PRIRODNI INSEKTICID PROTECT-IT® U KONTROLI SKLADIŠNIH KUKACA

Paponja, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:359468

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

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

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Ivan Paponja, apsolvent

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

PRIRODNI INSEKTICID PROTECT-IT® U KONTROLI SKLADIŠNIH KUKACA

Diplomski rad

Osijek, 2015.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Ivan Paponja, apsolvent

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

PRIRODNI INSEKTICID PROTECT-IT® U KONTROLI SKLADIŠNIH KUKACA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Prof. dr. sc. Vlatka Rozman, predsjednik
2. Doc. dr. sc. Anita Liška, mentor
3. Prof. dr. sc. Mirjana Brmež, član

Osijek, 2015.

Sadržaj

1. Uvod 1

2. Pregled literature 3

3. Materijal i metode 17

3.1. Test kukci 17

3.2. Dijatomejska zemlja 17

3.3. Testiranje djelotvornosti Protect-it® 18

3.4. Statistička obrada podataka 18

4. Rezultati 19

4.1. Utjecaj prašiva Protect-it® na mortalitet imaga *C. ferrugineus* 19

4.2. Utjecaj prašiva Protect-it® na ličinke *L. serricone* 20

4.3. Utjecaj prašiva Protect-it® na ličinke *T. castaneum* 21

5. Rasprava 22

6. Zaključak 24

7. Popis literature 25

8. Sažetak 29

9. Summary 30

10. Popis tablica 31

11. Popis slika 32

Temeljna dokumentacijska kartica 33

Basic documentation card 34

1. Uvod

Skladištenje poljoprivrednih proizvoda i hrane predstavlja krajnji ili završni zahvat u procesu proizvodnje ratarskih kultura. Za vrijeme skladištenja mijenjaju se biokemijski, fizikalni i kemijski procesi djelovanjem čimbenika biološkog i mehaničkog podrijetla. Prilikom uskladištenja bitno je znati što skladištimo, gdje skladištimo te kako će se pojedini ratarski proizvodi uskladištiti, pa je potrebno poznavati (Kalinović, 1997.; Rozman i Liška, http://www.pfos.unios.hr/~dsego/ftp/Skladistenje%20ratarskih%20proizvoda%20-prirucnik%20za%20vjezbe.pdf): vrstu proizvoda kojeg skladištimo, namjenu uskladištenog proizvoda, vrste i tipove skladišta za pojedini proizvod te načine skladištenja za određeni proizvod.

Najvažniji zahtjevi za pravilno skladištenje odnose se na vlagu zrna kao i temperaturu zrnate mase i skladišnog prostora. Visoka temperatura uzrokuje propadanje sjemena povećavanjem intenziteta disanja sjemena što uzrokuje smanjenje težine zrna, stvaranje veće količine CO_2 te povećanje temperature i vlage. Za uskladištenje suhog zrna najpovoljnija je temperatura u rasponu od 0 °C do +5 °C te vlaga zrna do 14,5% za pšenicu. Nešto manje značajnu ulogu za pravilno skladištenje imaju količina i vrsta primjesa koje mogu utjecati na smanjenje klijavosti zrna, te razvoj mikroorganizama i sekundarnih štetnika (Kalinović, 1997.; Baloch, 1999.; Rozman i Liška, http://www.pfos.unios.hr/~dsego/ftp/Skladistenje%20ratarskih%20proizvoda%20-prirucnik%20za%20vjezbe.pdf).

Čimbenici koji utječu na uskladištene ratarske proizvode mogu biti biološkog (disanje, proklijavanje, prisutnost kukaca i grinja, samozagrijavanje, mikroorganizmi, štete od ptica i glodavaca) te mehaničkog (rasipanje, lom zrna i mehaničke ozlijede) podrijetla. Djelovanjem bioloških i mehaničkih čimbenika mijenja se kakvoća (kvaliteta) i težina (kvantiteta) uskladištenih proizvoda. Na kakvoću najviše utječu biološki čimbenici nastali kao rezultat nepravilnog skladištenja (Kalinović, 1997.).

Nepravilno skladištenje poljoprivrednih proizvoda može dovesti do gubitaka od 5% do 15% (Baloch, 1999.; Capak i sur., 2010.; Kalinović i Korunić, 2010.), a u nekim zemljama i do 50% (Fornal i sur., 2007.). Osnovni uzroci kvantitativnog i kvalitativnog gubitka uskladištenih poljoprivrednih proizvoda su napadi različitih štetnika te vlaga i temperatura skladišne robe i skladišta (Baloch, 1999.).

Među najvažnije štetnike koji uzrokuju smanjenje kvalitete i količine uskladištenih poljoprivrednih proizvoda i hrane ubrajamo štetnike iz dva reda i to Coleoptera (tvrdokrilci, kornjaši) i Lepidoptera (leptiri) (Kalinović i Korunić, 2010.; Rozman, 2010.).

Kako bi osigurali što bolje čuvanje hrane i poljoprivrednih proizvoda te što više smanjili gubitak uslijed napada štetnika potrebno je poboljšanje svih procesa koji prethode čuvanju proizvoda, kao i samog skladištenja, što uključuje i izradu plana suzbijanja štetnika. Za pravilno provođenje i nadzor nad mogućom pojavom štetnika neophodno je vršiti i redovito uzorkovanje skladišne robe svaka dva tjedna (Rozman, 2010.). Mjere suzbijanja štetnika u skladištima možemo podijeliti na fizikalne, biološke i kemijske (Hamel, 2010., Kalinović i Rozman, 2002.).

Jedna od učinkovitih fizikalnih mjera suzbijanja štetnika u skladištima je i primjena inertnih prašiva (glina, pijesak, zemlja, dijatomejska zemlja) koja se provodi u mnogim zemljama svijeta. Prirodna dijatomejska zemlja (DZ) već je dugo vremena u uporabi kao insekticid u suzbijanju skladišnih kukaca zbog svoje vrlo niske toksičnosti za toplokrvne organizme, praktično bezopasnih ostataka na obrađenim proizvodima i zbog dugotrajnoga djelovanja na kukce. U svijetu su u uporabi brojne formulacije DZ-a (Insecto, Perma-Guard, Dryacide, KeepDry, Protector, SilicoSec, Protect-it i dr.) (Kalinović i sur., 2011; Korunić, 1998.), a u našoj zemlji, za zaprašivanje i prskanje zrnatih proizvoda i raznih površina u skladištima i prijevoznim sredstvima, koristi se registrirani preparat Protect-it® koji se sastoji od mješavine dijatomejske zemlje (90%) i amorfnog silicijevog dioksida (10%) (Kalinović i Rozman, 2002.). Osim što se odlikuje visokom stabilnošću i iznimno niskom toksičnošću za toplokrvne organizme, dijatomejska zemlja ima i druge brojne prednosti u odnosu na kemijske mjere suzbijanja (Quarles, 1992.; Fields, 1998.; Liška, 2009.).

Stoga je cilj istraživanja rada bio ispitati djelotvornost prašiva dijatomejske zemlje Protect-it®na imago vrste hrđasti brašnar *Cryptolestes ferrugineus* Steph., te na ličinke vrsta duhanar *Lasioderma serricorne* F., i kestenjasti brašnar *Tribolium castaneum* Hbst., prilikom uskladištenja odnosno čuvanja pšenice.

2. Pregled literature

Prema autoru Kalinović (1997.) osnovni zadaci uskladištenja ratarskih proizvoda su uskladištenje proizvoda bez gubitka težine, uskladištenje proizvoda bez gubitka kvalitete, povećanje kvalitete uskladištenog proizvoda te što veće smanjenje troškova rada i sredstava po jedinici težine proizvoda.

Osnovni uzroci kvantitativnih i kvalitativnih gubitaka uskladištene poljoprivrednih proizvoda i hrane su skladištenje s povećanom vlagom te napad štetnika, tj. kukaca, grinja, gljivica, glodavaca, ptica i drugo (Capak i sur., 2010.).

Kukci uzrokuju sljedeće osnovne tipove šteta na uskladištenoj zrnatoj robi (Kalinović i Korunić, 2010.; Rozman, 2010.a) :

- gubitak težine uslijed ishrane kukaca dijelovima zrnja,
- gubitak kvalitete onečišćenjem tijelima, dijelovima tijela i ekskrecijskim produktima, te izgrizanjem klice sjemenske robe,
- prenošenje bakterija i virusa potencijalno štetnih za zdravlje čovjeka i domaćih životinja,
- prenošenje spora gljivica i širenje zaraze u masi zrnja,
- povećavanje vlage i temperature zrnja te omogućavanje brzog razvoja gljiva,
- proizvode opasne alergene.

Simptomi šteta od skladišnih štetnika mogu biti vidljivi, ako se uoči njihovo prisustvo u masi uskladištenog proizvoda, ili nevidljivi, odnosno skriveni ako su se štetnici razvili unutar proizvoda, što znatno otežava njihovo uočavanje (Rozman, 2010.a).

