

ლელა გვასალია

ბუნებრივი ცვლითის – ლომონტიტის გამოყენებით ეკოლოგიური მდგომარეობის გაუმჯობესების შესაძლებლობა კოლხეთის დაბლობის ნიადაგებში

სპეციალობა: 06.01.15. აგროეკოლოგია

დ ი ს ე რ ტ ა ც ი ა

წარმოდგენილი სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად

მეცნიერ-კონსულტანტი: **თეიმურაზ ანრონიკაშვილი**

საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსი, ქიმიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი

ხელმძღვანელი: **მერაბ ქარღავა**

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის პ.მელიქიშვილის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტის წამყვანი მეცნიერ თანამშრომელი, სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი

თბილისი

2006 წ.

შ ე ს ა ვ ა ლ ი	6
ა) ჩატარებული სამუშაოს საერთო დახასიათება;	7
ბ) საკვლევი პრობლემის აქტუალობა;	9
გ) ს/კ მუშაობის მიზანი და ამოცანები	10
დ) ჩატარებული ს/კ სამუშაოს მეცნიერული სიახლე და პრაქტიკული ღირებულება;	10
ე) ჩატარებული ს/კ სამუშაოს აპრობაცია და დანერგვა: I – სამუშაოს აპრობაცია; II – პუბლიკაცია; III – დანერგვა; IV – ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა.	12

ლ ი ტ ე რ ა ტ უ რ უ ლ ი მ ი მ ო ხ ი ლ ვ ა

თავი I. თამანდროვე ეკოლოგიის პრობლემები მიწათმოქმედებაში და ბუნებრივი ცეოლითებით მათი რეგულირების პერსპექტივები.	14
თავი II. ექსპერიმენტის ჩატარების ზონის აბროკლიმატური დახასიათება.	33
II.1. კოლხეთის დაბლობის მოკლე აბროკლიმატური დახასიათებლები.	33
II.2. ზონის ნიადაგები.	37
II.3. საცდელი ნაკვეთის ნიადაგის აბროკლიმატური დახასიათება.	39
თავი III. ცდაში მონაწილე მასალების დახასიათება და გამოყენების პრინციპები.	42
III.1. ბუნებრივი ცეოლითების ზოგადი დახასიათება.	43
ა) ბუნებრივი ცეოლითი – ლომონტიტი;	44
ბ) ნტკილი (мергель);	46
გ) ახალი ნაკელი.	47

ე ქ ს ე რ ი მ ე ნ ტ უ ლ ი ნ ა წ ი ლ ი

თავი IV ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის გავლენით ნიადაგის დარღვეული ეკოლოგიური წონასწორობის აღდგენის პერსპექტივები.	50
IV.1. ნიადაგის სახნავი ფენის გამკვრივებით გამოწვეული ეკოლოგიური დარღვევების რეგულაცია ბუნებრივი	

ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის გამოყენებით.	52
IV.2. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის გავლენა კოლხეთის დაბლობის თიხა ნიადაგების სავრთო ფორიანობაზე.	55
IV.3. ნიადაგის, როგორც ჰიდროლოგიური პროცესების რეგულატორის და ბუნებრივი აქტივობის ბაქტერიკობა ლომონტიტის და ნტკილის გამოყენებით.	58
IV.4. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის გავლენა საცდელი ნიადაგის ელემენტარულ მიწარაღურ შედგენილობაზე ბაქტერიკობის ხარისხზე.	64
IV.5. ნიადაგის მქავეიანობის გამომწვევი მიზეზები და მისი ნეიტრალიზაციის შესაძლებლობა ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის გამოყენებით.	68
IV.6. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის გავლენა საცდელი ნიადაგის ფთანთქმით ტევაღობაზე.	77
IV.7. ორბანული სასუქებით ბარემოს დაბინძურების აღკვეთა ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის გამოყენებით.	80
IV.7.1. ორგანულ-ცეოლითური სასუქი – „ცეონაკი“.	87
IV.7.2. ცეონაკის დამზადების ტექნოლოგია საოჯახო პირობებში.	89
IV.8. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის გამოყენებით ნიადაგში მძიმე მეტალებით და კესტიციდებით გამომწვეული აბროეკოლოგიური დაზღვევის განეიტრალების შესაძლებლობა.	90
IV.9. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის გავლენა ნიადაგის მიკრობული კეიზაქის ფორმირებაზე და ამიაკური და ნიტრატული აზოტის დაბროვებაზე.	97
IV.9.1. ბუნებრივი ცეოლითით – ლომონტიტით და ნტკილით ნიადაგის მიკრობული ასოციაციის რეგულირების შესაძლებლობა დასავლეთ საქართველოს ჭარბტენიან სუბტროპიკულ ზონაში.	98
თავი V. მინდვრის კულტურების სიმინდის და სოიას სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა, ბიოლოგია, აბროტექნიკა,	

ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის გამოყენებით მათგან ეკოლოგიურად ჯანსაღი და მაღალი მოსავლის მიღების შესაძლებლობა.	107
V.1. სიმინდის სამეურნეო მნიშვნელობა, გამოყენების არეალი, ბიოლოგია და აბროტიმნიკა.	107
V.2. სოიას სამეურნეო მნიშვნელობა, გამოყენების არეალი, ბიოლოგია და აბროტიმნიკა.	114
V.3. სიმინდისა და სოიას შერეული ნათესის აბროტიმნიკა.	117
V.4. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილისა და ორგანულ-ცეოლითოვანი სასუქების გავლენა სიმინდისა და სოიას შერეულ ნათესში სიმინდის ზრდა-განვითარებაზე, მოსავლიანობაზე, პროდუქციის ხარისხზე და ეკონომიურ ეფექტიანობაზე.	121
V.4.1. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილისა და ორგანულ-ცეოლითური სასუქის (ცეონაკი) გავლენა სიმინდის ზრდა-განვითარების ფაზების მსვლელობაზე, ფესვთა სისტემის, საასიმილაციო აპარატის და რეპროდუქტიული ორგანოების ფორმირებაზე.	122
V.4.2. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილისა და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდის „აჯამეთის თეთრის“ ტაროსა და მარცვლის სტრუქტურული და ტექნიკური პარამეტრების ცვალებადობაზე.	133
V.4.3. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილისა და ორგანულ-ცეოლითოვანი სასუქების ცეონაკ „ლ“-ისა და „ნ“-ის გავლენა სიმინდის ტაროს, მარცვლისა და ჩაღის მოსავლიანობაზე, სიმინდისა და სოიას შერეული ნათესიდან.	141
V.4.4. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის ცეონაკ „ლ“-ისა და „ნ“-ის გავლენა სიმინდის „აჯამეთის თეთრის“ ხარისხობრივ მაჩვენებლებზე.	144
V.5. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდში შერეულად ნათეს სოიას ონთობენეში ფენოფაზების გავლაზე, ბიომეტრულ მაჩვენებლებზე, მოსავლიანობაზე, პროდუქციის ხარისხზე და ეკონომიურ ეფექტიანობაზე.	147

V.5.1. ლომონტიტის, ნტკილისა და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდში შეთესილი სოიას ფენოფაზების მსგელობაზე.	147
V.5.2. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდში შეთესილი სოიას ბიომეტრულ მაჩვენებლებზე.	150
V.5.3. ლომონტიტის, ნტკილისა და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდში შეთესილი სოიას ბიომასისა და მარცვლის მოსავლიანობაზე.	152
V.5.4. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილის და ცეონაკ „ლ“-სა და „ნ“-ის გავლენა სიმინდში შეთესილი სოიას „კოლხიდა 4“-ის ხარისხობრივ მაჩვენებლებზე.	154
V.5.5. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდისა და სოიას შერეული ნათესის ეკონომიურ ეფექტიანობაზე.	156
დასკვნები	159
რეკომენდაცია - ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების პრაქტიკული გამოყენებისათვის.	162
ლიტერატურა	164

შ ე ს ა ვ ა ლ ი

ადამიანმა ბუნების ხელყოფა მაშინ დაიწყო, როცა ისწავლა ნადირობა, თევზაობა, ცეცხლის გამოყენება, გასათბობად შეშის მოხმარება და სხვა. ადამიანთა გამრავლების კვალობაზე ეს პროცესი უფრო ინტენსიური გახდა, მაგრამ ყველაფერი ეს დედამიწაზე მეტად გააძლიერა ტექნიკურმა რევოლუციამ, განსაკუთრებით XIX საუკუნის 30-იანი წლებიდან და ამ პროცესს ეწოდა ეკოლოგიური წონასწორობის რღვევა. ტერმინი „ეკოლოგია“ პირველად გერმანელმა ზოოლოგმა ჰეკელმა იხმარა 1866 წელს. მისი განმარტებით „ეკოლოგია არის ბიოლოგიური დარგი, რომელიც სწავლობს ცხოველთა ურთიერთობას გარემოს ცოცხალ და არაცოცხალ ელემენტებთან“. მემცენარეობაში ეს ტერმინი პირველად 1895 წელს გამოიყენა ევარმინგმა. თანამედროვე გაგებით „ეკოლოგია არის მეცნიერება, რომელიც ცალკეული ინდივიდების, პოპულაციების თანასახოგადობის დონეზე შეისწავლის ორგანიზმთა ურთიერთდამოკიდებულებას, მათ გარემომცველ ცოცხალ და არაცოცხალ ფაქტორებთან, იმ ცვლილებების გათვალისწინებით, რომელიც გარემოში ადამიანს შეაქვს [28].

მძიმე სამრეწველო კომპლექსის მიერ მსოფლიო მასშტაბით ამჟამად ყოველწლიურად ატმოსფეროში აიტყორცნება მილიონობით ტონა გოგირდის უანგი, ნახშირორჟანგი, აზოტის უანგი, სპილენძი, ტყვია, თუთია, ნიკელი, კობალტი, მოლიბდენი, ვერცხლისწყალი, ურანი და სხვა მეტალები და ტოქსინები [11]. აღნიშნულის გარდა, ატმოსფეროში მიკრო-მტვრისა და აეროზოლების სახით გვხვდება პოლიციკლური კანცეროგენული ნახშირწყალბადები, რომლებიც წარმოიქმნება ორგანული ნაერთების არასრული წვის შედეგად [7].

ტოქსინების მნიშვნელოვანი რაოდენობა გროვდება ნიადაგში სასუქების, მცენარეთა დაცვის ქიმიური საშუალებების და სხვა ქიმიური შენაერთების გამოყენების შედეგად, რის გამოც ნიადაგში, წყალსა და ატმოსფეროში იზრდება ვერცხლისწყლის, დარიშხანის, კადმიუმის, ტყვიის, ნიკელის, ფტორის და სხვათა შემცველობა [8].

გარემოს ეკოლოგიური სიტუაციის გაუარესების საქმეში გარკვეულ როლს ასრულებს მემცენარეობის პროდუქტების წარმოების პროცესები, რომლებიც ნიადაგიდან იწყება. ეს ეკოსისტემა ადამიანის არსებობის საფუძველია და ამიტომ გონიერ და სათუთ მოპყრობას საჭიროებს. მიუხედავად ამისა,

მსოფლიოში სხვადასხვა მიზეზების გამო ყოველწლიურად მცირდება ნაყოფიერი ნიადაგები. მოსახლეობის რიცხვი კი სწრაფად მატულობს [27].

ასე, მაგალითად, 1930 წელს დედამიწაზე 2 მილიარდი ადამიანი ცხოვრობდა, 1970 წელს – ოთხი, ხოლო XX საუკუნის ბოლოს 6,5 მილიარდს მიაღწია [36].

გასული საუკუნის 40-იან წლებში საქართველოს ერიცხებოდა ერთი მილიონი ჰექტარი სახნავი მიწა. დღეს ერიცხება 78 ათასი ჰექტარი. 220 ათასი ჰექტარი მიწა გავიდა სასოფლო-სამეურნეო გამოყენებიდან. დარჩენილი 780 ათასი ჰექტარიდან ეროზირებული და დაბალნაყოფიერი მიწის ფართობები 40%-ს შეადგენს [24]. სახნავი მიწების შემცირების ასეთი ტენდენცია მსოფლიო მასშტაბით არის დაფიქსირებული. არსებული მდგომარეობის გათვალისწინებით, დაბალნაყოფიერი ნიადაგების გაკულტურების და მათზე სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წარმოების ტრადიციული მეთოდების გამოყენება არ შეესაბამება გარემოს უსაფრთხოების დღევანდელ მოთხოვნებს. მორწყვის ან ნალექის ზემოქმედებით ნიადაგის სახნავი ფენიდან ირეცხება სასუქების მნიშვნელოვანი რაოდენობა, რომელიც აჭუჭყიანებს როგორც ნიადაგის ქვედა ჰორიზონტს, ისე გრუნტის წყლებს და, შესაბამისად, სასმელ წყლებსაც. ცხადია, ასეთ პირობებში უარესდება ნიადაგის წყლოვან-ფიზიკური თვისებები, ნაკლები შედეგიანობით იხარჯება დიდი რაოდენობით ორგანული და მინერალური სასუქები [24]. მდგომარეობის გამოსწორების მიზნით მცენარის კვების რაციონის გაზრდა და შედეგად მინერალური სასუქების გამორეცხვის გაძლიერება გამოიწვევს მცენარის არაბალანსირებულ კვებას, რაც განაპირობებს მოსავლიანობის შემცირებას და მნიშვნელოვნად გააუარესებს პროდუქციის ხარისხსაც. ამის გამო უნდა შემუშავდეს პროდუქციის წარმოების აგროეკოლოგიური მეთოდები და სისტემები, რომლებიც შეამცირებენ არანორმალური დოზით გამოყენებული მინერალური სასუქების უარყოფით მოქმედებას და უზრუნველყოფენ ტოქსინებისგან უსაფრთხო (დასაშვები ნორმის ფარგლებში) პროდუქციის მაღალ მოსავალს.

ამ საკითხის გადაწყვეტაში შეიძლება დადებითი მალიმიტირებელი როლი შეასრულოს ბუნებრივმა ფოროვანმა მასალებმა, როგორცაა ბუნებრივი ცეოლითები, ნტკილი, პერლიტი და სხვა [97].

ა) **ჩატარებული სამუშაოს საერთო დახასიათება** – თანამედროვე მეცნიერებაში და პრაქტიკაში ნიადაგის ნაყოფიერების აღდგენის, მისი ბიოლოგიური აქტივობის ამაღლებისა და მოსავლის კვლავწარმოების ძირითად

საშუალებად მიჩნეულია ნიადაგში სასუქის შეტანა, მაგრამ სასუქების (ორგანული და მინერალური) გარდა არსებობს ბუნებაში ისეთი ბუნებრივი მასალები და მინერალები, რომელთაც შეუძლიათ ნიადაგში საკვები ნივთიერებების მობილიზაცია და მათი თვისებების ხანგრძლივად და ძირეულად გაუმჯობესება. ასეთ მასალებად შეიძლება ჩაითვალოს კირი, თაბაშირი, დოლომიტი, კირის ტუფები, გლაუკონიტები, ნტკილი, პერლიტი, დეფეკაციური ტალახი, წიდა, ცარცი და სხვა. ამ ბოლო პერიოდში ცნობილი გახდა ახალი მინერალი – ცეოლითი, რომელსაც გარკვეულ პირობებში გაცილებით უფრო აქტიური მოქმედება ახასიათებს, ვინემ ბევრ ზემოთ ჩამოთვლილ მასალებს [153]. აღნიშნული მასალებით ნიადაგის გაუმჯობესების შესახებ ცნობები მოიპოვება ანტიკური ხანის მოღვაწეთა ნაშრომებში [88].

ამჟამად, მრავალფეროვანი შედგენილობის, დეგრადირებული ნიადაგების ნაყოფიერების ასამაღლებლად და დარღვეული ეკოლოგიური წონასწორობის აღსადგენად პერსპექტიულად ითვლება ისეთი ნივთიერებების (მასალების) შეტანა, რომელთაც შესწევთ საკვები ელემენტების აღსორბციის, მობილიზაციისა და მცენარისათვის მათი თანდათანობით მოწოდების უნარი. ასეთ მინერალად მიჩნეულია აღსორბენტი, იონგამცვლელი ცეოლითი [124]. ჩატარებული ექსპერიმენტებით დადგინდა, რომ ნიადაგში ბუნებრივი ცეოლითის რაოდენობის ზრდის კვალობაზე მატულობს NH_4^+ იონის დაკავების უნარი 18-დან 92%-მდე წითელ მიწებში. ნიადაგში ბუნებრივი ცეოლითის შეტანა ადიდებს ნიადაგის შთანთქმით ტევადობას თითქმის სამჯერ, იწვევს ნიადაგის რეაქციის pH-ის შეცვლას 0,1-0,2 ერთეულით წითელ მიწებში, ხოლო ეწერებში 0,7-1,1 ერთეულით, თანაბარზომიერად იცვლება უანგვა-აღდგენითი პოტენციალი, ძლიერდება აღდგენითი პროცესები, ეს გამოწვეულია მიკროორგანიზმების აქტივობის გაძლიერებით, ძლიერდება დესტრუქციის პროცესი, რაც იძლევა საშუალებას მიეწოდოს მცენარეს საკვები ნივთიერებები შესათვისებელ ფორმებში [64].

ბუნებრივი ცეოლითების ნიადაგში შეტანა ხელს უწყობს მიკროორგანიზმების რიცხოვნობის ზრდას. სისტემაში „ნიადაგი-ტორფი-ცეოლითი“ ეს მაჩვენებელი მაქსიმალურია და შეადგენს 5-11 მილიარდს 1 გრ ნიადაგში [2]. დამტკიცებულია, რომ „ნიადაგის შთანთქმითი უნარი დაკავშირებულია მასში არსებულ ორგანულ, ორგანულ-მინერალურ და მინერალურ კოლოიდებზე, რომლებიც წარმოადგენენ ნიადაგის ცეოლითურ

ნაწილს [52]. ცეოლითები ბუნებაში არსებობენ არა როგორც იზოლირებული მინერალები, არამედ ისინი სხვადასხვა სახით გვხვდებიან სხვადასხვა ტიპის ნიადაგებში, რაც ნიადაგწარმოქმნის ერთიანი პროცესის შედეგია და გარკვეულ გავლენას ახდენენ ამ ნიადაგების ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე და ნაყოფიერებაზე [144].

ცეოლითების ჯგუფს არ მიეკუთვნებიან, მაგრამ ემსგავსებიან, ე.წ. „ნტკილის“ ტუფები. ნტკილი ფართოდ არის გავრცელებული როგორც აღმოსავლეთ, ისე დასავლეთ საქართველოში, რომლებიც ძალიან საინტერესო არიან სოფლის მეურნეობაში გამოყენების თვალსაზრისით, როგორც ადგილობრივი სასუქი [132]. ნტკილის დიდი რესურსებია დასავლეთ საქართველოში. ზუგდიდისა და სენაკის რაიონებში აღრიცხული ნტკილის საბადოები საერთო რაოდენობით 800-900 მილიონი ტონაა. XIX საუკუნეში და XX საუკუნის 50-იან წლებამდე დასავლეთ საქართველოში, განსაკუთრებით სამეგრელოში, მოსახლეობა ფართოდ იყენებდა დაფქვილ ნტკილს ნიადაგის გასაპატივებლად. ნტკილის ნაფენები რბილია და ადვილად ექვემდებარება ხელით დამუშავებას. 1 ჰექტარზე შექონდათ 100 ტონაზე მეტი, მაგრამ სამაგიეროდ, 10-15 წელიწადს ნაკვეთი განოყიერებას არ მოითხოვდა. ნტკილით ანოყიერებდნენ აბსოლუტურად მწყობრიდან გამოსულ გაეწრებულ ნიადაგებს და „ქცევაზე“ (0,4 ჰა) ღებულობდნენ სიმინდის რეკორდულ მოსავალს, 25-35 ცენტნერს. ნტკილის მეტნაკლებად შესწავლილი საბადოებია გაგრის, ზუგდიდის, სენაკის, ოზურგეთის, შორაპნის და რაჭა-ლეჩხუმის რაიონებში [106]. აქედან გამომდინარე, დიდი იყო ჩვენი ინტერესი მეცნიერულად შეგვესწავლა ზოგიერთი ცეოლითოვანი ნედლეულის (ლომონტიტი) და ნტკილის თვისებები და დაგვედგინა მათი გამოყენების სფერო კოლხეთის ჭარბტენიან აგროკლიმატურ ზონაში ნიადაგის ეკოლოგიური სიტუაციის გაუმჯობესების თვალსაზრისით.

ბ) საკვლევი პრობლემის აქტუალობა – ცნობილია, რომ ჩვენი ქვეყანა გარდამავალ პერიოდში იმყოფება. ასეთ ვითარებაში სოფლის მეურნეობის მომარაგება სხვადასხვა მასალებით, სასუქებით, პესტიციდებით და სხვა საშუალებებით არასტაბილურია. ამ უკანასკნელი 5 წლის (2000-2005 წწ) მანძილზე გადიდა იმპორტირებული სასუქების რაოდენობა და სახეობრივი შედგენილობა, მაგრამ მათი ფასები იმდენად მაღალია, რომ პრაქტიკულად მიუწვდომელია სოფლის მოსახლეობისათვის. ასე, მაგალითად, 1 ტონა ამოფოსკას, დიამოფოსკას და ნიტროამოფოსკას ფასები მერყეობს 800-1000 ლარის ფარგლებში, ხოლო ადგილობრივი წარმოების აზოტოვანი სასუქები

ღირს 500-600 ლარი. ასეთი ვითარება ქმნის მინერალური სასუქების პრაქტიკული გამოყენების დეფიციტს.

მეცნიერებისა და პრაქტიკისათვის ცნობილია, რომ ცალმხრივად და ჭარბად მინერალური სასუქების სისტემატური გამოყენებით ნიადაგები შეიძლება მივიყვანოთ სრულ დეგრადაციამდე. აქედან გამომდინარე, ყველა საშუალებით უნდა შეივსოს აღნიშნული დეფიციტი, მით უმეტეს, როცა საქართველოში ძალიან ბევრია ბუნებრივი ნედლეული, ფოროვანი მასალების საბადოების სახით, რომელთა შესწავლა და სოფლის მეურნეობის სამსახურში ჩაყენება საშვილიშვილო საქმეა. როგორც ცნობილია, ჩვენში ცეოლითების, ნტკილის, პერლიტის, კირქვების, გლაუკონიტების, ტორფის, საპროფელის და სხვა წიაღისეულის ძალზე დიდი მარაგია, რომელსაც უმტკივნეულოდ შეუძლია შეავსოს აღნიშნული დეფიციტი. გარდა ამისა, ამ უკანასკნელი 30 წლის მანძილზე მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნები (იაპონია, აშშ, რუსეთი და სხვა), მ.შ. საქართველოც, ფართოდ სწავლობენ ბუნებრივი ცეოლითების თვისებებს და დადგენილია, რომ მათ, როგორც ძლიერ ადსორბენტს, შეუძლიათ შთანთქონ ნიადაგში მოხვედრილი გარემოს გამაჭუჭყიანებელი რეაგენტები და ხელი შეუწყონ გარემოს ეკოლოგიური სიტუაციის გაჯანსაღებას. ამაშია ამ საკითხების შესწავლის უცილობელი აქტუალობა.

გ) ს/კ მუშაობის მიზანი და ამოცანები – ჩვენი ს/კ მუშაობის ძირითადი ამოცანაა ფოროვანი, აქტიური მასალების გამოყენებით მივადწიოთ ნიადაგის ეკოლოგიური სიტუაციის გაუმჯობესებას და ეკოლოგიურად გაწონასწორებული, უსაფრთხო პროდუქციის წარმოებას, დიდი სიჭარბით გამოყენებული აზოტოვანი სასუქების მავნეობის ნეიტრალიზაციას და ერთგვარ წონასწორობას „ნიადაგი-მცენარე“ ეკოსისტემაში.

დ) ჩატარებული ს/კ სამუშაოს მეცნიერული სიახლე და პრაქტიკული ღირებულება – მიწათმოქმედების ტოტალური ქიმიზაციის პირობებში მცენარე, როგორც წესი, იძულებულია იკვებოს წყალში ადვილად ხსნადი მინერალური საკვები ელემენტებით, რადგან ის პრაქტიკულად უნაყოფო ნიადაგზე იზრდება [45] ამდენად, ამ შემთხვევაში ნიადაგის ნაყოფიერების აღდგენისათვის ზრუნვა იგნორირებულია, რაც, თავის მხრივ, იწვევს მდგომარეობის კიდევ უფრო გაუარესებას და ნიადაგის ეკოსისტემის დაბინძურებას. ამის გათვალისწინებით ჩვენ შევეცადეთ ბუნებრივი ფოროვანი მასალების გამოყენებით ამ მდგომარეობის ნეიტრალიზაციას და გარკვეული დროით (3-4 წლით) მაინც ნიადაგის ეკოლოგიური წონასწორობის და ნაყოფიერების აღდგენას. ამ მიზნის

მისაღწევად ჩვენს მიერ გამოყენებულია როგორც ბუნებრივი ადგილობრივი ფოროვანი მასალები, ისე მინერალური და ორგანული სასუქები. ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებისაკენ ასეთ მიდგომას საზღვარგარეთის ქვეყნებში „ბიოდინამიურს“ უწოდებენ. ჩვენ მიგვაჩნია, რომ ეს არის ბუნებრივი ფოროვანი მასალების, მინერალურ და ორგანულ სასუქებთან ერთად ნიადაგის განოყიერების „ინტეგრირებული“ სისტემა, სადაც ძირითადი აქცენტი გადატანილია ბუნებრივი ფოროვანი მასალების გამოყენებით ნიადაგის დაბინძურების ლოკალიზაციისაკენ და ამით, მოსავლიანობის ზრდასთან ერთად, სასურველი ეკოლოგიური წონასწორობის აღდგენისაკენ. ამ მიზნის მიღწევაში, ყველასათვის ცნობილი ნაკელისა და მინერალური სასუქების გარდა, მონაწილეობენ სრულიად ახალი ელემენტები: ადგილობრივი ფოროვანი, ასორბენტი მასალები, ცეოლითი – ლომონტიტი და წიაღისეული – ნტკილი, რომლებიც დღემდე არ ყოფილა ამ მიზნით გამოყენებული. ლომონტიტის და ნტკილის საშუალებით უნდა დამუშავდეს ფერმის ორგანული ნარჩენები (ახალი თხევადი ნაკელი, წუნწუხი, ფერმის ნარეცხი წყლები და სხვა), რომლებიც ხანგრძლივი ფერმენტაციის გარეშე უშუალოდ ჩაერთვებიან საკვები ელემენტების დიდ წრებრუნვაში და შესაფერის ადგილს დაიკავებენ მასში. ამასთან მათი უშუალო მონაწილეობით გაწონასწორდება ნიადაგის დარღვეული ეკოლოგიური წონასწორობა კონკრეტულ ტერიტორიაზე, რაც უზრუნველყოფს ეკოლოგიურად უსაფრთხო პროდუქციის წარმოებას. ამაშია ამ სამუშაოს მეცნიერული სიახლე.

ნიადაგის ნაყოფიერების და დარღვეული ეკოლოგიური წონასწორობის აღდგენის ჩვენს მიერ შემოთავაზებული სისტემის პრაქტიკული ღირებულება დიდია მრავალი თვალსაზრისით, რომელიც გულისხმობს:

1. ქვეყნის ტერიტორიაზე, სოფლის მოსახლეობის საკარმიდამო მეცხოველეობის ფერმებში დაგროვილი ორგანული ნარჩენების ოპერატიულ გადამუშავებას, მისთვის სამომხმარებლო სახის მიცემას, ამით ინფექციის კერების ლიკვიდაციას და მათი უნიტრატო პროდუქციის წარმოების სამსახურში ჩაყენებას.

2. ყველა სახის ორგანული ნარჩენების (ნაკელი, წუნწუხი და სხვა) შემადგენლობაში შემავალი საკვები ელემენტების სრულ მობილიზაციას და აღსორბციას, მათი დანაკარგების აღკვეთას და მათი რაციონალური გამოყენებით მინერალური სასუქების მოხმარების 40-50%-ით შეზღუდვას და ამით ნიადაგის ეკოლოგიური დაბინძურების გარკვეულწილად შერბილებას.

3. ატმოსფეროს მოლეკულური აზოტის ფიქსაციაში ცეოლითების მასტიმულირებელი თვისებების ფართოდ გამოყენებას, მიკრობიოლოგიური პროცესების ინტენსიფიკაციას, ნიადაგის მიკრობული სამყაროს გააქტიურებას და ამით სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დიდი და მაღალხარისხოვანი პროდუქციის წარმოებას.

4. დეგრადირებული, ნაყოფიერება დაქვეითებული ნიადაგის ეფექტური, ე.წ. ეკონომიური ნაყოფიერების აღდგენას და ამით ეკოლოგიური დარღვევების სრულ ან ნაწილობრივ ლოკალიზაციას.

5. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების განოციერების ისეთი სისტემის შექმნას, რომელიც ხელმისაწვდომი იქნება წვრილ-გლეხური და ფერმერული მეურნეობისათვის მაღალი რენტაბელობის, ეფექტური საწარმოების შესაქმნელად. ამაშია სწორედ ამ სამუშაოს მეცნიერული სიახლე და პრაქტიკული ღირებულება.

კვლევის ობიექტები და მეთოდთა – კვლევის ობიექტებს წარმოადგენს კოლხეთის დაბლობის გაეწრებულ-გაღებებული ნიადაგები, ბუნებრივი ცეოლითი-ლომონტიტი, ადგილობრივი რბილქანი-ნტკილი და სიმინდის „აჯამეთის თეთრის“ და სოიას ჯიში „კოლხიდა-4“-ის შერეული ნათესი.

კვლევითი სამუშაოები ჩატარდა პროფ. დოსპეხოვის „მინდვრის ცდის მეთოდის“ მოთხოვნების შესაბამისად ზუგდიდის რაიონის სოფ. დარჩელის ტერიტორიაზე, კოლხეთის დაბლობის ზღვის სანაპირო ზოლის ჭარბტენიან ნიადაგზე.

ე) ჩატარებული ს/კ სამუშაოს აპრობაცია და დანერგვა –

I. სამუშაოს აპრობაცია – დისერტაციის თემა მუშავდებოდა 2003 წლიდან საქართველოს ცეოლითების ასოციაციის პროგრამიდან გამომდინარე. ძირითადად ეცდიდით ბუნებრივ ცეოლით-ლომონტიტს და ადგილობრივ წიაღისეულს-ნტკილს. აღნიშნული ფოროვანი მასალებით ვამუშავებდით საქონლის ახალ უსაფენო ნაკელს და წინასწარ დადგენილი ნორმებით შეგვქონდა საცდელ ნიადაგში. ასეთი წესით განოციერებულ ნიადაგზე მოგვეყავდა სიმინდი და სოია შერეულ ნათესში. კვლევით მიღებული შედეგები ყოველწლიურად სამეცნიერო ანგარიშების სახით წარედგინებოდა და მტკიცდებოდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ფიზიკური და ორგანული ქიმიის ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოზე, იმავე ანგარიშების, გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს სამეგრელო – ზემო სვანეთის რეგიონალურ სამმართველოში განხილვის შემდეგ.

კვლევის ძირითადი შედეგები მოხსენდა: „საქართველოს ახალგაზრდა ქიმიკოსთა VI რესპუბლიკურ სამეცნიერო კონფერენციას“ (საქართველოს ქიმიური საზოგადოება. ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი) 13-14 დეკემბერი 2005 წ. თბილისი.

II. პუბლიკაცია – აღნიშნულ თემაზე გამოვაქვეყნეთ 3 სამეცნიერო შრომა

1. Chemical Composition of Crain Maize during Application of Mineral, Organic Fertilizers and some Rocks (Laumantite and Marl) – Bulletin of the Georgian Academy of Sciences, 170, №2, 2004.

2. Физико-технические показатели початка и зерна кукурузы, выращенной под воздействием некоторых горных пород на фоне удобрения. Изв. Ан Грузии 2004. Т. 30. №3-4.

3. Исследование влияния органо-цеолитовых удобрений на характер початкообразования кукурузы . – Изв. Ан Грузии 2005.

გადაცემულია გამოსაქვეყნებლად კიდევ სამი სამეცნიერო შრომა.

III. დანერგვა – ჩვენი რეკომენდაციით ჩამოყალიბდა ნტკილის გადამამუშავებელი ფირმა ზუგდიდის რაიონის სოფელ ზედაეწერში. მდ. ჩხოუშის ნტკილის ნაფენებზე გახსნეს კარიერი და წელიწადში ყიდიან 2-3 ათას ტონა ნტკილს მოსახლეობაზე.

ნიადაგის ეკოლოგიური დაბინძურების ლოკალიზაციის ჩვენეული მეთოდებით სარგებლობს საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამეგრელო-ზემო სვანეთის რეგიონალური სამსახური.

IV. ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა. – ნაშრომი მოიცავს შესავალს, შესდგება 5 თავისაგან. ნაშრომი წარმოდგენილია კომპიუტერზე ნაბეჭდ 163 გვერდზე 37 ცხრილით და 221 დასახელების ლიტერატურული წყაროთი.

ლიტერატურული მიმოხილვა

თავი I. თანამედროვე ეკოლოგიის პრობლემები მიწათმოქმედებაში და ბუნებრივი ცვლილებით მათი რეგულირების პერსპექტივები

განუზომლად დიდი ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის გავლენა გარემომცველ ბუნებაზე. ეს ზემოქმედება მილიონ წლებს ითვლის. დედამიწაზე ადამიანის გაჩენის დღიდან მან დაიწყო საკვების მოპოვება, შეშის მოხმარება, ცეცხლის გამოყენება, ის ართმევდა მზა პროდუქციას ბუნებას და ეს ერთგვარად აუმჯობესებდა სიტუაციას დედამიწაზე. ეს მაშინ, როცა ჯერ კიდევ ადამიანი შეუგნებლად ზემოქმედებდა ბუნებაზე და არ შეეძლო ბუნებაში დამალული ნავთის, ქვანახშირის და სხვა უზარმაზარი მარაგების თავის სასარგებლოდ გამოყენება. ადამიანის მიერ ბუნების ხელყოფა ჯერ კიდევ პრიმიტიულ დონეზე იყო, მასშტაბები მცირე და ამ საქმიანობას გარკვეული სარგებელიც კი მოქონდა ბუნებისათვის, მაგრამ ადამიანთა საზოგადოების რაოდენობრივი და ცოდნის ხარისხობრივი ზრდის კვალობაზე, ადამიანთა საზოგადოებამ დაიწყო ბუნებაზე ფართო მასშტაბებით ზემოქმედება, რომელმაც გადააჭარბა ბუნების თვითდაცვით შესაძლებლობებს და უკვე თავი იჩინა უარყოფითმა შედეგებმა. ადამიანმა გაკაფა მილიონობით ჰექტარი ტყე, რასაც მოყვა გაუთვალისწინებელი შედეგები – მიწის დიდი მასივების გაუდაბნობა, ანუ ნიადაგის, როგორც ცოცხალი მატერიის, სიკვდილი, გადახნა სტეპები, ყოველწლიურად მიწის წიაღიდან იღებს დიდი რაოდენობის ნავთობს, ქვანახშირს, მათი წვის შედეგად მიღებული მტვერი და აირები მიმოიფანტებიან ატმოსფეროში და უბრუნდებიან დედამიწას კანცეროგენულ ნივთიერებებად. უფრო მეტიც, ადამიანმა დაამზადა ათასგვარი პესტიციდი, ჰერბიციდი, მინერალური სასუქები და სხვა მრავალი, რომელიც ჯერ კიდევ უმეტეს წილად შედეგის გაუთვალისწინებლად გამოიყენება და წამლავს გარემომცველ ბუნებას. ვითარების ასეთმა ესკალაციამ წარმოშვა მოთხოვნილება იმაზე, რომ ადამიანმა იცოდეს დღეს გამოყენებული ღონისძიების არამარტო პირველადი, არამედ მეორადი შედეგები, ე.ი. მან უნდა შეძლოს, მის მოქმედებასა და ბუნების უკურეაქციას შორის ბალანსის დამყარება, მან უნდა აღმოფხვრას ამ ურთიერთობებში დისბალანსი, წინააღმდეგ შემთხვევაში ადამიანთა

საზოგადოება შეიძლება უნებლიე თვითლიკვიდაციად მივიდეს. „სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების, ან ამა თუ იმ ქიმიური შენაერთის წარმოების დროს ყურადღებას აქცევენ ძირითადად მიზნობრივ პროდუქტს და ივიწყებენ ე.წ. ნარჩენებს, რომლებიც არანაკლებ მნიშვნელოვანი და ფასეულია [16]. 1968 წელს თუ ჩვენი პლანეტის თითოეულ მცხოვრებზე მოიპოვებდნენ წელიწადში 20 ტონა სხვადასხვა მინერალებს, 10 წლის შემდეგ მათ რაოდენობამ მიაღწია 27 ტონას სულზე. აქედან სასარგებლო პროდუქციად გარდაიქმნება მხოლოდ 2%, დანარჩენი 98% უბრუნდება ბიოსფეროს ისეთი სახით, რომლის ბუნებრივ შესაძლებლობებს არ შეუძლია ისინი ჩართოს თავის წრებრუნვაში [53].

გარემომცველ ბუნებაზე ზემოქმედების შემაშფოთებელი, უარყოფითი მუსტი დევს დიდი რაოდენობით საწვავის გამოყენებაში, რომელიც აბინძურებს არა მარტო ჰაერს, წყალს, ნიადაგს, არამედ იწვევს კლიმატის გლობალური მასშტაბებით ცვლილებებს, რომელმაც შეიძლება კაცობრიობა მიიყვანოს ძნელად წარმოსადგენ შედეგებამდე [129].

„ამჟამად მსოფლიოში ყოველწლიურად მოიხმარენ 2.5 მილიარდ ტონა ნავთობს და 20 მილიარდ ტონაზე მეტ ქვანახშირს. ეს იწვევს 15 მილიარდ ტონამდე თავისუფალი ჟანგბადის დანახარჯს, რომლის შემცველად ატმოსფეროში ადის 25 მილიარდი ტონა ნახშირორჟანგი. ადამიანის ასეთი საქმიანობის შედეგად უკანასკნელ 50 წელს გამოყენებული იყო ჟანგბადი იმდენი, რამდენიც ადამიანთა არსებობის მთელი ისტორიის მანძილზე“ [53].

ატმოსფეროს დამაბინძურებელი ნივთიერებები, განთავისუფლებიან რა ატმოსფეროსაგან, მაინც განაგრძობენ თავის ტოქსიკურ ზეგავლენას ნიადაგზე, ნიადაგქვეშა წყლებზე, შედიან მცენარეულ პროდუქციაში და აქედან ხვდებიან ცხოველების შემადგენლობაში. ბიოსფეროს თვითგაწმენდის უნარი ჯერ კიდევ მეტია ანთროპოგენული დამაბინძურებლების შესაძლებლობებზე, მაგრამ ბიოსფეროს აღნიშნული შესაძლებლობა უსაზღვრო არ არის. კიდევ უფრო ნაკლებია ნიადაგის თვითგაწმენდის შესაძლებლობანი. ის ბუნების პროდუქტია, უცვლელია და მას იყენებენ იქ, სადაც ის ფაქტიურად არის. მიწის რესურსებზეა დამოკიდებული ადამიანის სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობა, რომელიც მსოფლიოს მოსახლეობას აწვდის სურსათის ძირითად მასას და საჭირო ნედლეულის მნიშვნელოვან ნაწილს მსუბუქი და კვების მრეწველობისათვის. „თანამედროვე კაცობრიობის კვებითი ენერჯის 88%-ს

დამუშავებული მიწები იძლევა, 10%-ს ღებულობენ ბუნებრივი საძოვრებისგან და ტყის სავარგულებიდან, მხოლოდ დაახლოებით 2%-ს – მსოფლიო ოკეანის რესურსებიდან“ [8]. ბუნებამ აიძულა საზოგადოება ძალიან სერიოზულად განიხილოს ეს პრობლემები. „ახლა ჩვენთვის გასაგებია, რომ ადამიანის შემდგომი შეჭრა ბუნებაში არ შეიძლება უკვალოდ გაქრეს, მითუმეტეს – დაუფიქრებელი შეჭრა. საზოგადოების სამეურნეო საქმიანობის მასშტაბები ამჟამად ისეთია, რომ ისინი თავიანთი ზემოქმედებით უახლოვდებიან გლობალურ ბუნებრივ პროცესებს დედამიწაზე. ეს კი ნიშნავს იმას, რომ თანამედროვე პირობებში ბუნების დაცვითი სამუშაოები უნდა გახდეს და არის კიდევაც ადამიანთა საზოგადოების სამეურნეო საქმიანობის განუყოფელი ნაწილი. ამგვარად, ადამიანთა საზოგადოების სამეურნეო საქმიანობის პროცესების ჩქარი ტემპებით განვითარების პრობლემა წარმოშობს მეორე პრობლემას, რომელსაც ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევა ჰქვია. ბოლოს და ბოლოს ადამიანებში იზრდება ბუნების შენარჩუნებისა და მისი რაციონალური გამოყენების შეგნება, მაგრამ ჩვენი საზოგადოება ჯერ კიდევ შორსაა შეგნებიდან, ნამდვილ „ეკოლოგიურ უსაფრთხოებად“. ბუნება არ წარმოადგენს დოგმატურ მდგრად გარემოს, არამედ მასში სისტემატურად მიმდინარეობს მთელი რიგი ცვლილებები და გარდაქმნები, რომელსაც თვით ბუნება აბალანსებს და აწონასწორებს, მაგრამ, „ყველაზე ძლიერი და ზოგჯერ გამოუსწორებელი ხასიათი შეიძლება იყოს ანთროპოგენური ფაქტორების მოქმედების შედეგად გამოწვეული ცვლილება“ [11].

მიუხედავად განვითარების მაღალი დონისა და უდიდესი გონიერებისა, ადამიანს ჯერ კიდევ არ შესწევს უნარი და არა აქვს სათანადო ცოდნა იმისა, რომ შეათანხმოს თავისი საქმიანობა სამყაროს და დედამიწის ქცევის სისტემებს.

გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მონაცემებით 1 სმ შავმიწა ნიადაგი წარმოიშობა 300 წლის განმავლობაში. ადამიანი ანადგურებს მას შეუდარებელი სისწრაფით – 1სმ-ს 3 წელიწადში [11]. დღეს მსოფლიოში ყოველწლიურად 6 მილიონი ჰექტარი მწარმოებლური მიწა გამოუყენებელ უდაბნოდ გარდაიქმნება. სათესი ფართობების შემცირებასთან ერთად, მცირდება ნიადაგის ნაყოფიერების მაჩვენებლებიც, მაშინ როცა გეომეტრიული პროგრესით იზრდება ადამიანთა რიცხოვნობა დედამიწაზე. პრობლემის გადაწყვეტის პრინციპი მაინც იმაში მდგომარეობს, რომ ღონისძიებათა კომპლექსის სისტემატური გატარებით

შემცირდეს, შერბილდეს არასასურველი პროცესების განვითარება. გარემოს დაბინძურების პრობლემა სულ უფრო და უფრო მწვავე მნიშვნელობას იძენს სახალხო მეურნეობის გლობალური ქიმიზაციის პირობებში.

მიწათმოქმედებაში ქიმიური ნივთიერებების ფართოდ და ინტენსიურად გამოყენების პირობებში, გარემოს დაცვის ძალისხმევა მიმართული უნდა იყოს მინერალური სასუქებით, პესტიციდებით, მძიმე მეტალებით გარემოს და ნიადაგის დაბინძურების დონის შემცირებისაკენ [130]. ამ მიმართულებით თანამედროვე მომენტისათვის მიღწეულია გარკვეული წარმატებები. დადგენილია ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (ზდკ), შესწავლილია მინერალური სასუქების, მძიმე მეტალებისა და პესტიციდების ზოგიერთი ფორმების მიგრაციის კანონზომიერებანი. დადგენილია მავნეობის 5 მაჩვენებელი, როგორცაა: 1) ტოქსიკოლოგიური, 2) ფოტოაკუმულიატორული, 3) საპაერომიგრაციული, 4) საწყალსნო-მიგრაციული და 5) საერთო სანიტარული [130]. შემოღებულია მავნეობის ქიმიური მაჩვენებელი, რომელიც ნიშნავს იმას, რომ გამაჭუჭყიანებელი ფაქტორის ნაერთები (ნარევი) უნდა იყოს ისეთ დონეზე, რომ არ მიგვიყვანოს ნიადაგის მშთანთქავი კომპლექსის დაშლამდე, მათი ნიადაგზე პერიოდული ან მუდმივი ზემოქმედების პირობებში.

გარემოს დამაბინძურებელი სხვადასხვა ფაქტორების შეფასებისათვის არსებობს ე.წ. სტრეს-ინდექსების სისტემა, რომლის მიხედვითაც გარემოს დამაბინძურებელი ფაქტორები შემდეგნაირად ფასდებიან: 1) პესტიციდები – 140, 2) მძიმე მეტალები – 90, 3) ნახშირორჟანგი – 75, 4) გოგირდის ორჟანგი – 72, 5) დაქცეული ნავთობი – 48, 6) სამრეწველო დაწესებულებების მიერ ნახშირი წყლები – 48, 7) მინერალური სასუქები – 30, 8) ორგანული ნარჩენები – 24, 9) აზოტის ოქსიდები – 24, 10) რადიოაქტიური ნარჩენები – 20, 11) ქალაქის ნაგავი – 16, 12) ფოტოქიმიური ნივთიერებები – 12, 13) ჰაერის ნახშირწყალბადები – 10, 14) ნახშირორჟანგი – 9, 15) სათბობის ნარჩენები – 5, და 16) ქალაქის ხმაური – 4 [79]. მ.შ. სამიწათმოქმედო ეკოლოგიურ დარღვევებს იწვევენ: პესტიციდები, მძიმე მეტალები, მინერალური სასუქები, ორგანული ნარჩენები (ახალი თხევადი ნაკელი, წუნწუხი, ფერმის ნარეცხი წყლები, ფეკალები და სხვა). როგორც ვხედავთ, სტრეს-ინდექსების მიხედვით, სამიწათმოქმედო დამაბინძურებლები საკმაოდ ძლიერ კატეგორიებს განეკუთვნებიან.

როგორც ცნობილია, დღეს ხარისხის განსაზღვრის მთავარი კრიტერიუმი პროდუქციაში ნიტრატების შემცველობაა [14,15]. ნიტრატებს მცირე რაოდენობით შეიცავს ნიადაგიც და წყალიც. ბუნებრივ სუფთა წყალში ნიტრატის შემცველობა ლიტრში 0,1 მლგრ-ზე მეტი არ უნდა იყოს [16], ხოლო იქ, სადაც ნიტრატების შემცველ სასუქებს ჭარბად იყენებენ, მათი შემცველობა გრუნტის წყლებში მკვეთრად იზრდება [14]. თუ წყალში და ნიადაგში ნიტრატების შემცველობა მაღალია, ეს იმას ნიშნავს, რომ ისინი დაბინძურებულია მინერალური სასუქების ჭარბი ნორმების გამოყენებით [15]. პროდუქციაში ნიტრატების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები ძირითადად დადგენილია იმ კულტურებისათვის, რომელთა პროდუქცია (ნაყოფები) ნედლად მოიხმარება და არ ექვემდებარება გარკვეულ კულინარიულ (თერმიულ) დამუშავებას. მათ მიეკუთვნება ძირითადად ნედლად მოსახმარი ბოსტნეულ-ბალჩეული კულტურები, ხილი, კენკრა და სხვა. რაც შეეხება თავთავიან კულტურებს, სიმინდს, სიოას და სხვას, მათი პროდუქცია მოხმარებამდე გაივლის მრავალჯერად კულინარიულ (თერმიულ) დამუშავებას. ეს კი მკვეთრად ამცირებს ან აქარწყლებს ნიტრატებით გამოწვეულ მავნეობას.

ნიტრატის კანცეროგენული მოქმედების მექანიზმი მდგომარეობს ადამიანისა და ცხოველის ორგანიზმში მისი ნიტროზომად გარდაქმნის უნარში. ქიმიურად ნიტრატები აზოტის დაჟანგული ფორმაა. NO_2 -ში ანუ აზოტის ჟანგში ძირითადი ელემენტი (N) აზოტია. აზოტი ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს როლს ასრულებს მცენარის კვებაში. უაზოტოდ მცენარე ვერ იარსებებს. მისი ნაკლებობა იწვევს მცენარის ზრდა-განვითარების შეფერხებას და პროდუქტიულობის შემცირებას [36].

მოსავალში ნიტრატის წარმოქმნის მექანიზმი მდგომარეობს იმაში, რომ როცა მცენარე ექცევა ზრდა-განვითარების არახელსაყრელ პირობებში, მაშინ შეთვისებული აზოტის ნიტრატული ფორმა ვერ ასწრებს მთლიანად ამიაკად აღდგენას. მისი ნაწილი არ ერთვება შემდგომ ბიოქიმიურ გარდაქმნაში და უცვლელ ნაშთად რჩება მცენარის მთელ ორგანიზმში. ასეთი პროცესი შეიძლება განვითარდეს აგრეთვე მაშინ, როცა ნიადაგის ხსნარში ნიტრატული აზოტის კონცენტრაცია სხვა ელემენტებთან (ფოსფორი, კალიუმი) შედარებით მაღალია და მცენარე მას (N) დიდი რაოდენობით შეიწოვს. საერთოდ

მსოფლიოში და ჩვენს ქვეყანაშიც სადღეისოდ მწვავედ დგას საკითხი ბიოლოგიურად სუფთა, ეკოლოგიურად ჯანსაღი მიწათმოქმედებისათვის.

მიწა არის ბუნების ერთ-ერთი უმთავრესი სიმდიდრე, სოფლის მეურნეობის საწარმოო საშუალება, რომელიც წარმოადგენს შრომის საგანსაც და შრომის იარაღსაც. მიწა ძნელად განახლებად რესურსებს მიეკუთვნება. ისტორიამ არაერთი მაგალითი იცის, როცა ადამიანები უნებურად ანადგურებდნენ მიწის ნაყოფიერ ფენას, რაც მთელი ქვეყნებისა და ხალხების გაჩანაგებას იწვევდა, მართალია, ეს იყო წარსულში, მაგრამ ახლაც ნიადაგის არამართლზომიერად გამოყენება შეიძლება დიდი ზიანის მომტანი იყოს. აქედან გამომდინარე, მიწასთან დაკავშირებული ესა თუ ის პიროვნება იმდენად გათვითცნობიერებული უნდა იყოს მასთან ურთიერთობაში, რომ არ დაუშვას მიწის გამანადგურებელი ექსპლუატაცია, მისი დაბინძურება პესტიციდებით, ორგანული ნარჩენებით, დაჭაობებით და სხვა.

ნიადაგის ნაყოფიერების დაკარგვას, მის დეგრადაციას მრავალი ფაქტორი იწვევს და აპირობებს, მ.შ. კოლხეთის დაბლობის ჭარბტენიან პირობებში ნიადაგის ეკოლოგიური დისბალანსი შეიძლება წარიმართოს რამდენიმე მიმართულებით: გამჟავებით, მძიმე მეტალებით, ჭარბტენიანობით, საკვები ელემენტების სიჭარბით ან ნაკლებობით, ნიადაგის სახნავი ფენის გამკვრივებით, პესტიციდებით, მჟავე წვიმებით და სხვა.

მრავალ ღონისძიებათა შორის, რომელიც მიმართულია ნიადაგის ბიოლოგიური აქტივობის, მისი ნაყოფიერების ამაღლების და, საბოლოო ჯამში, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ეკოლოგიურად გაწონასწორებული და მაღალი მოსავლის მისაღებად, მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია სელიმენტაციური წარმოშობის ბუნებრივი ცეოლითების გამოყენებას. პირველი ასეთი სამუშაოები შესრულდა იაპონიაში გასული საუკუნის შუახანებში [216; 203; 220; 201; 202], შემდგომ ბუნებრივი ცეოლითების მეცნიერულ შესწავლაზე და პრაქტიკულ გამოყენებაზე ისეთი ქვეყნები მუშაობდნენ, როგორცაა ბულგარეთი [119; 212], უნგრეთი [184], სლოვაკეთი [214], იტალია [216], კუბა [208], აშშ [221, 206, 207, 205] და ყოფილი საბჭოთა კავშირი [120; 121; 175; 87; 174; 160]. უნდა აღინიშნოს, რომ ბუნებრივ ცეოლითებზე აღნიშნული ხასიათის სამუშაოები საკმაოდ ინტენსიურად მიმდინარეობდა და მიმდინარეობს საქართველოშიც. [140, 143, 135, 153, 156, 170, 163, 188]. ამჟამად ცეოლითიზირებული მთის ქანების გამოკვლევა და

მემცენარეობაში გამოყენების სამუშაოები მიმდინარეობს ორი მიმართულებით: 1. დაცულ გრუნტში და 2. ღია გრუნტში. ღია გრუნტში გამოყენება დანამატის სახით უნაყოფო ნიადაგების რეკულტივაციისათვის და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარებაზე ზემოქმედების მიზნით. ბუნებრივი ცეოლითები ნიადაგში შეაქვთ შემდეგნაირად: 1. აღნიშნული ქანები სუფთა სახით. 2. მინერალური სასუქების შემცირებულ ნორმებთან ნარევი. 3. სხვადასხვა სახის ახალ ნაკელთან, წუნწუხთან და ფერმის სხვა ორგანულ ნარჩენებთან ნაზავში. 4. ორგანულ და მინერალურ სასუქებთან ერთდროულ ნარევი.

ბუნებრივი ცეოლითების ყველა ცნობილი სახეობებიდან ყველაზე უფრო კარგად არის შესწავლილი და ფართო გამოყენებაშია კლინოპტილოლიტ-შემცველი ტუფები [165]. შაბაზიტისა და ფილიფსიტის შემცველი ქანები ისწავლება იტალიელი სწავლულების მიერ [197], ფილიფსიტის შემცველ ქანებს ფართოდ სწავლობენ და იყენებენ საქართველოში [71, 194, 209]. იაპონიაში ზოგიერთ შემთხვევაში კლინოპტილოლიტის გარდა იყენებენ მორდენიტ-შემცველ ქანებს [157]. აგრეთვე ცნობილია ერთეული ნამუშევრები მარცვლეული კულტურების ლიმინტიტ-შემცველი ქანებით განოყიერების შესახებ. მიღებულია მოსავლიანობის საუკეთესო მაჩვენებლები [187]. საუკეთესო მაჩვენებლებია მიღებული ბოსტნეულ კულტურებზე – კიტრზე და პატისონზე ლომონტიტ-შემცველი ტუფის გამოყენების შემთხვევაშიც [185].

სასოფლო-სამეურნეო კულტურებიდან პირველი, რომელზედაც იქნა გამოცდილი ბუნებრივი ცეოლითი, იყო სიმინდი. პირველი ასეთი ნამუშევარი შესრულდა იაპონიაში. იაპონელები სწავლობდნენ არა მარტო ბუნებრივი ცეოლითების გავლენას სიმინდის ზრდა-განვითარებაზე და მოსავლიანობაზე, არამედ ისინი სწავლობდნენ აგრეთვე ბუნებრივი ცეოლითების გავლენას ნიადაგში მიმდინარე პროცესებზე და მათ პირველად უწოდეს ბუნებრივი ცეოლითებს ნიადაგის კონდიციონერი [157].

იაპონიის შემდეგ ბულგარეთი არის ქვეყანა, სადაც ფართოდ სწავლობენ სოფლის მეურნეობაში, კერძოდ მემცენარეობაში, ბუნებრივი ცეოლითების გამოყენების შესაძლებლობებს. ბულგარელთა შრომებში ნაჩვენებია, რომ ბუნებრივი ცეოლითის გამოყენება ეფექტურია მინერალური სასუქების მაღალი დოზების გამოყენების შემთხვევაში მცენარის დაზიანების აღსაკვეთად. აგრეთვე

დაადგინეს მცენარის მიერ სასუქების გამოყენების კოეფიციენტის ამაღლების შესაძლებლობა. ბულგარეთი არის ერთ-ერთი ქვეყანა, სადაც ფართოდ იყენებენ ბუნებრივ ცეოლიტებს მემცენარეობაში, მ.შ. სიმინდის მოსაყვანად. მათ გამოსცადეს ბუნებრივი ცეოლითი მინერალური სასუქების ფონზე კულტურების მოყვანის ორმინდვრიანი სისტემის „სიმინდი-ხორბალი“ დროს და შესანიშნავი შედეგები მიიღეს. სიმინდის მწვანე მასის მოსავალმა შეადგინა 23,57 ტ/ჰაზე, ხოლო მარცვლისამ – 11,5 ტონა. შეტანილმა ცეოლიტმა გამოავლინა ხანგრძლივმოქმედების ეფექტი და მომდევნო კულტურის – ხორბლის მოსავალი, საკონტროლოსთან შედარებით 40%-ით გაიზარდა [213].

ბულგარელებმა ბუნებრივი ცეოლიტები გამოიყენეს თბოელექტროსადგურის „მარიცა იზტოკის“ რაიონში მწყობრიდან გამოსული ყვითელი და მწვანე თიხების რეკულტივაციისათვის. აღნიშნულ ნიადაგებში შეტანილი იქნა 0,5-დან 2%-მდე ბუნებრივი ცეოლითი, რომელმაც უზრუნველყო სიმინდის მწვანე მასის მატება 66%-ით საკონტროლოსთან შედარებით, რაც აიხსნება თიხების ფიზიკური თვისებების გაუმჯობესებით, კერძოდ, საერთო ფორიანობის 43-დან 49,3%-მდე გადიდებით [77].

ბუნებრივი ცეოლიტების შეტანით თიხა ნიადაგების პროდუქტიულობის ასამაღლებლად, ასეთივე სამუშაოები შესრულებულია სლოვაკიაში [199]. ექსპერიმენტი ჩატარდა სამეცნიერო-კვლევით სადგურში (აღმოსავლეთ სლოვაკიის ოლქი). ნიადაგი იყო მძიმე თიხა, მუხავე, სუსტი წყალგამტარობით. სიმინდისათვის განკუთვნილ ნაკვეთში, საშემოდგომო დამუშავების დროს შეიტანეს ბუნებრივი ცეოლითი 5, 10, 15 ტ/ჰაზე, მინერალური სასუქების ერთნაირ ფონზე. მოსავლის მატებამ დოზების შესაბამისად შეადგინა 17-34%. დაკვირვება ჩატარეს აგრეთვე ნიადაგის მოცულობით წონაზე, რომელმაც 0-40სმ ზონაში შეადგინა 1,3-დან 1,4 გ/სმ³-მდე [60].

იმავე ოლქში ჩატარეს ცდები ტყის მურა ფსევდოლებიან, ფსევდოგაეწრებულ ნიადაგებზე. შეიტანეს ცეოლითი 5, 10, და 15 ტ/ჰაზე. სიმინდის მოსავალი გაიზარდა 7,9-დან 8,6 ცენტნერამდე [215].

ყოფილ საბჭოთა რესპუბლიკებს შორის უკრაინა მარცვლეული კულტურების, კერძოდ ხორბლის და სიმინდის მარცვლის, ერთ-ერთი უდიდესი მწარმოებელია. ამასთან დაკავშირებით ამ რესპუბლიკაში დიდი ყურადღება მიექცა ბუნებრივი ცეოლიტის გამოყენების შესახებ ს/კ სამუშაოების ჩატარებას. ექსპერიმენტი ტარდებოდა საშუალო თიხნარ ნიადაგებზე. ცეოლიტების

გამოყენებამ დამაკმაყოფილებელი შედეგი მოიტანა. სიმინდის მოსავლის მატებამ შეადგინა 8,2 ც/ჰაზე. ათასი მარცვლის წონა გაიზარდა 327-დან 372 გრამამდე [141].

ცეოლითის 1 ჰა-ზე შესატანი დოზის გაზრდა 30 ტონამდე იძლევა ეკონომიურად გამართლებული მოსავლის მატებას [107].

ტ.ი. გრიგორაის ნაშრომში ნაჩვენებია ბუნებრივი ცეოლითის ხანგრძლივი მოქმედების მნიშვნელოვანი ეფექტი. ნიადაგის ნაყოფიერებისა და კულტურების მოსავლიანობის მონაცემების ანალიზის მიხედვით ჩანს, რომ ცეოლითი შეტანილი ნორმით 15 ტ/ჰა ინარჩუნებს ხანგრძლივმოქმედებას 6-7 წელი [68].

ხანგრძლივმოქმედების ეფექტი კარგად არის დასაბუთებული ა.ი. კისელის ნაშრომში. მონოკულტურის სახით სიმინდის მოყვანის დროს ოთხწლიანი ხანგრძლივმოქმედების ეფექტი თვალსაჩინოდ არის წარმოდგენილი ცხრილ 1-ში. 1980 წელს ნიადაგში შეტანილი 20 ტ/ჰა ბუნებრივი ცეოლითით მეოთხე წელსაც მოსავლის მნიშვნელოვანი მატება აღინიშნება [92]. ეკონომიური ეფექტიანობის თვალსაზრისით ავტორი მიიჩნევს, რომ უკეთეს შედეგს იძლევა 10 ტ/ჰა სუფთა ცეოლითის შეტანა, რადგან ამ შემთხვევაში დახარჯულ ყოველ მანეთზე შემოსავალი 3,6 მანეთია, ხოლო 20 ტონის შეტანისა – 1,55 მანეთი.

დაახლოებით იმავე წლებში რუსეთშიც ფართოდ გაიშალა ს/კ მუშაობა ბუნებრივი ცეოლითების მემცენარეობაში გამოყენების შესახებ [175]. რუსეთი მდიდარია ბუნებრივი ცეოლითების საბადოებით, რომლებიც ძირითადად განლაგებულია ციმბირსა და შორეულ აღმოსავლეთში (პეგასის, ხოლინის, შივირტუკის, მაშენსკის, ჩუგუევის, სერედელის, ხონგურეს, ლიუტაგის, ჩეხოვსკის, იაგოლინსკის). ამ საბადოებში ძირითადად წარმოდგენილია ბუნებრივი ცეოლითების შემდეგი სახეობები: კლინოპტილოლიტ-გეილანდიტი-მორდენიტი, იშვიათად – შაბაზიტი (კრასნოიარსკის მხარე) [93].

რუსეთში ცეოლითური ტუფების პირველ გამოცდებში იყენებდნენ ძეგვის საბადოს კლინოპტილოლიტ-შემცველ ტუფებს (საქართველო). პირველი ექსპერიმენტები ჩატარდა 1977-1979 წლებში, მ.შ. სიმინდზე ნოვოსიბირსკის ოლქში [159]. ამ ოლქისათვის დამახასიათებელი ნიადაგებია – გამოტუტვილი შავმიწები, საშუალო თიხნარი შემადგენლობის, საშუალო სიმძლავრის, ჰუმუსის საშუალო შემცველობით. კლინოპტილოლიტი ფქვილის სახით შექონდათ ნიადაგის თესვისწინა დამუშავების დროს. ჩვეულებრივ, პირველი საკონტროლო ვარიანტი იყო უსასუქო ნიადაგი. მეორე საკონტროლო ვარიანტში შექონდათ

ცხრილი 1. ბუნებრივი ცეოლითის გავლენა სიმიდის მწვავე მასის მოსავალზე 4
 წელიწადს მისი უცვლელად კულტივირების დროს

პარ. №№	ცეოლითის ნორმა	ნიადაგი + NPK (ფონი 1)			ნიადაგი + NPK + ნაკელი (ფონი 2)		
		მოსავალი	მოსავლის ნამატი		მოსავალი	მოსავლის ნამატი	
	ტ/ჰა	ც/ჰა	ც/ჰა	%	ც/ჰა	ც/ჰა	%

ცეოლითის შეტანის შემდეგ პირველი წელი- (1980წ) $HCP_{0,5}=7,8$ ც/ჰა

1	საკონტროლო	372,0	-	-	375,0	-	-
2	10,0	337,0	-	-	458,0	81,0	21,7
3	20,0	392,0	20,0	5,2	475,0	100,0	26,5
4	30,0	421,0	49,0	12,9	454,0	79,0	21,1
5	50,0	418,0	46,0	12,3	442,0	67,0	17,7

ცეოლითის შეტანის შემდეგ მეორე წელი (1981წ.) $HCP_{0,5}=8,9$ ც/ჰა

1	საკონტროლო	390,0	-	-	385,0	-	-
2	10,0	379,0	-	-	465,0	80,0	20,9
3	20,0	437,0	47,0	11,6	464,0	79,0	20,6
4	30,0	428,0	38,0	9,8	443,0	58,0	15,1
5	50,0	446,0	56,0	14,4	440,0	55,0	14,2

ცეოლითის შეტანის შემდეგ მესამე წელი (1982წ.) $HCP_{0,5}=12,3$ ც/ჰა

1	საკონტროლო	452,0	-	-	505,0	-	-
2	10,0	506,0	54,0	11,8	609,0	104,0	20,8
3	20,0	573,0	121,0	26,6	581,0	76,0	15,1
4	30,0	541,0	89,0	19,5	567,0	62,0	12,3
5	50,0	532,0	80,0	17,5	586,0	81,0	16,0

ცეოლითის შეტანის შემდეგ მეოთხე წელი (1983წ.) $HCP_{0,5}=6,3$ ც/ჰა

1	საკონტროლო	245,0	-	-	298,0	-	-
2	10,0	318,0	72,0	29,4	325,0	27,0	9,1
3	20,0	363,0	118,0	47,8	363,0	65,0	21,9
4	30,0	330,0	95,0	34,6	292,0	-	-
5	50,0	308,0	63,0	25,8	298,0	-	-

ოთხი წლის საშუალო მაჩვენებლები

1	საკონტროლო	365,0	-	-	391,0	-	-
2	10,0	385,0	20,0	5,4	464,0	73,0	18,8
3	20,0	441,0	76,0	20,7	471,0	80,0	20,5
4	30,0	430,0	65,0	17,8	439,0	48,0	12,4
5	50,0	426,0	61,0	16,7	441,0	50,0	13,0

N₈₀P₆₀ და K₁₀₀ კვ/ჰაზე. ბუნებრივი ცეოლითის შეტანით სიმინდის მწვანე მასის მოსავალი პირველ საკონტროლოსთან შედარებით (355 ც/ჰა), გაიზარდა 66-129 ც/ჰაზე, ანუ 18-36%-ით. ამავე დროს საცდელ დანაყოფებზე მცენარის სიმაღლე 25-60 სმ-ით მეტი იყო, ვინემ პირველ საკონტროლო ვარიანტზე. პროდუქციის ხარისხშიც აღინიშნებოდა ცვლილებები. სიმინდის მწვანე მასაში გაიზარდა მშრალი ნივთიერების შემცველობა. ამავე ნაშრომში ერთმანეთთან შედარებულია ძეგვისა და პეგასის საბადოს ცეოლითები და დადგენილია, რომ ძეგვის ცეოლითის ეფექტურობა რამდენადმე სჭარბობდა პეგასის ცეოლითის ეფექტურობას. შემდგომ წლებში რუსეთში ამ მიმართულებით მუშაობა ინტენსიურად გაგრძელდა და გამოქვეყნდა მთელი რიგი შრომები [160, 161]. იდენტური შედეგები იქნა მიღებული სიმინდის კულტურაზე ბუნებრივი ცეოლითების გამოყენების შემთხვევაში შორეული აღმოსავლეთის პირობებში [70, 181].

პრიმორსკის მხარეში ხუთი წლის (1975-80წწ) მანძილზე სიმინდზე ჩატარებული ექსპერიმენტებით, სადაც გამოყენებული იყო ჩუგუევსკის საბადოს ცეოლითები, ნორმით 5-20 ტ/ჰა-ზე, მიღწეულია სიმინდის მწვანე მასის მოსავლის სარწმუნო მატება.

