

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მაია ამბოკაძე

მავნებლების წინააღმდეგ ახალი თაობის კომბინირებული ინსექტიციდების კვლევა

სადოქტორო პროგრამა - აგრარული ტექნოლოგიები

შიფრი 0101

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარმოდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2022 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტში

აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების ინჟინერინგის ფაკულტეტი

აგრარული ტექნოლოგიების დეპარტამენტი

ხელმძღვანელები:

პროფესორი ნინო ლომიძე

პროფესორი არჩილ ჭირაქაძე

რეგენზენტები:

დაცვა შედგება 2022 წლის "-----" -----, ----- საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის აგრარული მეცნიერებების და ბიოსისტემების

ინჟინერინგის ფაკულტეტის სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის კოლეგიის

სხდომაზე, კორპუსი 11, აუდიტორია 212

მისამართი: 0160, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი -----

თემის აქტუალობა.

სასოფლო-სამეურნეო მავნებლებთან ბრძოლის პროცესში სასურველია გამოვიყენოთ ისეთი ეფექტური სინთეზური და ბუნებრივი წარმოშობის ინსექტიციდები, რომელთა მეშვეობითაც შესაძლებელია სასოფლო-სამეურნეო მავნებლების პოპულაციების მკვეთრი შეზღუდვა ან განადგურება, ძუძუმწოვრებზე, ფუტკარზე და სხვა ცოცხალ ორგანიზმებზე მინიმალური მავნე ზემოქმედების პირობებში. ამ მიზნის მისაღწევი ერთ-ერთი ყველაზე მოკლე და წარმატებული გზაა განსხვავებული ქიმიური კლასის და მოქმედების ტიპის აქტიური ნივთიერებების სინერგიული კომბინაციების შექმნა, რაც იმავდროულად უზრუნველყოფს მავნებლების მხრიდან ინსექტურ-აკარიციდული პრეპარატების მიმართ მაღალი რეზისტენტობის გამომუშავების შეფერხებას. მოქმედი ნივთიერებების სინერგიული კომბინაციების შექმნა და გამოყენება ერთდროულად იწვევს მათი კონცენტრაციის და დოზის მნიშვნელოვან შემცირებას.

სადღეისოდ, როგორც საქართველოში, ასევე გლობალურ მასშტაბში, უაღრესად აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს აზიურ ფაროსანასთან (*Halyomorpha halys*) და იტალიურ, მაროკოულ და აზიურ კალიასთან (*Calliptamus italicus*, *Doclostaurus maroccanus*, *Locusta migratoria*) წარმატებული ბრძოლა. პრობლემის მასშტაბზე მეტყველებს თუნდაც ის ფაქტი, რომ ჩვენს ქვეყანაში აზიურ ფაროსანასთან ბრძოლა, გაეროს სურსათის და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაციის (UN FAO) და აშშ საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს (USAID) აქტიური დახმარებით, ითავა საქართველოს სახელმწიფომ სურსათის ეროვნული სააგენტოს მიერ განხორციელებული პროგრამის ფარგლებში, ხოლო კალიების პოპულაციებზე დაკვირვებას, გამაფრთხილებელი ზომების შემუშავებას და გატარებას უზრუნველყოფს გაეროს სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაციის 2010 წელს დაწყებული მრავალწლიანი პროექტი „საქართველოში და ცენტრალურ აზიაში კალიების პოპულაციების რეგიონალური და ნაციონალური მართვის პროგრამა“ (“Programme to

improve national and regional locust management in Caucasus and Central Asia (CCA)”), რომელიც მოიცავს რუსეთის სამხრეთ ოლქების, საქართველოს, აზერბაიჯანის, სომხეთის, ყაზახეთის, ყირგიზეთის, ტაჯიკეთის, უზბეკეთის და თურქმენეთის ტერიტორიას.

როგორც ცნობილია, 2017-2019 წლებში აზიურმა ფაროსანამ მნიშვნელოვანი ზიანი მიაყენა დასავლეთ საქართველოს სოფლის მეურნეობას, განსაკუთრებით თხილის წარმოებას. ამ პოლიფაგი მავნებლის შემოსევის შედეგად, რომელიც საქართველოში პირველად დაფიქსირდა 2015 წელს, მკვეთრად შემცირდა თხილის მოსავალი და, შესამჩნევად, საქართველოს შიდა ექსპორტის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილი - თხილის და სხვა კაკლის ექსპორტი.

ყოველივე ზემოთქმულის გათვალისწინებით, მეტად აქტუალური გახდა ფართო სპექტრის ისეთი ინსექტიციდის შემუშავება, რომელიც ხასიათდება მაღალი ბიოლოგიური ეფექტიანობით აზიური ფაროსანას და იტალიური კალიას წინააღმდეგ, და, იმავდროულად, ნაკლებად მავნეა ადამიანისთვის, ძუძუმწოვართათვის, ზოგადად თხილისხლიანი ცხოველებისთვის და ფუტკრისათვის.

უაღრესად მნიშვნელოვანია აგრეთვე ინსექტიციდურ კომბინაციებში სინთეზური კომპონენტების რაც შეიძლება დიდი რაოდენობით ჩანაცვლება მინერალური და ეთერზეთოვანი ბუნებრივი წარმოშობის კომპონენტებით, რაც მოცემულ კვლევაში მიიღწევა დიატომიტის, კაოლინის, როზმარინის ზეთის და ელექტროქიმიურად აქტივირებული წყლის გამოყენებით და კომპონენტების მაღალი სინერგიულობით.

ჩატარებული კვლევა ემდგნება საქართველოს სოფლის მეურნეობისთვის მეტად აქტუალურ დარგს: სასოფლო-სამეურნეო მავნებლების ფართო სპექტრის (უპირველეს ყოვლისა, აზიური ფაროსანას, იტალიური და მიგრატორული კალიას და სხვა სახის აგრესიული მწერების) წინააღმდეგ ახალი მაღალეფექტიანი და ცოცხალი გარემოსთვის

(უპირველეს ყოვლისა, ფუტკრის, წყლის ორგანიზმებისთვის და თბილისისხლიანი ცხოველებისთვის) შედარებით უსაფრთხო კომპოზიციის შემუშავებას და კვლევას.

კვლევის მიზანი

კვლევის მიზანი იყო:

ა) ფართო სპექტრის მაღალი ბიოლოგიური ეფექტიანობის მქონე, ადამიანის და ცოცხალი ბუნებისთვის ნაკლებად ტოქსიკური ინსექტიციდური კომბინაციების შექმნა პირეთროიდული და ორგანო-ფოსფორული ინსექტიციდების, დიატომიტის, კაოლინის, როზმარინის ზეთის, ალუმინის ოქსიდის ნანონაწილაკების, ელექტროქიმიურად აქტივირებული წყალხსნარების და ბიოდეგრადირებადი ემულგატორ-დისპერგატორის საფუძველზე მათი მაღალსინერგიული თანაფარდობის დადგენის და რეალიზაციის მეშვეობით;

ბ) შექმნილი კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტიანობის, მოქმედების ხანგრძლივობის და კომპონენტების სინერგიულობის განსაზღვრა ლაბორატორიულ და საველე პირობებში;

გ) მაღალი ბიოლოგიური ეფექტიანობის მქონე კომბინაციების მწვავე ტოქსიკურობის განსაზღვრა თეთრი ვირთაგვების ქცევითი და ფიზიოლოგიური მაჩვენებლების ხანგრძლივი მონიტორინგის და ფრინველების ემბრიონების ოვოსკოპის გამოყენებით;

დ) საველე და ლაბორატორიული ტესტირების შედეგების კორელაციის შეფასება მათი სანდოობის შეფასების მიზნით;

ე) თეთრი ვირთაგვების ქცევითი და ფიზიოლოგიური მაჩვენებლების ხანგრძლივი მონიტორინგის და ფრინველების ემბრიონების ოვოსკოპის გამოყენებით შექმნილი კომბინაციების მწვავე ტოქსიკურობის კვლევის შედეგების კორელაციის შეფასება მათი სანდოობის განსაზღვრის მიზნით.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები

ლაბორატორიული კვლევის ობიექტები იყო: ა) საქართველოს სურსათის ეროვნული სააგენტოს მიერ მოწოდებული ორივე სქესის 11250 ზრდასრული აზიური ფაროსანა, შეგროვებული აბაშას და სენაკის მუნიციპალიტეტებში, ორივე სქესის 2250 ზრდასრული აზიური ფაროსანა, შეგროვებული ქობულეთის და ხელვაჩაურის მუნიციპალიტეტებში, 2250 ზრდასრული იტალიური კალია; ბ) 448 ინსექტიციდური კომბინაცია და ინსექტიციდური პრეპარატი; მტკნარი წყლის ამორფული დიატომიტი; ალუმინის ოქსიდის ნანონაწილაკები, ემულგატორ-დისპერგატორი Lansperse BIO 868; ჰიდროქსიეთილცელულოზა; ბიოციდური პრეპარატი „ელიქსირი (elixir) ხილისთვის, კაკლოვანი და კენკროვანი კულტურებისთვის; ელექტროქიმიურად აქტივირებული თვითნაკეთი პრეპარატი „ექა-1“; წყალი; რეპერულ ეტალონად გამოყენებული პრეპარატი ProStore 420 EC.