Vidljivi simptomi štete su:

- prisustvo živih oblika skladišnih štetnika različitih razvojnih stadija u proizvodu,
- prisustvo ekskrecijskih produkata i fekalija te dijelova tijela štetnika u proizvodu,

- prisustvo zapredotina i filta u proizvodu,
- prisustvo karakterističnih mirisa pojedinih vrsta štetnika u proizvodu,
- prisustvo nagriženih i izjedenih dijelova proizvoda, cijelog proizvoda te ambalaža,
- prisustvo lomljenih zrna,
- povišena temperatura proizvoda,
- povišena vlaga proizvoda.

Nevidljivi simptomi štete:

- štetnici se nalaze unutar proizvoda, njihova pojava nije uočljiva vizualnim pregledom, te se proizvodi moraju pregledati posebnim analitičkim metodama primjerenim za skrivenu zarazu (inkubacijska metoda, flotacijska metoda, metoda bojenja, prozirnost, rendgenska metoda, respiracijska metoda - CO_2, akustična metoda utvrđivanja zvuka).

Među najvažnije štetnike skladištenih proizvoda i hrane ubrajamo štetnike iz dva reda i to Lepidoptera (leptiri) i Coleoptera (tvrdokrilci, kornjaši). S obzirom na način ishrane, odnosno kakvim proizvodom se hrane, štetnike dijelimo na (Kalinović i Korunić, 2010.; Rozman, 2010.a, Maceljski, 1999.):

- primarne štetnike koji mogu oštetiti potpuno čitava, zdrava zrna žitarica i leguminoza, na kojima se i u kojima se razvijaju i razmnožavaju,
- sekundarne štetnike koji nisu sposobni oštetiti zdrava, neoštećena zrna, nego se hrane oštećenim i lomljenim zrnom, brašnenim prerađevinama i smjesama, otpacima ili usitnjenom robom; javljaju se kao pratioci primarnih štetnika, a uvjete za život stvara im i čovjek mehaničkim oštećivanjem zrnja (u žetvi, prijevozu i sl.),
- mikofagne vrste koje se hrane micelijem plijesni koje se razvijaju na vlažnim sjemenkama žitarica i na sličnim proizvodima; nisu izravno štetni jer ne

napadaju uskladišteni proizvod, no mogu prenositi gljivice i bakterije te su ujedno i indikatori više vlage i uopće loše kakvoće uskladištene robe,

- strvinare koji se hrane biljnim ostatcima koji su u stanju raspadanja,
- slučajno prisutne vrste u skladištima koje ne oštećuju proizvode, ne mogu se razvijati i razmnožavati u skladištu i već nakon nekog vremena ugibaju.

U štetnike žitarica koji pripadaju redu Coleoptera (kornjaši) ubrajamo i slijedeće predstavnike: hrđasti brašnar (*Cryptolestes ferrugineus* Steph.), duhanar (*Lasioderma serricorne* F.) i kestenjasti brašnar (*Tribolium castaneum* Hbst.).

Hrđasti brašnar (*C. ferrugineus*) (Slika 1.) skladišni je štetnik koji pripada porodici *Cucujidae* i među najraširenijim je sekundarnim štetnicima kod nas i u svijetu (Flinn i Hagstrum, 1998.; Kalinović i Korunić, 2010.; Toews i Phillips, 2002.).

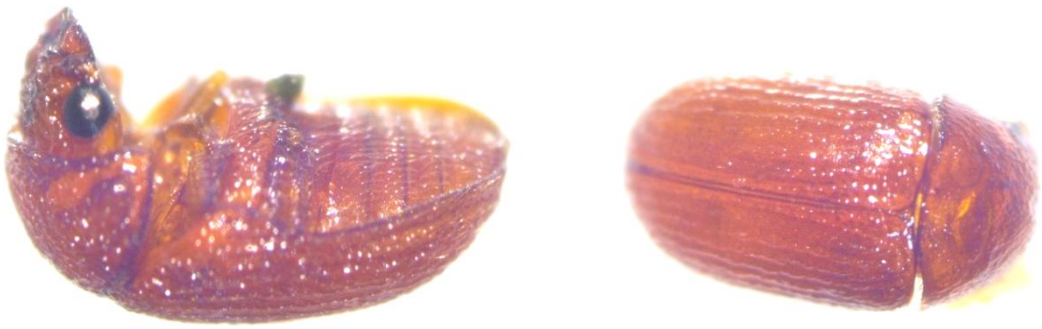
Tijelo imaga je sitno i spljošteno, duljine 1-2 mm, crvenosmeđe boje s dugim ticalima. Ličinke su bjeličaste boje, dužine oko 3 mm, a starenjem dobivaju prljavu boju. Na kraju tijela ličinke nalaze se dva izraštaja – analni cerci. Ženke odlažu 100 - 500 jaja, a ličinke se ubušuju u oštećena zrna, hrane se klicom i endospermom. Hrđasti brašnar je termofilna vrsta koja se zadržava u najtoplijim područjima zrnate mase (Flinn i Hagstrum, 1998.), a povoljni uvjeti za razvoj su na temperaturi od 25 do 30 ºC, relativnoj vlažnosti zraka preko 75%, te vlazi supstrata preko 13%. Minimalna temperatura za razvoj iznosi 23 ºC, a minimalna relativna vlažnost zraka 10%.Kod povoljnih uvjeta razvoj traje oko jedan mjesec. Pri višoj vlazi zrna i povoljnoj temperaturi nanose štete i neoštećenom zrnu. U našim uvjetima hrđasti brašnar ima više generacija godišnje (Kalinović i Korunić, 2010.; Rozman, 2010.a).

Hrđasti brašnar najčešće napada žitarice kao što su pšenica, kukuruz, ječam i sirak (posebice klicu zrna) (Kalinović i sur., 2012.), lom žitarica, uljarice, uljne pogače te suho voće (Rozman, 2010.a). Napad hrđastog brašnara uzrokuje gubitak mase zrna pšenice oko 4% (Campbell i Sinha, 1976.), a velika zaraženost može izazvati i zagrijavanje zrnate mase te širenje spora gljivica uskladištenog zrna.



Slika 1. *Cryptolestes ferrugineus* Steph.– hrđasti brašnar
(Foto: I.Paponja)

Duhanar (*L. serricorne*) (Slika 2.) je skladišni štetnik koji pripada porodici *Anobiidae* i najčešće napada duhan, ali i druge proizvode. Imago duhanara ima izduženo-eliptičan oblik tijela, crvenkasto smeđe ili žućkasto smeđe boje dugog 2 do 4 mm pokrivenog finim dlačicama. Glava i dio nadvratnog štita imaga okrenuti su prema dolje, a ticala su pilasto nazubljena. Ženka polaže 20 do 100 jaja priljepljujući ih na lišće duhana. Ličinka (Slika 3.) ima debelo, savinuto tijelo, žućkasto bijele boje dužine do 5 mm te je također prekrivena dlačicama (Rozman, 2010.a).



Slika 2. *Lasioderma serricorne* F. – duhanar (imago)
(Foto: I. Paponja)



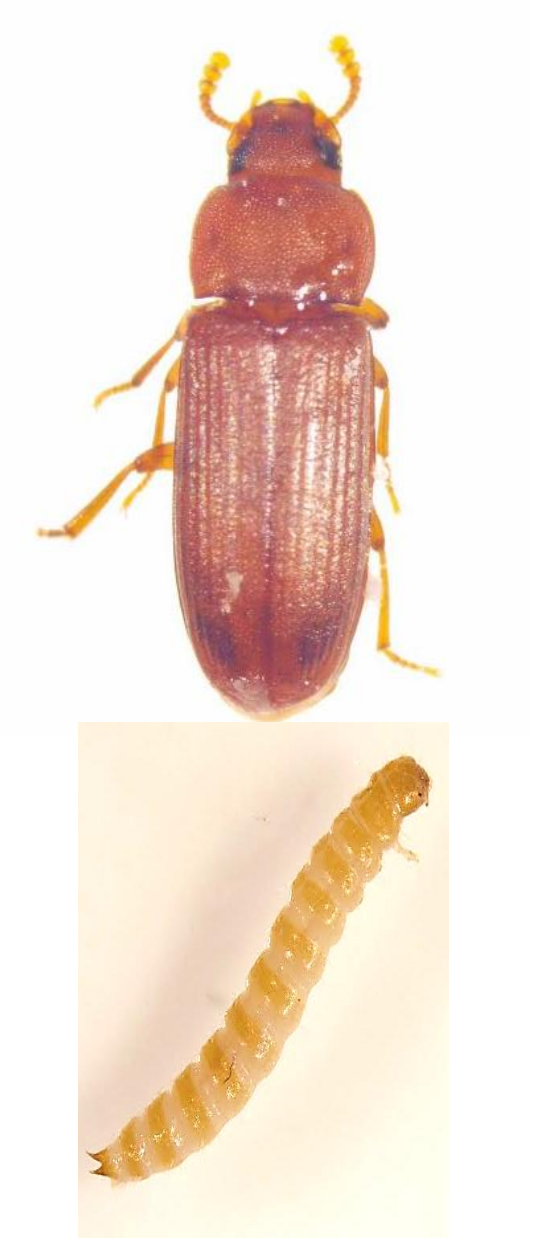
Slika 3. *Lasioderma serricorne* F. – duhanar (ličinka)

(Foto: I. Paponja)

Ličinke buše proizvode, prave rupe u njima i izgrizaju ih. Duhanar je termofilna vrsta pa je optimalna temperatura za razvoj oko 28 do 32 ºC, a relativna vlažnost zraka 75%. Osjetljiv je na niske temperature te mu razvoj prestaje ispod 18 ºC. Pri niskoj temperaturi od -7 ºC do -10 ºC ugiba za 4 do 5 dana. U našim uvjetima ima 2 do 3 generacije godišnje. Kod nas je dosta raširen i izaziva velike štete u skladištima cigareta. U toplijim krajevima naročito napada najbolje klase duhana, izgriza listove duhana, zagađuje ga velikom količinom izmeta te buši omotni papir cigareta (Kalinović i Korunić, 2010.; Maceljski, 1999.).

