# Insekticidna djelotvornost prirodnih prašiva u suzbijanju skladišnih štetnika na sjemenskoj pšenici sorte Vulkan

**Nemet, Helena**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*
**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:453644

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-29**

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

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Helena Nemet, apsolvent
Diplomski studij Bilinogojstvo
Smjer Zaštita bilja

# INSEKTICIDNA DJELOTVORNOST PRIRODNIH PRAŠIVA U SUZBIJANJU SKLADIŠNIH ŠTETNIKA NA SJEMENSKOJ PŠENICI SORTE VULKAN

**Diplomski rad**

Osijek, 2018.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Helena Nemet, apsolvent
Diplomski studij Bilinogojstvo
Smjer Zaštita bilja

# INSEKTICIDNA DJELOTVORNOST PRIRODNIH PRAŠIVA U SUZBIJANJU SKLADIŠNIH ŠTETNIKA NA SJEMENSKOJ PŠENICI SORTE VULKAN

**Diplomski rad**

Osijek, 2018.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Helena Nemet, apsolvent
Diplomski studij Bilinogojstvo
Smjer Zaštita bilja

# INSEKTICIDNA DJELOTVORNOST PRIRODNIH PRAŠIVA U SUZBIJANJU SKLADIŠNIH ŠTETNIKA NA SJEMENSKOJ PŠENICI SORTE VULKAN

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

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

Osijek, 2018.

# SADRŽAJ

1. UVOD ..... 1
2. PREGLED LITERATURE ..... 4
2.1. Vrste štetnika u skladištima ..... 5
2.1.1. Primarni štetnici ..... 6
2.1.2. Sekundarni štetnici ..... 8
2.1.3. Mikofagni štetnici ..... 9
2.1.4. Slučajne vrste ..... 9
2.2. Metode kontrole štetnika ..... 9
2.2.1. Preventivne mjere ..... 9
2.2.2. Kurativne mjere ..... 11
2.3. Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda ..... 11
2.3.1. Higijenske mjere ..... 11
2.3.2. Fizikalne i mehaničke mjere ..... 12
2.3.3. Biološke mjere ..... 13
2.3.4. Kemijske mjere ..... 14
2.4. Dijatomejska zemlja ..... 15
2.4.1. Dijatomejska zemlja kao sastavni dio integralne zaštite ..... 17
2.4.2. Dijatomejska zemlja u kombinaciji s drugim insekticidnim sredstvima ..... 18
2.5. Botanički insekticidi ..... 19
3. MATERIJAL I METODE ..... 22
4. REZULTATI ..... 25
4.1. Rezultati djelovanja DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na *R. dominica* ..... 25
4.2. Rezultati djelovanja DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na *S. oryzae* ..... 27
4.3. Rezultati djelovanja DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na *T. castaneum* ..... 29
5. RASPRAVA ..... 31
6. ZAKLJUČAK ..... 33

7. POPIS LITERATURE ..... 35
8. SAŽETAK ..... 42
9. SUMMARY ..... 43
10. POPIS TABLICA ..... 44
11. POPIS SLIKA ..... 45
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA ..... 46
BASIC DOCUMENTATION CARD ..... 47

## 1. UVOD

Glavni proizvod zbog kojeg se proizvodi određena kultura, može biti zrno koje se proizvodi za daljnju preradu (brašno, poluproizvode i gotove proizvode) i sjeme kao sjemenski materijal. Prije skladištenja zrno mora biti očišćeno od primjesa, skladišta moraju biti pravilno pripremljena te uz rashlađivanje i permanentnu kontrolu (temperatura, vlaga, štetnici i dr.) suho zrno u silosima se može uspješno čuvati 2-3 godine, te 3-4 godine u podnim skladištima (Rozman i Liška: http://www.pfos.unios.hr/upload/documents/Skladistenje%20ratarskih%20proizvoda%20-prirucnik%20za%20vjezbe.pdf). Kao sirovina za dobivanje krajnjih prehrambenih proizvoda, pšenica prilikom skladištenja mora sačuvati sva kvalitativna i kvantitativna svojstva. S obzirom dali se radi o sjemenskoj ili merkantilnoj robi, skladištenje pšenice je različito. Sjemenska roba tijekom skladištenja mora sačuvati svoje vitalne osobine (klijavost, energija klijanja) i u skladištima se zadržava kraće vrijeme. Merkantilna roba se skladišti na godinu dana i više i tijekom skladištenja mora održati sva tehnološka svojstva.

Tijekom skladištenja pšenice najvažnije je utvrditi optimalne uvjete za trajnije i kvalitetnije skladištenje, kako bi se sačuvale normalne sposobnosti života zrna. Optimalni uvjeti se postižu skladištenjem suhe i hladne pšenice, provjetravanjem ili hlađenjem i prozračivanjem. Žitna masa tijekom skladištenja prelazi u stanje dormantnosti, kada su svi biokemijski procesi svedeni na minimum. Proces dormantnosti je duži, što je vlaga zrna manja, a temperatura niža. Permanentno praćenje stanja proizvoda, jedan je od najvažnijih procesa u svim skadištima i uskladištenim proizvodima. Uzorci se moraju uzimati svakih 1-2 mjeseca, gdje se mjeri vlaga proizvoda, temperatura, te se pregledavaju uzorci na prisutnost štetnih kukaca i grinja. S obzirom na rezultate poduzimaju se odgovarajuće mjere za saniranje prevelike vlažnosti (sušenje proizvoda) i mjere za suzbijanje štetnih kukaca.

Danas je proizvodnja hrane sve intenzivnija i s povećanjem proizvodnje raste i problem uskladištenja, odnosno čuvanja. Problem čuvanja većinom je riješen izgradnjom modernih i funkcionalnih skladišta kao što su silosi i velika podna skladišta. Uskladištene žitarice moraju se sačuvati od napada štetnika kako bi se izbjegli veliki gubitci. Za proizvodnju sjemenskog materijala ulažu se velika materijalna sredstva (Kalinović, 1994.).

Štetnici u skladištima prilagođeni su životu u zatvorenom prostoru i cijeli životni ciklus odvija se na uskladištenim poljoprivrednim proizvodima. Štete koje uzrokuju dovode do snižavanja kvalitete i kakvoće, odnosno do gubitka mase i hranjive vrijednosti proizvoda. Povoljni uvjeti

(temperatura i vlaga) kao i velike količine hrane uskladištene na jednom mjestu pogoduju razvoju kukaca, grinja, glodavaca i saprofitskih gljivica što dovodi do kontaminacije hrane, promjene boje, mirisa i okusa proizvoda. U svijetu ukupni godišnji gubitak uskladištenih poljoprivrednih proizvoda iznosi 4-10% (Milošević i sur., 2005.). Među najvažnije štetnike uskladištenih poljoprivrednih proizvoda ubrajamo kukce iz dva reda i to: Coleoptera (kornjaši) i Lepidoptera (leptiri). Štetnike u skladištima možemo podijeliti obzirom na to koliko mogu oštetiti proizvode tj. obzirom na način ishrane: primarne, sekundarne, mikofagne, strvinare i slučajno prisutne kukce u skladištima (Kalinović, 2005.).

Primarni štetnici su ekonomski najznačajniji u odnosu na druge skupine štetnika. Ovi štetnici su sposobni oštetiti zdrava, potpuno čitava zrna žitarica i leguminoza. U ovu skupinu kukaca ubrajaju se žišci (žitni, rižin, kukuruzni, grahov i dr.), žitni kukuljičar, trogoderma, moljci (žitni, bakrenasti i dr.). Za razliku od primarnih štetnika sekundarni štetnici ne oštećuju zdrava zrna, već se hrane lomom zrna i zrnom oštećenim od primarnih štetnika. Uvijek se javljaju zajedno s primarnim štetnicima koji stvaraju povoljne uvijete za njihov razvoj. Predstavnici ovih štetnika su: brašnari, *Tribolium spp*., itd.

Pravilno provođenje i nadzor nad mogućom pojavom štetnika u skladištima, neophodno je obavljati kontinuirani pregled objekata kao i uzorkovanje uskladištene robe svaka dva tjedna. Kod pravilno uzetih uzoraka može se odrediti vrsta štetnika, gustoća populacije štetnika, prostorna i vremenska distribucija štetnika, promjene u dužini razvojnog ciklusa štetnih vrsta, brojnost vrsta štetnika, postotak zaraženog uskladištenog proizvoda, te se na temelju analize odlučuje za provedbu zaštitnih mjera (Rozman, 2010. b).

Mjere suzbijanja skladišnih štetnika dijele se na fizikalne, biološke i kemijske. Kao fizikalne mjere ubrajaju se primjena niskih i visokih temperatura, modificirana atmosfera, mehaničke mjere, izolacija, te korištenje inertnih prašiva. Inertno prašivo dijatomejska zemlja dugo vremena je u uporabi kao insekticid u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. DZ je geološki depozit kojeg čine mrtva tijela (fosili) jednostaničnih biljnih organizama, dijatoma, najčešće algi. Dijatomi ili dijelovi dijatoma se zalijepe na tijelo kukca i fizikalnim snagama oštećuju voštani sloj na tijelu koji štiti kukca od gubitka vlage iz tijela. U uporabi je danas veliki broj formulacija DZ: Insecto, Protect-It®, Perma-Guard™, Protector, SilicoSec®, itd. (Kalinović i sur., 2011.). Pod biološke mjere suzbijanja podrazumijevaju se „biološki insekticidi“, gdje se u skladištima štetni kukci suzbijaju parazitima, predatorima ili patogenima (mikroorganizmi koji uzrokuju bolest). Pored navedenih mjera suzbijanja

kemijske mjere su još uvijek najučinkovitije. U kemijske mjere ubraja se primjena insekticida, fumiganata i rodenticida (Kalinović i Rozman 2002.).

Cilj ovoga rada je utvrditi insekticidno djelovanje dijatomejske zemlje SilicoSec® i formulacije na bazi dijatomejske zemlje i biljnih komponenti na tri vrste skladišnih štetnika u laboratorijskim uvjetima.

## 2. PREGLED LITERATURE

Tijekom čuvanja proizvoda u skladištima i silo objektima stalnu prijetnju predstavljaju štetni kukci. Otkrivanje štetne populacije u proizvodima nije jednostavan zadatak, jer se radi o sitnim kukcima i čije se prisustvo uočava tek kada se masovno razmnože, a štete na proizvodima su učinjene. Kako bi se zaustavio njihov razvoj i smanjile moguće štete na uskladištenim proizvodima, nužno je na vrijeme prepoznati pojavu skladišnih štetnika. Procjenjuje se da u umjerenoj klimi štete uzrokovane skladišnim štetnicima iznose 5-10%, a u tropskoj klimi 20-30% (Rozman, 2010. a).

Dva osnovna uzroka nastanka gubitaka količine i kakvoće uskladištenih poljoprivrednih proizvoda su uskladištenje proizvoda s povećanom vlagom gdje dolazi do razvoja procesa zagrijavanja, te zaraza štetnicima (kukcima, grinjama, mikroorganizmima, glodavcima) (Kalinović, 2005.).

Napadi štetnika i gubitci uskladištenih proizvoda isto su značajni kao i štete koje uzrokuju štetnici na poljoprivrednim površinama tijekom vegetacijske sezone. Za razliku od šteta tijekom vegetacije, štete na uskladištenim poljoprivrednim proizvodima često su skrivene. Biljke koje su oštećene za vrijeme vegetacije mogu se djelomično oporaviti, dok štete nastale tijekom skladištenja su konačne i ne mogu se nadoknaditi.

Osnovni tipovi šteta na uskladištenim proizvodima uzrokovani kukcima (Rozman, 2010. a; Kalinović, 2005.) su slijedeći:

1. ishrana kukcima uzrokuje gubitak na težini proizvoda;
2. onečišćenje proizvoda svojim ekskrecijskim produktima i izgrizanje klice smanjuje kvalitetu proizvoda;
3. prenošenje bakterija i virusa opasnih za čovjeka i domaće životinje;
4. zaraze u masi proizvoda širenjem spora gljivica;
5. alergije;
6. vlaga i temperatura – povišenje u uskladištenim proizvodima.

Skladišni štetnici uzrokuju vidljive simptome šteta kada se uoči njihovo prisustvo u masi uskladištenih proizvoda i uzrokuju nevidljive simptome (skrivene), kada su se štetnici razvili unutar proizvoda što otežava njihovo uočavanje (Rozman, 2010. a).

Vidljivi simptomi šteta su:

- prisustvo živih skladišnih štetnika (različiti razvojni stadiji);
- prisustvo ekskrecijskih produkata i fekalija te dijelova tijela štetnika;
- prisustvo zapredotina i filta u proizvodu;
- karakteristični mirisi za pojedinog štetnika u proizvodu;
- nagriženi i izjedeni dijelovi proizvoda, cijelog proizvoda i ambalaže;
- lom zrna;
- povišena temperatura i vlaga proizvoda.

Nevidljivi simptomi štete:

- pojava štetnika nije uočljiva vizualnim putem jer se štetnici nalaze unutar proizvoda;
- proizvodi se moraju pregledavati posebnim analitičkim metodama primjerenim za laboratorijski pregled: inkubacijska metoda, flotacijska metoda, metoda bojenja, prozirnost, rendgenska metoda, respiracijska metoda – $CO_2$, akustična metoda utvrđivanja zvuka.

### 2.1. Vrste štetnika u skladištima

Iz dva reda štetnika Lepidoptera (leptiri) i Coleoptera (kornjaši) ubrajamo među najvažnije pripadnike štetnika uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Osim navedenih redova, skladišni štetnici pripadaju i redovima Blatoptera, Hemiptera, Diptera, Hymenoptera, Tysanura i Psocoptera. Temperatura ima glavnu ulogu u razvoju skladišnih štetnika. Ženka polaže jaja te nakon nekog vremena inkubacije iz jajeta se razviju ličinke. Ličinke imaju dobro razvijena tri para prsnih nogu (ličinke kornjaša), dok ličinke žiška iz Curculionidae nemaju razvijene noge. Ličinke nakon određenog vremena, što ovisi o temperaturi, vlazi, sadržaju vode u hranjivom supstratu i o vrsti hranjivog supstrata, formiraju kukuljicu (stadij mirovanja). Iz kukuljice izlazi imago nakon određenog vremena (Kalinović, 2005.).

Prema štetnom djelovanju, odnosno načinu ishrane, skladišni štetnici dijele se na: primarne, sekundarne, mikofagne i slučajne vrste.

