

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

ლომიშვილი მათა

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების რწყვის ოპტიმალური
რეჟიმების დადგენა ნიადაგ-გრუნტების მახასიათებლების
გათვალისწინებით

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

სადოქტორო პროგრამა - სასოფლო სამეურნეო მელიორაცია
შიფრი 0415

თბილისი

2018 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის აგროინჟინერიის დეპარტამენტში

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ტ.მ.დ., პროფესორი ირაკლი ყრუაშვილი

თანახელმძღვანელი: ტ.მ.კ., პროფესორი ირმა ინაშვილი

რეცენზენტი: ტ.მ.დ., პროფესორი დავით გუბელაძე

რეცენზენტი: აკად. დოქტორი, ასოც. პროფესორი მადონა ლორია

დაცვა შედგება 2018 წლის 23 თებერვალს 14⁰⁰ საათზე, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე

მისამართი: 0175, თბილისი, გურამიშვილის ქ. №17. სტუ-ს XI კორპუსი, აუდიტორია 212.

დისერტაციის გაცნობა შესაძლებელია სტუ-ს ცენტრალურ ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე.

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი:

მაია კილაძე

ასოც. პროფესორი

შესავალი

ნაშრომის საერთო დახასიათება

თემის აქტუალურობა. როგორც ცნობილია, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარების პროცესში მონაწილეობას ღებულობს უამრავი გარე და შიდა ფაქტორი, მაგრამ მათ შორის წყალს, როგორც ერთ-ერთ აუცილებელ ელემენტს, პრიორიტეტული მნიშვნელობა ენიჭება. ეს პრიორიტეტი იზრდება იმითაც, რომ იგი მართვადი ფაქტორია.

აღსანიშნავია ისიც, რომ წყლის რესურსები თითქმის ყველა სოფლის მეურნეობის პროდუქტების მწარმოებელ ქვეყანაში შეზღუდულია და განიცდის მის დეფიციტს წლის გარკვეულ პერიოდში მაინც, ხოლო მცენარის წყლის რესურსებით არაოპტიმალურმა უზრუნველყოფამ შეიძლება უარყოფითად გადაწყვიტოს მოსავლის ბედი.

ხშირ შემთხვევაში მცენარეთა წყლით უზრუნველყოფა ბუნებრივ პირობებში ვერ ხერხდება და აუცილებელი ხდება მისი ხელოვნური გზით რეგულირება. თუმცადა, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წყალუზრუნველყოფის პრობლემის გადაჭრა წარმოადგენს რთულ ამოცანას და საჭიროებს რიგი პრობლემის გათვალისწინებას, რადგანაც იგი დაკავშირებულია არა მხოლოდ იმ ფიზიოლოგიურ პროცესებზე, რომლებიც მიმდინარეობს მცენარეში, არამედ ნიადაგის მახასიათებლებზეც და იმ გარემო პირობებზე რომელშიც მცენარეს უხდება ზრდა-განვითარება.

ნიადაგურ-კლიმატური პირობების მიხედვით საქართველოს ტერიტორია სპეციფიკურია, რის გამოც იგი დაყოფილია 22 სამეურნეო ზონად. ამასთან, ინტენსიური სოფლის მეურნეობის ზონა გავრცელებულია ქვეყნის მთელი ტერიტორიის 70%-ზე. მიუხედავად ამისა, მაღალი ხარისხის ბუნებრივად ნაყოფიერი სასოფლო-სამეურნეო ნიადაგები მხოლოდ 38%-ს შეადგენს. ამასთან, 205 ათას ჰა-ზე მეტია ბიცი და ბიცობი ნიადაგების ფართობი, დაახლოვებით 330 ათასი ჰა ეროზირებული და 220 ათასი ჰა დაჭაობებულია. სწორედ ამით აიხსნება სოფლის მეურნეობის

განსხვავებული ხასიათი და თავისთავად ცხადია, შესაბამისი მელიორაციული ღონისძიებების გატარების აუცილებლობა.

სარწყავი მიწათმოქმედების პირობებში, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ქვეშ, არსებული თუ ახალი ფართობების ათვისება ამა თუ იმ კონკრეტული ჰიდროგეოლოგიური, რეოლოგიურ-ლანდშაფტური და სხვა პირობებისათვის, მოითხოვს მეცნიერულად დასაბუთებული მეთოდების დამუშავებას.

არსებული ნორმატიული მითითებებისა და რეკომენდაციების თანახმად, რწყვის რეჟიმი დგინდება ნიადაგის აქტიური შრის ზღვრული წყალტევადობის ინდექსის მიხედვით და ნაკლებად ითვალისწინებს ნიადაგის ამა თუ იმ ფიზიკურ და მექანიკურ თვისებებს. ამასთან, რწყვის რეჟიმის პარამეტრების შერჩევის დროს დაშვებული ცდომილებები ძირითადად განპირობებულია იმით, რომ ნიადაგის ტენის დინამიკის ამსახველ მოდელებში უგულვებელყოფილია წყალ-ჰაეროვანი რეჟიმების მონაცემები, ევაპოტრანსპირაციის პროცესი, აგროკლიმატური მაჩვენებლები და სხვა ფაქტორები.

საბოლოოდ, როგორც წესი, რწყვის რეჟიმის არასწორად შერჩევას მივყავართ არა მხოლოდ მოსავლის რაოდენობისა და ხარისხის შემცირებამდე, არამედ ისეთ ნეგატიურ ეკოლოგიურ შედეგამდე, როგორც არის ნიადაგის ჰუმუსოვანი ფენის გადარეცხვა და შესაბამისად ნიადაგის ნაყოფიერების შემცირება, მისი დეგრადაცია, რომლის გამომწვევ მიზეზს ირიგაციული ეროზია წარმოადგენს.

გამომდინარე ზემოაღნიშნულიდან, რწყვის რეჟიმის ისეთი ინტეგრირებული მოდელის შემუშავება, რომელიც საშუალებას მოგვცემს რწყვის პარამეტრების განსაზღვრის დროს გათვალისწინებულ იქნას აგროკლიმატური მონაცემები და ნიადაგ-გრუნტების მახასიათებლები გარემოს პროგრამული მოსავლის მიღების მაქსიმალური საიმედოობითა და გარემოს ეკოლოგიური წონასწორობის მაქსიმალური შენარჩუნებით, რაც ძირითადად გულისხმობს ნიადაგების ნაყოფიერების შენარჩუნებას

ირიგაციული ეროზიის მინიმუმამდე დაყვანის გზით, თანამედროვეობის ერთ-ერთ ყველაზე აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს.

სამუშაოს მიზანი. ჩვენი კვლევის მიზანს წარმოადგენდა რწყვის რეჟიმის პარამეტრების განსაზღვრა მცენარის წყალმოთხოვნილების (ევაპოტრანსპირაციის), წყალ-ჰაეროვანი რეჟიმების, ნიადაგ-გრუნტების მახასიათებლებისა და ბუნებრივ-კლიმატური ფაქტორების გათვალისწინებით, რაც უზრუნველყოფს სარწყავი წყლის ოპტიმალურ გამოყენებას, პროგრამული მოსავლის მიღებასა და აგროეკოსისტემების წონასწორობის მაქსიმალურ შენარჩუნებას.

აღნიშნული მიზნის მისაღწევად შესრულებულ იქნა შემდეგი ძირითადი სამუშაოები:

- ✓ შერჩეული საცდელი პოლიგონის ნიადაგის ტენიანობის დინამიკის სურათის დადგენის მიზნით ნიადაგის რეოლოგიური, ფიზიკური, მექანიკური, ქიმიური და წყლოვანი თვისებების შესწავლა;
- ✓ ევაპოტრანსპირაციის განსაზღვრისათვის კლიმატური პირობების (ჰაერის ტემპერატურა, ტენიანობა, ქარის სიჩქარე, რადიაციული ფონი და სხვა.) შესწავლა;
- ✓ ევაპოტრანსპირაციისა და ნიადაგის ტენის დინამიკის გათვალისწინებით რწყვის რეჟიმის ოპტიმალური პარამეტრების ექსპერიმენტული კვლევა-დაზუსტება;
- ✓ ირიგაციულ ეროზიაზე რწყვის რეჟიმის გავლენის თეორიული კვლევა.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა ქვემო ქართლის მარნეულის რაიონის ლომთაგორას სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები.