Osim duhanskih proizvoda, duhanar je štetnik žitarica, brašna, začina, sušenog voća, kikirikija i drugo, a hrani se i otpacima i mrtvim kukcima (Jacobs, 1998.).

Kestenjasti brašnar (*T. castaneum*) (Slika 4.) pripada porodici *Tenebrionidae* te je jedan od najčešćih sekundarnih štetnika žitarica u nas (Maceljski, 1999.). Osobito je rasprostranjen u tropskim krajevima, a po brojnosti u skladištima u našoj zemlji nalazi se na trećem mjestu; iza hrđastog brašnara *C. ferrugineus* i žitnog kukuljičara *Rhyzopertha dominica* F. (Kalinović i Rozman, 2002.).



Slika 4. *Tribolium castaneum* Herbst– kestenjasti brašnar (imago i ličinka)

(Foto: I. Paponja)

Imago je crvenkasto smeđe boje, izduženog spljoštenog tijela dužine 3-4 mm. Na pokrilju ima izražene uzdužne linije, a od drugih vrsta ovoga roda razlikuje se po tri zadnja segmenta ticala koja su izražajno veća. Ličinka ima tijelo kremaste ili žućkaste boje, sa smeđom glavom, dugo do 6 mm. Ženka polaže od 300 - 900 jajašaca koja su prozirna ili bjeličaste boje s ljepljivom površinom. Jedan je od najdugovječnijih štetnika (2 do 3 godine; u prosjeku oko 200 dana), a u našim uvjetima godišnje ima 2 generacije (Liška, 2011.). Kestenjasti brašnar je termofilna vrsta pa već pri 7 °C ugiba za 25 dana, a pri -6 °C za 24 sata. Optimalni uvjeti za razvoj kestenjastog brašnara su u temperaturnom rasponu od 20 °C od 37,5 °C i relativnoj vlazi zraka od 70%.Ovi insekti kod nas su vrlo prošireni i ekonomski su veliki štetnici. Odrasli su vrlo aktivni, brže se kreću i prave veće štete od ličinki. Mogu se pronaći duboko unutar hrane ili na samoj površini. Oštećuju i zdrava zrna s 12,2% vlage i više pa su tada primarni štetnici (Kalinović i Korunić, 2010.; Rozman, 2010.a).

Kestenjasti brašnar je štetnik širokog raspona uskladištenih proizvoda te uz žitarice može infestirati suncokret, uljanu pogaču, brašno, mlinarske proizvode leguminoze, kikiriki, kavu, suho voće, kakao, čokoladu, mlijeko u prahu (Kalinović i Korunić, 2010., Liška, 2011.).

Ukupna šteta koju poljoprivrednim proizvodima u skladištima u svijetu nanose razni štetnici procjenjuje se na 10 do 40 % godišnje (Upadhyay i Ahmad, 2011.). Za neke zemlje te su procjene znatno više, pa tako za neke zemlje Latinske Amerike i Azije, iznose ido 50% (Fornal i sur., 2007.). Naprotiv, za europske zemlje većina procjena govori o štetama oko 5 do 10%, pa bi taj postotak mogli uzeti i za štete u nas (Maceljski, 1999.).

Pravilnim skladištenjem pšenice moraju se sačuvati sva njezina kvalitativna i kvantitativna svojstva, kao sirovine za dobivanje finalnih prehrambenih proizvoda. Kako bi skladištenje pšenice bilo uspješno, uz kontrolu vlage i temperature zrna i skladišnog prostora, neophodno je obavljati kontinuirani pregled objekata i uskladištene robe na štetnike svaka dva tjedna. Uzorkovanje i monitoring štetnika treba biti u bazi prikupljenih podataka, a iz dokumentacije mora biti vidljiv prikaz broja štetnika/kg robe ili m^3 objekta kao apsolutna procjena štetnika ili prikaz broja štetnika/mamku, tj. relativan prikaz rezultata u % zaražene robe. Iz pravilno uzetih uzoraka može se odrediti (Rozman, 2010. a):

- vrsta štetnika,

- gustoća populacije štetnika na pojedinim mjestima u objektu,

- prostorna i vremenska distribucija štetnika,

- promjene u dužini razvojnog ciklusa štetnih vrsta,

- brojnost vrsta štetnika,

- postotak zaraženog uskladištenog proizvoda, te

- potrebitost provođenja zaštitnih mjera.

Čuvanje hrane i poljoprivrednih proizvoda zahtjevan je posao, pa je uz ispravno građevinsko skladište, plan pripreme za primanje robe i čuvanje, potreban i plan suzbijanja štetnika. Mjere suzbijanja štetnika u skladištima možemo podijeliti na preventivne i kurativne mjere. Preventivne mjere podrazumijevaju radnje i postupke kojima se sprječava pojava nametnika u skladištu i uništava prisutna malobrojna populacija nametnika u skladišnim objektima. Bez obzira na to jesu li mjere zaštite preventivnog ili kurativnog značenja mogu se podijeliti na (Hamel, 2010.;Kalinović i Rozman, 2002.; Korunić, 1990.):

1. Higijenske mjere:

- čišćenje svih uređaja i skladišnih prostora, čišćenje okoliša uz skladište, popravak svih oštećenih mjesta u skladištu kroz koja bi štetnici mogli ući, postavljanje zaštitnih mreža na prozorima i otvorima koji bi onemogućili ili barem otežali prodor štetnika, uporabu sredstava za zaštitu bilja ili biocida u praznim skladištima i ozračivanje skladišta,

- prozračivanje s ciljem izjednačavanje temperature u masi zrnate robe, te održavanje temperature ispod 21 °C ili iznad 34 °C, između kojih su optimalne temperature za razvoj štetnika,

2. Fizikalne i mehaničke mjere:

- nadzor nad robom koji uključuje: redovito mjerenje temperature robe, uzorkovanje i pregled robe,

- primjena niske i visoke temperature, te korištenje inertnih prašiva (dijatomejska zemlja),

- čišćenje zrna od primjesa (lom zrna, prašina, sjeme korova) čime je onemogućen razvoj sekundarnih vrsta kukaca, pneumatska manipulacija zrna (mortalitet kukaca), višekratno prebacivanje uskladištenog zrna, uklanjanja zaraženih zrna s kukcima, te samih kukaca iz uskladištenih proizvoda ili prostora.

3. Kemijske mjere:

- uporaba insekticida i fumiganata: insekticidi koji imaju dopuštenje za uporabu u skladištima su sredstva za zaštitu bilja na osnovi djelatnih tvari deltametrina, pirimifosmetila, te biocidi na osnovi različitih djelatnih tvari (piretrin itd.). Fumiganti su insekticidi koji suzbijaju skladišne štetnike oslobađanjem toksičnog plina koji prodire u robu, sve pukotine i oštećenja, a danas su u uporabi sredstva na osnovi plina fosfina. Postoji veliki problem primjene samo jednog plina radi moguće pojave rezistentnosti kukaca.

4. Biološke mjere:

- primjena sredstava na osnovi *Bacillus thuringiensis* ili prirodnih spojeva ekstrahiranih iz biljaka ili raznih predatora (grinje) ili parazita (parazitske osice).

Praćenjem populacije kukaca te određivanjem praga štetnosti i ekonomske opravdanosti, odabiru se određene navedene mjere suzbijanja. Fizikalne mjere suzbijanja zapravo predstavljaju postupke manipuliranja fizikalnim okolišem, gdje se ne dozvoljava porast populacije štetnika, ili se ona reducira, tj. potpuno eliminira. Ovakav način suzbijanja štetnika jedan je od najstarijih mjera suzbijanja čija je osnova dobro uskladištiti sjeme, odnosno održati ga suhim i hladnim. U fizikalne mjere ubrajamo i korištenje inertnih prašiva na bazi dijatomejske zemlje (Kalinović i Rozman, 2002.).