საველე კვლევის ობიექტებს წარმოადგენდა: სიმინდის ყანაში არსებული და ფერომონით მოზიდული აზიური ფაროსანას პოპულაცია; მწერების მიმართ კვლევის ფარგლებში შემუშავებული ინსექტიციდური კომბინაციების მოქმედების ხანგრძლივობა, ბიოლოგიური ეფექტიანობა და კომბინაციების სინერგიულობა.

კვლევის ძირითადი მეთოდებია:

- ინსექტიციდური კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტიანობის განსაზღვრა ლაბორატორიულ და საველე პირობებში მოდიფიცირებული ებოტის ფორმულის და კვლევის პრცესში შემუშავებული მეთოდის და ფორმულის გამოყენებით;
- ინსექტიციდური კომბინაციების სინერგიულობის განსაზღვრა ლაბორატორიულ და საველე პირობებში მოდიფიცირებული ებოტის ფორმულის და კვლევის პრცესში შემუშავებული მეთოდის და ფორმულის გამოყენებით გამოყენებით;

- ინსექტიციდური კომბინაციების მწვავე ტოქსიკურობის განსაზღვრა ლაბორატორიულ პირობებში თეთრი ვირთაგვების განშტოებულ ლაბირინთში გავლის დროს ქცევითი და ფიზიოლოგიური მაჩვენებლების ხანგრძლივი მონიტორინგის გამოყენებით, შესაბამისი მოდიფიცირებული ფორმულების მეშვეობით;
- ინსექტიციდური კომბინაციების მწვავე ტოქსიკურობის აგრეთვე განსაზღვრა ლაბორატორიულ პირობებში კომპიუტერულად მართული ოვოსკოპის მეშვეობით.

სადისერტაციო ნაშრომის სიახლე.

ჩატარებულმა კვლევამ მოგვცა საშუალება პირველად განგვესაზღვრა და შეგვეფასებინა შემუშავებული და ტესტირებული ინსექტიციდური კომბინაციების ისეთი მნიშვნელოვანი მახასიათებლები, როგორცაა: ა) ფარდობითი ბიოლოგიური ეფექტიანობა აზიური ფაროსანას მიმართ და მისი დამოკიდებულება აქტიური სინთეზური კომპონენტების თანაფარდობაზე; ბ) ფარდობითი სინერგის ხარისხი და მისი დამოკიდებულება აქტიური სინთეზური კომპონენტების თანაფარდობაზე; გ) შემოწმებული და საკონტროლო პრეპარატების მწვავე ტოქსიკურობა თბილსისხლიანი ძუძუმწოვრების და ქათმის ემბრიონების მიმართ. უნდა აღინიშნოს, რომ აქტიური სინთეზური კომპონენტების თანაფარდობის ცვლილების ბიჯი საკმარისად მცირე აღმოჩნდა, რათა შესაძლებელი ყოფილიყო სინერგიული ეფექტის სათანადო სიზუსტით და სანდობით დაფიქსირება და შეფასება. იმავდროულად, უფრო მცირე ბიჯის გამოყენებამ და აქტიური კომპონენტების თანმიმდევრულმა შეცვლამ შეიძლება უფრო ზუსტად შეგვაფასებინოს თითოეული კომპონენტის წვლილი ბიოლოგიურ ეფექტურობაში და კომბინაციის მთლიან სინერგიაში.

პირველად შემუშავდა პრეპარატების ბიოლოგიური ეფექტიანობის და მოქმედების ხანგრძლივობის ლაბორატორიულ და საველე პირობებში

განსაზღვრის მეთოდის, რომელიც ითვალისწინებს საკონტროლო ჯგუფის ან საკონტროლო პოპულაციის ბუნებრივ სიკვდილიანობას და დაფუძნებულია მწერების ახალი ჯგუფების ინსექტიციდებით დამუშავებულ კონტეინერებში შეყვანის ან დამუშავებულ ტერიტორიაზე ფერომონების მეშვეობით მიზიდვის ხანგრძლივ მონიტორინგზე.

საქართველოში პირველად იქნა შესწავლილი აზიური ფაროსანას პოპულაციებში ინსექტიციდური პრეპარატების მიმართ რეზისტენტობის გამომუშავება და განისაზღვრა რეზისტენტული პოპულაციების უპირატესი გავრცელების არეალი. შეფასდა ბიოლოგიური ეფექტიანობის რეზისტენტული და არარეზისტენტული კომპონენტების თანაფარდობა.

შემუშავდა და დაიხვეწა ინსექტიციდური პრეპარატების თბილისის ხლიან ძუძუმწოვართა და ფრინველთა ენბრიონების მიმართ მწვავე ტოქსიკურობის განსაზღვრის ქცევით მაჩვენებლებზე და ოვოსკოპიაზე დაფუძნებული ორი მეთოდი, რომელიც სრულად შეესაბამება ლაბორატორიულ ცხოველებთან ჰუმანური მოპყრობის თანამედროვე პრინციპებს. პირველად შეფასდა ორი სხვადასხვა მეთოდით მიღებული შედეგების კორელაცია და დადასტურდა მათი რელევანტურობა.

პირველად იქნა შესწავლილი ნანოგანზომილებიანი მინერალური კომპონენტის შემცველი ინსექტიციდური კომბინაციის სინერგიულობა და მწვავე ტოქსიკურობა.

შედეგების გამოყენების სფერო.

კვლევის შედეგების გამოყენების სფეროებია: გამოყენებითი ენტომოლოგია; ცხოველთა ფიზიოლოგია; სოფლის მეურნეობისთვის ახალი სინერგიული ინსექტიციდური (პესტიციდური) კომბინაციების შემუშავება, რომლებიც განსაკუთრებით მაღალეფექტიანია მავნებელთა რეზისტენტული პოპულაციების მიმართ; ფართო სპექტრის, ხანგრძლივი

მოქმედების, მაღალი ბიოლოგიური ეფექტიანობის და ადამიანისა და ცოცხალი ბუნებისთვის დაბალი მწვავე ტოქსიკურობის ინსექტიციდური პრეპარატების წარმოება და კონტროლი; გამოყენებითი ტოქსიკოლოგია; ფარმაცევტული პრეპარატების უსაფრთხოების *in vivo* ტესტირება; ნებისმიერი დანიშნულების აქტიური ნივთიერებების და მათი კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტიანობის, აგრეთვე მათი კომპონენტების სინერგიულობის ზუსტი და სანდო განსაზღვრა მავნებლების მაღალი ბუნებრივი სიკდილიანობის პირობებში ებოტის მოდიფიცირებული ფორმულების მეშვეობით; მავნებლების პოპულაციების რეზისტენტობის შეფასება ცვალებადი შემადგენლობის სინერგიული კომბინაციების გამოყენებით.

პუბლიკაციები: დისერტაციის ირგვლივ გამოქვეყნებულია 4 სამეცნიერო შრომა სხვადასხვა საერთაშორისო, რეფერირებად და რეცენზირებულ ჟურნალებში. დისერტაციის სამუშაო კვლევის ირგვლივ გაკეთებულია მოხსენება ორ საერთაშორისო კონფერენციაზე.

დისერტაცია: სადისერტაციო ნაშრომი შეადგენს 160 გვერდს. შედგება შესავლის, ძირითადი თავი 4, ქვეთავი 34, ცხრილი 23, გრაფიკული ნახაზი 27, ფოტომასალა 10, დასკვნები, ციტირებული ლიტერატურის სია 131.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები თავების მიხედვით

სადისერტაციო ნაშრომის პირველ თავში „ლიტერატურის მიმოხილვა“ განხილულია საკითხის თანამედროვე მდგომარეობა და გამოყოფილია მისი ოთხი ძირითადი ასპექტი. პირველ თავში მოცემულია მეცნიერული ლიტერატურული მონაცემების ანალიზის და სისტემატიზაციის შედეგები, რომლებიც განსაზღვრავს შესრულებული სამუშაოს სტრუქტურას და შინაარსს ჩატარებული კვლევის ყველა ეტაპზე, განაპირობებს კვლევის არეალს და კონკრეტულ მიზნებს, გამოყენებულ მეთოდებს და თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევის საშუალებებს. თავის პირველ ნაწილში

აღწერილია და გაანალიზებულია სადისერტაციო ნაშრომის შესრულების პროცესში ჩატარებული კვლევის წინაპირობები, ამ დარგში თეორიული და ექსპერიმენტული მეთოდის თანამედროვე მდგომარეობა და ძირითადი ტენდენციები.