კვლევის პერიოდში ჩატარებული თეორიული, ლაბორატორიული და საველე-ნატურული ექსპერიმენტების დროს გამოყენებულ იქნა სასოფლო-სამეურნეო ჰოდროტექნიკურ მელიორაციაში, ნიადაგმცოდნეობაში, აგრონომიაში, საინჟინრო ჰიდროლოგიაში, ჰიდრაულიკაში და გრუნტების

მექანიკაში საყოველთაოდ აღიარებული სამეცნიერო-ტექნიკური მიდგომები და მეთოდები.

აღნიშნულთან ერთად, ევაპორანსპირაციის გამოსათვლელად, ჩვენს მიერ გამოყენებულ იქნა FAO-ს მიერ რეკომენდებული და მსოფლიო პრაქტიკაში აღიარებული კომპიუტერული პროგრამა AquaCrops-ი.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე:

- მიღებულია, ნიადაგში წყლის ორთქლის საანგარიშო ხარისხობრივი ემპირიული დამოკიდებულებები, ნიადაგში წყლის ორთქლის ადსორბცია-დესორბციის დადგენის მეშვეობით;
- რწყვის რეჟიმის პარამეტრების დასაზუსტებლად და მაღალი მოსავლის მისაღებად, ნიადაგების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია საკვლევი ობიექტის ნიადაგების მოცულობითი მასა;
- ექსპერიმენტალური მონაცემებით განსაზღვრულია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წყალმოთხოვნილების კოეფიციენტის მნიშვნელობა. ჩატარებული კვლევის შედეგად განხორციელდა მიღებული წყალმოთხოვნილების ფორმულის ექსპერიმენტული შემოწმება და შემდგომი განზოგადება ნიადაგების რწყვის სხვადასხვა რეჟიმის პირობებში, ნიადაგის ზღვრული ტენტევალობის 60%-ის, 70% და 80%-ის ვარიანტების დროს;
- ცდის პირობებში განსაზღვრულია რწყვის ვადების კორექტირება დეკადების მიხედვით, ჰაერის, ტემპერატურის, ნიადაგ-გრუნტებში საჭირო ჰაერის და წყლის შემცველობის, მოსული ნალექების სათანადო შეფასებითა და გათვალისწინებით.
- FAO-ს მიერ რეკომენდებული კომპიუტერული პროგრამა AquaCrops-ი, მეშვეობით მოვახდინეთ კონკრეტული რეგიონის კლიმატური მონაცემების დამუშავება და ევაპორანსპირაციის გაანგარიშება, კონკრეტული ნიადაგური მონაცემებისა და მცენარის წყალმოთხოვნილების გათვალისწინებით.

- განსაზღვრულია წყლის ჩამონადენის ბალანსის განტოლება, სადაც შესაბამისი დაშვებების და მათემატიკური გარდაქმნების საფუძველზე მიღებულია დამოკიდებულება, რომელიც ითვალისწინებს ფილტრაციული დაწნევის გრადიენტის ცვალებადობას ჩაქონვის სიღრმის მიხედვით;
- დასაბუთებულია, დაწნევის გრადიენტის გათვალისწინების აუცილებლობა წყლის ნაკადის გარბენის სიგრძის განსაზღვრისას;
- ნიადაგ-გრუნტის ფიზიკურ-მექანიკური შემადგენლობის, ნაკადის გარბენის სიგრძისა და მიწოდებული წყლის მოცულობის გათვალისწინებით მიღებულია რწყვის ნორმის საანგარიშო დამოკიდებულება.
- ნიადაგ-გრუნტების სპეციფიკური თვისებების გათვალისწინებით მიღებულია სარწყავი წყლის დასაშვებ სიჩქარეთა საანგარიშო კორექტირებული დამოკიდებულება, რაც უზრუნველყოფს ირიგაციული ეროზიის პროგნოზის მაღალ საიმედოობას.

შედეგების გამოყენების სფერო. სადისერტაციო ნაშრომის ფარგლებში შემუშავებული ოპტიმალური რწყვის რეჟიმის რეკომენდაციები ბუნებრივ-კლიმატური პირობების, ნიადაგის თვისებების და სხვადასხვა სასოფლო სამეურნეო კულტურების წყალმოთხოვნილების გათვალისწინებით მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს საქართველოს აგროსექტორის განვითარებას და კერძოდ, სარწყავი მიწათმოქმედების გაუმჯობესებას. ცალკეული კონკრეტული ამოცანების შედეგები დიდ დახმარებას გაუწევს ჰიდროტექნიკურ მელიორაციაში, აგრომელიორაციაში, ნიადაგმცოდნეობაში, აგრონომიაში და მრავალ სხვა დარგში მოღვაწე მეცნიერებს სამომავლო კვლევების განხორციელებაში.

დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლისაგან, სამი თავისაგან, ძირითადი დასკვნებისა და გამოყენებული ლიტერატურისაგან. იგი მოიცავს 100 ნაბეჭდ გვერდს,

რომელშიც შედის 16 ნახაზი და 15 ცხრილი, გამოყენებულია 75 დასახელების ლიტერატურა.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები თავების მიხედვით

სადისერტაციო ნაშრომის პირველ თავში: „სასოფლო-სამეურნეო კულტურების რწყვის რეჟიმის შესწავლის თანამედროვე მდგომარეობა“ განხილულია სარწყავი მიწათმოქმედების პირობებში სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წყალმოთხოვნილების განსაზღვრის თეორიული მეთოდები.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურათა წყალმოთხოვნილება ბუნებრივ პირობებში შეიძლება დაკმაყოფილებულ იქნეს ნიადაგში არსებული ტენისა და ატმოსფერული ნალექების ხარჯზე, მაგრამ მშრალ პერიოდებში ტენის ეს რაოდენობა ხშირად საკმარისი არ არის და ამიტომ საჭიროა რწყვის ჩატარება, რისთვისაც შესწავლილია არსებული რწყვის ნორმის განსაზღვრის თანამედროვე მეთოდები.

რწყვის ნორმა სხვადასხვა კულტურისათვის ცვალებადია და რწყვის ნორმის გაანგარიშებისათვის საჭიროა ვიცოდეთ: ნიადაგის აქტიური ფენის სისქე სარწყავი კულტურისათვის; ნიადაგის მოცულობითი მასა; ნიადაგის ზღვრული წყალტევადობა წონითი პროცენტებით; მცენარისათვის ტენის მარაგის ქვედა სასურველი მინიმუმი.

რწყვის ნორმის განსაზღვრის სხვადასხვა მეთოდების შესწავლისას რწყვის ნორმა უნდა შემცირდეს იმ შემთხვევაში, როდესაც: გრუნტის წყალი მდებარეობს აქტიური ფენის ახლოს, რათა ამ შემთხვევაში თავიდან ავიცილოთ სარწყავი და გრუნტის წყლების შეერთება, რასაც შეიძლება მოყვეს ნიადაგის დაჭაობება; ნიადაგის ქვედა ფენა ძლიერ მარილიანია, რადგან საშიშია მარილები წყლის საშუალებით ზედა ფენაში არ ამოვიდეს; აქტიური ფენის ქვედა ნაწილი ან უშუალოდ მის ქვემოთ მდებარე ფენა არის ძლიერ მსუბუქი მექანიკური შედგენილობის, ვინაიდან ეს ფენა გარკვეულ რაოდენობაზე მეტ წყალს ვერ დაიტევს და იგი უსარგებლოდ ჩავა სიღრმეში, ხოლო რწყვის ნორმა უნდა გაიზარდოს იმ შემთხვევაში, როდესაც მთელი აქტიური ფენა დამლაშებულია დასაშვებ ნორმაზე მეტად.

რწყვის ვადები შეირჩევა ნიადაგის აქტიურ ფენაში წყლის ბალანსის დინამიკის მონაცემების მიხედვით: ნიადაგის აქტიურ ფენაში არსებული წყლის მარაგი პირველი მორწყვის წინ - W_0 , მ³; ნიადაგის სასურველი მაქსიმალური ზღვარი (ზღვრული ტენტევადობა) - $W_{b.a.}$ მ³; რწყვათაშორისი პერიოდის საშუალო დღიური ხარჯვა - ჯამური აორთქლება L , მმ; რწყვათაშორის პერიოდში მოსალოდნელი ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა - P , მმ.

