამეტრების ურთიერთგავლენის და დამოკიდებულებების ცოდნას და გათავისებას.

ჩვენს მიერ კონსტრუირებული იქნა მსხვილმასშტაბიანი (უხეში) მოდელი, რომელიც აღწერს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წარმოების დინამიკას, სავარგულების წყალუზრუნველყოფისა და საკვები ნივთიერებებით უზრუნველყოფასთან დამოკიდებულებით, როგორც ეს საერთოდაა მიღებული ოპერაციის კვლევების მეთოდებში. მოდელის აგება შესაძლებელია საკმაოდ დიდი სქემატიზაციით, ნიადაგის

წყალუზრუნველყოფის და საკვები ელემენტებით უზრუნველყოფის გამოყოფით, რომელსაც უბდა უზრუნველყოფდეს, მისი დეფიციტის შემთხვევაში, ირიგაციული სისტემა და ქიმ-რესურსების მარაგი.

მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესს, ისევე, როგორც მისი ცალკეული უჯრედის წარმოქმნისა და სიცოცხლის პროცესი, მიმდინარეობს გარკვეულ პირობებში. ეს პროცესი მიმდინარეობს უამრავი გარე და შიგა ფაქტორების ურთიერთქმედების შედეგად, რომელთაგან შეიძლება გამოვყოთ ე.წ. ძირითადი ფაქტორები, რომელთა გარეშე უჯრედისა და ამის შემდეგ, ბიომასის წარმოქმნა არ ხდება.

მცენარის განვითარებაზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორები შეიძლება, პირობითად დავყოთ ორ ჯგუფად. პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება ფაქტორები, რომლებიც ხელს უწყობენ მცენარის ნორმალურ ზრდა-განვითარებას. ამ ჯგუფის ფაქტორების რიცხვს, ჩვენს მიერ, მიკუთვნებულია ნიადაგის ტენი, სითბო, ნიადაგში არსებული საკვები ელემენტები და სინათლე. ამ ჯგუფს პირობითად ვუწოდებთ “პოზიტიურს”.

მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება ის ფაქტორები, რომლებიც ხელს უშლიან მცენარის ნორმალურ ზრდა-განვითარებას, აფერხებენ მას, ან გარკვეულ დონეზე წყვეტენ პროცესს. ფაქტორთა ამ ჯგუფს, მიეკუთვნება სეტყვა, გრიგალური ქარები და ეროზია. ამასთან, მათი ნულოვანი მნიშვნელობისას, მოსავლიანობა აღწევს პოტენციალურ მაქსიმუმს. ფაქტორთა ამ ჯგუფს პირობითად ვუწოდებთ “ნეგატიურს”.

ზემოთ მოყვანილი ანალიზიდან გამომდინარე, როგორც პოზიტიური, ასევე ნეგატიური ფაქტორები, წარმოდგენილი უნდა იყოს ნამრავლის სახით. ამასთან, პოზიტიური ფაქტორები უნდა იყოს მრიცხველში, ხოლო ნეგატიური – მნიშვნელში. მაშასადამე, პროცესის მათემატიკური მოდელი ჩაწერილ უნდა იქნას შემდეგი სახით:

$$y = \frac{W^\alpha \cdot Q^\beta \cdot t^\gamma}{S^* \cdot P^* \cdot E^*} \cdot e^{-\frac{\tau}{T}} \cdot \frac{S^* - S}{S^* - S} \cdot \frac{P^* - P}{P^* - P} \cdot \frac{E^* - E}{E^* - E} \quad (1.1)$$

სადაც: y - არის სასოფლო-სამეურნეო კულტურის მოსავლიანობა (ც/ჰა); W - ნიადაგის ტენი (მ³/ჰა); Q - ნიადაგში არსებული ჯამური საკვები ელემენტები (ც/ჰა); t - საშუალო დღე-ღამური ტემპერატურათა ჯამი მთელ სავეგეტაციო პერიოდში (c°); S^* - სეტყვის ინტენსივობა, რომლის დროსაც ნათესი მთლიანად ნადგურდება; $S \leq S^*$ - სეტყვის ფაქტიური ინტენსივობა; P^* - ეროზიის ინტენსივობის ის ინტენსივობა, რომლის დროსაც მთლიანად წაირეცხება ნიადაგის ის ნაწილი, რომელიც მცენარის ფესვთა სისტემას უკავია; $P \leq P^*$ - ეროზიის ფაქტიური მნიშვნელობა; E^* - გრიგალური ქარების ის მნიშვნელობა, რომლის დროსაც მთლიანად აღიგავება ფართობიდან დათესილი თესლი და ჩაწევა ნათესი; $E \leq E^*$ - გრიგალური ქარების ფაქტიური მნიშვნელობა; e - ნეპერის რიცხვი; τ - დროის მიმდინარე კოორდინატი; T - ვეგეტაციური პერიოდის ხანგრძლივობა (მოსავლის აღებისას $\tau = T$); $\alpha \beta \gamma$ - ხარისხის მაჩვენებელი.

ჩამოყალიბებული (1:1) მოდელიდან თვალნათლივ ჩანს ის პრინციპი, რომლის დაცვითაც აგებულია იგი. მართლაც, თუ (1:1) გამოსახულების მრიცხველში ერთ-ერთი პარამეტრი ნოლის ტოლია $y = 0$; თუ მნიშვნელში მყოფი პარამეტრიდან ერთ-ერთი მისი

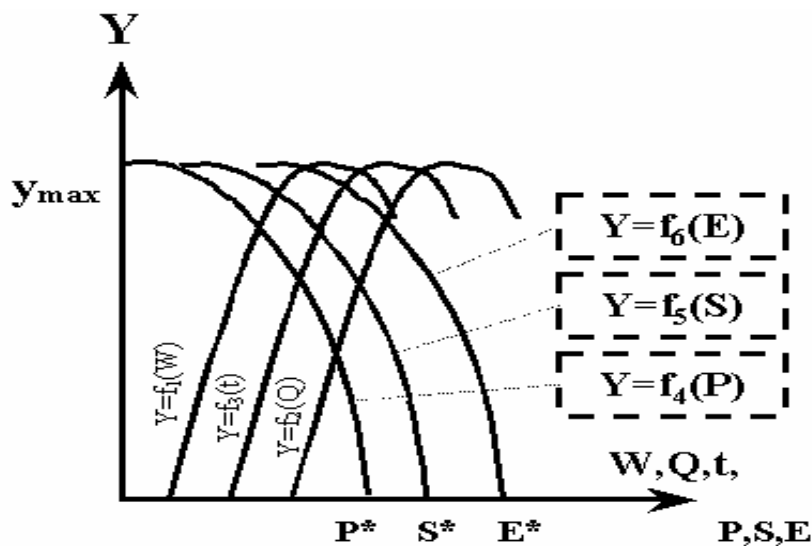
ზედა ზღვრის ტოლია, მაგალითად $S = S^*$, ან $E = E^*$, ან $P = P^*$, $y = 0$; თუ $S = 0$ ან $P = 0$ ან $E = 0$, $y = y_{\max}$; რაც მეტია S ან E ან P, მით ნაკლებია y და ა.შ. ესე იგი, მოდელი შეესატყვისება მასში ჩადებულ პრინციპს.

იმისათვის, რომ ჩამოყალიბებული მოდელი (1:1) მივიყვანოთ პრაქტიკულად გამოსაყენებელ ფორმამდე, აუცილებელია, დავადგინოთ მასში შემავალი $\alpha \beta \gamma$ -ხარისხის მაჩვენებლების რიცხვითი მნიშვნელობების საანგარიშო გამოსახულებები, რომლებიც წარმოადგენენ ცალკეული კულტურის მახასიათებელ კოეფიციენტებს.

აღნიშნული პროცედურის ჩასატარებლად (1:1) გამოსახულებას მივცეთ შემდეგი სახე:

$$Y = W^\alpha \cdot Q^\beta \cdot t^\gamma \cdot e^{-\frac{\tau}{T}} \cdot \frac{(S^* - S) \cdot (P^* - P) \cdot (E^* - E)}{S^* \cdot P^* \cdot E^*} \quad (1.2)$$

როგორც (1:2)-დან ჩანს, ფუნქცია წარმოადგენს ექსპონენტას, რომელიც ზრდადია პარამეტრთა გარკვეულ 0-ისაგან განსხვავებულ მნიშვნელობებზე და კლებადია მათი გარკვეული მნიშვნელობის შემდეგ, რაც შეესაბამება რეალურ სურათს. მოდელში შემავალ ფაქტორთა დამოკიდებულების გრაფიკი მოსავლიანობასთან სქემატურად მოცემულია სურ. 1.1-ზე



ნახ. 1.1 $y = f(W, Q, t, S, P, E, \tau)$ ფუნქციონალური დამოკიდებულების სქემატური სახე.