Dijatomejska zemlja (DZ) je geološki depozit dijatoma - mrtvih tijela odnosno skeleta jednostaničnih biljnih organizama nastali taloženjem u slatkoj i slanoj vodi. Uz amorfni silicijev dioksid (SiO_2) (od 60 do 93%), depozit se sastoji od kalcija i vrlo male količine drugih minerala (Fields, 1998.; Quarles, 1992.; Subramanyam i Roesli, 2000.). Lomljenjem, mrvljenjem i sušenjem depozita dobiva se fini prah, koji sadrži porozne čestice sa slabim abrazivnim svojstvom i izraženom mogućnošću apsorpcije lipida. Čestice

dijatomejske zemlje hvataju se za tijelo kukca i oštećuju, pretežito adsorpcijom, a djelomice i abrazijom, zaštitni voštani sloj na tijelu insekta. Kukci gube vodu iz tijela kroz oštećeni sloj i ugibaju zbog dehidracije (Korunić, 2013.; Liška, 2009.).

Dijatomejska zemlja je stabilna, inertna supstanca koja ne stupa u kemijske reakcije niti s jednom supstancom u prirodi pa tako ne stvara opasne ili otrovne rezidue (Liška, 2009.). Ima izrazito nisku toksičnost za toplokrvne organizme te pruža dugotrajno djelovanje na štetnike. Lako se odvaja od zrna jednostavnim pranjem te nema štetne posljedice na krajnju uporabnu vrijednost zrna (Fields, 1998.; Korunić i sur., 1996.).

Učinkovitost DZ ovisi o morfološkim i fizikalnim svojstvima dijatoma (poželjan visoki sadržaj amorfnog silicijevog dioksida s uniformnom veličinom čestica manjih od 10 μm, visoki sorpcijski kapacitet ulja, velika aktivna površina s vrlo malo gline i ostalih nečistoća) (Korunić, 1998.), te vrsti i svojstvima zrna (veća učinkovitost na zrnu s manje od 14,5% vlage) (Quarles, 1992; Quarles i Winn, 1996.; Korunić, 1998.).

Ostali čimbenici koji utječu na učinkovitost DZ su temperatura i relativna vlažnost skladišta te morfologija, anatomija i fiziologija kukaca (kukci s velikom površinom tijela u odnosu na volumen tijela su osjetljiviji zbog većeg gubitka vode iz tijela) (Korunić, 1998.; Subramanyam i Roseli, 2000.). Primijenjene količine i koncentracije različitih formulacija DZ imaju važan učinak na visinu toksičnosti i dugotrajnost djelovanja na štetnika, s obzirom da veća količina prašiva ima značajan negativni utjecaj na smanjenje kakvoće zrnate robe (Korunić i sur., 1998.).

U Hrvatskoj se koristi registrirana formulacija dijatomejske zemlje Protect-it® (dijatomejska zemlja - 90% i amorfni silicijev dioksid - 10%) kojim se mogu izravno tretirati (zaprašivati) sve vrste zrnatih biljnih proizvoda u dozi od 500-1000 g/t skladišne robe. Tretiranje površina u skladištu obavlja se zaprašivanjem u dozi od 500 g/100 m^2 ili prskanjem u dozi od 750 g/100 m^2 (Gospodarski list, 2011.).

Korunić i Mackay (2000.) ispitivali su utjecaj prašiva Protect-it® na mortalitet *Sitophilus oryzae* (L.), *T. castaneum* i *R. dominica*. Jara pšenica stavljena u limene posude do visine 50, odnosno 100 cm tretirana je prašivom u koncentracijama od 0,5 i 0,75 g/kg. Tretmani su snizili populaciju štetnika za 98% do 100% u odnosu na kontrolu. Ispitivanje je pokazalo da je koncentracija prašiva Protect-it® od 0,5 g/kg dovoljna za kontrolu štetnika u

sloju pšenice od 100 cm, te da bi tretiranje do 20% ukupne zrnate mase bilo dovoljno kako ne bi došlo do smanjivanja hektolitarske mase.

Fields i sur. (2003.) ispitivali su letalne doze (LD) dijatomejske zemlje za imaga kukaca *S. oryzae* i *T. castaneum* na više lokacija (Velika Britanija, Kanada, Australija). S obzirom na značajne razlike u dobivenim rezultatima, autori predlažu da se djelotvornost dijatomejske zemlje utvrđuje nakon 7 i 14 dana uz obvezno ispitivanje utjecaja na potomstvo. Također, autori predlažu da se u pšenicu dodaje 1% loma zrna pšenice jer se *T. castaneum* kao sekundarni štetnik slabo razvija na cijelim zrnima pšenice.

Arthur (2000.) je istraživao toksičnost dijatomejske zemlje na vrste *T. castaneum* i *Tribolium confusum* (Jacq. Du Val) ovisno o temperaturi i relativnoj vlažnosti zraka. Kukci su bili izloženi dijatomejskoj zemlji od 8 do 72 sata pri temperaturama od 22, 27 i 32°C te relativnoj vlažnosti zraka od 40, 57 i 75%. Testirana je koncentracija dijatomejske zemlje od 0,5 mg/cm^2 na filter papiru u plastičnim petrijevim zdjelicama. S povećanjem ekspozicije, mortalitet kukaca se povećavao. S povećanjem temperature s 22 do 32 °C i smanjenjem relativne vlažnosti zraka, povećao se i mortalitet kukaca. Mortalitet *T. confusum* bio je niži od mortaliteta *T. castaneum* za ukupno 46,7%.

Kalinović i sur. (2011.) ispitivali su utjecaj nekoliko prašiva na bazi dijatomejske zemlje pomiješane s piretrinom te prašiva Protect-it® na rižinog žižka (*S. oryzae*) i kestenjastog brašnara (*T. castaneum*). Dozom od 300 mg/kg zrnate robe svake pojedine formulacije izmiješano je 300 g nezaražene pročišćene pšenice vlage 13%, nakon čega je mješavina podijeljena u 3 poduzorka od 100 grama (3 ponavljanja). Svako ponavljanje postavljeno je u staklenke od 500 ml s tretiranom pšenicom i 50 odraslih kukaca. Učinkovitost testiranih formulacija brojanjem živih i mrtvih kukaca u svakoj repeticiji bila je ocjenjivana nakon dva, tri i šest dana, dok je nakon 41 dana brojanjem potomstva dobivenog od preživjelih kukaca iz tretmana određivana učinkovitost. Primjenom prašiva Protect-it® nakon tri dana zabilježen je mortalitet od 90,8%, odnosno 41,7%, za rižinog žižka i kestenjastog brašnara. Nakon šest dana mortalitet je bio 100% za rižinog žižka, odnosno 90,5% za kestenjastog brašnara. Nakon 41 dana izloženosti prašivu Protect-it® broj potomaka kestenjastog brašnara iznosio je 2, odnosno 28,6 jedinki za rižinog žižka. Druga prašiva koja su bila pomiješana s piretrinom imala su značajan učinak na mortalitet oba štetnika nakon šest dana.

Prema Fields i Korunić (2000.) postoji znatna razlika u osjetljivosti određenih kukaca na prašivo Protect-it®. Provedena su ispitivanja o djelovanju ovog prašiva na kukce hrđastog brašnara, *C. ferrugineus*; rižinog žižka, *S. oryzae*; surinamskog brašnara, *Oryzaephilus surinamensis* L.; žitnog kukuljičara, *R. dominica*, i kestenjastog brašnara, *T. castaneum*. Koncentracije prašiva od 0, 100, 200, 300, 400 i 600 ppm testirane su na zrnu pšenice različite relativne vlažnosti. Odvage zaprašene pšenice od 20 g raspoređene su u staklene bočice, u koje je dodano 50 (*C. ferrugineus*), odnosno 25 (ostale vrste) odraslih kukaca. Bočice su držane na konstantnoj temperaturi od 15, 20 ili 30°C, i relativnoj vlažnosti od 65±70% do 14 dana. Rezultati su pokazali da se, bez obzira na primijenjenu koncentraciju ili kukca, mortalitet povećavao sa smanjivanjem relativne vlažnosti. S obzirom na ukupan utjecaj DZ, od najosjetljivijeg prema najotpornijem, pokazali su se *C. ferrugineus* > *O. surinamensis, S. oryzae* > *S. granarius* > *R. dominica* > *T. castaneum* > *P. truncatus*. Mortalitet od 100% za *C. ferrugineus* postignut je već nakon dva dana ekspozicije prašivu Protect-it® pri koncentraciji od 300 ppm, dok je mortalitet od 92% za *T. castaneum* zabilježen nakon pet dana ekspozicije pri koncentraciji od 600 ppm.

Arnaudi sur. (2005.) ispitivali su učinkovitost dijatomejske zemlje na nekoliko populacija kestenjastog brašnara, *T. castaneum*. Testirane su četiri formulacije dijatomejske zemlje među kojima je bilo i prašivo Protect-it®, u šest koncentracija od 100 do 1000 ppm. Od svih primijenjenih formulacija u različitim koncentracijama, prašivo Protect-it®, u koncentraciji do 400 ppm pokazalo se kao najučinkovitije u suzbijanju kestenjastog brašnara. Također, koncentracija od 1000 ppm bila je potrebna za kontrolu svih odraslih jedinki svih ispitivanih populacija.