რწყვის ხანგრძლივობა კი დამოკიდებული უნდა იყოს შემდეგ ფაქტორებზე: სარწყავი წყლის წყაროს რეჟიმზე, ე.ი. რაც უფრო მეტია წყლის მარაგი, მით უფრო მეტად შეიძლება რწყვის პერიოდის შემცირება და ერთდროულად მეტი ფართობის მორწყვა; სარწყავი ქსელის გამტარუნარიანობაზე და მუშახელით უზრუნველყოფაზე;

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარების დინამიკურ პროცესზე, მრავალრიცხოვანი ჰიდრომეტეოროლოგიური ფაქტორებიდან, განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს კომპლექსური მახასიათებლის - წყლის ბალანსის ძირითადი ხარჯვითი კომპონენტის ევაპოტრანსპორაციის (ET_0 , მმ) განსაზღვრა, რომელიც სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისათვის წლიდან წლამდე მნიშვნელოვნად იცვლება, აგრეთვე ამინდის პირობების მიხედვით. შესაბამისად, ევაპოტრანსპირაციის სიდიდე სხვადასხვა სავარგულებიდან განისაზღვრება მეტეოროლოგიური პირობებით და ნიადაგის ტენიანობით როგორც ცალკეული დღეღამისათვის, ასევე დროის საკმაოდ დიდი პერიოდებისათვის - მცენარის განვითარების ცალკეული სტადიებისათვის, რომლის საზღვრებში აორთქლების პროცესი ხარისხობრივად არ იცვლება.

ბოლო წლების მანძილზე მთელს მსოფლიოში, მეცნიერთა მიერ შემუშავებულია ET_0 -ის გაანგარიშების უამრავი მეთოდი სხვადასხვა კლიმატური მონაცემის მიხედვით. ამა თუ იმ მეთოდის გამოცდა სხვადასხვა პირობებში საკმაოდ შრომატევადი პროცესია. ამ პრობლემის გადასაწყვეტად სურსათისა და სოფლის მეურნეობის საერთაშორისო

ორგანიზაციის (FAO) მიერ შემუშავებლ იქნა ET-ის განსაზღვრის შემდეგი მეთოდები: რადიაციული, პენმანის მეთოდი, მეთოდი ამართქლებლით; პენმან-მონტიტის დაზუსტებული მეთოდი და სხვ.

ევროკავშირის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტების მიერ განხორციელებული კვლევების შედეგებზე დაყრდნობით FAO-ს მიერ რეკომენდებულ იქნა პენმან-მონტიტის მეთოდი, როგორც ევაპოტრანსპირაციის განსაზღვრის ერთ-ერთი სტანდარტული ხერხი.

ევაპოტრანსპირაციის შესწავლამ ცხადყო, რომ აორთქლება, რომელიც დამოკიდებულია ტენიანობაზე, ტემპერატურასა და ქარის სიჩქარეზე, მნიშვნელოვანი, ანგარიშგასაწევი ფაქტორია.

მრავალი მეცნიერის კვლევის შედეგების ანალიზის შედეგად მიღებულია, რომ სარწყავი მიწათმოქმედების პირობებში არსებობს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების რწყვის რეჟიმის განსაზღვრის თეორიული ხასიათის მრავალი მათემატიკური მოდელი, მაგრამ ყველაზე ზუსტად რწყვის რეჟიმის პარამეტრების დადგენა შესაძლებელია ემპირიული დამოკიდებულებების გამოყენებით, რომელიც ეყრდნობა უშუალოდ დაკვირვებებს.

სარწყავი მიწათმოქმედების პირობებში სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ქვეშ არსებული თუ ახალი ფართობების ათვისება მოითხოვს მეცნიერულად დასაბუთებული მეთოდების დამუშავებას, ამა თუ იმ კონკრეტული ჰიდროგეოლოგიური, ჰიდროლოგიური, რეოლოგიურ-ლანდშაფტური და სხვა პირობებისათვის, ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებების პრაქტიკაში რეალიზაციის მიზნით.

მიუხედავად იმისა, რომ ნიადაგის ეროზიის შესწავლისათვის მნიშვნელოვანი მოცულობის სამუშაოებია ჩატარებული, ნიადაგის ეროზიისაგან დაცვა მოითხოვს ახალი პროგრესული მეთოდების შემუშავებასა და დანერგვას, რადგან ამ საკითხის გადაწყვეტა წარმოადგენს ჩვენი ქვეყნისათვის უმნიშვნელოვანეს ამოცანას.

ნიადაგი მთელი წლის განმავლობაში განიცდის ეროზიას. ეს მიდგომა სავსებით დამაკმაყოფილებელია ეროზიის წლიური საშუალო მაჩვენებლის შეფასებისას, მაგრამ თუ ამ საკითხს უფრო დეტალურად განვიხილავთ, ვნახავთ, რომ, რადგანაც წლის განმავლობაში წყლის შემცველობა ნიადაგში მკვეთრად იცვლება, აქედან გამომდინარე, უნდა იცვლებოდეს ნიადაგის ეროზიულობაც. რაც ნიშნავს, რომ უფრო მსხვილმასშტაბიანი კვლებისათვის უნდა მოხდეს ნიადაგის ეროზიულობის ფაქტორის განსაზღვრა სეზონურად. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ კვლევები აღნიშნულ საკითხზე სამეცნიერო ლიტერატურაში შედარებით მწირია.

მეორე თავში: „საველე-ექსპერიმენტული კვლევები, ანალიზი და შედეგები“ შემოთავაზებულია საცდელი პოლიგონის „ლომთაგორას“ გეოგრაფიული და ნიადაგურ-კლიმატური პირობების ზოგადი მიმოხილვა.

ჩვენი კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა ქვემო ქართლის მარნეულის მუნიციპალიტეტის „ლომთაგორას“ დასახლების სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, რომელიც აღმოსავლეთ საქართველოში მდებარეობს, ზომიერად ნოტიო სუბტროპიკული ჰავის ოლქში და რელიეფის შესატყვისად ახასიათებს ჰავის ზონალურობა: ტერიტორიის უდიდეს ნაწილში ზომიერად თბილი სტეპების ჰავაა, იცის ცხელი ზაფხული. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურაა 12°C , იანვარში $0^{\circ}\text{C} - 0.3^{\circ}\text{C}$, ხოლო ივლისში - 23.9°C ; აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურაა 25°C , აბსოლუტური მაქსიმალური - 40°C . ნალექები 490-550 მმ წელიწადში. ნალექების მაქსიმალური რაოდენობა ფიქსირდება მაისის თვეში, მინიმალური - დეკემბერში.

აღსანიშნავია, რომ სახნავ-სათესი მიწების თითქმის მთლიანი ტერიტორია საჭიროებს რწყვას. საირიგაციო სისტემების (არხების) უდიდესი ნაწილის გაუმართაობის გამო, რწყვის პროცესი ტერიტორიულ ერთეულში გაძნელებულია. აქ ტრადიციულად ზედაპირული რწყვის მეთოდს იყენებენ, როგორცაა კვლებში მიშვება.

ჩვენს მიერ მრავალწლიური დაკვირვებების შედეგად მიღებულ იქნა საკვლევი რაიონის სავეგეტაციო პერიოდის ჰაერის საშუალო ტემპერატურათა ცხრილი ($^{\circ}C$) და მოსული ნალექების საშუალო მონაცემები ($P_{სშ.}$, მმ).

„ლომთაგორას“ ტერიტორიაზე გავრცელებული ნიადაგების დიდ ნაწილს დაკარგული აქვს ბუნებრივი სახე და სხვადასხვა ინტენსივობით განიცდის დეგრადაციას. აღნიშნული, უპირველეს ყოვლისა, ვლინდება მათი ფიზიკურ-მექანიკური, ქიმიური და მიკრობიოლოგიური თვისებების გაუარესებაში, და ნაყოფიერების დაქვეითებაში, რაც სერიოზულად აფერხებს სავარგულების სრულფასოვან ექსპლუატაციას და იგი საბოლოო ჯამში განაპირობებს დაბალ მოსავლიანობას, პროდუქციის ხარისხის დაქვეითებას და, აქედან გამომდინარე, არაეფექტიანობას, რაც საბაზრო ეკონომიკის პირობებში იწვევს სასოფლო-სამეურნეო წარმოების მოცულობის შემცირებას.