თავის მეორე ნაწილი ეხება საკუთრივ თანამედროვე თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების შედეგებს მაღალეფექტიანი ინსექტიციდური კომბინაციების შემუშავების და ტესტირების სფეროში შემდეგი ხუთი მიმართულებით: სასოფლო-სამეურნეო მავნებლების ინტეგრირებული მართვა (Integrated Pest Management) და მავნებლებისადმი რეზისტენტული კულტურების სელექცია, როგორც მცენარეთა დაცვის სწრაფად განვითარებადი მულტიპროფილური თანამედროვე სისტემა; სინერგიაზე დამყარებული მაღალეფექტიანი კომბინირებული პერპარატების როლი მაღალი რეზისტენტობის მქონე მავნებლების პოპულაციების კონტროლში; ნაწილობრივ დაფუძნებული პესტიციდების მნიშვნელობა, ეფექტურობა და ეკოლოგიური ასპექტების შეფასება; ინსექტიციდების ბიოლოგიური ეფექტიანობის ტესტირების სიზუსტის და სანდოობის ზრდის თანამედროვე თეორიული და პრაქტიკული მეთოდები საცდელ ცხოველებთან ჰუმანური მოპყრობის 4R-პრინციპების გათვალისწინებით; კომბინირებული ინსექტიციდური პერპარატების და მათი კომპონენტების ტოქსიკურობა ცოცხალი ბუნების (უპირველეს ყოვლისა, ადამიანის, პოლინატორების, წყლის ორგანიზმების, სასარგებლო მწერების და სამიზნე მწერების) მიმართ.

სადისერტაციო ნაშრომში ციტირებულია 131 სამეცნიერო პუბლიკაცია, რომელთა გათვალისწინებითაც დასაბუთდა: შესრულებული სამუშაოს აქტუალობა, სინერგიულობის პრინციპის გამოყენების მიზანშეწონილობა და მაღალი ეფექტიანობა; ებოტის ფორმულის უპირატესი (სხვა კლასიკურ ფორმულებთან შედარებით) რელევანტობა ინსექტიციდური კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტიანობის და მათი კომპონენტების სინერგიულობის რაოდენობრივი განსაზღვრისათვის; ებოტის ფორმულის მოდიფიცირების

აუცილებლობა და გზები მწერების მაღალი ბუნებრივი სიკვდილიანობის პირობებში მის გამოსაყენებლად; ებოტის ფორმულის მოდიფიცირების აუცილებლობა და გზები სავსე ტესტირების დროს მის გამოსაყენებლად; შემუშავებული პრეპარატების მწვავე ტოქსიკურობის 4R-პრინციპებთან სრულ შესაბამისობაში ტესტირების ახალი მეთოდების შემუშავების აუცილებლობა და გზები ქცევითი და ფიზიოლოგიური მაჩვენებლების მონიტორინგის და ემბრიონების ოვოსკოპიის გამოყენებით.

ციტირებული სამუშაოების საფუძველზე შეირჩა შემუშავებული ინსექტიციდური კომბინაციების სინთეზური და ბუნებრივი წარმოშობის კომპონენტები და ემულგატორ-დისპერგატორები, აგრეთვე კონტროლის-თვის გამოყენებული პრეპარატი და დისპერგირების მეთოდი.

სადისერტაციო ნაშრომის მეორე თავი შედგება შემდეგი ძირითადი ნაწილებისგან: პირეთროიდული ინსექტიციდების, ბუნებრივი წარმოშობის ინსექტიციდის, მტკნარი წყლის დიატომიტის და ეთერზეთების საფუძველზე მაღალეფექტიანი კომბინირებული ინსექტიციდური კომბინაციების შემუშავება და ტესტირება ლაბორატორიულ პირობებში; აზიური ფაროსანას (*Halyomorpha halys*) და იტალიური კალიას (*Calliptamus italicus*) წინააღმდეგ კომბინირებული ინსექტიციდების შემუშავება პირეთროიდული და ორგანოფოსფორული ინსექტიციდების, ეთერზეთების, მტკნარი წყლის დიატომიტის და კაოლინის საფუძველზე და მათი ბიოლოგიური ეფექტიანობის ტესტირება ლაბორატორიულ პირობებში; აზიური ფაროსანას (*Halyomorpha halys*) წინააღმდეგ კომბინირებული ინსექტიციდების შემუშავება პირეთროიდული და ორგანოფოსფორული ინსექტიციდების, ეთერზეთების, ელექტროაქტივირებული წყლის, დიატომიტის და კაოლინის საფუძველზე და მათი ბიოლოგიური ეფექტიანობის ტესტირება ლაბორატორიულ პირობებში; კვლევის საწყის ეტაპებზე შემუშავებული და ტესტირებული სინერგიული ინსექტიციდური კომბინაციების ელექტროქიმიურად აქტივირებული წყლის ბაზაზე მიღებულ ბიოციდურ პრეპარატებთან ერთად გამოყენების წინაპირობები

და შესაძლო გზები; კვლევის საწყის ეტაპებზე შემუშავებული და ტესტირებული სინერგიული ინსექტიციდური კომბინაციების ელექტროქიმიურად აქტივირებული წყლის ბაზაზე მიღებულ ბიოციდურ პრეპარატებთან ნარევის კვლევა ლაბორატორიულ პირობებში; აზიური ფაროსანას (*Halyomorpha halys*) წინააღმდეგ კომბინირებული ინსექტიციდების შემუშავება სინთეზური და ბუნებრივი წარმოშობის კომპონენტების საფუძველზე და მათი ბიოლოგიური ეფექტიანობის ტესტირება საველე პირობებში.

მე-2 თავში აღწერილი კვლევის შედეგად მიღებულია შემდეგი მნიშვნელოვანი შედეგები: შემუშავებულია მრავალკომპონენტური ინსექტიციდური კომბინაციების ლაბორატორიული კვლევის ახალი მეთოდიკა, რომელიც საშუალებას იძლევა მაღალი სიზუსტით განისაზღვროს მათი ბიოლოგიური ეფექტიანობა და მოქმედების ხანგრძლივობა.

ნაჩვენებია, რომ სინერგიული კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტიანობა და მოქმედების ხანგრძლივობა მნიშვნელოვნად აღემატება მათი შემადგენელი კომპონენტების შესაბამის მახასიათებლებს, რასაც საფუძველად უდევს მათი მაღალი სინერგიულობა (სუპერადიტიურობა); შემუშავებული და შემოწმებულია ებოტის კლასიკური ფორმულის მოდიფიცირებული ვარიანტი, რომელიც ითვალისწინებს მწერების სიკვდილიანობას საკონტროლო ჯგუფში; შემუშავებული და შემოწმებულია ინსექტიციდური კომბინაციების კომპონენტების სინერგიულობის რაოდენობრივი მახასიათებელი - კო-ტოქსიკურობის ფაქტორი (ინდექსი); ნაჩვენებია, რომ სწორად შერჩეული პირეთროიდული და ორგანო-ფოსფორული სინთეზური ინსექტიციდების და ბუნებრივი კომპონენტების საფუძველზე შესაძლებელია სამიზნე მწერების (აზიური ფაროსანა, იტალიური კალია, მაროკოული კალია, მიგრატორული კალია და სხვ.) მიმართ მაღალი ბიოლოგიური ეფექტიანობის და ცოცხალი ბუნების მიმართ ნაკლებად ტოქსიკური პრეპარატების შექმნა. ჩატარებული კვლევის

შედეგად შესაძლებელი გახდა შემუშავებული ინსექტიციდური კომბინაციების შემდეგი უმნიშვნელოვანესი მახასიათებლების ექსპერიმენტალური შეფასება: ა) აზიური ფაროსანას და იტალიური კალიას მიმართ ფარდობითი ბიოლოგიური ეფექტიანობა და მისი დამოკიდებულება აქტიური სინთეზური კომპონენტების თანაფარდობაზე; ბ) აზიური ფაროსანას და იტალიური კალიას მიმართ ფარდობითი სინერგიულობა და მისი დამოკიდებულება აქტიური სინთეზური კომპონენტების თანაფარდობაზე; გ) მწვავე ტოქსიკურობა თბილისისხლიანი ძუძუმწოვარა ცხოველების მიმართ. უნდა აღინიშნოს, რომ ინსექტიციდური კომბინაციების აქტიური სინთეზური კომპონენტების თანაფარდობის ცვლილების ბიჯი შესაფერისი (საკმარისად მცირე) აღმოჩნდა სინერგიულობის ეფექტის აღმოსაჩენად და შესაფასებლად.