ამერიკის შეერთებული შტატები მდიდარია ბუნებრივი ცეოლითებით. იქ მოიპოვება დღეისათვის ცნობილი ცეოლითების ყველა სახე [195]. ცნობილი ამერიკელი სწავლულები თვლიან, რომ მემცენარეობაში ბუნებრივი ცეოლითების გამოყენება, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის ამაღლების, აგრეთვე წყლის აუზისა და ნიადაგის დაბინძურებისგან დაცვის მიზნით და იმავდროულად გამოფიტული ნიადაგების რეკულტივაციისათვის სრულიად მისაღებია [211, 204]. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ სიმინდზე და სოიაზე ჩატარებული გამოკვლევები ცოტაა [212], მაგრამ ლაბორატორიულ პირობებში, საეგეტაციო ჭურჭლებში შაქრის სიმინდზე (*Zea mays*) ჩატარებული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ამონიუმის კათიონებით გამდიდრებული კლინოპტილოლიტის გამოყენების შემთხვევაში მცენარის განვითარების სიჩქარე, ფოთლის ზედაპირის ფართი და აზოტის შეთვისება ამონიზირებული კლინოპტილოლიტიდან, ბევრად აღემატება საკონტროლოდ გამოყენებულ ამონიუმის სულფატს. ამავე ცდაში შეისწავლეს NH₄-ისა და NO₃-ის

გამორეცხვის სიდიდეები, რაც გაცილებით ნაკლებია ამონიზირებული კლინოპტილოლიტის გამოყენების შემთხვევაში.

იმავე ავტორებმა სავეგეტაციო ჭურჭლებში ჩატვირთეს ქვიშა ნიადაგი და საკონტროლო ვარიანტში ჩაუმატეს ამონიუმის სულფატი, სხვა ვარიანტებში კი – ამონიზირებული კლინოპტილოლიტი და ჩათესეს სიმინდის თესლი. ექსპერიმენტის შედეგებმა აჩვენა, რომ საკონტროლოდან აზოტის დანაკარგი გაცილებით მეტი იყო, ვინემ საცდელი ვარიანტებიდან, რამაც უზრუნველყო მცენარის ნორმალური ზრდა-განვითარება, ვინემ საკონტროლო ვარიანტზე. ანუ ამონიზირებული კლინოპტილოლიტის გამოყენებით შეიქმნა მცენარის მიერ აზოტის შეთვისების ოპტიმალური პირობები, რამაც განაპირობა მცენარის ნორმალური ზრდა-განვითარება.

საქართველო მდიდარია ბუნებრივი ცეოლითებით. კლინოპტილოლიტ-გეილანდიტი, მორდენიტი, ლომონტიტი ძირითადად მოიპოვება აღმოსავლეთ საქართველოში, ხოლო ანალციმი და ფილიფსიტი დასავლეთ საქართველოში [48]. პირველი ნამუშევრები მემცენარეობაში ბუნებრივი ცეოლითების გამოყენების შესახებ გამოჩნდა 1976-78 წლებში [116]. ამჟამად საქართველოში ინტენსიური მუშაობა მიმდინარეობს ბუნებრივი ცეოლითების გამოყენებით მრავალი სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გასანოყიერებლად მათი აგროტექნიკური ნორმების დასადგენად, ნიადაგის ეკოლოგიური სიტუაციის გათვალისწინებით [25, 77].

სიმინდის მოსაყვანად ბუნებრივი ცეოლითების გამოყენებაზე პირველი ცდები საქართველოში ჩატარდა 1982-85 წლებში [114]. ექსპერიმენტი ჩატარდა კასპის რაიონის სოფელ ზემო ხანდაკში. ნიადაგი განეკუთვნებოდა „მძიმე თიხა“ მიწების კატეგორიას. სასუქად გამოყენებული იყო ბუნებრივი ცეოლითის – კლინოპტილოლიტისა და ღორის ახალი ნაკელის 1:1-თან შეფარდებით ნაზავი. აღნიშნული ნაზავი გამოიცადა სიმინდის ორ ჯიშზე „კრასნოდარული 5“ და ქართული 52“-ზე. მოსავლიანობამ მიაღწია შესაბამისად 67,8 და 75 ც/ჰაზე, რაც საკონტროლო I-თან შედარებით შეადგენს 20,3 და 25,6%-ს. ნაჩვენებია, რომ ადგილი აქვს ზოგიერთი ბიოქიმიური მაჩვენებლების გაუმჯობესებას მიღებულ მარცვალში. რიგ შემთხვევებში ცილისა და შაქრის შემცველობა გაიზარდა 1-1,5%-ით.

სხვა ექსპერიმენტი ჩატარდა 1984 წელს საქართველოს მელიორაციისა და აგროქიმიის ს/კ ინსტიტუტის ჯანდარის საყრდენ პუნქტზე (ქვემო ქართლი). ნიადაგი იყო მონაცრისფრო-ყავისფერი ძლიერ დამლაშებული. მექანიკური შედგენილობის მიხედვით განეკუთვნება მძიმე თიხნარებს, ფოსფორისა და აზოტის მოძრავი ფორმების დაბალი შემცველობით. ნიადაგის pH მერყეობდა 8,3-8,5-ის ფარგლებში. ისწავლებოდა ხეკორძულას კლინოპტილოლიტისა და მინერალური სასუქების ერთობლივი მოქმედება საშემოდგომო ხორბალ-სიმინდის კულტურაზე. ცდა ჩატარდა 1985-1986 წლებში. საშემოდგომო ხორბლის დათესვის წინ შეიტანეს ნიადაგში ცეოლითი 45 ტონა და $N_{120}P_{120}K_{90}$ კგ/ჰაზე. ხორბლის ადების შემდეგ ნაწვერალებზე დაითესა სიმინდი მწვანე სასილოსე მასად. სიმინდის მწვანე მასის ადების შემდეგ იმავე წელს დაითესა საშემოდგომო ხორბალი. მომდევნო წელს საშემოდგომო ხორბლის ადების შემდეგ დათესეს (ივლისის I დეკადა) სიმინდი მწვანე მასად სასუქების შეტანის გარეშე. ორი წლის საშუალო მაჩვენებლების მიხედვით მიღებულია სიმინდის მწვანე მასის მოსავალი 282,1 ც/ჰაზე, რომელიც 100,8 ცენტნერით ჭარბობს საკონტროლოს.

ბუნებრივი ცეოლითების კლინოპტილოლიტის და ფილიფსიტის, აგრეთვე მათი მონაწილეობით დამზადებული ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გამოყენებით, სიმინდის კულტურის განოყიერების საკითხის შესასწავლად ექსპერიმენტების სერია განხორციელდა ზუგდიდის რაიონის სოფელ ჭკადუაში ერთ-ერთ ფერმერულ მეურნეობაში (დასავლეთ საქართველოს ჭარბტენიანი სუბტროპიკული ზონა) [72]. ამ რეგიონების ნიადაგები ძირითადად გაეწრებული წითელმიწებია, რომელთათვისაც დამახასიათებელია ხსნარის მუავე რეაქცია ($pH=4,5$) და დაბალი ნაყოფიერება, ამის გამო სიმინდის მოსაყვანად ნაკლებ ეფექტურია. ექსპერიმენტი დაიწყო 2000 წელს და გრძელდებოდა 2004 წლამდე. საკონტროლო II ვარიანტში მინერალური სასუქები შექონდათ ყოველწლიურად, ხოლო ბუნებრივი ცეოლითები და ორგანულ-ცეოლითური სასუქები შეიტანეს ერთხელ 2000 წელს. ეს ნიშნავს იმას, რომ ისწავლებოდა როგორც მოქმედების, ისე შემდგომმოქმედების ეფექტი. დაადგინეს, რომ ორგანულ-ცეოლითური სასუქები ადგილობრივ პირობებში კონკურენტუნარიანი არიან მინერალური სასუქების მიმართ, ამასთან მათი ეფექტურობა დამოკიდებულია მათ სახეობებზე. ასე, მაგალითად, კლინოპტილოლიტთან შედარებით უფრო

ეფექტურია ფილიფსიტის ზემოქმედება სიმინდის მოსავლიანობის ამაღლების თვალსაზრისით. ორგანულ-ცეოლითური სასუქების შემდგომმოქმედება მკვეთრად გამოხატულია შეტანიდან მესამე (2003) წელსაც. ბუნებრივი ცეოლითების და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების დადებითი ზეგავლენა სიმინდის მოსავლიანობაზე აისახა როგორც მწვანე მასის, ისე მარცვლის რაოდენობაზე.

სიმინდის მარცვლისა და მწვანე მასის ხარისხობრივი მაჩვენებლები დადგენილი ბიოლოგიური მაჩვენებლების მიმართ ნორმაშია.

სიმინდის ინტენსიური ტექნოლოგიით მოყვანა მოითხოვს მაღალეფექტური ჰერბიციდების გამოყენებას. უკანასკნელ პერიოდში სიმინდის ნათესებში სარეველების მოსასპობად რეკომენდებულია ახალი, მაღალეფექტური ჰერბიციდი ერიდიკანი. ის წარმოადგენს ადვილად აქროლად ნივთიერებას, რომელც მზის ინსოლიაციის და ჭარბი ტენის გავლენით ადვილად ორთქლდება და იშლება. ამის გამო მისი ეფექტურობა სამხრეთ რაიონებში მნიშვნელოვნად მცირდება. ამ ნაკლოვანების გადასალახავად ავტორებმა [104] ბუნებრივ ცეოლითში ერიდიკანის მოდიფიცირებით შექმნეს ნაკლებად აქროლადი ჰერბიციდი, რომელსაც ექნება ცეოლითში გრანულირებული ფორმა. გრანულები დამზადდა 5 და 10% ერიდიკანის ემულსიისაგან. ნაჩვენებია, რომ გრანულირებული ერიდიკანის მოქმედება უფრო ხანგრძლივია, ვინემ ჩვეულებრივი ემულსიისა. ასე, მაგალითად, ერიდიკანი შეტანილი ნიადაგში ემულსიის სახით 30 საათის გასვლის შემდეგ არ აღმოჩნდა, ხოლო გრანულის სახით შეტანილი 72 საათის შემდეგაც აღმოჩნდა. ერიდიკანის ასეთი წესით გამოყენებამ გარკვეულწილად გაზარდა სიმინდის მწვანე მასის მოსავლიანობა, ემულსიის სახით გამოყენების შემთხვევაში 17%-ით, 5% გრანულის სახით – 44%-ით და 10% გრანულის სახით – 46%-ით.

ამგვარად: მოტანილი მონაცემები მიუთითებენ, რომ სიმინდის კულტურის გასანოყიერებლად ბუნებრივი ცეოლითების გამოყენება როგორც სუფთა სახით, ისე მინერალურ და ორგანულ სასუქებთან კომბინაციაში, დიდ გავლენას ახდენს მცენარის ზრდა-განვითარებაზე, მოსავლიანობაზე და პროდუქციის ხარისხზე და განსაკუთრებით ეს მკვეთრად ვლინდება დაბალნაყოფიერ, გაეწრებულ მუავე, ეკოლოგიურად წონასწორობამოშლილ, დეგრადირებულ, საკვები ელემენტებით ღარიბ ნიადაგებზე.

სოია, როგორც სიმინდი, იყო ერთ-ერთი ის კულტურა, რომელზედაც გამოიცადა ბუნებრივი ცეოლითები. როგორც სიმინდის შემთხვევაში, სოიაზე პირველი სამუშაოები შესრულდა იაპონიაში [162].

1976 წელს იაპონიის მთიან ზონაში, რომელიც დაფარული იყო ვულკანური ფერფლით, ჩაატარეს მცირე ექსპერიმენტი, ბუნებრივი ცეოლითის გამოყენებით, მწვანე მასის სახით, სოიას მოყვანაზე. საცდელი დანაყოფის ფართობი იყო 5,4მ², ორ განმეორებაში. ცდაში გამოყენებული იყო ბუნებრივი ცეოლითის ერთ-ერთი სახე მორდენიტ-შემცველი ტუფი, რომელიც შეიტანეს საცდელ ნაკვეთზე 35 ტონის ანგარიშით ჰექტარზე, ანუ საცდელ დანაყოფზე – 18,9 კგ. ბუნებრივი ცეოლითის მორდენიტის ეფექტურობა ისწავლებოდა მინერალური სასუქების სხვადასხვა დოზების ფონზე: 1) დაბალი – N₁₅P₅₀K₅₀, 2) საშუალო N₃₀P₁₀₀K₁₀₀ და 3) მაღალი – N₆₀P₂₀₀K₂₀₀ კგ/ჰაზე. ერთ შემთხვევაში ამ მინერალურ სასუქებს და ცეოლითის ფქვილს ურევდნენ თესლში და ცეოლითით გამდიდრებულ თესლს თესავდნენ ნიადაგში და უწოდებდნენ კონტაქტურ გამოკვებას. სხვა შემთხვევაში მინერალურ სასუქებს ურევდნენ ცეოლითში და შექონდათ ნიადაგში, ხოლო თესლს თესავდნენ შეტანის შემდეგ და უწოდებდნენ გაყოფილ გამოკვებას.

სოია დათესეს 29 ივნისს, 3 მეტრის სიგრძის მწკრივში 22 ცალი თესლი, ე.ი. თესლებს შორის 13-15 სმ მანძილზე. მწვანე მასის მოსავალი აიღეს 19 სექტემბერს.

ბუნებრივი ცეოლითებით როგორც კონტაქტური, ისე გაყოფილი წესით, გამოკვებამ დადებითი გავლენა მოახდინა სოიას თესლის აღმოცენებაზე, მინიმუმამდე იქნა დაყვანილი გაუღვივებელი თესლების რაოდენობა. გარკვეული განსაზღვრული გავლენა მოახდინა სოიას მწვანე მასის მოსავლიანობაზე ბუნებრივი ცეოლითის გამოყენების მეთოდიკამ.

მორდენიტის დადებითი ზეგავლენა სოიას მწვანე მასის მოსავლიანობაზე გამოვლინდა მისი კონტაქტური წესით შეტანის შემთხვევაში. მწვანე მასის მოსავალი, გამოყენებული სასუქების და ცეოლითის დოზების ზრდის კვალობაზე, გაიზარდა 64-დან 450%-მდე. ეს კოლოსალურად დიდი მაჩვენებელია. გარდა ამისა, ცეოლითი ეფექტური აღმოჩნდა მინერალური სასუქების ჭარბი რაოდენობით გამოყენების შემთხვევაში, გაიზარდა მცენარეთა მიერ სასუქების

გამოყენების კოეფიციენტი და მკვეთრად შემცირდა მათგან გამოწვეული დაზიანებები.

სამწუხაროდ, ლიტერატურაში ცოტაა მონაცემები ბუნებრივი ცეოლითების სოიას კულტურაზე გამოყენების შესახებ. არსებობს ერთეული მონაცემები სხვა მარცვლეულ-პარკოსან კულტურებზე ბუნებრივი ცეოლითების გამოყენების შესახებ. ასე, მაგალითად, დასავლეთ ციმბირში გამოტუტილ, მძიმე თიხნარ შავმიწებზე 1988-89 წლებში ისწავლებოდა ბუნებრივი ცეოლითების გავლენა სამარცვლე ბარდის ჯიში „ტრუენიკის“ ზრდა-განვითარებაზე, მოსავლიანობაზე და მარცვლის ხარისხზე. ფენოლოგიური დაკვირვების მასალების ანალიზით დადგინდა, რომ ცეოლითის გავლენით დაჩქარებულია ფენოფაზების გავლა და სავეგეტაციო პერიოდი მთლიანობაში. ბუნებრივი ცეოლითის 5 ტ/ჰაზე შეტანით ბარდის მარცვლის მოსავალი გაიზარდა 10,7%-ით. ბარდის მარცვლის ანალიზმა უჩვენა მარცვალში კალციუმის შემცველობის ზრდა.

სხვა მეორე ნაშრომში, რომელიც შესრულებულია იაკუტიაში, მოტანილია მონაცემები, რომლებიც მოწმობენ, რომ ხონგურინს (ხონგურის საბადოს ცეოლითი-კლინოპტილოლიტი-გეილანდიტის შემცველობით. იაკუტია) იყენებენ შემავსებლად ზრდის სტიმულატორში. ლაბორატორიულ პირობებში ისწავლებოდა ხენგურინით იმობილიზებული ჰეტეროაუქსინის დოზები შტაბიანი ლობიოს კალმის დაფესვიანებაზე. მნიშვნელოვნად კარგი შედეგებია მიღებული.

საქართველოში უახლოესი პერიოდის ნამუშევრებში ნაჩვენებია, რომ საქონლის ახალი ნაკელით და ფილიფსიტით დამზადებული ორგანულ-ცეოლითური სასუქის გამოყენებით შესაძლებელია სოიას ზრდა-განვითარების ფაზების დაჩქარება. ცდა ჩატარდა დასავლეთ საქართველოს ჭარბტენიან ზონაში მინდურის პირობებში სუფთად ნათეს სოიაზე. დადგენილია, რომ სოიას თესლის ნიტრაგინით წინასწარი ინოკულაციის გარეშე, საქონლის ახალ ნაკელში მოდერნიზებული ფილიფსიტის ნიადაგში შეტანით შესაძლებელია სოიას ფესვებზე კოჟრის ბაქტერიების წარმოშობისა და აქტივობის მნიშვნელოვანი სტიმულაცია, რაც საბოლოო ჯამში უზრუნველყოფს სოიას მოსავლიანობის ზრდას 40%-ით საკონტროლოსთან შედარებით [209].

მსოფლიოს მთელ რიგ ქვეყნებში და, მ.შ. საქართველოშიც, დიდძალი სამუშაოებია ჩატარებული ბუნებრივი ცეოლითების როგორც ღია, ისე დაცული

გრუნტის, მებოსტნეობაში და მეკარტოფილეობაში გამოყენების შესახებ [6, 19, 29, 31, 32, 40, 43, 44, 74, 75, 78, 97, 98, 103, 152].

სახლვარგარეთელი და ჩვენი მეცნიერების გამოკვლევების შედეგების ანალიზი გვაძლევს უფლებას გავაკეთოთ მთელი რიგი დასკვნები, რომლებიც მოწმობენ ბუნებრივი ცვლილებების დადებით ზემოქმედებას საცდელი კულტურების ზრდა-განვითარებაზე და მოსავლიანობაზე:

1. დადგენილია, ცვლითშემცველი მთის ქანების მცენარეზე ზემოქმედების განსაკუთრებული ეფექტი, უნაყოფო, დეგრადირებულ, გამოფიტულ ნიადაგებზე და აგრეთვე ნიადაგებზე, რომლებიც დაბინძურებულია მძიმე მეტალებით, მეტალურგიული და სამთო წარმოების ნარჩენებით და სხვა.

2. ცვლითი აუმჯობესებს როგორც სასათბურე გრუნტების, ისე ღია გრუნტის, ნიადაგების ფიზიკურ-წყლოვან, აგროქიმიურ და აგროეკოლოგიურ თვისებებს, ტენთშემცველობისა და ჰერგამტარობის ამაღლებით, მცენარის ფესვთა სისტემის რიზოსფეროსთვის ხელსაყრელი პირობების შექმნით.

3. ცვლითი მინერალურ სასუქებთან შეთანაწყოებაში ავლენს ხანგრძლივმოქმედების უნარს, სასუქების ნაწილის აკუმულაციით და შემდგომ მცენარეზე თანდათანობით მიწოდებით, ამით ამცირებს გარემოს ეკოლოგიური დატვირთვის ხარისხს დროში და სივრცეში. ხანგრძლივმოქმედების ეს ეფექტი, სხვადასხვა მკვლევარების დასკვნებით, გრძელდება 5-10 წელი.

4. ბუნებრივი ცვლითების ნიადაგში შეტანა, განსაკუთრებით ორგანულ სასუქებთან (ფრინველის, ღორის, საქონლის და სხვა სახის ახალი ნაკელი) კომბინაციაში, ააქტიურებს ნიადაგის მიკრობულ პეიზაჟს. განსაკუთრებით აქტიურდება თავისუფალი აზოტფიქსატორი და ნიტრიფიკატორი ბაქტერიები. აღნიშნულია, რომ მუავე ნიადაგებში (გაწრებული ყვითელი და წითელმიწები, აღუვიურ ლებიანი ნიადაგები და სხვა) მოლეკულურ აზოტმაფიქსირებელი ბაქტერიების რიცხოვნობა იზრდება 30-40%-ით და ამ პროცესს, გარკვეული შენელებული ტემპებით, ადგილი აქვს შემოდგომა-ზამთარშიც კი [182; 189]. ამგვარად იქმნება აზოტოვანი სასუქების გამოყენების მასშტაბების შემცირების ან მათზე უარის თქმის შესაძლებლობა. დადგენილია გარკვეული კორელაცია მოსავლიანობის ამაღლებასა და ნიადაგში სასარგებლო მიკროორგანიზმების შემცველობას შორის [190].

5. დადგენილია, რომ ბუნებრივი ცეოლითების გავლენით მუავე ნიადაგებში ვითარდება გიგანტური ამებები (50-60 მიკრონი). ეს ირიბად მიუთითებს ნიადაგის ფორიანობისა და სტრუქტურეანობის ზრდაზე.

6. ცნობილია, რომ მცენარეთა უმრავლესობის რეაქცია, მუავე ნიადაგის მოკირიანების მიმართ დადებითია. იმდენად, რამდენადაც ბუნებრივ ცეოლითებს აქვთ არეს ტუტე რეაქცია, მათ გარდა სპეციფიური ზემოქმედებისა ნიადაგზე, შეუძლიათ გატუტიანებაც.

7. შემჩნეულია, რომ სხვადასხვა სახეობის მცენარეები განსხვავებულად რეაგირებენ ერთი და იგივე ცეოლითური მინერალის ზემოქმედებაზე და, პირიქით, სხვადასხვა სახის ცეოლითები სხვადასხვანაირად ზემოქმედებენ ერთი და იგივე მცენარის მოსავლიანობაზე. აქედან გამომდინარე, საჭიროა მათი ურთიერთობების გარკვეულ მაჩვენებლებში სინქრონიზაცია (შეთანაწყობა) [200, 186].

8. ცეოლითშემცველი მინერალების ნიადაგში არსებობა გამორიცხავს ნიტრატების დაგროვებას მცენარეში და მათ დაინფიცირებას პათოგენებით, ობის სოკოების ღიზისის გამო.

9. წინასწარი მონაცემებით მიჩნეულია, რომ ბუნებრივი ცეოლითების ნიადაგში შეტანა თრგუნავს ზოგიერთი სახის სარეველებს.

10. ბუნებრივი ცეოლითების ნიადაგში შეტანით ჩქარდება მცენარის ვეგეტატიური და გენერაციული ორგანოების ფორმირების ინტენსივობა. ადგილი აქვს ფოტოსინთეზური აპარატის ზრდის გაძლიერებას, რასაც საბოლოო ჯამში მიყვევართ სასოფლო-სამეურნეო კულტურების საადრეო მოსავლის ფორმირებამდე. გარდა ამისა, ბუნებრივი ცეოლითების ორგანულ და მინერალურ სასუქებთან გარკვეული შეფარდებით ნაზავში გამოყენებისას ადგილი აქვს მცენარის სქესის წარმართვას მამრობითიდან დედრობითისკენ, რაც თავისთავად მოიცავს დიდ ინტერესს, რადგან ის დადებით გავლენას ახდენს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობაზე.

11. ბუნებრივი ცეოლითები გავლენას ახდენენ მცენარის ბიოქიმიურ შედგენილობაზე. ბუნებრივი ცეოლითების გავლენით, კერძოდ, დიდდება კაროტინის შემცველობა სტაფილოში.

ამგვარად: ბუნებრივი ცეოლითების შესახებ ლიტერატურულ მიმოხილვაში მოტანილი მასალები გვაფიქრებინებს, რომ ბუნებრივი ცეოლითების

გამოყენებით მსოფლიოს სხვადასხვა კონტინენტზე არსებული ქვეყნების, მრავალფეროვან კლიმატურ-ნიადაგობრივ პირობებში, სხვადასხვა კულტურების, მ.შ. სიმინდისა და სოიას, მოსავლიანობის ასეთი სარწმუნო მატების კრიტერიუმი მდგომარეობს არა მათი სასუქებრივი თვისებების გამოვლენაში, არამედ მათი გავლენით ნიადაგში მიმდინარე მრავალფეროვანი ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების მიმართულებების შეცვლასა და ამ შეცვლილი მიმართულებების ნიადაგისა და მცენარის სასარგებლოდ წარმართვისა და სტიმულირების უნარში, რაც გამოიხატება ნიადაგის კონდიციონერებაში (ბუნებრივ ცეოლითებს ნიადაგის კონდიციონერი პირველად იაპონელებმა უწოდეს) ანუ ეკოსისტემაში „ნიადაგი-მცენარე“ ეკოლოგიური დისკომფორტის შემცირებაში ან სრულ ლოკალიზაციაში. აქედან გამომდინარე, ჩვენ დაინტერესება სწორედ ამ კუთხით წარიმართა, ანუ ჩვენ გვაინტერესებს მსოფლიოს მასშტაბით ექსპერიმენტით მიღებული დადებითი შედეგები, რა მექანიზმებით არის გამოწვეული? ნიადაგში ბუნებრივი ცეოლითების შეტანა რა პროცესებს განავითარებს? მათი შეტანა მართავეს თუ არა ნიადაგის ნაყოფიერებისა და მცენარის მოსავლიანობის ამაღლების, აგრეთვე ეკოსისტემაში „ნიადაგი-მცენარე“ ეკოლოგიური წონასწორობის დამყარების პროცესებს?! საკითხის ასეთი კუთხით დაყენებამ მიგვიყვანა იმ დასკვნამდე, რომ ბუნებრივ ცეოლითებს, როგორც ნიადაგწარმოქმნის ბუნებრივი პროცესების მონაწილეებს და საფუძველს, დაფუძვლილი სახით, გარკვეული რაოდენობით ნიადაგში თუ შევიტანთ, ჩვენ გავიმეორებთ ნიადაგის, როგორც ბუნების ნაწილის, დაჩქარებული ტემპებით წარმოქმნისა და ფორმირების პროცესებს შემჭიდროებულ ვადებში. ეს კი მიუთითებს ბუნებრივი ცეოლითების, როგორც ზედმიწევნით იაფი და პერსპექტიული ნედლეულის მიწათმოქმედებაში და, შესაბამისად მემცენარეობაში, გამოყენების მიზანშეწონილობაზე, კერძოდ, ისეთ აგროკლიმატურ ზონაში, როგორც კოლხეთის დაბლობია და ისეთ ძვირფას სასოფლო-სამეურნეო კულტურებში, როგორცაა სიმინდი და სოია. აგრეთვე ნიადაგსა და მცენარეში დარღვეული ეკოლოგიური წონასწორობის აღსადგენად.

თავი II. მსკერიმენტის ჩატარების ზონის აბროკლიმატური მახასიათებლები

კოლხეთის დაბლობი მდებარეობს საქართველოს დასავლეთ ნაწილში კოდორის, ღალიძგის, ოქუშის, ენგურის, ხობის, რიონის, სუფსის, ნატანების და სხვა მდინარეების ქვემოთინებაზე და გადაჭიმულია შავი ზღვის აღმოსავლეთ სანაპიროს გასწვრივ მდინარე კოდორიდან მდინარე კინტრიშამდე [35].

კოლხეთის დაბლობი წარმოადგენს ზღვისკენ დახრილ დაჭაობებულ ალუვიურ ვაკეს 20-30 მეტრამდე სიმაღლით ზღვის დონიდან.

ადგილმდებარეობის სუსტი დახრილობის გამო (სამტრედიიდან დასავლეთით დაბლობის დაქანების საშუალო დახრილობა $0,00032^{\circ}$ შეადგენს) ზედაპირული წყლების ჩადინება მეტად გაძნელებულია, რაც დაბლობის დაჭაობების ერთ-ერთი გამომწვევი მიზეზია [35].

II.1. კოლხეთის დაბლობის მოკლე აბროკლიმატური მახასიათებლები

– კოლხეთის დაბლობის კლიმატი ჭარბტენიანია, სუბტროპიკული ჰავით, ხასიათდება უხვი ატმოსფერული ნალექებით, ჰაერის მაღალი შეფარდებითი ტენიანობით, შედარებით თბილი ზამთრით და გრილი ზაფხულით. ეს განპირობებულია შავი ზღვით და მაღალი მთებით (კავკასიონი), რომელიც სამი მხრიდან ესაზღვრება დაბლობს.

საშუალო დღე-ღამური ტემპერატურა წლის განმავლობაში კოლხეთის დაბლობის სანაპირო ზოლზე $13,5^{\circ}$ ქვემოთ არ ეცემა, ხოლო ზღვიდან მოცილებულ ადგილებში, კერძოდ, ზუგდიდში უდრის $13,8^{\circ}$ -ს, ხეთაში $14,3^{\circ}$ -ს, სამტრედიაში $14,7^{\circ}$ -ს (ცხრილი 2).

შემოდგომა აქ გაზაფხულზე უფრო თბილია. ზამთარი ჩვეულებრივ თბილია, მიმდინარეობს საგრძნობი ყინვების გარეშე და ხშირად თბილი შემოდგომა ტემპერატურის მნიშვნელოვანი ცვლილებების გარეშე, გადადის ზამთარში. ზამთარი ჩვეულებრივ იწყება 16 დეკემბერს და შეიძლება გაგრძელდეს 15 მარტამდე. უყინვო პერიოდი 275 დღეა. [12]

სასოფლო-სამეურნეო თვალსაზრისით ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის ტემპერატურას, რომელიც ჰაერის ტემპერატურასთან ერთობლიობაში ქმნის მცენარისათვის საჭირო თბურ რეჟიმს. აქ ნიადაგის ყველაზე დაბალი ტემპერატურაა იანვარში (5°C), ყველაზე მაღალი ივლის-აგვისტოში (28°C), მაშინ როცა ამ თვეებში, ივლის-აგვისტოში ჰაერის საშუალო ტემპერატურა შესაბამისად $22,9^{\circ}\text{C}$ - $23,1^{\circ}\text{C}$ -ის ფარგლებშია, სხვაობა თითქმის 5°C -ია, რაც ქმნის ფესვთა სისტემის ინტენსიური ფუნქციონირების პირობას.

ცხრილი 2. სამეგრელო-ზემო სვანეთის რეგიონის (ზღვიდან 40 კმ-მდე დაცილებული ზონის) კლიმატის ძირითადი მახასიათებლები (მრავალწლიური საშუალო) [34].

ძირითადი მახასიათებლები	დასახლებული პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი												წლიური	ცივი პერიოდი XI-III	თბილი პერიოდი IV-X
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
ჰაერის საშ. დღეღამური ტემპერატურა (გრადუსი)	ზუგდიდი	4,9	5,5	8,2	12,3	17,0	20,3	22,6	22,7	16,2	15,1	10,5	6,8	13,8	-	-
	დარჩელი ანაკლია	5,4	6,2	8,6	11,6	16,4	20,2	22,8	22,9	19,6	15,4	11,4	7,2	14,0	-	-
ნიადაგის საშ. ტემპერატურა (გრადუსი)	ზუგდიდი	4,0	4,0	8,0	13,0	19,0	23,0	25,0	25,0	20,0	16,0	10,0	5,0	14,0	-	-
	დარჩელი ანაკლია	4,0	5,0	9,0	15,0	20,0	26,0	28,0	26,0	22,0	15,0	10,0	6,0	15,0	-	-
ნალექების რაოდენობა (მმ-ში)	ზუგდიდი	168,0	133,0	137,0	109,0	110,0	148,0	164,0	140,0	161,0	154,0	124,0	129,0	1657,0	671,0	986,0
	დარჩელი ანაკლია	130,0	106,0	109,0	108,0	70,0	99,0	171,0	155,0	178,0	160,0	114,0	121,0	1516,0	580,0	936,0
ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა %%	ზუგდიდი	76,0	74,0	74,0	72,0	77,0	75,0	82,0	82,0	84,0	80,0	73,0	72,0	77,0	-	-
	დარჩელი ანაკლია	76,0	75,0	76,0	78,0	83,0	84,0	85,0	86,0	86,0	81,0	75,0	74,0	80,0	-	-

საერთოდ, კოლხეთის დაბლობი ხასიათდება ჭარბი ატმოსფერული ნალექებით, რომლის წლიური ჯამი ცალკეული პუნქტების მიხედვით მერყეობს 1300-2300მმ ფარგლებში. ანაკლიის პუნქტზე (ჩვენს საცდელ ნაკვეთთან ყველაზე ახლოს მდებარე პუნქტი) ის უდრის 1516 მმ-ს. ცივ პერიოდში (XI-III თვე) ნალექების რაოდენობა კოლხეთის დაბლობზე მერყეობს 500-1000 მმ ფარგლებში. თბილ პერიოდში კი (IV-X თვე) – 900-1000 მმ ფარგლებში. ანაკლიის პუნქტზე ცივ პერიოდში მოდის 580 მმ, ხოლო თბილ პერიოდში – 936 მმ. (ცხრილი 2). ნალექების ინტენსიურობის მიხედვით მნიშვნელოვნად განსხვავდება კოლხეთის დაბლობის ცალკეული პუნქტი, კოკისპირული წვიმები შეიძლება იყოს ყველა თვეში, მაგრამ ხშირად მას ადგილი აქვს წლის მეორე ნახევარში. ნალექები უმთავრესად წვიმის სახით მოდის, თოვლის სახით – იშვიათად.

ატმოსფერული ნალექების სიუხვე და სითბო ხელს უწყობს ჰაერის მაღალი შეფარდებითი ტენიანობის წარმოქმნას, რომელიც ზაფხულობით (აგვისტოში) ზღვაურის (ზღვიდან ნაქროლი ქარი) გავლენით 82%-მდე აღწევს. ანაკლიის პუნქტში აგვისტოში ის 86%-საც აღწევს.

როგორც აღვნიშნეთ, კოლხეთის დაბლობის მთელი ტერიტორიისათვის დამახასიათებელია ჭარბი ტენიანობა, ჰაერის მაღალი ტემპერატურული რეჟიმის ოკეანური ხასიათი, მზის მაღალი აქტივობა, დასავლეთისა და აღმოსავლეთის ქარების სეზონური ცვლა, რაც ძირითადად მუსონურ ხასიათს ატარებს და იწვევს ამინდის მკვეთრ ცვლილებებს. კოლხეთის დაბლობისათვის დამახასიათებელია კლიმატური პირობების ფონზე მიკროკლიმატური ხასიათის სხვაობები, რომელიც განპირობებულია ზღვიდან მისი ცალკეული უბნების სიშორით, დაჭაობებული მასივებით, წყალსაცავებით, ტყე-მცენარეულობითა და რელიეფის სხვადასხვა ელემენტებით.

ყოველივე ამის გათვალისწინებით კოლხეთის დაბლობზე გამოიყოფა ორი მიკროკლიმატური ზონა: ზღვის უშუალო სანაპირო 10-15 კმ-იანი ზოლი და მისი აღმოსავლური ნაწილი. ჩვენი საცდელი ნაკვეთი მდებარეობს პირველ მიკროკლიმატურ ზონაში, სადაც ამ ზონის ზღვასთან უშუალო კონტაქტის შედეგად ინტენსიურად მოქმედებს ბრიზები ანუ დღისით ტენიანი ჰაერი ზღვიდან უბერავს, ხოლო ღამით მშრალი ჰაერი – ხმელეთიდან ზღვისკენ. ტემპერატურულ რეჟიმზე ძლიერ გავლენას ახდენს ზღვა. ამ ზონაში ჰაერის და

ნიადაგის საშუალო წლიური ტემპერატურა 14-15°C ფარგლებში მერყეობს (ცხრილი 2, იხილეთ დარჩელი, ანაკლია)

კოლხეთის დაბლობის ტოპოგრაფიული, ნიადაგურ-კლიმატური, ჰიდროლოგიური და სხვა პირობების გათვალისწინებით, გამოყოფილია შემდეგი ძირითადი ბუნებრივი რაიონები: 1. რიონის ხეობა (ცენტრალური ნაწილი), 2. ხობი-ენგურის, 3. ენგური-დალიძის, 4. დალიძე-კოდორის, 5. სუფსა-ნატანების და 6. სამხრეთის მასივები (ქობულეთის ჭაობები) [35]. ჩვენი საცდელი ნაკვეთი მდებარეობს მე-2 „ხობი-ენგურის“ ბუნებრივ რაიონში. ხობი-ენგურის მასივი, ზღვისპირა ძლიერ დაჭაობებული ნაწილის გამოკლებით, კოლხეთის დაბლობის ცენტრალური ნაწილისაგან (რიონის ხეობა) გამოირჩევა უფრო მაღალი ჰიფსომეტრიული მდებარეობით და მნიშვნელოვანი ბუნებრივი დაქანებით. ამ მასივის ჩრდილო-აღმოსავლური ნაწილი, რომელიც უძველესი პერიოდის ტერასებს წარმოადგენს, დაქანებულია სამხრეთ-დასავლეთით და საკმაოდ კარგადაა უზრუნველყოფილი ზედაპირული წრებით. აქ გავრცელებულია ეწერი, ეწერ-ლებიანი და ალუვიური ნიადაგები. მასივის სამხრეთ და სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილში გავრცელებულია ჭაობიანი და სხვადასხვა სახით გაღებებული ალუვიური ნიადაგები. ამ ნაწილში მოქმედებს აღმოსავლეთისა და დასავლეთის მიმართულების ქარები, მაგრამ მდინარე ხობიდან ჩრდილოეთით აღმოსავლეთის ქარების ძალა თანდათან იკლებს და ენგური-დალიძის მასივში თითქმის სავსებით ქრება.

სპეციალისტების დასკვნით, კოლხეთის დაბლობის ფარგლებში გამოიყოფა ოთხი მელიორაციული რაიონი: ა) ბუნებრივი დრენაჟით ყველაზე უზრუნველყოფილი; ბ) ბუნებრივი დრენაჟით ნაწილობრივ უზრუნველყოფილი; გ) ბუნებრივი დრენაჟით არაუზრუნველყოფილი და დ) ჭაობები [35]. ჩვენი საცდელი ნაკვეთი მდებარეობს „ბ“ - ბუნებრივი დრენაჟით ნაწილობრივ უზრუნველყოფილ რაიონში. უფრო ხშირად ამ რაიონის აღმოსავლეთ ქვერაიონში, რომელიც ყველაზე უფრო უზრუნველყოფილია ბუნებრივი დრენაჟით, ხასიათდება შედარებით დაბალი ჰიფსომეტრიული მდებარეობით, არასაკმარისი საერთო დაქანებით, ხშირი ჰიდროგრაფიული ქსელის, მძიმე უსტრუქტურო ალაგ-ალაგ სხვადასხვა სიძლიერით დაჭაობებული ნიადაგებით. აქ ნიადაგების ჭარბტენიანობის წყაროა ატმოსფერული ნალექები და მდინარეთა წყალდიდობა. მიუხედავად ზემოთ მოტანილი ზოგიერთი უარყოფითი პარამეტრისა, საკმაოდ მაღალი თერმიული რეჟიმი, ხანგრძლივი სავეგეტაციო პერიოდი და უხვი ატმოსფერული ნალექები, კოლხეთის დაბლობზე სასოფლო-სამეურნეო

კულტურების წარმოებისათვის მეტად ხელსაყრელ პირობებს ქმნიან. მათი უმრავლესობა შეიძლება აქ მოვიყვანოთ მთელი წლის განმავლობაში ყოველგვარი საფარის გამოყენების გარეშე.

II.2. – ზონის ნიადაგები – კოლხეთის დაბლობის ნიადაგური საფარი საკმაოდ ჭრელია, რაც განპირობებულია ნიადაგწარმოქმნის სხვადასხვა პროცესებით [80]. კოლხეთის დაბლობის ნიადაგების ჩამოყალიბება მიმდინარეობდა და მიმდინარეობს თბილი და ტენიანი სუბტროპიკული ჰავის პირობებში. ადგილმდებარეობის ვაკე რელიეფმა და უხვმა ატმოსფერულმა ნალექებმა წინასწარ განსაზღვრეს ნიადაგწარმოქმნის ორი – ეწერწარმოქმნისა და ჭაობწარმოქმნის მიმართულება. „ეს ორი პროცესი ზოგჯერ ერთდროულად მიმდინარეობს, ზოგჯერ კი პერიოდულად ერთმანეთის შეცვლით“ [65,80].

კოლხეთის დაბლობზე გავრცელებულია ელუვიური, ელუვიურ-ჰიდრომორფული და ჰიდრომორფული ნიადაგები [12].

ჩაისა და სუბტროპიკული კულტურების სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის კოლხეთის კომპლექსური სასოფლო-სამეურნეო საცდელი სადგურის და სხვა სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულებების მიერ ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე, კოლხეთის დაბლობზე გამოიყოფა შემდეგი ნიადაგური სახესხვაობები: ელუვიური, ელუვიურ-ჰიდრომორფული და ჰიდრომორფული რიგის ნიადაგები (ცხრილი 3) [35].

ჩვენი ს/კ მუშაობა მიმდინარეობდა ნიადაგზე, რომელიც მიეკუთვნება ამ კლასიფიკაციის II კატეგორიის II პუნქტს (ცხრილი 3.) – ეწერ-ლებიანი თიხა და თიხნარი ნიადაგები. II კატეგორიას განეკუთვნება ელუვიურ-ჰიდრომორფული რიგის ნიადაგები, რომელთა ფორმირება მიმდინარეობს ატმოსფერულ-ნიადაგქვეშა დატენიანებისა და ნიადაგის ხსნარის დაღმავალი და აღმავალი დინების პირობებში. ამ რიგის ნიადაგებში გაერთიანებულია სამი ნიადაგური სახესხვაობა, სადაც ერთობლივად მიმდინარეობს ჭაობწარმოქმნის და ეწერწარმოქმნის პროცესები. მათი საერთო ფართობი 75,5 ათასი ჰექტარია, კოლხეთის დაბლობის ტერიტორიის 33,8% [35].

კოლხეთის დაბლობში ყველაზე უფრო გავრცელებულია ეწერ-ლებიანი თიხა და თიხნარი ნიადაგები, რომლებიც ძირითადად მდებარეობს მდინარეთა-შორისების ცენტრალურ ნაწილში [9]. მექანიკური შედგენილობით ისინი ძირითადად თიხებსა და მძიმე თიხნარებს წარმოადგენს, სადაც ჰუმუსის შემცველობა 2,8-9,3%-ის ფარგლებში მერყეობს, რაც პირდაპირ დამოკიდებულია

დაჭაობების ხარისხზე, აზოტის შემცველობა კი 0,06-0,24%-ს ფარგლებშია, ეწერ-
ლებიან ნიადაგებს აქვს მჟავე და სუსტი მჟავე რეაქცია. მათ დაჭაობებაში
გრუნტის წყალი არ მონაწილეობს, დაჭაობება გამოწვეულია ატმოსფერული
ნალექებით გაძნელებული ზედაპირული წრეცისა და ნიადაგ-გრუნტის
არახელსაყრელი ფილტრაციული უნარით [35]. სასოფლო-სამეურნეო
კულტურებისათვის ამ ნიადაგების გამოსაყენებლად დაშრობასთან ერთად
საჭიროა აგრომედიორაციულ სამუშაოთა კომპლექსის განხორციელება.

ცხრილი 3. კოლხეთის დაბლობის ნიადაგების კლასიფიკაცია [35]

№№	კოლხეთის ნიადაგების სახეობები და სახესხვაობები	ფართობი ათას ჰექტარობით
I	ელუვიური ნიადაგები	89,8
1	მდელოს კორდიანი ქვიშა და ქვიშნარი ნიადაგები	5,7
2	მდელოს კორდიანი და მდელოს ალუვიური თიხა და თიხნარი ნიადაგები	28,8
3	სუსტი ეწერი თიხა და თიხნარი ნიადაგები	16,1
4	ეწერი თიხა და თიხნარი ნიადაგები	37,0
5	ნეშომპალა-კარბონატული თიხა და თიხნარი ნიადაგები	2,2
II	ელუვიურ-ჰიდრომორფული რიგის ნიადაგები	75,5
1	მდელოს კორდიანი გაღებებული და მდელოს ალუვიური გაღებებული თიხა ნიადაგები	27,2
2	ეწერ-ლებიანი თიხა და თიხნარი ნიადაგები	38,7
3	ეწერ-ჭაობიანი თიხა ნიადაგები	9,6
III	ჰიდრომორფული რიგის ნიადაგები	47,8
1	ალუვიურ-ჭაობიანი თიხა ნიადაგები	12,7
2	ლამიან-ჭაობიანი და კორდიან-ჭაობიანი თიხა ნიადაგები	21,4
3	ტორფ-ჭაობიანი ნიადაგები	14,7

ეს ნიადაგები უმთავრესად გავრცელებულია კოლხეთის დაბლობის ზღვის
სანაპიროდან 10-15 კმ-ით დაშორებულ ზოლში. ხასიათდება გაეწრების
სხვადასხვა ხარისხით, მძიმე მექანიკური შედგენილობით, საკვებ ნივთიერებათა
სიღარიბით, არახელსაყრელი ფიზიკური, წყლიერი თვისებებით და მჟავე
რეაქციით [35]. შეფერილობით ეს ნიადაგები მიეკუთვნება მუქში გარდამავალ
ნაცრისფერ მიწა ეწერებს. ეს ნიადაგები ფორმირდება ზღვის სანაპიროდან 10-15
კმ-ით დაშორებულ ზოლში, რომლებსაც თავისი თვისებებით გარდამავალი
ადგილი უკავია ღია და მუქნაცრისფერ ნიადაგებს შორის. ამ ნიადაგების

ფორმირებაში დიდ როლს თამაშობს ჭარბტენიანობა. მათ აქვთ გამოკვეთილი გაეწრების და ზედაპირული გაღებების ნიშნები [22, 144].

II.3. საცდელი ნაკვეთის ნიადაგის აგროქიმიური დახასიათება – ზუგდიდის რაიონის სოფ. დარჩელის ნიადაგები მდებარეობს ზუგდიდის რაიონული ცენტრის სამხრეთით ენგურის შენაკადი, პატარა მდინარე ჯუმის მარჯვენა სანაპიროზე, რომელიც ზუგდიდის რაიონული ცენტრიდან დაშორებულია 20-25 კმ-ით, ხოლო ზღვის სანაპიროდან (სოფელი ანაკლია) – 5-10 კმ-ით.

საკვლევი ტერიტორიის ზოგადი დახასიათება – ფართობი წარმოდგენილია მთლიან მასივად ვაკეზე და დაყოფილია 4 კონტურად. №1 და №2 კონტურები საძოვრადაა გამოყენებული, ხოლო მე-3 და მე-4 კონტურები დაკავებულია სიმინდის კულტურით. ჩვენი ცდები განთავსებულია მე-4 კონტურზე, რომლის ნიადაგი მსუბუქი თიხა მიწების კატეგორიას განეკუთვნება, წყალგაუმტარია, ეწერ-ლებიანი. გაღებება პირველი სიღრმიდან (0-20სმ) იწყება და სიღრმეში გაღებების ხარისხი მატულობს, მუავე რეაქციისაა და ხასიათდება დაბალი ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლებით და ნაყოფიერებით.

ცხრილი 4. საცდელი ნაკვეთის ნიადაგის მექანიკური შედგენილობა პროცენტობით აბსოლუტურად მშრალ ნიადაგში

ნიმუშის ადების სიღრმე (სმ)	საშ. მტვერი (მმ)	წვრილი მტვერი (მმ)	ლაში (მმ)	ფიზიკური თიხა	ფიზიკური ქვიშა	შეფარდება
	0,01-0,005	0,05-0,001	0,001	<0,01მმ	>0,01 მმ	
0 - 20	18,4	16,1	27,5	62,0	38,0	1 : 1,6

საცდელი ნიადაგი თავისი მექანიკური შედგენილობით განეკუთვნება „მსუბუქი თიხა მიწების“ კატეგორიას (ცხრილი 4). [91]

საცდელი ნიადაგის ელემენტარული მინერალური საერთო შედგენილობის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ 0-20სმ სახნავ ფენაში SiO₂-ის შემცველობა დაბალია და უდრის 55,2%-ს, საშუალოა ერთნახევარი ჟანგეულების შემცველობა, რის გამოც გაეწრების მაჩვენებელი შეადგენს 5,1, ანუ საცდელი ნაკვეთი წარმოადგენს საშუალოდან ძლიერზე გარდამავალ ეწერს (ცხრილი 5).

ცხრილი 5. საცდელი ნიადაგის ელემენტარული მინერალური შედგენილობის საერთო ანალიზის შედეგები

ნიმუშის აღების სიღრმე (სმ)	საერთო შემცველობა პროცენტობით მშრალ ნიადაგში				SiO ₂ :R ₂ O ₃
	SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO	
0 – 20	55,2	10,8	1,03	0,42	5,1

ჩვენი საცდელი ნაკვეთის ნიადაგს გააჩნია შთანთქმის მცირე ტევადობა და მუავიანობის მაღალი ხარისხი. გაეწრებული საცდელი ნიადაგის გამუავიანებაში დიდ როლს წყალბადი, შემდეგ კი ალუმინი ასრულებს (ცხრილი 6).

ცხრილი 6. საცდელი ნაკვეთის ნიადაგის შთანთქმული ფუძეები და pH.

ფენის სიღრმე (სმ)	მილ/ექვივალენტი 100 გრ. ნიადაგში					% ჯამიდან				pH
	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H ⁺	Al	ჯამი	Ca	Mg	H	Al	
0 – 20	0,5	0,2	5,5	3,5	9,7	5,15	2,06	56,7	36,08	4,2

საცდელი ნაკვეთის ნიადაგში ჰუმუსისა და აზოტის შემცველობა დაბალია, ხოლო კალიუმისა და ფოსფორის შემცველობა საშუალოა (ცხრილი 7)

ცხრილი 7. საცდელ ნაკვეთში ძირითადი საკვები ელემენტების შემცველობა აბსოლუტურად მშრალ ნიადაგში.

საკვები ელემენტები	ჰუმუსი	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		%	მგ/100გ	%	მგ/100გ	%	მგ/100გ
ფენის სიღრმე (სმ)	$\frac{\%}{\text{ტ/ჰა}}$	$\frac{\%}{\text{ტ/ჰა}}$	$\frac{\text{მგ/100გ}}{\text{კგ/ჰა}}$	$\frac{\%}{\text{ტ/ჰა}}$	$\frac{\text{მგ/100გ}}{\text{კგ/ჰა}}$	$\frac{\%}{\text{ტ/ჰა}}$	$\frac{\text{მგ/100გ}}{\text{კგ/ჰა}}$
0 – 20	$\frac{1,2}{24,0}$	$\frac{0,06}{1,2}$	$\frac{3,0}{60,0}$	$\frac{0,5}{10,0}$	$\frac{19,0}{380,0}$	$\frac{0,96}{19,2}$	$\frac{12,8}{256,0}$

ჩატარებული ანალიზებიდან გამოიკვეთა საერთო აგროტექნიკური სურათი, რომელიც გვაძლევს ერთიან გარკვეულ წარმოდგენას საცდელი ნაკვეთის ნაყოფიერებაზე, მის აგროტექნიკურ შესაძლებლობებზე (ცხრილი 8).

ცხრილი 8. საცდელი ნაკვეთის აგროტექნიკური დახასიათება
(შემაჯამებელი ცხრილი)

ნიმუშის სიღრმე	ჰუმუსის შემცველობა	pH	ჰიდროლიზური მჟავიანობა	შთანთქმული ფუძეების ჯამი	შთანთქმითი მოცულობა	ფუძეებით მაძღრობის ხარისხი	აზოტი	ფოსფორი	კალიუმი
			H	S	T	V	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
სმ	%	KCl-ის სუსპენზიაში	მილ/ექვ 100გრ ნიადაგში			%	მილ/ექვ 100გრ ნიადაგში		
0 – 20	1,2	4,2	6,8	9,7	16,5	58,8	3,0	19,0	12,8

როგორც ცხრილი 8-დან ჩანს, საცდელ ნაკვეთში ჰუმუსის ფენის სისქე არ აღემატება 20სმ-ს. ჰუმუსის შემცველობა დაბალია, არეს რეაქცია (pH) KCl-ის სუსპენზიაში 4,2, რაც მიუთითებს ამ ნიადაგის მჟავე რეაქციაზე. ჰიდროლიზური მჟავიანობა უდრის 6,8 მილ/ექვ 100გრ ნიადაგში. ეს იმას ნიშნავს, რომ ნიადაგის შთანთქმით კომპლექსში არსებობს H⁺ იონების გარკვეული (n) რაოდენობა, რომელთა დიდი ნაწილი შებოჭილია ნიადაგის კოლოიდებში. ეს წყალბადიონები ძნელად ჩაენაცვლებიან მარილთა ფუძეებს, რომელთა ურთიერთჩანაცვლების პროცესის დასაჩქარებლად საჭიროა არეს რეაქციის ნეიტრალური ან ტუტე მაჩვენებელი (უფრო ტუტე), რასაც დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ნიადაგის მოკირიანების ან სხვა ტუტე მასალების გამოყენების დროს. ჰიდროლიზური მჟავიანობის (H) და შთანთქმული ფუძეების ჯამის (S) მაჩვენებლების შეკრება იძლევა ნიადაგის შთანთქმითი მოცულობის (T) მაჩვენებელს (T = H + S). ფუძეების მაძღრობის ხარისხის (V) დასადგენად შთანთქმული ფუძეების ჯამი (S) უნდა გავყოთ შთანთქმით მოცულობაზე (T) და გავამრავლოთ 100-ზე ($V = \frac{S}{T} \cdot 100$). მივიღებთ ციფრს, რომელიც უჩვენებს ფუძეების მაძღრობის ხარისხს (V%). ეს იმის მაჩვენებელია, თუ შთანთქმითი მოცულობის რა ნაწილი მოდის შთანთქმულ ფუძეებზე და რა ნაწილი ჰიდროლიზურ მჟავიანობაზე. [94]

ამ პრინციპებზეა აგებული ჩვენს მიერ ნიადაგის გასაუმჯობესებლად ბუნებრივი ცეოლითების გამოყენება. ცხადია, უკეთესი შედეგები იქნება მიღებული ნიადაგის მჟავე რეაქციის განეიტრალების ფონზე, მინერალური და ორგანული სასუქების ერთობლივად გამოყენების პირობებში.

თავი III. ცდაში მონაწილე მასალების დახასიათება და გამოყენების პრინციპები

აგრონომიული მეცნიერების მიერ მტკიცედ არის დადგენილი, რომ ინტენსიურ და სტაბილურ მიწათმოქმედებაში მოსავლიანობის ზრდა და მისი აყვანა მაქსიმალურ დონემდე შეიძლება მცენარის ზრდა-განვითარების ყველა ფაქტორზე მხოლოდ კომპლექსური მიდგომით და ზემოქმედებით. პრაქტიკაში, რომ უზრუნველყოთ ამ მაღალი მოთხოვნების შესრულება, საჭიროა თითოეული მიწის ნაკვეთზე გამოყენებული იქნას სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოყვანის მეცნიერულად დასაბუთებული ტექნოლოგია. პირველ რიგში ეს არის მიწათმოქმედების ნიადაგდაცვითი სისტემა, რაც ნიშნავს ნიადაგის სწორად დამუშავებას, მაღალმოსავლიანი ჯიშების გამოყენებას, აგროტექნიკურ ღონისძიებათა კომპლექსის მაღალხარისხოვნად და თავის დროზე შესრულებას, სასუქების გამოყენებას ისეთი რაოდენობით, რომ მცენარეთა მინერალური კვება არ იყოს მაღალი მოსავლის მიღების მაღლიმიტირებული ფაქტორი. ამასთან დაკავშირებით განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს სასუქების გამოყენების ოპტიმალური ნორმების დაცვას, საკვებ ნივთიერებათა შეფარდების სისწორეს მინერალური და ორგანული სასუქების ეფექტური ნორმებისა და შეტანის ხერხების შემუშავებას, იმ დონეზე და იმ ზომით, რომ მან არ გამოიწვიოს ნიადაგის კომპლექსში ეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევა.

სამეცნიერო ორგანიზაციების გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ნიადაგის განოყიერების სისტემა შეიძლება ჩაითვალოს რაციონალურად, თუ უზრუნველყოფს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მაღალ და მყარ მოსავლიანობას, გააუმჯობესებს ნიადაგის ნაყოფიერებას, უზრუნველყოფს ეკოლოგიურად გაწონასწორებული, მაღალი მოსავლის მიღებას [125], ანუ საბოლოო ჯამში უზრუნველყოფს ნიადაგის ნაყოფიერების გაფართოებულ კვლავწარმოებას და მაღალპროდუქტიული მიწათმოქმედების მდგრადობას, მაგრამ მიღწეული ჯერ კიდევ შორსაა სასურველისგან. ნიადაგის ნაყოფიერების გაფართოებული კვლავწარმოების, მაღალპროდუქტიულობის მიღწევა მოითხოვს ახალ-ახალი, მაღალეფექტური აგროტექნიკური ხერხების შემუშავებას, ქიმიზაციის დადგენილ ჩარჩოებში, ახალი მეთოდებისა და მასალების შეტანას, მოსავლიანობის მიღწეული დონის კიდევ უფრო მაღალ საფეხურზე აყვანას. ამ მიზნის რეალიზაციისათვის უკანასკნელ პერიოდში დიდი ყურადღება მიექცა

ადგილობრივი, ბუნებრივი მინერალების: ცეოლითი, ნტკილი, კირქვები, ფოსფატები, გლაუკონიტები, დოლომიტები და სხვათა ფართოდ გამოყენებას. [191,193]

მკვლევართა დიდი ყურადღება მიიქცია ბუნებრივმა ცეოლითებმა. ბუნებრივი ცეოლითების მიმართ ასეთი დიდი ინტერესი განპირობებულია მათი ეფექტურობით, დიდი მარაგით და მოპოვებისა და გადამუშავების სიიაფით [196,201]. ამჟამად განსაკუთრებით აქტუალურია მათი გამოყენების ახალი, რაციონალური გზების ძიება მრეწველობაში და სოფლის მეურნეობაში.

III.1. ბუნებრივი ცეოლითების ზოგადი დახასიათება

$M_2/nO \cdot Al_2O_3 \cdot XSiO_2 \cdot yH_2O$; სმიტის განმარტებით ცეოლითი წარმოადგენს ალუმინოსილიკატს ჩონჩხისებური სტრუქტურით, სიცარიელებით, რომლებიც დაკავებულია წყლის მსხვილი იონებით და მოლეკულებით. მათ აქვთ გადამოდრავების მნიშვნლოვანი თავისუფლება, რასაც მიყვავართ იონთგაცვლამდე და შექცევად დეჰიდრატაციამდე [137, 200].

მსოფლიოს ტექნიკურად მოწინავე ქვეყნებში უკანასკნელი 4-5 ათეული წლის მანძილზე ფართო დაინტერესება გამოიჩინეს ბუნებრივი ცეოლითების მიმართ. [213, 220, 201].

ცეოლითები თავიანთი კრისტალური შენების გამო ავლენენ განვითარებულ სპეციფიურ მიკროფოროვან სტრუქტურას და უნიკალურ მოლეკულურ-საცრულ, ადსორბციულ და იონთგაცვლით თვისებებს. როგორც ცალკე მინერალი, ცეოლითები აღმოჩენილი იქნა 200 წლის წინათ შვედი მკვლევარის კრონშტედტის მიერ. მრავალი საინტერესო ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მიუხედავად, ცეოლითებმა დიდ ხანს ვერ მიიქცია ყურადღება. ცეოლითების მიმართ ინტერესი გაძლიერდა ლონდონში 1967 წელს საერთაშორისო კონფერენციაზე მოლეკულური საცრების შესახებ დეიფისის მოხსენების შემდეგ.

ბუნებრივი ცეოლითების მსხვილი საბადოებია მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში. უკანასკნელ პერიოდში საქართველოში დაძიებულია ცეოლითების მსხვილი საბადოები მცხეთის რაიონის სოფ. ძეგვში და კასპის რაიონის სოფ. ზემო ხანდაკში (თეძამის ცეოლითი). აღნიშნული საბადოები მომქმედია, სადაც ცეოლითების მარაგი 60 მილიონ ტონამდეა. მათში კლინოპტილოლიტის შემცველობა მერყეობს 60-90%-ის ფარგლებში. ცეოლითების საგარეულო საბადოებია ბოლნისის რაიონში, ჭიათურაში, აჭარაში, გურიაში, სამხრეთ საქართველოში და სხვა [133, 134, 136].

ნიადაგში ცეოლითების შემცველობის შესახებ პირველი მონაცემები მოტანილია XIX ს. შესრულებულ ნამუშევრებში. უეი თვლის, რომ ნიადაგის მიერ კათიონების შთანთქმა ხორციელდება ნეშომპალას და ცეოლითის ანგარიშზე [59]. ვან-ბემელენმა გამოთქვა აზრი, რომ ნიადაგის შემადგენლობაში არიან ამორფული ცეოლითისმაგვარი სილიკატები [66].

მრავალი სწავლულის [155, 183, 202] გამოკვლევებით დამტკიცებულია, რომ ნიადაგის შთანთქმითი უნარი დაკავშირებულია მასში არსებულ ორგანულ, ორგანულ-მინერალურ და მინერალურ კოლოიდებზე, რომელიც წარმოადგენს ნიადაგის ცეოლითურ ნაწილს.

დამტკიცებულია, რომ ცეოლითები ბუნებაში არსებობენ არა მარტო, როგორც იზოლირებული მინერალები გარკვეული დანაშრევი (დანალექი) საბადოების სახით, არამედ ისინი სხვადასხვა სახით გვხვდებიან სხვადასხვა ტიპის ნიადაგში, რომლებიც ნიადაგწარმოქმნის ერთიანი პროცესის შედეგია და გარკვეულ გავლენას ახდენენ ნიადაგის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე და ნაყოფიერებაზე [148, 154].

დანალექ ქანებში შემავალი ცეოლითებია: ანალციმი, კლინოპტილოლიტი, მორდენიტი, გეილანდიტი, ფილიფსიტი, შაბაზიტი და ლომონტიტი [133].

ჩვენი სამეცნიერო-კვლევითი სამუშაოს ობიექტებია ჯერ კიდევ ნაკლებად შესწავლილი და გამოყენებული ბუნებრივი ცეოლითი-ლომონტიტი და დასავლეთ საქართველოში ფართოდ გავრცელებული და პრაქტიკაში გამოყენებული ადგილობრივი იაფი წიაღისეული – ნტკილი, რომელიც რბილ ქანებს მიეკუთვნება და რომელიც დაფქვას ან სპეციალურ დამუშავებას არ მოითხოვს, ამის გამო ის ხელმისაწვდომია ყველა ფერმერისათვის, რომელსაც გაუჩნდება მისი გამოყენების სურვილი. აქედან გამომდინარე, ამ ნაშრომში წარმოვადგენთ ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ადგილობრივი წიაღისეულის „ნტკილის“ დახასიათებას.

ა) ბუნებრივი ცეოლითი – ლომონტიტი: XIX საუკუნიდანვე მოიხსენიება საქართველოში ლომონტიტის არსებობა. ლომონტიტი ორგვარი წარმოშობისაა: პიდროთერმალური და დიაგენეტიკური [23]. ბორჯომის მიდამოების მაგმურ ქანებში პიდროთერმალური ლომონტიტის არსებობა მოხსენიებული აქვს ზემიატჩენსკის (1893წ), გლინკას (1906წ), თბილისის მიდამოებში – სურგუნოვს და თვალჭრელიძეს (1912წ.), თბილისის გარეუბანში მდინარე დაბახანაზე –

პეტროვს (1932წ.), 1951 წელს ეს ცეოლითი აღწერა ხაიშიდან გვახარია, როგორც ლომონტიტის რკინა-მანგანუმიანი სახესხვაობა. ყველა ზემოთ აღნიშნულ ადგილებში გამოვლენილი ლომონტიტი ჰიდროთერმალური წარმოშობისაა [23].

დიდ ინტერესს იმსახურებს ე.წ. დიაგენეტიკური ლომონტიტი, რომელიც ძირითად მინერალს „ლომონტიტს“ 70%-ზე მეტს შეიცავს. ამ ცეოლითის საკმაოდ დიდი საბადოებია ჯავის რაიონში, მდ. ფაწაზე, ჩხერიმელაზე, აჭარა-თრიალეთის ეოცენში, თბილისის შემოგარენში, მცხეთა-ნიხბისის ზოლში, მდ. ტანაზე, ბორჯომში – ახალდაბის უბანზე, მდ. ურაველზე, აჭარისწყალზე – ხულოსა და შუახევის მონაკვეთზე და სხვა.

თავად ლომონტიტი ოპტიკურად და სხვა დამახასიათებელი თვისებებით ყველგან ერთნაირია, არ არის განსხვავება თვით ქანების სტრუქტურაში, ტექსტურაში და შემადგენლობაშიც [23].

პრაქტიკული გამოყენების და აქედან გამომდინარე კომერციული თვალსაზრისით დიდ ინტერესს იმსახურებენ: ანალციმი, ლომონტიტი, კლინოპტილოლიტი, მორდენიტი და ფილიფსიტი. მიწათმოქმედებაში კი ლომონტიტი პრაქტიკულად არ გამოყენებულა. ამ მიმართულებით პირველი სამუშაოები შეასრულა ს. უროტაძემ [147] და თვალსაჩინო შედეგები აქვს მიღებული.

ცხრილი 9. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის ქიმიური შედგენილობა [23]

ლომონტიტის სახეები	შემცველობა ჟანგულების სახით %%-ში											
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O
ჰიდრო თერმალური	51,28	-	22,94	0,14	2,64	1,24	-	7,55	0,18	-	-	14,31
დიაგენეტიკური	62,75	0,31	14,45	2,32	0,51	0,04	1,32	5,67	3,73	0,42	0,32	8,32

როგორც ცხრილი 9-დან ჩანს, საქართველოს ლომონტიტები ძალიან მდიდარია ტუტე მეტალებით. ამ შემთხვევაში განსაკუთრებით აღსანიშნავია CaO-ს (5,67 და 7,55%), შემდეგ Na₂O-ს, K₂O-ს და ბოლო P₂O₅ შემცველობა. საქართველოს ლომონტიტებში ტუტე მეტალების მაღალ შემცველობას აგროეკოლოგიური და აგროქიმიური თვალსაზრისით განსაკუთრებული

მნიშვნელობა აქვს ეწერი, მუავე ნიადაგების წყალბადიონების განეიტრალებისათვის. აქედან გამომდინარე ჩვენში განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს ლომონტიტის საშუალებით შევცვალოთ ნიადაგის დარღვეული ეკოლოგიური წონასწორობა.

ბ) ნტკილი (Мергель) – ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე დამოკიდებულებით ნტკილს ფართო გამოყენება აქვს როგორც მრეწველობაში, ისე სოფლის მეურნეობაში. მრეწველობაში ნტკილი წარმოადგენს ნედლეულს მაღალხარისხის ცემენტის წარმოებისათვის. ნტკილის განსაკუთრებული სახეობები, რომლებიც შეიცავენ გლაუკონიტებს, ფოსფორს და სხვა, წარმატებით გამოიყენებიან სასუქად სოფლის მეურნეობაში.

ნტკილის საბადოები გეოლოგიურად სუსტად შესწავლილია. მიუხედავად ამისა, მას რაც შესწავლილია, ფართო სამრეწველო მნიშვნელობა აქვს და ისინი შეიძლება გამოყენებული იქნან როგორც ცემენტის წარმოებაში, ისე სასუქის მასალად სოფლის მეურნეობაში. კასპის ცემენტის ქარხანა ერთ-ერთ ასეთ საბადოს ბაზაზეა აშენებული.

საქართველოში გამოვლენილი ნტკილის საბადოებიდან საყურადღებოა შემდეგი:

1. დასავლეთ საქართველოში გაგრის, ზუგდიდის, სენაკის, ოზურგეთის, შორაპნის და რაჭა-ლეჩხუმის რაიონები.
2. აღმოსავლეთ საქართველოში: კასპის, დუშეთის, ფასანაურის, ალაზნის და ელდარის რაიონები.

მ.შ. შედარებით უკეთესად არის შესწავლილი გაგრის, ზუგდიდის, სენაკის და კასპის საბადოები.

ჩვენს მეცნიერულ ინტერესს იწვევს ზუგდიდისა და სენაკის საბადოების ნტკილები. ამ საბადოების წინასწარი გეოლოგიური შესწავლა ჩატარდა 1929 წელს სახალხო მეურნეობის საკავშირო ინსტიტუტის საქართველოს განყოფილების მიერ.

