

სსიპ სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტი ინჟინერიის, აგრარულ და
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი აგრონომიის სადოქტორო
საგანმანათლებლო პროგრამა

ირინა ხელისუფალი

ენტომოპათოგენური ნემატოდების (Steinernema,
Heterorhabditis) გამოყენება მავნე მწერების
ბიოკონტროლისათვის სამცხე-ჯავახეთში.

აგრონომიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად წარმოდგენილი დისერტაცია

სამეცნიერო ხელმძღვანელები:

ნონა მიქაია - ბიოლოგიის დოქტორი, პროფესორი.

თანახელმძღვანელი- აკად. ავთანდილ კორახაშვილი, სოფლის

მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი

ახალციხე

2024

განაცხადი

ირინა ხელისუფალი მოგმართავთ, რომ ჩემს მიერ წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომი არის ჩემი ორიგინალური ნამუშევარი და არ შეადგენს სხვა ავტორების მიერ აქამდე გამოქვეყნებულ, გამოსაქვეყნებლად მიღებულ ან დასაცავად წარდგენილ მასალას, რომელიც სადისერტაციო ნაშრომში არ არის მითითებული ან ციტირებული, შესაბამისი წესების თანახმად.

ხელმოწერა

თარიღი

მე ვუძღვნი ამ ნამუშევარს ჩემს მოსიყვარულე მშობლებს, ქალბატონ ლუდმილა და ბატონ ალექსანდრე ყორღანაშვილებს, რომლებიც ყოველთვის პირველ ადგილზე აყენებდნენ განათლებას და დღესაც აგრძელებენ ჩემს მხარდაჭერას, მეუღლეს, ბატონ გოჩა ხელისუფალს და შვილს ირაკლი ხელისუფალს და ვუხდი მადლობას იმ უდიდესი მხარდაჭერისთვის და მოტივაციისთვის, რომელთაც მუდმივად ვგრძობდი დისერტაციაზე მუშაობის პერიოდში.

ჩემი მოკრძალებული მადლობა სამცხე-ჯავახეთის უნივერსიტეტის ადმინისტრაციას რექტორის, ქალბატონ მაკა ბერიძის ხელმძღვანელობით, რომელთა უდიდესი თანადგომა და გულისხმიერება თან მახლავდა დისერტაციაზე მუშაობის პერიოდში.

დიდი მადლობა სამცხე-ჯავახეთის უნივერსიტეტის ინჟინერიის, აგრარულ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის დეკანს, ბატონ ლევან მაკარაძეს და დეკანატის ადმინისტრაციას გვერდში დგომასა და მხარდაჭერისთვის.

განსაკუთრებული მადლობა ეკუთვნის ჩემს ხელმძღვანელს, პროფესორ ნონა მიქიას მხარდაჭერისთვის, მუშაობის პერიოდში ზედამხედველობისთვის და იმ დიდი ცოდნისთვის, რომელიც მან გამიზიარა და შემასწავლა.

ულრმესი მადლობა ჩემს თანახელმძღვანელს, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოს ავთანდილ კორახაშვილს კეთილი და საქმიანი რჩევებისა და მხარდაჭერისათვის.

დიდი მადლობა პროფესორ ზაირა ტყეზუჩავას, სამცხე-ჯავახეთის უნივერსიტეტის დოქტორანტურის ხელმძღვანელს უდიდესი გულისხმიერებისა და თანადგომისთვის.

დიდება და მადლობა უფალს, იესო ქრისტეს ჩემდამი უდიდესი ძალისთვის, სიბრძნისა და მისი სიყვარულისთვის.

სარჩევი

ანოტაცია	7
Abstract.....	12
შესავალი	15
კვლევის მიზანი და ამოცანები	17
ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე, თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა.....	19
დისერტაციის სტრუქტურა და მოცულობა.....	20
კვლევის შედეგების აპრობაცია გამოქვეყნებული სამეცნიერო სტატიები:.....	22
თავი I. ლიტერატურის მიმოხილვა	25
1.1 მავნე მწერების ბიოლოგიური კონტროლი ენტომოპათოგენური ნემატოდების მეშვეობით.....	28
1.2. ენტომოპათოგენური ნემატოდები (EPNs), როგორც ფექტური ბიოლოგიური კონტროლის აგენტები	30
1.4. სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის მოკლე ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათება	34
1.5. ცვილის ჩრჩილის (<i>Galleria mellonella</i> -ს) ზოგადი დახასიათება.....	38
თავი II.....	42
2.1. ცვილის ჩრჩილის – <i>Galleria mellonella</i> -ს მასობრივი გამრავლება სხვადასხვა საკვებ არეებზე.....	42
2.2. მასალები და კვლევის მეთოდები	46
2.3. ენტომოპათოგენური ნემატოდების <i>Steinernema carpocapsae</i> და <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> -ს ბიოლოგიური კონტროლი აზიური ფაროსანას, <i>Halyomorpha halys</i> მიმართ ლაბორატორიულ პირობებში.....	50
2.4. ფიტოპათოგენური ნემატოდა <i>Aphelenchoides</i> sp. ეფექტურობა ხოჭოს -Spruce bark beetle <i>Ips typographus</i> მიმართ ლაბორატორიულ პირობებში.	53
2.5. ქერქიჭამია ხოჭო (<i>Ips typographus</i>) განვითარების პროცესი და გავრცელების მექანიზმი.	56
თავი III	60
3.1. ფიტოპათოგენური ნემატოდების ექსპერიმენტული ნაწილი	60
3.2. ენტომოპათოგენური ნემატოდების <i>Steinernema carpocapsae</i> ეფექტურობის დადგენა კოლორადოს ხოჭოს (<i>Leptinotarsa decemlineata</i>) და მისი მეტამორფოზული ფორმის ლარვების მიმართ	62
3.3. ლაბორატორიული შედეგები:.....	68

3.4. ენტომოპათოგენური ნემატოდები, როგორც ენდოპარაზიტები.....	71
3.5. ენტომოპათოგენური ნემატოდების უპირატესობები.....	76
თავი IV	78
4.1. ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოყენება.....	78
4.2. ენტომოპათოგენური ნემატოდების კონკურენტული და მტაცებლური ურთიერთობები ნიადაგის სხვა ორგანიზმებთან	80
4.3. ენტომოპათოგენური ტილენქიდები(Tylenchida).....	82
4.4. მავნე მწერების პარაზიტული მერმიტიდების სახეობრივი შემადგენლობა .	85
თავი V	91
5.1. პარაზიტული ნემატოდების როლი მავნე მწერების რაოდენობის რეგულირებაში.....	91
5.2. ნემატოდების ბუნებრივი პოპულაციების საქმიანობის გამააქტიურებელი და შემზღუდველი ფაქტორები	97
5.3. მწერ-მასპინძელთა წრე.....	100
5.4. ნიადაგის ფაქტორი.....	102
თავი VI	106
6.1 ბაქტერიების ფუნქციური როლი ნემატოდების კომპლექსში	106
6.2. შიდასახეობრივი კონკურენცია.....	108
6.3. ნემატოდების in vivo და in vitro კულტივირების მეთოდები	109
6.4. ენტომოპათოგენური ნემატოდები, როგორც ბიოლოგიური ბრძოლის ფაქტორი	112
თავი VII	116
7.1.ენტომოპათოგენური ნემატოდების კულტივირება ხელოვნურ საკვებ არეზე115-	
7.2. ნემატოდური სუსპენზიები	118
7.3. ენტომოპათოგენური ნემატოდების გავრცელება.....	120
თავი VIII	123
8.1 მასალის გაკვეთის ტექნიკა, დროებითი და მუდმივი პრეპარატის დამზადება, ნემატოდების იდენტიფიკაცია.....	123
8.2 Steinernema sp.n-ის იზოლატის იდენტიფიკაცია	124
8.3.ნემატოდების ადგილობრივი სახეობების ეფექტურობა მავნებლების წინააღმდეგ	131

8.4 ენტომოპათოგენური ნემატოდებით კონტროლირებადი ზოგიერთი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მავნებლების სახეობრივი შემადგენლობა .	132
8.5. სხვადასხვა სახეობის მავნებლების მგრძობიარობის შეფასება ნემატოდური ინფექციის მიმართ.....	132
8.6 ენტომოპათოგენური ნემატოდების დამოკიდებულება პესტიციდებისადმი.	133
8.7.ენტომოპათოგენური პრეპარატების გამოყენების ეკონომიკური ეფექტურობა	136
დასკვნები.....	137
გამოყენებული ლიტერატურა.....	141
დისერტაციაში გამოყენებული აბრევიატურა:	152

ანოტაცია

გარემოს ეკოლოგიური დაცვა არის ერთ-ერთი აქტუალური პრობლემა. ამასთან დაკავშირებით, უმნიშვნელოვანეს ამოცანას წარმოადგენს ქიმიური პესტიციდების გამოყენების მინიმუმამდე შემცირება, ვინაიდან ქიმიურ პესტიციდებს უარყოფითად მოქმედებენ სასოფლო-სამეურნეო კულტურებზე და საერთოდ გარემოზე. მავნე ორგანიზმებისაგან მცენარეთა ბიოლოგიური დაცვის მეთოდებს ქიმიურ მეთოდებთან შედარებით აქვს მრავალი უპირატესობა: ბიოლოგიური აგენტები გამოირჩევიან მაღალი ბიოლოგიური ეფექტურობით და სელექციურობით სასარგებლო მწერებთან მიმართებაში; ისინი ასევე უსაფრთხონი არიან ადამიანისა და საერთოდ გარემოსთვის; არ არიან ფიტოტოქსიკური და არ მოქმედებენ პროდუქტის უვნებლობაზე და ხარისხზე; ახასიათებთ მოკლე ლოდინის პერიოდი. ამასთან, ბიოლოგიური კონტროლის მეთოდები შეიძლება გამოვიყენოთ მცენარის ვეგეტაციის ყველა პერიოდში.

სადისერტაციო თემა „ენტომოპათოგენური ნემატოდები და მათი გამოყენება მავნე მწერების ბიოკონტროლისათვის სამცხე-ჯავახეთში“ ეძღვნება სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოყენებას მავნე მწერების ბიოკონტროლისათვის. იმის გამო, რომ მავნე მწერების ნემატოფაუნა რეგიონში საკმარისად არ იყო შესწავლილი გადავწყვიტეთ საფუძვლიანად გამოგვეკვლია აღნიშნული მავნებლები, რადგან სამცხე-ჯავახეთში აქტიურად ხორციელდება სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოება, ხოლო მწერი-მავნებლები სოფლის მეურნეობის მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენენ. მავნებლების ენტომოფაუნა საკმაოდ ვრცლად არის წარმოდგენილი. შესაბამისად, გამოსაკვლევად შერჩეული იყო ამ ჯგუფიდან ყველაზე ფართოდ გავრცელებული და მნიშვნელოვანი წარმომადგენლები. კვლევების მიმდინარეობისას ძირითადი ამოცანა იყო დაგვედგინა სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში არსებული ნემატოფაუნა, განგვესაზღვრა ამ რეგიონში არსებულ მცენარეთა ზოგიერთი მავნებლების ნემატოდების სახეობრივი შედგენილობა და მათი განაწილება მწერის ორგანოებში, შეგვესწავლა ნემატოდების ბიოლოგიის და ეკოლოგიის ძირითადი საკითხები.

ჩვენს მიერ წარმოდგენილი კვლევა მიეკუთვნება გამოყენებითი კვლევის კატეგორიას, რომელსაც დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ის ითვალისწინებს სხვადასხვა მწერი-მავნებლის რიცხოვნობის რეგულირებას ენტომოპათოგენური ნემატოდების მეშვეობით და მათი ეფექტურობის დადგენას. საკითხის განვითარებისათვის გამოყენებულ იქნა ნემატოლოგიაში მიღებული თანამედროვე კვლევის მეთოდები გადმოტანილი ამერიკის, ისრაელის, გერმანიის უნივერსიტეტების ენტომოლოგიური და ენტომოპათოგენური ნემატოდების წამყვანი ლაბორატორიებიდან. შერჩეულ იქნა ენტომოპათოგენური ნემატოდების ეფექტური ბიოლოგიური აგენტები, მათი შემდგომი მასობრივი რეპროდუქციისა და გამოყენებისათვის, როგორც ბიოლოგიური კონტროლის აგენტები.

რეგიონში ჩვენი კვლევების სამიზნე ლოკაციებს წარმოადგენდა: ბორჯომის მუნიციპალიტეტის დაბა წაღვერის, დაბა ბაკურიანის, ქ. ბორჯომის, ქ.ახალციხის, სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საცდელი ნაკვეთები. ძირითადი კვლევები ხორციელდებოდა სამცხე-ჯავახეთის უნივერსიტეტის (სჯუ) აგრონომიის სპეციალობის ლაბორატორიაში, სადაც სპეციფური ექსპერიმენტების მეშვეობით ვიკვლევდით ენტომოპათოგენური ნემატოდების ეფექტურობას, მწერი-მავნებლებთან ბრძოლის ბიოლოგიური მეთოდების ათვისებაზე და სამომავლოდ სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში მათ დანერგვაზე, როგორც ბუნებრივი რიცხოვნობის მარეგულირებელი ბიოლოგიური აგენტები. ზემოთაღნიშნულიდან გამომდინარე დასახულ იქნა შემდეგი ამოცანები:

ა) სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში არსებული სხვადასხვა ნიადაგების სინჯების აღება, ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოსავლენად;

ბ) რეგიონში მოპოვებული ენტომოპათოგენური ნემატოდების იდენტიფიკაცია ახალი სახეობის, ენდემური ბიოლოგიური აგენტების, ეპნ გამოსავლენად;

გ) სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში მავნე მწერების პოპულაციების შეგროვება, შესწავლა, მათზე კვლევების ჩატარება ენტომოპათოგენური ნემატოდების ეფექტურობის გამოსავლენად;

დ) მიღებული ახალი ნემატოდების შტამების კულტივირება, როგორც ბუნებრივ, ასევე ხელოვნურ საკვებ არეებზე, ასევე ენდემური ბიოლოგიური აგენტების ეპნ ტოლერანტობის განსაზღვრა.

ე) სჯუ-ს აგრონომიის საკვლევ ლაბორატორიაში ენტომოპათოგენური ნემატოდების, *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae*-ს და *Heterorhabditis bacteriophora*-ს ადგილობრივი შტამების რეპროდუქციის შემუშავება, მათი გამოყენება და შემდგომში დამატებითი კვლევების საფუძველზე, ნემატოდური სუსპენზიის წარმოება და გამოყენება ფერმერულ მეურნეობებში.

ლაბორატორიულ პირობებში კვლევებისათვის გამოყენებულ იქნა თანამედროვე მეთოდოლოგია და აპარატურა: სტერეო- მიკროსკოპი, თერმოსტატი, ციფრული აპარატი, კომპიუტერები, სკანერი და სხვა ლაბორატორიული ხელსაწყოები.

მავე მწერების წინააღმდეგ ეფექტური ნემატოდური პროდუქციის, ე.წ. სუსპენზიის (ბიოპრეპარატი) მისაღებად სასურველია სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში გავრცელებული გვარი შტეინერნემა-ს და ჰეტერორაბდიტიდას ახალი შტამების წარმომადგენელი ნემატოდების მოპოვების, შერჩევისა და კულტივირების ახალი მეთოდის შემუშავება. ნემატოდების მასობრივი კულტივაციის მიზნით შეირჩა ახალი საკვები არე, მისი ეკონომიკური ეფექტურობის გათვალისწინებით. ამ მიზნით გამოყენებულ იქნა სხვადასხვა მწერის ლარვები და ჭუპრები, რომელთა კულტივაცია მოვახდინეთ ლაბორატორიულ პირობებში.

ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოყენების მიზნით საველე პირობებში, ექსპედიციის ჩასატარებლად შერჩეულ იქნა წლის შესაფერისი დრო, კერძოდ გაზაფხული-ზაფხულის სეზონის დილა-სადამო.

პრეპარატის ზემოქმედების ეფექტურობისა და სპეციფიკურობის აღრიცხვიანობა ჩატარებულ იქნა დახოცილი მწერის სხეულზე ნემატოდების მოქმედების შეფასებით და მცენარეზე დარჩენილი ცოცხალი და აქტიური მწერების დათვლით, სადაც გამოყენებული იყო ებოტისა და ფრანცის მეთოდები.

ნემატოდების მასობრივი გამრავლება შესრულდა ცვილის ჩრჩილის (*Galleria mellonella*) და ფქვილის ხოჭოს (*Tenebrio molitor*) მატლებსა და ჭუპრებზე.

სიცოცხლისუნარიანი კულტურის მისაღებად ჩატარდა მასალის სტერილიზაცია ნემატოლოგიაში მიღებული მეთოდებით.

ნემატოდური მასალის შენახვა მოხდა დაბალ ტემპერატურაზე, ფიზიოლოგიურ ხსნარში აერირებად ჭურჭელში. ინვაზიური მასალა დამზადდა ნემატოდების მაქსიმალური კონცენტრაციით.

ჩვენი კვლევის მიზნებიდან გამომდინარე შევისწავლეთ და დავადგინეთ სამცხე-ჯავახეთის ბუნებრივ პირობებში მავნე მწერების სახეობების ენტომოპათოგენური ნემატოდების გავრცელების მაღალი დონე (37,8-59,6%). ყველა შემთხვევაში დახოცილი მავნე მწერების გვამებში დომინირებდა ნემატოდების 2 გვარის სახეობა - *Steinernema* და *Heterorhabditis*. გამოკვლეულ იქნა რეგიონში არსებული მავნე მწერები ეპნ-ზე. გამოკვლევის შედეგად მიღებულმა ანალიზმა გვიჩვენა სახეობათა დაინფიცირების მაღალი პროცენტულობა. დადგენილ იქნა სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში ენტომოპათოგენური ნემატოდების არსებობის სიხშირე, რომელიც საშუალოდ აღწევს 45%-ს. ასევე დადგენილ იქნა, რომ მავნე მწერების ნიმუშების შეგროვების საუკეთესო პერიოდებია მარტი-აპრილი და სექტემბერ-ოქტომბერი. ჩვენს მიერ გამოვლენილ იქნა რეგიონისათვის არსებული ახალი სახეობები: *Steinernema abbasi*, *Aphelenchoides* sp, და *Steinernema* sp. რომელთა პრიორიტეტი დაადასტურეს ბრიტანეთის ბუნებრივი ისტორიის სპეციალისტებმა (ლონდონი, დიდი ბრიტანეთი).

შესწავლილ იქნა ადგილობრივი ახალი შტამების დამოკიდებულება ტემპერატურისა და ტენიანობის მიმართ, დადგენილ იქნა ახალი შტამის *Steinernema tsagveriensis*-ს მაღალი ინვაზიურობა (32.5 - 52.6%), სხვა შტამებთან შედარებით. (*Aphelenchoides* sp, და *Steinernema* sp).

ჩვენს მიერ დადგენილ იქნა, რომ - *Helicoverpa armigera* და *Spodoptera littoralis* - შეიძლება გამოყენებული იყოს ალტერნატიული ბიოლოგიური სუბსტრატის სახით ნემატოდების ინვაზიური ლარვების გამრავლებისა და დაგროვებისთვის. განვსაზღვრეთ ეპნ ინვაზიური სტადიების ოპტიმალური კონცენტრაციები, ასევე შევარჩიეთ მათი კულტივირებისათვის ხელოვნური საკვები არეები. ასევე მოვახდინეთ ადგილობრივი ეპნ შტამების ინვაზიური სტადიების ტოლერანტობის

შეფასება. ჩვენს მიერ შედარებულ იქნა ნემატოდას ახალი შტამი *Steinernema tsagveriensis* ჰერბიციდებთან მიმართებაში. დადგინდა, რომ ნემატოდას ინვაზიურ ლარვებს მათთან კონტაქტისას ინფექციურობა უმნიშვნელოდ უმცირდებათ. ეს იძლევა ენტომოპათოგენური ნემატოდებისა და მათი ცოცხალი ბიოლოგიური პრეპარატების ერთობლივი გამოყენების საშუალებას მათი ეფექტურობის გაზრდის მიზნით მწერი-მავნებლების წინააღმდეგ. ჩვენს მიერ დადგენილ იქნა, რომ ბიოლოგიური ნემატოდური პრეპარატების გამოყენება ეკონომიკურად და ეკოლოგიურად უფრო მომგებიანია, ვიდრე ქიმიური დამუშავება.

ჩვენი კვლევები ძირითადად დასრულებულია, მაგრამ სამომავლოდ ვგეგმავთ კვლევების არეალის გაფართოებას და დამატებითი საკვლევო სამუშაოების განხორციელებას, წამყვანი ნემატოლოგიის დარგის სპეციალისტებთან დამატებითი კონსულტაციების გავლას, ასევე მოწინავე ქვეყნების გამოცდილების გათვალისწინებას. ვფიქრობთ, რომ საქართველოში ურიგო არ იქნება ნემატოლოგიის განვითარება ეკოლოგიური სოფლის მეურნეობის თვალსაზრისით. მცენარეთა მავნებლებთან ენტომოპათოგენური ნემატოდებით ბიოლოგიური ბრძოლის მეთოდების გავრცელება-დანერგვის ეტაპები უპრიანია ჯერ მცირე ფერმერულ ნაკვეთებზე, სადაც აუცილებელია მავნებლისაგან ტყის მცენარეების, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების (ბოსტნეული, ბაღჩეული, ხეხილოვანი კულტურები და სხვ.) ბიოლოგიური დაცვა, ხოლო წარმატების შემთხვევაში ბიოლოგიური ბრძოლის მეთოდების უფრო დიდი მასშტაბებით გავრცელება.

მოსალოდნელი სარგებელი პირველ რიგში აისახება ტყის მასივების დაცვით ადამიანისა და გარემოსათვის უსაფრთხოების მაჩვენებლებით, გაიზრდება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების, ბოსტნეული და ბაღჩეულის, ხეხილოვანი კულტურების მოსავლიანობა და ხარისხი, მიღებული პროდუქცია იქნება კონკურენტუნარიანი. გაუმჯობესდება ტყის კორომების დაცულობა და სხვა.

Abstract

Environmental protection is a critical and urgent ecological issue. Reducing of chemical pesticides using is real crucial point in promoting environmental protection, because chemical pesticides harm agricultural crops and the environment in general. Biological protection methods of plants from harmful organisms offer several advantages over chemical methods:- Biological agents are characterized by high biological efficiency and selectivity in relation to beneficial insects;

The topic of the dissertation “ Entomopathogenic nematodes (Steinernema, Heterorhabditis), their use for biocontrol of important insects in Samtskhe-Javakheti . is dedicated to the nematodofauna of some harmful insects of the forest, vegetable and fruit crops in the Samtskhe-Javakheti region. Since the nematofauna of vegetable crops in the Samtskhe-Javakheti region was not sufficiently studied, we decided to fill this gap, especially since these pest insects, as they are important pests of the forest and all vegetable crops. The most widespread and important representatives of this group were selected. During the research, the main task was to determine the species composition of nematodes of vegetable plants, released cultural crops and forest pests and their distribution in the insect's organs.

For the development of the issue, modern methods adopted in nematology were used, transferred from advance entomological and entomopathogenic nematode laboratories of USA, Israel and German universities. Effective biological agents of entomopathogenic nematodes were selected for their further mass reproduction and their use as the biological control agents.

Our scientific research aimed to conduct lab and field works on entomopathogenic nematodes and the adoption of biological methods of pest control in Akhaltsikhe and Borjomi municipalities, on the pilote plots of the Samtskhe-Javakheti University, in an special agronomy laboratory of Samtskhe Javakheti university . Our tasks was as follows:

Collect and study populations of pest insects in the Samtskhe-Javakheti region, and conducting research on them to reveal entomopathogenic nematodes; Sampling of different existing soils in the Samtskhe-Javakheti region to reveal entomopathogenic nematodes. Identification of entomopathogenic nematodes collected in this region to reveal

entomopathogenic nematodes of new species and endemic biological agents; Cultivation of obtained new nematode strains, both on natural and artificial feeding areas, determination of entomopathogenic nematodes tolerance of obtained endemic biological agents.

Modern methodology and the latest equipment will be used for research in laboratory conditions: stereo microscope, digital device, computers, scanner and others.

For the mass cultivation of nematodes, a new feeding area is selected, taking into account its economical efficiency. Larvae of various insects will be used for this purpose.

Mass reproduction of nematodes will be performed on worms of wax moths (*Galleria mellonella*) and flour beetles (*Tenebrio molitor*). To obtain a viable culture, the material will be sterilized by methods accepted in nematology. The nematode material will be stored at a low temperature in an aerated vessel in saline. Invasive material will be produced with the maximum concentration of nematodes.

The best appropriate time of the year will be selected for conducting the expedition, in order to use entomopathogenic nematodes in field conditions.

Based on the goals of our research, a high level (37,8-59,6%) of distribution of entomopathogenic nematodes of pest insect species in the natural conditions of Samtskhe-Javakheti has been studied and determined. In all cases, the dead body of killed harmful insects were dominated by species of 2 genera of nematodes - Heterorhabditis and Steinernema. The pest insects present in the region were studied towards entomopathogenic nematodes. It was determined that the best periods for collecting samples of harmful insects are March-April and September-October; We identified new species present in the region: Steinernema tsagveriensis, Aphelenchoides sp, and Steinernema sp. The priority of which was confirmed by British natural history specialists (London, Great Britain). The dependence of the local new strains on temperature and humidity was studied, and the high invasiveness (32.5 - 52.6%) of the new strain Steinernema tsagveriensis compared to other strains (Aphelenchoides sp, and Steinernema sp) was determined.

Optimal concentrations of invasive stages of entomopathogenic nematodes were determined, and artificial feeding areas were selected for their cultivation. We evaluated the tolerance of invasive stages of local entomopathogenic nematode strains. We compared the

new nematode strain *Steinernema tsagveriensis* with herbicides. The study established that when in contact with them, infectivity of invasive nematode larvae is slightly reduced. We have determined that the use of biological nematode preparations is economically and ecologically more beneficial than chemical treatment.

Our studies have been completed in general, but after the research is finished at all, we are guessing to start the stage of introduction of biological control of plant pests with entomopathogenic nematodes with small-scale trials, where it is necessary to biologically protect forest plants, agricultural crops (vegetable, fruit crops etc.) from pests.

Expected benefits are primarily reflected in the protection of forest massifs with a safety indicator for people and the environment. The yield of crops (forest plants, vegetable crops, fruit trees) will increase, food safety and quality will improved and the obtained products will be competitive.

შესავალი

სადისერტაციო თემის აქტუალობა. მავნე მწერების პოპულაციებში მათი რიცხოვნობის მარეგულირებელი ბიოლოგიური ფაქტორების ძიება და გამოყენება ფრიად აქტუალური საკითხია, რადგან ისინი განიხილებიან, როგორც პოტენციური ბიოლოგიური აგენტები მავნე მწერებთან საბრძოლველად, ამასთან ენტომოპათოგენური ნემატოდები არიან უსაფრთხო საშუალებები ადამიანისა და გარემოსათვის. ენტომოპათოგენური ნემატოდების (ეპნ) ოჯახების Steinernematidae-ს და Heterorhabditidae-ს წარმომადგენლები ფართოდ არიან გავრცელებული მწერების პოპულაციებში, სადაც ისინი ბაქტერიული სეპტიცემიის ინოკულაციას ახდენენ, რის გამოც მწერები იღუპებიან. მავნე მწერებთან ბიოლოგიური ბრძოლისათვის ერთ-ერთ საუკეთესო მეთოდად აღიარებულია ნემატობაქტერიული კომპლექსი (ნბკ), რომლის ინფექციურ საწყისზეც უნდა შეიქმნას საწარმოო ბიოლოგიური პრეპარატები. სწორედ, ეს ჩვენი გამოკვლევები მიმართულია ეფექტური ენტომოპათოგენური ნემატოდების ძიების, შესწავლისა და მათი შემდგომი რეპროდუქციისა და გამოყენებისათვის მავნე მწერების ბიოკონტროლში, რაც საფუძვლად დაედო სადისერტაციო თემის შერჩევას და განაპირობა თემის აქტუალობა.

მწერები წარმოადგენენ მნიშვნელოვან ორგანიზმებს ცხოველთა სამყაროში. არსებობს მწერების მიახლოებით მილიონ სახეობამდე. მწერები, იკვებებიან რა სხვადასხვა საკვებით - ცოცხალი და მკვდარი მცენარეებით, ცხოველების ლეშით, ისინი ბუნების სანიტრების როლს ასრულებენ, ასევე იღებენ მონაწილეობას ყვავილოვანი მცენარეების დამტვერვაში, ისინი არიან ნიადაგის მექანიკური და ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების, გამაუმჯობესებლები. მწერები არიან უნიკალური საკვების მომცემნი (ფუტკარი), იძლევიან ტექნიკურ პროდუქციას. მწერების დიდი არმია არის მცენარეებისა და ცხოველების მავნებელი, რომლებიც იწვევენ სხვადასხვა ავადმყოფობის გამომწვევ დაავადებებს.

მწერების უმრავლესობით არის დასახლებული ბოსტან-ბაღჩები, ხეხილოვანი ბაღები და ტყეები. ჩვენთვის უმნიშვნელოვანეს ამოცანას წარმოადგენს მწერების მასობრივი გამრავლებისთვის აუცილებელი პირობების შესწავლა.

მწერების ეკოლოგიის შესწავლა გვაძლევს მოტივაციას, რომ ავხსნათ მათი გეოგრაფიული გავრცელება, დამოკიდებული ეკოლოგიურ ფაქტორებზე, ასევე დავადგინოთ მავნებლის გავრცელება და ზიანი. აქედან გამომდინარე, ჩვენ შეგვიძლია პარაზიტი მწერის გამრავლების მიზეზების გარკვევა და ასევე იმ ფაქტორების ურთიერთობის შესწავლა, რომლებიც აფერხებენ ან ხელს უწყობენ მის მასიურ გამრავლებას. აქედან გამომდინარე შესაძლებელია, შემცირდეს მათი რიცხოვნობა და მიღებული მავნებლობა [ლორთქიფანიძე 2006 67-89].

მავნე მწერების მიერ სოფლის მეურნეობისათვის მიყენებული ზარალი მეტად დიდია, ისინი მოსავლიანობას აქვეითებენ დაახლოებით ერთი მეოთხედით და ამცირებენ პროდუქტის ხარისხს. ამ მხრივ ბრძოლის ბიოლოგიურ მეთოდს მნიშვნელოვანი უპირატესობა ენიჭება. ხანგრძლივი კვლევის შედეგად მავნე მწერების ბიოკონტროლისათვის მეცნიერებმა გამოიყენეს მათი ბუნებრივი მტრები: პათოგენური სოკოები, ვირუსები, ბაქტერიები და ენტომოპათოგენური ნემატოდები(ეპნ), (მრგვალი ჭიები).

ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოყენება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების(ბოსტნეულ და ბაღჩეულის, ხეხილოვანი კულტურების და ტყის მცენარეების მავნე მწერების წინააღმდეგ ბიოლოგიური ბრძოლის საუკეთესო საშუალებაა. ენტომოპათოგენურ ნემატოდებს მრავალი დადებითი თვისება გააჩნიათ: ისინი უსაფრთხოა არიან ადამიანის, გარემოსა და არასამიზნე მწერებისათვის (ნემატოდების გამოყენება ხდება ლოკალურად მავნე მწერების მიერ დაზიანებულ მცენარეებზე, განსაზღვრულ ადგილას). ადვილია მათი მასობრივი წარმოება, გამოყენება სხვადასხვა მავნე მწერების მიმართ, მათ აქვთ უნარი იოლად იპოვონ სამიზნე მწერები, გამოიწვიონ მათი სწრაფი სიკვდილიანობა, დაემორჩილონ გენეტიკურ სელექციას და დნმ-ის ტრანსფორმაციას და ბოლოს კონკურენტუნარიანნი არიან სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული ქიმიკატების უმრავლესობის მიმართ [Gaugler 1988, 351-360].

სადისერტაციო თემის ძირითადი მიზანია ენტომოპათოგენური ნემატოდების ოჯახების Steinernematidae და Heterorhabditidae -ს ეფექტური სახეობების ძიება, შერჩევა, და იდენტიფიცირება, მავნე მწერების წინააღმდეგ ნემატოდო-

ბაქტერიალური, ანუ (ნბკ-ს) გამოყენება, ტყის, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მნიშვნელოვანი მავნე მწერების ნემატოფაუნის შესწავლა, ნემატოდების გამრავლებისათვის ეფექტური, ეკონომიკური, ხელოვნური და ბუნებრივი საკვები არეების შერჩევა, ნემატოდების განვითარებისათვის თერმული ნიშის დადგენა და მათი პოტენციური უნარიანობის განსაზღვრა მწერ-მასპინძლის მიმართ, ინვაზიური მასალის სხვადასხვა პირობებში შენახვის ახალი ტექნოლოგიების შემუშავება, ნბკ-ს ბიოლოგიური ეფექტურობის დადგენა სხვადასხვა სახეობის მავნე მწერების მიმართ, მისი ადგილის განსაზღვრა მავნე ორგანიზმებისაგან მცენარეთა ინტეგრირებული დაცვის სისტემაში.

კვლევის მიზანი და ამოცანები

კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ენტომოპათოგენური ნემატოდების, როგორც ბუნებრივი რიცხოვნობის მარეგულირებელი აგენტების შესწავლა და მათი გამოყენება როგორც ლაბორატორიაში ასევე საველე პრობებში მავნე მწერების რიცხოვნობის დასარეგულირებლად, ბიოლოგიური მეთოდების ასათვისებლად და საქართველოში მათ დასანერგად. აღნიშნული კვლევები ჩატარდა როგორც სამცხე-ჯავახეთის უნივერსიტეტის აგრონომიის სპეციალობის ლაბორატორიაში, სჯუ-ის საცდელ ნაკვეთებზე, ასევე სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის სხვადასხვა ლოკაციებზე: (ახალციხისა და ბორჯომის რაიონებში). აქედან გამომდინარე, გამოიკვეთა შემდეგი ამოცანები და აქტივობები:

მწერის პოპულაციებში რიცხოვნობის მარეგულირებელი ენდემური ბიოლოგიური აგენტების (ენტომოპათოგენური ნემატოდების) ძიება;

სჯუ-ის აგრონომიის სპეციალობის ლაბორატორიაში, ეპნ -ის ან სხვა შტამების *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae*-ს და *Heterorhabditis bacteriophora*-ს იდენტიფიცირება(ანუ მათი მორფო-ფიზიოლოგიური და გენეტიკური თავისებურებების დადგენა). რაც შეეხება ახალი სახეობის გენეტიკური კუთვნილების დადგენას, განხორციელებულ იქნა ელექტრონული მიკროსკოპის გამოყენებით აშშ-ს არიზონას უნივერსიტეტის ენტომონემატოლოგიის

ლაბორატორიაში, სადაც გაგზავნილ იქნა ნემატოდების საკვლევი ნიმუში მყარ საკვებ არეზე .

განხორციელებულ იქნა ენტომოპათოგენური ნემატოდების, *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae*-ს და *Heterorhabditis bacteriophora*-ს და სხვა ადგილობრივი შტამების რეპროდუქციის შემუშავება და მისი გამოყენება .

ჩატარებულ იქნა კვლევები ტყის, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების, მნიშვნელოვანი მავნე მწერების წინააღმდეგ ნემატოფაუნის შესასწავლად ნბკ-ს გამოყენებით. ნემატოდების გამრავლებისათვის ეფექტური, ეკონომიკური, ხელოვნური და ბუნებრივი საკვები არეების შერჩევა, მათი განვითარებისათვის თერმული ნიშის დადგენა რეგიონის ლოკაციებიდან გამომდინარე, ინვაზიური მასალის სხვადასხვა პირობებში შენახვა, ნბკ-ს ბიოლოგიური ეფექტურობის დადგენა სხვადასხვა სახეობის მავნე მწერების მიმართ, მათი როლის განსაზღვრა მავნე ორგანიზმებისაგან მცენარეთა ინტეგრირებული დაცვის სისტემაში.

დისერტაციის ძირითადი მიზანია მავნე მწერების წინააღმდეგ ბრძოლის ბიოლოგიური მეთოდის დანერგვა საქართველოში, ადგილობრივი სახეობებისა და შტამების გამოვლენა, კულტივაციის ახალი მეთოდების შემუშავება, ნემატოდების სიცოცხლისუნარიანობის ექსპერიმენტული შესწავლა და მისი დანერგვა სოფლის მეურნეობის პრაქტიკაში.

ლიტერატურული ცნობების ანალიზმა აჩვენა, [Shapiro, Han 2012 206-217] რომ ენტომოპათოგენური პრეპარატების გამოყენება პერსპექტიულია მავნე სახეობების პოპულაციების განვითარების კონტროლის ეფექტურობისა და მათი ეკოლოგიურობის თვალსაზრისით. პრეპარატების გამოყენების პირობები და მათი ფორმები სხვადასხვა კლიმატურ ზონებში საკმარისად არ არის შესწავლილი. ამასთან დაკავშირებით ჩვენ დავსახეთ ჩვენს საკვლევ ტერიტორიაზე სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში შემდეგი მიზნები:

- პარაზიტული ნემატოდების სახეობრივი შემადგენლობის დადგენა;
- მკვდარ, მშრალ და ფიქსირებულ მასალაზე მათი გამოვლენის მეთოდის შემუშავება;

- ხელოვნურ პირობებში ნემატოდების კულტივირების მეთოდების აპრობირება და მათი მასობრივი წარმოებისთვის ტექნოლოგიურობის შეფასება;

-ნემატოდური ბიოლოგიური პრეპარატების მავნებლების წინააღმდეგ გამოყენების რენტაბელობის შეფასება.

ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე, თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა

სადისერტაციო ნაშრომი წარმოადგენს კვლევას, მიძღვნილს „ენტომოპათოგენურ ნემატოდებზე და მათ გამოყენებას ზოგიერთი მავნე მწერების ბიოკონტროლისათვის სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში“. ჩვენს მიერ მოძიებული და იდენტიფიცირებული იქნება ენტომოპათოგენური ნემატოდების ახალი შტამები და ეს ახალი ნემატოდები გამოყენებული იქნება სხვადასხვა ექსპერიმენტების ჩასატარებლად: დადგენილი იქნება მავნე მწერების ჭურჭსა და მატლში ნემატოდების (*Steinernema*, *Heterorhabditis*)-ის კულტივირების შესაძლებლობა, მოხდება ენტომოპათოგენური ნემატოდების კულტივირება მყარ და თხიერ საკვებ არეებზე, კერძოდ, მყარ(*Galleria mellonella* -ს ანუ თაფლის ფიჭას ჩრჩილის მეოთხე სტადიის მატლებზე) და თხიერ საკვებ არეზე (აგარ-აგარზე). ამავდროულად მოვახდენთ (*Galleria mellonella* -ს) კულტივირებას ხელოვნურ საკვებ არეებზე. შესწავლილი იქნება მწერ-მასპინძელში ნემატოდების შეჭრისა და მათი რეპროდუქციის ტემპერატურული ტოლერანტობა, შეძლებისდაგვარად მოძიებულ და გამოკვლეულ იქნება ნემატოდების ახალი შტამები. გამოკვლეული იქნება ნემატოდების მიერ საკვების მოპოვების პროცესი, რომლითაც დავადგენთ ნემატოდების მიერ პოტენციური მწერ-მასპინძლის შეცნობის უნარს. შემუშავებული იქნება ინვაზიური მასალის ხანგრძლივი დროით შენახვისა და ტრანსპორტირების მეთოდი. ნაკვეთობა გამოცდილი იქნება პირველ ეტაპზე ლაბორატორიულ პირობებში, ხოლო შემდგომ, შეძლებისდაგვარად, ტყის წიწვოვან მცენარეთა მცირე ლოკაციაზე, (ქერქიჭამიას მავნებელზე), ასევე საცდელ ნაკვეთებზე ბოსტნეული, ბაღჩეული და ხეხილოვანი კულტურების ზოგიერთი მავნე მწერების წინააღმდეგ. შესწავლილი იქნება, თუ რა გავლენას ახდენს ტემპერატურა და ტენიანობა

ნემატოდების რეპროდუქციაზე, ექსპერიმენტების ჩატარებისას დადგენილი იქნება: 1) მავნე მწერებით დასახლებული საკვლევი ობიექტების ნიადაგის ტიპები; 2) ენტომოპათოგენური ნემატოდების ვირულენტობა და ამ ნემატოდების მიერ მავნე მწერებში გამოწვეული პათოლოგიები; 3) შესწავლილ იქნება ქართველი და უცხოელი ნემატოლოგების გამოცდილება;

4) გამოკვლეული იქნება ენტომოპათოგენური ნემატოდების ქცევები საკვების მოპოვების პროცესში; 5) გამოკვლეული იქნება ეპნ (Steinernema, Heterorhabditis) ინვაზიურობა მწერი-მავნებლის მიმართ და მათი თერმული ადაპტაცია.

სადისერტაციო ნაშრომი იქნება მნიშვნელოვანი კვლევა ენტომოპათოგენური ნემატოდების ბიოეკოლოგიის, იდენტიფიცირების, რეპროდუქციისა და ბიოტექნოლოგიის დარგში. უცხოელი და ქართველი ნემატოლოგების გამოცდილებაზე დაყრდნობით, ასევე საქართველოს აგროდარგის ექსპერტთა აზრის გათვალისწინებით, შესაძლო გახდება შემუშავდეს ნემატოდური პრეპარატი (გათვალისწინებული იქნება შენახვისა და ტრანსპორტირების პირობები) საწყის ეტაპზე გამოსაყენებელი მცირე გლეხური და ფერმერული მეურნეობებისათვის, მცენარეთა მავნებლების ბიოლოგიურ კონტროლში.

დისერტაციის სტრუქტურა და მოცულობა.

სადისერტაციო ნაშრომი წარმოდგენილია 152 გვერდზე. ნაშრომი შედგება ანოტაციის, შესავლის, 8 თავის, დასკვნის, გამოყენებული ლიტერატურისაგან. სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილია: 72 ფოტოსურათი, 11 ცხრილი. ნაშრომს თან ერთვის გამოყენებული 120 ლიტერატურული წყარო.

დისერტაციის პირველ თავში განხილულია ლიტერატურის მიმოხილვა, საუბარია, იმ მეცნიერებზე, რომლებმაც პირველებმა აღმოაჩინეს ეს თვალთუხილავი მიკროსკოპული არსებები, ნემატოდები და საფუძველი ჩაუყარეს მეცნიერებისათვის ძალიან საინტერესო დისციპლინას ნემატოლოგიას. ასევე აქ განხილულია, ნემატოლოგების, არა მარტო უძველესი მეცნიერების წვლილი, ასევე თანამედროვე მეცნიერთა მიღწევები, როგორც საზღვარგარეთ, ასევე საქართველოში. ამავე თავში ასევე პასუხი გაცემულია იმ კითხვაზე, რატომ არიან ეპნ ბიოლოგიური კონტროლის

აგენტები, და ასევე ვფიქრობთ, ამ თავში პასუხი გაცემულია იმ კითხვაზე როგორ ორგანიზმებს წარმოადგენენ ენტომოპათოგენური ნემატოდები.

ამ თავში, წარმოდგენილია საკვლევი რეგიონის, სამცხე-ჯავახეთის, ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათება, რათა სრულყოფილად წარმოგვეჩინა ის ლოკაციები სადაც ჩატარდა კვლევები. ასევე განხილული გვაქვს მწერის, ცვილის ჩრჩილის მატლის, (*Galleria mellonella*), რომელიც წარმოადგენს მნიშვნელოვან ობიექტს, ეპნ-ის კულტივირებისათვის.

მეორე თავში, განხილულია აგრეთვე სხვა საკვები არეები, რომელსაც ვიყენებდით ეპნ-ის გასამრავლებლად. რომელშიც, ასევე დიდი ყურადღება ეთმობა საექსპერიმენტო მასალასა და მეთოდიკას.

მეორე თავში დათმობილი აქვს ადგილი სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში გავრცელებულ მნიშვნელოვან მავნებელს აზიურ ფაროსანას (*Hyphantria cunea*-ს) და მასთან ბრძოლის ღონისძიებებს ეპნ-ის მეშვეობით. ასევე განხილულ იქნა ფიტო ნემატოდას ახალი სახეობა, *aphelenchoides* sp. რომელიც მოპოვებულ იქნა ბორჯომის მუნიციპალიტეტის დაბა წაღვერის ნიადაგის სინჯებში და შემდგომ იდენტიფიცირებულია აშშ-ში, არიზონას უნივერსიტეტის ენტომონემატოლოგიის ლაბორატორიაში.

მესამე თავში გარკვეული ნაწილი ეთმობა ფიტოპათოგენურ ნემატოდებს და მათზე კვლევებს. ცნობილია, რომ ფიტოპათოგენური ნემატოდა (ფპნ) წარმოადგენს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მნიშვნელოვან მავნებელს (კარტოფილის გალური ნემატოდა), თუმცა კვლევების პერიოდში, გაგვიჩნდა კითხვა ავლენს თუ არა ფპნ ეპნ-ის თვისებებს, სწორედ ეპნ-ის თვისებების კვლევაზე არის გამახვილებული ყურადღება. ასევე ამ თავში განვიხილეთ ენტომოპათოგენური ნემატოდების მოქმედება კოლორადოს ხოჭოზე. აქვე, საუბარია ენტომოპათოგენური ნემატოდების ბაქტერიაზე. ამ თავში ასევე განხილულია ენტომოპათოგენური ნემატოდები, როგორც ენდოპარაზიტები, თუ რა უპირატესობებით ხასიათდებიან ენტომოპათოგენური ნემატოდები.

მეოთხე თავში განხილულია ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოყენება პრაქტიკულად დასახული მიზნების მისაღწევად. ამ თავში ასევე შესწავლილია თუ

როგორ მოქმედებენ ეპნ ბუგრებზე, ეპნ-ის კონკურენტული და მტაცებლური ურთიერთობები ნიადაგის სხვა ორგანიზმებთან. ასევე განხილულია მერმიტიდები, ენტომოპათოგენური ტილენქიდეები და მავნე მწერების ეპნ მერმიტიდების სახეობრივი შემადგენლობა.

მეხუთე თავში განხილულია ეპნ-ის როლი მავნე მწერთა რაოდენობის რეგულაციაში. შესწავლილია ნემატოდების ბუნებრივი პოპულაციების ცხოველქმედების, როგორც აქტიურობის და შეზღუდვის ფაქტორები. განხილულია მწერ-მასპინძელთა წრე, მავნებელ-მწერთა თავისებურებები. აგრეთვე შესწავლილ იქნა ნიადაგის როლი, ენტომოპათოგენური ნემატოდების და მავნე მწერების ცხოვრებაში.

მე-6 თავში წარმოდგენილია ეპნ-ით *Steinernema*-თი დაინფიცირებული კოლორადოს ხოჭოს ლარვების თანაბარი სიკვდილიანობის ხაზოვანი გრაფიკი. ასევე, განხილულია ბაქტერიების ფუნქციური როლი ნბკ კომპლექსში.

აქვე განხილულია ბიოტური ფაქტორის ფორმა - როგორცაა შიდასახეობრივი კონკურენცია, შესწავლილია ნემატოდების *in vivo* და *in vitro* კულტივირების მეთოდები, და მათი , როგორც ბიოლოგიური ბრძოლის ფაქტორი.

მე-7 თავში განხილულია ნემატოდური პრეპარატები, სუსპენზიები, მათი გამოყენების პერსპექტივები მცენარეთა დაცვაში.

მე-8 თავში განხილული და შესწავლილია *Steinernema sp.n*-ის იზოლატის იდენტიფიკაცია, ნემატოდების ადგილობრივი სახეობების ეფექტურობა მავნებლების წინააღმდეგ, ენტომოპათოგენური ნემატოდებით კონტროლირებადი ზოგიერთი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მავნებლების სახეობრივი შემადგენლობა, სხვადასხვა სახეობის მავნებლების მგრძობიარობის შეფასება ნემატოდური ინფექციის მიმართ; .ენტომოპათოგენური პრეპარატების გამოყენების ეფექტურობა.

