

Procjena djelotvornosti nanoemulzije na bazi eteričnog ulja lavandina u zaštiti uskladištene pšenice

Šimenić, Tomislav

Master's thesis / Diplomski rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:736673>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-18**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Tomislav Šimenić

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

**PROCJENA DJELOTVORNOSTI NANOEMULZIJE NA BAZI ETERIČNOG
ULJA LAVANDINA U ZAŠTITI USKLADIŠTENE PŠENICE**

Diplomski rad

Osijek, 2020

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Tomislav Šimenić

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

**PROCJENA DJELOTVORNOSTI NANOEMULZIJE NA BAZI ETERIČNOG
ULJA LAVANDINA U ZAŠTITI USKLADIŠTENE PŠENICE**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. dr. sc. Pavo Lucić, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Anita Liška, mentor
3. prof. dr. sc. Vlatka Rozman, član

Osijek, 2020.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Cilj rada.....	3
2. PREGLED LITERATURE	4
2.1. Skladišni štetnici	4
2.2. Rižin žižak	6
2.3. Mjere zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda.....	7
2.4. Botanički insekticidi	8
2.5. Botanički insekticidi u području nanotehnologije	10
3. MATERIJALI I METODE	12
3.1. Priprema nanoemulzije na bazi eteričnog ulja lavandina	12
3.2. Testni kukci.....	14
3.3. Test sa zrnom pšenice	15
3.4. Procjena oštećenja zrna pšenice.....	18
4. REZULTATI.....	19
4.1. Rezultati djelotvornosti testirane emulzije (E) na zrnju pšenice.....	19
4.2. Rezultati djelotvornosti testirane nanoemulzije (NanoE) na zrnju pšenice	21
4.3. Rezultati procjene oštećenja zrna pšenice.....	23
5. RASPRAVA.....	24
6. ZAKLJUČAK.....	26
7. POPIS LITERATURE.....	27
8. SAŽETAK.....	29
9. SUMMARY	30
10. POPIS TABLICA.....	31
11. POPIS SLIKA.....	32

1. UVOD

Pšenica je važna žitarica jer ljudskoj populaciji služi kao osnovna sirovina za proizvodnju kruha. Proizvodi se diljem svijeta te je uz kukuruz i rižu jedna od najzastupljenijih kultura na poljima poljoprivrednih proizvođača. U Republici Hrvatskoj se, prema podacima Državnog zavoda za statistiku (DZS), u vegetacijskoj sezoni 2018./2019. pšenica uzgajala na 135.708 hektara poljoprivrednog zemljišta. U tom vidu vrlo je važna i kvaliteta pšenice koja se postiže već od same sjetve usjeva preko njege do samoga skladištenja koje ima nekoliko osnovnih zadataka. Ritz (1978.) navodi 4 osnovna zadatka skladištenja, a to su:

- uskladištiti proizvod bez gubitka kakvoće (kvalitete)
- uskladištiti proizvod bez gubitka količine
- povisiti kvalitetu proizvoda
- troškove rada i sredstava po jedinici težine proizvoda smanjiti što više

Rozman i Liška (navesti izvor literature, web ..) navode kako su 2 najznačajnija čimbenika skladištenja temperatura i vlaga. Niska vlaga (zraka, robe i ambalaže/konstrukcije) te niska temperatura (optimalno oko 5 °C) su, uz prethodno očišćenu robu od sjemenki korova ili raznih nametnika, osnovni preduvjeti za pravilno skladištenje robe.

Veliki problem skladišnih prostora su skladišni štetnici. Skladišne štetnike dijelimo na primarne, koji napadaju neoštećeno, zdravo zrno, sekundarne koji zrno napadaju tek kada je ono oštećeno napadom primarnih štetnika ili nekim drugim putem, mikofagne vrste te slučajne vrste. Najznačajniji primarni skladišni štetnici su: pšenični žižak (*Sithophilus granarius* L.), rižin žižak (*Sithophilus oryzae* L.), žitni kukuljičar (*Rhyzopertha dominica* F.) te još neke vrste grinja, žižaka i moljaca. Primarni štetnici se hrane unutrašnjošću zrna koje mogu i u potpunosti izjesti. Vrlo su opasni u skladištima sjemenskog materijala gdje svojom ishranom uništavaju klicu. Sekundarni štetnici su ekonomski manje značajni ali nikako manje poželjni jer svojim prisustvom zagađuju uskladištene proizvode. Glavni predstavnici sekundarnih štetnika su: kestenjasti brašnar (*Tribolium castaneum* Herbst), mali brašnar (*Tribolium confusum* Jacq. du Val), surinamski brašnar (*Oryzaephilus surinamensis* L.), veliki brašnar (*Tenebrio molitor* L.) te brašneni moljac (*Ephestia kuehniella* Zeller). Konvencionalna uporaba insekticida, fumiganata u svrhu njihova suzbijanja može na uskladištenoj robi ostaviti štetne rezidue koje kasnije dolaze do ljudskog organizma putem ishrane. Još jedan problem je pojava rezistentnosti pojedinih

populacija štetnika na konvencionalne insekticide. U okviru integrirane zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda poznajemo preventivne, kurativne, higijenske, biološke, fizikalne i mehaničke mjere suzbijanja skladišnih štetnika. Biološke mjere suzbijanja podrazumijevaju primjenu prirodnih neprijatelja odnosno parazita ili nekih patogena. Fizikalne mjere su primjena visoke i niske temperature, primjena inertnih prašiva, gama zračenje i dr.

Tražeci alternativne načine zaštite uskladištene robe, duži niz godina se ispituje insekticidni utjecaj raznih biljnih dijelova, ekstrakata, prašiva, eteričnih ulja i njihovih komponenata, na skladišne kukce i njihovo potomstvo.

1.1. Cilj rada

Cilj ovoga rada bio je ispitati insekticidnost pripravljene nanoemulzije na bazi lavandina na rižinog žiška (*S. oryzae*) u tretmanu sa zrnom pšenice, usporediti učinkovitost nanoemulzije s učinkovitosti iste formulacije bez primjene nanotehnologije te procijeniti oštećenje tretirane pšenice.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Skladišni štetnici

Tijekom skladištenja, poljoprivredni proizvodi, podložni su mnogim čimbenicima koju mogu dovesti do narušavanja njihove kvalitete te značajno mogu utjecati na njihovu zdravstvenu ispravnost. Rozman (https://bib.irb.hr/datoteka/508537.vlatka_rozman_prepoznavanje_5.5.1.pdf) navodi kako štetni insekti i grinje predstavljaju konstantnu prijetnju tijekom čuvanja proizvoda u skladištima te da otkrivanje njihovih populacija u masi proizvoda nije jednostavan zadatak jer se radi o sitnim organizmima čije se prisustvo uoči tek kada se masovno razmnože, a kada su štete već učinjene. Rozman dijeli simptome štete na vidljive (prisustvo karakterističnih mirisa, prisustvo živih oblika skladišnih štetnika različitih razvojnih stadija, prisustvo ekskrecijskih i fekalija te dijelova tijela štetnika, prisustvo zapredotina, prisustvo nagriženih dijelova proizvoda ili ambalaže, prisustvo lomljenih zrna te povišena vlaga i povišena temperatura proizvoda) i nevidljive, kada je štetnik unutar proizvoda te se vizuelnim pregledom ne može uočiti već su za to potrebne posebne analitičke metode kao što su inkubacijska metoda, flotacijska metoda ili prozirnost. Skladišni su štetnici nepoželjni jer njihovo prisustvo uzrokuje:

- gubitak kvalitete proizvoda onečišćenjem ili izjedanjem klice
- gubitak na težini proizvoda
- prenošenje bakterija i virusa
- širenje spora gljivica i zaraze u masi proizvoda
- povišenje vlage i temperature uskladištenih proizvoda
- izazivanje alergijskih reakcija

U istom priručniku Rozman dijeli skladišne štetnike prema štetama koje čine na uskladištenim proizvodima na primarne, sekundarne, mikofagne i slučajne vrste:

1. Primarne vrste:

- vrše primarnu zarazu uskladištenog zrna
- ekonomski su najznačajniji štetnici
- napadaju zdrava i neoštećena zrna
- mogu u potpunosti uništiti proizvod

- svojim metabolizmom iniciraju proces samozagrijavanja
- posebno su opasni za sjemensku robu
- najznačajniji predstavnici su: pšenični žižak, kukuruzni žižak, rižin žižak, grahov žižak, žitni kukuljičar, duhanar, bakrenasti moljac

2. Sekundarne vrste:

- vrše sekundarnu zarazu uskladištenog proizvoda
- napadaju lomljena i oštećena zrna te brašnene prerađevine
- razvijaju se u međuzrnatom prostoru
- javljaju se u masovnom broju
- ekonomski su manje značajni od primarnih vrsta štetnika
- zagađuju proizvod svojim ekskrementima i dijelovima tijela
- najznačajniji predstavnici su: mali brašnar, veliki brašnar, kestenjasti brašnar, hrđasti brašnar, surinamski brašnar, brašneni moljac

3. Mikofagne vrste:

- ne napadaju direktno proizvod (indirektni štetnici)
- hrane se sporama skladišnih gljivica
- indikatori su vlažne i zagađene robe mikroorganizmima
- šire zarazu gljivicama unutar uskladištenog proizvoda
- razvijaju se u međuzrnatom prostoru
- ekonomski su manje značajni od primarnih i sekundarnih štetnika
- zagađuju proizvod metabolizmom
- najvažniji predstavnici su prašne uši te razni gljivari

4. Slučajne vrste

- nisu ekonomski značajni štetnici
- dolaze u skladišta s polja
- ugibaju u skladišnim uvjetima
- zagađuju proizvod svojim uginulim tijelima
- indikatori su napada prije žetve
- najčešće su to stjenice

2.2. Rižin žižak

Rižin žižak – *Sitophilus oryzae* (L.) (Slika 1.) je primarni štetnik iz porodice Curculionidae (pipe). Najčešće oštećuje cijelo i zdravo zrno žitarica, a rasprostranjen je diljem svijeta. Jaja polažu pojedinačno u zrnu a izlegle ličinke su nepokretne te žive i hrane se u zrnu. Tijelo odraslog kornjaša je dužine 2,5 - 4,5 mm, a, kao i kod svih pipa, karakteristična im je glava produžena u rilo koje pomaže pri ubušivanju u zrno. Na pokriltju imaju 4 ovalne crvene pjege te mogu letjeti. Imaju 2 do 4 generacije godišnje, a ženka može u godini dana položiti 400 do 600 jajašaca.



Slika 1. Rižin žižak

Izvor: A. Liška

Rotim i Ostojčić (2014.) navode kako rižin žižak, kao tipična termofilna vrsta, ne podnosi velika kolebanja u temperaturi te se bolje razvija pri višim temperaturama. U povoljnim se uvjetima vrlo brzo razvija, a bez hrane i na niskim temperaturama ugiba. Slabim napadom smatraju broj od 1 do 2 žiška po kilogramu žita, 3 do 5 žižaka predstavljaju srednji napad, 6 do 10 žižaka smatra se jakim napadom, a više od 10 žižaka po kilogramu žita vrlo jakim napadom.

2.3. Mjere zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda

Pet je glavnih mjera zaštite uskladištenih proizvoda, a to su: fizikalne i mehaničke, higijenske, biološke, kemijske te zakonske mjere.

1. Fizikalne i mehaničke
 - primjena visoke i niske temperature
 - primjena visokofrekventnih zvukova
 - primjena inertnih prašiva
 - gama zračenje
 - čišćenje robe od primjesa
 - uklanjanje zaraženih zrna
2. Higijenske
 - održavanje skladišta čistim
3. Biološke
 - primjena prirodnih neprijatelja (bakterija, protozoa, gljivica, virusa)
 - spore bakterije *Bacillus thuringiensis* često se koriste protiv moljaca
4. Kemijske
 - najčešća mjera zaštite
 - pesticidi se primjenjuju zaprašivanjem, fumigacijom, prskanjem, orošavanjem ili u obliku aerosola
 - dolazi do pojave rezistentnosti štetnika

2.4. Botanički insekticidi

Korunić i Rozman (2012.) navode kako su sintetski insekticidi znatno nadmašili uporabu prirodnih insekticida, ali se zbog sve brojnijih saznanja o njihovu štetnu djelovanju javlja sve veća potreba za uporabom sigurnijih te manje opasnih i toksičnih supstanci i postupaka. Kao najznačajnije botaničke insekticide navode neem (azadiraktin), piretrin, citrus ulja limonene i linalool, rotenon, ryania, sabadilla te nikotin. Neem se dobiva iz biljke nim (*Azadirachta indica*, L.) koja sadrži brojne aktivne tvari koje na kukce mogu djelovati repelentno, kao regulatori rasta ili mogu smanjivati njihovu prehranu. Piretrini su stari botanički insekticidi izolirani iz cvjetova krizanteme (*Chrysanthemum cinerariifolium*, L.). Autori navode kako piretrini izazivaju brzu paralizu kukaca, ali da ujedno imaju minimalan utjecaj na zdravlje ljudi te da letalna doza (LD₅₀) za štakore iznosi 1500 mg/kg. Autori navode kako se citrus ulja koriste u suzbijanju buha, a nikotin koncentrat ima vrlo dobro početno djelovanje na lisne uši, ali je i izuzetno otrovan ukoliko se disanjem unese u ljudski organizam.

Abdel-Tawab H. Mossa (2016.) navodi kako esencijalna ulja i drugi biopesticidi postaju novim trendom kontrole kukaca u modernom ratarenju te organskoj poljoprivredi. Esencijalna ulja se dva desetljeća koriste u kontroli kukaca, ali nisu dosegli svoj puni potencijal jer su brzo hlapljivi i imaju slabu rezidualnu aktivnost. Smatraju se sigurni u ekološkom smislu te imaju nisku toksičnost na sisavce. Lako su dostupni širom svijeta zbog pristupačne cijene. Glavne aktivne tvari s insekticidnom aktivnošću su monoterpeni, seskviterpeni te fenilpropeni.