სადისერტაციო ნაშრომის ფარგლებში შესრულებული კვლევის პროცესში ნაჩვენებია, რომ კომბინირებული ინსექტიციდების შემადგენლობაში სინთეზური (პირეთროიდული, ფოსფორორგანული, ქლორორგანული, ნეონიკოტიოიდური და სხვ.) კომპონენტების წილის შესამცირებლად მაღალი ბიოლოგიური ეფექტიანობის შენარჩუნების პირობებში, აგრეთვე ნიადაგში და წყალში მათი ნარჩენების შემცველობის სწრაფი გაუვნებელყოფისათვის მიზანშეწონილია კომბინაციების ერთ-ერთ კომპონენტად ელექტროქიმიურად აქტიური წყლის საფუძველზე შექმნილი (მათ შორის საქართველოში რეგისტრირებული) მინერალური მარილების წყალხსნარების გამოყენება, რომლებიც იმავდროულად ავლენენ მაღალ ანტიმიკრობულ და ფუნგიციდურ თვისებებს და უზრუნველყოფენ სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დაჩქარებულ ზრდას, დაავადებებისა და მავნებლების მიმართ რეზისტენტობის ამალგებას და მოსავლიანობის სტაბილურ მატებას.

შემუშავებული ინსექტიციდური კომბინაციების სავსე ტესტირება სადისერტაციო ნაშრომის შესრულების პროცესში შემუშავებული მეთოდით ჩატარდა სენაკის მუნიციპალიტეტის სოფელ ეწერში,

დასავლეთ საქართველოსთვის დამახასიათებელ სუბტროპიკულ ეწერ-ლებიანი ნიადაგების კლიმატურ-ნიადაგობრივ ზონაში, (ფერმერ გ. ჯ. საკარმიდამო ნაკვეთში და სიმინდის ყანაში), სადაც აღინიშნებოდა აზიური ფაროსანათი ინფესტაციის მაღალი დონე. სიმინდის ველი ჰორიზონტალურად და ვერტიკალურად დაყოფილი იყო ექვს „სვეტად“ და ხუთ პირობით „მწკრივად“, თითოეულში 15 „სადამკვირვებლო“ მცენარე იყო განთავსებული თანაბარ მანძილზე. პირველ ხუთ „სვეტს“ შორის მანძილი 20 მ იყო. მეექვსე (საკონტროლო) „სვეტი“ გამოყოფილი იყო ყველა სხვა „სვეტისაგან“ 50 მ სიგანის ეზოთი და დაახლოებით ისეთივე სიგანის ხეხილის ბაღით მსხმოიარე ე.წ. მასპინძელი (“host”) მცენარეებით, რომლებიც, სავარაუდოდ, თავიდან აიცილებდნენ ან ძლიერად შეასუსტებდნენ აზიური ფაროსანას მიგრაციას საცდელ და საკონტროლო „სვეტებს“ შორის. აზიური ფაროსანას იმაგოთა რაოდენობა ყველა შერჩეულ ხეზე იყო დათვლილი და გასაშუალოებული. გამოცდის დაწყების წინ (პირობითად ნულოვან დღეს), საღამოს 8-დან 9 საათამდე, ხუთივე „სვეტის“ მცენარეებს ზურგჩანთის ტიპის „Solo“-ს მარკის ძრავიანი დანადგარით შეაფრქვიეს ყველაზე მაღალეფექტიანი შემუშავებული კომბინაციები და კონტროლისთვის გამოყენებული ინსექტიციდი Prostore 420 EC. ამის შემდეგ, 9 დღის განმავლობაში 15-დან 18 საათამდე, ექვსივე „სვეტში“ გადარჩენილ მწერებს ითვლიდნენ და აფიქსირებდნენ ადგილობრივი მოხალისეები სურსათის ეროვნული სააგენტოს თანამშრომლების კონტროლის პირობებში. მე-9 დღის საღამოს, მწერების მოსაზიდად, „სადამკვირვებლო“ მცენარეების მეზობელ მცენარეებზე დამაგრდა ორნაწილიანი ფერომონი-სატყუარები, რომელიც მოწოდებული იყო კომპანია Evergreen Growers Supply-ის მიერ (ჩაკამასი, ორეგონის შტატი, აშშ) და ორდღიანი პაუზის შემდეგ სავლეთ ცდები გაგრძელდა კიდევ 7 დღის განმავლობაში, ძლიერი წვიმის დაწყებამდე. მწერების საშუალო რაოდენობა N₁, დათვლილი შესაბამისი ხუთი „სვეტის“ საცდელ მცენარეებზე, მიღებულ იქნა საცდელ ჯგუფებში ცოცხლად დარჩენილი მწერების რაოდენობად.

მექვსე (საკონტროლო) „სვეტის“ მცენარეებზე მწერების რაოდენობის საშუალო შემცირება მიღებულ იქნა საკონტროლო ჯგუფში დახოცილი მწერების N_2 რაოდენობად. მწერების საშუალო რაოდენობა, დათვლილი მე-6 „სვეტში“ აღებული იყო როგორც მწერების რაოდენობა, რომელიც გადარჩა საკონტროლო ჯგუფში. ბიოლოგიური ეფექტურობის გაანგარიშება განხორციელდა სადისერტაციო ნაშრომის პერიოდში შემუშავებული ფორმულით: $BE (\%) = [1 - (N_1 + k \times N_2) / N_3] \times 100 (\%)$, სადაც $BE (\%)$ არის ინსექტიციდის ბიოლოგიური ეფექტურობა, N_1 არის ინსექტიციდით დამუშავებულ მცენარეებზე გადარჩენილი მწერების რაოდენობა („სვეტები“ 1-5), N_2 არის მწერების საშუალო რაოდენობის შემცირება საკონტროლო ჯგუფში („სვეტი“ 6), ხოლო N_3 არის გადარჩენილი მწერების საშუალო რაოდენობა საკონტროლო ჯგუფში („სვეტი“ 6), k არის 1-თან მიახლოებული ემპირიული კოეფიციენტი (ჩვენ გამოვიყენეთ მნიშვნელობა $k=1$). საველე პირობებში გამოცდის დროს ოთხივე ტესტირებული და საკონტროლო ინსექტიციდი ხასიათდებოდა ძალიან მაღალი ან მაღალი ბიოლოგიური ეფექტიანობით პირველი 9 დღის განმავლობაში. ამასთან, სატესტე ინსექტიციდური კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტიანობა შესამჩნევად უფრო მაღალი იყო, ვიდრე საკონტროლო ინსექტიციდის. საველე გამოცდის მე-11-დან მე-18 დღის ჩათვლით ორი კომბინაცია ინარჩუნებდა ძალიან მაღალ და მაღალ ეფექტიანობას, ორი კომბინაცია ხასიათდებოდა საშუალოზე მაღალი ეფექტიანობით, ხოლო საკონტროლო ინსექტიციდი ხასიათდებოდა საშუალო ეფექტიანობით. ხუთივე მათგანის მოქმედების ხანგრძლივობა უნდა დახასიათდეს, როგორც ძალიან მაღალი ან მაღალი. მნიშვნელოვანია, რომ მაღალია კორელაცია ლაბორატორიული კვლევის და საველე გამოცდების შედეგებს შორის. კვლევის შედეგების პრაქტიკაში გამოყენების თვალსაზრისით უადრესად მნიშვნელოვანია, რომ შემუშავებული მეთოდების გამოყენება როგორც ლაბორატორიული, ასევე საველე პირობებში არ მოითხოვს რთულ და მაღალი ღირებულების

ხელსაწყოებს, მარტივია და ხელმისაწვდომი იქნება სპეციალისტების და ფერმერების ფართო წრისათვის.