კვლევის შედეგების აპრობაცია გამოქვეყნებული სამეცნიერო სტატიები:

1. NONA MIKAIA¹, IRINA KHELISUPALI², and ZAIRA TKHEBUCHAVA. 2021. Plant parasite nematode *aphelenchoides sp.* activity to *Ips. typographus* (bark beetle) on the

larvae and imago in village of Tsagveri (Georgia). Advances in Nematology conference Association of Applied Biologists, Warwick, UK AAB publishing. House. December 14th UK. London.pp. 22-28

2. **Irina Khelisupali, 2022.** Biological control of Entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* against Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). International Journal of Innovative Science and Research Technology ISSN No:-2456-2165. Volume 7, Issue 9, Delhi, India, pp.64-69

3. Nona Mikaia, **Irina Khelisupali** and Zaira Tkhebuchava. **2022.** Mortality of ticks *Rhipicephalus bursa* (*Acari: Ixodidae*) by entomopathogenic nematodes in Georgia. AAB. Advances in Nematology. AAB publishing. House. UK. London. pp.34-35

4. Nona Mikaia, **Irina Khelisupali**, Zaira Tkhebuchava. **2022.** Effect of Entomopathogenic nematodes on the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) in Georgia. Society invertebrate pathology Journal. South Africa.pp.42-43

5. Nona Mikaia, **Irina Khelisupali**, Zaira Tkhebuchava and Kety Chxaidze **2022.** Efficacy of *Aphelenchoides sp.* against Spruce bark beetle *Ips typographus* from Bakuriani (Georgia). Volume 7. Issue 9. France, Nice. pp.12-13 .

6. Nona Mikaia, **Irina Khelisupali** Zaira Tkhebuchava. **2022.** The Separated and Combined Effect of Entomopathogenic Nematodes in the Control of Halyomorpha Halys in Georgia International Journal of Innovative Science and Research Technology ISSN No:-2456-2165; Volume 7.Issue 9; Delhi, India

7. Nona Mikaia, **Irina Khelisupali**, Zaira Tkhebuchava, and Lela Tshitashvili. **2023.** Examination of Phytopathogenic Nematode *Aphelenchoides sp.* Towards Spruce Bark Beetle (*Ips Typographus*) in Georgia. International Journal of Innovative Science and Research Technology ISSN No:-2456-2165; Volume 7.Issue 9; Delhi, India.

8. Mikaia Nona V.¹; **Khelisupali Irina A** ²; Tkhebuchava Zaira R.³; Chxaidze Kety k.³; and Revaz Zedginidze Sh. **2023.** "Testing of the entomopathogenic nematodes *Steinernema spp.* against Cotton leafworm (*Spodoptera littoralis*) and Black cutworm (*Agrotis ipsilon*) (Lepidoptera: Noctuidae) in Georgia" Conference Society Invertebrate Pathology(SIP) in Maryland University, Washington, USA.pp.35-36

9. N.V.Mikaia¹, I.A.Khelisupali², Z.RTkhebuchava³ and L.I.No zadze. **2023**. REPRODUCTIVE POTENTIAL OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODE ISOLATES ON *GALLERIA MELLONELLA*. Nematodes and food security Urgency, discovery and global exchange ”53rd ONTA Annual meeting September pp. 24-29. Cairo, Egypt.

სამეცნიერო კონფერენციებში მონაწილეობა:

2021. Conference. Advances in Nematology Association of Applied Biologists, “Plant parasite nematode *aphelenchoides sp.* activity to *Ips. typographus* (bark beetle) on the larvae and imago in village of Tsagveri (Georgia)”. Warwick, London, UK. Presenter Dr. Nona Mikaia. Attended Irina Khelisupali

2022. Conference in invertebrate pathology South Africa. ”Effect of entomopathogenic nematodes on the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) in Georgia. Virtually, on the online. Presenter Dr. Nona Mikaia. Attended Irina Khelisupali

2022. Conference. Advances in Nematology Association of Applied Biologists, Warwick,

“Mortality of ticks *Rhipicephalus bursa* (Acari: Ixodidae) by entomopathogenic nematodes in Georgia”. London, UK. Presenter Dr. Nona Mikaia. Attended Irina Khelisupali

4. 2023. Conference Society Invertebrate Pathology(SIP) in Maryland University, Washington, USA. “Testing of the entomopathogenic nematodes *Steinernema spp.* against Cotton leafworm (*Spodoptera littoralis*) and Black cutworm(*Agrotis ipsilon*) (Lepidoptera: Noctuidae) in Georgia” Washington, USA. Presenter Dr. Nona Mikaia.

5. 2023. Conference of Nematologists of Tropical America (ONTA) “REPRODUCTIVE POTENTIAL OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODE ISOLATES ON *GALLERIA MELLONELLA*” Cairo, Egypt. Presenter Dr. Nona Mikaia. Attended Irina Khelisupali.

თავი I. ლიტერატურის მიმოხილვა

ნემატოდები ცხოველთა სამყაროს იმ დიდ ჯგუფს წარმოადგენენ, რომლებიც განიცდიან ბიოლოგიურ პროგრესს. ნემატოდებმა მოიცვეს მთელი ბიოსფერო და ბინადრობენ ყველა ბიოტოპში. ცნობილია ნემატოდების როგორც თავისუფლად მცხოვრები, ასევე პარაზიტული ფორმები. შვედი ზოოლოგის კარლ რუდოლფის მიერ ენტომოპათოგენური ნემატოდები იქნა პირველად აღწერილი 1808 წელს. ცნობილია ნემატოდების 20 000 სახეობა, რომლებიც ბინადრობენ, როგორც ხმელეთის ასევე წყლის გარემოში. მწერებსა და ნემატოდებს შორის მრავალნაირი კავშირი არსებობს, მრავალი ნემატოდისათვის მწერი მასპინძელს წარმოადგენს. ნემატოდები მასპინძლის ქსოვილებით ან ნარჩენებით იკვებებიან. ამასთან, ისინი მწერის ორგანიზმის ქსოვილებს სასიცოცხლო გარემოდ იყენებენ. მწერების ორგანიზმში შეჭრისას ენტომონემატოდები მასპინძელს ზიანს აყენებენ და მასპინძლის ქსოვილების მთლიანობის დარღვევის პროცესში ინფექცია შეაქვთ ორგანიზმში, რომელიც მწერში სეპტიცემიას იწვევს და კლავს მას. [მიქაია 2009 26 - 25].

მწერი-მავნებლის ურთიერთდამოკიდებულების შესწავლამდე უნდა გავცნობოდით ენტომოპათოგენური ნემატოდების აღმოჩენის ისტორიას. ნემატოდები ცნობილი არიან მე-19 საუკუნიდან, რომელთა გამოყენებამ მრავალი მეცნიერ-ნემატოლოგის ყურადღება მიიპყრო [Glaser 1940 479 - 495.; Dutky Thompson 1964 417 – 422]

მათი ბიოლოგიური კონტროლისათვის პარაზიტული ნემატოდები აქტიურად იქნა გამოყენებული უკანასკნელი ექვსი ათეული წლის მანძილზე. ამიტომ ბოლო წლებში მნიშვნელოვნად გაიზარდა ინტერესი მწერების ნემატოდების ფაუნისა და ბიოლოგიის შესწავლის მიმართ, შეირჩა ნემატოდების პერსპექტიული სახეობები, რომელთა გამოყენება შესაძლებელია მავნე მწერების მიმართ ბრძოლის ბიოლოგიური მეთოდის შესამუშავებლად. [მიქაია 2009 35-36];

აკად. სკრიაბინი აღნიშნავდა, რომ მწერების ჰელმინთების შესწავლით შეიძლება შემუშავდეს ჰელმინთოლოგიური ღონისძიებები სოფლის მეურნეობის კულტურული მცენარეებისა და ტყის კორომების მავნებლების მიმართ

საბრძოლველად. ის აღნიშნავდა, რომ მწერების წინააღმდეგ ბრძოლა მეტად ეფექტურია, თუ გამოყენებულ იქნება ყველა საშუალება, მათ შორის მნიშვნელოვანს წარმოადგენენ ნემატოდები. [ლორთქიფანიძე 2006 44-50].

ენტომოპათოგენური ნემატოდები პარაზიტობენ მავნე მწერებში და გარკვეულ როლს ასრულებენ მავნე მწერების რიცხოვნობის რეგულაციაში. როგორც მრავალი ჰელმინთოლოგიური გამოკვლევებითაა ცნობილი, პათოგენური ნემატოდები მოქმედებენ მასპინძელზე, ახდენენ მათ სრულ ან ნაწილობრივ კასტრაციას. ზოგ შემთხვევაში ნემატოდები წარმოადგენენ მწერების მასობრივი სიკვდილიანობის მიზეზსაც; ისინი ითვლებიან მწერებში ბაქტერიების და ვირუსების ინოკულატორებად [Кирьянова Кралль 1969 443; Glaser 1940, 479 – 495].

მწერი ნემატოდას მიერ გამოყოფილი ბაქტერიის მეშვეობით ილუპება. *Steinernema - neoaplectana*-ს და ბაქტერიების ტროფული კავშირი პირველად აღნიშნა [Dutky...1964, 417-422] ბაქტერია შესწავლილ იქნა ი. ვაიზერის მიერ [Weiser 1962, 880-889]. მის მიერ *Steinernema carpocapsae*-ს შტამიდან გამოყოფილ იქნა ბაქტერია. აშშ-ის მეცნიერებმა იმავე შტამის ნემატოდიდან მიიღეს სიმბიონტი ბაქტერია— *Achromobacter nematophilus*. დადგინდა იქნა, რომ *Steinernema* და *Heterorhabditis*-ის სახეობის ნემატოდები მწერ-პარაზიტების ბიომაკონტროლებელ აგენტებს წარმოადგენენ [Poinar 1997 317-564].

ევროპის მრავალ ქვეყანაში ენტომონემატოდები უკვე ფართოდ გამოიყენება, როგორც ბრძოლის ბიოლოგიური საშუალება სოფლის მეურნეობის მავნე მწერების მიმართ.

მავნებელ-მწერებზე ნემატოდების *Steinernematidae* და *Heterorhabditidae*-ს სახეობების მაღალმა ეფექტურობამ განაპირობა, რომ ლაბორატორიულ პირობებში მოგვებდინა ნემატოდების კულტივირება, რის საფუძველზე უნდა შეგვემუშავებინა ლაბორატორიულ პირობებში ნემატოდების გამრავლებისთვის ახალი მეთოდიკა, რომელიც გულისხმობს ეპნ -ის უკვე ცნობილ და აპრობირებულ მეთოდებთან ერთად გამოგვეყენებინა ჩვენს მიერ შემუშავებული ახალი საკვები არეები, რომელიც არის ალტერნატივა მყარი საკვები არეების (მაგალითად ცვილის ჩრჩილის მატლები (*Galleria mellonella*), რომლის ცხიმოვანი ქსოვილი და ჰემოლიმფა წარმოადგენს ეპნ.

საკვებ არეს. იმის გათვალისწინებით, რომ *G.mellonella*-ს სრული მეტამორფოზის პერიოდი შეადგენს 24 დღეს. ცდები ჩატარებული რომ ყოფილიყო, უნდა მოგვეძიებინა ალტერნატიული საკვები არეები, რომელიც თავისი შემადგენლობით მიახლოებული იქნებოდა მათთვის ჩვეულ საკვებ არეებს, ანუ ცხიმოვან ქსოვილს და ჰემოლიმფას. სწორედ ამ არსებულმა მდგომარეობამ, მოგვცა საშუალება მოგვეძიებია ახალი ხელოვნური საკვები არეები (კარაქი, ღორის ქონი და ქათმის ნაწლავი).

ეპნ. მსოფლიოს ბევრი ქვეყნის ენტომონემატოლოგიურ ლაბორატორიებში წარმოადგენენ უმნიშვნელოვანეს ბიოლოგიური კონტროლის აგენტებს. [აშშ, ინგლისი, კანადა, გერმანია, ჩინეთი და სხვ.].

ფუქს [Fux 1937 1-291]; რუმს [Rum 1956, 1-425, 1959; 76-82]; ნიკლეს [Niekle 1963 1-25, მასეის [Masey 1957 2-14, 1971 2-162]; ვახეკს [Wachek 1955 1-119] და სხვებს, დაწვრილებით აქვთ განხილული ულვაშფირფიტოვანი ხოჭოების ნემატოდების სისტემატიკა, ბიოლოგია და ეკოლოგია. მწერების მიერ ტყისა და კულტურული მცენარეებისადმი მიყენებული ზარალი მეტად დიდია. ტყისა და კულტურული მცენარეების დაცვის მიზნით, მავნე მწერების მიმართ ბრძოლის ბიოლოგიური მეთოდის შემუშავებისათვის საჭიროა შესწავლილ იქნეს ამ მავნებლების ენტომონემატოდების ფაუნა, რადგანაც მწერების ბუნებრივი მტრების გამოვლენა შეიძლება მოხდეს ასევე ამ მწერების ნემატოფაუნის შესწავლის საფუძველზე.

იმის გამო, რომ ბოსტან-ბაღჩეულის ნემატოფაუნა საქართველოში საკმარისად არ იყო შესწავლილი გადავწყვიტეთ შეგვესწავლა სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის ნემატოფაუნა და შეგვეტანა წვლილი ამ რეგიონის განვითარებაში, რადგან ეს მავნებელი მწერები, დიდ საფრთხეს უქმნის სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს, რაც აფერხებს სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის ხარისხიან წარმოებას. შერჩეული იყო ამ ჯგუფის ყველაზე ფართოდ გავრცელებული და მნიშვნელოვანი წარმომადგენლები. გამოკვლევების მიმდინარეობისას ძირითად ამოცანას წარმოადგენდა ბოსტან-ბაღჩეულის, კულტურული და ტყის მცენარეების მავნებლების ნემატოდების სახეობრივი შედგენილობის დადგენა და მათი

განაწილება მწერის ორგანოებში, ასევე შესწავლილ იქნა ნემატოდების ბიოლოგიის და ეკოლოგიის ძირითადი მომენტები.

1.1 მავნე მწერების ბიოლოგიური კონტროლი ენტომოპათოგენური ნემატოდების მეშვეობით

ბიოლოგიური კონტროლი (ბკ) არის აქტივობა, რომელიც გულისხმობს მწერი მავნებლების წინააღმდეგ ბუნებრივი მტრების ეპნ-ის გამოყენებას. მავნე მწერები იწვევენ მცენარეთა ზრდის შეწყვეტას და წარმოშობენ სხვადასხვა ინფექციებს. ამის გათვალისწინებით, გარემო ფაქტორები, კვება და მიგრაცია დიდ გავლენას ახდენს მავნებლებისა და ბუნებრივი მტრების ურთიერთქმედებაზე.

ბიოლოგიური კონტროლის სწორად წარმართვა შესაძლებელია, ქიმიური, ფიზიკური და ბიოლოგიური ურთიერთქმედების საფუძველზე, რომელი პროცესებიც მიმდინარეობს ნიადაგში, ამ პროცესებიდან გამომდინარე ვგებულობთ, თუ როგორ რეაგირებენ ენტომოპათოგენური ნემატოდები მცენარეებზე, რომ დაიცვან ისინი მწერი მავნებლებისაგან. [Georgis1991 308] რაც უფრო მაღალია მწერი-მავნებლის პოპულაცია მით უფრო დიდია მცენარეთა კულტურების დაზიანება, ხოლო როდესაც მავნებლების პოპულაცია დაბალია, მაშინ შეიძლება მიღწეული იყოს ტოლერანტობა. მავნებლის მენეჯმენტის მთავარი მიზანია უზრუნველყოს მწერი-მავნებლის პოპულაციების შემცირება და მოსავლის გადარჩენა, რათა ადამიანებს შეეძლოთ ხარისხიანი ხილის, ბოსტნეულის და სხვა მცენარეული პროდუქტების შექმნა. ბიოლოგიური კონტროლი არის მისაღები საშუალება და ალტერნატივა (ქიმიური პრეპარატების) პესტიციდების, ინსექტიციდების, ჰერბიციდების, ფუნგიციდების და აკარიციდების) გამოყენების ჩვენი პროგნოზით, სრულიად შესაძლებელია მომავალში შემცირდეს პესტიციდების გამოყენება, რადგან მოხდება უფრო მეტი ბუნებრივი ბიოლოგიური აგენტის გამოვლენა და მათი გამოყენება მავნე მწერების რიცხოვნობის რეგულაციისათვის.

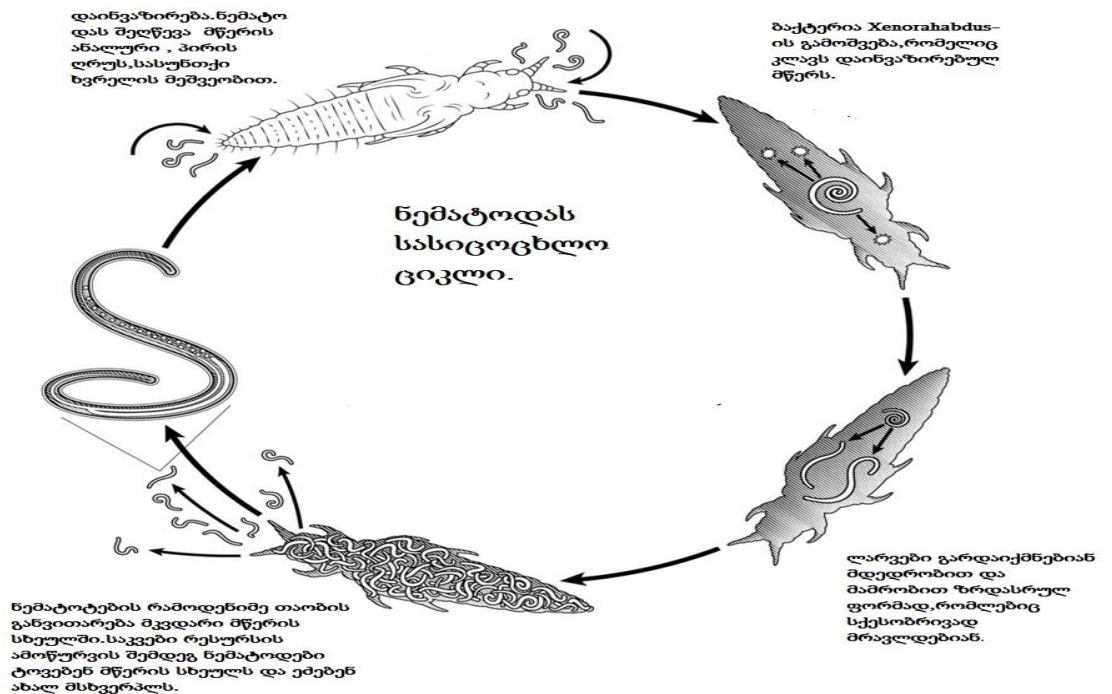
ბუნებრივი აგენტების გარდა, არსებობს მცენარეთა დაცვის კონცეფცია, რომელიც გულისხმობს ბიოლოგიური პროცესების გამოყენებას მცენარის ზრდის გასაუმჯობესებლად და ასევე მის მოდიფიცირებას, რათა მცენარე მდგრადი იყოს დაავადების მიმართ და ასევე შეიმუშაოს ეფექტური გზები მავნებლების

დასათრგუნად [Georgis... 1991 29-32]. ბიოლოგიური კონტროლის (ბკ -ის) მთავარი მიზანია გამოიყენოს ბუნებრივი მტრები მწერი-მავნებლის გასანადგურებლად ან შესამცირებლად, რომელსაც თან სდევს გამრავლების შეფერხება და საბოლოოდ მავნებლების პოპულაციის შემცირება. ბუნებრივი მტრები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ მავნებლების მენეჯმენტში და შეიძლება გამოყენებულ იქნენ ეკოსისტემაში არასასურველი მასპინძლის გასანადგურებლად. ბაქტერიები, სოკოები და ნემატოდები შესაძლებელია გამოვიყენოთ, როგორც ბუნებრივი მტრები, მავნე მწერების ბიოლოგიური კონტროლისათვის. ჩვენს მიერ იდენტიფიცირებულია ნემატოდების რამდენიმე სახეობა, რომელსაც აქვს პოტენციალი, წარმატებით დახოცოს კონკრეტული მწერი - მასპინძლის ინვაზიიდან რამდენიმე დღეში, ესენია არიან ჰეტერორაბდიტიდისა (Heterorhabditidae) და სტეინერნემას (Steinernema) ოჯახის სახეობები). ქიმიური პესტიციდები ასევე დიდ გავლენას ახდენენ ბუნების ეკოსისტემაზე, რითაც ისინი ანადგურებენ არა მარტო მავნე მწერებს, არამედ სასარგებლო მწერებსაც. კიდევ ერთი უარყოფითი მხარე უკავშირდება მწერების წინააღმდეგობას პესტიციდების მიმართ, რომლებიც ინარჩუნებენ მდგრადობას, მაღალი კონცენტრაციის შემცველი ქიმიური ნივთიერებების მიმართ, რომლის დროსაც მწერები სწრაფად იზრდებიან და აგრძელებენ მცენარეთა კულტურების დაზიანებას [Georgis..1983 308- 311]. უნდა მოიძებნოს მავნებლების კონტროლისა და შემცირების უკეთესი შესაძლებლობა, დღემდე, ბიოლოგიური აგენტების გამოყენებას არ მოჰყოლია არავითარი უარყოფითი გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე და ამიტომ ისინი უსაფრთხოდ ითვლება როგორც ადამიანის ჯანმრთელობისთვის, ასევე გარემოსთვის. ბუნებრივად წარმოქმნილი მტრების იდენტიფიცირება მნიშვნელოვანია ბიოლოგიური კონტროლის გამოყენების ოპტიმალური უპირატესობის მისაღებად და სწორედ ამიტომ ეს კვლევა მიზნად ისახავს ენტომოპათოგენური ნემატოდების ძიებას, იდენტიფიცირებას და ამ ბიოლოგიური აგენტების შემოწმებას მათ ეფექტურობაზე, რათა ისინი გამოყენებულ იქნენ მავნე მწერებზე, როგორც ბიოლოგიური კონტროლის აგენტები სოფლის მეურნეობაში.

წარმოდგენილი კვლევის არსი მდგომარეობს, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების (ბოსტან-ბაღის, ხეხილოვანი კულტურების) და ტყის მცენარეების მავნებლების წინააღმდეგ ბრძოლის ეფექტურობის დადგენაში-აღამიანისა და გარემოსათვის უსაფრთხო საშუალებით ანუ ენტომოპათოგენური ნემატოდებით.

1.2. ენტომოპათოგენური ნემატოდები (EPNs), როგორც ეფექტური ბიოლოგიური კონტროლის აგენტები

სპეციფიკურ ეკოსისტემაში ნებისმიერი ბუნებრივი მტერი ითვლება ეფექტურად, თუ მას შეუძლია წარმატებით შეამციროს მწერი - მავნებლის პოპულაცია, სასარგებლო ორგანიზმებისთვის ზიანის მიყენების გარეშე.



სურ.1. ნემატოდების განვითარების ციკლი

წყარო: Journal Sound of horticulture

Illustration by Morgan Mahana

სურათი 1. ასახავს EPN-ის ზოგადი სასიცოცხლო ციკლს, რომლის შედეგად ხდება მასპინძელში ინფექციური იუვენილების შეჭრა და მწერის განადგურება. [Georgis. 1989 213-224]

სასიცოცხლო ციკლი: ინფექციური იუვენილები (IJs) შედიან მწერში, შეჰყავთ ენტერობაქტერიები მასპინძლის ჰემოლიმფაში, რომელიც შემდეგ კლავს მავნე მწერს. ახალი თაობის EPN-ები იკვებებიან მწერების გვამებით და მრავლდებიან სიმბიოტურ ბაქტერიებთან ერთად. ინფექციური იუვენილები (IJs-ები) მწერის სხეულიდან ჩამოდიან ნიადაგში და მიგრირებენ ახალი ცოცხალი მასპინძლის მოსაძებნად [Веремчук 1972 376-380].

1.3. ენტომოპათოგენური ნემატოდების დახასიათება

ენტომოპათოგენური ნემატოდები (EPN-ები) არიან არასეგმენტირებული მრგვალი ჭიები, რომლებიც ასევე ცნობილია როგორც ძაფისებური ჭიები. მათ გააჩნიათ ექსკრეტორული, ნერვული, საჭმლის მომნელებელი და რეპროდუქციული სისტემები, მაგრამ არ აქვთ სისხლის მიმოქცევის და რესპირატორული სისტემა. საჭმლის მომნელებელი ტრაქტი შედგება პირის, სტომას, საყლაპავის, ნაწლავების, სწორი ნაწლავის და ანუსისაგან. მათი ზომა მერყეობს 0,3 მმ-დან 10 მმ-მდე სიგრძით და შეიძლება იყოს მეტ-ნაკლებად ცილინდრული. [Веремчук 1976 1-22]. ენტომოპათოგენური ნემატოდები (EPNs) გვხვდება მავნე მწერის სხეულის სხვადასხვა ადგილას და შეუძლიათ ასევე გარეგნულად განთავსდნენ მწერების ეგზოჩონჩხზე ან მწერის შინაგან ორგანოებზე: რეპროდუქციულ, რესპირატორულ, საჭმლის მომნელებელ ან ექსკრეციულ სისტემაში. ზოგიერთი ნემატოდები ბინადრობენ მშრალ ადგილებში, უდაბნოების ჩათვლით და უმეტესობას აქვს ტოლერანტობის უნარი გარემო ფაქტორების უარყოფითი ზემოქმედებისადმი, კერძოდ: ანოქსიბიოზს, თერმობიოზს და გამოშრობას [Gaugler... 1990 365].

დადგენილია, რომ EPN-ების თავისუფალი ცხოვრების ეტაპი სიცოცხლის ციკლის განმავლობაში ყველაზე ინფექციურია. ამ ინფექციურ ეტაპზე თავისუფლად მცხოვრებ იუვენილებს შეუძლიათ მოძებნონ - ნიადაგში მავნე მწერები და დააინფიცირონ ისინი. ენტომოპათოგენური ნემატოდები (EPN) იყენებენ მწერების გვამებს, როგორც კვების წყაროს და ასევე იკვებებიან მიკროფლორითა და

მიკროფაუნით, რომელიც დაკავშირებულია მწერის გვამებთან [Веремчук 1963, 198-209]. მოლეკულური ბიოლოგიის ტექნიკის განვითარებამ და მათმა ეფექტურობამ გააუმჯობესა ენტომოპათოგენური ნემატოდების იდენტიფიცირება, რაც საშუალებას გვაძლევს, გამოვიყენოთ ენტომოპათოგენური ნემატოდები, როგორც ბიოლოგიური კონტროლის აგენტები მავნე მწერების წინააღმდეგ. ენტომოპათოგენური ნემატოდების გვარს სტეინერნემას (Steinernematidae) და ჰეტერორჰაბდიტის (Heterorhabditidae) აქვთ სიმბიოტური კავშირი ენტერობაქტერიებთან *Xenorhabdus*-თან და *Photorhabdus*-თან, შესაბამისად [Какулия .. 1989 171-181] ამ ბაქტერიებს შეუძლიათ დახოცონ მასპინძელი, 24-48 საათის შემდეგ, როგორც კი მოხვდებიან მწერის ნაწლავში სასიცოცხლო ციკლის განმავლობაში. ენტომოპათოგენური ნემატოდები (EPN-ები) დღემდე აღიარებულია, როგორც მწერების ბიოლოგიური კონტროლის საუკეთესო კანდიდატები. ნემატოდების უმეტესობა ამფიმიქტურია, რომელიც (საჭიროებს ორივე სქესის გამრავლებას), როგორცაა სტეინერნემას გვარი, ხოლო ჰეტერორჰაბდიტის ნემატოდები არის ჰერმაფროდიტები ან პარტენოგენეზურნი (საჭიროებენ მხოლოდ ქალწულებრივი გამრავლებას) [Малахов 1984 215].

ჩვენ მიერ იდენტიფიცირებული ინვაზიური EPN-ების უმეტესობა ცხოვრობს რამდენიმე კვირის განმავლობაში, მაგრამ ასევე მათ შეუძლიათ თვეების განმავლობაში იყვნენ ინფექციურ სტადიაზე, რათა დიდი ხნის განმავლობაში დარჩნენ ნიადაგში. ამიტომ, ისინი ითვლებიან საუკეთესო ბიოლოგიურ საკონტროლო ორგანიზმებად, მავნე სინთეზური ქიმიური პესტიციდების შემცვლელებად [Glazer 1992 101-107]. რომელთა გამოყენება შესაძლებელია მავნე მწერების წინააღმდეგ საბრძოლველად. ნემატოდებსა და მწერებს შორის არსებობს პარაზიტიზმის სამი ტიპი: 1. ფორეზია, 2. ობლიგატური პარაზიტიზმი, 3. ფაკულტატური პარაზიტიზმი. ფორეზიის დროს ნემატოდა იყენებს მწერს, როგორც გადაადგილების საშუალებას. ობლიგატური პარაზიტიზმის დროს ნემატოდების განვითარების ციკლი იმ ეტაპამდე მიდის, როდესაც ის არ საჭიროებს კვებას. ე.ი. მწერის ორგანიზმს გარეთ. ობლიგატურ პარაზიტებს მიეკუთვნებიან მერმიტიდები. ფაკულტატური პარაზიტიზმის დროს ეპნ აინვაზირებენ ჯანმრთელ

მწერებს ან შესაძლებელია განვითარდნენ გარემოში. ამ პროცესებიდან გამომდინარე უნდა მოხდეს ენტომოპათოგენური ნემატოდების ძიება, მწერების ენტომოფაუნის შესწავლა და მათი წარმომადგენლების გამოცდა მწერების ბიოლოგიური კონტროლისათვის. სწორედ ეს, სადისერტაციო ნაშრომი ეხება იმ საკითხებს, რომელიც წარმოაჩენს ამ მიმართულებით ჩვენს მიერ ჩატარებული საინტერესო კვლევების შედეგს. [ლორთქიფანიძე 2006 62-63].

ჩვენი გამოკვლევები მიმართულია ეფექტური ენტომოპათოგენური ნემატოდების ძიების, შესწავლისა და მათი შემდგომი რეპროდუქციისა და გამოყენებისათვის მავნე მწერების ბიოკონტროლში, რაც საფუძვლად დაედო სადისერტაციო თემის შერჩევას და განაპირობა ამ თემის აქტუალობა. ამ ხნის განმავლობაში ქართველი მეცნიერების მიერ ჩატარებულია მრავალი საყურადღებო და მნიშვნელოვანი ექსპერიმენტი, გამოვლენილია 200 -ზე მეტი სახეობის ნემატოდა. სწორედ, ეს ჩვენი გამოკვლევები მიმართულია ეფექტური ენტომოპათოგენური ნემატოდების ძიების, შესწავლისა და მათი შემდგომი რეპროდუქციისა და გამოყენებისათვის მავნე მწერების ბიოკონტროლში, რაც საფუძვლად დაედო კვლევებს და განაპირობა სამეცნიერო თემის აქტუალობა.

ჩვენს მიერ მოძიებული და იდენტიფიცირებული იქნება ენტომოპათოგენური ნემატოდების ახალი შტამები და ეს ახალი ნემატოდები გამოყენებული იქნება სხვადასხვა ექსპერიმენტების ჩასატარებლად: დადგენილი იქნება ახალ ტესტ-ობიექტზე მავნე მწერების ჭეუბრსა და მატლში ნემატოდების (*Steinernema*, *Heterorhabditis*) კულტივირების შესაძლებლობა. მოძიებული და გამოკვლეული იქნება ნემატოდების ახალი შტამები. გამოკვლეული იქნება ნემატოდების მიერ საკვების მოპოვების პროცესში სხვადასხვა სტრატეგიის გამოყენების შესაძლებლობა და პოტენციური მწერ-მასპინძლის შეცნობის უნარი. შემუშავებული იქნება ინვაზიური მასალის ხანგრძლივი დროით შენახვისა და ტრანსპორტირების მეთოდი. ნემატოდო-ბაქტერიული კომპლექსი (ნბკ) გამოცდილი იქნება ტყის, ბოსტან-ბაღის და ხეხილოვანი კულტურების ზოგიერთი მავნე მწერების წინააღმდეგ. შესწავლილი იქნება, თუ რა გავლენას ახდენს ტემპერატურა ნემატოდების რეპროდუქციაზე ზოგიერთ ხეხილოვან და ბოსტან-ბაღის მავნე მწერებზე. დადგენილი იქნება

ექსპერიმენტების ჩატარებისას: მავნე მწერებით დასახლებული საკვლევი ობიექტების ნიადაგის სტრუქტურა, ენტომოპათოგენური ნემატოდების ვირულენტობა და ამ ნემატოდების მიერ მავნე მწერებში გამოწვეული პათოლოგიები. შესწავლილი იქნება ენტომოპათოგენური ნემატოდების ქცევები საკვების მოპოვების პროცესში. გამოკვლეული იქნება ენტომოპათოგენური ნემატოდების (Steinernema, Heterorhabditis თერმული ადაპტაცია).

აშშ-ის, ინგლისის, გერმანიის, საფრანგეთის, ისრაელის, კანადის, იტალიის, ავსტრიის, ჩეხეთის რესპუბლიკის, იაპონიის, არგენტინის, ავსტრალიის და სხვა ნემატოლოგი მეცნიერების მიერ წარმოდგენილი ნაშრომების რაოდენობა საკვლევი თემის ირგვლივ არის დიდი და მრავალფეროვანი. საქართველოს მეცნიერებსაც ასევე მნიშვნელოვანი წვლილი აქვთ შეტანილი ენტომოპათოგენური ნემატოდების ამ დარგში, მაგრამ არის მიმართულებები, ენტომოპათოგენურ ნემატოდებზე, რომლებიც ნაკლებად არის გამოკვლეული საქართველოში და მოითხოვს მათ დამატებით კვლევას.

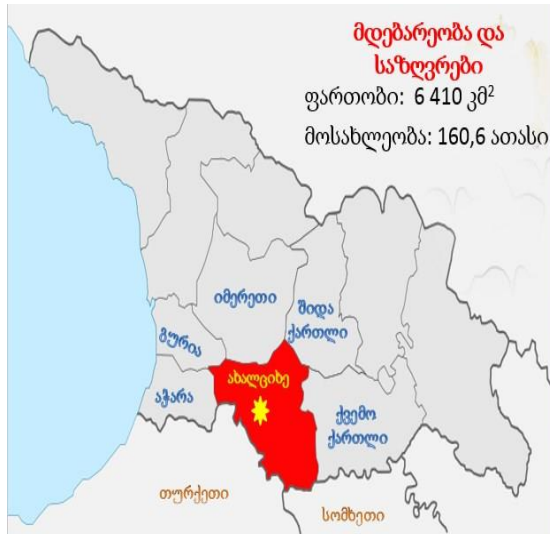
სწორედ ამიტომ ჩვენი საკვლევი თემის ამოცანას, წარმოადგენს, შევისწავლოთ და გამოვიკვლიოთ სამცხე-ჯავახეთის ტყის, ბოსტნეული, ბაღჩეული და ხეხილოვანი კულტურების ზოგიერთი მავნე მწერების ენტომოპათოგენური ნემატოდები და შემდგომში ამ რეგიონში გამოვიყენოთ ისინი მავნე მწერების ბიოკონტროლისათვის.

1.4. სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის მოკლე ფიზიკურ-გეოგრაფიული დახასიათება

მესხეთი არის აკვანი საქართველოს დიდებისა...“ – მოსე ჯანაშვილი.
„იქ გაფანტული კულტურის ნაშთები სულია ჩვენი ერისა“ – ვაჟა-ფშაველა.
„აქ ოდითგანვე ჟღერდა სიტყვა ქართული რუსთაველისა.“ – ვახუშტი ბაგრატიონი.
[<https://georgiantravelguide.com/ka/samtskhe-javakheti>].

სამცხე-ჯავახეთის ნიადაგურ-კლიმატური პირობები

სამცხე-ჯავახეთი მდებარეობს სამხრეთ საქართველოში. მის შემადგენლობაში შედის სამცხის, ჯავახეთის და თორის ისტორიულ-გეოგრაფიული ტერიტორიები,



სურ.2.სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის

სურ.3.სამცხე-ჯავახეთის ფიზიკურ-

მდებარეობა და საზღვრები

გეოგრაფიული დახასიათება

წყარო:[<https://georgiantravelguide.com/ka/samtskhe-javakheti>].

რომლის ცენტრს წარმოადგენს ქ.ახალციხე. რეგიონს გააჩნია განსაკუთრებული გეოგრაფიული მდებარეობა, რომელიც წარსულში მნიშვნელოვანი იყო ეკონომიკური და კულტურული კავშირებისთვის მეზობელ სახელმწიფოებთან. სამცხე-ჯავახეთი არის უდიდესი მნიშვნელობის ისტორიულ -კულტურული მხარე, რომელმაც შეინარჩუნა ქრისტიანული და წინარექრისტიანული ძეგლების უძველესი ექსპონატები. სამცხე-ჯავახეთი მრავალფეროვანი ბუნების ღირსშესანიშნაობებით, კურორტებით და ბუნებრივი წიაღისეული რესურსებით არის მდიდარი. [<https://georgiantravelguide.com/ka/samtskhe-javakheti>].

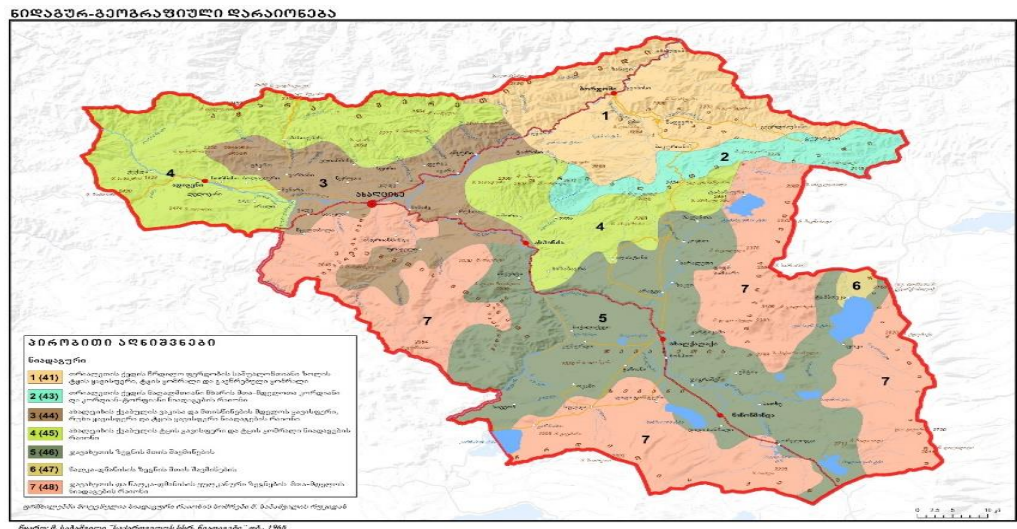
სამცხისა და ჯავახეთის კლიმატი მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. სამცხე ხასიათდება ზომიერად მშრალი, სუბტროპიკული მთიანეთის კლიმატით, მცირე თოვლიანი ზამთრითა და თბილი, ხანგრძლივი ზაფხულით, ხოლო ჯავახეთის ზონაში გაბატონებულია ზომიერად მშრალი ჰავა, ცივი ზამთრით და ხანგრძლივი, გრილი ზაფხულით [ჯავახიშვილი 1977 302], გიორგაია 2014 56-80].
იხ.ცხ. N 1.

ცხრილი. N 1. სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის მთიანი და მაღალმთიანი ზონების აგროკლიმატური მახასიათებლები. წყარო:<https://ecohydmnet.ge/vol-132-06.html>

რეგიონი ზონა	მეტეო-სადგური ზღვის დონიდან	ტემპ-ის > 10 ⁰ -C-ზე გადა- სვლის თარიღი	ტემპ-ის < 10C-ზე გადა-სვლის თარიღი	ჰემიტაციის პერიოდის. ხანგრძლიობა. დღე	აქტიურ ტემპერატურათაჯამი (> 10C)	ატმოსფერული ნალექების ჯამი (მმ) IV-X	ჰოვ IV-X	აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი(> 10C) , VI-VIII	ატმოსფერული ნალექების ჯამი (მმ) VI-VIII	ჰოვ VI-VIII
სამცხე- ჯავახეთი	ახალციხე 982	21. IV	15.X	177	2959	351	1,1	1781	182	1,0
მაღალმთი -ანი	ახალქალაქი 1716	18.X	29.I X	134	1875	409	2.0	1520	194	1,4
მაღალმთი -ანი	ფარავანი (ნინოწმინდ ა)2100	12VI	4IX	94	1192	223	1,6	1050	160	1,5

სამხრეთ საქართველოს ნიადაგური ოლქი, აერთიანებს სამხრეთ საქართველოს ნიადაგებს. მ. საბაშვილის მიხედვით ის აერთიანებს ახალციხის ქვაბულის ფსკერს, მიმდებარე მთისწინეთსა და მთიან მხარეს, ჯავახეთისა და წალკა-დმანისის ვულკანურ ზეგნებს. ნიადაგურ-გეოგრაფიული დარაიონების მიხედვით აქ გვხვდება შავმიწისებრი ნიადაგები, ხოლო ახალციხის ქვაბულში – ტყე-ველის ნიადაგები. ჰიფსომეტრიულად უფრო მაღლა მათ ენაცვლება მთა-ტყისა და მთა-მდელოს ნიადაგები. ოლქის ფარგლებში გამოიყოფა შემდეგი ნიადაგური რაიონები, რომლებიც მთლიანად ან ნაწილობრივ ექცევა სამცხე-ჯავახეთის ფარგლებში: თრიალეთის ქედის ჩრდილოეთ ფერდობის საშუალომთიანი ზოლის ტყის ყავისფერი, ტყის ყომრალი და გაეწრებული ყომრალი ნიადაგები [ცნობარი 2009 44-56], თრიალეთის ქედის მაღალმთიანი მხარის მთა-მდელოთა კორდიანი და კორდიან-ტორფიანი ნიადაგების რაიონი [ზაგრატიონი 1941 56-80], ახალციხის ქვაბულის ვაკისა და მთისწინეთის მდელოს ყავისფერი, რუხი ყავისფერი და ტყის

ყავისფერი ნიადაგების რაიონი [ზაქარაია 1977], ახალციხის ქვაბულის ტყის ყავისფერი და ტყის ყომრალი ნიადაგების რაიონი [ზაქარაია 1977 53-55.], ჯავახეთის ზეგნის მთის შავმიწები [თარგამაძე, ჩიხრაძე 1976 103], ჯავახეთისა და წალკა-დმანისის (პროექციული დაფარულობა 30-40%, ზოგან კი – 10-20%), თუმცა აქ აღრიცხულია მცენარეთა 62 სახეობა. დამახასიათებელია მაღალი ენდემიზმით. გვხვდება 3 ლოკალური და 13 კავკასიის ენდემი. გაბატონებულია სპოროვანი მცენარეები–ხავსები და მღიერები. გვხვდება ვავილოვის ასტრაგალი *Astragalus vavilovii* და კრინიცვი ერისიმუმი (*Erysimum krynitzkyi*) [<https://samtskhe-javakheti.tsu.ge>]. ზეგნის მთის შავმიწების რაიონი [თედიაშვილი 2005 <https://ecohydmnet.ge/vol-132-06.html>].], ჯავახეთის და წალკა-დმანისის ვულკანური ზეგნების მთა-მდელოს ნიადაგების რაიონი [თედიაშვილი 2005 <https://ecohydmnet.ge/vol-132-06.html>].

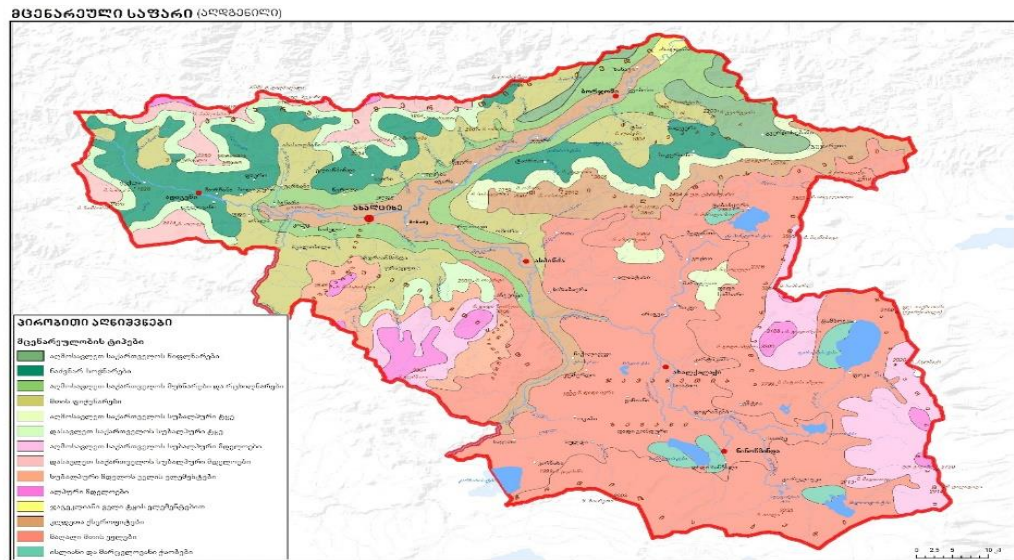


სურ.4. ნიადაგურ-გეოგრაფიული დარაიონება

წყარო: <https://ecohydmnet.ge/vol-132-06.html>

მცენარეულობა – სამცხე-ჯავახეთში გვხვდება სამსრის ქედზე, დიდი აბულის მთაზე, ლორღნარებსა და მორენებს შორის. დამახასიათებელია მეჩხერი მცენარეულობა. სოფლის მეურნეობაში მემცენარეობას მთავარი ადგილი უკავია. აქ გავრცელებულია როგორც ერთწლიანი ისე მრავალწლიანი კულტურები. რეგიონის სოფლის მეურნეობის ერთ-ერთი შემაფერხებელი ფაქტორია მოკლე სავეგეტაციო პერიოდი [<https://samtskhe-javakheti.tsu.ge/>].

სოფლის მეურნეობაში მემცენარეობას ერთ-ერთი მთავარი ადგილი უკავია. აქ გავრცელებულია, როგორც ერთწლოვანი ისე მრავალწლოვანი კულტურები. რეგიონის სოფლის მეურნეობის ერთ-ერთი შემაფერხებელი ფაქტორია მოკლე სავეგეტაციო პერიოდი [<https://samtskhe-javakheti.tsu.ge/>]



სურ.5. სამცხე-ჯავახეთის მცენარეული საფარი

წყარო: <https://ecohydmnet.ge/vol-132-06.html>

1.5. ცვილის ჩრჩილის (*Galleria mellonella*-ს) ზოგადი დახასიათება

ჩვენი კვლევების მიზანს წარმოადგენდა მნიშვნელოვანი მწერს ცვილის ჩრჩილის შესწავლა, რომელიც წარმოადგენს სერიოზულ მავნებელს სასარგებლო მწერის ფუტკრის მიმართ. მიუხედავად მისი მავნე თვისებებისა ამ მწერს და მისმატლებს გააჩნიათ სასარგებლო თვისება, ისინი წარმოადგენენ მნიშვნელოვან ბუნებრივ საკვებ არეს ენტომოპათოგენური ნემატოდების კულტივირებისათვის.

ბუნებაში გვხვდება ორი ტიპის ცვილის ჩრჩილი დიდი ცვილის ჩრჩილი და მცირე ცვილის ჩრჩილი. მცირე ცვილის ჩრჩილი ბუნებაში მცირე რაოდენობით არსებობს და აქედან გამომდინარე ჩვენს მიერ გამოყენებულ იქნა დიდი ცვილის ჩრჩილი. მისი ბუნებაში ფართოდ გავრცელების, ადვილად გამრავლების გამო, დიდი ცვილის ჩრჩილი წარმოადგენს საუკეთესო საექსპერიმენტო მასალას, როგორც საკვები არე ეპნ გამრავლებისათვის [Коновалова 2009 46-48].



სურ.6. სჯუ-ს ლაბორატორიაში

გამრავლებული ცვილის ჩრჩილის *Galleria mellonella* -ს იმაგო და მატლი

წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი

დიდი ცვილის ჩრჩილი *Galleria mellonella* გვხვდება ყველგან, სადაც ბინადრობს ფუტკარი. მკაცრი კლიმატური პირობების გარდა, 1500 - 2000 მ-დე ზღვის დონიდან. არიან ცალსქესიანები, გვხვდება, როგორც მდედრი, ასევე მამრი ცვილის ჩრჩილი. მდედრების სხეულის საშუალო სიგრძეა 15 -35 მმ. ფრთები და სხეული დაფარულია ქერცლებით. არის ნაცრისფერი შეფერილობის.თავი წაგრძელებულია. გააჩნიათ დიდი რთული თვალები. მამრი მდედრზე პატარაა. მათი სხეულის სიგრძე 14 -33 მმ-ია. არის ყავისფერი შეფერილობის. ცვილზე გაზრდილი იმაგოები არიან მოვერცხლისფრო-თეთრი, ხოლო თაფლის საკვებზე გაზრდილი იმაგოები არიან ყავისფერ- ნაცრისფერები.