Područje istraživanja koje opisuje insekticidno djelovanje biljnih tvari i ekstrakata sve se brže razvija. Kupusnjače (Brassicaceae), glavočike (Asteraceae), štitarke (Umbelliferae), pomoćnice (Solanaceae) te mnoge druge porodice sadrže tvari koje pokazuju toksičnu aktivnost, navode Spochacz i sur. (2018.). Štoviše, navode, da se neke od tih tvari koriste i u kulinarstvu te imaju slabu perzistentnost što smanjuje pojavu opasnih rezidua.

Rani i Devanand, 2011. proveli su istraživanje u kojem je uspoređen učinak ekstrakta istoga lista papaje (*Carica papaya*) ali kroz dvije različite metode, fumigacijom i kontaktnom toksičnošću, gdje je fumigacija pokazala bolji učinak. Maksimalni mortalitet (100%) jedinki rižinog žižka (*S. oryzae*) postignut je nakon 72 sata izloženosti plinovima nastalim fumigacijom, dok je, ekstrakt dodan u prehranu usmrtio 46% jedinki žižaka.

U Republici Hrvatskoj, prema podacima Fitosanitarnog informacijskog sustava Ministarstva poljoprivrede (<https://fis.mps.hr/trazilicaszb/>), trenutno nema niti jednog registriranog sredstva za zaštitu bilja namijenjenog za primjenu u skladištima koje bi se moglo opisati kao botanički insekticid. Jedino registrirano sredstvo čije je područje primjene skladišni prostor, a ujedno je i pogodno za ekološku uporabu, je dijatomejska zemlja SilicoSec®. To je insekticid i akaricid formulacije kontaktnog prašiva čija je aktivna tvar kieselgur, odnosno dijatomejska zemlja.

2.5. Botanički insekticidi u području nanotehnologije

Leksikografski zavod Miroslav Krleža u svom leksikonu definira nanotehnologiju kao „skup disciplina koje se bave istraživanjem, razvojem i primjenom struktura, uređaja i sustava kojima su izmjere reda veličine atoma, molekula i makromolekula, dakle u području do 100 nm ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$), a koji zahvaljujući svojim malim izmjerama imaju posebna svojstva“.

Esencijalna ulja su kompleks kemijskih komponenti s više načina djelovanja te njihovo sinergističko djelovanje povećava insekticidnu aktivnost. Kako su esencijalna ulja hlapljive prirode, koriste se kao fumigantna sredstva u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Esencijalna ulja su u toj sferi važna jer imaju učinak na širok spektar kukaca, imaju svojstvo brze penetracije u same kukce te ne ostavljaju štetne rezidue. No, javljaju se problemi kao što su nestabilnost, slaba topljivost te oksidacija tih spojeva što ometa njihovu aktivnost, primjenu te perzistentnost. Iz tih razloga, nove formulacije pripravljene pomoću nanotehnologije, odnosno nanoformulacije, bi mogli biti rješenje za navedene nedostatke ponuditi i niz prednosti.

Prednosti nanotehnologije uvidjeli su Hashem i sur. (2018.) prilikom ispitivanja utjecaja eteričnog ulja anisa (*Pimpinella anisum* L.) na ekonomski značajnog štetnika uskladištene robe, kestenjastog brašnara (*T. castaneum*). Primjena nanotehnologije osigurala im je veću stabilnost, bolju vodotopivost te veću perzistentnost u odnosu na emulziju eteričnog ulja. Nanoemulzija je bila toksična za kestenjastog brašnara ($LC_{50}=9,3\%$) te je imala značajan učinak na potomstvo.

Liška i sur. (2020.) proveli su istraživanje o utjecaju 15%-tne nanoformulacije na bazi eteričnog ulja lavandina te zaključili da ono ima zadovoljavajuće kontaktno djelovanje na kestenjastog brašnara, ali je ono izraženije u tretmanu sa zrnom pšenice. Bolju djelotvornost nanoemulzije u odnosu na emulziju objašnjavanju boljim prekrivanjem tretiranog zrna što je osiguralo bolji kontakt aktivne tvari s kukcima koji su se kretali kroz tretiranu zrnatu masu.

Istražujući utjecaj eteričnih ulja klasaste metvice (*Mentha spicata*, L.) te barske metvice (*Mentha pulegium*, L.) na kestenjastog brašnara (*T. castaneum*), Heydarzade i sur. (2019.) navode kako nanoformulirana eterična ulja imaju veći učinak na probavni trakt odraslih jedinki kestenjastog brašnara u odnosu na standardna eterična ulja. Pokazalo se da

poboljšane karakteristike nanoformuliranih eteričnih ulja mogu biti rezultat unaprijeđene pokretljivosti i dostupnosti, jače kemijske aktivnosti, veće površine prodiranja te otpornosti na hidrolizu molekula pripravka. Zaključili su da je primjena nanotehnologije obećavajući pristup razvoju i olakšavanju primjene eteričnih ulja kao botaničkih insekticida, kao i povećanju njihove stabilnosti i aktivnosti, ali i da su potrebna dodatna istraživanja o njihovom utjecaju u stvarnim uvjetima skladištenja kako bi se mogla potvrditi njihova ekonomska vrijednost.

Giunti i sur. (2019.) istražili su insekticidnost eteričnog ulja naranče (*Citrus sinensis*, L.) na dva važna skladišna štetnika, malog brašnara (*T. confusum*) i hrđastog brašnara (*Cryptolestes ferrugineus* Stephens). Nanoemulzija eteričnog ulja naranče bila je uspješna u kontroli i odbijanju obje testirane vrste kukaca te je ostala stabilna i nakon godine dana čuvanja, zadržavajući dobre kvalitativne vrijednosti. Navode i kako bi uporaba hladnoga aerosola nanoemulzije mogla biti uspješna u održavanju proizvodnih površina, skladišta te pogona za preradu čistima od skladišnih štetnika.