ნახ. (1.1) $y = f(W, Q, t, S, P, E, \tau)$ ფუნქციის გრაფიკული გამოსახულება, სადაც Y_არის მოსავლიანობა; W_ნიადაგის ტენი; Q_ნიადაგში არსებული საკვები ელემენტები; t_საშუალო დღე-ღამური ტემპერატურათა ჯამი სავეგეტაციო პერიოდში; P_ეროზიის ინტენსივობა ES_სეტყვის ინტენსივობა; E_ქარების სიჩქარე; PP',S',E'_ეროზიის ინტენსივობის; სეტყვის ინტენსივობის და ქარის სიჩქარის ის ზედა საზღვრებია, რომელზედაც ნათესი მთლიანად ნადგურდება.

როგორც ნახ. (1:1)-დან ჩანს, რომ ქარის, ეროზიის და სეტყვის გავლენა მათი მცირე ინტენსივობების დროს, შეუმჩნეველია და მოსავლიანობის სიდიდეზე პრაქტიკულად გავლენას ახდენს. მათი გარკვეული მნიშვნელობების $P \rightarrow P^*$, $S \rightarrow S^*$, $E \rightarrow E^*$ დროს უარყოფითი ეფექტი მკვეთრად იზრდება. ამ ფაქტორთა ასეთი თვისების გამო, მრუდებს $y = f_4(P)$, $y = f_5(S)$, $y = f_6(E)$ ამოზნექილი ექსპონენტების სახე აქვს. იმ წერტილებში, სადაც $y = f_1(W)$; $y = f_2(Q)$; და $y = f_3(f)$ მაქსიმუმს აღწევს. უარყოფით (ნეგატიურ) ფაქტორთა ზემოქმედების ხარისხი პრაქტიკულად ნულია.

იმისათვის, რომ (1:2) გამოსახულებიდან დადგინდეს α , β , γ , _ს მნიშვნელობების საანგარიშო გამოსახულებები, მას უნდა მივცეთ ლოგარითმული სახე:

$$\lg y = \alpha \lg W + \beta \lg Q + \gamma \lg t - \frac{\tau}{T} \lg e + \lg \left(1 - \frac{S}{S^*}\right) + \lg \left(1 - \frac{P}{P^*}\right) + \lg \left(1 - \frac{E}{E^*}\right) \quad (1.3)$$

მიღებულ (1:3) განტოლებაში გვაქვს სამი α , β , γ , უცნობი, რომელთა განსაზღვრისათვის საჭიროა სამი განტოლება, რისთვისაც აუცილებელია W, Q, t _პარამეტრების სამი დისკრეტული მნიშვნელობა; W_1, W_2, W_3 ; Q_1, Q_2, Q_3 ; t_1, t_2, t_3 ; (1:3) მაშინ განტოლებათა სისტემა გადაიწერება შემდეგი ფორმით:

$$\lg y_1 = \alpha \lg W_1 + \beta \lg Q_1 + \gamma \lg t_1 - A \quad (1.4)$$

$$\lg y_2 = \alpha \lg W_2 + \beta \lg Q_2 + \gamma \lg t_1 - A \quad (1.5)$$

$$\lg y_3 = \alpha \lg W_3 + \beta \lg Q_3 + \gamma \lg t_3 - A \quad (1.6)$$

სადაც:

$$A = \left[\frac{\tau}{T} \lg e + \lg \left(1 - \frac{S}{S^*}\right) + \lg \left(1 - \frac{P}{P^*}\right) + \lg \left(1 - \frac{E}{E^*}\right) \right] \quad (1.7)$$

(1:4)-დან განვსაზღვროთ α და შევიტანოთ (1:5) და (1:6)-ში:

$$\alpha = \frac{\lg y_1 - \beta \lg Q_1 - \gamma \lg t_1 + A}{\lg W_1} \quad (1.8)$$

შესაბამისად (1:5) და (1:6) მიიღებს სახეს:

$$\lg y_2 = \frac{\lg y_1 - \beta \lg Q_1 - \gamma \lg t_1 + A}{\lg W_1} \cdot \lg W_2 + \beta \lg Q_2 + \gamma \lg t_2 - A \quad (1.9)$$

$$\lg y_3 = \frac{\lg y_1 - \beta \lg Q_1 - \gamma \lg t_1 + A}{\lg W_1} \cdot \lg W_3 + \beta \lg Q_3 + \gamma \lg t_3 - A \quad (1.10)$$

თუ (1:10)-დან განვსაზღვრავთ β -ს.

$$\beta = \frac{\lg y_2 \cdot \lg W_1 - \lg W_2 (\lg y_1 - \gamma \lg t_1 + A) - \gamma \lg t_2 \cdot \lg W_1 + A \cdot \lg W_1}{\lg Q_2 \cdot \lg W_1 - \lg Q_1 \cdot \lg W_2} \quad (1.11)$$

და შვეიტანთ (1:10)-ში ვიპოვით γ -ს.

$$\gamma = \frac{B(d + A_m) + C(f + A_n)}{B_n - cK}, \quad (1.12)$$

სადაც

$$B = \lg Q_2 \cdot \lg W_1 - \lg Q_1 \cdot \lg W_2;$$

$$f = \lg y_2 \cdot \lg W_1 - \lg y_1 \cdot \lg W_2;$$

$$h = \lg t_3 \cdot \lg W_1 - \lg t_1 \cdot \lg W_3;$$

$$K = \lg t_1 \cdot \lg W_2 - \lg t_2 \cdot \lg W_1;$$

$$c = \lg Q_1 \cdot \lg W_3 - \lg Q_3 \cdot \lg W_1;$$

$$m = \lg W_1 - \lg W_3;$$

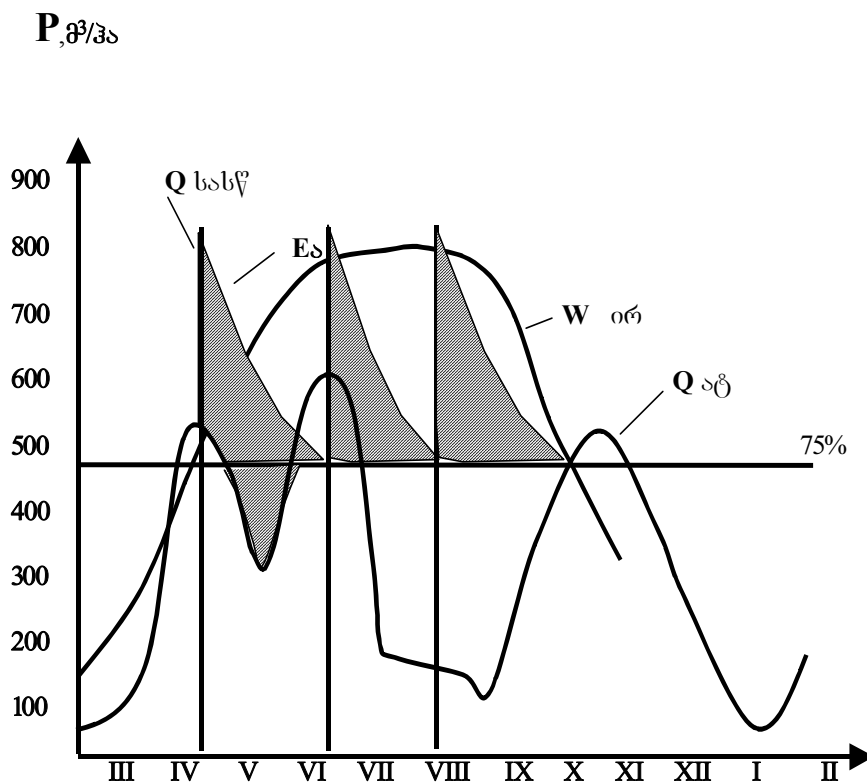
$$d = \lg y_3 \cdot \lg W_1 - \lg y_1 \cdot \lg W_3;$$

$$n = \lg W_1 - \lg W_2;$$

მაშასადამე, საძიებელი სამივე α , β , γ , უცნობები განსაზღვრულია და შეიძლება მათი რიცხვითი მნიშვნელობების დადგენა ნებისმიერი კულტურისათვის, თუ ხელთა გვაქვს W (სარწყავი წყლის), Q(საკვები ელემენტების _ სასუქების სახით) და t (საშუალო დღე-ღამური ტემპერატურათა ჯამი მთელ სავეგეტაციო პერიოდში) სამი დისკრეტული მნიშვნელობანი საველე ცდების შედეგად და შესაბამისი მოსავლიანობები.

მიღებული $y = f(W, Q, t, S, P, E)$ გამოსახულებით დადგენილი სარწყავი წყლის ოდენობა (ნორმა), რომელიც შეესაბამება დაგეგმილ y მოსავლიანობის დონეს უნდა განაწილდეს მთელ სავეგეტაციო პერიოდზე, ე.ი. დადგინდეს წყლის მიწოდების რეჟიმი.

რწყვის რეჟიმის დადგენისათვის, ჩვენს მიერ რეკომენდებულია გრაფიკული წესი, რომლის არსი მდგომარეობს შემდეგში. გრაფიკზე გაგვაქვს ნაანგარიშევი წყლის განაწილების მრუდი და ნალექების დინამიკა სავეგეტაციო პერიოდში.