პირველი სტადიის მატლების სიგრძე არის 1 მმ, აქვთ ყვითელი თავი, გარკვეულწილად გაბრტყელებული. მეორე სტადიის მდედრი მატლების სიგრძე არის 6 მმ, მამრის სხეულის სიგრძე 14 მმ. განვითარების დასაწყისში მეორე სტადიის მატლების შეფერილობა ჩალისფერია, მათი განვითარების ბოლო სტადიაში მუქი ყავისფერი. ცვილის ჩრჩილის ჭუპრები არ იკვებებიან და ცხოვრობენ ლარვულ სტადიაში დაგროვილი ნივთიერებებით. ჭუპრებიდან გამოსული ცვილის ჩრჩილის იმაგოები რჩებიან სკაში, ასწორებენ ფრთებს და წყვილდებიან. ფუტკარი მათზე

არავითარ რეაგირებას არ აკეთებს. შეჯვარებიდან 24 საათის შემდეგ იწყებენ კვერცხდებას. სალამოს გამოჩეკილი პეპლები გამოდიან სკის შესასვლელი ხვრელიდან და ფიჭის უჯრედებს შორის ემაგრებიან. სიბნელის დადგომასთან ერთად დაფრინავენ ხეებზე 12 მ. სიმაღლემდე.

განაყოფიერებული მდედრები დაფრინავენ ხეებზე და ცდილობენ სკაში შეღწევას. კვერცხების დასაადებად მდედრები ირჩევენ ძირითადად ძლიერი ფიჭის უჯრედებს პეპლები მოძრაობენ თაფლის ღრუში და, როდესაც ისინი იპოვიან შესაფერის ადგილს კვერცხების დასაადებად, მათი ანტენები იწყებს ინტენსიურ ვიბრაციას. მდედრების მიერ კვერცხები იდება ცალ-ცალკე პარტიებად უჯრედების კედლებზე. ნაწილობრივ დალუქული უჯრედების სახურავების ქვეშ. ნაკლებად ხშირად ჩარჩობის, კედლებისა და სკის ფსკერის ვიწრო (0,2 მმ) ბზარებში.



სურ. 7, 8, 9,10. სამცხე-ჯავახეთის უნივერსიტეტის აგრონომიის
ლაბორატორიაში გამრავლებული ცვილის ჩრჩილის *Galleria mellonella* -ს იმაგო, მატლი
და ჭუპრი. ავტორი ირინა ხელისუფალი

ცვილის ჩრჩილის (*Galleria mellonella*)-ს კვერცხის დადება 21°C-ზე, მაღალ ტემპურატურაზე გრძელდება ოთხი დამის განმავლობაში. სიცოცხლის განმავლობაში მდედრი დებს 400-დან 800-მდე კვერცხს, მაგრამ ცალკეულ ინდივიდებს შეუძლიათ 1800-მდე კვერცხის დადება.

კვერცხების დადების მაჩვენებელი ყველაზე მაღალია პირველ 2 დღეში, რის შემდეგაც დღეში დადებული კვერცხების რაოდენობა მკვეთრად მცირდება, ბოლო (7--მე-10 დღეს) კი პრაქტიკულად ჩერდება. სიცოცხლისუნარიანი კვერცხების ყველაზე მაღალი წილი (96%) იჩეკება მდედრის სიცოცხლის პირველ დღეს, შემდეგ კი თანდათან მცირდება 61,1%-მდე მე-6 დღეს [Коновалова 2009 46-48].

კვერცხის განვითარება გრძელდება 27,5°C ტემპერატურაზე და 70% ფარდობითი ტენიანობის პირობებში 5 დღის განმავლობაში. ახალგაზრდა ლარვები ძალიან მოძრავი არიან, სწრაფად მოძრაობენ სკაში, ან ჭურჭლის კედელზე. მატლის ბოლო სტადიის ლარვა ხდება უმოძრაო, არ რეაგირებს გალიზიანებაზე და შეუძლია მხოლოდ ოდნავ მოტრიალდეს, სიგრძეში საგრძნობლად იკლებს. ეს არის ჭურჭლის წინა ეტაპი (8-12 საათი). ჭურჭლში გადასვლის შემდეგ, ისინი ეძებენ ადგილს ნაპრალში, ბზარს სკაში. დიდი ცვილის ჩრჩილის განვითარებისთვის ოპტიმალური ტემპერატურაა 35°C, ხოლო განვითარების მთელი ციკლი კვერცხიდან ზრდასრულამდე გრძელდება 36 დღე. 10°C-ზე დაბალ ტემპერატურაზე ჩრჩილის განვითარება ჩერდება. სკაში იზამთრებენ მხოლოდ მატლები და ზოგჯერ ჭურჭლები. განაყოფიერებული მდედრების უმეტესობა ილუპება 7 დღის შემდეგ. თუ ცვილის ჩრჩილი (*Galleria mellonella*) ინახება 30-32°C ტემპერატურაზე წლის განმავლობაში, მაშინ დიდი ცვილის ჩრჩილი გვაძლევს სამ თაობას.

თავი II

2.1. ცვილის ჩრჩილის – *Galleria mellonella* -ს მასობრივი გამრავლება სხვადასხვა საკვებ არეებზე

ცვილის ჩრჩილის *Galleria mellonella* -ს გამრავლება ხელოვნურ საკვებ არეებზე ხდებოდა ენტომოპათოგენური ნემატოდების გასამრავლებლად. ამისათვის ვიღებდით მწერის ბოლო ხნოვანების მატლებს. ეს არის ლაბორატორიული კულტურა (მწერის კვერცხნადები) და ვაგროვებდით მათ ცდების ჩასატარებლად.

ცვილის ჩრჩილის გასამრავლებლად ახალი საკვები არეების დამზადება ხდებოდა შემდეგი შემადგენლობით:

I რეცეპტი:

ბავშვის საკვები ჰუმანა-1, 200 გ; თაფლი-100 მლ; გლიცერინი -100 მლ; მდუღარე წყალი -100 მლ; მულტი ვიტამინის სიროფი -5 მლ; საფუარი -1 სუფრის კოვზი.

II რეცეპტი: წიწიბურას ბურღული -300 გ; თეთრი ხორბლის ფქვილი_ 200; რძის ფხვნილი -200 გ; თაფლი -300 გ; გლიცერინი-200მლ; საფუარი -100 გ;

III რეცეპტი გლიცერინი 200 მლ; თაფლი-300 გ; საფუარი-50 გ; ხორბლის ქატო, 100 გ; რუხი ხორბლის ფქვილი -100 გ.

ცვილის ჩრჩილის *Galleria mellonella*-ს კულტივირებისათვის შექმნილი იყო ოპტიმალური პირობები: ტემპერატურა უნდა იყოს 28-30⁰, ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა 50-60%. ცდის ჩასატარებლად ვიყენებდით შემდეგ ინვენტარს: თერმოსტატი, მინის ქილებს, ფილტრის ქაღალდს, ან ხელსაწმენდ ქაღალდს, რეზინის დამჭერებს, სტერილურ ღრმა ჭურჭელს, სასწორს.

ცდის მსვლელობა მიმდინარეობდა ამგვარად: საკვები იყო მომზადებული იმ რეცეპტით, რომელიც ზემოთ არის მითითებული: მომზადდა საკვები და მისი 1/4 ნაწილი მიმოიბნა ქილების ფსკერზე; ცვილის ჩრჩილის კვერცხები მოთავსდა საკვებიან ქილებში; კვერცხებიან ქილებს დაემატა საკვების 2/4 ნაწილი და მასალა მოთავსდა კულტივირებისათვის თერმოსტატი (25-28⁰C)-20-22 დღის პერიოდით; 22 დღის შემდეგ დაემატა საკვების ახალი ნორმა და პირველი ხნოვანების მატლები გადაყვანილ იქნა უფრო დაბალ ტემპერატურაზე (18-20⁰C); მწერის ბოლო ხნოვანების

მატლები განვითარდა 12-15 დღეში; ბოლო ხნოვანების მატლები განთავსდა 11-12°C ტემპერატურაზე, რამაც გამოიწვია დაჭუპრების სტადიის დროებით შეჩერება და შესაძლებელი გახდა მიღებული ბიომასალის დიდხანს გამოყენება. ბიომასალა განაწილდა დანიშნულებისამებრ: 1/4-გამოყენებულ იქნა ნემატოდების გასამრავლებლად, 1/2- ბაქტერიის გამოსაყოფად, დარჩენილი ნაწილი სადედე მასალად გადანაწილდა მომცრო ზომის ქილებში და მწერის შემდგომი თაობის მისაღებად მოთავსდა სიბნელეში; ცვილის ჩრჩილის კვერცხნადები შეგროვდა მომდევნო ერთი თვის განმავლობაში [Hominick 1990 327-343].



სურათი 11. ცვილის ჩრჩილის კვერცხნადები წყარო: [Коновалова 2009, 46-48].

1. დაქუცმაცებული ქალღმრთის გამოყენება ცვილის ჩრჩილის იმაგოს კვერცხების დასადებად. 2. კვერცხებიდან გამოჩეკილი ლარვების კვება ხდებოდა თვეში ორჯერ ახალი საკვებით. 3. ქილის კედლებზე მიმაგრებული იყო ცვილის ჩრჩილის (*Galleria mellonell* მატლები. განსხვავებული ტემპერატურები ახდენდნენ გავლენას ეპნ -ის *Heterorhabditis* -ის და *Steinernema* -ს განვითარების სიჩქარეზე ცვილის ჩრჩილის *Galleria mellonella* -ს მე-4-ე სტადიის ლარვებში [Stock, 1999. 45-68] მიხედვით. აღრიცხვას ვაწარმოებდით ყოველ 7-12 დღეს ნემატოდებით მწერის ინფიცირების შემდეგ.

ცხრილი 2. ცვილის ჩრჩილის *Galleria mellonella* -ს ინფიცირება

ნემატოდებით 300 მლ/ნ კონცენტრაციით წყარო: [Stock,1999. 45-68]

პეტრის ჯამი	ტემპერა ტურა	ლარვების რიცხვი, <i>H. bacteriophora/Steinernema</i> sp.			
		1	2	3	Среднее
№1	5	0/0	0/0	0/0	0/0
	25	67/15	82/9	60/14	69.6/12,6
	30	112/14	130/19	88/6	110/10
№2	5	0/0	0/0	0/0	0/0
	25	200/50	215/94	340/20	251.6/54,6
	30	260/55	199/67	298/34	252.3/52
№3	5	0/0	0/0	0/0	0/0
	25	230/133	330/98	119/122	226.3/117,6
	30	189/146	298/120	195/127	227.3/131
№4	5	0/0	0/0	0/0	0/0
	25	44/60	96/65	132/30	90.6/51,6
	30	61/59	59/70	76/95	65.3/74,6



სურ.12.პურის ხოჭოს meal worm(*Tenebrio molitor*) ის ლარვების ამოღება და მისი კულტივირება თერმოსტატში ოთახის ტემპერატურაზე წყარო: [Stock,1999. 45-68]

ცხრილი 3. მავნე მწერების ორგანიზმიდან გამოსული ნემატოდების რაოდენობის განსაზღვრა წყარო: [Kaya 1993, 64-98]

სუბსტრატი	მწერის ხნოვანება	ინვაზიური ნემატოდების საშუალო რიცხვის გამოთვლა მწერიდან გამოსული ერთი ეგზემპლარიდან		
		90	120	180
ცვილის ჩრჩილის მატლები	მე-2 სტადია	8000	8000	6000
	მე-3 სტადია	11000	10000	8000
	მე-4 სტადია	25000	16000	12000
პურის ხოჭოს მატლები	მე-2 სტადია	10000	9000	8000
	მე-3 სტადია	15000	12000	12000
	მე-4 სტადია	8000	7000	6500



სურ.13. 50 მმ პეტრის თასზე, და (90 დიამეტრის) ფილტრის ქაღალდზე ინფიცირებული ცვილის ჩრჩილის (*G. mellonella*) -ს ლარვა. წყარო: [Stock,1999. 45-68]



სურ.14 48 საათის შემდეგ ნემატოდების ინვაზიური იუვენილების გამოჩენა.

წყარო: [Stock,1999. 45-68].

2.2. მასალები და კვლევის მეთოდები

სადისერტაციო თემაზე მუშაობა მიმდინარეობდა 2020-2023 წლებში ბორჯომის მუნიციპალიტეტის დაბა წალვერში და სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტის საკვლევ ნაკვეთში და ლაბორატორიაში.

ნიადაგის სინჯები აღებულ იქნა 2020 წლის ივნისში სხვადასხვა ლოკაციებზე, კერძოდ, დაბა წალვერის არჯევანიძის ტყის შერჩევით უბნებზე, დაბა ბაკურიანის, სოფ. დვირის, სოფ. ტიმოთესუბნის კერძო საკარმიდამო ბაღ-ბოსტანიდან. ნიადაგიდ ნიმუშების სინჯები ავიღეთ 15-30 სმ -ის სიღრმიდან, 300-350 გ ოდენობით. გათვალისწინებული იყო ნიადაგის pH-ისა და ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრები (ტენიანობა, ტემპერატურა).

ნიადაგის ნიმუშები თავსდებოდა სპეციალურ პოლიეთილენის პარკებში, სინჯის აღების ლოკაციისა და თარიღის მითითებით. საკვლევ მასალა (ნიადაგი) თავს იყრიდა ლაბორატორიაში [Hominick...1990 295 – 302].

ნიადაგის ნიმუშებში ენტომოპათოგენური ნემატოდების შემცველობა განისაზღვრებოდა *Galleria mellonella* -ს მატლების დამჭერების გამოყენებით [Glazer 1990 213 – 224].

მთელი საკვლევი პერიოდის განმავლობაში გამოყენებულ იქნა 1500 -მდე *Galleria mellonella*-ს მატლები ნემატოდებით დასაინფიცირებლად და შესაბამისად, მათ გასამრავლებლად, რადგან აღნიშნული მატლები წარმოადგენენ ნემატოდების გასამრავლებელ მყარ არეს. დაინფიცირებული მატლები თავსდებოდა პეტრის ფინჯნებში, რომლის ძირში თავსდებოდა ტენიანი ფილტრის ქაღალდი. პროცესი გრძელდებოდა ვიდრე არ გამოჩნდებოდა მატლების ინვაზიის ვიზუალური ნიშნები, კერძოდ მათი უმოძრაობა, სხეულის ფერის ცვლილება (მუქი ფერი). ცოცხალი და დახოცილი ინდივიდების დაინფიცირების ხარისხი განისაზღვრებოდა დაკვირვებით, რომელიც ხორციელდებოდა ბინოკულარული მიკროსკოპის მეშვეობით. სასაგნე მინაზე დატანილი იყო წყლის ან 25%-იან რინგერის ხსნარის წვეთი და შემდგომ მასზე თავსდებოდა საპრეპარაციო ნემსით დანაწევრებული მაცერირებული მწერი. კონტროლდებოდა ლარვული სტადიის გამოჩენა და რაოდენობა ერთ *G. mellonella*-ს ინდივიდზე. ანალიზის ხანგრძლივობა ენტომოპათოგენური ნემატოდების ტიპის მიხედვით შეადგენდა 7-12 დღეს. ამავდროულად სინჯის ალების დროს ფიქსირდებოდა ნიადაგის ტემპერატურა, ნაკვეთზე მოყვანილი კულტურა და მასზე აღმოჩენილი ძირითადი მავნებლები [Hominick.... 1990 327-343].

საკვლევი ობიექტის - ცვილის დიდი ჩრჩილის (*Galleria mellonella*)-ს გამოყვანა ხდებოდა ლაბორატორიაში, ხოლო მათში გამრავლებული ნემატოდების დაგროვება ხორციელდებოდა White -*thrash*-ის მეთოდით [White 1927 302-303].

G. Mellonella-ს მატლები თავსდებოდნენ პეტრის ჯამებზე და ინახებოდნენ ლაბორატორიაში 18-20°C ტემპერატურასა და 20-65% ტენიანობის გათვალისწინებით. ნემატოდური პრეპარატების ეფექტურობა შეფასდა მატლების სიკვდილიანობით პროცენტულად (ექსპერიმენტის 3-ჯერ განმეორებით). ინვაზიური ეპნ სუსპენზიის შესხურების შემდეგ 500-1000 ინდივიდი/მლ. წყალი ასრულებდა საკონტროლო ფუნქციას. ლაბორატორიულ პირობებში, ნემატოდური სუსპენზიით დამუშავების შემდეგ, მატლები გავამრავლეთ ი 23°C ტემპერატურაზე 3 დღის განმავლობაში, შემდეგ ისინი დავანაწევრეთ პეტრის ჯამებზე, 25%-იან რინგერის ხსნარში დასველებულ ფილტრის ქაღალდზე [Goude 1995 395 – 401].

პირველი ეტაპის ექსპერიმენტებში მასალად გამოყენებულია ადგილობრივი, ენტომოპათოგენური და ფიტო ნემატოდები, *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae*, *Heterorhabditis poinari*, *Steinernema sp.* *Steinernema tsagveriensis* და ფიტო-ნემატოდა *aphelenchoides sp.* მავნე მწერების ნემატოფაუნის შესწავლისათვის საჭირო იყო სხვადასხვა ტიპის (თიხნარი, ქვიშნარი, ჰუმუსიანი) ნიადაგების სინჯების შეგროვება. სინჯების აღების პერიოდია - 2020 წლის მაისის თვე. საკვლევი სინჯების შეგროვება მოხდა სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის სხვადასხვა ლოკაციაზე-დაბა ბაკურიანი, დაბა წაღვერი, სოფ. ტიმოთეს უბანი, სოფელი დვირი.

სხვადასხვა ლოკაციებიდან მოპოვებული ოცივე ნიადაგის შესწავლა, ფილტრატის კვლევისას აღმოჩენილ იქნა, როგორც ენტომოპათოგენური ნემატოდები, ასევე ფიტონემატოდები, რომლებიც ამოყვანილ იქნა მიკროპიპეტის მეშვეობით და შემდგომში მოვათავსეთ სინჯარაში, ანუ მოხდა მათი სელექცია შემდგომი ცდებისთვის.

შემდეგ ეტაპზე ექსპერიმენტის ჩატარებისათვის მოვახდინეთ ჩვენს მიერ აღმოჩენილი ნემატოდების გამრავლება საკვებ არეებზე. ამ მეთოდით მიმდინარეობდა ლაბორატორიაში და ველზე ენტომოპათოგენური ნემატოდების, ასევე ფიტოპათოგენური ნემატოდების *Steinernema carpocapsae*, *S.feltiae*, *Steinernema sp.*, *H.bacteriophora*, *Steinernema tsagveriensis* და ფიტო-ნემატოდას *aphelenchoides sp.*) კულტივირება. ნემატოდების კულტივირებისათვის ვიყენებდით მწერებს: მაისის და ივნისის ხოჭოებს, ჩოქელას, მახრას, კოლორადოს ხოჭოს, ნამვის ქერქიჭამიას. შედეგები აღბეჭდილია ვიდეო-ფოტო მასალაში. ლაბორატორიულ პირობებში მიღებული შედეგები იქნა გადამოწმებული საველე პირობებშიც.

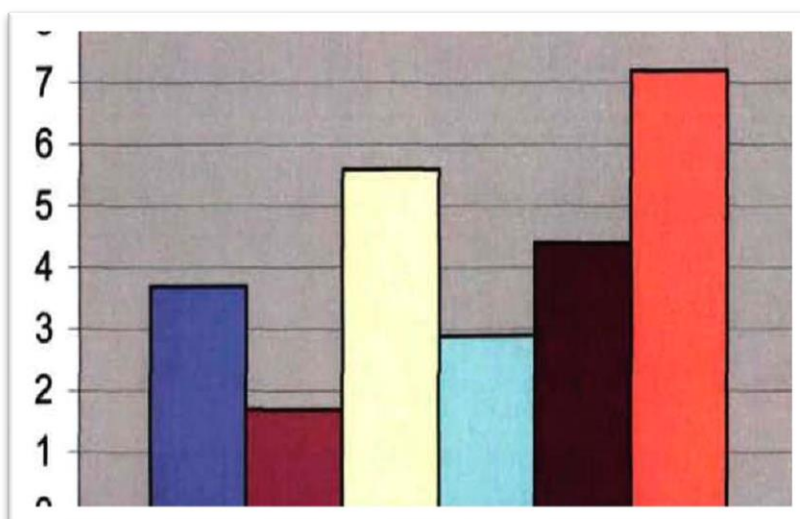
ჩვენს მიერ ასევე ნემატოდის *Steinernema carpocapsae* სახეობები, *Steinernema carpocapsae* და *Heterorhabditis bacteriophora Poinari*, რომელიც გამოყოფილი იყო დაბა ბაკურიანის ნიადაგებიდან და კულტივირებული ფიჭის ჩრჩილის მატლზე (*Galleria mellonella* -ზე. ნემატოდების ინვაზიური ლარვების ქცევითი მახასიათებლები სხვადასხვა ტემპერატურაზე შეფასდა საცდელი მწერების ინფიცირებით: კოლორადოს ხოჭოზე (*Leptinotarsa decemlineata*) და კომბოსტოს თეთრულას მატლებზე(*Pieris brassicae*). ნემატოდების *Steinernema carpocapsae*, შტამი „agriotos“ და

Steinernema sp. მოქმედება დამოკიდებულია პათოგენების დოზაზე და ტემპერატურაზე (ინფიცირებიდან 96 საათის შემდეგ).

ცხრილი 4. ზოგიერთი სახეობის ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოვლენის დინამიკა მრავალწლიანი ბალახოვანი მცენარეების ნიადაგის სინჯებში.

წყარო: [Pomar, 1990, Bedding, Akhurst 1975]

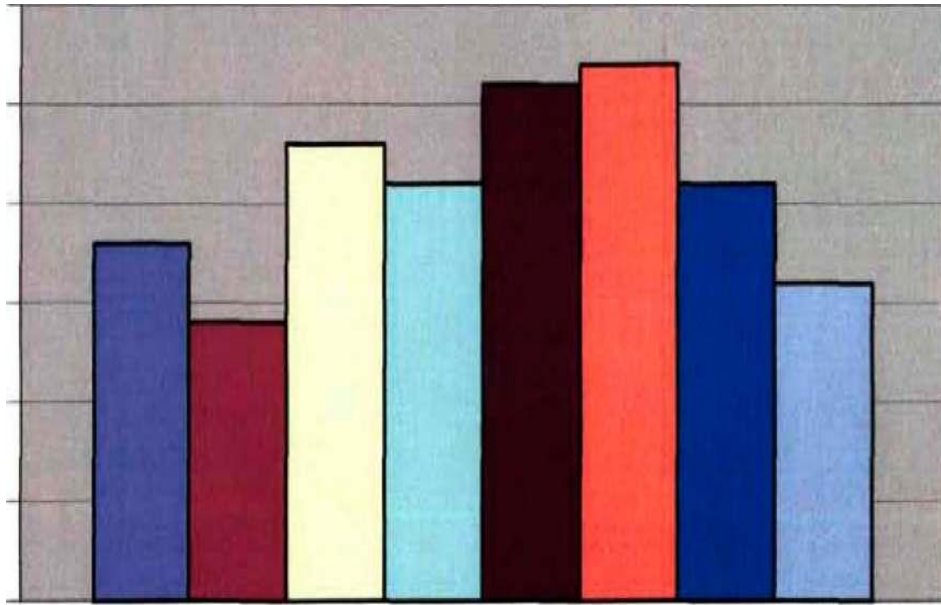
ნემატოდის სახეობა	ნიადაგის სინჯებში ეპნ -ის პოზიტიური რიცხოვნობა თვეების მიხედვით (ცალკეობით)											
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Steinernema tsagveriensis	7	6	3	2	5	7	1	0	3	2	1	3
Steinernema carpocapsae	3	2	3	1	0	2	6	4	3	1	2	0
Steinernema sp.n.	1	4	1	2	3	1	10	8	0	6	1	0



V-VI VII-VIII IX-X XI-XII I-II III-IV

სურ.15. ნიადაგის ნიმუშებიდან ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოყოფის დინამიკა.

წყარო: [Pomar 1990 23-60, Hominick 1990 295 - 302].



სურ.16 ნიადაგიდან ენტომოპათოგენური ნემატოდების პოზიტიური ნიმუშების გამოვლენის დინამიკა. წყარო: [Bedding, Akhurst 1975]

.2.3. ენტომოპათოგენური ნემატოდების *Steinernema carpocapsae* და *Heterorhabditis bacteriophora*-ს ბიოლოგიური კონტროლი აზიური ფაროსანას, *Halyomorpha halys* მიმართ ლაბორატორიულ პირობებში.

ჩვენი კვლევის მიზანი იყო განგვესაზღვრა ენტომოპათოგენური ნემატოდების *Steinernema carpocapsae* და *Heterorhabditis bacteriophora*-ს ბიოლოგიური კონტროლი აზიური ფაროსანას, *Halyomorpha halys* მიმართ ლაბორატორიულ პირობებში [Kevin..2014 1-13] ენტომოპათოგენური ნემატოდების ექსპერიმენტში გამოყენებამდე, მათი კულტივირება ხდებოდა ლაბორატორიულ თერმოსტატში 24-25⁰ C ტემპერატურაზე ცვილის დიდი ჩრჩილის (*Galleria mellonella*) ბოლო ხნოვანების მატლებზე [Kaya...1990 281-324] სათანადო მეთოდით. კულტივირების შედეგად მიღებული სუსპენზიები ინახებოდა მაცივარში 4-6⁰ C ტემპერატურაზე. ნემატოდების აკლიმატიზირება მიმდინარეობდა ოთახის 24-25⁰ C ტემპერატურის პირობებში. მიღებული ბიომასის გამოყენება შესაძლებელი იყო 6-10 სთ. შემდეგ. *S. carpocapsae* და *H. bacteriophora* ეფექტურობის დასადგენად ოთახის 24-25⁰ C ტემპერატურისა და 75%

ტენიანობის პირობებში საცდელად გამოყენებული იყო მავნებლის ზრდასრული ფორმა-იმაგო [inteleqti.openjournals.ge].

ინდივიდების სიკვდილიანობის პროცენტი განისაზღვრებოდა აბოტის ფორმულით [Abbot 1925 265-267]. დაბა წალვერის რამოდენიმე კერძო საკარმიდამო ტერიტორიაზე შეგროვებული იყო აზიური ფაროსანას (*H. Halys*), 200-მდე ეგზემპლარი. ექსპერიმენტები იყო ჩატარებული 10 ფილტრჩაფენილ 10 სმ დიამეტრის პეტრის თასზე. თითოეულ პეტრის თასზე ფილტრის ქაღალდზე დატანილი იყო 3-4 მლ ნემატოდური სუსპენზია, შემდეგ კი მასზე მოვათავსეთ აზიური ფაროსანას (*H. Halys*) 20 ეგზემპლარი. ექსპერიმენტში იყო გამოყენებული ნემატოდები *S. carpocapsae* და *H. bacteriophora*-ს 500, 1000, 1500 და 2000 ინფექციური იუვენილები/მლ ოდენობით.

მწერებზე დაკვირვება, მათი სიკვდილიანობის მაჩვენებლის დასადგენად, მიმდინარეობდა მწერების სუსპენზიით დამუშავების მერე მე-3, მე-5, მე-7 დღის შემდეგ. ექსპერიმენტის შედეგებიდან დადგინდა, რომ ნემატოდა *S. carpocapsae* გამოირჩევა უფრო მაღალი ვირულენტობით *H. halys*-ის წინააღმდეგ, ვიდრე *H. bacteriophora*, ხოლო მწერების სიკვდილიანობა დამოკიდებული იყო დროზე, ნემატოდების სახეობასა და კონცენტრაციაზე [Gorgadze....1990 62-180]

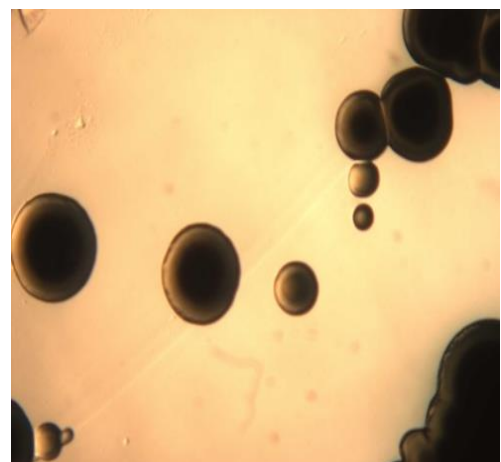
ექსპერიმენტი აჩვენებს ნემატოდების *S. carpocapsae*-ს მიერ დაინვაზირებული მწერების სიკვდილიანობის 18, 32, 43 და 68% , ხოლო *H. bacteriophora*-ს მიერ- 12, 24, 26 და 48% . აღნიშნული შედეგი ადასტურებს *S. carpocapsae* და *H. bacteriophora* ეფექტურობას *H. halys*-ის მიმართ და ეს შედეგი მეტყველებს აღნიშნული სახეობების გამოყენების ეფექტურობაზე ფაროსანთან ბრძოლაში. სასურველია მომავალი კვლევა ჩატარდეს კერძო სახლებში, მინდვრის პირობებში და სათბურში [Inkley 2012, 125–130].



სურ.17,18,19,20,21. აზიური ფაროსანას *Halyomorpha halys* (Stink bug), კოლონიები კერძო სახლში. წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი

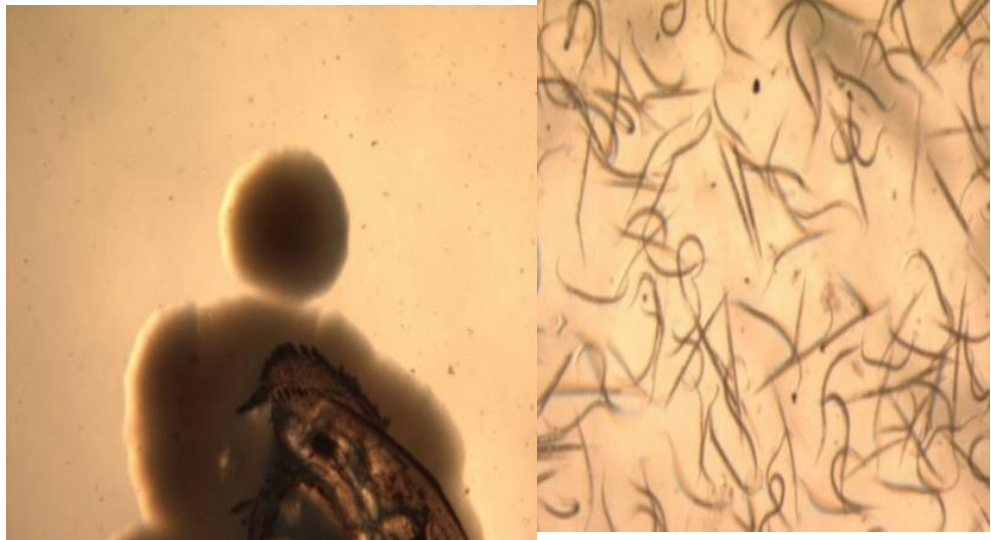


სურ. 22.23. ეპნ *S. carpocapsae* და *H. bacteriophora* აზიური ფაროსანას *Halyomorpha halys*



წინააღმდეგ. წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი

სურ.24, 25. ეპნ *S. carpocapsae* და მისი სიმბიოტური ბაქტერია *Xenorhabdus*. წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი



სურ.26, 27. ეპნ. *H. bacteriophora* და მისი სიმბიოტური ბაქტერია *Photorhabdu*.

წყარო: ავტორი



სურ. 28. ეპნ.ით *S. carpocapsae* და *H. bacteriophora* -თი დაბოცილი აზიური ფაროსანა (*Halyomorpha halys*). წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი

2.4. ფიტოპათოგენური ნემატოდა *Aphelenchoides* sp. ეფექტურობა ხოჭოს -*Spruce bark beetle Ips typographus* მიმართ ლაბორატორიულ პირობებში.

ენტომოპათოგენური ნემატოდების ძიების და კვლევის პროცესის პარალელურად, ჩვენს მიერ ნიადაგების სინჯებში აღმოჩენილი იყო ასევე ფიტოპათოგენური ნემატოდები (*Aphelenchoides* sp). აღნიშნული ნემატოდები წარმოადგენენ პარაზიტულ ფორმებს და ანადგურებენ მრავალ სასოფლო-სამეურნეო

კულტურას. იდეა მათი გამოკვლევის ენტომოპათოგენური თვისებების გამოვლენაზე გაჩნდა ძირითადი ექსპერიმენტის დროს. ჩვენ გავითავისეთ და გავიაზრეთ ის გარემოება, რომ ექსპერიმენტის დადებითად დასრულების მიუხედავად აღნიშნული ნემატოდების ვერ გამოიყენებინა მავნე მწერების ბიოკონტროლში, თუმცა წამოჭრილი ჰიპოთეზა ძალზედ საინტერესო იყო და ჩვენ გადავწყვიტეთ გამოგვეკვლია ფიტოპათოგენური ნემატოდების ენტომოპათოგენური უნარი.

ფიტოპათოგენურ ნემატოდებზე ცდები, მათი კულტივაცია და ნემატოდური სუსპენზიის მიღება ხდებოდა ლაბორატორიულ პირობებში. კულტივაციისთვის გამოყენებული იყო საკვები არე აგარ-აგარი და დაცული იყო ტემპერატურული რეჟიმი დიაპაზონით 22,-25°C. 14 დღეში მიღებულ იქნა ნემატოდების პოპულაცია სუსპენზიის სახით, რომელიც ინახებოდა მაცივარში 3-4°C ტემპერატურის პირობებში. რის მეშვეობით შესაძლებელი იყო ნემატოდების გადაყვანა ანაბიოზში და შემდგომ მათი კვლავ გამოყენება ცდებში, რომელიც ადგენდა ფიტოპათოგენური ნემატოდების ენტომოპათოგენური თვისებების გამოვლენას და შესწავლას ხოჭო-ტიპოგრაფის მატლებზე და მის ზრდასრულ ფორმაზე-იმაგოზე. ორ პეტრის ჯამში ვაფენდით ფილტრის ქაღალდს და მასზე ვათავსდებდით ცალ-ცალკე ხოჭოს მეორე ხნოვანების მატლებს 27 ერთეულის ოდენობით და ხოჭოს ზრდასრულ იმაგოს-14 ერთეულის ოდენობით და ვასხურებდით ორივეზე ნემატოდური სუსპენზიის 500 ნ/მლ თანაბარ ოდენობას [Kaya...1993 181-206].

48 საათის შემდეგ, პეტრის ჯამების დათვალიერებისას მიღებულ იქნა შემდეგი შედეგი: 27 მატლიდან დაიხოცა 25, ხოლო ზრდასრული იმაგოს 14 ერთეულიდან ყველა დაიხოცა. დამატებითი სუსპენზიის დასხურებით 48 საათში ცოცხლად დარჩენილი 2 ერთეულიც დაიხოცა. მიღებულმა შედეგებმა აჩვენა, რომ ფიტოპათოგენურმა ნემატოდებმა *Aphelenchoides sp.* გამოავლინეს ენტომოპათოგენური ნემატოდების თვისება. ასევე ცდების შედეგებმა აჩვენეს, რომ ხოჭო-ტიპოგრაფის *Ips typographus* სიკვდილიანობა დამოკიდებული იყო დროზე, ფიტონემატოდების სახეობაზე, მათ რაოდენობაზე, კონცენტრაციაზე. ამით დასტურდება ფიტოპათოგენური ნემატოდების ენტომოპათოგენური თვისებები

59.9%-ით. აღნიშნული ცდა ჩატარდა ლაბორატორიულ პირობებში და სამომავლოდ იგეგმება ფიტო- ნემატოდური სუსპენზიის ეფექტურობის დადგენა საველე (ტყის) პირობებში.

საქართველოში სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში მავნებლის, ხოჭო-ტიპოგრაფის (*Ips typographus*) მიერ ფიჭვის და ნაძვის პოპულაციებზე მიყენებული



სურ.29, 30. სამცხე -ჯავახეთის რეგიონის ფიჭვის და ნაძვის პოპულაციებში მოპოვებული ხოჭო-ტიპოგრაფის (*Ips typographus*) მატლები. წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი

ზარალი დიდ მამტაბებს აღწევს. სამომავლოდ შესაძლებელია ტყის კორომის საგრძნობი დაზიანება და მისი ეკოსისტემის ცვლილება. ჩვენი კვლევის მიზანი იყო ფიტოპათოგენური ნემატოდების ენტომოპათოგენური თვისებების კვლევა და, შესაძლოა, მომავალში დამატებითი კვლევების განხორციელების შედეგად, ამ თვისებების გამოყენება ხოჭო -ტიპოგრაფის ბიოკონტროლისთვის. ქერქის ხოჭოების ტიპოგრაფი არის ხოჭოების ოჯახიდან. ის ტყეებისათვის ისეთივე ზარალია, როგორც კალია ფერმერებისთვის. ქერქის ხოჭო ხის სხვა მავნებლებისგან გამოირჩევა დიდი გამრავლების უნარით. სასიცოცხლო აქტივობის გამო, ხოჭოები დიდ ზიანს აყენებენ ხეების ნარგაობებს. მნიშვნელოვანია გვახსოვდეს, რომ ხოჭოები თავად მნიშვნელოვნად არ აზიანებენ ხეს. მთავარი საფრთხე მოდის მატლებზე, რომელიც

გვირაბების მთელ ლაბირინთებს ქმნის ხეში, რის შედეგადაც იგი გამოუსადეგარი ხდება.

2.5. ქერქიჭამია ხოჭო (*Ips typographus*) განვითარების პროცესი და გავრცელების მექანიზმი.

ქერქიჭამია ხოჭო (*Ips typographus*) გადის სრულ და ხანგრძლივ მეტამორფოზს. მატლის ეტაპი შეიძლება გაგრძელდეს რამდენიმე წლის განმავლობაში, ამ დროის განმავლობაში ხეთა დაზიანებამ შეიძლება გამოუსწორებელი შედეგი მოგვცეს. ამიტომ, ქერქის ხოჭოს ან მისი მატლების დროული გამოვლენა და მოსპობა საკმაოდ მნიშვნელოვანი საქმეა. კვერცხების მატლებად გადაქცევის მომენტიდან ზრდასრულ იმაგომდე მიღწევას დაახლოებით ორი წელი სჭირდება. ამ დროის განმავლობაში მავნებელი ავლენს აქტიურობის ძალიან მაღალ დონეს. ამასთან, მეტყვევები აღნიშნავენ, რომ ქერქის ხოჭო ყოველთვის ცხოვრობდა ტყეებში და ასრულებდა სასარგებლო სანიტარულ ფუნქციებს. ის მხოლოდ ცოტა ხნის წინ გახდა წიწვოვანი მცენარეების ყველაზე მავნე მტერი. ტიპოგრაფის რიცხოვნობა და მისი მატლების მავნეობა დღითი დღე იზრდება, იმის გამო, რომ არც ადამიანი და არც ტყეში მცხოვრები სხვა მწერები ვერ აკონტროლებენ მის პოპულაციას.

ქერქის ხოჭო- (*Ips typographus*) რაოდენობის ზრდის აფეთქება შეიძლება მოხდეს სხვადასხვა მიზეზების გამო. მაგალითად, სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში, ბორჯომ-წაღვერ-ბაკურიანის ტყეებში ბოლოდროინდელმა ვითარებებმა (ხშირმა ხანძრებმა, რომელიც გამოწვეული იყო სხვადასხვა მიზეზებით შეასუსტა წიწვოვანი ხეები და ამ გარემოებამ მოახდინა ხოჭოების პოპულაციის მკვეთრი ზრდა. ხეების შესუსტების შედეგად, ტყის მასივები ტიპოგრაფის (*Ips typographus*) კვებისა და გამრავლების საფუძველი გახდნენ.

ქერქის ხოჭოების ერთი ოჯახიდან ათასამდე ხოჭო შეიძლება მოგვევლინოს წელიწადში. პრობლემა ისაა, რომ ტიპოგრაფს შეუძლია ფრენა. ხოჭოს ეს თვისება აჩქარებს ხეების დაინფიცირების პროცესს. ამიტომ აუცილებელია დაუყოვნებლივ მიღებულ იქნას ზომები მასთან საბრძოლველად. გამოყენებულია ყველა ცნობილი ხერხი მავნებლის წინააღმდეგ როგორცაა, დაავადებული ხეების დროულად გაწმენდა. ეს პროცესი უნდა განხორციელდეს მანამ, სანამ ქერქის ხოჭოები გამოვლენ

ანაბიოზიდან და მათზე გამრავლდებიან. ასევე ხელს შეუწყობს ხოჭო-ტიპოგრაფის



მიერ ახლად ინფიცირებული ხეების შერჩევას და ქერქის მოცილებას ხოჭოების გამოსვლამდე. ასევე ხშირად მიმართავენ სანიტარულ ჭრასაც, თუმცა ეს მეთოდები ავლენენ დროებით ეფექტურობას და მხოლოდ ამცირებენ და არა სრულიად აღმოფხვრიან მავნებლის გავრცელებას. [Kung... 1991 242 - 249].

სურ. 31, 32. ქერქიჭამია ხოჭო (*Ips typographus*) გავრცელების და განვითარების პროცესი წიწვოვანი ხეების მერქანში წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი

ლაბორატორიულ პირობებში ჩატარებულმა ცდებმა აჩვენეს ფიტოპათოგენური ნემატოდების ენტომოპათოგენური ეფექტურობა და ეს კი შესაძლებლობას გვაძლევს, რომ მათი მეშვეობით (ნემატოდური სუსპენზიის შეყვანით მცენარის ქერქის ქვეშ) შესაძლებელია დიდი ეფექტურობით მოხდეს აღნიშნული მავნებლის ბიოკონტროლი.

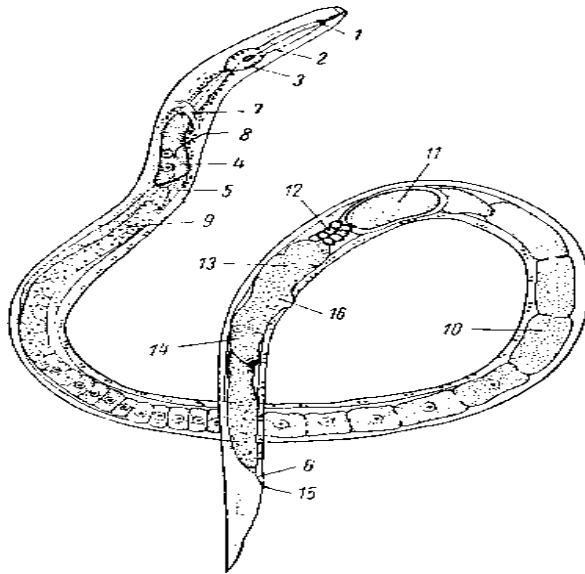
როგორც ცნობილია ფიტოპათოგენური ნემატოდები (*Aphelenchoides sp.*) სიმბიოზშია ბაქტერიასთან (microbacterium). ბაქტერიის და ნემატოდის ერთობლივი მოქმედება იწვევს მწერის სიკვდილს, რაც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მავნე მწერების რაოდენობის რეგულირებაში. ამ სახეობის ნემატოდები გამოირჩევიან ეფექტურობით, ისინი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნენ, როგორც ბიოლოგიური აგენტები მავნებლის ბიოლოგიური კონტროლისთვის.

ფიტოპათოგენური ნემატოდები (*Aphelenchoides sp.*) მცენარეთა პარაზიტებია. მათი ზომები არ არის დიდი (სიგრძე არაუმეტეს 5 მმ). ნაყოფიერება შედარებით დაბალია. იშვიათია - სახეობები, რომელთა მდედრები ინდივიდუალურ

ცხოვრებაში აწარმოებენ რამდენიმე ასეულ ან 1000-ზე ოდნავ მეტ კვერცხს. კვერცხები, როგორც წესი, შედარებით დიდია. ყველა ფიტოპარაზიტულ ნემატოდაში პირის ღრუ გადაკეთებულია ე.წ. სტილეტად, მისი წვერი სამედიცინო შპრიცის ნემსის მსგავსია დახრილი, თხელი არხი გადის სტილეტის შიგნით. სტილეტის უკანა (პროქსიმალური) ბოლო ატარებს, უმეტესწილად, სპეციალურ ბაზალურ თავებს. სამი შეკვრა მიოფიბრილები გადაჭიმულია თავებიდან თავის კაფსულის ტიხრებისკენ. ეს არის პროტრაქტორი კუნთები, რომლებიც უბიძგებენ სტილეტს გარეთ. ფიტოპარაზიტული ნემატოდა (ფიტოჰელმინთი) თავისი სტილეტით ხვრეტს მცენარის უჯრედების კედლებს. სტილეტის ზემოქმედების პარალელურად, მცენარეულ ქსოვილში გამოიყოფა სპეციალური საყლაპავის ფერმენტები, რომლებიც წარმოიქმნება საყლაპავის ჯირკვლებიდან, განსაკუთრებით დორსალური ჯირკვლიდან. ეს ფერმენტები ანადგურებს მცენარეულ ცილებს. ფიტოპარაზიტულ ნემატოდებში მასპინძლების ცვლილება არ ხდება. ბევრი მათგანი არაერთხელ მრავლდება მცენარის ორგანოში, გროვდება მასში უზარმაზარი რაოდენობით და მიჰყავს მცენარე სიკვდილამდე, როგორც ეს შეინიშნება, მაგალითად, ხახვის ღეროს ნემატოდას პარაზიტიზმის დროს, რომელიც აზიანებს ხახვისა და ნივრის ბოლქვებს.



სურ.33, 34. ფიტონემატოდა სინათლის მიკროსკოპის მცენარეთა მდებრი ქვეშ. პარაზიტული ნემატოდა. წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი



ხახვი-ნივრის ღეროს ნემატოდა (*Ditylenchus alii*): 1 - სტილექტი, 2 - საყლაპავი, 3 - შუა ბოლქვი, 4 - საყლაპავის ჯირკვლოვანი ნაწილი, 5 - ნაწლავები, 6- უკანა ნაწლავი, 7. - ნერვული რგოლი, 8 - გამომყოფი ხვრელი, 9 - საკვერცხე, 10 - საშვილოსნო, 11 - კვერცხუჯრედი, 12 - ჯირკვალი, 13 წინა საშვილოსნო, 14-

უკანა საშვილოსნო,

სურ.35. ნივრის ღეროს ნემატოდა

წყარო: Agriedu.ge

15-ანუსი, 16-მდედრის სასქესო ორგანო

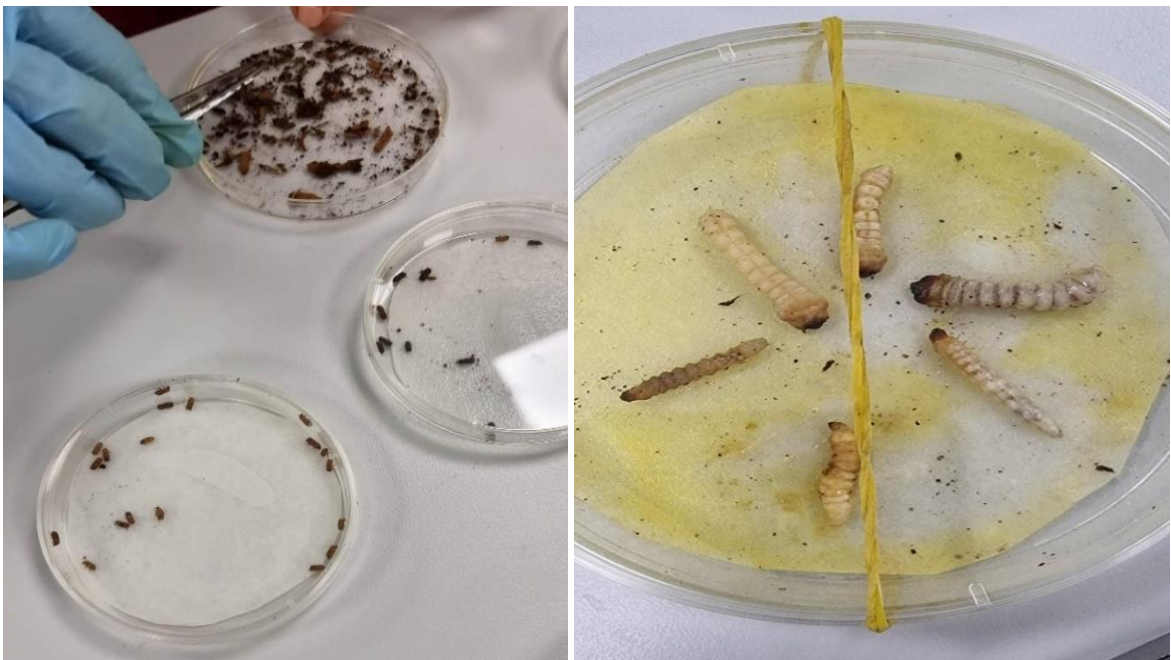
აღნიშნული გარემოება მიუთითებს მის მავნებლურ ხასიათზე, თუმცა კვლევამ აჩვენა, რომ მისი ენტომოპათოგენური თვისებები ხოჭო-ტიპოგრაფის წინააღმდეგ უფრო მეტი სარგებლის მომტანია და არ ახდენს ფიტოპათოგენურ თვისებას წიწვოვნების ფესვთა სისტემაზე, ანუ აღნიშნული ნემატოდა არის მხოლოდ კულტურული მცენარეების პარაზიტი. ზოგადად მათი ენტომოპათოგენური მოქმედება ხასიათდება ცოცხალი მასპინძლის (მწერი) ჰემოლიმფაში შეღწევით. მოხვდება თუ არა ნემატოდას სხეულში მასთან სიმბიოზში მყოფი ბაქტერია, (microbacterium), რომელიც იწვევს მწერების სიკვდილიანობას დაახლოებით 24-72 საათში. მის მერე, რაც დაინფიცირდება მწერი, ნემატოდები იწყებენ მსვლელობას მწერის საკვებ არხში და ათავისუფლებენ სიმბიოტურ ბაქტერიებს მწერში გასამრავლებლად. სიმბიოტურ ბაქტერიას (microbacterium) არ შეუძლია გადარჩენა ნიადაგში ან წყალში, ამიტომ ნემატოდა უზრუნველყოფს ბაქტერიის დაცვას მწერი-მასპინძლის გარეთ და აძლევს საშუალებას ბაქტერიას გადავიდეს ახალ მასპინძელში. ბაქტერიები კლავენ მასპინძელს დაახლოებით 24-48 საათში.