გამოკვლეული ტერიტორიის რელიეფი მთაგორიანია. სიმაღლეებს შორის განსხვავება ზღვის დონიდან 50-დან 500 მეტრამდე მერყეობს.

მეოცენური ნტკილის გავრცელების გეოლოგიური პირობები ადასტურებენ, რომ ნტკილის მარაგი ამ რაიონში 800-900 მილიონი მ³-ია [106]. ნტკილმა დიდი ხანია მიიქცია ყურადღება, როგორც ნედლეულმა მინერალური სასუქებისათვის. ადგილობრივი გლეხობა, დაახლოებით 1910 წლიდან იყენებდა მას სიმინდის ყანების გასანოყიერებლად. მოტკილვის მეთოდი ფართოდ და სწრაფად

გავრცელდა ზუგდიდისა და სენაკის რაიონებში. ნტკილს იყენებდნენ სრულიად უნაყოფო, გაეწრებული ნიადაგების გასანოყიერებლად. გლეხობის მიერ გამოყენებული მოტკილვის ნორმა უდრიდა 300 ტ/ჰა-ზე [106].

მოტკილვის ეფექტი მეტისმეტად დიდი იყო. თვით გლეხების მონაცემებით სიმინდის მოსავალი ერთ ქცევა (0,4ჰა) მიწაზე იზრდებოდა 3-დან 25-35 ცენტნერამდე, ანუ ერთ ჰექტარზე ეს აღწევს 62-დან 87 ცენტნერამდე. ეს არის სარეკორდო მოსავალი, რომელიც დღეს მინერალური სასუქების კომპლექსის გამოყენებითაც კი ძნელი მისაღწევია. თან ასეთი მოსავალი მიიღებოდა სულ მცირე 10 წლის განმავლობაში, შემდეგ კი მოსავლიანობა სწრაფად ეცემოდა და ნიადაგი ხელახლა საჭიროებდა მოტკილვას. ასეთი ვითარება გრძელდებოდა თითქმის მეორე მსოფლიო ომის დამთავრებამდე. მეორე მსოფლიო ომის დამთავრების შემდეგ სოფლის მეურნეობა დიდი სიჭარბით მარაგდებოდა მინერალური სასუქით. თანდათანობით მივიწყებას მიეცა ადგილობრივი სასუქები (ნაკელი) და მ.შ. ნტკილიც. ტუფონტკილიანი ქანების ქიმიური შედგენილობა მოტანილია ცხრილი 10-ში.

ცხრილი 10. ტუფონტკილიანი ქანების ქიმიური შედგენილობა %%-ში [194]

ნიმუში №№	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O
1	49,2	0,12	4,4	1,3	0,2	0,6	0,4	21,9	0,44	0,7	0,05	20,8
2	47,6	0,26	4,4	3,9	0,2	0,3	0,9	15,9	1,21	0,9	0,12	24,3
საშუალო	48,4	0,19	4,4	2,6	0,2	0,4	0,7	18,9	0,2	0,8	0,09	22,5

გ) ახალი ნაკელი (საქონლის, ღორის, ფრინველის და ა.შ.) – ნაკელი ძვირფასი ორგანული სასუქია, როგორც საკვები ელემენტების შემცველობის, ისე მცენარის მიერ მათი შეთვისების თვალსაზრისით [117]. ახალი ნაკელი სრულყოფილად მოიცავს ყველა იმ კომპონენტს, რაც მცენარეს სჭირდება, მაგრამ მათი გამოყენება პირველადი სახით, მძიმე კონსტიტენციისა და ცუდი სუნის გამო ძალზე მოუხერხებელია, ამიტომ მან უნდა გაიაროს ფერმენტაციის გრძელი გზა (1-2 წელი მაინც), ამის შემდეგ ის ფხვიერი ხდება, კარგავს მძაფრ სუნს და ადვილი გამოსაყენებელია. ამ მხრივ განსაკუთრებულია ფრინველისა და ღორის ნაკელი [116, 131].

ცხრილი 11. სხვადასხვა ცხოველისა და ფრინველის მაგარი გამონაყოფი დღე-ღამეში და მათი ქიმიური შედგენილობა პერიუტინის მიხედვით [18].

№№	დასახელება (პირუტყვი, ფრინველი)	მაგარი გამონაყოფის რაოდენობა დღე-ღამეში	სხვადასხვა ცხოველისა და ფრინველის მაგარი გამონაყოფის ქიმიური შედგენილობა %%-ში									
		კგ	წყალი	მშრალი ნივთიერება	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	SO ₃	SO ₄	MnO	MgO
1	მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვი	20-30	83,8	16,2	0,29	0,17	0,1	0,34	0,04	–	0,13	–
2	ცხენი	15-20	75,7	24,3	0,44	0,35	0,35	0,15	0,06	–	0,12	–
3	წვრილფეხა რქოსანი პირუტყვი (ცხვარი, თხა)	1,5-2,5	65,5	34,5	0,55	0,31	0,15	0,46	0,14	–	0,15	–
4	ღორი	1,2-2,2	82,0	18,0	0,60	0,41	0,26	0,09	0,04	–	0,10	–
5	ფრინველი (მტრედი, ქათამი, იხვი, ბატი)	0,15-0,16	50,15	40,85	1,24	1,32	0,86	1,64	–	0,32	–	0,49
	საშუალოდ სხვადასხვა სახის ნაკელის ნარევი	–	73,22	26,77	0,62	0,51	0,34	0,54	0,06	0,064	0,1	0,098

ფერმერულ, წვრილ გლეხურ (საოჯახო) მეურნეობაში, ფრინველის, ღორის, საქონლის სადგომებიდან ნაკელის გამოტანა ყველგან მშრალი წესით ხდება. ასეთი ნაკელი შეიძლება უშუალოდ იქნეს გამოყენებული სასუქად ან კომპოსტების დასამზადებლად (უკეთესია დაკომპოსტება).

ფერმერულ (გლეხურ) მეურნეობაში ყავთ ცხოველისა და ფრინველის თითქმის ყველა სახე. ეს მეურნეობები არ არიან სპეციალიზირებული ერთი სახის პროდუქციის წარმოებაზე, ამიტომ მათ გააჩნიათ სხვადასხვა სახის (საქონლის, ღორის, ფრინველის და სხვა) ნაკელის ნაკრები, რომელსაც აგროვებენ წლის განმავლობაში ყველას ერთად ერთ სანაკელეში. აქედან გამომდინარე მათი გადამუშავებაც და გამოყენებაც უნდა მოხდეს ერთი ტექნოლოგიით. მაგალითად, ავიღოთ ერთი საოჯახო ფერმა, სადაც ყავთ 5 პირობითი სული საქონელი, 3 პირობითი ღორი, 50 ფრთა პირობითი ფრინველი. დღე-ღამეში 5 პირობითი საქონლისგან შეიძლება დაგროვდეს 125 კგ უსაფენო ნაკელი, 3 პირობითი ღორისაგან 5,1 კგ, 50 ფრთა პირობითი ქათმისაგან 7,5კგ. სულ დღე-ღამეში შეიძლება დაგროვდეს 138-140კგ, რაც წელიწადში შეადგენს 5,0-5,2 ტონას. თუ ამას დაემატება ქვეშაფენის სახით ან პირდაპირ სანაკელეში 5-5,2 ტონა ცვლითის ან ნტკილის ფქვილი, კომლს გარანტირებულად ექნება 10 ტონა ძვირფასი ორგანულ-მინერალური სასუქი, რომელიც გაანოციერებს (25ტ/ჰა-ზე ნორმით შეტანის შემთხვევაში) 0,35 ჰა ფიზიკურ ჰექტარს, თუ მხედველობაში მივიღებთ ამ სასუქის 3 წლიან ხანგრძლივ მოქმედებას [67], მაშინ განოციერებული იქნება 1 პირობითი ჰექტარი. ვთქვათ, ქვეყანაში 400 ათასი გლეხური (ფერმერული) მეურნეობაა, მაშინ ქვეყნის მასშტაბით საქმე გვექნება 4 მილიონი ტონა ორგანული სასუქის გადამუშავებასა და გამოყენებასთან. ეს ძალზე მნიშვნელოვანია ჩვენი ქვეყნის სოფლის მეურნეობის აღმავლობისათვის.

თავი IV. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის და ნტკილის ბავლენით ნიადაგის დარღვეული ეკოლოგიური წონასწორობის აღდგენის პრესკრიპციები

საკითხის შესწავლა ითვალისწინებდა ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტისა და ადგილობრივი ნედლეულის „ნტკილის“ გამოყენებით დასავლეთ საქართველოს ჭარბტენიანი სუბტროპიკული ზონის გაეწრებული ნიადაგების დარღვეული ეკოლოგიური წონასწორობის აღდგენას და საბოლოო ჯამში ეკოლოგიურად ჯანსაღი, მაღალი მოსავლის მიღებას.

ბუნებრივი ცეოლითებით თუ სხვა რამით ყოველგვარი ზემოქმედება ნიადაგზე, იწვევს ნიადაგის ფიზიკური და ქიმიური შედგენილობის ცვლილებებს და შესაბამისად მისი ნაყოფიერების ამაღლებას ან დაქვეითებას. ჩვენი მიზანია ბუნებრივი ფოროვანი მასალების გამოყენებით ნიადაგის თვისებებში ცვლილებების შეტანა, მისი ნაყოფიერების გაძლიერების მიზნით, რომლის მისაღწევად ბუნებრივი ფოროვანი მასალები: ლომონტიტი, ნტკილი და მათ ბაზაზე დამზადებული ბიოორგანული სასუქი „ცეონაკი“, გამოვცადეთ მინდვრის ორი კულტურის, სიმინდის და სოიას შერეულ ნათესზე ცდის 15 ვარიანტიანი სქემით (იხილეთ ცდის სქემა I; 51-ე გვერდზე). ცდა ჩატარდა 4 განმეორებაში. დანაყოფის ფართობი უდრიდა 60მ²-ს. სულ გვექონდა 30 ვარიანტი. ვარიანტის ფართობი უდრიდა 240მ²-ს. ცდით დაკავებული სააღრიცხვო ფართობი ორივე ცდისათვის შეადგენდა 7200მ².

ნიადაგის თვისებების შესწავლა ჩატარდა ზემოთ მითითებული ცდის სქემის მიხედვით. ნიადაგის თვისებების შესასწავლად ნიმუშს ვიღებდით სიმინდისა და სოიას ფესვთა სისტემის გავრცელების (0-20 სმ) სახნავ ფენაში, იმის გამო, რომ ძირითადად გვინტერესებდა ამ ფენაში მიმდინარე ცვლილებები. წინასწარ შედგენილი მეთოდის საფუძველზე ნიმუშებში ვსწავლობდით ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობას, სტრუქტურას, წყლიერ და სხვა მთელ რიგ თვისებებს. ექსპერიმენტული ნაწილის წინამდებარე თავში (თავი IV) განხილულია ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის ბავლენით ნიადაგის ეკოლოგიური დარღვევების რეგულაციის გზები, საშუალებები და შედეგები.

ცდის სქემა I

	ვ ა რ ი ა ნ ტ ე ბ ი	ლომონტიტი	ცეონაკ „ლ“	ნტკილი	ცეონაკ „ნ“
		ტ/ჰა	ტ/ჰა	ტ/ჰა	ტ/ჰა

ცდის I (საკონტროლო) სერია

1	საკონტროლო I ნიადაგი უსასუქო	-	-	-	-
2	საკონტროლო II ნიადაგი+N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ კგ/ჰა	მინსასუქების შეტანა ყოველწლიურად			
3	საკონტრ. III ნიადაგი+ ახალი ნაკელის ნარევი	20,0	20,0	20,0	20,0

ცდის II სერია

4	ნიადაგი + შესაბამისი ქანები	5,0	-	5,0	-
5		10,0	-	10,0	-
6		15,0	-	15,0	-
7		20,0	-	20,0	-

ცდის III სერია

8	ნიადაგი + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ კგ/ჰა + შესაბამისი ქანები	5,0	-	5,0	-
9		10,0	-	10,0	-
10		15,0	-	15,0	-
11		20,0	-	20,0	-

ცდის IV სერია

12	ნიადაგი + ორგანულ-ცეოლითური და ორგანულ-ნტკილოვანი სასუქები	-	10,0	-	10,0
13		-	20,0	-	20,0
14		-	30,0	-	30,0
15		-	40,0	-	40,0

შენიშვნა: პირობითად ცეონაკ „ლ“ – არის ორგანულ-ცეოლითური სასუქი ლომონტიტზე.

„ცეონაკ „ნ“ – არის ორგანულ-ნტკილიანი სასუქი.

განმარტება: ახალი ნაკელის ნარევი, ლომონტიტი, ნტკილი, „ცეონაკ „ლ“ და „ცეონაკ „ნ“, შეგვექონდა სამ წელიწადში ერთხელ.

IV.1 ნიადაგის სახნავი ფენის გამკვრივებით გამოწვეული ეკოლოგიური ღარღვევების რეზულაცია გუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის და ნტკილის გამოყენებით

ინტენსიურ მიწათმოქმედებაში დიდია სასოფლო-სამეურნეო მძიმე ტექნიკის ნაკვეთზე მოძრაობის და დაწოლის რიცხვი, რითაც იტკეპნება ნიადაგის სახნავი ფენა და იწვევს მასში უარყოფით სტრუქტურულ ცვლილებებს. ან კიდევ ნიადაგის დამუშავება თუ მიმდინარეობს გადაჭარბებული ტენიანობის პირობებში ან ვთქვათ სიმინდი მოყავთ მონოკულტურის სახით, ამ მიზეზების გამო ადგილი აქვს ნიადაგის სახნავი ფენის გამკვრივებას, მისი სტრუქტურული ერთეულების დაშლას, რის შედეგადაც უარესდება ჰაერაციის პირობები, ქვეითდება წყალგამტარობა, შესაბამისად ირღვევა ფესვური კვების რეჟიმი. ყველაფერი აღნიშნული აქვეითებს ნიადაგის ნაყოფიერებას და იწვევს ეკოლოგიური წონასწორობის რღვევას [130]. „დადგენილია, რომ მცენარეულობაზე ნიადაგის მექანიკური შეგდენილობის უშუალო გავლენა მცირეა, მაგრამ იგი ვლინდება მაშინ, როცა ნიადაგის სიმკვრივე მატულობს და ეს უკანასკნელი ეწინააღმდეგება მცენარის ფესვთა სისტემის სიღრმეში ჩაღწევას [11].

ნიადაგის სახნავი ფენის გამკვრივებით გამოწვეული ეკოლოგიური წონასწორობის რღვევა იწვევს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის მნიშვნელოვან დაქვეითებას. მაგ., ამერიკაში ამ მიზეზით მოსავლის ყოველწლიური დანაკარგი აღწევს მილიარდ დოლარს [214].

დასავლეთ საქართველოს ჭარბტენიან სუბტროპიკულ ზონაში ნიადაგის სახნავი ფენის გამკვრივება (დატკეპნა) ხდება ნაკვეთში არა მარტო ტექნიკის მოძრაობით, არამედ ხშირი და კოკისპირული წვიმებით, რომელიც წელიწადში 2500მმ-ს აღწევს. წყლის ეს უზარმაზარი მასა ეცემა ნიადაგის ზედაპირს და იწვევს მის დატკეპვნას. ამის გამო დასავლეთ საქართველოში, განსაკუთრებით კოლხეთის დაბლობის ჭარბტენიან ზონაში, ნიადაგის ძირითადი დამუშავება ტარდება თებერვალ-მარტში. წვიმების შედეგად ნიადაგის სახნავი ფენის გამკვრივების და ქერქის წარმოქმნის თავიდან ასაცილებლად მიგვაჩნია, რომ ნიადაგის მექანიკური დამუშავების გარდა კარგ შედეგს მოგვცემს ნიადაგში ფოროვანი მინერალების შეტანა, რაზეც საჭიროა გარკვეული ყურადღების გამახვილება.

ნიადაგი წარმოადგენს მრავალფაზოვან, ნახევრადდისპერსიულ, ამავე დროს დია დინამიურ სისტემას, რომელიც განუწყვეტელ ურთიერთობაშია ბიოსფეროს

სხვა სისტემებთან [89]. ნიადაგის, როგორც ბუნებრივი სხეულის, განმასხვავებელი თვისებებია მისი განსაკუთრებული ნივთიერი შედგენილობა. ამ განსხვავებულობას განაპირობებს მთელი რიგი ფიზიკური, ქიმიური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოქიმიური თვისებები, რომლებიც თანამედროვე ადამიანის ზემოქმედებით გარკვეულწილად მართვადია [5].

ნიადაგის მკვრივი ფაზა შესდგება განსხვავებული ზომის ნაწილაკებისაგან, რომელთაც მექანიკური ელემენტები ქვია. ისინი შეიძლება ნიადაგში იყოს თავისუფალ ან ბმულ მდგომარეობაში, რომლებიც სტრუქტურულ ერთეულებს ქმნიან. ნიადაგის მექანიკურ და სტრუქტურულ შედგენილობას განსაკუთრებული სამეურნეო მნიშვნელობა აქვს. ამის გამო მექანიკური ერთეულების დიფერენცირებაზე არის დაყრდნობილი ნიადაგის კლასიფიკაცია. ნიადაგის კლასიფიკაციის კაჩინსკისეული ცხრილი (ცხრილი 12) წარმოდგენილია ქვემოთ [91], რომლითაც ვაღგენთ ნიადაგის კატეგორიას. ქვემოთ მოტანილი ცხრილის საშუალებით შესაძლებელია ყოველგვარი ტიპის ნიადაგის გარკვეული კლასიფიკაციის ჭრილში მოქცევა.

ცხრილი 12. მექანიკური შედგენილობის საფუძველზე ნიადაგების კლასიფიკაცია კაჩინსკის მიხედვით [91]

ნიადაგების ძირითადი კატეგორია	მექანიკური შედგენილობის მიხედვით ნიადაგების მოკლე სახელწოდებანი	ფიზიკური ქვიშის (>0,01მმ) შემცველობა %%-ში	ფიზიკური თიხის (<0,01მმ) შემცველობა %%-ში	შეფარდება ფიზიკურ ქვიშასა და ფიზიკურ თიხას შორის
ქვიშა მიწები	ფხვიერი (ქვიშა მიწები)	100-90	0,0-10	1:0-0,11
	ბმული (ქვიშა მიწები)	90-80	10-20	1:0,11-0,25
	ქვიშნარევი	80-70	20-30	1:0,25-0,43
თიხნარები	მსუბუქი (თიხნარები)	70-60	30-40	1:0,43-0,67
	საშუალო (თიხნარები)	60-50	40-50	1:0,67-1,0
	მძიმე (თიხნარები)	50-40	50-60	1:1-15
თიხა მიწები	მსუბუქი (თიხა მიწები)	40-30	60-70	1:1,5-2,33
	საშუალო (თიხა მიწები)	30-20	70-80	1:2,33-4,0
	მძიმე (თიხა მიწები)	20	80	1:4

კაჩინსკის კლასიფიკაციის თანახმად ჩვენი საცდელი ნაკვეთის ნიადაგი განეკუთვნება „მსუბუქ თიხა მიწებს“, რადგან ფიზიკური თიხის (>0,01მმ)

ფრაქციის შემცველობა 63,2%-ია, ხოლო ფიზიკური ქვიშისა (<0,01მმ) 36,8% (ცხრილი 13).

ცხრილი 13. ცვლილებები საცდელი ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობაში კომპონენტების შეტანიდან სამი წლის შემდეგ.

პერსპექტიული ვარიანტების №	ვარიანტები	ზომის ერთეული	ფიზიკური თიხა >0,01	ფიზიკური ქვიშა <0,01	შეფარდება ფიზიკურ ქვიშასა და თიხას შორის	ნიადაგის კატეგორია	კაჩინსკის მიხედვით	
		ტ/ჰა	%	%			დისპერსიული ფაქტორი	სტრუქტურული რიანობის ფაქტორი

ცდის I (საკონტროლო) სერია

1	საკონტროლო I ნიადაგი უსასუქო	–	62,0	38,0	1:1,6	მსუბუქი თიხა	23,1	76,9
2	საკონტროლო II ნიადაგი+N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ კგ/ჰა	–	“	“	“	“	“	“
3	საკონტროლო III ნიადაგი + ახალი ნაკელი	20,0	“	“	“	“	“	“

ცდის II სერია - ლომონტიტი

7	ნიადაგი + ლომონტიტი	20,0	58,2	41,8	1:1,4	მძიმე თიხნარი	19,4	80,6
11	ნიადაგი + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ კგ/ჰა + ლომონტიტი	20,0	“	“	“	“	“	“
15	ნიადაგი + ცეონაკ „ლ“	40,0	“	“	“	“	“	“

ცდის III სერია – ნტკილი

7	ნიადაგი + ნტკილი	20,0	59,5	40,5	1:1,5	მძიმე თიხნარი	20,7	79,3
11	ნიადაგი + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ნტკილი	20,0	“	“	“	“	“	“
15	ნიადაგი + „ცეონაკ „ნ“	40,0	“	“	“	“	“	“

წინასწარ შედგენილი მეთოდის საფუძველზე ნიმუშებში ვსწავლობდით ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობას, სტრუქტურას, წყლიერ თვისებებს და სხვა.

ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობას ვსაზღვრავდით პიპეტკის მეთოდით, ხოლო ნაწილაკების ვარდნის სიჩქარეს სტოქსის ფორმულით [91].

საცდელი ნიადაგის ანალიზები ჩატარდა კომპონენტების შეტანიდან სამი წლის შემდეგ საკონტროლო და მოსავლიანობის მიხედვით ყველაზე პერსპექტიულ ვარიანტებზე. დროის აღნიშნულ მონაკვეთში ყალიბდებოდა კომპონენტების ნიადაგზე ზემოქმედების მკაფიო სურათი, რაც უკავშირდებოდა თავის მხრივ ნიადაგში ეკოლოგიური სიტუაციის ცვლილებებს და ამავე დროს საცდელი კულტურების მოსავლიანობის ზრდას და ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუმჯობესებას.

ნიადაგის გასაუმჯობესებლად შეტანილი კომპონენტების აღებული დოზების გავლენა ნიადაგის მექანიკურ შედგენილობაზე არ არის დიდი, მაგრამ დადებით გავლენას ახდენს მის სტრუქტურულ და დისპერსიულ მდგომარეობაზე და მასთან დაკავშირებულ სხვა პროცესებზე. ამ მოსაზრების სისწორეზე მიუთითებს ცხრილ 13-ში წარმოდგენილი მასალები. მოტანილი მექანიკური ანალიზის შედეგების საფუძველზე გამოვთვალეთ საცდელი ნიადაგის სტრუქტურურობისა და დისპერსიულობის ფაქტორები კაჩინსკის მიხედვით [95]. მიღებული მონაცემები მოწმობენ, რომ ცეოლითების, ნტკილის და მათ ბაზაზე დამზადებული ცეონაკის მზარდი დოზების შეტანით საცდელი ნიადაგის დისპერსიულობის ფაქტორი თანდათან მცირდება, შესაბამისად მატულობს სტრუქტურურობის ფაქტორი. ეს იმას ნიშნავს, რომ კომპონენტების შეტანით ნიადაგი უფრო ფხვიერი და წყალგამტარი ხდება, რაც ხელს უწყობს ნიადაგის სახნავი ფენის გამკვრივებით გამოწვეული ეკოლოგიური დარღვევების აღმოფხვრას.

IV.2 ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის გავლენა კოლხეთის დაბლობის თიხა ნიადაგების საერთო ფორიანობაზე

კოლხეთის დაბლობის პირობებისათვის ძალიან დიდი სამეურნეო მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის ფორიანობას და მასთან დაკავშირებულ წყალგამტარობას, რომელიც ხელს უწყობს ნიადაგის სახნავი ფენის გამკვრივებით და ჭარბტენიანობით გამოწვეული ეკოლოგიური დარღვევის აღმოფხვრას.

ნიადაგის ფორიანობისა და წყალგამტარობის დასადგენად საჭიროა ნიადაგის მკვრივი ფაზის ხვედრითი წონის და მოცულობითი წონის დადგენა. ამ მიზნით შევისწავლეთ პერსპექტიული და საკონტროლო ვარიანტების ნიადაგების ხვედრითი და მოცულობითი წონები და განვსაზღვრეთ ამ ვარიანტების ნიადაგების საერთო ფორიანობის პროცენტი. ამასთან განვსაზღვრეთ ნიადაგის წყალგამტარობის მაჩვენებელი, აგრეთვე ლომონტიტის და ნტკილის შეტანით მინერალური სასუქების შეკავების უნარი. მიღებული მონაცემები წარმოდგენილია ცხრილების 14 და 15 სახით.

ცხრილი 14. პერსპექტიულ ვარიანტებში საცდელი ნიადაგის საერთო ფორიანობის მაჩვენებლები პროცენტებში (ნიმუშის აღების სიღრმე 0-20სმ)

პერსპექტიული ვარიანტების №№	ვარიანტები	ზომის ერთეული	სტრუქტურურობის ფაქტორი	მოცულობითი წონა	მკვრივი ფაზის ხვედრითი წონა	საერთო ფორიანობა
		ტ/ჰა		(d ₀)	(d)	(p)
				გ/სმ ³		%

ცდის I (საკონტროლო) სერია

1	საკონტროლო I ნიადაგი უსასუქო	–	76,9	1,23	2,58	52,3
2	საკონტროლო II ნიადაგი+N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ კვ/ჰა	–	“	“	“	“
3	საკონტროლო III ნიადაგი + ახალი ნაკელი	20,0	“	“	“	“

ცდის II სერია - ლომონტიტი

7	ნიადაგი + ლომონტიტი	20,0	80,6	1,18	2,65	55,5
11	ნიადაგი + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ კვ/ჰა + ლომონტიტი	20,0	“	“	“	“
15	ნიადაგი + ცეონაკ „ლ“	40,0	“	“	“	“

ცდის III სერია – ნტკილი

7	ნიადაგი + ნტკილი	20,0	79,3	1,19	2,63	54,8
11	ნიადაგი + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + ნტკილი	20,0	“	“	“	“
15	ნიადაგი + „ცეონაკ „ნ“	40,0	“	“	“	“

ფორიანობა მჭიდრო კავშირშია ნიადაგის სტრუქტურურობასთან. ფორიანობა ეწოდება სიცარიელეებს სტრუქტურულ აგრეგატებს შორის, რომლებიც სავსეა ნიადაგური წყლით და ჰაერით [73]. ნიადაგის ფორიანობა

გამოვთვალეთ ფორმულით $p = \frac{d - d_0}{d} \times 100$; [59], სადაც P – არის ნიადაგის საერთო ფორიანობა (%), d – ნიადაგის მკვრივი ფაზის ხვედრითი წონა (გ/სმ³), d₀ – არის ნიადაგის მოცულობითი წონა (გ/სმ³) და 100 – არის პროცენტზე გადასაყვანი ციფრი.

როგორც ცხრილი 14-დან ჩანს, სტრუქტურეანობის მაჩვენებლის ზრდის კვალობაზე იზრდება საცდელი ნიადაგის საერთო ფორიანობა და საკონტროლო ვარიანტებში ის 52,3-ის ტოლია. 20 ტ/ჰა ლომონტიტის შეტანის შემთხვევაში (ცდის II სერია, ვარიანტი 7) 55,5%-ს აღწევს და გაზრდილია 3,2%-ით. ასეთივე ტენდენციაა ნტკილის გამოყენების დროს. ეს მიუთითებს იმაზე, რომ საცდელი კომპონენტების შეტანით უმჯობესდება ნიადაგის სტრუქტურეანობის ფაქტორი, ნიადაგი უფრო ფხვიერი და წყალგამტარი ხდება, რასაც არსებითი მნიშვნელობა აქვს ჭარბტენიანობით და სახნავი ფენის გამკვრივებით გამოწვეული ეკოლოგიური დისბალანსის შემცირებაში.

ამ საკითხთან დაკავშირებით ჩვენ შევისწავლეთ აგრეთვე საცდელი კომპონენტების შეტანით ნიადაგის წყალგამტარობისა და სასუქების შეკავების მაჩვენებლები, რომლებმაც სარწმუნო შედეგები მოგვცა და რომლითაც თვალსაჩინოდ გამოვლინდა ბუნებრივი ფოროვანი მასალების ადსორბციის მაღალი უნარი და ნიადაგის სტრუქტურეანობის გაუმჯობესების დიდი შესაძლებლობები. აღნიშნული საკითხი შევისწავლეთ ლაბორატორიულ პირობებში, ჩერკასოვის ხელსაწყოთი და საკითხის მთლიანი ანალიზი და შედეგები მოტანილია ამ ნაშრომის IV.3. ქვეთავში.

ამ მასალების ანალიზიდან გამომდინარე შესაძლებელია რამდენიმე მნიშვნელოვანი დასკვნის გაკეთება:

1. ნიადაგში, ბუნებრივი ფოროვანი მასალების 1-3%-ის შეტანით ერთი კატეგორიით მაინც იცვლება ნიადაგის მექანიკური შედგენილობა ანუ „მსუბუქი თიხა ნიადაგები“ შესაძლებელია გარდაიქმნან „მძიმე თიხნარებად“.

2. ნიადაგის კატეგორიის ასეთი ცვლილება იწვევს დისპერსიულობის შემცირებას გარკვეული სიდიდით და ზრდის სტრუქტურეანობას იმავე ზომით.

3. ნიადაგში ბუნებრივი ფოროვანი მასალების 1-3%-ის შეტანა ზრდის ნიადაგის საერთო ფორიანობას 2-3%-ით.

4. ნიადაგში ფოროვანი მასალების შეტანით უმჯობესდება ნიადაგის სტრუქტურეანობის ფაქტორი, იზრდება საერთო ფორიანობის მაჩვენებელი, შედეგად ნიადაგი უფრო ფხვიერი და წყალგამტარი ხდება, რასაც უდიდესი

მნიშვნელობა აქვს კოლხეთის ჭარბტენიან პირობებში, ნიადაგის გამკვრივებით გამოწვეული ეკოლოგიური დარღვევების აღდგენაში

IV.3. ნიადაგის, როგორც ჰიდროლოგიური პროცესების რეგულატორის და ბუნების აქტივობის ბაჰლიერება ლომონტიტის და ნტკილის გამოყენებით

ჰიდროლოგიურ წრებრუნვაში ნიადაგი არის ტენის მიმღები, შემნახველი, გამცემი და რეგულატორი. მოცემულ ტერიტორიაზე ტენის პერიოდული სიჭარბისა და სიმცირის შემთხვევაში ის წარმოადგენს ჰიდროლოგიური ბალანსის ბუფერს, ანუ ნიადაგი არის ჰიდროლოგიური ბალანსის ელემენტების რეგულატორი, რომელსაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვს წყლის რესურსების რაციონალურად გამოყენების საქმეში, ბიომასის პროდუქციის ზრდაში, მიწის ენერჯის ბიოენერჯიად გარდაქმნის ინტენსიფიკაციაში და სასურსათო ენერჯიად გარდაქმნაში.

ნიადაგის თვისება, შეაკავოს მცენარისათვის საჭირო და მისაწვდომი წყალი, დამოკიდებულია მის მთელ რიგ თვისებებზე. ასეთი მაჩვენებელი შეიძლება გამოთვლილ იქნას იმ მოცულობის მიხედვით, რომელსაც იკავებს ნიადაგში ამა თუ იმ კულტურის ფესვთა სისტემა, მაგრამ სივრცობრივი სხვადასხვაობის გამო ეს მოცულობები არაერთნაირია.

ნიადაგის თვისება, გარკვეული ნორმით შეაკავოს მცენარისათვის მისაწვდომი წყალი, კოლხეთის დაბლობის ტერიტორიაზე შეიძლება მერყეობდეს 150-250მმ ფარგლებში წელიწადში. წყლის სხვა დამატებითი რაოდენობა ნალექების ან სხვა წყაროების სახით, რომელიც მეტია ამ ნორმაზე, ითვლება სიჭარბედ, რის გამოც შეიძლება დაირღვეს ნიადაგის ჰიდროლოგიური ბალანსი [12]. ნიადაგის წყლის გამტარობაზე და რელიეფზე დამოკიდებული წყლის სიჭარბის ლითოლოგია და ჰიდროგეოგრაფია, რომლის შესაბამისად ზედმეტი წყალი იფილტრება გრუნტის ან ზედაპირულ წყლებში ან გამოიწვევს მოცემული ადგილის დაჭაობებას, რომელიც უარყოფითად აისახება გარემოს ბუნებრივ ლანდშაფტზე, ნიადაგის ნაყოფიერებაზე, მის ეკოლოგიურ წონასწორობაზე და შესაბამისად ეკონომიურ შედეგებზე ანუ გახდება ნიადაგის გაჭუჭყიანების ფაქტორი.

„ნიადაგში წყლის ხანგრძლივი სიჭარბე ქმნის ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების ერთობლიობას, რომლებიც ანაერობულ პირობებში გრუნტის

წყლების ზემოქმედებით იწვევს ნიადაგის ჰორიზონტის გაღებებას, ხოლო ატმოსფერული წყლის სიჭარბე ფსევდოგალებებას. აქედან გამომდინარე, უანგბადის უკმარისობის გამო ნიადაგში წარმოიქმნება რიგი ტოქსიკური შენაერთები, რაც ამუხრუჭებს მიკროორგანიზმების ცხოველყოფელობას და მცენარის კვებას, რის გამოც ნაწილობრივ ან მთლიანად იღუპება მოსავალი“ [130]. ნიადაგის დაბინძურების ასეთი პროცესები მეტწილად განვითარებულია კოლხეთის დაბლობის მთელ რიგ ტერიტორიაზე და შეადგენს დაახლოებით 40-45 ათას ჰექტარს [35]. საერთოდ, კოლხეთის დაბლობის ნიადაგწარმოქმნა მიმდინარეობდა და მიმდინარეობს თბილი, ჭარბტენიანი სუბტროპიკული ჰავის პირობებში. აქ ნალექების წლიური ჯამი 1300-2300 მმ-ს აღწევს. ეს იმას ნიშნავს, რომ წლის განმავლობაში ფართობის 1მ. კვადრატზე ატმოსფეროდან ნალექის სახით ეშვება 1,3-2,3 მ³ (ტონა) წყალი. ჰექტარზე ეს მაჩვენებელი შეადგენს 13,0-23,0 ათას მ³-ს. ეს არის წყლის უზარმაზარი მასა, რომელიც ინფილტრაციით და ზედაპირული წყლების სახით უნდა გაატაროს ნიადაგმა და თითქმის 8,0-9,0-ჯერ აღემატება სასურველ მინიმუმს (1500-2500 მ³) [37]. ასეთი ხასიათის ეკოლოგიური დაბინძურების (დაჭაობების) სრული ლოკალიზაცია მოითხოვს დიდ კაპიტალურ დაბანდებებს სტაციონარული დამშრობი და სადრენაჟო სისტემების მოსაწყობად, რომლებიც ჩამოყალიბებულნი არიან სფერულ კვლევებად. ასეთი სისტემების მოწყობის შემდეგ ყოველწლიურად საჭიროა დამშრობი დროებითი არხების გაყვანა-გასუფთავება. აღნიშნული კაპიტალური ღონისძიებების გატარების მიუხედავად, ხშირად ადგილი აქვს მეორად დაჭაობებას (გაჭუჭყიანებას), ამის გამო დაშრობილი ნიადაგების გაკულტურება ძალიან ნელი ტემპით მიმდინარეობს. მეორადი დაბინძურების (დაჭაობების) სალიკვიდაციოდ საჭიროა ყოველ მესამე-მეოთხე წელს გარკვეული სახის მელიორანტების გამოყენება და ღრმა ხვნის ჩატარება. სასურველ მელიორანტებად მოიაზრება ბუნებრივი ცეოლითები, კირქვები, ნტკილი და სხვა ფოროვანი კირის და სილიკატების შემცველი მასალები.

ნიადაგის წყალი შეიძლება იყოს 5 სხვადასხვა სახის: 1. ორთქლისებური; 2. ჰიგროსკოპიული; 3. აკისებური (წყლის ამ სამ სახეს მცენარე პრაქტიკულად ვერ იყენებს); 4. კაპილარული და 5. გრავიტაციული. მცენარე ინტენსიურად იყენებს წყლის უკანასკნელ ორ სახეს. კაპილარული წყალი, მასში გახსნილი საკვები ნივთიერებებით წარმოადგენს მცენარის კვების ძირითად წყაროს. ის მოძრაობს ნიადაგის კაპილარებში ყველა მიმართულებით და კავდება მასში,

სოლო გრაფიტაციული წყალი, მასში გახსნილი საკვები ნივთიერებებით მოძრაობს მხოლოდ ზევიდან ქვევით საკუთარი სიმძიმის ძალით და დარსის კანონს ემორჩილება, რომელიც გამოისახება შემდეგი ფორმულით:

$$q = R \frac{h}{L} = Ri \quad [36]$$

სადაც q – არის წყალი სმ³-ში, რომელიც გაივლის 1 წამში 1სმ² კვეთის ნიადაგის სვეტში.

h – არის წნევის სხვაობა სვეტის თავსა და ბოლოში სმ-ობით.

L – არის ფილტრაციის მანძილის სიგრძე სმ-ობით.

i – არის ჰიდრაულიკური ქანობი.

R – არის ფილტრაციის კოეფიციენტი სმ/წმ-ში.

ლაბორატორიულ პირობებში ფილტრაციის კოეფიციენტს საზღვრავენ ჩერკასოვის ხელსაწყოთი, რომელიც წარმოადგენს რკინის ან მინის მილს საცრისებური ძირით და წყლის მოსაგროვებელი ჭურჭლით (ტყაპუჭით). მილის სიმაღლე $L = 50$ სმ, განივი კვეთის ფართობი $F = 400,0$ სმ²-ს, წნევა $h = 25$ სმ, აღნიშნული ხელსაწყოთი შევისწავლეთ ცეოლითიან ნიადაგში შეტანილი წყლისა და მასში გახსნილი აზოტოვანი სასუქის ამონიუმის გვარჯილას (NH_4NO_3) შეკავებისა და ტრანსფორმაციის ხასიათი. აზოტის ბალანსის შესწავლაში მრავალფეროვანი და საინტერესო გამოკვლევები აქვს ჩატარებული აკადემიკოს ო. ზარდალიშვილს, რომელმაც მრავალრიცხოვანი ცდებით დაადგინა აზოტის შემოტანისა და გატანის წყაროები, მ.შ. აზოტის ნიადაგიდან გამორეცხვის სიდიდეები [10]. აქედან გამომდინარე, ჩვენთვის მეტად საინტერესო იყო, ბუნებრივი ფოროვანი მასალების მეშვეობით, ნიადაგში მოხვედრილი წყლისა და მასში გახსნილი აზოტის გამორეცხვისა და შეკავების სიდიდეების დადგენით შეგვესწავლა ამ მასალების მეშვეობით ნიადაგის დამაბინძურებელი რეაგენტების (პესტიციდები, მინსასუქები და სხვა) დაკავების შესაძლებლობები და სიდიდეები. ამ საკითხის შესასწავლად ნიადაგის ნიმუშები ავიღეთ საცდელი ნაკვეთის საკონტროლო და პერსპექტიული ვარიანტების დანაყოფებიდან, სადაც სამი წლის განმავლობაში ტარდებოდა ფართომასშტაბიანი მინდვრის ცდები. ნიმუშები დამუშავდა არსებული მეთოდის დაცვით. ნიადაგის ნიმუშები სათანადო დამუშავების შემდეგ მოვათავსეთ ჩერკასოვის მილებში ცდის შემდეგი სქემით (ცდის სქემა II).

ც დ ი ს ს ქ ე მ ა II

ვარ №№	ვ ა რ ი ა ნ ტ ე ბ ი
ცდის I (საკონტროლო) სერია	
1	ნიადაგი 1000,0გრ (უხასუქო) საკონტროლო I
2	ნიადაგი 1000,0გრ + ამონიუმის გვარჯილა (NH ₄ NO ₃) 20მლგრ (N=132კგ/ჰა) საკონტრ. II
ცდის II სერია – ლომონტიტი	
3	ნიადაგი 990,0გრ + ლომონტიტი 10გრ (20ტ/ჰა) + NH ₄ NO ₃ 20მლგრ
ცდის III სერია – ნტკილი	
4	ნიადაგი 990,0გრ + ნტკილი 10გრ (20ტ/ჰა) + NH ₄ NO ₃ 20მლგრ

საკონტროლო I არის უხასუქო, ყველა სხვა ვარიანტში, მ.შ. საკონტროლო II-ში, შეტანილია ჩერკასოვის მიწებში ჩატვირთულ ყოველ 1კგ ნიადაგში 20,0მლგრ NH₄NO₃, რომელიც ფიზიკური წონით შეადგენს 400,0-ს, ხოლო მ.წ. 132კგ/ჰა-ზე, ეს არის აზოტის საშუალო ნორმა, რომელიც საჭიროა ჰა ნათესისათვის წელიწადში, მაგრამ რეალურად, აღნიშნული რაოდენობის აზოტის შეთვისებას ვერ ასწრებს ნათესი. ამის გამო საჭიროა იმის დადგენა, თუ აღნიშნული რაოდენობიდან, რამდენი იკარგება ჩარეცხვით და აბინძურებს გრუნტის წყლებს და რამდენი გამოიყენება მცენარის მიერ. მე-3 და მე-4 ვარიანტებს დაემატა შესაბამისად ლომონტიტი და ნტკილი 10-10გრ. ანუ 20ტ/ჰა-ზე და დავდგით ფილტრაციაზე. მიწის ზედა ნაწილში ნიადაგის მონოლითის თავზე, თვითეულ ცილინდრს, განსაზღვრულ დონეზე ავტომატურად ვასხამდით დისტილირებულ წყალს და წყლის სისტემატური დამატებით ვინარჩუნებდით მოცემულ დონეს 30 წუთის (1800,0 წამის) განმავლობაში.

ჩერკასოვის ხელსაწყოთი ფილტრაციის კოეფიციენტის დადგენის დროს სარგებლობენ ფორმულით: $R = \frac{W \cdot L}{h \cdot F \cdot T}$; [37] სადაც R – არის ფილტრაციის კოეფიციენტი, W – ფილტრატის რაოდენობა (ლიტრი) სმ³, L – ნიადაგის მონოლითის სიმაღლე (სმ), h – ცილინდრის ზედა და ქვედა წერტილებს შორის მანძილი (სმ), F – ცილინდრის განივკვეთი (სმ²), T – ფილტრაციის დრო (წამი), ამ ცდით მიღებულმა შედეგებმა მოლოდინს გადააჭარბა, რადგან საკონტროლო I (ბუნებრივი ნიადაგი) წყლის გამტარობა ჩქარია შედარებით სხვა ვარიანტებთან და $R = 0,00086$ სმ/წამში, მაშინ, როდესაც ლომონტიტის გამოყენების შემთხვევაში

ცხრილი 15. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის შეტანით ნიადაგის წყალგამტარობისა და სასუქების შეკავების მაჩვენებლები

გარანტიის №	ვარიანტები	მაჩვენებლები ნიადაგის წყალგამტარობის შესახებ						ამონიუმის გვარჯილა			
		მზონტის მოხელის სიღრმის ცილინდრის ფენის სიღრმე	მზონტის ფენის ცილინდრის ფენის სიღრმე და ქვედა წერტილებს შორის წნევა	ფილტრაციის (მცა) ორდრე	მიღებულია ფილტრატი (W)		ფილტრაციის სიჩქარე	გამორეცხილია სასუქი		შეკავებულია სასუქი	
					ლიტრი	სმ ³		მლ/გრ	%	მლ/გრ	%
L, სმ	F, სმ	H სმ ²	T	ლიტრი	სმ ³	$R = \frac{W \cdot L}{h \cdot F \cdot T}$ სმ/წამი	მლ/გრ	%	მლ/გრ	%	

ცხრილი I (საკონტროლო) სერია

1	საკონტროლო I ნიადაგი 1000,0გრ (უსასუქო)	50,0	400,0	25,0	1800,0	0,2	200,0	R = 0,00086	-	-	-	-
2	საკონტროლო II ნიადაგი 1000,0გრ NH ₄ NO ₃ – 20მლ/გრ	“	“	“	“	0,2	200,0	R = 0,00086	11,0	55,0	9,0	45,0

ცხრილი II სერია – ლომონტიტი

3	ნიადაგი 990გრ + ლომონტიტი 10გრ + NH ₄ NO ₃ – 20მლ/გრ	“	“	“		0,18	180,0	R = 0,00078	6,0	30,0	14,0	70,0
---	--	---	---	---	--	------	-------	-------------	-----	------	------	------

ცხრილი III სერია – ნტკილი

4	ნიადაგი 990გრ + ნტკილი 10გრ + NH ₄ NO ₃ – 20მლ/გრ	“	“	“		0,19	190,0	R = 0,00081	7,0	35,0	13,0	65,0
---	---	---	---	---	--	------	-------	-------------	-----	------	------	------

$R = 0.00078$ სმ/წამში, ხოლო ნტკილის დროს $R = 0,00081$ სმ/წამში. შესაბამისად, დროის განსაზღვრულ მონაკვეთში, მიღებულია ფილტრატი: საკონტროლო ვარიანტი 200 სმ³, ლომონტიტის შემთხვევაში 180 სმ³, ხოლო ნტკილისგან 190 სმ³. შეკავებულია გვარჯილა, საკონტროლო ვარიანტზე 45%, ლომონტიტის მიერ 70% და ნტკილის მიერ 65%. ეს აიხსნება იმით, რომ 20 ტ/ჰა-ზე ლომონტიტის შეტანის შემთხვევაში ნიადაგის ფორიანობა იზრდება 3,2%-ით, რის გამოც ცეოლითიან ნიადაგში კაპილარული წყლის შთანთქმა მატულობს 3,2%-ით, ხოლო ნიადაგის წყლით გაჯერების შემდეგ დარჩენილი გრავიტაციული წყალი ნიადაგის მაღალი სტრუქტურურობის გამო სწრაფად შორდება ნიადაგს და თავისი სიმძიმის ძალის გავლენით მიედინება სადრენაჟო სისტემისაკენ. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ დროის ერთი და იგივე მონაკვეთში (1800 წამი) ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის გამოყენების შემთხვევაში მიღებულია ფილტრატის ნაკლები რაოდენობა, ვინემ საკონტროლო ვარიანტში, რაც აპირობებს სასუქის შეკავების მაღალ პროცენტს. ასეთივე ტენდენციები ახასიათებს ნტკილსაც მეტნაკლები გადახრებით.

ამგვარად: ამ ექსპერიმენტით დამტკიცდა, რომ 1. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის 1%-ითაც კი ნიადაგის გამდიდრების შემთხვევაში დიდდება კაპილარული ფორიანობა, შესაბამისად კაპილარული წყლის შეკავების უნარი, მასში გახსნილი საკვები ნივთიერებებით; იმავე დროს ძლიერდება გრავიტაციული წყლის გადინება ნიადაგიდან, რაც თავიდან გვაცილებს, როგორც ნიადაგის გამკვრივებით, ისე ჭარბტენიანობით და სასუქების სიჭარბით გამოწვეულ ეკოლოგიურ დარღვევებს; 2. რაც უფრო მეტი რაოდენობით იქნება შეტანილი ნიადაგში ბუნებრივი ცეოლითი – ლომონტიტი და ნტკილი, მით უფრო გაძლიერდება ეს პროცესები, მით უმეტეს, რომ ჩვენს მიერ გამოყენებული იყო ბუნებრივი ფოროვანი მასალები 20 სმ-იანი სახნავი ფენის 1 და ბუნებრივი ფოროვანი მასალების ბაზაზე დამზადებული ბიოორგანული სასუქები 2%-ის ფარგლებში; 3. აღნიშნული მასალების და სასუქების დოზებს თუ გავზრდით 3, 4 და 5%-მდე, მაშინ ჩვენ მივიღებთ სრულიად სხვა ბუნების (ტიპის) ნიადაგს, რომელსაც ექნება მაღალი და ეკოლოგიურად სუფთა მოსავლის მოცემის დიდი პოტენციალი.

IV.4. ბუნებრივი ცეოლიტის-ლომონტიტის და ნტკილის გავლენა საცდელი ნიადაგის ელემენტარულ მინერალურ შედგენილობაზე და ბაქტერიის ხარისხზე

ნიადაგის ყველაზე უფრო მოძრავი აქტიური ნაწილია ნიადაგის ხსნარი, რომელშიც მიმდინარეობს მთელი რიგი მრავალფეროვანი ქიმიური და ბიოლოგიური გარდაქმნები, საიდანაც მცენარე უშუალოდ ითვისებს მასში გახსნილ საკვებ ნივთიერებებს.

ნიადაგის ტიპზე დამოკიდებულებით და სხვა მთელი რიგი პირობების ზემოქმედებით, ნიადაგის ხსნარი შეიცავს ანიონებს (HCO_3^- , OH^- , Cl^- , NO_2^- , H_2PO_4^- და სხვებს) და კათიონებს (H^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ და სხვა), შეიცავს აგრეთვე წყალხსნად ორგანულ ნივთიერებებს და წყალხსნად გაზებს (უანგბადს, ნახშირორჟანგს, ამიაკს) და სხვას. ნიადაგის ხსნარში მარილები ხვდებიან მინერალების დაშლისა და გამოფიტვის, მიკროორგანიზმებით ორგანული ნივთიერებების გახრწნის და ორგანული და მინერალური სასუქების შეტანის გზით [46].

ერთ-ერთი ღონისძიება, რომლითაც ვზრდით ნიადაგის ნაყოფიერებას, ეს არის წინასწარ დაფქვილი და წვრილფერთეულად დაშლილი მინერალების შეტანა. ბუნებრივ ნიადაგწარმოქმნის პირობებში მინერალების დაშლა და გამოფიტვის პროცესები ხანგრძლივია, ამიტომ ჩვეულებრივი გააკულტურებული სახნავი ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლება შეიძლება გამოვიწვიოთ წინასწარ დაფქვილ-დაქუცმაცებული ისეთი მინერალების შეტანით, როგორცაა ცეოლიტების მრავალფეროვანი სახეობები, ნტკილი და სხვა. ამ კონკრეტულ შემთხვევაში ჩვენ ვსწავლობთ მინერალების, ლომონტიტისა და ნტკილის ზემოქმედებას ნიადაგის აქტიურ ფაზაზე სამი წლის განმავლობაში. ამ მიზანდასახულობიდან გამომდინარე, საინტერესოა კომპონენტების შეტანით გამოწვეული ცვლილებების დადგენა ნიადაგის ელემენტარულ მინერალურ შედგენილობაში. ზემოთ აღნიშნული მინერალები სუფთა სახით შეგვაქვს ნიადაგის 20სმ სახნავ ფენაში 1%-ის რაოდენობით, ხოლო ამ მინერალების ბაზაზე დამზადებული ორგანულ-მინერალური სასუქი „ცეონაკი“ 2%-ის რაოდენობით. ამ მინერალების ნიადაგის ხსნართან სამი წლის ურთიერთზემოქმედების შედეგად შეიძლება მოხდეს გარკვეული ცვლილებები როგორც ნიადაგის ელემენტარულ მინერალურ შედგენილობაში, ისე საერთოდ ნიადაგის მკვრივი და თხიერი ფაზის ქიმიურ შედგენილობაში. ნიადაგის

ელემენტარული მინერალური შედგენილობის ცვლილებები მოტანილია ცხრილ 16-ში.

ცხრილი 16. ცვლილებები საცდელი ნიადაგის ელემენტარულ მინერალურ შედგენილობაში, კომპონენტების შეტანიდან სამი წლის შემდეგ.

ვარიანტების №	ფენის სიღრმე სმ	საერთო შემცველობა, %-ში მშრალ ნიადაგში				SiO ₂ :R ₂ O ₃
		SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO	

ცდის I (საკონტროლო) სერია

1	0-20	55,2	10,8	1,03	0,42	5,1
2	—“—	—“—	—“—	—“—	—“—	—“—
3	—“—	55,2	10,82	1,025	0,41	5,05

ცდის II სერია – ლომონტიტი

7	—“—	55,3	11,2	1,026	0,42	4,9
11	—“—	55,3	11,2	—“—	—“—	4,9
15	—“—	55,3	11,4	—“—	—“—	4,85

ცდის III სერია – ნტკილი

7	—“—	56,3	13,3	1,21	—“—	4,2
11	—“—	56,3	13,3	—“—	—“—	4,2
15	—“—	56,3	13,35	1,22	—“—	4,15

ბუნებრივი ფოროვანი მასალების (ლომონტიტი და ნტკილი) შეტანით ნიადაგის ელემენტარული მინერალური შემადგენლობა მთელისა და რამდენიმე მეათედის ფარგლებში იცვლება ზრდის მიმართულებით, მაგრამ ამ მატებას უდიდესი გავლენა აქვს ნიადაგის ფიზიკურ-ქიმიურ და ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე. ასე, მაგალითად, 1 და 2 საკონტროლო ვარიანტებში გაეწრების ხარისხი 5,1-ის ტოლია მაშინ, როცა ახალი ნიკელის შეტანის შემთხვევაში ეს მაჩვენებელი 0,05 ერთეულით არის შემცირებული, ლომონტიტის გამოყენების დროს 0,2, ხოლო „ცეონაკ „ლ“-ის შემთხვევაში 0,25 ერთეულით, ნტკილის გამოყენებისას 0,9 და „ცეონაკ „ნ“-ის შემთხვევაში 0,95 ერთეულით. რაც შეეხება CaO-ს, შემცველობა გადიდებულია მეათედ ერთეულებში, რაც მუავე ნიადაგებში

იწვევს გამჟავიანებით გამოწვეული ეკოლოგიური დისბალანსის რეგულირებას. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ნტკილის შემთხვევაში.

ნიადაგი შედგება ნივთიერებათა ორი დიდი ჯგუფისაგან: მინერალური და ორგანული. ნიადაგის მინერალურ ნაწილს წარმოშობის მიხედვით ყოფენ პირველად და მეორად მინერალებად. პირველადი მინერალებია: კვარცი, მინდურის შპატი, ქარსი, პიროქსენი და რქატყუარა. ესენი წარმოდგენილია ნიადაგში ქვიშის, ლამის და კოლოიდური ნაწილაკების სახით. ნიადაგის ქიმიური პროცესების (ჰიდრატაცია, ჰიდროლიზი, დაჟანგვა) და მრავალგვარი მიკროორგანიზმების ზემოქმედებით, წარმოიქმნება ერთნახევარი უანგეულების და კაუმიწის ჰიდრატები, მრავალგვარი მარილები და მეორადი, ე.წ. თიხის მინერალები: კაოლინიტი, მონტმორილონიტი, ჰიდროქარსები და სხვა. ესენი ნიადაგში წარმოდგენილია ლამისა და კოლოიდური, იშვიათად მტკვრისებური, ნაწილაკების სახით.

ქიმიური შედგენილობის მიხედვით მინერალები იყოფა სილიკატებად და ალუმინოსილიკატებად. სილიკატებიდან ნიადაგში მეტწილად გავრცელებულია კვარცი SiO_2 . ის ნიადაგში ძირითადად წარმოდგენილია ქვიშისა და მტკვრის ნაწილაკების სახით. კვარცის შემცველობა თითქმის ყველა სახის ნიადაგში აღემატება 60%-ს, ხოლო ქვიშნარებში აღწევს 90% და მეტს [46]. სილიციუმის უანგეულით (SiO_2) – კვარცით ნიადაგის გამდიდრება მნიშვნელოვანია იმით, რომ კვარცი თამაშობს ისეთივე დიდ როლს არაორგანული შენაერთების შემადგენლობაში, როგორც ნახშირბადის შემცველობა ორგანულ ნივთიერებათა შემადგენლობაში [59].

ბუნებრივ ფოროვან მასალებში კვარცის შემცველობა საკმაოდ მაღალია. სილიკატების და ალუმინოსილიკატების ჯგუფის მინერალები წარმოადგენენ კაუმჟავას ჰიდრატის მარტივ და რთულ მარილებს, რომელთა შორის აღსანიშნავია მეტაკაუმიწის მჟავეები (H_2SiO_2) და ორთოკაუმიწის მჟავეები (H_2SiO_4). ნიადაგის ხსნარის ზემოქმედებით, განსაკუთრებით მჟავე არეში, მიმდინარეობს დაფქვილის სახით შეტანილი სილიკატების თანდათანობითი ჰიდროლიზი, რომლებიც ქმნიან კაუმჟავას კოლოიდურ ხსნარებს, რომლებიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ მცენარის კვებაში. „ნიადაგის ხსნარში არსებული კაუმჟავა, საკმაოდ რაოდენობით შეიწოვება მცენარის ფესვთა სისტემის მიერ და ხმარდება

მისი ორგანიზმის ფორმირებას. ასე, მაგალითად: „მარცვლოვანების ნაცარში SiO_2 -ის შემცველობა 10-დან 60%-მდე მერყეობს, რაც შეადგენს მთელი მცენარის მშრალი მასის 2-3%-ს“ [5].

ჩვენს ექსპერიმენტში კვარცის შემცველობა საკონტროლო ვარიანტებში 55,2%-ია. 20ტ/ჰაზე ლომონტიტისა და ნტკილის შეტანის შემთხვევაში ის 55,3-56,3%-ია. საკონტროლო ვარიანტებში ერთნახევარი ჟანგეულების (R_2O_3) შემცველობა 10,8-10,82%-ია, კომპონენტების შეტანის შემდეგ რეკომენდებულ ვარიანტებში 11,2-დან 13,35%-მდე მატულობს, შესაბამისად მცირდება გაეწრების ხარისხი (ცხრილი 16).

მეორადი მინერალები, როგორცაა მინდვრის შპატი, ქარსები, როგორც პირველადი მინერალების შემთხვევაში, ნელ-ნელა იშლებიან და წარმოადგენენ კალიუმის, კალციუმის, მაგნიუმის, რკინის და სხვა საკვები ელემენტების წყაროს.

ნიადაგის ქვიშის ფრაქცია და მსხვილი მტვერი მეტწილად შეიცავს კვარცსა და მინდვრის შპატს, საშუალო და წვრილ მტვერში ამ მინერალების შემცველობა კლებულობს და მატულობს რქატყუარასა და ქარსების შემცველობა. აქედან გამომდინარე, დაფქვილი სახით, დამატებით ამ მინერალებით ნიადაგის გამდიდრება მნიშვნელოვან ეფექტს იძლევა, რაშიც დაგვარწმუნებს ჩვენი ცდის შედეგები, რომლებიც განხილული იქნება შემდგომ თავებში.

ამგვარად: 1. ბუნებრივი ფოროვანი მასალების ნიადაგში შეტანით მთელისა და მეთედების ფარგლებში იზრდება სილიკატებისა (SiO_2) და ერთნახევარი (R_2O_3) ჟანგეულების შემცველობა და რაც უფრო მეტია მათ შემცველობას შორის სხვაობა, მით უფრო დიდია გაეწრების ხარისხი. 2. სილიკატებისა და ერთნახევარი ჟანგეულების შეფარდება ($\text{SiO}_2: \text{R}_2\text{O}_3$) საკვლევ ნიადაგში 5,1 ერთეულის ტოლია. ეს ნიშნავს იმას, რომ გაეწრების ხარისხი საშუალოზე მაღალია. ამ ერთეულის გაზრდა ნიშნავს გაეწრების ხარისხის ზრდას, შემცირება კი გაეწრების შემცირებას. 3. ბუნებრივი ფოროვანი მასალების შესატანი დოზების ზრდა 1, 2, 3%-ით იწვევს ადექვატურად გაეწრების ხარისხის შემცირებას.

IV.5. ნიადაგის მქავენიანობის გამომწვევი მიზეზები და მისი ნეიტრალიზაციის შესაძლებლობა გუნებრივი ცეოლიტის-ლომონტიტისა და ნტკილის გამოყენებით

მუავედ ითველება ნიადაგი, რომლის pH ნაკლებია 6-ზე. მუავე ნიადაგები მცენარეული საფარით ღარიბია ან ძლიერი მუავენიანობის შემთხვევაში უნაყოფია. მუავენიანობის გაძლიერებით დიდდება მოძრავი ალუმინის კონცენტრაცია და ერთდროულად კლებულობს საკვები ელემენტების შემცველობა.

ნიადაგის მუავენიანობა შეიძლება გამოწვეული იყოს მრავალი ფაქტორით: ჰუმუსის ფუნქციონალური ჯგუფის დისოციაციით, ორგანული ნივთიერებების მიკრობიოლოგიური ხრწნით, თიხასილიკატური მარილების, ალუმინისა და რკინის ჰიდროჟანგულების სიჭარბით, მუავე მარილების (ზოგიერთი მუავე რეაქციის მინერალური სასუქები) ჰიდროლიზის ან ნიტრიფიკაციის პროდუქტებით, გოგირდის შენაერთებით, რომლებიც ჭაობიანი ნიადაგების ერთ-ერთი შემადგენელი კომპონენტებია და აქტიურად მონაწილეობენ ნიადაგის გამუავენიებაში. გამუავენიების თითოეული წყარო მოქმედებს ნიადაგის pH-ის გარკვეული მნიშვნელობის დროს. ნიადაგის გამუავენიების ინტენსივობა დამოკიდებულია წყალბადისა და ალუმინის იონების თანაფარდობაზე [130].

ნიადაგების გამუავენიებას ხელს უწყობს დიდი დოზებით ფიზიოლოგიურად მუავე მინერალური სასუქების (ამონიუმის გვარჯილა, ამონიუმის სულფატი, ქლორამონიუმი, სულფატ-ნიტრატ-ამონიუმი, მარტივი სუპერფოსფატი, კალიუმის ფიზიოლოგიურად მუავე მარილები: კალიუმის 30-40%-იანი მარილი, კალიუმის სულფატი, ქლორკალიუმი და სხვა) გამოყენება [26]. ამ შემთხვევაში გამუავენიების ხარისხი დამოკიდებულია ნიადაგის გაცვლითი კათიონების უნარზე და ფუძეებით მაძღრობის ხარისხზე, მექანიკურ შედგენილობაზე, ჰუმუსის შემცველობაზე და თვით ნიადაგის ბიოლოგიურ აქტივობაზე. დადგენილია, რომ ყოველწლიურად ერთ ჰა-ზე 1000კგ ამონიუმის გვარჯილას ან შარდოვანას შეტანით ნიადაგის pH კლებულობს 0,4-0,5 ერთეულით. ეს იმას ნიშნავს, რომ 6-8 წელიწადში სუსტი მუავე რეაქციიდან ნიადაგი გადავა ძლიერ მუავე კატეგორიაში და გახდება გამოუყენებელი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წარმოებისათვის (130).

ნიადაგის მუავე რეაქცია, მოძრავი ალუმინისა და მანგანუმის მაღალი შემცველობა, მუავე რეაქციასთან დაკავშირებული სხვა ქიმიური, ფიზიკური და

ბიოლოგიური თვისებები ზღუდავენ ნიადაგის პროდუქტიულობას და ამცირებენ მინერალური სასუქების ეფექტურობას. მუავიანობით გამოწვეული მოსავლის შემცირება თვალსაჩინოა და ამას მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია კოლხეთის ჭარბტენიან აგლოკლიმატურ ზონაში.

მაღალი ტემპერატურის, ატმოსფერული ნალექის სიჭარბისა და ნიადაგწარმოქმნელი სხვა ფაქტორების გავლენით შესაძლებელია ნიადაგის მშთანთქმავი კომპლექსიდან გამოძევდეს: კალიუმი, ნატრიუმი, კალციუმი, მაგნიუმი და სხვა კათიონები და მათი ადგილი დაიკავონ წყალბადისა და ალუმინის იონებმა, ამის შედეგად მიიღება ფუძეებით არამადლარი – მუავე, ეწერი და წითელმიწა ნიადაგები, სადაც ძალზედ შემცირებულია, მიწათმოქმედების თვალსაზრისით, სასარგებლო მიკროორგანიზმები. მცენარე ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის მოითხოვს ნიადაგის არეს ოპტიმალურ რეაქციას ($\text{pH}=6-8$).

წყალბადიონების მოჭარბებული რაოდენობა უარყოფითად მოქმედებს მცენარის ფესვთა სისტემის განვითარებაზე და უჯრედის პლაზმის ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებზე, არღვევს მცენარეში საკვები ნივთიერებების ნორმალურ შეღწევას და ნივთიერებათა ცვლას, ყოველივე ამის გამო მუავე რეაქციის პირობებში უარესდება მცენარის კვებისა და ზრდა-განვითარების პირობები [26]. ამდენად, მუავე ნიადაგები დაბალი ნაყოფიერებით ხასიათდება. მასზე მოზარდი მცენარეები ნორმალურად ვერ ვითარდება და მცირე მოსავალს იძლევიან, შეტანილი სასუქების ეფექტურობის გადიდების, გამუავეებით გამოწვეული ნიადაგის ეკოლოგიური დაბინძურების სალიკვიდაციო ერთ-ერთ ეფექტურ საშუალებად მიჩნეულია ნიადაგის მოკირიანება.

მოკირიანების ქვეშ იგულისხმება ნიადაგში კირის (CaCO_3 , CaO , Ca(OH)_2) ან კალციუმის ან მანგანუმის კარბონატის ან კირის შემცველი სხვა სასუქის შეტანა, რომელიც უზრუნველყოფს მუავე ნიადაგის არეს რეაქციის განეიტრალებას და ნაყოფიერების გაუმჯობესებას. კირიანი სასუქებია: კირქვები, დოლომიტები, კირის ტუფები, გლაუკონიტები, ნტკილი, დეფეკაციური ტალახი და სხვა [26].

მუავე ნიადაგების მოკირიანების დადებით შედეგებზე უამრავი ექსპერიმენტული და პრაქტიკული მონაცემებია დაგროვილი, მაგრამ კირი განიხილება არა მარტო როგორც პირდაპირი ან არაპირდაპირი მოქმედების სასუქი, არამედ ის, უპირველეს ყოვლისა, მეტად საჭირო სამშენებლო მასალაა,

ერთ-ერთი ნედლეულია ცემენტის წარმოებაში, მას აქვს აგრეთვე პესტიციდური და ფენგიციდური თვისებები. ერთი სიტყვით, მას მრავალფეროვანი გამოყენება აქვს სახალხო მეურნეობაში. აქედან გამომდინარე, ისმება ბუნებრივი კითხვა: ხომ არ არსებობს ბუნებაში ისეთი მასალები, რომლებიც გამოდგებიან კირის შემცველად და ნიადაგის ბუნებრივი ნაყოფიერების აღსადგენად? უკანასკნელი 30-40 წლის მანძილზე ჩატარებული გამოკვლევებით ასეთი აღმოჩნდა ბუნებრივი ფოროვანი, კალციუმისა და მაგნიუმის კარბონატების შემცველი მასალები, ბუნებრივი ცეოლითები, რომელთა დიდი საბადოებია ჩვენს ქვეყანაში და ჯერ კიდევ ელოდებიან სახალხო მეურნეობაში და, მ.შ. სოფლის მეურნეობაში, გამოყენებას.

ნიადაგის არეს რეაქცია (pH) პირდაპირ დამოკიდებულია ნიადაგის ხსნარში H^+ და OH^+ იონების შეფარდებაზე. მას დიდი ფიზიოლოგიური მნიშვნელობა და გავლენა აქვს მცენარეული ორგანიზმების ყოველდღიურ ფუნქციონირებაზე. მუავე პირობებში ნიადაგის pH-ის შეცვლა ნეიტრალურისაკენ სხვადასხვა – კალციუმის და ტუტე მარილების შემცველი ნივთიერებებით, იწვევს წყალბადიონების (H^+) შეღწევის შეჩერებას მცენარეებში და შეუძლიათ კალციუმის გაზრდილი შემცველობის პირობებში უფრო მუავე რეაქციის ატანა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ნიადაგში მიმდინარე პროცესებზე გადამწყვეტ როლს ასრულებს არა იონების კონცენტრაცია, არამედ მათი აქტივობა. მონაცემები გვიჩვენებს, რომ დღე-ღამის განმავლობაში Ca^{2+} აქტივობაში მნიშვნელოვანი ცვლილებები მიმდინარეობს, რომელიც დილით მინიმალურია, შუადღისას მაქსიმალურია და ასეთ მდგომარეობაშია თითქმის საღამომდე. Ca^{2+} აქტივობა მაღალია მცენარის ბარტყობის პერიოდში (ე.ი. როცა ნამდვილად საჭიროა) 14-15° ტემპერატურის და ნიადაგის 19-20% ტენიანობის პირობებში. არსებობს მუავიანობის რამდენიმე სახე: აქტიური, გაცვლითი და ჰიდროლიზური. ჩვენ არ შევუდგებით მათ ცალ-ცალკე განხილვას, რადგან ისინი ერთიანდებიან ნიადაგის ერთ საერთო მუავიანობაში, რომელიც აღინიშნება სიმბოლო „pH“-ით.