### 2.1.1. Primarni štetnici

Ekonomski su najznačajniji, napadaju zdrava i neoštećena zrna te mogu u potpunosti izjesti sadržaj zrna. Primarni štetnici značajni su štetnici sjemenskog materijala jer izjedaju klicu. Uzrokuju zagrijavanje zrnate mase svojim metabolizmom i utječu na proces samozagrijavanja zrnate mase. U ovu skupinu štetnika ubrajaju se: žišci (žitni, rižin, kukuruzni i dr.), žitni kukuljičar, trogoderma i moljci (bakrenasti, hambarski i dr.). Na uskladištenim proizvodima od grinja može se naći 17 vrsta. Vrlo sitni kukci, veličine 0,3-0,6 mm. Odrasli imaju 4 para nogu, segmentacija tijela nije uočljiva, glava im je srasla s prsištem i imaju pipala. Povećavaju vlažnost zrna i pogoduju razvoju mikroorganizama. Visoka vlažnost proizvoda (15-18%) pogoduje prenamnožavanju grinja. Godišnje imaju desetak i više generacija (Maceljski i Igrc, 1991.).

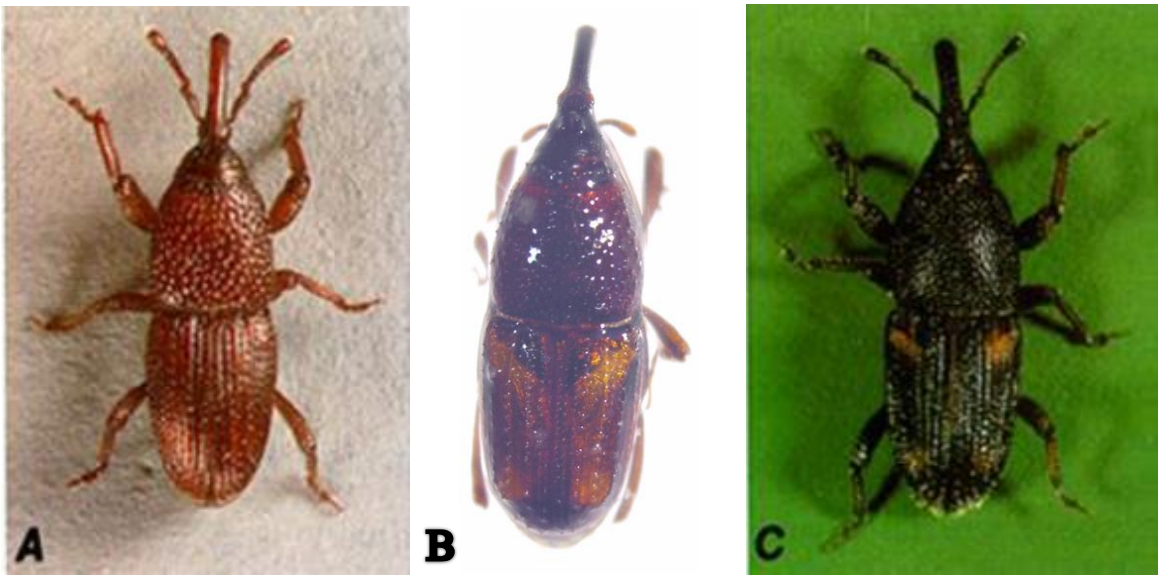
**Žišci – *Sitophilus* vrste**

Kukci roda *Sitophilus* su značajni štetnici kod nas. Razvijaju se unutar zrna, te dolazi do gubitka mase i kakvoće zrna. Aktivnost ličinki i imaga na početku zaraze uzrokuju gubitak od 2-3%, kasnije gubitak u masi zrna raste i tako nakon 9 mjeseci gubitak može iznositi oko 50% (Hamel, 1997. a).

Žitni žižak (*Sitophilus granarius* L.), je tamno smeđe boje, dugačak je 3,0-4,5 mm, a ispod pokrilja nema opnasta krila i ne može letjeti (slika 1.A). Glava mu je produžena u rilo i ima koljenasta ticala. Ličinka je bez nogu, bijele boje sa smeđom glavom i duga je 3 mm (Rotim i Ostojić, 2014.). Čitav život provodi u zrnu (jedna ličinka u jednom zrnu). Godišnje ima 6-8 generacija u zagrijanim skladištima, dok u negrijanim skladištima ima 2-4 generacije.

Kukuruzni žižak (*Sitophilus zeamais* Motsch.) (slika 1.C), osim kukuruza napada i pšenicu, ječam i raž. Također zaraza može nastati i na polju, na klipovima kukuruza, te na pšenici i ječmu tijekom voštane zriobe. Obiteljska poljoprivredna gospodarstva, gdje se kukuruz čuva na ekstenzivan način (u čardacima, tavanima i sl.) imaju najveći problem s kukuruznim žiškom. Godišnje može imati 2-4 generacije. Ličinka izgrizajući unutrašnjost zrna čini najveće štete (Rozman i sur., 2009.).

Rižin žižak (*Sitophilus oryzae* L.) na pokrilju ima po dvije široke crvenkaste pjege (slika 1.B). Imago je dužine 2,5-4,0 mm i ispod pokrilja ima drugi par opnastih krila i može letjeti. Termofilna je vrsta (optimalna temperatura za razvoj je u rasponu od 24-28 °C), ima veći potencijal razmnožavanja, dominira u silosima i velikim podnim skladištima.




Slika 1. *S. granarius* (A), *S. oryzae* (B), *S. zeamais* (C)

*Izvor: Autor* H. Nemet (slika B)
*https://bib.irb.hr/datoteka/508537.vlatka_rozman_prepoznavanje_5.5.1.pdf* (slika A i C)

**Žitni kukuljičar (*Rhyzopertha dominica* Fab.)**

Imago je tamnosmeđe do hrđaste boje, valjkasta oblika, dužine 2,3-3,0 mm. Vratni štit u potpunosti prekriva glavu (slika 2.). Ličinka ima razvijena tri para nogu, bijele je boje i pokrivena je kratkim dlačicama. Za razvoj potrebna je visoka temperatura viša od 30 °C. Termofilna je vrsta. Prisutnost štetnika prepoznaje se po slatkastom mirisu zaražene pšenice. Zaraza se širi i letom jer ima dobro razvijena krila. Broj generacija: 2 generacije godišnje.



Slika 2. Žitni kukuljičar (*Rhyzopertha dominica* Fab.)

*Izvor: Autor* H. Nemet

### 2.1.2. Sekundarni štetnici

Javljaju se zajedno s primarnim štetnicima koji stvaraju povoljne uvjete za njihov razvoj i razmnožavanje. Ne mogu oštetiti zdrava i neoštećena zrna, već se hrane lomom zrna i oštećenim zrnima. Ekonomski su manje značajni od primarnih štetnika. U skladištima se javljaju u masovnom broju te zagađuju proizvode svojim ekskrementima i fragmentima tijela. Štetnici iz ove skupine u zadnjih godina javljaju se i bez prisustva primarnih štetnika zbog povećane vlage te zbog većeg broja oštećenih, lomljenih zrna (Kalinović, 2005.). Predstavnici sekundarnih štetnika su: brašnari (kestenjasti brašnar, mali brašnar, surinamski brašnar, hrđasti brašnar, veliki brašnar), brašneni moljac, duhanov moljac.

**Kestenjasti brašnar (*Tribolium castaneum* Herbst) i mali brašnar (*Tribolium confusum* Du Val.)**

Štetnici u brašnu, mlinarskim proizvodima, smjesama i lomu zrna. Imago je crveno smeđe do tamno kestenjaste boje, dužine 2,3-4,4 mm. Godišnje ima 2-3 generacije. Ličinka je crvenkasto-smeđe boje, dužine 6-7 mm. Sekundarni je štetnik, a ako je vlaga zrna viša od 12,5% mogu oštetiti i zdrava, neoštećena zrna (Rozman, 2010. a). Razlikuju se morfološki po segmentima ticala. *T. castaneum* ima 3 zadnja segmenta ticala izražajno veća, a kod *T. confusum* se segmenti ticala postupno šire prema vrhu (slika 3.). *T. castaneum* štete radi na vlažnim žitaricama (Hamel i Rozman, 2015.).



Slika 3. *T.castaneum* (lijevo *Izvor: Autor* H. Nemet) i *T. confusum* (desno)

*Izvor: https://bib.irb.hr/datoteka/508537.vlatka_rozman_prepoznavanje_5.5.1.pdf)*

### 2.1.3. Mikofagni štetnici

Mikofagne vrste su štetnici koji se hrane gljivicama na uskladištenoj robi. Ne napadaju izravno uskladištene proizvode, ali su štetni svojim prisustvom i indikatori su povišene vlage i loše kvalitete proizvoda. Svojim metabolizmom, fragmentima i ekskrementima zagađuju proizvode. Predstavnici mikofagnih štetnika su: prašne uši *Psocoptera* te razne vrste gljivara. Predstavnici reda *Psocoptera* su sitni kukci, nježne građe. Prašne uši (manji broj) javljaju se i u zatvorenim prostorima, na zrnatim proizvodima. Povoljni ekološki uvjeti za razvoj su visoka relativna vlaga zraka (preko 70%), vlažnost proizvoda 14-18%, povišena temperatura proizvoda 22-33 °C (Kalinović i sur., 2006.).

### 2.1.4. Slučajne vrste

Prisutne su u skladištima, ali ne oštećuju uskladištene proizvode. Proizvod zagađuju svojim tijelom (uginuli štetnici), ne mogu se razvijati i razmnožavati u skladištu. Najčešće su to razne vrste stjenica.

## 2.2. Metode kontrole štetnika

Širenje i razmnožavanje štetnika na i u zrnu, može se spriječiti pravilnim čuvanjem proizvoda pri niskim temperaturama i niskoj vlazi. Skladišni štetnici dio ili cijeli život provode na uskladištenim žitaricama i u zrnu žitarica, i zbog toga je teško obaviti uspješno suzbijanje te odgovarajući postupak i sredstvo (Hamel, 1997. a). U skladišnim objektima, sve mjere zaštite koje se provode, mogu se podijeliti na preventivne i kurativne mjere.

### 2.2.1. Preventivne mjere

Preventivnim mjera sprječavamo pojavu štetnika i uništavamo malobrojnu populaciju koja ne izaziva značajnu štetu. Ove mjere uključuju postupke kojima je onemogućen ili otežan ulazak štetnika u objekte (npr. postavljanje mreže na prozore). Kako bi se što manje prašine i štetnika zadržavalo u skladištima, zidovi moraju biti glatki i bez pukotina, te se objekti moraju redovito čistiti. Jedna od osnovnih preventivnih mjera je pravilna priprema skladišta. Obavezno je čišćenje skladišta, uklanjanje otpada i stare zaostale količine uskladištene mase. Nakon obavljenog čišćenja pristupa se izvođenju vlažne dezinsekcije skladišta. Kako bi se izbjeglo unošenje štetnika u skladište, potrebna je dezinsekcija transportnih uređaja, kombajna, ambalaže i sl. Osim čišćenja i dezinsekcije praznih skladišta i ostalih uređaja, prije

unošenja žitarica u skladište obavlja se kontrola robe kod prijema na prisutnost štetnika, mjeri se vlažnost, temperatura, primjese i dr. (Kalinović i sur., 1978.).

Dobra preventivna metoda u zaštiti uskladištenih proizvoda je sustavni nadzor štetnika. Nadzor podrazumijeva praćenje pojave štetnika u uskladištenim proizvodima tijekom cijelog razdoblja čuvanja. U skladištima poljoprivrednih proizvoda za pravilno provođenje i nadzor nad pojavom štetnika neophodno je obavljati kontinuirani pregled skladišta i uzimanje uzoraka uskladištene robe svaka dva tjedna. Iz pravilno uzetih uzoraka robe može se odrediti vrsta štetnika, gustoća populacije štetnika na pojedinim mjestima u objektu, prostorna i vremenska distribucija štetnika, brojnost vrsta štetnika, postotak zaraženog uskladištenog proizvoda i potrebitost provođenja zaštitnih mjera (Rozman, 2010. b). Važna je tehnika uzimanja uzoraka, prilikom čega se uzima određena količina uzoraka u vremenskim razmacima tijekom prebacivanja zrna. Apsolutna procjena gustoće populacije se određuje brojem imaga po kg zrnatih proizvoda. Značajno je i postavljanje raznih lovnih mamaka (slika 4.), na bazi feromona za pojedine vrste kukaca (Kalinović i Rozman, 2002.).

Metode otkrivanja skladišnih kukaca mogu biti izravne (direktne) i neizravne (indirektne). Izravnim metodama se direktno na terenu uočava zaraza štetnika. Vizualnim pregledom objekta i uzorka određuje se apsolutna procjena populacije, a postavljanjem zamki ili lovki dobiva se relativna procjena populacije štetnika. Neizravne metode podrazumijevaju laboratorijske analitičke metode koje se koriste kada nije moguće dokazati zaraze uskladištenih proizvoda direktno na terenu, a postoji mogućnost skrivenih zaraza. U neizravne metode koristi se inkubacija, flotacija, bojanje, prozirnost, rendgenska metoda, respiracija i akustična metoda (Rozman, 2010. b).




Slika 4. Lovke za hvatanje kukaca

*Izvor: Autor* H. Nemet

### 2.2.2. Kurativne mjere

Kurativnim mjerama uništava se postojeća, štetna populacija štetnika u skladišnim objektima.

## 2.3. Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda

Mjere zaštite uskladištenih proizvoda mogu se podijeliti u pet grupa: higijenske, fizikalne i mehaničke, biološke, kemijske i zakonske mjere.