შემოთავაზებულია „ლომთაგორას“ საკვლევი ტერიტორიის ნიადაგ-გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური და ქიმიური მახასიათებლების განსაზღვრა, რომელიც მოიცავდა როგორც ლაბორატორიულ-ექსპერიმენტულ, ისე საველე-ნატურულ და საწარმოო გამოცდილებას.

ცხრილი №1-ს სახით მოცემულია „**ნიადაგის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები**“, ხოლო ცხრილ №2-ში - „**წყლის ორთქლის ადსორბციულ-დესორბციული მსვლელობა**“.

ნიადაგ-გრუნტების მახასიათებლების განსაზღვრისას აგებულ იქნა ადსორბცია-დესორბციის იზოთერმების გრაფიკი, სადაც ორდინატთა ღერძზე ფიქსირდება ორთქლის (წყლის) რაოდენობა მმ/გრ. აბსცისთა ღერძზე კი ორთქლის ფარდობითი წნევა P/P_0 .

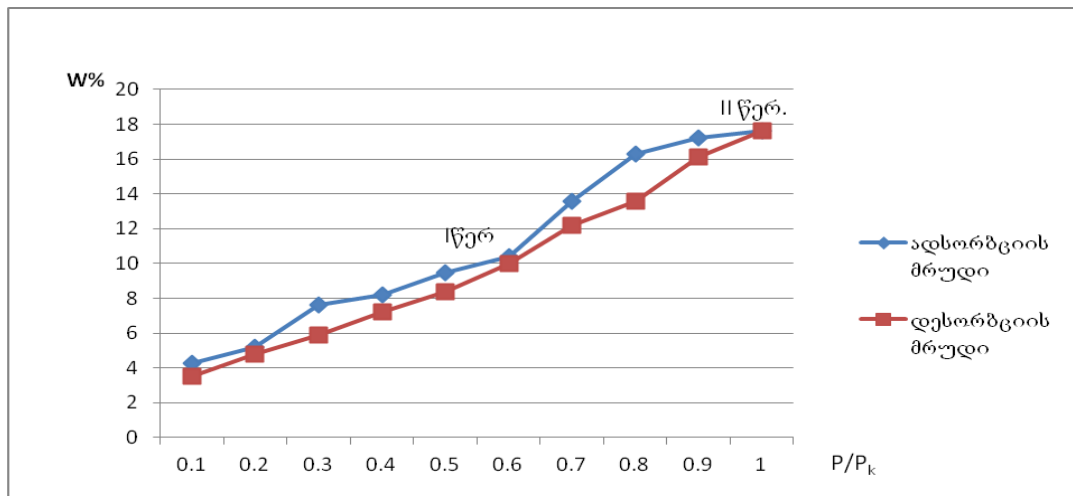
ნახაზი №1-ის ანალიზის საფუძველზე I-ლ წერტილში ხდება ადსორბცია-დესორბციის იზოთერმის თანაკვეთა, როდესაც მაქსიმალური მოლეკულური ჰიგროსკოპულობა 9.2%-ა, ხოლო II-ე წერტილში თანაკვეთა ხდება, როდესაც მაქსიმალური მოლეკულური წყალტევადობა - 18,0%.

მორფოლოგიური აღწერილობა	შრე (სმ)	კუთრი მასა (გ/სმ ³)	მოცულობითი მასა (მ/სმ ³)		ფორიანობა %	პლასტიკურობა			მექანიკური კუთრი სიმტკიცე (კგ/სმ ²)
			ტენიანი	მშრალი		გაგლინ ვით %	დენადობის %	რიცხვი	
თიხნარ ყვითელ-ყავისფერი შეფერილობის კომპოვან-მარცვლოვანი კირის ჩართულობით აღუღებაზე HCl –გან საშუალო სტრუქტურა აგრეგატული მინერალურ შემადგენლობა კაოლინიტურ-ბეიდელიტური ყველაზე მდგრადი აგრეგატების ზომა 1-2 მმ ფორიანობებს შორის ძირითადად განაპირობებს აგრეგატებს შორის მანძილი. წვრილ აგრეგატებში ფორიანობაზე უმნიშვნელოა 0-20 სმ სისქის ზედა შრე, შეიცავს 10.0-12.0 % ჰუმუსს.	0-15	2.65	1.56	1.35	49.0	20.0	40.0	20.0	5.4
	15-30	2.69	1.60	1.40	48.0	20.0	40.0	20.0	6.2
	30-45	2.69	1.66	1.45	46.1	19.0	38.0	19.0	6.4
	45-60	2.69	1.70	1.50	44.2	18.0	38.0	20.0	6.2

ცხრილი №1. ნიადაგის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები

ცხრილი №2. წყლის ორთქლის ადსორბციულ-დესორბციის მსვლელობა
(საშუალო მონაცემები)

P/P_k	ადსორბცია	დესორბცია
0.1	4.3	3.5
0.2	5.2	4.8
0.3	7.6	5.9
0.4	8.2	7.2
0.5	9.5	8.4
0.6	10.4	10.0
0.7	13.6	12.2
0.8	16.3	13.6
0.9	17.2	16.1
1.0	17.6	17.6



ნახაზი 1. წყლის ორთქლის ადსორბცია-დესორბციის იზოთერმა

დესორბციის შემთხვევაში ნიადაგში წყლის ორთქლის საანგარიშო ხარისხობრივ ემპირიულ დამოკიდებულებას შემდეგი სახე აქვს:

$$W = 24.105 \left(\frac{P}{P_k}\right)^{-0.66};$$

$$R^2 = 0.833.$$
(1)

$\frac{P}{P_k}$ არის ორთქლის ფარდობითი წნევა.

ხოლო ადსორბციის შემთხვევაში, კი:

$$W = 24.599 \left(\frac{P}{P_k}\right)^{-0.601};$$

$$R^2 = 0.7926$$
(2)

გრუნტების საინჟინრო-მელიორაციული შეფასების მეთოდიკიდან გამომდინარე ნიადაგების ბუნებრივი თვისებები ვერ უზრუნველყოფენ მცენარისათვის საჭირო ოპტიმალურ წყალ-ჰაეროვან რეჟიმს, რის გამოც მცენარეები განიცდიან ან ჰაერის უკმარისობას ჭარბი ტენიანობის დროს (მძიმე ნიადაგები), ანდა ჰაერის სიჭარბეს პროდუქტიული წყლის უკმარისობისას.

მცენარეთა მიერ წყლის მოხმარების შესაძლებლობას განაპირობებს ორი ძირითადი ფაქტორი: თვითონ მცენარის უნარი შეითვისოს ნიადაგ-გრუნტში არსებული წყალი და ნიადაგ-გრუნტის უნარი გასცეს მცენარისათვის საჭირო წყალი.

ამ საკითხების გარკვევის და დაზუსტების გარეშე შეუძლებელია ოპტიმალური წყალ-ჰაერის რეჟიმის დადგენა და საჭირო მახასიათებლების რეალური რაოდენობრივი მაჩვენებლების განსაზღვრა.