სადისერტაციო ნაშრომის მესამე თავი „ნანონსექტიციდების და შემუშავებული სინერგიული ინსექტიციდური კომბინაციების სტაბილური ნარეგების დამზადება და მათი მწვავე ტოქსიკურობის განსაზღვრა“ ეძღვნება ინსექტიციდური კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტიანობის გაზრდის კიდევ ერთ თანამედროვე მეთოდს - ნანოგანზომილებიანი მასალების ინსექტიციდური თვისებების გამოყენებას სასოფლო-სამეურნეო მავნებლების საწინააღმდეგოდ. ნანოგანზომილებიანი ობიექტების თავისებურებიდან გამომდინარე, რომლებიც ავლენენ ბევრ განსაკუთრებულ თვისებას, სრულიად განსხვავდებულს მოცულობითი მასალებისგან, ნანონაწილაკების და მათი სუსპენზიების ტოქსიკურობა განსაკუთრებული ყურადღებით უნდა იქნეს შესწავლილი. ზოგადი მოსაზრებებიდან გამომდინარე, ნანოსასუქებისა და ნანოპესტიციდების გამოყენება დასაშვებია მხოლოდ იმ შემთხვევებში, როდესაც გამოყენებული დოზების შემცირების ეკოლოგიური ეფექტი რამდენიმე, მინიმუმ 2-3-ჯერ აღემატება მათი გაზომილი ან სავარაუდო ტოქსიკურობის უარყოფით ეფექტს. იმავდროულად, ე.წ. ნანონსექტიციდებს შეუძლია მნიშვნელოვნად შეანელოს „ჩვეულებრივი“ პესტიციდების დეგრადაცია, გაზარდოს მათი მდგრადობა და მათი მწვავე და ქრონიკული ტოქსიკურობა ცოცხალი ბუნების მიმართ. სწორედ ამიტომ, 2015 წლიდან ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების ორგანიზაციამ (OECD) დაადგინა, შეიმუშავა და გამოაქვეყნა რისკის შეფასების დირექტივა და სხვადასხვა მარეგულირებელი დოკუმენტები წარმოებული და გამოყენებული ნანომასალების თაობაზე. განსაკუთრებული ყურადღება დაეთმო პესტიციდების ზემოქმედების უსაფრთხოების საკითხებს და რისკის შეფასების სანდო ინდიკატორებს, ნანონაწილაკების გამოყენების პერსპექტივას გარემოს დასუფთავებისთვის და ნანონაწილაკებზე დაფუძნებული ინსექტიციდური კომბინაციების ბაზრის ანალიზს.

ზემოაღნიშნული რეგულაციების და პრაქტიკაში ფართო გამოყენებისთვის აუცილებელი რენტაბელობის გათვალისწინებით შეირჩა შესაბამისი ნანომასალა - ალუმინის ნანოოქსიდი (Nanoalumina). შემუშავდა ნანომასალების შემცველი ინსექტიციდური კომბინაციები დ1A - დ36A და კ1A - კ18A (დ1 – დ36 და კ1 – კ36 კომბინაციების მსგავსი), იმ ერთადერთი განსხვავებით, რომ დიატომიტისა და კაოლინის ფხვნილების ნაცვლად იმავე პროპორციებით გამოყენებულ იქნა ნანოსტრუქტურირებული ალუმინის ოქსიდის ნანონაწილაკები (საშუალო ზომით 40 ნმ, 50 ნმ და 100 ნმ, მოწოდებული MK Nano და SS Nano კომპანიების მიერ) და ნარევი დამუშავდა მექანიკური შერევისა და ულტრაბგერითი ზემოქმედების გამოყენებით. სტანდარტული მეთოდების გამოყენებით შესწავლილ იქნა მომზადებული დისპერსიების სტაბილურობა და აგლომერაციის ხარისხი. ინსექტიციდურ კომბინაციებში გაიზომა ნაწილაკების დალექვის სიჩქარე, რომელიც შედარდა ალუმინის ნანოოქსიდი-წყალი-ეთანოლის ნარევებში დალექვის სიჩქარეს.

40-50 ნმ ნანო ალუმინის შემცველ ინსექტიციდურ კომბინაციებში ნანონაწილაკების დალექვის გაზომილი სიჩქარე აღმოჩნდა დაახლოებით 40-60-ჯერ ნაკლები, ვიდრე ეთანოლ-წყლის (25 წონითი %) ნარევი. ულტრაბგერითმა დამუშავებამ გაზარდა დისპერსიების სტაბილურობა დაახლოებით 1,8-2,8-ჯერ. დისპერსიის სტაბილურობა, განსაზღვრული სითხეებში თეთრი ფერის სედიმენტების სიმალის მიხედვით, მნიშვნელოვნად იყო დამოკიდებული ალუმინის ნანონაწილაკების კონცენტრაციაზე.

ალუმინის ნანოოქსიდის შემცველი კომბინაციების წინასწარმა ტესტირებამ აჩვენა, რომ დიატომიტის და კაოლინის მიკროფხვნილების ალუმინის ნანოოქსიდით ჩანაცვლებამ გაზარდა ინსექტიციდური აზიურ ფაროსანას მიმართ ბიოლოგიური ეფექტურობა თეთრი ვირთაგვების და ფრინველების ემბრიონებისადმი მწვავე ტოქსიკურობის რაიმე შესამჩნევი ზრდის გარეშე.

სადისერტაციო ნაშრომის მეოთხე თავში მოცემულია შემუშავებული პრეპარატების ცხოველთა სამყაროს და ადამიანის მიმართ მწვავე ტოქსიკურობის განსაზღვრის შედეგები. უაღრესად მნიშვნელოვანია, რომ ორივე გამოყენებული მეთოდი სრულ შესაბამისობაშია ლაბორატორიულ ცხოველებთან ჰუმანური მოპყრობის 4R პრინციპებთან და რომ ორი მეთოდის გამოყენება საშუალებას იძლევა შემოწმდეს თითოეული მათგანის გამოყენებით მიღებული შედეგების სიზუსტე და სანდოობა.

შემუშავებული პრეპარატების მწვავე ტოქსიკურობის განსაზღვრისთვის საწყის ეტაპზე გამოყენებული იყო საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტსა და ი. ბერიტაშვილს ექსპერიმენტული ბიომედიცინის ცენტრში შექმნილი და გამოცდილი მეთოდიკა, რომელიც ეფუძნება თეთრი ვირთაგვების ქცევით და ფიზიოლოგიურ მაჩვენებლებზე დაკვირვებას სტანდარტულ განშტოებულ საწვრთნელ ლაბირინთში გავლის დროს, რომელიც შედგებოდა განათებული და ჩაბნელებული მონაკვეთებისგან. სადისერტაციო ნაშრომის შესრულების პროცესში კვლევის მეთოდიკამ განიცადა მნიშვნელოვანი მოდიფიკაცია.

საწყის ეტაპზე იზომებოდა მხოლოდ სხვადასხვა ტიპის ლაბირინთის გავლის საერთო დრო, რომელიც მიიჩნეოდა მწვავე ტოქსიკურობის პირდაპირ პროპორციულ მახასიათებლად:

$$TI (\text{წმ}) = (Tt)$$

შემდგომ ეტაპზე დამატებით ფიქსირდებოდა მიღებული გადაწყვეტილებების საერთო რაოდენობა, დაშვებული შეცდომების რაოდენობა და განათებულ/ ჩაბნელებულ სივრცეში გატარებული დრო:

$$CTI = [(N1/N) \cdot (Te/Tt)]$$

კვლევის დამასრულებელ ეტაპზე ძირითადი ინდიკატორების რიცხვს დაემატა აგრეთვე სატესტე ცხოველების სისხლის ჟანგბადით სატურაციის, სისტოლური წნევის და სხეულის ტემპერატურის ფარდობითი ცვლილება:

$$CTI = [(N1/N) \cdot (Te + Tl) / T1] \cdot (\Delta Bp \Delta Tb/S)^2$$

CTI (უგანზომილებო სიდიდე) ტოქსიკურობის კომბინირებული ინდექსია, სადაც T1 (წმ) არის ლაბირინთის გავლის სრული დრო, N1 არის ლაბირინთის გავლის პროცესში დაშვებული შეცდომების ჯამური რიცხვი, N არის ლაბირინთის გავლის პროცესში მიღებული გადაწყვეტილებების ჯამური რიცხვი, Te არის ლაბირინთის განათებულ მონაკვეთებში ყოფნის დრო, ΔBp და ΔTb არის სისხლის სისტოლური წნევის და სხეულის ტემპერატურის ფარდობითი ცვლილება, ხოლო S არის სისხლის ჟანგბადით სატურაციის ფარდობითი ცვლილება ლაბირინთის გავლის განმავლობაში. მწვავე ტოქსიკურობის მნიშვნელობის 100%-ად მიღებული იყო ინსექტიციდ ProStore 420 EC 50 (20+15+15) მგ/კგ ინიექციით გამოწვეული მწვავე ტოქსიკურობის ინდექსის მაჩვენებელი დაკვირვების პირველ დღეს.

ზემოაღნიშნული ექსპერიმენტული კვლევების შედეგების სანდოობის მხარდასაჭერად ან უარყოფისთვის მიზანშეწონილად ჩაითვალა მათი სანდოობის დადასტურება ფრინველის ემბრიონის არადესტრუქციული დიაგნოსტიკის ალტერნატიული მეთოდით. ხილული, ინფრაწითელი და ულტრაბგერითი ოვოსკოპიის შესაბამის თანამედროვე მეთოდებს შორის, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება სამედიცინო, ვეტერინარულ და სასოფლო-სამეურნეო კვლევებში, შეირჩა ხილული სინათლის ოვოსკოპიის ყველაზე ადვილად ხელმისაწვდომი, მარტივი და იაფი ვერსია.