### 2.3.1. Higijenske mjere

Održavanje skladišnih objekata u čistom i urednom stanju predstavlja jedan od osnovnih uvjeta za sprečavanje jače pojave štetnika. Skladišne objekte treba neprekidno čistiti, mesti, iznositi otpad, obavljati građevinsko-tehničke popravke, usisavati i dr. U higijenske mjere može se ubrojiti i povremeno čišćenje žitarica od primjesa i štetnika, pomoću aspiratora prilikom prebacivanja žitarica. Štetnici imaju slabije uvjete za širenje zaraze i razmnožavanje u čistom objektu, glatkim zidovima i čistim podovima. Higijena skladišta ima osnovnu svrhu da stvori nepovoljne uvjete za razvoj i razmnožavanje štetnika (Korunić, 1990.). Silosi ili podna skladišta moraju biti izgrađeni na tvrdom terenu, gdje nema visokih podzemnih voda koje utječu na povišenje vlage zraka. Povoljno mjesto za izgradnju skladišta je mjesto na kojem struji zrak, gdje je povoljan smjer vjetra (omogućava prozračivanje i hlađenje). Također je vrlo važno da su skladišni objekti građeni od čvrstih materijala. Podna skladišta i silosi građeni od betona kvalitetniji su od metalnih (kod metalnih brže raste temperatura uskladištene robe). Podna skladišta moraju biti zatvorena sa svih strana, prozori moraju biti zaštićeni čvrstim metalnim mrežama sa sitnim otvorima za zaštitu od štetnika, glodavaca i ptica. U skladištima je poželjno imati termometar i vlagomjer kojima se prati temperatura i relativna vlaga zraka. Površine oko objekta moraju se održavati čistima, treba ukloniti sav otpad, travnate površine redovito kositi, betonske površine mesti kako se ne bi na tim mjestima skrivali glodavci i ptice. Unutarnje zidove treba redovito pregledavati i popravljati. Bojanje zidova i premazivanje vapnom prije unošenja žitarica omogućava lakše održavanje čistoće. Uskladišteni poljoprivredni proizvodi se najbolje čuvaju pri nižim temperaturama 10-15 °C, a optimalna vlaga zrna pšenice za čuvanje je 11-13%. Održavanje niskih temperatura u skladištima je važno jer se na taj način usporava razvoj i aktivnost kukaca i gljiva nazočnih u uskladištenim proizvodima (Hamel, 2014.).

### 2.3.2. Fizikalne i mehaničke mjere

Fizikalne mjere suzbijanja su postupci manipuliranja uvjeta okolne sredine, gdje se populacija štetnika reducira ili potpuno eliminira. Jedna je od najstarijih mjera suzbijanja (dobro skladištiti sjeme, održati ga suhim i hladnim) (Kalinović i Rozman, 2002.). U fizikalne mjere se ubrajaju primjena visoke i niske temperature, čuvanje proizvoda u hermetičkim uvjetima, gama zračenje, primjena inertnih prašiva, primjena visokofrekventnih zvukova i dr. (Korunić, 1990.). Temperaturu i vlagu u uskladištenim proizvodima je vrlo jednostavno regulirati u zemljama koje imaju topla ljeta i hladne zime. Hlađenjem proizvoda može se djelovati na očuvanje proizvoda od napada štetnika. U uskladištenim proizvodima održavanjem niske temperature (5-15 °C) onemogućava se rast i razvoj štetnika, te se disanje zrna značajno smanjuje. Metodom hlađenja, upuhivanjem hladnoga zraka niske relativne vlažnosti (aktivna ventilacija), ventiliranjem zrna vanjskim hladnim zrakom za vrijeme zimskih mjeseci postižu se niske temperature u skladištima. Sterilizacija je primjena visoke temperature ubacivanjem vrućeg zraka (50-60 °C). Primjenjuje se za suzbijanje štetnika u mlinovima i drugim objektima, ali nije se pokazala uspješnom jer je visoka temperatura štetno djelovala na uređaje i građevinske dijelove. Ova metoda nije poželjna kod sjemenske robe radi opasnosti od oštećenja klice (Klainović i Rozman, 2002.). Inertna prašiva su fizikalni insekticidi koji se upotrebljavaju za zaštitu zrnate robe. Jednostavni su za primjenu, dugotrajnog su djelovanja bez kemijskih rezidua. Na kukce djeluju tako što adsorpcijom oštećuju voštani sloj kutikule kukca, te djelomice abrazijom ostavljaju oštećenja na samoj kutikuli te uslijed toga dolazi do desikacije (gubitak 60% vode ili 30% ukupne težine kukca) nakon čega kukci ugibaju (Kalinović i Rozman, 2002.). Pored povoljnog djelovanja za okoliš i neciljane organizme, inertna prašiva imaju neželjen utjecaj na fizikalna svojstva zrnate robe (sniženje hektolitarske mase, narušavanje sipkosti zrna), te moguć štetan utjecaj na strojeve i radnike zbog povećane prašine u zraku (Korunić, 1994.).

Mehaničke mjere mogu biti indirektne i direktne. Indirektne mjere su čišćenje zrna od primjesa (lom zrna, prašina, sjeme korova), kako bi se zaustavio razvoj sekundarnih štetnika, zatim pneumatska manipulacija zrna ili višekratno prebacivanje uskladištenog zrna. Direktne mehaničke mjere podrazumijevaju održavanje pravilne sanitacije, uklanjanje zaraženih zrna kao i samih kukaca iz uskladištenih proizvoda (Kalinović i Rozman, 2002.). U mehaničke mjere ubraja se i primjena aparata „Entoleter“. Primjenjuje se kod uništavanja jaja kukaca i drugih razvojnih stadija i grinja u brašnu. Kroz aparat prolazi struja brašna, te uslijed

sudaranja, trešnje dolazi do ugibanja kukaca. Njegova primjena u zrnatoj robi je ograničena jer dolazi do oštećenja zrna (Korunić, 1990.).

### 2.3.3. Biološke mjere

Biološke mjere podrazumijevaju suzbijanje štetnika primjenom njihovih predatora i parazita životinjskog podrijetla te primjenom bakterija, gljivica, protozoa i virusa. Primjena bioloških mjera suzbijanja učinkovite su ako se kombiniraju s ostalim mjerama integrirane zaštite (sanitacija, aeracija, ekološki uvjeti, poznavanje biologije štetnika i dr.). Za njihovu upotrebu potrebna je praksa i iskustvo za izvođenje jer se radi o živom materijalu koji je mnogo osjetljiviji od klasičnih insekticida. Jedna od bioloških mjera je primjena patogenih insekata koji se upotrebljavaju za zaštitu robe od infekcije, a ne za suzbijanje već postojeće infekcije.

Osice opnokrilaca (Hymenoptera) ubrajaju se u parazite skladišnih štetnika. Ženka napada jajašca i ličinke različitih vrsta domaćina. Osice pteromalide (*Anisopteromalus calandrae* (Howard), *Lariophagus distinguendus* (Förster), *Pteromalus cerealellae* (Ashmead) parazitiraju ličinke primarnih štetnika koje se razvijaju unutar zrna žitarica ili leguminoza. Od kukaca predatora najčešća je *Xylocoris flavipes* (Reuter), hemipteroidna vrsta, koja napada 30 vrsta kornjaša i moljaca u svim razvojnim stadijima, a najčešće ličinke (Kalinović i Rozman, 2002.).

Od bakterija se koriste spore *Bacillus thuringiensis* protiv moljaca i malog broja vrsta kornjaša.

Autori Paust i sur. (2006.) ispitivali su utjecaj parazitskih osica *Habrobracon hebetor* (Say) i *Venturia canescens* (Gravenhorst) na ličinke brašnenog moljca *Ephestia kuhniella* (Zeller) u mlinovima. Parazit *V. canescens* učinkovitije djeluju na mortalitet ličinki u odnosu na *H. hebetor*.

Rezultati istraživanja autora Oliviera i dr. (2006.) dokazuju da je parazitska grinja *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) vrlo učinkovita za suzbijanje jajašaca insekata *T. castaneum, C. ferrugineus* i *R. dominica* (Kalinović, i sur., 2007.).

Dvije vrste gljivica *Beauveria bassiana* i *Metarhizium anisopliae* daju ozbiljne rezultate u biološkoj kontroli uskladištene robe. Imaju vrlo veliki broj domaćina, ali njihova sklonost prema nekim kukcima je različita. Neki od važnih skladišnih štetnika kao što je *Tribolium castaneum* je tolerantan na gljivice.

Tretmani s konidijama gljivice *Metarhizium anisopliae* u formulaciji emulzije (formulacija vode i ulja) ili u pšeničnom brašnu aplicirani na odrasle oblike *S. oryzae* i *R. dominica*, dali su rezultate koji potvrđuju mogućnost primjene ove gljivice u kontroli ispitivanih štetnika (Liška, 2009.).

### 2.3.4. Kemijske mjere

Jedna od najčešćih mjera zaštite uskladištenih proizvoda je primjena kemijskih preparata, pesticida. Prilikom njihove primjena treba se strogo pridržavati mjera opreza, jer kako su ovi preparati otrovni za štetnika isto tako su otrovni i za čovjeka. Pesticidi se mogu primjenjivati prskanjem, orošavanjem, aerosol, zaprašivanjem, fumigacijom. Fumiganti se nalaze u tekućim i krutim formulacijama. Fumiganti u dodiru sa zrakom prelaze u plin kod određene temperature i vlage i u obliku plina djeluju letalno na štetnika. Najuspješnija mjera borbe protiv skladišnih štetnika je fumigacija, dok su u toksikološkom pogledu fumiganti najopasniji jer najlakše i najbrže prodiru u ljudski organizam (Korunić, 1990.).

Veliki značaj kod primjene insekticida ima razvoj rezistentnosti pojedinih vrsta štetnika. Razvoj rezistentnosti prisiljava kemijske tvornice na proizvodnju novih efikasnijih insekticida, a koji se mogu prije ili kasnije pokazati nedovoljno efikasni. Pojavljivanje rezistentnosti kod pojedinih štetnika nameće upotrebu većih količina insekticida, kao i proizvodnju novih efikasnih preparata. Primjena većih količina insekticida je u osnovi pogrešno jer toksično djelovanje takvih preparata ugrožava zdravlje ljudi i domaćih životinja, a u prirodi smanjuje broj korisnih kukaca (Kovačević, 1963.; Rozman i sur. 2014.).

### 2.4. Dijatomejska zemlja

Dijatomit (dijatomejska zemlja, DZ) je porozni, slabo do umjereno očvrsli silicijski sediment, sadrži više od 70% skeletnih ostataka dijatomeja, jednostaničnih biljnih organizama srodnih algama. Nastao je taloženjem u alkalnoj vodenoj sredini (marinskoj ili jezerskoj) hladnijih do umjerenijih klimatskih područja. Kemijski sastav dijatomejske zemlje iznosi 70-90% amorfnog silicija, 2-4% minerala glina i 0,5-2% otpada na željezne okside (Galović i sur. 2015.). Dijatomejska zemlja je stabilna, inertna supstancija koja ne stupa u kemijske reakcije niti s jednom supstancijom u prirodi pa tako ne stvara opasne ili otrovne rezidue (Liška, 2009.).

Glavna uporaba DZ je u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, u industriji hrane, za suzbijanje štetnika u zatvorenim prostorima i za obradu raznih površina (Korunić i sur., 2016.). Dijatomejska zemlja je najdjelotvornije prirodno prašivo koje se rabi kao insekticid (Korunić, 2010.), koje nije toksično za ljude i domaće životinje, a ima visoku djelotvornost na kukce i njihovo potomstvo (Korunić, 1993.).

Za tijelo kukca zalijepe se sitne čestice, odnosno dijatomi ili dijelovi dijatoma i fizikalnim silama (sorpcija, donekle i abrazija), oštećuju voštani sloj koji štiti kukca od gubitka vlage iz tijela. Nakon izvjesnog vremena, kukci ugibaju zbog isušivanja jer kroz oštećena mjesta gube vlagu iz tijela. Poznato je da i DZ ima i odbijajuća svojstva za kukce. Njezina upotreba je veoma sigurna i bezopasna, ne mijenja kakvoću finalnih proizvoda žitarica i osigurava dugotrajnu zaštitu zrnate robe od infestacije kukcima (Korunić i sur., 2009. a). Kod primjene DZ na skladišne štetnike, uočena je različita osjetljivost ovisno o vrsti. Tako je redoslijed Korunić (2010.) poredao vrste skladišnih štetnika od najosjetljivijih do najotpornijih na DZ na pšenici: *Cryptolestes spp*. > *Oryzaephilus surinamensis* > *Sitophilus granarius* > *S. oryzae* > *Tribolium castaneum* > *Rhyzopertha dominica* > *Prostephanus truncatus*. Na suncokretu i na mješavini sjemena za ptice te na riži bez ljuske najteže je suzbiti insekte gdje treba primijeniti veoma visoke koncentracije. DZ primijenjena u visokom koncentracijama (0,5-1 $gkg^{-1}$ zrnate robe) znatno smanjuje hektolitarsku masu zrnate robe, smanjuje sipkost, zrnata masa ima prašnjav izgled i prilikom transporta dosta prašine lebdi u zraku. Čestice DZ promjera 0-30 mikrona djelotvornije su na insekte u odnosu na veće čestice. U Hrvatskoj nalazišta DZ su poznata kod Vrapča i u Milni na otoku Braču (Korunić, 2010.), zatim kod Zagreba na području Medvednice (Markuševac i Podsusedsko dolje) i Hrvatskog zagorja (Galović i sur., 2017.; Korunić i sur. 2009. b).

Na djelotvornost dijatomejske zemlje značajan utjecaj imaju klimatski uvjeti. U suhim uvjetima DZ je djelotvornija za razliku od uvjeta vlažne sredine gdje postaje praktično nedjelotvorna na štetne kukce. Visoka relativna vlaga zraka i visoka vlaga zrnate poljoprivredne robe smanjuju ili u potpunosti eliminiraju djelotvornost DZ na štetne kukce. Ovisno o vrsti kukca, i o vrsti tretirane zrnate robe, početna je djelotvornost spora i niska, a kako bi se ostvarila zadovoljavajuća djelotvornost izloženost štetnih kukaca na tretiranoj robi trebala bi biti tijekom više dana.

Insecto® je inertno prašivo koje pripada skupini dijatomejskih zemalja. U SAD-u, Kanadi, Japanu, Indoneziji i u Saudijskoj Arabiji je registriran kao prirodni insekticid. Sadrži 90% dijatomejske zemlje i 10% inertnih sastojaka. U istraživanju se ispitivala djelotvornost prašiva u različitim vremenskim intervalima nakon 2, 8, 16 i 24 dana od dana postavljanja pokusa. Upotrijebljena viša doza prašiva Insecto® dala je izvrsne rezultate (Korunić, 1993.).

Autori Reichmuth i dr. (1996.) istraživali su inertna prašiva kao sredstvo protiv suzbijanja skladišnih štetnika. Pokusi u laboratorijama Centralne Europe pokazuju da efikasnost prašiva ovisi o vlazi zraka u skladištima. Rezultati mortaliteta najbolje su postignuti pri suzbijanju: *Ephestia elutella* Hübner, *Oryzaephilus surinamensis* L. i *Tribolium confusum* Du Val, a slabiji pri suzbijanju *Sitophilus granarius* L.