ნიადაგ-გრუნტის შეფასებისათვის საჭიროა ვიცოდეთ სამი ძირითადი მახასიათებელი: A - ჰაერის შემცველობა; $W_{არაპრ.}$ - მცენარეთათვის მიუწვდომელი (არაპროდუქტიული) წყლის შემცველობა, რომელიც ერთდროულად წარმოადგენს იმ ქვედა ზღვარს, რომლის რაოდენობის მიუხედავად, ნიადაგ-გრუნტებში არ არის მცენარეთათვის მისაწვდომი (პროდუქტიული) წყალი; $W_{პროდ.}$ - მცენარეთათვის მისაწვდომი (პროდუქტიული) წყლის შემცველობა;

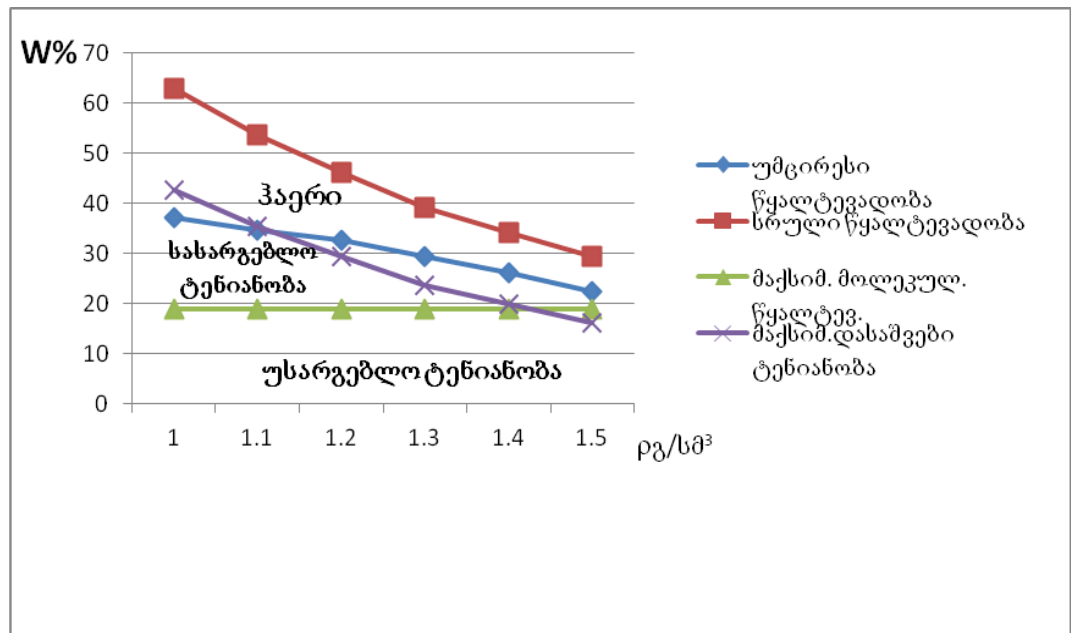
ცხრილი №3. ნიადაგის შემცველი წყლის ჰიდროფიზიკური მახასიათებლები

შრე (სმ)	ფორიანობა %	სრული წყალტევადობა %	უმცირესი წყალტევადობა %	მაქსიმალური მოლეკულური ჰიგროსკოპულობა %	მაქსიმალური მოლეკულური წყალტევადობა %	გაჯირჯევა %	წყალმედვეობა %	ფილტრაციის კოეფიციენტი A
0 - 15	49.0	36.3	30.5	9.2	18.0	4.9	8.0	$3 \cdot 10^{-4}$
15 - 30	48.0	34.3	28.6	9.0	18.0	5.9	4.0	$6 \cdot 10^{-4}$
31 - 45	46.1	31.8	27.2	8.1	17.0	5.4	0.0	$8 \cdot 10^{-4}$
45 - 60	44.2	29.5	27.0	8.0	16.0	5.4	0.0	$2 \cdot 10^{-4}$

ცხრილი №4. ნიადაგის წყალ-ჰაეროვანი რეჟიმი სხვადასხვა მოცულობითი მასების დროს

კუთრი მასა φ გ/სმ ³	მოცულობითი მასა ρ გ/სმ ³	ფორიანობა $n = \frac{\varphi - \beta}{\varphi} \%$	სრული წყალტევადობა $W_{სრ} = \frac{n}{\rho} \%$	უმცირესი წყალტევადობა $W_{უმც.} \%$	მაქსიმალური მოლკულური წყალტევადობა $W_{მმწ.} \%$	ჰაერის მინიმალური დასაშვები ტენიანობა $W_A = \frac{20}{\rho} \%$	მაქსიმალურად დასაშვები ტენიანობა %	სასარგებლო წყლის შემცველობა $W_{სარგ} = W_{მმწ} - W_{მმწ} \%$
2.69	1.5	44.2	29.5	22.4	19.0	13.3	16.2	-2.8
2.69	1.4	48.0	34.3	26.1	19.0	14.3	20.0	1.0
2.69	1.3	51.0	39.2	29.5	19.0	15.4	23.8	4.8
2.69	1.2	55.4	46.2	32.6	19.0	16.7	29.5	10.5
2.69	1.1	59.1	53.7	34.8	19.0	18.2	35.5	16.5
2.69	1.0	62.8	62.8	37.2	19.0	20.0	42.8	23.8

ცხრილი №3-ში მოცემულია „ლომთაგორას“ საკვლევი ტერიტორიის ნიადაგ-გრუნტების „ნიადაგის შემცველი წყლის ჰიდროფიზიკური მახასიათებლები“, ცხრილი №4-ში, ნიადაგის წყალჰაეროვანი რეჟიმი სხვადასხვა მოცულობითი მასების დროს“, რის საფუძველზეც აგებულ იქნა გრაფიკი (იხ. ნახაზი №2) - „ნიადაგში შესაძლებელი წყალ-ჰაერის შემცველობის დიაგრამა სხვადასხვა მოცულობითი მასების დროს“.



ნახაზი №2. ნიადაგში შესაძლებელი წყალ-ჰაერის შემცველობის დიაგრამა სხვადასხვა მოცულობითი მასების დროს

კვლევების შედეგებმა აჩვენა, რომ მაქსიმალური მოლეკულური წყალტევადობა (ანუ ჰუნობის ტენიანობა) $w_{ჰუნ.} = 19\%$.

მცენარეთათვის ხელსაყრელი წყალ-ჰაეროვანი რეჟიმი შენარჩუნებულია მოცულობითი მასების 1.0%-დან 1,4 გ/სმ³- მდე და უმცირესი წყალტევადობისა - 37,2%-დან 26,1-მდე ფარგლებში.

ამრიგად, საკვლევი ფართობების ნიადაგ-გრუნტები, როდესაც მოცულობითი მასა $\rho = 1.2 - 1,3$ გ/სმ³ ფარგლებშია, მცენარე

უზრუნველყოფილი იქნება წყლისა და ჰაერის შემცველობის ოპტიმალური რეჟიმით.

ექსპერიმენტული მონაცემებით განსაზღვრულია წყალმოთხოვნილების კოეფიციენტის მნიშვნელობა, რომელიც პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით საკმაოდ დიდი სიზუსტით ხასიათდება. მათემატიკური დამუშავების შედეგად მიღებულია, რომ K კოეფიციენტი დამოკიდებულია ნიადაგის H აქტიურ ფენაზე (იხ. ცხრილი №5).

ცხრილი №5. წყალმოთხოვნილების კოეფიციენტის K -ს მნიშვნელობები ნიადაგის აქტიური ფენის სიღრმისა და ჰაერის ტენიანობის დეფიციტის მიხედვით

ექსპერიმენტული მონაცემები საანგარიშო ფორმულის მიხედვით							
$\begin{matrix} D\theta\theta \\ H\theta\theta \end{matrix}$	6,07	10	15	$\begin{matrix} D\theta\theta \\ H\theta\theta \end{matrix}$	6,07	10	15
0,5	0,60	0,43	0,32	0,5	0,60	0,43	0,32
0,6	0,60	0,50	0,37	0,6	0,60	0,504	0,363
0,7	0,60	0,57	0,42	0,7	0,60	0,579	0,417

როგორც ზემოთ წარმოდგენილი ცხრილიდან ირკვევა, K კოეფიციენტის ფაქტობრივი და ფორმულით განსაზღვრული მნიშვნელობები ურთიერთ თანხვედრაშია. თუ ფორმულაში შევიტანთ მნიშვნელობებს, მივიღებთ ფორმულას, როდესაც $H = 0.6$ მ.

$$K_2 = K_2 D \left[0.6 \left(\frac{D}{6.7} \right)^{-0.807} \right] \left(\frac{H_2}{0.6} \right)^{1.04} .$$

წყალმოთხოვნილება, ცხადია, გამოისახება ფორმულით:

$$E = K_2 D \left[0.6 \left(\frac{D}{6.7} \right)^{-0.807} \right] \left(\frac{H_2}{0.6} \right)^{1.04} .$$

$$D = 2.76^{0.193} \left(\frac{H_2}{0.6} \right)^{1.04} .$$

ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევის მიზანს შეადგენდა აგრეთვე ამ ფორმულის ექსპერიმენტული შემოწმება და შემდგომი განზოგადება ჩვენი კვლევის ობიექტის ნიადაგის ზღვრული ტენტევადობის 60%-ის, 70% და 80%-ის დროს. ყოველ 5-10 დღეში ერთხელ ტენსაზომით ვზომავდით ნიადაგის ტენიანობას.