თავი III

3.1. ფიტოპათოგენური ნემატოდების ექსპერიმენტული ნაწილი

ექსპერიმენტები ფიტოპათოგენურ ნემატოდებზე ენტომოპათოგენური თვისებების დასადგენად და ასევე მათი კულტივაცია საკვებ არეზე (აგარ-აგარი) ხდებოდა ლაბორატორიულ პირობებში 23-25°C. ტემპერატურაზე. კულტივირების შედეგად მიღებული სუსპენზია ინახებოდა მაცივარში 4-6°C ტემპერატურულ რეჟიმში. ამ ტემპერატურაზე ნემატოდები გადადიოდნენ ანაბიოზში, ხოლო 24-25°C ტემპერატურაზე, 6-10 საათის შემდეგ ისინი კვლავ აქტიურდებოდნენ და შესაძლებელი იყო ნემატოდური ბიომასის გამოყენება შემდგომი ცდებისთვის.

ჩვენი ცდები იყო მიმართული ლაბორატორიულ პირობებში ფიტოპათოგენური ნემატოდების (*Aphelenchoides*-sp.). ენტომოპათოგენური თვისებების კვლევაზე წიწვოვნების მავნებლის ხოჭო-ტიპოგრაფის წინააღმდეგ. ექსპერიმენტები ტარდებოდა 8 სმ დიამეტრის 2 პეტრის ჯამში, რომელშიც იყო ჩაფენილი სათანადო დიამეტრის ფილტრის ქაღალდი და მასზე ვათავსებდით ხოჭოს მატლებს -27 ერთეული და ზრდასრულ ფორმებს (იმაგოს) -14 ერთეული.



სურ. 36, 37. ფიტოპათოგენური ნემატოდების (*Aphelenchoides*-sp.) ენტომოპათოგენური თვისებების დადგენა ლაბორატორიაში. წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი

შედეგებმა აჩვენა, რომ ფიტონემატოდას (*Aphelenchoides-sp.*) მაღალი ენტომოპათოგენური თვისებები (დაფიქსირდა ხოჭო-ტიპოგრაფის სიკვდილიანობის დროს 59,5%), ეს ძალიან საინტერესო თვისება, რომელიც იყო გამოვლენილი, დამოკიდებული იყო ნემატოდების სახეობაზე, ტემპერატურაზე, კონცენტრაციაზე. ასევე შედეგებმა აჩვენეს, რომ ლაბორატორიულ პირობებში ფიტოპათოგენური

ნემატოდების ეფექტურობა ხოჭო-ტიპოგრაფის (*Ips typographus*) წინააღმდეგ ნამდვილად გამართლებულია და დამატებითი კვლევის ჩატარების შემდეგ შესაძლებელია მისი მეშვეობით აღნიშნული მწერის ბიოკონტროლი.

სამომავლოდ, სასურველია კვლევა ჩატარდეს ტყის პირობებში, კონკრეტული წიწვოვანი ხეების ქერქის ქვეშ ნემატოდური სუსპენზიის შეშვებით.

ექსპერიმენტები ფიტოპათოგენურ ნემატოდებზე ენტომოპათოგენური თვისებების დასადგენად და ასევე მათი კულტივაცია საკვებ არეზე(აგარ-აგარი) ხდებოდა ლაბორატორიულ პირობებში 23-25°C. ტემპერატურაზე. კულტივირების შედეგად მიღებული სუსპენზია ინახებოდა მაცივარში 4-6°C ტემპერატურულ რეჟიმში. ამ ტემპერატურაზე ნემატოდები გადადიოდნენ ანაბიოზში, ხოლო 24-25°C ტემპერატურულ რეჟიმში, 6-10 საათის შემდეგ ისინი კვლავ აქტიურდებოდნენ და შესაძლებელი იყო ნემატოდური ბიომასის გამოყენება შემდგომი ცდებისთვის.

ჩვენი ცდები იყო მიმართული ლაბორატორიულ პირობებში ფიტოპათოგენური ნემატოდების (*Aphelenchoides-sp.*) ენტომოპათოგენური თვისებების კვლევაზე წიწვოვნების მავნებლის ხოჭო-ტიპოგრაფის წინააღმდეგ [Wallace.... 1963 80];

ექსპერიმენტები ტარდებოდა 8 სმ დიამეტრის პეტრის ჯამებში, რომელშიც იყო ჩაფენილი სათანადო დიამეტრის ფილტრის ქაღალდი და მასზე ვათავსებდით ხოჭოს მატლებს-27 ერთეული და ზრდასრულ(იმაგოს)-14 ერთეული.

რეკომენდაციები:

1. ბარიერების დაცვა - ამ ტიპის დაცვა მოიცავს ქიმიკატების შესხურებას, აგრეთვე მათ ალტერნატივას, ან დამატებას - მაგისტრალური ინექციებით.

2. შესხურება - აპრობირებული და ფართოდ გომოყენებადი ხერხია. თუმცა მას აქვს გვერდითი მოვლენები- ინსექტიციდები ან ფუნგიციდები შეიძლება მოხვდეს მეზობელ კულტურებში, მოსპოს სასარგებლო მწერები, ასევე მავნე წერმარებს შეუძლიათ გამოიმუშაონ ადაპტაცია ინსექტიციდის მიმართ, რადგან მუტაციური პროცესების გაძლიერების შედეგად მომავალში მიიღება შხამქიმიკატის მიმართ მდგრადი პოპულაცია.

3.2. ენტომოპათოგენური ნემატოდების *Steinernema carpocapsae* ეფექტურობის დადგენა კოლორადოს ხოჭოს (*Leptinotarsa decemlineata*) და მისი მეტამორფოზული ფორმის ლარვების მიმართ

კოლორადოს ხოჭოს დიდი ზარალი მოაქვს, როგორც სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში, ისე საქართველოს სხვადასხვა აგრარულ ზონებში. ძირითადად, მისი მავნებლობა ხდება ძალყურძენასებრთა ოჯახის კულტურულ მცენარეებზე (კარტოფილი, წიწაკა, პომიდორი, ბადრიჯანი). კოლორადოს კარტოფილის ხოჭო (*Leptinotarsa decemlineata*) ფოთოლქამია ოჯახის საშიში საკარანტინო მავნებელია. წელიწადში 1-2 თაობას იძლევა. მოზრდილი ხოჭო ნიადაგში ზამთრობს. ხოჭო და მატლი ფოთლებით იკვებება. მათ შეუძლიათ დააზიანონ მწვანე ნარგაობები და მნიშვნელოვნად შეამცირონ მოსავლიანობა. *Leptinotarsa decemlineata* კარტოფილის ფოთლის ქვედა მხარეზე 3000-მდე კვერცხს დებს. [Salmanov 1988 67-90].

ჩვენი კვლევის მიზანი იყო ენტომოპათოგენური ნემატოდების *Steinernema carpocapsae* ეფექტურობის დადგენა კოლორადოს ხოჭოს (*Leptinotarsa decemlineata*) და მისი მეტამორფოზული ფორმის ლარვების მიმართ



სურ 38. მავნებელი კარტოფილის ფოთლებზე. წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი



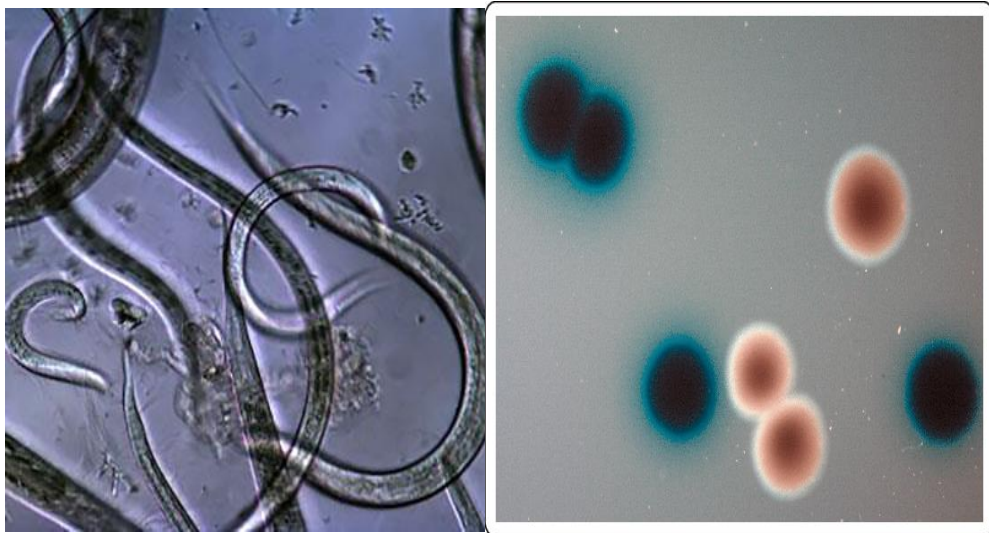
სურ. 39, 40. კოლორადოს ხოჭო (ზრდასრული იმაგო, ჭუპრი, ლარვა და კვერცხები).

წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი

ჩვენი კვლევების საფუძველზე ენტომოპათოგენური ნემატოდების (EPNs) *Steinernema carpocapsae*-ს მეშვეობით მწერის ბიოკონტროლი არის ეკოლოგიურად სუფთა, ეფექტური და ადამიანის ჯანმრთელობისთვის უსაფრთხო, რადგან ენტომოპათოგენური ნემატოდები არ ახდენენ მავნე გავლენას ადამიანის და ცხოველის ორგანიზმზე, ასევე სასარგებლო მწერებზე, ნიადაგის ჭიებზე და მცენარეებზე, რამაც ჯანმრთელობის მსოფლიო ორგანიზაციას (WHO) საშუალება

მისცა, რეკომენდაცია გაუწიოს ენტომოპათოგენურ ნემატოდებს სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკაში.

ენტომოპათოგენური ნემატოდები (EPNs) ეკუთვნიან *Steinernema carpocapsae*-ს [Kaya....1997, 281-324] გვარს და ასოცირდება ბაქტერიასთან *Xenorhabdus*. ბაქტერიისა და ნემატოდების ერთობლივი სიმბიოზური მოქმედება იწვევს მწერის სიკვდილს, რაც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მავნე მწერების რაოდენობის რეგულაციაში. ნემატოდებისთვის დამახასიათებელია განვითარების შემდეგი ფორმა: სქესობრივი მომწიფებიდან 24 საათის შემდეგ მდედრები იწყებენ კვერცხების დებას, დაინფიცირებიდან მეხუთე დღეს, მწერის სხეულის ღრუში ჩნდებიან ლარვები-პირველი თაობის. მეორე თაობის ლარვები იფარებიან კუტიკულით. განვითარების ეს ეტაპები, პირველი თაობის ლარვებისა და ზრდასრული ნემატოდებისგან განსხვავებით, მდგრადია გამომშრობის მიმართ. მასპინძლის დაღუპვისა და საკვების ნაკლებობის შემთხვევაში მათ შეუძლიათ გარე გარემოში გამოსვლა და ახალი მსხვერპლის საძიებლად მიგრაცია. თუ ახლომახლო მწერი არ არის, 3-4 დღის შემდეგ ნემატოდა წყვეტს მოძრაობას და შეიძლება რამდენიმე თვის განმავლობაში იყოს ანაბიოზურ მდგომარეობაში. ასევე ამ ფორმით ის იზამთრებს. მწერის სიკვდილიანობის სიჩქარე და მის ორგანიზმში განვითარებული ნემატოდების თაობა დამოკიდებულია თავდაპირველად შემოყვანილი ინვაზიური ლარვების რაოდენობაზე. ამ შემთხვევაში მკვდარი მწერების სხეულები იძენენ დამახასიათებელ მოწითალო-ყავისფერ შეფერილობას. ინვაზიური ლარვები (მე-3 სტადიის) პოულობენ და აინფიცირებენ მასპინძელს ნიადაგში. მწერებში ნემატოდები აღწევენ, როგორც პასიურად (კვებით) ასევე აქტიურად (პირის ღრუს, სპიკულის, ანუსის მეშვეობით). ნემატოდები მწერის სხეულში ვითარდებიან მანამ, სანამ, მისი სხეულის მთელი შიგთავსი არ განადგურდება. 1,5 მილიონამდე ინფექციური ნემატოდას [Kaya....1997, 281-324



სურ.41, 42. ენტომოპათოგენური ნემატოდა *Steinernema carpocapsae* და მისი ბაქტერია-სიმბიონტი *Xenorhabdus*, წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი

ლარვა მრავლდება ერთი გრამი მწერის მასაში. ნემატოდა აქტიურია 12-30°C ტემპერატურაზე და გავლენას ახდენს მწერების განვითარების ყველა სტადიაზე. ნემატოდას პათოგენური ეფექტურობა დამოკიდებულია ნიადაგის ტენიანობაზე და ტემპერატურაზე. ინვაზირების დიაპაზონი ყველაზე მაღალი იყო ნიადაგის მაღალ ტემპერატურაზე და ნიადაგის ტენიანობის შემთხვევაში. ექსპერიმენტებში მონაწილეობამდე მოვახდინეთ ენტომოპათოგენური ნემატოდების ნიადაგიდან გამოყოფა (პერიოდი 14 დღე) და შემდგომ მოვახდინეთ მათი კულტივაცია თავდაპირველად საკვებ არეზე, აგარ-აგარზე, (პერიოდი-12 დღე), შემდგომ კი მასპინძელი ორგანიზმის, კოლორადოს ხოჭოსა (იმაგო) და მისი ლარვების სხეულში 23-25°C ტემპერატურაზე. ინფიცირების პროცესი მიმდინარეობდა პეტრის თასებში, რომელშიც ჩაფენილი იყო სათანადო დიამეტრის ფილტრის ქალაღი. ათი ჯამი იყო გამოყენებული კოლორადოს ხოჭოს იმაგოსთვის, ხოლო მეორე ათი ჯამი-ლარვებისთვის. პეტრის თასზე მოთავსებული მწერები (50 ერთეულის) ოდენობით დამუშავდა ნემატოდური სუსპენზიით. მწერის ინვაზირების პროცესი გაგრძელდა 7 დღის განმავლობაში. გასული პერიოდის ბოლოს პეტრის ჯამების შიგთავსის დათვალიერებისას დადგინდა, რომ

ექსპერიმენტში მონაწილე ყველა მწერი დაიხოცა, რაც უდაოდ, მეტყველებს ენტომოპათოგენური ნემატოდის ეფექტურობაზე (99,5%)

ნემატოდების კულტივაცია, მისი სასიცოცხლო ციკლის თანახმად გაგრძელდა მწერის და ლარვის სხეულში და მე-8 დღეს მკვდარი ხოჭოები და მისი ლარვები გადატანილ იქნა “ვაითის დამჭერებზე“ [White 1927 302-303].

ამ მეთოდის საშუალებით ხდება ნემატოდების გამოყოფა დასნეობენებული მკვდარი მწერის სხეულიდან და მათი გადასვლა წყლიან



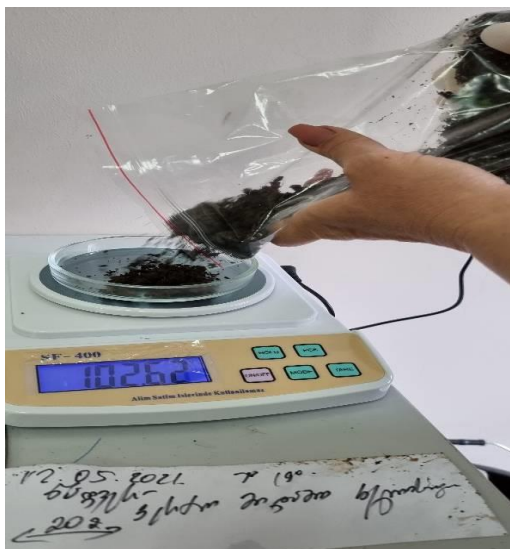
სურ. 43. სხვადასხვა ლოკაციაზე აღებული ნიადაგების სინჯები. წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი

გარემოში [White 1927 302-303]. კოლორადოს ხოჭოს და მისი ლარვების სხეულიდან. ამ ხერხით შეგროვებული ნემატოდური სუსპენზია გამოვიყენეთ საველე პირობებშიც, ექსპერიმენტის ეფექტურობის დასადგენად. კერძოდ, სუსპენზიით დავამუშავეთ 10 კარტოფილის ბუჩქი, რომელზეც ჭარბად იყო წარმოდგენილი კოლორადოს ხოჭო და მისი ლარვული სტადია. დამუშავების შემდეგ ბუჩქები შევფუთეთ პოლიეთილენის პარკებით, ჰერმეტიულად, რომლის დროსაც გავითვალისწინეთ, რათა საცდელ არეში არ მოხვედრილიყო სხვა ხელის შემშლელი ფაქტორი. ამით ჩვენ დავიცავით ექსპერიმენტის „სისუფთავე“. საცდელ ნაკვეთზე გარე ტემპერატურა იყო 27°C, ხოლო ექსპერიმენტის ხანგრძლივობა 4 დღე. ამ პერიოდის გასვლის შემდეგ ფრთხილად მოვხსენით პოლიეთილენის პარკი, რათა არ დაღვრილიყო შიგნით არსებული სითხე დახოცილი მწერებით. ფილტრატის

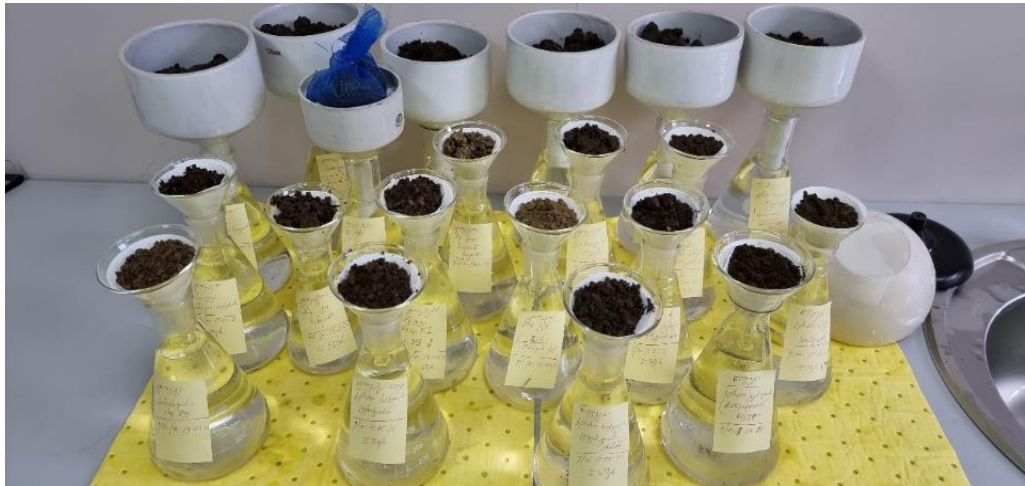
დათვალიერების და მიკროსკოპული კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ საველე პირობებშიც ნემატოდურმა სუსპენზიამ კარგი შედეგი აჩვენა (მწერების სიკვდილიანობამ მიაღწია 90,2%) [Saringer....1996 961 -966].



სურ.44. ნემატოდების იზოლაციისთვის შეგროვებული ნიადაგის ნიმუშები ინახებოდა ოთახის ტემპერატურაზე. წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი



სურ. 45, 46. ნიადაგის სინჯის აწონვის პროცესი. წყარო ავტორი ირინა ხელისუფალი



სურ.47. ნიადაგებიდან ნემატოდების გამოყოფა წყლიან არეში. წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი



სურ. 48 კოლორადოს ხოჭოსა და მისი ლარვების ინვაზირება ნემატოდური სუსპენზიით. წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი

3.3. ლაბორატორიული შედეგები:

ლაბორატორიული კვლევებიდან დადგინდა, რომ ექსპერიმენტში მონაწილე ყველა მწერი დაიხოცა, აქედან იმაგო(95%), ხოლო ლარვების სიკვდილიანობამ (99,5%) მიაღწია, რაც უდაოდ, მეტყველებს ენტომოპათოგენური ნემატოდის ეფექტურობაზე. აღნიშნულმა ცდამ აჩვენა *Steinernema carpocapsae*-ს მაღალი

ეფექტურობა ლაბორატორიულ პირობებში კოლორადოს ხოჭოს იმაგოსა და ლარვების მიმართ.

შესაბამისად, დადგა აუცილებლობა, რომ დაგვედგინა ენტომოპათოგენური ნემატოდას ეფექტურობა საველე პირობებში, კერძოდ კარტოფილის ნაკვეთზე. აღნიშნულმა ცდამ ასევე აჩვენა *Steinernema carpocapsae*-ს ეფექტურობა. კარტოფილის ბუჩქის ენტომოპათოგენური ნემატოდების სუსპენზიით დამუშავების შედეგად კოლორადოს ხოჭოს ზრდასრული და ლარვას ბოლო სტადიის მეტამორფოზული ფორმა თითქმის ყველა დაიხოცა. აქედან, ზრდასრული ხოჭოს სიკვდილიანობამ (75,%) მიაღწია, ხოლო ბოლო ხნოვანების ლარვების სიკვდილიანობამ 88,5% შეადგინა. მიღებული შედეგიდან გამომდინარე, ფილტრატის დათვალიერების და მიკროსკოპული კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ საველე პირობებშიც ნემატოდურმა სუსპენზიამ კარგი შედეგი აჩვენა. აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ ენტომოპათოგენური ნემატოდასთვის სამიზნე მწერს მხოლოდ მწერი-მავნებელი წარმოადგენს და ამავე დროს, ის არ ახდენს გავლენას მცენარის ზრდა-განვითარებაზე და მის ნაყოფზე(ტუბერზე), რაც ეკოლოგიური თვალსაზრისით არის საკმაოდ ეფექტური მეთოდი, რადგან არ საჭიროებს პესტიციდების და სხვა შხამქიმიკატების გამოყენებას და შესაბამისად არის ეკოლოგიურად სრულიად უსაფრთხო ბუნებრივი პროცესი.

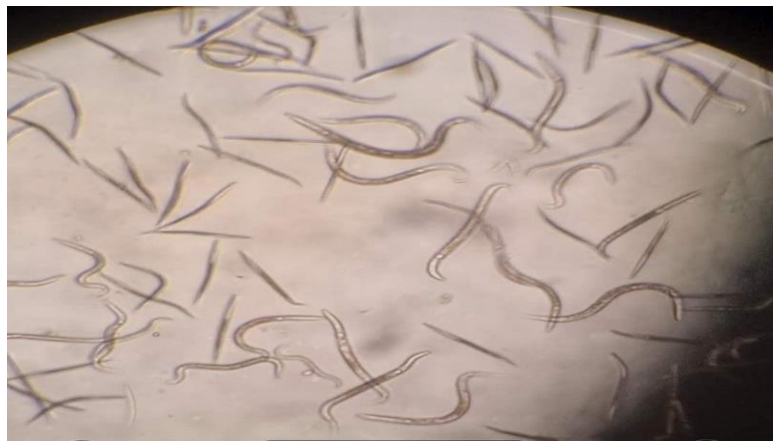


სურ. 49,50. ვაითის დამჭერების (White trap) მეთოდი: ნემატოდების გამოსვლა წყლიან გარემოში მკვდარი დასნებოვნებული მწერების სხეულებიდან.

წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი



სურ. 51,52. საველე პირობებში (კარტოფილის ბუჩქი) ნემატოდური სუსპენზიის ეფექტურობის აპრობაცია. წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი



სურ. 53. ვაითის დამჭერების (White Trap)-მეთოდით გამოყოფილი ნემატოდები მიკროსკოპის ქვეშ. წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი

სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში შესწავლილ იქნა ასევე ულვაშფირფიტოვანი ხოჭოების ნემატოფაუნა. ვთვლით, რომ გარდა ფაუნის გამოვლენისა მათი ძირითადი ამოცანაა ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოვლენა და მათი გამოცდა ხოჭოების მიმართ ბიოლოგიური კონტროლისათვის. ენტომოპათოგენური ნემატოდების ბიოლოგიის, ეკოლოგიისა და მასიური გამრავლების ყოველმხრივი შესწავლა და ამ ნემატოდების გამოყენება სხვადასხვა ბიოცენოზში, დაგვეხმარება მივიღოთ იაფი, ხანგრძლივად მოქმედი და მავნე მწერების ბიოკონტროლისათვის ეფექტური ბიოლოგიური მეთოდი. ენტომოპათოგენური ნემატოდებისაგან შექმნილი ბიოპრეპარატები ეკოლოგიურად სუფთა და საიმედოა. ეს პრეპარატები მცენარის ფოთლის, ღეროს მავნებლებთან გამოყენების გარდა, ნიადაგში მოზინადრე მავნე

მწერების რიცხოვნობის რეგულაციასაც ახდენს. ამდენად, თემა აქტუალურია როგორც მეცნიერული, ასევე პრაქტიკული თვალსაზრისით. ბოლო წლებში ეპნ, რომ ეწარმოებინათ იყო პრობლემები, მაგრამ დღეს, ეს პრობლემა მოგვარებულ იქნა. ამჟამად მეცნიერებმა მიაღწიეს წარმატებებს და შეიქმნა მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნებში კომპანიები, (აშშ – Unique insect control); Canada- Applied Bio pest; Germany – E. Nემა-GMBH.), რომლებიც აწარმოებენ ენტომოპათოგენური ნემატოდების პროდუქციას, ბიონსექტიციდებს, როგორც თხევადი ასევე მყარი პროდუქციის სახით.

ეპნ ნემატოდების წარმოება მიმდინარეობს, როგორც *in vivo* ასევე *in vitro* მეთოდებით. ეპნ *in vitro* მეთოდით კულტივირებისათვის იყენებენ ხელოვნურ საკვებ არეებს. *in vitro* მეთოდისმყარი კუტურის დანერგვისთვის დიდი წვლილი მიუძღვის ბედინგს [Bedding 1981 109-114,; Bedding 1984 117-120]. *In vivo*] პროცესის დროს, ნემატოდებს ამრავლებდნენ მწერ-მასპინძელზე [Dutky..1964 417 – 422]; *In vivo* კულტივირებისას ვლებულობთ ნემატოდების დიდ რაოდენობას, ბაზარზე გასატანად.

პრაქტიკაში ენტომონემატოდების მაქსიმალური გამოყენება შეუძლებელი იქნებოდა მათი სისტემატიკის, ფაუნისტური და ეკოლოგიური შესწავლის გარეშე. ამ მიმართულებით დიდი მუშაობა აქვთ ჩატარებული ფილიპიევს [Филипьев 1934 67-68,];

3.4. ენტომოპათოგენური ნემატოდები, როგორც ენდოპარაზიტები

ენტომოპათოგენური ნემატოდები (ეპნ) პარაზიტულად ცხოვრობენ ინფიცირებულ მწერ-მასპინძელში და ამიტომ მათ ენდოპარაზიტებს უწოდებენ. ისინი აინფიცირებენ ნიადაგში მცხოვრებ მწერების მრავალ სხვადასხვა სახეობას, როგორცაა: ჩრჩილის, პეპლების, ბუზების და ხოჭოების, ზრდასრული ფორმები, აგრეთვე ხოჭოების ლარვული ფორმები. ორ ოჯახის Steinernematidae და (Heterorhabditidae) ნემატოდების სახეობები ეფექტურად გამოიყენება, როგორც ბიოლოგიური ინსექტიციდები მავნებლების მართვის ბიოლოგიურ კონტროლში

[Grewal... 1994 245 - 253]. ენტომოპათოგენური ნემატოდები დიდ როლს ასრულებენ მავნე ორგანიზმების მართვის პროგრამებში, რადგან ენტომოპათოგენური ნემატოდები განიხილება, როგორც არატოქსიკური საშუალებები ადამიანებისათვის. ენტომოპათოგენური ნემატოდები (ეპნ) შედარებით სპეციფიკურია მათი სამიზნე მავნებლებისთვის და შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც სტანდარტული პესტიციდები. [Shapiro 2006 124-133]. ენტომოპათოგენური ნემატოდები განთავსებულია აშშ-ს გარემოს დაცვის სააგენტოს (EPA) მავნე პესტიციდების სიიდან. ეპნ ანუ ენტომოპათოგენური ნემატოდები არიან ერთ-ერთი საუკეთესო ბიოკონტროლის აგენტები მრავალი ეკონომიურად მნიშვნელოვანი მწერი-მავნებლების წარმატებით გასაკონტროლებლად. მრავალი კვლევა ჩატარდა მთელ მსოფლიოში ენტომოპათოგენური ნემატოდების (ეპნ) მისაღებად, რომელთაც აქვთ პოტენციური ეკონომიურად მნიშვნელოვანი მწერების მავნებლების მართვაში. ტერმინი "ენტომოპათოგენური" მომდინარეობს ბერძნული სიტყვიდან entomo ნიშნავს მწერს და პათოგენური ნიშნავს დაავადების გამომწვევს და ის პირველად გამოჩნდა ნემატოლოგიურ ტერმინოლოგიაში Steinernema-სა და Heterorhabditis-ის ბაქტერიულ სიმბიონტებთან მიმართებაში. ენტომოპათოგენური ნემატოდები განსხვავდებიან სხვა პარაზიტული ნემატოდებისგან, რადგან მათი მასპინძლები კვდებიან შედარებით მოკლე დროში ბაქტერიებთან ურთიერთკავშირის გამო. მათ აქვთ მრავალი უპირატესობა ქიმიურ პესტიციდებთან მიმართებაში: ეს არის ოპერატორის და საბოლოო მომხმარებლის უსაფრთხოება, მწერების პოპულაციის კონტროლი, ბუნებრივი მტრების მინიმალური ზიანი, გარემოს დაბინძურების ნაკლებობა, ენტომოპათოგენური ნემატოდების მასობრივი წარმოებისა და ფორმულირების ტექნოლოგიის გაუმჯობესება, მრავალი ეფექტური იზოლატების ანუ ახალი შტამების აღმოჩენა. ბიოლოგიური პესტიციდების გამოყენების მზარდმა სურვილმა გამოიწვია სამეცნიერო და კომერციული ინტერესის ზრდა ამ ბიოლოგიური კონტროლის აგენტების მიმართ.

[Kaya....1993 181-206]. როდესაც მწერი-მასპინძელი ინფიცირდება ნიადაგში ეპნ-ით, მასპინძლის გვამში ნემატოდების განვითარებას და რეპროდუქციას შეიძლება 1-3 კვირა დასჭირდეს [Stock 1995 143-148]. ენტომოპათოგენური

ნემატოდების გავრცელებაზე ეპნ-ების გამოკვლევები ჩატარდა ზომიერ, სუბტროპიკულ და ტროპიკულ რეგიონებში და ცნობილია, რომ ეპნ-ები კოსმოპოლიტურად არიან გავრცელებულნი მთელ მსოფლიოში; ერთადერთი კონტინენტი, სადაც ისინი არ იქნა ნაპოვნი, არის ანტარქტიდა. ენტომოპათოგენური ნემატოდების გავრცელების და განაწილების მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს ნიადაგის შემადგენლობა, ტემპერატურა და მწერი-მასპინძლის ხელმისაწვდომობა. [Hominick ... 1990 205-345.; Stock....1999 78-90].

ენტომოპათოგენური ნემატოდების *Steinernema*-ს გვარის თითქმის 70 მოქმედი სახეობა. და *Heterorhabditis*-ის გვარის 25 სახეობა არის მთელ მსოფლიოში.

მწერების კონტროლისთვის შესწავლილი ყველა ნემატოდიდან, ოჯახებმა *Steinernematidae* და *Heterorhabditidae* -მ გამოიწვია სენსაცია და მათ შესახებ ინფორმაცია ყოველდღე იზრდება. ამ ოჯახებიდან შტაინერნემატიდებსა და ჰეტერორაბდიტიდებს აქვთ მსგავსი სასიცოცხლო ციკლი და ერთადერთი განსხვავება პირველ თაობაშია ჰეტერორაბდიტიდებსა და სტეინერნემას სასიცოცხლო ციკლებს შორის. სტეინერნემას სახეობები ამფიმიქტურია; ეს იმას ნიშნავს, რომ წარმატებული გამრავლებისთვის მათ ესაჭიროებათ მამრობითი და მდედრობითი სქესის არსებობა, მაშინ როდესაც ჰეტერორაბდიტისის სახეობები ჰერმოფროდიტები არიან, მათ შეუძლიათ ჰერმოფროდიტიზმის პირობებში გამრავლება.

ნემატოდის ორივე გვარის რეპროდუქცია მეორე თაობაში ამფიმიქტურია [Poinar 1990 405-406], თუმცა, ჰერმოფროდიტი სტეინერნემატიდული სახეობა იზოლირებული იყო ინდონეზიიდან. მხოლოდ თავისუფალ, ინფექციურ იუვენილურ II სტადიას შეუძლია სამიზნე მწერი-მასპინძლის დაინფიცირება და ეს არის ერთადერთი ფორმა, რომელიც გვხვდება მასპინძლის გარეთ. ეპნ ბუნებრივად ჩნდება ნიადაგში.

ბაქტერიები სწრაფად მრავლდებიან მწერების ჰემოლიმფაში, უზრუნველყოფენ ნემატოდას კვებით და ხელს უშლიან მეორად დამპყრობლებს მასპინძლის გვამების დაბინძურებისგან, ხოლო ინფიცირებული მასპინძელი ჩვეულებრივ კვდება 24-48 საათში ბაქტერიული ტოქსინებით.

ნემატოდები მრავლდებიან მანამ, სანამ საკვების მარაგი შეზღუდული არ გახდება, რა დროსაც ისინი გადაიქცევიან ინფექციურ იუვენილებად (IJ). ნემატოდები გადიან ოთხ იუვენილურ სტადიას ზრდასრულ სახეობამდე. არსებული რესურსებიდან გამომდინარე, ერთი ან მეტი თაობა შეიძლება აღმოჩნდეს მასპინძლის გვამში, და დიდი რაოდენობით IJ გამოიყოფა გარემოში სხვა მასპინძელი მწერების დასაინფიცირებლად და ნემატოდების სიცოცხლის გასახანგრძლივებლად.

მწერის გვამი წითლდება, თუ მწერებს კლავენ ჰეტერორჰაბდიტიდები და ყავისფერი ან რუჯისფერი ხდება, თუ სტეინერნემატიდები კლავენ. მწერი-მასპინძლის სხეულის ფერი მიუთითებს მწერ-მასპინძელში არსებულ პიგმენტებზე, რომელიც წარმოქმნილია ერთობლივი მზარდი ბაქტერიის მონოკულტურით მწერ-მასპინძელში [Kaya...1993 356-340].



სურ.54, 55. ენტომოპათოგენური ნემატოდებით (ეპნ-ით) ინფიცირების შემდეგ დახოცილი სხვადასხვა შეფერილობის თხილის ხოჭოს(Curculio nucum) ლარვები პეტრის დამჭერებზე წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი

ენტომოპათოგენური ნემატოდები (ეპნ) არიან ნიადაგში ბინადარი, მავნე მწერების პარაზიტები, რომლებიც მიეკუთვნებიან Phylum Nematoda-ს Steinernematidae და Heterorhabditidae, ოჯახებიდან. ამ ოჯახის წარმომადგენლები ყველაზე ეფექტური, არიან, როგორც ნიადაგის ასევე მიწისზედა მავნე ორგანიზმების ბიოლოგიური კონტროლისათვის ენტომოპათოგენური ნემატოდების (ეპნ)ის კვების სტრატეგიები იცვლება სახეობებს შორის და ისინი იყენებენ ორ ძირითად სტრატეგიას: ჩასაფრებულებს ან კრეისერებს [Gaugler... 1990, 365]. Steinernema carpocapsae არის

ჩასაფრების მაგალითი, რომელთაც აქვთ ენერჯის დაზოგვის მიდგომა და ლოდინში დგანან ნიადაგის ზედა ფენაში მოძრავი მწერების თავდასხმაზე. *Steinernema glaseri* - ს და *Heterorhabditis bacteriophora*-ს ნემატოდები არიან კრეისერი ნემატოდების მაგალითები, რომლებიც ძალიან აქტიური არიან და ზოგადად მიწისქვეშ, გადაადგილდებიან მნიშვნელოვანი მანძილების გამოყენებით, რათა იპოვონ მასპინძელი ნიადაგის ქვეშ. მაგრამ ისინი ასევე წარმატებით უტევენ ულვაშფირფიტოვან ხოჭოებს (სკარაბის ხოჭოებს), რომლებიც ნაკლებად მოძრავნი არიან. სხვა სახეობები, როგორცაა *Steinernema feltiae* და *Steinernema riobrave*, იყენებენ საკვების მოპოვების შუალედურ სტრატეგიას (ჩასაფრების და კრეისერის ტიპის კომბინაციას) თავიანთი მასპინძლის მოსაძებნად.

ენტომოპათოგენური ნემატოდებისეპნ-ის შერჩევა კონკრეტული მავნე მწერის გასაკონტროლებლად ეფუძნება სხვადასხვა ფაქტორს: ნემატოდას მასპინძლის დიაპაზონს, მასპინძლის პოვნის ან საკვების მოძიების სტრატეგიას, გარემო ფაქტორების ტოლერანტობას და მათ გავლენას გადარჩენასა და ეფექტურობაზე. ყველაზე კრიტიკული ფაქტორებია ტენიანობა, ტემპერატურა, პათოგენურობა სამიზნე მავნე მწერისთვის და საკვების მოპოვების სტრატეგია [Kaya 1993, 181 -206; Kung... 1990 401 – 406; Grewal... 2005 478-480]. ენტომოპათოგენური ნემატოდების ეპნ-ის აქტივობამ, ინფექციურობამ და გადარჩენამ შეიძლება დიდი გავლენა იქონიოს ნიადაგის შემადგენლობაზე, მისი ზემოქმედებით ტენიანობის შეკავებაზე, ჟანგბადის მიწოდებასა და ტექსტურაზე Koppenhofer... 2000 11–22].

ხელსაყრელი ტემპერატურის დიაპაზონში, ადექვატური ტენიანობისა და მგრძნობიარე მასპინძლის ფარგლებში, ის ეპნ-ები, რომელთაც აქვთ საკვების მოპოვების სტრატეგია (კრეისერები და შუალედური კვების სტრატეგიები) შეიძლება ვიხილოთ მიწისქვეშა და გარკვეულ მიწისზედა ჰაბიტატებში. ის ეპნ-ები, რომელნიც არიან მჯდომარე და აქვთ მოლოდინი საკვების მოძიების (ჩასაფრებული ნემატოდები) ყველაზე ეფექტური იქნებიან ნიადაგის ზედაპირის ჰაბიტატებში [Lacey... 2012 218-225].

1. ცხრილი 5 ნემატოდების ახალი შტამების სიცოცხლისუნარიანობის შენარჩუნების ვადები განსხვავებულ ტემპერატურებზე წყარო [Shapiro 2006 206–217].

სახეობა	სიცოცხლისუნარიანობის შენარჩუნების დრო C° ტემპერატურაზე	
	5 - 7	23 - 29
<i>Steinernema carpocapsae</i>	315±12	225±8
<i>Steinernema</i> sp.	120±6	70±3
<i>Steinernema tsagveriensis</i>	180±7	165±5

3.5. ენტომოპათოგენური ნემატოდების უპირატესობები

ენტომოპათოგენურ ნემატოდებს ბევრი უპირატესობა აქვთ; ეპნ-ები და მათთან დაკავშირებული ბაქტერიული სიმბიონტები უსაფრთხო არიან თბილისისხლიანი ხერხემლიანებისთვის, მათ შორის ადამიანებისთვისაც [Boemare 1996 345-351]. აღმოჩნდა, რომ ცივისხლიანი სახეობები ექსპერიმენტულ პირობებში მგრძობიარენი არიან ეპნ-ების მიმართ მაღალი დოზებით [Poinar... 1988 528–531] თუმცა, სავლელე პირობებში, უარყოფითი შედეგების რეპროდუცირება შეუძლებელია [Georgis 1983 308 – 311].

ბიოლოგიური აგენტების უმეტესობას სჭირდება დღეები ან რამდენიმე კვირა მასპინძლის მოსაკლავად, მაგრამ ენტომოპათოგენურ ნემატოდებს შეუძლიათ მწერების დახოცვა ჩვეულებრივ 24-48 საათში. ნემატოდები ადვილად ექვემდებარებიან ტრანსპორტირებას და შედარებით იაფ კულტურას წარმოადგენენ. ცხოვრობენ რა, ინფექციურ სტადიაში რამდენიმე კვირიდან თვემდე, შეუძლიათ მრავალი სახეობის მწერის დაინფიცირება. ისინი გვხვდებიან ნიადაგში ყველა კონტინენტზე, გარდა ანტარქტიდისა [Kaya ... 1993 181 -206; Griffin... 1990 221-222].

ენტომოპათოგენური ნემატოდები წარმატებით იქნა გამოყენებული საკარანტინო ფოთლისმჭამელი მატლების გასაკონტროლებლად, როგორცაა

სამხრეთ ამერიკული პომიდვრის ფოთლის ჭია (*Tuta absoluta*), ეგვიპტური ბამბის ფოთლის ჭია (*Spodoptera littoralis*), ბამბის ჭია (*Helicoverpa armigera*), კომბოსტოს თეთრულა (*Pieris brassicae*)-ს რამდენიმე კულტურა. ეპნ -ს აქვს პოტენციური გააკონტროლოს სხვა მწერების მავნებლები. ეპნ-ების გამოყენება არ საჭიროებს ნიღბებს ან სხვა უსაფრთხოების აღჭურვილობას, რომელიც ქიმიკატებში გამოიყენება. ეპნ-ებს და მათთან დაკავშირებულ ბაქტერიებს არ აქვთ მავნე გავლენა ძუძუმწოვრებზე ან მცენარეებზე [Boemare, Laumond , 1996 333-346 ; Akhurst, Smith 2002 311-332].

თავი IV

4.1. ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოყენება

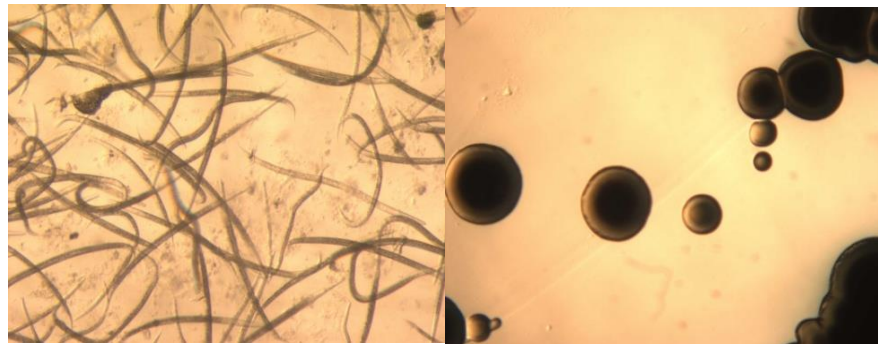
ეპნ-ები, როგორც ინსექტიციდური აგენტების პოტენციალი, გამოცდილია მწერების ფართო სპექტრის სახეობების წინააღმდეგ მრავალი მკვლევარის მიერ მთელს მსოფლიოში. ენტომოპათოგენურ ნემატოდებს წარმატებით იყენებდნენ სხვადასხვა ჰაბიტატებში გავრცელებული მწერი-მავნებლების წინააღმდეგ. დიდი წარმატება მიღწეულია ნიადაგში მცხოვრები მავნებლების წინააღმდეგ, სადაც ეპნ-ის ინვაზიური იუვენილები (IJ-ები) შესანიშნავ ატმოსფეროს პოულობენ გადარჩენისთვის და გარემო ფაქტორებისგან თავის დასაცავად.

ჩვენი კვლევის მიზანი იყო განგვესაზღვრა ენტომოპათოგენური ნემატოდების *Steinernema feltiae* და *Heterorhabditis bacteriophora*-ს ბიოლოგიური კონტროლის ეფექტურობა ნესვის ბუგრის (*Aphis gossypii*) მიმართ ლაბორატორიულ პირობებში. ენტომოპათოგენური ნემატოდების ექსპერიმენტში გამოყენებამდე. ინდივიდების სიკვდილიანობის პროცენტი განისაზღვრებოდა აბოტის ფორმულით. [Abbot 1925 265-267]. ექსპერიმენტები იყო ჩატარებული ფილტრგადაკრულ 10 სმ პეტრის თასზე. ერთი ინფიცირებული კიტრის მცენარის ფოთოლი მიახლოებით შეიცავდა 120-150 *A.gossypii*, რომელიც მოთავსებული იყო თითოეულ პეტრის თასზე. ექსპერიმენტში იყო გამოყენებული *S.feltiae*-ს და *H.bacteriophora*-ს 500, 1000, 1500 ნემატოდური სუსპენზია (ინფექციური იუვენილები/მლ.) მწერების სიკვდილიანობა იყო შემოწმებული დამუშავების მერე 3, 5, 7 დღის შემდეგ. შედეგებიდან ნაჩვენებია, რომ ნემატოდა *S. feltiae* იყო მაღალი ვირულენტობის *A.gossypii* -ის წინააღმდეგ, ვიდრე *H.bacteriophora* და მწერის სიკვდილიანობა დამოკიდებული იყო დროზე, ნემატოდების სახეობაზე და კონცენტრაციაზე. მე-7 დღეს ნემატოდა *S.feltiae*-ს 500, 1000, 1500 ინფექციური იუვენილები/მლ სუსპენზიით დამუშავების შემდეგ მოცემული ექსპერიმენტი აჩვენებს *S.feltiae* -ს 20, 58, და 78% სიკვდილიანობას, ვიდრე *H.bacteriophora* 15, 28, და 46% შესაბამისად. როგორც შედეგიდან ჩანს, ლაბორატორიულ პირობებში განსაზღვრული იყო *S.feltiae* და *H.bacteriophora* ეფექტურობა *A.gossypii*-ის მიმართ და ის შეიძლება იყოს კონტროლირებული *S.*

feltiae,-თი, ვიდრე *H.bacteriophora*-თი, ამიტომ სასურველია მომავალი კვლევა ჩატარდეს სათბურში და მინდვრის პირობებში.