Dowdy (1999.) je ispitivao četiri formulacije dijatomejske zemlje, uključujući i prašivo Protect-it®, i jednu formulaciju kalcijeva karbonata, u kombinaciji s visokom temperaturom, na populaciju kestenjastog brašnara, *T. castaneum*. Na 34 °C, izloženost prašivu od 15 do 30 minuta nije povećala mortalitet u odnosu na kontrolu. No, mortalitet kestenjastog brašnara povećao se za 8-100% na temperaturi od 50°C. Prašivo Protect-it® imalo je najveći utjecaj na povećanje mortaliteta u odnosu na bilo koju drugu primijenjenu formulaciju. Nedostatak hrane nakon izloženosti visokoj temperaturi i dijatomejskoj zemlji povećao je mortalitet kukaca za 2 do 4 puta u odnosu na kukce kojima je pristup hrani omogućen.

Matti i Awaknavar (2009.) primijenili su prašivo Protect-it® u sedam tretmana u različitim koncentracijama od 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; i 0,5%, u tri ponavljanja, na 200 g loma zrna sirka. Nakon primjene prašiva određene koncentracije, u svaki tretman dodano je deset odraslih jedinki kestenjastog brašnara, *T. castaneum*. Mortalitet kukaca bilježen je tijekom 21 dana. Najviši mortalitet zabilježen je nakon 21 dana (72%) i to pri koncentraciji od 0,5% te je bio značajniji u odnosu na sve ostale primijenjene tretmane. Pri koncentracijama prašiva od 0,4% i 0,3% također je zabilježen značajan mortalitet u odnosu na preostale tretmane.

Dijatomejska zemlja ima različitu učinkovitost primjene i unutar različitih populacija iste vrste kukaca. Rigaux i sur. (2001.) ispitivali su 14 populacija kestenjastog brašnara, *T. castaneum* na osjetljivost na prašiva Protec-it®. Kod svih 14 populacija zabilježen je mortalitet u rasponu od 5 do 100% nakon izlaganja prašivu u koncentraciji od 600 ppm. Letalna doza (LD_{50}) za najtolerantniju populaciju iznosila je 413 ppm, a za najosjetljiviju populaciju 238 ppm. Kukci tolerantnije populacije imali su nižu masu (2 mg) od kukaca osjetljivije populacije (2,6 mg). Tolerantniji kukci gubili su vodu u manjoj mjeri od osjetljivijih kukaca (6 μg/h, odnosno 12 μg/h) tijekom 24 sata držanja u pšenici tretiranoj prašivom u koncentraciji od 600 ppm, te pri vlažnosti zraka od 5%, bez prisutnosti hrane. Odrasli tolerantniji kukci koji nisu bili izloženi prašivu gubili su vodu sporije od osjetljivijih kukaca, 3 μg/h, odnosno 5 μg/h. Tolerantniji kukci kretali su se sporije kroz zrnatu masu i filter papir, te su izbjegavali pšenicu tretiranu prašivom niske koncentracije i do 75 ppm, dok osjetljiviji kukci nisu izbjegavali ni pšenicu tretiranu u koncentracijama od 600 ppm.

Ziaee i Khashaveh (2007.) proveli su laboratorijsko istraživanje kako bi utvrdili učinak dostupnosti hrane na preživljavanje vrsta *T. castaneum*, *O. surinamensis* i *R. dominica*, nakon tretmana s pet formulacija dijatomejske zemlje, među kojima je bilo i prašivo Protec-it®. Kukci su bili izloženi koncentraciji od 0,5 mg/cm^2 tijekom jednog dana na filter papiru u plastičnim petrijevim zdjelicama. Nakon izloženosti, izmjeren je početni mortalitet i preživjele individue od tri vrste držane su tjedan dana u staklenim bočicama s 50 mg pšeničnog brašna, riže i pšenice. U drugom pokusu, nakon jednog dana izloženosti formulacijama dijatomejske zemlje, kukci su premješteni u petrijeve zdjelice bez hrane i držani tjedan dana na 27 °C i relativnoj vlažnosti od 55% u mraku, za oba pokusa. Početni mortalitet u oba pokusa dosegao je 100% za sve tri vrste izložene prašivu Protec-it®. U pokusu s dostupnom hranom, prilikom primjene prašiva Protec-it® u koncentraciji od 0,5

mg/cm^2 sve tri vrste bile su mrtve nakon samo jednog dana izloženosti. Kukci vrste *O. surinamensis* bili su najpodložniji, nakon njih *R. dominica*, za koje je postignut mortalitet od 100%, dok je najmanje podložna bila vrsta *T. castaneum*. Kao najučinkovitija sredstva pokazala su se prašiva Protect-it® i Dryacide®.

3. Materijal i metode

3.1. Test kukci

Test kukci *C. ferrugineus*, *L. serricorne* i *T. castaneum* uzgajani su u kontroliranim uvjetima u klima komori na temperaturi od 27±2°C i vlazi zraka od 70±5%. Uzgojna podloga za vrste *C. ferrugineus* i *L. serricorne* je bilo zrno pšenice vlage zrna približno 13%, a za vrstu *T. castaneum* pšenično oštro brašno s dodatkom kvasca u količini od 5% od ukupne količine brašna. U pokusu su korištene odrasle jedinke vrste *C. ferrugineus*, te ličinke vrsta *L. serricorne* i *T.castaneum.*

3.2. Dijatomejska zemlja

Korištena je dijatomejska zemlja Protect-it® (Hedley Technologies Ltd., Ontario, Kanda; AgroChem MAKS d.o.o., Zagreb, Hrvatska). Inertno prašivo DZ Protect-it® ubraja se u fizikalne insekticide i postiže maksimalnu efikasnost na zrnu s vlagom manjom od 14,5%. Prilikom ispitivanja korištene su tri koncentracije prašiva, od 0,01; 0,02 i 0,04 g/50 g pšenice.



Slika 5. Dijatomejska zemlja Protect-it® (Hedley Technologies Ltd., Ontario, Kanada) (Foto: I. Paponja)

3.3. Testiranje djelotvornosti Protect-it®

Pokus je postavljen u četiri repeticije s deset imaga, odnosno deset ličinki po uzorku. Odvagana masa pšenice od 50 g stavljena je u staklene posude volumena 250 mL. U svaku staklenu posudu potom je dodano prašivo određene koncentracije (0,01; 0,02 i 0,04 g/50 g pšenice). Staklenke su hermetički zatvorene i kratko protresene (oko jednu minutu), kako bi se prašivo ravnomjerno raspodijelilo po zrnu pšenice. U tako pripremljene uzorke stavljeno je po deset jedinki testiranih vrsta štetnika te je uzorak prekriven mlinskim platnom. Uzorci su stavljeni u kontrolirane uvjete s relativnom vlagom zraka od 70% i temperaturom od 30°C±2°C.

Učinkovitost prašiva procijenjena je prema vrijednostima mortaliteta tretiranih odraslih jedinki *C. ferrugineus*, očitanih nakon 4, 7 i 14 dana, te prema broju živih odraslih jedinki razvijenih nakon tretiranja ličinki vrsta *L. serricorne* i *T. castaneum*. Kontrola je obavljena prema istoj metodi, ali bez dodavanja prašiva.

3.4. Statistička obrada podataka

Rezultati djelotvornosti testiranog prašiva DZ Protect-it® obrađeni su programom SAS/STAT Software 9.3. (2013. - 2014.). Jednosmjerna analiza varijance svih ispitivanih varijabli napravljena je u modulu SAS Analyst i korištena je procedura ANOVA. Utvrđene značajne razlike između tretmana su ispitane Tukey's Studentized Range (HSD) testom na razini vjerojatnosti 0,05.

4. Rezultati

4.1. Utjecaj prašiva Protect-it® na mortalitet imaga hrđastog brašnara *C. ferrugineus*

Djelotvornost prašiva dijatomejske zemlje Protect-it® na imago *C. ferrugineus* rezultirala je različitom osjetljivošću testirane vrste ovisno o koncentraciji prašiva i vremenu ekspozicije. Maksimalni mortalitet hrđastog brašnara postignut je nakon 7 dana ekspozicije pri koncentraciji od 0,04 g/50 g pšenice (Tablica 1.).

Tablica 1. Djelotvornost prašiva DZ Protect-it® na imago vrste *C. ferrugineus* nakon 4, 7 i 14 dana ekspozicije (Tukey's test, α=0,05)

Koncentracija (g/ 50 g pšenice)	**Mortalitet imaga *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (%)***		
	Vrijeme ekspozicije (dani)		
	4	**7**	**14**
	$\overline{X} \pm SD$	$\overline{X} \pm SD$	$\overline{X} \pm SD$
Kontrola Ø	10,0±8,16 b	10,0±8,16 d	17,5±17,07 b
0,01	30,0±14,14 b	55,0±17,32 c	97,5±5,0 a
0,02	60,0±16,32 a	77,5±9,57 b	95,0±10,10 a
0,04	87,5±12,58 a	100,0±0,0 a	100,0±0,0 a

* srednje vrijednosti s istim slovom nemaju statistički značajne razlike na nivo P<0,05; usporedba je po kolonama

Nakon četiri dana ekspozicije mortalitet *C. ferrugineus* je bio značajno viši od kontrolnih uzoraka (10%) tek pri koncentracijama od 0,02 i 0,04 g/50 g pšenice (30% odnosno 60%). Produženjem ekspozicije na 7 dana, povišen je i mortalitet imaga te je i pri najnižoj koncentraciji (0,01 g/50 g pšenice) smrtnost bila značajno viša u odnosu na kontrolu (55% odnosno 10%). Nakon 14 dana ekspozicije nije uočena značajna statistička razlika među primijenjenim koncentracijama prašiva, odnosno svi tretmani su imali isti rang učinkovitosti (od 95% do 100%). Produženjem ekspozicije na 14 dana moguće je smanjiti koncentraciju prašiva na 0,01 g/50 g pšenice, uz istovremeno zadržavanje mortaliteta jedinki imaga *C. ferrugineus* u rangu visoke učinkovitosti (97,5%).

4.2. Utjecaj prašiva Protect-it® na ličinke duhanara *L. serricone*

Djelotvornost prašiva DZ Protect-it® na ličinke vrste duhanar *L. serricorne* prikazana je kroz postotak živih imaga razvijenih iz tretiranih ličinki (Tablica 2.)

Tablica 2. Djelotvornost prašiva DZ Protect-it® na ličinke vrste *L. serricorne* (Tukey's test, α=0,05)

Koncentracija (g/ 50 g pšenice)	**Postotak živih imaga razvijenih iz tretiranih ličinki *L. serricorne* (%)***
	$\overline{X} \pm SD$
Kontrola Ø	82,5±17,07 a
0,01	62,5±12,58 ab
0,02	42,5±12,58 b
0,04	37,5±12,58 b

* srednje vrijednosti s istim slovom nemaju statistički značajne razlike na nivo P<0,05; usporedba je po koloni

Kod tretmana prašiva na stadij ličinki, vidljiv je utjecaj na smanjenje broja živih odraslih jedinki razvijenih nakon tretiranja ličinki vrste *L. serricorne* i to ovisno o koncentraciji. Najniža koncentracija prašiva smanjila je postotak živih imaga duhanara, iako ne statistički značajno, za 20% u odnosu na kontrolu. Značajno smanjenje broja imaga zabilježeno je pri koncentraciji od 0,02 g/50 g pšenice u odnosu na kontrolu (42,5%, odnosno 82,5%). Povećanje koncentracije na 0,04 g/50 g pšenice nije uvjetovalo statistički značajnim smanjenjem broja imaga.

4.3. Utjecaj prašiva Protect-it® na ličinke kestenjastog brašnara *T. castaneum*

Djelotvornost prašiva DZ Protect-it® na ličinke vrste kestenjasti brašnar *T. castaneum* prikazana je kroz postotak živih imaga razvijenih iz tretiranih ličinki (Tablica 3.)

Tablica 3. Djelotvornost prašiva DZ Protect-it® na ličinke vrste *T. castaneum* (Tukey's test, α=0,05)

Koncentracija (g/ 50 g pšenice)	**Postotak živih imaga razvijenih iz tretiranih ličinki *Tribolium castaneum* (%)***
	$\overline{X} \pm SD$
Kontrola Ø	80,0±14,14 a
0,01	35,0±5,77 b
0,02	30,0±14,14 b
0,04	15,0±5,77 b

* srednje vrijednosti s istim slovom nemaju statistički značajne razlike na nivo P<0,05; usporedba je po koloni

U tretmanima s primijenjenim prašivom, zabilježeno je statistički značajno smanjenje broja razvijenih imaga i to ovisno o koncentraciji. S povećanjem koncentracije djelotvornost prašiva se povećavala. Već pri najnižoj koncentraciji zabilježeno je značajno smanjenje razvijenih živih jedinki imaga u odnosu na kontrolu (35%, odnosno 80%). Povećanjem koncentracije na 0,02 i 0,04 g/50 g pšenice zabilježeno je dodatno smanjenje broja odraslih, ali ne i statistički značajno (30% odnosno 15%).

5. Rasprava

Suvremene mjere suzbijanja štetnika baziraju na primjeni integriranih postupaka – integrirane mjere zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, uz maksimalno izbjegavanje korištenja kemijskih – pesticidnih preparata. Tu ubrajamo niz mjera, koje ako se učinkovito provode, mogu reducirati uporabu pesticida, smanjiti otpornost štetnika na njih, a što je najvažnije umanjiti otrovnost za ljude te zagađenje čovjekovog okoliša (Kalinović i Rozman, 2002.). Primjena dijatomejske zemlje kao insekticida jedna je od integriranih mjera zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Rezultati istraživanja pokazali su visok učinak na mortalitet hrđastog brašnara.

Brojni čimbenici utječu na učinkovitost dijatomejske zemlje kao što su temperatura i relativna vlažnost skladišta te morfologija, anatomija i fiziologija kukaca (Korunić, 1998.). Primijenjene količine i koncentracije različitih formulacija dijatomejske zemlje imaju važan učinak na visinu toksičnosti i dugotrajnost djelovanja na štetnika, s obzirom da veća količina prašiva ima značajan negativni utjecaj na smanjenje kakvoće zrnate robe (Korunić i sur., 1998.). U provedenom istraživanju djelotvornost prašiva DZ Protect-it® na imago *C. ferrugineus* ovisila je o koncentraciji i vremenu ekspozicije. Već četiri dana nakon ekspozicije dvije više koncentracije rezultirale su mortalitetom većim od 60%. Maksimalni mortalitet (100%) postignut je nakon sedam dana ekspozicije s najvišom koncentracijom. Ipak, produženjem ekspozicije na 14 dana svi tretmani pokazali su visoku učinkovitost (>95%). Dakle, i niže koncentracije dijatomejske zemlje uz produženu ekspoziciju djeluju jednako učinkovito kao i više. Također, primjena prašiva na ličinke *L. serricone* i *T. castaneum* ovisila je o koncentraciji. Postotak razvijenog imaga obje vrste štetnika bio je smanjen najviše pri primijeni koncentracije od 0,04 g/50 g pšenice. Međutim, najniža doza nije imala značajan učinak na smanjenje imaga duhanara. S druge strane, već najniža doza statistički je značajno utjecala na smanjenje imaga kestenjastog brašnara. Korunić i Mackay (2000.) ispitivali su utjecaj prašiva Protect-it® na mortalitet *S. oryzae, T. castaneum* i *R. dominica* u koncentracijama od 0,5 i 0,75 g/kg. Ispitivanje je pokazalo da je koncentracija prašiva Protect-it® od 0,5 g/kg dovoljna za kontrolu štetnika kako ne bi došlo do smanjivanja hektolitarske mase.

U provedenom istraživanju prašivo Protect-it® imalo je odličan učinak na smanjenje razvoja potomstva kestenjastog brašnara i to do 65%. Rezultati se slažu s rezultatima Kalinović i sur. (2011.) koji su ispitivali nekoliko prašiva na bazi dijatomejske zemlje

pomiješane s piretrinom te prašiva Protect-it® na kestenjastog brašnara. Mješavine dijatomejske zemlje s piretrinom imale su manji učinak na mortalitet kukaca, a veći na razvoj potomstva u odnosu na samo prašivo Protect-it®, najvjerojatnije zbog paralizirajućeg učinka piretrina na odrasle kukce te time sprječavanje odlaganja jaja u zrna pšenice.

Rezultati pokusa su pokazali da su ličinke duhanara otpornije na djelovanje prašiva. S najvišom koncentracijom prašiva od 0,04 g/50 g pšenice postotak razvijenog imaga duhanara iznosio je za 45%, dok je postotak razvijenog imaga kestenjastog brašnara iznosio za 65% manje u odnosu na kontrolni tretman. Arthur (2000.) je istraživao toksičnost dijatomejske zemlje na vrste *T. castaneum* i *T. confusum*. Rezultati su pokazali da je mortalitet *T. confusum* bio niži od mortaliteta *T. castaneum* za ukupno 46,7%. Prema Fields i Korunić (2000.) postoji značajna razlika u osjetljivosti određenih kukaca na prašivo Protect-it®. Rezultati istraživanja pokazali su da, s obzirom na ukupan utjecaj dijatomejske zemlje, kukci su od najosjetljivijeg prema najotpornijem bili kako slijedi: *C. ferrugineus* > *O. surinamensis*, *S. oryzae* > *S. granarius* > *R. dominica* > *T. castaneum* > *P. truncatus*. Isto tako, postoje razlike u osjetljivosti kukaca unutar različitih populacija iste vrste kukaca. Tako su Arnaud i sur. (2005.) ispitivali učinkovitost dijatomejske zemlje na nekoliko populacija kestenjastog brašnara te utvrdili razlike među njima. Slično, Rigaux i sur. (2001.) utvrdili su razlike među 14 populacija kestenjastog brašnara na osjetljivost na prašivo Protect-it®.

6. Zaključak

Na temelju dobivenih rezultata u testiranju djelotvornosti prašiva dijatomejske zemlje Protect-it® može se zaključiti slijedeće:

A) Djelotvornost prašiva dijatomejske zemlje Protect-it® na imago *C. ferrugineus* rezultirala je različitom osjetljivošću testirane vrste ovisno o koncentraciji prašiva i vremenu ekspozicije. Maksimalno opravdani mortalitet (97,5%) imaga hrđastog brašnara postignut je pri koncentraciji od 0,02 g/50 g pšenice nakon ekspozicije od 14 dana.

B) Prašivo dijatomejske zemlje Protect-it®je utjecalo na smanjenje broja odraslih jedinki razvijenih iz tretiranih ličinki *L. serricone,* s opravdanom koncentracijom od 0,02g/50 g pšenice čime je broj razvijenih odraslih smanjen za oko 2 puta u odnosu na kontrolu.

C) Prašivo dijatomejske zemlje Protect-it® je utjecalo na smanjenje broja odraslih jedinki razvijenih iz tretiranih ličinki *T. castaneum,* s opravdanom koncentracijom od 0,01g/50 g pšenice čime je broj razvijenih odraslih smanjen za oko 2,3 puta u odnosu na kontrolu.

Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da se prašivo Protect-it® može primijeniti kao uspješna preventivna metoda u zaštiti uskladištenih žitarica. Kao dio integrirane zaštite, primjena dijatomejske zemlje predstavlja značajnu alternativu sintetičkim insekticidima.

7. Popis literature

1. Arnaudi, L., Lan, H.T.H., Brostaux, Y., Haubruge, E. (2005.): Efficacy of diatomaceous earth formulations admixed with grain against populations of *Tribolium castaneum*. Jorunal of Stored Products Research, 41: 121-130.

2. Arthur, F.H. (2000.): Toxicity of Diatomaceous Earth to Red Flour Beetles and Confused Flour Beetles (Coleoptera: Tenebrionidae): Effects of Temperature and Relative Humidity. Stored-Product and Quarantine Entomology, 93(2): 526-532.

3. Baloch, K.U. (1999.): WHEAT: Post-harvest Operations. Organisation: Pakistan Agricultural Research Council (PARC). Dostupno na: [http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compendium_-_WHEAT.pdf]. Datum pristupa: 10.2.2015.

4. Campbell, A., Sinha, R.N. (1976): Damage of Wheat by Feeding of Some Stored Product Beetles, Journal of Economic Entomology, 69(1): 11-13.

5. Capak, K., Korunić, Z., Jeličić, P. (2010): Javnozdravstvena i gospodarska važnost štetnika uskladištenih poljoprivrednih proizvoda i hrane, U: Cjelovito (integralno) suzbijanje štetnika hrane, uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, predmeta opće uporabe te muzejskih štetnika, Korunić, J. (ur.), Zbornik predavanja, 1-10.

6. Dowdy, A.K. (1999.): Mortality of red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera:Tenebrionidae) exposed to high temperature and diatomaceous aerth combinations, Journal Of Stored Products Research 35 (2): 175-182.

7. Fields, P.G., Allen, S., Korunić, Z., McLaughlin, A., Stathers, T. (2003.): Standardised testing for diatomaceous earth. Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Pretoction, CAB International, Wallingford, UK, pp. 779-784.

8. Fields, P.G. (1998.): Diatomaceous earth: Advantages and limitations, U: Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-product Protection, Volume 1, Jin, Z., Liang, Q., Liang, Y., Tan, X., Guan, L. (ur.), Bejing: Sichuan Publishing House of Science and Technology, 781-784.

9. Fields, P., Korunić, Z. (2000.): The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles, Journal of Stored Products Research 3: 1-13.

10. Flinn, P.W., Hagstrum, D.W. (1998.): Distribution of *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Cucujidae) in Response to Temperature Gradients in Stored Wheat. Journal of Stored Products Research, 34 (2/3): 107-112.
11. Fornal, J., Jelinski, T., Sadowska, J., Grunda, S., Nawrot, J., Niewiada, A., Waechalenski, J.R., Blaszczak, W. (2007.): Detection of granary weevil *Sitophilus granarius* L., eggs and internal stage analysis. Journal of Stored Products Research, 43: 142-148.
12. Gospodarski list (2011.): Čuvanje i zaštita poljoprivrednih proizvoda na gospodarstvu, 22: 31-46.
13. Hamel, D. (2010.): Integralne mjere zaštite od štetnika hrane i uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, U: Cjelovito (integralno) suzbijanje štetnika hrane, uskldaištenih poljoprivrednih proizvoda, predmeta opće uporabe te muzejskih štetnika, Korunić, J. (ur.), Zbornik predavanja, 55-62.
14. Jacobs, S. (1998.): Cigarette Beetle (On-line). Dostupno na: [http://ento.psu.edu/extension /factsheets/cigarette-beetle]. Datum pristupa: 18.2.2015.
15. Kalinović, I. (1997.): Uskladištenje i tehnologija ratarskih proizvoda. Interna skripta, Poljoprivredni fakultet, Osijek.
16. Kalinović, I., Ivezić, M., Rozman, V., Liška, A. (2012.): Višegodišnje praćenje štetnika u skladišnim objektima Slavonije i Baranje. U: 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), Korunić, J. (ur.), Zagreb : KORUNIĆ d.o.o., 299-308.
17. Kalinović, I., Korunić, Z. (2010.): Insekti – gospodarski štetnici uskladištenih poljoprivrednih proizvoda i hrane, U: Cjelovito (integralno) suzbijanje štetnika hrane, uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, predmeta opće uporabe te muzejskih štetnika, Korunić, J. (ur.), Zbornik predavanja, 17-34.
18. Kalinović, I, Rozman, V. (2002.): Suvremeni pristup u suzbijanju štetnika u području zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, U: Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2002 - svijet i mi, Korunić, Z. (ur.)., Zagreb: Laser Plus d.o.o., 65-74.

19. Kalinović, I., Korunić, Z., Rozman,V., Liška, A. (2011.): Djelotvornost dijatomejske zemlje i mješavina dijatomejske zemlje i piretrina, Poljoprivreda 17 (2): 13-17.
20. Korunić, Z. (1998.): Diatomaceous earths, a group of natural insecticides, Journal of Stored Products Research, 34(2-3): 87-97.
21. Korunić Z., Cenkowski, S., Fields P. (1998.): Grain bulk density as affected by diatomaceous earth and application method. Postharvest Biology and Technology, 13: 81-89.
22. Korunić, Z. (2013.): Diatomaceous earth- natural insecticides, Pestic. Phytomed. (Belgrade), 28(2): 77–95.
23. Korunić Z., Fields, P. G., Civics, M . I. P., Noll, J. S., Lukow, O. M., Demianyk, C. J., Shibley, K. J. (1996.): The effect of diatomaceous earth on grain quality, Postharvest Biology and Technology 9: 373-387.
24. Korunić, Z., Mackay, A. (2000.): Grain surface-layer treatment of diatomaceous earth for insect control, Arh.Hig.Rada.Toksikol. 51:1–11.
25. Liška, A. (2009.): Noviji insekticidi i tehnologije u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, U: Zbornik radova DDD i ZUPP 2009 - slijedimo li svjetski razvoj, Korunić, Z. (ur.), Zagreb : Korunić d.o.o., 301-313.
26. Liška, A. (2011.): Insekticidna toksičnost 1, 8-cineola, kamfora i eugenola na *Tribolium castaneum* (Herbst). Doktorski rad. Osijek: Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
27. Maceljski, M. (1999): Poljoprivredna entomologija. Zrinski d.d., Zagreb.
28. Matti, P., Awaknavar, J.S. (2009.): Efficacy of diatomaceous earth formulations (Protest-It) admixed with flour for controlling *Tribolium castaneum* (Herbst), Karnataka J.Agri.Sci. 22(1): 224-225.
29. Quarles, W. (1992.): Diatomaceous earth for pest control. IPM Practitioner, 14: 1-11.
30. Quarles, W., Winn, P. S. (1996.): Diatomaceous earth and stored product pests, The IPM Practitioner 18 (5/6): 1-10.
31. Rigaux,M., Haubruge, H., Fields, P.G. (2001.): Mechanisms for tolerance to diatomaceous earth between strains of *Tribolium castaneum*, *Entomologia Experimentalis et Applicata 101: 33-39*
32. Rozman, V., Liška, A.: Skladištenje ratarskih proizvoda: Priručnik za vježbe, interna skripta, Poljoprivredni fakultet, Osijek.