ნიადაგის რეაქცია დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგში მიმდინარე ქიმიურ და ბიოქიმიურ პროცესებზე, მცენარეების მიერ საკვები ნივთიერებების შეთვისებაზე. ნიადაგის მიკროორგანიზმების ქმედითუნარიანობაზე, ორგანულ ნივთიერებათა მინერალიზაციაზე, ნიადაგის მინერალების და ძნელადხსნადი მარილების დაშლაზე, ნიადაგების კოლოიდების კოაგულაციაზე, პეპტიზაციაზე და

სხვადასხვა ფიზიკურ-ქიმიურ პროცესებზე, რომლებიც განსაზღვრავენ მცენარის ზრდა-განვითარების პარამეტრებს და დიდი ხარისხით არიან დამოკიდებული ნიადაგის რეაქციაზე. ის დიდ გავლენას ახდენს ნიადაგში შეტანილი სასუქების ეფექტიანობაზე. ამ პრინციპებიდან გამომდინარე, დაფქვილი ფოროვანი მასალების და მათ ბაზაზე დამზადებული ბიოორგანული სასუქების (ცეონაკი) ნიადაგში შეტანით ჩვენ ვარეგულირებთ მჟავე ნიადაგებში ნიადაგის არეს რეაქციას (pH). pH-ის მაჩვენებლის ერთი მეათედით შეცვლაც კი, მნიშვნელოვან ცვლილებებს იწვევს ნიადაგში მიმდინარე პროცესებში. ამ მიზანდასახულობიდან გამომდინარე, ექსპერიმენტის წესით, შევეცადეთ შეგვესწავლა ჩვენს მიერ გამოყენებული ფოროვანი მასალების ნიადაგის მჟავიანობის გამანეიტრალებელი შესაძლებლობები, რაც ძირითადად დაკავშირებულია ნიადაგში შეტანილი ცეოლითისა და ნიადაგის ხსნარს შორის იონმიმოცვლის პროცესებთან. ასე, მაგალითად: დაბალ სილიციუმშემცველი ცეოლითი – ლომონტიტი ხასიათდება მაღალი იონმიმოცვლითი მაჩვენებლებით და ამჟღავნებს სელექტიურობას მაღალი პოლარიზებადობის მქონე გარდამავალი ლითონების კათიონების მიმართ, რაც ნიშნავს ნიადაგში წყლიანი ფაზიდან გარკვეული კათიონების თანმიმდევრულ ფიქსაციას. ექსპერიმენტით შემოწმდა ლომონტიტის, ნტკილის, აგრეთვე შესადარებლად (ეტალონად) კირისა და კარგად შესწავლილი ცეოლითის-კლინოპტილოლიტის ნიადაგის pH-ის გამანეიტრალებელი თვისებები იონმიმოცვლით პროცესებთან დაკავშირებით. ზემოთ დასახელებული მინერალების გაცვლითი კათიონების მაქსიმალურად შესაძლო რაოდენობის დასადგენად თითოეული მინერალის 5 გრამი ნიმუში მოვათავსეთ 5 ნორმალობის, შემთბარ (60-80°) მარილმჟავას ხსნარში 6 საათის განმავლობაში. გამოდევნილი კათიონების რაოდენობა მივიღეთ იმ სიდიდედ, რომლითაც შესაძლებელია ნიადაგის წყალბადიონების გარკვეული რაოდენობის განეიტრალება. აღმოჩნდა, რომ წყალბადიონების გამანეიტრალებელი თვისებები გააჩნია არა მხოლოდ Ca-ის კათიონებს, არამედ ნატრიუმისა და კალიუმის კათიონებსაც. ასეთ პირობებში 5 გრამი კლინოპტილოლიტიდან გამოდევნილი კათიონების რაოდენობა იყო შემდეგი: (გრამექვივალენტებში) Ca - 0,0019; Na - 0,0011 და K - 0,0074; სულ 0,0037 გრ/ექვ. ამ შემთხვევაში ერთ ტონა კლინოპტილოლიტს შეუძლია გაანეიტრალოს Ca-ის კათიონებით 760,0; Na-ის კათიონებით -

360,0 და K-ის კათიონებით - 304,0 გრ/ექვ. წყალბადიონები (H^+). სულ ჯამში 1424,0 გრ/ექვ. H^+ იონი.

5 გრამი ლომონტიტიდან გამოლექილი კათიონების რაოდენობა იყო შემდეგი: Ca - 0,0024; Na - 0,0019 და K- 0,0022; სულ 0,0065 გრამექვივალენტი. ამ შემთხვევაში 1 ტონა ლომონტიტს შეუძლია გაანეიტრალოს Ca-ის კათიონებით 964,0; Na-ის კათიონებით 624,6 და K-ის კათიონებით 91,2 გრამექვივალენტი წყალბადიონები. სულ ჯამში 1680,0 გრამექვივალენტი წყალბადიონები.

5 გრამი ნტკილიდან გამოდევნილი კათიონების რაოდენობა იყო: Ca - 0,008; Na - 0,00033 და K - 0,00042; სულ 0,00875 გრ/ექვ. ამ შემთხვევაში ერთ ტონა ნტკილს შეუძლია გაანეიტრალოს Ca-ის კათიონებით - 32000,0; Na-ის კათიონებისთ 132,0 და კალიუმის კათიონებით 168,0 გრ/ექვ H^+ იონები. სულ ჯამში 3500,0 გრ/ექვ H^+ იონი.

როგორც ცხრილი 17-დან ჩანს, ყველაზე უფრო ძლიერი გამანეიტრალებელი თვისებები გააჩნია კირს. როგორც ზემოთ ვთქვით, ერთ ტონა კირს შეუძლია 6800,0 გრ/ექვ. წყალბადიონის განეიტრალება. შემდეგ ადგილს იკავებს ნტკილი, რომლის შესაძლებლობები 3500,0 გრ/ექვ. განისაზღვრება. შემდეგ ადგილზეა ლომონტიტი (1680,0 გრ/ექვ.) და ბოლოს ერთ ტონა კლინოპტილოლიტს შეუძლია 1424,0 გრ/ექვ. წყალბადიონების განეიტრალება.

ნიადაგის pH როცა უდრის 4,2-ს, მაშინ ჩვენს შემთხვევაში ნიადაგში წყალბადიონების გასანეიტრალებლად საჭიროა სუფთა კირი $50000,0:6800,0=8,8$ ტ/ჰაზე. იმავე რაოდენობის წყალბადიონების გასანეიტრალებლად საჭიროა კლინოპტილოლიტი $60000,0:1424,0=42,1$ ტ/ჰაზე, ლომონტიტი $60000,0:1680,0=35,4$ ტ/ჰაზე, ხოლო ნტკილი $60000,0:3500=17,16$ ტ/ჰა.

როგორც ამ მასალიდან ჩანს, 1 ჰაზე წყალბადიონების გასანეიტრალებლად სუფთა კირთან შედარებით საჭიროა: კლინოპტილოლიტი 5-ჯერ, ლომონტიტი 4-ჯერ, და ნტკილი 2-ჯერ მეტი, თუმცა ჩვენს მიერ გამოცდილი ფოროვანი მასალების დანიშნულება არ არის ნიადაგის ქიმიური მელიორაცია (თუმცა ეს ღონისძიებაც ხორციელდება), არამედ მათ სულ სხვა ეკოლოგიური და აგროტექნიკური დატვირთვა აქვთ, რაც მდგომარეობს შემდეგში: (იხ. ცხრილი 17). კირში ძირითადი მანეიტრალბელი კომპონენტია მხოლოდ Ca. კლინოპტილოლიტში ძირითადი მანეიტრალბელი არის, პირველ რიგში Ca, შემდეგ Na და შემდეგ K. ლომონტიტის შემთხვევაში ძირითადი მანეიტრალბელია პირველ რიგში Ca, Na და ბოლოს K. არჩევანის შემთხვევაში

ცხრილი 17. ბუნებრივი ფოროვანი მასალებით ნიადაგის pH-ის გამანეიტრალებელი თვისებების შეაწავლის შედეგები

დასახელება	შემცველობა 1ტ მინერალში		H ⁺ იონების განეიტრა- ლუბადი კონცენ- ტრაცია	შემცველობა 1ტ მინერალში		H ⁺ იონების განეიტრა- ლუბადი კონცენ- ტრაცია	შემცველობა 1ტ მინერალში		H ⁺ იონების განეიტრა- ლუბადი კონცენ- ტრაცია	Ca+Na+K კათიონების ჯამური შემცველობა 1ტ მინერალში	1ტ მასა- ლით H ⁺ იონების განეიტრა- ლუბადი კონცენ- ტრაცია	pH-ის სრული გა- ნეიტრალე- ბისათვის საჭირო მასალის რაოდენობა	სულ გასა- ნეიტრალე- ბელი H ⁺ იონის რაოდენობა ჰექტარზე pH=4,2 დროს
	CaO	Ca		Na ₂ O	Na		K ₂ O	K					
	%	გრ/ექვ	გრ/ექვ	%	გრ/ექვ	გრ/ექვ	%	გრ/ექვ	გრ/ექვ	გრ/ექვ	გრ/ექვ	გრ/ექვ	ტ/ჰა
კირი	40,0	3400,0	6800,0	-----	-----	-----	-----	-----	-----	3400,0	6800,0	8,8	60000,0
კლინოპტი- ლოლიტი	4,5	380,0	760,0	2,15	180,0	360,0	1,4	152,0	304,0	712,0	1424,0	42,1	“
ლომონტიტი	5,67	482,0	964,0	3,73	312,3	624,6	0,42	45,6	91,2	840,0	1680,0	35,7	“
ნტკილი	18,9	1600,0	3200,0	0,8	66,0	132,0	0,8	84,0	168,0	1750,0	3500,0	17,1	“

უპირატესობა კლინოპტილოლიტს უნდა მივანიჭოთ, რადგან კლინოპტილოლიტის შთანთქმით კომპლექსში გაცილებით მეტია მცენარისათვის ისეთი სასიცოცხლოდ აუცილებელი ელემენტები, როგორცაა Ca და K. იგივე ითქმის ნტკილის შესახებაც. ამ შემთხვევაში ნტკილის მშთანთქავ კომპლექსში Ca-ს უკავია 91,4% უკავია, კალიუმს 4,8% და Na-ს 3,8%. ხოლო შემდეგი ადგილი ეკუთვნის ლომონტიტს. ამდენად, გამჟავებით გამოწვეული ნიადაგის ეკოლოგიური დისბალანსის დასარეგულირებლად პირველ რიგში (კირის შემდეგ) დიდი უპირატესობა უნდა მიენიჭოს ნტკილს, შემდეგ კლინოპტილოლიტს და ბოლოს ლომონტიტს.

ჩვენს მიერ ზემოთ განხილული საკითხის პრაქტიკული შემოწმების მიზნით, მოვაწვეეთ ლაბორატორიული ცდა, ცხრილ 18-ში მოცემული სქემის მიხედვით. ავიღეთ 13 ცალი თითო კგ-ის ტეკადობის თიხის ჭურჭელი გახვრეტილი ძირით და დავნომრეთ, ცდის სქემაში მოცემული ნომრის შესაბამისად. თითოეულ ჭურჭელში ჩავეარეთ მინდვრული ექსპერიმენტის საკონტროლო I ვარიანტიდან აღებული 13 კგ ნიადაგიდან თითო კგ და დავემატეთ გამოსაცდელი მინერალები მიმდევრობით 2,5 გრამიდან დაწყებული 10,0 გრამამდე და მოვრწყეთ. pH-ზე ანალიზი ჩავატარეთ ერთი თვის შემდეგ.

ნიადაგის რეაქციაზე ბუნებრივი ფოროვანი მასალების ჩვენს მიერ გამოყენებული დოზების გავლენის შესწავლის შემაჯამებელი შედეგები მოტანილია ცხრილ 18-ში. ცხრილის პირველ გრაფაში მოტანილია ბუნებრივი ფოროვანი მასალების დოზები – ტონობით ჰექტარზე. მეორე გრაფაში ნაჩვენებია თითო კგ ნიადაგში შეტანილი კომპონენტები გრ/კგ-ში, მესამე გრაფაში ნაჩვენებია სულ წყალბადიონების (H^+) შესაძლო (თეორიული) რაოდენობა ჰექტარზე (20 სმ სახნავ ფენაში), როცა $pH = 4,2$ -ს, მეოთხე გრაფაში დაფიქსირებულია 5, 10, 15, 20 ტონა ქანის შეტანით ფაქტიურად განეიტრალებული წყალბადიონების რაოდენობა, მესამე გრაფაში ნაჩვენებია წყალბადიონების ნაშთი განეიტრალების შემდეგ და ბოლოს მეექვსე გრაფაში ნაჩვენებია pH-მაჩვენებელი KCl-ის სუსპენზიაში. აღმოჩნდა, რომ ლომონტიტის დოზის ყოველი 5 ტონით გაზრდა იწვევს წყალბადიონების შემცირებას 8400,0 გრ/ექვივალენტით, შესაბამისად მცირდება ნიადაგის მჟავიანობა (ე.ი. მატულობს pH-ის მაჩვენებელი ნეიტრალურისაკენ) 0,39 ერთეულით, და 20 ტონის შეტანის შემთხვევაში pH 4,2-ს ნაცვლად 5,76 ერთეულს აღწევს.

ცხრილი 18. მუავე ნიადაგების pH-ის განეიტრალებისათვის ბუნებრივი ცეოლი-
თის-ლომონტიტისა და ნტკილის გამოყენების შესწავლის შედეგები

ვარიანტების №	ვ ა რ ი ა ნ ტ ე ბ ი	1 ჰა-ზე შესა- ტანი ნორმები	H ⁺ ფაქტიური შემცველობა pH=4,2 დროს	H ⁺ განეიტრა- ლებული რაოდენობა	H ⁺ ნაშთი განეიტრალე- ბის შემდეგ	KCl-ის სუსპენ- ზიაში
		ტ/ჰა	გრ/ექვ	გრ/ექვ	გრ/ექვ	pH
ცდის I (საკონტროლო) სერია						
1	საკონ. I ნიადაგი უსასუქო	–	60000,0	–	60000,0	4,2
2	ნიადაგი + სუფთა კირი	5,0	“	34000,0	26000,0	6,4
3		10,0	“	6800,0	–	8,0
4		15,0	“	–	–	–
5		20,0	“	–	–	–
ცდის II სერია						
6	ნიადაგი + ლომონტიტი	5,0	“	8400,0	51600,0	4,59
7		10,0	“	16800,0	43200,0	4,98
8		15,0	“	25200,0	34800,0	5,37
9		20,0	“	33600,0	26400,0	5,76
ცდის III სერია						
10	ნიადაგი + ნტკილი	5,0	“	17500,0	42500,0	5,02
11		10,0	“	35000,0	25000,0	5,84
12		15,0	“	52500,0	7500,0	6,66
13		20,0	“	70000,0	–	7,48

ნტკილის შემთხვევაში ეს მაჩვენებლები უფრო დიდ დიაპაზონში იცვლება. ასე, მაგალითად, 5 ტ/ჰა ნტკილის შეტანის დროს ნეიტრალდება 17500,0 გრ/ექვივალენტი წყალბადონი, ანუ ნიადაგის მუავიანობა მცირდება 0,82 ერთეულით. უფრო სწორედ, pH მაჩვენებელი ნეიტრალურისკენ (7) მატულობს 0,82 ერთეულით და აღწევს 5,02 ერთეულს. ჰექტარზე 20 ტონა ნტკილის შეტანის შემთხვევაში პრაქტიკულად ნიადაგის რეაქცია სცილდება ნეიტრალურ ნიშნულს. ასეთია ამ სამუშაოს შესრულების შედეგები, რომლებიც ძალზე საგულისხმოა აგროეკოლოგიური და აგროქიმიური თვალსაზრისით.

მუავე ნიადაგებში კირის ან კირის შემცველი მინერალების დადებითი ზემოქმედების მექანიზმი დადგენილია და ნიადაგში იწვევს მთელ რიგ ცვლილებებს, როგორცაა:

1. ნიადაგის არეს რეაქციის შეცვლა და მოძრავი ალუმინის რაოდენობის შემცირება.

2. ნიადაგის მშთანთქმელ კომპლექსში არსებული წყალბადიონების გამოქვეყნება კალციუმის იონების მიერ, შედეგად იზრდება კალციუმის იონების რაოდენობა.

3. ნიადაგის მუავე რეაქციის პირობებში ალუმინის ხსნადობა მაღალია. ნეიტრალურისკენ რეაქციის შეცვლის კვალობაზე მცირდება ალუმინის ხსნადობა და რეაქციის ნეიტრალური ნიშნის დადგენის მომენტში უტოლდება ნულს.

4. კირმასალების დოზების თანდათანობით გადიდების და მუავიანობის შემცირების კვალობაზე მატულობს ნიადაგის ფუძეებით მაძღრობის ხარისხი, შთანთქმელი და წყალხსნადი კალციუმის რაოდენობა, რაც უდიდეს გავლენას ახდენს ნიადაგის თვისებებისა და მცენარის კვების პირობების გაუმჯობესებაზე.

5. ნიადაგის მშთანთქმელ კომპლექსში წყალბადიონების კალციუმის იონებით შეცვლა იწვევს კოლოიდების კოაგულაციას, რის გამოც უმჯობესდება ნიადაგის ფიზიკური თვისებები, წყლისა და საჰაერო რეჟიმი.

6. კალციუმის იონები აქტიურ ჰუმუსთან შეწებებით წარმოშობს წვრილ აგრეგატებს, რის შედეგადაც ადგილი აქვს ნიადაგის სტრუქტურის გაუმჯობესებას.

7. მუავე ნიადაგებში კირმასალების შემდეგ ორგანული სასუქების წესიერი გამოყენებით შესაძლებელია ნიადაგის ნაყოფიერების მნიშვნელოვანი ამაღლება.

8. მუავე ნიადაგებში კირმასალების შეტანა საგრძნობლად აუმჯობესებს, მიწათმოქმედების თვალსაზრისით, სასარგებლო მიკროორგანიზმებისა და ამონიფიკატორული ბაქტერიების ცხოველყოფილებას, რომლებიც შლიან ორგანული ნივთიერებების შემადგენლობაში შემავალ ცილოვან აზოტს და გადაყავთ ის ამონიაკის ფორმაში, ეს უკანასკნელი კი ნიტრიფიკაციის ბაქტერიების ზემოქმედებით გადადის ჯერ აზოტოვან და შემდეგ კი აზოტმუავას შენაერთებში.

9. ნიადაგში კირმასალების შეტანით მნიშვნელოვნად უმჯობესდება ნიტრიფიკაციის ბაქტერიების ცხოველყოფილება. შედეგად მცენარისათვის ძნელად შესათვისებელი აზოტი გარდაიქმნება ადვილად შესათვისებელ ფორმად.

10. კირმასალების გამოყენებით ნიადაგში საგრძნობლად იზრდება კოჟრისა და თავისუფალი აზოტფიქსატორი ბაქტერიების რიცხოვნობა და აქტივობა, მცირდება სხვა არასასარგებლო მიკროორგანიზმების რაოდენობა [26].

11. კირმასალების შეტანით უმჯობესდება საკვები ელემენტების მობილიზაცია, უმჯობესდება აზოტით, ფოსფორითა და ნაცრის ელემენტებით მცენარის კვება. ეს გამოწვეულია ორგანული ნივთიერების შემადგენლობაში შემავალი ფოსფორის მინერალიზაციით და, მეორეს მხრივ, არეს რეაქციის შეცვლის გამო რკინისა და ალუმინის ფოსფატების კალციუმის ფოსფატში გადასვლით. ყოველივე ამის გამო მატულობს ნიადაგში მცენარისათვის შესათვისებელი მოძრავი ფოსფორის რაოდენობა.

როგორც ვხედავთ, მოკირიანებით საგრძნობლად იზრდება ადვილად ხსნადი P_2O_5 -ის რაოდენობა და უმჯობესდება მცენარის ფოსფორით კვება.

12. მუავე ნიადაგების მოკირიანებით კალციუმის იონების რაოდენობრივ ზრდას მცენარის ზრდა-განვითარებისათვის უადრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს. კალციუმი მცენარის სიცოცხლისათვის აუცილებელი ელემენტია.

ამდენად: მცენარის ზრდა-განვითარებისათვის კალციუმი აუცილებელი ელემენტია. მრავალრიცხოვანი ცდებითა და პრაქტიკული გამოცდილებით დამტკიცებულია, რომ მუავე ნიადაგების მოკირიანება მნიშვნელოვნად ზრდის სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობას.

IV.6. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის და ნტკილის ბავლენა საცდელი ნიადაგის შთანთქმით ტევადობაზე

ნიადაგის ბიოლოგიური აქტივობის გაძლიერების თვალსაზრისით ძალზე მნიშვნელოვანია ნიადაგის შთანთქმითი ტევადობის გაზრდა, რაც უკავშირდება მოკირიანებით ან სხვა მასალების გამოყენებით ნიადაგის pH-ის განეიტრალების პროცესებს.

გედროიცის მიხედვით, „ნიადაგის შთანთქმითი ტევადობა არის მისი უნარი დააკავოს ხსნად მდგომარეობაში მყოფი ნაერთები ან მათი ნაწილი, აგრეთვე მინერალური და ორგანული ნაერთების კოლოიდურად გამტვერიანებული ნაწილაკები, ცოცხალი მიკროორგანიზმები და უხეში სუსპენზიები.“ [166].

ნიადაგის მშთანთქავი კომპლექსი ზოგიერთ ნიადაგებში შეადგენს მათი წონის 75%-ს, ხოლო სხვაში შეიძლება შეადგენდეს რამდენიმე პროცენტს ან პროცენტის მეთოდ ნაწილსაც კი [67].

ყველაზე დაბალი შთანთქმითი ტევადობა აქვს ეწერ ნიადაგებს, ყველაზე მაღალი კი შავმიწებს. პირველში ის განპირობებულია ნიადაგის მინერალური ნაწილით, მეორეში კი მეტწილად ორგანული ნაწილით [59].

არსებობს ნიადაგის შთანთქმითუნარიანობის 5 სახე: 1. მექანიკური, 2. ფიზიკური (აღსორბცია), 3. ფიზიკურ-ქიმიური ანუ გაცვლითი (გაცვლითი აღსორბცია), 4. ქიმიური და 5) ბიოლოგიური [59]. როგორც ავლნიშნეთ, ყველა ეს სახეები მთლიანობაში წარმოადგენენ ნიადაგის შთანთქმით ტევადობას.

ბუნებრივი ცვლილებების შეტანა ნიადაგებში, რომელთაც აქვთ მაღალი შთანთქმითი ტევადობა (ანუ ნაყოფიერ ნიადაგებში), ვერ გამოიწვევს ცვლილებებს ამ მიმართულებით, მაგრამ, პირიქით, ბუნებრივ ცვლილებებს თუ შევიტანთ ნიადაგებში, რომელთაც აქვთ დაბალი შთანთქმითი ტევადობა, რა თქმა უნდა, ისინი გამოიწვევენ შთანთქმითი კომპლექსის ტევადობის გაზრდას და მასთან დაკავშირებულ მნიშვნელოვან ცვლილებებს.

საცდელი ნიადაგის შთანთქმითი ტევადობა ლაბორატორიულად შესწავლილ იქნა გედროიცის უნივერსალური მეთოდით, რომელიც გულისხმობს ნიადაგის ნატრიუმით გაჯერებას და შემდეგ მის გამოლექვას კალციუმით [86]. აღმოჩნდა, რომ საცდელი ნიადაგის შთანთქმითი ტევადობა ტოლია 7,45 მილიექვივალენტის 100 გრ ნიადაგში. ექსპერიმენტით დადგენილია, რომ კლინოპტილოლიტის შთანთქმითი ტევადობა, ფორმალდეჰიდის მეთოდით ამიაკური აზოტის განსაზღვრაში შესაძლო ცდომილების გათვალისწინებით, შეიძლება შეადგენდეს 1,65 მგრ ექვივალენტს გრამში [54]. ეს მაჩვენებელი ჩვენ მივიღეთ იმ სიდიდედ, რომელიც მოგვცემს საშუალებას გამოვთვალოთ პარამეტრი, რომლითაც გაიზრდება საცდელი ნიადაგის შთანთქმითი ტევადობა. ამ შემთხვევაში 1 ტონა კლინოპტილოლიტის (კლინოპტილოლიტი ყველგან აღებულია ეტალონად) შთანთქმითი ტევადობა უდრის 165,0 მილიგრ/ექვივალენტს, ხოლო 5 ტონისა 8 250 000,0 მგრ/ექვ, რომელიც 30 სმ-იანი სახნავი ფენის მქონე 1 ჰექტარი ნიადაგის შთანთქმით ტევადობას გაზრდის 3,7%-ით. თუ ერთ ჰექტარზე შევიტანთ 20 ტონა კლინოპტილოლიტს, საცდელი ნიადაგის შთანთქმითი ტევადობა გაიზრდება 14,8%-ით (ცხრილი 19). ეს ძალზე მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია.

ანალოგიურად შევისწავლეთ ლომონტიტის და ნტკილის შთანთქმითი ტევადობის მაჩვენებლები და აღმოჩნდა, რომ ლომონტიტის შთანთქმითი ტევადობა მეტია, ხოლო ნტკილისა ნაკლებია, კლინოპტილოლიტის შთანთქმით

ცხრილი 19. ბუნებრივი ცეოლითების და ნტკილის გავლენა ნიადაგის შთანთქმით ტევალობაზე

ვარიანტების №	ვარიანტები	შესატანი დოზები	შთანთქმითი ტევალობა				შთანთქმითი ტევალობის ზრდა
			100,0, გრამში	ერთ ტონაში	ვარიანტზე	1 ჰა-ზე (3000 ტონა)	
		ტ/ჰა	მგ/ექვ	მგ/ექვ	მგ/ექვ	მგ/ექვ	%

ცდის I (საკონტროლო) სერია

1	საკონტრ. I ნიადაგი უსასუქო	3000.0	7,45	74500,0	-	223500000,0	0,0
2	საკონტრ. II ნიადაგი + NPK	“	“	“	“	“	“

ცდის II სერია – კლინოპტილოლიტი

3	ნიადაგი + კლინოპტილოლიტი	3000+5	165,0	1650000,0	8250000,0	231750000,0	3,7
4		3000+10	“	“	16500000,0	240000000,0	7,4
5		3000+15	“	“	24750000,0	248250000,0	11,1
6		3000+20	“	“	33000000,0	256500000,0	14,8

ცდის III სერია – ფილიფსიტი

7	ნიადაგი + ლომონტიტი	3000+5	187,0	1870000,0	9750000,0	233250000,0	4,4
8		3000+10	“	“	18700000,0	242200000,0	8,4
9		3000+15	“	“	28050000,0	251550000,0	12,6
10		3000+20	“	“	37400000,0	260900000,0	16,7

ცდის IV სერია – ნტკილი

11	ნიადაგი + ნტკილი	3000+5	118,0	1180000,0	5900000,0	223400000,0	2,6
12		3000+10	“	“	11800000,0	235300000,0	5,3
13		3000+15	“	“	17700000,0	241200000,0	7,9
14		3000+20	“	“	23600000,0	247100000,0	10,6

განმარტება: ციფრი – „3000,0 ტ/ჰა“ (პირველი საკონტროლო ვარიანტი გრაფა მეორე) არის 30 სიანი სახნავი ფენის მქონე 1 ჰექტარი ფართობის ნიადაგის წონა. მას ემატება (3000+5 და ა.შ.) შესატანი მინერალების წონა.

ტევადობაზე. ანალიზის შედეგები მოტანილია ცხრილ 19-ში, საიდანაც ჩანს, რომ იმავე დოზებით ლომონტიტის გამოყენების შემთხვევაში, შესაბამისად ეს მაჩვენებელი ტოლია 4,4 და 16,7%-ს, ნტკილის შეტანის დროს კი – 2,6 და 10,6%.

ამგვარად: ბუნებრივი ცეოლითისა და ნტკილის გავლენით ნიადაგის შთანთქმითი ტევადობის ზრდა აძლიერებს ნიადაგის ხსნარში მოხვედრილი სასარგებლო თუ მავნე ნივთიერებების აღსორბციას და მათი ნიადაგის სტრუქტურულ ერთეულებზე შეკავების გახანგრძლივებას ანუ ხელს უწყობს საკვები ნივთიერებების და დამაბინძურებელი რეაგენტების მობილიზაციას და მათი მიგრაციის გახანგრძლივებას დროში და სივრცეში. ამდენად ყალიბდება ბუნებრივი ცეოლითების და მათ ბაზაზე შექმნილი ორგანულ-ცეოლითური სასუქების ხანგრძლივმოქმედების მექანიზმი. აღნიშნული მექანიზმით რეგულირდება (ხანგრძლივდება) არა მარტო მინერალური სასუქების მოქმედება, არამედ ნიადაგში მოხვედრილი დამაბინძურებელი ნივთიერებების ჰიდროლიზისა და მიგრაციის პროცესები გარემომცველ არესა და მცენარეში, რასაც მეტად დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს ნიადაგში ეკოლოგიური წონასწორობის დამყარების საქმეში.

IV.7. ორბანული სასუქებით ბარემოს დაბინძურების აღკვეთა ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის და ნტკილის გამოყენებით

ცხოველისა და ფრინველის ესკრემენტი შეიცავს დიდი რაოდენობით, განსაკუთრებით ადვილად ხრწნად, ორგანულ ნივთიერებებს, ფოსფორს, კალიუმს, აზოტსა და მრავალ სხვა მიკროელემენტს, რის გამოც მას უძველესი დროიდან თვლიან ძვირფას სასუქად.

ფერმიდან გამოტანის წესთან (სველი და მშრალი წესი) დაკავშირებით, მასში საკვები ნივთიერებების შემცველობა დიდ დიაპაზონში მერყეობს. დანაკარგები კი (ჩარეცხვით, აქროლადობით და სხვა) გარემოს დაბინძურების პირველადი კერებია. აქედან გამომდინარე, ცხოველთა სადგომების გაწმენდის, ცხოველთა სადგომებში სანიტარული ნორმების დაცვისა და გარემოს დაბინძურების თავიდან აცილების ყველაზე უფრო რეალური პირობაა მათი (ახალი ნაკელის) სასუქად სისტემატიური, ყოველდღიური გადამუშავება და გამოყენება.

მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნებში: ამერიკის შეერთებულ შტატებში 630 მილიონი ტონა ნაკელი, მთელი წლიური მარაგის 50% მზადდება დახურულ შენობებში, გერმანიაში 200 მილიონი ტონა, რუმინეთში 97 მილიონი ტონა [18].

ესკრემენტების რაოდენობა, მათი ქიმიური შედგენილობა, ნარეცხი წყლების მოცულობა დამოკიდებულია ცხოველის სახეობაზე, ჯიშზე და ზომებზე, პროდუქციის ტიპზე, კატეგორიაზე, კვების რეჟიმზე და საერთოდ ფერმის ექსპლოატაციის ხასიათზე.

საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ცხოველის ესკრემენტის სასუქად გამოყენება ზრდის სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობას, ინარჩუნებს და აუმჯობესებს ნიადაგის ნაყოფიერებას, ქმნის ეკოლოგიურად სუფთა პროდუქტების მიღების შესაძლებლობას. იმის გამო, რომ ნიადაგის ცოცხალი ორგანიზმები ნაკელის ორგანულ ნივთიერებებს გარდაქმნიან ჰუმუსად, ამ გარდაქმნის დროს გამონთავისუფლებული საკვები ნივთიერებები თანდათანობით, ნაკელის ორგანული ნაწილის მინერალიზაციის კვალობაზე მიეწოდება მცენარეს. ამავე დროს სტაბილურად უმჯობესდება ნიადაგის ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური თვისებები, ხოლო ნაკელის არარაციონალურად გამოყენების შემთხვევაში დიდდება საკვები ელემენტების კონცენტრაცია, ნიადაგის სახნავ ფენაში წარმოიქმნება ჩანადენი ხსნარები, რომელთა საშუალებით საკვები ელემენტები და პათოგენები ხვდებიან მდინარეებში, ტბებში, სხვადასხვა წყალსაცავებში, რაც ყოველად დაუშვებელია წყლის დიდი მასივების მოსალოდნელი დაბინძურების გამო.

ნიადაგში შეტანილი ნაკელი მცენარის ფესვთა სისტემისა და მიკროორგანიზმების ზემოქმედებით იხრწნება, რის გამოც ნაკელის ჭარბი რაოდენობით შეტანის შემთხვევაში, საქმე გვაქვს ნაკელის გარდაქმნის მექანიზმის დარღვევასთან, რომელიც ყველა შემთხვევაში აუარესებს ნიადაგის ბუნებრივ თვისებებს – წყალგამტარობას, ტენტევალობას, ცვლის ჟანგბადის შემცველობას და შესაბამისად ნიადაგის ნაყოფიერებას. ნაკელში შემავალ საკვებ ელემენტებთან (NPK) ერთად ნიადაგში შეიძლება მოხვდნენ სხვა შენაერთები და დაგროვდნენ ტოქსიკურ კონცენტრაციამდე, რომლებიც უარყოფით გავლენას ახდენს როგორც ნიადაგის, ისე მცენარის ცხოველმყოფელობაზე.

ცხოველთა ესკრემენტები წარმოადგენენ ცხოველთა სხვადასხვა პათოგენების მატარებლებს, რომელიც, შესაძლოა, რაიმე გზით გადავიდეს

ადამიანზე. ყველა ეს მოტანილი ფაქტორები შესაძლებელია იყოს ნიადაგის გამჭუჭყიანებელი რეაგენტები.

ნიადაგში ნორმაზე (45-50ტ/ჰა) ზევით ცხოველთა ესკრემენტების შეტანა არასასურველად მოქმედებს ნიადაგის ნაყოფიერებაზე, მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობაზე და მცენარეზე. ამ შემთხვევაში ნიადაგში წარმოიქმნება ხსნადი მარილების სიჭარბე, რომლებსაც შეუძლიათ გამოიწვიონ მცენარეთა ზრდის შეჩერება, ეს მარილები თან ჩაირეცხებიან გრუნტის წყლებში და აბინძურებენ მას. ნაკელთან ერთად ნიადაგში ხვდება სპილენძი, დარიშხანი, რომლებიც ზოგიერთი დაავადების საწინააღმდეგოდ და ზრდის სტიმულაციის მიზნით ემატება ფრინველის ან ცხოველის საკვებს. ნიადაგში წარმოქმნილი ჭარბი რაოდენობის ნიტრატებმა შეიძლება ნიადაგის პროფილიდან განიცადონ მიგრაცია გრუნტის წყლებში, მოსული ჭარბი ნალექების და ეროზიის პროცესში ზედაპირული წყლების გაგვლით. „თუ ყოველწლიურად ნიადაგიდან ჩაირეცხება 180-დან 250 ლიტრი მ²-ზე წყალი, მაშინ ნიტრატები აღწევენ გრუნტის წყლებში 30 მეტრის სიღრმეზე [18]. განსაკუთრებით ჩარეცხვის ალბათობა მეტია ქვიშნარ ნიადაგებზე, რომლებიც ხასიათდებიან მაღალი წყალგამტარობით და დაბალი კათიონური ცვლით. გრუნტის წყლებში ნიტრატების შემცველობა 500-600 მგ/კგ ფარგლებში ჭარბია, ხოლო სასმელ წყალში ის არ უნდა აღემატებოდეს 10 მგ/ლიტრში.

ნიადაგში საკვები ელემენტების შემცველობის ბალანსის დარღვევა იწვევს მცენარეში ნივთიერებათა ცვლის მოშლას [20]. საკვებ კულტურებში ნივთიერებათა ცვლის მოშლა თავის მხრივ გავლენას ახდენს იმ ცხოველებზე, რომლებიც იკვებებიან აღნიშნული საკვებით. საკვები, ნიტრატების მაღალი შემცველობით (0,21-0,48%), შეიძლება იყოს მავნე ცხოველებისათვის. ასე, მაგალითად, საძოვარზე თუ შევიტანთ დიდი რაოდენობით (50 ტონაზე მეტი) ნაკელს, შესაძლებელია დაქვეითდეს ცხოველთა სისხლში მაგნიუმის შემცველობა მაკობისა და ლაქტაციის პერიოდში, რაც ცუდ გავლენას ახდენს ცხოველის ჯანმრთელობაზე და პროდუქტიულობაზე. ეს აიხსნება იმით, რომ „ნიადაგში ჭარბი აზოტის (NO₃ - N) არსებობის შემთხვევაში სტიმულირდება მცენარის მიერ კალიუმის შთანთქმა, მაგრამ სუსტია კალციუმისა და მაგნიუმის ათვისება, ეს იწვევს მაგნიუმის (Mg) უკმარისობას“ (18). ანალოგიური პროცესი შეიძლება განვითარდეს სილოსში ნიტრატის ტოქსიკური კონცენტრაციის დროს.

მცენარეში ნიტრატების ჭარბი შემცველობით ზარალდებიან არა მარტო ცხოველები, არამედ ადამიანებიც, რომლებიც ნედლი სახით ღებულობენ სხვადასხვა მცენარეულ საკვებს და განსაკუთრებით მხალეულ-მწვანილეულ ბოსტნეულს. ამ შემთხვევაში მცენარეული ორგანიზმში აზოტის მუავაზე მეორადი ამინების მოქმედებით ფორმირდება ნიტროზამინი – ნივთიერება მაღალი კანცეროგენული და მუტაციური პოტენციალით. ამ ფაქტს აქვს ძალზე სერიოზული მნიშვნელობა, რადგან მ.შ. ზოგიერთი, სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტი შედის ბავშვების კვების რაციონში, რომლებიც ძალზე მგრძობიარე არიან ნიტრატების სიჭარბის მიმართ.

დადგენილია, რომ ცხოველს თუ კვებავენ ნიტრატების მაღალი შემცველობის მქონე თევით ან სხვა საკვებით, მაშინ მეცხოველეობის პროდუქტებიც შეიცავენ ჭარბი რაოდენობით ნიტრატებს. ნაკელის შეტანით, როცა ნიადაგი უზრუნველყოფილია აზოტით, მაშინ კალიუმითა და ფოსფორით უზრუნველყოფაც მიიღწევა, მაგრამ თუ შეტანილი ფოსფორის რაოდენობა მეტია ნორმაზე, ის ტოქსიკური არ არის და მცენარეს არ ავნებს. ხოლო ნაკელის გზით შეტანილი კალიუმისა და ნატრიუმის ჭარბი მარილები იწვევენ ხსნადი მარილების შემცველობის მატებას, ნიადაგის სტრუქტურის დაშლას, მოსავლის შემცირებას.

ნიადაგში ცხოველის ესკრემენტების შეტანა იწვევს მოძრავი ცინკის, რკინის, ხანდისხან სპილენძისა და მაგნიუმის მომატებასაც. შეიმჩნევა დარიშხანის დაგროვების ტენდენციაც, მაგრამ მათი ნაერთები დიდ როლს არ თამაშობენ მცენარის ცხოველმყოფელობაში, მდგრადი არიან და ადვილად არ ირეცხებიან ნიადაგიდან [57].

საქონლის ესკრემენტის ნიადაგის გასაპატივებლად გამოყენების შემთხვევაში აუცილებელია გავითვალისწინოთ, თუ რომელ გეოგრაფიულ განედში შეგვაქვს (არიდული, ტენიანი, ცივი, თბილი ზონები), მიმდებარე მიწების გამოყენების ხასიათი, რელიეფი, რწყვის ხასიათი, ნალექების რაოდენობა და ნიადაგის მელიორაციისა და დაცვის ღონისძიებები.

ესკრემენტები შეტანილ უნდა იქნას აგრონომიული დოზის დაცვით ანუ უნდა იქნეს შეტანილი ისეთი დოზა, რომელიც უზრუნველყოფს ოპტიმალური და ხარისხოვანი მოსავლის მიღებას და ერთდროულად ნიადაგის პროდუქტიულობის ზრდას.

ცხოველის ესკრემენტის ნიადაგში შეტანის დოზა უნდა განისაზღვროს მცენარის მიერ აზოტზე მოთხოვნილებით, ნიადაგში არსებული მარაგით, აზოტის დანაკარგების, ატმოსფეროში აქროლადობის, გამოტუტვის და დენიტრიფიკაციის მხედველობაში მიღებით.

აზოტი არის მნიშვნელოვანი და ამავე დროს მოძრავი ელემენტი, რომლის შემცველობით განისაზღვრება ნიადაგის და წყლის დაბინძურება. აზოტი ითვლება ცხოველის ესკრემენტის ძირითად კომპონენტად, რომლითაც უნდა განისაზღვროს ესკრემენტის შეტანის ზღვრულად დასაშვები ნორმა.

ნიადაგში აზოტისა და სხვა მარილების შემცველობის დონე ამაჟამად არის ესკრემენტების ნიადაგში შეტანის დოზის განმსაზღვრელი ძირითადი კრიტერიუმი.

ამჟამად ნიადაგის ნაყოფიერების აღსადგენად ავსტრალიაში ფართოდ ინერგება ე.წ. მიწათმოქმედების ბიოდინამიური მეთოდი, რომლის ძირითადი ამოცანაა ნაკელის გამოყენებით ნიადაგის სტრუქტურის აღდგენა, რისთვისაც მიწათმოქმედების ბიოდინამიური მეთოდის ავტორი ავსტრალიელი ფერმერი ალექსი პოდოლნიცი ამზადებს ე.წ. „ხსნარ-500“-ს. ეს არის ჩვეულებრივი ნაკელის კომპოსტი, რომელშიც ჰუმუსი კოლოდად იქცევა. (ტიპური კოლოიდებია: უღე, ყველი, კარაქი და სხვა). „ხსნარ-500“-ის ნიადაგში შეტანის შემთხვევაში, ნიადაგიდან მცენარე წყალს ცალკე ითვისებს და კოლოიდიდან საკვებ ნივთიერებებს ცალკე. მცენარის კვების ასეთ პირობებში მცენარე კოლოიდიდან იღებს იმდენ საკვებს, რამდენიც მას სჭირდება, წყალიც შეითვისება საჭირო რაოდენობით. ამრიგად, ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს მცენარის ბუნებრივად ნორმირებულ კვებას. მინერალური სასუქების გამოყენების პირობებში კი სასუქი იხსნება წყალში და მცენარეც საკვებ ნივთიერებებს წყალთან ერთად შეითვისებს. ამ შემთხვევაში ნიადაგის ხსნარის კონცენტრაციაზე დამოკიდებულებით წყლის ერთდამავე რაოდენობის შესრუტვის შემთხვევაში შესაძლებელია სასუქების სხვადასხვა რაოდენობა შეითვისოს და წყლისა და საკვები ელემენტების ბალანსი რომ არ დაირღვეს, მცენარე იძულებულია, ზედმეტი წყალი აითვისოს, რაც იწვევს მცენარეზე დიდი და სუსტი აგებულების ფოთლების წარმოშობას. ასეთი მცენარეების ნაყოფი ხასიათდება დაბალი გემური თვისებებით და ხარისხით, ამასთან სახიფათოა მათი საკვებად გამოყენება ნიტრატების მაღალი შემცველობის გამო.

მცენარის მინერალური სასუქებით კვების შემთხვევაში, პრაქტიკულად საქმე გვაქვს მცენარის კვების ჰიდროპონიკულ მეთოდთან. ამ შემთხვევაში მცენარე იძულებულია თავი „ირჩინოს“ წყალში გახსნილი საკვები ელემენტებით, ე.ი. ირღვევა ის ბუნებრივი ურთიერთობა ნიადაგსა და მცენარეს შორის, რომელიც ათასწლეულების მანძილზე ჩამოყალიბდა.

დაახლოებით ასეთივე ხასიათისაა წყალში გახსნილი ახალი ნაკელით (წუნწუხით) მცენარეთა გამოკვება, რომელსაც მიმართავდა მიწათმოქმედი ყველა შემთხვევაში, როცა სურდა მიეღო სწრაფი და თვალსაჩინო ეფექტი, მაგრამ თუ წუნწუხი გამოყენებულ იქნა დიდი რაოდენობით, შეიძლება გამოიწვიოს გარემოს ეკოლოგიური დაბინძურება. ამ მხრივ ყველაზე უფრო საშიშია ის გარემო (ფერმისპირა ნაკეთები), სადაც დიდი რაოდენობით გროვდება ახალი ნაკელი და მას ყოველდღიურად ემატება ნაკელის ახალ-ახალი ულუფა, რაც არ იძლევა ძველი ნაკელის ფერმენტაციის დამთავრების საშუალებას, ამის გამო პრაქტიკულად ეს პროცესები დაუმთავრებელია და დიდია მისი, როგორც გარემოს დამაბინძურებელი რეაგენტის მნიშვნელობა. მოტანილი მაგალითებიც საკმარისია იმისათვის, რომ ნათელი გახდეს, თუ რაოდენ მძიმე ეკოლოგიური შედეგები მოაქვს მეცხოველეობისა და მეფრინველეობის სადგომების ნარეცხი წყლების, წუნწუხის, ნაკელის ფერმისპირა გარემოში დაგროვებას და გამოუყენებლობას. აქედან გამომდინარე, მეცხოველეობისა და მეფრინველეობის ესკრემენტებით გარემოს დაბინძურების თავიდან აცილება შესაძლებელია მათი ყოველდღიური გადაშუშავებით და სასუქად გამოყენებით. როგორც ამ ნაშრომის 81 გვერდზე ავლნიშნეთ, წელიწადში აშშ 630 მილიონი ტონა ცხოველის ესკრემენტის მთელი მოცულობის დაახლოებით 50% მუშავდება დახურულ შენობაში, გერმანიის ფედერაციულ რესპუბლიკაში 200 მილიონი ტონა, რუმინეთში 97 მილიონი ტონა. ეს მეტყველებს იმაზე, რომ მოწინავე ქვეყნები რაციონალურად იყენებენ ამ დაუფასებელ სიმდიდრეს. ამდენად ჩვენი კვლევის მიზანია, განსაკუთრებული აღსორბციული თვისებების მქონე მინერალის „ცეოლითის“ მეშვეობით დავამუშაოთ ცხოველის ესკრემენტი და ფერმის სხვა ორგანული ნარჩენები იმდაგვარად, რომ შესაძლებელი იყოს ჩვენთანაც საქართველოში, სანამ ჩვენი ნიადაგები მთლიანად მწყობრიდან არ გამოსულა, ავსტრალიელი ფერმერების მსგავსად, ბიოდინამიური მიწათმოქმედების დანერგვა.

საქართველოში ამჟამად მსხვილი კომპლექსები და ფერმები თითქმის არ არსებობენ. ამდენად ჩვენ შეგვიძლია ვიმსჯელოთ მხოლოდ ოჯახურ (ფერმერულ) მეფრინველეობაზე და მეცხოველეობაზე. აქედან გამომდინარე, ჩვენი შემდგომი გათვლები შეეხება ფერმერულ და წვრილ გლეხურ მეურნეობებს. მოგეხსენებათ, რომ წვრილ გლეხურ (ფერმერულ) მეურნეობაში ცხოველის და ფრინველის სანტჰიგიენურ მომსახურებაზე წყალი სრულიად არ იხარჯება ან იხარჯება უმნიშვნელო რაოდენობით. აქ დანერგილია ცხოველისა და ფრინველის სადგომის გაწმენდა-გასუფთავება მშრალი წესით, ამის გამო მიღებული ნაკელი სქელი კონსისტენციისაა. მასში ტენის საშუალო შემცველობა არ აღემატება 70-75%-ს. გლეხები (ფერმერები) მთელი წლის განმავლობაში ნაკელს აგროვებენ მშრალ სანაკელებში. 1-2 წელიწადი ელოდებიან მის ფერმენტაციას (გადაწვას) და შემდეგ იყენებენ ნიადაგის გასანოციერებლად, მაგრამ ასეთი პროცესი ხანგრძლივ დროს მოითხოვს და ნაკელიდან საკვები ელემენტების დანაკარგიც დიდია. „ქათმის ახალი ნაკელი, როგორც წესი, არ შეიცავს აზოტის აქროლად ფორმებს, მაგრამ შენახვის დროს ხურდება (იწყება ფერმენტაცია) და შარდოვანას ამიაკურ შენაერთებად ენერგიული გარდაქმნის გამო, აზოტის ამიაკური შენაერთები იკარგება. ასეთი შენახვის დროს აზოტის დანაკარგები 1,5-2,0 თვეში შეიძლება იყოს 30-60%, ნაკელში მისი საერთო შემცველობიდან. ეს დანაკარგები უკვალოდ არ ქრება ბუნებაში, ისინი წარმოადგენენ გარემოს დაბინძურების პირველად სერიოზულ კერებს, რაც შეიძლება აღიკვეთოს, თუ ახალ ნაკელს შევურევთ ტორფს, ნეშომპალას და სხვა მასალებს [109]. ამ მხრივ ძალზე პერსპექტიულია ბუნებრივი ცეოლითების (კლინოპტილოლიტი, ლომონტიტი, ფილიფსიტი) და ნტკილის გამოყენება. ფრინველის და ღორის ნაკელის არადამაკმაყოფილებელი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების (მაღალი ტენიანობა, ბლანტ-პლასტიკური კონსტიტენცია, მკვეთრი ცუდი სუნი) გამო ძნელდება მათი შენახვა, ტრანსპორტირება და ნაკვეთებში შეტანა [126].

ფერმერულ (გლეხურ) მეურნეობაში ყავთ ცხოველისა და ფრინველის თითქმის ყველა სახე. ეს მეურნეობები არ არიან სპეციალიზირებულნი ერთი სახის პროდუქციის წარმოებაზე, ამიტომ მათ გააჩნიათ სხვადასხვა სახის (საქონლის, ღორის, ფრინველის და სხვა) ნაკელის ნაკრები, რომელსაც აგროვებენ წლის განმავლობაში ყველას ერთად ერთ სანაკელეში. ასეთი ნაკელის ქიმიური შედგენილობა მოტანილია ცხრილ 20-ში. აქედან გამომდინარე

მათი გადამუშავებაც და გამოყენებაც უნდა მოხდეს ერთი ტექნოლოგიით. მაგალითად ავიღოთ ერთი საოჯახო ფერმა, სადაც ყავთ 5 პირობითი სული საქონელი, 3 პირობითი ღორი, 50 ფრთა პირობითი ფრინველი, დღე-ღამეში 5 პირობითი საქონლისაგან შეიძლება დაგროვდეს 125 კგ უსაფენო ნაკელი, 3 პირობითი ღორისგან 5,1 კგ, 50 ფრთა ფრინველისაგან 7,5კგ. სულ დღე-ღამეში შეიძლება დაგროვდეს 138-140 კგ, რაც წელიწადში შეადგენს 5,0-5,2 ტონას. თუ ამას დაემატება ქვეშაფენის სახით ან პირდაპირ სანაკელეში 5-5,2 ტონა ცეოლითის ან ნტკილის ფქვილი, კომლს გარანტირებულად ექნება 10 ტონა ძვირფასი ორგანულ-მინერალური სასუქი, რომელიც გაანოციერებს (25 ტ/ჰა-ზე ნორმით შეტანის შემთხვევაში) 0,35 ჰა ფიზიკურ ჰექტარს. მხედველობაში თუ მივიღებთ ამ სასუქის 3 წლიან ხანგრძლივმოქმედებას, მაშინ განოციერებული იქნება 1 პირობითი ჰექტარი. ვთქვათ, ქვეყანაში 400 ათასი გლეხური (ფერმერული) მეურნეობაა, მაშინ ქვეყნის მასშტაბით საქმე გვექნება 4 მილიონი ტონა ორგანული სასუქის გადამუშავებასა და გამოყენებასთან.

ეს ძალზედ მნიშვნელოვანია ჩვენი ქვეყნის სოფლის მეურნეობისათვის როგორც ეკოლოგიური, ისე აგრონომიული თვალსაზრისით.

IV.7.1. ორგანულ-ცეოლითური სასუქი - „ცეონაკი“. მცენარეთა კვების ძირითადი ელემენტებია აზოტი, ფოსფორი და კალიუმი, რომლებიც ბუნებრივად მიეწოდება მცენარეს ნიადაგის ორგანული ნაწილის მინერალიზაციის გზით, მაგრამ მეტწილად სასურველი რაოდენობის და ხარისხის მქონე მოსავლის მისაღებად, აღნიშნული ნივთიერებების ნიადაგში არსებული ბუნებრივი მარაგი საკმარისი არ არის. ამ შემთხვევაში ადამიანები მიმართავენ ნიადაგის განოციერებას. პირველი სასუქი დედამიწაზე, რომელიც ადამიანმა გამოიყენა, იყო ნაკელი, მაგრამ არც ეს აღმოჩნდა საკმარისი დასახული მიზნების მისაღწევად. მაშინ გამოიგონეს სხვადასხვა სახის მინერალური სასუქები, რომლებმაც დიდი როლი შეასრულეს მსოფლიო მასშტაბით საკვები პროდუქტების სასურველი მარაგის შექმნის თვალსაზრისით. მაგრამ ამით პრობლემა მცენარეთა კვების შესახებ საბოლოოდ მაინც არ გადაწყდა, რადგან მსოფლიო მინერალური სასუქებით მიღებული ეფექტი ეკოლოგიური, ეკონომიური და სამეურნეო თვალსაზრისით მისაღები არ აღმოჩნდა. ამდენად ნაკელი შეუცვლელია დღესაც, მაგრამ ადამიანის ხელთ არსებული ნაკელის მარაგი აშკარად არასაკმარისია. ამიტომ საჭიროა გავამრავლოთ (გავაბევროთ) ის

სხვადასხვა ხერხებით, მინერალურ და ორგანულ მასალებთან შერევით, დაკომპოსტებით და სხვა. სასუქზე მოთხოვნილების მასშტაბები იმდენად დიდია, რომ მეცნიერები იძულებულნი არიან გაააქტიურონ კვლევა ამ მიმართულებით და აღნიშნული მიზნის მისაღწევად გამოიყენონ ბუნებაში არსებული სხვადასხვა მინერალების უდიდესი მარაგები, გააუმჯობესონ ისინი, მიანიჭონ მათ საასუქის თვისებები და ფართოდ გამოიყენონ მიწათმოქმედებაში. დღეისთვის ასეთ ხერხად მიჩნეულია ბუნებრივი ცეოლითების მოდიფიცირება სხვადასხვა ნივთიერებებით, მაგალითად მიღებულია აზოტ-ფოსფორშემცველი კლინოპტილოლიტი [76], ანალციმის ამონიზირებული ფორმა [78] და სხვა.

ბუნებრივი ფოროვანი მასალების (ბუნებრივი ცეოლითები, ნტკილი და სხვა) მოდიფიცირების ერთ-ერთი სახეა მათი ორგანულ ნარჩენებში (საქონლის, ფრინველის, ღორის ახალ ნაკელში, წუნწუხში, ფერმის ნარეცხ წყლებში) დამუშავება და სასუქად გამოყენება. მიღებულ პროდუქტს (სასუქს) ცეონაკი ეწოდა [100,217]. ცეონაკი ფლობს ყველა იმ დადებით თვისებებს, რაც ცეოლითს და ახალ ნაკელს გააჩნია ცალ-ცალკე. უფრო მეტიც, ცეოლითი ხსნის ახალი ნაკელის ყველა უარყოფით თვისებას (წებგადობა, მყრალი სუნი, მაღალი ტენიანობა და სხვა) და მიიღება ადვილად გამოსაყენებელი, ნაკელის სუსტი სუნით, მშრალი, ფხვიერი სასუქი „ცეონაკი“ [30,100], რომლის დამზადება და გამოყენება ყველა გლეხურ (ფერმულ) მეურნეობაში შეიძლება ყოველგვარი გართულებების გარეშე, ვისაც გააჩნია ახალი ნაკელი, წუნწუხი და რომელიმე სახის ცეოლითი.

სხვადასხვა სახის ახალი ნაკელის ნაზავზე მომზადებული ცეონაკის ორი სხვადასხვა სახის (დამზადებული ლომონტიტზე და ნტკილზე) ქიმიური შედგენილობა მოტანილია ცხრილ 20-ში, საიდანაც ჩანს, რომ სხვადასხვა სახის ახალი ნაკელის ნაზავით ბუნებრივი ფოროვანი მასალების მოდიფიცირების შემთხვევაში მნიშვნელოვნად იზრდება მიღებული პროდუქციის (ცეონაკის) ქიმიური შედგენილობა და შესაბამისად ნიადაგის გამანოყიერებელი თვისებები. ასე, მაგალითად: ახალი ნაკელის ნაზავი შეიცავს 9 სხვადასხვა ნივთიერებას ჟანგეულის სახით, ლომონტიტი კი – 12-ს, „ცეონაკი ლომონტიტზე“ კი შეიცავს 15 სხვადასხვა ნივთიერებას ჟანგეულის სახით. ეს ფაქტი მიუთითებს იმაზე, რომ მიღებულ პროდუქტში (ცეონაკში) მნიშვნელოვნად გაძლიერებულია ნიადაგის გამანოყიერებელი თვისებები.

ცხრილი 20. სხვადასხვა სახის ახალი ნაკელის ნაზავზე დამზადებული „ცეონაკის“, ცლაში გამოყენებული მოდიფიკაციების ქიმიური შედგენილობა წონით პროცენტებში (%%)

მშრალი ნივთიერება	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₄	SO ₃	MnO	MgO	Na ₂ O	TiO ₂	H ₂ O
-------------------	---	-------------------------------	------------------	-----	------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------	-----------------	-----	-----	-------------------	------------------	------------------

სხვადასხვა სახის ახალი ნაკელის ნაზავი

26,77	0,62	0,51	0,34	0,54	-	-	-	0,064	0,06	0,1	0,098	-	-	73,23
-------	------	------	------	------	---	---	---	-------	------	-----	-------	---	---	-------

ლომონტიტი – დიაგენეტიკური

91,7	-	0,32	0,42	5,67	62,75	14,45	2,32	-	-	0,04	1,32	3,73	0,31	8,32
------	---	------	------	------	-------	-------	------	---	---	------	------	------	------	------

ცეონაკი – ლომონტიტზე

59,2	0,31	0,42	0,38	3,11	31,4	7,23	1,16	0,032	0,03	0,07	0,71	1,87	0,16	40,78
------	------	------	------	------	------	------	------	-------	------	------	------	------	------	-------

ნტილი (мергель)

92,1	-	0,09	0,8	18,9	48,4	4,42	2,6	0,18	-	0,43	0,65	0,8	0,19	7,9
------	---	------	-----	------	------	------	-----	------	---	------	------	-----	------	-----

ცეონაკი – ნტილზე

59,4	0,31	0,3	0,57	9,72	24,2	2,21	1,3	0,12	0,03	0,27	0,37	0,4	0,095	40,57
------	------	-----	------	------	------	------	-----	------	------	------	------	-----	-------	-------

IV.7.2. ცეონაკის დამზადების ტექნოლოგია საოჯახო პირობებში – სრულიად მარტივი პროცესია. ცეონაკის მისაღებად ბუნებრივი ფოროვანი მასალების ახალი ნაკელით და სხვა ორგანული ნარჩენებით მოდიფიცირება შესაძლებელია სოფლის ყველა ოჯახში, ვისაც ყავს შინაური ფრინველებისა და ცხოველების გარკვეული რაოდენობა და აქვს საოჯახო ფერმები, საფრინველები და სანაკელები. ამ მიზნით ოჯახის პირუტყვის და ფრინველის სულადობის გათვალისწინებით უნდა შემოიზიდოს იმდენი ცეოლითი დღე-ღამეში დასახარჯად, რამდენიც მაგარი გამონაყოფი (განავალი) გამოდის ფერმიდან დღე-ღამეში. თუ ფერმა სუფთავდება ყოველდღიურად და პირუტყვი ბაგურ კვებაზეა (განსაკუთრებით ზამთრის თვეებში), მაშინ დაეფინებათ

ცეოლითი სულზე დღე-ღამის ნორმა, თუ დღე საქონელი გაყავთ ფერმიდან, მაშინ ნახევარი ნორმა და ა.შ. ასეთნაირად ცეოლითშერეული ახალი ნაკელი იყრება სანაკელეში დასაგროვებლად ან შეიძლება პირდაპირ ნაკვეთში შეტანა, შემდგომი ყოველგვარი ფერმენტაციის გარეშე. ფრინველის იატაკზე გამოზრდის შემთხვევაში შეიძლება ცეოლითის დაფენა 10 სმ-ის სისქით 1 მ² იატაკზე და მასზე წიწილების დასმა 70 დლით. 70 დლის ასაკის შესრულების შემდეგ ფრინველი გაყავთ სარეალიზაციოდ, ხოლო სადგომიდან გამოტანილი ცეოლით-ნარევი ნაკელი (ბიოორგანული სასუქი – ცეონაკი) მზად არის გამოსაყენებლად. 1:1-თან პროპორციით ცეოლითი უნდა ჩაეფინოს საპირფარეშოების ორმოებს, სანაკელეებს (თუ სუფთა ნაკელი იყრება) და სხვა. თუ ასეთი ტექნოლოგია დაინერგება ქვეყნის მასშტაბით, მაშინ ჩვენი ქვეყნის სოფლებში დამყარდება შესანიშნავი სანიტარული და ჰიგიენური წესრიგი. მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდება ქვეყნის საერთო ეკოლოგიური სიტუაცია.

IV.8. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის გამოყენებით ნიადაგში მძიმე მეტალებით და პესტიციდებით გამოწვეული აბრთეკოლოგიური დარღვევების ბანეიტრალების შესაძლებლობა

ნიადაგი წარმოადგენს ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ობიექტს გარემოში. ნიადაგები შედგენილობის მიხედვით მეტად მრავალფეროვანია. ის შეიცავს მინერალებს, ორგანულ ნივთიერებებს, ჰაერს, წყალს, მრავალფეროვან მიკროორგანიზმებს, სოკოებს, ბაქტერიებს და სხვა. ნიადაგში მიმდინარეობს ურთულესი ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესები. ერთი **წყება** მიკროორგანიზმები უანგავენ ნახშირორჟანგს, მეორენი შლიან მდგრად ინსექტიციდებს და ა.შ. წყლისა და ჰაერისაგან განსხვავებით, სადაც ინტენსიურად მიმდინარეობს მავნე მინარევებისგან თვითგაწმენდის პროცესი, ნიადაგში ასეთი პროცესი წარმოდგენილია ნაკლები ინტენსიობით. გარდა ამისა, ზოგიერთი ელემენტი კერძოდ, მძიმე მეტალები მტკიცედ სორბირდებიან და ურთიერთქმედებენ ნიადაგის ჰუმუსთან და ქმნიან ძნელად ხსნად შენაერთებს.

ნიადაგში მავნე ნივთიერებები შეიძლება მოხვდნენ მრავალი გზით: ჩამდინარე წყლებით, ჰაერიდან, ნალექებთან ერთად აზოტისა და გოგირდის მჟავების, სულფატების, ნიტრატებისა და სხვა შენაერთების სახით, რომლებიც საბოლოოდ ხელს უწყობს ნიადაგის აგროეკოლოგიური წონასწორობის დარღვევას. მავნე ნივთიერებები აგრეთვე შეიძლება მოხვდნენ მინერალური

სასუქების სახით, მცენარეთა შესაწამლად სხვადასხვა პესტიციდების გამოყენებით და სხვა.

ნიადაგის ძირითადი დამაბინძურებელი წყაროებია მსხვილი სამრეწველო ქალაქების ქარხნების, ფაბრიკების ნარჩენი წყლები, ამ ქარხნების, ფაბრიკების და ტრანსპორტის გამონაბოლქვი აირი და სხვა. ნიადაგის მაქსიმალური დაბინძურება მოსალოდნელია დაბინძურების წყაროებიდან 1-5კმ-ის რადიუსში, ამ წყაროებიდან 15-20 კმ-ით დაშორების კვალობაზე დაბინძურება შეესაბამება დადგენილ ფონს.

მძიმე მეტალებით ნიადაგის დაბინძურების პრობლემის შესწავლა მაშინ დაიწყო, როცა დადგინდა, რომ რკინა, მაგნიუმი, სპილენძი, ცინკი, მოლიბდენი და კობალტი ძალიან მნიშვნელოვან ელემენტებს წარმოადგენენ მცენარის, ცხოველის და, შესაბამისად, ადამიანის სიცოცხლისათვის. ისინი ცნობილია მიკროელემენტების სახელით, რადგან საჭირო არიან მცირე რაოდენობით. როგორც ავნიშნეთ, მიკროელემენტების ჯგუფშია გაერთიანებული რკინაც, რომლის შემცველობა ნიადაგში საკმაოდ მაღალია. „ყველა მიკროელემენტი შეიძლება მაგნე იყოს მცენარისათვის, თუ მისი ხსნადი ფორმების კონცენტრაცია აღემატება დადგენილ საზღვრებს“ [53]. „ზოგიერთი მძიმე მეტალი, როგორცაა: ვერცხლისწყალი, ტყვია, კადმიუმი, არ მიეკუთვნებიან მცენარეებისათვის აუცილებელი ელემენტების ჯგუფს და მათი მცირე კონცენტრაციაც კი მაგნეა ადამიანისთვის“ [53]. აქედან გამომდინარე, სპეციალისტებმა დაადგინეს სხვადასხვა ელემენტების და შენაერთების ზღვრულად დასაშვები ნორმები ნიადაგში, რომელიც მოტანილია ამ ნაშრომში ცხრილი 21-ის სახით. ამავე ცხრილში მოტანილია საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს სამეგრელო-ზემო სვანეთის რეგიონალური სამმართველოს ეკოლოგიის ლაბორატორიის მონაცემები რეგიონის ნიადაგების ეკოლოგიური დაბინძურების შესახებ. აღნიშნული მონაცემებით, რომელიც ცხრილ 21-შია მოტანილი, აღმოჩნდა, რომ საცდელი ნაკვეთის ნიადაგი ეკოლოგიურად სუფთაა, რადგან გამოკვლეული 10 დასახელების მეტალიდან დაფიქსირდა ხუთი (ნიკელი, მანგანუმი, სპილენძი, ცინკი, ტყვია), მაგრამ მათი რაოდენობრივი შემცველობა ბევრად დაბალია ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებზე. სრულებით არ დაფიქსირდა: ვოლფრამი, ვერცხლისწყალი, ქრომი, კობალტი და ვანადიუმი.

არაორგანული შენაერთები შედგება: სულფატონებისგან (გოგირდმუავა, გოგირდი, გოგირდწყალბადი), ფოსფორის, ფტორისა და ფტორიდებისაგან.

გოგირდწყალბადი აირია, ადვილად იხსნება წყალში და ორგანულ გამსხნელებში. გოგირდწყალბადის წყალხსნარს აქვს მუავე რეაქცია, წარმოადგენს სუსტ მუავას. მისი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია 0,4მგრ/კგ ნიადაგში. გოგირდწყალბადი შეიძლება აღმოჩნდეს იმ ნიადაგებში, რომლებიც ბინძურდებიან ნავთობპროდუქტებით. მისგან ნიადაგის დაბინძურების მაქსიმალური მაჩვენებელი შეიძლება იყოს 2300 მგრ/კგ ნიადაგში. არაორგანულ შენაერთებში შედის აგრეთვე სულფატონები. გოგირდმუავა, გოგირდწყალბადი, გოგირდი ნიადაგში მოხვედრისას გარდაიქმნება სულფატებად, რომლებიც ნიადაგის ძლიერი დამაბინძურებელი რეაგენტებია. მათ მიერ ნიადაგის დაბინძურების მაქსიმალური მაჩვენებელია 1000,0 მგრ/კგ ნიადაგში, ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია კი შეადგენს 0,4 მგრ/კგ ნიადაგში.