სურ.56, 57..*A.gossypii* -თ დაინფიცირებული კოლონიები კიტრის მცენარეზე
წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი



სურ. 58. 59. ეპნ. *S. feltiae* და მისი სიმბიოტური ბაქტერია *Xenorhabdus*
წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი



სურ. 60, 61. ეპნ. *H. bacteriophora* და მისი სიმბიოტური ბაქტერია *Photorhabdus*
წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი

4.2. ენტომოპათოგენური ნემატოდების კონკურენტული და მტაცებლური ურთიერთობები ნიადაგის სხვა ორგანიზმებთან

ენტომოპათოგენური ნემატოდების მრავალი სახეობისთვის სახასიათოა კონკურენტული და მტაცებლური ურთიერთობების არსებობა ნიადაგის სხვა ორგანიზმებთან, რაც, თავის მხრივ, ზღუდავს მათ აქტივობას მწერ-მასპინძელში შეღწევისას. ნემატოდების მოშენების ტექნიკის შესწავლისა და შემუშავების შედეგად შესაძლებელი გახდა დაწყებულიყო ბიოინსექტიციდების წარმოება [Glaser... 1931 614-615, Glaser 1940 479 – 495]. კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ ნემატოდების რიგი სახეობები, რომლებიც თავდაპირველად საკმაოდ აქტიურად გამოიყენებოდა ბიოინსექტიციდებში გარკვეული დროის შემდეგ, დაბალი ეფექტურობის გამო მოიხსნა ექსპერიმენტებიდან. ამავდროულად, ნემატოდებს, როგორც ბიოლოგიური დაცვის აგენტებს, რა თქმა უნდა აქვთ მომავალი, რომლის რეალიზებისთვის საჭიროა მათი ცხოველქმედებისა და ეკოლოგიური თავისებურებების, აგრეთვე კულტივირებისა და შენახვის პრობლემების სიღრმისეული შესწავლა.

ნემატოდები, რომლებიც პარაზიტობენ ან თავს ესხმიან მწერებს, არ იყოფიან რომელიმე ცალკეულ ტაქსონომიურ ჯგუფად ნემატოდების კლასში, უბრალოდ მათი წარმომადგენლები, საკუთარი ბიოლოგიური სასიცოცხლო ციკლის (მეტამორფოზის) დასრულებისთვის იყენებენ მწერების ენერგორესურსებს.

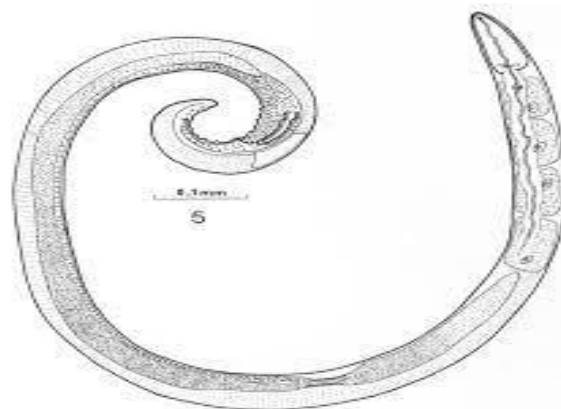


სურ.62, 63. მერმიტიდები (Mermithida) კლასი- Enoplea Mermithida HYMAN, 1951.

წყარო: ავტორი Рубцов 1978,

პარაზიტული მწერების ნემატოდების ერთ-ერთ დამახასიათებელ სახეობებს წარმოადგენენ Mermithida-ს რიგის წარმომადგენლები, Mermithidae-ს ოჯახი. ისინი ფართოდ არიან გავრცელებული პოლარული რეგიონებიდან ტროპიკებამდე. ლარვის სტადიაში ისინი პარაზიტებენ როგორც წყლის, ასევე ხმელეთის სახეობებზე. მასპინძლის ჰემოლიმფიდან საკვების შეწოვა ხდება, როგორც უშუალოდ სხულის ზედაპირიდან, ასევე მწერი-მასპინძლის ნაწლავის კედლების მეშვეობით. ინფექციური ლარვები მასპინძელ სხეულში შედიან საკვებით ან ზედაპირული ხვრელების მეშვეობით. ბუნებრივ გარემოში ინვაზიურ ლარვებს შეუძლიათ იარსებონ მასპინძლის ორგანიზმის გარეშე. მათ მსხვერპლის მოლოდინში შეუძლიათ იარსებონ რამდენიმე თვის განმავლობაში. პარაზიტების განვითარების ფაზის დასრულების შემდეგ, ნემატოდები ტოვებენ მასპინძელს, გადადიან ზრდასრულ სტადიაში, ახდენენ შეჯვარებას და დებენ კვერცხებს (1000-დან 6000-მდე).

მერმიტიდების მრავალფეროვნება საკმაოდ მაღალია [რუბცოვი, 1978; არტიუხოვსკი, 1990]. Mermis-ის გვარის წარმომადგენლები პარაზიტობენ ძირითადად სწორფრთიანების წარმომადგენლებზე. ამფიმერმის (Amphimermis) სახეობები გვხვდება სხვადასხვა მწერებში, მაგალითად : ხოჭოებში, პეპლებში, სწორფრთიანებში. Allomermis-ის წარმომადგენელი მერმიტიდები პარაზიტობენ ჭიანჭველებზე .



სურ.64. მერმიტიდების რიგი, Tetradonematidae-ს ოჯახი

წყარო: [Рубцов 1978]

Mermithida-ს რიგის წარმომადგენლები, გაერთიანებული Tetradonematidae-ს ოჯახში, რომლებიც ახლოს არიან მერმიტიდებთან, მაგრამ განსხვავდებიან იმით, რომ სქესობრივად მომწიფებული მდედრი ნემატოდა პარაზიტობს ფიტოფაგების სხეულის ღრუში. კვერცხებს მდედრი დებს მასპინძლის სასქესო ღიობის მახლობლად და, როგორც წესი, ხვდება მისი ლარვების განვითარების ადგილებში. ტეტრადონემატიდების მასპინძლები უპირატესად არიან რიგი ორფრთიანების წარმომადგენლები ამავედროულად, ჰეტეროგონემას (Heterogonema) გვარის წარმომადგენლები აღმოაჩინეს ნიტიდულიდების (Nitidulidae) ოჯახის ხოჭოებში [Рубцов 1978 207].

4.3. ენტომოპათოგენური ტილენქიდები(Tylenchida)

პარაზიტირებენ მწერებზე, მოიცავენ 365 გვარისა და 4000 სახეობის წარმომადგენლებს. ისინი მიეკუთვნებიან Chromadorea კლასს, ქვეკლასი-Plectia. ზერიგი-Rhabditida, რიგი-Tylenchida. ამ ნემატოდებისთვის დამახასიათებელია ობლიგატური ურთიერთობა მწერებთან ან ტკიპებთან, ენტომოპათოგენური ტილენქიდების სასიცოცხლო ციკლის თავისებურება არის ის, რომ ინვაზიურ სტადიას წარმოადგენენ უკვე განაყოფიერებული მდედრები, რომლებიც სტილექტისა და მომწიფებელი სისტემის ჯირკვლების მიერ გამოყოფილი სეკრეტის მეშვეობით, კუტიკულის გავლით აღწევენ მწერის სხეულში.

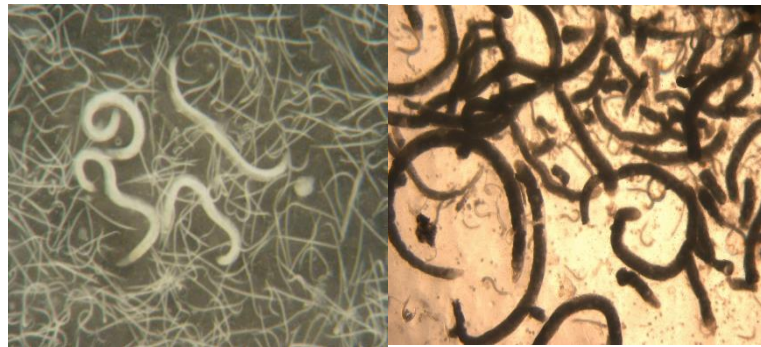
ტილენქიდებს გააჩნიათ სასიცოცხლო ციკლის განსხვავებული ვარიაციები. ინვაზიური მდედრის მიერ დადებული კვერცხებიდან იჩეკება თაობა, რომელიც წარმოადგენს, როგორც მდედრობითი ასევე მამრობითი სქესის ლარვებს. მათ შეუძლიათ დატოვონ მასპინძლის სხეული შეჯვარების შემდეგ. განაყოფიერებული მდედრები მიემართებიან ახალი მასპინძლის მოსაძებნად. სხვა ტილენქიდებში, მასპინძლის სხეულში შეღწევისას, ინვაზიური მდედრი აყალიბებს ლარვების პოპულაციას, რომლებიც წარმოქმნიან პართენოგენურ მდედრებს. ასეთი მდედრებიდან ყალიბდება მამრობითი და მდედრობითი სქესის თაობა, რომელიც ტოვებს მასპინძელს და ასრულებს საკუთარ სასიცოცხლო ციკლს მასპინძლის

სხეულის გარეთ. ზოგჯერ პართოგენეზური მდედრები წარმოქმნიან მომავალ თაობას პირდაპირ გარემოში მასპინძლის სხეულის გარეშე. ზოგიერთ შემთხვევაში, პართოგენეზური თაობა ჩანაცვლდება მამრობითი და მდედრობითი სქესის თაობის წარმომადგენლებით, რომლებიც შეჯვარდებიან მასპინძლის სხეულში და წარმოქმნიან სხვა ორსქესიან თაობას, რომლის ინდივიდები ტოვებენ მსხვერპლის სხეულს და ასრულებენ თავიანთ სასიცოცხლო ციკლს უკვე მის გარეთ. ტილენქიდები პარაზიტობენ სხვადასხვა მწერებში: ორფრთიანებში, ხოჭოებში, თრიპებში, ბუზებში, რწყილებში და სხვა. ისინი ხასიათდებიან დიდი მორფოლოგიური მრავალფეროვნებით [Remillet, Laumond, 1991 967-1024]. ყველაზე ტიპური ტილენქიდები, რომლებიც პარაზიტობენ მწერებზე მიეკუთვნებიან Allantonematidae-ს ოჯახს, რომელთა წარმომადგენლებს აქვთ მხოლოდ ერთი თაობა, რომელიც აერთიანებს ორივე სქესის ლარვებს. ალანტონემატიდებს მიეკუთვნება Allantonema и Sulphuretylenchus, რომლებიც გვხვდება ხოჭოებში, ასევე Bradynema და Howardula, რომლებიც პარაზიტობენ ბუზებზე, რწყილებსა და ხოჭოებზე. ტრიპინემა (Tripinema) აღინიშნა თრიპებში. Contortylenchus-ისა და Bovienema-ს გვარის წარმომადგენლები გამოყოფილია ქერქიჭამია ხოჭოებიდან და მერქიან მცენარეებზე მცხოვრები სხვა ხოჭოებიდან, Spilotylenchus რწყილებიდან, Aphelenchus- ულვაშიანი ხოჭოებიდან, Psyllotylenchus და Incurvinema რწყილებიდან, Heterotylenchus და Paregletylenchus- ორფრთიანებიდან. Sphaerularia გვარის სახეობები პარაზიტობენ სიფრიფანა ფრთიანებსა და ხოჭოებზე, ხოლო სახეობები Tripires და Scatonema აღწერილია მხოლოდ ბუზებში. და ბოლოს, Phaenopsitylenchidae-ის ოჯახს მიეკუთვნება სახეობები Beddingia და Phaenopsitylenchus, რომლებიც გამოირჩევიან მნიშვნელოვანი პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით.

აფელენქიდები, რომლებიც პარაზიტობენ მწერებზე ძირითადად მიეკუთვნებიან Entaphelenchus-ის ოჯახს [Hunt 1993, 120]. Rhabditida რიგის ყველაზე მნიშვნელოვანი ჯგუფები: Steinernematidae და Heterorhabditida .



სურ. 65. ტილენქიდა(Tylenchida). წყარო: [Парамонов,1954]



სურ. 66. 67. ნემატოდების შტაინერნემატიდების და ჰეტერორჰაბდიტიდების სახეობები.

წყარო: ავტორი ირინა ხელისუფალი, 2022

შტაინერნემატიდები-ენტომოპათოგენური ნემატოდების სახეობებით ყველაზე მდიდარი და ყველაზე პერსპექტიული ოჯახია, მათი მეშვეობით მავნე მწერების ბიოლოგიური კონტროლის განვითარების თვალსაზრისით . მასში შედის *Steinernema* გვარის 23 სახეობა და *Neasteinernema* გვარის ერთი სახეობა. *Steinernems* გავრცელებულია სხვადასხვა კლიმატურ რეგიონებში. მათი შესწავლა გრძელდება. ჰიბრიდიზაციისა და დნმ ანალიზის საფუძველზე.

გამოვლინდა *Steinernema tsagveriensis* sp.n ის ახალი სახეობები სამცხე-ჯავახეთში იონჯის მინდვრების ნიადაგის ნიმუშებიდან [Elawad...1999 762-764,]. ჰეტერორჰაბდიტიდები (*Heterorhabditidae*) თავისი ბიოლოგიური მახასიათებლებით თითქმის იდენტურია შტაინერნემატიდებთან. ამ ოჯახში შემავალი 8 სახეობა

გავრცელებულია ტროპიკულ და ზომიერ რეგიონებში. წარმომადგენლები გამოირჩევიან სიმბიოზური (მუტუალიზმი) ურთიერთობით Xenorhabdus-ის ბაქტერიებთან, ანუ ისინი იღებენ დროებით ორმხრივ სარგებელს თანაცხოვრებიდან. Poinar (1990) მიხედვით, შტაინერნემატიდები წარმოდგენილია 10 სახეობით, ხოლო ჰეტერორჰაბდიტები 3-ით .

4.4. მავნე მწერების პარაზიტული მერმიტიდების სახეობრივი შემადგენლობა

ნემატოდები, რომლებიც პარაზიტობენ მწერებში ან თავს ესხმიან მათ, არ ეკუთვნიან რომელიმე ცალკეულ ტაქსონომიურ ჯგუფს ნემატოდების კლასის ფარგლებში. ისინი განეკუთვნიან იმ წარმომადგენლებს, რომლებიც თავიანთი არსებობისათვის და სასიცოცხლო ციკლების რეგულარული დასრულებისთვის იყენებენ მწერების ენერგეტიკულ რესურსებს.

მწერების პარაზიტული ნემატოდების ერთ-ერთი სახასიათო ჯგუფია მერმიტიდები, Mermithida-ს რიგის, Mermithidae-ს ოჯახის წარმომადგენლები. ისინი ფართოდ არიან გავრცელებული პოლარული რეგიონებიდან ტროპიკებამდე. ლარვულ სტადიაში. ისინი პარაზიტობენ როგორც წყალში, ისე ხმელეთის სახეობებში. მასპინძლის ჰემოლიმფიდან საკვების შთანთქმა ხდება უშუალოდ სხეულის ზედაპირიდან და საყლაპავის კედლიდან. ინვაზიური ლარვები მასპინძლის სხეულში შედიან საკვებთან ერთად ან კანის საფარველის გავლით. მათ გააჩნიათ გადარჩენის უნარი მასპინძლის გარეთ ბუნებრივ გარემოში რამდენიმე თვის განმავლობაში მსხვერპლის მოლოდინში. პარაზიტული განვითარების ფაზის დასრულების შემდეგ, ნემატოდები ტოვებენ მსხვერპლს, იცვლიან საფარველს, წყვილებიან და დებენ კვერცხებს (1000-დან 6000-მდე ცალს). მერმიტიდების მრავალფეროვნება საკმაოდ დიდია (რუბცოვი 1978 207, არტიუხოვსკი, 1990 160]. Mermis-ის გვარის წარმომადგენლები პარაზიტობენ ძირითადად სწორფრთიანებში, მერმიტიდები - Isomermis, Mesomermis და სხვა მონათესავე გვარებში, მოსკიტებში, კოლოებში Gastromermis, Lanceimermis ძირითადად აზიანებენ ჰირომონიდების ლარვებს. Amphimermis სახეობები გვხვდება მრავალ მწერებში: ხოჭოებში, პეპლებში,

სწორფრთიანებში. *Allomermis* და მისი მონათესავე გვარების მერმიტიდები პარაზიტობენ ჭიანჭველებში. ცნობილია კოლორადოს ხოჭოს, არაფარდი პარკხვევიას, კომბოსტოს ხვატარის (*Hexamermis albicans* Sieb), გადამფრენი კალიას (*Mermis longissima* Fedtch.), აღმოსავლური მასის ხოჭოს (*Plasomermis korsakovi* Polosch, პარაზიტები.

ტეტრადონემატიდები (*Mermithida*-ს რიგის წარმომადგენლები, რომლებიც გაერთიანებულია *Tetradonematidae*-ს ოჯახში) ახლოს არიან მერმიტიდებთან, მაგრამ განსხვავდებიან იმით, რომ ფიტოფაგების სხეულის ღრუში პარაზიტობს სქესობრივად მომწიფებული ნემატოდა. კვერცხებს მდედრი დებს მასპინძლის სასქესო ხვრელის ახლოს და, როგორც წესი, ისინი ხვდებიან მისი ლარვების განვითარების ადგილებში. ტეტრადონემატიდების მასპინძლები უპირატესად ორფრთიანები არიან [რუბცოვი 1978 207]. ამავდროულად, *Heterogonema*-ს გვარის წარმომადგენლები აღმოჩენილია *Nitidulidae* ოჯახის ხოჭოებში [რუბცოვი 1978 207].

არსებობს ინფორმაცია სხვადასხვა სახის მავნე მწერებში მერმიტიდების ჩასახლების მაღალი დონის შესახებ. მაგალითად, იაპონიაში ბუნებრივ პირობებში ენტომოპათოგენური ნემატოდებით ინფიცირების ფაქტი აღინიშნა ბრინჯის ჩრჩილის ინდივიდების 76,6%-ში, ინდოეთში - 92,8%-ში, მექსიკაში - ხვატარების 39%-ში მიუხედავად ამისა, ზოგადად, ამ სახეობების წარმომადგენლები ჯერ კიდევ ნაკლებად არიან შესწავლილი, რაც დაკავშირებულია ადრეულ ეტაპზე ინვაზიური ინდივიდების იდენტიფიცირების სირთულეებთან, განსაკუთრებით ლარვის სტადიაში და განვითარების ხანგრძლივი ციკლისას, რაც ართულებს მათ ხელოვნურ გამრავლებას.

ტელასტომატიდები წარმოადგენენ ფეხსახსრიანების ნაწლავის ნემატოდების ჯგუფს. მათი მასპინძლებს წარმოადგენენ სწორფრთიანები, ხეშეფრთიანები, უფრო იშვიათად ქერცლფრთიანები. თითქმის ყველა ტელასტომატიდი იკვებება მასპინძლის ნაწლავის ბაქტერიებით. მათი ძირითადი მრავალფეროვნება კონცენტრირებულია ტროპიკებში. გარკვეული ტილენქიდები ასევე პარაზიტობენ მწერებში. ამ ნემატოდების განსაკუთრებულ თვისებას წარმოადგენს ობლიგატური კავშირი მწერებთან ან ტკიპებთან. ენტომოპათოგენური ტილენქიდების

სასიცოცხლო ციკლის თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ ინვაზიურ სტადიას წარმოადგენენ უკვე განაყოფიერებული მდედრები, რომლებიც სტილეტისა და საყლაპავის ჯირკვლების მიერ გამოყოფილი სეკრეტის დახმარებით, კუტიკულის გავლით აღწევენ მწერის სხეულის შიგნით. ტილენქიდებში არსებობს სასიცოცხლო ციკლის განსხვავებული ვარიაციები. ინვაზიური მდედრის მიერ დადებული კვერცხებიდან იჩეკება ლარვები, რომლებიც წარმოშობს თაობას, რომელიც შედგება მდედრებისა და მამრებისგან. მათ შეუძლიათ დატოვონ მასპინძლის სხეული დაწყვილების შემდეგ. განაყოფიერებული მდედრები მიდიან ახალი მასპინძლის მოსაძებნად. სხვა ტილენქიდებში, მასპინძლის სხეულში შეღწევისას, ინვაზიური მდედრი აყალიბებს ლარვების პოპულაციას, რომლებიც წარმოქმნიან პართენოგენეზურ მდედრებს. ასეთი მდედრებიდან წარმოიქმნება მამრობითი და მდედრობითი სქესის მომდევნო თაობა, რომელიც ტოვებს მასპინძელს და ასრულებს თავის სასიცოცხლო ციკლს გარეთა გარემოში. ზოგჯერ პართენოგენეზური მდედრები აჩენენ მომავალ თაობას დაუყოვნებლივ გარეთა გარემოში. ზოგიერთ შემთხვევაში, პართენოგენეზურ თაობას ჩაანაცვლებს მამრობითი და მდედრობითი სქესის თაობა, რომლებიც წყვილდებიან მასპინძლის შიგნით და წარმოქმნიან კიდევ ერთ ორსქესიან თაობას, რომლის ინდივიდებიც ტოვებენ მსხვერპლის სხეულს და ასრულებენ თავის სასიცოცხლო ციკლს უკვე მის გარეთ. ტილენქიდები პარაზიტობენ სხვადასხვა მწერებში: ორფრთიანებში, ხოჭოებში, თრიპსებში, რწყილებში, ბაღლინჯოებში, და ა.შ. ისინი ხასიათდებიან დიდი მორფოლოგიური მრავალფეროვნებით [Remillet... 1991 967-1024]. ყველაზე ტიპური ტილენქიდები, რომლებიც პარაზიტობენ მწერებში, განეკუთვნებიან Allantonematidae-ს ოჯახს, რომელთა წარმომადგენლებს სასიცოცხლო ციკლში ჰყავთ მამრებისა და მდედრების მხოლოდ ერთი თაობა. ალანტონემატიდებს მიეკუთვნება ხოჭოებში აღმოჩენილი Allantonema და Sulphuretylenchus, და აგრეთვე Bradynema და Howardula, რომლებიც პარაზიტობენ ბუზებში, ბაღლინჯოებში, რწყილებში და ხოჭოებში. თრიპსებში აღმოჩენილია Thripinema. Contortylenchus-ისა და Bovienema-ს გვარის წარმომადგენლები გამოყოფილები არიან ქერქიჭამია ხოჭოებისგან და სხვა ხოჭოებისგან, რომლებიც ბინადრობენ მერქნიან მცენარეებზე, Spilotylenchus -

რწყილებიდან, Aphelenchus -ულვაშა ხოჭოებიდან, Psyllotylenchus და Incurvinema რწყილებიდან, Heterotylenchus და Paregletylenchus - ორფრთიანებიდან. Sphaerularia-ს გვარის სახეობები აზიანებენ სხვადასხვა სიფრიფანაფრთიანებსა და ხოჭოებს, ხოლო Tripires და Scatonema სახეობები აღწერილია მხოლოდ ბუხებში. და ბოლოს, Phaenopsitylenchidae-ის ოჯახს განეკუთვნებიან სახეობები Beddingia და Phaenopsitylenchus (პეწიანასებრთა პარაზიტები), რომლებიც მნიშვნელოვანნი არიან პრაქტიკული თვალსაზრისით. აფელენქიდები, რომლებიც პარაზიტობენ მწერებში, ძირითადად კონცენტრირებული არიან Entaphelenchus ოჯახში [Hunt 1993 352].

Entaphelenchus-ს გვარის ნემატოდები პარაზიტობენ სტაფილინიდი ხოჭოების სხეულის ღრუში.ზოგიერთი პოპულაციის ინვაზიის დონე აღწევს 13%-ს, ამავდროულად ინფიცირებული ინდივიდების ცხიმოვანი სხეული საგრძნობლად მცირდება. მდედრის მიერ დაზარებული მე-3 სტადიის ლარვები გადიან გარეთ, სადაც ყალიბდებიან თავისუფლად მცხოვრებ მდედრებად და მამრებად. განაყოფიერების შემდეგ მდედრები აღწევენ სტაფილინიდების ქუპრებში.

Peraphelenchus აფელენქიდები პარაზიტობენ ლეშიქამია ხოჭოებში (Silphidae). Praecocilenchus-დან აღწერილია სახეობა, რომელიც აზიანებს ქოქოსის პალმის მავნებელ ცხვირგრძელ ხოჭოებს.

ეკონომიკური თვალსაზრისით, მნიშვნელოვანია Parasitaphelenchidae-ს გვარის მონათესავე ნემატოდები, კერძოდ, Bursaphelenchus-ს გვარის ნემატოდები, რომლებიც იყენებენ სხვადასხვა სახეობის მწერებს (ქერქიქამია, ულვაშა ხოჭოები, სიფრიფანაფრთიანები) ფორეზიისთვის. აფელენქიდებს შორის ასევე გვხვდება მაღალ-სპეციალიზებული ექტოპარაზიტები, როგორცაა მაგალითად, Noctuidonema guyanense, რომლებიც აზიანებენ პეპელა-ხვატარებს. ამავდროულად ნემატოდა იღებს საკვებ ნივთიერებებს მასპინძლის სხეულის ზედაპირზე მოთავსებით და მათი სტილეტის საშუალებით გამოწოვის გზით.Noctuidonema guyanense- სპეციფიკურია. ლაბორატორიულ ექსპერიმენტებში დადასტურდა, რომ ხვატარების გარკვეული სახეობების დაინფიცირება იწვევს პეპლების სიცოცხლის ხანგრძლივობისა და სიცოცხლისუნარიანი კვერცხების რაოდენობის მკვეთრ შემცირებას.

Rhabditida-ს რიგის ყველაზე მნიშვნელოვანი ჯგუფებია Steinernematidae-სა და Heterorhabditidae-ს ოჯახები. შტეინერნემატიდები ენტომოპათოგენური ნემატოდების სახეობებით ყველაზე მდიდარი და ყველაზე პერსპექტიული ოჯახია მათი სამუალებით მავნე მწერების ბიოლოგიური კონტროლის განვითარების თვალსაზრისით. ის მოიცავს Steinernema-ს გვარის 23 სახეობას და Neasteinernema-ს გვარს, რომელიც შედგება მხოლოდ ერთი სახეობისაგან. შტეინერნემები გავრცელებულია სხვადასხვა კლიმატურ რეგიონებში. მათი შესწავლა კვლავ გრძელდება. ჰიბრიდიზაციისა და დნმ-ის ანალიზის საფუძველზე დამტკიცებულია *S. riobravis* სახეობის დამოუკიდებლობა იგივე მეთოდების გამოყენებით იდენტიფიცირებულია Steinernema tsagveriensis sp.n-ის ახალი სახეობები იონჯის მინდვრების ნიადაგის ნიმუშებიდან Helicoverpa armigera და Spodoptera littoralis -ს კერებში.

ჰეტერორაბდიტიდები (Heterorhabditidae) თავისი ბიოლოგიური თავისებურებებით თითქმის Steinernematidae-ს იდენტურია. ამ ოჯახის 8 აღწერილი სახეობა შემოიფარგლება ტროპიკული და ზომიერი რეგიონებით. ამ ოჯახების წარმომადგენლები მუტუალიზმის ტიპის მიხედვით დაკავშირებულები არიან Xenorhabdus-ის გვარის ბაქტერიებთან, ანუ ისინი იღებენ დროებით ორმხრივ სარგებელს ერთობლივი არსებობიდან Poinar (1990)-ის მონაცემების მიხედვით, ინდოეთში, ჰეტერორაბდიტის გვარის ნემატოდები გამოყოფილი იქნა შაქრის ლერწმის პარაზიტის Scirpophaga excerptalis (Pyrallidae, Lepidoptera) პოპულაციისგან, რომელიც აღწერილია, როგორც ახალი სახეობა *H. indicus* n. sp., მისთვის დამახასიათებელია ინვაზიური ლარვების განვითარების ინფექციური სტადია. ნაჩვენებია, რომ *H. indicus* ავლენს პათოგენურ თვისებებს *Holotrichia serrata* *Leucopholis lepidoptera*-ს (Scarabaeidae, Coleoptera) მიმართ. ავტორების აზრით, სახეობა პერსპექტიულია ბიოლოგიურ დაცვაში გამოსაყენებლად, რადგანაც შესაძლებელია მისი მასიური გამრავლება სქესობრივი ციკლის არარსებობისას.

Heterorhabditidae-ს და Steinernematidae -ს ინტენსიური შესწავლის პროცესში ქვეყნის სხვადასხვა რეგიონში გამოყოფილი იქნა შტეინერნემების 3, ხოლო ჰეტერორაბდიტიდების 59 იზოლატი, ამავდროულად მათგან 22

იდენტიფიცირებული იქნა როგორც *H. indicus* (Shahina et al., 1998). და შესწავლილი იქნა მავნე სახეობების გავრცელების თავისებურებები და ბუნებრივი დაინფიცირების დონე.

პირველი ინფორმაცია მწერების ნემატოდური დაავადებების შესახებ გვხვდება ჯერ კიდევ მე-17 საუკუნეში. თუმცა, მათი მნიშვნელობის შესაფასებლად სპეციალური კვლევები მხოლოდ გასულ საუკუნეში დაიწყო.

სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში, რომლებიც განსხვავდებოდნენ კლიმატური პირობებით, მზარდი მცენარეების სპექტრითა და ნიადაგის შემადგენლობით, ჩატარდა კვლევა ენტომოპათოგენური ნემატოდების გავრცელების შესახებ. მათი იზოლატები (*Heterorhabditis*) გამოვლენილი იქნა ალბულის 445 ნიმუშიდან 63-ში. შტეინერნემები აღმოჩენილი არ ყოფილა. დადებითი ნიმუშების რაოდენობა, რომლებშიც აღმოჩენილი იქნა ენტომოპათოგენური ნემატოდები, მნიშვნელოვნად ვარიირებდა იმ ადგილებში მზარდი მცენარეების სახეობრივი შემადგენლობის მიხედვით, სადაც ნიმუშები იქნა ალბულის. ნემატოდების შემცველობა განსხვავდებოდა რეგიონებისა და ნიადაგის ტიპების მიხედვით. მათი ყველაზე დიდი რაოდენობა დარეგისტრირდა ქვიშიან (30 ნიმუში) და თიხნარ (30) ნიადაგებში. ქვიშიან-თიხნარ და თიხნარ ნიადაგებში ნემატოდები დაფიქსირდა ერთეულ ნიმუშებში.

ნემატოდების გამოვლენა ხორციელდებოდა მთელი წლის განმავლობაში, იანვარ-თებერვლის გარდა, რაც ცხადია დაკავშირებულია მასპინძლების არარსებობასთან და გარემოს შედარებით დაბალი ტემპერატურასთან.

თავი V

5.1. პარაზიტული ნემატოდების როლი მავნე მწერების რაოდენობის რეგულირებაში

ამ დროისათვის მიღწეულია ეკონომიკურად მნიშვნელოვანი პრაქტიკული შედეგები პარაზიტული ნემატოდების გამოყენებაში ფარულად მცხოვრები მავნებლების წინააღმდეგ (მინაფრთიანასებრნი, მაჟაურა, მერქნიჭამიასებრნი, ნაყოფჭამიები, ჩრჩილები, ალურასებრნი, ბოლორქიანები), აგრეთვე მათი ნიადაგის სახეობების წინააღმდეგ (ფესვის ცხვირგრძელები, მასის ხოჭოები და სხვ.) ყველაზე პერსპექტიული და მიზანშეწონილია მცენარეთა დაცვაში იმ ტიპის ნემატოდების გამოყენება, რომლებიც პარაზიტობენ მავნებელ მწერებში, რომლებისთვისაც ისინი ძირითადი მასპინძლები არიან. მათი ენტომოპათოგენური ფორმები არსებობენ და გვხვდებიან თითქმის ნებისმიერ ეკოსისტემაში [Васильева-Некрасова С., Метлицкий О.. 1997 101-106].

ნემატოდების ჩასახლებისას მწერები ამცირებენ ნაყოფიერებას, ზოგჯერ ისინი მთლიანად სტერილური ხდებიან და კვდებიან. ბუნებრივ პირობებში დალუპული სხვადასხვა რიგის ინდივიდების (ხემეშფრთიანები, ქერცლფრთიანები, ორფრთიანები და ა.შ.) ანალიზი ავლენს პოპულაციის უმნიშვნელო (0,5-1,0%) ინფიცირებას ნემატოდებით. მაგალითად, დაკვირვებებმა გამოავლინა მათ მიერ ჭიჭინობელების ინვაზიის შემთხვევები, რომლებიც მიკოპლაზმური ჯუჯობის გადამტანებს წარმოადგენენ

ცხრილი 6. ზოგიერთი სახის ნემატოდები, რომლებიც აინვაზირებენ ფესსახსრიანებს.

წყარო: [Doucet,1994, Shahina...1999]

ოჯახი	სახეობა	მავნებელი
Steinernematidae	<i>Neopalectana glaseri</i>	იაპონური ხოჭო, დეროს ფარვანა (<i>Ostrinia nubilalis</i>)
	<i>N. feltiae</i>	მარცვლეულის ხვატარები (<i>Hadema sodidae</i>)
	<i>N. carpocapsae</i>	ვაშლის ნაყოფჭამია (<i>Carpocapsa pomonella</i>)
	<i>Steinernema kraussei</i>	Cephaleia abietis ვაშლის ნაყოფჭამია
	<i>N. carpocapsae</i>	

Diplogasteridae	Pristionchus labiata	ხოჭო (Spereda tridentata)
	P. brevicauda	დეროს ფარვანა
	P. uniformis	კოლორადოს ხოჭო (Leptinotarsa decemlineata)
Allantonematidae		
Mermithidae	Mermis elegans	Lepidoptera spp.
	Hexameris brevis	Lepidoptera spp., Díptera spp., Coleóptera spp.
	Megalomermis melolonthae	მაისის ხოჭოები

ადინიშნა ფოთლების საფენიდან მასში გამოზამთრებული მავნე კუსებურა რწყილების გამოსვლის შემცირება (23-26%-ით), მისი - პრეპარატ ნემაბაქტის სუსპენზიით დამუშავების შემდეგ [Данилов Л., Махоткин А., Зверев ..., 2000 46].

დემონსტრირებულია ენტომოპათოგენური ნემატოდის N.carpocapsae გამოყენების პერსპექტივები ტყის მავნებლების წინააღმდეგ, განსაკუთრებით ფარულად მცხოვრებლების, როგორცაა მაჟაურა (Zeuzera purina), სუნიანი მერქნიჭამია (Cossus cossus), სახლის შავი ულვაშა ხოჭო (Hylotrupes bajulus), ავეჯის რწყილი (Anobium punctum), მერქნის მღრღნელები (Lyctus linearis), ასევე აღმოსავლური ხოჭო (Melolontha hippocastani), ჩვეულებრივი ბოსტანა (Gryllotalpa gryllotalpa) და სხვები. H. bacteriophora ბადის მავნებლების- ამერიკული ქლიავის ალურას მატლების წინააღმდეგ- Euzophera semifuneralis, რომელიც აზიანებს კურკოვანი ხილის კულტურებს [Kain, Agnello, 1999 233-235]. ამ უკანასკნელ შემთხვევაში ნაჩვენებია ნემატოდური პრეპარატების გამოყენების უფრო დიდი ეფექტურობა და ეკოლოგიური სარგებლობა ქიმიურ პრეპარატებთან, კერძოდ კი ქლორპირიფოსთან შედარებით.

დაბალი მობილურობის გამო ნემატოდებს ახასიათებთ კეროვანი ლოკალიზაცია. მათი გავრცელება ხდება ძირითადად ინვაზირებული მწერების საშუალებით. ეს ქმნის სირთულეებს ნემატოდური „პრეპარატების“ პრაქტიკული გამოყენებისათვის და გულისხმობს მავნე სახეობების პოპულაციებში ენტომოპათოგენური ფორმების განმეორებით ხელოვნურ ჩასახლებას.

მავნე სახეობებთან კონტაქტისას ნემატოდები აქტიურად აღწევენ მათ სხეულში ანუსის, სასუნთქი სპირაკულების გავლით, უშუალოდ საფარველის გავლით და პასიურად - მოხმარებული საკვებით. ნემატოდის ლარვები სახლდებიან ნაწლავებში, იკვებებიან მასში არსებული მასით, მისი ქსოვილების უჯრედებით. ხშირად მათ შიგნით შეაქვთ სხვადასხვა, მათ შორის პათოგენური ბაქტერიები და სხვა მიკროორგანიზმები. ნემატოდების ურთიერთქმედება ბაქტერიებთან, კერძოდ, *Xenorhabditis*-ის სხვადასხვა სახეობებთან სიმბიოზური ხასიათისაა. ეს უკანასკნელნი არ ავლენენ აქტივობას ნემატოდების გარეთ ფეხსახსრიანების ღრუში. მათი ერთობლივი მოქმედება აძლიერებს პათოგენურ ეფექტს და მნიშვნელოვნად ზრდის დაინფიცირებული ინდივიდების სიკვდილიანობას. პრაქტიკული მიზნებისთვის უკვე გამოიყენება მათი კომპლექსები, მაგალითად, *Prismionchus uniformis* ნემატოდები კოლორადოს ხოჭოს წინააღმდეგ მათი გამოზამთრების ეტაპებზე. დაკვირვებები აჩვენებს, რომ გაზაფხულის პერიოდში ინვაზიური ლარვების რაოდენობა აღწევდა 85%-ს. ამავდროულად, მათი ჰემოლიმფის ბაქტერიებით ინფიცირებისას, ისინი იღუპებოდნენ 10 საათის განმავლობაში. მკვდარი ინდივიდები მუმიფიცირდებიან ბაქტერიების მიერ გამოყოფილი ანტიბიოტიკური ნივთიერებებით ლპობის პროცესების ინჰიბირების გამო. ამ მიზეზით, არ ხდება ქსოვილების მეორადი კოლონიზაცია საპროფიტებით და მათი განვითარება. მწერის ზომის შესაბამისად, ნემატოდები ჭამენ მუმიას 9-20 დღეში. შემდეგ ლარვებს უვითარდებათ ანაბიოზი, რჩებიან ამ მდგომარეობაში რამდენიმე წლამდე, და მუდმივად მზადყოფნაში არიან ინვაზიისათვის ხელსაყრელი პირობების დადგომისას.

ლაბორატორიაში ცვილის დიდ ჩრჩილის (*Galleria mellonella*) მატლების დალუპვა თითო მატლზე, ნემატოდას 10 ლარვის დოზით აბსოლუტურ მნიშვნელობას -100% აღწევდა უკვე მე-5-6 დღეზე. მავნებლის მაღალი მგრძნობელობა ინვაზიის მიმართ საშუალებას იძლევა მისი მატლები გამოყენებული იქნას ნემატოდების ლარვების მასობრივი მიღების ტექნოლოგიებში პრეპარატების წარმოებაში. ამჟამად უკვე შემუშავებულია ნემატოდების მომენების ხელოვნური ნიადაგები.

მიღებული ინვაზიური ლარვები იფუთება ერთჯერადი დასაყენებელი ჩაის პაკეტების მსგავს პაკეტებში დატენიანებული პარალონის ნაჭერთან ერთად (1 მილიარდი ინდივიდი/პაკეტში).

გამოყოფილია პარაზიტული ნემატოდების ყველაზე ეფექტური ხაზები. მატლების (*Pseudaletia unipuncta*- Lepidoptera-დან: Noctuidae) მოდელი ობიექტის სახით მათი გამოყენება. შეაფასეს *Steinernema carpocapsae*-ის 3 ხაზი, 1- *S. glaseri* და 1- *Heterorhabditis bacteriophora*-ს ხაზი აღმოჩნდა, რომ დამუშავებული მატლების სიკვდილიანობა მერყეობდა 23,3%-დან 96%-მდე. დაღუპული ინდივიდების რაოდენობა მერყეობდა ინვაზიური დატვირთვის, მატლების ასაკისა და ინვაზიის პირობების შესაბამისად. მნიშვნელოვანია ხაზგასმით აღინიშნოს, რომ სწორედ ამიტომაც რეკომენდებული ნემატოდები საკმაოდ მგრძობიარეები არიან ულტრაისფერი სხივების მიმართ. ამიტომ მათ პრეპარატებს იყენებენ დილით ადრე, ან საღამოს.

ზოგიერთი ენტომოპათოგენური ნემატოდის ეფექტურობა მავნებლების წინააღმდეგ*

ცხრილი N 7

მავნებელი	ნემატოდის სახეობა	მავნებლების დაღუპვის %
<i>Pseudaletia unipunctata</i>	<i>Steinernema carpocapsae</i>	53,3
	<i>S. glaseri</i>	40
	<i>H. bacteriophora</i>	73,3
<i>Plutella xylostella</i>	<i>S. carpocapsae</i>	95
	<i>S. feltiae</i>	92
	<i>S. glaseri</i>	85
	<i>H. bacteriophora</i>	98
<i>Synanthedon tipuliformis</i>	<i>S. feltiae</i>	87,7
<i>Otiorhynchus ligustici</i>	<i>H. bacteriophora</i>	73-99
<i>Heliothis armigera</i>	<i>Steinephema B_s</i>	100
<i>Papillio demoteus</i>	<i>Steinephema B_s</i>	. 100
<i>Cyclocephala hirta</i>	<i>H. bacteriophora</i>	60-100
<i>Frankliniella fusca</i>	<i>Thripinema fuscum</i>	51-68
<i>Spodoptera litura</i>	<i>S. carpocapsae</i>	90-100

ცხრილი N 7 შედგენილია ვასილიევა-ნეკრასოვას, მეტლიცკის, 1997, დანილოვის, კარპოვას, შილოვსკაიას, 1995, ნაკანოს, კიტას, 1995 და სხვათა ნაშრომების მასალების საფუძველზე.

ბოლო წლებში აქტიურად მიმდინარეობს მუშაობა მცენარეთა სხვადასხვა ბიოტოპების შესაფასებლად მწერების - სატყუარას დაგებით. უკვე გამოყოფილია მაღალი ბიოლოგიური ეფექტურობის მქონე ენტომოპარაზიტული ნემატოდების რამდენიმე ადგილობრივი იზოლატი. ამგვარად, კოლორადოს ხოჭოს წინააღმდეგ (*L. decemlineata*), მან მიაღწია ცალკეულ ხაზებზე 100%-ს, *Plutella cruciferanum*-ის წინააღმდეგ - 92,5%.-ს წარმოებისთვის შემოთავაზებულია მრავალი ადგილობრივი შტამი უფრო დიდი ინვაზიური აქტივობით. სიკვდილიანობამ 100%-ს მიაღწია. მხოლოდ 2 სახეობის ახალგაზრდა ინდივიდებმა გამოავლინეს გაზრდილი გამძლეობა ინვაზიის მიმართ [Shahina, 1999 125-128].

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ ნემატოდები უფრო ნაკლებად აზიანებენ ფეხსახსრიანების არააქტიურ ფორმებს, მაგალითად, პუპარიებს. თუმცა, სპეციალურმა კვლევებმა აჩვენა, რომ დასუსტებული ორგანიზმები უფრო მგრძობიარეები არიან ინვაზიის მიმართ.

ამჟამად ნემატოდებს იყენებენ აგრეთვე ფიტოფაგების სახითაც. ამგვარად, საკარანტინო სარეველას მცოცავი მწარას (ვარდისფერი) (*Acroptilon repens*) გავრცელების რეგულაციისთვის იყენებენ მწარას ნემატოდას (*Paranguina picridis*). ფიტოფაგი ნიადაგში შეჭყავთ ინვაზიური ლარვების წყლიანი სუსპენზიის სახით, რომელიც მიიღება მცენარე გალის ფესვების მაცერაციით. დაქუცმაცებული გალის მასა თანაბრად ნაწილდება საცერზე და ფიქსირდება ჭურჭელში. შემდეგ ესხმება წყალი მათი დონის ზემოთ. 4-6 საათის შემდეგ, ქსოვილებიდან გამოსული ნემატოდების შემცველი წყალხსნარი გამოიყენება ნიადაგში შესხურების გზით შესაყვანად. საშუალოდ, დაახლოებით 8,5 მილიონი ინვაზიური ლარვა გამოდის წყალში 100 გრ მშრალი გალიდან. დაზიანებული მცენარეების რაოდენობა 60%-ს აღწევს.

პარაზიტული ნემატოდების განვითარების ბიოლოგიური და ეკოლოგიური თავისებურებების დახასიათებისას უნდა აღინიშნოს, რომ ფეხსახსრიანებისათვის პათოგენური ნემატოდების უმეტეს სახეობებში განვითარების გარკვეული ეტაპები მიმდინარეობს მსხვერპლის სხეულის გარეთ, მაგალითად, კვერცხების დადება და პირველი ლარვის სტადიების წარმოქმნა Mermithidae-ში. მეორეს მხრივ, კვერცხების წარმოქმნა მოზრდილ ნემატოდებში *Steinernema feltiae* ხდება მსხვერპლის სხეულის შიგნით. ლარვების მომწიფება პირველ ეტაპზე ხდება კვერცხების შიგნით და ისინი წარმოადგენენ მე-2 იუვენილურ სტადიას.

ლარვების ყველაზე ეფექტური ინვაზია ხდება 24°C ტემპერატურაზე და აბსოლუტურთან მიახლოებულ ტენიანობაზე (წვიმიან ამინდში). ამ პირობებში, მაგალითად, იაპონური ხოჭოს ლარვების (*Popillia japonica* -Scarabaeidae ოჯახიდან) დაზიანებამ მიაღწია 80%-ს, ცხვირგრძელებისამ ციტრუსოვნებზე (*Diaprepes abbreviates*, *Pachnacus litus* და სხვები) და ატმის ნაყოფჭამიას ლარვებზე (*Cydia molesta*) კი 95-98%-ს. 20-24°C ტემპერატურაზე ნემატოდის განვითარების ციკლი 5-8 დღე გრძელდება. ამავდროულად, მწერების მკვდარ ინდივიდებში ისინი ასწრებდნენ 2 თაობის მოცემას, შემდეგ კი, მუმიების საკვები მასის ამოწურვისას ისინი მიგრირებენ (ჩვეულებრივ, 10-15 დღის შემდეგ, კერძოდ, *Steinernema* გვარის წარმომადგენლები) და აზიანებენ ახლებს.

„ინფექციური“ იუვენილური ლარვები ანუ მე-3 ასაკის ნემატოდები (სიგრძით 0,55 მმ) არ იკვებებიან, ისინი იცვლიან საფარველს და დიდხანს ცხოვრობენ ნიადაგში. ისინი აღწევენ მსხვერპლის სხეულში მის საფარველში არსებული ბუნებრივი ხვრელებიდან კონტაქტის საშუალებით, რომლის მოსაძებნად მათ შეუძლიათ ნიადაგის ხსნარში გადაადგილება 6 სმ/დღეში სიჩქარით. სხეულის შიგნით მოხვედრისას ნემატოდებს ასევე შეაქვთ სიმბიოზური ბაქტერიები *Photorhabdus luminescens*, რომლებსაც შეუძლიათ ტოქსინების გამოყოფა, რომლებიც იწვევენ დაზიანებული მწერების სიკვდილს 48 საათის განმავლობაში. ერთდროულად წარმოქმნილი ანტიბიოტიკური და ანტიმიკრობული ნაერთები იცავენ გვამს გახრწნისაგან, რაც ხელს უწყობს მასში ნემატოდების შენარჩუნებას. გამრავლებული ბაქტერიები ერთდროულად წარმოადგენენ საკვებს ზრდასრული

ნემატოდებისთვის. ნემატოდები Heterorhabditidae-ს ოჯახიდან ჰერმაფროდიტებს განეკუთვნებიან. გვამის დაშლისას გამოჩენილი ნემატოდის ლარვები მიგრირებენ ნიადაგში. ერთ ინფიცირებულ ლარვაში შეიძლება წარმოიქმნას 410000-მდე *H. hepialus* ინდივიდი [Strong D., Whipple A., Denis B 1999 2750-2761].].

ინვაზიის შესაძლებლობაზე გავლენას ახდენს მთელი რიგი ფაქტორები: მასპინძლის (მავნებლის) მგრძობელობის ხარისხი და მისი სასიცოცხლო ციკლის თავისებურებები, მკვდარი ინდივიდების ინფიცირების დონე, ნემატოდების იუვენილური სტადიების სიცოცხლისუნარიანობა, და ნემატოდის ლარვების ინვაზიური აქტივობა. მაგალითად, დაზიანებული მწერების სახეობების და მათი ზომის მიხედვით, ნემატოდების რაოდენობა ერთ დაღუპულ ინდივიდში შეიძლება იყოს 20000-დან 40000 ცალამდე. *Thripinema fuscum*-ით დაზიანებულ თრიპსებში ჩვეულებრივ გვხვდება ნემატოდის ერთი ზრდასრული ინდივიდი, იშვიათად 2-3 ცალი, ხოლო ნემატოდას ლარვის სტადიების რაოდენობამ 1 მწერში შეიძლება მიაღწიოს 175 ცალს, - ჩვეულებრივ კი 40-50 ცალს.