ნახ. 1.2. რწყვის რეჟიმი სიმინდისათვის მარნეულის რაიონისათვის.

სადაც $Q_{\text{სარწყ}}$ _ არის რწყვის მოცულობა; $Q_{\text{ატ}}$ _ ატმოსფერული ნალექების მოცულობა; $E_{\text{ა}}$ _ აორთქლების დეპრესიის მრუდი; T _ დრო.

ამის შემდეგ, ვირჩევთ რწყვათა რიცხვს, ვანაწილებთ მას სავეგეტაციო პერიოდში, ვადგენთ არსებული ნიადაგის წყლის გაცემის კანონს, ვირჩევთ ნიადაგის წყლით უზრუნველყოფის დონეს (ჩვენს შემთხვევაში ადებულია 75%-იანი უზრუნველყოფა ППВВ-დან), დასმული რწყვის ვადების და სიდიდის მიხედვით, ვადგენთ ნიადაგის მიერ წყლის გაცემის გრაფიკს. სადაც ეს გრაფიკი გადაკვეთს უზრუნველყოფის დონეს, იქ ვსვამთ მეორე მორწყვის ვადას და სიდიდეს და ა.შ. იგივე წესით, ვადგენთ შემდგომი რწყვის ვადას და ნორმას.

ასეთი რწყვის რეჟიმი, საშუალებას გვაძლევს, რაც შეიძლება მაქსიმალურად მივუახლოვდეთ წყალუზრუნველყოფის იდეალურ სახეს, რომელსაც გვაძლევს ჩვენს მიერ დამუშავებული მოდელი.

ჩვენს მიერ მოპოვებული სხვა ავტორთა, სასისტემო სამმართველოებში და მეტეოროლოგიურ ინსტიტუტში არსებული მონაცემების მიხედვით, შედგენილია მონაცემთა ცხრილი სიმინდისათვის, საშემოდგომო ხორბლისათვის, იონჯისა და ვენახისათვის. ანალიზთა მეთოდის გამოყენებით და მიღებული მასალების საფუძველზე, ჩვენს მიერ მიღებული α , β , γ -კოეფიციენტების საანგარიშო გამოსახულებების

საშუალებით განისაზღვრა α ; β ; γ , კოეფიციენტების რიცხვითი მნიშვნელობები, ზოგიერთი კულტურებისათვის. დისერტაციაში მოგვყავს აღნიშნული კოეფიციენტების ანგარიში საშემოდგომო ხორბლის მაგალითზე. ამ კოეფიციენტების მნიშვნელობები საშემოდგომო ხორბლის, სიმინდის, იონჯა და ვენახისათვის, ე.ი. საქართველოსათვის სტარტეგიული კულტურებისათვის მოცემულია ცხრილში 1.3.

α , β , γ , ხარისხის მაჩვენებლების მნიშვნელობები

ცხრილი 1.3

კულტურის დასახელება	α	β	γ
საშემოდგომო ხორბალი	14,76	-20,53	-12,5
სიმინდი	4,435	-0,924	-4
იონჯა	-5,329	0,82	6,66
ვენახი	-0,635	-3,694	2,1

α , β , γ , კოეფიციენტების მიღებული მნიშვნელობების შემოწმების მიზნით ჩავატაროთ კონკრეტული ანგარიში 1.1 მოდელის მიხედვით საშემოდგომო ხორბლის მაგალითზე პარამეტრთა შემდეგი მნიშვნელობების დროს:

$$W=4000\text{მ}^3/\text{ჰა}; Q=3,6\text{ც}/\text{ჰა}; t=1500^\circ\text{C};$$

$$S=4,0\text{მმ}/\text{წთ}; S^*=22\text{მმ}/\text{წთ}; P=2,8\text{ტ}/\text{ჰა}; P^*=18\text{ტ}/\text{ჰა};$$

$$E=11,0\text{მ}/\text{წმ}; E^*=30\text{მ}/\text{წმ}. \tau=T \text{ (სავეგეტაციო პერიოდი დამთავრდა).}$$

ფაქტორთა ამ მნიშვნელობების დროს ექსპერიმენტალური მასალების მიხედვით $y=15\text{ც}/\text{ჰა}$.

ჩავსვათ მიღებული მონაცემები საანგარიშო მოდელში (1:1), მივიღებთ:

$$y = \frac{W^\alpha \cdot Q^\beta \cdot t^\gamma}{\frac{S^*}{S^* - S} \cdot \frac{P^*}{P^* - P} \cdot \frac{E^*}{E^* - E}} \cdot e^{-\frac{\tau}{T}} = \frac{4000^{14,76} \cdot 3,6^{-20,53} \cdot 1500^{-12,5}}{\frac{22}{22-4} \cdot \frac{18}{18-2,8} \cdot \frac{30}{30-11}} \cdot 2,718^{-1} = 14,4 \text{ ც}/\text{ჰა}$$

ჩვენს შემთხვევაში გვექნებოდა მოსავლიანობის დონე $y=15\text{ც}/\text{ჰა}$, ე.ი. თითქმის იგივე, რაც ჩვენი განტოლებითაა ნაანგარიშევი, სხვაობა შეადგენს $\approx 1\%$ -ს, რაც რბილად, რომ ვთქვათ, მეტად მცირეა.

ყოველივე ზემოთ მოყვანილიდან გამომდინარე, შეიძლება ითქვას, რომ ჩვენს მიერ დამუშავებული (1:1) მოდელი საკმაოდ ზუსტად აღწერს პროცესს.

მეოთხე თავში – “სასოფლო-სამეურნეო წარმოება და ეკოლოგია მდგრადობის პირობებში” – შეფასებულია ადამიანის მოღვაწეობა, როგორც ინტელექტუალური აზროვნების შედეგი, რომელიც გარკვეულად ახდენს ზემოქმედებას საუკუნეებით ჩამოყალიბებულ ეკოლოგიურ სისტემებზე, ე.ი. გარემო სამყაროზე, რომელშიაც უხდება ცხოვრება და შრომა თვით ამ სისტემის ერთ-ერთ ძირითად შემოქმედს, ადამიანს.

მსოფლიო ქვეყნების უმეტესი ნაწილი ისწრაფვის კვების პროდუქტებისა და ინდუსტრიის უწყვეტი ზრდისაკენ. მიმდინარეობს ნასვენი მიწების ათვისება, იჩეხება ტყეები, შენდება ახალი ირიგაციული სისტემები, შრება ჭარბტენიანი ნიადაგები, გამოჰყავთ მაღალპროდუქტიული სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა ჯიშები და სხვა, მაგრამ მიუხედავად ამისა, კვების პროდუქტების დეფიციტი, მაინც იგრძნობა მთელი მსოფლიო მასშტაბით. ინდუსტრიული სამყარო პრობლემის გადაწყვეტა ხედავს ტექნოლოგიების განვითარებაში. როგორც ჯ. ფორესტერის კვლევებმა გვიჩვენეს, პრობლემის ტექნოლოგიური გზით გადაწყვეტა, სულ უფრო და უფრო არაეფექტური ხდება. მას შემდეგ, რაც მყარდება ტექნოლოგიის გარკვეული დონე, იწყება რესურსების გამოფიტვა. იწყება გაჭუჭყიანების კრიზისი, ეკოლოგიური სიტუაციების გაუარესება და ა.შ. აქედან გამომდინარე, ადამიანის მოღვაწეობა, როგორც ჩანს, ისე უნდა იქნეს მიმართული, რომ არ მოხდეს თვით ადამიანის განადგურების, გადაშენების ტენდენციების ჩასახვა. ეს, პირველ რიგში, ეხება საკვები პროდუქტების წარმოებას, რადგანაც იგი ადამიანთან უშუალო ფიზიოლოგიურ კონტაქტშია, ე.ი. პრობლემა მაინც იკვეთება სოფლის მეურნეობის პროდუქტების წარმოების ციკლით, თუმცა ამ პროცესში დიდ როლს თააშობს მძიმე მეტალურგიაც, რადგანაც გარემოს გაჭუჭყიანებისა და ეკოლოგიური წინასწორობის რღვევის ერთ-ერთ ძირითად წყაროს, სოფლის მეურნეობის შემდეგ, წარმოადგენს მძიმე ინდუსტრიის ტექნოლოგიური პროცესების ნარჩენები. ეს პრობლემა მკვეთრად იგრძნობა მსხვილ ინდუსტრიულ ცენტრებში. გარემოს გაჭუჭყიანების ტემპები მთლიანადაა დამოკიდებული სახალხო მეურნეობის განვითარების ტემპებისა და მათ შორის, საკვები პროდუქტების წარმოების ტემპების ზრდაზე. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მაღალი მოსავლიანობის დონისკენ მისწრაფება, რწყვის ნორმებისა და ქიმიკატების ნორმების ზრდის ბაზაზე, არ წარმოადგენს პრობლემის გადაწყვეტის სწორ გზას და ყოველთვის მიგვიყვანს ბუნებრივი რესურსების გამოფიტვამდე, დაბინძურების ტემპების მაღალ დონემდე და საბოლოო ჯამში, ეკოლოგიური სისტემების მდგრადობის ხელოვნურად რღვევის პირობების შექმნამდე, რომელი სისტემის ერთ-ერთ ძირითად წევრსაც წარმოადგენთ თვით ჩვენ. შესაბამისად, დგება საკითხი, თავიდან ავიცილოთ ის ნეგატიური გამოვლინები, რომლებიც თან სდევნს სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების წარმოების პროცესს.