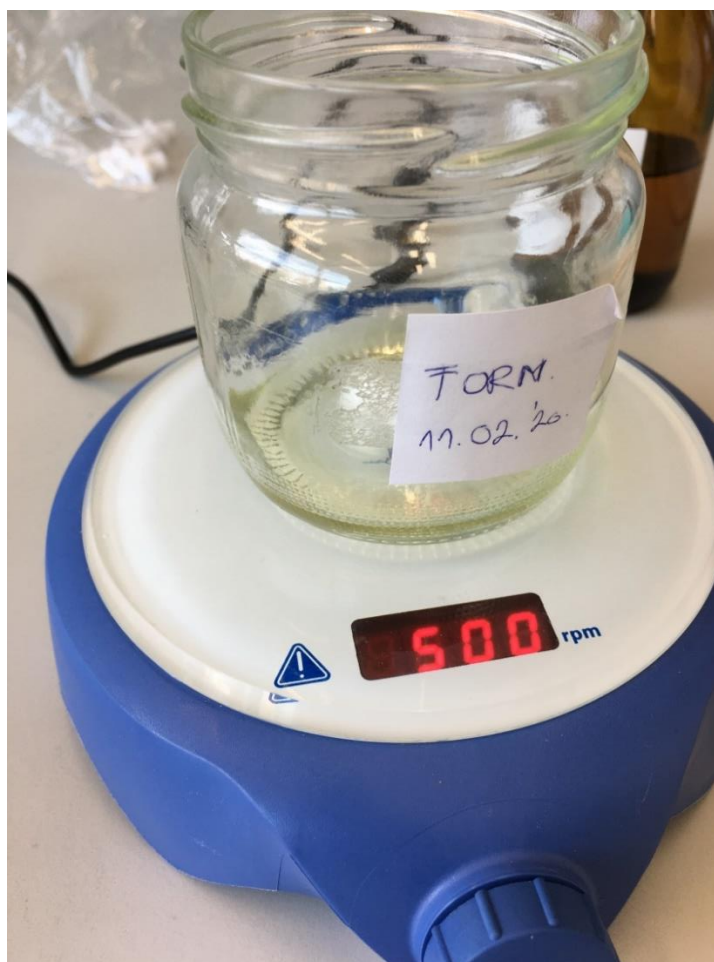
Oliveira i sur. (2017.) proveli su istraživanje o utjecaju eteričnog ulja biljke *Lippia sidoides* (Cham) te njenog glavnog spoja timola ($C_{10}H_{14}O$) na kukuruznog žiška (*Sitophilus zeamais*, Motschulsky). Nanoformulirano eterično ulje pokazalo je visoku učinkovitost u kontroli kukuruznog žiška s brzim učinkom na prehranu i mortalitet jedinki. Povećanjem doze postignut je još bolji učinak, a pripremljene nanoformulacije su i nakon sedam mjeseci skladištenja zadržale visoku toksičnost, ali uz male promjene u samom kvalitativnom sastavu. Zaključili su kako je ovo eterično ulje u kombinaciji sa nanotehnologijom obećavajući korak u kontroli kukuruznog žiška.

Shah i sur. (2016.) u svom radu o nanotehnologiji i botaničkim insekticidima zaključuju kako se ulažu veliki naponi u stvaranju novih insekticida uz pomoć nanotehnologije, ali i da se javlja potreba da se dokaže učinkovitost istih u odnosu na konvencionalne pesticide u stvarnim uvjetima. Navode kako bi se tek trebalo vidjeti hoće li komercijalna proizvodnja tih sredstava biti prihvatljive cijene. Kao problem vide i trenutnu malu razinu saznanja o prednostima i nedostacima takvih insekticida. Istraživanja trenutno često idu samo u jednom smjeru (primjer: degradacija) te se pri tome ne gleda šira slika utjecaja (primjer: utjecaj na korisne kukce).

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Priprema nanoemulzije na bazi eteričnog ulja lavandina

Nanoemulzija (oznake NanoE) je pripremljena u Laboratoriju za zaštitu uskladištenih proizvoda, Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek. Nanoemulzija je sadržavala eterično ulje lavandina (15%), emulgator polisorbat Tween[®]80 (5%) i destiliranu vodu (80%). U postupku priprave najprije je odmjerena određena količina emulgatora kap po kap u staklenu posudu i miješan magnetskom miješalicom IKA[®] color squid (Slika 2.) u trajanju od 10 min. Nakon toga dodana je aktivna komponenta, eterično ulje lavandina te je mješavina (emulgatora i eteričnog ulja) dalje homogenizirana magnetskim miješanjem u trajanju od 20 min. Nakon toga dodana je destilirana voda te je sve zajedno izmiješano do potpune homogenizacije.



Slika 2. Priprema formulacije uz pomoć magnetske miješalice

Izvor: T. Šimenić

Tako pripremljena emulzija je dalje homogenizirana uz pomoć ultrazvučnog homogenizatora (T18 basic Ultra Turrax, IKA®) (Slika 3.) (jačina 4/5, u trajanju od 5 min) kako bi se dobila nanoemulzija.



Slika 3. Rad na ultrazvučnom homogenizatoru T18 basic Ultra Turrax, IKA®

Izvor: T. Šimenić

U pokusu je testirana i emulzija (oznake E) s istim sastavom kao i NanoE. Za njenu pripravu je korištena ista metoda kao i NanoE, ali je izostavljena homogenizacija ultrazvučnim homogenizatorom.

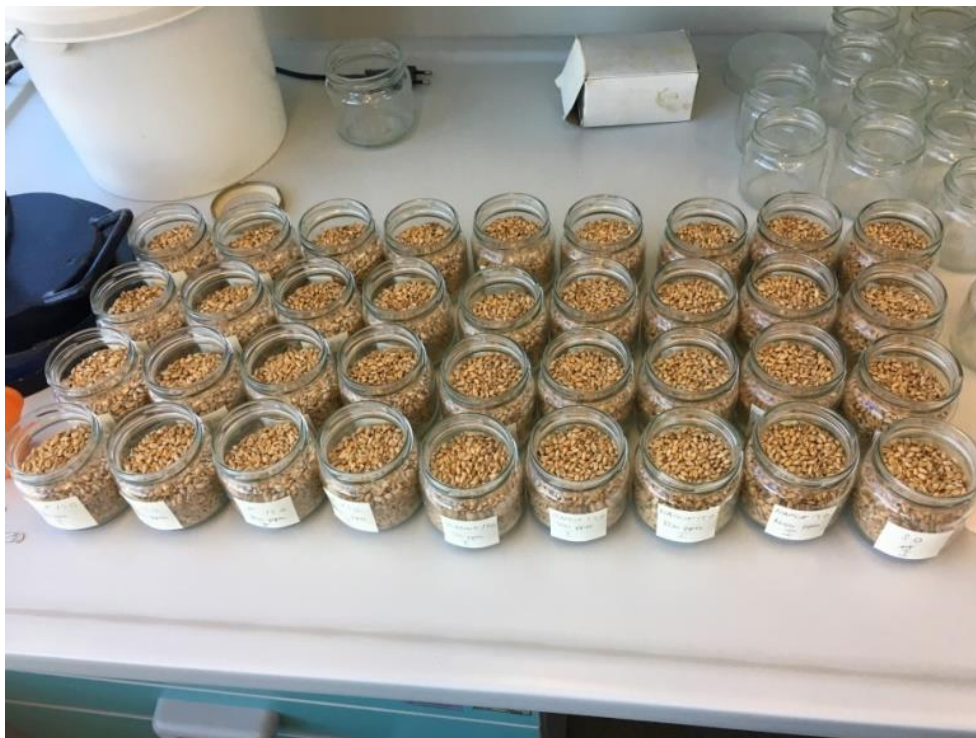
Pripremljene emulzije NanoE i E čuvane su u staklenkama obojanog stakla i držane u tami na sobnoj temperaturi do trenutka primjene.