Korunić i sur. (1996.) prikazuju utjecaj dijatomejske zemlje kod suzbijanja štetnika na farmama proizvođača u Kanadi. Rezultati dvogodišnjeg pokusa suzbijanja štetnika u pšenici u metalnim skladištima s DZ Protect-It® ukazuju da je kod vrste *T. castaneum* populacija bila smanjena pri dozi od 100 ppm, a pri dozi od 300 ppm, populacija je svedena na minimum nakon dva mjeseca (Kalinović, 1997.).

U testiranju djelotvornosti DZ Protect-It® primijenjena doza od 105±1 g $t^{-1}$ pokazala se učinkovitom na *Cryptolestes spp*., *S. granarius* i *S. oryzae*, dok je slabija učinkovitost bila izražena kod *T. castaneum* i *R. dominica*. Rezultati ukazuju da kod primjene DZ Protect-It® treba primijeniti dozu sukladno vrsti kukca (Hamel, 1997. b). Dijatomejska zemlja Protect-It® ima pojačano djelovanje na kukce te se rabi u nižim koncentracijama čime se donekle snižava negativan utjecaj DZ na masu zrnate robe. Tako Korunić (2010.) ispituje djelotvornost DZ Protect-It® na različitim poljoprivrednim proizvodima i na različitim vrstama kukaca. Rezultati ukazuju da je Protect-It® djelotvoran u suzbijanju skladišnih kukaca uporabom nižih koncentracija u odnosu na većinu formulacija DZ koje se trenutno primjenjuju u svijetu.

Paponja i sur. (2018.) laboratorijski su testirali insekticidni utjecaj DZ na skladišnom štetniku, žitni kukuljičar *R. dominica* zaprašivanjem tri različite sorte pšenice (Divana, Kraljica i Vulkan), zobi (BC Marta, Winnipeg i Winsent) i raži (Albedo, Marcelo i Picasso). Rezultati pokusa pokazali su da inertno prašivo na bazi DZ pri dozi od 500 ppm ima zadovoljavajuće djelovanje na suzbijanje *R. dominica*, ali djelotvornost ovisi o vrsti i sorti žitarica, te o vremenu ekspozicije. Zabilježen je najveći učinak na raži i pšenici, dok je najmanji na zobi pri početnoj ekspoziciji. Pri testiranoj dozi od 500 ppm zabilježeno je znatno sniženje hektolitarske mase i to kod svih tretiranih sorti, te se ne preporuča primjena viših doza DZ (Paponja, i sur. 2018.).

### 2.4.1. Dijatomejska zemlja kao sastavni dio integralne zaštite

Interes za širu uporabu DZ posljednjih godina je sve veći posebice zbog zahtijeva potrošača za hranom bez rezidua pesticida, pojave rezistentnosti na organofosforne insekticide i na fumigant fosfin, te zbog novih, strožijih propisa o ograničenoj primjeni pesticida ili o zabrani njihove uporabe. DZ ima sve veću zadaću u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, te ju treba upotrebljavati zajedno s ostalim metodama i postupcima kao integrirana zaštita uskladištenih proizvoda. DZ se najčešće upotrebljava na tri načina: izravnim miješanjem s robom, tretiranjem (zaprašivanjem i prskanjem) raznih podloga (podovi, zidovi, ambalaže i dr.) i obradom površine zrnate robe (zaprašivanje). Uporaba DZ ima primarno preventivni značaj u zaštiti zrnate robe, koji se ogleda u: sprečavanju zaraze robe, smanjenju (90-100%) već postojeće niske populacije kukaca i znatnom smanjenju gubitka te održavanju kakvoće zrnate robe bez pojave štetnih rezidua.

Osnovni principi djelotvornog integriranog programa:

- čuvanje robe u dobro održavanim, građevinski ispravnim skladištima;
- održavanje čistoće u okolici skladišnih objekata;
- primjena DZ (zaprašivanje);
- čišćenje skladišta i uklanjanje ostataka zrnate robe, loma, primjesa i sl. 2 tjedna prije unošenja nove robe u skladište;
- obaviti zaprašivanje ili prskanje praznih objekata DZ, nakon čišćenja;
- na kombajnu, transportnim uređajima za zrnatu robu, transportna vozila zaprašiti sva kritična mjesta, itd. (Korunić, 1999.).

### 2.4.2. Dijatomejska zemlja u kombinaciji s drugim insekticidnim sredstvima

U cilju smanjenja negativnog efekta DZ, upotrebljava se DZ u kombinaciji s drugim mjerama ili kombinacija s drugim insekticidima prirodnog ili sintetskog podrijetla: kombinacija DZ s povišenom temperaturom, hlađenjem zrnate mase i DZ, u mješavini DZ s fitopatogenim gljivicama, mješavina DZ sa sintetskim insekticidima, mješavina DZ s biljnim insekticidima (Korunić, 2010.). DZ se može primijeniti u mješavini s biljnim tvarima koje imaju insekticidna svojstva, čime se postiže sinergijsko djelovanje više tvari različitog mehanizma djelovanja na kukce, fizikalno (inertna prašiva) i kemijsko (biljni ekstrakti). Pored poboljšanog insekticidnog djelovanja ovakvih mješavina u odnosu na djelovanje pojedinačnih tvari složenim mehanizmom djelovanja moguće je usporiti razvoj rezistentnih populacija štetnika (Rozman i sur. 2015.).

Kalinović i sur. (2010.) ispitivali su djelotvornost spinosada formulacije LASER SC na skladišne kukce *S. granarius, R. dominica, C. ferrugineus* i *T. castaneum* u laboratorijskim uvjetima. Spinosad u koncentraciji od 1 i 1,5 ppm može uspješno suzbijati odrasle oblike i potomstvo *S. granarius,* te koncentracija od 0,5 ppm za suzbijanje odraslih i potomstva vrsta *R. dominica* i *C. ferrugineus*. Za suzbijanje potomstva *T. castaneum* potrebno je rabiti koncentraciju od 1 ppm, dok je za odrasle oblike potrebna koncentracija od 1,5 ppm.

Grupa autora Athanassiou i sur., (2007.) je testirala učinak tri komercijalno dostupne poboljšane formulacije DZ (Insecto®, PyriSec® i Protect-It®) aplicirane same i u kombinaciji u kontroli tri skladišna štetnika: *R. dominica, S. oryzae* i *T. confusum*. Rezultati dobiveni potvrđuju da je kombinacija dviju ili tri formulacija učinkovitija nego aplikacija samo jednom formulacijom DZ za sve tri ispitivane vrste štetnika.

Formulacija DEBBM – P na osnovi DZ s biljnim ekstraktom bitterbarkomycinom ima sinergistično djelovanje na tri skladišna štetnika *S. zeamais, R. dominica* i *T. castaneum,* u znatno nižim koncentracijama u odnosu na koncentracije kod pojedinačne primjene tvari (Liška, 2009.).

Na svjetskom tržištu danas postoje formulacije mješavina DZ biljnog ekstrakta cvijeta dalmatinskoga buhača *Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis., poznatog pod nazivom piretrin. Mješavina DZ i piretrina sadrži spojeve prirodnog podrijetla, gotovo zanemarujuće otrovnosti na toplokrvne životinje i djelotvorne na skladišne štetnike i brojne vrste kukaca (Kalinović i sur., 2011.). Kalinović i sur. (2011.) istražuju utjecaj kombinacije mješavina DZ i piretrina

(Diatect V, Diatect II, Bug – B – Gon, Perma – Guard D – 20) i DZ bez piretrina (Protect-It®, Perma – Guard™ i DZ iz Hrvatske) na uskladištenoj pšenici za suzbijanje rižinog žiška *S. oryzae* i kestenjastog brašnara *T. castaneum*. Rezultati su pokazali opravdanost mješavina DZ i piretrina, jer su značajno djelotvornije na test kukce u odnosu na DZ bez piretrina.

Lucić i sur. (2015.) su istražili djelotvornost lavandina (*Lavandula x intermedia*), u obliku praha, eteričnog ulja te mješavine praha lavandina s DZ u suzbijanju žitnog kukuljičara *R. dominica*, rižinog žiška *S. oryzae* i kestenjastog brašnara *T. castaneum* na uskladištenoj pšenici. Najbrže djelovanje i maksimalni mortalitet ostvaren je primjenom eteričnog ulja lavandina. Mješavina praha s DZ pokazala je slabiji mortalitet, a djelovanje samog praha lavandina neznatno je utjecalo na mortalitet testiranih vrsta kukaca.

### 2.5. Botanički insekticidi

U mnogim krajevima svijeta za suzbijanje skladišnih štetnika koriste se biljni dijelovi i njihovi ekstrakti. Biljke proizvode različite sekundarne metabolite koji mogu imati različite načine djelovanja na štetnike: toksičan, repelentan, protuizjedajući učinak, negativan učinak na polijeganje jajašaca te inhibiciju rasta, razvoja ili reprodukcije (Liška, 2009.). Botanički insekticidi imaju odlike okolišno prihvatljivih tvari i u odnosu na sintetičke insekticide veliku prednost za zdravlje ljudi i sigurnost hrane. Od biljnih insekticida najčešće korišteni su nikotin, rotenon, sabadila, riania, limonen, neem, kvasija i piretrin, dok su danas u široj upotrebi samo dva biljna insekticida – piretrin i neem. Prednosti biljnih insekticida očituju se u brzoj razgradnji – razgrađuju se brzo pod utjecajem dnevnog i sunčanog svjetla, vlage i djelovanjem oborina; brzom djelovanju – ubijaju insekte vrlo brzo ili sprečavaju njihovu prehranu neposredno nakon primjene; niskoj toksičnosti za toplokrvne organizme; selektivnosti – većina biljnih insekticida je znatno manje štetna za korisne organizme zbog svoje kratkotrajne djelotvornosti; te imaju minimalan utjecaj na biljke – nisu štetni za biljke kada se primjenjuju sukladno uputama. Nedostatci biljnih insekticida su: brza razgradnja – zahtijeva češću primjenu; toksičnost – pojedini biljni insekticidi (nikotin i rotenon) su otrovniji na čovjeka i ribe u usporedbi s nekim sintetskim insekticidima; cijena i dostupnost – skuplji su od sintetskih insekticida te mnogi nisu komercijalno dostupni; nema dovoljno podataka o produženom djelovanju (Korunić i Rozman, 2012.).

Piretrin je jedan on najpoznatijih biljnih pesticida, koji je dobiven iz biljke *Chrysanthemum sp*. Ubraja se u skupinu najstarijih biljnih insekticida koji je izoliran iz cvjetova biljke krizanteme *Chrysanthemum cinerariifolium*. Porijeklo biljke je iz Dalmacije te se u stručnim literaturama naziva Dalmatinska krizantema. Učinkovit je u kontroli skladišnih štetnika gdje izaziva njihovu paralizu. Letalna doza (LD) je 1500 mg $kg^{-1}$ koja ubija 50% tretirane populacije štakora (Korunić i Rozman, 2012.).

U botaničke insekticide ubrajaju se i eterična ulja odnosno njihove glavne komponente (monoterpeni i seskviterpeni). Zbog svog višestrukog djelovanja (insekticidnog, repelentnog, fungicidnog, protuizjedajućeg i ovicidnog) potencijalno su alternativni izvor u zaštiti uskladištenog sjemena (Malešević i sur. 2015.).

Mnoge biljke koje obitavaju na podneblju Republike Hrvatske korištene su u testiranju insekticidnog djelovanja, a neke od njih su: lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.), menta (*Mentha spp*.), lovor (*Laurus nobilis* L.), kadulja (*Salvia officinalis* L.), dalamtinski buhač (*Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis.) i mnoge druge. Među najispitivanijom vrstom je lovor. Lovor je mediteranski zimzeleni grm, porijeklom iz južnog Sredozemlja. Visine je oko 200 cm, koji je dodatak jelima u Europi i Americi te je kultiviran kao ukrasna biljka. Učinkovitost našeg mediteranskog bilja u zaštiti pšenice protiv žitnog kukuljičara i pšeničnog žiška ispitivali su Rozman i Kalinović (2004.). Merkantilna i sjemenska pšenica zaražena je imagom navedenih štetnika, tretirana je esencijalnim uljem i prahom aromatičnih biljnih vrsta *L. officinalis*, *L. nobilis*, *R. officinalis* i *Th. vulgaris*. Kod žitnog kukuljičara dokazan je visok stupanj mortaliteta u tretmanu kod svih ispitivanih esencijalnih ulja, dok je najučinkovitija biljna vrsta u obliku praha *L. nobilis*. Kod mortaliteta pšeničnog žiška najučinkovitije je esencijalno ulje *Th. vulgaris*, te u obliku praha biljne vrste *L. officinalis* i *L. nobilis* (Kalinović i sur. 2013.).

Liška i sur. (2016.) testirali su insekticidnu djelotvornost biljne formulacije na rižinog žiška i žitnog kukuljičara prskanjem na različite površine. Korištena formulacija ZK sadržavala je ekstrakt suncokreta, ulje kukuruza, eterično ulje eukaliptusa te aditiv za održavanje konzistencije formulacije. Testirana formulacija pokazala je bolje insekticidno djelovanje na žitnog kukuljičara nego na rižinog žiška. Bolje djelovanje postignuto je s nerazrijeđenom formulacijom, nadalje najveći učinak postignut je na staklu, dok je na drvenim površinama djelotvornost značajno smanjena kod obje vrste tretiranih kukaca.

Liška i sur. (2012.) su testirali sastavne komponente eteričnih ulja: 1,8 – cineol, kamfor i eugenol na potomstvo kestenjastog brašnara *T. castaneum*. Na smanjenje broja potomaka najviše je utjecao 1,8-cineol, a zatim eugenol, te kamfor. Na mortalitet imaga *T. castaneum* najviše je utjecao 1,8-cineol sa najnižom koncentracijom, zatim eugenol, dok je kamform postigao najniži mortalitet imaga (Liška i sur. 2014.).

Lucić i sur. (2017.) su istražili insekticidni i alelopatski potencijal cvijeta lavandina. Insekticidna učinkovitost cvijeta u obliku prašiva testirana je u tri različite frakcije (150, 63 i 45 μm) na tri vrste skladišnih kukaca *S. oryzae*, *R. dominica* i *T. castaneum*. Utvrđeno je da veličina čestica ne utječe značajno na promjenu mortaliteta testiranih kukaca, a najveći mortalitet ostvaren je nakon 7 dana ekspozicije s frakcijom od 150 μm kod *R. dominica*. Na tretmane je manje osjetljiva bila vrsta *S. oryzae*, dok je najmanja osjetljivost na ispitivane tretmane zabilježena kod *T. castaneum*.