33. http://www.pfos.unios.hr/~dsego/ftp/Skladistenje%20ratarskih%20proizvoda%20-prirucnik%20za%20vjezbe.pdf. Datum pristupa: 10. veljače 2015.
34. Rozman, V. (2010.): Metode otkrivanja kukaca u skladištima poljoprivrednih proizvoda i hrane te u domaćinstvu, U: Cjelovito (integralno) suzbijanje štetnika hrane, uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, predmeta opće uporabe te muzejskih štetnika, Korunić, J. (ur.), Zbornik predavanja, 107-118.
35. Rozman, V. (2010. a): Prepoznavanje insekata u skladištima prema nastalim štetama, U: Cjelovito (integralno) suzbijanje štetnika hrane, uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, predmeta opće uporabe te muzejskih štetnika, Korunić, J. (ur.), Zbornik predavanja, 63-88.
36. Subramanyam, B., Roesli, R. (2000.): Inert dusts. U: Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM, Subramanyam, B., Hagstrum D. (ur.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 321-373.
37. Toews, M.D., Phillips, T.W. (2002.): Factors affecting capture of *Cryptolestes ferrugineus* (Coleoptera: Laemophloeidae) in traps placed in stored wheat, Journal of Economic Entomology, 95(1): 200-207.
38. Upadhyay, R.K., Ahmad, S. (2011.): Management Strategies for Control of Stored Grain Insect Pests in Farmer Stores and Public Ware Houses, World J. Agric. Sci., 7 (5): 527-549.
39. Ziaee, M., Khashaveh, A. (2007.): Effect of five diatomaceous earth formulations against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae), The Authors Insect Science 14, 359-365.

Internet stranice:

1. http://www.cals.ncsu.edu/course/ent425/tutorial/tactics.html
2. http://www.gospodarski.hr/Publication/2014/20/najznaajniji-tetnici-u-skladitima /809 5#.V Mj7pmjF9bE
3. http://www.huddd.hr/nacin.html

8. Sažetak

Rad opisuje laboratorijsko testiranje djelotvornosti dijatomejske zemlje (DZ) u obliku prašiva Protect-it® u funkciji prirodnog insekticida za suzbijanje odraslog oblika hrđastog brašnara *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) te stadija ličinki duhanara *Lasioderma serricorne* (Fabricius) i kestenjastog brašnara *Tribolium castaneum* (Herbst). Cilj rada je testirati učinkovitost dijatomejske zemlje te pokušati osvijestiti poljoprivredne proizvođače kako bi implementirali prirodne insekticide u poljoprivrednoj proizvodnji. Maksimalni mortalitet hrđastog brašnara je postignut najvećom koncentracijom (0,04 g/50 g pšenice) nakon ekspozicije od 7 dana. Prašivo Protect-it® je utjecalo na smanjenje broja živih odraslih jedinki razvijenih nakon tretiranja ličinki vrsta *L. serricorne* i *T. castaneum*, pri čemu je broj razvijenih odraslih smanjen za oko 2 (kod *L. serricorne* pri koncentraciji od 0,02 g/50 g pšenice) do 2,3 puta (kod *T. castaneum* pri 0,01 g/50 g pšenice) u odnosu na kontrolne uzorke. DZ Protect-it® može se primijeniti kao uspješna preventivna metoda u zaštiti uskladištenih žitarica.

Ključne riječi: dijatomejska zemlja, Protect-it®, *Cryptolestes ferrugineus*, *Lasioderma serricorne*, *Tribolium castaneum*

9. Summary

The paper describes laboratory testing of Diatomaceous earth (DE) powder efficacy as a natural insecticide against the adult form of rusty grain beetle *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and larval stage of cigarette beetle *Lasioderma serricorne* (Fabricius) and red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst). The aim of this paper is to test the effectiveness of diatomaceous earth preparation Protect-it® and to raise awareness of farmers to implement natural insecticides in agricultural production. The highest concentration (0.04 g/50 g wheat) reached the maximum mortality rate of rusty grain beetle after exposure of 7 days. Protect-it® powder had impact on reduction of alive adult units developed from treated larvae of cigarette beetle and red flour beetle, wherein a number of developed cigarette beetle adults reduced to about two times (at 0.02 g/50 g wheat) and red flour beetle adults 2.3 times (at 0.01 g/50 g wheat) respectively in comparison to the control. Protect-It® can be used as a successful preventive method in protection of stored grain.

Key words: Diatomaceous earth, Protect-it®, *Cryptolestes ferrugineus*, *Lasioderma serricorne*, *Tribolium castaneum*

10. Popis tablica

Red. br.	Naziv tablice	Str.
Tablica 1.	Djelotvornost prašiva DZ Protect-it® na imago vrste *C. ferrugineus* nakon 4, 7 i 14 dana ekspozicije (Tukey's test, α=0,05)	19
Tablica 2.	Djelotvornost prašiva DZ Protect-it® na ličinke vrste *L. serricorne* (Tukey's test, α=0,05)	20
Tablica 3.	Djelotvornost prašiva DZ Protect-it® na ličinke vrste *T. castaneum* (Tukey's test, α=0,05)	21

11. Popis slika

Red. br.	Naziv slike	Str.
Slika 1.	*Cryptolestes ferrugineus* Steph.– hrđasti brašnar (Foto: I. Paponja)	6
Slika 2.	*Lasioderma serricorne* F. – duhanar (imago) (Foto: I. Paponja)	6
Slika 3.	*Lasioderma serricorne* F. – duhanar (ličinka) (Foto: I. Paponja)	7
Slika 4.	*Tribolium castaneum* Herbst– kestenjasti brašnar (imago i ličinka) (Foto: I. Paponja)	8
Slika 5.	Dijatomejska zemlja Protect-it® (Hedley Technologies Ltd., Ontario, Kanada) (Foto: I. Paponja)	17

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera **Diplomski rad**
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Zaštita bilja

PRIRODNI INSEKTICID PROTECT-IT® U KONTROLI SKLADIŠNIH KUKACA

Ivan Paponja

Sažetak: Rad opisuje laboratorijsko testiranje djelotvornosti dijatomejske zemlje (DZ) u obliku prašiva Protect-it® u funkciji prirodnog insekticida za suzbijanje odraslog oblika hrđastog brašnara *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) te stadija ličinki duhanara *Lasioderma serricorne* (Fabricius) i kestenjastog brašnara *Tribolium castaneum* (Herbst). Cilj rada je testirati učinkovitost dijatomejske zemlje te pokušati osvijestiti poljoprivredne proizvođače kako bi implementirali prirodne insekticide u poljoprivrednoj proizvodnji. Maksimalni mortalitet hrđastog brašnara je postignut najvećom koncentracijom (0,04 g/50 g pšenice) nakon ekspozicije od 7 dana. Prašivo Protect-it® je utjecalo na smanjenje broja živih odraslih jedinki razvijenih nakon tretiranja ličinki vrsta *L. serricorne* i *T. castaneum*, pri čemu je broj razvijenih odraslih smanjen za oko 2 (kod *L. serricorne* pri koncentraciji od 0,02g/50 g pšenice) do 2,3 puta (kod *T. castaneum* pri 0,01 g/50 g pšenice) u odnosu na kontrolne uzorke. DZ Protect-it® može se primijeniti kao uspješna preventivna metoda u zaštiti uskladištenih žitarica.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Mentor: Doc.dr.sc. Anita Liška
Broj stranica: 34
Broj grafikona i slika: 5
Broj tablica: 3
Broj literaturnih navoda: 38
Broj priloga: -
Jezik izvornika: Hrvatski

Ključne riječi: dijatomejska zemlja, Protect-it®,*Cryptolestes ferrugineus*, *Lasioderma serricorne*, *Tribolium castaneum*

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:
1. Prof.dr.sc. Vlatka Rozman, predsjednik
2. Doc.dr.sc. Anita Liška, mentor
3. Prof.dr.sc. Mirjana Brmež, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek **Graduate thesis**
Faculty of Agriculture in Osijek
University Graduate Studies, Plant production, course Plant protection

DIATOMACEOUS EARTH AS NATURAL INSECTICIDE IN PROTECTION OF STORED PRODUCTS

Ivan Paponja

Abstract: The paper describes laboratory testing of Diatomaceous earth (DE) powder efficacy as a natural insecticide against the adult form of rusty grain beetle *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and larval stage of cigarette beetle *Lasioderma serricorne* (Fabricius) and red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst). The aim of this paper is to test the effectiveness of diatomaceous earth preparation Protect-it® and to raise awareness of farmers to implement natural insecticides in agricultural production. The highest concentration (0.04 g/50 g wheat) reached the maximum mortality rate of rusty grain beetle after exposure of 7 days. Protect-it® powder had impact on reduction of alive adult units developed from treated larvae of cigarette beetle and red flour beetle, wherein a number of developed cigarette beetle adults reduced to about two times (at 0.02 g/50 g wheat) and red flour beetle adults 2.3 times (at 0.01 g/50 g wheat) respectively in comparison to the control. Protect-it® can be used as a successful preventive method in protection of stored grain.

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek
Mentor: Doc.dr.sc. Anita Liška
Number of pages: 34
Number of figures: 5
Number of tables: 3
Number of references: 38
Number of appendices: -
Original in: Croatian

Keywords: Diatomaceous earth, Protect-it®, *Cryptolestes ferrugineus*, *Lasioderma serricorne*, *Tribolium castaneum*

Thesis defended on date:

Reviewers:
1. DSc Vlatka Rozman, Full Professor, chairman
2. DSc Anita Liška, Assistant Professor, mentor
3. DSc Mirjana Brmež, Full Professor, member

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d