არაორგანული შენაერთებიდან ძალიან მნიშვნელოვანია ფოსფორის (P_2O_5) შემცველობა ნიადაგში. ფოსფორი, მცენარის კვებაში ერთ-ერთი ძირითადი მაკროელემენტია. ნიადაგის დამაბინძურებლად ითვლება მაშინ, როცა მისი შემცველობა აღემატება 200მგრ/კგ ნიადაგში, რაც შეადგენს (30სმ-იან სახნავ ფენაში) 600,0კგ-ს ჰექტარზე. მისი მაქსიმალური შემცველობა შეიძლება იყოს 500,0 მგრ/კგ ნიადაგში ანუ 1500,0კგ/ჰა-ზე. ცხადია, 600,0კგ/ჰა-ზე ზევით P_2O_5 -ის შემცველობა მცენარისათვის ტოქსიკურია და იწვევს საკვები ელემენტების სიჭარბით აგროქიმიურ და აგროეკოლოგიურ დარღვევებს. ჩვენს საკვლევ ნიადაგში დაფიქსირდა P_2O_5 -ი 53,41 მგრ/კგ ნიადაგში, რაც ნიშნავს სახნავ ფენაში 159კგ/ჰა-ზე P_2O_5 -ის არსებობას, რაც აშკარად მცირეა და იწვევს საკვები ელემენტის ნაკლებობით წარმოქმნილ აგროქიმიურ და აგროეკოლოგიურ დარღვევებს.

არაორგანული შენაერთებიდან (ცხრილი 21) ეკოლოგიური თვალსაზრისით მნიშვნელოვან ყურადღებას იმსახურებს ფტორი და ფტორიდები. ფტორი არის აირი, მკვეთრი სუნით, $188^{\circ}C$ გარდაიქმნება გამჭვირვალე-მოყვითალო ბლანტ სითხედ, ხოლო $220^{\circ}C$ -ზე მკვრივდება. ფტორის დაშლა ცალკეულ მოლეკულებად ადვილია. ფტორს ძირითადად იყენებენ ორგანული შენაერთების ფტორირებისათვის. ფტორის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია ნიადაგში დადგენილი არ არის, მაგრამ დადგენილია ნიადაგში მისი შემცველობის შესაძლო საზღვრები 5-50 მგრ/კგ ნიადაგში, ხოლო ფტორის წყალხსნადი შენაერთების – ფტორიდების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია 10 მგრ/კგ ნიადაგში.

ცხრილი 21. მეტალებით, პესტიციდებით, თხევადი კომპლექსური სასუქებით და სხვა არაორგანული და არომატული შენაერთებით ნიადაგის დაბინძურების ზღვრულად დასაშვები ნორმები და მათი შემცველობის მაჩვენებლები საცდელი ნაკვეთის მდებარეობის ზონის ნიადაგებში.

№№	დასახელება	სიმბოლო	ნაერთის ფორმა	შეიცავს	ზ.დ.კ.
				მგ/კგ	მგ/კგ

I. მეტალები

1	მანგანუმი	Mn	“	1,27	2,0
2	ტყვია	Pb	“	კვალი	20,0
3	ცინკი	Zn	მოძრავი	13,7	23,0
4	ნიკელი	Ni	“	2,7	4,0
5	სპილენძი	Cu	“	1,78	3,0
X	ვოლფრამს, ვერცხლისწყალს, ქრომს, კობალტს და ვანადიუმს			-არ შეიცავს	- 0,22;0,05;- 0,6; 5; 150

II. არაორგანული შენაერთები

6	ფოსფორი	P ₂ O ₅	საერთო შემცველობა	53,41	200,0
X	გოგირდმჟავას, გოგირდს, გოგირდწყალბადს, ფტორიდებს			-არ შეიცავს	0,4; 10

III. კომპლექსური, გრანულირებული აზოტო-კალიუმიანი სასუქები (კგ) ნიტრატები

7	N:P:K = 64:0:15 კონტროლდება ნიტრატების შემცველობით			23,7	130,0
8	ნიტრატები				

IV. თხევადი კომპლექსური სასუქები (ტკს) მანგანუმის დანამატი

9	N:P:K = 10:34:0,2 მანგანუმის დანამატი	კონტროლირდება მოძრავი ფოსფატების შემცველობით	13,41	200,0
---	---------------------------------------	--	-------	-------

V. არომატული ნახშირწყალბადები

10	ბენზინი, ბენზოლი, დინიტრობენზოლი, იზოპროპილბენზოლი, სტიროლი	არ შეიცავს	-; 0,3; - ; 0,5; 0,1;
----	---	------------	--------------------------

VI. ძმრის აღდგენილი

11	აცეტალდეჰიდს	არ შეიცავს	10,0
----	--------------	------------	------

VII. პესტიციდები და ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებანი (ზან)

12	დიკამბა, დილორი, კელტანი	-არ შეიცავს	1,0
----	--------------------------	-------------	-----

VIII. ანიონაქტიური, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებანი (ა-ზან)

13	კარბონის მჟავას მარილები, პირველადი ალკილსულფატები, სულფონატები, ამიდები, ფოსფორო- და კაჟორგანული შენაერთები	არ შეიცავს	0,2
----	--	------------	-----

კომპლექსური, გრანულირებული აზოტო-კალიუმიანი სასუქები (ცხრილი 21) რთული ქიმიური შედგენილობისაა. ის წყალში ძნელად ხსნადი, მორუხო თეთრი ფერის კრისტალური ნივთიერებაა, მისი შემცველობა კონტროლდება ნიადაგში ნიტრატების შემცველობით, რომელიც არ უნდა აღემატებოდეს 76,8 მგრ/კგ ნიადაგში. ჩვენს შემთხვევაში ნიტრატების შემცველობა 23,7 მგრ/კგ ნიადაგში.

თხევადი კომპლექსური სასუქები „თკს“ (ცხრილი 21) მანგანუმის დანამატით დაფიქსირდა 13,41 მგრ/კგ ნიადაგში. თხევადი კომპლექსური სასუქები შეიცავს 10 წილ აზოტს, 34 წილ ფოსფორს და 0,2 წილ კალიუმს (N:P:K = 10:34:0,2), რომელსაც ემატება 0,6% მანგანუმი. წარმოების მიერ გამოშვებული „თკს“ წარმოადგენს წყალში კარგად ხსნად ბლანტ სითხეს, რომლის „ზ.დ.კ.“ შეადგენს 200 მგრ/კგ ნიადაგში. „თკს“ შემცველობა კონტროლდება ნიადაგში მოძრავი ფოსფატების შემცველობით.

არომატული ნახშირწყალბადის რიგში შედიან: ბენზინი, ბენზოლი, დინიტრობენზოლი, იზოპროპილბენზოლი, მეთილსტიროლი, სტიროლი, ქსილოლები და ტოლუოლი. ეს ნივთიერებათა ის ჯგუფია, რომლებიც ნიადაგის დაბინძურებას იწვევენ ნავთობპროდუქტების დაღვრით ან ნავთობის საბადოს დამუშავების შედეგად გაგრძელებული ნავთობით. ასეთ ნივთიერებებს საკვლევ ნაკვეთთან არასოდეს ქონია კონტაქტი, ამის გამო ეს ნივთიერებები საკვლევ ნიადაგის ნიმუშებში არ დაფიქსირდა.

ნიადაგის დამაბინძურებლებს მიეკუთვნება ძმრის ალდეჰიდი, რომელიც წარმოადგენს სითხეს და კარგად იხსნება წყალში. მისი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია არის 10მგრ/კგ ნიადაგში. ჩვენს შემთხვევაში ეს ნივთიერებებიც არ დაფიქსირდა.

პესტიციდები, სასუქები და ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების (ცხრილი 21) ჯგუფს ქმნიან: დიკამბა, დიქლორი და კელტანი. ამ ჯგუფიდან ნიადაგის დაბინძურებას იწვევს კელტანი, რომლის ზ.დ.კ. არის 1 მილიგრამი 1 კგ ნიადაგში. აღნიშნული ჯგუფის ნივთიერებები ზონის ნიადაგებში დაფიქსირებული არ არის.

ზონის ნიადაგები არ შეიცავს აგრეთვე „ანიონოაქტიურ“, ზედაპირულად აქტიურ ნივთიერებებს (ცხრილი 21). საბოლოო ჯამში ეს ნიადაგები დაბინძურებული არ არის, იმის გამო, რომ წლების განმავლობაში (10-15 წელი) ზონის ნიადაგებში არ შესულა მინერალური სასუქები, იყენებდნენ მხოლოდ

ნაკელს, და იმასაც არარეგულარულად. არ გამოიყენებოდა და არც ახლა გამოიყენება არავითარი პესტიციდი ან ჰერბიციდი. ასეთმა ვითარებამ განაპირობა ის, რომ ზონის ნიადაგები და მ.შ. საცდელი ნაკვეთი, ეკოლოგიურად სუფთაა. აქედან გამომდინარე, შევეცადეთ ლაბორატორიული ექსპერიმენტით შეგვესწავლა ჩვენს მიერ ცდებში გამოყენებული ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის დამოკიდებულება ზოგიერთი მძიმე მეტალის მიმართ. ცდა ჩავატარეთ სამეგრელო-ზემო სვანეთის რეგიონალური სამმართველოს ლაბორატორიაში, ცდის 3 ვარიანტიანი სქემით.

ცდის სქემა III

ვარ. №	ვ ა რ ი ა ნ ტ ე ბ ი
1	ნიადაგი 1000გრ + სპილენძის ნიტრატი $Cu(NO_3)_2$ – 200,0მლგრ საკონტროლო
2	ნიადაგი 990,0გრ + ლომონტიტი 10გრ (20ტ/ჰა) + $Cu(NO_3)_2$ 200,0მლგრ
3	ნიადაგი 990,0გრ + ნტკილი 10გრ (20ტ/ჰა) + $Cu(NO_3)_2$ 200,0მლგრ

აღნიშნული ცდა ჩავატარეთ ჩერკასოვის ხელსაწყო გამოყენებით, იმავე პრინციპით, როგორც ამონიუმის გვარჯილას შემთხვევაში (თავი III)

ჩერკასოვის მიღები დაწინაურებულ ცდის სქემა III-ის მიხედვით. პირველ საკონტროლო ვარიანტში 1000,0 გრ ნიადაგს დავემატეთ სპილენძის ნიტრატი $[Cu(NO_3)_2]$, 200,0 მლგრამი. მე-2 ვარიანტში 990,0 გრ ნიადაგს დავემატეთ 10 გრ ლომონტიტი, რაც უდრის 1 ჰექტარზე 20 ტონა მინერალს და მას დავემატეთ სპილენძის ნიტრატი 200,0 მლგრ. მე-3 ვარიანტში იგივე რაოდენობით დავემატეთ ნტკილი და სპილენძის ნიტრატი. ასეთი წესით გამართული ჩერკასოვის ხელსაწყო დაედგით ფილტრაციაზე. მიღების ზედა ნაწილში, მონოლითის თავზე, თითოეულ მილს განსაზღვრულ დონემდე (ავტომატურ რეჟიმში) ერთდროულად ვაწვდიდით დისტილირებულ წყალს და ვინარჩუნებდით სასურველ დონეს 30 წუთის (1800,0 წმ) განმავლობაში.

ცდის შედეგები მოტანილია ცხრილ 22-ში, საიდანაც ჩანს, რომ ჩვეულებრივი ნიადაგი (საკონტროლო) აკავებს შეტანილი სპილენძის ნიტრატის 44,8%-ს, დანარჩენი 55,2%-ი ჩაირეცხება და აბინძურებს გარემოს.

ცხრილი 22. ბუნებრივი ცეოლითით – ლომონტიტით და ნტკილით, მძიმე მეტალის სპილენძის ნიტრატის სორბციის მაჩვენებლები

ვარიანტის №№	მაჩვენებლები წყალგამტარობის შესახებ							სპილენძის ნიტრატი			
	ნიადაგის მონოლითის სიმაღლე	ცილინდრის განივკვეთი	ცილინდრის ზედა და ქვედა წერტილებს შორის სხვაობა	ფილტრაციის დრო	მიღებულია ფილტრატი		ფილტრატის სიჩქარე	გამორეცხილია		შეაკვებულა	
	L სმ	F სმ ²	h სმ	T წამი	ლიტრი	სმ ³	სმ/წამი	მლგრ	%	მლგრ	%
1	50,0	400,0	25,0	1800,0	0,2	200,0	R = 0,00086	110,4	55,2	89,6	44,8
2	“	“	“	“	0,18	180,0	R = 0,00078	46,2	23,1	153,8	76,4
3	“	“	“	“	0,16	190,0	R = 0,00082	78,8	39,4	126,9	63,5

პრაქტიკაში, ამ მოდელის არსებობის შემთხვევაში, ადგილი ექნება გარემოს ძლიერ დაბინძურებას. ლომონტიტის გამოყენების შემთხვევაში, პირიქით, შეკავებული ნიტრატის რაოდენობა იზრდება 76,4%-მდე, ნტკილის გამოყენების შემთხვევაში ეს მაჩვენებელი 63,5%-ია. როგორც ცხრილიდან ჩანს, საკონტროლო ვარიანტშიც ნიტრატის შეკავება საკმაოდ მაღალია. ეს გამოწვეულია იმით, რომ საკვლევი ნიადაგი თიხა მიწების კატეგორიას განეკუთვნება. „ნიადაგებს, თიხისა და ორგანული ნივთიერებების მაღალი შემცველობით, აქვთ მაღალი ადსორბციული თვისებები და შესაბამისად აქვთ უნარი შეაკავონ მძიმე მეტალები ნიადაგის ზედა ჰორიზონტზე [53]. ამ მომენტთან გვაქვს საქმე ჩვენი ექსპერიმენტის შემთხვევაში. ამ ლაბორატორიული ექსპერიმენტის შედეგების პრაქტიკაში გადატანის დროს ადგილი ექნება გრუნტის წყლების დაბინძურების მნიშვნელოვან შემცირებას იმის გამო, რომ ნიადაგის სახნავ ფენაში დაკავებული იქნება აღნიშნული მეტალის: ნიტრატის მეტი წილი. აქვე ისმის კითხვა, ეს მომენტი კარგია თუ ცუდი? კარგია იმ გაგებით, რომ ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის ნაწილაკებზე მტკიცედ ადსორბირებული ნიტრატები, მანამდე იქნება შეკავებული, სანამ ნიადაგის ხსნარის ზემოქმედებით არ დაიშლება ცეოლითის ნაწილაკები. დამტკიცებულია, რომ ეს პროცესი გრძელდება 8-10 წელი [71, 102, 153], ე.ი. ადგილი აქვს ადსორბირებული ნიტრატ-იონების მიგრაციის გაწელვას დროსა და სივრცეში, რის გამოც დაბინძურების ნიშნები ნიადაგში და

მცენარეში ნაკლებად გამოვლინდება. ცუდი იქნება იმ შემთხვევაში, თუ კი ცეოლითების ნაწილაკების დაშლის პროცესი მოკლე დროში მოხდება, ვთქვათ, ერთ სავეგეტაციო პერიოდში. ამ შემთხვევაში ცეოლითის ნაწილაკებზე აღსორბირებული მძიმე მეტალების იონების მიგრაცია მოხდება ერთბაშად, როგორც გრუნტის წყლების, ისე მცენარის მიმართულებით და დაბინძურება, როგორც ნიადაგში, ისე მცენარეში ერთბაშად გამოვლინდება. მაგრამ, პირიქით, პრაქტიკულად ეს პროცესი ხანგრძლივია და მოაქვს მეტად ეფექტური შედეგები.

ამდენად: ამ ექსპერიმენტით დადასტურდა, რომ ბუნებრივი ცეოლითი – ლომონტიტი და ნტკილი მნიშვნელოვნად ბლოკავენ ნიადაგში მოხვედრილი მეტალების შეღწევას მცენარეში და გრუნტის წყლებში, რაც აუმჯობესებს პროდუქციის ეკოლოგიურ ხარისხს.

IV.9. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის ბავუნა ნიადაგის მიკრობული პეიზაჟის ფორმირებაზე და ამიაკური და ნიტრატული აზოტის დაბროვებაზე

ნიადაგი დასახლებულია უთვალავი ბაქტერიებით, მიკრობებით, სოკოებით, წყალმცენარეებით და ა.შ. ისინი „ცხოვრობენ“ სრული სიცოცხლით: სუნთქავენ, იკვებებიან, იზრდებიან, მრავლდებიან და კვებიან. ეს ასე რომ არ იყოს, დედამიწა დაიფარებოდა მცენარეთა და ცხოველთა მკვდარი ნაწილებით და განვითარებული ცოცხალი ორგანიზმების არსებობა შეუძლებელი იქნებოდა [96]. დღეისათვის ბაქტერიების უმრავლესობა კარგად შესწავლილია. დადგინდა, რომ თვალთ შეუმჩნეველი ბაქტერიები მეტად მრავალფეროვანია და ასრულებენ აგრეთვე მეტად მრავალფეროვან „სამუშაოს“, მეტად მრავალფეროვანი „ცხოვრების“ პირობებში, მ.შ. არის ისეთებიც, რომლებიც თავისი ორგანიზმის ასაგებად ითვისებენ ჰაერის აზოტს, რომელიც ესოდენ საჭიროა მცენარის კვებისათვის. არსებობს ბაქტერიები, რომლებიც სახლობენ მცენარის ფესვებზე წარმოქმნილ კოჟრებში და მათ კოჟრის ბაქტერიებს უწოდებენ. მაგრამ მათ გარდა არის ნიადაგში თავისუფლად მცხოვრები ბაქტერიები, რომლებიც ითვისებენ აგრეთვე ჰაერის მოლეკულურ აზოტს და დიდ დახმარებას უწევენ მცენარეს აზოტურ კვებაში. მათ ვინოგრადსკიმ „აზოტობაქტერინი“ უწოდა [96]. აზოტის ბიოლოგიურ ფიქსაციას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს სოფლის მეურნეობისათვის. „ატმოსფერული აზოტის მარაგი პრაქტიკულად ამოუწურავია, ამასთან მცენარეთა უმეტესობას (პარკოსნების გარდა) არა აქვს ატმოსფერული

აზოტის გამოყენების უნარი, ამიტომ მიკროორგანიზმების (თავისუფალი აზოტფიქსატორების) მიერ შებოჭილი აზოტი ყველაზე უფრო იაფი წყაროა, და დიდია მათი როლი აზოტის ამ ულვეი წყაროს გამოყენების საქმეში“ [4; 10].

ტოქსიკური ნივთიერებებისა და მინერალური სასუქების ნიადაგში მზარდი რაოდენობით სისტემატურად მოხვედრის გამო, ნიადაგის სახნავი ფენა მკვერდდება, უარესდება მისი ფიზიკური თვისებები, რაც იწვევს მიკროორგანიზმების შემადგენლობაში თვისობრივ ცვლილებებს გაუარესების მიმართულებით [178], ეს კი იწვევს ნიადაგის ნაყოფიერების გაუარესებას. ამ მოვლენის წინააღმდეგ საჭიროა განუწყვეტელი და გეგმაზომიერი ბრძოლა, რომლის განხორციელებაში საკმაოდ ეფექტური როლი შეუძლია შეასრულოს ბუნებრივი ფოროვანი მასალების გამოყენებამ [33; 34; 183; 190].

ჩვენი ს/კ სამუშაოს ძალისხმევა ამ ნაწილში მიმართულია სწორედ იქითკენ, რომ ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის გამოყენებით მივაღწიოთ ნიადაგის მაღალ მიკრობულ აქტივობას. ამ მხრივ, შეიძლება ითქვას, მნიშვნელოვანი სამუშაო გვაქვს შესრულებული, რომლის წარდგენასაც ნაშრომის ამ ნაწილში შევეცდებით.

IV.9.1. ბუნებრივი ცეოლითით – ლომონტიტითა და ნტკილით ნიადაგის მიკრობული ასოციაციის რეგულირების შესაძლებლობა დასავლეთ საქართველოს ჭარბტენიან სუბტროპიკულ ზონაში

ლაბორატორიული ცდებით დადგენილია, რომ ბუნებრივი ცეოლითის – კლინოპტილოლიტის შემცველი ტუფის შეტანა სრულფასოვან საკვებ არეში მკვეთრად ასტიმულირებს მიკროორგანიზმების ცხოველმყოფელობას [4]. დადგენილია, რომ კლინოპტილოლიტის შეტანა მუავე ნიადაგებში მნიშვნელოვნად ცვლის მისი ნაყოფიერების განმსაზღვრელი მიკრობიოლოგიური პროცესების პერიოდულობას [168]. ნიადაგის და კლინოპტილოლიტის 8,5 : 1,5 შეფარდების დროს 22 დღის მანძილზე ბაქტერიების რიცხოვნობა და მათი ბიომასა იზრდება თითქმის ორჯერ მაშინ, როცა ნიადაგში ტორფის შეტანა პრაქტიკულად არ ახდენს გავლენას ბაქტერიებზე [166]. განსაკუთრებით მკვეთრად ვლინდება ბუნებრივი ცეოლითების როლი მუავე ნიადაგებში [166, 168]. უაღრესად დიდია ბუნებრივი ცეოლითის როლი ნიადაგის ბიოლოგიური აქტივობის ამაღლების საქმეში [64, 139, 169, 179, 180, 189].

როგორც ცნობილია, ნიადაგის მიკრობული პეიზაჟი ბევრად განსაზღვრავს ნიადაგის ნაყოფიერებას, მისი ცვლილება კეთილსასურველი მიმართულებით იწვევს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის ზრდას, ანუ ეს პროცესი აძლიერებს ნიადაგის ნაყოფიერებას, შესაბამისად, ბიოლოგიურ აქტივობას. სწავლულების განსაკუთრებული ყურადღება მიქცეულია ნიადაგში აზოტფიქსატორი ბაქტერიების რიცხოვნობის ზრდისაკენ, რომელიც არა მარტო ადიდებს ნიადაგის ნაყოფიერებას და შესაბამისად კულტურების მოსავლიანობას, არამედ იძლევა საშუალებას შეზღუდული ნორმებით გამოვიყენოთ ან სულ არ გამოვიყენოთ მინერალური, განსაკუთრებით აზოტოვანი, სასუქები და მკვეთრად შევამციროთ მინერალური სასუქებით ნიადაგის დაბინძურების ალბათობა.

დადგენილია, რომ მიკრობული პეიზაჟი მაღალია ორგანული ნივთიერებებით მდიდარ ნიადაგებში, მაგრამ აზოტფიქსატორი ბაქტერიების განვითარების აუცილებელ პირობად, განსაკუთრებით მიჩნეულია ნიადაგში მინერალური კვების ისეთი ელემენტების არსებობა, როგორცაა ფოსფორი, კალციუმი, მიკროელემენტები და მ.შ. განსაკუთრებით მოლიბდენი, რომელიც შედის აზოტის ათვისების პროცესის კატალიზატორი ფერმენტების შემადგენლობაში [10, 41].

დადგენილია, რომ საქართველოს ცეოლითების შემცველი ქანების უმეტესობა შეიცავს მოლიბდენს [134]. რიგი მკვლევარების ნამუშევრებით [64, 168] დადგენილია, რომ მუავე რეაქციის წითელ მიწებში, რომელთათვის დამახასიათებელია pH არა უმეტეს 5 ერთეულისა, მინერალური სასუქებისა და ტორფის შეტანა კიდევ უფრო აქვეითებს არეს რეაქციას, მაშინ როცა 3-5% ბუნებრივი ცეოლითის შეტანით 2,5 ერთეულით იზრდება pH-ის მაჩვენებელი. ამრიგად, იქმნება ხელსაყრელი პირობები ნიადაგში როგორც ბიოლოგიური, ისე ქიმიური პროცესების დასაჩქარებლად. ამასთან შეიმჩნევა ნიადაგის მიკროფლორის როგორც რაოდენობრივ, ისე თვისობრივ სიდიდეებში ცვლილებები. ჩნდებიან ლიზისის გამომწვევი მიკობაქტერიები, რომლებიც სპობენ ობის სოკოებს [42, 64] და სხვა. პროცესების აღწერილი მიმართულებით განვითარება ქმნის ნიადაგის დაბინძურების შემცირების ხელსაყრელ პირობებს.

ნიადაგის ეკოლოგიური დაბინძურების ლოკალიზაციის მიზანდასახულობიდან გამომდინარე, შევეცადეთ, ძირითადი ცდის სქემა I-ის მიხედვით,

პერსპექტიულ ვარიანტებში გაგვერკვია მიკრობიოლოგიური პროცესების მიმდინარეობა და საკონტროლო ვარიანტებთან შეგვედარებინა მათ მიერ გამოწვეული ცვლილებები. ამ მიზნით ცდის მესამე დამამთავრებელი წლის აგვისტოში ავიღეთ ნიადაგის ნიმუშები პერსპექტიული ვარიანტების მიხედვით ტ.ვ. არისტოვსკაიას და იუ.ა. ხუდიაკოვას მიერ რეკომენდებული მეთოდით [46, 51] და ვაბარებდით სოფლის მეურნეობის სამინისტროს ნიადაგის ნაყოფიერებისა და აგროქიმიური სამსახურის ანასეულის ცენტრის მიკრობიოლოგიულ ლაბორატორიაში, სადაც პერფილიევისა და გაბეს კაპილარული მეთოდით [127] ითვლიდნენ მიკრობთა უჯრედებს თითოეულ ნიმუშში და ადგენდნენ მიკრობთა რიცხოვნობას სახეობების მიხედვით [47].

მინდვრის სტაციონარულ ცდებში, საიდანაც ავიღეთ ნიმუშები ნიადაგის მიკრობიოლოგიური აქტივობის შესამოწმებლად, ჩვენ ვსწავლობდით სიმინდისა და სოიას შერეულ ნათესში ამ კულტურების ზრდა-განვითარებისა და მოსავლიანობის მაჩვენებლებს, რომლის შედეგები განხილული იქნება ამ ნაშრომის V თავში.

ბუნებრივი ცეოლითი-ლომონტიტით, ნტკილით და ორგანულ-ცეოლითური სასუქის „ცეონაკის“ გამოყენებით ნიადაგის მიკროორგანიზმების რიცხოვნობაში მომხდარი ცვლილებები მოტანილია ცხრილ 23-ში, რომელიც მიუთითებს აღნიშნული მასალების გამოყენებით ნიადაგის მიკრობული ასოციაციის თვალსაჩინო გააქტიურებაზე. გამოყენებული მასალების დოზების ყოველი მომდევნო ზრდა იწვევს ნიადაგის მიკროფლორის საერთო რიცხოვნობის ზრდას 100-150%-ით პირველ საკონტროლოსთან შედარებით. ამასთან მიკროორგანიზმების აღრიცხული საერთო რაოდენობიდან ყველაზე მეტი რაოდენობით წარმოდგენილია ამონიფიკატორები, მ.შ. (სადაც შეტანილია სუფთა ცეოლითები) ჭარბობს მინერალური აზოტის გარდამქმნელნი და სადაც შეტანილია „ცეონაკი“, ორგანული აზოტის გარდამქმნელნი.

საკმაო ინტენსიობით იზრდება ნიტრიფიკაციის ბაქტერიების რიცხოვნობა I საკონტროლოსთან შედარებით სუფთა ცეოლითების და ნტკილის შეტანის შემთხვევაში 100-დან 120%-მდე და ბიოორგანული სასუქების შეტანის შემთხვევაში 330,0-დან 340,0%-მდე, მაშინ როცა მინერალური სასუქების ფონზე (ვარ. 2) მატება შეადგენს მხოლოდ 40,0%-ს.

ცხრილი 23. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების „ცეონაკ „ლ“-სა და „ცეონაკ „ნ“-ის გავლენა ნიადაგის მიკრობული ასოციაციის ფორმირებაზე. (პერსპექტიული ვარიანტები წარმოდგენილია ცდის სქემა I-ის მიხედვით)

პერსპექტიული ვარიანტების №	ვარიანტები	ზომის ერთეული	მიკროორგანიზმების საერთო რიცხოვნობა 2005წ. 20 აგვისტოსთვის				ამონიფიკატორები				ნიტრიფიკატორები	დენიტრიფიკატორები	უჯრედანა დამმულნი	მოლეკულური აზოტფიქსატორები	კოურის ბაქტერიები									
			მილიონობით 1 გრ. ჰაერმშრალ ნიადაგში				ბაქტერიები, სოკოები აქტინომიცეტები		საფროფიტები სოკოები, სპოროვნები						საშუალოდ 1 მცენარეზე	საშუალოდ 1 ჰა-ზე	გადახრა საკონტროლო I-დან							
			სორპეკტონ აგარზე	ამონიუმის სახამებლიან აგარზე	საშუალო	%	მილიონობით 1 გრ ჰაერმშრალ ნიადაგში											მილიონი						
			ტ/ჰა	ლგ	%	ლგ	%	ლგ	%	ლგ					%	ლგ	%	ლგ	%	ლგ	%	ცალი	ცალი	%
			1	საკონტრ. I ნიადაგი უსასუქო	-	0,9	0,7	0,8	0,0	0,23					0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,02	0,0	0,12	0,0	0,13
2	საკონტრ. II ნიადაგი + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ კგ/ჰა	-	1,0	1,2	1,1	37,5	0,27	17,4	0,24	20,0	0,14	40,0	0,03	50,0	0,17	41,7	0,25	92,3	18,0	1,69	-14,2			
3	საკონტრ. III ნიადაგი + ახალი ნაკელი	20,0	2,6	1,8	2,2	125,0	0,31	34,8	0,35	75,0	0,28	180,0	0,06	200,0	0,33	175,0	0,47	261,5	27,0	2,54	28,9			
7	ნიადაგი + ლომონტიტი	20,0	1,7	1,5	1,6	100,0	0,29	26,1	0,26	30,0	0,20	100,0	0,04	100,0	0,13	8,3	0,58	346,2	39,0	3,67	86,3			
		20,0	1,8	1,4	1,6	100,0	0,29	26,1	0,25	25,0	0,22	120,0	0,03	50,0	0,14	17,0	0,67	415,4	41,0	3,85	95,4			
11	ნიადაგი + NPK	20,0	1,2	1,2	1,2	50,0	0,24	4,3	0,19	-5,0	0,17	70,0	0,02	100,0	0,18	50,0	0,40	207,7	36,0	3,38	71,6			
		20,0	1,3	1,5	1,4	75,0	0,26	13,0	0,23	15,0	0,20	100,0	0,02	100,0	0,20	67,0	0,59	353,9	40,0	3,76	90,9			
15	ნიადაგი + „ცეონაკ „ლ“	40,0	3,2	2,8	3,0	275,0	0,50	117,0	0,56	180,0	0,43	330,0	0,07	250	0,45	275,0	0,99	661,5	56,0	5,26	167,0			
		40,0	3,3	2,9	3,1	288,0	0,52	126,0	0,58	190,0	0,44	340,0	0,08	300,0	0,47	292,0	1,01	676,9	59,0	5,55	181,7			

ნიტრიფიკაციის პროცესი ეს არის სპეციალური ბაქტერიების – ნიტრიფიკატორების მეშვეობით ორგანული მასის ხრწნის შედეგად წარმოშობილი ამიაკის დაჟანგვა ჯერ აზოტოვან და შემდეგ აზოტის მჟავებად. ცნობილია, რომ ნიტრიფიკაციის ბაქტერიები (Nitrobacteriaceae) კარგად მრავლდებიან და ვითარდებიან შავ მიწებში, ნაკელში, კომპოსტებში ანუ ადგილებში, რომლებიც შეიცავენ ბევრ ორგანულ ნივთიერებას pH-ის 6,0-8,0 მნიშვნელობის დროს [108]. „რაც უფრო მდიდარია ნიადაგი ორგანული ნივთიერებებით, მით უფრო მეტი აზოტმჟავას დაგროვება შეუძლია მას [109]. დადგენილია, რომ ამიაკი არის ამონიფიკაციის ბაქტერიების ცხოველყოფილობის შედეგი, რომელსაც (ამიაკს) იყენებს ბაქტერია Nitrosomana, ხოლო მისგან წარმოქმნილი ნიტრატები წარმოადგენს სიცოცხლის წყაროს ბაქტერია Nitrobacter-ისათვის [108]. ცხადია, გარდაქმნათა ამ ჯაჭვში სოფლის მეურნეობისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ნიტრიფიკაციის პროცესს. ნიტრატების წარმოქმნა სხვადასხვა ნიადაგებში განსხვავებულია და ნიადაგის ნაყოფიერება პირდაპირ დამოკიდებულია მასზე. ნიტრიფიკაციის პროდუქტიულობის შესასწავლად ანალიზი ჩატარდა იმ ნიმუშებს, რომელიც ავიღეთ მიკრობთა რიცხოვნობის დასადგენად 2005 წლის აგვისტოში ცდის სქემა I-ის მიხედვით და მივიღეთ საკმაოდ არაორდინარული სურათი. ჩატარებული ანალიზების შედეგად გამოვლინდა, რომ ცდის ყველა ვარიანტში ნიტრიფიკაციის პროცესი დაჩქარებულია და მცენარისათვის საჭირო აზოტის უანგეულების დაგროვება საკმაოდ ინტენსიურია (ცხრილი 24), მხოლოდ იმ განსხვავებით, რომ მე-3 და მე-15 ვარიანტებში აზოტის უანგეულების წარმოქმნა ხდება დიდი რაოდენობით, ვინემ სხვა ვარიანტებში და ის 292-313%-ით სჭარბობს I საკონტროლოს, მაშინ როცა დანარჩენ ვარიანტებში ეს პროცესი თანდათანობითია და ფეთქებადი ხასიათი არა აქვს. ეს გამოწვეულია იმით, რომ მე-3 და მე-15 ვარიანტებში შეგვქონდა ახალი ნაკელი 20ტ/ჰა-ზე ბუნებრივ ფოროვან მასალებთან ერთად, სამ წელიწადში ერთხელ.

ამდენად, ამ პროცესის გაძლიერება გამოწვეულია ნიტრიფიკატორი და აზოტფიქსატორი ბაქტერიების რიცხოვნობის გაზრდითა და გააქტიურებით. მე-2 საკონტროლო ვარიანტში მიკროორგანიზმების საერთო რიცხოვნობა გაზრდილია მხოლოდ 37,5%-ით, ნაკელიან ვარიანტში 125%-ით (ვარ. 3), ხოლო მე-15 ვარიანტში 275-288%-ით.

ნიტრიფიკატორი და აზოტფიქსატორი ბაქტერიების რიცხოვნობის ზრდასთან კორელაციულ კავშირშია ამიაკური (NH_4) და ნიტრატული (NO_3) აზოტის დაგროვება. ნიადაგის კარგი აერაციის, ტენიანობის, ტემპერატურის ($25-32^\circ$) და არეს ($\text{pH}=5,0-8,0$) (ნეიტრალურთან ახლო საზღვრებში) არსებობის დროს ინტენსიურად მიმდინარეობს აზოტფიქსატორი და ნიტრიფიკატორი ბაქტერიების მოქმედება და ამიაკური აზოტის ძირითადი მასა სწრაფად იჟანგება ნიტრატამდე. ლებელიანცევის მონაცემებით „ნიტრიფიკაციის მეშვეობით წელიწადში შეიძლება შეიქმნას 100 მლგრამამდე აზოტმჟავა კგ ნიადაგში“ [45], რაც სპეციალური გათვლებით ერთი ჰექტარი ფართობის 20 სმ-იან სახნავ ფენაში ქმნის აზოტის 500 კგ-მდე მარაგს.

ანალიზებით დადგინდა, რომ ფოროვანი მასალების ყოველი 5 ტონის შეტანა 1 ჰექტარზე ცვლის არეს რეაქციის მაჩვენებელს ლომონტიტი 0,4 და ნტკილი – 0,8 ერთეულით (ცხრილი 18) ნეიტრალურისკენ, რაც შესაბამისად უზრუნველყოფს 1 ჰა-ზე 12-15 კგ აზოტმჟავას დაგროვებას სავეგეტაციო პერიოდის მანძილზე და ეს პროცესი გრძელდება დიდხანს ნიადაგის ხსნარის გავლენით ცეოლითის მარცვლების სრულ დაშლამდე.

ცხრილ 24-ში მოტანილი მასალა (NH_4+NO_3) „ამიაკური და ნიტრატული აზოტის ჯამი“ სიმბოლურად ასახავს ნიადაგში აზოტის ამ ფორმების წარმოშობისა და დაგროვების სურათს. სინამდვილეში ამიაკური აზოტი (NH_4) წარმოქმნისთანავე, ნიტრიფიკაციის მეშვეობით, გარდაიქმნება ნიტრატულ (NO_3) აზოტად, რომელიც მაშინვე ერთვება ნივთიერებათა წრებრუნვაში და შეითვისება მცენარეთა მიერ. ამდენად ეს პროცესი პერმანენტულია და ინტენსიურდება ნიადაგში ორგანული მასის ზრდის კვალობაზე.

ნაკვეთი, სადაც სტაციონარული ცდები ტარდებოდა, წარმოადგენს ტიპურ ეწერს და ნაკლებპროდუქტიულია, მაგრამ კარგად რეაგირებს ორგანული და მინერალური სასუქებით გაპატივებაზე. აღნიშნული ნიადაგი ვარგისია სასოფლო-სამეურნეო ერთწლიანი კულტურების მოსაყვანად. ჩვენი მონაცემებით, ამ ნიადაგებში ნიტრიფიკაციის პროდუქტიულობა დაბალია. ბუნებრივ პირობებში, ჩვეულებრივი აგროტექნიკის ფონზე, სასუქების მონაწილეობის გარეშე, მოცემული ნიადაგის ნიტრიფიკაციის პროდუქტიულობა შეადგენს 106,1 კგ/ჰა-ზე, მაშინ როცა მაქსიმალური მაჩვენებელი შეიძლება იყოს 500 კგ-მდე წელიწადში.

ცხრილი 24. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების „ცეონაკ „ლ“-ისა და „ცეონაკ „ნ“-ის გავლენა ამიაკური (NH₄) და ნიტრატული (NO₃) აზოტის დაგროვებაზე მგ/კგ ნიადაგში.

პერსპექტიული ვარიანტების №№	ვარიანტები	ზომის ერთეული	ზომის სუბსტანციაში			ჯამი	აზოტის დაგროვება წელიწადში 20სმ-იან სახნავ ფენაში კგ/ჰა		
		ტ/ჰა	pH	NH ₄	NO ₃	NH ₄ +NO ₃	გადახრა (I) საკ. I-დან		
						მგ/კგ-ში	$z = \frac{Q \cdot h \cdot M}{10}$	%	
1	საკ. I ნიადაგი უსასუქო	-	4,2	16,09	5,13	21,22	106,1	0,0	
2	საკ. II ნიადაგი + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ კგ/ჰა	-	4,2	36,09	15,3	51,12	255,6	140,0	
3	საკ. III ნიადაგი + ახალი ნაკელი	20,0	4,2	56,09	27,13	83,22	416,1	292,2	
7	ნიადაგი+	ლომონტიტი	20,0	5,76	18,3	6,5	24,6	123,0	15,9
		ნტკილი	20,0	7,48	19,1	6,7	25,8	129,0	21,6
11	ნიადაგი+ +N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	ლომონტიტი	20,0	5,76	38,3	16,5	54,8	274,0	158,2
		ნტკილი	20,0	7,48	39,1	16,7	55,8	279,0	163,0
15	ნიადაგი+	„ცეონაკ „ლ“	40,0	5,76	58,3	28,5	86,8	434,0	309,0
		„ცეონაკ „ნ“	40,0	7,48	59,1	28,7	87,8	439,0	313,8

შენიშვნა: ნიადაგში საკვები ელემენტების მარაგს ანგარიშობენ ფორმულით:

$$z = \frac{Q \cdot h \cdot M}{10} \text{ კგ/ჰა} \quad [63]$$

სადაც, Z – არის საკვები ელემენტების ხსნადი ფორმების შემცველობა მგ/კგ ნიადაგში

Q – არის ნიადაგში საკვები ელემენტების შემცველობა მგ/კგ-ში

h – არის ნიადაგის სახნავი ფენის სისქე სმ-ში

M – არის ნიადაგის სახნავი ფენის მოცულობის მასა გრ/სმ³ და უდრის 2,5-ს

ამგვარად: ბუნებრივი ფოროვანი მასალების და მათ ბაზაზე დამზადებული ბიოორგანული სასუქის „ცეონაკი“-ს გამოყენება მნიშვნელოვნად ამაღლებს ნიადაგის ნაყოფიერებას და ამავე დროს ამცირებს ნიადაგის შესაძლო დაბინძურებას ნიტრატებით, ორგანული სასუქებითა და სხვა რეაგენტებით,

ამაღლებს ნიადაგის ბიოლოგიურ აქტივობას და საბოლოო ჯამში მის ნაყოფიერებას.

ნაკვეთი, სადაც სტაციონარული ცდები ტარდებოდა, წარმოადგენს ტიპურ ეწერს და ნაკლებპროდუქტიულია, მაგრამ კარგად რეაგირებს ორგანული და მინერალური სასუქებით გაპატივებაზე. აღნიშნული ნიადაგი ვარგისია სასოფლო-სამეურნეო ერთწლიანი კულტურების მოსაყვანად. ჩვენი მონაცემებით, ამ ნიადაგებში ნიტრიფიკაციის პროდუქტიულობა დაბალია. ბუნებრივ პირობებში, ჩვეულებრივი აგროტექნიკის ფონზე, სასუქების მონაწილეობის გარეშე, მოცემული ნიადაგის ნიტრიფიკაციის პროდუქტიულობა შეადგენს 106,1 კგ/ჰა-ზე, მაშინ როცა მაქსიმალური მაჩვენებელი შეიძლება იყოს 500 კგ-მდე წელიწადში.

ამგვარად: ბუნებრივი ფოროვანი მასალების და მათ ბაზაზე დამზადებული ბიოორგანული სასუქის „ცეონაკი“-ს გამოყენება მნიშვნელოვნად ამაღლებს ნიადაგის ნაყოფიერებას და ამავე დროს ამცირებს ნიადაგის შესაძლო დაბინძურებას ნიტრატებით, ორგანული სასუქებით და სხვა რეაგენტებით, ამაღლებს ნიადაგის ბიოლოგიურ აქტივობას და საბოლოო ჯამში მის ნაყოფიერებას.

ვაფასებთ რა ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ადგილობრივი წიაღისეულის – ნტკილის პოტენციურ სასარგებლო თვისებებს ნიადაგის ეკოლოგიური წონასწორობის აღდგენისა და ნაყოფიერების ამაღლების საქმეში უნდა აღვნიშნოთ შემდეგი:

1. ბუნებრივ ცეოლითებს და ნტკილს აქვთ ნიადაგის გამაუმჯობესებელ სხვა მასალებთან (კირქვა, დოლომიტის ფქვილი, ფიქალის ნაცარი, წიდა, ცემენტის მტვერი, დეფეკატი, პერლიტი და სხვა) შედარებით უდავო უპირატესობა ნიადაგის შთანთქმითი ტევადობის გაზრდის და სორბციული თვისებების გაუმჯობესების თვალსაზრისით, რომელთაც მრავალმხრივი მნიშვნელობა აქვთ ნიადაგის გამჟავებით, ჭარბტენიანობით, საკვები ნივთიერებების სიჭარბით ან ნაკლებობით, სახნავი ფენის გამკვრივებით, პესტიციდებით, მეტალებით და სხვა დამაბინძურებელი ნივთიერებებით ნიადაგში წარმოქმნილი ეკოლოგიური დისბალანსის რეგულირებაში.

2. ბუნებრივი ცეოლითი – ლომონტიტი და ნტკილი ფლობენ ნიადაგის ხსნარის მანეიტრალბელ თვისებებს, მაგრამ წყალში გახსნილი კირმასალები, რომლებიც არ შეიცავენ ნახშირმჟავა აირს, იძლევიან საშუალებას ნიადაგის

ხსნარი გახდეს უფრო ტუტე რეაქციის მატარებელი, ე.ი. ამ მიმართულებით, კირთან შედარებით, ბინებრივი ცეოლითი – ლომონტიტი და ნტკილი ნაკლებინტენსიური არიან.

3. ძველის კლინობტილოლიტის მანიტრალელები თვისებები, ქიმიურად სუფთა კირთან შედარებით, ერთი და იგივე რაოდენობით გამოყენების დროს 6-ჯერ ნაკლებია, ლომონტიტისა – 3-ჯერ და ნტკილისა 2-ჯერ, მაგრამ მათ, კირთან შედარებით, ნიადაგის ეკოლოგიური წონასწორობის აღდგენისა და ნაყოფიერების ამაღლების საქმეში სრულიად განსხვავებული ფუნქცია აკისრიათ.

4. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის გამოყენება ეწერი, მუავე ნიადაგების ნაყოფიერების ასამაღლებლად და ამ ნიადაგების მოკირიანება, თავისი ბუნებით წარმოადგენენ განსხვავებულ აგროტექნიკურ ღონისძიებებს. მათ შორის განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ ბუნებრივ ცეოლითებს და ნტკილს აქვთ უნარი გაზარდონ ნიადაგის შთანთქმითი ტევადობა. მათ მოქმედებაში საერთო კი ის არის, რომ მათ შეუძლიათ ნიადაგის მუავიანობის შემცირება და სრული დოზების შეტანის შემთხვევაში ნიადაგის ხსნარის რეაქცია (pH) შეუძლიათ აიყვანონ თითქმის ნეიტრალურ რეაქციამდე.

5. ბუნებრივი ცეოლითები და ნტკილი მეტ-ნაკლები ზომით, წარმოადგენენ კალციუმის და კალიუმის წყაროს, რომელთა მნიშვნელობა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლების ზრდაში საყოველთაოდ აღიარებულია.

თავი V. მიწის კულტურების სიმინდისა და სოიას სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა, ბიოლოგია, აბროტექნიკა, ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის და ნტკილის გამოყენებით მათგან ეკოლოგიურად ჯანსაღი და მაღალი მოსავლის მიღების შესაძლებლობა

V.1. სიმინდის სამეურნეო მნიშვნელობა, გამოყენების არეალი, ბიოლოგია და აბროტექნიკა

სიმინდი ერთ-ერთი მრავალმხრივი გამოყენების, მაღალმოსავლიანი კულტურაა. მისი მარცვალი გამოირჩევა მაღალი კვებითი ღირებულებით: „1კგ მარცვალი შეიცავს 1,3 საკვებ ერთეულს, მაშინ როცა ქერის 1კგ მარცვალი შეიცავს – 1,2; შერიისა კი – 1,0 საკვებ ერთეულს. მასში 65-70% უაზოტო ექსტრაქტული ნივთიერებაა, 9-12% – ცილები და 4-5% ცხიმებია და ძალიან ცოტაა უჯრედანა“ [62, 111]. ამ კულტურის ასეთი მაღალი ენერგეტიკული თვისებების მატარებელი მარცვალი გამოსადეგია ყოველგვარი სახეობის ფრინველისა და ცხოველის, უფრო მეტიც – ადამიანის საკვებადაც. კომბინირებული საკვების სტრუქტურაში სიმინდის შემცველობა უნდა შეადგენდეს არანაკლებ 40%-ს.

სიმინდის მთელი ბიომასა, ტაროს რძისებრ-ცივლისებრ სიმწიფეში ფართოდ გამოიყენება, მეცხოველეობისათვის წვნიანი საკვების – სილოსის დასამზადებლად. „1კგ ასეთი სილოსი შეიცავს 0,25-0,32 საკვებ ერთეულს და 14-18 გრამ მონელებად პროტეინს“ [112].

სიმინდს, როგორც მაღალი ენერგეტიკული თვისებების მატარებელ კულტურას, ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს ადამიანის კვების საქმეში. მისი მარცვლისგან ამზადებენ: ფქვილს, ღერღილს, ზეთს, კონსერვებს, სახამებელს, სიროფს, სპირტს, შაქარს, ლუდს და სხვა პროდუქტებს.

გადამამუშავებელი მრეწველობა იყენებს არამარტო მარცვალს, არამედ ნაქუჩს, ღეროს, ფუჩხეს, რომელთაგან ამზადებენ თხევად ფისს, ბუთილის სპირტს, საიზოლაციო საფენებს, ლინოლიუმს, საღებავებს, წებოს, მედიკამენტებს და სხვას. პრაქტიკულად სიმინდის მთელი მცენარე უნარჩუნოდ მუშავდება. „ფაო“-ს მონაცემებით, სიმინდისგან მსოფლიოში მზადდება 500-ზე მეტი სახეობის ძირითადი და თანმდევი პროდუქცია. [115]

დიდია სიმინდის აგროტექნიკური მნიშვნელობა. სიმინდის ინტენსიური ტექნოლოგიით მოყვანის შემდეგ ნაკვეთი რჩება ზედმიწევნით სუფთა სარეველა მცენარეებისგან. მისი მოყვანით მნიშვნელოვნად უმჯობესდება ნიადაგის

ფიზიკური თვისებები. მარცვლად აღების დროს, სიმინდი კარგი წინამორბედია საგაზაფხულო კულტურებისათვის, ხოლო სილოსად ან მწვანე საკვებად გამოყენების დროს – საშემოდგომო კულტურებისათვის. [20]

სიმინდს, აღწერილი თვისებების გამო, მსოფლიოში მარცვლეულის ნათეს ფართობებს შორის მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია. მსოფლიოში სიმინდის ნათესი ფართობი მერყეობს 130-150 მილიონ ჰექტარს შორის, ხოლო მარცვლის საერთო მოსავალი შეადგენს 338-481 მილიონ ტონას [171]. ყველაზე მაღალი საშუალო მოსავალი მიღებულია იტალიაში [193, 203, 210] და აშშ [220] – 7,0 საფრანგეთში და უნგრეთში – 6, იუგოსლავიაში – 5 ტ/ჰაზე [198].

ჩვენს ქვეყანაში სამარცვლე სიმინდის ნათესების მეტი წილი განთავსებულია დასავლეთ საქართველოში, სადაც მას იყენებენ საკვებ პროდუქტად, ხორბლის პურის თანაბრად, ჭადისა და ღომის სახით. აღმოსავლეთ საქართველოში კი ძირითადად იყენებენ საფურაუდ. სტატისტიკური მონაცემებით, საქართველოში სულ ნათესი ფართობი შეადგენს 740,0 ათას ჰექტარს, მ.შ. ყველა სახის მარცვლეულს უკავია 267,0 ათასი ჰექტარი, აქედან სიმინდის ნათესებით დაკავებულია 182,0 ათასი ჰექტარი, სამარცვლედ კი – 108,0 ათასი ჰექტარი. ამგვარად: საქართველოში მარცვლეული კულტურების მთელი ნათესი ფართობის (267,0 ათასი ჰა) 67,4% უკავია სიმინდის ნათესებს. ჩვენში „სიმინდის მარცვლის საშუალო საჰექტარო მოსავლიანობა დაბალია და არ აღემატება 15-20 ც/ჰაზე“ [1], რაც მიუთითებს აგროტექნიკის დაბალ დონეზე, მისი მოვლა-მოყვანის დაბალ კულტურაზე. [39]

სიმინდის მოყვანის ზონების საკმაოდ რთული აგროკლიმატური პირობების მიუხედავად, ჩვენს ქვეყანაში, აგროტექნიკის მაღალი დონის პირობებში შესაძლებელია სიმინდის მარცვლის მაღალი და სტაბილური მოსავლის (80-100 ც/ჰაზე) მიღება, რასაც ადასტურებს ჩვენს ექსპერიმენტში მიღწეული მოსავლიანობის საერთო დონე. [69]

სიმინდის მარცვლის წარმოების ზრდა, სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანაა. ამ ამოცანის წარმატებით შესრულება შეიძლება ახალი აგროტექნიკური ხერხებისა და მეთოდების დანერგვით, სიმინდის მოვლა-მოყვანის კულტურის სათანადო დონეზე ამაღლებით.

სიმინდის ბიოლოგია – სიმინდი ერთწლიანი, ერთსახლიანი, გაყოფილსქესიანი, ჯვარედინდამამტვერიანებული მცენარეა. ის მიეკუთვნება თივაქასრასებრთა (МЯТЛИКОВЫХ) [17] ოჯახს. ღერო სწორმდგომი. სხვადასხვა ჯიშებისა და ჰიბრიდების მიხედვით, კლიმატურ პირობებზე, ნიადაგის

ნაყოფიერებასა და აგროტექნიკაზე დამოკიდებულებით, სიმაღლე მერყეობს 0,5-დან 6-7 მეტრამდე. ფოთლების რიცხვი – ადრეულობაზე დამოკიდებულებით, შეიძლება იყოს 10-დან 20-მდე. ფოთლების რიცხვი საკმაოდ მდგრადი ჯიშური ნიშანთვისებაა და ნაკლებად იცვლება მოყვანის აგროხერხების გამოყენებით, მაგრამ ოპტიმალურ პირობებში მაინც შეიძლება განიცადოს მცირე გადახრები აღნიშნული ნორმიდან.

ფესვთა სისტემა ფუნჯაა, ძლიერ დატოტვილი, ძირითადი მასა განლაგებულია 30-60სმ სიღრმეზე. სიმინდი, მიწისქვეშა ფესვთა სისტემის გარდა, ინვითარებს, განსაკუთრებით სავეგეტაციო პერიოდის მეორე ნახევარში, საჰაერო ფესვებს, რომლებსაც ძირითადად მექანიკური (საყრდენი) ფუნქცია გააჩნიათ, თუმცა ნიადაგიდან საკვები ხსნარის შეწოვაში ისინიც მონაწილეობენ. მეცნიერული გამოკვლევებით დადგენილია „პირდაპირი კორელაცია ფესვთა სისტემის განვითარებასა და ფოტოსინთეზის პროდუქტიულობას, აგრეთვე წარმოქმნილი ფოთლების რაოდენობას შორის“ [171].

მამრობითი ყვავილედ (საგველა) ამოდის ღეროს წვეროზე და წარმოქმნის 20-30 მილიონ მტვრის მარცვალს, ხოლო დედრობითი ყვავილედ (ტარო) წარმოიქმნება ფოთლის ილიაში. „ტაროზე ფორმირდება, ჩვეულებრივ, მარცვლის წყვილი მწკრივები (8-დან 16-მდე, მეტწილად 12-14). ზოგიერთ ჰიბრიდებს ტაროზე აქვთ 30 მწკრივი და 500-დან 1200-მდე თესლკვირტი. 1000,0 მარცვლის წონა წვრილთესლიან ჰიბრიდებში 100-150 გრამია, მსხვილთესლიანებში კი – 300-400 გრამი. სიმინდის მიწისზედა მშრალ მასაში მარცვლის წილი 40-45%-ია, ხოლო ღეროს, ფოთლების, საგველას, ნაქუჩის და ტაროს ფუნჯის წილი 55-60%. სიმინდის ფუნჯის გენოტიპზე და მოყვანის პირობებზე დამოკიდებულებით ტაროს საერთო წონაში ნაქუჩის წილად მოდის 12-18%“ [171].

სიმინდის მარცვლის ფერი შეიძლება იყოს: თეთრი, ყვითელი, ნარინჯისფერი, წითელი. ეს არის ჯიშობრივი ნიშანი.

სიმინდი საკმაოდ მომთხოვნი კულტურაა მოყვანის პირობების მიმართ, მაგრამ ის ფლობს მნიშვნელოვან ეკოლოგიურ თავისებურებას – მაქსიმალურად პროდუქტიულად გამოიყენოს ნიადაგურ-კლიმატური ფაქტორები და ჯიშების სწორად შერჩევის შემთხვევაში, მაღალ აგროტექნიკურ ფონზე, უზრუნველყოს მაღალი მოსავალი. [172]

სიმინდის ჯიში „ჯამეთის თეთრის“ მოკლე დახასიათება – საქართველოში სიმინდის ჯიშობრივი შემადგენლობა ძალზე მრავალფეროვანია,

რომელიც ჩამოყალიბდა სიმინდის მოყვანის სამსაუკუნოვანი ისტორიის მანძილზე.

საქართველოში სიმინდის ჯიშობრივი შემადგენლობისათვის დამახასიათებელია ორიგინალური ფორმების მრავალფეროვნება, რომლებიც შექმნილია ერთდროულად ადგილობრივი კლიმატური პირობებისა და ადამიანის სამეურნეო ზემოქმედების შედეგად [82].

დასავლეთ საქართველოში უპირატესად ითესება თეთრმარცვლიანი სიმინდის ჯიშები, რომლებიც ერთდროულად გამოიყენება როგორც სასურსათედ, ისე საფურაჟე მიზნებისათვის.

ნახევრადკბილა სიმინდის ჯიშებს უკავია მთელი დასავლეთ საქართველოს დაბალი ზონა, მთის წინებამდე, ზღვის დონიდან 400-500 მ სიმაღლემდე. ამ ზონაში სიმინდის მოყვანას მონოკულტურის ხასიათი აქვს. აქ ნახევარკბილა თეთრი სიმინდის ჯიშებიდან გავრცელებულია: აჯამეთის თეთრი, აბაშის თეთრი, გურული თეთრი, გალის თეთრი დ სხვა. ჩვენს ცდებში გამოყენებულია ნახევრადკბილა თეთრი სიმინდის ჯიში „აჯამეთის თეთრი, რომელიც არის ძალზე გამოთანაბრებული ჯიში. ის გამოყვანილია გარკვეულ ეკოლოგიურ ზონაში, მრავალწლიანი ხალხური სელექციის გზით. „აჯამეთის თეთრი“ ხასიათდება გვიანმწიფობით. მისი სავეგეტაციო პერიოდი შეადგენს 135-150 დღეს. აქვს ძლიერმოზარდი მაღალი ღერო, 17-23 მიწისზედა მუხლებით, ამდენივე ფოთლით. ტაროს სიგრძე 18-20 სმ-ია. მარცვალი ფართოა. ხშირად მარცვლის სიგანე უფრო მეტია, ვინემ სიგრძე. აქვს მაღალი აბსოლუტური წონა. 1000 მარცვლის წონა უდრის 350-500 გრამს. როგორც წესი, მარცვალი არის გლუვზედაპირიანი ჩანასახთან მცირე ჩაღრმავებით. ნაქუჩი, როგორც წესი, თეთრია. არის მაღალმოსავლიანი და ფქვილ-ღერდილს აქვს მაღალი კვებითი ღირსებები [82]. მისი მარცვლის პოტენციური მოსავლიანობა შეიძლება 140 ცენტნერს შეადგენდეს ჰექტარზე.

მოთხოვნილება ტენის მიმართ – სიმინდი ეკონომიურად ხარჯავს ნიადაგის ტენს. „1 კგ მშრალი ნივთიერების შესაქმნელად ის იყენებს 250-400 კგ წყალს“ [171], მაგრამ ეს არ ნიშნავს იმას, რომ წყალზე საერთო მოთხოვნილება მცირეა. აქვს მას რა, გრძელი სავეგეტაციო პერიოდი (150 დღე), ის ინტენსიურად ქმნის მძლავრ ფოთოლ-ღეროვან მასას, რისთვისაც ხარჯავს მნიშვნელოვანი რაოდენობის წყალს. „ინტენსიური ზრდის პერიოდში, მოზრდილი მცენარე დღე-ღამეში აორთქლებს 2-4 ლ წყალს, ჰაზე 25000 ცალი სიხშირით დგომის დროს 70-140 ტონას [171], რაც შეადგენს სავეგეტაციო პერიოდის მანძილზე 10500-21000

ტონას. ეს არის წყლის უზარმაზარი მასა, რომელსაც იყენებს სიმინდის 1 ჰექტარი ნათესი სავეგეტაციო პერიოდის (150 დღის) მანძილზე. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ დასავლეთ საქართველოს ტენიან სუბტროპიკულ ზონაში სიმინდის ნათესს წყლის ნაკლებობა არ ემუქრება. აქ იშვიათია წლები, გვიან გაზაფხულის გვალვებს რომ ქონდეს ადგილი, მაგრამ ნიადაგში ყოველთვის არის იმდენი ტენი, რომ სიმინდის ნათესი ტენის ნაკლებობას არასდროს არ განიცდის, მით უმეტეს მაშინ, როცა ამ ზონაში გვალვიან პერიოდშიც კი, ჰაერის შეფარდებითი ტენიანობა ყოველთვის 60-80%-ის ფარგლებშია.

მოთხოვნილება სითბოსა და განათების მიმართ – სიმინდი სითბოს მოყვარული მცენარეა. სითბოზე მოთხოვნილება განისაზღვრება ტემპერატურის ქვედა ზღვართ, როცა იწყება ზრდის პროცესები. განზოგადოებული მონაცემებით სიმინდის ზრდის პროცესები იწყება 8-10°C-ზე. ოპტიმალურ ტემპერატურად სიმინდის ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის უნდა მივიჩნიოთ 22±7°C. 30°C-ზე და ზევით, ჰაერის დაბალი (30%) შეფარდებითი ტენიანობის დროს, ირღვევა სიმინდის ყვავილობისა და განაყოფიერების (ტაროს წარმოქმნის) პროცესები, შრება მტკრიანაზე მტვერი, ტაროს უღვაშის ძაფები ხმება, შედეგად დედრობითი ყვავილელი სრულად არ ნაყოფიერდება, რაც იწვევს ცრუ (ქაჩალი) ტაროს წარმოქმნას.

სიმინდი მგრძნობიარეა წაყინვების მიმართაც. როცა ტემპერატურა -2-3°C-მდე ეცემა, ზიანდება აღმონაცენი, მაგრამ მას აქვს უნარი, საჭირო ტემპერატურის დადგომის შემთხვევაში, ერთ კვირაში აღადგინოს დანაკლისი, მაგრამ სუბტროპიკულ ზონაში ასეთი მომენტები, სიმინდის თესვისა და აღმოცენების პერიოდში (მაისის პირველი დეკადა) საერთოდ არ აღინიშნება. ამდენად, სიმინდის მოთხოვნილება სითბოს მიმართ, დასავლეთ საქართველოს სუბტროპიკულ ზონაში, ოპტიუმის ფარგლებშია და, ამ მხრივ, სიმინდის ნათესებს რაიმე საფრთხე არ ემუქრება.

სიმინდი განათების მოყვარული მცენარეა. ის მოითხოვს არა ძალიან ხანგრძლივ დღეს, მაგრამ ინტენსიურ განათებას. სიმინდისათვის განათებული დღის ოპტიმალურ ხანგრძლივობად მიჩნეულია 12-14 საათი. სუბტროპიკულ ზონაში განათებული დღის ასეთი ხანგრძლივობა ყალიბდება ბუნებრივად, რომელიც შეფარდებულია ამ ზონაში არსებულ ღრუბლიანობასთან. ასე, მაგალითად: ზაფხულის პერიოდში (ივნისი, ივლისი, აგვისტო) დღის ხანგრძლივობა შეადგენს 16 საათს, მაგრამ ინტენსიურად განათებული დღის ხანგრძლივობა 13-14 საათია, რაც სიმინდისათვის ოპტიმალურ სიდიდეს

წარმოადგენს. სიმინდის მოსავალი მკვეთრად მცირდება მისი დაჩრდილვის პირობებში, ამის გამო საჭიროა დაცული იქნეს ჰექტარზე სიმინდის, აღნიშნული ჯიშის ოპტიმალური დგომის სიხშირე (35000 ცალი), მეტი სიხშირის შემთხვევაში ადგილი ექნება ურთიერთ დაჩრდილვას და მოსავალი მკვეთრად კლებულობს. სიმინდის სავეგეტაციო პერიოდის პირველ ნახევარში საჭიროა სარეველების წინააღმდეგ ინტენსიური ბრძოლა ნათესის დაჩრდილვის და სარეველებისგან სხვა არასასურველი მოვლენების თავიდან ასაცილებლად. ნაკლებ ეფექტურია სიმინდის სამარცვლედ თესვა ხეხილის და თხილის მოზრდილ ბაღებში შემამჭიდროებელი კულტურის სახით, ნათესის დაჩრდილვის გამო. ბაღებში თესვა მიზანშეწონილია სიმინდის სილოსად ან მწვანე საკვებად გამოყენების მიზნით და სხვა.

მოთხოვნილება ნიადაგის მიმართ – სიმინდი იზრდება მრავალგვარი ტიპის ნიადაგებზე, მაგრამ მაქსიმალურ მოსავალს იძლევა, ღრმა სახნავი ფენის მქონე, მსუბუქ თიხნარებზე და ქვიშნარ ნიადაგებზე, რომელთაც აქვთ როგორც კარგი წყალგამტარობა, ისე ტენთშეკავების მაღალი უნარი. დაჭაობებული მძიმე თიხა მიწები სიმინდის მოსაყვანად ნაკლებ გამოსადეგნი არიან. „ამ კულტურისათვის ნიადაგის ოპტიმალური სიმკვრივე, მეტი წილი ნიადაგებისათვის უნდა იყოს 1,1-1,3 გ/სმ³“ [62]. სიმინდი კარგად იზრდება და ვითარდება მსუბუქ ნიადაგებზე, მხოლოდ მინერალური და ორგანული სასუქებით კარგად განოყიერების პირობებში. ეს აიხსნება იმით, რომ ასეთი ნიადაგები გაზაფხულზე ადრე შრება და თბება, ვინემ მძიმე მექანიკური შედგენილობის მქონე თიხა ნიადაგები. ეს უკანასკნელნი მოითხოვენ სერიოზულ მელიორაციულ ჩარევას, მათი მექანიკური შედგენილობის, შედარებით მსუბუქ კატეგორიაში გადასაყვანად. ჩვენი მცდელობა სწორედ ამ მიზნისაკენაა მიმართული, რასაც ვაღწევთ ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის და ნტკილის გამოყენებით.

მოთხოვნილება საკვებ ელემენტებზე – სიმინდი ინვითარებს მძლავრ და ძლიერ დატოტვილ ფესვთა სისტემას, რომლის წყალობითაც მას შეუძლია ნიადაგის დიდი მოცულობიდან შთანთქოს დიდი რაოდენობით საკვები ელემენტები, განსაკუთრებით კი აზოტი. სიმინდის დიდი მოთხოვნილება საკვებ ელემენტებზე განპირობებულია იმით, რომ იგი შთანთქავს ამ ნივთიერებათა ძირითად რაოდენობას შედარებით მოკლე დროში, ვეგეტატიური ორგანოების ინტენსიური ზრდის პერიოდში, ამიტომ სიმინდი მიეკუთვნება კვების რეჟიმის მიმართ მომთხოვნ მცენარეთა ჯგუფს. [83]

ექსპერიმენტული მონაცემების განზოგადოებით დადგინდა, რომ სიმინდის 50-70 ცენტნერი მარცვლის ან 500-600 ცენტნერი მწვანე მასის მოსავალს 1 ჰა-დან გამოაქვს აზოტი – 150-180 კგ, ფოსფორი – 50-60 კგ და კალიუმი 150-200 კგ. ამდენად, „სიმინდის მარცვლის 1 ცენტნერ მოსავალს საშუალოდ გამოაქვს: 2,46 კგ აზოტი, 0,99 კგ ფოსფორი და 2,55 კგ კალიუმი, ხოლო 1 ტონა მწვანე მასას შესაბამისად 2,53; 0,83 და 3,14 კგ [1]. სიცოცხლის პირველ პერიოდში სიმინდი იზრდება ნელა და საკვებ ნივთიერებებს ითვისებს შედარებით მცირე რაოდენობით, ხოლო ყველაზე მეტი რაოდენობით გამოაქვს საკვებად ამოღებიდან ტაროს რძისებრ სიმწიფემდე. ამ მომენტისათვის მცენარე ითვისებს საკვები ელემენტების დაახლოებით 90%-ს და აგროვებს 80% მშრალ ნივთიერებას [1].