ამ პერიოდისათვის ვიღებდით ატმოსფერული ნალექების, ჰაერის და ნიადაგის ტემპერატურის, ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის მონაცემებს, რის საფუძველზეც ვსაზღვრავდით აორთქლებული წყლის რაოდენობას და ვადგენდით მორწყვის თარიღებს. ჩვენი ცდის პირობებში მოვახდინეთ რწყვის ვადების კორექტირება დეკადების მიხედვით, ჰაერის ტემპერატურისა და მოსული ნალექების სათანადო შეფასებითა და გათვალისწინებით (იხ. ცხრილი №6). პომიდვრის ფაქტობრივი წყალმოთხოვნილება განისაზღვრება სხვადასხვა რწყვის რეჟიმის პირობებში საბალანსო გაანგარიშების საფუძველზე.

ცდიდან ჩანს, რომ რაც უფრო მეტია ნიადაგის ტენიანობა, მით მაქსიმალურია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობა. ნიადაგის ზღვრული ტენტევადობის 75-80%-ს დროს 2015 წელს მაქსიმალურმა მოსავალმა შეადგინა 50 ტ/ჰა-ზე, ხოლო 2016 წელს - 48ტ/ჰა-ზე.

ევაპოტრანსპირაციის გამოსათვლელად გამოვიყენეთ FAO-ს მიერ რეკომენდებული და მსოფლიო პრაქტიკაში აღიარებული კომპიუტერული პროგრამა AquaCrops-ი, რომლის მეშვეობით კონკრეტული ნიადაგური და კლიმატური მონაცემების საფუძველზე განვსაზღვრეთ მცენარის წყალმოთხოვნილება.

ცხრილი №6. რწყვის ვადები მორწყვის სხვადასხვა რეჟიმის პირობებში

წლები	რწყვის ვარიანტები	თესვის წინა რწყვა	სავეგეტაციო რწყვები							
			3-4 ფოთლის ფაზაში (ჩითილის გადარგვა)	8-10 ფოთლის ფაზა	12-14 ფოთლის ფაზა	ყვევილობა	ნაყოფის გამონასკვა	საშუალო სიმწიფე	სრული სიმწიფე	მოსავლიანობა ტ/ჰ
2015	55-60%	15/III	5-10/IV	10-15/V	25-30/V	15-25/VI	5-15/VII	5-10/VIII	20 -30/VI11	30
	65-70%	15/III	5-10/IV	10-15/V	25/V-5/VI	20-30/VI	10-20/VII	25/VII-5/VIII	20 -30/VI11	35
	75-80%	15/III	5-10/IV	10-15/V	20-25/V	10-20/VI	25-30/VI	20-30/VII	15 -25/VI11	50
2016	55-60%	-	5-10/IV	10-15/V	20-25/V	10-25/VI	5-20/VII	5-10/VIII	-	25
	65-70%	-	5-10/IV	10-15/V	15-25/V	20-30/VI	10-20/VII	5-10/VIII	-	30
	75-80%	-	5-10/IV	20-25/IV	5-15/V	15-30/VI	10-20/VII	5-15/VIII	-	48

მესამე თავში: „რწყვის რეჟიმის პარამეტრების თეორიული კვლევა ირიგაციული ეროზიის განმაპირობებელი ფაქტორების გათვალისწინებით“ განხილულია ნიადაგ-გრუნტების წყლოვანი მახასიათებლების თეორიული კვლევა და მათი გავლენა ირიგაციულ ეროზიასა და რწყვის რეჟიმზე. აგრეთვე, მოცემულია ნიადაგ-გრუნტების წყლისმიერი ეროზიის რაოდენობრივი პროგნოზირება და დასაშვებ სიჩქარეთა განსაზღვრა

როგორც ცნობილია, ნიადაგ-გრუნტების წყლისმიერი ეროზიული პროცესების ინტენსიფიკაციაში ერთ-ერთი ძირითადია ფილტრაციული თვისებების გამომხატველი პარამეტრი ფილტრაციის კოეფიციენტის სახით, ამიტომ აუცილებლობას წარმოადგენს მისი რაოდენობრივი შესწავლა ცალკეული განმსაზღვრელი კომპონენტის მიხედვით. ერთ-ერთ ასეთ მაჩვენებლად შეიძლება ჩაითვალოს დაწნევის გრადიენტი, როგორც ფილტრაციული პროცესის კანონზომიერების რაოდენობრივი განმსაზღვრელი.

ნიადაგ-გრუნტის წყლისმიერი ირიგაციული ეროზიის გამორიცხვის აუცილებელი პირობა მოითხოვს ზოგიერთი პარამეტრის დაზუსტების საფუძველზე საანგარიშო მოდელის კორექტირებას.

წყლის ჩამონადენის ბალანსის განტოლებაში ცხადი სახით არ მონაწილეობს ფილტრაციული დაწნევის გრადიენტი, რომლის მნიშვნელობაც თეორიულად იცვლება უსასრულობიდან ერთამდე. თუ გავითვალისწინებთ გრადიენტის ცვალებადობას რაღაც ხაზოვანი ფუნქციის სახით $I = 1 + a_0z$, მაშინ გარბენის მანძილი x განისაზღვრება ფორმულით:

$$x = \frac{q}{\beta K_0} t^{\alpha r}$$

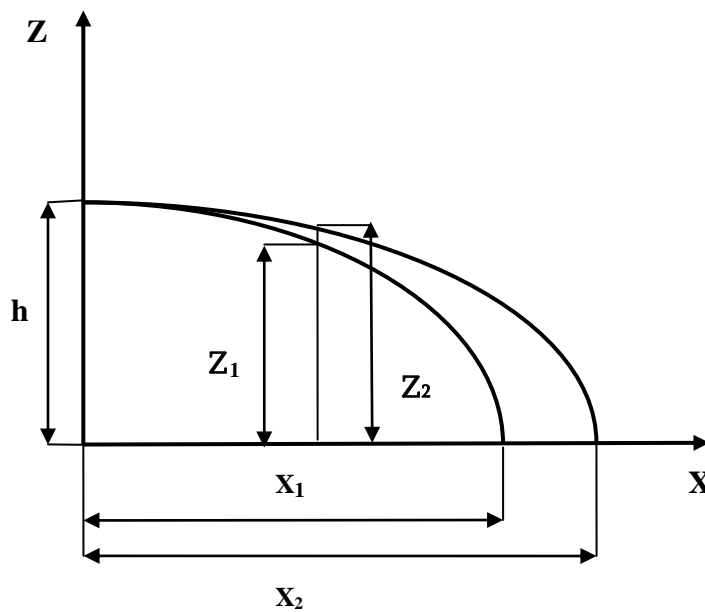
ეს დამოკიდებულება განსხვავდება არსებული დამოკიდებულებისაგან r პარამეტრით, რომელიც თავის მხრივ წარმოადგენს z -ის ფუნქციას და ითვალისწინებს ფილტრაციული დაწნევის გრადიენტის ცვალებადობას ჩაჟონვის სიღრმის მიხედვით.

ცხადია, ზედაპირული მორწყვის სხვა ელემენტები, გამოთვლილი ჩვენს მიერ მიღებული ახალი საანგარიშო დამოკიდებულების გამოყენებით, დაექვემდებარება სათანადო კორექტირებას.

ზედაპირული ჩამონადენის სიღრმე გამოითვლება ფორმულით:

$$z = h \sqrt{1 - \frac{\beta K_0}{qt^\alpha} x} \quad (3)$$

ამ გამოსახულებიდან ჩანს, რომ t -ს ზრდასთან ერთად ნაკადის სიღრმე ფიქსირებულ კვეთში თანდათან იზრდება და უახლოვდება h სიღრმეს, რაც სქემატურად ილუსტრირებულია ნახაზ 3-ზე მოყვანილი ედაპირული ნაკადის სიღრმის ცვალებადობის მრუდებით.