თეთრ ვირთაგვებსა და ფრინველების ემბრიონებზე ჩატარებული მწვავე ტოქსიკურობის არაინვაზიური ტესტირების შედეგები კარგად ემთხვევა ერთმანეთს და აჩვენებს, რომ ინსექტიციდური „კოქტილები“ წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ სოფლის მეურნეობის მავნებლების წინააღმდეგ, როგორც მაღალეფექტიანი და ცოცხალი გარემოსთვის ნაკლებად საზიანო ინსექტიციდ-აკარიციდი. ჩატარებული კვლევის საფუძველზე ასევე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ჩვენს მიერ შემუშავებული და გამოყენებული ალგორითმი და მეთოდი სინერგიისა და მწვავე ტოქსიკურობის შესასწავლად შეიძლება გახდეს ინსექტიციდების ბიოლოგიური ეფექტიანობისა და უსაფრთხოების ობიექტური რაოდენობრივი ტესტირების სტანდარტიზებული მეთოდების საფუძველი.

თეთრ ვირთაგვებზე ჩატარებულმა ტესტირებამ აჩვენა, რომ: ა) დაკვირვების პირველ დღეს შემოწმებული კომბინაციების მოქმედებით გამოწვეული უარყოფითი ეფექტი თითქმის ორჯერ ნაკლებია საკონტროლო პრეპარატის უარყოფით ეფექტზე; ბ) ტესტირებულმა ცხოველებმა ექსპოზიციიდან 10 დღის განმავლობაში პრაქტიკულად სრულად აღიდგინეს თავიანთი ქცევითი და ფიზიოლოგიური ფუნქციები (აქტივობა, მეხსიერება და დასწავლის უნარი, სისხლის ჟანგბადით სატურაციის ხარისხი, სისტოლური წნევა და სხეულის ტემპერატურის სტაბილურობა, ოქსიდაციური სტრესის დონე და ა.შ.). შემდგომმა ხანგრძლივმა (30 დღიანი) დაკვირვებამ აჩვენა, რომ მათი ჯანმრთელობის მდგომარეობა პრაქტიკულად არ გაუარესებულა.

ზემოაღნიშნული შედეგები შემთხვევების 90%-ზე მეტი კორელაციით დადასტურებული იყო ქათმის ემბრიონების ხილული სინათლის ოვოსკოპიის დახმარებით, რაც შეიძლება ჩაითვალოს ცოცხალ ცხოველებზე ტესტირების მნიშვნელოვანი ნაწილის ჩანაცვლების უაღრესად პერსპექტიულ ინსტრუმენტად. აქვე დავასკვნით, რომ ულტრაბგერითი სონოგრაფია შეიძლება იყოს მნიშვნელოვანი ნაბიჯი ფრინველის ემბრიონების მიმართ მწვავე ტოქსიკურობის უფრო ინფორმაციული არაინვაზიური კვლევისთვის.

დასკვნები

ჩატარებულმა კვლევის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ სინერგიული კომბინაციების დამზადების და შეფასების ჩვენს მიერ შემუშავებული და გამოყენებული პრინციპები, მეთოდები და კრიტერიუმები უზრუნველყოფს სადისერტაციო კვლევის ყველა ძირითადი მიზნის მიღწევას:

ა) დადასტურდა, რომ პირეთროიდული და ორგანოფოსფორული სინთეზური ინსექტიციდების და ბუნებრივი წარმოშობის აქტიური ნივთიერებების საფუძველზე შესაძლებელია აზიური ფაროსანას მიმართ მაღალი სინერგიულობის მოქმედების კომბინაციების დამზადება;

ბ) შემუშავებული და გამოცდილი კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტიანობა ძირითადად განპირობებულია სინთეზური კომპონენტების რაოდენობის თანაფარობით;

გ) კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტიანობის განსაზღვრა უკვე კარგად შესწავლილი და ფართოდ გამოყენებული ინსექტიციდური პრეპარატების მიმართ ზრდის მიღებული შედეგების სიზუსტეს და სანდოობას;

დ) სადისერტაციო კვლევის პროცესში მოდიფიცირებული და გამოყენებული ებოტის ფორმულა მაღალი სიზუსტით უზრუნველყოფს საკონტროლო ჯუფში სიკვდილიანობის გათვალისწინებას, რაც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ინსექტიციდური კომბინაციების ხანგრძლივი ტესტირების და მათი მოქმედების ხანგრძლივობის განსაზღვრის პროცესში;

ე) ხანგრძლივი ლაბორატორიული კვლევის დროს ბიოლოგიური ეფექტიანობის განსაზღვრის მიზნით მოდიფიცირებული ფორმულის საფუძველზე სავსე კვლევისთვის შემუშავებული მეთოდი და შესაბამისი ფორმულა საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ინსექტიციდური კომბინაციის ბიოლოგიური ეფექტიანობა და ხანგრძლივობა არა მხოლოდ ლაბორატორიულ, არამედ სავსე პირობებშიც;

დ) იმის გათვალისწინებით, რომ სინერგიული კომბინაციების მკვეთრად გაზრდილი ბიოლოგიური ეფექტიანობა სამიზნე მწერების მიმართ არ იწვევს ბიოლოგიური ეფექტიანობის სინერგიულ ზრდას თბილისისხლიანი ძუძუმწოვრების მიმართ, მათი გამოყენება მკვეთრად ამცირებს გარემოსდაცვით, სიცოცხლის და ჯანმრთელობის რისკებს;

ე) სინერგიული კომბინაციების მწვავე ტოქსიკურობის ტესტირებამ ორივე ძლიერ განსხვავებული მეთოდით (თეთრი ვირთაგვების ქცევითი მაჩვენებლების მონიტორინგი და ფრინველის ემბრიონების ოვოსკოპია) კვლევამ აჩვენა, რომ ახალი კომბინაციების მწვავე ტოქსიკურობა თბილისისხლიანი ძუძუმწოვრების და ფრინველთა ემბრიონების მიმართ მნიშვნელოვნად უფრო ნაკლებია, ვიდრე ანალოგიური ყველა ფართოდ ინსექტიციდისა. ორი სხვადასხვა მეთოდით მიღებული შედეგების მაღალი კორელაცია უჩვენებს, რომ მათი სანდოობა მაღალია.

ვ) სინერგიული კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტურობის მათი კომპონენტების თანაფარდობაზე დამოკიდებულება პრინციპულად განსხვავდება აბაშა-სენაკის და ქობულეთი-ხელვაჩაურის მუნიციპალიტეტებში შეგროვებული ეგზემპლარების შემთხვევაში, რაც ცალსახად მიუთითებს აბაშა სენაკის პოპულაციის მაღალ რეზისტენტობაზე ბიფენტინის მიმართ გამა-ციკლოთრინთან შედარებით.

მწვავე ტოქსიკურობის ტესტირება. თეთრ ვირთაგვებზე ჩატარებულმა ტესტირებამ აჩვენა, რომ: ა) დაკვირვების პირველ დღეს შემოწმებული კომბინაციების მოქმედებით გამოწვეული უარყოფითი ეფექტი თითქმის ორჯერ ნაკლებია საკონტროლო პრეპარატის უარყოფით ეფექტზე; ბ) ტესტირებულმა ცხოველებმა ექსპოზიციიდან 10 დღის განმავლობაში პრაქტიკულად სრულად აღიდგინეს თავიანთი ქცევითი და ფიზიოლოგიური ფუნქციები; შემდგომმა ხანგრძლივმა (30 დღიანი) დაკვირვებამ აჩვენა, რომ მათი ჯანმრთელობის მდგომარეობა პრაქტიკულად არ გაუარესებულა.

თეთრ ვირთაგვებსა და ფრინველების ემბრიონებზე ჩატარებული მწვავე ტოქსიკურობის არაინვაზიური ტესტირების შედეგები კარგად ემთხვევა ერთმანეთს და აჩვენებს, რომ ინსექტიციდური „კოქტეილები“ წარმატებით შეიძლება გამოვიყენოთ სოფლის მეურნეობის მავნებლების წინააღმდეგ, როგორც მაღალეფექტიანი და ცოცხალი გარემოსთვის ნაკლებად საშიხანო ინსექტიციდ-აკარიციდი.

ჩატარებული კვლევის საფუძველზე ასევე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ჩვენ მიერ შემუშავებული და გამოყენებული ალგორითმი და მეთოდი სინერგიისა და მწვავე ტოქსიკურობის შესასწავლად შეიძლება გახდეს ინსექტიციდების ბიოლოგიური ეფექტიანობისა და უსაფრთხოების ობიექტური რაოდენობრივი ტესტირების სტანდარტიზებული მეთოდების საფუძველი.