## 3. MATERIJAL I METODE

### Test kukci

U istraživanju su korišteni odrasli kukci žitnog kukuljičara *Rhyzopertha dominica* Fabricius, rižinog žiška *Sitophilus oryzae* Linnaeus i kestenjastog brašnara *Tribolium castaneum* Herbst (slika 5.). Odabrane vrste su uzgajane u kontroliranim uvjetima pri temperaturi od 28±2 °C, i relativnoj vlazi zraka od 65±5%. Uzgojna podloga za žitnog kukuljičara i rižinog žiška je bila pšenica, a za uzgoj kestenjastog brašnara, korišteno je oštro pšenično brašno s dodatkom 5% suhog neaktivnog kvasca. U staklenu posudu volumena 500 ml ispunjenu s 200 g pšenice, odnosno brašna stavljeno je oko 200 odraslih jedinki *R. dominica, S. oryzae* i *T. castaneum*, zasebno nakon čega je posuda stavljena u uzgojnu komoru. Nakon 7 dana (tijekom kojih je obavljena kopulacija roditeljskih parova i polaganja jajašaca) prosijavanjem su uklonjeni roditelji, a preostali sadržaj (pšenica, odnosno brašno s položenim jajašcima) je vraćen u uzgojnu staklenu posudu do razvoja odraslih jedinki. U tretmanima su korištene odrasle jedinke starosti od 2 do 4 tjedna, pomiješanog spola.



Slika 5. Korišteni kukci u istraživanju *R. dominica* (lijevo), *S. oryzae* (sredina) i *T. castaneum* (desno)

*Izvor: Autor* H. Nemet

**Pšenica**

U istraživanju je korištena sjemenska pšenica sorte Vulkan. Uređajem Dickey John GAC 2100 izmjerena je vlaga pšenice od 13,9%, hektolitarska težina od 82,0 kg $hl^{-1}$ i temperatura od 15,4 °C.

**Inertno prašivo na bazi dijatomejske zemlje**

Testirano je inertno prašivo SilicoSec® (Biofa GmbH, Munsingen, Germany) na bazi dijatomejske zemlje. Prema podrijetlu, SilicoSec® pripada slatkovodnim DZ, a u svom sastavu sadrži 92% $SiO_2$, kao osnovne djelatne tvari, zatim 3% $Al_2O_3$, 1% $Fe_2O_3$, te 1% $Na_2O$ s prosječnom veličinom čestica od 8 do 12 µm (Vayias i sur., 2006.).

**Formulacija na bazi dijatomejske zemlje i biljnih komponenti**

Za pripremu formulacije DZ i biljnih komponenti (oznaka F Silico) korištena je DZ SilicoSec® s udjelom od 48%, od biljnih komponenti korišteni su prah lovora, ulje lavandina i kukuruzno ulje s ukupnim udjelom od 25%, te dodatkom silika gela Sipernat 22 S i suhog neaktivnog kvasca s ukupnim udjelom od 27% (slika 6.).




Slika 6. Prah lovora, silika gel Sipernat 22 S, DZ SilicoSec®

*Izvor: Autor* H. Nemet

**Priprema formulacije F Silico:** određena količina DZ je promiješena sa suhim kvascem i prahom lovora, koji su prethodno samljeveni i prosijani sitom do veličine čestica od 150 µm, kako bi se sve komponente ujednačeno izmiješale.

**Test insekticidne djelotvornosti dijatomejske zemlje**

DZ SilicoSec® i formulacija F Silico testirane su u 4 doze (300, 400, 500 i 600 ppm; odnosno 0,03; 0,04; 0,05 i 0,06 g/100 g pšenice). Po 100 g sjemena pšenice odvagano je i stavljeno u staklenke. Odvage pojedinih doza pojedinog prašiva su dodane u svaku staklenku zasebno. Staklenke su hermetički zatvorene te protresene ručno u trajanju od 60 sekundi kako bi se prašivo ravnomjerno rasporedilo po sjemenu. Nakon (cca 1 min) što se prašivo sleglo, dodano je po 20 odraslih jedinki pojedine test vrste kukaca, zasebno, nakon čega su staklenke zatvorene perforiranim poklopcem radi dovoljnog pristupa zraka tijekom cijelog pokusa. Staklenke su tijekom pokusa držane u kontroliranim uvjetima na 28±2 °C i 65±5% rvz. Kontrolni uzorci pripremljeni su na isti način, ali bez dodavanja prašiva. Svi tretmani postavljeni su u tri ponavljanja. Insekticidna djelotvornost DZ SilicoSec® i formulacije F Silico, procijenjena je mortalitetom odraslih test kukaca nakon 7. i 14. dana od postavljanja pokusa, te utjecajem na razvoj potomstva F1 generacije, razvijenih nakon 49 dana za *S. oryzae*, odnosno nakon 63 dana za *T. castaneum* i *R. dominica*.

**Statistička obrada podataka**

Statistička obrada prikupljenih podataka provedena je programom SAS (2012.). Mortalitet odraslih jedinki test kukaca izražen je u postotku i prikazan vremenskim serijama, u danima (7 i 14). Jednosmjerna analiza varijance ispitivanih varijabli napravljena je u modulu SAS Analyst po proceduri ANOVA. Utvrđene značajne razlike između svih tretmana su ispitane Tukey's Studentized Range (HSD) testom na razini vjerojatnosti 0,05. Inhibicija potomstva testiranih vrsta kukaca izražena je prema formuli: %I = (Cn – Tn)* 100/100; gdje je %I = postotak inhibicije; Cn = broj razvijenih odraslih jedinki u kontrolnom tretmanu; Tn = broj razvijenih odraslih jedinki u tretmanu s tretiranom pšenicom.

# 4. REZULTATI

## 4.1. Rezultati djelovanja DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na *R. dominica*

Testirana DZ SilicoSec® i formulacija F Silico pokazali su različito insekticidno djelovanje na odrasle jedinke žitnog kukuljičara ovisno o apliciranoj dozi i ekspoziciji (tablica 1.). U tretmanu sa SilicoSec-om najviši mortalitet iznosio je tek 8,3% nakon 7 dana ekspozicije, odnosno 56,6% nakon 14 dana ekspozicije (pri dozi od 600 ppm). Povećanjem doze nakon prvih 7 dana ekspozicije nije uočeno statistički značajno povećanje mortaliteta jedinki *R. dominica*, dok je nakon 14 dana značajan porast mortaliteta u odnosu na niže doze (300 i 400 ppm) uočen tek pri najvišoj dozi (600 ppm).

U tretmanu s formulacijom F Silico, najviši mortalitet je iznosio 40,0% nakon 7 dana, odnosno 73,3% nakon 14 dana ekspozicije (pri dozi od 500 ppm). Između doza nije zabilježena statistički značajna razlika u mortalitetu jedinki *R. dominica*.

Kada uspoređujemo tretmane, vidljivo je da je F Silico nakon 14 dana ekspozicije imala značajno bolje insekticidno djelovanje u odnosu na samu DZ, gdje je pri dozama od 300, 400 i 500 ppm postignut značajno viši mortalitet.

U kontrolnim tretmanima nije zabilježeno uginuće odraslih jedinki *R. dominica* nakon 7, kao niti nakon 14 dana ekspozicije.

Tablica 1. Insekticidna učinkovitost DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na žitnom kukuljičaru *Rhyzopertha dominica* (Fab.) nakon 7 i 14 dana ekspozicije

| **Tretman** | **Doza (ppm)** | **Mortalitet (%) ± S.D.* jedinki *R. dominica* ovisno o ekspoziciji** | |
|---|---|---|---|
| | | **7 dana** | **14 dana** |
| DZ SilicoSec® | 300 | 0,0 ± 0,00 a | 6,6 ± 5,77 d |
| | 400 | 6,6 ± 7,63 a | 16,6 ± 12.58 d |
| | 500 | 8,3 ± 5,77 a | 28,3 ± 7,63 bcd |
| | 600 | 8,3 ± 2,88 a | 56,6 ± 5,77 abc |
| F Silico | 300 | 23,3 ± 2,88 a | 53,3 ± 2,88 abc |
| | 400 | 38,3 ± 35,11 a | 70,0 ± 35,00 a |
| | 500 | 40,0 ± 26,45 a | 73,3 ± 10,40 a |
| | 600 | 31,6 ± 7,63 a | 65,0 ± 0,00 ab |
| Kontrola | 0 | 0,0 | 0,0 |

*Srednje vrijednosti mortaliteta u istom stupcu s istim malim pisanim slovom nisu značajno različite; (Tukey's HSD, $P<0,05$)

U tablici 2. prikazan je utjecaj DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na potomstvo *R. dominica*. U tretmanu s DZ, broj potomstva je značajno smanjen već pri najnižoj dozi (od 300 ppm) u odnosu na kontrolni tretman. Kako se doza povećavala tako se broj potomaka sve više smanjivao, ali bez značajnih razlika. Inhibicija potomstva kod tretmana s DZ kretala se od 79,79% pri dozi od 300 ppm do 94,51% pri dozi od 600 ppm. I kod tretmana formulacijom F Silico kod najniže doze (300 ppm) značajno je smanjen broj potomaka u odnosu na kontrolu. Također, povećanjem doze broj potomaka se smanjivao, ali bez značajnih razlika. Inhibicija potomstva kod tretmana sa F Silico kretala od 95,44% pri dozi od 300 ppm do 98,57% pri dozi od 600 ppm. Kao i insekticidno djelovanje, formulacija F Silico je imala poboljšano djelovanje na inhibiciju potomstva *R. dominica* u odnosu na samu DZ.

Tablica 2. Utjecaj DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na potomstvo žitnog kukuljičara *Rhyzopertha dominica* (Fab.)

| **Tretman** | **Doza (ppm)** | **Broj potomstva ± S.D.* odraslih jedinki *R. dominica*** | **Inhibicija (%)** |
|---|---|---|---|
| DZ SilicoSec® | 0 | 648,3 ± 180,29 a | - |
| | 300 | 131,0 ± 19,07 b | 79,79% |
| | 400 | 61,3 ± 21,12 b | 90,55% |
| | 500 | 30,6 ± 4,50 b | 95,28% |
| | 600 | 35,6 ± 5,85 b | 94,51% |
| F Silico | 0 | 648,3 ± 180,29 a | - |
| | 300 | 29,6 ± 18,61 b | 95,44% |
| | 400 | 28,0 ± 11,53 b | 95,69% |
| | 500 | 16,6 ± 10,78 b | 97,44% |
| | 600 | 9,3 ± 2,51 b | 98,57% |

*Srednje vrijednosti mortaliteta u istom stupcu za pojedini tretman s istim malim pisanim slovom nisu značajno različite; (Tukey´s HSD, $P<0,05$)

### 4.2. Rezultati djelovanja DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na *S. oryzae*

Testirana DZ SilicoSec® i formulacija F Silico pokazali su različito insekticidno djelovanje na odrasle jedinke rižinog žiška ovisno o apliciranoj dozi i ekspoziciji (tablica 3.). U tretmanu s DZ najviši mortalitet iznosio je 98,3% nakon 7 dana ekspozicije, odnosno 100% nakon 14 dana ekspozicije (pri dozi od 600 ppm). Povećanjem doze sa 300 na 600 ppm zabilježeno je statistički značajno povećanje mortaliteta jedinki *S. oryzae*, nakon 7 i 14 dana ekspozicije.

U tretmanu s formulacijom F Silico, najviši mortalitet je iznosio 76,6% nakon 7 dana, odnosno 93,3% nakon 14 dana ekspozicije (pri dozi od 600 ppm). Kao i kod tretmana DZ, povećanjem doze F Silico sa 300 na 600 ppm zabilježeno je statistički značajno povećanje mortaliteta jedinki *S. oryzae*, nakon 7 i 14 dana ekspozicije.

Kada uspoređujemo tretmane, F Silico nije postigao bolje insekticidno djelovanje u odnosu na samu DZ, međutim vrijednosti mortaliteta se nisu statistički značajno razlikovali između tretman po pojedinačnim dozama.

Tijekom 14 dana ekspozicije u kontrolnim uzorcima nije zabilježeno uginuće jedinki *S. oryzae*.

Tablica 3. Insekticidna učinkovitost DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na rižinom žišku *Sitophilus oryzae* (L.) nakon 7 i 14 dna ekspozicije

| **Tretman** | **Doza (ppm)** | **Mortalitet (%) ± S.D.* jedinki *S. oryzae* ovisno o ekspoziciji** | |
|---|---|---|---|
| | | **7 dana** | **14 dana** |
| DZ SilicoSec® | 300 | 6,6 ± 2,88 b | 26,6 ± 12,58 bc |
| | 400 | 40,0 ± 30,00 ab | 80,0 ± 8,66 ab |
| | 500 | 63,3 ± 27,53 b | 98,3 ± 2,88 a |
| | 600 | 98,3 ± 2,88 a | 100,0 ± 0,00 a |
| F Silico | 300 | 5,0 ± 0,00 b | 16,6 ± 7,63 c |
| | 400 | 46,6 ± 40,10 ab | 63,3 ± 47,25 abc |
| | 500 | 50,0 ± 17,32 ab | 73,3 ± 25,16 abc |
| | 600 | 76,6 ± 25,16 a | 93,3 ± 11,54 a |
| Kontrola | 0 | 0,0 | 0,0 |

*Srednje vrijednosti mortaliteta u istom stupcu s istim malim pisanim slovom nisu značajno različite; (Tukey´s HSD, $P<0,05$)

U tablici 4. prikazan je utjecaj DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na potomstvo *S. oryzae*. U tretmanu s DZ, broj potomstva je značajno smanjen pri dozi od 400 ppm u odnosu na kontrolni tretman. Kako se doza povećavala tako se i broj potomaka sve više smanjivao, ali bez značajnih razlika. Inhibicija potomstva kod tretmana DZ kretala se od 64,17% pri dozi od 300 ppm do 96,31% pri dozi od 600 ppm. I kod tretmana s formulacijom F Silico značajno smanjenje broja potomaka u odnosu na kontrolu je zabilježeno pri dozi od 400 ppm. Također, povećanjem doze broj potomaka se smanjivao, ali bez značajnih razlika. Inhibicija potomstva kod tretmana F Silico kretala se od 53,8% pri dozi od 300 ppm do 96,17% pri dozi od 600 ppm.