5.2. ნემატოდების ბუნებრივი პოპულაციების საქმიანობის გამააქტიურებელი და შემზღუდველი ფაქტორები

ნემატოდების ლარვების პირველადი ინვაზია მწერებისა და ფეხსახსრიანების სხეულში, როგორც აღინიშნა, ხორციელდება მათი ბუნებრივი გასასვლელების გავლით (ანუსი, პირის ღრუ, სპიკულები). Heterorhabditis -ის სახეობებს შეუძლიათ შეაღწიონ მსხვერპლის შიგნით ასევე გარე საფარველის გავლითაც. ჰემოლიმფაში მოხვედრის შემდეგ, ისინი გადანაწილდებიან ყველა ქსოვილში. ამავდროულად, ნემატოდების ზოგიერთ სახეობას, კერძოდ, *Steinernema sp.*,-ს, შეაქვთ ბაქტერიები, რომლებითაც იკვებებიან და რომლებთანაც ისინი ფაქტიურად სიმბიოზში იმყოფებიან. ბაქტერიები ასევე მრავლდებიან მსხვერპლის სხეულშიც და გამოყოფილი ტოქსინების საშუალებით 2-3 დღეში იწვევენ მათით დასახლებული ინდივიდების სიკვდილს. მსხვერპლის სხეულში ნემატოდები იცვლიან საფარველს მე-3-დან მე- 4- იუვენილურ სტადიამდე, სანამ არ წარმოიქმნებიან ზრდასრული

ინდივიდები. ჩვეულებრივ დასახლებულ მსხვერპლში წარმოიქმნება 2 თაობა. დაღუპულ მავნე მწერებში, რომლებიც ფაქტიურად სავსე არიან ნემატოდებით, რომლებიც არ იკვებებიან, ხდება მათი შენახვა სხეულის გარე საფარველის დაშლამდე, როდესაც ლარვები გამოდიან გარეთ, მშრალ მდგომარეობაში მათ ხშირად შეუძლიათ შეინარჩუნონ ნიადაგში სიცოცხლისუნარიანობა და ინვაზიური აქტივობა რამდენიმე წლამდე [Glenister, 1991 543 - 547.]. *Thripinema fuscum*, თამბაქოს თრიპსის პარაზიტი, გვხვდება მის ინდივიდებში სხვადასხვა მრავალწლიან მცენარეებზე, რომლებზეც ის იზამთრებს. *Steinernema* ლარვის სტადიები ნაკლებად მოძრავია, ვიდრე *Heterorhabditis*-ი

Kondo და Ishibashi-ის (1985) მონაცემების მიხედვით, *S. feltariae* უფრო წარმატებით ვითარდება 25-40% ტენიანობის დიაპაზონში. ნემატოდების სახეობებში კრიტიკული (მაქსიმალური და მინიმალური) ტემპერატურები განსხვავდება მათი ტაქსონომიური კუთვნილების მიხედვით. ამგვარად, *S. feltariae* ცოცხალი რჩება -10°C-დან +35°C-მდე ტემპერატურაზე. ამავდროულად, ინვაზიური უნარი ნარჩუნდება 9-33°C ტემპერატურაზე. სახეობის საუკეთესო პროდუქტიულობა აღინიშნა 25 - 35°C ტემპერატურულ რეჟიმში.

ამ საკითხს, კერძოდ, ინვაზიური აქტივობის ცვლილებებსა და ცოცხლად გადარჩენას სხვადასხვა ტემპერატურულ გრადიენტზე, მიემდგვნა მრავალი ნაშრომი. ამრიგად, Shamseldean-მა (1994) დადგენილია, რომ ჰეტერორაბდიტიდის იზოლატების სიცოცხლისუნარიანობის პარამეტრები 25-40°C -ია. სიკვდილიანობის დონე 2 იზოლატში განსხვავდებოდა 30 და 35°C ტემპერატურაზე და 48 საათის განმავლობაში ექსპოზიციაზე, და იყო 21 და 28%, 6 და 7%, შესაბამისად. ამავდროულად, ინფიცირებული მწერი-მასპინძლების სიკვდილიანობა არ აღემატებოდა 17,5%-ს 38°C-ზე და 10%-ს 40°C-ზე. ასეთი ფენოტიპური დიფერენციაცია თერმოტოლერანტობის მიხედვით განპირობებულია გენეტიკური ფაქტორებით, რომლების მექანიზმებიც ბოლომდე გარკვეული არ არის.

ნემატოდების განვითარების ოპტიმალური ტემპერატურული პარამეტრები, როგორც ჩვენი კვლევებიდან ჩანს, განპირობებულია მათი ადაპტაციით გარკვეულ გეოგრაფიულ რეგიონებთან. მიუხედავად იმისა, რომ შტაინერნემატიდები

ადაპტირებულები არიან ტემპერატურის უფრო ფართო დიაპაზონთან, ვიდრე ჰეტეროზოთერმები, მათი ზოგიერთი სახეობა წარმატებით ვითარდება 10-39°C -ზე, რაც სხვა წყაროებითაც დასტურდება (*S. riobravae*) და 19-37°C-ზე [Elawad 1996 40 – 45]. ეს ორივე სახეობა განეკუთვნება სხვადასხვა ბუნებრივ ზონებში მაცხოვრებელ ნემატოდებს.. მგრძობიარე მასპინძელში ინფიცირებისა და განვითარებისთვის ოპტიმალური ტემპერატურაა 25-30°C (Elawad et al, 40 – 45 1996). როგორც ლიტერატურის ანალიზი ადასტურებს, ზოგადად, ამ პროცესების წარმატებულ განვითარებას დიდწილად განსაზღვრავენ ტემპერატურული ფაქტორები ოპტიმალური მნიშვნელობები *S. carpocapsae*-სთვის *Cephalcia lariciphila*-ში არის 25°C, *S. arenarium*-თვის *Galleria mellonella*-ში - 22°C *S. abbasi* და *S. riobravae*-თვის *G. mellonella* -ში - 25 - 30° [Elawad ... 1998 225].

კვლევების შედეგებიდან გამომდინარეობს, რომ ტემპერატურა, რომელიც გავლენას ახდენს ინვაზიის ეფექტურობაზე, განსხვავებულია სხვადასხვა მასპინძლისთვის. ენტომოპათოგენური ნემატოდები რეაგირებენ მათ გამონაყოფებზე, მაგალითად ნახშირორჟანგზე ან აზოტის სხვადასხვა ნაერთებზე. აღმოაჩინეს, რომ ნემატოდების ზოგიერთი სახეობა რეაგირებს, მაგალითად, სხვადასხვა მწერების ლარვების სპეციფიკურ გამონაყოფზე და, ზოგადად, მათ მეტაბოლურ პროდუქტებზე. მწერების სპირაკულები იხსნება გარემოში ჟანგბადის კონცენტრაციის შემცირებისას და ნახშირორჟანგის შემცველობის მომატებისას [Miller 1966 279-344] დაქვეითებულ ტემპერატურაზე მწერები გადადიან მოსვენების მდგომარეობაში, რომლის დროსაც ნახშირორჟანგის გამოყოფა მცირდება. ბუნებრივია, ნიადაგში მისი გრადიენტიც იცვლება. სხვა სიტყვებით რომ ითქვას, მწერების მდგომარეობა, მათი ფიზიოლოგიური ფუნქციონირება, ტემპერატურასა და ტენიანობასთან ერთად, განაპირობებს „ნემატოდა-მასპინძლის“ სისტემის განვითარებას.

თავად მწერების სხეულის ტემპერატურა ცვალებადობს გარემოს ტემპერატურის მიხედვით. ამიტომაც, ინვაზიური სტადიების ქცევითი რეაქციები კორელაციაშია ადაპტაციის დონესთან. დადგენილ იქნა, რომ შტაინერნემატიდები შედარებით მაღალ ტემპერატურაზე უფრო ეფექტურად ვითარდებიან. უფრო მეტიც,

დადგინდა, რომ ჩამოყალიბებადი ინვაზიური სტადიების რაოდენობა ცვლადობს თითოეულ სახეობაში მასპინძლების წრის ფარგლებში. დადგენილია, რომ ტემპერატურის ზემოქმედება დიფერენცირდება ასევე ნემატოდების ფიზიოლოგიური რასების ფარგლებში. კერძოდ, ეს დადგენილია *S. carpocapsae*-სა და *H. bacteriophora*-ს იზოლატებისათვის. აღმოჩნდა, რომ ნემატოდები ავლენენ ფენოტიპურ მოქნილობას, და სწრაფად ადაპტირდებიან ტემპერატურული რყევების მიმართ. თავის ექსპერიმენტებში დაარეგისტრირეს *S. carpocapsae*-ის ინვაზიურ ლარვებში ქცევითი რეაქციების ვარიაციები ტემპერატურული რეჟიმის შეცვლიდან უკვე 12 საათის შემდეგ. შესაბამისად, ნემატოდის თითოეულ სახეობას გააჩნია შედარებით ზუსტი თერმული ნიშა, რომელიც ასახავს მათ გეოგრაფიულ კუთვნილებას.

5.3. მწერ-მასპინძელთა წრე

ენტომოპათოგენური ნემატოდები, როგორც წესი, არ წარმოადგენენ სპეციალიზებულ სახეობებს, მაგალითად, *H. bacteriophora*-ს შეუძლია დააინფიციროს 104 სახეობის მწერი, რომლებიც ილუპებიან შემოჭრიდან 20-60 საათის შემდეგ. ყველაზე დიდი მდგრადობა ნემატოდების წინააღმდეგ გამოავლინეს მტაცებელმა და მცენარის დამტვერვაში მონაწილე მწერების სახეობებმა. ენტომოპათოგენური ნემატოდები და მათი ბაქტერიული კომპლექსი კლავს მწერებს ისე სწრაფად, რომ მათ არ აქვთ დრო, ჩამოაყალიბონ სხვა პარაზიტული ნემატოდური ინფექციებისთვის დამახასიათებელი ადაპტაციური ურთიერთობები [Kaya 1993 181–206]. ეს თვისება ხელს უწყობს სხვადასხვა რიგის მწერი-მასპინძლის ფართო სპექტრის ათვისებას, რაც არის მათი, როგორც ბიოლოგიური კონტროლის აგენტების მიმართ ინტერესის გაზრდის მთავარი მიზეზი [Poinar... 1979 64-317] დადგენილია, რომ ოპტიმალური აბიოტური ფაქტორებისა და, პირველ რიგში, დაბალი ტენიანობის მქონე ექსპერიმენტულ პირობებში, მასპინძლების დიაპაზონი მნიშვნელოვნად ფართოვდება. ნემატო-ბაქტერიული კომპლექსის საველე პირობებში გამოცდის პროცესში, დადებითი შედეგები შეინიშნება სახეობების შედარებით მცირე

რაოდენობასთან მიმართებაში (ულვაშფირფიტოვანი ხოჭოები, ქერქიჭამია ხოჭოები), მაგრამ, ამასთან ერთად, ასევე ცნობილია მრავალი მავნე მწერი, რომლებიც მდგრადია საველე პირობებში ჩატარებული დამუშავების მიმართ). მტაცებლის ძებნა ხდება ნემატოდების როგორც პასიური, ასევე უპირატესად აქტიური მოქმედების შედეგად. მასპინძლის აქტიური ძიების განმსაზღვრელი ძირითადი ფაქტორები მოიცავს ნიადაგის ფორიანობას მის ტენიანობასა და ტემპერატურას, ასევე მოყვავილე მცენარეების ფესვთა სისტემის სიმკვრივეს.

ამრიგად, თიხნარ ნიადაგებზე ნემატოდების მიგრაციის უნარი მცირდება მისი უმნიშვნელო ფორიანობის გამო. [Walker 1984 54]. ნემატოდების ზოგიერთი სახეობა აქტიურია ტემპერატურის გარკვეულ დიაპაზონში და ნიადაგის ტიპის მიხედვით. მაგალითად, ზოგიერთ შტაინერნემატიდის ბიოტიპს შეუძლია დააინფიციროს მასპინძელი 7°C ტემპერატურაზე. შტაინერნემას ზოგიერთი სახეობა აინფიცირებს მსხვერპლს ქვიშიან ნიადაგში ტემპერატურის ფართო დიაპაზონში - 5-დან 25°C-მდე, თუმცა ოპტიმალური რეჟიმია 15-20°C ეკნ.-ს *Steinernema glaseri*-სთვის სასარგებლოს წარმოადგენს საკვების დაგროვება და კვება მცენარეთა ფესვთა ზონაში. [Bird 1986 511 -516]. ენტომოპათოგენური ნემატოდების ქცევითი რეაქციების შესწავლამ ნიადაგის ტიპის მიხედვით აჩვენა, რომ მიგრაციის აქტივობა და მასპინძლის ძიება დამოკიდებულია მათ შემადგენლობაზე. მაგალითად, თიხიანი კომპონენტების მატებასთან ერთად მცირდება მსხვერპლის ინფიცირების ინტენსივობა. *G. mellonella* *S. feltiae*-თი ინვაზიის ხარისხი ქვიშიან, ბადის და შერეულ ნიადაგებში შეადგენდა შესაბამისად 1.22%, 2.11% და 1.94%-ს (ნემატოდების საშუალო რაოდენობა თითოეულ მასპინძელზე). ინვაზიის შემზღვეველ ფაქტორს ასევე წარმოადგენს ტემპერატურაც. მისი მაჩვენებლისა და ასევე მსხვერპლის ასაკიდან გამომდინარე, მაგალითად, *Diaprepes abbreviatus*-ს (Coleoptera: Curculionidae) - ციტრუსის, შაქრის ლერწმის, ბოსტნეულისა და დეკორატიული კულტურების საშიში მავნებლის ინვაზია, მერყეობს 0-დან 80%-მდე [Duncan, McCoy 1996 69-78, Shapiro et al., 1999 1086-1092]. მისი უფროსი ასაკის ლარვები ნაკლებად მგრძნობიარეები არიან ნემატოდური ინფექციის მიმართ. თავის მხრივ, ნემატოდებმა გამოავლინეს უფრო ნაკლები ინვაზიური აქტივობა 21°C-ზე, ვიდრე 24-27°C-ზე. ამ პარამეტრებში

არსებითი განსხვავებები ასევე გამოვლინდა მათი სხვადასხვა სახეობებისათვის. მაგალითად, *H. indica*-მ გამოავლინა უფრო მეტი ინვაზიური აქტივობა, ვიდრე *H. bacteriophora*-მ საშუალო ასაკის ლარვების (50 დღის ასაკის) მიმართ ყველა ტესტირებული ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში, და უფრო მაღალი აქტივობა, ვიდრე ნემატოდების 2 სხვა სახეობის 20 დღის ასაკის ლარვებში 24°C ტემპერატურაზე. *H. bacteriophora*-მ გამოავლინა უფრო მეტი ვირულენტობა *S. riobrave*-თან შედარებით 20-დღიანი ლარვების მიმართ 24°C-ზე, მაშინ როდესაც ამ უკანასკნელში ეს მაჩვენებელი უფრო მაღალია, ვიდრე *H. bacteriophora*-თან 50-დღიანი ინდივიდებისთვის 21°C-ზე. მსხვერპლის სხეულში რეპროდუქციის ყველაზე მაღალი დონე აღინიშნება *H. indica*-თვის, შემდეგ მოდის *H. bacteriophora*. მსგავსი ურთიერთობები დარეგისტრირდა სხვა ობიექტებზეც. მაგალითად, *Spodoptera frugiperda* და *S. littoralis*-სი (*Lepidoptera: Noctuidae*) ნემატოდებთან [Glazer 1992 90 – 94,], *S. carpocapsae*-თან.

5.4. ნიადაგის ფაქტორი

მიუხედავად იმისა, რომ დრენირებული, ქვიშიანი, კარგად განიავებადი ნიადაგები ხელს უწყობენ ნემატოდების განვითარებასა და შენაჩუნებას. სტატისტიკური კავშირი ინვაზიის ხარისხსა და ნიადაგის ტიპს შორის გამოვლენილი არ არის.

აღმოჩნდა, რომ ენტომოპათოგენური ნემატოდების აქტივობა ასევე განსხვავებულია სხვადასხვა საკვები ელემენტების შემცველ ნიადაგებში. ამრიგად, ნაჩვენებია, რომ ორგანული სასუქების შეტანის შემდეგ ნაკელის ან კომპოსტის სახით (თითოეული 31 და 62 ტ/ჰა), რომელიც შეიცავს 1,4% აზოტს - 260-560 კგ/ჰა, *S. carpocapsae* -ით ინფიცირებული *Agrotis ipsilon* ინდივიდების რაოდენობა შემცირდა 11-25%-ით [Shapiro.... 1999 92] ინვაზიური სტადიების მგრძობიარობამ სტრესის ზემოქმედების მიმართ შეიძლება შეამციროს მათი, როგორც ბიოკონტროლის საშუალების ეფექტურობა [Gaugler....1990 365]. მაგალითად, მათი სახეობების უმრავლესობის ინფექციურობა და განვითარება ინჰიბირდება 30°C-ზე მაღალ

ტემპერატურაზე. ამ მხრივ დიდი მნიშვნელობა აქვს სხვადასხვა კლიმატურ და პოპულაციურ ფაქტორებთან ადაპტაციის მაღალი პოტენციალის მქონე იზოლატების მოძიებასა და შეფასებას [Bedding 1984 117–120]. ჩვენს მიერ აღმოჩენილმა ჰეტერორაბდიტიდების იზოლატებმა გამოავლინეს გაზრდილი თერმოტოლერანტობა ლაბორატორიულ პირობებში ბევრმა მათგანმა შეინარჩუნა ეფექტური ინფიცირების უნარი დაბალი ტენიანობის დროს. ექსპერიმენტების შედეგად ავტორებმა გამოავლინეს 3 ჰეტერორაბდიტიდის და მათი იზოლატის ინვაზიური ლარვები, რომლებიც გამოირჩეოდნენ *S. riobraves*-თან შედარებით აღნიშნული პარამეტრების მიმართ გაზრდილი გამძლეობით. ისინი რეკომენდირებულია სელექციისათვის ახალი სახეობების მიღების მიზნით.

ზოგიერთ ლარვებს შეუძლიათ შეინარჩუნონ სიცოცხლისუნარიანობა რამდენიმე წლის განმავლობაში 0,01% ფორმალინის ხსნარში 5-7°C ტემპერატურაზე და 30 წამის განმავლობაში O₂-ით პერიოდული აერაციის პირობებში (თვეში ერთჯერ), და რამდენიმე წლის განმავლობაში წყლიან განიავებად გარემოში 50°F ტემპერატურაზე.

აღმოჩნდა, რომ პარაზიტულ ნემატოდებს შეუძლიათ გაუძლონ შენახვას +6°C-ზე პრაქტიკულად მათი ინვაზიური აქტივობის შემცირების გარეშე [Goude and Hague, 1995 395 - 401]. ნიადაგში შეტანის შემდეგ აღმოჩენილია, რომ *Steinernema carpocapsae* ნემატოდას შეუძლია აქტივობის შენარჩუნება ნიადაგში მსხლის ცხვირგრძელას *Carposina niponensis* Wals-ის ლარვების წინააღმდეგ 25 დღეზე მეტი დროის განმავლობაში გამოვლენილია დიფერენცია ინვაზიური აქტივობის შენარჩუნების ხანგრძლივობის მხრივ ერთი სახეობის სხვადასხვა ხაზებს შორის. ამგვარად, ნიადაგის დამუშავების შემდეგ, ნიადაგში დაგროვების ყველაზე მაღალი მაჩვენებლით გამოირჩეოდა *H. bacteriophora* – NC-ს ხაზი, რომელიც აღმოჩენილია მკვდარი ინდივიდების 23 - 70%-ში 7 დღის შემდეგ, ხოლო 46 - 76%-ში 30 დღის შემდეგ. 2 თვის შემდეგ ენტომოპათოგენური ნემატოდებით ინფიცირებულთა რაოდენობა მცირდებოდა 31-43%-მდე. ამრიგად, ჩანს, რომ *H. bacteriophora*-ით დაინფიცირებული ცვილის დიდი ჩრჩილის *Galleria mellonella*-ს ინფიცირებული მატლების რაოდენობა დამოკიდებულია არა მხოლოდ მისი პოპულაციის

ინდივიდუალურ მგრძობელობაზე და დაინფიცირების ვადაზე, არამედ ნემატოდების ადგილობრივი ხაზების ინვაზიურ აქტივობაზეც. [Shields 1999 128 – 136].

შეფასებულ იქნა სამცხე-ჯავახეთის სხვადასხვა გეოგრაფიულ ლოკაციებზე ნემატოდების ინვაზიური აქტივობა, მწერი-მასპინძლის დასნებოვნების მეშვეობით 10°-დან 30°C-მდე ტემპერატურულ დიაპაზონში. რაბდიტოიდური ენტომოპათოგენური ნემატოდების სხვადასხვა სახეობებში, მათი ინვაზიური აქტიურობის ტემპერატურული საზღვრების ცვლილებით გამოვლინდა მნიშვნელოვანი განსხვავებები. Steinernematidae-ს და Heterorhabditidae-ს ოჯახების ენტომოპათოგენური ნემატოდები ამჟამად განიხილებიან, როგორც ეფექტური ბიოლოგიური ბრძოლის ორგანიზმები, რომლებიც გვეხმარებიან ვაწარმოთ დაცვა მავნე მწერებისგან ეკოლოგიურად უვნებელი მეთოდით. ნემატოდების ამ ოჯახის წარმომადგენლები ბინადრობენ ნიადაგში და შეუძლიათ მავნე მწერი-მასპინძლის ფართო სპექტრის დაინფიცირება [Kaya 1990 189- 198,]. ამ ეპნ ნემატოდების ქცევა, როგორც ნიადაგში, ასევე მცენარეთა ფოთლის ზედაპირზე მნიშვნელოვნად განისაზღვრება გარემოს ტემპერატურით. ნემატოდების მე-3 ხნოვანების ინვაზიურ ლარვებს შეუძლიათ აქტიურად ეძებონ მწერი-მასპინძელი და შემდგომ მასში შეღწიონ 10-დან 30°C-მდე ტემპერატურაზე, რადგან სწორედ ეს ტემპერატურული დიაპაზონია საჭირო, რომ ნემატოდამ გამოავლინოს თავისი მაქსიმალური ინვაზიური თვისება სავსე პირობებში, ამ პარაზიტების ინვაზიური ლარვების აქტივობის გამოვლენის ქვედა თერმული ზღვარი (10°C), რომელიც ახლოსაა ნიადაგის ბუნებრივი ტემპერატურის მაჩვენებელთან [Georgis 1991 29=32] , Gaugler 1991 713 - 720]. მწერების აქტიური გამრავლების დროს უშედეგოა მცდელობები მოვახდინოთ ნემატოდების „აკლიმატიზაციაზე“ ხოლო ნემატოდების ინვაზიური აქტიურობა ამ პერიოდში არის დაბალი, ანუ სცდება ნემატოდების აქტიური ცხოველქმედებისთვის ტემპერატურულ დიაპაზონს, მის ოპტიმუმს და, შესაბამისად, წარუმატებელია ან ნაკლებად ეფექტურია ამ პერიოდში ისინი გამოვიყენოთ, როგორც ბიოლოგიური ბრძოლის ერთერთი საშუალება. ამავე დროს, ვარაუდობენ, რომ ნემატოდების ტემპერატურული რეაქციის შეცვლა შეიძლება

მიღწეული იყოს მუტაციის შედეგად. ასევე მეცნიერებმა ივარაუდეს, რომ შესაძლებელია ნემატოდების შესაბამისი სახეობების მოძიება, რომლებიც ბინადრობენ ცივ ნიადაგებში .[Burmam ... 1980 258 - 265];

ამ კვლევის მეშვეობით ჩვენ შევისწავლეთ ენტომოპათოგენური ნემატოდების ინვაზიურ აქტიურობაზე ტემპერატურის გავლენა სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის სხვადასხვა ბუნებრივ ჰაბიტატებში.

თავი VI

6.1 ბაქტერიების ფუნქციური როლი ნემატოდების კომპლექსში

ნემატოდების წარმატებული განვითარება მასპინძლის ნაწლავურ სისტემაში მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია *Xenorhabdus*-ის გვარის ბაქტერიების აქტივობაზე [Akhurst 1980 121, 1983 258-263] და მიუხედავად იმისა, რომ შტაინერნემებს შეუძლიათ ურთიერთქმედება, ასევე გრამუარყოფითი ბაქტერიების სხვა ტიპებთანაც, ბაქტერიების გამრავლების ეფექტურობა გაცილებით მაღალია *Xenorhabdus*-ის წარმომადგენლებთან. ეს უკანასკნელები მწერების მიმართ ძლიერ პათოგენურები არიან. ზოგჯერ 10 ბაქტერიული უჯრედიც კი საკმარისია მწერის სიკვდილისათვის [Akhurst ...1990 75-92]. ყველაზე ხშირად, სწორედ მამრ ლარვებს შეჰყავთ სიმბიოზური ბაქტერიები მწერის ჰემოლიმფაში. დღეისათვის აღწერილია ბაქტერიის *Xenorhabdus* გვარის რამდენიმე სახეობა: *X. nematophilus*- *S. carpocapsae*-ში, *X. bovienii* - *S. feltiae*-ში, *S. kraussei* და *S. affine*, და *X. poinarii*-*S. glaseri*-ში. შესაძლებელია სხვა კომბინაციების შექმნაც. ამავდროულად, ზოგიერთ მათგანთან, მაგალითად, *S. glaseri*- *X. bovienii*-თან, ნემატოდები საკმაოდ კარგად ვითარდებიან. დადგენილია, რომ ბაქტერიებს აქვთ 2 ფაზა, და შესაძლებელია ერთიდან მეორეში გარდაქმნა. სიმბიოზურ კომპლექსში ძირითადი როლი ეკუთვნის განვითარების პირველი ფაზის ბაქტერიებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ მასპინძლის იმუნური სისტემის განადგურებას და შეუძლიათ შეჩერება ფორმირებადი ინვაზიური ლარვების შიგნით. აღმოჩნდა, რომ *S. feltiae* - ს ნემატოდების ინფექცია ბაქტერიებით განვითარების პირველ ფაზაში იწვევს ინვაზიური ლარვების რაოდენობის 7-ჯერ გაზრდას. ბაქტერიების მეორე ფაზასთან შედარებით. როგორც ჩანს, ეს გამოწვეულია პირველების მიერ ანტიბიოტიკური ნაერთების უფრო ეფექტური გამოყოფით, რომლებიც გამორიცხავენ უცხო მიკროორგანიზმების შეღწევასა და განვითარებას. [ლორთქიფანიძე 2006 87].

დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ ბუნებრივ პირობებში მოპოვებული თითქმის ყველა შტაინერნემას ლარვა შეიცავს სწორედ პირველი ფაზის ბაქტერიებს.

ნემატოდების მსხვერპლში შეღწევა ყოველთვის არ იწვევს მათ გამრავლებას. ზოგიერთ შემთხვევაში, ადგილი აქვს მწერების სხეულში ინკაფსულირებას. თუმცა, ამ შემთხვევაში, თუ ბაქტერიები უკვე შეტანილია ნემატოდის მიერ, მწერი კვდება. თითოეულ სახეობას აქვს ინვაზიური და ინფექციური დატვირთვის საკუთარი საზღვრები, რაც მიუთითებს გამძლეობის განსხვავებულ დონეებზე. სასიცოცხლო ციკლის ერთადერთ თავისუფლად მცხოვრებ სტადიას წარმოადგენენ ინვაზიური ლარვები, რომლებსაც პარაზიტებისა და მტაცებლების მსგავსად აქვთ ქემორეცეპტორები, არიან უკიდურესად მოძრავები, აქვთ მაღალი რეპროდუქციული პოტენციალი და ადვილად კულტივირდებიან *in vitro*. ინვაზიური ლარვები აღწევენ მსხვერპლის სხეულში საკვებთან ერთად ან სპიკულების, ანალური ხვრელის და, უფრო იშვიათად სეგმენტებს შორის საფარველის გავლით. მწერების სხეულში შეღწევისას მათ შეჰყავთ ბაქტერიები, რომლების აქტიური გამრავლება ჰემოლიმფაში იწვევს სწრაფ სიკვდილს (Gaulger...1990 365). პირველი თაობის ნემატოდის სასიცოცხლო ციკლი ბაქტერიების არსებობისას 4-8 დღე გრძელდება. მათი არარსებობისას კი ციკლის ხანგრძლივობა იზრდება თითქმის 4-5-ჯერ, ხოლო ნემატოდების ნაყოფიერება მცირდება თითქმის 10-ჯერ. მათ ახასიათებთ მასპინძელი მწერის ფართო სპექტრი ერთ მწერში ვითარდება 1-დან 3 თაობამდე, ნემატოდები, რომლებიც წარმოადგენილია ორივე სქესით. ამავდროულად პირველი თაობის მდედრები 2-3-ჯერ უფრო დიდები არიან, ვიდრე მომდევნო თაობის მდედრები. ბაქტერიების მიერ ანტიბიოტიკური ნაერთების გამოყოფის გამო, მწერის მკვდარ სხეულში არ აღინიშნება გახრწნის პროცესები და ის მუმიფიცირდებიან. საკვები ნივთიერებების მარაგის ამოწურვის შემდეგ, ნემატოდები წარმოქმნიან ინვაზიურ ლარვებს, რომლებიც მიგრირებენ ნიადაგში ახალი მსხვერპლის მოსაძებნად. მათ საკუთარი რესურსების გამოყენებით შეუძლიათ ნიადაგში დიდი ხნის განმავლობაში არსებობა. ტენიან გარემოში 0°-დან 10°-მდე ტემპერატურაზე, ეს პერიოდი შეიძლება შეადგენდეს რამდენიმე თვიდან რამდენიმე წლამდე. 38°C ტემპერატურაზე ისინი კვდებიან ერთი საათის განმავლობაში. შტაინერნემატიდების ინვაზიურ ლარვებს შეუძლიათ სხვადასხვა მწერების დაინფიცირება, თუმცა მათი განვითარება ამ მწერებში ყოველთვის არ სრულდება.

6.2. შიდასახეობრივი კონკურენცია

ენტომოპათოგენური ნემატოდები ზოგჯერ გვხვდებიან სიმპატრიულად, ანუ ერთდროულად ერთი სახეობის 2-ზე მეტი პოპულაციის სახით შტაინერნემატიდების სახეობებს შეუძლიათ წარმატებით პარაზიტირება ერთ მასპინძელში, მაგრამ ჰეტერორაბდიტიდებს შტეინერნემატიდებთან ერთად ეს არ შეუძლიათ. ვარაუდობენ, რომ მათი შეუთავსებლობის მთავარი მიზეზი სწორედ მუტუალისტური ბაქტერიებია, რომლებიც სპეციფიკურია გარვეული გვარის ნემატოდებისთვის. *Beauveria bassiana*-სა და ენტომოპათოგენურ ნემატოდებს შორის შიდასახეობრივი კონკურენციის პრობლემების შესწავლა მიუთითებს, რომ ისინი არ არიან თავსებადი ერთსა და იმავე მასპინძელში ამავდროულად, ნემატოდები არ უწევენ კონკურენციას სოკოებს, რომელთა გამოდევნის მექანიზმი განპირობებულია, როგორც აღინიშნა, ბაქტერიების მიერ გამოყოფილი ანტიბიოტიკური ნივთიერებებით. სოკოებს და ნემატოდებს შეუძლიათ თანაარსებობა ნიადაგში, რადგანაც ამ უკანასკნელებს არ იზიდავენ უკვე ინფიცირებული მასპინძლები [Barbercheck... 1991 582 – 589].

ნემატოდების გამრავლების მცდელობები ინფექციური მასალის წარმოებისთვის ხორციელდებოდა დიდი ხნის განმავლობაში [White. 1927 302-303]. თუმცა, ეს სამუშაოები აწყდებოდა არაერთ ტექნოლოგიურ სირთულეს. კერძოდ, სუბსტრატის შერჩევა და მათი მასობრივი განვითარებისათვის ოპტიმალური გარემო პირობების შექმნა და ბოლოს, მიღებული ინვაზიური მასალის შენახვის რეჟიმების განსაზღვრა, გამოყენების მომენტამდე მისი აქტივობის შემცირების გარეშე. ნემატოდების პირველადი გამოყოფა ჩვეულებრივ ხორციელდება ველზე შეგროვებული მკვდარი დაავადებული მავნებელი ინდივიდებისგან. ეს პროცედურა დაკავშირებულია ცნობილ სირთულეებთან ნემატოდებისგან დაღუპული ობიექტების პოვნაში და მათგან ინფექციური ლარვების გამოყოფის მიზნით მათი კულტივირების შემდგომ ეტაპებთან, მასის დამუშავებასთან და ბიოლოგიურ პროდუქტად გამოყენებასთან, და ასევე შენახვასთან დაკავშირებით მათი აქტივობის დაკარგვის გარეშე. ამიტომ მათ მისაღებად შემოთავაზებულია სხვადასხვა

მეთოდები, რომლებიც იძლევიან ენტომოპათოგენური ნემატოდებით ნიადაგის ბუნებრივი დასახლების განსაზღვრის საშუალებას. ამისათვის, ნიადაგში (ან მის ნიმუშებში ნებისმიერი ნაკვეთიდან) პლასტმასის მილებში ან თხელი ზადის პარკებში (მეტალის ან კაპრონის) რამდენიმე დღით (ჩვეულებრივ 7 დღემდე) ათავსებენ დიდი მწერების, მაგალითად, ცვილის დიდი ჩრჩილის *G. mellonella* (L.) ლარვებს ან მატლებს. შემდეგ ხდება მკვდარი ინდივიდების გაანალიზება ნემატოდებით ინვაზიის მხრივ. გვამებიდან აქტიური ინვაზიური ლარვების გამოყოფის შემდეგ, ცოცხალი ცვილის ჩრჩილის ლარვებს კვლავ აინფიცირებენ მათი სუსპენზიით 23°C ტემპერატურაზე.

გამოცდილ იქნა ქერცლფრთიანების სხვადასხვა წარმომადგენელი, როგორც ნემატოდების გამრავლების ობიექტები - ცვილის დიდი ჩრჩილი *Gralleria mellonella*, კომბოსტოს ხვატარი *Mamestra brassicae*, ხეშემფრთიანების ლარვები - ფქვილის ღრაჭუკა *Tenebrio molitor*, ქერქიჭამიები *Sexdentefus acumrnatus*.

6.3. ნემატოდების *in vivo* და *in vitro* კულტივირების მეთოდები

ენტომოპათოგენური ნემატოდების კულტივირებისას ყველაზე ფართოდ გამოიყენება *G. Mellonella* ლარვები, ისევე როგორც სხვა მგრძნობიარე მასპინძლები - კომბოსტოს ხვატარი (*Mamestra brassicae*), ფქვილის ღრაჭუკას ლარვები (*Tenebrio molitor*), ქერქიჭამიები (*Ips sexdentetus*, *I. acuminatus*), ლაბორატორიულ პირობებში შესაძლებელია *S. feltiae*-ს 200 ათასამდე და *H. bacteriophora*-ს 350 ათასამდე ინვაზიური ლარვის მიღება [Dutky 1964 417 - 422].

გამოხატული დიაპაუზის არარსებობის გამო, ცვილის დიდი ჩრჩილის მატლები (*G. mellonella*) რჩებიან ყველაზე მოსახერხებელ ობიექტად ენტომოპათოგენური ნემატოდების ლაბორატორიაში კულტივირებისთვის [Dutky..., 1964 417-422.]. ცვილის დიდი ჩრჩილის მატლების (*G. mellonella*)-ზე ნემატოდების კულტივირება ხდება ყველაზე ხშირად White-ის (1927) მეთოდით. (*Heterorhabditis*)-ით ინფიცირებული ლარვები ადვილად გამოსარჩევია, რადგანაც ისინი იძენენ წითელ-ყავისფერ შეფერილობას და ლპობის სუნს.

ნემატოდების კულტივირება ხდება სიბნელეში. მნიშვნელოვანია იმის გათვალისწინება, რომ ენტომოპათოგენური ნემატოდები, კერძოდ *Heterorhabditis*-ს გვარიდან, თავს უკეთ გრძნობენ CO₂-ით და სხვა გაზოვანი ნივთიერებებით გაჯერებულ ნიადაგში, რომლებიც წარმოიქმნება ლპობის დროს. ინფიცირებული ვარდის ჭიის ლარვების ლაბორატორიაში კულტივირებისათვის შემოთავაზებული იყო ხორბალ-ბაქტერიული რეცეპტი. ეს იძლევა ენტომოპათოგენური ფორმების ინვაზიური ლარვების მასის დაგროვების საშუალებას. საერთო ჯამში, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ნემატოდების წარმოების წარმატება *in vivo* სისტემაში, მათი რეპროდუქციის დონე და ინფექციურობა დამოკიდებულია ისეთ ფაქტორებზე, როგორცაა მასპინძლის ზომა, ასაკი და მგრძობიარობა, ასევე გამოყენებული ინოკულუმის აგრესიულობა და დოზა.ამჟამად შემოთავაზებულია რამდენიმე მეთოდი მასპინძლის სხეულის გარეთ ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოსაყვანად. ისინი, როგორც წესი, ემყარება მეფრინველეობის ნარჩენების ჰომოგენატების გამოყენებას და შესაფერისია მცირე ლაბორატორიული წარმოებისთვის. ხოლო მსხვილი კომპანიები (მაგალითად, Biosys), ახორციელებენ შტაინერნემატიდების კულტივირებას დიდ კონტეინერებში (რამდენიმე ტონამდე) ნიადაგით, რომელიც ერთდროულად ხელს უწყობს *Xenorhabdus*-ის გვარის ბაქტერიებისა და ნემატოდების ინვაზიური ლარვების განვითარებას. ბევრი უცხოური ლაბორატორია აქტიურად იყენებს იაფ ხელოვნურ ნიადაგს შტაინერნემატიდებისა და ნაწილობრივ ჰეტერორაბიტიდების გამოსაყვანად [Bedding 1981 109-114]. მაგალითად ჩინეთში წარმატებით იყენებდნენ იხვის ხორცისა და შიგნეულობის ნაჭრებს, რომლებიც ჰომოგენიზირდება მოხარშვისა და სტერილიზაციის შემდეგ 120°C-ზე. მიღებულ მასას, მაგალითად, შტაინერნემატიდებისთვის, განაზავებენ სტერილური წყლით 8:2 თანაფარდობით. ჰეტერორაბიტიდების გამოსაყვანად თანაფარდობა იცვლება (7:2) და ემატება ძროხის ცხიმის 1 წილი. მიღებული ნარევით იყვინთება პარალონის ღრუბლის პატარა ნაჭრები (1 სმ დიამეტრის) თანაფარდობით ჰომოგენატის 12-13 წილი მის 1 წონით წილზე. შემდეგ 100 - 150 გ-იანი პარტიები თავსდება კოლბებში და სტერილიზდება 120°C-ზე 20 წუთის განმავლობაში. გაციების შემდეგ უმატებენ 5 მლ *Xenorhabdus* -ის

ბაქტერიების სუსპენზიას ან ხორც-პეპტონის ბულიონში გამოზრდილი *Xenorhabdus*-ს და აჩერებენ 2-3 დღის განმავლობაში 25°C-ზე. სტერილიზაციისთვის 2 - 3 საათის განმავლობაში იყენებენ მერტიოლატის 0,1% ხსნარისა და 5000 ერთეული/მლ სტრეპტომიცინის ნარევეს, რის შემდეგაც ნემატოდებს რეცხავენ სტერილური წყლით.

ხელოვნური საკვები არე უკვე გამოიყენება ინვაზიური ლარვების მასობრივი მიღებისათვის, მაგალითად, *Steinernema carpocapsae*, პეპტონის (1 გ პეპტონი, 0,2 გ KH_2PO_4 , 0,1 გ MgSO_4 , 5 გ დექსტროზა, 1,5 გ აგარი-აგარი, 100 მლ დისტილირებული H_2O) ან კვერცხის (35 გ კვერცხის ფხვნილი 100 მლ დისტილირებული H_2O -ზე) საკვები არეები. ნემატოდების გამრავლება ძლიერდება, თუ პეპტონური საკვების ჩასხმისა და გამყარების შემდეგ პეტრის ფინჯანში დავამატებთ ღორის მოხარშულ თირკმელს ან ღვიძლის პატარა ნაჭერს.

Steinernema carpocapsae, ნემატოდების გამრავლებისა და შენარჩუნების ობიექტების სახით რეკომენდებულია ქერცლფრთიანების სხვადასხვა წარმომადგენელი - ცვილის დიდი ჩრჩილი (*Galleria mellonella*), კომბოსტოს ხვატარი (*Mamestra brassicae*), ხეშეშფრთიანების ლარვები - ფქვილის ღრაჭუკა (*Tenebrio molitor*), ქერქიჭამიები (*Ips sexdentatus*, *I. acuminatus*), ბზუალა ხოჭოები (*Carabidae* spp.). ენტომოპათოგენური ნემატოდების წარმოებისთვის ასევე შესაძლებელია აბრეშუმის ჭიის ქიაცელების გამოყენებაც. ამგვარად, ამკარაა, რომ ნემატოდების მავნებლების ბიოკონტროლის საშუალებად გამოყენების პრობლემის წარმატებით გადაჭრისთვის, მათი მასობრივი წარმოებისთვის საჭიროა თანამედროვე ტექნოლოგიების შემუშავება.

Georgis-ის და Hague-ის (1991) გამოთვლების მიხედვით, ბაღებში, მაგალითად, იაპონური ხოჭოს გასანადგურებლად საჭიროა $7,5 \times 10^9$ *S. carpocapsae*-ს ლარვა ყოველ ჰექტარზე, ხოლო პალმის წითელი ცხვირგრძელას საკონტროლოდ მინიმუმ - 2×10 ინდივიდი/ჰექტარზე. ასეთი რაოდენობის ინფექციური ლარვების წარმოება *in vivo* რთულია მაღალი ხარჯების გამო. სწორედ ამიტომ, ძირითადი ძალისხმევა მიმართულია ნემატოდების *in vitro* გამრავლების ტექნოლოგიების გაუმჯობესებაზე მყარ და თხევად საკვებ არეებში. ნაჩვენებია, რომ დღეისათვის ეკონომიკურად უფრო მომგებიანია შტაინერნემატიდების მოშენება თხევად კულტურაში ბიორეაქტორებში

15,0 - 80,0 ათასი ლიტრი მოცულობით, რომლებშიც ნემატოდების გამოსავალია 100 ათასი ინდივიდი/მლ ყოველ 16 დღეში. ასეთი საკვები არეების შემადგენლობაში შედის ვიტამინები, მინერალური მარილები, ცილოვანი ნივთიერებები და ცხიმები [Shapiro-Ilan 2012 44(2): 206] ჰეტერორაბდიტიდების გამოყვანა უმჯობესია მყარ საკვებ არეებზე, თუმცა ხარჯები 2-3-ჯერ იზრდება [Georgis-and Hague 1991 29-32]. ისინი ჩვეულებრივ შეიცავენ თირკმელების და ქათმის ხორცის ნარჩენების ჰომოგენატებს ყოველ 2-3 კვირაში შტაინერნემატიდებისთვის და 3-4 კვირაში ჰეტერორაბდიტიდებისთვის, ინფექციური ლარვების გამოსავალი შეადგენს 300 ათას/გ.

წარმოებული მასალა, კერძოდ *S. carpocapsae*, ინარჩუნებს თავის აქტივობას მაცივარში (5 - 8°C) შენახვისას 12 თვემდე და ოთახის ტემპურატურაზე არ კარგავს თავის ინფექციურ თვისებებს 5 თვემდე პერიოდში [Georgis, 1990 365]. მყარი კულტურების შენახვის ვადის გასაზრდელად მაცივრის არარსებობის შემთხვევაში, გამოიყენება ისეთი კომპონენტები, როგორცაა აქტივირებული ნახშირი, პოლიაკრილამიდის გელი და ალგინატი [Gaugler.... 1991 29-32].

ამჟამად, ზოგიერთი ფირმები მაგალითად, Biosys Inc (Columbia MD), აწარმოებენ *S. roibrave*-ის პრეპარატებს წყლიანი სუსპენზიის სახით. მყარ ნიადაგებზე აწარმოებენ კულტურებს *H. bacteriophora* Erogen) და Hydro Garden (Colorado). პირველი იყენებს თიხის, ხოლო მეორე ღრუბლოვან სუბსტრატებს [Coude et al. 1999 531 -537].

6.4. ენტომოპათოგენური ნემატოდები, როგორც ბიოლოგიური

ბრძოლის ფაქტორი

ენტომოპათოგენურ ნემატოდებზე დამყარებული პრეპარატები ეკოლოგიურად უსაფრთხოებს განეკუთვნება. სპეციალური ექსპერიმენტებით დადგენილია მათი პრაქტიკული უვნებლობა თბილ სისხლიანი ცხოველებისთვის და ამიტომ, მაგალითად, აშშ-ში და რიგ სხვა ქვეყნებში მათი გამოყენებისთვის ტოქსიკო-ჰიგიენური კონტროლი საჭირო არ არის. მავნე ბიოტას ფართო და მრავალფეროვან სპექტრში პარაზიტირების უნარმა (მწერები, ობობასნაირები,

ლოქორები და ა.შ.) და ასევე მათი მასობრივი გამრავლების, ნიადაგში ხანგრძლივად ცოცხლად გადარჩენის, ტრანსპორტირებისა და ჩვეულებრივი აპარატურით გამოყენების შესაძლებლობამ გამოიწვია დიდი ინტერესი ნემატოდების ამ ჯგუფის მიმართ. ენტომოპათოგენური ნემატოდები წარმოადგენენ გარკვეულ კომერციულ ღირებულებას და მავნე მწერების სახეობების პოპულაციების ეფექტურ მარეგულირებელს. ყველაზე დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობისაა ორი სახეობა *S. carpocapsae* და *S. glaseri*. ამჟამად *S. carpocapsae*-ზე დამყარებული პრეპარატები უკვე გამოიყენება კარტოფილის (*Leptinotarsa desemlineata*), კომბოსტოს (*Barathra brassicae*, *Pieris brassicae*), სიმინდის (*Spodoptera littoralis*), ზამბის (*Heliothis nipposcens*), ბრინჯის (*Carposina nipponensis*) და სხვა მავნებლების წინააღმდეგ. მათი გამოყენება ტყის ჯიშების მავნებლების წინააღმდეგ ძალიან პერსპექტიულია, გააქტიურდა მუშაობა ყველაზე ეფექტური რასების შერჩევაზე. ნაჩვენებია, რომ სხვადასხვა ტაქსონომიური ჯგუფის მწერები დიფერენცირდებიან ნემატოდების ცალკეული სახეობებისა და ასევე მათი რასების მიმართ მგრძნობიარობის ხარისხით. ქერცლიანფრთიანების და ხეშეშფრთიანების რიგის წარმომადგენლები ყველაზე მგრძნობიარეები არიან, ხოლო სიფრიფანაფრთიანები კი ყველაზე ნაკლებად მგრძნობიარეები.

ენტომოპათოგენური ნემატოდები ყველაზე ეფექტურად თრგუნავენ მცენარეთა მიწისქვეშა ორგანოების მავნებელ მწერებს. ნიადაგში მათი შეყვანიდან ერთი წლის შემდეგაც კი ისინი ინარჩუნებენ მასპინძლების დაინფიცირების უნარს. დახურული გრუნტისთვის რეკომენდებულია ხანგრძლივი ეფექტის მქონე *S. feltiae*-ს ნემატოდები. მათმა ბიოლოგიურმა ეფექტურობამ შეადგინა 98,3%. მნიშვნელოვანია, ხაზგასმით აღვნიშნოთ, რომ შესაძლებელია ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოყენება იმ მავნებლების გასაკონტროლებლად, რომლების წინააღმდეგაც სხვა ბიოლოგიური აგენტები უეფექტო აღმოჩნდა, მაგალითად, სამოვრების მავნებელი *Pseudaletia unipunctata* (Haworth), რომლების წინააღმდეგაც ბაქტერიებიდან *B. thuringiensis* და *Trichogramma evanescens* (Westwood) მიღებული პრეპარატების გამოყენების მცდელობები წარუმატებელი აღმოჩნდა. ბიოაგენტები, როგორცაა *Glyptapanteles militaris*, Walsh) Hymenoptera: Braconidae) ასევე არაეფექტური

აღმოჩნდა. ზოგიერთ შემთხვევაში, პერსპექტიული *Bacillus popilliae* Dutky და *B. thuringiensis* Berliner-ის შტამები სწრაფად კარგავენ თავის ეფექტურობას.