ძირითადი დასკვნები და რეკომენდაციები

სადისერტაციო ნაშრომი წარმოდგენილი კვლევების საფუძველზე გაკეთებულია შემდეგი დასკვნები:

- მოცემულია მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესის მათემატიკური მოდელირებისა და მოსავლიანობის პროგნოზირების არსებული მეთოდების კრიტიკული ანალიზი,

რის საფუძველზეც გამოვლენილია მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები, სასოფლო-სამეურნეო წარმოებაში ბუნებრივი რესურსების გამოყენების თვალსაზრისით;

- საქართველოს წყლისა დამ იწის რესურსების შეფასებისა და სასოფლო-სამეურნეო წარმოების დინამიკის მრავალწლიანი მონაცემების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია არიდულ ზონაში წყლის რესურსების გამოყენების პოტენციური შესაძლებლობანი, სავარგულების ფართობების გაზრდის მიზნით;
- სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობაზე მოქმედი ძირითადი ფაქტორების (პოზიტიური და ნეგატიური) გათვალისწინებით დამუშავებულია პრინციპულად ახალი მათემატიკური დინამიური მოდელი;
- ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მათემატიკური მოდელი უზრუნველყოფს ისეთი ფუნქციონალური დამოკიდებულების მიღებას, რომლებიც საშუალებას იძლევიან სარწყავი წყლის და მინერალური სასუქების რეზერვების პროგნოზირებისათვის ადებულ რეგიონში ნალექებისა და ბონიტეტის რხევის პირობებში უზრუნველყოფილი იქნას მოსავლიანობის დაგეგმილი დონე;
- დამუშავებული მათემატიკური მოდელი განეკუთვნება რა მოქნილ დინამიურ მოდელთა რიცხვს, საშუალებას იძლევა არიდულ ზონაში დავადგინოთ საპროექტო კულტურის წყალუზრუნველყოფა, სავეგეტაციო პერიოდის ნებისმიერ ეტაპზე მცენარის განვითარების შესაბამის ფაზაში;
- ამ მოდელის გამოყენებით სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების წარმოების პროცესის დეტალური ანალიზის საფუძველზე გამოვლენილია რიგი ისეთი ფაქტორებისა, რომლებიც ნეგატიურად მოქმედებენ აგრო-ეკო სისტემის მდგრადობაზე. რაც საშუალებას იძლევა შემუშავებული იქნას აგრო და ჰიდრომელიორაციულ ღონისძიებათა კომპლექსი, მათი თავიდან აცილების მიზნით;
- სტატისტიკური მონაცემების დამუშავების გზით განსაზღვრულია მათემატიკური მოდელის ვარიაციული კოეფიციენტების რიცხვითი მნიშვნელობანი ძირითადი

სტრატეგიული კულტურებისათვის, რითაც მიხწეულია შემოთავაზებული მოდელის პრაქტიკული რიალიზაცია.

ნაშრომის ძირითადი შინაარსი ასახულია შემდეგ პუბლიკაციებში:

1. მუხიგულაშვილი გ. შ., მოდებაძე ნ. ლ. – მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესის მათემატიკური მოდელირება. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე. 166, 13. თბილისი 2002. გვ. 605-608.
2. მუხიგულაშვილი გ. შ., მოდებაძე ნ. ლ. – ამინდის გავლენა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობაზე. წყალეკოლოგიის კვლევითი ინსტიტუტი. შრომები. თბილისი. 2003წ. გვ. 101-103.
3. მუხიგულაშვილი გ. შ. – რწყვის რეჟიმის დადგენა გრაფიკული წესით. აგრარული მეცნიერების პრობლემები, სამეცნიერო შრომათა კრებული, ტ. XXV, თბილისი 2003წ. გვ.132-133.
4. მუხიგულაშვილი გ. შ., კუხალაშვილი ე. გ., მოდებალე ნ. ლ. – მცენარის ზრდა-განვითარების პროცესის მათემატიკური მოდელირების პრინციპები. აგრარული მეცნიერების პრობლემები, სამეცნიერო შრომათა კრებული, ტ. XXIX, თბილისი 2004წ. გვ. 126-128.

Грузинский Государственный Сельскохозяйственный Университет

на правах рукописи

გიორგი მუხიგულაშვილი

**Динамика процесса роста – развития растений в аридной зоне
на фоне водообеспечения**

06.01.02 – сельскохозяйственная мелиорация (техническая)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации, представленной на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Тбилиси 2006 г.

Научные руководители: ***Эдуард Кухалашвили***
доктор технических наук, профессор

Нодар Модебадзе
кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Официальные оппоненты: ***Реваз Данелия***
доктор технических наук, профессор

Владимер Шургая
кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Защита диссертации состоится 29 ноября 2006 года в _____ часов
на диссертационном совете Т 05.20 № 2
Грузинского Государственного Сельскохозяйственного Университета

Адрес: Тбилиси, Аллея Давида Агмашенебели 13 км.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Грузинского Государственного Сельскохозяйственного Университета

Адрес: Тбилиси, Аллея Давида Агмашенебели 13 км.

Автореферат разослан 23 октября 2006 года.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор

Общая харак



/Г. Джавахишвили/

Вступление.

Актуальность темы: Несмотря на существование множества методов оценки процесса роста-развития растений, их усовершенствование и получение новых результатов для сельского хозяйства в существующих условиях гидромелиорационной информации, требуют выработки новых методов прогноза. Плодородие почвы, тепло, влажность - определяющие мелиоранты роста-развития растения, не везде встречаются в соединенном виде. На процесс роста-развития растений, вместе с благоприятными условиями, воздействуют и такие негативные факторы, как водная эрозия, град, ветер и т.д.

Но и позитивные факторы, в случаях отклонения от допустимых необходимых норм могут стать причиной прерывания процесса роста-развития растения, загрязнения среды, нарушения устойчивости к коррозии и других негативных проявлений. Исходя из вышесказанного, представление-осмысление процесса очень сложно из-за спектра действующих в нем взаимосвязанных факторов и необходимо дифференцированное изучение влияния действующих факторов (как положительных, так и отрицательных) на динамику формирования интеграционных характеристик роста-развития растения. Представленная картина нуждается в выборе такой совершенной модели и адаптации к процессу, на основе которой возможно планирование и правильный отбор мелиорационных мероприятий.

Цель исследования: Диссертационный труд ставит своей целью исследование потенциальных возможностей сельскохозяйственных угодий, расположенных в разных географических и почвенных условиях, в частности создание научных основ обеспечения гарантий уровня прогнозируемого урожая в условиях эффективного применения орошения и питательных веществ.

В частности, должна быть разработана методика прогнозирования урожайности различных культур, для обеспечения запланированной урожайности растений, должна быть построена математическая модель, на основе которой будет осуществляться количественная оценка позитивных и негативных факторов, определяющих процесс роста-развития растений.

Основная задача исследования: На основе анализа материалов, существующих в процессе роста-развития растения, выделение и изучение достоинств-недостатков, позитивных и негативных факторов, предусмотренных в отобранной модели.

– С учетом определенных географических климатических почвенных условий происходит оценка эффективности количественного применения воды для орошения и питательных веществ на прогнозируемую величину урожайности сельскохозяйственных культур;

– Дифференцированное изучение динамики отдельных факторов, действующих на процесс роста-развития растения сельскохозяйственных культур;

– Теоретическим путем адаптация математической модели к процессу роста-развития культур;

– Установление коэффициентов, входящих в математическую модель, для таких стратегических культур, как озимая пшеница, кукуруза, виноград, люцерна;

– Оценка поведения проектируемых культур отобранной моделью и ее управление в нужном режиме на всем периоде вегетации;

– Изучение воздействия производства сельскохозяйственных продуктов на среду, прогноз вызванных производством убытков и мероприятия по их искоренению с учетом негативных факторов;

Объект исследования: Различные виды сельскохозяйственных культур, позитивные и негативные факторы, действующие на процесс роста-развития растения, урожайность растений.