3.2. Testni kukci

Korištena je vrsta rižin žižak (*Sitophilus oryzae* L.), koja po načinu ishrane pripada primarnim vrstama skladišnih kukaca. Kukci su uzgajani u kontroliranim uvjetima na temperaturi od 24-27 °C i rvz 70±5%, na uzgojnoj podlozi od zrna meke pšenice. Za testiranje i utvrđivanje insekticidne djelotvornosti testiranih emulzija E i NanoE, korištene su odrasle jedinke kukaca starosti 2-4 tjedna.

3.3. Test sa zrnom pšenice

Test je obavljen na zrnju meke pšenice koja je prethodno sterilizirana visokom temperaturom (60°C u trajanju od 60 min). Pripremljena pšenica, odvage od 100 g stavljene se u staklene posude volumena 200 mL (Slika 4.).



Slika 4. Posudice od 200 ml sa 100 g pšenice

Izvor: T. Šimenić

Emulzije E i NanoE su aplicirane na zrnju pšenice pomoću Kartell mikropipetom u četiri doze: 500, 700, 800 i 1000 ppm (0,05; 0,07; 0,08 i 1,0 ml 100 g⁻¹). Nakon aplikacije emulzija, staklenke s tretiranim zrnjem su snažno protresene u vremenu od 60-ak sec. Nakon toga u svaku staklenku je stavljeno po 20 odraslih jedinki kukaca. Posude su hermetički zatvorene poklopcima i čuvane u kontroliranim uvjetima pri 24-27°C i rvlz 70±5% (Slika 5.).



Slika 5. Hermetički zatvorene posude u kontroliranim uvjetima

Izvor: T. Šimenić

Mortalitet odraslih kukaca bilježen je očitanjem broja uginulih jedinki žižaka iz svake staklenke nakon 7 i 14 dana od postavljanja tretmana (Slika 6.). Nakon očitavanja 14. dana, iz staklenki su izdvojene sve žive i uginule jedinke, a preostali sadržaj staklenki je vraćen i držan u kontroliranim uvjetima do razvoja potomstva F1 generacije (ukupno 49 dana) koje je tada prebrojano. Kontrolni tretman je postavljen na isti način, ali bez aplikacije emulzija. Test sa zrnom pšenice postavljen je u 4 ponavljanja.



Slika 6. Očitanje broja uginulih jedinki rižinog žiška

Izvor: T. Šimenić

3.4. Procjena oštećenja zrna pšenice

Kako bi se utvrdilo smanjenje mase zrna pšenice uzrokovano ishranom žiškima tijekom cijelog pokusnog razdoblja u trajanju od 49 dana, pšenica je nakon procjene potomstva F1 generacije prosijana i odvagana. Procjena oštećenja zrna je izražena u % a izračunata formulom:

$$O (\%) = (t_1 - t_2) * 100 / t_1, \text{ gdje je:}$$

O – oštećenje zrna pšenice (%)

t₁ – početna masa pšenice (100 g)

t₂ – konačna masa pšenice (g)

4. REZULTATI

4.1. Rezultati djelotvornosti testirane emulzije (E) na zrnu pšenice

Različite doze emulzije lavandina te trajanje ekspozicije dovelo je do razlike u očitanim podacima o mortalitetu, broju potomstva te broju potomstva u odnosu na kontrolu (Tablica 1.)

Nakon ekspozicije od 7 dana mortalitet jedinki bio je različit kod različitih doza. Najviši je mortalitet bio kod primjene najviša doze (1000 ppm) i iznosio je 50,00%, dok je najniži mortalitet uočen u pri dozi od 700 ppm (21,25%). Doza od 500 ppm imala je nešto jači učinak na mortalitet jedinki (27,50%) u odnosu na dozu od 700 ppm (21,25%). Doza od 800 ppm je imala učinak od 41,25%.

Isti trend prate i podaci o mortalitetu nakon 14 dana od tretiranja gdje je najviša doza (1000 ppm) iznova imala najbolji učinak (64,38%), Vidljivo je da je pri dozi od 700 ppm, mortalitet jedinki slabio (26,12%) u odnosu na nižu apliciranu dozu (27,44% pri 500 ppm), što je izraženo pri obje ekspozicije. Druga najviša doza (800 ppm) uzrokovala je mortalitet od 41,95%. U kontrolnom tretmanu zabilježen je mortalitet netretiranih jedinki žiška od 4,75%, odnosno 5,25%, pri ekspozicije od 7, odnosno 14 dana.

Broj potomstva je, uz mortalitet, ovisio i o odnosu broja muških i ženskih jedinki rižinog žižka na početku samoga pokusa te o vitalnosti i spolnoj aktivnosti i zrelosti samih jedinki. Kako je najviša doza pokazala i najviši mortalitet, bilo je za očekivati da će i broj potomstva biti najmanji te je iznosio 63,75 jedinki, što predstavlja sniženje od 48,30% u odnosu na razvijeno potomstvo netretiranih roditelja. . Najveći broj potomaka od 174,25 jedinke uočen je pri dozi od 700 ppm, što predstavlja stupanj povećanja potomstva od 40,24% u odnosu na kontrolu. Doze od 500 ppm i 800 ppm su imale podjednak učinak na produkciju potomstva (~108 jedinki).

Tablica 1. Insekticidna djelotvornost emulzije (E) na odrasle jedinke *S. oryzae* pri ekspoziciji od 7 i 14 dana te utjecaj na razvoj potomstva F1 generacije

Doza (ppm)	Mortalitet jedinki (%)*		Broj potomstva	Razlika u brojnosti potomstva u odnosu na kontrolu (stupanj smanjenja/povećanja potomstva; %)
	7 dana	14 dana**		
0	4,75	5,25	124,25	-
500	27,5	31,39	107,00	17,25 (- 13,9 %)
700	21,25	26,12	174,25	50,00 (+ 40,24 %)
800	41,25	41,95	108,75	15,50 (- 12,48 %)
1000	50,00	64,38	63,75	60,50 (- 48,30 %)

*Srednja vrijednost od 4 ponavljanja pojedinačne doze izračunata prema jednadžbi:

Mortalitet (%) = (srednja vrijednost ukupnog br. uginulih / ukupan broj postavljenih jedinki (20)) / 100

** Obzirom da je mortalitet jedinki u kontroli nakon 14 dana iznosio > 5,0%, izvršena je korekcija mortaliteta (KM) tretmana prema Abbott formuli (Abbott's Formula, 2004.):

$KM = ((\% \text{ mortaliteta tretmana} - \% \text{ mortaliteta u kontroli}) / (100 - \% \text{ mortaliteta u kontroli})) \times 100$

Korigirani mortalitet tretmana = % mortaliteta tretmana – KM

4.2. Rezultati djelotvornosti testirane nanoemulzije (NanoE) na zrnu pšenice

Kao i kod primjene emulzije, očitani podaci razlikovali su se i kod primjene nanoemulzije (Tablica 2.).