ზემოაღნიშნული შედეგების შემთხვევების 90%-ზე მეტი კორელაციით დადასტურებული იყო ქათმის ემბრიონების ხილული სინათლის

ოვოსკოპიის დახმარებით, რაც შეიძლება ჩაითვალოს ცოცხალ ცხოველებზე ტესტირების მნიშვნელოვანი ნაწილის ჩანაცვლების უაღრესად პერსპექტიულ ინსტრუმენტად. აქვე დავასკვნით, რომ ულტრაბგერითი სონოგრაფია შეიძლება იყოს მნიშვნელოვანი ნაბიჯი ფრინველის ემბრიონების მიმართ მწვავე ტოქსიკურობის უფრო ინფორმაციული არაინვაზიური კვლევისთვის.

შეიქმნა და გამოყენებულ იქნა ებოტის მოდიფიცირებულ ფორმულაზე და სადისერტაციო კვლევის საწყისი ეტაპის გამოცდილებაზე დაფუძნებული მეთოდოლოგია, რომელიც რეკომენდირებულია გამოვიყენოთ ინსექტიციდების ბიოლოგიური ეფექტიანობის და მოქმედების ხანგრძლივობის განსაზღვრისთვის მავნე მწერების მაღალი სიკვდილიანობის პირობებში ან ინტესიურიმიგრაციის პირობებში, რაც დასტურდება საველე და ლაბორატორიული კვლევის შედეგების მაღალი კორელაციით.

ოთხივე ტესტირებული და საკონტროლო ინსექტიციდი ხასიათდება ძალიან მაღალი ან მაღალი ბიოლოგიური ეფექტიანობით პირველი 9 დღის განმავლობაში. ამასთან, სატესტე ინსექტიციდური კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტიანობა შესამჩნევად უფრო მაღალია, ვიდრე საკონტროლო ინსექტიციდის. საველე გამოცდის მე-11-დან მე-18 დღის ჩათვლით კომბინაციები K5 და D9 ინარჩუნებენ ძალიან მაღალ და მაღალ ეფექტიანობას, K30 (%) და D28 (%) კომბინაციები ხასიათდება საშუალოზე მაღალი ეფექტიანობით, ხოლო საკონტროლო ინსექტიციდი ხასიათდება საშუალო ეფექტიანობით. ხუთივე მათგანის მოქმედების ხანგრძლივობა უნდა დახასიათდეს, როგორც ძალიან მაღალი ან მაღალი.

იმის გათვალისწინებით, რომ შემუშავებული კომბინაციების ფარდობითი ბიოლოგიური ეფექტიანობა მაქსიმალური სინერჯის ზონაში დაახლოებით 1,4-1,5-ჯერ მეტია, ხოლო თბილსისხლიანი ცხოველების მიმართ ფარდობითი მწვავე ტოქსიკურობა დაახლოებით ორჯერ ნაკლებია საკონტროლო ინსექტიციდის („ProStore“ 420 EC) ტოქსიკურობაზე, ისინი

დაახლოებით 2,5-3-ჯერ უფრო უსაფრთხოა ადამიანისთვის და ცოცხალი გარემოსთვის, ვიდრე ყველა ფართოდ გამოყენებული ანალოგი.

ლაბორატორიული და საველე ტესტირების შედეგები კარგად კორელირდება ერთმანეთთან, რაც მოწმობს მათ საკმარისად მაღალ სანდოობას.

ჩატარებულმა კვლევამ აჩვენა, რომ ახალი სინერგიული კომბინაციების შემუშავება და სინთეზური და ბუნებრივი ინსექციდური კომპონენტების ოპტიმალური თანაფარდობით წარმოადგენს უაღრესად პერსპექტიულ მიმართულებას, ვინაიდან კვლევის პროცესში შემუშავებული და ტესტირებული კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტიანობა და მოქმედების ხანგრძლივობა მნიშვნელოვნად აღემატება სადღეისოდ აზიური ფაროსანას წინააღმდეგ გამოყენებული ყველა სხვა პრეპარატის შესაბამის მახასიათებლებს. იმავდროულად, ახალი კომბინაციების მწვავე ტოქსიკურობა თბილსისხლიანი ძუძუმწოვრების და ფრინველთა ემბრიონების მიმართ მნიშვნელოვნად უფრო ნაკლებია.

როგორც ცნობილია, აბაშა-სენაკის რაიონში ბიფენტრინით შესხურება მნიშვნელოვნად უფრო ინტენსიური იყო, ვიდრე ქობულეთისა და ხელვაჩაურის მუნიციპალიტეტებში, რამაც გამოიწვია ბიფენტრინის მიმართ მაღალი რეზისტენტობის განვითარება აბაშა-სენაკში გავრცელებულ პოპულაციებში. ამას ადასტურებს როგორც ფარდობითი ბიოლოგიური ეფექტიანობის, ასევე სინერგიულობის ფარდობითი კოეფიციენტის კვლევის პროცესში განსაზღვრული დამოკიდებულება 74 გამოკვლეული კომბინაციის სინთეზური კომპონენტის თანაფარდობაზე.

მნიშვნელოვანია, რომ ძლიერი სინერგიის პიკების გარდა, ყველა გამოკვლეულ კომბინაციას აქვს მნიშვნელოვანი არასინერგიული (ან ნაკლებად სინერგიული) კომპონენტები მინერალური (დიატომიტი, კაოლინი) და ეთერზეთოვანი (როზმარინის ეთერზეთი) კომპონენტების გამო, რაც შეადგენს მთლიანი ეფექტის დაახლოებით ერთ მესამედს. ეს კომპონენტი შეიძლება გახდეს მნიშვნელოვანი, პესტიციდების სინთეზური

კომპონენტების მიმართ ძლიერი რეზისტენტობის განვითარების შემთხვევაში.

არასინთეზური კომპონენტების (ამ შემთხვევაში - დიატომიტის, კაოლინის და ეთერზეთების) სინერგია აზიური ფაროსანას და სასოფლო-სამეურნეო მავნებლების წინააღმდეგ შეიძლება გამოყენებულ იქნეს მარცვლეულის და სხვა საკვები პროდუქტების გრძელვადიანი შენახვისა და ტრანსპორტირებისთვის, რაც სულ უფრო აქტუალური ხდება სინთეზური პესტიციდების საერთაშორისო რეგულაციების გამკაცრების პირობებში.

ჩატარებული კვლევის საფუძველზე ასევე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ჩვენ მიერ შემუშავებული და გამოყენებული ალგორითმი და მეთოდი სინერგიისა და მწვავე ტოქსიკურობის შესასწავლად რეკომენდირებულია გახდეს ინსექტიციდების ბიოლოგიური ეფექტიანობისა და უსაფრთხოების ობიექტური რაოდენობრივი ტესტირების სტანდარტიზებული მეთოდების საფუძველი.

საველე ცდების შედეგებზე, რა თქმა უნდა, გავლენას ახდენს მთელი რიგი ბუნებრივი ფაქტორებისა (ამინდი და ტენიანობა, მწერების მიგრაციის აქტივობა, დათვლის შეცდომები და ა.შ.). ბევრმა ზემოხსენებულმა ფაქტორმა შეიძლება შეასუსტოს განსხვავება შემოწმებული ინსექტიციდური კომბინაციების გაზომილ ეფექტურობას შორის. მიუხედავად ამისა, საველე ცდების შედეგები კარგად ემთხვევა ლაბორატორიული ტესტირების მონაცემებს, თუმცა მეტი კვლევაა საჭირო, რათა გაიზარდოს როგორც ლაბორატორიული, ასევე საველე ცდების მონაცემების სიზუსტე და სანდოობა.

მიღებული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე დავასკვნით, რომ შემუშავებული და საკონტროლო კომბინაციების ბიოლოგიური ეფექტურობა საკმარისად მაღალი იყო საველე ცდების მთელი პერიოდის განმავლობაში, თუმცა, ეფექტურობა ბოლო ექვსი დღის განმავლობაში იყო 15-20%-ით დაბალი, ვიდრე საველე გამოცდების პირველ პერიოდში. ჩვენი აზრით, შედარებით დაბალი ბიოლოგიური ეფექტურობა გამოცდის

პირველი დღეებში შეიძლება აიხსნას დიატომიტში და კაოლინში „ჩაჭერილი“ ინსექტიციდური ხსნარის დაყოვნებული გამოყოფით.

ლაბორატორიული ცხოველების ქცევით მაჩვენებლებზე დაკვირვება და ემბრიონების ოვოსკოპია უნდა ჩაითვალოს ცოცხალ ცხოველებზე სუბლექტალური ტესტირების მნიშვნელოვანი ნაწილის ჩანაცვლების უაღრესად პერსპექტიულ ინსტრუმენტად. აქვე დავასკვნით, რომ ულტრაბგერითი სონოგრაფია შეიძლება იყოს მნიშვნელოვანი ნაბიჯი ფრინველის ემბრიონების მიმართ მწვავე ტოქსიკურობის უფრო ინფორმაციული არაინვაზიური კვლევისთვის.