Научная новизна: В результате проведенного исследования получено:

– На основе анализа положительных и отрицательных сторон методов прогнозирования процесса роста-развития сельскохозяйственных культур, были выявлены основные определяющие негативные и позитивные факторы, установлены пределы интенсивности их действия на величину урожая;

– Выявлены возможности использования в мелиорации водных ресурсов и заполнение их дефицита на основе изменения видов культур;

– Разработана принципиально новая математическая модель, определяющая формирование урожайности сельскохозяйственных угодий;

– Дана динамика поведения проектируемых культур в любой фазе ее развития, и намечены пути для осуществления мероприятий, необходимых для ее управления;

– Установлены пределы негативного воздействия сельскохозяйственного производства на экосистему внешней среды;

– Предложена зависимость потерь урожайности, вызванная негативными факторами, от их интенсивности.

Практическое значение работы: Предложенная модель динамики процесса роста-развития растения дает возможность сделать в аридной зоне точный прогноз затрат ирригационной воды, ресурсов удобрений в связи с температурным режимом внешней среды и урожайности сельскохозяйственных культур. На основе прогноза поведения проектируемых культур имеется возможность наметить мероприятия по управлению

ростом-развитием растения, защитой культур от негативных явлений, негативному воздействию экосистем внешней среды, отбор видов защитных мероприятий.

Апробация работы: Основные положения диссертационной работы (труда) были доложены: на научной конференции молодых ученых и аспирантов г. Тбилиси, 2001-2002 гг., на расширенных заседаниях кафедры сельскохозяйственной гидротехнической мелиорации и кафедры гидротехники и инженерной экономики в 2003-2004 гг.

Публикация: Отдельные вопросы теоретического и практического характера нашли отображение в четырех научных работах.

Объем и структура работы: Диссертационный труд состоит из введения, четырех глав, основных заключений (выводов) и использованной литературы. Он содержит 133 печатных листов, в которые входят 20 чертежей и 10 таблиц.

Основное содержание работы

В первой главе дана оценка земных и водных ресурсов Грузии, динамика расположения культур на угодьях и существующие методы прогнозирования урожайности. Рассмотрены как статические, так и динамические модели. Доказано преимущество динамических моделей перед статическими, т.к. эти последние (статические) при проведении полевых работ могут дать только окончательный результат и не дают возможность сделать анализ динамики роста-развития растения. Динамические модели, кроме окончательного результата, дают возможность оценки поведения растения на всем этапе вегетационного периода, от $t=0$ до $t=T$ периода, на основе которой можно выбрать нужные агрохимические или агромелиорационные мероприятия, нужные средства против болезней. Ни одна разработанная до сих пор динамическая модель не совершенна. Она предусматривает из приведенных нами факторов только некоторые, часто один или два. Это частично можно объяснить сложностью процесса, сложностью взаимовлияний участвующих в нем факторов.

Практическое применение большинства моделей динамических методов довольно сложно, т.к. они содержат такие параметры, которые экспериментально установить практически невозможно, хотя бы приблизительно.

Например, можно привести известные модели Сиротенко, Галямина, Хублариани и др., которые содержат площадь поверхности листа растения, системы корней и т.д., с которыми связан фотосинтез и процесс всасывания-усвоения питательных веществ. В этих моделях точность установления коэффициентов очень низкая, т.к. очень низка точность установления площади поверхности листьев и корней. В связи с этим, необходимо создание таких математических моделей, которые дадут возможность предусмотреть все те жизненно необходимые факторы, количественная оценка которых возможна без гибели растения, и с такой же точностью, с какой мы хотим получить результат прогнозируемого процесса, если они не противоречат принципу комплектности модели.

Из-за сложности процесса роста-развития растения в настоящее время не существуют модели и реализация результатов, основанная на строгом математическом решении, апробированное на основных культурах, в различных климатических и почвенных условиях, что значительно усложняет возможность управления факторами.

В предложенной нами модели предусмотрены почти все позитивные и негативные факторы, фиксирование величины которых не представляет большой сложности, чем упрощается установление количественных значений коэффициентов, входящих в модель с достаточной точностью.

В этой же главе рассмотрена вода, как преимущественно необходимый элемент роста-развития растения, дана ее роль в процессе формирования урожая, показана динамика формирования баланса растения и полевой воды и существующие методы, посредством которых возможно установить потребность в воде любой культуры.

Во второй главе «Анализ факторов, действующих на рост-развитие растения» - дан анализ факторов, действующих на рост-развитие растения, а растение рассмотрено как управляемый объект, который развивается в результате взаимодействия множества внешних и внутренних факторов. Эти факторы меняются во времени и пространстве на протяжении всего процесса. Развитие растения не эквивалентно росту. Понятие «развитие» имеет в виду физиологический возраст растения и его морфологический вид, тогда как понятие «рост» отображает прежде всего прибавление биомассы. Развитие растения нельзя представить себе как просто процесс старения, т.к. температура и другие внешние факторы могут значительно ускорить или замедлить этот процесс. Но температура не единственный из внешних факторов, который оказывает влияние на скорость развития. Большое влияние на эту скорость оказывает продолжительность дня. Это подтверждается на основе анализа экспериментального материала большого объема, проведенного Ангузе вместе с соавторами. Бремман на примере некоторых однолетних трав показал, как действует продолжительность дня на продолжительность вегетационного периода. Существует единое мнение о том, что высокая температура ускоряет темп развития в растениях долгого дня и замедляет его в растениях короткого дня.

На нормальный рост-развитие растения и движение в нем питательных веществ большое влияние оказывает существующая в почве влажность. Влияние почвенной влажности на перемещение питательных веществ в растении обусловлено следующими физиологическими и физическими факторами.

- Улучшением общего физиологического состояния растения, т.к. нормальное увлажнение ткани улучшает процесс фотосинтеза, биосинтеза белков и обмена других веществ, которые в основном определяют способность поглощения растением питательных веществ.

- Развитием и расположением корней при нормальном содержании влаги и в связи с этим рост общих поглотительных свойств.

- Универсальностью воды, как из почвенного раствора внешней среды диффузии, так и из поглотительного комплекса почвы около корневых волосков растения.

С этими факторами связано положительное влияние влажности на перемещение макро и микро элементов в растении.

Как было выше отмечено, урожай сельскохозяйственных культур формируется в результате сложного взаимодействия множества (внешних и биологических) факторов. На переднем плане стоят факторы, как фотосинтезно активная радиация (ФАР), тепло и свет, питательные вещества и вода. Три первых из этих факторов (ФАР, температура воздуха и свет) – нерегулируемые факторы в глобальном масштабе, т.е. человек не может пока ими управлять в глобальном масштабе. Два последних фактора – регулируемые (питательные вещества и

влажность почвы). Этими последними человек может управлять, если у него есть теоретически обоснованные и практически надежные средства. Среди других нерегулируемых факторов надо отметить такой биологический фактор, как генетическая природа растения, сортовые свойства, стойкость к полеганию, морозоустойчивость, засухоустойчивость и т.д., которые со своей стороны определяют урожайность культуры, а в некоторых конкретных случаях, даже играют особую роль. Здесь же надо отметить, что большинство биологических факторов подлежит управляемым процессам, т.е. человек может скрещиванием сортов изменить биологические свойства растения в своих интересах.

На основе анализа процесса роста-развития растения установлено, что водный режим является одним из основных и определяющим фактором урожайности. Почвенная влага переносит в растение питательные вещества, упорядочивает терморегуляцию; принимает участие в процессе фотосинтеза, воздействует на влажность воздуха у поверхностного слоя почвы, как основной регулятор и т.д. Но несмотря на такое важное жизненное значение, существование в почве воды имеет свой верхний и низкий предел, за которым она приносит вред и более того, становится переносимым механизмом загрязнения среды.

Одним из серьезных и необходимым фактором в процессе роста – развития растения, как и для любого живого организма, является тепловой режим внешней среды, который снабжает растения той энергией, которая фактически управляет фотосинтезом при образовании органических веществ. Любое проявление жизнедеятельности растения протекает в условиях определенного температурного режима. Исходя из этого, для сельскохозяйственных культур должен быть создан оптимальный фотоклимат, который соответствует требованиям именно этого сорта и вида. Создание такого нормального режима практически невозможно в глобальных масштабах, из-за чего мы считаем температурный режим нерегулируемым, неуправляемым фактором.

Наряду с водным и термальным режимом, питательный режим входит в ту тройку, которая удовлетворяет известный принцип Либиха. Без питательных веществ невозможно как существование животного мира, так и рост-развитие растений и соответственно, невозможна урожайность. Здесь же надо отметить, что в большинстве случаев плодородность почвы не удовлетворяет требованиям сельскохозяйственных культур к питательным элементам, и из-за этого для достижения высокой урожайности, необходимо искусственно заполнить существующий дефицит, чтобы был достигнут сбалансированный и стойкий питательный режим растения, постараться не загрязнить при этом внешнюю среду ионами вредных металлов.

Град – это осадки, которые образуются в верхних слоях воздуха в результате конденсирования влаги в твердую форму. Его воздействия любой интенсивности отрицательно действуют на посевы. Во время слабой интенсивности, механическое воздействие не так опасно, как резкое падение температуры воздуха, которое не переносит большинство однолетних растений. Большая интенсивность града, когда он превышает величину 2 мм/мин, вызывает механическое повреждение молодых всходов, а при 3-4 мм/мин и выше происходит полное уничтожение посевов. Образование града связано с мощными восходящими потоками воздуха, которые формируются и являются к нам из туч грозового характера. Град наносит большой убыток сельскому хозяйству, он особенно опасен в период цветения растений и созревания плодов, когда они не могут восстановить поврежденные органы и дать нам урожай.