საკვებ ელემენტებზე სიმინდის მოთხოვნილებიდან გამომდინარე, რეკომენდებულია 1 ჰექტარზე 20-25 ტონა ნაკელის ან $N_{120}P_{120}K_{120}$ კგ/ჰაზე, ხოლო სიმინდისა და სოიას შერეულ ნათესში $N_{60}P_{60}K_{60}$ კგ/ჰაზე. მინერალური სასუქების შეტანა, მაგრამ აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ როგორც ნაკელის, ისე მინერალური სასუქების ეფექტიანობა უფრო მეტია მათი ერთობლივი გამოყენების შემთხვევაში, ვიდრე ცალ-ცალკე შეტანისას. [128]

დამოკიდებულება ნიადაგის pH-ის მიმართ: სიმინდი კარგად იზრდება და ვითარდება სუსტ მჟავე, ნეიტრალურ და სუსტ ტუტე ნიადაგებზე. ნიადაგის არეს რეაქციის ოპტიმალური სიდიდე სიმინდისათვის უნდა იყოს $=6,5-7,5$; მაგრამ სიმინდის ნიადაგის რეაქციის მიმართ შემგუებლობა უფრო დიდ საზღვრებში თავსდება 4-8 ერთეულის ფარგლებში [171]. „თუ ნიადაგის pH ამ ნორმებს სცილდება, მაშინ მისი განვითარება სუსტია და მცირე მოსავალს იძლევა“ [1], ამიტომ ისეთი მჟავე ნიადაგები, როგორცაა საშუალო და ძლიერი ეწერები, საჭიროებენ პერიოდულად მოკირიანებას. ეს ღონისძიება ანეიტრალებს ჭარბ მჟავიანობას, ხელს უწყობს ნიადაგში საკვები ნივთიერებების მობილიზაციას, ძნელად ხსნადიდან ადვილად ხსნად ფორმებში გადაყვანას, განსაკუთრებით ეს ეხება ფოსფორის შენაერთებს, აცხოველებს მიკრობიოლოგიურ პროცესებს, კერძოდ: თავისუფალი, მოლეკულური აზოტის ფიქსაციას აზოტობაქტერიის მეშვეობით, ხელს უწყობს ნიადაგის სტრუქტურის გაუმჯობესებას, რის გამოც მოკირიანებული ნიადაგების დამუშავება უფრო ადვილია. ყოველივე ამის გამო, სიმინდის მოსავლიანობა მოკირიანებულ მჟავე ნიადაგებზე მნიშვნელოვნად იზრდება. მჟავე გაეწრებული

ნიადაგები მხოლოდ დასავლეთ საქართველოშია, ამის გამო მოკირიანებას მხოლოდ ამ რეგიონში მიმართავენ.

ნიადაგის მოსაკირიანებლად იყენებენ კირის შემცველ სხვადასხვა მასალას: დამწვარი და ჩამქრალი კირი, დაფქვილი კირქვა, ნტკილი, დეფეკაციური ტალახი და სხვა [182]. ამგვარ მასალებს შეემატება ბუნებრივი ცეოლითები, როგორცაა კლინოპტილოლიტი, ფილიფსიტი, ლომონტიტი, გეილანდიტი და სხვა. მათ სხვადასხვა ხარისხით გააჩნიათ მოკირიანების ზემოთ აღწერილი ეფექტი. ამ მხრივ კარგადაა შესწავლილი კლინოპტილოლიტი [119]. ამჟამად მიმდინარეობს სხვა ბუნებრივი ცეოლითების თვისებების შესწავლა ამ მიმართულებით. ჩვენი ს/კ მუშაობის მიზანი სწორედ ის იყო, რომ შეგვესწავლა ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის და ნტკილის ნიადაგის გამაუმჯობესებელი თვისებები სუფთა კირთან და კლინოპტილოლიტთან შედარებით სამეგრელოს რეგიონის გაეწრებული, მუავე რეაქციის ნიადაგების მიმართ, რამაც საკმაოდ მნიშვნელოვანი შედეგები მოგვცა, რაც კარგად ჩანს ამ ნაშრომის მეოთხე და მეხუთე თავებში მოტანილი მასალებიდან.

V.2. სოიას სამეურნეო მნიშვნელობა, გამოყენების არეალი, ბიოლოგია და აბროტექნიკა

სოიას, როგორც მაღალცილოვან (37-40%) და ზეთოვან კულტურას, სახალხო მეურნეობაში მრავალმხრივი გამოყენება აქვს. მას იყენებენ სასურსათოდ, ცხოველთა საკვებად და ნედლეულად მრეწველობაში, ხმარობენ ფარმაკოლოგიურ წარმოებაში სხვადასხვა სამკურნალო პრეპარატების დასამზადებლად, აგრეთვე სასიდერაციოდ; მის ფესვებზე დასახლებული კოჟრის ბაქტერიების საშუალებით მცენარე ითვისებს ბიოლოგიურ აზოტს, რითაც ხელს უწყობს ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებას. „კოჟრის ბაქტერიებს წელიწადში 1 ჰაზე შეუძლია 150-320 კგ ჰაერის თავისუფალი აზოტის ფიქსაცია“ [3].

კვების მრეწველობაში სოიას ფართოდ იყენებენ ზეთის, ფქვილის, რძის, შროტის, მწვანე პარკისა და მარცვლის სახით. საფუნთუშე, საკონდიტრო მრეწველობაში სოიას იყენებენ ფქვილის სახით, რომელიც კალორიულობით სჭარბობს ყველა სხვა კულტურის ფქვილს (100 გრ სოიას ფქვილი შეიცავს 450 კალორიას). აშშ ცილოვან კონცენტრატებზე მოთხოვნილება ნახევარზე მეტად სოიას ფქვილით კმაყოფილდება.

სოია ფართოდ გამოიყენება ყავის, შოკოლადის და კამფეტების დასამზადებლად, სოიასგან რძის მიღების შესახებ ცნობები მოიპოვება ჩვენს წელთაღრიცხვამდე. [88]

სოიას ზეთს იყენებენ საპნისა და ლაქის წარმოებაში. მისგან ამზადებენ გლიცერინს, ასაფეთქებელ ნივთიერებებს, სანთლებს, წყალგაუმტარ ქსოვილს, სასტამბო, ტიპოგრაფიულ და სამხატვრო საღებავებს, რეზინეულს, ცვილს, საცხებ ზეთს, ლინოლიუმს, წებოს, ვიტამინებს და სხვას.

სოიას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მეცხოველეობის საკვების ბაზის განმტკიცების საქმეში. სოია საქონლის საკვებად გამოიყენება მარცვლის კონცენტრატის, შროტის, კოპტონის, რძის, მწვანე მასის, სილოსის, თივის, ფქვილის, უხეში საკვების სახით და სხვა.

სოიასგან ამზადებენ სხვადასხვა სამკურნალო პრეპარატებს. სოიას პროდუქტების ხმარება დადებით შედეგს იძლევა დიაბეტის, პადაგრის, თირკმელების, კუჭნაწლავისა და სხვა დაავადებების შემთხვევაში, ქრონიკული ხველების და პერიტონიტული გართულებების დროს [3]. ის აუმჯობესებს ადამიანის ორგანიზმის ცხოველმყოფელობას და შრომისუნარიანობას.

დიდია სოიას აგროტექნიკური მნიშვნელობა, მისგან ნაკვეთის განთავისუფლების შემდეგ, ნიადაგი უფრო ფხვიერი და სტრუქტურული რჩება. ის ამდიდრებს ნიადაგს ბიოლოგიური აზოტით და სხვა. ამდენად, ძალიან დიდია მისი სამკურნეო მნიშვნელობა და გამოყენების არეალი.

სოიას წარმოების მასშტაბები – მსოფლიოში სამარცვლე პარკოსან კულტურებს 100 მილიონი ჰექტარი ფართობი უჭირავს, ანუ დაახლოებით მარცვლეულის მთელი ნათესის 13,0%. სამარცვლე პარკოსან კულტურებს შორის სოია პირველ ადგილზეა. სოია მოყავთ მსოფლიოს ყველა კონტინენტის 50-ზე მეტ ქვეყანაში. მსოფლიოში ის დაახლოებით ითესება 49,0 მილიონ ჰექტარზე და მარცვლის წარმოება 77 მილიონ ტონას აღწევს. სოიას მარცვლის საშუალო მოსავლიანობით გამოირჩევიან კანადა, აშშ, არგენტინა და ბრაზილია. ამ ქვეყნებში მარცვლის საშუალო მოსავლიანობა 19,9-20,0 ცენტნერია. ყოფილ საბჭოთა კავშირს სოიას მარცვლის მსოფლიო წარმოებაში მეოთხე ადგილი ეკავა [105]. საქართველოში სოია 1981 წელს დათესილი იყო 16 ათას ჰექტარზე და მისი მოსავლიანობა 10,0 ცენტნერს შეადგენდა [3]. სამწუხაროდ, დღევანდელ საქართველოში, სტატისტიკური აღრიცხვის მოუწესრიგებლობის გამო, ცნობილი არ არის სოიას ნათესი ფართობისა და მოსავლიანობის რაოდენობა, რაც ამ კულტურის მიმართ „დაუმსახურებელი“ უყურადღებობის ბრალია.

სოიას ბოტანიკური და ბიოლოგიური თავისებურებანი – სოია ერთ-წლოვანი, მოკლე დღის, სითბოსა და ტენის მოყვარული მცენარეა. სოია მოკლე დღის მცენარეთა შორის ყველაზე მგრძობიარეა დღის ხანგრძლივობის მიმართ. სოიას უმრავლესი ჯიშებისათვის დღის ოპტიმალური ხანგრძლივობა 13-15 საათია. ნათელი დღის გახანგრძლივებით სოიას ვეგეტატიური ნაწილები იზრდება, ყვავილობა ნელი ტემპით მიმდინარეობს, სავეგეტაციო პერიოდი ხანგრძლივდება და პროდუქტიულობა მცირდება [105].

სოია სითბოსმოყვარული მცენარეა. საქართველოს პირობებში, პროფ. ლ. დეკაპრელევიჩის მონაცემებით, სოიას საადრეო ჯიშები მწიფდება 2400, ხოლო საგვიანო ჯიშები 3000-3500 გრადუსი აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის დროს [3].

ტენისადმი სოიას მოთხოვნილებას განსაზღვრავს მისი ტრანსპირაციის კოეფიციენტი (1 გრ მშრალი ნივთიერების შესაქმნელად საჭირო წყალი გრამობით), რაც 600-1000 გრამის ფარგლებში მერყეობს [3]. მაშასადამე, სოიას ტენის გამოყენების მაღალი კოეფიციენტი აქვს, ამიტომ მისი პროდუქტიულობის განმსაზღვრელი ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორია ტენის ოპტიმალური რეჟიმით უზრუნველყოფა.

სოია წარმატებით შეიძლება მოვიყვანოთ ყველა ტიპის ნიადაგზე. მისთვის მიუღებელია ბიცობი, დამლაშებული ნიადაგები და ნიადაგები, რომელთა pH ნაკლებია 5-ზე [105]. მისთვის კრიტიკულს წარმოადგენს ნიადაგის pH-4-5 ერთეულის ფარგლებში. სოიას მაღალი მოსავლის მისაღებად უფრო შესაფერისია გაკულტურებული, ჰუმუსით და კირით მდიდარი, კარგად გაპატივებული, ფხვიერი ნიადაგები.

სოიას ჯიში „კოლხური 4“ – ხალხური სელექციით გაუმჯობესებული ჯიშია. დარაიონებულია დასავლეთ საქართველოს შავი ზღვის სანაპირო ჭარბტენიან სუბტროპიკულ ზონაში, ზღვის დონიდან 200 მ სიმაღლემდე. სოიას გურულები „იაპონიას“ უწოდებენ, რადგან XIX ს. 90-იან წლებში მისი თესლი იაპონიიდან იქნა შემოტანილი. აღნიშნული კულტურა (იაპონიაში) ზღვის სანაპირო ზონის პირობებს იყო შეგუებული და კარგად იქნა აკლიმატიზირებული ჭარბტენიან სუბტროპიკებში.

სოიას ჯიში „კოლხური 4“ მიეკუთვნება კორეული ქვესახეობის მსხვილფოთლოვანთა სახესხვაობას. ბუჩქი სწორმდგომია, მსხვილდეროიანი, წვერში წაკვეთილი დაბოლოებით და ხშირი თეთრი შებუსვით; ფოთოლი რომბისმაგვარია, ფართო და მსხვილი, ყვავილი მსხვილია, ფართო და იისფერი; პარკები ყავის ან მუქი ყავისფერია. მარცვალი მომრგვალოა, ყვითელი, ოდნავ

მომწვანო ანარეკლით. მარცვალი მსხვილია, მაღალი სასაქონლო ღირსების, 1000 მარცვლის წონა 220-300 გრამია, მარცვლის კანი თხელია. ჯიში საგვიანოა. მისი სავეგეტაციო პერიოდი 150-170 დღეა, ტენის მოყვარულია, მაღალმოსავლიანია; წმინდა ნათესში ჰექტარზე საშუალოდ 20 ცენტნერ მარცვალს იძლევა, ხოლო ხელსაყრელ ნიადაგობრივ კლიმატურ პირობებში უფრო მეტს. პარკები მომწიფებისას სკდება და მარცვალი ცვივა, ამის გამო მოსავლის აღების მომენტი მეტად საპასუხისმგებლოა. მარცვალში ცხიმის შემცველობა საშუალოდ 19,1%-ია, ხოლო ცილებისა 40%-მდე [219]. ჯიში შეგუებულია ჭარბტენიან პირობებს და მისი მოყვანა სამეგრელოს რეგიონში და საერთოდ დასავლეთ საქართველოს შავი ზღვისპირეთის ჭარბტენიან ზოლში წარმატებით შეიძლება. აქედან გამომდინარე, ჩვენს ექსპერიმენტში საცდელ ობიექტად სწორედ ეს ჯიში გვქონდა აღებული.

V.3. სიმინდისა და სოიას შერეული ნათესის აბროტექნიკა – აღმოსავლეთ საქართველოსთან შედარებით, დასავლეთ საქართველოში სიმინდისა და სოიას მოყვანის აბროტექნიკა რამდენადმე განსხვავებულია. ეს გამოწვეულია იმ ნიადაგობრივ-კლიმატური პირობების სხვაობით, რომელიც გააჩნია ჩვენი ქვეყნის ამ ორ რეგიონს.

ნიადაგის ძირითადი დამუშავება – ნიადაგის დამუშავების ამა თუ იმ ხერხის შერჩევა და განხორციელება დამოკიდებულია ზონის ნიადაგობრივ-კლიმატურ პირობებზე და აღნიშნული პირობების შესაბამისი, ამ ზონაში დანერგილი, მიწათმოქმედების სისტემაზე [9]. დასავლეთ საქართველოს ტენიან სუბტროპიკებში ნიადაგის მზრალად დამუშავება მიღებული არ არის. ამის ძირითადი მიზეზი მდგომარეობს იმაში, რომ შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში მოსული ნალექების (წვიმის) დიდი ინტენსივობა მზრალად მოხსნულ ნიადაგს ტკეპნის და გაზაფხულზე ასეთი ნიადაგი ისევ მოსახნავი ხდება. ესეც რომ არ იყოს, შემოდგომა-ზამთარში ძალზე ხშირია წვიმიანი ამინდები და ნიადაგის შემოდგომა-ზამთარში ხენა, მზრალის სახით, პრაქტიკულად შეუძლებელია [12]. ამ მოტივაციიდან გამომდინარე, დასავლეთ საქართველოს ტენიან სუბტროპიკებში ნიადაგის ძირითადი დამუშავება ტარდება ადრე გაზაფხულზე, თებერვალ-მარტში.

ტენიან სუბტროპიკებში, ადრე გაზაფხულზე ნიადაგის ძირითადი დამუშავება ითვალისწინებს, პირველ რიგში, შემოდგომა-ზამთრის ნალექებით დატკეპნილი ნიადაგის სახნავი ფენის გაფხვიერებას და სტრუქტურული ფენის

შექმნას, ამასთან აღმოცენებული სარეველების მექანიკურ განადგურებას, რადგან შემოდგომა-ზამთრის ნალექებით დატკეპნილ ნიადაგებში მნიშვნელოვნად მცირდება წყალგამტარობა, უარესდება მიკრობიოლოგიური პროცესები, ტენისა და საკვები ნივთიერებების გამოყენება. ამდენად, ტენიან სუბტროპიკებში ნიადაგის დამუშავების პრობლემა იქნეს განსაკუთრებულ მნიშვნელობას.

დასავლეთ საქართველოს ტენიან სუბტროპიკებში ძირითადად დანერგილია სიმინდის (მოყვანის) მონოკულტურა. წლების განმავლობაში ნასიმინდარზე ითესება სიმინდი. ამის გამო ნიადაგის დამუშავება და სასუქების გამოყენება მოითხოვს ძალზე დაკვირვებულ მიდგომას, რადგან სიმინდის მონოკულტურამ შესაძლებელია გამოიწვიოს ნიადაგის გამოფიტვა-დეგრადაცია და შეუქცევადი, უარყოფითი პროცესების განვითარება. აქედან გამომდინარე, საჭიროა სიმინდის აგროტექნიკის განხორციელების დროს თანმიმდევრულდ ჩატარდეს ყველა ის ღონისძიება, რომელიც შემუშავებულია და დანერგილია პრაქტიკაში. ასეთ ღონისძიებად მიჩნეულია სიმინდისა და სოიას შერეული თესვა [3]. ნიადაგის ძირითადი დამუშავების წინ აუცილებელია ნაკვეთის გასუფთავება წინამორბედი კულტურის ნარჩენებისგან და აოშვა (მოხვნა ზერელედ 8-10 სმ-ზე). ღონისძიება ტარდება თებერვლის დასაწყისში (პირველ დეკადაში). აოშვის შემდეგ ნაკვეთი ხელუხლებლად უნდა დარჩეს 20-25 დღე. ამ ხნის მანძილზე აოშილ ნაკვეთზე სარეველები სწრაფად აღმოცენდებიან. აღნიშნული ვადის გასვლის შემდეგ, ძირითადი ხვნის წინ, ნიადაგში უნდა შევიტანოთ, გათვალისწინებული დოზებით, ორგანული და მინერალური (ფოსფოროვანი და კალიუმიანი) სასუქები და ნაკვეთი უნდა მოიხნას მთელ სიღრმეზე (30 სმ). „მრავალი გამოკვლევებით დადგენილია, რომ სიმინდი და სოია კარგად რეაგირებს ღრმა ხვნაზე“ [49]. ამასთან ღრმა ხვნის დროს აღმოცენებადი და აღმოცენებული სარეველები მთლიანად ნადგურდება. გარდა ამისა, ღრმად მოხნულ ნიადაგში, ჭარბი ნალექებით გამოწვეული, ზედმეტი წყლის გატარება ნიადაგის ქვედა ფენებში უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს. აქედან გამომდინარე, საუკეთესო შედეგს იძლევა, ძირითადი მოხვნის წინ, სამ წელიწადში ერთხელ, ბელტის გადაბრუნების გარეშე, გამაფხვიერებელი აგრეგატით, ნიადაგის გაფხვიერება 40-50 სმ-ზე, რადგან ასეთი გაფხვიერების შემდეგ ნიადაგის მაღალი წყალგამტარობა შენარჩუნებულია სამი წლის განმავლობაში.

ნიადაგის თესვისწინა დამუშავება – ითვალისწინებს ნაკვეთის მოსწორებას, საჭიროების შემთხვევაში კულტივაციას და საბოლოოდ ფარცხვას. ეს ღონისძიება ტარდება უშუალოდ თესვის წინ, აპრილის ბოლო ან მაისის პირველ დეკადაში. ამ შემთხვევაში ნადგურდება ძირითადი ხვნის შემდეგ გაღვივებული და აღმოცენებული სარეველები, ეს იძლევა საშუალებას პირველ ხანებში ნათესი იყოს შედარებით სუფთა და არ გამოიწვიოს სიმინდისა და სოიას ნათესის ჩახშობა პირველ თოხნა-კულტივაციამდე.

თესლის მომზადება დასათესად – ითვალისწინებს სიმინდისა და სოიას, ლაბორატორიულად შემოწმებული თესლების შეწამვლას სხვადასხვა პრეპარატებით (ფენტიურამი, ტმტდ, ვიტატიურამი, ვიტავაქსი-200 და სხვა). პრეპარატის ხარჯვის ნორმაა 2 კგ 1 ტ თესლზე. ესენი ფხვნილისებური პრეპარატებია და თესლზე დაიტანება დატენიანებული სახით, მიუხედავად ამისა, მაინც საჭიროებენ მწებავი ნივთიერებების დამატებას (კარბოქსილ-მეთილცელულოზის ნატრიუმის მარილი და „პეს“ (поливиниловый спирт).

თესვა – სიმინდისა და სოიას თესვის ოპტიმალური დრო, დასავლეთ საქართველოს ტენიან სუბტროპიკებში დგება 20 აპრილიდან და გრძელდება 20 მაისამდე. თესვის ვადის შემდგომი გადაწევა, საშუალო და საგვიანო ჯიშებისათვის, დაგვიანებულად ითვლება, სრული და მჭიდრო აღმონაცენის მისაღებად დიდი მნიშვნელობა აქვს თესლის ჩათესვის სიღრმეს. ოპტიმალურად ითვლება: მძიმე თიხებში 5-6, თიხნარებში 8-10 და ქვიშნარებში 10-12 სმ. სიმინდისა და სოიას შერეულ ნათესში სიმინდის ოპტიმალურ კვების არედი ითვლება 70x40-50 სმ, ხოლო იმავე ნათესში სოიასთვის 70x15 სმ. ამ შემთხვევაში ჰექტარზე მცენარეთა დგომის სიხშირე: სიმინდისათვის იქნება 28-30 ათასი ცალი, სოიასთვის 94-100 ათასი ცალი. სიმინდის დგომის სიხშირე შემცირებულია 35-დან 30 ათასამდე, სოიასი კი 300-დან 100 ათასამდე. ეს აგროტექნიკური ღონისძიება ტარდება იმისათვის, რომ სიმინდისა და სოიას შერეული ნათესი არ ჩახშირდეს, არ გამოიწვიოს ზედმეტად ურთიერთდამჩრდილვა და ამით არ შემცირდეს საერთო მოსავალი. ამ შემთხვევაში 1 ჰაზე სიმინდის თესვის ნორმაა 25-30 კგ, ხოლო სოიასი 40-60 კგ. 1 ჰექტარისთვის საჭირო თესლებს შეურევენ ერთმანეთში და თესავენ სათესით ან ხელით. სიმინდისა და სოიას შერეული ნათესისათვის მინერალური სასუქების ნორმად დადგენილია N₆₀P₆₀K₆₀ კგ/ჰაზე. ეს არის სოიასთვის მისაღები ნორმა. PK – შეაქვთ თესვამდე, ხოლო N კი აღმოცენების შემდეგ პირველი

კულტივაციის წინ. სიმინდისა და სოიას შერეული ნათესისათვის ატარებენ შემდეგ აგროტექნიკურ ღონისძიებებს: აღმოცენების შემდეგ, 3-4 ფოთლის ფაზაში ტარდება პირველი მარგვლისწინა კულტივაცია და შემდეგ პირველი მარგვლა (თოხნა) გამოსშირვით. ამის შემდეგ დგება გარკვეული შესვენების პერიოდი, სანამ სიმინდი მიაღწევს 5-6 ნამდვილი ფოთლის ფაზას. ამის შემდეგ ტარდება მეორე კულტივაცია და თოხნა, სიმინდის ძირებზე მიწის შემოყრით. ამით მთავრდება აგროტექნიკის ძირითადი მომენტები.

სიმინდს შეიძლება გაუჩნდეს ზოგიერთი დაავადებები: ჰელმინტოსპორიოზი, ბუშტოვანი და მტვრიანა გულაფშუტა, ტაროს ბაქტერიოზი, ფუზარიოზი და სხვა და დააზიანოს მავნებლებმა: მავთულა და ცრუმავთულა ჭიებმა, სიმინდის ღეროს ფარვანამ, შვედურმა ბუზმა და სხვა.

სოია შეიძლება დაავადდეს: ბაქტერიოზით, ფუზარიოზით, ფესვის სიღამპლით და სხვა. შეიძლება დააზიანოს მავნებლებმა: აბლაბუდიანმა ტკიპამ, აკაციის ალურამ, მდელოს ფარვანამ, იონჯის ხვატარმა, კოურის ცხვირგრძელამ, მავთულა ჭიებმა და სხვამ, მაგრამ დასავლეთ საქართველოს ჭარბტენიან ზონაში აღნიშნულ დაავადება-მავნებლებს დიდი გავრცელება არა აქვთ და ამის გამო ბრძოლის ღონისძიებები არ ტარდება.

დასავლეთ საქართველოში სიმინდისა და სოიას მოსავალს იღებენ ხელით. სამწუხაროდ, სიმინდისა და სოიას მოვლა-მოყვანის ინდუსტრიული ტექნოლოგია დანერგილი არ არის.

სიმინდთან შერეული სოიას ნათესის სამეურნეო მნიშვნელობა – სიმინდში სოიას შეთესვა მისი მარცვლის წარმოების გადიდების რეზერვია. ჩვენში მას დიდი ხნის ისტორია აქვს და წარსულში სოიას მარცვლის წარმოების ძირითად წყაროს წარმოადგენდა. ამჟამად უკვე განკერძოებულ ნაკვეთებზე ძირითადად სოია სიმინდთან შეთესვით მოყავთ და ამ აგროტექნიკურ ხერხს აქვს თავისებური აგროტექნიკური, აგროეკოლოგიური და ეკონომიური გამართლება. აქედან გამომდინარე, სიმინდისა და სოიას შერეულად მოყვანა სამეურნეო თვალსაზრისითაც გამართლებულია. სოიას სიმინდთან ერთად მოყვანამ წარსულში (ამჟამადაც) დიდი სამსახური გაუწია დასავლეთ საქართველოს სოფლის მეურნეობას სიმინდის მონოკულტურად მოყვანისა და სასუქების უქონლობის პირობებში [3]. განოციერების გარეშე სიმინდის რამდენიმე წელს ზედიზედ ერთსა და იმავე ნაკვეთზე თესვისას მისი პროდუქტიულობა ძალზე ქვეითდება. სიმინდის მოსავლის, მისაღებ ღონეზე,

სტაბილურად შენარჩუნება, სასუქების გამოყენების შემთხვევაში, მხოლოდ სოიას შეუძლია, ე.ი. სოია „ცოცხალი“ სასუქია, რომელიც ბიოლოგიური შეთავსებადობის მქონე კულტურას (სიმინდს) კვებავს აზოტით. გარდა ამისა, სოიას მცენარე და მარცვალი ერთ-ერთ კონცენტრულ, მაღალცილოვან საკვებს წარმოადგენს, რომელიც სიმინდის მარცვალსა და ჩალასთან ერთად მაღალი ენერგეტიკული შესაძლებლობების საკვებია, რაც უთუოდ საჭიროა მეცხოველეობისა და მეფრინველეობის განვითარებისათვის. სამარცვლე და სასილოსე სიმინდში, სადაც კი შესაძლებელია სოია უნდა შეითესოს, რადგან იძლევა ცილებით მდიდარი პროდუქციის დამატებით მოსავალს, საკვებ ბაზას მონელებადი პროტეინის დაბალანსების გზით.

V.4. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილისა და ორბანულ-ცეოლითოვანი სასუქების ბავშვთა სიმინდისა და სოიას შერეულ ნათესში სიმინდის ზრდა-განვითარებაზე, მოსავლიანობაზე, პროდუქციის ხარისხზე და ეკონომიურ ეფექტიანობაზე

„ადამიანი სანამ ისწავლიდა ნადირობას და ხორცის საკვებად გამოყენებას, სანამ ის მოაშინაურებდა ცხოველებს და გამოიყენებდა საკვებად ხორცსა და რძეს, მანამდე მნიშვნელოვნად ადრე, სარგებლობდა ბუნების მიერ მზამზარეულად მოცემული მცენარეულით, ბოსტნეულით და ნაყოფებით“ [100, 61]. ადამიანმა ბინადარი ცხოვრების დასაწყისშივე, საკვების უფრო საიმედო მარაგის შექმნის მიზნით, თავის სამყოფელში ხელი მიჰყო მისთვის ცნობილი მცენარეების, ცხოველებისა და ფრინველების მოშენებას, მათ მოვლა-მოყვანას. ამდენად, სიმინდსა და სოიას ადამიანი დიდი ხანია იცნობს. სამიწათმოქმედო კულტურის თანდათანობით განვითარების პირობებში აფართოებდა ის ამ კულტურების ჯიშობრივ ასორტიმენტს და აუმჯობესებდა მათი მოვლა-მოყვანის აგროტექნიკას.

საქართველოს მინდვრის კულტურების ასორტიმენტში, განსაკუთრებით მე-17 საუკუნის შემდეგ, მნიშვნელოვანი ადგილი დაიკავა სიმინდმა და სოიამ, რომელთაც განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ადამიანის კვების სრულფასოვანი ასორტიმენტის შექმნასა და სამამულო მეცხოველეობის განვითარების საქმეში. აქედან გამომდინარე, ამ კულტურების მაღალი მოსავლის მიღებას, გაუმჯობესებული აგროტექნიკის ფონზე დიდი მნიშვნელობა აქვს საქართველოს სოფლის მეურნეობის განვითარების საქმეში.

V.4.1. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილისა და ორგანულ-ცეოლითური სასუქის (ცეონაკი) გავლენა სიმინდის ზრდა-განვითარების ფაზების მსვლელობაზე, ფესვთა სისტემის, საასიმილაციო აპარატის და რეპროდუქტიული ორგანოების ფორმირებაზე.

მცენარის ორგანიზმი შესდგება მიწისქვეშა (ფესვთა სისტემა) და მიწის ზედა (ღერო-ფოთლები) ნაწილებისაგან. „მცენარის თითოეულ ამ ნაწილს გარკვეული სასიცოცხლო ფუნქცია აკისრია. ფესვთა სისტემა ასრულებს ორ მნიშვნელოვან ფუნქციას: მცენარეს ამაგრებს სუბსტრატზე (ნიადაგზე) და იწოვს სუბსტრატიდან (ნიადაგიდან) წყალს და მასში გახსნილ საკვებ ნივთიერებებს“ [146], ფესვთა სისტემის მორფოლოგიური აგებულება სრულად შეესაბამება მის ფიზიოლოგიურ ფუნქციებს. ის ღრმად ჩადის ნიადაგში, იტოტება ყველა მიმართულებით და სულ უფრო და უფრო დიდ მასშტაბებში ქსელავს და მოიცავს სუბსტრატს [56].

ფესვთა სისტემის ზრდის პირობები საკმაოდ რთულია. მასზე არსებით გავლენას ახდენს ნიადაგის სტრუქტურა, დატენიანების ხარისხი, ნიადაგის ნაყოფიერება, გამოყენებული სასუქები, ნიადაგის არეს რეაქცია (pH), ნიადაგის მიკროფლორა და სხვა ფაქტორები [90]. ამდენად ნიადაგი და მცენარეთა ფესვთა სისტემა არიან მუდმივი ურთიერთხემოქმედების ობიექტები, რომლებიც გარკვეული ხარისხით ზემოქმედებენ ერთმანეთზე [142].

მცენარის მიწის ზედა სისტემა შესდგება შტამბი (ღერო) და ფოთლებისაგან. ღეროს ფიზიოლოგიური ფუნქციაა გაატაროს ფოთლებისაკენ ფესვთა სისტემის მიერ შეწოვილი ნიადაგის ხსნარი, მასში გახსნილი საკვები ნივთიერებებით და წარმოადგენდეს საყრდენს ვარჯისათვის [138].

ფოთლებში ხორციელდება სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანი პროცესები: ფოტოსინთეზი, ტრანსპირაცია და გაზთა ცვლა. ფოთლებზეა ძირითადად განლაგებული სეკრეტორული ფუნქციის მატარებელი უჯრედული კომპლექსები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ფოთლებში სინთეზური პროცესების მიმდინარეობას [58, 138].

„პროგრესი ადამიანთა საზოგადოების განვითარებაში ხორციელდება მხოლოდ მთელი დედამიწის მცენარეული სამყაროს ფოტოსინთეზურ საქმიანობაში, ადამიანების გრანდიოზული მასშტაბებით ჩარევის შედეგად [138]. აქედან გამომდინარე ცხადია, რომ ადამიანი ვალდებულია აამაღლოს მცენარეთა

პროდუქტიულობა, მცენარეული სამყაროს რეორგანიზაციის და მცენარის ფოტოსინთეზური „მოღვაწეობის“ მაღალ დონეზე მართვის გზით.

მცენარის ფესვთა სისტემის და საასიმილაციო ზედაპირის (ფოტოსინთეზური აპარატი) დამოკიდებულება ფუნქციურია. ერთის გაძლიერება, ავტომატურად იწვევს მეორის ზრდა-განვითარების გაძლიერებას. აქედან გამომდინარე, მცენარის პროდუქტიულობის ამაღლების მიზნით, მცენარის საერთო ზრდა-განვითარებაზე ზემოქმედებენ სხვადასხვა საშუალებებით, როგორცაა, მინერალური კვების გაძლიერება, ზრდის სტიმულატორების გამოყენება, ნიადაგის მოკირიანება, მოთაბაშირება, მორწყვა, სარაველების წინააღმდეგ ბრძოლა და სხვა. ამ საქმეში შესაძლებელია მნიშვნელოვანი გავლენა ჰქონდეს ბუნებრივი ცეოლიტების, როგორც აქტიური იონთგამცვლელების, გამოყენებას, რასაც ადასტურებს რიგი მკვლევარების [97, 153, 72, 151] მიერ ჩატარებული ნამუშევრები, მაგრამ ლიტერატურაში ნაკლებად მოიპოვება კონკრეტული მასალები, უშუალოდ ბუნებრივი ცეოლიტების გავლენის შესახებ, ფესვთა სისტემის ან მიწის ზედა საასიმილაციო აპარატის ზრდა-განვითარებაზე და ფუნქციონირებაზე. აქედან გამომდინარე, შევეცადეთ მინდვრის ცდის საშუალებით შეგვესწავლა ბუნებრივი ცეოლიტის – ლომონტიტის და ნტილის ზემოქმედების მაჩვენებლები სიმინდის „ჯამეთის თეთრის“ ფესვთა სისტემის და საასიმილაციო აპარატის ფორმირებაზე. ცდა ტარდებოდა ამ ნაშრომის 46 გვერდზე განთავსებული მეთოდის და 47 გვერდზე მოტანილი ცდის სქემა I-ის მიხედვით. პროფ. დოსპეხოვის „საცდელი საქმის მეთოდიკ“-ის მოთხოვნების მიხედვით [81].

დეკაპრელევიჩის განმარტებით: „ადგილობრივი ნახევარკბილა სიმინდებს შორის არიან ძალიან გამოთანაბრებული ჯიშები, როგორცაა: „ჯამეთის თეთრი“, „გალის თეთრი“, „აბაშის თეთრი“ და სხვა. ყველა ამ ჯიშებისათვის საერთო დამახასიათებელი ნიშნებია: გრძელი სავეგეტაციო პერიოდი (135-150 დღე) და ძლიერი მაღალმოზარდი ღერო. ყველა ისინი ფლობენ მოსავლიანობის მაღალ პოტენციალს და კარგად არიან შეგუებული სუბტროპიკული კლიმატის პირობებს [78].

ცდაში სიმინდს სოიასთან ერთად ვთესავდით მაისის პირველ დეკადაში. გეგმით, დანაყოფზე (60 მ²) უნდა დაგვეთესა 125 გრ თესლი ანუ 25 კგ/ჰა-ზე, ფაქტიურად ვთესავდით 150 გრ. ანუ 30 კგ/ჰა-ზე. ეს გვაძლევდა ცდაში უხეში შეცდომების თავიდან აცილების საშუალებას, რადგან აღმოცენების შემდეგ (3-4 ნამდვილი ფოთლის ფაზაში) პირველი გამარგვლის (გათოხნის) დროს

გამოვხშირავდით ნათესს და დანაყოფზე ვტოვებდით ზუსტად დაგეგმილ რაოდენობას (180 მცენარე). ვარიანტზე ეს იყო 720, ხოლო ჰექტარზე კი 30000 ცალი, რომელთაც საცდელი საქმის მეთოდის მოთხოვნების შესაბამისად, ვინარჩუნებდით სიმინდის სავეგეტაციო პერიოდის მთლიანად დამთავრებამდე ანუ მოსავლის აღებამდე. სიმინდში შეთესილ სოიას კი ვტოვებდით 70x14 სმ-ზე, ამ შემთხვევაში დანაყოფზე (60მ²) თავსდება 612 მცენარე, ვარიანტზე 2448, ხოლო ერთ ჰა-ზე 100-102 ათასი ცალი.

გემის მიხედვით, ცდაში მინერალური სასუქები შეგვქონდა ყოველწლიურად. ფოსფორი და კალიუმი ნიადაგის ძირითადი დამუშავების დროს, ხოლო აზოტოვანი, ნორმის ნახევარი თესვის წინ და მეორე ნახევარი სავეგეტაციო გამოკვების სახით, ნათესის მეორე გათოხნის დროს (5-6 ფოთლის ფაზაში).

საცდელი კომპონენტების: ლომონტიტის, ნტკილის, ახალი ნაკელის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების „ცეონაკის“ შეტანა გათვალისწინებულია 3 წელიწადში ერთხელ. აღნიშნული კომპონენტები შევიტანეთ 2003 წლის ზამთარში ნიადაგის ძირითადი დამუშავების დროს (თებერვალი).

სიმინდისა და სოიას შერეული ნათესის მოვლა-დამუშავება ხორციელდებოდა აგროწესების მოთხოვნების სრული დაცვით.

დაკვირვებები მცენარის ზრდა-განვითარებაზე ხორციელდებოდა ყოველწლიურად მთელი სავეგეტაციო პერიოდის მანძილზე. ნაშრომის გადატვირთვის თავიდან აცილების მიზნით მოტანილია ფენოლოგიური დაკვირვების ერთი წლის (2004წ.) შედეგები, ცდის სერიების მიხედვით საკონტროლო და პერსპექტიული ვარიანტებისათვის.

სიმინდის და სოიას ზრდა-განვითარების ტემპები პირდაპირ დამოკიდებულია ტემპერატურულ და ტენით უზრუნველყოფის რეჟიმთან კლიმატის აღნიშნული ელემენტების მიმართ ისინი განსაკუთრებით ძლიერად რეაგირებენ თესვა-აღმოცენების პერიოდში. „ამ პერიოდის ხანგრძლივობა, დამდგარი მეტეოროლოგიური პირობების შესაბამისად შეიძლება მერყეობდეს 10-20 დღის ფარგლებში“ [171]. ჩვენ სინამდვილეში 2004 წელს, ცდაში სიმინდი დავთესეთ 6 მაისს. საკონტროლო I ვარიანტში ნათესის აღმოცენება დასრულდა 16 მაისს, დათესვიდან 10 დღეში, დანარჩენ ვარიანტებშიც ამ ვადაში აღმოცენდა, მაგრამ ტაროს სრული სიმწიფე აღინიშნა მე-2 ვარიანტზე 4 დღით, მე-3 ვარიანტზე 2 დღით, მე-7 ვარიანტზე 5 დღით, მე-11 ვარიანტზე 4 დღით, მე-15 ვარიანტზე 2 დღით ადრე (ცხრილი 25).

ცხრილი 25. სიმინდის ჯიშ „აჯამეთის თეთრზე“ ფენოლოგიური დაკვირვების შედეგები 2004 წლის მონაცემების მიხედვით

პერსპექტიული ვარ. №№	ვარიანტები	თესვის დრო	აღმოცენება	სამი ნამდვილი ფოთლის განვითარება	საგველის ამოსვლა	საგველის ყვავილობა	ტაროზე უღვავის მოსვლა	ტაროს რძისებრი სიმწიფე	ტაროს ცვილისებრი სიმწიფე	ტაროს სრული სიმწიფე	მოსავლის აღება	საგველტაციო პერიოდი
			75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	100%
ცდის I (საკონტროლო) სერია												
1	საკ. I უსასუქო	6.05	16.05	26.05	20.07	4.08	10.08	3.09	18.09	7.010	12.010	155
2	საკ. II + NPK	“	“	“	17.07	1.08	6.08	28.08	14.09	3.010	8.010	151
3	საკ.III+ახ ნაკელი	“	“	“	18.07	2.08	8.08	30.08	16.09	5.010	10.010	153
ცდის II სერია												
7	ლომონტიტი	“	“	“	15.07	30.07	4.08	28.08	13.09	1.010	6.010	149
	ნტილი	“	“	“	16.07	31.07	5.08	27.08	15.09	2.010	7.010	150
ცდის III სერია												
11	ლომონტ+NPK	“	“	“	17.07	1.08	6.08	28.08	14.09	3.010	8.010	151
	ნტილი+NPK	“	“	“	16.07	31.07	7.08	28.08	14.09	3.010	8.010	151
ცდის IV სერია												
15	ცეონაკ „ღ“	“	“	“	18.07	2.08	8.08	30.08	16.09	5.010	10.010	153
	ცეონაკ „ნ“	“	“	“	17.07	1.08	8.08	30.08	16.09	5.010	10.010	153

საერთოდ საგველას ამოსვლიდან სიმინდის ნათესმა ორგანოგენეზის შემდგომი ეტაპები უფრო სწრაფად გაიარა. ეს ტენდენცია მკვეთრად ვლინდება ორგანოგენეზის გავლის შემდგომ ეტაპებში (ცხრილი 25). აღნიშნულს პრინციპული მნიშვნელობა არა აქვს მოსავლის აღებისათვის, რადგან მოსავლის აღება ერთდროულად ტარდება, მაგრამ უაღრესად დიდი მნიშვნელობა მცენარეზე ტაროს გაშრობის პერიოდის ხანგრძლივობისათვის, უფრო ძლიერი ფესვთა სისტემის და საასიმილაციო აპარატის ფორმირებისათვის. 4-5 დღეში, ზაფხულის ოპტიმალური ტემპერატურის. განათების, ტენიანობის და სრულფასოვანი კვების პირობებში, საკონტროლო I-თან შედარებით, ლომონტიტის, ორგანულ ცეოლითოვანი და მინერალური სასუქების ზეგავლენით, სიმინდის ნათესს შეუძლია შექმნას გაცილებით უფრო ძლიერი

ფესვთა სისტემა და საასიმილაციო აპარატი, რაც საბოლოო ჯამში აისახება მაღალი და ხარისხოვანი მოსავლის ფორმირებაში. აღნიშნული განმარტების ნამდვილობა დასტურდება ამ მიმართულებით ჩვენს მიერ ჩატარებული კვლევის შედეგებით (ცხრილები 26 და 27).

ჩვენს ცდებში, ფესვთა სისტემის და საასიმილაციო აპარატის ფორმირების სიდიდეების დასადგენად, მცენარის ზრდა-განვითარების დასრულების ფაზაში (ტაროს ცვილისებრი სიმწიფის დადგომისას), ყოველ დანაყოფზე ვინიშნავდით ამ დანაყოფისათვის დამახასიათებელი განვითარების სამ, ვარიანტზე სულ 12 მცენარეს. თითოეულ მონიშნულ მცენარეზე ვითვლიდით და ვზომავდით თითოეული ფოთლის სიგრძეს, ვაჯამებდით მათ და გამოგვეყვდა ფოთლის საშუალო სიგრძე ერთ მცენარეზე. ამავე წესით ვადგენდით ფოთლის საშუალო სიგანეს. ამ ორი მაჩვენებლის ნამრავლით ვადგენდით 1 მცენარის საასიმილაციო ზედაპირის საშუალო ფართს, რომელსაც ვამრავლებდით 1 ჰექტარზე მცენარეთა რაოდენობაზე (30000 ცალი) და ვღებულობდით 1 ჰექტარზე საასიმილაციო ფართის სიდიდეს. ცხადია, ამ მონაცემებს არა აქვს აბსოლუტური სიზუსტის პრეტენზია, მაგრამ ცდომილება თანაბრად ვრცელდება ყველა ვარიანტზე, რის გამოც მიღებული მონაცემები ჩაითვლება სარწმუნოდ. ბუნებრივი ცეოლითის, ნტკილისა და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების, სიმინდის საასიმილაციო აპარატის ფორმირებაზე და ბიომასის მოსავლიანობაზე გავლენის შესახებ მასალები მოტანილია ცხრილ 26-ში. როგორც ამ მასალებიდან ირკვევა, ერთ მცენარეზე ფოთლების საშუალო რაოდენობა, ვარიანტების მიხედვით, მერყეობს 15-20 ცალის ფარგლებში, რაც ამ ჯიშისათვის დამახასიათებელი ნიშანთვისებაა. საშუალოდ 1 მცენარის ფოთლების ჯამური სიგრძე 4,25-6,1 მეტრია, საშუალო სიგანე კი 7-8 სმ. 1 მცენარის საასიმილაციო ფართი, პირველიდან მეთხუთმეტე ვარიანტამდე მატულობს შეტანილი კომპონენტების დოზების ზრდის კვალობაზე და 2,95-4,88 მ²-ის ფარგლებშია. ყველაზე მცირე საასიმილაციო ფართი აღირიცხება საკონტროლო I ვარიანტზე, რომელიც შეადგენს 84787,5 მ²/ჰაზე. მაქსიმალური მაჩვენებლები აქვთ მე-11 და მე-15 ვარიანტებს „ლომონტიტი + NPK-119700,0 და ნაკელი + NPK-120698,0 მ², რაც ამ ჯიშისათვის ოპტიმალური მაჩვენებელია. „სიმინდის ბევრი ულტრასაადრეო და საადრეო ჯიშები, ოპტიმალურ საასიმილაციო აპარატს ქმნიან მაშინ, როცა მცენარეთა დგომის სიხშირე ჰექტარზე შეადგენს 40-50 ათას ცალს“ [146]. საგვიანო ჯიშებისათვის ეს მაჩვენებელი ფიქსირდება, 1 ჰექტარზე 35-36 ათასი ცალი მცენარის დგომის დროს.

ცხრილი 26. ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდის „აჯამეთის თეთრის“ საასიმილაციო აპარატის და მთლიანად ნედლი ბიომასის ფორმირებაზე

პეკეტული ფაზა	იკცეარაზე	მცენარეთა დგომის სიხშირე 1 ჰა-ზე	1 მცენარეზე ფოთლის საშუალო რაოდენობა	1 მცენარის ფოთლების ზომები		1 მცენარის საასიმილა- ციო ფართი	საასიმილა- ციო ფართი ერთ ჰექტარზე	მ ² საასიმილა- ციო ფართის პროდუქტიულო- ბა დღე-ღამეში	მ ² საასიმილა- ციო ფართის პროდუქტიულო ბა საკვებობაში (150 დღე)	საასიმილაციო ფართის პროდუქტიულობა 1 ჰაზე (ნედლი ბიომასა=ფესვთა სისტემა+დერო+ფოთოლი +ნედლი ტარო ფუნჩით)	
				საერთო სიგრძე	საშუალო სიგანე					გადახრა (+-) საკონტროლო I-დან	
				სმ	სმ					ც/ჰა	%
ცდის I (საკონტროლო სერია)											
1	საკონტრ. I	30000,0	15,0	425,0	7,0	2975,0	84787,5	4,48	672,0	569,8	-
2	საკონტრ. II	“	17,0	490,0	8,0	3920,0	111720,0	4,81	721,5	806,1	41,5
3	საკონტრ. III	“	16,0	485,0	7,0	3395,0	96900,0	4,57	685,5	664,3	16,6
ცდის II სერია											
7	ლომონტიტი	“	16,0	520,0	7,0	3640,0	104025,0	4,64	696,0	724,0	27,1
	ნტკილი	“	17,0	540,0	7,0	3780,0	108300,0	4,65	697,5	755,4	33,6
ცდის III სერია											
11	ლომონტ+NPK	“	18,0	600,0	7,0	4200,0	119700,0	4,69	703,5	842,1	47,8
	ნტკილი+NPK	“	18,0	605,0	7,0	4235,0	120698,0	4,78	717,0	865,4	51,9
ცდის IV სერია											
15	ცეონაკ „ღ“	“	19,0	600,0	7,0	4200,0	119700,0	4,88	732,0	876,2	46,5
	ცეონაკ „ნ“	“	20,0	610,0	8,0	4880,0	139080,0	4,92	738,0	1026,4	80,2

ცხრილი 27. ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდის „ჯაბეთის თეთრის“ ფესვთა სისტემის ფორმირებაზე (მცენარეთა დგომა 1 ჰა-ზე 30000 ცალი)

ვარიანტების №	პერსპექტიული ვარიანტები	I მცენარის ფესვთა სისტემის ზომები		I მცენარის ფესვთა სისტემის საშუალო მოცულობა		I მცენარის ფესვთა სისტემის საშ. წონა	მცენარეთა ფესვთა სისტემის წონა 1 ჰა-ზე	
		საშუალო სიგრძე	საშუალო რადიუსი (R)	გადახრა (+) საკონტროლო I დან			გადახრა (+) საკონტროლო I დან	ცენტნერი
		სმ	სმ	სმ ³	%	გრ		
ცდის I (საკონტროლო) სერია								
1	საკონტრ. I	23,0	7,5	4062,4	-	167,0	60,1	-
2	საკონტრ. II	27,0	11,0	10258,4	152,5	335,5	121,0	101,3
3	საკონტრ. III	24,0	8,8	5835,9	43,7	239,5	86,4	43,8
ცდის II სერია								
7	ლომონტიტი	26,3	7,8	5024,3	23,7	236,5	85,3	41,9
	ნტკილი	25,5	8,3	5516,0	35,8	242,0	87,1	44,9
ცდის III სერია								
11	ლომონტ.+NPK	28,5	8,08	6930,1	70,6	325,0	117,0	94,7
	ნტკილი+NPK	31,8	8,9	7909,3	94,7	372,0	133,9	123,0
ცდის IV სერია								
15	ცეონაკ „ღ“	30,8	10,8	11280,5	177,7	509,5	183,6	205,5
	ცეონაკ „ნ“	32,8	11,2	13919,3	218,0	514,0	185,0	207,8

ჩვენს ექსპერიმენტში, 1 მ² საასიმილაციო ფართის სადღეღამისო პროდუქტიულობა (ვარიანტების მიხედვით) მერყეობს 4,48-4,94 გრამის ფარგლებში. „მცენარის ჯიშურ შესაძლებლობებზე, საკვებით და ტენით, მუდმივად მაღალ პარამეტრებში, უზრუნველყოფის დონეზე და აგროტექნიკის მოთხოვნების მაქსიმალურად გამოყენების პირობებში, ეს მაჩვენებელი შეიძლება იყოს 7-8 გრამი დღე-ღამეში [146]. ჩვენს მიერ მოპოვებული მონაცემებიდან გამომდინარე, 1 მ² საასიმილაციო ფართის პროდუქტიულობა, სავეგეტაციო პერიოდის (150 დღე) მანძილზე შეადგენს პირველ (საკონტროლო) ვარიანტზე 672,0 გრამს, ხოლო მე-11 ვარიანტზე 703,0 და 717 გრამს, რაც შესაბამისად შეადგენს 842,1 და 865,4 ცენტნერ ნედლ ბიომასას (მთლიანად) ჰექტარზე და ის 47,8 და 51,9%-ით

აღმატება პირველი ვარიანტის მაჩვენებელს (569,8 ც/ჰაზე). უკეთესი მაჩვენებლები აქვს მე-15 ვარიანტს, სადაც შეტანილია ცეონაკ „ლ“ და „ნ“ 40 ტონა/ჰაზე. აქედან გამომდინარე, შეიძლება გაკეთდეს მარტივი დასკვნა, რომ სიმინდის კულტურის გასანოციერებლად, ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და მათი მონაწილეობით დამზადებული ორგანულ-ცეოლითური სასუქის გამოყენება მასტიმულირებელ თვისებებს ამჟღავნებს მცენარის საასიმილაციო აპარატის შექმნაში და პროდუქტიულობის ამაღლებაში, რაც 1,5-1,7 ჯერ ზრდის მცენარის საასიმილაციო აპარატის ფართს და ფოტოსინთეზური რეაქციის აქტივობას.

მცენარის ნორმალური ზრდა-განვითარების და პროდუქტიულობის უპირველესი განმსაზღვრელი ფაქტორია ფესვთა სისტემის ნორმალური განვითარება, რომელსაც კორელაციურად უნდა შეესატყვისებოდეს მცენარის მიწისზედა ორგანიზმის ზრდა-განვითარება და ფუნქციონირება.

მცენარის ფესვთა სისტემის და მიწისზედა ორგანოების ურთიერთფუნქციური დანოკიდებულების გასარკვევად, მოსავლის აღების წინ წინასწარ მონიშნულ (საასიმილაციო აპარატის შესასწავლად მონიშნული მცენარეები) მცენარეებს, მშრალ ამინდში, ბარით ვთხრიდით ისე, რომ მათზე მაქსიმალურად შენარჩუნებულიყო ფესვთა სისტემა მთლიანობაში. ამოღებულ ფესვებს შევაშრობდით მზეზე და შემდეგ ვებრტყავდით ისე, რომ ზედმეტი მიწა მოცილებულიყო. ღეროს ვაჭრიდით ფესვის ყელთან „საჰაერო“ ფესვების შენარჩუნებით და ვწონიდით. შემშრალი ფესვები, სათანადო ეტიკეტით გადაგვქონდა ფარდულში, სადაც ფანერზე ვაწყობდით სიბრტყეზე და ვზომავდით სიგრძესა და სიგანეს. სიბრტყეზე გაშლილი ფესვთა სისტემის ჰაბიტუსი (ფორმა) წვეროზე დამდგარი კონუსის ფორმისაა, რომლის

მოცულობას ვითვლიდით ფორმულით $\gamma = \frac{1}{3} \pi R^2 \cdot H$; ამგვარად მიღებული

მონაცემები მოტანილია ცხრილ 27-ში, რომლითაც დასტურდება, რომ ბუნებრივ ცეოლითს-ლომონტიტს, ნტკილს და მათი მონაწილეობით დამზადებულ ორგანულ-ცეოლითურ სასუქებს, უდაოდ გააჩნიათ მცენარის ზრდა-განვითარების მასტიმულირებელი თვისებები. ასე, მაგალითად: საკონტროლო I ვარიანტზე, ერთი მცენარის ფესვთა სისტემის მოცულობა 4062,4 სმ³-ია, NPK-ს სრული დოზების შეტანის შემთხვევაში ეს მაჩვენებელი 152,5%-ითაა გაზრდილი (ვარიანტი 2), შესაბამისად 101,3%-ით გაზრდილია ფესვთა სისტემის წონაც, ხოლო ახალი ნაკელის (20 ტ/ჰაზე) შეტანის შემთხვევაში ეს მაჩვენებლები 43,7

და 43,8%-ის ტოლია (ვარიანტი 3). ფესვთა სისტემის მოცულობა და წონა სუფთა ლომონტიტის 20 ტ/ჰაზე შეტანის შემთხვევაში (ვარიანტი 7), გაზრდილია 23,7%, ხოლო წონა 41,9%-ით (ვარიანტი 7). იგივე რაოდენობით ნტკილის შეტანის დროს ეს მაჩვენებლებია 35,8 და 44,9%. გაცილებით უკეთესი მაჩვენებლებია დაფიქსირებული ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გამოყენების დროს. ეს მაჩვენებლები მე-15 ვარიანტზე შეადგენს 177,7-205 და 218,0-207,8%-ს. ეს მონაცემები იძლევა საშუალებას ვთქვათ, რომ ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გამოყენებით მნიშვნელოვნად აქტიურდება მცენარის (ამ შემთხვევაში სიმინდის) როგორც ფესვთა სისტემის, ისე მიწისხედა საასიმილაციო ფართის ზრდა, რაც ხელს უწყობს მცენარის ზრდა-განვითარების გააქტიურებას მთლიანობაში, განსაკუთრებით მწირ, გაეწრებულ, მუავე ნიადაგებზე. ამ დასკვნებს კიდევ უფრო სარწმუნოს ხდის ჩვენი შემდგომი გამოკვლევები სიმინდის ნათესის რეპროდუქტიული ორგანოს (ტაროს) ფორმირების შესახებ.

ბევრ მეცნიერულ გამოკვლევაში [153, 97, 114, 178] ნაჩვენებია, რომ სხვადასხვა სახეობის სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის ამაღლება შეიძლება ბუნებრივი ცეოლითების გამოყენებით, მინერალური სასუქების დოზების მნიშვნელოვანი შემცირების პირობებში. გამოვლენილია აგრეთვე ბუნებრივი ცეოლითის-ანალციმის დადებითი გავლენა კიტრისა და. პატისონის რეპროდუქტიული ორგანოების ფორმირებაზე [43, 185], მაგრამ სიმინდის შემთხვევაში, ასეთი ნამუშევარი არ შეგვხვედრია.

სიმინდი ერთსახლიანი, გაყოფილსქესიანი კულტურაა, რაც ნიშნავს იმას, რომ მას ერთ მცენარეზე აქვს როგორც დედრობითი (ტარო), ისე მამრობითი (ქოჩოჩი) სქესის ორგანოები, ამიტომ ექვემდებარება როგორც თვით, ისე ჯვარედინ დამტვერიანებას.

სიმინდის ჯიშები პირობითად იყოფა ორ ჯგუფად: ერთტაროიანები და მრავალტაროიანები, რაც ნიშნავს იმას, რომ ერთტაროიანი ფორმების ერთი მცენარე იძლევა მხოლოდ ერთ ტაროს, იშვიათად ორს, ხოლო მრავალტაროიანი ფორმებს აქვთ გენეტიკური უნარი, ჩვეულებრივ პირობებში მოგვცენ 2 და მეტი ტარო. განსაკუთრებით ოპტიმალურ პირობებში მეტიც. ეს ჯიშები მეტწილად მიეკუთვნებიან საადრეო, შაქრის სიმინდების ჯგუფს.

ჩვენს ექსპერიმენტში გამოყენებული სიმინდის ჯიში „ჯამეთის თეთრი“ მიეკუთვნება საშუალო საგვიანო, ნახევრადკბილა, ერთტაროიანი სიმინდების ჯგუფს, რომელთაც ერთზე მეტი სრულყოფილი ტაროს მოცემა შეუძლიათ

განსაკუთრებულ ხელშემწყობ (ოპტიმალურ) პირობებში. აქედან გამომდინარე, ჩვენი მიზანია დაგადგინოთ ლომონტიტის, ნტკილისა და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდის „აჯამეთის თეთრის“ რეპროდუქციული ორგანოს (ტაროს) ფორმირებაზე და მოსავლიანობაზე. ამ საკითხის შესწავლის დროს, ტაროს აღრიცხვას ვაწარმოებდით რაოდენობრივი მეთოდით ანუ ვეგეტაციის ბოლოს. მოსავლის აღების დროს დათვლით შევამოწმეთ ყოველ ვარიანტზე მცენარეთა ფაქტიური დოზა (ის ყველგან უდრიდა 720 მცენარეს), მ.შ. რამდენი იყო ერთი, ორი და სამტაროიანი მცენარეები, რამდენი იყო ცრუტაროიანი (ქაჩალტაროიანი) და მცენარეები ტაროს გარეშე. აღრიცხვის მასალები მოტანილია ცხრილ 28-ში. როგორც ცხრილიდან ჩანს, პირველ საკონტროლო ვარიანტში (ცდის პირველი (საკონტროლო) სერია) პროდუქტიულ მცენარეთა რაოდენობა იყო 630,0 ანუ ვარიანტზე მცენარეთა რაოდენობის (720 ცალი) 87,5%, მეორე ვარიანტში – 97,9%, მესამე ვარიანტში – 93,1%. შესაბამისად, მიღებულია ტაროს მოსავალი: 71,8; 99,3 და 80,0 ც/ჰაზე.

რაც შეეხება ცდის მეორე სერიას, ამ შემთხვევაში ლომონტიტისა და ნტკილის შესატანი დოზების ზრდის კვალობაზე, იზრდება პროდუქტიულ მცენარეთა რაოდენობა. აქ ლომონტიტის შემთხვევაში ერთტაროიან მცენარეთა რაოდენობა 490,0, ორტაროიანი – 155,0 და სამტაროიანი – 100,0 ცალია. ტაროს საერთო რაოდენობა აღწევს 830,0 ცალს ვარიანტზე, შესაბამისად ტაროს მოსავლის მატებამ შეადგინა 6,3%. ნტკილის შემთხვევაში ტაროს მოსავლის მატება 13,8%-ია.

კარგი მაჩვენებლებია მიღებული ცდის მესამე სერიაში (ვარიანტი 11). ამ სერიაში, პრაქტიკულად „მცენარეები ტაროს გარეშე“ მცირეა, დიდია ორტაროიანი და სამტაროიანი მცენარეთა წილი. შესაბამისად, ლომონტიტის შემთხვევაში ტაროს მოსავალი გაზრდილია 15,6%-ით, ნტკილის შემთხვევაში 28,3%, ხოლო ტაროს მოსავლიანობის საერთო დონე ჰექტარზე 80-92 ცენტნერს შეადგენს. რაც შეეხება ცდის IV სერიას, აქ პრაქტიკულად „მცენარეები ტაროს“ გარეშე არ არის. ბევრია ორი და სამტაროიანი მცენარეების წილი, რის გამოც ტაროს მოსავლიანობამ ჰექტარზე 100 ცენტნერს გადააჭარბა. ამდენად: როგორც ზემოთ წარმოდგენილი მასალების ანალიზმა გვიჩვენა, დიდია მინერალური სასუქების როლი სიმინდის რეპროდუქციული ორგანოების ფორმირებაში, მაგრამ ამ მხრივ მნიშვნელოვანი როლი შეუძლია შეასრულოს ბუნებრივმა ცეოლითმა-ლომონტიტმა და ნტკილმა. თუმცა ყველაზე კარგი შედეგი აჩვენა ლომონტიტსა და ნტკილზე დამზადებული ორგანულ-ცეოლითური სასუქის

ცხრილი 28. სიმინდისა და სოიას შერეულ ნათესში „აჯამეთის თეთრის“ სიმინდის პროდუქტიულობის ანალიზი ტაროს მომცემი მცენარეთა რაოდენობის მიხედვით. სამი (2003-2005) წლის საშუალო მონაცემები (ვარიანტის ფართობი 240 მ², მცენარეთა დგომა 720)

ვარიანტები №№	პერსპექტიული ვარიანტები (იხ. ცდის სქემა I)	ერთბარიანი მცენარეები	ორბარიანი მცენარეები	სამბარიანი მცენარეები	ცრუბარიანი მცენარეები	მცენარეები ტაროს გარეშე	სულ პროდუქტიული მცენარეები	სულ უნაყოფო მცენარეები	პროდუქტიული მცენარეების შეფარდება საკ. I-თან	ტაროს რაოდენობა ვარიანტზე საშუალოდ	1 მცენარეზე ტაროს რაოდენობა საშუალოდ	პროდუქტიული და უნაყოფო მცენარეებს შორის თანაფარდობა		ტაროს მოსავალი	
		ცალი	ცალი	ცალი	ცალი	ცალი	ცალი	ცალი	%	ცალი		ცალი	ცალი	ცალი	ცალი
		ცალი	ცალი	ცალი	ცალი	ცალი	ცალი	ცალი	ცალი	%	ცალი	ცალი	%	%	ც/კა
ცდის I (საკონტროლო) სერია															
1	საკონტრ. I	507,0	89,0	34,0	35,0	55,0	630,0	90,0	100,0	790,0	1,10	87,5	12,5	71,8	-
2	საკონტრ. II	430,0	215,0	60,0	10,0	5,0	705,0	15,0	111,9	1040,0	1,40	97,9	2,1	99,3	39,0
3	საკონტრ. III	490,0	170,0	10,0	25,0	25,0	670,0	50,0	106,3	860,0	1,20	93,1	6,9	80,0	11,4
ცდის II სერია															
7	ლომონტიტი	490,0	155,0	10,0	45,0	20,0	655,0	65,0	104,0	830,0	1,15	91,0	9,0	76,3	6,3
	ნტკილი	530,0	110,0	40,0	20,0	20,0	680,0	40,0	107,9	870,0	1,21	94,4	5,6	81,7	13,8
ცდის III სერია															
11	ლომონტ+NPK	540,0	145,0	15,0	-	20,0	700,0	20,0	111,1	875,0	1,22	97,2	2,8	83,0	15,6
	ნტკილი+NPK	455,0	170,0	65,0	15,0	15,0	690,0	30,0	109,5	990,0	1,38	95,8	4,2	92,1	28,3
ცდის IV სერია															
15	ცეონაკ „ლ“	480,0	195,0	40,0	5,0	-	715,0	5,0	113,5	990,0	1,38	99,3	0,7	101,4	41,2
	ცეონაკ „ნ“	470,0	135,0	110,0	5,0	-	715,0	5,0	113,5	1070,0	1,49	99,3	0,7	109,0	51,8

გამოყენებამ. აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ მოსავლიანობის სასურველი პარამეტრების მისაღწევად საჭირო იქნება მინერალური სასუქების (NPK) ყოველწლიურად გამოყენება, მაშინ როცა ლომონტიტი, ნტკილი და ლომონტიტსა და ნტკილზე დამზადებული ორგანულ-ცეოლითური სასუქები შეიძლება გამოყენებულ იქნას სამი წლის ინტერვალით. ზემოთწარმოდგენილი მასალების ანალიზის შედეგად შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

1. სრული აგროტექნიკური ნორმით, ყოველწლიურად სიმინდისა და სოიას შერეულ ნათესში ($N_{60}P_{60}K_{60}$ კგ/ჰა) მინერალური სასუქების გამოყენება როგორც ცალკე, ისე ცეოლითთან და ნტკილთან ერთად, ძლიერ ასტიმულირებს სიმინდის ზრდა-განვითარებას და შესაბამისად რეპროდუქტიული ორგანოების ფორმირებას. ამ შემთხვევაში არ არის მაღალი გარემოს და თვით პროდუქციის ეკოლოგიური დაბინძურების რისკი, მაგრამ მნიშვნელოვნად გადიდება პროდუქციის თვითღირებულება.

2. ლომონტიტის და ნტკილის სუფთა სახით გამოყენება ეკოლოგიურად სრულიად უსაფრთხოა, თან მათი გამოყენება სამი წლის ინტერვალით მნიშვნელოვნად შეამცირებს პროდუქციის თვითღირებულებას. ისინი პრაქტიკულად ხელმისაწვდომია საბადოსთან ახლო მდებარე რეგიონებისათვის, როგორც ადგილობრივი იაფი ნედლეული.

3. საუკეთესო შედეგებით გამოირჩევა ლომონტიტზე და ნტკილზე დამზადებული ორგანულ-ცეოლითური სასუქები, რომლებიც ადგილობრივ მოსახლეობას თვითონ შეუძლია დაამზადოს უმტკივნეულოდ თავის ეზოში იაფი, ადგილობრივი ნედლეულისგან. ამავე დროს მნიშვნელოვნად გაუმჯობესდება მიწათმოქმედი კომლის საქმიანი ეზოს სანჰიგიენური სიტუაცია.

V.4.2. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილისა და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდის „აჯამეთის თეთრის“ ტაროსა და მარცვლის სტრუქტურული და ტექნიკური პარამეტრების ცვალებადობაზე

დადგენილია, რომ სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლის სტრუქტურული და ტექნიკური პარამეტრები მნიშვნელოვნად იცვლება გარემოს სხვადასხვა ფაქტორების ცვალებადობით, როგორცაა: მცენარეთა მინერალური და ორგანული კვება, წლის მეტეოროლოგიური პირობები და მასთან დაკავშირებული მზის რადიაციის ინტენსიობის ცვალებადობა, ნიადაგის ბუნებრივი ნაყოფიერების დონე, მისი დამუშავების დრო, ხასიათი და სხვა.

მთელ რიგ მეცნიერულ ნაშრომებში [218, 217] ნაჩვენებია, რომ ბუნებრივი ცეოლითების და მათი მინერალურ და ორგანულ სასუქებთან ნაზავის სახით

ნიადაგში შეტანა მნიშვნელოვნად ამაღლებს მათ ეფექტურობას და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების და მ.შ. სიმინდის მოსავლიანობას [164,147,118,122,173].

ჩვენი ს/კ მუშაობის მიზანი იყო გამოგვევლინა, როგორ გავლენას მოახდენდა სიმინდის ტაროსა და მარცვლის სტრუქტურულ და ტექნიკურ პარამეტრებზე ნიადაგში ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და აგრეთვე ორგანულ-ცეოლითური სასუქების სხვადასხვა დოზების შეტანა.

დაკვირვებები ტაროსა და მარცვლის სტრუქტურული და ტექნიკური პარამეტრების ცვალებადობაზე ტარდებოდა ამ ნაშრომის 47 გვერდზე მოტანილი ცდის სქემა I-ის მიხედვით, დაკვირვებებით მიღებული შედეგები მოტანილია ცხრილ 29-ში. ცდის პირველი (საკონტროლო) სერიის სამივე ვარიანტი და ცდის მეორე, მესამე და მეოთხე სერიის თითო პერსპექტიული, 7, 11 და 15 ვარიანტების მიხედვით.

დადგენილია, რომ ნიადაგში მხოლოდ ლომონტიტის და ნტკილის შეტანა, საკონტროლო I-თან შედარებით, რამდენადმე ზრდის სიმინდის ტაროს რაოდენობას ფართობის ერთეულზე, ხოლო მათი ნარევი ორგანულ სასუქთან (ახალ ნაკელთან), ორგანულ-ცეოლითური სასუქების სახით მნიშვნელოვნად აჭარბებს როგორც მინერალური სასუქების (ვარიანტი 2), ისე ორგანული სასუქის (ვარიანტი 3) ეფექტურობას. ამასთან გარკვეული ინტერესის საგანია გამოვლინდეს, რა გავლენას მოახდენს ფართობის ერთეულზე ტაროს რაოდენობის ზრდა, მისი სტრუქტურული და ტექნიკური პარამეტრების ცვალებადობაზე სისტემაში: „ნიადაგი-ლომონტიტი“, „ნიადაგი-ნტკილი“ და ორგანულ-ცეოლითური სასუქები ცეონაკ „ლ“ და ცეონაკ „ნ“.

სიმინდის ტაროს სტრუქტურულ პარამეტრებში იგულისხმება: ტაროს საშუალო სიგრძე, სიგანე (დიამეტრი), ტაროს მოცულობა და საშუალო წონა, მწკრივების რაოდენობა ტაროზე, ერთი ტაროდან მიღებული მარცვლის საშუალო რაოდენობა და წონა, ნაქუჩის საშუალო წონა და მარცვლის გამოსავალი პროცენტებში. ხოლო მარცვლის ტექნიკურ პარამეტრებში იგულისხმება: მარცვლის ნატურა (N) – ერთი ლიტრი მარცვლის წონა გრამებში, მოცემულ ნატურაში მარცვლის რაოდენობა (n), ერთი მარცვლის საშუალო წონა (m), ერთი მარცვლის მოცულობა მილილიტრებში (V), ერთი მარცვლის ხვედრითი წონა (d) გრ/სმ³, მარცვლის ფორიანობა (S%) და მარცვლის სიმჭიდროვე (π) [90, 99, 115]. ყველა ეს მაჩვენებლები ჯამში წარმოადგენს სიმინდის ტაროსა და მარცვლის სტრუქტურულ და ტექნიკურ პარამეტრებს, რომლებიც საბოლოო ჯამში განსაზღვრავენ მოსავლის ხარისხს [48].

ცხრილი 29. სიმინდის ჯიში „ჯამეთის თეთრის“ ტაროს სტრუქტურული ანალიზის შედეგები სამი (2003-2005) წლის საშუალო მონაცემების მიხედვით (ვარიანტის ფართობი 240 მ², მცენარეთა დგომა 720)

ვარიანტის №	პეკოპეტივი ვარიანტები	ვარიანტზე ტაროს საშუალო რაოდენობა		ტაროს საშუალო სიგრძე	ტაროს საშუალო დიამეტრი	ტაროს მოცულობა $V = \frac{1}{3} \pi R^2 \cdot H$		ტაროს საშუალო წონა	ტაროს მარცვლების მწკრივების რაოდენობა	ტაროზე მარცვლების საშუალო რაოდენობა			ტაროდან მიღებული მარცვლების საშუალო წონა			ნაქეჩის საშუალო წონა	მარცვლის გამოსავალი	მარცვლის მოსავალი	
		გადახრა (+) საკონტრ. I-დან				გადახრა (+) საკონტრ. I-დან				გადახრა (+) საკონტრ. I-დან		გადახრა (+) საკონტრ. I-დან		გადახრა (+) საკონტრ. I-დან					
		ცალი	%			სმ	სმ			სმ ³	%	გრ	%	ცალი	ცალი			%	გრ
40ცდის I (საკონტროლო) სერია																			
1	საკონტრ. I	790,0	100,0	18,0	4,0	75,6	100,0	184,0	100,0	8,0	338,0	100,0	144,0	100,0	40,0	78,3	57,1	-	
2	საკონტრ. II	1040,0	131,6	23,0	4,2	105,9	140,0	236,0	128,3	12,0	438,0	129,6	186,0	129,2	50,0	78,8	75,4	48,3	
3	საკონტრ. III	860,0	108,9	22,0	4,0	92,1	121,8	189,0	102,7	8,0	348,0	103,0	149,0	103,5	40,0	78,8	62,9	5,8	
ცდის II სერია																			
7	ლომონტიტი	830,0	105,0	23,0	4,2	106,2	140,5	234,0	127,2	12,0	386,0	114,2	185,0	128,5	49,0	79,1	65,9	8,8	
	ნტილი	870,0	110,1	23,0	4,3	110,7	146,4	233,2	126,7	12,0	388,0	114,8	187,0	129,9	48,0	79,3	71,3	14,2	
ცდის III სერია																			
11	ლომონტ+NPK	875,0	110,8	24,0	4,2	110,8	145,6	247,0	134,2	14,0	402,0	118,9	197,0	136,8	50,0	79,8	70,6	13,5	
	ნტილი+NPK	990,0	125,3	24,0	4,2	110,8	145,6	248,0	134,8	14,0	410,0	121,3	198,0	137,5	47,0	80,0	72,6	15,5	
ცდის IV სერია																			
15	ცეონაკ „ღ“	990,0	125,3	25,0	4,3	121,0	160,0	245,0	133,0	14,0	406,0	120,1	188,0	130,6	45,0	79,0	76,4	19,3	
	ცეონაკ „ნ“	1070,0	135,4	24,0	4,4	121,6	160,8	246,0	133,7	14,0	408,0	120,7	190,0	131,9	43,0	79,5	80,5	23,4	

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, ცხრილ 29-ში მოტანილია სიმინდის ტაროს სტრუქტურული პარამეტრები, ცდის პირველი (საკონტროლო) სერიის სამივე ვარიანტის, მეორე, მესამე და მეოთხე სერიის თითო პერსპექტიული მე-7, მე-11 და მე-15 ვარიანტების მიხედვით, სადაც ნაჩვენებია, რომ აღნიშნულ ვარიანტებში ლომონტიტის, ნტკილისა და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების დოზების ზრდის კვალობაზე კორელატიურად მატულობს ტაროს მოცულობა და საშუალო წონა, ასევე მარცვლის საშუალო რაოდენობა ტაროში, ერთი ტაროდან მიღებული მარცვლის საშუალო წონა და მარცვლის გამოსავალი ტაროს საერთო მოსავლიდან. მაქსიმალური მაჩვენებლებია მიღებული მეორე, მეშვიდე, მეთერთმეტე და მეოთხეთმეტე ვარიანტებში (ცხრილი 29).

სიმინდის ტაროს საშუალო მოცულობისა და წონის ზრდა, საკონტროლო I-თან შედარებით, უფრო ინტენსიურია მინერალური სასუქების (ვარიანტი 2) და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენით (ვარიანტი 15). მეორე ვარიანტში (NPK) ტაროს მოცულობის მაქსიმალური ზრდა შეადგენს 40,0%-ს, ხოლო მეთერთმეტე ვარიანტში 60,8%-ს. 40 ტ/ჰაზე ორგანულ-ცეოლითური სასუქების მოქმედება რამდენადმე აჭარბებს მინერალური სასუქების კომპლექსის ($N_{60}P_{60}K_{60}$ კგ/ჰა) მოქმედებას, მაშინ როცა მინერალური სასუქები შეგვაქვს ყოველწლიურად, ხოლო ორგანულ-ცეოლითური სასუქები სამ წელიწადში ერთხელ. იმავე ვარიანტებში ტაროს საშუალო წონის მატება, პირველ საკონტროლოსთან შედარებით, შესაბამისად შეადგენს 28,3, 34,8 და 33,7%-ს, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ ტაროს თითქმის ერთიდაიმავე მოცულობის პირობებში, მეთერთმეტე ვარიანტში, პირველ ვარიანტთან შედარებით, ტაროს საშუალო წონა გაზრდილია 34,2-34,8% და მეოთხეთმეტე ვარიანტში 33,0-33,7%, რაც მეთერთმეტე და მეოთხეთმეტე ვარიანტებზე მიღებული მოსავლის ხარისხის გაუმჯობესებაზე მეტყველებს. ეს აიხსნება ამ ვარიანტზე მარცვლის ხვედრითი წონის მატებით.

ტაროს საერთო, საშუალო მოცულობაში თითოეული მარცვლის მოცულობის ზრდის გამო, ტაროში მარცვლის რაოდენობის მაჩვენებელი არ არის მაღალი და მერყეობს 338-410 ცალის ფარგლებში, რაც ამ ჯიშისათვის დამახასიათებელ პარამეტრად ითვლება. მეთერთმეტე ვარიანტში ტაროზე მარცვლის მაქსიმალური რაოდენობა 402-410 ცალია, რაც 18,9 და 21,3%-ით მეტია საკონტროლო I-თან შედარებით, ხოლო 10,7 და 8,3%-ით ნაკლებია მეორე საკონტროლოსთან შედარებით. ერთი ტაროდან მიღებული მარცვლის საშუალო წონა შეესაბამება ლიტერატურაში მოტანილ მაჩვენებლებს [49]. ამ შემთხვევაში

მინერალური სასუქებისა (ვარიანტი 2) და ორგანულ-ცეოლითური სასუქის (ვარიანტი 15) ზემოქმედებით მნიშვნელოვნად მატულობს აგრეთვე ერთი ტაროდან მიღებული მარცვლის წონა. პირველ საკონტროლოსთან შედარებით ეს მატება უდრის 29,2% (ვარიანტი 2), 36,8 (ვარიანტი 11) და 31,9 (მე-15 ვარიანტი). ამასთან მეთერთმეტე ვარიანტის, ერთი ტაროს მარცვლის წონა (როგორც ტაროს შემთხვევაში) 36,8-29,2=7,6%-ით მეტია მეორე ვარიანტთან შედარებით. ეს ერთხელ კიდევ მიუთითებს მეთერთმეტე ვარიანტზე მიღებული მარცვლის ძალიან მაღალ ხარისხზე.

მარცვლის გამოსავალი ტაროდან, პირველ ვარიანტში 78,3; მეორეში 78,8; მესამეში – 78,8; მეშვიდეში – 79,1 და 79,3; მეთერთმეტეში – 79,8 და 80,0; მეთხუთმეტეში – 79,0 და 79,5. აქედან ჩანს, რომ მარცვლის გამოსავალი ტაროდან ჯიშურ, მეტად მდგრად ნიშანთვისებად ითვლება და ნაკლებად ექვემდებარება გარემო ფაქტორების ცვალებადობას. ყველა ეს მაჩვენებელი იმყოფება სრულ შესაბამისობაში ლიტერატურულ წყაროებში მოტანილ მაჩვენებლებთან [49].

ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გაგლენით სიმინდის ტაროს სტრუქტურული პარამეტრების ცვლილებები ავტომატურად იწვევს სიმინდის მარცვლის ტექნიკური მაჩვენებლების მნიშვნელოვან ცვლილებებს. ცხრილ 30-ში მოტანილი მასალები გვიჩვენებენ, რომ სისტემაში: „ნიადაგი-ლომონტიტი და ნტკილი“ (ცდის მეორე სერია), „ნიადაგი+ლომონტიტი+NPK“, „ნიადაგი+ნტკილი+NPK“ (ცდის მესამე სერია) და „ნიადაგი + ცეონაკ „ლ“, „ნიადაგი + ცეონაკ „ნ“-ის (მეოთხე სერია) დოზების ზრდის კვალობაზე მნიშვნელოვნად იცვლება სიმინდის „ჯვამეთის თეთრის“ მარცვლის ტექნიკური პარამეტრები. საერთოდ, მარცვლეულის და მ.შ. სიმინდის მარცვლის უმთავრეს ტექნიკურ პარამეტრად მიჩნეულია „მარცვლის ნატურა“. ეს არის 1 ლიტრი (ჰექტოლიტრი) მარცვლის წონა გრამებში (კგ-ში). ამ მაჩვენებლის ზრდა ნიშნავს მარცვლის დანარჩენი ხარისხობრივი და ტექნიკური პარამეტრების ზრდას. „რაც უფრო მაღალია მარცვლის ნატურა, მით უფრო სავსეა მარცვალი სამარაგო ნივთიერებებით, ხასიათდება მცირე ტენიანობით და გაწმენდილია მსუბუქი მინარევებისა და ფშუტე მარცვლებისაგან [38]. ჩვენს ექსპერიმენტში ლომონტიტისა და ნტკილის (ცდის მეორე სერია), მინერალურ-ცეოლითური (ცდის III სერია) და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების დოზების თანდათანობით მატების შესაბამისად მატულობს მარცვლის ნატურის მაჩვენებელი და მერყეობს 778 გრ/ლ (საკონტროლო I) და 892 გრ/ლ-ში (მე-11

ვარიანტი), „რაც სავსებით შეესაბამება სახელმწიფო სტანდარტით დადგენილ პარამეტრებს“ [38]. ამ მიმართულებით მიღებული ყველა მონაცემი ცხრილ 30-შია შეტანილი, ცხრილ 29-ში ნაჩვენებია ვარიანტების ანალოგიურად.

„მარცვლის ნატურის ზრდის შესაბამისად იზრდება მარცვლის საშუალო წონა, მატულობს მარცვლის მოცულობა და ხვედრითი წონა: ეს იმას ნიშნავს, რომ მარცვალი კარგი ხარისხისაა და ხასიათდება კარგი ტექნოლოგიური და სათესლე თვისებებით [38]. ამ მომენტში შემოდის „მარცვლის ფორიანობისა“ და „მარცვლის სიმჭიდროვის“ ცნება, რომელთაც აქვთ ურთიერთსაპირისპირო დამოკიდებულება. მარცვლის სიმჭიდროვის მაჩვენებელი თუ მაღალია, მაშინ მარცვლის ფორიანობის მაჩვენებელი დაბალია და – პირიქით. მარცვლის მაღალი სიმჭიდროვე მარცვლის მაღალი ხარისხის მაჩვენებელია, მაგრამ საწყობში ხვავად შენახვის დროს „მარცვალთშორისი სივრცეები“ ნაკლებია და გამჭოლი ჰაერის მოძრაობა შეზღუდულია, რის გამოც ხანგრძლივად შენახვა გაძნელებულია, ხოლო „მარცვლის მაღალი ფორიანობის“ შემთხვევაში მარცვალთშორისი სივრცეები დიდია, გამჭოლი ჰაერის მოძრაობა უფრო ინტენსიურია და გაუფუჭებლად მარცვლის ხვავად შენახვის შესაძლებლობა გახანგრძლივებულია.

მარცვლის სიმჭიდროვეს ანგარიშობენ ფორმულით:

$$\pi = \frac{N}{10 \cdot d} \% \quad [38]$$

სადაც, π – მარცვლეულის მასის სიმჭიდროვეა %-ში,

N – ნატურა (გ/ლ)

d – კუთრი მასა.

მარცვლის სიმჭიდროვის დადგენის შემდეგ ძალიან ადვილია მარცვლის „ფორიანობის“ დადგენა, რადგან მარცვლის ფორიანობა წარმოადგენს სხვაობას, მარცვლის მასის მთლიან მოცულობას (1000 მლ) გამოხატული %-ში (100%), და მარცვლის მასის სიმჭიდროვეს შორის, ასევე გამოხატულს %-ში.

ცხრილი 30-დან კარგად ჩანს მარცვლის „სიმჭიდროვესა“ და „ფორიანობას“ შორის დამოკიდებულება, ისინი ურთიერთ მაპირობებელი სიდიდეებია. ასე, მაგალითად: საკონტროლო I ვარიანტში (ცდის I საკონტროლო სერია), სხვა ვარიანტებთან შედარებით ფორიანობა მაღალია, ხოლო მარცვლის სიმჭიდროვის მაჩვენებელი შედარებით დაბალი, შესაბამისად დაბალია მარცვლის ნატურა, ერთი მარცვლის საშუალო წონა, მოცულობა და ხვედრითი წონა. დიდია ნატურაში მარცვლის რაოდენობა. ეს მიუთითებს იმაზე, რომ ამ

ვარიანტიდან მიღებული მარცვალი წერილია, არ არის სამარაგო ნივთიერებებით სავსე და აქედან გამომდინარე ნაკლებია მისი სასაქონლო და სათესლე თვისებები. ამ ვარიანტის (ვარიანტი I) უარყოფით მაჩვენებლებთან ერთად უნდა მივუთითოთ დადებით მახასიათებლებზეც. ეს არის ის, რომ ამ შემთხვევაში მარცვლის ფორიანობა შედარებით მაღალია და მარცვლის ხეავის (ნაყარის) სახით საწყობში შენახვა უფრო საიმედოა, რადგან მარცვლის მაღალი ფორიანობის გამო ხეავის თვითვენტილაცია შეიძლება საკმაოდ ინტენსიურად მიმდინარეობდეს.

ცხრილი 30. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გაველენა სიმინდის „აჯამეთის თეთრის“ მარცვლის ტექნიკურ მაჩვენებლებზე 2004 წლის მოსავლის მიხედვით

ვარიანტის №	მარცვლის ნატურა (N)	ნატურაში მარცვლის რაოდენობა (n)	1 მარცვლის საშუალო წონა $m = \frac{N}{n}$	1 მარცვლის მოცულობა $V = \frac{1000}{n}$	მარცვლის ხვედრითი წონა $d = N : V : 1000$	მარცვლის სიმჭიდროვე $\pi = \frac{N}{10 \cdot d} \%$	მარცვლის ფორიანობა (S)
	გრ/ლიტრი	ცალი	გრ	მილილიტრი	გრ/სმ ³	%	%

ცდის I (საკონტროლო) სერია

1	778,0	1951,0	0,399	0,513	1,52	51,2	48,8
2	890,0	1934,0	0,460	0,517	1,72	51,7	48,3
3	820,0	1903,0	0,431	0,525	1,56	52,6	47,4

ცდის II სერია

7	868,0	1962,0	0,451	0,519	1,67	52,0	48,0
	890,0	1902,0	0,468	0,526	1,69	52,7	47,3

ცდის III სერია

11	892,0	1938,0	0,462	0,519	1,73	51,8	48,2
	891,0	1936,0	0,456	0,516	1,71	51,6	48,4

ცდის IV სერია

15	870,0	1929,0	0,458	0,521	1,66	52,8	47,2
	872,0	1932,0	0,456	0,522	1,68	53,4	46,4

მინერალური სასუქების (NPK) ყოველწლიურად, სრული აგროტექნიკური ნორმით, გამოყენების შემთხვევაში (ცდის I საკონტროლო სერია, ვარიანტი 2),

საკონტროლო I-თან შედარებით მარცვლის ნატურა მნიშვნელოვნად გაზრდილია, ხოლო ნატურაში მარცვლის რაოდენობა ნაკლებია, შესაბამისად დიდია მარცვლის საშუალო და ხვედრითი წონა, მარცვლის მოცულობა და სიმჭიდროვე, შემცირებულია ფორიანობა. ეს მიუთითებს ვარიანტი II-დან მიღებული მოსავლის უკეთეს სასაქონლო და სათესლე ღირსებებზე.

საქონლის ახალი ნაკელის გამოყენების შემთხვევაში (ცდის I საკონტროლო სერია, ვარიანტი 3). ამ მონაცემებს შუალედური ადგილი უკავია საკონტროლო I და II ვარიანტებს შორის. ეს განპირობებულია იმით, რომ მინერალურ სასუქებთან შედარებით ორგანული სასუქების მოქმედება ხანგრძლივია დროში და შემდგომ წლებში უფრო მაღალი და სტაბილური მაჩვენებლების მიღებაა მოსალოდნელი.

ნიადაგში (სასუქების გარეშე) სუფთა დაღერდილი ლომონტიტის და ნტკილის 20 ტ/ჰაზე შეტანის შემთხვევაში (ცდის II სერია, ვარიანტი 7) ყველა ზემოთმოტანილი მაჩვენებლები უმჯობესდება საკონტროლო III-ის დონეზე. აქაც ადგილი აქვს ხანგრძლივმოქმედებას და მაჩვენებლების გაუმჯობესებას შემდგომ წლებში.

ყველა მუხლის მიხედვით, საუკეთესო მაჩვენებლებია მიღებული ორგანულ-ცეოლითური სასუქების 40 ტ/ჰაზე გამოყენების დროს (ცდის IV სერია, ვარიანტი 15). ამ სასუქების მოქმედება მნიშვნელოვნად აჭარბებს საკონტროლო ვარიანტს და აქვს ხანგრძლივმოქმედების დიდი პერსპექტივა.

ამგვარად: განხილული მასალები იძლევა საშუალებას დავასკვნათ, რომ

1. დასავლეთ საქართველოს სუბტროპიკულ ჭარბტენიან ზონაში, გაეწრებული მჟავე რეაქციის წითელ და ყვითელ ლებიან მიწებზე, ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილისა და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების 20 და 40 ტ/ჰაზე სამ წელიწადში ერთხელ შეტანა მნიშვნელოვნად ააქტიურებს ნიადაგში და მცენარეში მიმდინარე ბიოლოგიურ და ბიოქიმიურ პროცესებს, მნიშვნელოვან ცვლილებებს იწვევს ტაროსა და მარცვლის სტრუქტურულ და ტექნიკურ პარამეტრებში და თვალსაჩინოდ ზრდის კულტურის მოსავლიანობას, სოიასთან შერეულ ნათესში.

2. რეკომენდებული ნორმებით, აღნიშნული კომპონენტების, სამ წელიწადში ერთხელ ნიადაგში შეტანა ზრდის ტაროს რიცხოვნობას ჰექტარზე, ორ-სამჯერ იზრდება ტაროს მოცულობა და წონა, აგრეთვე მარცვლის რაოდენობა ტაროზე. ყველაფერი ეს უზრუნველყოფს მაღალი და ეკოლოგიურად ჯანსაღი მოსავლის მიღებას.

3. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითოვანი სასუქების გამოყენება სიმინდის სოიასთან შერეული ნათესის გასანოყიერებლად, მეტწილად თანაბარ და ზოგჯერ უფრო დიდ გავლენას ახდენს, მინერალურ სასუქებთან შედარებით, სიმინდის მარცვლის ტექნიკური მაჩვენებლების გაუმჯობესებაზე. ანუ მნიშვნელოვნად იზრდება სიმინდის მარცვლის აბსოლუტური და ხვედრითი წონა, მარცვლის მოცულობა, მიიღება გლუვზედაპირიანი, სამარაგო ნივთიერებებით სავსე მარცვალი, რაც აპრობებს მარცვლის ტექნოლოგიური და სათესლე ღირსებების მნიშვნელოვან გაუმჯობესებას, რაც გამოიხატება „მარცვლის სიმჭიდროვის“ გაზრდაში, ფორიანობისა და მარცვალშორისი სივრცეების შემცირებაში.

4. ადგილობრივი წარმოშობის, იაფი მინერალის, ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითოვანი სასუქის, სიმინდის სოიასთან შერეული ნათესის გასანოყიერებლად, სამ წელიწადში ერთხელ ნიადაგში შეტანა, ხსნის ამ კულტურების შერეული ნათესის გასანოყიერებლად მინერალური სასუქების ყოველწლიურად შეტანის აუცილებლობას (რაც უპირატესად სასურველია სიმინდში შეთესილი სოიასთვის, რადგან აძლიერებს მათ სიმბიოზურ დამოკიდებულებას), რაც ქმნის ეკოლოგიურად ჯანსაღი და ეკონომიურად იაფი მოსავლის მიღების რეალურ შესაძლებლობას.

V.4.3. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილისა და ორგანულ-ცეოლითოვანი სასუქების ცეონაკ „ლ“-ისა და „ნ“-ის გავლენა სიმინდის ტაროს, მარცვლისა და ჩაღის მოსავლიანობაზე, სიმინდისა და სოიას შერეული ნათესიდან

ბუნებრივი ცეოლითების დადებითი გავლენა სხვადასხვა კულტურების მოსავლიანობაზე და პროდუქციის ხარისხზე მოტანილია მთელ რიგ მეცნიერულ ნაშრომებში [97, 153, 124, 150, 155, 154, 156, 100, 217, 167, 4, 177, 104].

ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების ცეონაკ „ლ“ და „ნ“-ის გავლენით სიმინდის ტაროსა და მარცვლის მოსავლიანობის მაჩვენებლები მოტანილია სიმინდის და სოიას შერეული ნათესიდან ცხრილ 31-ში. გამოცდილი 15 ვარიანტიდან მოსავლიანობის თვალსაჩინო მატებით ხასიათდება მე-2 (ცდის I საკ.სერია), მე-7 (ცდის II სერია), მე-11 (ცდის III სერია) და მე-15 (ცდის IV სერია) ვარიანტები. მე-2 ვარიანტი საკონტროლოა და მასში ყოველწლიურად შეგვქონდა მინერალური სასუქების

ცხრილი 31. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდის ტაროსა და მარცვლის მოსავლიანობაზე (ცდის სქემა ის. ცხრილ 27-ში)

მ.წ. N ვადაცვლები	წლების მიხედვით ტაროს მოსავალი და მარცვლის გამოსავალი %-ობით												მარცვლის სამი წლის საშუალო მოსავალიდან						
	2003 წელი			2004 წელი			2005 წელი			სამი წლის საშუალო			გ ა დ ა ხ რ ა (+ -)						
	ტაროს მოსა- ვალი	მარცვ- ლის გამოსა- ვალი	მარცვ- ლის მოსა- ვალი	ტაროს მოსა- ვალი	მარც- ვლის გამო- სავალი	მარცვ- ლის მოსა- ვალი	ტაროს მოსა- ვალი	მარცვ- ლის გამო- სავალი	მარცვ- ლის მოსა- ვალი	ტაროს მოსა- ვალი	მარც- ვლის გამო- სავალი	მარც- ვლის მოსა- ვალი	I საკონტროლოს მიმართ		II საკონტროლოს მიმართ		III საკონტროლოს მიმართ		
	ც/პა	%	ც/პა	ც/პა	%	ც/პა	ც/პა	%	ც/პა	ც/პა	%	ც/პა	ც/პა	ც/პა	%	ც/პა	ც/პა	%	ც/პა
ცდის I (საკონტროლო) სერია																			
1	71,8	79,1	56,7	71,7	78,3	56,2	73,2	80,0	58,6	72,2	79,1	57,1	-	-	-18,3	-24,3	-5,8	-9,2	
2	81,5	79,3	64,6	99,8	78,8	78,6	101,7	82,0	83,4	94,3	80,0	75,4	18,3	32,1	-	-	12,5	19,9	
3	73,8	79,6	58,7	80,0	78,8	63,0	82,5	81,0	66,8	78,8	79,8	62,9	5,8	10,3	-6,2	-16,6	-	-	
ცდის II სერია																			
7	80,0	79,4	63,5	83,0	78,7	65,4	84,7	81,4	68,9	82,6	79,8	65,9	8,8	15,4	-9,5	-12,6	-3,0	4,8	
	80,0	81,2	65,0	92,1	79,1	72,9	93,2	81,5	76,0	88,4	80,6	71,3	14,2	24,9	-4,1	-5,4	8,4	13,4	
ცდის III სერია																			
11	80,8	79,5	64,2	93,5	78,9	73,8	90,5	81,3	73,6	88,3	79,9	70,6	13,5	23,6	-4,8	-6,4	7,7	12,2	
	83,8	79,1	66,3	95,4	79,0	75,4	93,0	81,8	76,1	90,7	80,0	72,6	15,5	27,1	-2,8	-3,7	9,7	15,4	
ცდის IV სერია																			
15	87,0	79,0	68,7	99,0	79,5	78,7	99,5	82,0	81,6	95,2	80,2	76,4	19,3	33,8	1,0	1,3	13,5	21,5	
	92,5	79,3	73,4	104,4	79,8	83,3	103,2	82,3	84,9	100,0	80,5	80,5	23,4	41,0	5,1	6,8	17,6	28,0	

სოიასთვის განსაზღვრული აგროტექნიკური ნორმა ($N_{60}P_{60}K_{60}$ კგ/ჰა), რაც აპირობებს სოიასთან ერთად სიმინდის მაღალი მოსავლის მიღებას. ცდის I (საკონტროლო) სერიიდან საყურადღებოა აგრეთვე მე-3 საკონტროლო ვარიანტი, სადაც სპეციალურად შესადარებლად შეტანილი გვაქვს ახალი სხვადასხვა ნაკელის ნაზავი (საქონლის, ფრინველის, ღორის) 20 ტ/ჰაზე, რომელიც, ცხადია, ვერ ჯობნის მეორე ვარიანტს, მაგრამ მოსავალი სტაბილური და მნიშვნელოვანია, აქვს აგრეთვე 3-4 წლიანი ხანგრძლივმოქმედების უნარი. ცდის II სერიაში მოსავლის მატება ყველა ვარიანტში აღინიშნება, მაგრამ ამ სერიის ვარიანტებიდან ყველაზე მაღალი მაჩვენებლებით ხასიათდება მე-7 ვარიანტი, სადაც შეტანილია (ჰექტარზე გადაანგარიშებით) 20 ტონა ლომონტიტი და ნტკილი. ცდის III სერიაში თითქმის ყველა ვარიანტი მნიშვნელოვანია, მაგრამ საუკეთესო მაჩვენებლებით ხასიათდება მე-11 ვარიანტი. ყველაზე უკეთესი მაჩვენებელი აქვს ცდის IV სერიის მე-15 ვარიანტს. დაახლოებით ამდგგარი ტენდენციით ხასიათდება სიმინდის ჩალის მოსავლიანობის მაჩვენებლები. ვარიანტებში, სადაც მაღალია ტაროსა და მარცვლის მოსავლიანობა, იქ მაღალია აგრეთვე ხმელი ჩალის მოსავალი. ჩალის მაღალი მოსავლის მიღება საყურადღებოა არა მარტო იმით, რომ დასავლეთ საქართველოს პირობებში ის ერთ-ერთი უხეში, შეუცვლელი ზამთრის საკვებია მეცხოველეობისათვის, არამედ მას გადამამუშავებელი მრეწველობა იყენებს ნედლეულად სხვადასხვა მასალების მისაღებად. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილის და ცეონაკ „ღ“-ისა და „ნ“-ის გავლენით სიმინდის ჩალის მოსავლიანობის მაჩვენებლები მოტანილია ცხრილ 32-ში, საიდანაც ნათლად ჩანს საცდელი მინერალების გავლენა მის მოსავლიანობაზე. აქ, როგორც სიმინდის მარცვლის შემთხვევაში, მაღალი მაჩვენებლები აქვს ცდის I საკონტროლო სერიიდან მე-2 ვარიანტს და ცდის III სერიიდან მე-11 ვარიანტს, ხოლო ცდის IV სერიიდან მე-15 ვარიანტს. საშუალო მახასიათებლები გააჩნია ცდის I სერიიდან მე-3 ვარიანტს და ცდის II სერიიდან მე-7 ვარიანტს.

ამგვარად: დასავლეთ საქართველოს ჭარბტენიანი სუბტროპიკული ზონის ეწერი, მჟავე რეაქციის ნიადაგებში, ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილის (20 ტ/ჰა) და ცეონაკ „ღ“ და „ნ“-ის (40 ტ/ჰა) შეტანა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს სიმინდის და სოიას ნარევი ნათესის მარცვლისა და ჩალის მოსავლიანობაზე, არა მარტო შეტანის პირველ წელს, არამედ მომდევნო სამი წლის განმავლობაშიც, რასაც მეტად საყურადღებო აგროეკოლოგიური,

აგროქიმიური და სამეურნეო მნიშვნელობა აქვს ამ მხარის მიწათმოქმედებისათვის.

ცხრილი 32. ლომონტიტის, ნტკილის და ცეონაკ „ლ“ და „ნ“ გავლენა სიმინდის ჩაღის მოსავლიანობაზე (ცდის სქემა იხ. ცხრილ 27-ში)

ვარიანტების №	წლების მიხედვით ჩაღის მოსავალი				ჩაღის სამი წლის საშუალო მოსავლიდან					
	2003	2004	2005	სამი წლის საშუალო	გადახრა (+ -)					
					I საკ. მიმართ.		II საკ. მიმართ.		III საკ. მიმართ.	
	ც/პა	ც/პა	ც/პა	ც/პა	ც/პა	%	ც/პა	%	ც/პა	%
ცდის I (საკონტროლო) სერია										
1	101,5	104,2	102,2	102,6	-	-	-38,8	-27,4	-21,3	-17,2
2	143,8	144,0	136,5	141,4	38,8	37,8	-	-	17,5	14,1
3	124,5	126,7	120,5	123,9	21,3	20,8	-17,5	-12,4	-	-
ცდის II სერია										
7	126,0	120,0	134,2	126,7	24,1	23,5	-14,7	-10,4	2,8	2,3
	143,8	135,7	139,2	139,6	37,0	36,1	-1,8	-1,3	15,7	12,7
ცდის III სერია										
11	139,0	114,0	143,7	132,2	29,6	28,8	-9,2	-6,5	8,3	6,7
	149,0	125,0	153,0	142,0	39,7	38,7	0,9	-0,6	18,4	14,9
ცდის IV სერია										
15	151,5	140,5	162,0	151,3	48,7	47,5	9,9	7,0	27,4	22,2
	154,3	150,3	166,2	156,9	54,3	52,9	15,5	11,0	33,0	26,61

V.4.4. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილის, ცეონაკ „ლ“ და „ნ“-ის გავლენა სიმინდის „აჯამეთის თეთრის“ ხარისხობრივ მაჩვენებლებზე.

მცენარეთა კულტივირების დროს დიდი მნიშვნელობა აქვს არა მარტო მაღალი მოსავლის მიღებას, არამედ მის ხარისხსაც, მის ტექნოლოგიურ თვისებებს [103]. მარცვლის ხარისხზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს გარეგანი ფაქტორები: ჰაერისა და ნიადაგის ტემპერატურა, ნალექები, შეტანილი

სასუქების რაოდენობა და სახეები, დაავადება-მავნებლები და სხვა. მარცვლის ხარისხზე გავლენას ახდენს აგრეთვე ადამიანის ზემოქმედება სხვადასხვა რეაგენტებით, მცენარის ვეგეტაციის პერიოდში, და ა.შ.

მარცვლისა და მისი გადამუშავების პროდუქტების ერთ-ერთი მეტად მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნივთიერებაა აზოტოვანი ნაერთები. მათ შორის ყველაზე დიდი მნიშვნელობა აქვს ცილებს. მარცვალში ცილები მოცემულია მარტივი და რთული სახით. მარტივი ცილები პროტეინებია, ცილის შემცველობა საკონტროლო I-ში შეადგენს 6,8%-ს, საკონტროლო II-ში 10,3%-ს და საკონტროლო III-ში 9,7%. ასეთივე კანონზომიერებით ხასიათდება ნედლი პროტეინის შემცველობაც.

ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის და ნტკილის 20ტ/ჰა-ზე გამოყენების შემთხვევაში (ვარიანტი 7) აღნიშნული მაჩვენებლები ჭარბობს I საკონტროლოს, მაგრამ ნაკლებია II და III საკონტროლოს მაჩვენებლებზე ხოლო მათი მინერალურ სასუქებთან ერთად შეტანის შემთხვევაში თითქმის უტოლდება საკონტროლო II-ს (ვარიანტი 11). 40ტ/ჰა-ზე ცეონაკ „ლ“ და „ნ“-ს გამოყენების პირობებშიც ის უტოლდება II საკონტროლოს მაჩვენებლებს. გამონაკლისს წარმოადგენს ნიტრატები, რომლის შემცველობა ყველაზე მაღალია საკონტროლო II-ში, სადაც გამოყენებული მინერალური სასუქების დოზები შეადგენს $N_{60}P_{60}K_{60}$ კგ/ჰა-ზე.

ცხიმები, ნახშირწყლებსა და ცილებთან ერთად, მარცვლოვანების ერთ-ერთი სამარაგო ნივთიერებაა და კვების უმნიშვნელოვანი კომპონენტია. მცენარეული ცხიმები ძირითადად უჯერი ცხიმოვანი მუავეებია, რის გამოც ისინი ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე თხევად მდგომარეობაში არიან. უჯერი ცხიმოვანი მუავეები ხასიათდება მაღალი კვებითი ღირებულებით. ისინი ძირითადად ჩალაგებულია მარცვლის ჩანასახოვან ნაწილში [38]. ცხიმების მაღალი შემცველობით გამოირჩევა მე-2, მე-11 და მე-15 ვარიანტები, თუმცა მე-3 და მე-7 ვარიანტებშიც მათი შემცველობა აჭარბებს საკონტროლო I-ს.

ცხრილი 33. სიმინდის „აჯამეთის თეთრის“ მარცვლის ქიმიური შედგენილობა (ანალიზი შესრულებულია აგროქიმიური სამსახურის ანასეულის ცენტრში)

პერსპექტიული ვარიანტების №№	წილი	აზოტოვანი ნივთიერებები			ცხიმები			ნახშირწყლები			ნაცარი
		ცილა (ბერშტეინის მეთოდით)	ნედლი პროტეინი	ნიტრატები	ცხიმი (სოქსლეტის მეთოდით)	მუკოვანობის რიცხვი	ფხვილის მუკოვანობა	შაქარი	სახამებელი	უჯვრედისი	
	%	%	%	მგ/კგ	%	მგ/კგ	გრაღუხი	%	%	%	%
ცდის I (საკონტროლო) სერია											
1	14,0	6,8	6,7	26,3	3,2	3,4	2,03	1,59	41,0	1,7	0,80
2	“	10,3	10,5	121,0	4,7	3,8	2,12	4,17	48,0	2,4	1,41
3	“	9,7	9,4	58,0	3,9	3,4	2,06	3,14	45,0	1,9	0,70
ცდის II სერია											
7	“	8,7	8,9	43,0	3,7	3,3	2,04	3,24	41,0	2,0	1,00
	“	8,9	8,7	46	3,5	3,4	2,04	3,21	44,0	2,1	1,10
ცდის III სერია											
11	“	9,4	9,2	68,0	4,4	3,6	2,01	3,9	47	2,2	1,12
	“	9,3	9,7	70,0	4,7	3,4	2,0	3,8	52,0	2,2	1,10
ცდის IV სერია											
15	“	10,2	9,6	57,0	4,3	3,5	1,9	4,4	57,0	1,9	1,1
	“	10,3	10,7	59,0	4,6	3,7	2,1	4,3	66,0	2,3	1,2

ნახშირწყლები მარცვლის ერთ-ერთი ძირითადი შემადგენელი ნივთიერებაა და შეადგენს მარცვლის ორგანულ ნივთიერებათა საერთო რაოდენობის 75-78%-ს [38]. მარცვალში ნახშირწყლები უმთავრესად წარმოდგენილია სახამებელის სახით. სახამებელის შემცველობა საკვლევე მარცვალში (საკონტროლო I) 41%-ია, ხოლო დანარჩენ ვარიანტებში მნიშვნელოვნად მეტია.

ამდენად შეიძლება დავასკვნათ, რომ კოლხეთის ჭარბტენიან ზონაში მუავე, ეწერი ნიადაგების გაპატივება ბუნებრივი ცეოლითით – ლომონტიტით, ნტკილით და ორგანულ-ცეოლითური სასუქებით ცეონაკ „ლ“ და „ნ“ იწვევს ნიადაგის ბიოლოგიური აქტივობის ამაღლებას, სიმინდის მოსავლიანობის ზრდას და მარცვლის ქიმიურ შედგენილობაში ცვლილებებს სასურველი მიმართულებით.

V.5. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტიკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდში შერეულად ნათეს სოიას ონთოგენეზში ფენოფაზების გავლენა, ბიომეტრულ მაჩვენებლებზე, მოსავლიანობაზე, პროდუქციის ხარისხზე და ეკონომიურ ეფექტიანობაზე

V.5.1. ლომონტიტის, ნტიკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდში შეთესილი სოიას ფენოფაზების მსვლელობაზე

სოია, საერთოდ, საკმაოდ რთული ბიოლოგიური ბუნების მატარებელი მცენარეა. ამის გამო მისგან მაღალი მოსავლის მიღება შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა ზედმიწევნით იქნება შესწავლილი მისი ბიოლოგიური მოთხოვნები. ამას აღწევენ ბიოლოგიური კონტროლის მეთოდის გამოყენებით.

ბიოლოგიური კონტროლის მეთოდის გამოყენება მცენარის ზრდა-განვითარების მსვლელობაზე ემყარება მცენარის ონთოგენეზში, ორგანოგენეზის გავლის ეტაპებს და იძლევა საშუალებას შედარებით დაწვრილებით შევისწავლოთ მცენარის მოთხოვნილება გარემოკომპლექსის მიმართ ორგანოგენეზის სხვადასხვა ეტაპზე და მოვახდინოთ მათ მსვლელობაზე მნიშვნელოვანი კორექცია სხვადასხვა რეაგენტების გამოყენებით. ონთოგენეზში იგულისხმება ორგანიზმის ინდივიდუალური განვითარება (სიცოცხლის ციკლი) მისი ჩასახვიდან ბუნებრივ სიკვდილამდე [55]. ყოველგვარი ორგანიზმის განვითარების ციკლი (ონთოგენეზი) დაყოფილია შემდეგ ძირითად: ემბრიონალური, სიემაწვილის (ЮВЕНИЛЬНЫЙ) ანუ ახალგაზრდობის, სიმწიფის, გამრავლებისა და სიბერის პერიოდებად [146]. მაგრამ ინდივიდის სიცოცხლის ეს მთელი ციკლი (ონთოგენეზი), მისი ორგანიზმის ცალკეული ორგანოების ფორმირებისა და ზრდის შესაბამისად დაყოფილია და მას ორგანოგენეზის ეტაპები ეწოდება [55], რომელიც მცენარის ზრდა-განვითარების რაღაც ფაზებშია მოქცეული და მას ზრდა-განვითარების ფენოფაზები ქვია. ეს გულისხმობს მცენარის ზრდა-განვითარების ძირითადი ფაზების რეგისტრაციას, მაგრამ სრულად არ ასახავს ორგანოების ფორმირების მსვლელობას ანუ ორგანოთა წარმოქმნის რთულ პროცესებს, მიმდინარეს ფაზებს შორის პერიოდში. სოიასთვის აღინიშნება შემდეგი ძირითადი ფენოფაზები: 1. აღმოცენება, 2. სამი ნამდვილი ფოთლის განვითარება, 3. დატოტვა, 4. დაკოკრება, 5. ყვავილობა, 6. დაპარკება, 7. პარკების გაყვითლება და 8. სრული სიმწიფე [105]. შემდეგ ღვება მოსავლის აღების დრო. ერთი ფენოფაზის ფარგლებში გარემოკომპლექსის

მიმართ მცენარის მრავალფეროვანი მოთხოვნილების პარამეტრების დასადგენად მხოლოდ ფენოლოგიური დაკვირვება საკმარისი არ არის, არამედ საჭიროა აგრეთვე ორგანოგენეზის ეტაპებზე და შესაბამისად ბიომეტრულ მაჩვენებლებზე (სიმაღლე, სიგანე, ჰაბიტუსი, მცენარის საშუალო წონა და სხვა) დაკვირვება. გარდა ამისა, მცენარის სასიცოცხლო ციკლი ზრდის ფაზების გარდა მოიცავს განვითარების რამდენიმე სტადიას. ყოველი სტადია ხასიათდება იმ სპეციფიკური მოთხოვნილებებით, რომლებსაც მცენარე გარემოკომპლექსს უყენებს. ამჯერად, კარგადაა შესწავლილი მცენარეთა განვითარების ორი – იაროვიზაციისა და სინათლის სტადია. მათი გავლა მცენარეთა ყვავილობაში გადასვლის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს [3]. ამდენად მცენარის ზრდა და განვითარების აღნიშნული ფაზებისა და სტადიების ურთიერთკავშირში შესწავლა ქმნის სრულ წარმოდგენას, თუ როგორია გარემოკომპლექსის, რომელიმე ცალკე აღებული ელემენტის ან ელემენტთა ერთობლიობის გავლენა მცენარის ზრდის ფენოფაზების და განვითარების სტადიების მსვლელობაზე ორგანოგენეზის ეტაპების გავლასთან მიმართებაში.

მცენარეს მთელი სიცოცხლის მანძილზე ჭირდება სინათლე, სითბო, წყალი, საკვები ნივთიერებები, მაგრამ სინათლის სტადიის გავლას წინ უნდა უძღოდეს იაროვიზაციის სტადიის გავლა, რომლის გავლის დაჩქარება შესაძლებელია წყლისა და კვების რეჟიმის გაძლიერებით, ხოლო შემდგომ დროის გარკვეულ მონაკვეთში სინათლის სტადიის გასაველად მცენარეს სჭირდება დღის განსაზღვრული ხანგრძლივობა და განათების ინტენსიობა. ამის მიხედვით მცენარეები დაყოფილია სამ ჯგუფად: 1. გრძელი დღის, 2. მოკლე დღის, 3. ნეიტრალურ მცენარეებად. გრძელი დღის მცენარეებისათვის განათების მინიმალური ხანგრძლივობა დღე-ღამეში უნდა იყოს 14, უკეთესია 16-18 საათი, მოკლე დღის მცენარეებისათვის განათების მაქსიმალური ხანგრძლივობა არ უნდა აღემატებოდეს 14 საათს. უკეთესია 10-12 საათი. ნეიტრალური მცენარეები დღის ხანგრძლივობაზე არ რეაგირებენ [21].

დადგენილია, რომ ბუნებრივ ცეოლითებს აქვთ მაღალი მოლეკულურ-საცრული, ადსორბციული თვისებები, მნიშვნელოვანი სელექტიურობა და იონთგაცვლითი ტევადობა [145], მათ შეუძლიათ შთანთქონ 1 მლგექ/გრამში ამონიუმი და კალიუმი, რომლებიც შემდეგ თანდათანობით გადადიან ნიადაგის ხსნარში და თანაბარზომიერად კვებავენ მცენარეს, ამით ისინი ახანგრძლივებენ მინერალური სასუქების მოქმედების ვადებს და ამცირებენ დანაკარგებს [154]. ამით ბუნებრივი ცეოლითები მნიშვნელოვნად აძლიერებენ ნიადაგის

პროდუქტიულობას. იაპონელი მეცნიერები თვლიან, რომ ბუნებრივი ცეოლითის შეტანა ნიადაგში იწვევს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის ზრდას 15-დან 63%-მდე [219]. ნიადაგში 5, 10, 15, 20 ტ/ჰაზე ბუნებრივი ცეოლითის შეტანა იწვევს წყალშეკავების თვისების მნიშვნელოვან ზრდას [50]. ბუნებრივი ცეოლითების დადებითი გავლენა გაეწრებული ნიადაგების პროდუქტიულობაზე ნაჩვენებია მთელ რიგ ნაშრომებში [179, 176, 77, 110].

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ჩვენი მიზანი იყო ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების „ცეონაკ „ლ“ და „ნ“-ით სხვადასხვა დოზების გამოყენების ფონზე გაგვეხორციელებინა ბიოლოგიური კონტროლი სიმინდში შეთესილი სოიას ზრდა-განვითარებაზე და დაგვედგინა მათი გავლენა აღნიშნულ პროცესებზე.

დაკვირვება ჩავატარეთ ცდის სქემა I-ის მიხედვით (იხ. გვ. 47) ცდის I (საკონტროლო) სერიის სამ ვარიანტზე და II, III და IV სერიის მე-7, მე-11 და მე-15 პერსპექტიულ ვარიანტებზე. დაკვირვების ყველა ელემენტი დაგეგმილი გექონდა პროფესორ დოსპეხოვის მინდვრის ცდის მეთოდის მიხედვით [81] მიღებული შედეგები მოტანილია ცხრილ 33-ში, საიდანაც ჩანს, რომ უსასუქო ვარიანტში (საკ. I) 3 წლის მონაცემებით, სოიას ზრდა-განვითარება მთავრდება 169-170 დღეში. მინერალური სასუქების რეკომენდებული დოზების (N₆₀P₆₀K₆₀ კგ/ჰა) გამოყენების შემთხვევაში ეს პროცესი საშუალოდ 4-5 დღით ჩქარდება (ვარ.2). 20 ტ/ჰა ახალი ნაკელის გამოყენების შემთხვევაში ეს მაჩვენებელი 2-3 დღით განისაზღვრება (ვარ.3). 20 ტ/ჰაზე სუფთა ლომონტიტის და ნტკილის შეტანა ნიადაგში, სოიას ზრდა-განვითარებას აჩქარებს აგრეთვე 2-3 დღით, ასევე მინერალების მინერალურ სასუქებთან (N₆₀P₆₀K₆₀) ერთად შეტანა პროცესს აჩქარებს 4-5 დღით, ხოლო 40 ტ/ჰა ცეონაკ „ლ“ და „ნ“-ის შეტანის შემთხვევაში ეს პროცესი ჩქარდება (მინერალური სასუქების მოქმედების თანაბრად) 3-4 დღით.

სოიას მცენარის ზრდა-განვითარების ტემპების დაჩქარებით გავლას თუნდაც 4-5 დღით გარკვეული დადებითი სამეურნეო მნიშვნელობა აქვს, რადგან დასავლეთ საქართველოს ტენიან სუბტროპიკულ ზონაში, კერძოდ სამეგრელოს რეგიონში, ოქტომბერ-ნოემბერში მოსალოდნელია წვიმიანი ამინდის სისშირე, რის გამოც სოიას მოსავლის აღება ჭიანურდება და ადგილი აქვს საკმაოდ მნიშვნელოვან დანაკარგებს. 4-5 დღით ადრე მოსავლის აღება სავარაუდოდ ემთხვევა მშრალ პერიოდს და მოსავლის აღების დროს დანაკარგები გაცილებით ნაკლები იქნება.

ცხრილი 33. სიმინდში შეთესილი სოიას ონთოგენეზში ზრდა-განვითარების ფაზების მსვლელობის მაჩვენებლები 2004 წლის მონაცემების მიხედვით

პერსექტიული ვარიანტების №№	თესვის დრო	აღმოცენება	3 ნამდვილი ფოთლის განვითარება	დატოტვა	დაკოკრება	ყვავილობა	დაპარკება	პარკების გაწყობლება	სრული სიმწიფე	მოსავლის აღება	სულ საკვამპტ-ციო პერიოდი
		75%	75%	75%	75%	75%	75	75%	75%	100%	დღეები

ცდის I (საკონტროლო) სერია

1	6.05	18.05	3.06	18.07	1.08	17.08	3.09	23.09	21.010	27.010	169.0
2	“	“	2.06	13.07	25.07	8.08	27.08	20.09	18.010	24.010	166.0
3	“	“	3.06	16.07	29.07	14.08	28.08	19.09	19.010	25.010	167.0

ცდის II სერია

7	“	“	3.06	16.07	29.07	13.08	30.08	23.09	19.010	25.010	167.0
	“	“	3.06	16.07	29.07	13.08	30.08	24.09	18.010	25.010	167.0

ცდის III სერია

11	“	“	2.06	13.07	25.07	8.08	24.08	16.09	17.010	23.010	165.0
	“	“	2.06	14.07	26.07	8.08	24.08	16.09	17.010	23.010	165.0

ცდის IV სერია

15	“	“	2.06	15.07	26.07	9.08	25.08	17.09	18.010	24.010	166.0
	“	“	2.06	15.07	26.07	9.08	25.08	17.09	18.010	24.010	166.0

V.5.2. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდში შეთესილი სოიას ბიომეტრულ მაჩვენებლებზე.

სოიას ონთოგენეზში ფენოლოგიური ფაზების დაჩქარებული ტემპით გავლა დაკავშირებულია ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის და ნტკილის ნიადაგის მუავიანობის გამანეიტრალებელ თვისებებთან. სოიას ერთ-ერთ ძირითად საწარმოო ზონაში – ტენიან სუბტროპიკებში, მეტწილად გავრცელებულია გაეწრებული მუავე ნიადაგები, რომელთა მეტი წილი საჭიროებს ქიმიურ მელიორაციას [29]. მელიორანტად გამოიყენება კირი ან კირის შემცველი სხვა მასალები. ერთ-ერთ ასეთ მელიორანტად წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ ბუნებრივი ცეოლითი – ლომონტიტი, ნტკილი და მათი შემცველი ორგანულ-ცეოლითური სასუქები, რადგან ლომონტიტსა და ნტკილში ტუტე მეტალების

შემცველობა საკმაოდ მაღალია (იხ. ცხ. 9 და 10). ამ შემთხვევაში 1 ტონა ლომონტიტისა და ნტკილის გამანეიტრალებელი მოცულობა 1680,0 და 3500,0 გრ/ექვ-ია (ცხრილი 13.) 20 ტ/ჰა-ზე ლომონტიტის და ნტკილის შეტანის შემთხვევაში ნიადაგის pH-ის მაჩვენებელი 5,76 და 7,48 ერთეულს აღწევს (ცხრილი 14), რაც სრულიად ოპტიმალურია როგორც სოიასთვის, ისე სიმინდისათვის. ეს კი საბოლოოდ გამოიხატება მცენარის ბიომეტრული მაჩვენებლების, შესაბამისად ბიომასის ზრდის სტიმულაციაში და მაღალი მოსავლის მიღებაში (ცხრილები 34 და 35).

ცხრილი 34. ლომონტიტის, ნტკილის და ცეონაკ „ლ“ და „ნ“ გავლენა სიმინდში შეთესილი სოიას ბიომეტრულ მაჩვენებლებზე (მცენარეთა დგომის სიხშირე ჰექტარზე 95-100 ათასი ცალი)

პერსპექტიული ვარიანტების №	მიწისზედა ორგანოები და საასიმილაციო აპარატი										ფესვთა სისტემა					
	მცენარის საშუალო სიმაღლე	მცენარის საშუალო დიამეტრი	მცენარის საშუალო რადიუსი	მცენარის ჰაბიტუსი	მცენარის წონა პარკე-ბიანად და ფესკებიანად	ფოთლების რაოდენობა 1 მცენარეზე	1 მცენარის საასიმილაციო ფართობი	პარკების რაოდენობა 1 მცენარეზე	პარკების საერთო სიგრძე 1 მცენარეზე	მარცვლის საშ. რაოდენობა 1 მცენარეზე	მოსავალი ერთ მცენარეზე	ფესვის კვლიდან ღერძა ფესვის სიგრძე	ფესვთა სისტემის დიამეტრი	ფესვთა სისტემის რადიუსი	ფესვთა სისტემის ჰაბიტუსი	ფესვთა სისტემის წონა
	სმ	სმ	სმ	სმ ³	გრ	ცალი	სმ ²	ცალი	სმ	ცალი	გრ	სმ	სმ	სმ	სმ ³	გრ

ცდის I (საკონტროლო) სერია

1	77	42	21	35542	122	72	1806	17	85	33	4,5	22	17	8,5	1286	14
2	102	52	26	72170	190	101	3030	21	96	48	7,6	30	23	11,5	3184	16
3	95	48	24	57244	163	93	1978	19	88	42	6,0	27	21	10,5	2423	14

ცდის II სერია

7	92	48	24	55465	181	97	3476	20	100	41	6,7	28	21	10,5	2423	18
	94	46	24	55563	183	98	3480	22	106	43	6,8	29	22	11	2428	19

ცდის III სერია

11	109	58	29	95947	193	106	44,88	22	110	65	10,6	34	27	13,5	5150	20
	106	56	28	95940	190	104	44,00	20	106	66	10,2	32	26	13,0	5140	19

ცდის IV სერია

15	105	50	25	95856	187	102	43,2	20	104	65	10,0	31	26	13,0	5052	18
	107	52,0	26	95876	193	104	44,44	21	105	67	11,2	30	25	14,5	5012	19

თუ დავაკვირდებით ცხრილ 34-ს, დავინახავთ, რომ საკონტროლო I-თან შედარებით მნიშვნელოვნად გაზრდილია მცენარის საასიმილაციო აპარატი და

ფესვთა სისტემა როგორც მოცულობაში, ისე წონაში. სიმინდში შეთესილი სოიას ჩვენს მიერ მიღებული მოსავლიანობა სრულად აკმაყოფილებს აგროსამეურნეო მოთხოვნებს.

V.5.3. ლომონტიტის, ნტკილისა და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდში შეთესილი სოიას ბიომასისა და მარცვლის მოსავლიანობაზე.

ზუგდიდის რაიონის სოფ. დარჩელის ტიპიური ეწერი, გაღებებული ნიადაგების არეს რეაქცია (pH) უდრის 4,2 ერთეულს. არეს რეაქციის ასეთი მაჩვენებელი მიუღებელია სოიას კულტურისათვის. როგორც ცხრილი 35-დან ჩანს, ამ ნაკვეთზე სოიას ბიომასის მოსავალი შეადგენს 115,9 ც/ჰაზე. შესაბამისად დაბალია ბიომასიდან მარცვლის გამოსავალი (3,6%) და თვით მარცვლის მოსავალი 4,5 ც/ჰაზე (ცხრ. 35, ვარიანტი 1). მინერალური სასუქების ოპტიმალური დოზებით შეტანის შემთხვევაში, მართალია, ადგილი არა აქვს pH-ის ცვლილებებს, მაგრამ სოიას ბიომასის და მარცვლის მოსავალი თითქმის ორმაგდება. უმჯობესდება ბიომასიდან მარცვლის გამოსავალიც (ვარ.2). 20 ც/ჰაზე ახალი ნაკელის შეტანის შემთხვევაში ეს მაჩვენებლები 1,5-ჯერ აღემატება პირველ საკონტროლოს (ვარ. 3).

სუფთა ლომონტიტის და ნტკილის შეტანამ (20-20 ც/ჰაზე) შეცვალა pH-ის მაჩვენებელი და გახდა 5,76 და 7,48, ეი მუავე ნიადაგი გადავიდა „სუსტ მუავე და ნეიტრალურ“ კატეგორიაში და მიაღწია სიმინდისა და სოიასთვის საჭირო ოპტიმალურ მაჩვენებელს, რამაც გამოიწვია სოიას ბიომასის ზრდა 115,9-დან 172 და 173,9 ცენტნერამდე ჰექტარზე, გადიდა მარცვლის გამოსავლის მაჩვენებელი და მოსავალმა 4,5 ცენტნერიდან 8,9 და 9,2 ცენტნერს მიაღწია (ვარ. 7) იგივე მინერალების (20-20 ც/ჰა-ზე) მინერალურ სასუქებთან (N₆₀P₆₀K₆₀ კგ/ჰა) ერთად შეტანის შემთხვევაში სოიოს ბიომასის მოსავალმა 115,9-დან (საკ. I) 183,4 და 180,5 ცენტნერი, ხოლო მარცვლის მოსავალმა 9,9 და 9,8 ცენტნერი შეადგინა (ვარ. 11). ეს მიღწეულია ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენით ნიადაგის pH-ის განეიტრალებით და მათი განმეორებით შეტანის გარეშე. ასეთ სიტუაციას ადგილი აქვს მთელი 3 წლის განმავლობაში, როცა მინერალური სასუქების გამოყენების შემთხვევაში მათი შეტანა სავალდებულოა ყოველწლიურად (ვარიანტი 2). სწორედ ამაშია ამ მინერალების და მათ ბაზაზე დამზადებული ორგანული ცეოლითური სასუქების ხანგრძლივმოქმედების ეფექტი [158].

ცხრილი 35. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილისა და ცეონაკ „ლ“ და „ნ“-ის გავლენა სიმინდში შეთესილი სოიას ბიომასისა და მარცვლის მოსავლიანობაზე (მცენარეთა დგომის სისშირე 1 ჰა-ზე 95-100 ათასი ცალი)

ვარიანტების №№	პერსპექტიული ვარიანტები	ზომის ერთეული	KCl-ის სუსპენზიაში I მცენარის საშ. წონა პარკებიანად	ბიომასის მოსავალი		მარცვლამოსავალი ბიომასიდან	მარცვლის მოსავალი	
				გადახრა (+) საკონტრ. I-დან			გადახრა (+) საკონტრ. I-დან	
				ც/ჰა	%		ც/ჰა	%

ცდის I (საკონტროლო) სერია

1	საკ. I ნიადაგი უსასუქო	–	4,2	122,0	115,9	0,0	3,6	4,5	0,0
2	საკ. II ნიადაგი+NPK კგ/ჰა	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	“	190,0	180,5	55,7	4,0	7,2	60,0
3	საკ. III ნიადაგი + საქ. ახ. ნაკელი	20,0	“	163,0	154,9	33,6	3,7	6,7	48,8

ცდის II სერია

7	ნიადაგი+ლომონტიტი	20,0	5,76	134,0	172,0	48,4	4,6	8,9	97,8
	ნიადაგი+ნტკილი	20,0	7,48	183,0	173,9	50,0	4,6	9,2	104,4

ცდის III სერია

11	ნიადაგი+ლომონტიტი+NPK	20,0	5,76	193,0	183,4	58,2	4,5	9,9	120,0
	ნიადაგი+ნტკილი+NPK	20,0	7,48	190,0	180,5	55,7	4,7	9,8	117,8

ცდის IV სერია

15	ნიადაგი + ცეონაკი „ლ“	40,0	5,76	187,0	177,7	53,3	5,4	10,1	124,4
	ნიადაგი + ცეონაკ „ნ“	40,0	7,48	193,0	183,4	58,2	5,5	10,2	126,7

$$HCP_{0,5} = 0,2 \text{ ც/ჰა}, S_x = 0,63\%$$

ორგანულ-ცეოლითური სასუქის „ცეონაკ „ლ“ და „ნ“ გამოყენების შემთხვევაში ლომონტიტის, ნტკილის და ნაკელის ერთი სახეობის სასუქში (ცეონაკში) გაერთიანებით ძალიან ძლიერდება ამ სასუქის (ცეონაკის) მასტიმულირებელი ენერგია, მიუხედავად იმისა, რომ ნიადაგის pH-ზე ზემოქმედება მხოლოდ ლომონტიტით და ნტკილით არის გამოწვეული. ცნობილი ფაქტია, რომ ნაკელი მცირეოდენ გავლენასაც ვერ ახდენს ნიადაგის არეს რეაქციაზე. გამოთქმულ განმარტებას ადასტურებს „ცეონაკის“ გამოყენებით

ნიადაგის ნაყოფიერების გასადიდებლად (სტიმულაციისათვის) გამოვლენილი ენერგია, რაც გამოიხატა სოიას ბიომასისა და მარცვლის მოსავლიანობის ამადლებაში. ასე, მაგალითად: ნიადაგში 40-40 ტონა ცეონაკ „ლ“ და „ნ“-ის შეტანით (ვარ.15), ბიომასის მოსავალმა თითქმის ორჯერ გადააჭარბა პირველი ვარიანტის ბიომასის მოსავალს, ამასთან ბიომასიდან მარცვლის გამოსავალი 3,9-დან (ვარ.1) გაიზარდა 5,4 და 5,5%-მდე (ვარ.15) და სოიას მარცვლის მოსავალმა ჰექტარზე 10,1 და 10,2 ცენტნერი შეადგინა, რაც 124,4 და 126,7%-ით მეტია საკონტროლო I-თან (ვარ.1) შედარებით. სოიას ასეთი მოსავალი, სუბტროპიკული ზონის გაეწრებული მუხავე ნიადაგებზე, სიმინდში შეთესვის შემთხვევაში რეკორდულია. ამ მასალების ანალიზიდან გამომდინარე, შეიძლება გავაკეთოთ მოკლე, მაგრამ მნიშვნელოვანი დასკვნა, რომ 1. ჭარბტენიანი სუბტროპიკული ზონის მიწათმოქმედებაში სიმინდში შეთესილი სოიას კულტურის მაღალი მოსავლის მისაღებად ძალზე მნიშვნელოვანია ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის და ნტკილის მასტიმულირებელი როლი, რაც გამოიხატება მუხავე რეაქციის ნიადაგების pH-ის განეიტრალებაში. 2. ორგანულ-ცეოლითური სასუქის „ცეონაკ“-ის გამოყენება კი აორმაგებს ბუნებრივი ცეოლითის და ნტკილის მასტიმულირებელ ენერგიას და სოიას ბიომასისა და მარცვლის მოსავალი სიმინდში შეთესილი სოიასთვის სარეკორდო მაჩვენებლებს აღწევს. აქედან გამომდინარე, აღნიშნული სასუქის გამოყენება როგორც მოსავლიანობით, ისე ეკონომიური თვალსაზრისით, სრულიად მისაღებია.

V.5.4. ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილის და ცეონაკ „ლ“ და „ნ“-ის გავლენა სიმინდში შეთესილი სოიას „კოლხიდა 4“-ის ხარისხობრივ მაჩვენებლებზე.

სოია, ცილოვან-ზეთოვანი კულტურაა და მისი მარცვლის ხარისხის მაჩვენებელს განსაზღვრავს ცილების, ცხიმების, ნახშირწყლების და ვიტამინების შემცველობა. სოიას მარცვალში ცილები მეტია, ვინემ ცხიმები. როგორც ჩვენი, ისე სხვა მკვლევართა მონაცემებით, ცილებისა და ცხიმების შემცველობას შორის უკუდამოკიდებულებაა. სოიას ქიმიურ შედგენილობას ახასიათებს ცვალებადობის მაღალი დიაპაზონი, რაც დამოკიდებულია ძირითადად ნიადაგობრივ-კლიმატურ პირობებზე, გამოყენებული სასუქების რაოდენობაზე, სახეობრივ შედგენილობაზე და სხვა. ადგილობრივი სასუქის ერთ-ერთ სახედ შეიძლება მივიჩნიოთ ორგანილ-ცეოლითური სასუქი „ცეონაკი“ აგრეთვე ბუნებრივი ცეოლითი – ლომონტიტი და ნტკილი, რომელთაც

შეუძლიათ გარკვეული ზომით კორექტივები შეიტანონ სოიას მარცვლის ქიმიურ შედგენილობაში.

ცხრილი 36. ლომონტიტის, ნტკილისა და ცეონაკ „ლ“ და „ნ“-ის გავლენა სოიას „კოლხიდა 4“-ის ხარისხობრივ მაჩვენებლებზე

ვარიანტის №	ცილა ბერშტეინის მეთოდით	ცხიმი სოსკლერის მეთოდით	ნახშირწყლები		ვიტამინები			არაორგანული ნივთიერებები			
			სახამებელი	ცვლულოზა	კაროტინი	B ₁	C	საერთო აზოტი	ნედლი ნაცარი	Ca	P
			%	%	მგ/კგ	მგ/კგ	მგ/კგ	%	%	%	%

ცდის I (საკონტროლო) სერია

1	24,0	12,0	3,2	3,6	0,95	9,0	98,0	4,4	4,84	0,28	0,40
2	41,0	28,0	6,3	7,0	1,06	11,5	115,0	5,49	5,66	0,35	0,52
3	38,0	22,0	4,7	3,9	1,15	9,8	125,0	5,44	5,23	0,30	0,72

ცდის II სერია

7	31,0	18,5	7,1	4,9	1,09	13,0	137,0	5,21	5,11	0,32	0,73
	33,0	19,0	7,0	5,1	1,1	14,1	135,0	5,11	5,21	0,34	0,69

ცდის III სერია

11	40,5	26,0	7,4	6,2	1,2	17,5	185,0	5,37	5,27	0,38	0,75
	39,6	26,3	7,3	6,1	1,18	17,2	183,0	5,31	5,16	0,36	0,72

ცდის IV სერია

15	38,7	25,8	6,9	7,4	1,16	16,8	181,0	5,11	5,22	0,37	0,68
	39,1	26,1	7,1	6,7	1,18	17,1	179,2	5,13	5,25	0,36	0,70

როგორც ცხრილი 36-დან ჩანს, ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილის და ცეონაკ „ლ“ და „ნ“-ის გამოყენებით მნიშვნელოვნად იცვლება სოიას მარცვლის ბიოქიმია, ანუ საკონტროლო ვარიანტებთან შედარებით ცვლილებები თვალსაჩინოა. ჩვენს შემთხვევაშიც ცილები ჭარბობს ცხიმებს და ეს უფრო დიდ დიაპაზონშია მე-2, 7, 11 და 15 ვარიანტებში. ამრიგად, ბუნებრივი ცეოლითის – ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქის „ცეონაკ“-ის გავლენით მოსავლიანობის მატეხასთან ერთად უმჯობესდება პროდუქციის ხარისხობრივი მაჩვენებლები.