ნემატოდების მიმართ პოტენციური ინტერესი *P. unpuncta*-თან საბრძოლველად დაკავშირებულია იმასთან, რომ ისინი პერიოდულად გამოიყოფოდნენ პორტუგალიაში საძოვრების ნიადაგის ნიმუშებიდან. თუმცა, შტეინერნემებისა და ჰეტერორაბდიტიდების ინფექციურობა Noctuidae-სა და სხვა Lepidoptera-ს წარმომადგენლების მიმართ გამოირჩევა სპეციფიკურობით. ამგვარად მნიშვნელოვანი განსხვავებები ვირულენტობის მხრივ დაფიქსირდა *S. carpocapsae*-ს 3 რასაში *Spodoptera frugiperda*-ს მიმართ [Fuxa.... 1988 91 – 95]. IS Heterorabditis sp სახეობამ გამოავლინა უფრო დიდი აქტივობა, ვიდრე *S. glaseri*-მ *S. littoralis*-ის მიმართ *S. exigua* და *P. unpuncta*-ს უმცროსი ასაკის სტადიების მგრძნობიარობა *S. carpocapsae*-ს მიმართ უფრო დაბალია, ვიდრე უფრო გვიანი განვითარების ლარვების მგრძნობიარობა მეორეს მხრივ, *Pieris rapae* (L.) -ს ლარვები უფრო ადვილად ინფიცირდებიან *S. carpocapsae*-ს ნემატოდებით, ვიდრე ჭუპრები და იმაგოები.

S. carpocapsae-ის „დდ-136“ ხაზის ზემოქმედებით *S. littoralis*-ის უფროსი ასაკის ლარვები ილუპებიან ზემოქმედების უფრო ხანგრძლივ პერიოდში, ვიდრე ახალგაზრდები *S. carpocapsae*-ს 3 ხაზის, ერთი *S. glaseri*-სა და ერთი *H. bacteriophora*-ის ხაზის ტესტირებისას სხვადასხვა ასაკის *P. unpuncta*-ს წინააღმდეგ, დადგინდა 4-6 ასაკის მწერების მგრძნობიარობა და ამავდროულად აღინიშნა ვარიაბელურობა პარაზიტობის, სიკვდილიანობის დონეებისა და ლეტალური გამოსავლის პერიოდის მხრივ ხაზის, ინოკულუმის კონცენტრაციისა და მასპინძლის ასაკის მიხედვით. ენტომოპათოგენური ნემატოდების 3 სახეობის ბიოლოგიური ეფექტურობის წინასწარი შესწავლა *S. littoralis*, *S. exigua* და *Bactocera rufocamulata*-ს მიმართ ჩატარდა ლაბორატორიულ პირობებში. ბოლო წლებში ენტომოპათოგენური ნემატოდები განიხილებიან ყველაზე პერსპექტიულ აგენტებად მავნე მწერების წინააღმდეგ. დადგენილია, რომ *S. carpocapsae*-ს შეუძლია შეაღწიოს დაუზიანებელ კუტიკულაში. ამავდროულად, ისინი აინფიცირებენ ყველა ასაკის მწერის ლარვებს, მაგრამ უფრო მეტად მე-2 ასაკის ლარვებს. თუმცა, ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოყენება ყოველთვის არ იძლევა კონტროლის სათანადო დონეს. ნემატოდების ეფექტურობის

გასაზრდელად ხდება მათი კომბინირება სხვა ბიოაგენტებთან და ქიმიურ პრეპარატებთანაც კი. მაგალითად, პრეპარატებით დამუშავების შემდეგ *B. popilliae* *Cyclocephala hirta* Le Conte და *C. pasadenae* Casey (Coleoptera: Scarabaeidae) ეზრდებათ მგრძნობიარობა ნემატოდების მიმართ. *B.thuringiensis*-ის ზოგიერთი შტამების და ინსექტიციდების მცირე დოზების გამოყენება ნემატოდებთან კომპლექსში პერსპექტიული აღმოჩნდა. ქიმიური პრეპარატების დაბალი კონცენტრაცია მოქმედებს სტრესის სახით, და ზრდის მგრძნობიარობას ბიოლოგიური აგენტების მიმართ კარტოფილის ნარგავების ერთჯერადი დამუშავება *S. carpocapsae*-ს სუსპენზიით ფენვალერატთან (fenvalerate) კომბინაციაში, იწვევდა კოლორადოს ხოჭოს პოპულაციის შემცირებას 31%-ით. ლაბორატორიულ პირობებში ასეთი დამუშავების ეფექტურობამ (დოზაზე 5 მილიონი ლარვა) მავნებლის მე-4 ასაკის ლარვების, ჭუპრებისა და იმაგოს წინააღმდეგ 100%-ს მიაღწია). შტაინერნემადებმა ასევე აჩვენეს მაღალი გამძლეობა ქიმიური ინსექტიციდების მიმართ [Poinar... 1979 64-317,]. მაგალითად, *S. glazeri* წარმატებით გამოიყენებოდა Scarabaeidae-ს ოჯახის ხოჭოების ნიადაგში მცხოვრები ლარვების წინააღმდეგ, ნემატოდა *S. feltiae* -ფარულად მცხოვრები მოცხარის ლოქორების მატლების წინააღმდეგ და *Spodoptera litoralis* მავნებლების წინააღმდეგ. აღინიშნა *Heterorhabditis* sp.-ით გამოწვეული *Helicoverpa armigera*-ს ლეტალური ეფექტურობა. ამგვარად, სხვადასხვა ბიოლოგიური აგენტების, მათ შორის ნემატოდების გამოყენება მავნებლების რაოდენობის გასაკონტროლებლად დაცვის ქიმიური მეთოდების პერსპექტიული ალტერნატივაა.

თავი VII

7.1 ენტომოპათოგენური ნემატოდების კულტივირება ხელოვნურ საკვებ არეებზე და მათი კონსერვირება.

მთელი საექსპერიმენტო პერიოდის განმავლობაში ჩვენ ვაწარმოებდით ენტომოპათოგენური ნემატოდების კულტივირებას ხელოვნურ საკვებ არეზე და მათ კონსერვირებას.

პირველად ხელოვნური საკვები არე სტეინერნემასთვის 1932 წელს გლასერის მიერ იყო შემოთავაზებული. მის შემადგენლობაში შედიოდა დექსტროზა, ხბოს ღვიძლის ექსტრაქტი, აგარის ნაყენი და საფუარი. პირველად ავტორი უმატებდა საკვებ არეს მსხვილფეხა რქოსანი ცხოველის საკვებებს ფხვნილს, რამდენიმე დათესვის შემდეგ გლასერი მასტიმულირებელი ნივთიერების სახით იყენებდა ბოლო ხნოვანების ლარვების ცხიმოვან ქსოვილს და ჰემოლიმფას.

სტეინერნემა გლასერი-ს კულტივირების ცდა *in vivo* პირველად ჩატარებული იყო ვაიზერის მიერ იაპონურ ხოჭოზე, მაგრამ შედეგი არადაამაკმაყოფილებელი აღმოჩნდა. დუტკიმ [Dutky 1964 417-422]; სტეინერნემა კარპოკაპსაესათვის პირველად გამოიყენა ცვილის ჩრჩილის ლარვები. ვერემჩუკმა [Веремчук 1976 1-22]; ტარაკანოვმა [1980, ყურაშვილმა, კაკულიამ, გურგენიძემ (1982); ცვლილებები შეიტანეს სტეინერნემა-ს კულტივირების მეთოდოლოგიაში.

2. სტეინერნემა კარპოკაპსაეს და ჰეტერორჰაბდიტის პოინარი-ს ლაბორატორიაში კულტივირებისას გ. კაკულიას და ნ. მიქაიას მიერ პირველად გამოყენებული იყო მყარი საკვები არე, ცვილის ჩრჩილის მუხლუხობი, რომლებიც კულტივირებული იყო ლაბორატორიაში [Heydak, 1936 29. 10-26].

მეთოდით. მწერების და მათ შორის ცვილის ჩრჩილის მატლების და ჭუპრების სიკვდილიანობის მაჩვენებელი განისაზღვრა ებოტის ფორმულის მიხედვით , კერძოდ, $C = (A-B)/A \cdot 100\%$, სადაც A-მწერების პოპულაცია ნემატოდური პრეპარატით დამაუშავებამდე, B-დამაუშავების შემდეგ, C- ბიოლოგიური ეფექტურობა. [Abbott 1925 18:265-267].

ნემატოდების კულტივირებისას ცვილის ჩრჩილის მატლებს ვასხურებდით ნემატოდების შემცველ წყლიან სუსპენზიას: 1 მლ-ში სტეინერნემას 250 ეგზემპლარის

შემცველობით. ინვაზირებას ვახდენდით შემდეგი მეთოდით: კიუვეტზე ვაფენდით ფილტრის ქაღალდს, ვასხურებდით სამუშაო სითხეს, ზემოთხსენებული პროპორციით, ვათავსებთ ბოლო ასაკის მატლებს. 24 საათის შემდეგ, ცვილის ჩრჩილის მატლები იღებდნენ ყავისფერ შეფერილობას და იხოცებოდნენ. დახოცილი მატლები გადაგვქონდა პეტრის ჯამზე, რომელშიც ჩაფენილი იყო ფილტრის ქაღალდი. პეტრის ჯამს ვდგამდით წყლიან კიუვეტში, რომელიც წარმოადგენდა ნემატოდების დამჭერს. კიუვეტების შიგთვეს ყოველდღე გადავწურავდით, რის შედეგადად ფილტრზე რჩებოდნენ ნემატოდები, რომლებსაც ვინახავდით მაცივარში +5-6°C ტემპერატურის პირობებში. ასე ხდებოდა ნემატოდების დაგროვება, ვიდრე არ დამთავრდებოდა ნემატოდების გამოსვლა დამჭერებიდან.

ნემატოდური სუსპენზიის, თითოეულ მილილიტრი მოიცავდა დაახლოებით 200-250 ნემატოდს. ასეთი მეთოდით 48 საათის შემდეგ ინვაზირდებოდა მატლების 90-100%. მატლებიდან მიღებული ნემატოდების რაოდენობა ერთ პეტრის ჯამზე 40-60 ათასით მეტია, ჭურებიდან მიღებული ნემატოდების რაოდენობაზე.

მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს ენტომოპათოგენური ნემატოდების კულტივირება ხელოვნურ საკვებ არეებზე. ენტომოპათოგენური ნემატოდები ინტენსიურად მრავლდებიან, როდესაც უზრუნველყოფილი არიან საკვებით. საკვების გამოლევის შემდეგ ენტომოპათოგენური ნემატოდები (როგორც სტეინერნემატიდები ასევე ჰეტერორჰაბდიტისები) II, III ხნოვანების ინვაზიურ სტადიებზე ტოვებენ მწერის სხეულს და ეძებენ სხვა მასპინძელს. ასეთ მომენტში, ისინი პეტრის ჯამიდან ფილტრის ქაღალდის გავლით ხვდებიან კიუვეტში წყლის არეში. ყოველდღიურად გაფილტრული და შეგროვილი ნემატოდები გროვდებიან სპეციალურ ბადეში. დაკვირვებებმა დაგვარწმუნა, რომ შემუშავებული მეთოდიკა ეფექტურია და სავსებით გამოსადეგია ნემატოდების მასობრივი კულტივირებისათვის.

მინის კოლბებში მოთავსებული ინვაზიური ნემატოდები +4-5°C ტემპერატურაზე ინახება მაცივარში. ჭურჭელში სითხის დონე 1/3-ს არ უნდა აღემატებოდეს. ნემატოდებიან სითხეს, კოლბებში ემატება ფიზიოლოგიური ხსნარი. მაცივარში მოთავსებულ ასეთ კოლბაში თავსდება წყლის კომპრესორი (ისეთი, როგორც

გამოიყენება ოთახში თევზების აკვარიუმში). ყოველდღე ან დღე გამოშვებით, ხდება კომპრესორით ჰაერის აერაცია. ეს პროცედურა გრძელდება 1-1,5 საათის განმავლობაში. ასეთი მეთოდით ორივე ოჯახის ინვაზიური ლარვების შენახვა შეიძლება 1-2 წლის განმავლობაში. ნემატოდებით დაინფიცირებული მწერის, ან კულტივირების შედეგად პეტრის თასზე არსებული ნემატოდების რაოდენობის განსაზღვრას ვახდენდით პროცენტულად შემდეგი ფორმულის მიხედვით:

$$\frac{N \times 100}{T} = P$$

სადაც N- მწერის სხეულში ან პეტრის თასზე დათვლილი ნემატოდების საშუალო რიცხვია, T- პირველადარსებული ნემატოდების საშუალო რიცხვი პეტრის თასზე (ჩვეულებისამებრ 100), P- მწერში შეღწეული ან პეტრის თასზე არსებული ნემატოდების რაოდენობას გამოხატულს პროცენტულად [Glazer, Lewis, 2000 229-247].

7.2. ნემატოდური სუსპენზიები

ეპნ ნემატოდების გამოყენების ყველაზე პოპულარული მეთოდია შესხურება, განსაკუთრებით მცენარის მოხვნამდე მიწისზედა ნაწილებისა და ნიადაგის ზედაპირის დამუშავებისას.

ცნობილია, რომ ენტომოპათოგენურ ნემატოდებს შეუძლიათ ადაპტირება ნიადაგის ახალ პირობებთან და ინვაზიური აქტივობის შენარჩუნება რამდენიმე დღიდან ერთ თვემდე პერიოდში ამავდროულად, დიფერენციაცია აღინიშნება ნემატოდების განსხვავებულ სახეობებზეც კი. აღსანიშნავია ნემატოდებზე ბიოტური და აბიოტური ფაქტორების გავლენა არასაკმარისადაა შესწავლილი [Koppenhofer..., 1996 11-22.].

ხეხილის ბაღის ნიადაგის ფაუნაზე ჩვენს მიერ ნემატოდური პრეპარატის ზემოქმედების ტესტირებისას აღინიშნა მავნე კუსებურას (*Eurygaster integriceps*) გამოსვლის შემცირება გამოზამთრების შემდეგ. მოქმედების ეფექტურობამ შეადგინა 23.1 - 26.5%. ამასთანავე, დაფიქსირდა დამატებითი ეფექტი - მავნებლის გამოსვლის

შეფერხება საშუალოდ 3 დლით. ამავდროულად, პრეპარატს არ ჰქონდა უარყოფითი გავლენა სასარგებლო ფეხსახსრიანებზე, რომლებიც მონაწილეობდნენ ნიადაგის წარმოქმნის პროცესში, და ენტომოფაგებზე.

ნემატოდებზე დაფუძნებული პრეპარატების ეფექტურობის განმსაზღვრელი მთავარი ფაქტორი ტენიანობის დეფიციტია. ნემატოდის ლარვებს შეუძლიათ აქტიური გადაადგილება მასპინძლის მოსაძებნად მხოლოდ ზედაპირზე წყლის აპკის არსებობისას, ფარდობით ტენიანობაზე 80-90%. როდესაც ეს უკანასკნელი მცირდება 40 - 50%-მდე, ლარვების ეგზოკუტიკულა ეწებება ქსოვილის ზედაპირს და მათი მოძრაობის ფუნქცია მკვეთრად მცირდება. ნიადაგში ნემატოდებს შეუძლიათ ცოცხლად გადარჩენა ეტაპობრივად გამოშრობისას, მაგრამ სწრაფად გამოშრობისას ისინი კვდებიან. ნემატოდების წყლიან სუსპენზიებში ანტიოქსიდანტების დამატება ხელს უშლის მათ სწრაფ გამოშრობას და ამით ახანგრძლივებს მათ სიცოცხლისუნარიანობას. ასეთ დანამატებად გამოიყენება სხვადასხვა ქიმიური ხასიათის ნაერთები, რომლებსაც აქვთ აპკის და კაფსულის წარმომქმნელი მოქმედება. ამ მიზნებისათვის ასევე გამოიყენება მინერალური ზეთები, რომლებიც ინარჩუნებენ წვეთოვან-თხევად ტენიანობას მასპინძლის დასაინფიცირებლად საკმარისი პერიოდის განმავლობაში. მაგალითად, ნაჩვენებია, რომ მათი გამოყენება ზრდის *S. carpocapsae*-ს ბიოლოგიურ ეფექტურობას კოლორადოს ხოჭოს ლარვების წინააღმდეგ 26%-მდე პრაქტიკულად მნიშვნელოვანი შედეგები დაფიქსირდა მებაღეობაში ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოყენებისას ღეროებისა და ნაყოფის ფარულად მცხოვრები მავნებლების წინააღმდეგ (ლოქორები, მერქნიჭამიასებრნი, ნაყოფჭამიები, ჩრჩილები), აგრეთვე ფესვის ცხვირგრძელასა და ფირფიტულვამა ხოჭოების ნიადაგის სტადიების მიმართ. ვაშლის ხის ნორჩი მოკლე ტოტები დამუშავებული იყო *S. carpocapsae* და *S. feltiae* ინვაზიური ლარვების სხვადასხვა დოზებით ოპტიმალურ ვადებში შესხურებით, ან ნემატოდებთან ერთად (4 დღის განმავლობაში) ტენიან ქვიშაში (20%) შენახვით. შტეინერნემების ეფექტურობა იცვლებოდა მავნებლის სახეობისა და დამუშავების მეთოდის მიხედვით. ამრიგად, ნაჩვენები იქნა, რომ ნემატოდების გადამტანად დატენიანებული ქვიშის გამოყენება უზრუნველყოფდა ვაშლის ხის

მინაფრთიანასებრთა (*Synanthedon myopaeformis*) მატლების სხეულში სტაბილურ ინვაზიას. *S. feltiae* შტამის ბიოლოგიური ეფექტურობა მერყეობდა 67,5%-დან 100%-მდე. ამ მეთოდის საველე შეფასებამ აჩვენა, რომ სუსპენზიის კონცენტრაციაზე 200 ინდივიდი/მლ, მატლების სიკვდილიანობამ შეადგინა 100%. ასევე აღინიშნება შტამების მიხედვით განსხვავებები. მცენარეების დამუშავებამ ნემატოდური სუსპენზიის შესხურებით უზრუნველყო მავნებლების 83 - 87%-იანი სიკვდილიანობა. უნდა აღინიშნოს, რომ ქვიშის, როგორც ნემატოდების მატარებელის გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა დამუშავებების სიხშირის შემცირება.

დადგინდა, რომ *S. carpocapsae* და *S. feltiae* ჩვეულებრივ იწვევენ კოლორადოს ხოჭოს ლარვებისა და ჭუპრების სიკვდილს 80 - 90%, 79 - 158 ინდივიდი. იმაგოები ილუპებოდნენ 86,5 - 100%, 31-93 ინდივიდის .

7.3. ენტომოპათოგენური ნემატოდების გავრცელება

ენტომოპათოგენური ნემატოდებით დაინფიცირება საკმაოდ გავრცელებულია მავნე მწერებში. ეპნ-ის სახეობებს შეუძლიათ თითქმის ყველა მავნე მწერების ინვაზირება. ამრიგად, საცხე-ჯავახეთის რეგიონში აღებული ნიმუშების ანალიზის დროს, ჩვენ გამოვავლინეთ ნემატოდებით მწერების სხვადასხვა რიგის ინვაზია.

ენტომოპათოგენური ნემატოდები ასევე ჩვენს მიერ აღმოჩენილ იქნა ზოგიერთი მავნებელი მწერების მკვდარი სახეობების გამოკვლევისას. თუმცა, ინვაზიური ეგზემპლარების არსებობის სიხშირე შედარებით მცირეა და არ აღემატება 6%-ს ცალკეული სახეობებისთვის.

ცნობილია, რომ ენტომოპათოგენურ ნემატოდებს შეუძლიათ ოპტიმალურ პირობებში საკმაოდ ეფექტურად აკონტროლონ სასოფლო-სამეურნეო მწერ-მავნებლების ნიადაგის სახეობათა რაოდენობა. მათი სახეობრივი შემადგენლობის კვლევა ამ რეგიონის სხვადასხვა რაიონებში და ადგილობრივი იზოლატების ბიოლოგიური თვისებების შესწავლა ხელს უწყობს მცენარეთა ბიოლოგიურ დაცვაში ყველაზე პერსპექტიული ფორმების გამოყენების ოპტიმიზაციას [Kaya, at all 1993

181–206]. ენტომოპათოგენური ნემატოდებისადმი ინტერესი მუდმივად იზრდება. ბოლო წლებში ტროპიკულ და სუბტროპიკულ რეგიონებში აღწერილი იქნა შტეინერნემების რიგი ახალი სახეობები: ურუგვაიში - *S. scapterisci*, აშშ - *S. neocultillae*, პუერტო რიკო - *S. puertoricense*, კენიაში - *S. karli*, კორეაში - *S. monticolum* და სხვა, თუმცა ადრე ითვლებოდა, რომ ამ ოჯახის სახეობები უფრო მეტად შემოიფარგლება ზომიერი კლიმატური ზონებით. ამას მოწმობს აგრეთვე *S. riobraves* ცხოველმოქმედების პარამეტრები, რომლებიც გამოვლენილია ტეხასის შტატში (აშშ) სიმინდზე, რომლის გამრავლებისთვის ოპტიმალური ტემპერატურა იყო 25 - 33°C [Duncan, et al 1999 69–78].

2021--2022 წწ. ჩვენ ჩავატარეთ კვლევები სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ნარგავებზე ძირითადად, ბორჯომსა და ბორჯომის რაიონში. სხვადასხვა მწერების ნიადაგის სახეობებიდან გამოყოფილი იქნა ენტომოპათოგენური ნემატოდების 16-ზე მეტი იზოლატი Rhabditida-ს რიგიდან, რომელთაგან ზოგიერთი წინასწარ იდენტიფიცირებული იყო როგორც *Heterorabditis bacteriophora* და *Heterorabditis* sp., და ასევე გამოვლენილი იქნა *Steinernema* sp.n.-ს ახალი სახეობა, რომელსაც “*Tsagveriensis*” დავარქვით. ამგვარად, *Steinernema* sp.n. აღმოჩენილია *G. mellonella*-ში, *Spodoptera littoralis*-ში, ხოლო *Heterorhabditis bacteriophora* - *G. mellonella*-ში, ხვატარების მატლებში, *S. littoralis* და ლელვის ცხვირგძელას ლარვებში *Batocera rafomaculata*. ადრე უცნობი *Steinernema*-ს სახეობის ლარვები გამოყოფილი იქნა იონჯის ქვეშ ნიადაგის ნიმუშებიდან *Helicoverpa armigera*-ს და ასევე *S. littoralis*-ს ჭუპრებსა და ლარვებში. ნემატოდების მიერ მწერების ნიადაგური სტადიების დაზიანების ყველაზე მაღალი პროცენტი დაფიქსირდა სექტემბერში, ყველაზე დაბალი კი ოქტომბერში. ნიადაგის შერჩეული ნიმუშები შეიცავდა: *Heterorhabditis* sp. - საშუალოდ 44,4%-ს. ნიმუშების ანალიზმა აჩვენა, რომ ენტომოპათოგენური ნემატოდები გამოვლინდა 201 ნიმუშიდან 112-ში (28,9%). ეს ადასტურებს მწერების ნიადაგური ეტაპების ორი ოჯახის - *Heterorhabditidae* და *Steinernematidae* წარმომადგენლების მიერ კოლონიზაციის საკმაოდ მაღალ დონეს სამცხე-ჯავახეთის პირობებში [Shamseldeen 1994 234-340]. ისინი აღმოჩენილია ნიადაგის მრავალფეროვან ბიოცენოზებში.

ამგვარად, ენტომოპათოგენური ნემატოდების ყველაზე ფართო სახეობრივი შემადგენლობა და მათი რაოდენობა დაფიქსირდა იონჯასა და მრავალწლოვანი ბალახების ქვეშ მინდვრების ნიადაგის ნიმუშებში. ამავდროულად, იონჯის ქვეშ ნიმუშების რაოდენობამ, რომლებშიც დადგინდა *Steinernema sp.* -ის არსებობა, გადააჭარბა მიწის სხვა ნაკვეთებში დაფიქსირებულს. ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ ეს სახეობა ასევე აღმოჩენილია სიმინდის და ბადრიჯნის ბიოცენოზის ცალკეულ ნიმუშებში.

ნემატოდები გამოვლენილია მთელი კალენდარული წლის განმავლობაში თუმცა, ცალკეულ თვეებში კონკრეტული სახეობები არ აღმოჩნდა: მაგ. მრავალწლოვანი ბალახების (იონჯა) - ს ქვეშ იანვარსა და აგვისტოში *Heterorhabditis bacteriophora*; ხოლო აპრილში *Heterorhabditis sp.* როგორც ჩანს, ეს გამოწვეულია *Heterorhabditis bacteriophora* -სა - 28.0% და *Steinernema sp.*-ის 27,3%-იანი კლიმატური და ეკოლოგიური პარამეტრების ცვლილებებით, პარაზიტი-მასპინძლის ურთიერთობის თავისებურებებით ან ის შემთხვევითი ხასიათის ელემენტს წარმოადგენს.

ამას ადასტურებს აგრეთვე, ლიტერატურული მონაცემები, რომლებშიც აღნიშნულია ენტომოპათოგენური ნემატოდების, კერძოდ ჰეტერორაბდიტიდების რაოდენობის სეზონური რყევები. ჩვენი კვლევების შედეგების მიხედვით ეპნ -ის *Heterorhabditidae* -ს ყველაზე მეტი სახეობები ფიქსირდება სექტემბერ-ოქტომბერში (3,7%), აპრილსა და მაისში (2.4%), და ყველაზე მცირე- ივლის-აგვისტოში (1%). ამასთან ერთად, ასევე *Steinernematidae* -ს ოჯახის ეპნ გამოვლენის სიხშირე მთელი წლის განმავლობაში იცვლება მათი სახეობის მიხედვით. მაგალითად, იონჯის ნიადაგის ბიოცენოზებში, ეპნ ნიმუშების მინიმალური რაოდენობისას ივლის-აგვისტოში, მაინც ვლინდება ეპნ *Steinernema sp.n.* 2%-მდე. მაის-ივნისსა და ნოემბერ-დეკემბერში ჰეტერორაბდიტიდების მხრივ (1,%). ამგვარად, ამა თუ იმ სახეობების გამოვლენის დინამიკის ანალიზი აჩვენებს, რომ ერთი პერიოდის ნიმუშები, ისევე როგორც მათი ცალკეული სახეობები არ ასახავს ენტომოპათოგენური ნემატოდების სახეობრივ შემადგენლობას მთელს რეგიონში.

თავი VIII

8.1 მასალის გაკვეთის ტექნიკა, დროებითი და მუდმივი პრეპარატის დამზადება, ნემატოდების იდენტიფიკაცია.

ექსპერიმენტის შესრულებისას მწერის იმაგოს, მატლისა და ჭუპრის გაკვეთა ხდებოდა აკად. სკრიაზინის სრული ჰელმინთოლოგიური გაკვეთის მეთოდით. გაკვეთის წინ ხოჭოს ვამშრალეზდით ფილტრის ქაღალდით და ვათავსებდით სწორ სასაგნე მინაზე. გაკვეთის წინ ხოჭოს ვაცილებდით ელიტრებს და ნამდვილ ქვედა ფრთებს, შემდეგ ცალკე ვამოწმებდით ნემატოდებზე იმაგოს და მატლს. ხოჭოს, ჭუპრისა და მატლის გაკვეთას ვახდენდით ბიოლოგიური საპრეპარაციო ნემსით. ხოჭოს ვათავსებდით პირადმა და კვეთდით შუა ხაზზე, ბინოკულარის ქვეშ. ვაცალკევებდით თითოეულ ორგანოს (თავი, მუცელი), ხოლო შინაგანი ორგანოებიდან ნაწლავებს, მალპიღის მილაკებს, ცხიმოვან ქსოვილს და სასქესო აპარატს. ხოჭოს კიდურები და თავი ჩვეულებრივ თავისუფალია პარაზიტებისაგან. ამ ორგანოებში ნემატოდები არ იყო შენიშნული. გამოკვლევის დროს წინა ნაწლავი ყოველთვის თავისუფალი იყო ნემატოდებისაგან. ისინი ძირითადად შუა და სწორ ნაწლავში ლოკალიზდებიან.

ნემატოდების მიკროსკოპული შესწავლისათვის გამოყენებული იყო დროებითი და მუდმივი პრეპარატები. დროებითი პრეპარატების დასამზადებლად წყლიან აბაზანაში ვათავსებდით ნემატოდებიან სინჯარებს და ვაცხელებდით 60-65°C-მდე. გაცხელებით კუტიკულის შეუღწევადობა ირღვევა, რაც აადვილებს ნემატოდის შეღებვას. გაცივების შემდეგ ნემატოდები გადაგვქონდა სინჯარიდან საათის მინაზე, ნემატოდებს ვათავსებდით სასაგნე მინის ცენტრში დაწვეთებულ გლიცერინიან წყალში, რომელიც შეფერილი იყო პოლიქრომის ლურჯით (გლიცერინი წყალთან 1:16) ნემატოდების ინტენსიურ შეღებვამდე. სითხის წვეთს ვაფარებდით საფარ მინას. პრეპარატში სითხის გამოშრობისას დროდადრო ვუმატებდით პოლიქრომით შეფერილ გლიცერინიან წყალს, მასში მატულობს გლიცერინის კონცენტრაცია, ნემატოდა ხდება გამჭვირვალე და იღებება. ამ თანმიმდევრობით მზადდებოდა

დროებითი პრეპარატი. ამის შემდეგ ხდებოდა ნემატოდების მიკროსკოპული შესწავლა. ამგვარად დამზადებული პრეპარატი შეიძლება შენახულ იქნეს რამდენიმე თვის განმავლობაში.

მუდმივი პრეპარატის მოსამზადებლად გამოყენებულ იქნა გლიცერინ-ჟელატინი (გლიცერინი ჟელატინთან 1:2), პოლიქრომის ლურჯით შეფერილი გლიცერინიანი წყალი, ნაძვის ბალზამის არშია, საფარი მინა. მუდმივი პრეპარატის მომზადების 12-15 დღის შემდეგ ვახდენდით ნემატოდების მიკროსკოპულ შესწავლას. ნემატოდების შესწავლა ხდებოდა მიკროსკოპით (МБИ-3), რომელსაც გააჩნდა ბინოკულარული ტუბუსი (Ay -12).

ნემატოდების სახეობამდე გარკვევისათვის ვზომავდით: სხეულის სიგრძეს – L, სიგანეს D, საყლაპავის სიგრძეს – OS, კუდის სიგრძეს – D; ვადგენდით ვულვის მდებარეობას, სპიკულებისა და გუბერნაკულუმის სიგრძეს. ნემატოდების პროპორციების დადგენისას ვიყენებდით ნემატოლოგიაში (De Man 1884) მიერ მიღებულ ინდექსებს.

8.2. *Steinernema sp.n*-ის იზოლატის იდენტიფიკაცია

Steinernematidae ოჯახი პერიოდულად ივსება ახალი სახეობებით, რითაც მუდმივად აუმჯობესებს თავის სისტემატიკას. 1990 წლამდე ის მოიცავდა ორ გვარს: *Steinernema* [Travossos 1927 301-305, 306-310, და *Neoplectana* 1929 230-240], თუმცა, მათში შემავალი სახეობების სტატუსის შესახებ ინფორმაცია წინააღმდეგობრივი რჩებოდა. ამგვარად, 20-ზე მეტი სახეობა, რომლებიც ადრე მიეკუთვნებოდა *Neoplectana*-ს გვარს, მოგვიანებით გაერთიანდა *Steinernema*-ს გვარის წარმომადგენლებთან, კერძოდ, *S. feltiae*, *S. Glaseri*, *S. bibionis* და *S. kraussei*-თან, ხოლო დანარჩენები (*Neoplectana*-დან) შეტანილია სინონიმების სახით.

1990 წელს, მკვლევარებმა მიაღწიეს საერთო მოსაზრებას, რომ დაეტოვებინათ ოჯახში ერთი გვარი, რომელიც თავდაპირველად მოიცავდა 9 სახეობას, ხოლო შემდეგ კი- 18-ს. ამჟამად *Steinernema*-ს გვარში გაერთიანებულია 23 სახეობა. უნდა აღინიშნოს, რომ მასში შედიოდა ასევე ნომინალური სახეობები, რომლებიც გამოირჩევიან მორფოლოგიური და მორფომეტრიული ნიშნების ვარიაბელობით,

რაც ართულებს ობიექტურ დიფერენციაციას. ამიტომ, მოლეკულური ანალიზის მეთოდების გამოყენება საშუალებას გვაძლევს თავიდან ავიცილოთ უზუსტობები ნემატოდების იდენტიფიკაციისას.

Bedding and Akhurst (1975) ტექნიკის გამოყენებით, ჩვენ გამოვყავით ენტომოპათოგენური ნემატოდების იზოლატი იონჯის მინდვრების ნიადაგის ბიოცენოზიდან, რომელიც განეკუთვნება *Steinernema*-ს და სადაც დომინანტური მავნებელია *Helicoverpa armigera*, ხოლო ნაკლებად, *Spodoptera littoralis*. ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ შტეინერნემები ადრე არ ყოფილა გამოყოფილი ახალი მასპინძლებისაგან. მიღებული ახალი სახეობის იდენტიფიცირებისთვის გამოყენებული იქნა მიღებული მორფოლოგიური და მოლეკულური მაჩვენებლები, პჯრ ანალიზი და ჰიბრიდიზაცია.

ჩვენს მიერ გამოყოფილი ფორმის ახალი შტამის *Steinernema* sp.n -ზე არიზონას უნივერსიტეტის ენტომო-ნემატოლოგიის ლაბორატორიაში გაკეთებულმა განაზომებმა აჩვენა, რომ ის ტიპურია *Steinernema*-ს გვარისთვის. თავისი ტაქსონომიური მაჩვენებლების მიხედვით აღმოჩნდა, რომ ის ასევე ახლოს არის ტეხასში (აშშ) აღმოჩენილ ეპნ *S. riobraves*-თან. ამავდროულად, ჩატარებული გაზომვების გაანალიზებისას დაფიქსირდა განსხვავებები სხვა ახლო მონათესავე სახეობებისგან ინფექციური ლარვების, იმაგოების, კერძოდ, 1-ლი თაობისა და სხვა სტადიების მამრების მორფოლოგიური და მორფომეტრული მახასიათებლების მხრივ (ცხრილი 8).

სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტის აგრონომიის ლაბორატორიაში ტაქსონომიური და ბიოლოგიური კვლევების შედეგების მიხედვით და უცხოელი მეცნიერი ნემატოლოგების შრომებზე დაყრდნობით: (M. Abbas (National Res.Centre, Egypt), S. Elawad (Univesity of Reading, Berkshire), W. Ahmad (Aligarh Muslim University, India) A. Reid (International Institute of Parasitology, St. Albans) ჩვენს მიერ ნაპოვნი და აშშ არიზონას უნივერსიტეტში იდენტიფიცირებულ ახალ სახეობას დავარქვით *Steinernema tsagveriensis* sp.n. მისი ლოკალიზაცია იყო არჯევანძის შერეული ტყის ქვედა სექტორის შავმიწა ნიადაგები.

ნემატოდას ახალი სახეობის *Steinernema tsagveriensis* განაზომების შედარება
 სხვა ეკნ განაზომებთან. წყარო: [Elawad 1996,1998]

ცხრილი 8.

მაჩვენებელი /სახეობა	<i>S. carpocapsae</i>	<i>S.</i> <i>kushidai</i>	<i>S. scapterisci</i>	<i>S. riobravis</i>	<i>S. Tsagveriensis</i>
ინფექციური იუვენილური ლარვები					
L სხეულები	558 (438-650)	589 (564-662)	572 (517-609)	662 (561-701)	541 (492-575)
EP	38 (30-60)	46(42-50)	39 (36-48)	56(51-64)	46 (44-52)
D	26 (23-28)	41 (38-44)	31 (27-40)	49 (45-55)	54 (52-56)
E	60 (54-66)	92 (89- 108)	73 (60-80)	105 (93-111)	85 (77-92)
მამრები					
ჰემულა	+	-	+	-	-
L სპიკულები	66 (58-77)	63 (48-72)	83 (72-92)	66,9 (62,5-75)	64 (59-72)
L სტომები	47 (39-55)	44 (39-60)	65 (59-75)	51(47,5-56)	47 (35-52)
D	41 (27-55)	51 (42-59)	38 (32-44)	71 (60-80)	62 (53-66)

ცხრილი 9.+ ჰიბრიდები სიცოცხლისუნარიანია, - შეჯვარება შეუძლებელია.

წყარო: ავტორი

წყარო: ცხრილი შედგენილია [Elawad 1996,1998]

მიხედვით

+ არის, - არ არის, EP - სიგრძე ექსკრეტორული ფორიდან სხეულის ბოლომდე, d - EP/ES თანაფარდობა (ES საყლაპავის სიგრძე); e - EP/T1 თანაფარდობა (T1 - კუდის სიგრძე). ყველა ზომა სმ-ში.

პჯრ ანალიზი. მთლიანი გენომური დნმ იზოლირებული იყო Reid, Hominick -ის (1992) მიხედვით. გასუფთავებული დნმ გამოყენებული იქნა პოლიმერაზას პჯრ ფრაგმენტების (RFLP პროფილები) მიღებისას *S. riobaves*, *S. carpocapsae* და *S.*

სახეობა	<i>S. carpocapsae</i>	<i>S. scapterisci</i>	<i>S. riobravis</i>	<i>S. Tsagveriensis</i> -ის sp.n.
<i>S. carpocapsae</i>	+	-	-	-
<i>S. scapterisci</i>	-	+	-	-
<i>S. riobravis</i>	-	-	+	-
<i>S. Tsagveriensis</i> -ის sp.n.	-	-	-	+

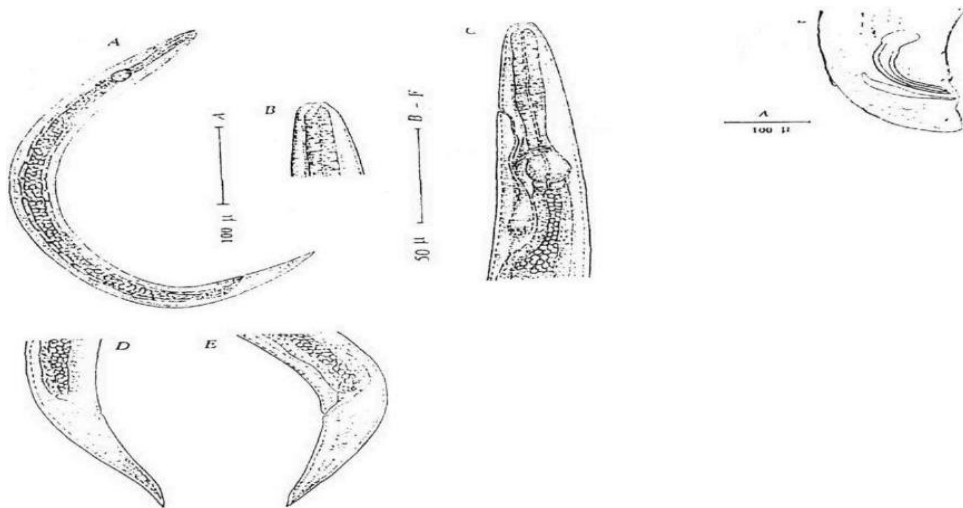
scapterisci-თვის. RFLP

პროფილი ტესტირებული იზოლატის და *S. kushidai*-სთვის მიღებული იყო ზრდასრული მდედრების ლიზატისგან პოლიმერაზულ ჯაჭვურ რეაქციაში გამოყენებული პრაიმერები აღწერილია და სინთეზირებულია.

დნმ *Steinernema* sp.n. და სხვა მორფოლოგიურად მსგავსი შტეინერნმატიდების სახეობებიდან ამპლიფიცირებული იქნა ITS პრაიმერების გამოყენებით, რომლებიც სპეციფიკურია მათი შიდა ტრანსკრიფციის უბნებისათვის [Elawad et al 1996 40 - 45]. თითოეული ნემატოდის სახეობის პჯრ პროდუქტები დაექვემდებარა სხვადასხვა მიკროორგანიზმებისგან გამოყოფილი 17 რესტრიქტაზას ზემოქმედებას. განხორციელდა მიღებული ფრაგმენტების სეპარირება ელექტროფორეზით აგარის გელში. მასში გაფანტული ზონების მიხედვით შეფასდა გაანალიზებული

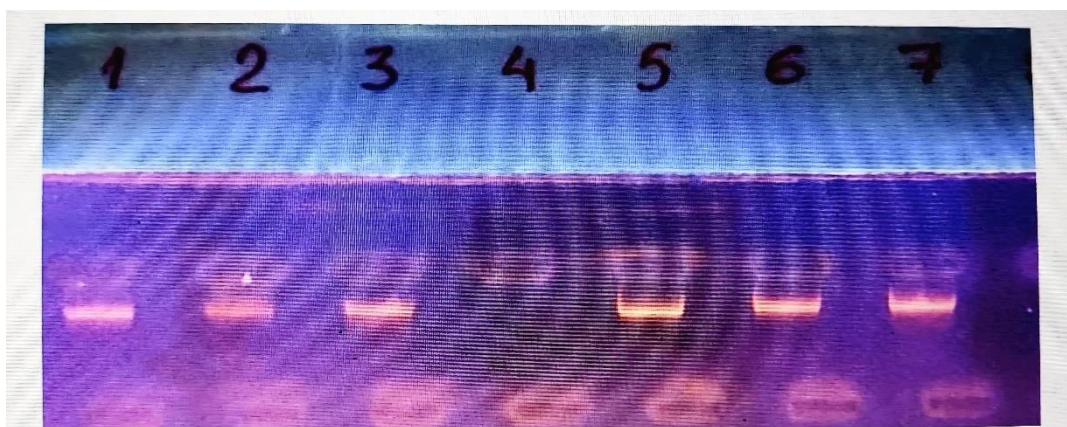
ნემატოდების სახეობების მსგავსების დონე. აღმოჩნდა, რომ *Steinernema* sp.n. ხასიათდება სახეობრივი სპეციფიკურობით. ეს აჩვენა ფერმენტული პროფილების ანალიზმა (ნახ. 6). მსგავსება ამ ნემატოდებში გვხვდება მხოლოდ იმ უბნებში, რომლებიც არ არიან პასუხისმგებელი ITS-ის ამოცნობაზე (3 კვალი 6A-E BstOI ფერმენტით).

ამგვარად, შედარებითმა ანალიზმა ჩვენ მიერ გამოყოფილი *Steinernema* -ს სახეობის აღნიშნული პარამეტრების მიხედვით აჩვენა, რომ საქმე გვაქვს ნემატოდის ადრე უცნობ ფორმასთან, რომელიც ლიტერატურაში არაა აღწერილი.



სურ. 68. *S. Tsagveriensis*- აგებულების ტაქსონომიური თავისებურებები

(A - მამრის წინა ნაწილი, B - მდედრის ვულვა, C და D - მამრის სპიკულები და გუბერნაკულუმი) წყარო: [Elawad 1996 40 - 45 , 1998 225].



სურ.69 პოლიმერაზული ჯაჭვური რეაქცია (პჯრ) გენეტიკური მარკერი *Steinernema tsagveriensis* sp.n წყარო: ირინა ხელისუფალი *S. Tsagveriensis*-ის მე-3 სტადიის

ინფექციური ლარვების აგებულება (A - სხეული, B - თავის ნაწილი, C - კუდის ნაწილი, D, E და D - სხეულის კუდის ბოლოს ვარირებული ფორმები, F. - სპიკულების და გუბერნაკულუმის ვარირებული ფორმები. შესაბამისად, ენტომოპათოგენური ნემატოდის ახალი სახეობის გავრცელება კორელაციაშია აღნიშნული მავნებლების არეალებთან.

მათი დაზიანებების რაოდენობის, სეზონური დინამიკის ანალიზის, აგრეთვე გვალვის პერიოდში ნემატოდების გამოვლენის შემთხვევების მიხედვით, სავარაუდოა, რომ მათ შეუძლიათ ვერტიკალური მიგრაცია (ზემოთ და ქვემოთ), რაც უზრუნველყოფს მათ ცოცხლად გადარჩენას არახელსაყრელ პერიოდში.

ტემპერატურა ერთ-ერთი განმსაზღვრელი ფაქტორი აღმოჩნდა და ის არსებით გავლენას ახდენს ნემატოდების ფუნქციონირების ხასიათზე, მათ გამრავლებასა და პათოგენურობაზე. *G. mellonella* სახეობებში (კვერცხიდან ზრდასრულ სტადიამდე) ნემატოდა ვითარდება 48 საათის განმავლობაში 25°C-ზე, და 36 საათის განმავლობაში 30°C-ზე.

სამცხე-ჯავახეთის უნივერსიტეტის (სჯუ) აგრონომიის საკვლევ ლაბორატორიაში ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ ამ ტიპის ნემატოდა ყველაზე ეფექტურია, რომელსაც შეუძლია მრავალი სახეობის მწერში, განსაკუთრებით ქერცლფრთიანებში და ხოჭოებში პარაზიტობა და ინკუბაციური პერიოდის შემდეგ რამდენიმე თვის განმავლობაში ინვაზიური უნარის შენარჩუნება 4°C ტემპერატურაზე. ნემატოდის აქტივობის ოპტიმალური ტემპერატურა 25-30°C ფარგლებშია.

ინვაზიური სტადიების რაოდენობის დინამიკა *S.Tsagveriensis* sp.n-ს ლარვებში ტემპერატურის (20, 25, 30 და 35 C°) და ინფექციური დატვირთვის მიხედვით.

ჩვენს მიერ გამოვლენილი ენტომოპათოგენური ნემატოდების *Steinernema* და *Heterorhabditis*-ს შესწავლილ გვარებს აქვთ განვითარების განსხვავებული ციკლები აღმოჩნდა, რომ *S.Tsagveriensis* sp.n-ის სასიცოცხლო ციკლი ტიპურია *Steinernema*-ს გვარისთვის და მოიცავს კვერცხის სტადიას, 4 ლარვის სტადიას და იმაგოს სტადიას.

მე- 3 სტადიის ინვაზიურ ლარვებს შეუძლიათ შეაღწიონ მწერების სხეულში. კონკრეტულ ბაქტერიებთან კონტაქტში და სიმბიოზში, ისინი წარმოქმნიან მინიმუმ 2 თაობას, რომელიც *S.Tsagveriensis*- სახეობის ბაქტერიული სიმბიონტია.

3. *S.Tsagveriensis*- სასიცოცხლო ციკლის შესასწავლად გამოყენებული იქნა ბოლო ასაკის *G.mellonella*-ს ლარვები, თითოეული მათგანიდან 5 ინდივიდი მოვათავსეთ პეტრის ფინჯანში ტენიან ფილტრის ქაღალდზე. ისინი დავაინფიცირეთ დაახლოებით 200 ინვაზიური ნემატოდის ლარვებით და ინკუბაციისთვის მოვათავსეთ თერმოსტატში 30 C°-ზე. ყოველ 24 საათში (ერთი კვირის განმავლობაში) ხორციელდებოდა *G.mellonella*-ს 5 მატლის პრეპარირება რინგერის 25%-იან ხსნარში. განვითარების სტადიები განისაზღვრა მიკროსკოპით [Wouts 1980 62-72]. დადგინდა, რომ მდედრებისა და მამრების პირველი თაობა ჩნდება 36 საათის შემდეგ, მოზრდილი ინდივიდების მე-2 თაობა - 84 საათის შემდეგ.

ჩამოყალიბებულმა ინვაზიურმა ლარვებმა მკვდარი მატლები დატოვეს 108 საათის შემდეგ. ამგვარად, მოცემულ პროგრამირებულ პირობებში, *S.Tsagveriensis*-ის სრული სასიცოცხლო ციკლი სრულდება 3,5-4,5 დღეში. ამავდროულად, ნაჩვენებია, რომ ენტომოპათოგენური ნემატოდების განვითარება განისაზღვრება სხვადასხვა ფაქტორების კომბინაციით, როგორცაა მაგალითად პირველადი ინოკულუმის დოზა, ტემპერატურა და ტენიანობა, მასპინძლის სახეობა და ასაკი, ბაქტერიული სიმბიონტის ხარისხი და სიცოცხლისუნარიანობა და ა.შ. ამიტომ, სასიცოცხლო ციკლის ხანგრძლივობა შეიძლება ვარიირებდეს, მაგალითად, *S. riobravis*-ის შემთხვევაში მსგავს პირობებში ის შეადგენს 5 დღეს, 5,5 დღეს, ხოლო *S. carpocapsae*-ში - 11 დღეს 25 C°-ზე. [Georgis, 1981 713 - 720, Poinar et al 1988 528-531].