История воздействия человека на погодные условия начинается в далеком прошлом, а научные исследования воздействия на облака относятся к 30-ым годам. В Грузии в 1961 году впервые была создана служба организованной борьбы с градом, которой была поручена функция защиты от града сельскохозяйственных культур на Алазанской долине.

Ветер – это движение воздушных масс по направлению к поверхности земли. Он возникает при неравномерном расположении атмосферных давлений на поверхности Земли и характеризуется различными скоростями и направлениями. Скорость измеряется специальными приборами и выражается в единице скорости перемещения масс (м/сек.). Воздействие ветра на посевы в основном отрицательно выше определенной скорости. Слабые скорости ветра часто полезны для посевов (1-5 м/сек), если они дуют из более влажных районов. С их помощью перемещаются облака, которые являются единственным источником перенесения влаги и образования в результате этого осадков дождя. Возрастание скорости ветра вызывает нарушение устойчивости ствола растения и полную его потерю. Ветер вызывает эрозию почвы (ветровая эрозия), в результате которой навсегда теряется плодородный слой почвы. Длительный ветер, дующий в одном направлении, вызывает высыхание почвы и увядание растения. Большое значение имеет период дуновения ветра. Длительное дуновение ветра может полностью унести плодородный слой почвы с существующими на нем посадками. Одно из эффективных средств защиты от негативного воздействия ветра – это создание лесных защитных полос, расстояние между которыми определяется скоростью господствующих ветров и сажают их в направлении ветра.

Эрозия - процесс разрушения структуры почвы потоком воды или ветром. При этом разрушается более плодородный верхний слой. Разрушение этого слоя происходит быстро, а его восстановлению нужны века. Для создания почвы толщиной 18 см природа тратит не менее 1400-7000 лет. Почвообразование протекает приблизительно со скоростью 0,5-2 см в 100 лет. Разрушение такого слоя эрозией может произойти в течении одного года, иногда одним потоком или пыльной бурей. Различают ветровую и водную эрозию.

Во время ветровой эрозии происходит интенсивное перемещение частичек почвы на поверхности земли. Она может происходить в любое время года и во время ветра любой силы, но особенно она интенсивна во время действия сильного ветра (15-20 м/сек) весной, когда почва разрыхлена и еще не покрыта растительностью. Действие ветра слабое на влажной почве, поэтому эрозии подвержены почвы сухих областей. Местная ветровая эрозия почвы протекает медленно и постепенно разрушает почву. Это чаще всего происходит на косогорах, где воздействие более заметно.

Водная эрозия может быть плоскостной и линейной. Плоскостная эрозия - это вымывание почвы потоками дождевой или талой воды. Неравномерность микрорельефа способствует концентрации атмосферных осадков, которые, пролившись на поверхность почвы, потоками образуют вымывы почвы. В результате пропашки такая поверхность разравнивается, но разрыхляется и становится эрозиоопасной. Самым простым и эффективным агротехническим мероприятием для регулирования поверхностного течения талой воды и потоков и в борьбе против эрозии почвы и засухи является вспашка и посев вдоль и поперек косогора и нарезание оросительных грядок и т.д.

Как ветровая, так и водная эрозия может нанести большой убыток сельскохозяйственным угодьям и особенно однолетним посадкам. Поэтому при разработке методики прогнозирования урожайности необходимо предусмотреть эти природные явления, что и выполнено нами.

В третьей главе – «Разработка математической модели процесса роста-развития растения» - даны вопросы, касающиеся управления процессом роста-развития растения. Необходимость такого подхода определена рядом причин, среди которых прежде всего надо отметить быстрое развитие и усложнение технологических процессов, интенсивный рост масштабов и ценности (стоимости) проведенных мероприятий, широкое применение в производстве автоматизации и телемеханизации и др. Учтя все это, необходимо провести

детальный анализ целенаправленных процессов, чтобы стало возможным целенаправленное управление факторами, действующими на этот процесс в интересах человека. Основная цель исследования в этой сфере – найти методы, улучшающие результат процесса, или протекание запланированной операции. Для достижения этой цели производится анализ ранее проведенных операций, устанавливаются факты, и наконец, факты и теория используются для прогнозирования протекания будущих операций, улучшения результатов, проявления нужных мероприятий и др. Вся эта процедура пишется на математическом языке, т.е. происходит математическое моделирование процесса.

Построение математической модели является основой всех последующих анализов. Этот процесс является центральным этапом в будущем исследовании. От качества (уровня) построенной модели полностью зависит судьба последующего анализа. Построение модели – неформальная процедура и конечно очень зависит от автора. Модель должна достаточно полно и правильно отобразить явление, но кроме того, она должна быть удобна для применения. Поэтому степень детализации модели, форма ее представления определяются целью исследования в сфере моделируемого процесса.

Не существует общего закона построения математических моделей. В каждом конкретном случае, исходя из намеченной цели и направления операции, модель строится, основываясь на физической сути процесса, и поэтому каждый исследователь строит ее по-своему, своеобразно.

Требования, предъявляемые к модели, даже взаимно противоречащие. С одной стороны, модель должна быть довольно сложной, т.к. в ней должны быть предусмотрены все факторы, участвующие в процессе, а с другой стороны, довольно простой, чтобы стало возможным получение взаимозависимостей легко воспринимаемых связей между различными факторами. В силу этого, выбор оптимального варианта построения модели требует не только и не столько хорошего знания математики, как восприятия сути явлений, знания взаимозависимостей и взаимовлияния входящих в процесс параметров, их усвоение.

Нами была сконструирована крупномасштабная (грубая) модель, которая описывает динамику производства сельскохозяйственных культур в ее зависимости от обеспечения угодий водой и питательными веществами, как это вообще принято в методах исследований операции. Построение модели возможно с довольно большой схематизацией, с выделением обеспечения почвы водой и питательными веществами, которыми должны обеспечить, в случае их дефицита, ирригационная система и запас химических ресурсов.

Процесс роста-развития растения, так же как и процесс образования отдельной клетки и жизненный процесс, проходит в определенных условиях. Этот процесс протекает в результате взаимодействия внешних и внутренних факторов, из которых можно выделить т.н. основные факторы, без которых не происходит образования клетки и после этого биомассы.

Основные факторы, действующие на развитие растения, условно можно разделить на две группы. К первой группе относятся факторы, способствующие нормальному росту-развитию растения. К числу этих факторов мы отнесли: влажность почвы, тепло, питательные элементы, существующие в почве, и свет. Условно назовем эту группу «позитивной».

Ко второй группе относятся факторы, мешающие нормальному росту-развитию растения, приостанавливающие его, а на определенном этапе – прекращающие процесс. К факторам этой группы относятся: град, ураганные ветры и эрозия. К тому же при их нулевом значении урожайность достигает потенциального максимума. Назовем эту группу условно «негативной».

Исходя из вышеприведенного анализа, как позитивные, так и негативные факторы должны быть представлены в виде произведения, к тому же позитивные факторы должны быть в числителе, а негативные – в знаменателе. Таким образом, математическая модель процесса должна быть записана в следующем виде:

$$y = \frac{W^\alpha \cdot Q^\beta \cdot t^\gamma}{\frac{S^*}{S^* - S} \cdot \frac{P^*}{P^* - P} \cdot \frac{E^*}{E^* - E}} \cdot e^{-\frac{\tau}{T}} \quad (1.1)$$

где: y - урожайность сельскохозяйственных культур (ц/га), W - влажность почвы (м³/га), Q – суммарные питательные элементы в почве (ц/га), t – сумма средних круглосуточных температур на весь вегетационный период (С°), S^+ - интенсивность града, при которой все посевы полностью уничтожаются; $S \leq S^+$ - фактическая интенсивность града, P^+ - та интенсивность эрозии, при которой вымывается та часть почвы, которая занята корневой системой растения, $P \leq P^+$ - фактическое значение эрозии, E^+ - то значение ураганных ветров, при котором полностью сметается посеянное семя и залегает посев, $E \leq E^+$ - фактическое значение ураганных ветров, e – число Непера, τ - текущая координата времени, T – продолжительность вегетационного периода (при сборе урожая $\tau = T$); $\alpha \beta \gamma$ – показатель качества.

Из сформулированной модели ясно виден тот принцип, по которому он построен. Действительно, если в числителе изображения (1.1.) один из параметров равен нулю, $y=0$; если один из параметров знаменателя равен его верхнему пределу, напр. $S = S^+$ или $E = E^+$ или $P = P^+$ или $E = 0$, $y = y_{\text{макс}}$, чем больше S или E или P , тем меньше y и т. д., т.е. модель соответствует заложенному в нее принципу.