Razlike u postotku mortaliteta različitih doza nanoformulacije nisu bile velike te su se maksimalno razlikovale za 6,25% (najniži mortalitet 16,25%, pri 800 ppm, a najviši 22,50%, pri 700 ppm). Najviša doza (1000 ppm) nije uvjetovala i viši mortalitet, koji je iznosio 21,25%.

Situacija se nije bitno promijenila niti 14 dana nakon postavljanja pokusa kada je razlika između najvećeg i najmanjeg postotka mortaliteta iznosila samo 3,96%. Doza od 500 ppm postigla je najviši mortalitet (27,44%), potom po učinkovitosti slijedi doza od 800 ppm sa mortalitetom od 24,80%, dok su doze od 700 ppm i 1000 ppm imale identičan učinak nakon 14 dana (23,48%).

U kontrolnom tretmanu zabilježen je mortalitet netretiranih jedinki žiška od 4,75%, odnosno 5,25%, pri ekspozicije od 7, odnosno 14 dana.

Porast broja potomstva u odnosu na kontrolne posude uočene su pri nižim apliciranim dozama. Pri 500 ppm razvijeno je 154,75 jedinki, odnosno 30,25 jedinki više u odnosu na kontrolu, što predstavlja stupanj povećanja potomstva od 24,54%, odnosno pri 700 ppm razvijeno je 137,75, to jest 13,25 jedinki više, što predstavlja je porast od 10,86%. Doze od 800 ppm te 1000 ppm su djelovale na smanjenje broja potomstva u odnosu na kontrolu, i to za 18,30%, odnosno 49,7%

Tablica 2. Insekticidna djelotvornost nanoemulzije (NanoE) na odrasle jedinke *S. oryzae* pri ekspoziciji od 7 i 14 dana te utjecaj na razvoj potomstva F1 generacije

Doza (ppm)	Mortalitet jedinki (%)*		Broj potomstva	Razlika u brojnosti potomstva u odnosu na kontrolu (stupanj smanjenja ili povećanja potomstva; %)
	7 dana	14 dana**		
0	4,75	5,25	124,25	-
500	20,00	27,44	154,75	30,25 (+ 24,54 %)
700	22,50	23,48	137,75	13,25 (+ 10,86 %)
800	16,25	24,80	101,50	22,75 (- 18,30 %)
1000	21,25	23,48	62,50	61,75 (- 49,70 %)

*Srednja vrijednost od 4 ponavljanja pojedinačne doze izračunata prema jednadžbi:

Mortalitet (%) = (srednja vrijednost ukupnog br. uginulih / ukupan broj postavljenih jedinki (20)) / 100

** Obzirom da je mortalitet jedinki u kontroli nakon 14 dana iznosio > 5,0%, izvršena je korekcija mortaliteta (KM) tretmana prema Abbott formuli (Abbott's Formula, 2004.):

$KM = ((\% \text{ mortaliteta tretmana} - \% \text{ mortaliteta u kontroli}) / (100 - \% \text{ mortaliteta u kontroli})) \times 100$

Korigirani mortalitet tretmana = % mortaliteta tretmana - KM

4.3. Rezultati procjene oštećenja zrna pšenice

Uz analizu djelotvornosti emulzije i nanoemulzije lavandina na mortalitet i broj potomstva, analizirana je i promjena u masi pšenice u odnosu na početnu masu od 100,00 g (Tablica 3.).

Promjena mase pšenice nije bila značajno različita u odnosu na kontrolu ni kod primjene formulacije ni kod primjene nanoformulacije neovisno o veličini doze. Smanjenje mase pšenice kretala se od 0,5% do 1,25% kod pšenice tretirane emulzijom, odnosno od 0,5% do 0,75% kod pšenice tretirane nanoemulzijom. Najveća promjena mase pšenice u odnosu na početnu masu uočena je kod primjene formulacije lavandina u dozi od 700 ppm.

Tablica 3. Promjena u masi pšenice, u kontrolnim uzorcima i u tretiranoj pšenici emulzijama E i NanoE, u odnosu na početnu masu pšenice

Doza (ppm)	Pšenica tretirana emulzijom E		Pšenica tretirana nanoemulzijom NanoE	
	Masa pšenice (g)	Smanjenje mase pšenice (%)*	Masa pšenice (g)	Smanjenje mase pšenice (%)*
0	99,50	0,5	99,50	0,5
500	99,50	0,5	99,25	0,75
700	98,75	1,25	99,25	0,75
800	99,50	0,5	99,50	0,5
1000	99,50	0,5	99,50	0,5

*Udio smanjenja mase pšenice izračunata je u odnosu na početnu masu pšenice (100 g) odvagana i korištena za postavljanja pokusa

5. RASPRAVA

Dobiveni rezultati istraživanja djelotvornosti nanoemulzije na bazi eteričnog ulja lavandina u zaštiti uskladištene pšenice ukazuju na to da pri korištenju eteričnog ulja, primjena nanotehnologije nije uspjela postići bolje rezultate od obične formulacije eteričnog ulja lavandina. Pri maksimalnoj dozi od 1000 ppm nanoformulacije, nakon 7 dana ekspozicije, postignut je mortalitet od 21,25% jediniki rižinog žižka, u odnosu na 50,00% koje je postigla formulacija. Produljenjem ekspozicije na 14 dana, učinak nanoformulacije iznosio je samo 2,23% više u odnosu na ekspoziciju u trajanju od 7 dana, odnosno, iznosio je 23,48%. Formulacija je nakon 14 dana ekspozicije imala učinak od 64,38%. I pri nižim dozama (500 ppm, 700 ppm i 800 ppm) bolji je učinak pokazala formulacija u odnosu na nanoformulaciju. Za razliku od ovih rezultata, autori Liška i sur. (2020., u objavi) su u testiranju nanoemulzije NF, također na bazi lavandina, uočili značajno bolju djelotvornost u odnosu na emulziju istog sastava, u tretmanima protiv kestenjastog brašnara, *T. castaneum*. Bolja djelotvornost je naročito bila izražena pri najvišoj dozi (1000 ppm) pri kojoj je poboljšano djelovanje nanoemulzije NF u odnosu na emulziju F i to već nakon 7 dana ekspozicije rezultirajući sa 100%-tnim mortalitetom. Čak i nakon 14. dana, djelotvornost emulzije F je bila dvostruko slabija (45% mortaliteta *T. castaneum*).

Što se tiče utjecaja na potomstvo tretiranih roditeljskih parova, primjena nanoformulacije eteričnog ulja lavandina imala je jači učinak na smanjenje broja potomstva, odnosno spolnu aktivnost jedinki rižinog žižka, u odnosu na formulaciju. Pri maksimalnoj dozi (1000 ppm) smanjenje brojnosti potomstva u odnosu na kontrolu iznosilo je -49,70%, koje je kod primjene maksimalne doze formulacije iznosilo 48,30%. Niže doze nanoformulacije su se također pokazale učinkovitijima.