წინასწარმა კვლევებმა აჩვენა, რომ როდესაც ნემატოდები ინახებოდა დისტილირებულ წყალში 5-8°C ტემპერატურაზე მაცივარში, ისინი ინარჩუნებდნენ ბიოლოგიურ აქტივობას: *Heterorhabditis bacteriophora* - 7 თვე; *S.Tsagveriensis* - 4 თვე. და *Steinernema sp.* - 3 თვე. აღმოჩნდა, რომ სამცხე-ჯავახეთში, ისინი ყველაზე მეტ აქტიურობას ავლენენ 30°C ტემპერატურაზე, მაგრამ შეუძლიათ მავნებლების დაინფიცირება ასევე 35°C ტემპერატურაზეც. ინვაზიურმა ლარვებმა სიცოცხლისუნარიანობა შეინარჩუნეს დისტილირებულ წყალში ოთახის

ტემპერატურაზე დაახლოებით 25 დღის განმავლობაში, მაცივარში 5-8°C ტემპერატურაზე 3 თვემდე და *Steinernema* sp.-4 თვის განმავლობაში. ამავდროულად, ორ ტემპერატურულ რეჟიმს შორის ყველაზე მცირე განსხვავება (რყევა) დაფიქსირდა *S.Tsagveriensis*-თვის, ყველაზე დიდი – *H.bacteriophora*-თვის.

S.Tsagveriensis-ის და *Steinernema* sp.-ის 2 იზოლატის წარმოქმნილი ინვაზიური ლარვების რაოდენობის შედარებითი შეფასება აჩვენებს, რომ 20 - 40 C° დიაპაზონში რეპროდუქციის ყველაზე დაბალი და მაღალი დონე დაფიქსირდა *Steinernema* sp.-თვის და *H. bacteriophora*-თვის, შესაბამისად. სახეობა *S.Tsagveriensis*-ი იკავებს შუალედურ პოზიციას ამ მაჩვენებლის მიხედვით. ამავე დროს, *S.Tsagveriensis*-ის ინვაზიური ლარვების გამოჩენა აღინიშნებოდა სხვებზე ადრე.

8.3.ნემატოდების ადგილობრივი სახეობების ეფექტურობა მავნებლების წინააღმდეგ

უკვე არსებობს პოზიტიური გამოცდილება მწერი-მავნებლების წინააღმდეგ სხვადასხვა ენტომოპათოგენური ნემატოდების პრეპარატების გამოყენების შესახებ მსოფლიოში მოყვანილ სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურებზე. როგორც მრავალი ავტორის კვლევებმა აჩვენა, ერთი ლარვის შეღწევა საკმარისია მასპინძლის შიგნით განვითარებისთვის. ის წარმოქმნის ჰერმეტიკ მდედრს, რომელშიც ჯერ სპერმა მწიფდება, შემდეგ კი ამ სპერმით ხდება განვითარებული კვერცხების განაყოფიერება. მამრები ვითარდებიან მხოლოდ მეორე თაობაში.

გამოყოფილი პარაზიტული ნემატოდების მავნებლების წინააღმდეგ ეფექტურობის შესამოწმებლად ჩვენ მიერ ჩატარებულ ექსპერიმენტებში დადგინდა, რომ მათი ყველაზე დიდი რაოდენობა დაფიქსირდა სექტემბერ-ოქტომბერში და ყველაზე მცირე - ივნისში. პეტრის ფინჯნებში კომბოსტოს ხვატარის 20 ინვაზიური ლარვების შემცველი წყლის სუსპენზიებით შესხურებისას დადგინდა, რომ მათი სიკვდილი დგება უკვე 1 დღის შემდეგ.

8.4. ენტომოპათოგენური ნემატოდებით კონტროლირებადი ზოგიერთი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მავნებლების სახეობრივი შემადგენლობა

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ ნემატოდები ავლენდნენ თავიანთ აქტივობას მხოლოდ მაღალი ტენიანობის პირობებში და მათმა პრეპარატებმა ვერ გაუძლეს პირდაპირ ინსოლაციას.

ინვაზიის ეფექტურობის ინფიცირების ვადების მიხედვით შესწავლისას გამოვიყენეთ 90, 120 და 180 ინდივიდი/მწერზე დატვირთვა პეტრის ფინჯნებში, რომლებშიც მოთავსებული იყო საკონტროლო და ინფიცირებული მწერები - სხვადასხვა ასაკის ფქვილის ღრაქას ლარვები. მონაცემები ადასტურებს, რომ კომბოსტოს ხვატარის - *Mamestra brassicae* ლარვები და ფქვილის ღრაქას ლარვები (*T.molitor*) შეიძლება გამოყენებული იქნას ენტომოპათოგენური ნემატოდების წარმოებისთვის. ენტომოპათოგენური ნემატოდების ლარვების გამოსვლა შედარებით დაბალი იყო ფქვილის ღრაქას როგორც - მწერ -მასპინძლად გამოყენებისას.

პარაზიტული ნემატოდების გამოსვლა მე-4 ასაკის ფქვილის ღრაქას ლარვებიდან საშუალოდ იყო დაახლოებით 25 000 ინდივიდი ინფიცირების პირველად დოზაზე 90 ინდივიდი/მწერზე.

საშუალო ასაკის ფქვილის ღრაქას ლარვები ყველაზე მგრძნობიარენი არიან ინფექციის მიმართ, ხოლო ინფიცირების პირველადი დოზით 90 ნემატოდა/ინდივიდზე მსხვერპლის სხეულში ყალიბდება პარაზიტის 15000-მდე ინვაზიური ლარვა.

8.5. სხვადასხვა სახეობის მავნებლების მგრძნობიარობის შეფასება ნემატოდური ინფექციის მიმართ

პურის ხოჭოს(*Tenebrio molitor*) მატლებისაგან გამოყოფილი ეპნ. სუსპენზია ლაბორატორიულ პირობებში გამოიყენებოდა სხვადასხვა ფიტოფაგებისა და მავნებლების მიმართ: კომბოსტოს ხვატარის - *Mamestra brassicae*, - ვაშლის

ნაყოფქამიას- *Cydia pomonella*, კოლორადოს ხოჭოს - *Leptinotarsa decemlineata*-ს, ლარვების დასაინფიცირებლად.

ეპნ ნემატოდების რაოდენობის განსაზღვრა კომბოსტოს
თეთრულასა და პურის ხოჭოს მატლებში

ცხრილი N10

სუბსტრატი	მატლების ასაკი	დაინფიცირებული ერთი მატლიდან გამოსული ნემატოდების რაოდენობა		
		6 დღე	12 დღე	14 დღე
კომბოსტოს	პირველი სტადიის მატლები	8000	8000	6000
თეთრულას მატლები	მეორე სტადიის მატლები	11000	10000	8000
	მესამე სტადიის მატლები	25000	16000	12000
პურის ხოჭოს მატლები	პირველი სტადიის მატლები	10000	9000	8000
	მეორე სტადიის მატლები	15000	12000	12000
	მესამე სტადიის მატლები	8000	7000	6500

როგორც ცხრილი N10-დან ჩანს, ნემატოდების ყველაზე დიდი რაოდენობა დაფიქსირდა კომბოსტოს თეთრულას (მესამე) ასაკის მატლების გამოყენებისას, ხოლო პურის ხოჭოს შემთხვევაში მეორე სტადიის მატლებში. ამგვარად, ჩატარებული კვლევები მიუთითებს ხელოვნური გარემოს გამოყენების შესაძლებლობასა და პერსპექტივაზე, ანუ ენტომოპათოგენური ნემატოდების აქტიური ინვაზიური ლარვების წარმოებისთვის.

8.6. ენტომოპათოგენური ნემატოდების დამოკიდებულება

პესტიციდებისადმი

ენტომოპათოგენურ ნემატოდებზე დამყარებული პრეპარატების ეფექტურობის გაზრდის მიზნით, ხორციელდება მათი კომბინირება ქიმიურ პესტიციდებთან. ამასთან დაკავშირებით, ჩვენ შევაფასეთ *S.Tsagveriensis*-ის ადგილობრივი პოპულაციის ინვაზიური სტადიების მგრძობიარობა მათი ახალი პერსპექტიული

ფორმების, მათ შორის, ინსექტოაკარიციდების, ფუნგიციდებისა და ჰერბიციდების მიმართ (ავერსექტინი C (1), ფუნდაზოლი (2), ფიუზილად ფორტე (3))

სავარაუდოა, რომ მცენარეთა დაცვის ადაპტირებული სისტემებში გამოყენებულია სწორედ ქიმიური და ბიოლოგიური საშუალებების კომპლექსი. ამ პოზიციებიდან აშკარა ხდება, რომ საჭიროა ენტომოპათოგენური ნემატოდების ადგილობრივი ფორმების შესაძლებლობების შეფასება განხილული მაჩვენებლების მიხედვით.

ზოგიერთი პესტიციდის მოქმედება ეპნ ნემატოდების ინვაზიური სტადიების ცხოველქმედებაზე.

ცხრილი N 11

პრეპარატი	გაზავების პროპორცია	ექსპოზიცია/საათი.	დაღუპული მწერი%
1	2	3	4
ავერსექტინი C (ინსექტოაკარიციდი)	1:0.25	0.15	100
		0.3	100
	1:1	0.15	67
		0.3	85
		0.5	97
		1	100
	1:2	1	42
		- 1.5	100
	1:10	1.5	0
		12	22
		48	87
	1:20	12	30
		48	89
	ფუნდაზოლი (ფუნგიციდი)	1:1	0.5
1.5			100
12			4
1:2		12	0
ფიუზილად ფორტე(ჰერბიციდი)	1:1	0.5	24
		3	45
	1:10	3	20
	1:20	3	12



სურ.70, 71, 72 ავერსექტინი C (1), ფუნდაზოლი (2), ფიუზილად ფორტე (3)

წყარო:

<https://encrypted->

[tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRQAaESwNUDqR7LadoCEqJHW8SpO3zrKCfU9C](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRQAaESwNUDqR7LadoCEqJHW8SpO3zrKCfU9C)
[eCEVvU0A&s](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRQAaESwNUDqR7LadoCEqJHW8SpO3zrKCfU9C)

https://yvavilebismovla.ge/uploads/posts/201704/1493528742_445831250_w640_h640_162434658_w640_95x120_ss.jpg

<https://encrypted->

[tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS82L17suZsCoUk_xm9EDFUsPqWfhmkgduLdO59f](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS82L17suZsCoUk_xm9EDFUsPqWfhmkgduLdO59f)
[Hwvwg&s](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS82L17suZsCoUk_xm9EDFUsPqWfhmkgduLdO59f)

ჩვენ ჩავატარეთ ნემატოდების ლარვების ინვაზიური უნარის ტესტირება პესტიციდების ექსპოზიციისა და კონცენტრაციის მიღებული მნიშვნელობებიდან, ასევე დამუშავების შემდეგ ცოცხლად გადარჩენის პარამეტრებიდან (50-დან 100%-მდე) გამომდინარე. ტესტის შედეგებმა აჩვენა, რომ ქიმიური პრეპარატების ზემოქმედებით ხდება კონტროლებთან შედარებით ინფექციურობის უმნიშვნელო დაქვეითება, რაც ყველაზე შესამჩნევია ავერსექტინის შემთხვევაში (55.2%,).

ნემატოდები წარმატებით ვითარდებოდნენ იმაგოს სტადიამდე. ამრიგად, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ინვაზიური აქტივობის შენარჩუნება 55.2-79,6% დონეზე იძლევა ენტომოპათოგენური ნემატოდების და მათი ცოცხალი პრეპარატების

გამოყენების საშუალებას ქიმიურ ნაერთებთან კომპლექსში მცენარეთა მავნებლებისგან დაცვისა და ასევე მათი ეფექტურობის გაზრდის მიზნით.

8.7.ენტომოპათოგენური პრეპარატების გამოყენების ეკონომიკური ეფექტურობა

ყველაზე მნიშვნელოვანი მაჩვენებლები, რომლებიც განსაზღვრავენ ამა თუ იმ ღონისძიებების ეკონომიკურ ეფექტურობას, კერძოდ მავნებლებისგან დაცვის მიზნით ენტომოპათოგენური პრეპარატების გამოყენებას, პესტიციდებით ქიმიურ დამუშავებასთან შედარებით შემდეგია:

რენტაბელობის დონე პესტიციდებთან შედარებით აჩვენებს ბიოლოგიური პროდუქტების გამოყენების საკმარის პერსპექტიულობას. სავარაუდოდ, ქიმიური ნივთიერებებით დამუშავებულ მინდვრებში დაბალი მოსავლიანობა დაკავშირებულია ცენოზის პესტიციდურ დაღლილობასთან და მისი ბუნებრივი მარეგულირებელი უნარის დონის დაქვეითებასთან, მოფუნქციონირე პოპულაციებთან მიმართებაში. ობიექტების, მათ შორის მავნე სახეობების, გამოყენებულ ნაერთებთან მიჩვევის გამო. ხაზი უნდა გაესვას ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოყენებას და მათგან დამზადებული ბიოპრეპარატების ეკოლოგიურობას.

დასკვნა

1. ჩვენს მიერ საკვლევ ტერიტორიაზე სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში შესწავლილ იქნა ტყის, ბოსტნეული და ბაღჩეული კულტურების ყველაზე ფართოდ გავრცელებული და მნიშვნელოვანი მავნებლების ნემატოფაუნა. კვლევითი სამუშაოები ენტომოპათოგენურ ნემატოდებზე ჩატარებული იქნა სჯუ-ის აგრონომიის ლაბორატორიაში, ხოლო საველე-საცდელი სამუშაოები მავნე მწერებზე ენტომოპათოგენური ნემატოდების ეფექტურობის დასადგენად განხორციელდა წაღვერის, ბაკურიანის, ბორჯომის და ახალციხის მუნიციპალიტეტებში. დადგენილ იქნა ზოგიერთი ბოსტნეული, ბაღჩეული კულტურების და ტყის მცენარეების მავნებლების რეგიონისთვის არსებული ახალი ნემატოდების სახეობრივი შედგენილობა და მათი განაწილება მწერის ორგანოებში.

2. შესწავლილ იქნა ნემატოდების ახალი შტამების ბიოლოგიისა და ეკოლოგიის ძირითადი მომენტები. მოვახდინეთ ახალი და ინტროდუცირებული ეპნ-ით მწერი-მავნებლის რიცხოვნობის რეგულირება ჩვენს მიერ განხორციელებულ საკვლევ ობიექტებზე და დაავადგინეთ მათი ეფექტურობა.

3. გამოყენებულ იქნა ეპნის შესწავლის თანამედროვე მეთოდები ამერიკის, ისრაელის, გერმანიის უნივერსიტეტების ენტომოლოგიური და ენტომოპათოგენური ნემატოდების ლაბორატორიებიდან. შერჩეულ იქნა ეპნ -ის ეფექტური ბიოლოგიური კონტროლის აგენტები, მათი მასობრივი გამრავლებისათვის და შემდგომი გამოყენებისათვის.

4. ჩატარებულ იქნა ექსპერიმენტები ეპნ-ზე, მავნებლების წინააღმდეგ ბიოლოგიური კონტროლის ახალი მეთოდების ათვისებაზე და მათ დანერგვაზე სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში ბიოლოგიური აგენტების ნემატოდების გამოყენებით. მოვახდინეთ სამცხე-ჯავახეთის რეგიონის ჩვენს მიერ საკვლევ ტერიტორიებზე მავნე მწერების პოპულაციების შეგროვება და შესწავლა და მათზე კვლევების ჩატარება ენტომოპათოგენური ნემატოდების გამოსავლენად.

5. ჩვენს მიერ საკვლევ ტერიტორიებზე დომინირებული განსხვავებული ნიადაგებიდან ამოღებული იქნა ნიადაგის სინჯები, ამ რეგიონში არსებული ენდემური ახალი ეპნ-ის შტამების გამოსავლენად. საკვლევ ტერიტორიების

ლაბორატორიებში და მათ შორის არიზონას უნივერსიტეტის ენტომონემატოლოგიის კვლევით ლაბორატორიაში მოვახდინეთ ახალი ეპნ-ის იდენტიფიკაცია, ახალი ეპნ-ის კულტივირება, როგორც ბუნებრივ ასევე ხელოვნურ საკვებ არეებზე.

6. განვსაზღვრეთ ჩვენს მიერ მიღებული ეპნ-ის, როგორც ენდემური ბიოლოგიური კონტროლის აგენტების ტოლერანტობა. მიღებულ და შესწავლილ იქნა ახალი ბუნებრივი და ხელოვნური საკვები არეები ეპნ-ის გასამრავლებლად;

7. სამცხე-ჯავახეთის ბუნებრივ პირობებში დადგინდა მავნე მწერების სახეობებში ნიადაგურ ეტაპებზე ენტომოპათოგენური ნემატოდების გავრცელების მაღალი პროცენტული მაჩვენებელი (37,8 - 59,6%). უმეტეს შემთხვევაში დახოცილი მავნე მწერების გვამებში დომინირებდა ნემატოდების 2 გვარის სახეობა - *Heterorhabditis*-ი და *Steinernema*, რომელიც ხასიათდებოდა მდიდარი სახეობრივი შემადგენლობითა და სიმრავლით მრავალწლოვანი ბალახებით დაკავებულ მინდვრებში;

8. დახოცილი მავნე მწერების ანალიზმა გვიჩვენა ნემატოდებით მათი ინფიცირების დადგენის შესაძლებლობა, მათი მდგომარეობის მიუხედავად.

9. ენტომოპათოგენური ნემატოდების არსებობის სიხშირე სამცხე-ჯავახეთის ბუნებრივ პირობებში აღწევს საშუალოდ 35%-ს (110 დადებითი ნიმუშია გამოკვლეული 301-დან). დაინფიცირებული მავნე მწერების ნიმუშების შეგროვების საუკეთესო პერიოდებია აპრილი, მაისი, ივნისი და სექტემბერ-ოქტომბერი;

10. გამოვლენილ იქნა რეგიონისათვის ახალი სახეობები: *Steinernema tsagveriensis*, *Aphelenchoides* sp, *Steinernema* sp. დადგენილ იქნა ახალი ეპნ-ის ბიოლოგიური მახასიათებლების (გამრავლების პირობები, მგრძნობიარობა გარემოს აბიოტური ფაქტორების - ტემპერატურისა და ტენიანობის მიმართ). შედარებითმა შესწავლამ გვიჩვენა გამოყოფილი იზოლატების, როგორც ბიოპრეპარატების შექმნის საფუძვლის პერსპექტიულობა. *Steinernema tsagveriensis* - ადგილობრივი იზოლატისთვის აღინიშნულ იქნა ინვაზიის შედარებით დიდი სიხშირე და ეფექტურობა 30-35 C⁰ ფარგლებში. LD50 მაჩვენებლის მიხედვით (17.5 - 22.2), ვიდრე *Aphelenchoides* sp, *Steinernema* sp;

11. დადგინდა, რომ კარტოფილის ხვატარის მატლები -*Hydraecia micacea*, და *Spodoptera. Littorallis*-ი შეიძლება გამოყენებული იქნას ალტერნატიული ბიოლოგიური სუბსტრატის სახით ნემატოდების ინვაზიური ლარვების გამრავლებისა და დაგროვებისთვის;

12. განისაზღვრა ნემატოდების ინვაზიური სტადიების ოპტიმალური ხარჯვის კოეფიციენტები ხვატარის მატლების ინფიცირებისას (300 ნ/მლ) და შეირჩა ხვატარის მატლების კულტივირებისთვის საკვები არეები, რომელთა საფუძველსაც წარმოადგენს სასოფლო-სამეურნეო და საკვების ნარჩენები (სიმინდის ტარო, ბრინჯის ქატო). მოვახდინეთ ეპნ -ის ადგილობრივი პოპულაციის ინვაზიური სტადიების ტოლერანტობის შეფასება;

13. პესტიციდების ახალ პერსპექტიულ ფორმებთან, მათ შორის ჰერბიციდებთან ახალი შტამის *Steinernema tsagveriensis*, შედარებამ აჩვენა, რომ ისინი ახდენენ დიფერენცირებულ ზემოქმედებას სახეობის სიცოცხლისუნარიანობაზე. ამავდროულად, ინვაზიურ ლარვებს მათთან კონტაქტისას ინფექციურობა უმნიშვნელოდ უმცირდებათ. ინვაზიური აქტივობის შენარჩუნება, რომელთა პროცენტული მაჩვენებელი მერყეობს 51,7-დან 78,3%-მდე, საშუალებას გვაძლევს გამოვიყენოთ ენტომოპათოგენური ნემატოდებისა და მათი ცოცხალი ბიოლოგიური პრეპარატების გამოყენების შესაძლებლობა მწერი-მავნებლის წინააღმდეგ, ეფექტურობის გაზრდის მიზნით ქიმიურ ნაერთებთან ერთად;

14. ჩვენს მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტების საფუძველზე მიღებულმა გამოთვლებმა გვიჩვენეს, რომ ბიოლოგიური ნემატოდური პრეპარატების გამოყენება ეკონომიკურად და ეკოლოგიურად უფრო მომგებიანია, ვიდრე ქიმიური დამუშავება. ენტომოპათოგენური ნემატოდების ბიოლოგიურმა ეფექტურობამ ჩვენს მიერ დამუშავებულ ნაკვეთებზე 68%-ს მიაღწია, ხოლო მათი გამოყენების რენტაბელურობა 79 %-ით მეტია, ვიდრე პესტიციდების[საქართველოს სოფლის მეურნეობა, 1-25,2023]

15. ჩვენი კვლევები დასრულებულია, მაგრამ, ვფიქრობთ, საქართველოში დავიწყოთ ბრძოლა მცენარეთა მავნებლებთან სხვადასხვა ბიოლოგიური საშუალებებით (მათ შორის ენტომოპათოგენური ნემატოდებით). ბიოლოგიური

ბრძოლის დანერგვა-გავრცელების ეტაპი მცირეგანაკვეთიანი ცდებით, წარმოადგენს აუცილებელს ბიოლოგიური კონტროლისათვის მავნებლებისაგან ტყის მცენარეების, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების (ბოსტნეული და ბაღჩეული, ხეხილოვანი კულტურების) დასაცავად.

გამოყენებული ლიტერატურა

4. ბაგრატიონი 1941. ბაგრატიონი ვ აღწერა სამეფოსა საქართველოსა
 - a. საქართველოს გეოგრაფია. თ. ლომოურისა და დ. ბერძენიშვილის
 - b. რედაქციით.თბილისი:თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის
 - c. გამომცემლობა, 1941. <https://samtskhe-javakheti.tsu.ge>
5. გიორგაია 2014. გიორგაია ზ სამცხე-ჯავახეთის მხარის ტყის რესურსების ეკოლოგიურ-ეკონომიური შეფასება. 2014 56-80.
6. ვაზის ქართული ჯიშები 2009, ვაზის ქართული ჯიშები. კალენდარი 2009. ბიოლოგიურ მეურნეობათა ასოციაცია “ელკანა”, 2009. <https://samtskhe-javakheti.tsu.ge/>
7. ზაქარაია 1977, ზაქარაია პ, თბილისი. ბორჯომი. ვარძია (ისტორიულ-არქიტექტურული გზამკვლევი). თბ.: “საბჭოთა საქართველო”, 1977.თარგამაძე 1976, თარგამაძე კ, ჩიხრაძე ვ. საქართველოს სსრ ტყის რესურსები. თბილისი: საბჭოთა საქართველო. 1976. 103 გვ. <https://samtskhe-javakheti.tsu.ge>.
8. თედიაშვილი 2005, თედიაშვილი ნ. ანოტაციები საქართველოს საექსკურსიო რუკისათვის.თბ.,2005.<https://samtskhe-javakheti.tsu.ge/uploads/images/cnobar2016.pdf>
9. ლორთქიფანიძე 2006, ლორთქიფანიძე მ, დისერტაცია, 1-120გვ,2006 წ
10. მიქაია ნონა, ზოგიერთი უღვაშფირფიტოვანი ხოჭოების ნემატოფაუნა საქართველოში, (2009). მონოგრაფია, თბილისი, 179 გვ.
სოფლის მეურნეობის ზოგადი მიმოხილვა.<https://samtskhe-javakheti.tsu.ge/.ekonomiks-darg.pdf>
11. პესტიციდებით დამუშავებული ერთწლიანი კულტურების ნათესი ფართობი რეგიონების მიხედვით. საქართველოს სოფლის მეურნეობა. სტატისტიკური პუბლიკაცია. გვ.1-25, 2023 www.geostat.ge
12. ჯავახიშვილი 1977, ჯავახიშვილი. შ. მეტეოროლოგია და კლიმატოლოგია. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა.1977. გვ.302

13. Артюховский 1990, Артюховский А. Почвенные мерметиды: систематика, биология, использование //Из-во Воронежского ун-та, 1990. 160 с. Agronews.ge [გახსნილია/მონახულებულია: 14.01.2024]
14. Артюховский 1990, Артюховский, Анатолий Константинович. Почвенные мерметиды: систематика, биология, использование. — Воронеж: Издательство Воронежского университета, 1990. — 156 с. — ISBN 5-7455-0045-X.
15. Васильева-Некрасова С., Метлицкий О. Энтомопатогенные нематоды в защите садов и ягодников от вредителей (в условиях Подмосковья) //В сб. Производство экологически безопасной продукции растениеводства, Пущино, 1997.-С. 101-106.
16. Веремчук 1976, Веремчук Г. В., Данилов А. Г.1976.Энтомопатогенные нематоды. Защита растений 8.1-22.
17. Веремчук 192, Веремчук Г. В. 1963. Некоторые результаты выращивания нематод *Neoplectana* sp.на питательных средах. Гельминты человека, животных и растений и борьба с ними. К 85-летию К. И. Скрябина, АН СССР. 198-209
18. Веремчук 1972, Веремчук Г. О массовом разведении энтомопатогенного нематодно- бактериального комплекса//Паразитология. - Т.6, вып. 4, 1972.- С. 376-380. Agronews. ge
19. Данилов Л., Махоткин А., Зверев А., Махоткина Л. Вредная черепашка и энтомопатогенные нематоды //Ж. Защита и карантин растений, N3, 2000.- С. 46.
20. Какулия 1989, Какулия Г. 1989. Паразитические нематоды насекомых и биологический метод борьбы. изд. "Мецниереба". Академ. наук Грузии. 91-96; 128-137; 171-181.
21. Коновалова 2009, Т.В., 2009. Лабораторное содержание и разведение Большой восковой огневки *Galleria mellonella*. Пчелы. Всероссийский институт экспериментальной ветеринарии им. Я.Р. Коваленка (Москва) стр. 46-48
22. Кирьянова 1969, Кирьянова Е., Кралль Э. Паразитические нематоды растений и меры борьбы с ними.- Л.: Наука, 1969.-443 с. Agronews. ge ,
23. Малахов 1984, Малахов В. Нематоды: строение, развитие, классификация и филогения //М.: Наука, 1984. 215 с

24. Парамонов 1954, Парамонов А., Соболев А. 1954. Рабдитиды и тиленхиды. Определитель паразитических нематод. т. IV. 38-59..
25. Рубцов 1978, Рубцов И. Мермитиды. Классификация, значение, использование //Л.: Наука. 1978. 207 с.
26. Скрябин К. И. 1958. Метод полных гельминтологических вскрытий животных по Скрябину. Труды акад. К. И. Скрябина, изд. 3. Москва, 28-32.
27. Филиппев 1934, Филиппев, 1934. "Нематоды вредные и полезные в сельском хозяйстве. Российское общество Знание. <https://znanierussia.ru>.
28. Abbott 1925, Abbott W.S.(1925) A method for computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology. 18:265-267.
29. Akhurst 2002, Akhurst R., Smith K. (2002): Regulation and safety. In: Gaugler R. (ed.): Entomopathogenic Nematology. Wallingford, CABI Publishing: 311-332.
30. Akhurst 1980, Akhurst R. Morfological and functional dimorphism in *Xenorhabdus* spp. bacteria symbiotically associated with the insect pathogenic nematodes *Neoaplectana* and *Heterorhabditis* //J.Gen.Microbiol., v. 121, 1980, pp. 303 - 309.
31. Akhurst 1983, Akhurst R. *Neoaplectana* species: specificity of association with
32. bacteria of genus *Xenorhabdus* //Exp. Parasitol., v.55, 1983, pp. . 258-263.
33. Akhurst 1990, Akhurst R., Boemare N. Biology and taxonomy of *Xenorhabdus* //See Ref., N68, 1990, pp. 75-92. 28.
34. Bedding 1981, Bedding R. Low cost in vitro mass production of *Neoaplectana* and *Heterorhabditis* species (Nematoda) for field control of insect pests //Nematologica, N27, 1981, pp. 109- 114.
35. Bedding 1984, Bedding R. Large scale production, storage and transport of the insect-parasitic nematodes *Neoaplectana* spp. and *Heterorhabditis* //Ann. Appl. Biol., N104, 1984, pp. 117 - 120.
36. Bedding 1975, Bedding R., Akhurst R. A simple technique for the detection of insect pathogenic nematodes in soil //Nematologica, N21, 1975, pp.109-110.30
37. Barbercheck 1991, Barbercheck M., Kaya H. Effect of host condition and soil texture on host finding by the entomogenous nematodes *Heterorhabditis bacteriophora*

- (Rhabditida: Heterorhabditidae) and *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) // *Environ. Entomol.*, N20, 1991, pp. 582 – 589
38. Burman 1980, Burman M., Pye A. *Neoaplectana carpocapsae*: Movements of nematode populations on a thermal gradient // *Exp. Parasitol.* N49, 1980, pp. 258 – 265
 39. Bird 1986, Bird A., Bird J. Observations on the use of insects parasitic nematodes as a means of biological control of root-knot nematodes // *Int. J. Parasitol.*, N16, 1986, pp.511 - 516.
 40. Boemare 1996, Boemare, N. E., Laumond, C. and Mauleon, H. 1996. The entomopathogenic nematode-bacterium complex: Biology, life cycle and vertebrate safety. *Biocontrol Science and Technology* 6: 333-346
 41. Duncan 1999, Duncan, L. W., Shapiro, D. I., McCoy, C. W., and Graham, J. H. 1999. Entomopathogenic nematodes as a component of citrus root weevil IPM. In “Optimal Use of Insecticidal Nematodes in Pest Management” (S. Polavarapu, Ed.), pp. 69–78. Rutgers Univ. Press, New Brunswick, NJ.
 42. De Man J. G. 1884. Die frei in der reinen Erde und Süßen Wasser Lebenden Nematoden der niederländischen Fauna. Eine systematisch-faunistische Monographie. Leiden 1-106. (Cited with Kakulia, 1989).
 43. De Doucet 1994, *De Doucet M., Giayetto A.* Gama de Huespedes y especificidad en *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Heterorhabditidae: Nematoda) // *Nematol. Medit.*, 1994, 22, pp. 171 - 178.
 44. Dutky 1964, Dutky S., Thompson J., Cantwell G. A technique for the mass propogation of the DD-136 nematode // *J. Insect Pathol.*, N6, 1964, pp. 417 - 422.
 45. Shapiro 2012, Shapiro D-Ilan, Richou Han, and Claudia Dolinski. Entomopathogenic Nematode Production and Application Technology. *J.Nematol.* 2012 Jun; 44(2): 206–217.
 46. Elawad 1998, Elawad S. Studies on the taxonomy and the biology of a newly isolated species of *Steinernema* (Nematoda: Steinernematidae) from tropies and its associated bacteria//PhD Thesis, The University of Reading, UK, 1998.- 225 P

47. Elawad 1996, Elawad S., Abbas M. Hague. The establishment, reproduction and pathogenicity of a new species of *Steinernema* from Sultanate of Oman in *Galleria mellonella* //Afro-Asian J. of Nematology, v. 6, N1, 1996, pp.40 - 45.
48. Elawad 1999, Elawad Sami A, Simon R. Gowen and Nigel G.M. Hague. 1999. The life cycle of *Steinernema abbasi* and *S. riobrave* in *Galleria mellonella*. *Nematology*, Vol. 1(7—8), 762-764
49. Fuxa 1988, Fuxa J., Agudelo-Silva F, Richter A. Effect of host age and nematode strain on susceptibility of *Spodoptera frugiperda* to *Steinernema feltiae*. *J. Nematol*, N20, 1988, pp.91 - 95.
50. Fuchs 1989, Fuchs G. 1937. Neue parasitische und halbparasitische nematoden bei Borkenkäfer und einige andere nematoden. *Zool. Jahrb*; 70 (5); 1-291. (Cited with Kakulia, 1989).
51. Georgis 1989, Georgis R., Poinar G. Field effectiveness of entomophilic nematodes *Neoaplectana* and *Heterorhabditis* //See Ref., v. 108, 1989, pp. 213 - 224.
52. Georgis 1991, Georgis R., Hague N. Nematodes as biological insecticides //Pestic. Outlook,N2, 1991, pp.29=32.
53. Georgis 1983, Georgis R., Poinar G. Effect of soil texture on the distribution and infectivity of *Neoaplectana carpocapsae* (Nematoda: Sreinerneematidae) //J. Nematol, N15, 1983, pp. 308 - 311.
54. Georgis 1989, Georgis R., Poinar G. Field effectiveness of entomophilic nematodes *Neoaplectana* and *Heterorhabditis* //See Ref., v. 108, 1989, pp. 213 - 224.
55. Gaugler 1990, Gaugler R, Kaya H. Entomopathogenic nematodes in biological control //CRC Press, Boca Raton. 1990. 365 p Grewal PS, Ehlers R-U, Shapiro-Ilan DI. 2005. Nematodes as Biocontrol Agents. CABI, New York, NY.
56. Gorgadze 2017, Gorgadze O., Bakhtadze G., Kereselidze M., Lortkipanidze M. (2017) The efficacy of entomopathogenic agents against *Halyomorpha halys*(Hemiptera: Pentatoidae) *International Journal of Current Research* Vol. 9, Issue, 12, pp. 62177-62180
57. Glazer 1992, Glazer I. Invasion rate as a measure of infectivity of steinernematid and heterorabditid nematodes to insects //J. Invert. Pathol., N50, 1992, pp. 90 - 94.

58. Glazer 2000, Glazer I, Lewis E. 2000. Bioassays for entomopathogenic nematodes. CAB. International Publishing. Bioassays of entomopathogenic microbes and nematodes. pp. 229-247.
59. Glenister C. Beneficial nematodes for biological control of insect pests // Intern. Plant Prop. Soc., v.40, 1991, pp. 543 - 547.
60. Griffin 1990, Griffin, C. T., Downes, M. J. & Block, W. (1990) Tests of Antarctic soils for insect parasitic nematodes. Antarctic Sci. 2, 221-222.
61. Gaugler 1990, Gaugler R, Kaya H. Entomopathogenic nematodes in biological control // CRC Press, Boca Raton. 1990. 365 p.
62. Glaser, R. W. 1932. Studies on *Neoaplectana glaseri*, a nematode parasite of the Japanese beetle (*Popillia japonica*). Circular 211, New Jersey Department of Agriculture, Trenton, NJ.
63. Glazer 1992, Glazer I. Invasion rate as a measure of infectivity of steinernematid and heterorhabditid nematodes to insects // J. Invert. Pathol., N50, 1992, pp. 90 - 94.
64. Georgis 1991, Georgis R., Gaugler R. Predictability in biological control using entomopathogenic nematodes // J. Econ. Entomol., N84, 1991, pp. 713 - 720.
65. Glazer 2000, Glazer I, Lewis E. 2000. Bioassays for entomopathogenic nematodes. CAB. International Publishing. Bioassays of entomopathogenic microbes and nematodes. pp. 229-247.
66. Glazer I., Navon A. 1989, Activity and persistence of entomoparasitic nematodes tested against *Heliothis armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). // J. of econom. Entom. V 83, 1989, pp. 1795- 1800.
67. Glaser 1940, Glaser R., McCoy E., Girth M. Biology and economic importance of a nematode parasitic in insects // Parasitol.- V.26, N 6, 1940, pp. 479 - 495.
68. Glaser 1931, Glaser R. The cultivation of nematode parasitic of an insect // Science, v.73, N3, 1931, pp. 614 - 615
69. Goude 1995, Goude D., Hague N. The development of *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae) in the sciarid fly *Bradysia paupera* (Diptera: Sciaridae) // Ann. Appl. Biol., v.126, 1995, pp. 395 - 401.

70. Goude 1999, Goude D., Lee L., Henneberry T. Parasitism of diapausing pink bollworm *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae) larvae by entomopathogenic nematodes (Nematoda: Steinernematidae, Heterorhabditidae) //Crop Protection, N18, 1999, pp. 531 -537.
71. Hunt 1993, Hunt D J. 1993. Aphelenchida, Longidoridae and Tricodoridae: Their Systematics and Bionomics. International Wallingford, UK, 352 pp.
72. Heydak M.H. 1936. A food for rearing laboratory insects. J.Econom.Entomol. 29. 10-26.
73. Hominick 1990, Hominick W., Briscoe B. Occurrence of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in British soils //Parasitology, v. 100, 1990, pp. 295 - 302.
74. Hominick 1990, Hominick W., Ried A. Perspectives on entomopathogenic nematodes. Species, strains and molecular biology //In: Entomopathogenic nematodes in biological control (Eds. R. Gaugier, U. Kaya)/ Boca Raton, USA. CRC Press. 1990,-pp. 327-343.
75. Inkley 2012, Inkley D, B, (2012) Characteristics of home invasion by the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). Journal of Entomological Science, 47(2):125–130.
76. Kaya, H.K., & Stock, S.P. Techniques in insect nematology. In Manual of techniques in insect pathology. (ed Lacey, L. A.), 281-324. Academic Press, London (1997).
77. Kaya 1990, Kaya H. Entomopathogenic nematodes in biological control of insects //See Ref^N11, 1990, pp. 189- 198.
78. Kaya 1993, Kaya, H. K. and Gaugler, R. (1993) Entomopathogenic nematodes. Ann. Rev. Entomol. 38; 181–206.
79. Kain D., Agnello A. Pest status of american plum borer (Lepidoptera: Pyralidae) and fruit tree borer control with synthetic insecticides and entomopathogenic nematodes in New York state //Hortic. Entom.,v. 92, N1,1999, 45-57
80. Koppenhöfer 2000, Koppenhöfer A.M., Fuzy E.M. (2000): Effect of soil type on infectivity and persistence of the EPNs *Steinernema scarabaei*, *Steinernema glaseri*,

- Heterorhabditis zealandica, and Heterorhabditis bacteriophora. Journal of Invertebrate Pathology, 92: 11–22.
81. Kung S 1990, Kung S., Gaugler R., Kaya H. Soil type and entomopathogenic nematode persistence //J. Invertebr. Pathol., N55, 1990, pp. 401 - 406.
 82. Kevin 2014, Kevin B. Rice, Chris J. Bergh, Erik J. Bergmann, et al; (2014) Biology, Ecology, and Management of Brown Marmorated Stink Bug (Hemiptera: Pentatomidae) Journal of Integrated Pest Management, Volume 5, Issue 3, 1 September 2014, Pages 1–13. USA. <https://www.aura.ge/3-statiebi/3565-cvilis-chrchili.html>.
 83. Kaya 1993, Kaya H., Gaugler R. Entomopathogenic nematodes //Ann. Rev. Entomol., 1993 7 pp. 181 -206.
 84. Kung 1991, Kung S., Gaugler R., Kaya H. Effects of soil temperature, moisture and a. relative humidity on entomopathogenic nematode persistence //J. Invertebr. Pathol., N57, 1991, pp. 242 - 249.
 85. Kaya 1997, Kaya H. K., Stock S.P.(1997) Technique in Insect Nematology. In: Lacey, [Ed.] Manual of Techniques in Insect Pathology. Academic Press Ltd, New York, pp. 281-324.
 86. Kung 1990, Kung S., Gaugler R., Kaya H. Influence of soil pH and oxygen on persistence of Steinernema spp. //J. Nematol., N 22, 1990, pp. 406 - 406.
 87. Lacey 2012, Lacey LA, Georgis R (2012). Entomopathogenic nematodes for control of insect pests above and below ground with comments on commercial production. Journal of Nematology 44(2):218-225.
 88. Massey 1957, Massey G. L. 1957. Four new species of Aphelenchulus (Nematoda) parasitic in bark beetles in the United States Proc. Helminthol. Soc Wash 1. 2-14. (Cited with Kakulia, 1989).
 89. Massey 1984, Massey G. L. 1971. Nematoda associated of several species of Pissodes (Coleoptera; Curculinidae) in the United States. Ann. Entomol. Soc. Am. 64. 2-162.
 90. Miller 1966, Miller P. The regulation of breathing in insects //Adv. Insect Physiol., v. 3, 1966, pp. 279-344.

92. Maoxin Zhang Maoxin, Liang Guangwen. Studies on the population system control *Steinernema carpocapsae* (Weiser) against flea beetle *Phyllotrata striolata* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidea) // *Acta Phytoph.Sinica*, v. 27, N4, 2000, pp. 333 -337.
93. Nickle 1967, Nickle W. R. 1967. On the classification of the parasitic nematodes of the Spacularidae Lubbock, 1861 (Tylenchoidea; nematoda) *Proceeding of the Helminthological Society Washington* Vol 34, N1. 2-89.
94. Nickle 1963, Nickle W. R. 1963. *Bovienema* (Nematoda; Allantonematidae) a new Genus parasitizing bark beetles of the genus *Pityagen* Bedel, with notes on Other endoparasitic nematodes of scolytids. *Proc, Helminthol. Soc. Wasch* v. 30. #2. 1-25.
95. Nickle 1984, Nickle W. *Plant and insect nematodes* //N.-Y.Mercel Dekker,1984.
96. Poinar, 1990, Poinar, G. O. (1990). Taxonomy and biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae. *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*, 23-60. <https://nemys.ugent.be/aphia.php?p=sourcedetails&id=434891>
97. Poinar 1965, Poinar, G. O., Jr., and Thomas, G. M. 1965. A new bacterium, *Achromobacter Nematophilus* sp. nov. (Achromobacteriaceae Eubacteriales) associated with a nematode. *International Bulletin of Bacterial Nomenclature and Taxonomy* 15:249–252.
98. Poinar 1988, Poinar, G. O., Jr., and Thomas, G. M. 1988. Infection of frog tadpoles (Amphibia) by insect parasitic nematodes (Rhabditida). *Experientia* 44:528–531.
99. Poinar 1979, Poinar G. O. 1979. *Entomogenous nematodes sp. manual and list of insect-Nematode association* Leicen, 64-317.
100. Poinar 1979, Poinar G. *Nematodes for Biological Control of Insects* //Boca Raton, FL-.CRC, 1979, 277 p.
101. www.tsu.ge 1977, [ჯავახიშვილი.მ. 1977; გორგაია ზ. 2014] inteleqti.openjournals.ge.
102. Salmanov1988, Salmanov A. Results of attempted infection of the Colorado beetle with the nematode *Neoaplectana carpocapsae* in laboratory and field conditions // *Izvesity a Academii Nauk Azerbaidzhanskoi SSR, Biol.I^Iauki*, v.2, 1988, pp. 45 - 47.

103. Saringer 1996, Saringer G. et al. Possibilities of biological control using entomopathogenic nematodes against *Leptinotarsa decemlineata* and *Athalia rosae* L. larvae //48 Intern.Symp.on crop protect., PTS I - IV Univers. Gent., v.61, N3, 1996, pp. 961 -966.
104. Shapiro 2006, Shapiro-Ilan DI, Gough DH, Piggott SJ, Patterson Fife J. 2006. Application technology and environmental considerations for use of entomopathogenic nematodes in biological control. *Biological Control* 38: 124-133.
105. Stock1995, Stock, S. P. 1995. Natural populations of entomopathogenic nematodes from the Pampean region of Argentina. *Nematropica* 25, 143-148.
106. Stock 1999, Stock, S. P., Pryor, B. M., and Kaya, H. K.1999. Distribution of entomopathogenic nematodes (*Steinernematidae* and *Heterorhabditidae*) in natural habitats in California. *Biodiversity and Conservation* 8, 535-549
107. Rühm 1956, Rühm W. 1956. Die Nematoden der Ipiden.Parasitol. Schrifte nreihe.H.6. Jena. 1-425.
108. Rühm 1959, Rühm W. 1959. *Cylindrcorpus* subg. nov. und *protocy lindro corpus* subg. Nov zwei Untergattungen der Cattung *Cylindrocopus* Goodey, 1939.
1. Nematodological N.1. 76-82. (Cited with Kakulia, 1989).
109. Rühm 1956, Rühm W. 1956. Die Nematoden der Ipiden.Parasitol. Schriftenreihe.H.6. Jena. 1-425.
110. Remillet 1991, Remillet, M. & Laumond, C. 1991. Sphaerularioid nernatodes of importance in agriculture. In: *Manual of Agricultural Nematoloay* (W.R. Nickle. Ed.) pp.967-1024, New York, Marcel Dekker.
111. Randy 1988, Randy Gaugler 1988. Ecological considerations in the biological control of soil-inhabiting insects with entomopathogenic nematodes. *Agriculture ecosystems and environment* 24, 351-360.Elsevier Science publishers B.V; Amsterdam Printed in the Netherland.
112. Shahina 1998, hahina, F. M, Aniz, S. Zainab. 1998. Entomopathogenic nematodes in soil samples collected form Sindh, Pakistan. *J. Nematol.*, 16 (1): 41 – 50

113. Shahina 1999, Shahina, F., Anis, M., Maqbool, M.A. & Soomro, M.H. (1999). Mortality response of some insects by entomopathogenic nematode *Steinernema* 85266. Pak. J. Nematol., 17:125-128..
114. Shapiro 1999, Shapiro, D. I., Cate, J. R., Pena, J., Hunsberger, A., and McCoy, C. W. 1999. Effects of temperature and host age on suppression of *Diaprepes abbreviatus* by entomopathogenic nematodes. J. Econ. Entomol. 92, 1086–1092
115. Shields 1999, Shields E., Testa A., Miller J., Franders K. Field efficacy and persistence of the entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* "Oswego" and *H. bacteriophora* "NC" on alfalfa shoot beetle larvae (Coleoptera: Curculionidae) //Envirom. Entom., v.28, N1, 1999, pp. 128 - 136.
116. Shamseldean Shamseldean M. Effects of temperature on survival and infectivity of Egyptian 1994, heterabditid nematode isolates //Egyptian J. Appl. Sci., v. 9, N9, 1994, pp. 53 - 59.
117. Strong D., Whipple A., Denis B. Model selection for a subterranean trophic cascade: root-feeding caterpillars and entomopathogenic nematodes //Ecology, v.80, N8, 1999, p.p. 2750-2761.
118. Wouts 1980, Wouts W. Biology, life cycle and redescription of *Neoplectana bibionis* Bovien (Nematoda: Steinernematidae) //J.ofNematology, 1980.-Nº12.- pp.62-72.
119. Woodring 1988, Woodring J., Kaya H. Steinernematid and heterorabditid nematodes: a handbook of techniques //South.Coop.Ser. Bull.Arkans. Agric. Exp. Stn. Fayetteville, v. 331, 1988, pp. 869 - 874.
120. Wachek 1955, Wachek E. 1955. Die entoparasitischen Tylenchiden. Veb Gustav Fischer Verlag. Jena 1-119. (Cited with Kakulia, 1989).
121. Weiser 1989, Weiser J. 1962. Über die Benutzung der nematoden zur biologischen schädlinge bekämpfung Intern. Kongr. Entomol. 2. 880.-889 (Cited with Kakulia, 1989).
122. White 1927, White, G. F.(1927) A method for obtaining infective nematode larvae from cultures 37. 302-303
123. Walker 1984, Walker T. ed. Mole crickets in Florida //Fla. Agric. Exp. Stn. Bull, N845, 1984, p.54

დისერტაციაში გამოყენებული აბრევიატურა:

1. ენტომოპათოგენური ნემატოდების (ეპნ)
2. ნემატობაქტერიული კომპლექსი (ნბკ),
3. სამცხე-ჯავახეთის სახელმწიფო უნივერსიტეტი (სჯუ)
4. ფიტოპათოგენური ნემატოდა(ფპნ)
5. ბიოლოგიური კონტროლი (ბკ)
6. ლეტალური დოზა (LD)