Tablica 4. Utjecaj DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na potomstvo rižinog žiška *Sitophilus oryzae* (L.)

| **Tretman** | **Doza (ppm)** | **Broj potomstva ± S.D.* odraslih jedinki *S. oryzae*** | **Inhibicija (%)** |
|---|---|---|---|
| DZ SilicoSec® | 0 | 495,6 ± 295,18 a | - |
| | 300 | 177,6 ± 90,18 ab | 64,17% |
| | 400 | 83,3 ± 31,00 b | 83,20% |
| | 500 | 33,6 ± 16,50 b | 93,23% |
| | 600 | 18,3 ± 17,21 b | 96,31% |
| F Silico | 0 | 495,6 ± 295,18 a | - |
| | 300 | 229,0 ± 89,31 ab | 53,8% |
| | 400 | 92,6 ± 80,51 b | 81,32% |
| | 500 | 47,3 ± 33,72 b | 90,46% |
| | 600 | 19,0 ± 7,21 b | 96,17% |

*Srednje vrijednosti mortaliteta u istom stupcu za pojedini tretman s istim malim pisanim slovom nisu značajno različite; (Tukey´s HSD, $P<0,05$)

### 4.3. Rezultati djelovanja DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na *T. castaneum*

Testirana DZ SilicoSec® i formulacija F Silico pokazali su različito insekticidno djelovanje na odrasle jedinke kestenjastog brašnara ovisno o apliciranoj dozi i ekspoziciji (tablica 5.) U tretmanu sa DZ najviši mortalitet iznosio je 76,6% nakon 7 dana ekspozicije, odnosno 100,0% nakon 14 dana ekspozicije (pri dozi od 500 ppm). Između doza, nije bilo značajnih razlika u vrijednosti mortaliteta odraslih jedinki *T. castaneum*.

U tretmanu s fomulacijom F Silico, najviši mortalitet je iznosio 76,6% nakon 7 dana (pri dozi od 500 ppm), odnosno 100% nakon 14 dana ekspozicije (pri dozi od 600 ppm). Kao i kod tretmana s DZ, između doza nije bilo značajnih razlika u vrijednosti mortaliteta *T. castaneum*. Između tretmana, nije bilo značajnih razlika u insekticidnom djelovanju tijekom svih 14 dana ekspozicije. Tijekom 14 dana ekspozicije u kontrolnim uzorcima nije zabilježeno uginuće jedinki *T. castaneum*.

Tablica 5. Insekticidna učinkovitost DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na kestenjastom brašnaru *Tribolium castaneum* (Herbst) nakon 7 i 14 dana ekspozicije

| **Tretman** | **Doza (ppm)** | **Mortalitet (%) ± S.D.* jedinki *T. castaneum* ovisno o ekspoziciji** | |
|---|---|---|---|
| | | **7 dana** | **14 dana** |
| DZ SilicoSec® | 300 | 13,3 ± 10,40 c | 80,0 ± 5,00 a |
| | 400 | 28,3 ± 12,58 bc | 81,6 ± 7,63 a |
| | 500 | 76,6 ± 11,54 abc | 100,0 ± 0,00 a |
| | 600 | 70,0 ± 8,66 abc | 100,0 ± 0,00 a |
| F Silico | 300 | 31,6 ± 30,55 abc | 90,0 ± 10,0 a |
| | 400 | 71,6 ± 49,07 abc | 85,0 ± 25,98 a |
| | 500 | 76,6 ± 11,54 ab | 96,6 ± 5,77 a |
| | 600 | 70,0 ± 8,66 a | 100,0 ± 0,00 a |
| Kontrola | 0 | 0,0 | 0,0 |

*Srednje vrijednosti mortaliteta u istom stupcu s istim malim pisanim slovom nisu značajno različite; (Tukey´s HSD, $P<0,05$)

Broj potomstva kod tretmana DZ SilicoSec®, pri najnižoj dozi od 300 ppm sveden je na minimum. Tretman formulacija F Silico pokazala je iste rezultate, te je pri dozi od 300 ppm uočena tek jedna jedinka, ali već pri dozi od 400 ppm broj potomstva smanjen je na minimum (tablica 6.). Inhibicija potomstva *T. castaneum* kod oba tretmana (DZ SilicoSec® i F Silico) je bila 100%-tna; već pri 300 ppm s DZ, odnosno pri 400 ppm sa F Silico.

Tablica 6. Utjecaj DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na potomstvo kestenjastog brašnara *Tribolium castaneum* (Herbst)

| **Tretman** | **Doza (ppm)** | **Broj potomstva ± S.D.* odraslih jedinki *T. castaneum*** | **Inhibicija (%)** |
|---|---|---|---|
| DZ SilicoSec® | 0 | 3,6 ± 3,05 a | - |
| | 300 | 0,0 ± 0,00 a | 100,00% |
| | 400 | 2,0 ± 1,73 a | 44,45% |
| | 500 | 0,0 ± 0,00 a | 100,00% |
| | 600 | 0,0 ± 0,00 a | 100,00% |
| F Silico | 0 | 3,6 ± 3,05 a | - |
| | 300 | 1,0 ± 1,00 a | 72,23% |
| | 400 | 0,0 ± 0,00 a | 100,00% |
| | 500 | 0,0 ± 0,00 a | 100,00% |
| | 600 | 0,0 ± 0,00 a | 100,00% |

*Srednje vrijednosti mortaliteta u istom stupcu za pojednini tretman s istim malim pisanim slovom nisu značajno različite; (Tukey´s HSD, *P<0,05)*

## 5. RASPRAVA

Rezultati istraživanja ukazuju da se prirodna prašiva, DZ SilicoSec® i pripravljena formulacija F Silico, mogu primjenjivati za čuvanje sjemenske pšenice od napada tri značajne vrste skladišnih štetnika (*R. dominica, S. oryzae* i *T. castaneum*). Visina učinkovitosti ovisila je o nekoliko čimbenika kao što su dužina ekspozicije, primjenjena doza te o vrsti tretiranih štetnika. Tako je nakon 14 dana ekspozicije, postignuta značajno bolja učinkovitost i čiste DZ SilicoSec® i formulacije F Silico, u odnosu na ekspoziciju od 7 dana. To je i očekivano obzirom na sorpcijsko djelovanje prašiva na kukce. Naime, potrebno je određeno vrijeme kako bi čestice dijatoma iz sastava DZ, sorpcijom i djelomice abrazijom oštetile voštani sloj kutikule kukca. Posljedično, kukac gubi vlagu iz tijela, te nakon izvjesnog vremena ugiba od isušivanja (Ebeling, 1971.; Korunić, 2010.).

U tretmanu s DZ SilicoSec® nakon 14 dana, prosječno je postignut mortalitet od 27,02% odraslih jedinki *R. dominica*, 76,22% odraslih jedinki *S. oryzae*, te 90,4% odraslih jedinki *T. castaneum*. S druge strane, dobivna formulacija F Silico je nakon 14 dana rezultirala prosječno većom učinkovitosti na vrste *R. dominica* (65,4%) i *T. castaneum* (92,9%), dok se kod *S. oryzae* djelotvornost nije statistički značajno razlikovala od učinkovitosti čiste DZ SilicoSec®. Bolja djelotvornost formulacije se može prepisati dodatkom biljnih tvari, lovora, ulja lavandina i ostalih tvari u samome sastavu formulacije koje su pridonijele njenoj insekticidnosti. Tako su Lucić i sur. (2015.) testirali djelotvornost lavandina u obliku praha cvijeta s listom i praha stabljike, eteričnog ulja te mješavinom praha cvijeta s listom s DZ Celatom® DE-Mn51 na *R. dominica*, *T. castaneum* i *S. oryzae*. Istraživanje je pokazalo da je veći mortalitet postignut mješavinom dijatomejske zemlje i praha cvijeta s listom na *S. oryzae* nego samo s dijatomejskom zemljom. Osim insekticidnog djelovanja, oba prašiva (i čista DZ i formulacija) su imala i negativan učinak na potomstvo tretiranih roditelja gdje je prosječna inhibicija potomstva iznosila 84,21% kod *S. oryzae*, 100% kod *T. castaneum*, te 90,03% kod *R. dominica* u tretmanu s DZ SilicoSec®, odnosno 80,43%, 100%, te 96,78% u tretmanu s formulacijom F Silico. Također višestruko djelovanje prirodnih formulacija na bazi inertnog prašiva i ekstrakta suncokreta su uočili i autori Liška i sur. (2017.) na *T. castaneum*, koji navode da je vjerojatno rezultat ovakvog djelovanja upravo utjecaj različitih komponenata u sastavu tretiranih formulacija.

Obzirom na rezultate mortaliteta u tretmanima s DZ SilicoSec® i formulacijom F Silico, vidljiva je različita osjetljivost među tretiranim vrstama skladišnih kukaca. Najosjetljivija

vrsta, na oba prašiva, je bila vrsta *T. castaneum*, potom *S. oryzae*, dok je vrsta *R. dominica* bila najmanje osjetljiva. Različita osjetljivost na DZ među različitim vrstama skaldišnih kukaca već je ranije uočena u velikom broju istraživanja (Fields i Muir, 1995.; Fields i Korunić, 2000.). Ova različitost se pripisuje prije svega anatomskoj građi tijela kukca i njihovoj fiziologiji. Općenito, kukci koji imaju veliku površinu tijela u odnosu na volumen tijela, su osjetljiviji jer gube veće količine vode iz tijela (Korunić, 2013.). Nadalje, na kukcima s grubljom teksturom kutikule ili dlakavijom kutikulom se zadrži veća količina čestica prašiva što rezultira većim oštećenjem same kutikule i u konačnici većom osjetljivošću (Carlson i Ball, 1962.). Debljina zaštitnog voštanog sloja, također ima značajnu ulogu (Bartlett, 1951.). Kukci koji mogu brzo nadoknaditi izgubljenu vodu iz tijela, kao što su kukci koji se hrane sisanjem i grinje, su tolerantnije nego oni koji nadoknađuju vodu iz hrane (Flanders, 1941.).

Ono što iznenađuje u rezultatima ovoga istraživanja, je to da je vrsta *T. castaneum* bila najosjetljivija na oba tretirana prašiva. Inače ova vrsta se smatra među otpornijim vrstama skladišnih kukaca i to na različite tretmane s inertnim prašivima, biljnim insekticidima i njihovim mješavinama (Korunić, 2010.; Liška i sur., 2017.). Međutim, kod vrste *T. castaneum* je utvrđena intraspecifična razlika u osjetljivosti na DZ. Rigaux i sur. (2001.) upravo kod *T. castaneum* navode prvi slučaj široke varijacije u osjetljivosti na DZ unutar jedne vrste. Rezultati njihova istraživanja pojašnjavaju razlike u rezultatima nekih istraživanja koristeći isti izvor DZ i istu vrstu kukaca.

## 6. ZAKLJUČAK

Nakon provedenog testiranja djelotvornosti prirodnih prašiva, DZ SilicoSec® i formulacije F Silico, na žitnog kukuljičara (*R. dominica*), rižinog žiška (*S. oryzae*) i kestenjastog brašnara (*T. castaneum*) može se zaključiti slijedeće:

- DZ SilicoSec® i formulacija F Silico ovisno o apliciranoj dozi i ekspoziciji pokazali su različito inskticidno djelovanje na sva tri testirana štetnika.
- U tretmanima na žitnog kukuljičara (*R. dominica*), ovisno o apliciranoj dozi DZ SilicoSec®, mortalitet odraslih jedinki se kretao od 6,6% do 8,3% nakon 7 dana, odnosno od 6,6% do 56,6% nakon 14 dana ekspozicije. Nadalje, formulacija F Silico je imala značajno bolje insekticidno djelovanje u odnosu na samu DZ. Tako se mortalitet kretao od 23,3% nakon 7 dana, odnosno od 53,3% do 65% nakon 14 dana ekspozicije. Također, formulacija F Silico pokazala je poboljšano djelovanje i na inhibiciju potomstva *R. dominica* (95,44-98,57%) u odnosu na DZ (79,79-94,51%).
- U tretmanima na rižinog žiška (*S. oryzae*) ovisno o apliciranoj dozi DZ SilicoSec®, mortalitet odraslih jedinki se kretao od 6,6% do 98,3% nakon 7 dana, odnosno od 26,6% do 100% nakon 14 dana ekspozicije. Formulacijom F Silico nije postignuto bolje insekticidno djelovanje u odnosu na samu DZ, ali vrijednosti mortaliteta između tretmana se nisu statistički značajno razlikovali. Također je podjednako djelovanje između DZ SilicoSec® i formulacije F Silico uočeno i kod utjecaja na potomstvo *S. oryzae*, pri čemu se postotak inhibicije kretao, ovisno o dozi, od 64,17% do 96,31% kod DZ SilicoSec®, odnosno od 53,8% do 96,17% kod formulacije F Silico.
- U tretmanima na kestenjastog brašnara (*T. castaneum*) ovisno o apliciranoj dozi DZ SilicoSec®, mortalitet odraslih jedinki se kretao od 13,3% do 76,6% nakon 7 dana, odnosno od 80,0% do 100% nakon 14 dana ekspozicije. Podjednaku djelotvornost je imala i formulacija F Silico; od 31,6% do 76,6% nakon 7 dana, odnosno od 85,0% do 100% nakon 14 dana ekspozicije. Između tretmana nije zabilježena značajna razlika u insekticidnom djelovanju tijekom svih 14 dana ekspozicije. Kod oba tretmana zabilježena je 100%-tna inhibicija potomstva.

- Među testiranim vrstama skladišnih štetnika, izrazito osjetljive na testirana prašiva su se pokazale vrste *S. oryzae* i *T. castaneum*, dok je vrsta *R. dominica* bila nešto otpornija.
- Dobiveni rezultati pokazuju da se prirodna prašiva, DZ SilicoSec® i dobivena formulacija F Silico, mogu uspješno koristiti za čuvanje sjemenske pšenice od zaraze glavnih skladišnih štetnika; *S. oryzae*, *T. castaneum* i *R. dominica*.

## 7. POPIS LITERATURE


1. Bartlett, B.R. (1951.): The action of certain inert dust materijals on parazitic Hymenoptera, Journal of Economic Entomology, 44(6), 891 – 896.
2. Carlson, S.D., ball, H.J. (1962.): Mode of action and insecticidal value of adiatomaceous earth as grain protectant. Journal of a diatomaceous earth as a grain protectant. Journal of Economic Entomology, 55(6), 964-970.
3. Ebeling, W. (1971.): Sorptive dust for pest control. Annals Review Entomology. Stored Product Research 35, 175-182.
4. Fields, P.G., Muir, W.E. (1995.): Physical control. In: Subramanyam, B., Hagstrum, D.W. (Eds), Integrated management of insects in stored products. Marcel Dekker Inc., New York, pp. 195–221
5. Fields, P.G., Korunic, Z. (2000.): The effect of grain moisture content and temperatures on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-products beetles. Journal of Stored Products Research 36, 1–13.
6. Flanders, S.F: (1941.): Dust as an inhibiting factor in the reproduction of insects. Journal of Economic Entomology, 34(3), 470-472.
7. Galović, I., Halamić, J., Rozman, V., Korunić, Z., Liška, A., Baličević R. i Lucić, P. (2015.): Dijatomiti u Hrvatskoj: njihov potencijal kao insekticid. Knjiga sažetaka. 5. Hrvatski geološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem, 23. – 25. 09. 2015. Osijek, 83 – 84.
8. Galović , I.; Halamić, J.; Grizelj, A.; Rozman, V.; Liška, A.; Korunić, Z.; Lucić, P.; Baličević, R. (2017.): Croatian diatomites and their possible application as a natural insecticide. Geologia Croatica: journal of the Croatian Geological Survey and the Croatian Geological Society. 70(1), 27-39.
9. Hamel, D. (1997. a): Štetnici zrna žitarica – biologija, ekologija, suzbijanje, Zbornik ZUPP – Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, 4. – 6. lipnja 1997. Malinska, 5 – 14.
10. Hamel, D. (1997. b): Učinkovitost Protect – It (dijatomejska zemlja) na skladišne štetnike na pšenici – primjena zaprašivanjem. Zbornik ZUPP – Zaštita uskaldištenih poljoprivrednih proizvoda, 4. – 6. lipnja 1997. Malinska, 89 – 94.
11. Hamel, Darka (2014.): Higijena u skladištima poljoprivrednih proizvoda. Glasilo biljne zaštite 4/2014., 329 – 334.

12. Hamel, D., Rozman, V. (2015.): Štetnici u skladištima i trgovinama hranom te načini pronalaska. Zbornik radova 27. seminara DDD i ZUPP 2015 – važnost u izvarednim okolnostima. Korunić, J. (ur.). Zagreb: Korunić d.o.o., Mošćenička Draga, Hrvatska, 24. – 27. 3. 2015., 225 – 230.
13. Kalinović, I. (1993.): Štetnici u našim skladištima i mogućnosti njihovog suzbijanja. Zbornik ZUPP – Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, 25. – 26. ožujka 1993. Stubičke toplice, 1 – 8.
14. Kalinović, I. (1994.): Štetnici i njihovo suzbijanje u uskladištenom sjemenskom materijalu, preuzeto s https://hrcak.srce.hr/file/266867
15. Kalinović, I. (1997.): Rezultati novijih istraživanja u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, Zbornik ZUPP – Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, 4. – 6. lipnja 1997. Malinska, 23 – 37.
16. Kalinović, I. (2005.): Insekti – gospodarski štetnici uskladištenih poljoprivrednih proizvoda i hrane. DDD radionica – Štetnici hrane, uskladištenih poljoprivrednih proizvoda i predmeta opće uporabe te muzejski štetnici – zbornik predavanja. Korunić J. (ur.) Zagreb: Korunić d.o.o., Zagreb, Hrvatska, 10. – 11. 11. 2005., 13 – 32.
17. Kalinović, I., Pivar, G., Ilić, B.(1978.): Desetogodišnja iskustva preventivne zaštite žitarica u skladištima Slavonije i Baranje, preuzeto s https://hrcak.srce.hr/file/244413
18. Kalinović, I., Rozman V. (2002.): Suvremeni pristup u suzbijanju štetnika u području zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2002 svijet i mi. Korunić Z. (ur.). Zagreb: Laser Plus d.o.o., Poreč, Hrvatska, 13. – 15. 03. 2002., 65 – 73.
19. Kalinović, I., Rozman, V., Liška, A. (2006.): Prašne uši (Psocoptera) i njihovo suzbijanje u uskladištenim zrnatim proizvodima i pakovanim prehrambenim artiklima. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2006 – sigurna uporaba pesticida. Zagreb: Korunić d.o.o., Dubrovnik, Hrvatska, 15. – 17. 03. 2006., 221 – 229.
20. Kalinović, I., Rozman, V., Liška, A., Ćosić, J., Šimić, B. (2007.): Osvrt na 9. Međunarodnu radnu konferenciju o zaštiti uskladištenih proizvoda (9th International Working Conference on Stored Product Protection – IWCSPP), Campinas, sao Paolo, Brazil, 2006. godine. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP – 60. obljetnica ustroja suvremene djelatnosti dezinfekcije, dezinsekcije i deratizacije u Republici Hrvatskoj. Zagreb: Korunić d.o.o., Dubrovnik, Hrvatska, 28. – 30. 03. 2007., 311 – 323.

21. Kalinović, I., Korunić, Z., Rozman, V., Hamel, D., Liška A. (2010.): Suzbijanje štetnih kukaca uskladištene pšenice spinosadom. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2010 – prvo desetljeće u novom stoljeću. Korunić, Z. – Zagreb: Plava Rijeka d.o.o. Pisarovina. Pula, Hrvatska, 23. – 26. 3. 2010., 341 – 346.
22. Kalinović, I., Korunić, Z., Rozman, V., Liška, A. (2011.): Djelotvornost dijatomejske zemlje i mješavina dijatomejske zemlje i piretrina. Poljoprivreda (Osijek), 17 (2011.), 2, 13 – 17.
23. Kalinović, I., Korunić, Z., Rozman, V., Dujmović, R., Bojić, P., Roviš, Ž. (2013.): Osvrt na Međunarodnu konferenciju „9th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products (CAF 2012)“ – 15 do 19. listopad 2012, Antalya, Turska. Zornik radova seminara DDD i ZUPP 2013 – novi izazovi. 25. znanstveno – stručno – edukativni seminar s međunarodnim sudjelovanjem o novinama u djelatnosti desinsekcije, dezinfekcije, deratizacije (DDD) i zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda (ZUPP). Zagreb: Plava Rijeka d.o.o., Split, Hrvatska, 2. – 5. 4. 2013., 171 – 179.
24. Korunić, Z. (1990.): Štetnici uskladištenih poljoprivrednih proizvoda – biologija, ekologija i suzbijanje. Gospodarski list – novinsko – izdavačko poduzeće, Zagreb, 103 – 108.
25. Korunić, Z. (1993.): Zaštita uskaldištenih poljoprivrenih proizvoda inertnim prašivima. Zbornik ZUPP – Zaštita uskladištenih poljoprivrenih proizvoda, 25. – 26. ožujak 1993. Stubičke Toplice, 83 – 91.
26. Korunić, Zlatko (1994.): Integralna zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda: globalni i lokalni pristup, ZUPP 94, Zagreb 9. – 11. 3. 1994., 1 – 14.
27. Korunić, Z. (1999.): Dijatomejska zemlja, sastavni dio integralne zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, potencijalna zamjena za metil bromid. Zbornik predavanj in referatov s 4. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Portorož, 3. – 4. marec 1999., 171 – 179.
28. Korunić, Z. (2010.): Rezultati istraživanja i novine u uporabi dijatomejske zemlje u zaštiti uskaldištenih poljoprivrednih proizvoda. Zbornik radova seminara, DDD i ZUPP prvo desetljeće u novom stoljeću, 24. 26. ožujak 2010. Pula, 325 – 340.
29. Korunić, Z., (2013.): Diatomaceous earth – natural insecticides. Pestic. Phytomed. (Belgrade), 28(2), 77 – 95.

30. Korunić, Z., Rozman, V., Halamić, J. (2009. a): Dijatomejska zemlja u Hrvatskoj. Zbornik radova seminara. DDD i ZUPP slijedimo li svjetski razvoj, 25. – 27. ožujak 2009. Zadar, 325 – 333.
31. Korunić, Z., Rozman, V., Halamić, I., Liška, A. (2009. b): Hrvatska dijatomejska zemlja – potencijalni izvor ekološki prihvatljivih insekticida u zaštiti uskladištenih proizvoda. Zbornik sažetaka 44. hrvatskog i 4. međunarodnog simpozija agronoma. Marić, Sonja; Lončarić, Zdenko – Osijek: Poljoprivredni fakultet Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Opatija, Hrvatska, 16. – 20. 2. 2009., 20 – 21.
32. Korunić, Z., Rozman, V. (2012.): Biljni insekticidi. Zbornik radova semninara DDD i ZUPP integralni pristup, 20. – 23. ožujak 2012., Split, 269 – 280.
33. Korunić, Z., Rozman, V., Liška, A., Lucić, P. (2016.): A review of natural insecticides based on diatomaceous earths. Poljoprivreda/Agriculture, 22 (2016.),1; 10 – 18.
34. Kovačević, Željko (1963.): Može li biološka metoda zamijeniti kemijsku metodu suzbijanja štetnika, preuzeto s https://hrcak.srce.hr/166651
35. Liška, A. (2009.): Noviji insekticidi i tehnologije u zaštiti uskladištenih proizvoda. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP slijedimo li svjetski razvoj. Zagreb: Korunić d.o.o., 25. – 27. ožujak 2009. Zadar, 301 – 313.
36. Liška, A., Rozman, V., Kalinović, I. (2012.): Djelovanje 1,8 – cineola, kamfora i eugenola na potomstvo kestenjastog brašnara – *Tribolium castaneum* (Herbst.). Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2012., Split, KORUNIĆ d.o.o., Zagreb, 281 – 287.
37. Liška, A., Lucić, P., Rozman, V. (2014.): Kontaktna toksičnost komponenata eteričnog ulja na imago kestenjastog brašnara *Tribolium castaneum* (Herbst). Zbornik radova 49. Hrvatski i 9. Međunarodni simpozij agronoma. Marić, Sonja; Lončarić, Zdenko – Osijek: Poljoprivredni fakultet Sveučilište Jpsipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Dubrovnik, Hrvatska, 16. – 21. 2. 2014., 72 – 76.
38. Liška, A., Korunić, Z., Rozman, V., Lucić, P., Balićević, R., Halamić, J., Galović, I. (2016.): Laboratorijska procjena insekticidne djelotvornosti biljne formulacije na rižinog žiška (*Sitophilus oryzae* L.) i žitnog kukuljičara (*Rhyzoperta dominica* Fab.) prskanjem na različitim površinama. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2016. 28. seminar „Novine u djelatnosti dezinfekcije, dezinsekcije, deratizacije i zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda“: zbornik radova = seminar: disinfection,

disinifestation, deratization and protection of stored agricultural products: proceedings.Korunić, Javorka; Zagreb, Korunić, 2016., 271 – 280.

39. Liška, A., Korunić, Z., Rozman, V., Lucić, P., Baličević, R., Halamić, J., Galović, I. (2017.): Procjena insekticidne djelotvornosti formulacija na bazi dijatomita, silika gela i biljnih ekstrakata na žitnom kukuljičaru (*Rhyzopertha dominica* Fab.) i kestenjastom brašnaru (*Tribolium castaneum* Herbst). Zbornik radova 29. Znanstveno – stručnog – edukativnog seminara s međunarodnim sudjelovanjem DDD i ZUPP 2017., 291 – 299.
40. Lucić, P., Liška, A., Rozman, V., Baličević, R., Đumlić, M. (2015.): Potencijal uporabe lavandina (Lavandula x intermedia) u zaštiti uskladištene pšenice protiv skladišnih kukaca. Proceedings & Abstracts 8th international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection/Baban. Mirjana; Rašić, Sandra – Osijek: Glas Slavonije d.d., Vukovar, Hrvatska, 1. – 3. 6. 2015., 160 – 165.
41. Lucić, P., Ravlić, M., Rozman, V., Liška, A., Baličević, R., Zimmer, D., Pejić, S., Živković, M., Paponja, I. (2017.): Lavandin (Lavandula x intermedia Emeric ex Loisel.) – izvor okolišno prihvatljivih potencijala u zaštiti bilja. Proceedings & abstracts 10th international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection/ Mijić, P., Ranogajec, Lj. – Osijek: Glas Slavonije d.d., 2017., 148 – 152.
42. Maceljski M., Igrc J. (1991.): Entomologija, štetne i korisne životinje u ratarskim usjevima. Sveučilišna naklada, Zagreb, 174 – 192.
43. Malešević, S., Grdiša, M., Carović – Stanko, K. (2015.): Uporaba eteričnog ulja u zaštiti uskladištenog sjemena. Agronomski glasnik, 77 (2015.), 1 – 2, 41 – 59.
44. Milošević, S., Kalinović,I., Rozman, V., Liška, A. (2005.): Utjecaj štetne entomofaune na kakvoću merkantilne pšenice i brašna. Poljoprivreda (Osijek) 11 (2005), 1; 17 – 22.
45. Paponja, I., Liška, A., Rozman, V., Lucić, P. (2018.): Primjena inertnog prašiva dijatomejske zemlje u kontroli žitnog kukuljičara *Rhyzopertha dominica* Fab. (Coleoptera: Bostrichidae) na sortama pšenice, raži i zobi. Agronomski glasnik, 79 (2018.), 3; 87 – 98.
46. Rigaux, M., Haubruge, E., Fields, P.G. (2001.): Mechanisms for tolerance to diatomaceous earth between strains of Tribolium castaneum. Entomologia Experimentalis et Applicata 101, 33–39.
47. Rotim, N. i Ostojić, I. (2014.): Najvažniji štetnici uskaldištenih poljoprivrednih proizvoda na području Bosne i Hercegoin, preuzeto s https://hrcak.srce.hr/162514

48. Rozman V. (2010. a): Prepoznavanje insekata u skladištima prema nastalim štetama. Trajna edukacija za izvoditelje obvezatnih mjera dezinfekcije, dezinsekcije i deratizacije i osobe u nadzoru – Cjelovito (integralno) suzbijanje štetnika hrane, uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, predmeta opće uporabe te muzejskih štetnika – Zbornik predavanja, Zagreb: Korunić d.o.o., Zagreb, Hrvatska, 20.05., 01.06., 17.06. 2010., 63 – 88.
49. Rozman, V. (2010. b): Metode otkrivanja kukaca u skladištima poljoprivrednih proizvoda i hrane te u domaćinstvu. Trajna edukacija za izvoditelje obvezatnih mjera dezinfekcije, dezinsekcije i deratizacije i osobe u nadzoru – Cjelovito (integralno) suzbijanje štetnika hrane, uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, predmeta opće uporabe te muzejskih štetnika – Zbornik predavanja, Zagreb: Korunić d.o.o., Zagreb. Hrvatska, 20. 05., 01. 06., 17. 06. 2010., 107 – 117.
50. Rozman, V., Kalinović, I. (2004.): Monitoring štetnika uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Zbornik radova seminara DD i ZUPP 2004 – da li smo spremni za Europu?, Zgreb: Laser plus d.o.o. Zageb, Rovinj, Hrvatska, 17. – 19. 03. 2004., 53 – 60.
51. Rozman, V., Kalinović, I., Liška, A. (2009.): Kukuruzni žižak – skladišni štetnik sve češće prisutan i na polju. Saželi 53. seminara biljne zaštite; u: Glasilo biljne zaštite 9 (2009), Zagreb: Hrvatsko društvo biljne zaštite, Opatija, Hrvatska, 10. – 13. 02. 2009., 8 – 8.
52. Rozman, V., Korunić, Z. (2012.): Osvrt na međunarodnu konferenciju o integriranoj zaštiti uskladištenih proizvoda - »International Conference IOBC/WPRS (OILB/SROP) Working Group Integrated Protection of Stored Products«, 4. - 7. srpanj 2011., Sveučilište Tesalije, Volos, Grčka. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2012 – integralni pristup. 24. znanstveno – stručno – edukativni seminar s međunarodnim sudjelovanjem o novinama u djelatnosti dezinsekcije, dezinfekcije, deratizacije (DDD) i zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda (ZUPP); Zagreb: Korunić d.o.o., Split, Hrvatska, 20. – 23. 3. 2012., 261 – 268.
53. Rozman, V., Korunić, Z., Hamel, D. (2014.): Insekticidni uzročnici rezistentnosti štetnika uskladištenih poljoprivrednih proizvoda i hrane. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2014 – jučer, danas, sutra. Zagreb: Korunić d.o.o., Split, Hrvatska, 25. – 28. 3. 2014., 233 – 241.

54. Rozman, V., Korunić, Z., Halamić, J., Liška, A., Baličević, R., Galović, I., Lucić, P. (2015.): Razvoj formulacija novih prirodnih insekticida na osnovi inertnih prašiva i botaničkih insekticida te njihovih kombinacija kao zamjena za sintetske konvencionalne insekticide – predstavljanje istraživačkog projekta Hrvatske zaklade za znanost. Zbornik radova seminara, DDD i ZUPP važnost u izvarednim okolnostima, 24. – 27. ožujak 2015. Moščenićka Draga, 197 – 201.
55. Rozman, V., Liška, A.: Skladištenje ratarskih proizvoda, Priručnik za vježbe, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 40 – 50 str. http://www.pfos.unios.hr/upload/documents/Skladistenje%20ratarskih%20proizvoda%20-prirucnik%20za%20vjezbe.pdf
56. SAS Enterprise Guide 5.1. Copyright© 2012 by SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. Licensed to Poljoprivredni fakultet Osijek t/R. Site 0070119033
57. Vayias, B. J., Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., and Buchelos, C. Th. (2006.): "Susceptibility of Different European Populations of Tribolium confusum (Coleoptera: Tenebrionidae) to Five Diatomaceous Earth Formulations." Journal of Economic Entomology 99: 1899-904.

JEDINICE S INTERNETA:

- http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/20/najznaajniji-tetnici-u-skladitima/8095#.W2a6YNUzbct (25. 7.2018.)
- https://www.agroklub.com/ratarstvo/zastita-silosnih-prostora-i-zitarica-od-stetnika/21390/ (30.7.2018.)
- http://www.gospodarski.hr/Controls/PrintContent.aspx?ContentType=Article&IdContent=8095 (30.7.2018.)
- http://ideko.hr/o-stetnicima/stetni-insekti-u-skladistima/ (30.7.2018.)
- http://www.diacromixpest.eu/wp-content/uploads/2017/06/Korunic-prezentacija-Osijek-2017.pdf (1.8.2018.)

## 8. SAŽETAK

Prilikom skladištenja pšenice najvažnije je utvrditi optimalne uvjete za trajnije i kvalitetnije skladištenje. Jedna od najčešćih mjera zaštite uskladištenih proizvoda od skladišnih kukaca je primjena kemijskih preparata, pesticida. Obzirom na brojne neželjene posljedice dugoročne i prekomjerne primjene sintetičkih pesticida, velika je potreba iznalaženja novih nepesticidnih mjera koje bi bile manje štetne za okoliš i ljudsko zdravlje, a istovremeno jednako ili više učinkovite u odnosu na sintetičke pesticide. Cilj ovoga rada je utvrditi insekticidno djelovanje dijatomejske zemlje SilicoSec® i formulacije na bazi dijatomejske zemlje i biljnih komponenti na tri vrste skladišnih štetnika u laboratorijskim uvjetima.

U istraživanju su korišteni odrasli oblici žitnog kukuljičara *R. dominica*, rižinog žiška *S. oryzae* i kestenjastog brašnara *T. castaneum*. Korištena je sjemenska pšenica sorte Vulkan te je testirano inertno prašivo na bazi dijatomejske zemlje, SilicoSec® i formulacija dobivena mješavinom DZ SilicoSec® i biljnih komponenti (označena nazivom F Silico). Oba prašiva su testirana u 4 doze (300, 400, 500 i 600 ppm). Insekticidna djelotvornost DZ SilicoSec® i formulacije F Silico procijenjena je mortalitetom odraslih jedinki test kukaca nakon 7 i 14 dana, te utjecajem na razvoj potomstva F1 generacije.

Rezultati djelovanja DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na testirane kukce pokazali su različito insekticidno djelovanje ovisno o apliciranoj dozi i ekspoziciji. Među testiranim vrstama skladišnih štetnika izrazito osjetljive na testirana prašiva su se pokazale vrste *S. oryzae* i *T. castaneum*, dok je vrsta *R. dominica* bila nešto otpornija. Dobiveni rezultati ukazuju da se prirodna prašiva, DZ SilicoSec® i dobivena formulacija F Silico, mogu uspješno koristiti za čuvanje sjemenske pšenice od zaraze glavnih skladišnih štetnika: *S. oryzae, T castaneum* i *R. dominica*.

Ključne riječi: dijatomejska zemlja, SilicoSec®, biljni insekticidi, skladišni štetnici, uskladištena pšenica

## 9. SUMMARY

During the storing of wheat the most importatnt thing is to determine optimal conditions for a longer and better quality of storing. One of the most common measures to protect stored products from insects is the use of chemical pesticides. Considering numerous unwanted consequences, long-term and excessive applications of synthetic pesticides, there is a great urge to find new non pesticides measures that would be less harmful to the environment and human health, but at the same time being equaly or more effective against synthetic pesticides. The objective of this research is to determine the insecticidal activity of diatomaceous earth SilicoSec® and formulation based on diatomaceous soil and plant components on three species of pests in laboratory conditions.

In research we used adult forms of *R. dominica* (lesser grain borer), *S. oryzae* (rice weevil) and *T.castaneum* (red flour beetle). The wheat that was used is the variety Vulkan, and an inert dust based on diatomaceous earth SilicoSec®, and a formulation obtained from a mixture of DZ Silicosec® and plant components (marked by name F Silico) were tested. Both of this dusts were tested in 4 doses (300, 400, 500 i 600 ppm). Insecticidal activity of DZ SilicoSec® and formulation of F Silico is estimated by mortality of adults after 7 and 14 days and influencing the development posterity of the F1 generation.

Results of action of DZ SilicoSec® and formulation of the F Silico on tested pests show different insecticidal activity depending on the dosage and exposure. Among the tested species of storage pests, the most sensitive to the tested dust were *T. castaneum* and *S. oryzae*, while *R. dominica* was more resistant. The results indicate that the natural powder DE SIlicoSec® and the obtained formulation F Silico, can be successfully used for protection of wheat against the main storage pests: *R. domenica, S. oryzae*, and *T. castaneum*.

Key words: Diatomaceous earth, SilicoSec®, Plant insecticides, Storage pests, Stored wheat

## 10. POPIS TABLICA


| Redni broj | Naziv tablice | Str. |
|---|---|---|
| 1. | Insekticidna učinkovitost DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na žitnom kukuljičaru *Rhzopertha dominica* (Fab.) nakon 7 i 14 dana ekspozicije | 25. |
| 2. | Utjecaj DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na potomstvo žitnog kukuljičara *Rhyzopertha dominica* (Fab.) | 26. |
| 3. | Insekticidna učinkovitost DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na rižinom žišku *Sitophilus oryzae* (L.) nakon 7 i 14 dana ekspozicije | 27. |
| 4. | Utjecaj DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na potomstvo rižinog žiška *Sitophilus oryzae* (L.) | 28. |
| 5. | Insekticidna učinkovitost DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na kestenjastom brašnaru *Tribolium castaneum* (Herbst) nakon 7 i 14 dana ekspozicije | 29. |
| 6. | Utjecaj DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na potomstvo kestenjastog brašnara *Tribolium castaneum* (Herbst) | 30. |

## 11. POPIS SLIKA


| Redni broj | Naziv slike | Str. |
|---|---|---|
| 1. | *S. granarius* (A), *S. oryzae* (B), *S. zeamais* (C) | 7. |
| 2. | Žitni kukuljičar (*Rhyzopertha dominica* Fab.) | 7. |
| 3. | *T. castaneum* (lijevo) i *T. confusum* (desno) | 8. |
| 4. | Lovke za hvatanje kukaca | 10. |
| 5. | Korišteni kukci u istraživanju *R. dominica* (lijevo), *S. oryzae* (sredina) i *T. castaneum* (desno) | 22. |
| 6. | Prah lovora, silika gel Sipernat 22 S, DZ SilicoSec® | 23. |

**TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

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

# INSEKTICIDNA DJELOTVORNOST PRIRODNIH PRAŠIVA U SUZBIJANJU SKLADIŠNIH ŠTETNIKA NA SJEMENSKOJ PŠENICI SORTE VULKAN

Helena Nemet

**Sažetak**

Prilikom skladištenja pšenice najvažnije je utvrditi optimalne uvjete za trajnije i kvalitetnije skladištenje. Jedna od najčešćih mjera zaštite uskladištenih proizvoda od skladišnih kukaca je primjena kemijskih preparata, pesticida. Obzirom na brojne neželjene posljedice dugoročne i prekomjerne primjene sintetičkih pesticida, velika je potreba iznalaženja novih nepesticidnih mjera koje bi bile manje štetne za okoliš i ljudsko zdravlje, a istovremeno jednako ili više učinkovite u odnosu na sintetičke pesticide. Cilj ovoga rada je utvrditi insekticidno djelovanje dijatomejske zemlje SilicoSec® i formulacije na bazi dijatomejske zemlje i biljnih komponenti na tri vrste skladišnih štetnika u laboratorijskim uvjetima. U istraživanju su korišteni odrasli oblici žitnog kukuljičara *R. dominica*, rižinog žiška *S. oryzae* i kestenjastog brašnara *T. castaneum*. Korištena je sjemenska pšenica sorte Vulkan te je testirano inertno prašivo na bazi dijatomejske zemlje, SilicoSec® i formulacija dobivena mješavinom DZ SilicoSec® i biljnih komponenti (označena nazivom F Silico). Oba prašiva su testirana u 4 doze (300, 400, 500 i 600 ppm). Insekticidna djelotvornost DZ SilicoSec® i formulacije F Silico procijenjena je mortalitetom odraslih jedinki test kukaca nakon 7 i 14 dana, te utjecajem na razvoj potomstva F1 generacije. Rezultati djelovanja DZ SilicoSec® i formulacije F Silico na testirane kukce pokazali su različito insekticidno djelovanje ovisno o apliciranoj dozi i ekspoziciji. Među testiranim vrstama skladišnih štetnika izrazito osjetljive na testirana prašiva su se pokazale vrste *S. oryzae* i *T. castaneum*, dok je vrsta *R. dominica* bila nešto otpornija. Dobiveni rezultati ukazuju da se prirodna prašiva, DZ SilicoSec® i dobivena formulacija F Silico, mogu uspješno koristiti za čuvanje sjemenske pšenice od zaraze glavnih skladišnih štetnika; *S. oryzae, T castaneum* i *R. dominica*.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
**Mentor:** Izv. prof. dr. sc. Anita Liška

**Broj stranica:** 45
**Broj grafikona i slika:** 6
**Broj tablica:** 6
**Broj literaturnih navoda:** 57
**Broj priloga:** 0
**Jezik izvornika:** Hrvatski
**Ključne riječi:** dijatomejska zemlja, SilicoSec®, biljni insekticidi, skladišni štetnici, uskladištena pšenica

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

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

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilištu u Osijeku, Vladimira Preloga 1

**BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josipa Jurja Strossmayera University of Osijek** **Graduate thesis**
**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**
**University Graduate Studies, Plant production, course Plant Protection**

INSECTICIDAL EFFICACY OF NATURAL DUSTS IN STORED PESTS CONTROL ON SEED WHEAT VARIETY VULKAN

Helena Nemet

**Abstract:**

During the storing of wheat the most importatnt thing is to determine optimal conditions for a longer and better quality of storing. One of the most common measures to protect stored products from insects is the use of chemical pesticides. Considering numerous unwanted consequences, long-term and excessive applications of synthetic pesticides, there is a great urge to find new non pesticides measures that would be less harmful to the environment and human health, but at the same time being equaly or more effective against synthetic pesticides. The objective of this research is to determine the insecticidal activity of diatomaceous earth SilicoSec® and formulation based on diatomaceous soil and plant components on three species of pests in laboratory conditions. In research we used adult forms of *R. dominica* (lesser grain borer), *S. oryzae* (rice weevil) and *T.castaneum* (red flour beetle). The wheat that was used is the variety Vulkan, and an inert dust based on diatomaceous earth SilicoSec®, and a formulation obtained from a mixture of DZ Silicosec® and plant components (marked by name F Silico) were tested. Both of this dusts were tested in 4 doses (300, 400, 500 i 600 ppm). Insecticidal activity of DZ SilicoSec® and formulation of F Silico is estimated by mortality of adults after 7 and 14 days and influencing the development posterity of the F1 generation. Results of action of DZ SilicoSec® and formulation of the F Silico on tested pests show different insecticidal activity depending on the dosage and exposure. Among the tested species of storage pests, the most sensitive to the tested dust were *T. castaneum* and *S. oryzae*, while *R. dominica* was more resistant. The results indicate that the natural powder DE SIlicoSec® and the obtained formulation F Silico, can be successfully used for protection of wheat against the main storage pests: *R. domenica*, *S. oryzae*, and *T. castaneum*.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
**Mentor:** Associate professor Anita Liška, Ph.D.

**Number of pages:** 45
**Number of figures:** 6
**Number of tables:** 6
**Number of references:** 57
**Number of appendices:** 0
**Original in:** Croatian
**Key words:** Diatomaceous earth, SilicoSec®, Plant insecticides, Storage pests, Stored wheat

**Thesis defemded on date:**

**Reviewers:**

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

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Jurja Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1