შესრულებულმა კვლევამ აჩვენა, რომ აუცილებელია ჩატარდეს დიდი რაოდენობით ლაბორატორიული ექსპერიმენტები და საველე ტესტები, რომლებიც მიღებული მონაცემების სისტემატიზაციისა და სანდო სტატისტიკური ანალიზის საფუძველზე განსაზღვრავს ახლად შემუშავებული სინერგიული კომბინაციების ოპტიმალურ შემადგენლობას და კონცენტრაციას. იმავდროულად, დღესაც შესაძლებელია დავასკვნათ, რომ ყველგან, სადაც გავრცელებულია მავნებლების რეზისტენტული პოპულაციები, სასურველი იქნება დიმეთოატსა და გამა-ციჰალოტრინზე დაფუძნებული ინსექტიციდური კომბინაციების გამოყენება, ხოლო სხვა რაიონებში მალთიონსა და ბიფენტრინზე დაფუძნებული კომბინაციები მაინც უფრო ეფექტური იქნება.

კვლევის შედეგად მოდიფიცირებული ებოტის კლასიკური ფორმულა და მისი საველე გამოცდისთვის შემუშავებული ვარიანტი, აგრეთვე საველე და ლაბორატორიული კვლევის მოდიფიცირებული მეთოდები საშუალებას იძლევა მაღალი სიზუსტით გავითვალისწინოთ მწერების ბუნებრივი სიკვდილიანობა და შევაფასოთ მიღებული შედეგების კორელაციის ხარისხი.

სადისერტაციო ნაშრომის ირგვლივ გამოქვეყნებული

პუბლიკაციები

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენებულია ორ საერთაშორისო კონფერენციაზე:

1. Chirakadze A., Dvali N., Petriashvili G., Chichua T., Ambokadze M., Chigogidze K., Gorgadze K - NANOPARTICLES ENHANCING RADIOTHERAPY OF CANCER AND THEIR ACUTE TOXICITY TO BIRD EMBRYOS , 7th INTERNATIONAL CONFERENCE MTP-2021: MODERN TRENDS IN PHYSICS Organized by DECEMBER 15-17, 2021 BAKU STATE UNIVERSITY, BAKU, AZERBAIJAN, BOOK OF ABSTRACTS, ISBN: 978-9952-546-24-8; pp. 96-97

2. Chirakadze A., Mitagvaria N., Dvali N., Gigineishvili A., Petriashvili G., Ambokadze M., Chigogidze K., Khuskivadze N., Buachidze Z., Gulashvili M. - DEVELOPMENT, LABORATORY STUDY AND FIELD TESTING OF NEW NANOPARTICLE BASED COMBINED INSECTICIDES, 7th INTERNATIONAL CONFERENCE MTP-2021: MODERN TRENDS IN PHYSICS Organized by DECEMBER 15-17, 2021 BAKU STATE UNIVERSITY, BAKU, AZERBAIJAN, BOOK OF ABSTRACTS, ISBN: 978-9952-546-24-8; pp. 98-99

გამოქვეყნებული პუბლიკაციების სია:

1. მ. ამბოკაძე - წყლის ელექტროქიმიური გამტკნარების ენერგოდამზოგავი პროცესის პროდუქტების ჯანგვა-აღდგენის (რედოქს-) პოტენციალი და მათი ბიოლოგიური ეფექტიანობა აზიური ფაროსანას წინააღმდეგ. ენერგია, სამეცნიერო-ტექნიკური რევირებადი ჟურნალი, 3(99)/2021, გვ. 32-38

2. А. ЧИРАКАДЗЕ; Н. МИТАГВАРИЯ; Н. ЛОМИДЗЕ; М. АМБОКАДЗЕ - НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕСНЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕИОНИЗАЦИИ АККУМУЛЯТОРНОГО ЭЛЕКТРОДА И ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННОЙ ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ В

ИНСЕКТИЦИДНЫХ КОМБИНАЦИЯХ НА ОСНОВЕ НАНООКСИДА АЛЮМИНИЯ. ენერგია, სამეცნიერო-ტექნიკური რევირებადი ჟურნალი , 3(99)/2021, გვ. 5-9

3. A. Chirakadze, N. Mitagvaria, N. Lomidze, M. Ambokadze, Akaki gigneishvili, Z. Buachidze, M. Devdariani, L. Davlianidze, L. Gumberidze, M. Nebieridze, N. Sikharulidze - Development and Testing of New Combined Insecticides against the Brown Marmorated Stink Bug (BMSB, *Halyomorpha halys*) in Laboratory Conditions, საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მოამბე, ტ. 15, #3 , 2021, გვ. 85-90

4. A. Chirakadze, N. Mitagvaria, N. Lomidze, M. Ambokadze, A. Gigneishvili, Z. Buachidze, T. Chichua, A. Jishiashvili, K. Chigogidze, Z. Chekurashvili, Z. Lipartia - Development and laboratory and field testing of new combined insecticides against the resistant and non-resistant populations of the Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys*) Annals of Agrarian Science, Volume 19, Number 4, December 2021. pp. 324-345.

Study of the new generation combined insecticides against pests

Summary

Taking into account the overtime growing restrictions for use, production and export of some of the most widely used insecticides, it is advisable to remove them from the list of "promising" materials, or to consider changing them quickly and "painlessly". It is also extremely important to replace as many as possible synthetic components in insecticidal combinations with mineral components of natural origin and plant extracts, which is achieved in this study using diatomaceous earth, kaolin, rosemary oil and electrochemically activated water, as well as using highly synergistic insecticidal components. During the study, pests of both sexes of the BMSB and (partly) Italian locusts collected in different municipalities of Georgia, as well as the biological effectiveness of insecticidal combinations against pests, the synergy of their components and their acute animal toxicity were examined. Our study showed the urgent need for modification of laboratory and field methods and formulas for determining the biological effectiveness of insecticidal combinations, interoperability of components and acute toxicity to warm-blooded mammals and other non-target living organisms. Accordingly, the classical Abbott formula was modified and adapted to the specific conditions of the study, and new methods of laboratory and field research were developed. These methods made it possible to quantify with high accuracy and reliability the biological effectiveness and validity terms of insecticidal combinations, as well as the degree of their synergy and the degree of resistance to the impact of insecticides developed by pest populations. In addition, with high reliability, it is possible to assess accurately the degree of correlation between laboratory and field test results.

In the process of controlling agricultural pests, it is desirable to use effective synthetic and natural insecticides, which can be used to sharply limit or totally destroy populations of agricultural pests, with minimal harmful effects on mammals, bees and other pollinators and other useful living organisms. One of the

shortest and most successful ways to achieve this goal is to create synergistic combinations of active substances of different chemical class and type of action, which at the same time can effectively prevent the development of high resistance of the pests to the widely used pesticides. Preliminary studies have shown that strong synergistic effects can be achieved using obviously harmless substances of mineral origin (food grade diatomaceous earth or kaolin powder), plant or synthetic insecticidal-repellent essential oils (e. g., rosemary oil, clove oil, etc.) in combination with synthetic insecticides (e. g., bifenthrin, deltamethrin, gamma-chalcothrin, cyfluthrin, cypermethrin) and organophosphorus insecticides (e. g., malathion, dimethoate, chlorpyrifos, diazinon, dichlorvos, fosmet). Meanwhile, it is necessary to use appropriate emulsifier-dispersants and other botanically acceptable additives to obtain stable emulsions.

The new experimental methods developed in the frame of the research utilizing the small-step variation of components' volumes allowed us to identify the peaks of biological effectiveness and assess the synergy effects with high accuracy both in laboratory and field conditions, which allowed us to indicate the optimal composition of the developed insecticidal combinations and minimize the content of toxic synthetic components. A noticeable input in increasing the biological effectiveness and reducing the environmental hazard can be provided due to the use of electrochemically activated water solutions as solvents in synergistic amounts.

The study also identified the acute toxicity of insecticidal combinations to various living organisms, which required the development and substantial modification of the methods based on a long-term observation of behavioral and physiological parameters in exposed white rats during their passage through the elevated branched maze and on the computer-controlled ovoscopy of bird embryos. Both the laboratory and field research has demonstrated a high applicability and availability of the modified and developed methods and formulas, a substantially higher biological effectiveness and significantly increased longevity of action of

the developed and tested insecticidal combinations against the target insects (compared to other currently used insecticides), and a substantially increased degree of safety for various non-target living organisms. It was also found that in those regions of Georgia, where spraying of insecticides was particularly intense and long-lasting, the target insects developed a high resistance to pyrethroid drugs (especially - bifenthrin).