Для того, чтобы привести сформулированную модель (1.1.) к практически применимой форме, необходимо установить расчетные изображения численных значений показателей качества $\alpha \beta \gamma$, входящих в нее, которые являются характеристиками отдельных культур.

Для проведения этой процедуры (1.1) дадим следующий вид изображению:

$$Y = W^\alpha \cdot Q^\beta \cdot t^\gamma \cdot e^{-\frac{\tau}{T}} \cdot \frac{(S^* - S) \cdot (P^* - P) \cdot (E^* - E)}{S^* \cdot P^* \cdot E^*} \quad (1.2)$$

Как видно из (1.2), функция представляет собой экспоненту, увеличивающуюся при определенных, отличающихся от 0 значений параметров и уменьшающаяся после определенных значений, что соответствует реальной картине. График отношения входящих в модель факторов к урожайности дан на стр. 11.

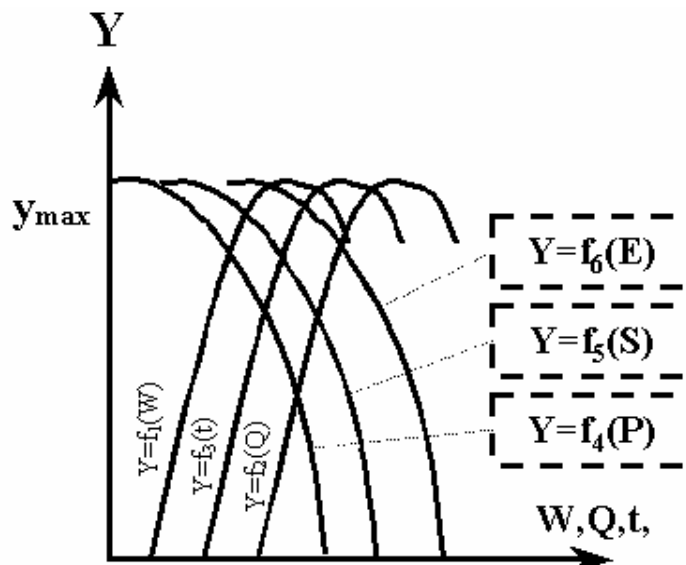


Рис. 1.1. $y = f(W, Q, t, S, P, E, \tau)$ *схематический вид функциональной зависимости.*

Рис. 1.1. $y = f(W, Q, t, S, P, E, \tau)$ – графическое изображение функции, где V – урожайность, W – влажность почвы, Q – существующие в почве питательные элементы, t – сумма средних суточных температур в вегетационный период, P – интенсивность эрозии, S – интенсивность града, E – скорость ветров, P^+ , S^+ , E^+ – интенсивность эрозии, интенсивность града и скорость ветра – те верхние пределы, при которых посеы полностью уничтожаются.

Как видно из рисунка (1.1), влияние эрозии и града во время малой интенсивности незаметно и не оказывает практического влияния на величину урожайности. При значениях $P \rightarrow P^*$, $S \rightarrow S^*$, $E \rightarrow E^*$ отрицательный эффект резко возрастает. Из-за таких свойств этих факторов, кривые $y = f_4(P)$, $y = f_5(S)$, $y = f_6(E)$ имеют вид выпуклых экспонентов. В тех точках, где $y = f_1(W)$; $y = f_2(Q)$ и $y = f_3(f)$ достигает максимума, воздействие отрицательных (негативных) факторов фактически нулевое.

Для того, чтобы из (1.2) изображения установить α , β , γ , значения, ему нужно дать логарифмический вид.

$$\lg y = \alpha \lg W + \beta \lg Q + \gamma \lg t - \frac{\tau}{T} \lg e + \lg \left(1 - \frac{S}{S^*}\right) + \lg \left(1 - \frac{P}{P^*}\right) + \lg \left(1 - \frac{E}{E^*}\right) \quad (1.3)$$

В полученном (1.3) уравнении у нас три α , β , γ неизвестных, для определения которых нужны три уравнения, для чего обязательны три дискретных значения W , Q , t параметров: W_1, W_2, W_3 ; Q_1, Q_2, Q_3 ; t_1, t_2, t_3 (1.3), тогда система уравнений будет переписана в следующей форме:

$$\lg y_1 = \alpha \lg W_1 + \beta \lg Q_1 + \gamma \lg t_1 - A \quad (1.4)$$

$$\lg y_2 = \alpha \lg W_2 + \beta \lg Q_2 + \gamma \lg t_2 - A \quad (1.5)$$

$$\lg y_3 = \alpha \lg W_3 + \beta \lg Q_3 + \gamma \lg t_3 - A \quad (1.6)$$

где:

$$A = \left[\frac{\tau}{T} \lg e + \lg \left(1 - \frac{S}{S^*}\right) + \lg \left(1 - \frac{P}{P^*}\right) + \lg \left(1 - \frac{E}{E^*}\right) \right] \quad (1.7)$$

Из (1.4) определим α и внесем в (1.5) и (1.6)

$$\alpha = \frac{\lg y_1 - \beta \lg Q_1 - \gamma \lg t_1 + A}{\lg W_1} \quad (1.8)$$

Соответственно (1.5) и (1.6) примет вид:

$$\lg y_2 = \frac{\lg y_1 - \beta \lg Q_1 - \gamma \lg t_1 + A}{\lg W_1} \cdot \lg W_2 + \beta \lg Q_2 + \gamma \lg t_2 - A \quad (1.9)$$

$$\lg y_3 = \frac{\lg y_1 - \beta \lg Q_1 - \gamma \lg t_1 + A}{\lg W_1} \cdot \lg W_3 + \beta \lg Q_3 + \gamma \lg t_3 - A \quad (1.10)$$

Если из (1.10) определим β

$$\beta = \frac{\lg y_2 \cdot \lg W_1 - \lg W_2 (\lg y_1 - \gamma \lg t_1 + A) - \gamma \lg t_2 \cdot \lg W_1 + A \cdot \lg W_1}{\lg Q_2 \cdot \lg W_1 - \lg Q_1 \cdot \lg W_2} \quad (1.11)$$

и внесем в (1.10), то найдем γ .

$$\gamma = \frac{B(d + A_m) + C(f + A_n)}{B_n - cK}, \quad (1.12)$$

где:

$$B = \lg Q_2 \cdot \lg W_1 - \lg Q_1 \cdot \lg W_2;$$

$$f = \lg y_2 \cdot \lg W_1 - \lg y_1 \cdot \lg W_2;$$

$$h = \lg t_3 \cdot \lg W_1 - \lg t_1 \cdot \lg W_3;$$

$$K = \lg t_1 \cdot \lg W_2 - \lg t_2 \cdot \lg W_1;$$

$$c = \lg Q_1 \cdot \lg W_3 - \lg Q_3 \cdot \lg W_1;$$

$$m = \lg W_1 - \lg W_3;$$

$$d = \lg y_3 \cdot \lg W_1 - \lg y_1 \cdot \lg W_3;$$

$$n = \lg W_1 - \lg W_2;$$

Таким образом все три искомые неизвестные α , β , γ , определены и возможно установление их численных значений для любой культуры, если у нас есть три дискретных значения W (вода для орошения), Q (питательные элементы в виде удобрений) и t (сумма среднесуточных температур за весь вегетационный период), полученные в результате полевых опытов и соответствующая урожайность.

Установленное полученным $y = f(W, Q, t, S, P, E)$ изображением количество (норма) оросительной воды, которое соответствует запланированному уровню урожайности y , должно перераспределиться на весь вегетационный период, т.е. должен быть установлен режим подачи воды.

Для установления режима орошения нами рекомендовано графическое правило, которое состоит в следующем: переносим на график кривую распределения рассчитанной воды и динамику осадков на вегетационный период.

$P, \text{ м}^3/\text{га}$

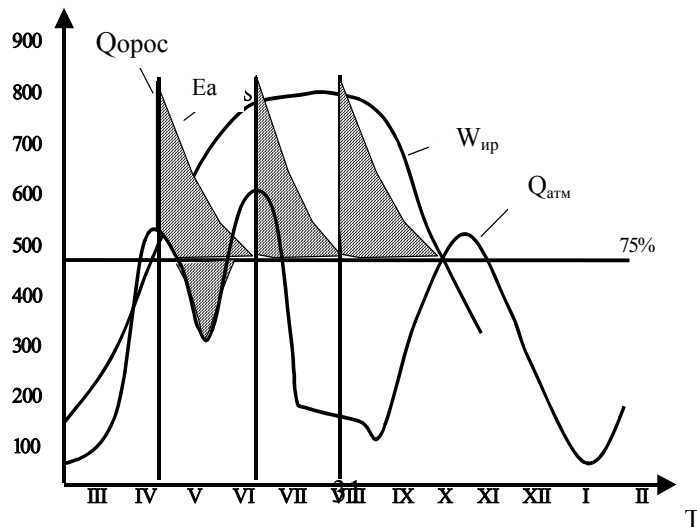


Рис. 1.2. Режим орошения кукурузы для Марнеульского района.

Где $Q_{\text{орос}}$ – объем орошения, $Q_{\text{ат}}$ – объем атмосферных осадков, E_a – кривая депрессии испарения, T – время.

После этого выбираем уровень орошений, распределяем их на вегетационный период, устанавливаем закон подачи почвенной воды, выбираем уровень обеспечения почвы водой (в нашем случае – 75% обеспеченность из ППВВ), в соответствии со сроком орошения и величиной.

Устанавливаем график подачи воды, где этот график пересечет уровень обеспеченности, там ставим срок второго орошения и величину и т.д. Также устанавливаем срок последующего полива и норму.

Такой режим орошения дает возможность максимально приблизиться к идеальному виду водообеспечения, которое дает разработанная нами модель.

По существующим данным, найденным нами у других авторов, в системных управлениях и метеорологических институтах, нами установлена таблица данных для кукурузы, озимой пшеницы, люцерны и винограда.

Применив метод анализа, на основе полученных материалов, посредством расчетного изображения коэффициентов α , β , γ были определены численные значения коэффициентов α , β , γ для некоторых культур. В диссертации мы приводим расчет означенных коэффициентов на примере озимой пшеницы. Значения этих коэффициентов для озимой пшеницы, кукурузы, люцерны и винограда, т.е. стратегических для Грузии культур даны в таблице 1.3.

Значения количественных показателей α , β , γ

Таблица 1.3.

Название культуры	α	β	γ
Озимая пшеница	14,76	-20,53	-12,5
Кукуруза	4,435	-0,924	-4
Люцерна	-5,329	0,82	6,66
Виноград	-0,635	-3,694	2,1

С целью проверки полученных коэффициентов α , β , γ , проведем конкретный расчет по 1.1. модели на примере озимой пшеницы во время следующего значения параметров:

$$W=4000\text{м}^3/\text{га}; \quad Q=3,6\text{ц}/\text{га}; \quad t=1500^\circ\text{C};$$

$S=4,0$ мм/мин; $S^*=$ мм/мин; $P=2,8$ т/га; $P^*=18$ т/га;

$E=11,0$ м/сек; $E^*=30$ м/сек. $\tau=T$ (вегетационный период закончился)

При этих значениях факторов по экспериментальным материалам $y=15$ ц/га.

Впишем полученные данные в расчетную модель (1.1.), получим:

$$y = \frac{W^\alpha \cdot Q^\beta \cdot t^\gamma}{S^* \cdot P^* \cdot E^*} \cdot e^{-\frac{\tau}{T}} = \frac{4000^{14,76} \cdot 3,6^{-20,53} \cdot 1500^{-12,5}}{\frac{S^* - S}{S^*} \cdot \frac{P^* - P}{P^*} \cdot \frac{E^* - E}{E^*}} \cdot 2,718^{-1} = 14,4 \text{ ц/га}$$

В нашем случае мы бы имели уровень урожайности $y=15$ ц/га, т.е. почти то же, что и в нашем уравнении. Разница всего $\approx 1\%$, что довольно мало.

Исходя из вышесказанного, можно сказать, что разработанная нами модель довольно точно описывает процесс.

В четвертой главе «Сельскохозяйственное производство и экология в условиях устойчивости» - оценена деятельность человека, как результат интеллектуального мышления, который оказывает определенное воздействие на сформированные веками экологические системы, т.е. на внешнюю среду, в которой приходится жить и работать одному из основных создателей этой системы - человеку.

Большая часть стран мира стремится к непрерывному росту продуктов питания и индустрии сельскохозяйственных продуктов. Происходит освоение залежных земель, вырубается леса, строятся новые ирригационные системы, осушаются переувлажненные почвы, выводятся сорта высокопродуктивных сельскохозяйственных культур и др. Но несмотря на это, все же чувствуется дефицит продуктов питания в мировом масштабе. Индустриальный мир видит решение этой проблемы в развитии технологии. Как показали исследования Дж. Форестера, решение проблемы психологическим путем становится все более неэффективным. После того, как устанавливается определенный уровень технологии, начинается кризис загрязнения, ухудшения экологических ситуаций и т.д. Исходя из этого, как видно, человеческая деятельность должна быть направлена так, чтобы не произошло зарождения тенденции уничтожения самого человека, его вырождения. Это, в первую очередь, касается производства пищевых продуктов, т.к. она в непосредственном физиологическом контакте с человеком, т.е. проблема все же замыкается циклом производства сельскохозяйственных продуктов, хотя в этом процессе большую роль играет тяжелая металлургия, т.к. одним из источников загрязнения внешней среды и нарушения экологического равновесия после сельского хозяйства являются отходы технологических процессов индустрии. Эта проблема резко чувствуется в крупных индустриальных центрах.

Темпы загрязнения внешней среды полностью зависят от темпов развития народного хозяйства, и в том числе, от роста темпов производства пищевых продуктов. Стремление к высокому уровню урожайности сельскохозяйственных продуктов на базе роста норм орошения и химикатов – неправильный путь решения проблемы и всегда приводит нас к истощению природных ресурсов, высокому уровню темпов загрязнения и, в конечном итоге, к созданию условий искусственного разрушения устойчивости экологической системы, одним из основных членов которой являемся мы. Соответственно ставится вопрос, как избежать негативных выявлений, которые сопутствуют процессу производства сельскохозяйственных продуктов.

Основные выводы и рекомендации.

На основе исследований, представленных в диссертационной работе, можно сделать следующие выводы и рекомендации:

- На основе проведенного критического анализа выявлены достоинства и отрицательные стороны методов математического моделирования процесса роста-развития растения и прогнозирования урожайности. Дана динамика сельскохозяйственного производства в Грузии. Выявлены те негативные явления, которые сопутствуют сельскохозяйственному производству на современном этапе использования существующих природных ресурсов.
- На основе анализа оценки уже сопутствующих водных и земных ресурсов и динамики сельскохозяйственного производства выявлены потенциальные возможности использования в мелиорации водных ресурсов, целесообразность расширения орошаемых площадей; установлено, что в масштабах Грузии дефицита водных ресурсов нет, но т.к. эти ресурсы неравномерно распределены между восточными и западными регионами республики, в восточной части, в определенные периоды года, отмечается острый дефицит воды; анализ динамики сельскохозяйственного производства показал, что после 50-ых годов заметно уменьшилось производство зерновых, в частности, уменьшились площади под пшеницу и увеличились под виноград, фрукты и некоторые технические культуры. На основе анализа считаем целесообразным увеличить площадь под пшеницу, в ближайшее время до 200-300 тыс. га, что даст возможность увеличить производство зерновых в три раза по сравнению с 1990 годом и уменьшить потребность в воде в мелиорации на 20-25%.
- В результате анализа разработанной математической модели получены такие зависимости, которые дают возможность сделать прогноз ожидаемой урожайности, проанализировать нужный объем ирригационной воды и необходимые резервы минеральных удобрений в данных условиях колебаний атмосферных осадков, которые обеспечивают запланированный уровень урожайности для конкретной культуры в конкретных климатических и почвенных условиях.
- Разработанная математическая модель относится к числу динамических моделей и дает возможность установить поведение проектируемых культур в любой фазе от $\tau=0$ до $\tau=T$, что дает возможность управлять процессом в нужном нам режиме.
- На основе детального анализа процесса производства сельскохозяйственных культур, выявлен ряд негативных явлений, которые сопутствуют процессу и отрицательно действуют на устойчивость экосистемы. Дана оценка причин загрязнения внешней среды во время сельскохозяйственного производства и предложены мероприятия для их устранения.
- Предложенная математическая модель дает возможность оценить величину убытка, причиненного градом, ураганными ветрами и эрозией, в отдельном, конкретном случае и на этой основе сумму нужных кредитов для реабилитации, которую должно выдать государство для стимулирования производителей.
- На основе экспериментальных данных установлены численные значения коэффициентов, входящих в предложенную модель для таких стратегических

культур, как озимая пшеница, кукуруза, люцерна, виноград, чем модель становится применимой практически.

**Основное содержание труда отражено
в следующих публикациях.**

1. Мухигулашвили Г. Ш., Модебадзе Н. Л. – «Математическое моделирование процесса роста-развития растения. Вестник Академии наук Грузии. 166, №3. Тбилиси, 2002, стр. 605-608.

2. Мухигулашвили Г. Ш., Модебадзе Н. Л. – «Влияние погоды на урожайность сельскохозяйственных культур. Исследовательский институт водозкологии. Труды. Тбилиси, 2003, стр. 101-103.

3. Мухигулашвили Г. Ш. – «Установление режима орошения графически». Проблемы аграрной науки, сборник научных работ, т. XXV, Тбилиси, 2003, стр. 132-133.

4. Мухигулашвили Г. Ш., Кухалашвили Э. Г., Модебадзе Н. Л. – «Принципы математического моделирования процесса роста-развития растения. Проблемы аграрных наук, сборник научных трудов, т. XXIX. Тбилиси, 2004, стр. 126-128.