ნახაზი 3. ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის ცვალებადობის მრუდი

$$z = f(x); x = \varphi(t)$$

გადაგდებული წყლის ხვედრითი ხარჯი დროის t მომენტისათვის გამოითვლება:

$$q_x = q \cdot \left(1 - \frac{\beta K_0}{qt^\alpha}\right). \quad (4)$$

გადაგდებული ხარჯის ხვედრითი წილი, იქნება მით უფრო მეტი, რაც მეტია სათავეში ხარჯი, ნაკლებია ზოლის სიგრძე და დაბალია ნიადაგის წყალშთანთქმის უნარიანობა. აგრეთვე, ტრანზიტული ხარჯის ხვედრითი წილი იზრდება მორწყვის ხანგრძლივობის პროპორციულად. სარწყავი ზოლის მთელ სიგრძეზე ტენიანობის განაწილება დამოკიდებულია რწყვის პერიოდის ხანგრძლივობაზე. დროის t მონაკვეთში ხდება ზედაპირული ჩამონადენის ფორმირება ზოლის ბოლოში, რომელიც იცვლება ხარჯის ნულოვანი მნიშვნელობიდან მის გარკვეულ სიდიდემდე, რომელიც ისევ ეცემა ნულამდე. წყლის საერთო რაოდენობა, რომელიც ჩამოედინება ზოლის ბოლოში, შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი დამოკიდებულების საფუძველზე:

$$W = qt = \frac{mx}{1-\sigma}, \quad (5)$$

სადაც m არის მორწყვის ნორმა;

σ - წყლის ჩამოდინებული და მიწოდებული რაოდენობის ფარდობა;

ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, მიღებული დამოკიდებულების გარდაქმნით მორწყვის ნორმის საანგარიშო დამოკიდებულება მიიღებს სახეს:

$$m = \frac{W(1-\sigma)}{x} (\text{მ}^3). \quad (6)$$

როგორც მიღებული დამოკიდებულებიდან ჩანს მორწყვის ნორმა მიწოდებული წყლის მოცულობის პირდაპირპროპორციულია და დამოკიდებულია ნაკადის გარბენის სიგრძეზე, ანუ სარწყავი კვლის ზოლის სიგრძეზე და ნიადაგ-გრუნტის ფიზიკურ-მექანიკურ შემადგენლობაზე.

ნიადაგის თანაბარი გატენიანების ზონის გაზრდისათვის დასაშვებია მორწყვა ზოლის ბოლოში ჩამონადენის ფორმირებით. მორწყვის ნორმა გადაგდების გარეშე უფრო ნაკლებია, რაც უფრო ნაკლებია მორწყვის დრო და ზოლის სიგრძე, აგრეთვე, რაც უფრო მეტია ხვედრითი ხარჯი. ამის გამო მცირე ნორმებით მორწყვის შემთხვევაში, საჭიროა წყლის ნაკადის

ხვედრითი ხარჯის გაზრდა, რათა შემცირებულ იქნას რწყვის ხანგრძლივობა. მაგრამ ხვედრითი ხარჯის გაზრდა გარკვეული კრიტიკული მნიშვნელობების ზევით იწვევს ნიადაგის სტრუქტურის რღვევას, რასაც თან სდევს ნიადაგის წყალშთანთქმის დაქვეითება და ირიგაციული ეროზიის გაზრდა.

სარწყავი ნაკადის ხარჯი ზოლებად მორწყვის შემთხვევაში გაურეცხვადობის პირობის გათვალისწინებით შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი დამოკიდებულების მიხედვით:

$$Q = bq = bah^2 = \frac{\beta K_0 bx}{t^\alpha} = \frac{bV_{\text{ღ}}^2}{a}, \quad (7)$$

სადაც: b არის სარწყავი ზოლის სიგანე;

$V_{\text{ღ}}$ - დასაშვები (არაგამრეცხი) სიჩქარე, რომელიც იანგარიშება არსებული კორექტირებული ან ჩვენს მიერ შემოთავაზებული დამოკიდებულებით.

არსებული რეკომენდაციებით ნიადაგ-გრუნტების ირიგაციული ეროზიისაგან დაცვის მიზნით ზედაპირული ნაკადის სიჩქარის დანიშვნა 0,1-0,2 მ/წმ დიაპაზონში მოკლებულია ყოველგვარ დამაჯერებლობას და ამიტომ საჭიროა მისი რაოდენობრივი განსაზღვრა იმ საანგარიშო დამოკიდებულებების მიხედვით, რომლებიც ითვალისწინებენ ნიადაგ-გრუნტების არა მარტო ფიზიკურ-ქიმიურ, არამედ თვისებათა ფართო კომპლექსის ამსახველ მახასიათებლებს და ამასთანავე ეფუძნებიან წყლისმიერი ეროზიის ფიზიკური პროცესის ყველაზე მისაღებ, თეორიულად დასაბუთებულ საანგარიშო მოდელს.

ზედაპირული ჩამონადენის პარამეტრებიდან, რომლის ფორმირებაშიც მონაწილეობს ხმელეთის ჰიდროლოგიის ციკლის თითქმის ყველა პროცესი, ირიგაციული ეროზიის ამოცანების გადაწყვეტისას ყველაზე დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სიჩქარეს. ეს გასაგებიცაა, რადგან სიჩქარე განსაზღვრავს ნიადაგ-გრუნტის ნაწილაკზე ნაკადის დინამიკურ

ძალურ ზემოქმედებას და, ამასთანავე, თვით ნაკადის ტრანსპორტუნარიანობას.

ჰიდრომელიორაციის პრაქტიკაში საკმაოდ გავრცელებულია ნაკადის საშუალო სიჩქარის განსაზღვრა შეზის ტიპის დამოკიდებულებით, რომელიც გამოხატავს თანაბარ ძრაობას და გულისხმობს ნაკადის თავისუფალი ზედაპირის ქანობს წერტილში. საშუალო სიჩქარე წყალგამყოფიდან x მანძილით დაშორებულ კვეთში გამოიხატება შემდეგნაირად:

$$V_x = mc\sqrt{zi}, \quad (8)$$

სადაც: m არის კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ფერდობზე ნაკადის გადახრას თანაბარი ძრაობის ჰიდრავლიკური რეჟიმისაგან;

c - სიჩქარის კოეფიციენტი;

i - ფსკერის ქანობი.

თუ სიჩქარის კოეფიციენტს c -ს მივიღებთ მანინგის მიხედვით, მაშინ ხარჯი x კვეთში იქნება:

$$q = \frac{z^{1,67}\sqrt{im}}{n_0}. \quad (9)$$

არსებული რეკომენდაციების თანახმად, ირიგაციული ეროზიისაგან დაცვის მიზნით, ზედაპირული ნაკადის სიჩქარის სიდიდე შეიძლება განისაზღვროს იმ საანგარიშო დამოკიდებულებების გამოყენებით, რომელიც ითვალისწინებს ნიადაგ-გრუნტების ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებათა ფართო კომპლექსს და, ამასთანავე, ეფუძნებიან გარეცხვის ფიზიკური პროცესების ყველაზე სრულყოფილ, თეორიულად დასაბუთებულ საანგარიშო მოდელს. წყლისმიერი ეროზიის რაოდენობრივი პროგნოზი უშუალოდ უკავშირდება დასაშვები სიჩქარის განსაზღვრას. სხვადასხვა ავტორთა მიერ შემოთავაზებული დასაშვები

(არაგამრეცხი) სიჩქარის საანგარიშო დამოკიდებულებანი შეიძლება გამოხატულ იქნას ერთიანი, მოდიფიცირებული, საერთო სტრუქტურის მქონე შემდეგი სახის ფორმულით:

$$V_{\varnothing}^I = A\sqrt{(\gamma_1 - \gamma_0)d}, \quad (I)$$

რომლის ადაპტაციაც ნიადაგ-გრუნტების სპეციფიკური თვისებების გათვალისწინებით შეიძლება გამოხატოთ შემდეგი სახის კორექტირებული დამოკიდებულებით:

$$V_{\varnothing}^{II} = A\sqrt{(\gamma_1 - \gamma_0)(1 - n)d}. \quad (II)$$

(I) და (II) ფორმულის თანაფარდობა \mathfrak{a} შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$\mathfrak{a} = \frac{V_{\varnothing}^I}{V_{\varnothing}^{II}} = \frac{A\sqrt{(\gamma_1 - \gamma_0)d}}{A\sqrt{(\gamma_1 - \gamma_0)(1 - n)d}} = \sqrt{\frac{1}{1 - n}}. \quad (III)$$