Promjena mase pšenice u odnosu na početnu masu od 100 g te u odnosu na kontrolu bila je podjednaka kod primjene formulacije i nanoformulacije. Podatak o promjeni mase pšenice ukazuje na uspješnost tretmana u zaštite uskladištene robe. Tako, onaj tretman (formulacije, odnosno određena doza) u kojem je zabilježen veći pad mase pšenice ukazuje na njegovo niže letalno djelovanje na tretirane jedinke koje su preživjevi nastavile s ishranom i tako dovele do jačeg oštećenja zrna, odnosno kvantitativnog sniženja njegove vrijednosti. Najveće smanjenje zabilježeno je kod primjene formulacije u dozi od 700 ppm te je iznosilo -1,25%. Najmanje sniženje mase pšenice od 0,5% u odnosu na početnu masu

zabilježeno je kod primjene formulacije u dozama od 500 ppm, 800 ppm i 1000 ppm te kod nanoformulacije pri dozama od 800 ppm i 1000 ppm.

Najpovoljnije temperature za uskladištenje suhog zrna su u rasponu od -5°C do $+5^{\circ}\text{C}$ (Rozman i Liška). Pravilnim skladištenjem ne bi se smjeli postići uvjeti povoljni za masovan razvoj štetnika. Pokus je proveden u kontroliranim uvjetima pri temperaturama od $+24^{\circ}\text{C}$ do $+27^{\circ}\text{C}$, koje su značajno više od optimalnih temperatura za uskladištenje suhog zrna, a s druge strane pogoduju razvoju štetnika. Pripremljene formulacije i nanoformulacije na bazi eteričnog ulja lavandina morale bi se testirati pri najpovoljnijim temperaturama za uskladištenje suhog zrna, koje bi morale biti imperativ u sferi skladištenja, gdje bi se pokazala njihova prava djelotvornost. Kako bi se ispitala stabilnost eteričnih ulja i njihova insekticidnost pri različitim uvjetima, bilo bi potrebno provesti dodatne testove, primjerice pri nižim temperaturama i njihov utjecaj na svojstvo hlapljivosti i insekticidnosti.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju rezultata dobivenih istraživanjem djelotvornosti nanoemulzije na bazi eteričnog ulja lavandina u zaštiti uskladištene pšenice može se zaključiti:

- eterično ulje lavandina ima bolju djelotvornost na smrtnost rižinog žižka (*Sitophilus oryzae*) u obliku formulacije nego u obliku nanoformulacije
- produljenje ekspozicije nije pokazalo značajno bolji učinak nanoformulacije
- nanoformulacija ima negativno djelovanje na spolnu aktivnost jedinki rižinog žižka što se očituje u smanjenju broja potomstva
- na uzorku od 100 g nema značajne razlike u masi zrna u odnosu na kontrolu

7. POPIS LITERATURE

1. Abbott's Formula, (2004.): Encyclopedia of Entomology. Springer, Dordrecht.
<https://doi.org/10.1007/0-306-48380-7>
2. Abdel-Tawab, H. Mossa. (2016.): Green pesticides: Essential oils as biopesticides in insect-pest management. J. Environ. Sci. Technol., 9: 354-378
3. Giunti, G., Palermo, D., Laudani, F., Algeri, G.M., Campolo, O., Palmeri, V. (2019.): Repellence and acute toxicity of a nano-emulsion of sweet orange essential oil toward two major stored grain insect pests; Industrial Crops&Products 142(2019) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111869>
4. Hashem, A.S., Awadalla, S.S., Zayed, G.M. et al. (2018.): Pimpinella anisum essential oil against Tribolium castaneum – insecticidal activity and mode of action; Environ Sci Pollut Res 25, 18802-18812 (2018), DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2068-1>
5. Heydarzade, A., Valizadegan, O., Negahbam, M., Mehrkhou, F. (2019.): Efficacy of Mentha spicata and Mentha pulegium essential oil nanoformulation on mortality and physiology of Tribolium castaneum (Col.: Tenebrionidae); J. Crop Prot 2019, 8 (4), 501-520
6. Korunić, Z., Rozman, V.: Biljni insekticidi// Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2012 – integralni pristup, 24. znanstveno – stručno – edukativni seminar s međunarodnim sudjelovanjem o novinama u djelatnosti dezinfekcije, deratizacije (DDD) i zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda (ZUPP)
7. Liška, A., Cecelja, N., Lucić, P., Rozman, V. (2020.): Nanoformulacije - novo oružje u borbi protiv skladišnih štetnika. Zbornik radova 32. znanstveno – stručno – edukativni seminar s međunarodnim sudjelovanjem o novinama u djelatnosti dezinfekcije, dezinfekcije, deratizacije (DDD) i zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda (ZUPP), u postupku objave
8. Oliveira, A.P., Santana, A.S., Santana, E.D.R., Lima, A.P.S., Faro, R.R.N., Nunes, R.S., Lima, A.D., Blank, A.F., Araujo, A.P.A., Cristaldo, P.F., Bacci, L. (2017.): Nanoformulation prototype of the essential oil of Lippia sidoides and thymol to population management of Sitophilus zeamais (Coleoptera: Curculionidae); Industrial Crops&Products 107(2017) 198-205

9. Rani, P.U., Devanand, P. (2011.): Efficiency of different plant foliar extracts on grain protection and seed germination in maize. *Research Journal of Seed Science*, 4(1), 1-14
10. Ritz, J. (1978.): *Osnovi uskladištenja ratarskih proizvoda*, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 238.
11. Rotim, N., Ostojić, I. (2014.): Najvažniji štetnici uskladištenih proizvoda na području Bosne i Hercegovine; *Glasnik zaštite bilja* 6(2014), 40-45
12. Rozman, V., Liška, A.: *Skladištenje ratarskih proizvoda*, Priručnik za vježbe, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 13. str
13. Shah, M.A., Wani, S.H., Khan, A.A. (2016.): Nanotechnology and insectidal formulations; *Journal of Food Bioengineering and Nanoprocessing* (2016) Volume 1, Issue 3, 285-310
14. Spochacz, M., Chowanski, S., Walkowiak-Nowicka, K., Szymczak, M., Adamski, Z. (2018.): Plant-Derived Substances Used Against Beetles-Pests of Stored Crops and Food-and Their Mode of Action. *Comprehension Reviews in Food Science and Food Safety*, Vol 17.2018: 1339-1366
15. https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2019/01-01-14_01_2019.htm
16. <https://www.lzmk.hr/>
17. https://bib.irb.hr/datoteka/508537.vlatka_rozman_prepoznavanje_5.5.1.pdf

8. SAŽETAK

Rižin žižak iznimno je opasan primarni štetnik čija je kontrola ključ uspješnog skladištenja pšenice. Konstantna uporaba sintetskih insekticida istih načina djelovanja može dovesti do rezistentnosti kukaca na iste, ali i do opasnosti od rezidua u tretiranoj robi. Iz tih razloga se teži k stvaranju novih, manje opasnih, ali jednako učinkovitih, botaničkih insekticida. Visoka hlapljivost i mala stabilnost takvih spojeva veliki je problem koji bi se mogao umanjiti ili eliminirati primjenom nanotehnologije. Cilj istraživanja ovoga diplomskog rada bio je ispitati insekticidnost pripravljene nanoemulzije na bazi lavandina na rižinog žiška (*Sithophilus oryzae*) u tretmanu sa zrnom pšenice, usporediti učinkovitost nanoemulzije s učinkovitosti iste formulacije bez primjene nanotehnologije te procijeniti oštećenje tretirane pšenice. Eterično ulje lavandina je, u ovom istraživanju, pokazalo zadovoljavajući stupanj insekticidnosti na rižinog žiška. Primjenom nanotehnologije nisu postignuti bolji rezultati insekticidnosti, ali je uočeno veće smanjenje broja potomstva što je mogući rezultat produljenog vremena aktivnosti samog spoja. Nanotehnologija bi u svijetu sredstava za zaštitu bilja mogla imati svijetlu budućnost.