V.5.5.. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენა სიმინდისა და სოიას შერეული ნათესის ეკონომიურ ეფექტიანობაზე

ცნობილია, რომ ერთი და იგივე ღონისძიება სხვადასხვა ბუნებრივ-კლიმატურ და ეკონომიურ პირობებში განსხვავებულ შედეგს იძლევა, რომელთა დიდი მრავალფეროვნება ახასიათებს საქართველოს სოფლის მეურნეობას, მისი საწარმოო სპეციალიზაციის ზონების, რეგიონებისა და ცალკეული ადმინისტრაციული რაიონების მიხედვითაც კი. რომელიმე ღონისძიება, გარკვეულ ნიადაგობრივ-კლიმატურ და ეკონომიურ პირობებში შეიძლება მარალეფექტიანი იყოს, ხოლო სხვა პირობებში ნაკლებეფექტიანი აღმოჩნდეს [101]. ამის გამო, რომელიმე ახალი ღონისძიება წინასწარ ექვემდებარება გულდასმით შემოწმებას და შესწავლას, ეკონომიური ეფექტიანობის გათვალისწინებით, მხოლოდ ამის შემდეგ შეიძლება მიეცეს დასტური მას წარმოებაში დანერგვის მიზანშეწონილობაზე [13, 113]. საბოლოო დასკვნა არ შეიძლება გაკეთდეს მხოლოდ და მხოლოდ მისი ტექნიკური ეფექტიანობის (მაგ., საშუალო საჰექტარო მოსავლიანობა, წველადობა ან სადღეღამისო წონამატი და სხვა) მაჩვენებლების საფუძველზე. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია გაირკვეს, თუ შრომისა და მატერიალურ საშუალებათა რა დანახარჯების საფუძველზეა მიღწეული ტექნიკური ეფექტიანობა. ეს კი იმას ნიშნავს, რომ ახალი ღონისძიების ეფექტიანობისა და მიზანშეწონილობის საბოლოო შეფასებისათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ისეთი ეკონომიური კატეგორიის დადგენას, როგორცაა თვითღირებულება, მისი შემადგენელი ელემენტებით: წმინდა შემოსავალი, უკუგება და რენტაბელობის დონე [113]. ამ დებულებიდან გამომდინარე, აუცილებელია ჩვენს მიერ შესწავლილი და წარმოებაში დასანერგად რეკომენდებული ღონისძიების ეკონომიური ეფექტიანობის შეფასება ზემოთ მოტანილი კატეგორიების მიხედვით. ბუნებრივი ცეოლითების და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების მემცენარეობაში გამოყენების ეკონომიურ მიზანშეწონილობაზე საუბრია მთელი რიგი მკვლევარების შრომებში: [34, 33, 85, 198, 218, 75, 152, 41].

ცხრილი 37. ბუნებრივი ცვლითის – ლომონტიტის, ნტიკლის და ორგანულ-ცვლითური სასუქების გავლენა სიმინდსა და სოიას შერეული ნათესის ეკონომიურ ეფექტიანობაზე, სამი წლის საშუალო მონაცემების მიხედვით

გარდაცემის №	სიმინდი			სოია			სიმინდისა და სოიას შერეული ნათესის დანახარჯებისა და შემოსავლების ჯამი		ეკონომიური ეფექტი				
	სამი წლის საშუალო მოსავალი	1 პა-ზე სულ დანახარჯები	1 პა-დან სულ შემოსავალი	სამი წლის საშუალო მოსავალი	1 პა-ზე სულ დანახარჯები	1 პა-დან სულ შემოსავალი	დანახარჯი	შემოსავალი	1 პა-დან შემოსავალი	1 ლარზე სულ დანახარჯები	1 ლარზე სულ შემოსავალი	1 ჰექტარზე პროდუქციის თვითღირებულება	რენტაბელობის დონე
		ც/პა	ლარი	ლარი	ც/პა	ლარი	ლარი	ლარი	ლარი	ლარი	ლარი	ლარი	%

ცდის I (საკონტროლო) სერია

1	57,1	1195,0	2855,0	4,5	179,5	450,0	1374,5	3305,0	1930,0	2,41	240,7	241,0
2	75,4	1606,0	3770,0	7,2	220,6	720,0	1826,6	4490,0	2663,4	2,46	242,3	246,0
3	62,9	1262,0	3145,0	6,7	199,5	670,0	1461,5	3815,0	2353,5	2,61	232,4	261,0

ცდის II სერია

7	65,9	1295,0	3295,0	8,9	219,5	890,0	1514,5	4185,0	2670,0	2,76	229,8	276,0
	71,3	1295,0	3565,0	9,2	219,5	920,0	1514,5	4485,0	2970,5	2,96	212,4	296,0

ცდის III სერია

11	70,6	1706,0	3530,0	9,0	260,6	990,0	1966,6	4520,0	2553,4	2,30	278,6	230,0
	72,6	1706,0	3630,0	9,8	260,6	980,0	1966,6	4610,0	2643,4	2,34	273,1	234,0

ცდის IV სერია

15	76,4	1362,0	3820,0	10,1	209,5	1010,0	1571,5	4830,0	3958,5	3,07	205,7	307,0
	80,5	1362,0	4025,0	10,2	209,5	1050,0	1571,5	5045,0	3473,3	3,21	195,2	321,0

სიმინდისა და სოიას შერეული ნათესის ეკონომიური ანალიზის დროს დანახარჯები ამ კულტურების ერთობლივ მოყვანაზე უნდა გადანაწილდეს ამ კულტურებიდან მიღებულ წმინდა შემოსავალზე. ასე, მაგალითად: 1 ჰექტარი სიმინდის ყანის დამუშავება თუ ჯდება 1195 ლ (ცხრ.37, ვარიანტი 1), მას დაემატება სოიას თესლის ღირებულება და მოსავლის აღებაზე გაწეული ხარჯები და სულ საბოლოო დანახარჯი იქნება 1374,5 ლ. ამ შემთხვევაში კი რენტაბელობის დონე 241%-ია, მაგრამ მოსავლიანობა დაბალია (4,5 ც/ჰა). NPK-ს აგროტექნიკური ნორმების გამოყენების შემთხვევაში (ვარ.2) მოსავლიანობა 1,5-ჯერ იზრდება, მაგრამ რენტაბელობის დონე 246%-ია და მხოლოდ 5%-ით ჯობია პირველ ვარიანტს, ხოლო 20 ტ/ჰა ახალი ნაკელის გამოყენებით, მოსავალი და მასთან ერთად რენტაბელობაც იზრდება და ის 1 და 2 საკონტროლო ვარიანტებზე მეტია მთელი 20%-ით და შეადგენს 261%-ს. ცდის მეორე სერიაში მოსავლიანობის მატება თვალსაჩინოა და რენტაბელობაც მნიშვნელოვნად აჭარბებს საკონტროლო სერიის ვარიანტებს. ცდის მესამე სერიის ვარიანტები მოსავლიანობით მნიშვნელოვნად აჭარბებენ საკონტროლო ვარიანტებს, მაგრამ მათი რენტაბელობა საკმაოდ ჩამორჩება მათ. ეს გამოწვეულია ცვლილების ფონზე ყოველწლიურად მინერალური სასუქების გამოყენებით. ცდის მე-4 სერიის მოსავლიანობა და რენტაბელობა საკმაოდ მაღალ მაჩვენებლებშია გამოსატული. ამდენად, ყველაზე უფრო ეფექტური მაჩვენებლებით ხასიათდება 15 ვარიანტი და შემდეგ 7 ვარიანტი, მაგრამ ეს არ ნიშნავს იმას, რომ მე-11 ვარიანტის არარენტაბელობას, პირიქით, მე-11 ვარიანტის რენტაბელობაც საკმაოდ მაღალია, მაგრამ ჩამორჩება მე-7 და მე-15 ვარიანტებს.

დ ა ს კ ვ ნ ე ბ ი

ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების შედარებითი ეფექტურობის დადგენა სიმინდის და სოიას შერეულ ნათესში მათ ზრდა-განვითარებაზე, მოსავლიანობაზე და პროდუქციის ხარისხზე, კოლხეთის (სამეგრელოს რეგიონი) ჭარბტენიანი ნიადაგურ-კლიმატური ზონის გაეწრებული, მუავე ნიადაგების აგროეკოლოგიურ დარღვევათა რეგულირების ფონზე საკითხის შესწავლით გამოიკვეთა შემდეგი:

1. აგროეკოლოგიური, აგრონომიული და აგროქიმიური თვალსაზრისით ძალზე მნიშვნელოვანია ნიადაგში წყლისა და მასში გახსნილი საკვები ნივთიერებების (NPK) ქვედა ფენებში მიგრაციის შენელება-შეჩერება. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და მათ ბაზაზე დამზადებული ორგანულ-ცეოლითური სასუქით ამ პროცესის შენელების პრობლემა, ჩერკასოვის ხელსაწყოს გამოყენებით, პირველად შევისწავლეთ და დავადგინეთ, რომ 1 ჰექტარზე შეტანილი ყოველი 5 ტონა ლომონტიტი, ნტკილი ან 10 ტონა ორგანულ-ცეოლითური სასუქები იწვევენ ამ პროცესის კანონზომიერ შენელებას 8%-ით.

2. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების ნიადაგში 1-3%-ის შეტანით შესაძლებელია ნიადაგის აგროეკოლოგიური, აგროქიმიური და სამეურნეო მდგომარეობის მნიშვნელოვანი გაუმჯობესება, დისპერსიულობის ფაქტორის შემცირებით, ფორიანობის საერთო მაჩვენებლის და მასთან დაკავშირებული სტრუქტურურობის ფაქტორის გაზრდით, რაც იწვევს ნიადაგის აგრეგატულ შედგენილობაში მნიშვნელოვან ცვლილებებს და შედეგად ნიადაგის მძიმე კატეგორიიდან უფრო მსუბუქ კატეგორიაში გადასვლას.

3. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გამოყენებით შესაძლებელია კოლხეთის ჭარბტენიანი ზონის (სამეგრელოს რეგიონი) ნიადაგების წყლიერი თვისებების და საკვები ელემენტების სიჭარბით ან ნაკლებობით გამოწვეული აგროეკოლოგიური, აგროქიმიური და აგროსამეურნეო დარღვევების რეგულაცია, რაც მიიღწევა ნიადაგის საერთო და კაპილარული ფორიანობის გადიდებით, შესაბამისად კაპილარული წყლის შეკავების და გრავიტაციული წყლის გადინების უნარის გაძლიერებით, რაც თავიდან გვაცილებს ნიადაგის გამკვრივებით, ჭარბტენიანობით და სასუქების სიჭარბით გამოწვეული აგროეკოლოგიური და აგროქიმიური დარღვევების უარყოფით შედეგებს.

4. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის და ნტკილის 1-3%-ის ნიადაგში შეტანა იწვევს სილიკატებისა და ერთნახევარი ჟანგულების შემცველობის მნიშვნელოვან ზრდას, რაც თავის მხრივ ცვლის ნიადაგის ელემენტარულ მინერალურ შედგენილობას, ეს კი იწვევს გაეწრების ხარისხის შემცირებას ანუ გაეწრებით გამოწვეული აგროეკოლოგიური და აგროქიმიური დარღვევების რეგულაციას და ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებას.

5. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების ნიადაგში (1-3%) შეტანით შესაძლებელია ნიადაგის pH-ისა და შთანთქმული ფუძეების შედგენილობაში მნიშვნელოვანი კორექტივების შეტანა, კალციუმის, კალიუმისა და ნატრიუმის კათიონებით წყალბადიონების (H^+) კონცენტრაციის დიდ ფარგლებში განეიტრალება, რაც იწვევს გამჟავებით გამოწვეული აგროეკოლოგიური და აგროქიმიური დარღვევების წონასწორობის აღდგენას, გამჟავების ხარისხის შემცირებას და გამჟავებით გამოწვეული დარღვევების გარკვეულწილად რეგულაციას.

6. ბუნებრივი ცეოლითების, კერძოდ, ლომონტიტის მკვეთრი მსგავსება ტუტე, ტუტემიწა და ფერადი მეტალების მიმართ განსაზღვრავს მის დაცვით თვისებებს, გამოხატულს საკვები ჯაჭვიდან ტოქსიკური მეტალების გამოდევნაში, რომლის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ვლინდება მემცენარეობაში ტოქსიკური ნივთიერებებით დაბინძურებული სარწყავი წყლის, ნიადაგში შეტანილი კომპოსტების, მინერალური სასუქების და პესტიციდების გამოყენების დროს იმის გამო, რომ საკვები ჯაჭვიდან გამოდევნილი მანე ნივთიერებები მტკიცედ აღსორბირდებიან შეტანილი ცეოლითების ნაწილაკებზე, ქმნიან ქიმიურად უხსნად (მდგრად) შენაერთებს, არ აძლევენ მათ ნიადაგის ხსნარში მიგრაციის და მცენარის ფესვთა სისტემაში შეღწევის საშუალებას, რაც ნიშნავს ამა თუ იმ კულტურისაგან ეკოლოგიურად გაწონასწორებული პროდუქციის მიღებას.

7. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების ნიადაგში (1-3%) შეტანა იწვევს ნიადაგის მიკრობიოლოგიური ფონის მნიშვნელოვან გააქტიურებას, რის გამოც ნიადაგის თავისუფალი აზოტფიქსატორი და პარკოსანი კულტურების, კერძოდ, სოიას ფესვზე მობინადრე კოჟრის ბაქტერიების გააქტიურებით მნიშვნელოვნად ძლიერდება ატმოსფერული აზოტის ბიოლოგიური ფიქსაცია, რაც ნიშნავს იმას, რომ წელიწადში შეიძლება დაგროვდეს 100 მლ/გრამამდე აზოტმჟავა 1 კგ ნიადაგში ანუ 300 კგ-მდე ხალასი აზოტი 1 ჰექტარზე, რაც იძლევა საშუალებას მკვეთრად შემცირდეს აზოტოვანი სასუქების გამოყენების მასშტაბები.

8. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების ოპტიმალური დოზების (20 და 40 ტ/ჰაზე) ნიადაგში შეტანით მიიღწევა საკვები ნივთიერებების მნიშვნელოვანი მობილიზაცია, რის გამოც თვალსაჩინოდ აქტიურდება ნიადაგიდან მოსავლით საკვები ნივთიერებების გამოტანის მაჩვენებლები, რაც უზრუნველყოფს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის მნიშვნელოვან ზრდას.

9. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების გავლენით მნიშვნელოვნად უმჯობესდება სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების ხარისხობრივი მაჩვენებლები. სიმინდში და სოიაში მატულობს მშრალი ნივთიერებების, შაქრების, ვიტამინების, ცილების, ცხიმების შემცველობა, რაც იძლევა საშუალებას სუბტროპიკული ზონის გაეწრებულ მუავე ნიადაგებზე მივიღოთ სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მაღალხარისხიანი ეკოლოგიურად გაწონასწორებული პროდუქცია.

10. ჩატარებული მინდვრის სამწლიანი ექსპერიმენტით დადგენილია ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების ხანგრძლივმოქმედების სამწლიანი ეფექტი. ასე მაგალითად, 2003 წელს ნიადაგში ლომონტიტის, ნტკილის (20 ტ/ჰა) და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების (40 ტ/ჰა) შეტანამ ექსპერიმენტის მესამე წელსაც მოგვცა სიმინდის და სოიას შერეული ნათესიდან მოსავლის მნიშვნელოვანი მატება, რაც მოწმობს იმას, რომ სამი წლის მანძილზე ამ სასუქების პოტენციური შესაძლებლობა ამოწურული არ არის და მათი მოქმედება კიდევ გაგრძელდება სულ მცირე 2 წელიწადს. [84]

11. ბუნებრივი ცეოლითით-ლომონტიტით, ნტკილით და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების ჰექტარზე 20 და 40 ტონის გამოყენებით მოსალოდნელია (დღევანდელი საბაზრო ფასების გათვალისწინებით) მნიშვნელოვანი ეკონომიური ეფექტის მიღება, რაც გამოიხატება პროდუქციის თვითღირებულების შემცირებაში და დახარჯულ ყოველ 1 ლარზე მნიშვნელოვან უკუგებაში.

ამდენად: ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების ოპტიმალური დოზების 20 და 40 ტ/ჰაზე გამოყენება ზრდის სუბტროპიკული ჭარბტენიანი ზონის გაეწრებული მუავე ნიადაგების აგროეკოლოგიურ მდგრადობას და ნიადაგის ნაყოფიერებისა და რენტაბელობის ამალღების თვალსაზრისით სრულიად მისაღებია მიწათმოქმედთათვის.

რ ე კ ო მ ე ნ დ ა ც ი ა

ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების პრაქტიკული გამოყენებისათვის

ბუნებრივი ცეოლითით-ლომონტიტით და ნტკილით ფერმის ორგანული ნარჩენების (ახალი ნაკელი, წუნწუხი, შარდი და სხვა) დამუშავება (უტილიზაცია) გულისხმობს ხუთი მასშტაბური პრობლემის ერთდროულ გადაწყვეტას:

1. პირუტყვის ყოველგვარ სადგომში მიკროკლიმატის გაუმჯობესებას ანუ ფერმის დეზოდორაციას, ამით საერთო სანჰიგიენური სიჯანსაღის დაცვას.
2. ფერმის ორგანული ნარჩენების ყოველდღიურ გადამუშავებას და მათთვის გარკვეული სასაქონლო სახის მიცემას.
3. საწარმოო (ოჯახურ) პირობებში დამზადებული ორგანულ-ცეოლითური სასუქით ჭარბტენიანი სუბტროპიკული ზონის ეწერი, ნაყოფიერება-დაქვეითებული ნიადაგების ბიოლოგიური აქტივობის ამაღლებას და ეკოლოგიურად გაწონასწორებული პროდუქციის წარმოებას.
4. ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის, ორგანულ-ცეოლითური და მინერალური სასუქების გონივრული შეთანაწყოებით სასოფლო-სამეურნეო კულტურების განოყიერების ე.წ. „ინტეგრირებული“ სისტემის შექმნას საერთო აგროქიმიური და აგროეკოლოგიური სიტუაციის გაუმჯობესების გარანტიით.
5. მინერალური მარილების (სასუქების) გამოყენების გარკვეულ დონემდე შეზღუდვით ნიადაგის, წყლის და საკვები პროდუქტების ეკოლოგიური დაბინძურების თავიდან აცილებას.

ჩვენს მიერ შემუშავებულია ფერმის ორგანული ნარჩენების უტილიზაციის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქის დამზადების შესასრულებლად სრულიად მარტივი ტექნოლოგია (იხ. გვ. 87).

აღნიშნული ტექნოლოგიით დამზადებული ორგანულ-ცეოლითური სასუქი ან ბუნებრივი ცეოლითი-ლომონტიტი ან ნტკილი სუფთა სახით, განკუთვნილია ნიადაგის ძირითადი განოყიერებისათვის. მათი შეტანა ნიადაგში (მოხვნის წინ) დიდ ფართობებზე შესაძლებელია სერიული წარმოების მანქანებით; პტ-4; რპნ-4; პსო-5; რუმ 15ა; რუმ 15ბ და სხვა. მცირე ფართობებზე შეტანა ხორციელდება ხელით, საოჯახო ურიკით, ურმით ან სხვა მცირეგაბარიტიანი სამეურნეო სატრანსპორტო საშუალებებით. ნიადაგის pH-ზე დამოკიდებულებით, საშუალო ნორმად უნდა მივიჩნიოთ სუფთა ლომონტიტის ან ნტკილის გამოყენების

შემთხვევაში 20-30ტ, ხოლო ორგანულ-ცეოლითური სასუქების შემთხვევაში 40-50 ტონა ჰექტარზე. შესაძლებლობის არსებობის შემთხვევაში მათი გაორმაგებული ან გასამკეცებული ნორმით შეტანა კიდევ უფრო გააუმჯობესებს ნიადაგის სამეურნეო აგრონომიულ თვისებებს, მის ნაყოფიერებას საერთოდ და ხანგრძლივი დროით (5-6 წელი).

ბუნებრივი ცეოლითის-ლომონტიტის, ნტკილის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქების უნიკალური თვისებები იძლევა ნიადაგის დარღვეული ეკოლოგიური წონასწორობის და დაქვეითებული ნაყოფიერების აღდგენის საშუალებას. ისინი არ შეიძლება მივიჩნიოთ სწრაფი, ფეთქებადი ეფექტის მომცემ სასუქებად, არამედ მათ ნიადაგზე აქვთ ხანგრძლივი ზემოქმედების დიდი უნარი, მისი ნაყოფიერების ამაღლების (კვლავწარმოების) აგროეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნების და სამეურნეო აგრონომიული თვისებების აღდგენის თვალსაზრისით.

ლიტერატურა

1. ავალიანი რ., ონიანი ო. - „ერთწლიანი კულტურების გამოყენება“. გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“. თბილისი, 1988წ. გვ. 57-63.
2. ანდრონიკაშვილი თ., ქარდავა მ., გამისონია მ. - კლინოპტილოლიტის და ორგანულ-ცეოლითური სასუქის გავლენა დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს ზოგიერთი ნიადაგების მიკრობული პეიზაჟის ფორმირებაზე - ი. ჭავჭავაძის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის 75-ე წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო კონფერენცია ქიმიკში. თბილისი, 1994.
3. აფხაზავა ა. - სოიის კულტურა საქართველოში - გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“. თბილისი, 1982, გვ. 115.
4. გამისონია მ., ანდრონიკაშვილი თ., ქარდავა მ. - „აზოტის მოძრავი ფორმების აკუმულირება სისტემაში: „ნიადაგი-ორგანული სასუქი-ცეოლითი“ - სუბტროპიკული ინსტიტუტის საიუბილეო კრებული, ქუთაისი, 2003, გვ. 127-132.
5. გედევანიშვილი დ.პ., ტალახაძე გ.რ. - ნიადაგმცოდნეობის კურსი - მეორე გადამუშავებული გამოცემა. თბილისი, 1961.
6. გუსეინოვი ს., ქარდავა მ., კოვალჩუკი ნ. - ახალი ორგანული სასუქი „ცეონაკი“ და ბადრიჯნის მოსავალი - მემცენარეობის ეფექტიანობის ამადლება საქ. სსრ-ში (სამეცნიერო შრომათა კრებული) თბილისი, 1987, გვ. 151.
7. დარახველიძე ვ. - მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესი და გარემოს დაცვა. თბილისი, 1986, გვ. 27-29.
8. ერისთავი ვ., დანელია ა., ალასანია ა., არხიპოვა რ. - გარემოს გაჭუჭყიანების წყაროები და მათი ლოკალიზაციის ტექნიკური საშუალებები - გამომცემლობა „განათლება“. თბილისი, 1985.
9. ვაშაკიძე ს., მთვარელიშვილი შ. - ზოგადი მიწათმოქმედება - სახ. უნივერსიტეტის გამომცემლობა. თბილისი, 1986.
10. ზარდალიშვილი ო. - აზოტის ბალანსი საქართველოს მიწათმოქმედებაში - გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“. თბილისი, 1983.

11. მელაძე გ. – ეკოლოგია აგრომეტეოროლოგიის საფუძველით. თბილისი, 1998.
12. მოწერელია ა. – სამეცნიერო-კვლევითი მუშაობის შედეგები და კოლხეთის დაბლობის სასოფლო სამეურნეო ათვისების პერსპექტივები. – ჩაისა და სუბტროპიკულ კულტურათა სრულიად საკავშირო ს/კ ინსტიტუტის ბიულეტენი №1, 1953.
13. მეთოდური მითითებანი – სოფლის მეურნეობაში აგრონომიული, ზოოტექნიკური და სხვა საწარმოო-სამეურნეო ღონისძიებათა ეკონომიკური ეფექტიანობის შეფასება და დასაბუთებაზე. გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“. თბილისი, 1971.
14. მენადარიშვილი მ., მახარაძე კ. – ნიტრატების შემცველობის დინამიკა ზოგიერთ სასოფლო სამეურნეო კულტურაში – რესპუბლიკური ს/ტ კონფერენცია „საქართველოს სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციის პრობლემები“. თბილისი, 1980, გვ. 7-9.
15. მენადარიშვილი მ., ალახვერდოვი ს., სტურუა ჯ. – ნიტრატების შემცველობა სასოფლო სამეურნეო პროდუქტებში აღმოსავლეთ საქართველოს პირობებში – რესპუბლიკური ს/ტ კონფერენცია „საქართველოს სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციის პრობლემები“. თბილისი, 1980, გვ. 12-13.
16. მენადარიშვილი მ., სტურუა ჯ., უთურგაული ა. – შხამქიმიკატები და მათი ნარჩენები სასოფლო სამეურნეო მცენარეთა პროდუქტებში და ნიადაგში - რესპუბლიკური ს/ტ კონფერენცია „საქართველოს სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციის პრობლემები“. თბილისი, 1980, გვ. 12-13.
17. მაყაშვილი ა. – ბოტანიკური ლექსიკონი – სახ. გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“. თბილისი, 1961, გვ. 198.
18. ნაკაიძე მ. – ნაკელი – სასუქების ცნობარი აგრონომისათვის. გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“. თბილისი, 1960, გვ. 204.
19. ონიანი ვ., ქარდავა მ., კოვალიჩუკი ნ. – ახალი ორგანული სასუქის „ცეონაკის“ გავლენა სტაფილოს მოსავლიანობაზე – მემცენარეობის ეფექტურობის ამაღლება საქართველოს სსრ-ში (სამეცნიერო შრომათა კრებული). თბილისი, 1987, გვ. 158-163.

20. ონიანი ო., მარგველაშვილი გ. – საკვები ელემენტების ბალანსი საქართველოს მიწათმოქმედებაში – გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“. თბილისი, 1983.
21. რასკატოვი პ.ბ. – მცენარეთა ფიზიოლოგია მიკრობიოლოგიის საფუძველით – შრომის წითელი დროშის ორდენის სასოფლო სამეურნეო ინსტიტუტის გამომცემლობა. თბილისი, 1962, გვ. 395-405.
22. საბაშვილი გ.ნ. – ნიადაგმცოდნეობა – გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“. თბილისი, 1965, გვ. 470.
23. სხირტლაძე ნ. – საქართველოს ცეოლითების გენეტიკური ჯგუფები, მათი მთავარი საბადოები და გამოვლინებები – თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა. თბილისი, 1997, გვ. 30.
24. სარალიძე ა. – დაბალნაყოფიერ ნიადაგებსა და სახნავ-სათესად უვარგის ფართობებზე სუფთა ბოსტნეულის უსაფრთხო წარმოება ღია და დაცულ გრუნტში (სადოქტორო დისერტაცია), 2003.
25. სულაძე მ., ცისკარიშვილი რ., ანდრონიკაშვილი თ. - „საქართველოში ცეოლითების შესწავლის სფეროში სამუშაოთა განვითარების სტატისტიკა“ - საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მაცნე. ქიმიის სერია 2002, ტ. 28, №3-4, გვ. 359.
26. სარიშვილი ი.ვ. – სასუქების ცნობარი აგრონომისათვის. 1960.
27. ურუშაძე ო. – აგროეკოლოგია – თბილისი, 2001, გვ. 21.
28. ქაჯაია გ. – ეკოლოგია (გამოყენებითი ეკოლოგიის საკითხები). თბილისი, 1999.
29. ქარდავა მ., სუჯაშვილი ნ., შინჯიაშვილი ნ. – საადრეო კარტოფილის გასანოყიერებლად ახალი ორგანული სასუქის „ცეონაკის“ გამოყენების შესწავლის შედეგები – მემცენარეობის ეფექტიანობის ამაღლება საქართველოს სსრ-ში (სამეცნიერო შრომათა კრებული). თბილისი, 1987.
30. ქარდავა მ.ა., ციციშვილი გ.ვ., ანდრონიკაშვილი თ.გ., მაისურაძე გ.ი. – ბუნებრივი ცეოლითის საფუძველზე შექმნილი ახალი ორგანული სასუქი – რესპუბლიკური ს/ტ კონფერენცია „საქართველოს სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციის პრობლემები“. თბილისი, 1980, გვ. 34-37.
31. ქარდავა მ., კოვალჩუკი ნ., გუსეინოვი ს., შინჯიაშვილი ნ., ონიანი გ. – საბოსტნე ნიადაგის გასანოყიერებლად მეფრინველეობის ფერმებში

- ქვეშაფენად გამოყენებული ცეოლითის ეფექტიანობის შესწავლა – ბოსტნეულ-ბაღჩეული კულტურების და კარტოფილის მოსავლიანობის გადიდება (სამეცნიერო შრომათა კრებული), საქ. სსრ გამომცემლობის სახელმწიფო კომიტეტი, ი. ჭავჭავაძის სახელობის წიგნის ფაბრიკა, 1985, გვ. 48-53.
32. ქარდავა მ., კოვალჩუკი ნ., ხოტენაშვილი ნ. – ორგანულ-ცეოლითოვანი სასუქის „ცონაკ 2“-ის ოპტიმალურ ფონზე მინერალური სასუქის კლებადი დოზების გავლენა სასაღათე პომიდორის მოსავლიანობასა და პროდუქციის ხარისხზე – სასოფლო სამეურნეო წარმოების რეზერვები საქართველოს რესპუბლიკაში (სამეცნიერო შრომათა კრებული). თბილისი, 1990, გვ. 183.
 33. ქარდავა მ., ანდრონიკაშვილი თ., კოვალჩუკი ნ. ორგანულ-ცეოლითური სასუქის გავლენა ნიადაგის მიკრობული პეიზაჟის ფორმირებაზე – ცეოლითების საქართველოს ასოციაცია. სიმპოზიუმი „ბუნებრივი ცეოლითები 93“. 4-6 ოქტომბერი. თბილისი, 1993.
 34. ქარდავა მ., ანდრონიკაშვილი თ., კოვალჩუკი ნ. – აღმოსავლეთ საქართველოს რუხ-ყავისფერ ნიადაგებში ორგანულ-ცეოლითური სასუქების ეფექტიანობა თავისუფალი აზოტფიქსატორი ბაქტერიების ცხოველმყოფელობაზე – საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, 151. 11. 1995, გვ. 104-109.
 35. ღვინჯილია მ. - „კოლხეთის დაბლობის ათვისების ეკონომიური ეფექტიანობისა და აგროტექნიკის საკითხები“ – გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“. თბილისი, 1970.
 36. ჩანქსელიანი ზ., ზარდალიშვილი თ. - „აგროქიმიის ეკოლოგიური საფუძვლები“ - თბილისი 1992.
 37. ჩხენკელი ი.ა. – სასოფლო სამეურნეო მელიორაცია - თბილისი, 1960, გვ. 62-64.
 38. ჩაველიშვილი ა. – სოფლის მეურნეობის პროდუქტთა შენახვისა და გადამუშავების ტექნოლოგია – გამომცემლობა „განათლება“. თბილისი, 1988, გვ. 358.
 39. ცომაია ი.ნ. – საქართველოს ნიადაგების ნაყოფიერების მდგომარეობა და მცენარეთა კვების პრობლემები – რესპუბლიკური ს/ტ კონფერენცია

- „საქართველოს სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციის პრობლემები“. თბილისი, 1980, გვ. 3-6.
40. ხოტენაშვილი ნ., ქარდავა მ. – ახალი ორგანულ-ცეოლითური სასუქის გავლენა საბოლქვე ხახვის „კახური ბრტყელის“ მოსავლიანობასა და პროდუქციის ხარისხზე – სასოფლო სამეურნეო წარმოების რეზერვები საქართველოს რესპუბლიკაში (სამეცნიერო შრომათა კრებული). თბილისი, 1990, გვ. 176-182.
 41. Андроникашвили Т.Г., Кардава М.А. – Влияние органо-цеолитовых удобрений на биологическую активность некоторых слабощелочных почв Восточной Грузии – Сообщения АН Грузии 147, №3, 1993, стр. 487-492.
 42. Андроникашвили Т.Г., Кардава М.А., Ковальчук Н.А. – Роль органо-цеолитовых удобрений в процессах изменения микробного пейзажа почв Гардабанского района Восточной Грузии – Сообщения АН Грузии, 1994, т. 149, №2, стр. 300-305.
 43. Андроникашвили Т.Г., Алелишвили М.В., Цицишвили В.Г., Долаберидзе Н.М., Нижарадзе М.О., Мирдзвели Н.А., Кардава М.А. – К некоторым фенологическим наблюдениям при выращивании огурцов и патиссонов на почве, содержащей цеолитнесущие породы. – Труды микросимпозиума «Природные цеолиты в растениеводстве». Грузия, Гардабанский район, село Гамарджвеба, 2002.
 44. Алелишвили М.В., Андроникашвили Т.Г., Цицишвили В.Г., Кардава М.А. – К выявлению возможности исследования анацимосодержащих пород для выращивания огурцов в открытом грунте - Труды микросимпозиума «Природные цеолиты в растениеводстве». Грузия, Гардабанский район, село Гамарджвеба, 2002.
 45. Адрусенко И.И., Коваленко А.М. – Бессменные посеы основных с-х культур на орошаемых землях Украины – Агрехимические основы специализации севооборотов. Москва, ВО «Агропромиздат», 1987, с. 101.
 46. Агрехимия – Москва «Колос», 1982, с. 187.
 47. Аристовская Т.В., Худякова Ю.А. – Методы изучения микрофлоры почв и ее жизнедеятельности – Методы стационарного изучения почв – АН СССР, изд. «Наука», Москва, 1977.

48. Авдус П.Б., Сапожникова А.С. – «Определение качества зерна, муки и крупы». М., 1978.
49. Адиньяев Э.Д. – Возделывание кукурузы при орошении. М., «Агропромиздат», 1988, с. 168.
50. Алиев С.А. и др. – Использование природных цеолитов под пшеницу – Природные цеолиты в сельском хозяйстве – Изд. «Мецниереба». Тбилиси, 1980г., стр. 109-115.
51. Аристовская Т.В. – Микробиология подзолистых почв – Москва, 1965, с. 187.
52. Брек Д. – Цеолитные молекулярные сита – Изд. «Мир». Москва, 1976.
53. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. – Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде – Ленинград. «Химия». Ленинградское отделение, 1985.
54. Байраков В.В., Чичинадзе Т.С., Батиашвили Т.В. – «Оценка потенциально полезных свойств клиноптилолитовых пород в растениеводстве – Труды конференции и симпозиума по применению природных цеолитов в животноводстве и растениеводстве. Изд. «Мецниереба». Тбилиси, 1984, стр. 226-229.
55. Биологический контроль за развитием и ростом сой – Биологический контроль в сельском хозяйстве – под редакцией проф. Ф.М. Купермана, изд. Московского университета, 1962, стр. 104-108.
56. Вопросы корневого питания растений – изд. Ленинградского университета, 1968.
57. Васильев В.А., Лукьяненко И.И., Минеев В.Г., Попов Р.Д., Семенов Р.А., Харламов В.А. – Органическое удобрение в интенсивном земледелии – Москва, «Колос», 1984.
58. Васильев А.Е. Функциональная морфология секреторных клеток растений – изд. «Наука», Ленинградское отделение. Ленинград, 1977.
59. Виленский Д.Г. – Почвоведение – Учпедгиз, Москва, 1954, с. 109.
60. Виткаленко Л.П., Гудков И.Н., Ильин В.Г., Турутина Н.В., Бобонич Ф.М. – Использование Закарпатского клиноптилолита для улучшения условий питания озимой пшеницы и повышения ее продуктивности – Применение природных цеолитов в животноводстве и растениеводстве. Изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1984.

61. Вендило Г.Г., Миканаев Т.Л., Петриненко В.Н., Скаржинский А.А. – Удобрение овощных культур (справочное руководство). Москва, «Агропромиздат», 1986.
62. Володарский Н.И. – Биологические основы возделывания кукурузы – 2-е издание, переработанное и дополненное – М., «Агропромиздат», 1986, стр. 182.
63. Вендило Г.Г., Петриченко В.Н. – Удобрение овощных и бахчевых культур на приусадебном участке – Москва, ВО «Агропромиздат», 1990.
64. Гамисония М.К., Андроникашвили Т.Г., Русадзе А.В. – Исследование влияния клиноптилолитсодержащих туфов на физико-химические свойства и биологическую активность кислых почв влажных субтропиков – Применение клиноптилолитсодержащих туфов в растениеводстве – Тбилиси, изд. «Мецниереба», 1983.
65. Гедеванишвили Д.П. – Почвоведение, 1929.
66. Горбунов Н.И., Бобровицкий А.Н. – Журнал «Почвоведение», №5, 1973, стр. 93-103.
67. Горбунов Н.И. – Поглотительная способность почвы и ее природа, изд. Сельхозгиз, М., 1948.
68. Григорай Т.И. – «Изменение физико-химических и агрохимических свойств дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава под влиянием природного цеолита в условиях Украинского полесья». Автореферат диссертации кандидата с-х наук. Киев, 1986г., стр. 23.
69. Гуджеджиани Б.Л., Кардава М.А., Андроникашвили Т.Г., Цинцадзе Г.В. «К возможности повышения урожайности кукурузы без использования минеральных удобрений». Известия АН Грузии, серия химическая, 2002, т. 28, №3-4, стр. 350-358.
70. Горохов В.К., Дуничев В.М., Мельников О.А. «Цеолиты Сахалина». Владивосток, Дальневосточное книжное издательство, 1982, 105стр.
71. Гуджеджиани Б.Л., Кардава М.А., Андроникашвили Т.Г., Цинцадзе Г.В., Гамисония М.К. «Эффект последействия некоторых горных пород и их смесей с птичьим пометом на урожайность кукурузы». Известия АН Грузии, серия химическая, 2005, т. 31, №1-2, стр. 161-168.
72. Гуджеджиани Б.Л., Кардава М.А., Андроникашвили Т.Г. «Перспективы применения некоторых горных пород месторождения Грузии с птичьим пометом при выращивании кукурузы». Труды микросимпозиума «Природные

- цеолиты в растениеводстве». Грузия, Гардабанский район, село Гамарджвеба, 2002, 21 июня, стр. 23-27.
73. Глупцов Н.М. – Агрохимическая лаборатория овощеводства – Москва, «Госпромиздат», 1989.
 74. Джанджгава Н.А., Кардава М.А., Андроникашвили Т.Г. - К повышению урожайности чеснока без использования традиционных удобрений. - Труды микросимпозиума «Природные цеолиты в растениеводстве». Грузия, Гардабанский район, село Гамарджвеба, 2002.
 75. Джанджгава Н.А., Кардава М.А., Андроникашвили Т.Г. – Двухлетний полевой опыт выращивания репчатого лука на малоплодородных почвах Западной Грузии, с использованием органо-цеолитовых удобрений – Известия АН Грузии, серия химическая, т. 30, №1-2, Тбилиси, изд. «Мецниереба», 2004, стр. 150-158.
 76. Джанджгава Н.А., Цинцкаладзе Г.П., Андроникашвили Т.Г., Цицишвили В.Г., Кардава М.А. – К воздействию фторсодержащего клиноптилолита на урожайность чеснока - - Труды микросимпозиума «Природные цеолиты в растениеводстве». Грузия, Гардабанский район, село Гамарджвеба, 2002.
 77. Димитров К.Д., Трейкяшки П.Т., Чакалов К.И. – «Исследование изменений физических и физико-химических свойств желтых и зеленых глин из района ТЭЦ «Марица изток» после приложения, как мелиорантов с целью их рекультивации» - Труды 4-го Болгаро-Советского симпозиума по природным цеолитам. София, 1986, стр. 379-384.
 78. Долаберидзе Н.М., Андроникашвили Т.Г., Цицишвили В.Г., Алелишвили М.В., Нижарадзе М.О., Мирдзвели Н.А., Кардава М.А. – Влияние внесенной в почву аммонизированной формы аналцимовой породы на продуктивность огурцов - - Труды микросимпозиума «Природные цеолиты в растениеводстве». Грузия, Гардабанский район, село Гамарджвеба, 2002.
 79. Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.А. – Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. – Москва, «Химия», 1989.
 80. Дараселия М.К. – Красноземные и подзолистые почвы Грузии. Тбилиси, 1949.
 81. Доспехов Б.А. – Методика полевого опыта. Москва, «Агропромиздат», 1985.

82. Декапрелевич Л.Л. – Сортовой состав кукурузы Грузии и его улучшение. – Грузинский с-х институт. Труды XLIX – кукуруза Грузинской ССР, Тбилиси, 1958.
83. Журбицкий З.И. – Потребность растения в питании, как основа применения удобрений – М., изд. АН СССР, 1988.
84. Зинкевич Е.П. – «Действия и последствия цеолита Пегасского месторождения на урожайность гороха и ячменя в Западной Сибири» - Тезисы Всесоюзного совещания «Природные цеолиты в народном хозяйстве». Кемерово. Новостройка, 18-19 апреля 1990г., Новосибирск, стр. 84-85.
85. Запорожченко А.Л. «Кукуруза на орошаемых землях». Москва, «Колос», 1978.
86. Илковская З.Г., Коновалова А.С. – Определение емкости поглощения почв – Изд. «Наука», М., 1975, с. 14.
87. «Использование природных цеолитов сокорницкого месторождения в народном хозяйстве» - «Сообщения Республиканской научно-практической конференции», 23-24 октября 1990г., Черкассы, 1991, 106с.
88. Катон, Варон, Колумелла, Плин – «О сельском хозяйстве». Огиз-сельхозгиз. Москва-Ленинград, 1937.
89. Кауричев И.С. – Почвоведение. Москва, «Агропромиздат», 1989.
90. Кизирия К.П. – «Физико-технические показатели основных районированных сортов кукурузы в Грузии – Труды XLIX Грузинского с-х института. Тбилиси, 1953.
91. Качинский Н.А. – Классификация почв и пород по механическому составу – Почвоведение. Москва ВО Агропромиздат, 1989, с.105.
92. Кисель А.И. – «Влияние цеолита на свойства дерново-подзолистой почвы и урожай кукурузы, выращенной бессменно» - Земледелие, 1985, вып. 60, Киев, стр. 22-35.
93. Колодезников К.Е. – «Цеолитоносные провинции востока Сибирской платформы». Изд. СО РАН, Якутск, 2003, с.221.
94. Качинский Н.А. – Подготовка почв к микроагрегатному и механическому анализам – Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. Изд. АН СССР. Москва, 1985, стр. 95-100.

95. Качинский Н.А. – Коэффициенты дисперсности и структурности почвы - Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. Изд. АН СССР. Москва, 1985. с. 141.
96. Качинский Н.А. – Почва, ее свойства и жизнь – Изд. «Наука», Москва, 1975.
97. Кардава М.А., Цицишвили В.Г., Андроникашвили Т.Г. – Применение природных цеолитов для выращивания овощных культур в открытом грунте. – Применение клиноптилолитсодержащих туфов в растениеводстве. Изд. «Мецниереба». Тбилиси, 1988, стр. 34-61.
98. Кардава М.А., Цицишвили В.Г., Андроникашвили Т.Г., Ковальчук Н.А., Ониани Т.Г. – О некоторых экономических показателях исследования органо-цеолитовых удобрений при выращивании овощных культур – Изв. АН ГССР, серия химическая, т. 12, №2, стр. 133-136, 1986.
99. Кудрина В.Н. – Стандартизация и качество в сельском хозяйстве. М., 1983.
100. Кардава М.А., Цицишвили В.Г., Андроникашвили Т.Г., Майсурадзе Г.В., Малацидзе А.З. – Новое органо-цеолитовое удобрение (Цеонак) – РОДА 2 Informacni Bulletin Rocnik I VUPU Bratislava, 1990.
101. Кардава М.А., Цицишвили В.Г., Андроникашвили Т.Г., Майсурадзе Г.И. – Экономические показатели применения органо-цеолитовых удобрений в овощеводстве – Научная конференция соцстран «Исследование и применение природных цеолитов», 1988.
102. Кардава М., Михайлова Н., Цицишвили В., Андроникашвили Т., Майсурадзе Г., Ковальчук Н. – Эффект последствия органо-цеолитовых удобрений. – Изв. АН Грузинской ССР, серия химическая, т. 16, 1990, стр. 53.
103. Кардава М., Хотенашвили Н., Михайлова Н., Ониани Г., Гусейнов С. – Влияние органо-цеолитовых удобрений на биохимические показатели растений - Научная конференция соцстран «Исследование и применение природных цеолитов», 1988.
104. Лисецкая Н.И., Хубутия Р.А., Микадзе Л.Д., Цицишвили В.Г., Андроникашвили Т.Г., Пирцхалава М.В., Гогоуадзе М.И. – «Использование клиноптилолитсодержащего туфа в качестве пролонгатора эридикана в посевах кукурузы в условиях Грузии» - Сборник статей – Применение клиноптилолитсодержащих туфов в растениеводстве, изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1988г., стр. 129-134.
105. Лавриненко Г.Т. – Соя – Москва, Россельхозиздат, 1978, стр. 21

106. Минеральные ресурсы Грузии – Гостехиздат Грузии «Техника да шрома». Тифлис, 1933.
107. Мазур Г.А., Стаченко Н.З., Григора Т.И., Городецкий Д.В. «Опыт применения цеолита сокорницкого месторождения для мелиорации легких почв зоны почв полесья УССР – Сообщения Республиканской н/и конференции – Использование природных цеолитов сокорницкого месторождения в народном хозяйстве, Черкассы, 1991г., 85-87.
108. Мишустин Е.Н. – Микроорганизмы и продуктивность земледелия – Изд. «Наука». Москва, 1972.
109. Мишустин Е.Н. – Микробиология – Москва. «Агропромиздат», 1987.
110. Мгеладзе И.Э., Андроникашвили Т.Г., Кардава М.А., Гамисония М.К. – К возможности повышения урожайности соев без применения бактериальных удобрений – Известия аграрной науки, т. 3, №2, стр. 77-80.
111. Методы биохимического исследования растений – Ленинград. ВО «Агропромиздат», Ленинградское отделение, 1987.
112. Магницкий К. – Контроль питания полевых и овощных культур – Московский рабочий. 1964.
113. Методические указания по определению экономической эффективности удобрений и других средств химизации, применяемых в с-х. Москва, «Колос», 1979.
114. Малацидзе А.З., Цицишвили В.Г., Андроникашвили Т.Г., Хуцишвили Т.И., Майсурадзе Г.В., Квалишвили В.Р. – «Разработка технологии производства органо-цеолитового удобрения и некоторые предварительные результаты его практического использования». Химия и химическая технология, серия химическая. Сборник статей. Изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1988г., стр. 318-321.
115. Мясников Л.В. и др. – Товароведение зерна и продуктов его переработки. Москва, «Колос», 1978г.
116. Новиков М.Н., Хохлов В.И., Рябков В.В. – Птичий помет – ценное органическое удобрение – Москва, Госагропромиздат, 1989.
117. Органическое удобрение – Москва, «Колос», 1983.
118. Ониани О.Г., Гогоберидзе М.И. «Влияние доз цеолитов и минеральных удобрений на урожайность серо-коричневых солонцеватых почв Квемо-картли»

- Добыча, переработка и применение природных цеолитов. Изд. «Сакартвело». Тбилиси, 1989, с. 327-329.
119. Природные цеолиты – Труды 4-го Болгаро-Советского симпозиума по природным цеолитам. Бургас, 3-7 июня 1985г.
120. «Применение цеолитовых туфов в сельском хозяйстве» - Сборник научных трудов, Новосибирск, ВАСХНИЛ, Сибирское отделение, 1986г., 83с.
121. Природные цеолиты в народном хозяйстве – Тезисы Всесоюзного совещания, Кемерово, Новостройка, 18-19 апреля 1990г., с. 229.
122. Петров К.А. – Использование хонгурина в качестве наполнителя ростовой пудры – сборник научных трудов – Перспективы применения цеолитовых пород месторождения Хонгуру, Якутский научный центр СОРАН, 1993г., с. 57-62.
123. Панцхава И.Д., Алексидзе Г.Е. – «Применение природного цеолита как компонента и разрыхлителя субстрата теплицы» - Природные цеолиты в сельском хозяйстве (Труды симпозиума по применению природных цеолитов в сельском хозяйстве, Сухуми, 16-21 октября 1978г.), изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1980 с. 132-140.
124. Постиков А., Рябкин Р., Волкова С. – «Кладовая питания – цеолитовые плантации». Журнал «Агропромышленный комплекс России», №9, 1989.
125. Паников В.Д., Минеев В.Г. – Почва, климат, удобрение и урожай – Москва, Агропромиздат, 1987.
126. Производство местных органических удобрений – Перевод с немецкого А.Н. Кулюкина. Москва, «Колос», 1983.
127. Перфильев и Габбе, 1961 – Капиллярный метод прямого счета микробных клеток – АН СССР. Методы стационарного изучения почв – Изд. «Наука». Москва, 1977.
128. Петербургский А.В. – Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии – Изд. «Наука», М., 1979.
129. Природа (журнал) №1 – Москва, 1988.
130. Реуце К., Кырстя С. – Борьба с загрязнением почвы – Москва, «Агропромиздат», 1986.
131. Рекомендация – Пометные компосты с фосфогипсом – Москва. ВО «Агропромиздат», 1989.

132. Схиртладзе Н.И., Тостикова М.Г. – Туфомергелистые цеолитсодержащие среднесоценовые породы Ахалцихсской депрессии и перспективы их применения в качестве цеолитового удобрения – Сообщения АН Грузинской ССР. 119, №1, Тбилиси, 1985.
133. Схиртладзе Н.И., Гвахария Г.В., Ратишвили Р.А., Ахвледиани Р.Н., Микадзе Г.А. – Геологические условия нахождения некоторых цеолитсодержащих пород Грузии – Клиноптилолит. Тбилиси, 1977, стр. 34-41.
134. Схиртладзе Н.И. – Осадочные цеолиты Грузии. Тбилиси, 1991, 144с.
135. Сборник трудов «Применение клиноптилолитсодержащих туфов в растениеводстве», изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1988г., 146стр.
136. Схиртладзе Н.И. – Месторождения и проявления цеолитсодержащих осадочных и вулканогенно-осадочных пород Грузии – Добыча, переработка и применение природных цеолитов. «Сакартвело». Тбилиси, 1978.
137. Смит Джон. В кн.: «Химия цеолитов и катализ на цеолитах». Перевод с английского. М., Мир, 1980, т.1, с.11-103.
138. Супричев В.А. – Научные доклады высшей школы – Биологические науки, №12, с. 114-119, 1976.
139. Соловьев Г.А., Большева Т.Н., Челишева Р.В. – Особенность действия клиноптилолита и торфа на почвах различного механического состава при интенсивном внесении удобрений – Применение природных цеолитов в животноводстве и растениеводстве. Изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1984.
140. Труды симпозиума по применению природных цеолитов в сельском хозяйстве, Сухуми, 16-21 октября 1978г., изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1980.
141. Троп Л.С., Моисеенко В.С., Кристофори И.И., Боднар С.А. – «Эффективность применения цеолита в растениеводстве» - Сообщения Республиканской научно-практической конференции «Использование природных цеолитов сокирницкого месторождения в народном хозяйстве», Черкассы, 1991г., с. 84-85.
142. Тугаюк В.К. – Анатомия и морфология растений – изд. «Высшая школа». Москва, 1972.
143. Труды конференции и симпозиума по применению природных цеолитов в растениеводстве и животноводстве (Тбилиси, 1-5 ноября 1981г. и Сухуми, 20-26 сентября 1982г.), изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1984, 259 стр.

144. Травникова А.С., Градусов Б.П., Чижикова В.Д. – Журнал «Почвоведение», №3, 1973.
145. Толмачев А.М., Никашина В.А., Челишев Н.Ф. – Ионный обмен - М., «Наука», 1981, с. 45-63.
146. Туркова Н.С. – Основные этапы онтогенеза и развитие генеративных органов цветковых растений – Физиология с-х растений, т. II, изд. Московского университета, 1967, стр. 407-457.
147. Уротадзе С.Л., Андроникашвили Т.Г., Цицишвили В.Г., Кардава М.А. – Оценка потенциально-полезных свойств ломонтитсодержащей горной породы при выращивании озимой пшеницы - Труды микросимпозиума «Природные цеолиты в растениеводстве». Грузия, Гардабанский район, село Гамарджвеба, 2002.
148. Филизова Л., Василенко В. – Минерогенезис. Изд. Болгарской АН. София, 1974.
149. Цицишвили В.Г., Андроникашвили Т.Г. – Природные цеолиты в растениеводстве - Труды микросимпозиума «Природные цеолиты в растениеводстве». Грузия, Гардабанский район, село Гамарджвеба, 2002.
150. Физиология с-х растений, т. 2, изд. Московского университета, 1967.
151. Цицишвили В.Г., Алелишвили М.В., Долаберидзе Н.М. – Ионообменные свойства цеолитов и их роль в растениеводстве - Труды микросимпозиума «Природные цеолиты в растениеводстве». Грузия, Гардабанский район, село Гамарджвеба, 2002.
152. Цицишвили Г.В., Схиртладзе Н.И., Андроникашвили Т.Г., Цицишвили В.Г., Долаберидзе Н.М., Алелишвили М.В., Нижарадзе М.О., Мирдзвели Н.А., Кардава М.А. – Удобрение на основе анацимсодержащей породы, используемое для выращивания патиссонов – Труды микросимпозиума «Природные цеолиты в растениеводстве». Грузия, Гардабанский район, село Гамарджвеба, 2002.
153. Цицишвили Г.В., Андроникашвили Т.Г., Кардава М.А. – Природные цеолиты в земледелии (монография). Изд. «Мецниереба». Тбилиси, 1993.
154. Цицишвили Г.В., Андроникашвили Т.Г., Киров Г.Н., Филизова А.Д. – Природные цеолиты. Москва, изд. «Химия», 1985.
155. Цицишвили Г.В., Андроникашвили Т.Г., Гамисония М.К., Русадзе А.В. – Изв. АН ГССР, серия химическая, т. 10, №2, 1984.

156. Цицишвили Г.В., Андроникашвили Т.Г. – Природные цеолиты и возможности их использования в народном хозяйстве. Обзорная информация. Тбилиси, 1978.
157. Цхакая Н.Ш., Квашали Н.Ф. – «Японский опыт по использованию природных цеолитов». Изд. «Мецниереба». Тбилиси, 1984, с. 129.
158. Филиппов Хр., Стойлов Г.П. – «Действие и последствие азота из нитрата аммония и NH_4 – цеолита (Балканина 2) на двупольную «кукурузу – пшеницу». – Труды 4-го Болгаро-Советского симпозиума по природным цеолитам. София, 1986, стр. 367-372.
159. Хромов А.Я., Белицкий И.А., Литвина Л.А., Болтухин В.П. – «Применение цеолитовых туфов в растениеводстве Западной Сибири» - Применение природных цеолитов в животноводстве и растениеводстве, изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1984, стр. 113-116.
160. Хромов А.Я. – «Опыт применения цеолитовых туфов в земледелии черноземной зоны Западной Сибири» - Сборник научных трудов – Применение цеолитовых туфов в сельском хозяйстве, Новосибирск, 1986г., с. 50-56.
161. Хромов А.Я., Литвина Л.А. – «Эффективность применения цеолитов под сельскохозяйственные культуры в Новосибирской области». Тезисы Всесоюзного совещания (Кемерово, Новостройка 18-19 апреля 1990г.). Природные цеолиты в народном хозяйстве, Новосибирск, 1990, стр. 109-110.
162. Цхакая Н.Ш., Квашали Н.Ф. – «Японский опыт по использованию природных цеолитов». Изд. «Мецниереба». Тбилиси, 1984, с. 129.
163. Цицишвили Г.В., Андроникашвили Т.Г., Несторов Н.Н., Лабутин В.Г. – Природные цеолиты в сельском хозяйстве», изд. «Мецниереба». Тбилиси, 1997г., 148 стр.
164. Цицишвили Г.В., Схиртладзе Н.И., Андроникашвили Т.Г., Цицишвили В.Г., Долаберидзе Н.М., Алелишвили М.В., Нижарадзе М.О., Мирдзвели Н.А., Кардава М.А. – Удобрение на основе аналцимсодержащей породы, используемое для выращивания патиссонов – Труды микросимпозиума «Природные цеолиты в растениеводстве». Грузия, Гардабанский район, село Гамарджвеба, 2002.
165. Цицишвили Г.В., Андроникашвили Т.Г. – Природные цеолиты в растениеводстве. Труды микросимпозиума «Природные цеолиты в растениеводстве». Грузия, Гардабанский район, село Гамарджвеба, 2002.

166. Цицишвили Г.В., Андроникашвили Т.Г., Гамисония М.К., Гочелашвили З.И., Русадзе А.В. – Изд. АН ГССР, серия биологическая, т. 10, №5, 1984.
167. Цицишвили В.Г., Алелишвили М.В., Долаберидзе Н.М. – «Ионообменные свойства цеолитов и их роль в растениеводстве». Грузия, Гардабанский район, село Гамарджвеба, 2002.
168. Цицишвили Г.В., Андроникашвили Т.Г., Гамисония М.К., Гочелашвили З.И. – ДАН АН СССР, т. 284, №4, 1985.
169. Цицишвили Г.В., Кардава М.А., Андроникашвили Т.Г., Михайлова Н.И., Гамисония М.К., Майсурадзе Г.В. – Интенсивность генерирования подвижных форм азота под влиянием клиноптилолитсодержащих туфов. – Доклады АН СССР, т. 307, №2, 1989.
170. Цицишвили Г.В. и др. – В кн.: Природные цеолиты в сельском хозяйстве – Тбилиси, «Мецниереба», 1980, с. 159-163.
171. Циков В.С. – Прогрессивная технология выращивания кукурузы – Киев, Урожай, 1984, 192с.
172. Церлинг В.В. – Диагностика питания сельскохозяйственных культур – Москва. ВО «Агропромиздат», 1990.
173. Челишев Н.Ф., Челишева Р.В. – В кн.: Природные цеолиты в сельском хозяйстве – Тбилиси, «Мецниереба», 1980, с. 217-226.
174. Челишев Н.Ф., Беренштейн Р.В. – Клиноптилолит. ВИЭМС, М., серия IV, 1974.
175. Челишев Н.Ф., Челишева Р.В. - «Использование природных цеолитов» - Вестник с-х. науки, 1978, №2, с. 126-131.
176. Челишева Р.В. – Использование природных цеолитов для повышения плодородия дерново-подзолистых почв. - Природные цеолиты в сельском хозяйстве – Тбилиси, «Мецниереба», 1980, с. 104-108.
177. Челишев Н.Ф., Челишева Р.В. – Биологическая активность природных цеолитов – Природные цеолиты – Труды 4-го Болгаро-Советского симпозиума по природным цеолитам. Бургас 3-7 июня 1985. София, 1986.
178. Шишов Л.Л., Карманов И.И., Дурманов Д.Н. – Критерии и модели плодородия почв – М., «Агропромиздат», 1987.
179. Шевченко Л.А., Баираков В.В. – Влияние клиноптилолита на агрохимические свойства почвы и плодородие дерново-подзолистых почв Полесья Украинской

- ССР. - Применение природных цеолитов в животноводстве и растениеводстве, изд. «Мецниереба», Тбилиси, 1984.
180. Эприкашвили Л.Г., Кордзахия Т.Н., Дзагалия М.А., Хазарадзе Н.Т. – Исследования влияния филлипситсодержащей горной породы на некоторые биометрические показатели и выходную продуктивность кресс-салата. – Труды микросимпозиума «Природные цеолиты в растениеводстве». Грузия, Гардабанский район, село Гамарджвеба, 2002.
181. Яковлев Е.Н., Рубцов Л.М., Басистый В.Л., Федоров А.А. – «Использование природных цеолитов под полевые культуры на различных типах почв Дальнего Востока» - Использование природных цеолитов в народном хозяйстве, Новосибирск, 1991 – Материалы Всесоюзного совещания (Кемерово-Новостройка 1990г.), стр. 110-119.
182. Andronikashvili T.G. – “Some achievements in application of natural zeolites in plant growing in Georgia”. *Annals of Agrarian science*, 2003, No2, pp. 50-56.
183. Andronikashvili T.G. – *Tham H, Cgemische Technik*, Heft 4, 134, 1981.
184. An International Conference of the Occurrence Properties and Utilization of Natural Zeolites, Budapest, August 12-16, 1985.
185. Alelishvili M., Andronikashvili T., Tsitsishvili V., Dolaberidze N. – On the Possibility of Grobing Cucumber and Scullop Without Application of Traditional Fertilizers – *Chemical and Environmental Research*, 2003, v. 12, №1-2, pp. 121-134.
186. Andronikashvili T., Zardalishvli O., Beriashvili R. – “The Effect of Zeolite Containing Rocks and Mineral Fertilizers Used in Cooperation on Yielding Capacity of Table Beet”. – *Bulletin of the Georgian Academy of Sciences*, 2001, v. 165, №2, 329-332.
187. Andronikashvili T.G., Urotadze S.L. – “Laumontite – mineral promoting growth, development and increase in wheat crop yield”. *Ann. of Agrarian Science*, 2005, v.3, IV, pp.15-23.
188. Andronikashvili T.G. “Some achievements in application of natural zeolites in plant growing in Georgia”. *Annals of Agrarian science*, 2003, No2, pp. 50-56.
189. Andronikashvili T., Kardava M., Gamisonia M. “Effect of Natural Zeolites on Microbial Landscapes of some Soils in the Republic of Georgia” – *Natural Zeolites – Sofia 95*, 1997, pp.111-112.

190. Andronikashvili T., Tsitsishvili G., Kardava M., Gamisonia M. – The effect of organic-zeolite fertilizers on microbial landscape of Soil – Proceedings of the Georgian Academy of Sciences. 1999, v. 25, №3-4, pp. 243-252.
191. Adrian C.D., Pratt P.F. is Bishop S.F. 1971 – Nitrate and Salt in Soils and Co round from land Disposal of Dairy Manure Soil Science – Society of America. Proceeding 35 (1971).
192. Black S.A. si Kronis H. 1973. “Fertility and toxicity of chemical sewage slude. Proceedings of the international conference of land Waste Management. Ottawa, Canada Fd. Ars. Tomlinson.
193. Bassam N.E. si Thorman A. 1980; Potentials and Limits of the Organic Wastes in Crop Production Compost Science Land Utilization, November-December.
194. Beriashvili K.I., Zardalishvili O.I., Andronikashvili T.G. – “On the Effect and After-Effect of Application of some Zeolitecontaining Rocks into the soil on the yield of Dile and Table Beet”. Annals of Agrarian Science, 2004, №4, pp. 19-23.
195. Deffeyes K.G. – Natural zeolites deposits of potential commercial use” in Molecular Sieves Soc. Chem. Industry, 1968, 7-9, London.
196. de Gennaro M. and Longella A. “Italian zeolitized rock of technological interest”. Mineral Derosita, 1996, 31, 452-472.
197. de Gennaro M., Langella A., Colella C., Coppola F., Buondonno A. “Italian Zeolitized Tuffs as Soil Conditioners, Recent Research Advances”. Natural Zeolites, Edited by G. Kirov, L. Filizova, O. Petrov. Pensoft. Sofia-Mscow, 1997, pp.93-100.
198. Gudediani B., Kardava M., Andronikashvili T., Tsitsishvili G. – On a possibility of increasing malre yield without application of mineral fertilizers – Proceedings of the Georgian Academy of Sciences, 2002, №28, №3-4.
199. Ivanova H. – “Mornost zurodnemia tazkich pod”. VSN/uroda 1988, v. 36, №1, pp.31-32. Словак.
200. Langella A., de Gennaro N., Colella C., Boundonno A. – “Effect of phillipsite- or chabazite-rich tuff addition to soil on the growth and yield of Beta vulgaris and Raphanus sativus”. Proceedings III convegno Nazionale Scienza Texnologia, Delle Zeoliti, Getraro, Italy, 28-29 September 1995. Edited by R. Aiello, pp. 277-285.
201. Mumpton F.A., Fishman P.H. T of Anim. Science, 45, 1188-1203, 1977.
202. Mumpton F.A. Mineralogy and geology of Natural Zeolites – ED – S. mineralogical society of America, 1-17, 1977.

203. Minato H., Utado M. *Molec. Siev Zeolites*, Adv. Chem. 1971.
204. Mumpton F. – “Natural Zeolites; where have we been, where are we going”, *Natural Zeolites for the Third Millenium*. C. Colella and F.A. Mumpton, eds, 2000, pp. 19-34, Napoli, Italy.
205. Mumpton F.A. “La roca: Uses of Natural Zeolites in Agriculture and Industry”. *Proc. Nat. Acad. Sci, USA*, v. 96, pp. 3463-3470.
206. Ming D.W. and Allen E.R. “Recent advances in the United States in the use of natural zeolites in plant growth” in C. Colella and F.A. Mumpton (ed) *Natural Zeolites for the Third Millenium*, Napoli, Italy, 2000, pp. 417-426.
207. Ming D.W. Allen E.R. “Use of Natural Zeolites in Agronomy Horticulture and Environmental Soil Remediation” in *Chemistry*, volume 45, *Natural Zeolites Occurrence, Properties, Application*, 2001, v. 45, pp. 619-654.
208. *Memoirs of the 3-rd International Conference on the Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites*, Havana, 1991.
209. Mgeladze I.E., Andronikashvili T.G., Kardava M.A., Gamisonia M.K. “On the possibility of increase of yield of soybean without application of bacterial fertilizers”. *Annals of Agrarian Science*, 2005, v. 3, №2, pp. 77-80.
210. Minato H. – “Characteristics and uses of natural zeolites”. *Koatsu Gasu*, 1968, pp. 536-547.
211. Parhom W.E. “Future perspectives for natural zeolites in agriculture” in Pand W.F. and Mumpton F.A. (ed). *Zeo-agriculture: Use of natural zeolites in agriculture and aquaculture*, Westview Press, Boulder CO, 1984, pp. 283-286.
212. Perrin T.S., Drosi D.T., Boettinger S.L., Norton S.M. “Ammonium-Loaded clinoptilolite: A. Seow Release Nitrogen Fertilizer for Sweet Corn”. *Journal of Plant Nitration*, 1998, 21(3), pp. 515-530.
213. *Proceedings of the Sofia Zeolite Meeting 95*. June 18-25, 1995.
214. Swader F.N. 1980. *Soil productivity and the Future of American Agriculture*, in Batie, Sandra S. si Healy Robert G. (egitori): *The Future of American Agriculture as a Strategic Resource*, The Conservation Foundation, Washington, D.C.
215. Stasik V., Sedbak S. – “Mornosti Vyuzitta Zeolita prx zurodiovani nog” *Sloviseo 84*, Vysoki Tatry. Czechoslovakia, 1984, 153-156.
216. *Stu International Conference of he Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites*, Naples, Italy, 1997.

217. Tsitsishvili G., Andronikashvili T., Kardava M., Maisuradze G. – Zeonak – A Nelofficient organo-zeolities Fertilizer” – International conference, 1991, Havana, Cuba.
218. Tsitsishvili V., Dolaberidze N., Alelishvili M., Nijaradze M., Mirdzveli N. – Ecologically acceptable Modifications of Natural Zeolites and their application in plant growth, ion exchange properties – Proceedings of the Georgian Academy of Sciences. 2003, v.29, №3-4.
219. Torri K. – “Utilization of Natural Zeolites in Japan”. in L.B. Sand and F.A. Mumpton (ed) Natural Zeolites: Occurrence, Properties use Pergamon Press Elmford N.Y., 1978, pp. 441-550.
220. Taiganides F.P. si Stroshine R.L. 1971, Impact of form animal production and proceeding the total environment, Livestok waste management and Pollution Abatement, Amer. Soc. of Agr. Fngr. St. Joseph, Michigan.
221. Zeo-Agriculture: Use of Natural Zeolites in Agriculture and Aquaculture, 1984.