ცხადია, (II) ფორმულით გამოთვლილი დასაშვები სიჩქარე შეგვიძლია შევცვალოთ მხოლოდ დიამეტრით და გამოვიყენოთ (I) ფორმულა, ე.ი. ის განვსაზღვროთ ახალი დიამეტრის ჩასმით, რომელიც რიცხვობრივად ტოლი იქნება $(1 - n)d$. ამის მიხედვით ირიგაციული ეროზიის პროგნოზი სფერული ნაწილაკებისათვის, შესაბამისი დამოკიდებულებების გამოყენებით გვაძლევს:

$$\frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^3 = \left(\sqrt{\frac{1}{1 - n}}\right)^6 = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^6 = \mathfrak{a}^6. \quad (IV)$$

მეტი თვალსაჩინოებისათვის, ჩავატაროთ გაანგარიშება კონკრეტულ მაგალითზე, როცა $n = 0,3$:

$$\mathfrak{a} = \sqrt{\frac{1}{1 - n}} = \sqrt{\frac{1}{0,7}} = 1,2.$$

(IV)-ს მიხედვით:

$$\frac{E_1}{E_2} = \left(\frac{V_{\varnothing 1}}{V_{\varnothing 2}}\right)^6 = \mathfrak{a}^6 = 1,2^6 \approx 3,0.$$

საბოლოოდ, მივიღებთ, რომ, როცა $n = 0,3$, დასაშვებ სიჩქარეთა შორის განსხვავება, გაანგარიშებული არსებული ნორმატიული და ჩვენს მიერ შემოთავაზებული კორექტირებული ფორმულის გამოყენებით შეადგენს 20%-ს.

აქედან გამომდინარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ აუცილებელია ნიადაგ-გრუნტების წყლისმიერი ეროზიის რაოდენობრივი პროგნოზისათვის დასაშვებ სიჩქარეთა კორექტირებული დამოკიდებულების გამოყენება. ეს დამოკიდებულება ითვალისწინებს ზოგიერთ სპეციფიკას, რომელიც განპირობებულია ნიადაგ-გრუნტებში მიმდინარე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების ფართო სპექტრით და უზრუნველყოფს ირიგაციული ეროზიის პროგნოზის მაღალ საიმედოობას.

ზოგადი დასკვნები

ნაშრომში წარმოდგენილი თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების ანალიზის საფუძველზე მიღებულია:

- ნიადაგში წყლის ორთქლის ადსორბცია-დესორბციის გათვალისწინებით მიღებულია ნიადაგში წყლის ორთქლის საანგარიშო ხარისხობრივი ემპირიული დამოკიდებულებები;
- ექსპერიმენტული მონაცემებით განსაზღვრულ იქნა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წყალმოთხოვნილების კოეფიციენტის მნიშვნელობა. ჩატარებული კვლევის შედეგად განხორციელდა მიღებული წყალმოთხოვნილების ფორმულის ექსპერიმენტული შემოწმება და შემდგომი განზოგადება ნიადაგების რწყვის სხვადასხვა რეჟიმის პირობებში, ნიადაგის ზღვრული ტენტევადობის 60%-ის, 70% და 80%-ის ვარიანტების დროს;
- ცდის პირობებში განსაზღვრულია რწყვის ვადების კორექტირება დეკადების მიხედვით, ჰაერის ტემპერატურის, ნიადაგ-გრუნტებში

საჭირო ჰაერის და წყლის შემცველობის, მოსული ნალექების სათანადო შეფასებითა და გათვალისწინებით;

- სურსათისა და სოფლის მეურნეობის საერთაშორისო ორგანიზაციის (FAO)-ს მიერ რეკომენდებული კომპიუტერული პროგრამა AquaCrops-ის მეშვეობით განხორციელდა კლიმატური მონაცემების დამუშავება და ევაპორანსპირაციის გაანგარიშება, საცდელი პოლიგონის ნიადაგების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლებისა და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წყალმოთხოვნილების გათვალისწინებით;
- ნიადაგ-გრუნტის ფიზიკურ-მექანიკური შემადგენლობის, ნაკადის გარბენის სიგრძისა და მიწოდებული წყლის მოცულობის გათვალისწინებით მიღებულია რწყვის ნორმის საანგარიშო დამოკიდებულება;
- დასაბუთებულია დაწნევის გრადიენტის გათვალისწინების აუცილებლობა წყლის ნაკადის გარბენის სიგრძის განსაზღვრისას;
- ზედაპირული ჩამონადენის ბალანსის განტოლებაში შესაბამისი დაშვებების გათვალისწინებითა და მათემატიკური გარდაქმნებით მიღებულია ფილტრაციის საანგარიშო დამოკიდებულება, რომელიც ითვალისწინებს ფილტრაციული დაწნევის გრადიენტის ცვალებადობას ჩაჟონვის სიღრმის მიხედვით;
- ნიადაგ-გრუნტების სპეციფიკური თვისებების გათვალისწინებით მიღებულია სარწყავი წყლის დასაშვებ სიჩქარეთა საანგარიშო კორექტირებული დამოკიდებულება, რაც უზრუნველყოფს ირიგაციული ეროზიის პროგნოზის მაღალ საიმედოობას.

ნაშრომის აპრობაცია. სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენებული იყო სტუ-ს 2016 წლის სტუდენტთა 84-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე; 2016 წელს - საფრანგეთში - პარიზი - World Academy of Science, Engineering and Technology, Conference.

გამოქვეყნებული ნაშრომების სია:

1. Kruashvili, I. Inashvili, K. Bziava, M. Lomishvili - „Impact of surface irrigation on the intensity of irrigation erosion“, International Journal of Sciences: Basic and Applied Research, ISSN 2307-4531, Vol 35, No 1, (2017), pp 101-108;
2. Kruashvili, I. Inashvili, K. Bziava, M. Lomishvili - „Determination of Optimal Irrigation Mode Considering Soil and Climate Properties of Lomtgora Settlement of Marneuli Municipality, Lower Kartli“, International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (2017), Volume 33, No 2, pp 166-175;
3. Kruashvili, I. Inashvili, K. Bziava, M. Lomishvili - „Soil Moisture Regulation in Irrigated Agriculture“, International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering Vol:10, No:12, (2016), pp791-794;
4. Kruashvili, I. Inashvili, K. Bziava, M. Lomishvili - „Determination of optimal irrigation rates of agricultural crops under consideration of soil properties and climatic conditions“, Annals of Agrarian Science Volume 14, Issue 3, September 2016, Pages 217-221.

Conclusions

Based on the analysis of the theoretical and experimental studies presented in the given paper, the following conclusions have been obtained:

- Taking into account the adsorption and desorption of water vapor in the soil, empirical formulas for determination of water vapor in soil was received;
- Using the experimental data, the value of crop water requirement coefficient was determined;

- On the basis of the conducted reseraches, an experimental verification of the water requirement and its further adherence under different conditions of soil irrigation modes and during different options of maximum moisture capacity of soil (60%, 70% and 80%), where carried out.
- Under the conditions of the conducted experiments the adjustments of irrigation dates according decades, taking into account the corresponding estimation of air temperature, atmospheric precipitation and necessary air and water content in the soil, where determined;
- By means of software “AquaCrops”, proposed by the Food and Agriculture Organization (FAO) and taking into consideration the physical and mechanical properties of soil and crop water requirement of the experimental plot, the processing of climatic data and computation of evapotranspiration were carried out;
- Taking into consideration the physical and mechanical properties of the soil, the length of the free flow path and the volume of water supplied, a formula was obtained for computing the irrigation rate;
- It has been justified, tha in order to determine the mean free pass of flow, it is necessary to take into account the pressure gradient;
- Taking into account the corresponding assumptions and mathematical transformations in the formula for computing the balance of surface runoff, we have obtained the formula for determination of seepage, which considers the varries of the seepage pressure gradient and infiltration depth;
- Taking into consideration the specific properties of the soil, the corrected formula for computing the permissible irrigation water velocity was obtained, which will allo us to predict the irrigation erosion with high reliability.