Ključne riječi: nanoemulzija, nanotehnologija, rižin žižak, skladištenje, pšenica

9. SUMMARY

The rice weevil is highly dangerous primary pest whose control is crucial for successful wheat storage. Constant use of synthetic insecticides with the same mode of action can lead to resistance, and even to danger of residues in treated product. Those reasons aim to create new, less dangerous, but equally effective, botanical insecticides. High volatilization and low stability of those compounds is the serious obstacle which could be minimized or eliminated with the usage of nanotechnology. The aim of this study was to test the effectiveness of nanoemulsion based on Lavender essential oil on rice weevil (*Sitophilus oryzae*) in the treatment with wheat grain, to compare effectiveness of nanoemulsion with effectiveness of the same formulation without usage of nanotechnology and to estimate treated wheat damage. Lavender essential oil has shown satisfying insecticidal effect on rice weevil in this study. Better insecticidal results were not achieved with the usage of nanotechnology, but the reducing number of offspring was noticed which could be the result of extended activity time. Nanotechnology could have a bright future within the world of plant protection products.

Key words: nanoemulsion, nanotechnology, rice weevil, storage, wheat

10. POPIS TABLICA

Redni broj	Naziv tablice	Str.
1.	Insekticidna djelotvornost emulzije (E) na odrasle jedinke <i>S. oryzae</i> pri ekspoziciji od 7 i 14 dana te utjecaj na razvoj potomstva F1 generacije	20
2.	Insekticidna djelotvornost nanoemulzije (NanoE) na odrasle jedinke <i>S. oryzae</i> pri ekspoziciji od 7 i 14 dana te utjecaj na razvoj potomstva F1 generacije	22
3.	Promjena u masi pšenice, u kontrolnim uzorcima i u tretiranoj pšenici emulzijama E i NanoE, u odnosu na početnu masu pšenice	23

11. POPIS SLIKA

Redni broj	Naziv slike	Str.
1.	Rižin žižak	6
2.	Priprema formulacije uz pomoć magnetske miješalice	12
3.	Rad na ultrazvučnom homogenizatoru T18 basic Ultra Turrax, IKA®	13
4.	Posudice od 200 ml sa 100 g pšenice	15
5.	Hermetički zatvorene posude u kontroliranim uvjetima	16
6.	Očitanje broja uginulih jedinki rižinog žižka	17

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni diplomski studij, smjer Zaštita bilja

Diplomski rad

Procjena djelotvornosti nanoemulzije na bazi eteričnog ulja lavandina u zaštiti uskladištene pšenice

Tomislav Šimenić

Sažetak: Rižin žižak iznimno je opasan primarni štetnik čija je kontrola ključ uspješnog skladištenja pšenice. Konstantna uporaba sintetskih insekticida istih načina djelovanja može dovesti do rezistentnosti kukaca na iste, ali i do opasnosti od rezidua u tretiranoj robi. Iz tih razloga se teži k stvaranju novih, manje opasnih, ali jednako učinkovitih, botaničkih insekticida. Visoka hlapljivost i mala stabilnost takvih spojeva veliki je problem koji bi se mogao umanjiti ili eliminirati primjenom nanotehnologije. Cilj istraživanja ovoga diplomskog rada bio je ispitati insekticidnost pripravljene nanoemulzije na bazi lavandina na rižinog žiška (*Sithophilus oryzae*) u tretmanu sa zrnom pšenice, usporediti učinkovitost nanoemulzije s učinkovitosti iste formulacije bez primjene nanotehnologije te procijeniti oštećenje tretirane pšenice. Eterično ulje lavandina je, u ovom istraživanju, pokazalo zadovoljavajući stupanj insekticidnosti na rižinog žiška. Primjenom nanotehnologije nisu postignuti bolji rezultati insekticidnosti, ali je uočeno veće smanjenje broja potomstva što je mogući rezultat produljenog vremena aktivnosti samog spoja. Nanotehnologija bi u svijetu sredstava za zaštitu bilja mogla imati svijetlu budućnost.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Anita Liška

Broj stranica: 30

Broj tablica: 3

Broj slika i grafikona: 6

Broj literaturnih navoda: 14

Broj priloga: 2

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: nanoemulzija, nanotehnologija, rižin žižak, skladištenje, pšenica

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. dr .sc. Pavo Lucić, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Anita Liška, mentor
3. prof. dr. sc. Vlatka Rozman, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, V. Preloga 1, Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
University Graduate Studies, course Plant Protection

Graduate Thesis

Evaluation of nanoemulsion efficacy based on lavender essential oil in protection of stored wheat

Tomislav Šimenić

Abstract: The rice weevil is highly dangerous primary pest whose control is crucial for successful wheat storage. Constant use of synthetic insecticides with the same mode of action can lead to resistance, and even to danger of residues in treated product. Those reasons aim to create new, less dangerous, but equally effective, botanical insecticides. High volatilization and low stability of those compounds is the serious obstacle which could be minimized or eliminated with the usage of nanotechnology. The aim of this study was to test the effectiveness of nanoemulsion based on Lavender essential oil on rice weevil (*Sitophilus oryzae*) in the treatment with wheat grain, to compare effectiveness of nanoemulsion with effectiveness of the same formulation without usage of nanotechnology and to estimate treated wheat damage. Lavender essential oil has shown satisfying insecticidal effect on rice weevil in this study. Better insecticidal results were not achieved with the usage of nanotechnology, but the reducing number of offspring was noticed which could be the result of extended activity time. Nanotechnology could have a bright future within the world of plant protection products.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: Assoc. Prof. Anita Liška, PhD

Number of pages: 30

Number of tables: 3

Number of figures: 6

Number of references: 14

Number of appendices: 2

Original in: Croatian

Key words: nanoemulsion, nanotechnology, rice weevil, storage, wheat

Thesis defended on date:

Rewievers:

1. PhD Pavo Lucić, chair
2. PhD Anita Liška, mentor
3. PhD Vlatka Rozman, member

Thesis deposited at: Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Osijek, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek