

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

Martina Popić, apsolvant

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

**PRIRODNO PRAŠIVO NA BAZI DIJATOMEJSKE ZEMLJE U ZAŠTITI
USKLADIŠTENOG JEČMA
Diplomski rad**

Osijek, 2019.

SVEUČILŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Martina Popić, apsolvant

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

**PRIRODNO PRAŠIVO NA BAZI DIJATOMEJSKE ZEMLJE U ZAŠTITI
USKLADIŠTENOG JEČMA
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, 2019.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	3
2.1 Skladištenje žitarica	3
2.2 Štetnici uskladištenih žitarica	4
2.2.1 Tipovi šteta i simptomi	5
2.2.2 Podjela štetnika	6
2.3 Rižin žižak (<i>Sitophilus oryzae</i> L.)	7
2.4 Metode kontrole štetnika	12
2.4.1 Preventivne mjere	12
2.4.2 Kurativne mjere	13
2.5 Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda	13
2.5.1 Higijenske mjere	13
2.5.2 Mehaničke mjere	14
2.5.3 Biološke mjere	14
2.5.4 Kemijske mjere	15
2.5.5 Fizikalne mjere	15
2.6 Inertna prašiva	17
2.6.1 Podjela inertnih prašiva	17
2.6.2 Dijatomejska zemlja (DZ)	19
2.6.3 Istraživanja mogućnosti primjene inertnih prašiva za suzbijanje skladišnih štetnika 21	
3. MATERIJALI I METODE	26
4. REZULTATI	30
4.1. Mortalitet imaga <i>Sitophilus oryzae</i> (L.) nakon 7 i 14 dana ekspozicije tretiranog zrna ječma s DZ SilicoSec®	30
4.2. Utjecaj DZ SilicoSec® na potomstvo F1 generacije <i>Sitophilus oryzae</i> (L.)	31
4.3. Brojnost imaga <i>Sitophilus oryzae</i> (L.) nakon 6 mjeseci čuvanja ječma tretiranog s DZ SilicoSec®	32
5. RASPRAVA	34
6. ZAKLJUČAK	35
7. POPIS LITERATURE	36

8. SAŽETAK	40
9. SUMMARY	41
10. POPIS TABLICA	42
11. POPIS GRAFIKONA.....	43
12. POPIS SLIKA	44
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	
BASIC DOCUMENTATION CARD	

1. UVOD

Poljoprivredne proizvode je nakon završetka žetve ili berbe potrebno pravilno uskladištiti kako ne bi došlo do gubitka njihove kvalitete i kvantitete. Budući da prehrambena industrija zahtijeva da sirovine za proizvodnju hrane odnosno uskladišteni poljoprivredni proizvodi budu bez oštećenja te bez prisutnosti štetnih organizama treba provoditi postupke i mjere zaštite prije svega za sprječavanje pojave štetnih organizama te njihovog daljnjeg širenja (Lucić, 2018.). 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 gubici (Kalinović, 1997.).

Skladišne štetnike dijelimo u 4 skupine: primarne, sekundarne, mikofagne i slučajne. Ekonomski najznačajniji štetnici su primarni jer oni oštećuju zdrava, neoštećena zrna. Toj grupi štetnika pripadaju: žišci (*Sitophilus* spp.), žitni kukuljičar (*Rhyzopertha dominica* Fab.), moljci (bakrenasti, hambarski i dr.). Manje ekonomski značajni štetnici su sekundarni jer oni ne oštećuju zdrava zrna već se hrane lomom zrna ili zrnom koje su ranije oštetili primarni štetnici, dakle javljaju se kao pratioci primarnih štetnika koji im stvaraju uvjete za život tako što oštećuju zrna. Predstavnici sekundarnih štetnika su: brašnari, brašneni moljac i duhanov moljac.

U skladištu se primjenjuju preventivne i kurativne mjere zaštite uskladištenih proizvoda od štetnika. Preventivne mjere sprječavaju pojavu skladišnih štetnika, a kurativnim mjerama se uništava već postojeća štetna populacija. Pored ove podjele postoji još i podjela mjera zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda na: higijenske, fizikalne, biološke, mehaničke i kemijske mjere. U higijenske mjere se ubrajaju metode održavanja higijene skladišta kako bi se spriječili povoljni uvjeti za pojavu i razmnožavanje štetnika. Mehaničke mjere obuhvaćaju čišćenje zrna od primjesa te uklanjanje zaraženih zrna i samih kukaca. Biološke mjere podrazumijevaju uništavanje štetnika njihovim parazitima, predatorima ili patogenima. Kemijske mjere podrazumijevaju primjenu kemijskih insekticida koji su vrlo učinkoviti ali imaju niz negativnih posljedica, npr. razvoj rezistentnih populacija štetnika, rezidue pesticida u hrani koje dovode u pitanje

zdravstvenu ispravnost tretiranih proizvoda te onečišćenje biosfere. Budući da je sve veća ekološka osviještenost kod ljudi zbog štetnih posljedica pesticida, nastoji se naći adekvatno rješenje uz što manju primjenu kemijskih sredstava. Iz tog razloga kombiniraju se sve raspoložive mjere kroz integralnu zaštitu hrane i uskladištenih poljoprivrednih proizvoda (Lucić, 2018.). U fizikalne mjere ubraja se primjena visokih i niskih temperatura, ionizacija te korištenje inertnih prašiva (Kalinović i Rozman, 2002.). Inertna prašiva prijanjaju na tijelo kukca te oštećuju njihov zaštitni voštani sloj kutikule sorpcijom, a u manjoj mjeri i abrazijom, što rezultira gubitkom vode iz tijela kukca, nakon čega kukac ugiba (Korunić, 2013.). Inertno prašivo dijatomejska zemlja (DZ) već se dugo upotrebljava kao insekticid u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Čine ju fosilizirani ostaci dijatoma (jednostaničnih algi različitih oblika i veličina), a uglavnom se sastoji od amorfnog silicijskog dioksida uz manji udio minerala gline i željeznih oksida (Galović i sur. 2015.). Danas je u uporabi velik broj formulacija: SilicoSec®, Protect-It™, Inescto, Perma-Guard™, Protector itd. (Kalinović i sur., 2011.)

Cilj ovoga rada je utvrditi insekticidnu djelotvornost dijatomejske zemlje (DZ) SilicoSec® na rižinog žiška *Sitophilus oryzae* (L.) u laboratorijskim uvjetima i realnim skladišnim uvjetima nakon 6 mjeseci čuvanja tretiranog ječma.

2. PREGLED LITERATURE

2.1 Skladištenje žitarica

Uskladištenje, čuvanje ili spremanje proizvoda predstavlja krajnji ili završni zahvat u cjelokupnom procesu proizvodnje pojedine ratarske kulture. Sve što je poduzeto od početka procesa pa do trenutka uskladištenja imalo je za svrhu određeni proizvod dovesti upravo do spomenute faze. Količina i kakvoća ubranog proizvoda trebala bi u izvjesnom smislu pokazati uspjeh proizvodnje (Ritz, 1978.). No da bi uspjeh bio potpun, stvoreni proizvod treba i sačuvati. Potrebno je naglasiti da je ova faza proizvodnje odnosno skladištenje poljoprivrednih proizvoda veoma značajna, jer ako znamo proizvesti žitarice onda je potrebno i pravilno sačuvati zrno do trenutka korištenja bilo kao poluproizvod ili finalni proizvod. Tijekom skladištenja može doći do raznih promjena koje mogu utjecati na robu. Za vrijeme skladištenja pod utjecajem raznih čimbenika dolazi do promjene biokemijskih, fizikalnih i kemijskih procesa u zrnu, a čimbenici koji utječu na uskladišteni proizvod mogu biti biološkog i mehaničkog karaktera (Kalinović, 1997.). Pod biološke čimbenike ubrajaju se: disanje, proključavanje, samozagrijavanje, insekti i grinje, štete od glodavaca, ptica i mikroorganizmima, a pod mehaničke čimbenike: ozljede, lom zrna i rasipavanje (tablica 1.). Pojedini gubici su neizbježni, kao što su gubici nastali uslijed disanja proizvoda kao biološki čimbenik, te gubici nastali uslijed loma zrna, kao mehanički čimbenik nastanka gubitaka (tablica 1.).

Tablica 1. Shematski prikaz utjecaja raznih čimbenika na uskladištene proizvode (Ritz,1978.)

VRSTE ČIMBENIKA	Gubitak	
	kvalitete	kvantitete
Zrnati proizvodi		
BIOLOŠKI		
1. Disanje		
2. Proključavanje		
3. Samozagrijavanje		
4. Insekti i grinje		
5. Štete od glodavaca		
6. Štete od ptica		
7. Mikroorganizmi		
MEHANIČKI		
1. Ozljede		
2. Lom zrna		
3. Rasipavanje		

Glavni zadaci pravilnog skladištenja su:

- Sačuvati robu bez gubitka kvalitete (kakvoće)
- Sačuvati robu bez gubitka težine (kvantitete)
- Povećati kakvoću proizvoda
- Smanjiti što više troškove rada i sredstava po jedinici težine proizvoda

Iz navedenih zadataka pravilnog skladištenja zaključuje se da je osnovni cilj skladištenja sačuvati prirodna svojstva žitarica i ukoliko je moguće neka svojstva poboljšati.

Važno je znati namjenu uskladištenog proizvoda, a ona može biti: sjemenska roba - za reprodukciju, merkantilna roba – trgovačka, poluproizvodi i gotovi proizvodi (Kalinović, 1997.).

Ratarske kulture se obzirom na njihove karakteristike i namjenu skladište i čuvaju u određenim skladištima koja mogu biti različito organizana i konstruirana tako podna skladišta mogu biti tavani, hambari i velika podna skladišta, zatim koševi za čuvanje kukuruza u klipu, silosi, improvizirana skladišta i specijalna kao što su podrumi, trapovi te skladišta bez prisustva zraka (Ritz, 1978.).

Neki od načina skladištenja su: uobičajeno ili direktno (odmah nakon žetve bez pregradnji) što znači da ćemo proizvod smjestiti u odgovarajuće skladište izravno ali vodeći računa o uvjetima skladištenja, o mogućnosti dodatnog sušenja ili dosušivanja, što je u većini slučajeva potrebno kod uskladištenja zrnatih proizvoda i čuvanje proizvoda kemijskim sredstvima (konzerviranje), što se također primjenjuje uglavnom kod zrnatih proizvoda.

2.2 Štetnici uskladištenih žitarica

Skladišni štetnici su se prilagodili životu u zatvorenom prostoru gdje im se cijeli životni ciklus odvija upravo na uskladištenim poljoprivrednim proizvodima i njihovim prerađevinama. Ranije su skladišni štetnici živjeli u prirodi na otvorenom ali su se postupno prilagođavali uvjetima u zatvorenom prostoru. Kako su ljudi počeli proizvoditi sve veće količine hrane i stvarati zalihe tako su i štetnici počeli novim uvjetima života, na uskladištenim poljoprivrednim proizvodima (Rotim i Ostojić, 2014.).

U skladištima poljoprivrednih proizvoda vladaju povoljni uvjeti za život i razmnožavanje brojnih štetnika životinjskog porijekla. To su pretežito kukci, grinje te glodavci. Svi oni u

skladištu nalaze velike količine nagomilane hrane, povoljne uvjete za razvoj i razmnožavanje u odnosu na vanjsku temperaturu, a zaštićeni su od ekstremnih klimatskih uvijeta i od prirodnih neprijatelja (Maceljski i Igrc, 1991.).

Štetnici u skladištu nanose razne štete. Oštećuju proizvode smanjujući njihovu težinu, a budući da se hrane samo određenim dijelovima npr. endospermom zrna, snižavaju i njihovu kvalitetu. Na snižavanje kvalitete utječu i samim svojim prisustvom, te izmetom. Jače zaraženi proizvodi zagrijavaju se radi intenzivnog života štetnika što uvjetuje nadalje i povišenje vlage proizvoda. Time se stvaraju povoljni uvjeti za razvoj mikroorganizama pa se štete povećavaju. Napad štetnika često uzrokuje i biokemijske promjene u proizvodima, npr. povećanje sadržaja dušika i slobodnih masnih kiselina. Oni često uzrokuju loš miris i izgled robe. Štetnici uzrokuju i sniženje bioloških svojstava poput klijavosti sjemena. Neki štetnici, naročito glodavci mogu prenijeti i uzročnike zaraznih bolesti na ljude i domaće životinje (Maceljski i Igrc, 1991.).

2.2.1 Tipovi šteta i simptomi

Što se tiče simptoma od skladišnih štetnika oni mogu biti vidljivi, tako da se uoči njihovo prisustvo u masi uskladištenog proizvoda ili nevidljivi, odnosno skriveni ako su se štetnici razvili unutar proizvoda, što znatno otežava njihovo uočavanje.

Vidljivi simptomi:

- Prisustvo živih oblika skladišnih štetnika različitih životnih stadija
- Prisustvo ekskrecijskih produkata i fekalija te dijelova tijela štetnika u proizvodu
- Prisustvo zapredotina i filta u proizvodu uslijed napada moljaca
- Prisustvo karakterističnih mirisa pojedinih vrsta štetnika u proizvodu
- Prisustvo nagriženih i izjedenih dijelova proizvoda, cijelog proizvoda te ambalaže
- Prisustvo lomljenih zrna
- Povišena temperatura i vlaga proizvoda

Nevidljivi simptomi:

- Štetnici se nalaze unutar proizvoda, njihovo prisustvo nije vidljivo golim okom te se proizvodi moraju pregledati posebnim analitičkim metodama primjerenim za otkrivanje skrivene zaraze (inkubacijska metoda, flotacijska metoda, metoda

bojenja, prozirnost, rendgenska metoda, respiracijska metoda - CO₂ i akustična metoda utvrđivanja zvuka).

Kako bi se spriječila pojava skladišnih štetnika unutar skladišnih objekata i silosa potrebno je prije prijema roba na čuvanje redovno pregledavati prazne objekte. Pregled se obavlja zbog utvrđivanja mogućih oštećenja krovnih konstrukcija, razbijenih prozora i oštećenih ventilatora, oštećenih ulaznih otvora, pukotina u zidu i podu te znakova ulaska i pojave štetočina, kao i pregled skladišnog objekta izvana i površine oko skladišta (Rozman, 2010.).

2.2.2 Podjela štetnika

Prema štetnom djelovanju, odnosno načinu ishrane skladišne štetnike dijelimo na primarne, sekundarne, mikofagne i slučajne.

1. Primarni štetnici

Oni mogu oštetiti neoštećena zrna žitarica i leguminoza. Ekonomski su najznačajniji štetnici, a mogu u potpunosti uništiti proizvod izjedajući sadržaj i razvijajući se u unutrašnjosti zrna. Posebno su opasni za sjemenski materijal jer izjedaju klice, a svojim metabolizmom zagrijavaju zrnatu masu i iniciraju proces samozagrijavanja. Najčešći predstavnici su: pšenični, kukuruzni i rižin žižak, grahov, graškov, bobov i kavin žižak, žitni kukuljičar, trogoderma žita, duhanar, brašnena i sirna grinja, bakrenasti, žitni i hambarski moljac i dr. (Rozman, 2010.).

Žišci- *Sitophilus* vrste

Kukci roda *Sitophilus* su značajni štetnici u područjima Republike Hrvatske, a rasprostranjeni su u cijelome svijetu. Nema gotovo niti jednoga spremnika žitarica u kojem ne nalazimo ovakve štetnike. Pripadaju redu Coleoptera - kornjašima i porodici Curculionidae - pipe (Ivezić, 2008.). Kukci ove vrste se razvijaju unutar zrna (interni štetnici), te dolazi do gubitka mase i kakvoće zrna. Na početku zaraze gubitak od aktivnosti ličinki i imaga iznosi od 2 do 3%, a kasnije se gubitak postupno povećava. Nakon 9. mjeseci skladištenja gubitak može dostići i 50% (Hamel, 1997.). Budući da pripadaju primarnim štetnicima imaju visok ekonomski značaj.

Žišci na žitaricama su:

- *Sitophilus granarius* L. - pšenični žižak
- *Sitophilus zeamais* Motsch. - kukuruzni žižak
- *Sitophilus oryzae* L. - rižin žižak



Slika 1. *S. granarius* L.
– pšenični žižak

Izvor: <https://www.flickr.com/photos/coleoptera->



Slika 2. *S. zeamais* Motsch.
– kukuruzni žižak

Izvor: http://www.ces.csiro.au/aicn/name_s/b_3759.htm



Slika 3. *S. oryzae* L.
– rižin žižak

Izvor: <https://www.flickr.com/photos/coleoptera->

Njihovo tijelo je dužine od 2,3 do 4,5 mm, a imaju karakterističnu glavu koja je produžena u rilo pomoću kojeg se ubušuju u zrno te imaju koljenasta ticala. Morfološke razlike između vrsta: rižin i kukuruzni žižak imaju 4 ovalne crvenkaste pjege na pokrilju, gusta i okrugla udubljenja na vratnom štitu (slika 2 i 3.) i mogu letjeti, dok pšenični žižak nema pjege na pokrilju, ima krupnija i rjeđe raspoređena okrugla udubljenja na vratnom štitu (slika 1.) i ne leti. Optimalne temperature za njihov razvoj se kreću od 21 do 28°C uz vlagu zrna od 13,5 do 14% uz minimalnu relativnu vlagu zraka od 50 do 60%. Žišci u pravilu imaju od dvije do četiri generacije godišnje, a ženka polaže od 200 do 600 jajašaca.

2.3 Rižin žižak (*Sitophilus oryzae* L.)

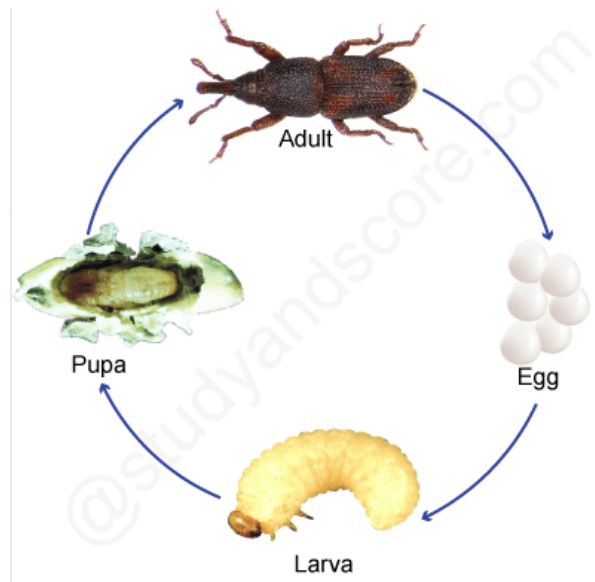
Sve se više širi te samim time predstavlja sve veću opasnost u skladištima. Podrijetlom je iz tropskih krajeva, gdje napada žitarice u polju, dok u krajevima s umjerenom klimom živi

samo u skladištima. Sličan je žitnom žišku ali se razlikuje od njega po nešto kraćem i točkastom vratnom štitu i dvije svijetlosmeđe mrlje na pokrildju (slika 3). Veličine je od 2,5 do 3,5 mm i crveno-smeđe do crne boje (Ivezić, 2008.). Ispod pokrildja ima drugi par opnastih krila pa može letjeti, te na polju vršiti zarazu, što je u praksi rijedak slučaj. Termofilna je vrsta, a optimalna temperatura za razvoj ličinki iznosi 24 – 28°C. Znatno je plodniji od žitnog žiška. Ličinka žitnog žiška se može razvijati samo u neoštećenom zrnju, a ličinka ove vrste može svoj razvoj završiti i u oštećenom zrnju (Maceljki i sur, 1991.). Prezimljuje u polju na strništu. Ličinka se može razvijati i kod samo 7% vlažnosti zrna. Napada različite vrste žitarica, rižu, kukuruz, grašak, grah, prerađevine od brašna i suho voće (Ivezić, 2008.).



Slika 4. *Sitophilus oryzae* L.

Izvor: <https://www.flickr.com/photos/coleoptera-us/3546202126>



Slika 5. Životni ciklus rižinog žiška

Izvor: <https://www.studyandscore.com/studymaterial-detail/pest-of-rice-sitophilus-oryzae-distribution-life-cycle-nature-of-damage-and-control-measures>

Žišci na leguminozama:

- *Acanthoscelides obtectus* Say. – grahov žižak
- *Bruchus pisorum* L. - graškov žižak
- *Callosobruchus maculatus* (F.) - četverotočkasti žižak

- *Callosobruchus chinensis* L. - kineski žižak

Porijeklom su iz tropskih krajeva s optimalnim temperaturama razvoja 32,5°C i relativnom vlagom zraka do 90%. Mogu imati od 7 do 8 godišnje, a ženka izaziva zarazu već na polju polagajući jaja na mahune ili u zrno. Njihovo tijelo je prekriveno kratkim dlačicama i imaju duga ticala dok im je glava jako savijena prema dolje. Pokrilje je kratko i prošarano pjegama, a ispod njih se nalaze krila za letenje (Rozman, 2010.).

Kukuljičari, bušaći zrna

Najvažniji kukuljičar u našim krajevima je žitni kukuljičar (*Rhyzopertha dominica* F.) (slika 6.). Jedna je od sitnijih štetočina žitarica, pa je u stanju za kratko vrijeme napraviti velike štete. Ima tijelo dužine od 2,3 do 3 mm, a nadvratni štit potpuno pokriva glavu. Tamno smeđe je boje. Na pokrilju i vratnom štitu nalaze se udubljenja u vidu točkica. Ličinka je bijela, a može izgristi cijelu unutrašnjost zrna. Imaju dvije generacije godišnje (Ivezić, 2008.). Optimalna temperatura za njihov razvoj je 30-34°C. Relativna vlaga zraka nema većeg utjecaja na razvoj ovog štetnika po čemu se kukuljičar razlikuje od ostalih vrsta. Tako je moguć razvoj i kod vlage zrna od samo 10%. Iako je termofilna vrsta, može prezimjeti i u našim uvjetima, a nalazi se u stalnom porastu u našim skladištima (Maceljski i Igrc, 1991.).



Slika 6. *Rhyzopertha dominica* Fab

Izvor: https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/222051

2. Sekundarni štetnici

To su štetnici koji ne mogu oštetiti neoštećeno i zdravo zrno žita, već se hrane raznim primjesama i otpacima ili usitnjenom robom. Oni se javljaju kao pratioci primarnih koji

njima stvaraju uvjete za život (oštećivanjem i usitnjavanjem zrna), no još povoljnije uvjete za njihovu pojavu stvara čovjek mehaničkim oštećivanjem (kod berbe ili žetva, transporta i sl.) zrna. Uvođenje kombajniranja u tehnološki proces proizvodnje pogodovalo je širenju raznih vrsta sekundarnih štetnika budući da dolazi do češćeg oštećivanja i loma zrna (Maceljski i Igrc, 1991.). Sekundarni štetnici su ekonomski manje značajni od primarnih, a predstavnici sekundarnih štetnika su brašnari (crni brašnar, mali brašnar, surinamski brašnar, kestenjasti brašnar i veliki brašnar), brašneni moljac i duhanov moljac (Rozman, 2010.).

Crni (Mauritanski) brašnar (*Tenebrioides mauritanicus* L.) - tijelo mu je spljošteno i s gornje strane tamnosmeđe, dok je s donje strane smeđe, dugo od 6 do 11 mm. Ličinka je bijele boje s tamnim prvim i zadnjim segmentom tijela s dva tamna nastavka na zatku. Naraste do 19 cm. Oštećuje zrnje žitarica izgrizanjem klice, a kako jedna ličinka može uništiti i više tisuća klica to su najveće štete na sjemenskoj robi. Obično se javlja pojedinačno, no ima ga u svakom skladištu. Može oštećivati i ambalažu i drvene dijelove raznih postrojenja kao i svilena sita. Ima jednu generaciju godišnje (Maceljski i Igrc, 1991.).

Surinamski brašnar (*Oryzaephilus surinamensis* L.) - vrlo često se nalazi u zajednici sa žiškama (Ivezić, 2008.). Lako se prepoznaje jer na nadvratnom štitu ima po 6 zubaca sa svake strane. Duljina tijela je od 2 do 3 mm i smeđe je boje. Termofilna je vrsta kojoj razvoj prestaje na 17,5°C. Samo se kod masovne pojave može hraniti i neoštećenim zrnjem. Može imati od 2 do 6 generacija godišnje (Maceljski i Igrc, 1991.).

Veliki brašnar (*Tenebrio molitor* L.) – najveći je štetni kornjaš u našim skladištima: ima tijelo dugo od 12 do 17 mm skoro crne boje. Ličinka ima valjkasto žuto tijelo dugo do 28 mm. Hrani se brašnom i brašnenim proizvodima, no nalazi se i u žitu, proizvodima animalnog podrijetla (mliječnom prahu, mesu i dr. proizvodima). Vrlo je otporan na niske temperature. Ima jednu do dvije generacije godišnje (Maceljski i Igrc, 1991.).

Mali brašnar (*Tenebrio confusum* Duv.) – hrani se samo izlomljenim i oštećenim zrnima žita. Njihov napad nadovezuje se na napad žižaka, a mogu oštetiti i zdrava zrna, samo ako su vlažna i omekšala. Imago je dužine od 3 do 4 mm i hrđasto je smeđe boje. Tijekom godine može imati 2 generacije. Ženka odlaže jaja u brašno, krupicu, mekinje, žitarice, suho voće, tjestenini, grahu, grašku, kakau itd. Osim *Tribolium confusum* u skladištima se

nalazi i *Tribolium castaneum*, a vrlo su slični po građi tijela i načinu oštećenja na proizvodima (Ivezić, 2008.).

Brašneni moljac (*Ephestia kuhiniella* Zell.) – ima sivkasta krila s crvenim prugama, raspona 22 do 25 mm. Gusjenica je bjeličasta ili ružičasta, naraste do 20 mm. Gusjenice se hrane prvenstveno brašnom i sličnim proizvodima koje zapredaju u veće hrpe. Tijekom jednog dana tridesetak gusjenica može zapresti 1kg brašna. Ima 3 do 5 generacija godišnje. Optimalne temperature su 30°C uz vlagu zraka od 75% (Rozman, 2010.).

Duhanov moljac- *Ephestia elutella* (Hbn.) – štetnik je duhana, žitarica, kakaovca, suhog voća i stočne hrane. Na robu stvara zapredotine, a sličan je brašnenom moljcu samo je manji. Ima od 3 do 4 generacije godišnje. Optimalne temperature za njegov razvoj su 30°C uz vlagu zraka od 75% (Rozman, 2010.).

3. Mikofagne vrste

Mikofagni štetnici se hrane sporama skladišnih gljivica koje se javljaju na raznovrsnoj uskladištenoj robi. Nisu direktno štetni jer ne napadaju izravno uskladišteni proizvod, ali su štetni samim svojim prisustvom, a ujedno su i indikator povišene vlage i općenito loše kvalitete robe (Maceljki i Igrc, 1991.). Šire zarazu gljivicama unutar uskladištenog proizvoda, a proizvode zagađuju svojim metabolizmom, ekskrementima i fragmentima. Razvijaju se u međuzrnatom prostoru uskladištene mase, a ekonomski su manje značajni štetnici od primarnih i sekundarnih vrsta. Predstavnici mikofagnih štetnika su prašne uši Psocoptera te razne vrste gljivara (Rozman, 2010.). Prašne uši se najviše javljaju u podnim skladištima pšenice, a manje u silosima. Najčešće vrste u našim skladištima su: *Lachesilla pedicularia*, *Liposcelis bostrichophila*, *Liposcelis corodens* itd.(Rozman, 2010.) Povoljni uvjeti za njihov razvoj su visoka relativna vlaga zraka (preko 70%), vlažnost proizvoda 14 – 18%, te povišena temperatura proizvoda od 22 do 33°C (Kalinović i sur., 2006.).

4. Slučajne vrste

One ne oštećuju uskladištene proizvode ali su prisutne bilo zato što se hrane uginulim štetnicima ili su paraziti štetnika ili su prilikom žetve ili transporta slučajno donesene u skladište. Također, i one samim svojim prisustvom zagađuju robu, ali nisu ekonomski značajni štetnici jer ugibaju u skladišnim uvjetima Najčešće su to razne vrste stjenica. (Maceljki i Igrc, 1991.)

2.4 Metode kontrole štetnika

Zbog velike količine hrane i povoljnih uvjeta (temperatura, vlaga i dr.) koji vladaju u skladišnim prostorima, česti su slučajevi prekomjerne pojave i razmnožavanja štetnih kukaca, grinja kao i pojava mikroorganizama. Tako i najmanja prisutnost štetnika može za kratko vrijeme prerasti u masovni napad. Načini čuvanja skladišnih proizvoda nisu se značajno promijenili, ulaganja u skladišta su ostala na niskoj razini. Skladišni štetnici cijeli život ili dio života provode na uskladištenim žitaricama ili u unutar zrna te ih je radi toga teško uspješno suzbiti. Suzbijanje skladišnih štetnika podrazumijeva preventivne i kurativne mjere. Preventivne mjere treba provoditi kada napada još nema ili je vrlo slab ili kurativno kada postoji napad odnosno posti populacija štetnika u skladištu. U svakom objektu u kojem se čuvaju poljoprivredni proizvodi treba provoditi sistem preventivnih mjera kojim će se spriječiti jača pojava štetnika, a time i provedba kurativnih mjera učiniti nepotrebnom.

2.4.1 Preventivne mjere

Preventivne mjere su relativno jednostavne i jeftine, ne zahtijevaju usluge drugih osoba i organizacija, a osiguravaju najbolji uspjeh, jer sprječavaju samu pojavu štetnika, pa tako nema niti početnih šteta (Maceljki, 1991.). Preventivnim mjerama se sprječava pojava štetnika i uništava malobrojna populacija koja ne izaziva značajne štete u skladištima. Preventivne metode uključuju postupke kojima je onemogućen ili otežan ulazak štetnika u skladišne prostore (npr. postavljanje mreža na prozore). Zidovi skladišnih prostora bi trebali biti glatki da se što manje zadržava prašina i bez pukotina u koje bi se mogli skloniti štetnici, a prostori se moraju redovno čistiti. Jedna od osnovnih preventivnih mjera je pravilna priprema skladišta za skladištenje robe tako da se ono očisti, ukloni otpad iz njega kao i zaostale količine uskladištene mase. Nakon čišćenja važna je dezinfekcija skladišta, kao i transportnih uređaja kako bi se spriječilo unošenje štetnika u skladište. Prije skladištenja važno je obaviti kontrolu robe koja se unosi u skladište. Kontrolom se utvrđuje postoji li prisutnost štetnika u robi, mjeri se vlaga, temperatura, primjese i dr. Jedna od važnijih preventivnih metoda je i kontinuirano praćenje pojave štetnika i nadzor. Praćenje štetnika se obavlja pomoću raznih lovnih mamaka na bazi feromona za pojedine vrste kukaca.

Metode otkrivanja kukaca mogu biti izravne (direktne) pomoću kojih otkrivamo vidljivu zarazu uskladištenog proizvoda na terenu i neizravne (indirektne) metode kojima

otkrivamo skrivenu zarazu proizvoda te se provode uglavnom u laboratorijskim uvjetima. Vizualnim pregledom objekta i uzorka određuje se apsolutna procjena populacije, a postavljanjem zamki i lovki se dobije 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 ubrajaju se inkubacija, flotacija, bojanje, prozirnost, respiracija, rendgenska metoda i akustična metoda (Rozman, 2010.).

2.4.2 Kurativne mjere

Za razliku od preventivnih mjera, kurativne često iziskuju određenu opremu, znatno su skuplje i većinom traže usluge posebnih ovlaštenih organizacija (DDD poduzeća), a u nekim objektima se uopće ne mogu provesti. Kurativnim mjerama se uništava već postojeća populacija štetnika u skladištima. Uspjeh kurativnih mjera slabiji je od onog preventivnih mjera, jer je već došlo do izvjesne štete prije samog suzbijanja, a prisustvo mrtvih štetnika jednako kao i živih, onečišćuje proizvode i smanjuje njihovu vrijednost (Maceljski i Igrc, 1991.).

2.5 Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda

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

2.5.1 Higijenske mjere

Jedna od osnovnih mjera sprječavanja pojave štetnika je održavanje opće higijene skladišta i ostalih objekata., s ciljem održavanja što neprikladnijih uvjeta za razvoj i razmnožavanje štetnika. (Maceljski, 1991.). Održavanjem povoljnih uvjeta istovremeno se sprječava smanjenje kvalitete i kvantitete uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Pojava kukaca i girnja je vidljiva te se poduzimaju razne mjere za smanjenje populacije ili za njihovo suzbijanje. Potrebno je kontinuirano uzorkovanje uskladištene robe, održavanje niže temperature u podnim skladištima ili silosima te prozračivanje. Uskladištene poljoprivredne proizvode treba čuvati pri nižim temperaturama 10-15°C, a vlagu zrna ječma i pšenice održavati 11 - 13%. Održavanjem niskih temperatura se smanjuje aktivnost kukaca i usporava njihov razvoj (Hamel, 2014.). Potrebno je zaposlenike informirati i organizirati edukacije o poboljšanjima uvjeta za čuvanje uskladištenih poljoprivrednih proizvoda.

2.5.2 Mehaničke mjere

Za suzbijanje štetnika učinkovite su i mehaničke mjere i to indirektna (manipulacija okoliša – zrna) i direktna (manipulacija kukaca). U indirektna mjere ubrajamo čišćenje zrna od primjesa (lom zrna, prašina, sjeme korova) čime se onemogućava razvoj sekundarnih vrsta kukaca, potom pneumatska manipulacija zrna, kada se postiže mortalitet kukaca, ili višekratno prebacivanje uskladištenog zrna. U direktna mehaničke mjere se ubraja čitav niz održavanja pravilne sanitacije, uklanjanja zaraženih zrna kukcima, te samih kukaca iz uskladištenih proizvoda ili prostora, kao i primjena entoletera u mlinovima (Kalinović i Rozman, 2002.).

2.5.3 Biološke mjere

Biološke mjere suzbijanja podrazumijevaju uništavanje štetne populacije njihovim parazitima, predatorima ili patogenima. To su zapravo biološki insekticidi koji su učinkoviti ako se kombiniraju s ostalim mjerama integrirane zaštite. Biološki insekticidi su živi materijal koji je osjetljiviji od klasičnih insekticida, a za njihovu uporabu je potrebna praksa i iskustvo (Kalinović i Rozman, 2002.).

U parazite skladišnih kukaca spadaju osice opnokrilaca (Hymenoptera), čije ženke napadaju jajašca i ličinke različitih vrsta domaćina. Primarne štetnike u koje se ubraja i ispitivani kukac rižin žižak parazitiraju osice pteromalide (*Anisopteromalus calandrae*, *Lariophagus distinguendus*, *Pteromalus cerealellae*). Razne vrste moljaca parazitiraju osice trihogramatidae (*Trichogramma pretiosum*, *T. evanescens*, *T. minutum*...), a njihove ličinke parazitiraju osice brakonida (vrsta *Bracon hebeor*). Parazitska osica, primjerice vrsta *Anisopteromalus calandrae* može smanjiti infestaciju rižinog žiška u rasutom žitu za 90%. Od kukaca najčešća je hemipteroidna vrsta *Xylocoris flavipes*, a istraživanjem je utvrđeno da napada 30 vrsta kornjaša i moljaca, od čega najviše stadij ličinki (Kalinović i Rozman, 2002.).

Utvrđeno je da i grinje mogu biti predatori kukaca. Tako vrsta *Pyemotes tritici* napada sve razvojne oblike štetnih moljaca - *P. interpunctella*, *S. cerealella*, *C. cautella* i kornjaša – *O. mercator*, *T. castaneum*, *L. serricornis*. Grinja kao predator grinja je vrsta *Cheyletus eruditus*, koja prema istraživanjima u potpunosti eliminira populaciju 2 vrste grinja – *Acarus siro* i *Glycyphagus destructor*. (Kalinović i Rozman, 2002.)

Od bakterija koriste se spore *Bacillus thuringiensis*, a od virusa granulosi i citoplazmatski virusi koji djeluju kao intercelularni paraziti kod štetnika te imaju dugotrajno djelovanje. Od entomofagnih gljivica koriste se spore *Beauveria bassiana* koje su kratkotrajnog parazitnog djelovanja, a entomofagne nematode su manje učinkovite za biološko suzbijanje štetnika u skladištima, jer za svoj razvoj trebaju visoku vlažnost (Kalinović i Rozman, 2002.).

2.5.4 Kemijske mjere

One su pored ostalih još uvijek najučinkovitije mjere. Kemijske mjere obuhvaćaju primjenu insekticida, fumiganata i rodenticida (Kalinović i Rozman, 2002.).

U skladištima, silosima, tvornicama stočne hrane i ostalim sličnim objektima smiju se koristiti samo određeni insekticidi i samo na određeni strogo propisani način. Insekticidi se mogu koristiti za vlažnu dezinfekciju, za tretiranje prostora, robe i ambalaže. Vlažna dezinfekcija se vrši prskanjem ili zaprašivanjem svih površina (zidova, stropa, poda, pregrada itd.) u nekom objektu sredstvima duljeg rezidualnog djelovanja. Tretiranje prostora se vrši u praznom skladištu pomoću specijalnog aparata (atomizera) koji raspršuju tekući insekticid u vrlo sitne kapljice. Što se tiče tretiranja robe, koristi se samo mali broj insekticida (Glasilo biljne zaštite, 2019.).

Fumigacija je složen postupak kojim se primjenom plina (fumiganata) uništavaju štetnici u skladištu. Aktivna tvar koja se koristi u postupku fumigacije se pri određenoj temperaturi i tlaku nalazi u plinovitom stanju, u koncentraciji koja uzrokuje smrt određenih organizama koji su joj izloženi. Ona je neosporno najučinkovitija mjera suzbijanja već postojeće zaraze štetnicima i nema nikakvo rezidualno djelovanje. Ako nakon nje uvjeti za pojavu štetnika ostanu i dalje povoljni, doći će do ponovne zaraze i ponovne potrebe za fumigacijom. Kod fumigacije se koriste izuzetno otrovna sredstva tako da ju smiju provoditi samo ovlaštene organizacije

(<http://www.ekobel.net/index.php?option=comcontent&view=article&id=66&Itemid=93>).

2.5.5 Fizikalne mjere

Fizikalne mjere su zapravo postupci manipuliranja fizikalnim okolišem, gdje se ne dozvoljava porast populacije štetnika ili se ona reducira, odnosno potpuno eliminira. To je jedna od najstarijih mjera suzbijanja, gdje je osnova bila - dobro skladištiti sjeme - održati

ga suhim i hladnim. U fizikalne mjere spadaju primjena niske i visoke temperature, modificirana atmosfera (koja se može ubrojiti i u kemijske mjere), ionizacija, te korištenje inertnih prašiva (Kalinović i Rozman, 2002.).

Što se tiče održavanja niskih temperatura (5-15°C) u uskladištenim poljoprivrednim proizvodima onemogućava se rast i razvoj kukaca, grinja i mikroorganizama, a disanje zrna se svodi na minimum, čime se zaustavljaju intenzivni fiziološki procesi koji bi u protivnom izazvali gubitke.. Niske temperature se postižu metodama hlađenja, upuhivanja hladnog zraka niske relativne vlage (aktivna ventilacija), raznim uređajima, ventilacijom zrna vanjskim hladnim zrakom (2-10°C) za vrijeme zimskih mjeseci (Kalinović i Rozman, 2002.).

Primjena visokih temperatura provodi se ubacivanjem vrućeg zraka čija se temperatura kreće od 50 do 60°C, međutim upravo ta visoka temperatura štetno djeluje na temperaturno osjetljive uređaje i građevinske dijelove mlinova i drugih prehrambeno – tehnoloških objekata. Sterilizacija zrna visokim temperaturama (solarna radijacija, visoko frekventni valovi, mikrovalovi i dr.) je osjetljiva radnja, posebice kod sjemenske robe, zbog oštećenja klice (Kalinović i Rozman, 2002.).

Razmnožavanje štetnika se može spriječiti i sniženjem vlažnosti robe. Tako 100 jedinki rižinog žiška (*S. oryzae*) daju za 5 mjeseci pri temperaturi od 26,7°C i vlazi žita 11% 885 potomaka, a kod iste temperature i vlage od 12% čak 9681 potomaka (Maceljski, 1991.). Stoga žetvom ili berbom u vrijeme kada je zrno relativno suho ili naknadnim sušenjem vlažnijeg zrna možemo smanjiti ili čak potpuno eliminirati svaku opasnost pojave štetnika (kao i mikroorganizama). Sušenje zrnja žitarica na 13 – 14% sprječava nagli razvoj velike većine štetnika, a ispod 12% ga praktički onemogućava (Maceljski, 1991.).

Između ostalih fizikalnih mjera nekoliko njih se intenzivno testiraju, a neke se i koriste u široj praksi. Primjerice, fizikalni insekticidi ili inertna prašiva (glina, pijesak, zemlja, dijatomejska zemlja, silicijev aerogel, prašiva bez silicija) prilikom tretiranja žita (obično 50-100 g na tonu) djeluju tako što oštećuju epikutikulu kukaca tako da kukci počnu gubiti vlagu iz tijela te ugibaju od dehidracije (Maceljski, 1991.). Kukci gube 60% sadržaja vode ili 30% ukupne težine (Kalinović i Rozman, 2002.).

Od fizikalnih mjera koriste se još i ionizacija (gama zrakama i elektronski usmjerena ionizacija). Pokusima je utvrđeno da kukci mogu preživjeti ionizaciju, ali im je poremećen osjećaj za prehranu i fertilitet. Elektromagnetski valovi (radio valovi, infracrvene zrake i mikrovalovi) ali oni se primjenjuju ograničeno jer se teško provode, a još uvijek nisu u potpunosti poznate posljedice za ljudsko zdravlje. Modificiranje atmosfere ili kontrolirana atmosfera u skladištima je također još jedna fizikalna mjera borbe protiv skladišnih štetnika, a temelji se na niskoj koncentraciji kisika, dodavanjem ugljičnog dioksida ili dušika, kada se kontrolirano utječe na promjenu okoliša, nepovoljnog za život, rast i razvoj kukaca, te mikroorganizama, bez negativnog utjecaja na kakvoću uskladištenog proizvoda. U te mjere spada i hermetičko skladištenje (Kalinović i Rozman, 2002.).

2.6 Inertna prašiva

Inertna prašiva se ubrajaju u fizikalne mjere suzbijanja skladišnih štetnika, a koristile su se još prije nekoliko tisuća godina (Glenn i Puterka, 2005.). Tijelo grinja i kukaca većinom sadrži oko 50% vode pa čak i više od toga, a gubitak vode iz njihovog tijela sprječava voštani sloj na površini tijela iznad kutikule. Kada se ošteti taj sloj kukac gubi vodu te postoji mogućnost uginuća od dehidracije. Dakle, inertna prašiva su sredstva koja izazivaju oštećenje voštanog sloja štetnika i na taj način dolazi do njihovog uginuća (Korunić, 2010.). To su fizikalni insekticidi koji nemaju kemijsko djelovanje na metabolički sustav štetnika, ali mogu biti kemijski aktivni u drugim okolnostima. Ona se mogu razvrstati u više skupina.

2.6.1 Podjela inertnih prašiva

Dijele se s obzirom na kemijski sastav, djelovanje na kukce i fizikalna svojstva, a Maceljki i Korunić 1971. su ih podijelili u 4 osnovne grupe:

1. Prirodni minerali
 - Silikati (bentonit, pirofilit – aluminijev silikat, talk magnezijev silikat, dijatomejska zemlja (DZ) s više od 80% silicijevog dioksida)
 - Karbonati (kreda, kalcit-kalcijev karbonat)
2. Umjetna prašiva
 - Silika gelovi
3. Industrijski nusproizvodi (nastali pranjem šećerne repe kao saturacijski muljevi, a nakon sušenja sadrže više ok 80% kalcijevog karbonata te oko 10% organske tvari, magnezija, fosfora, kalija)

4. Različite organsko-mineralne smjese (stočno brašno, stočna kreda)

Prema novijim istraživanjima koja donosi Korunić 2016, inertna prašiva je moguće podijeliti u 4 grupe:

1. grupa sadrži glinu, pijesak, pepeo ljuske riže, drveni te vulkanski pepeo
2. grupa sadrži različite minerale poput dolomita, bakra, oksiklorida, magnezita, krutih fosfata, sumpora, vapna, natrijevog klorida i kalcijevog karbonata
3. grupa sadrži prašiva na bazi sintetskog silicijevog dioksida koja su proizvedena sušenjem vodene otopine natrijevog silikata
4. grupa sadrži prirodni silicijski dioksid (amorfni) s najbrojnijim predstavnikom u dijatomejskoj zemlji. U tu grupu se ubraja zeolit (alaklni metalni aluminijski silikat) koji ima slična fizikalna svojstva kao dijatomejska zemlja

Korištenje inertnih prašiva u suzbijanju kukaca ima dugu povijest. Već 1800. godine kombinacija vapna i sumpora koristila se u suzbijanju kukaca (Glenn i Puterka, 2005.). Subramanyam i Roesli (2000.) navode korištenje inertnog praha, kao jedno od inovativnih rješenja koje smanjuje rizik te je racionalna fizička metoda za zaštitu uskladištenih roba od štetnih kukaca. Oni ukazuju da efektivnost inertnog praha direktno ovisi o njihovim fizičkim i kemijskim karakteristikama (strukтури, sadržaju SiO₂, veličine i zastupljenosti čestica, pH vrijednosti, sorpcijskom kapacitetu te podrijetlu), ali i njihov utjecaj na smanjenje hektolitarske mase zrna, te nakupljanje čestica i vezivanje na površinu zrna.

Sa zdravstvenog stajališta, USA Mine Safety Health Administration (MASHA) određuje prašiva kao krute čestice koje mogu lebdjeti u zraku, a bez ikakve fizikalne ili kemijske promjene osim eventualnog daljnjeg usitnjavanja. MASHA dijeli prašiva u 3 osnovne kategorije (Korunić, 2016):

1. Prašiva koja se mogu udisanjem unijeti u pluća i imaju čestice do 5 mikrona koje ulaze putem nosa izravno u pluća
2. Prašiva koja udisanjem ulaze u nos i zadržavaju se u nosu, grlu i gornjim dijelovima respiratornog trakta
3. Ukupna prašiva uključuju sve čestice prašiva bez obzira na veličinu

Danas inertna prašiva imaju različitu uporabu u industriji i poljoprivredi. Koriste se za suzbijanje kukaca na biljkama, na uskladištenim proizvodima, u zaštiti životinja i za suzbijanje štetnika u domaćinstvu i industrijskim objektima (Korunić, 2016.).

2.6.2 *Dijatomejska zemlja (DZ)*

Dijatomejska zemlja (DZ) pripada u grupu sedimenata koji se uglavnom sastoje od mikrofosila vodenih algi. Nakon sušenja sedimenata, lomljenja i meljave dobije se fina prašina koju nazivamo dijatomejska zemlja. DZ se sastoji od brojnih fosilnih tijela dijatoma ili njihovih dijelova tijela različitih oblika (slika 7.) i veličine promjera oko 200 mikrona (Korunić, 2016.). Dijatomejska zemlja može nastati u morskoj ili slatkovodnoj vodi, a ovisno o tome i njena težina varira., dok se pH kreće od 4,4 do 9 (Korunić, 1997). Dijatomejske zemlje porijeklom iz morskih voda su gotovo učinkovitije u suzbijanju skladišnih štetnika od onih koje su porijeklom iz slatkovodnih voda.

Fosilni ostaci izgrađeni su gotovo potpuno od amornog silicijskog dioksida vrlo male i zanemarujuće otrovnosti za sisavce, a u brojnim zemljama amorfni silicijski dioksid je dozvoljen dodatak u ljudskoj i stočnoj hrani (Anon, 1991.). Osim amornog silicijskog dioksida koji u njenom sastavu čini 70 – 90%, DZ se sastoji još od minerala gline (2-4%) i željeznih oksida (0,5 – 2%) (Galović i sur. 2015.). Prašivo je raznolikih boja (bijeleg, bjelkastosive, žute...) (slika 8). Komercijalna sredstva često imaju poboljšano djelovanje zbog dodavanja amonijevog fluorosilikata (Subramanyam i sur., 1994.).



Slika 7. Različite vrste dijatomeja

Izvor: <http://www.erbenson.com/blog/2014/8/1/neurotoxin-producing-diatoms>

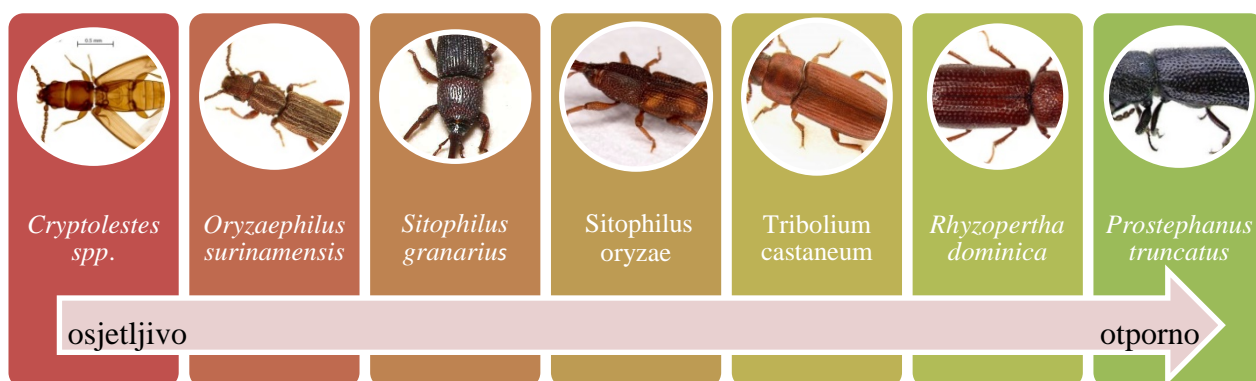


Slika 8. Različite boje dijatomejske zemlje sa raznih lokacija

Izvor: <http://www.diacromixpest.eu/wp-content/uploads/2016/07/Pregled-istrazivanja-o-DZ-prezentacija-Korunic.pdf>

Nakon primjene, čestice DZ pokriju tijelo nametnika i oštećuju njegov zaštitni voštani sloj pretežito sorpcijom, a donekle i mehaničkim oštećenjem odnosno abrazijom. Sve čestice imaju male unutrašnje pore, a dijatom je vrlo porozan (čak i do 80%). Pore imaju moć sorpcije voska, zaštitnog sloja na tijelu insekta koji sprječava gubitak vode iz tijela pa tako nametnik gubi vodu što na kraju izaziva njegovo ugibanje. Dokazano je da u pravilu formulacije prašiva koje imaju manje čestice imaju veću sposobnost adsorpcije molekula voska iz zaštitnog sloja (epikutikule). Radi toga svaka dijatomejska zemlja koja ima izraženu sposobnost sorpcije voska iz zaštitnog sloja je potencijalni insekticid. Osim sposobnosti sorpcije na učinkovitost DZ utječu i drugi parametri poput veličine čestice, pH vrijednost prašiva, čistoća prašiva i dr. (Korunić, 2016.). Poznato je da DZ ima i repelentno svojstvo odbijanja kukaca (Korunić i sur. 2009.).

Dijatomejska zemlja se već desetljećima upotrebljava u zaštiti uskladištene poljoprivredne zrnate robe, prvenstveno jer je njena uporaba veoma sigurna i bezopasna zato što ne mijenja kakvoću finalnih proizvoda i žitarica te osigurava dugotrajnu zaštitu od napada insektima (Korunić, 1990.). Također ona ne stupa u kemijske reakcije niti s jednom tvari u prirodi te tako ne stvara opasne niti otrovne rezidue (Liška, 2009.). Kod upotrebe DZ na skladišne štetnike uočeno je da osjetljivost kukaca ovisi o njihovoj vrsti. Golob (1997.), Korunić (1998.) i Fields (1999.) napominju da su najosjetljivije vrste na primjenu DZ iz roda *Cryptolestes* spp., manje od njih su osjetljivi *Sitophilus* spp., a među najotpornije se ubrajaju *O. surinamensis*, *R. dominica* i *Tribolium* spp. Korunić (2010.) je poredao vrste prema osjetljivosti, počevši od najosjetljivije prema najotpornijim vrstama na pšenici (slika 9.).



Slika 9. Osjetljivost skladišnih štetnika na DZ ovisno o vrsti

Izvor: Martina Popić prema Korunić, 2010.

Osim što osjetljivost kukaca na DZ ovisi o njihovoj vrsti tako i vrsta robe utječe na djelotvornost DZ. Djelotvornost ovisi o vrsti robe pa je tako redoslijed robe, od najnižih do najviših doza: pšenica > ječam > zob > riža u ljusci > kukuruz > oljuštena riža. Isto tako, doze koje su potrebne za suzbijanje insekata na istoj vrsti robe su različite (Korunić 2010.).

Prednosti uporabe DZ su: sigurna primjena, ne utječe na kakvoću zrna, pruža dugotrajnu zaštitu te se ne razlikuje značajno u cijeni od ostalih metoda zaštite zrnatih proizvoda (Korunić, 2013.). Osim navedenih pozitivnih osobina, DZ i općenito primjena inertnih prašiva imaju neke posljedice poput smanjenja sipkosti zrna, sniženje hektolitarske mase te vidljivih ostataka prašiva na proizvodima (Subramanyam i sur., 1994.)

Brojne europske države poput Francuske, Njemačke, Rumunjske, Španjolske, Češke, Italije itd. imaju nalazišta dijatomejske zemlje i koriste ih za vlastite potrebe i kao izvozni proizvod za druge države. U Hrvatskoj su poznata nalazišta DZ kod Vrapča i u Milni na otoku Braču (Crnički i Sinkovec, 1993.) zatim na području Medvednice (Markuševac i Pseusedsko Dolje).

2.6.3 Istraživanja mogućnosti primjene inertnih prašiva za suzbijanje skladišnih štetnika

Istraživanja primjenom inertnih prašiva, uključujući i dijatomejske zemlje obavljaju se godinama kako bi se pronašla odgovarajuća učinkovitost na štetnike uskladištenih žitarica. U svijetu su registrirane za uporabu različite formulacije (Hamel, 1997.). Daljnjim ispitivanjima se dijatomejskoj zemlji dodaju i razni pripravci, a najčešće su to biljni ekstrakti i drugi sintetički pripravci.

Ebeling (1971.) prikazuje pojavu dehidracije pri primjenama inertnog praha, kao agensa zaštite. Smrtnost štetnika nastupa kada dođe do gubitka 60% tjelesne vode (dehidracije) ili 30% gubitka tjelesne težine. Dehidraciju uzrokuje inertni prah tako što oštećuje voštani sloj kutikule kukaca.

Autori Reichmuth i dr. (1996.) su ispitivali primjenu dijatomejske zemlje kao sredstvo protiv skladišnih štetnika. Pokusi su pokazali da efikasnost prašiva ovisi o vlazi zraka unutar skladišta. Rezultati mortaliteta najbolje su postignuti pri suzbijanju: *Ephestia*

elutella Hubner, *Oryzaephilus surinamensis* L. i *T. confusum*, a slabiji pri suzbijanju *S. granarius*.

Hamel (1997.) u poljskom pokusu u koristi komercijalnu DZ Protect-It™. Provedeni su pokusi zaprašivanjem koncentracije 100 ppm. Iz rezultata se dolazi do zaključka da je učinkovitost zadovoljavajuća za suzbijanje *Cryptolestes* spp. i *S. oryzae* ali da je nedovoljna učinkovitost za suzbijanje *O. surinamensis*, *R. dominica* i *T. castaneum*.

Korunić (1998.) svojim istraživanjima ukazuje na važnost i povezanost veličina i postotne zastupljenosti čestica, kao značajnog parametra u efikasnosti. Preparati kod kojih je zastupljenost iznad 95% čestica veličine 5-15 µm su dokazali najveću djelotvornost na skladišne štetnike. Također on navodi pored toga da su što sitnije čestice veće djelotvornosti za kukce potencijalno i opasnije za ljude koji primjenjuju ta prašiva. Sitne čestice manje od 5 µm mogu prouzročiti zdravstvene probleme respiratornog sustava kod ljudi. Korunić (2016.) ističe da prašiva sa česticama manjeg promjera (nano čestice) mogu predstavljati ozbiljnu zdravstvenu prijetnju te da je njihova registracija za uporabu u obliku prašiva u području zaštite uskladištenih proizvoda upitna i neizvjesna te da bi bolju budućnost mogla imati njihova upotreba u formulaciji suspenzija.

Fields i Korunić (2000.) su testirali različite formulacije DZ (Dryacide®, Inescto® i Perma Guard™) pri dozi od 400 mg kg⁻¹ u kontroli *S. oryzae* pri različitim temperaturama od 20 i 30°C. Nakon pet dana izloženosti najviši mortalitet je postignut pri temperaturi od 30°C s formulacijom Dryacide®, dok je s formulacijom Perma Guard™ postignut najniži mortalitet.

Korunić i Mackey (2000.) sa ciljem ispitivanja mogućnosti suzbijanja štetnika u skladištu na zrnatoj robi, provode tretiranje DZ površinskog sloja uskladištene zrnate mase. Prvenstveno je istraživanje provedeno s ciljem smanjenja utjecaja DZ na tržišnu kvalitetu i kakvoću zrna (podloge) na kojoj se primjenjuje. Zaključeno je da se tretiranjem 100 cm dubine površinskog sloja pšenice s 0,5 g DZ Protect-It™ postiže zadovoljavajuća zaštita i sprječavanje infestacije s *S. oryzae*, *R. dominica* i *T. castaneum*.

Korunić i Fields (2006.) ispituju osjetljivost Sitophilus vrsta na primjenu DZ. Ispitivanje je provedeno primjenom više koncentracija, a nakon 21 dan su doneseni zaključci da je

otporniji *S. granarius* u odnosu na *S. oryzae* koji je srednje otporan, a *S. zeamais* je najosjetljiviji.

Vayias i sur. (2006.) su testirali osjetljivost *T. confusum* porijeklom iz više zemalja u Europi na dijatomejsku zemlju te donose zaključke da su populacije iz sjeverne i centralne Europe značajno osjetljivije od populacija južne Europe. Osobine inertnih prašiva, utjecaj sredine, dužina ekspozicije kao i osobine tretiranog supstrata direktno utječu na insekticidni potencijal i efikasnost.

Kljajić i sur. (2010.) istraživali su u laboratorijskim pokusima djelotvornost prašiva na osnovi prirodnog zeolita. Dvije formulacije (Minazel plus i Minazel) aplicirali su na pšenicu i testirali djelotvornost na *S. oryzae*, *R. dominica* i *T. castaneum* i uspoređivali djelotvornost s pojačanom DZ Protect-It. Utvrdili su da je efikasnost formulacija zeolita u nešto višim dozama (0,75 g/kg) slično efikasna nižim dozama Protect- It™ prašiva primijenjenog u dozi od 0,2 g/kg.

Korunić (2010.) u laboratorijskim pokusima donosi zaključak da je Protect-It™ djelotvoran u suzbijanju skladišnih insekata uporabom nižih koncentracija u odnosu na većinu formulacija DZ trenutno na svjetskom tržištu. Vrijednosti za LD₉₀ za suzbijanje *Cryptolestes ferrugineus* Steph. su 50 do 100 ppm na pšenici i surinamskog brašnara na ječmu do 1500 ppm za žitnog kukuljičara na oljuštenoj riži. Na pšenici je većina odraslih insekata suzbijena uporabom doza od 75 do 300 ppm i na riži u ljusci od 300 do 500 ppm. Često su potrebne više doze da se suzbije potomstvo insekata, stoga je važno odrediti potrebne doze DZ u lokalnim uvjetima i na sortama i varijetetima robe koja se čuvaju u skladištima i za vrste insekata koji najčešće oštećuju uskladištene proizvode.

Korunić (2010.) donosi rezultate pokusa s poboljšanom DZ Protect-It™ koja uspješno suzbija odrasle insekte *S. oryzae*, *R. dominica*, *T. castaneum* i *P. interpunctella* tijekom 7 dana izloženosti obrađenoj površini pri 55% relativne vlage zraka i temperature od 25°C. Međutim populacija *T. castaneum* uporabom doze od 100 ppm nije bila suzbijena nego samo donekle smanjena, a dozom od 300 ppm je smanjena populacija za 95%. Što se tiče hektolitarske mase, došlo je do sniženja za 1,2 do 4,6 kg/Hl uporabom doza od 100 i 300

ppm, a uporabom doza od 100 ppm nije u poljskim pokusima izazvala znatno smanjenje hektolitarske mase pšenice niti vidljivo povećala zaprašenost robe.

Lucić i sur (2014.) su utvrdili insekticidnu učinkovitost prašiva DZ Protect-It® na stadij imaga hrđastog brašnara i te na stadij ličinki duhanara *L. serricorne* i kestenjastog brašnara *T. castaneum*. Maksimalno opravdani mortalitet (97,5%) imaga hrđastog brašnara postignut je pri koncentraciji od 0,02 g/50 g pšenice nakon ekspozicije od 14 dana. Osim toga, kod tretiranih ličinki prašivo DZ Protect-It® je utjecalo na smanjenje broja razvijenih odraslih jedinki *L. serricorne* i *T. castaneum*, s opravdanim koncentracijama od 0,02 g/50 g pšenice, odnosno 0,01 g/50 g pšenice, čime je broj razvijenih odraslih smanjen za oko 2 do 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.

Paponja i sur. (2018.) laboratorijski su testirali insekticidni utjecaj DZ na žitnom kukuljičaru *R. dominica* zaprašivanjem tri različite sorte pšenice (Divana, Kraljica i Vulkan), zobi (BC Marta, Winnipeg i Winsent) te raži (Albedo, Marcelo i Picasso). Rezultati pokusa su pokazali da inertno prašivo na bazi DZ pri dozi od 500 ppm ima zadovoljavajuće djelovanje za suzbijanje *R. dominica*, ali njegova djelotvornost ovisi o sorti žitarica te o vremenu ekspozicije. Najveći učinak je na raži i pšenici, a nešto manji je 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.

Dijatomejska zemlja u kombinaciji s drugim insekticidnim sredstvima

Budući da je dokazano da DZ ima i neke negativne efekte radi njihova smanjenja ona se upotrebljava s drugim mjerama zaštite ili u kombinacijama s drugim insekticidima prirodnog ili sintetskoj porijekla. Tako se DZ može kombinirati s povišenom temperaturom, hlađenjem zrnate mase i DZ, u mješavini s fitopatogenim gljivicama, sa sintetskim insekticidima te mješavina s biljnim insekticidima (Korunić, 2010.).

(Rozman i sur. 2015.) ističu kako se DZ može primijeniti u mješavini s biljnim tvarima koja imaju insekticidna svojstva čima se postiže sinergijsko djelovanje više tvari različitog

mehanizma djelovanja na kukce, fizikalno (inertna prašiva) i kemijsko (biljni ekstrakti). Osim što sinergijsko djelovanje dovodi do poboljšanja insekticidnog djelovanja također je njime moguće i usporiti razvoj rezistentnosti populacije štetnika.

3. MATERIJALI I METODE

Test kukci

Test kukci *Sitophilus oryzae* (L.) uzgajani su u kontroliranim uvjetima u klima komori na temperaturi od $27 \pm 2^\circ\text{C}$ i vlazi zraka od $70 \pm 5\%$. Uzgojna podloga je bilo zrno pšenice vlage zrna približno 13%. U pokusu su korištene odrasle jedinke vrste *S. oryzae* starosti 2-4 tjedna.

Dijatomejska zemlja

Korištena dijatomejska zemlja (DZ) SilicoSec[®] (Biofa GmbH, Musingen, Njemačka) je podrijetlom slatkovodna dijatomejska zemlja koju čini: 92% SiO₂, 3% Al₂O₃, 1% Fe₂O₃ 1% Na₂O. Prosječan promjer čestica iznosi 8-12 μm (Vayias i sur., 2006.). U pokusu su korištene četiri koncentracije DZ: 300, 400, 500 i 600 ppm.

Testiranje djelotvornosti DZ SilicoSec[®]

Za procjenu djelotvornosti DZ SilicoSec[®] na vrsti *S. oryzae* postavljena su dva odvojena testa:

- I. Test djelotvornosti DZ SilicoSec[®] u kontroliranim uvjetima
- II. Test djelotvornosti DZ SilicoSec[®] u skladišnim uvjetima

- I. Test djelotvornosti DZ SilicoSec[®] u kontroliranim uvjetima

Po 100 g sjemena merkantilnog ječma odvagano je i stavljeno u staklenke (slika 10.). Prašivo DZ SilicoSec[®] pri dozi od 300, 400, 500 i 600 ppm dodano je u svaku staklenku sa sjemenom koje su hermetički zatvorene, protresene ručno u trajanju od 60 sekundi kako bi se prašivo ravnomjerno rasporedilo po sjemenu (slika 12.). Nakon (cca 1 min) što se prašivo sleglo, dodano je po 20 odraslih jedinki *S. oryzae*, nakon čega su staklenke zatvorene perforiranim poklopcem kojim je osiguran dovoljan pristup zraka tijekom cijelog pokusa. Staklenke su tijekom pokusa držane u kontroliranim uvjetima na $28 \pm 2^\circ\text{C}$ i $65 \pm 5\%$ rvz. Kontrolni uzorci pripremljeni su na isti način, ali bez dodavanja DZ. Pokus je postavljen u tri ponavljanja. Insekticidna djelotvornost procijenjena je mortalitetom

odraslih kukaca *S. oryzae* i to 7. i 14. dan te utjecajem na razvoj potomstva F1 generacije, razvijenih nakon 49 dana.



Slika 10.: Vaganje 100g sjemena ječma za uzorak
Foto: Popić Martina



Slika 11.: Staklenka s uzorkom kontrolne skupine
Foto: Popić Martina



Slika 12.: Uzorci u staklenkama poredani prema dozama
Foto: Paponja Ivan



Slika 13.: Potreban pribor za pregled uzorka
Foto: Popić Martina



Slika 14: Vidljive štete od *S. oryzae* na ječmu
Foto: Paponja Ivan



Slika 15. Pregled uzorka ispod lampom
Foto: Paponja Ivan

II. Test djelotvornosti DZ SilicoSec[®] u skladišnim uvjetima

Merkantilni ječam očišćen je od primjesa. Te su izmjerene vrijednosti vlage, temperature i hektolitarske težine zrna ječma (14,4% vlage zrna, 11,1°C temperatura zrna i 60,4 kg/hl hektolitarska težina). Po 2 kg zrna ječma stavljeno je u plastične kontejnere s perforiranim poklopcem. U svaki kontejner (uzorak) stavljene su odvage DZ SilicoSec[®] od 300, 400, 500 i 600 ppm, te je zrno izmiješano električnom miješalicom kako bi se prašivo ravnomjerno rasporedilo po zrnu. Nakon toga u svaki kontejner stavljeno je po 50 odraslih jedinki *S. oryzae*. Kontrolni uzorci su pripremljeni na isti način, ali bez dodavanja DZ. Pokus je postavljen u tri ponavljanja Tako pripremljeni kontejneri su ostavljeni u podnom skladištu i čuvani tijekom 6 mjeseci. Temperatura zraka tijekom čitavoga perioda skladištenja je varirala od 18°C do 24°C, a relativna vlaga zraka skladišta od 79% do 89%. Nakon 6 mjeseci skladištenja, čitavi sadržaj kontejnera je prosijan, te su izbrojane sve žive i uginule jedinke *S. oryzae*.

Uzgoj test kukaca, priprema svih testova, pregled svih uzoraka, kao i provedba testa u kontroliranim uvjetima obavljani su u Laboratoriju za posliježetvene tehnologije Zavoda za fitomedicinu na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek, dok je skladištenje tijekom 6 mjeseci, za test djelotvornosti DZ SilicoSec[®] u skladišnim uvjetima, obavljeno u podnom privatnom skladištu.

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. Mortalitet imaga *Sitophilus oryzae* (L.) nakon 7 i 14 dana ekspozicije tretiranog zrna ječma s DZ SilicoSec®

Testirana DZ SilicoSec® je pokazala različito djelovanje i učinkovitost s obzirom na vrijeme ekspozicije i ovisno o apliciranoj dozi (tablica 2.). Nakon 7 dana ekspozicije svako povećanje doze DZ postignuto je povećanje mortaliteta odraslih jedinki *S. oryzae*, ali bez statistički značajnih razlika. Najviši mortalitet rižinog žiška (*Sitophilus oryzae* L.) je iznosio 61,67% pri apliciranoj dozi od 600 ppm. U kontrolnoj skupini nakon 7 dana ekspozicije nije zabilježena niti jedna uginula odrasla jedinka rižinog žiška. Produženjem ekspozicije na 14 dana, postignuto je učinkovitije djelovanje DZ. Kod ekspozicije od 14 dana najviši mortalitet je iznosio 91,66% kod doze od 500 ppm, a povećanjem doze na 600 ppm nije postignut veći mortalitet žižaka (83,33%). Između doza, nakon 14 dana ekspozicije nije uočeno statistički značajno povećanje mortaliteta jedinki *S. oryzae*. U kontrolnom tretmanu nakon 14 dana ekspozicije je zabilježen mortalitet od 8.33%.

Tablica 2.: Mortalitet imaga *Sitophilus oryzae* (L.) nakon 7 i 14 dana ekspozicije tretiranom zrnu ječma s DZ SilicoSec® (Tukey's test, $\alpha=0,05$)

Doza (ppm)	Mortalitet imaga <i>Sitophilus oryzae</i> (L.) (%)*	
	Vrijeme ekspozicije (dani)	
	7	14
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$
0	0,0 ± 0,0 B	8,33 ± 2,88 B
300	41,64 ± 16,07 AB	68,33 ± 16,07 A
400	35,0 ± 13,22 AB	75,00 ± 13,22 A
500	40,0 ± 13,22 AB	91,66 ± 2,88 A
600	61,67 ± 27,53 A	83,33 ± 16,07 A
F	5,50	23,13
P	0,0132	<0,0001

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

4.2. Utjecaj DZ SilicoSec® na potomstvo F1 generacije *Sitophilus oryzae* (L.)

U tablici 3. Prikazan je utjecaj DZ SilicoSec® na potomstvo *S. oryzae*. Broj živih potomaka F1 generacije je već kod najniže doze od 300 ppm smanjen u odnosu na kontrolni tretman. Inhibicija je iznosila 60,40%. Kako se doza povećavala tako se broj živih jedinki F1 generacije sve više smanjivao ali bez značajnih razlika. Inhibicija potomstva se kretala u rasponu od 60,40% pri dozi od 300 ppm do 81,72% pri dozi od 600 ppm, a pri dozi od 600 ppm je uočen statistički značajno niži broj živih jedinki *S. oryzae*.

Tablica 3: Potomstvo F1 generacije *Sitophilus oryzae* (L.) nakon izlaganja roditelja tretiranom ječmu s DZ SilicoSec® (Tukey's test, $\alpha=0,05$)

Doza (ppm)	Broj odraslih jedinki F1 $\bar{X} \pm SD$		Inhibicija potomstva (%)
	uginuli	živi	
0	0,33 ± 0,58 B	175,0 ± 97,41 A	-
300	9,66 ± 4,51 AB	69,3 ± 29,57 AB	60,40
400	21,656 ± 7,37 A	59,66 ± 18,01 AB	65,91
500	13,66 ± 5,68 AB	51,33 ± 22,48 AB	70,67
600	13,66 ± 9,81 AB	32,00 ± 4,36 B	81,72
F	4,43	4,23	
P	0,0257	0,0293	

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

4.3. Brojnost imaga *Sitophilus oryzae* (L.) nakon 6 mjeseci čuvanja ječma tretiranog s DZ SilicoSec®

U tablici 4. je prikazana učinkovitost DZ SilicoSec® s obzirom na brojnost imaga rižinog žiška (*Sitophilus oryzae* L.) nakon 6 mjeseci čuvanja ječma. Vidljivo je da je DZ, u odnosu na nezaštićenu robu (3451,3), utjecala na smanjenje ukupnog broja odraslih jedinki *S. oryzae* u ječmu nakon 6 mjeseci iako je značajno sniženje ukupnog broja odraslih jedinki postignut tek pri dozama od 500 i 600 ppm (1301,6 i 1205,6). Djelotvornost DZ se najbolje može prikazati brojem živih odraslih jedinki *S. oryzae* gdje je već pri najnižoj dozi (300 ppm) zabilježeno značajno sniženje živih jedinki u odnosu na kontrolu (1153,0 odnosno 3086,3).

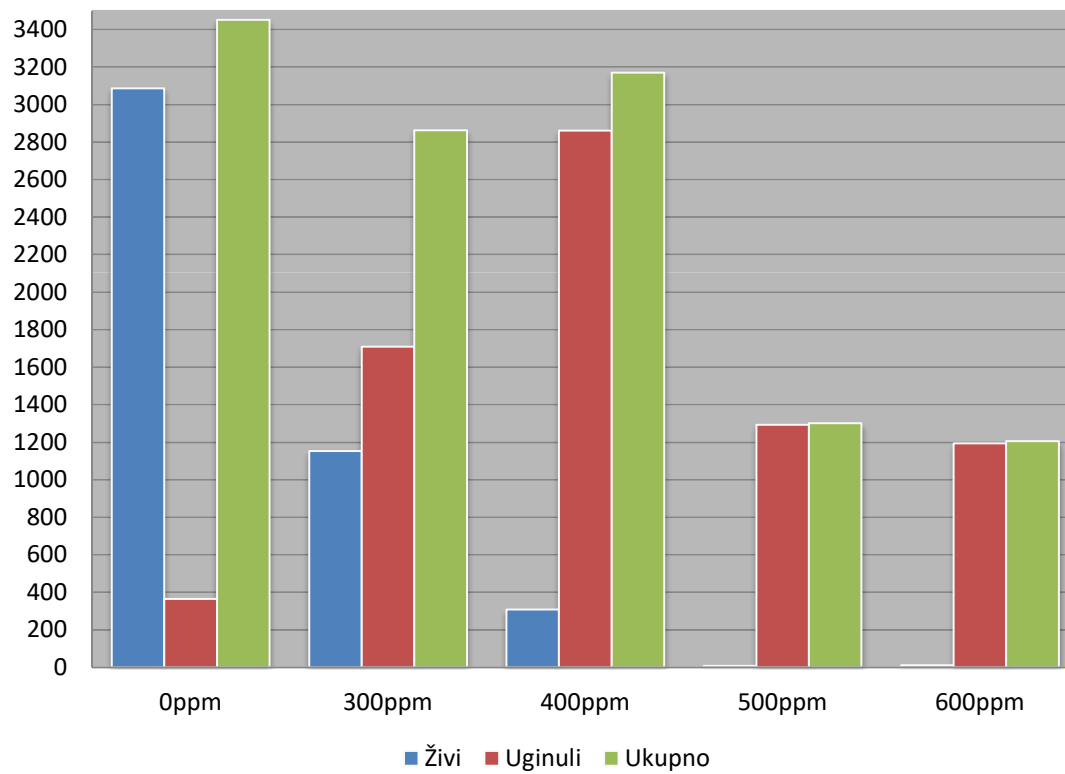
Grafikon 1. prikazuje kojim su se trendom izmjenjivanja ukupnog broja, odnosno živih i uginulih jedinki *S. oryzae* u tretiranom ječmu tijekom 6 mjeseci skladištenja. Naime, u odnosu na netretirani ječam, vidljivo je da se s povećanjem doze DZ ukupan broj žižaka smanjivao, s trendom smanjenja broja živih, a povećanjem broja uginulih jedinki pri dozama od 300 i 400 ppm. Kako se ukupan broj žižaka pri dozama od 500 i 600 ppm odnosi, uglavnom na broj uginulih, može se zaključiti da su upravo ove dvije doze učinkovite za sigurno skladištenje ječma kroz testirano razdoblje.

Tablica 4.: Brojnost imaga *Sitophilus oryzae* (L.) nakon 6 mjeseci čuvanja ječma tretiranog s DZ SilicoSec® (Tukey's test, $\alpha=0,05$)

Doza (ppm)	Broj živih imaga <i>S. oryzae</i>	Broj uginulih imaga <i>S. oryzae</i>	Ukupan broj imaga <i>S. oryzae</i>
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$
0	3086,3±325,5 A	365,0±28,0 B	3451,3±297,5 A
300	1153,0±181,2 B	1709,7±1336,6 AB	2862,6±1206,5 A
400	309,3±10,1 C	2860,3±259,1 A	3169,6±263,2 A
500	8,3±3,1 C	1293,3±106,2 AB	1301,6±104,8 B
600	12,0±13,9 C	1193,7±123,6 B	1205,6±127,7 B
F	182,66	6,62	10,39
P	<.0001	0,0072	0,0014

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

Grafikon 1. Broj živih, uginulih i ukupan broj žižaka po dozama nakon 6 mjeseci čuvanja tretiranog ječma s DZ SilicoSec®



5. RASPRAVA

Već godinama se provode istraživanja u vezi primjene inertnih prašiva kao i dijatomejske zemlje. Rezultati provedenog istraživanja ukazuju da se prirodno prašivo, dijatomejska zemlja SilicoSec® može primjenjivati za uspješno čuvanje uskladištenog ječma od napada rižinog žiška (*Sitophilus oryzae* L.). Također su provedena brojna druga istraživanja u kojima se potvrđuje djelotvornost dijatomejske zemlje u zaštiti ostalih žitarica od napada štetnika. Paponja i sur. su 2017. proveli istraživanje primjene inertnog prašiva dijatomejske zemlje u kontroli žitnog kukuljičara (*Rhyzopertha dominica* Fab.) na sortama pšenice, raži i zobi i došli do zaključka kako inertno prašivo na bazi dijatomejske zemlje pri dozi od 500 ppm ima zadovoljavajuće djelovanje na suzbijanje žitnog kukuljičara *R. dominica*, ali da djelotvornost ovisi o vrsti i sorti žitarica kao i vremenu ekspozicije. Nemet H., 2018. u svom istraživanju dolazi do zaključka kako se DZ SilicoSec® može uspješno koristiti za čuvanje sjemenske pšenice od zaraze *S. oryzae*, *T. castaneum* i *R. dominica*, te da djelotvornost ovisi o vrsti štetnika. Različita osjetljivost skladišnih štetnika već je ranije uočena u brojnim istraživanjima (Korunić, 2010.).

U laboratorijskim uvjetima, učinkovitost prašiva je ovisila o dužini ekspozicije te o primijenjenoj dozi. Tako je nakon 14 dana ekspozicije postignuto značajno bolje djelovanje DZ SilicoSec® u odnosu na ekspoziciju od 7 dana. To je i očekivano s obzirom na sorpcijsko djelovanje prašiva na kukce, budući da je potrebno određeno vrijeme kako bi čestice DZ oštetile voštani sloj kukca, a oštećenjem tog sloja kukac gubi vodu iz tijela i dolazi do njegovog ugibanja. Prosječni mortalitet *S. oryzae* nakon 7 dana ekspozicije je bio 44,58% dok je očekivano nakon duže ekspozicije od 14 dana mortalitet bio veći za 35% i iznosio je 79,58%. Nakon 7 dana ekspozicije najviši mortalitet je bio kod primjene najviše doze od 600 ppm, a iznosio je 61,67%, a ono što je iznenađujuće je to da je nakon 14 dana ekspozicije najviši mortalitet bio kod doze od 500 ppm, a iznosio je 91,66%.

U skladišnim uvjetima, za čuvanje ječma tijekom 6 mjeseci, potrebno je robu zaštititi najvišim testiranim dozama (500 i 600 ppm). Međutim, kako je dokazano da testirane više doze u laboratorijskim uvjetima nisu bile dostatne za potpunu inhibiciju potomstva, a razvijeno živo potomstvo nastavlja oštećivati zrno tijekom skladištenja, preporuka je aplicirati i više doze od testiranih kako bi se izbjeglo veće oštećenje zrna ječma tijekom dužeg perioda čuvanja.

6. ZAKLJUČAK

Nakon provedenog testiranja djelotvornosti prirodnog prašiva DZ SilicoSec[®] na rižinog žiška (*S. oryzae*) u zaštiti uskladištenog ječma može se zaključiti sljedeće:

- Učinkovitost prirodnog prašiva DZ SilicoSec[®] ovisi o primijenjenoj dozi i ekspoziciji
- Rezultati provedenog istraživanja prikazuju da je najviša djelotvornost zabilježena nakon 14 dana ekspozicije, a osim u ekspoziciji razlika u djelotvornosti uzoraka DZ ovisila je i o primijenjenoj dozi. Tako se najučinkovitijom pokazala doza od 500 ppm nakon 14 dana ekspozicije, dok je nakon 7 dana ekspozicije najučinkovitija bila doza od 600 ppm
- Mortalitet imaga nakon 7 dana se kretao od 41,64% pri najnižoj apliciranoj dozi od 300 ppm do 61,67% pri najvišoj apliciranoj dozi od 600 ppm.
- Mortalitet imaga nakon 14 dana ekspozicije se kretao od 68,33% kod primijenjene doze od 300 ppm do 91,66% pri dozi od 500 ppm. Između svih apliciranih doza nije uočena statistički značajna razlika.
- U laboratorijskim uvjetima, potomstvo *S. oryzae* nije niti pri najvišoj apliciranoj dozi DZ SilicoSec[®] u potpunosti suzbijeno, a inhibicija se ovisno o dozama kretala od 60,40% do 81,72%.
- U skladišnim uvjetima su se više doze (500 i 600 ppm) kao i u laboratorijskim uvjetima pokazale učinkovitijima, iako je preporuka da se za sigurnije čuvanje ječama na duži period čuvanja primijene i više doze od testiranih.

7. POPIS LITERATURE

1. Anon. (1991.): EPA R.E.D. FACTS: Silicom dioxide and Silica gel: 21T-1021, 1-4
2. Barčić, J., Maceljčki, M. (2002.): Ekološki prihvatljiva zaštita bilja od štetnika. Zrinski d.d., Čakovec, 169-171.
3. Bertović, V. (1997.): Prvo pokusno tretiranje pšenice dijatomejskom zemljom (Protect-itTM) u Hrvatskoj. Zbornik ZUPP- Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, 4 do 6. lipnja 1997., Malinska, 95 – 99.
4. Ebeling, W. (1971.): Sorptive Dust for Pest Control. Annual Review of Entomology, 123-158.
5. Fields, P.G., Korunić, Z. (2000.): The effect of grain moisture content and temperatures on the efficacy of diatomaceous earth from different geographical locations against stored-products beetles. Journal of Stored Products Research 36, 1-13.
6. Fields, P.G., Korunić, Z. (2006.): Susceptibility of three species of Sitophilus to diatomaceous earth. In Proceedings of 9th International Working Conference on Stored- Products Protection, Campinas, Brazil: Brazilian Post-harvest Association, 681-686.
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. Glasilo biljne zaštite (2019.): Pregled sredstava za zaštitu bilja u Hrvatskoj za 2019. godinu. Hrvatsko društvo biljne zaštite, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1-2, siječanj-ožujak 2019. ISSN 1332-9545.
9. Glenn, D.M., Puterka, G.J. (2005.): Praticle films: a new technology for agriculture. Horticultural Reviews, 31:1-44
10. Hamel, D. (2014.): Higijena u skladištima poljoprivrednih proizvoda. Glasilo biljne zaštite 4/2014., 329 – 334.
11. Hamel, D. (1997.): Štetnici zrna žitarica – biologija, ekologija, suzbijanje. Zbornik DDD i ZUPP- Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, 4 do 6. lipnja 1997., Malinska, 5 – 14.

12. Hamel, D. (1997.): Učinkovitost Protect-itTM (dijatomejska zemlja) na skladišne štetnike na pšenici – primjena zaprašivanjem. Zbornik DDD i ZUPP - Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, 4 do 6. lipnja 1997., Malinska, 89 – 94.
13. Ivezić, M. (2008.): Entomologija – Kukci i ostali štetnici u ratarstvu. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek 2008., 163 – 179.
14. Kalinović, I. (1997.): Skladištenje i osnovi tehnologije ratarskih proizvoda. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek 1997., 1-79.
15. Kalinović I., Rozman, V. (2002.): Osvrt na 8. Međunarodnu konferenciju o zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. York, UK, srpanj 2002. i na VII. Europski kongres entomologije, Solun, Grčka, listopad 2002.
16. Kalinović, I., Rozman, V.(2002.): Osvrt na 8. Međunarodnu konferenciju o zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, York, UK, srpanj 2002. i na VII. Europski kongres entomologije, Solun, Grčka, listopad 2002.
17. Kalinović, I., Rozman, V. (2002.): Suvremeni pristup u suzbijanju štetnika u području zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Poljoprivredni fakultet Osijek, 2002.
18. 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.
19. Kljajić, P., Andrić, G., Adamović, M., Bodroža-Solarov, M., Marković, M., Perić, I. (2010.): Laboratory assessment of insecticidal effectiveness of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against three stored product beetle pests. Journal of Stored Products Research, 46, 1-6.
20. Korunić, Z. (1998.): Review Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. Journal of Stored Products Research, 34, 87-97.
21. Kornuč, Z. and Mackey, A. (2000.): Treatment of diatomaceous earth, Arh. Hig. Rada. Toksikol 51: 1-11.
22. Korunić, Z. (2010): Rezultati istraživanja i novine u uporabi dijatomejske zemlje u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Zbornik radova – 22. znanstveno-stručno-edukativni seminar DDD i ZUPP 2010.; Pula; str. 325-339.
23. Korunić, Z., Rozman, V., Halamić, J.(2009.): Dijatomejska zemlja u Hrvatskoj; Zbornik radova- DDD i ZUPP 2009 - slijedimo li svjetski razvoj; 325-333.
24. Korunić, Z. (2013.): Diatomaceous Earth – Natural Insecticides. Pestic. Phytomed. Belgrade, 28(2), 2013, 77-95.

25. Korunić, Z. (2016.): Inertna prašiva: Zbornik radova DDD i ZUPP 2016. Mošćenička Draga; 247 – 256.
26. Korunić, Z. (2016.): Pregled novijih istraživanja dijatomejske zemlje (DZ), Zbornik radova DDD i ZUPP 2016. Mošćenička Draga; 247 – 256.
27. 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. ožujka 2009. Zadar, 301-313.
28. Lucić, P. (2018.): Biljne supstance i inertna prašiva- prirodne formulacije insekticida u kontroli skladišnih kukaca. Doktorska disertacija, Osijek 2018., 1-27.
29. Lucić, P., Rozman, V., Liška, A., Paponja, I. (2014.): Dijatomejska zemlja kao prirodni insekticid u zaštiti uskladištenih proizvoda. Poljoprivredni fakultet Osijek, 2014.
30. Maceljski, M., Igrc, J. (1991.): Entomologija – štetne i korisne životinje i ratarskim usjevima. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb 1991., 174 – 198.
31. Maceljski, M., Cvjetković, B., Igrc, J., Ostojić, Z. (1997.): Priručnik iz zaštite bilja (za zaposlenike u poljoprivrednim ljekarnama). Zagreb, 1997.,134.
32. Nemet, H. (2018.): Insekticidna djelotvornost prirodnih prašiva u suzbijanju skladišnih štetnika na sjemenskoj pšenici sorte Vulkan. Diplomski rad. Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, 2018.
33. Paponja, I., Liška, A., Rozman, V., Lucić, P. (2017.): Primjena inertnog prašiva dijatomejske zemlje u kontroli žitnog kukuljičara *Rhizopertha dominica* Fab. (Coleoptera: Bostrichidae) na sortama pšenice, raži i zobi. Agronomski glasnik 3/2017.
34. Paponja I., Liška A., Rozman V., Lucić P. (2018.): Primjena inertnog prašiva dijatomejske zemlje u kontroli žitnog kukuljičara *Rhizopertha dominica* Fab. (Coleoptera:Bostrichidae) na sortama pšenice, raži i zobi. Agronomski glasnik, 79 (2018.), 3: 87-98.
35. Ritz, J., (1978.): Osnovi uskladištenja ratarskih proizvoda. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb 1978., 5-13.
36. Rozman, V., Liška, A.: Skladištenje ratarskih proizvoda, Priručnik za vježbe, Poljoprivredni fakultet Osijek, Osijek, 40.-50. str
37. Rozman, V., Korunić, Z., Halamić, J., Liška, A., Baličević, R., Galović, I., Lucić, P. (2015.): Razvoj 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. Zbornih radova seminara, DDD i ZUPP važnost u izvanrednim okolnostima, 24.-27. Ožujka 2015. Mošćenička Draga, 197-201.
38. Rozman, V., Korunić, Z., Halamić, J., Liška, A. (2016.): Druga godina istraživačkog projekta Hrvatske zaklade za znanost o razvoju formulacija novih prirodnih insekticida – DIACROMIXPEST. Zbornik radova DDD i ZUPP 2016. Mošćenička Draga; 265 – 268.
39. Rozman, V. (2010.): 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, 63 – 88.
40. Rotim, N. I Ostojić, I. (2014.): Najvažniji štetnici uskladištenih poljoprivrednih proizvoda na području Bosne i Hercegovine. Glasnik zaštite bilja 6/2014., 40-45.
41. Subramanyam, B.H., Roesli, R. (2000.): Inert dusts. In (Bh. Subramanyam & D.W. Hagstrum (Eds.), Alternatives to Pesticides in Stored – Product IPM (pp. 321-380). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
42. Vayias, B.J., Athanassiou, C.G., Kavallineratos, 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, 189-904.

8. SAŽETAK

Najčešće mjere za suzbijanje skladišnih štetnika su kemijske (pesticidi), međutim one ostavljaju brojne neželjene posljedice za okoliš i ljudsko zdravlje. Zbog toga se sve više istražuje primjena nepesticidnih mjera koje imaju sličnu učinkovitost bez štetnih posljedica. Cilj ovoga istraživanja je bio utvrditi učinkovitost prirodnog prašiva na bazi dijatomejske zemlje komercijalnog naziva SilicoSec® na rižinog žiška *Sitophilus oryzae* (L.) u laboratorijskim uvjetima i realnim skladišnim uvjetima nakon 6 mjeseci čuvanja ječma. U istraživanju su korišteni odrasle jedinke rižinog žiška *S. oryzae*, a korišten je merkantilni ječam. Insekticidna djelotvornost DZ SilicoSec® procijenjena je mortalitetom odraslih jedinki test kukca nakon 7 i 14 dana ekspozicije te utjecajem na razvoj potomstva F1 generacije. Rezultati djelovanja pokazali su različito insekticidno djelovanje ovisno o apliciranoj dozi i ekspoziciji, a ukazuju na to da se DZ SilicoSec® može uspješno koristiti za čuvanje uskladištenog ječma od zaraze rižinim žiškom *S. oryzae*.

Ključne riječi: uskladišteni ječam, *Sitophilus oryzae*, dijatomejska zemlja, mortalitet, potomstvo

9. SUMMARY

The most common measures for suppressing storage pests are chemical (pesticides), although they leave undesirable consequences for the environment and human health. Due to that, investigation of non-pesticide measures have increasingly being implemented, with a similar effect without the negative consequences. The main goal of this research was to test the effectiveness of natural insecticide based on diatomaceous earth SilicoSec® on rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.). The research was done in laboratory and in real storage conditions for the period of 6 months of storing barley. In the research, adult of rice weevil (*S. oryzae*) have been used on mercantile barley. The effectiveness of the DZ SilicoSec® has been estimated through the mortality of adult weevils after 7 and 14 days of exposition, and through the effect on progeny F1 generation suppression. The results have shown different insecticidal activity, depending on the applied dose and exposition, but overall DZ SilicoSec® can be effective for stored barley protection from rice weevil *S. oryzae* attack.

Key words: stored barley, *Sitophilus oryzae*, diatomaceous earth, mortality, progeny

10. POPIS TABLICA

Redni broj	Naziv tablice	Str.
1.	Shematski prikaz utjecaja raznih čimbenika na uskladištene proizvode	3.
2.	Mortalitet imaga <i>Sitophilus oryzae</i> (L.) nakon 7 i 14 dana ekspozicije tretiranom zrnu ječma s DZ SilicoSec [®]	30.
3.	Potomstvo F1 generacije <i>Sitophilus oryzae</i> (L.) nakon izlaganja roditelja tretiranom ječmu s DZ SilicoSec [®]	31.
4.	Brojnost imaga <i>Sitophilus oryzae</i> (L.) nakon 6 mjeseci čuvanja ječma tretiranog s DZ SilicoSec [®]	32.

11. POPIS GRAFIKONA

Redni broj	Naziv grafikona	Str.
1.	Broj živih, uginulih i ukupan broj žižaka po dozama nakon 6 mjeseci čuvanja tretiranog ječma s DZ SilicoSec [®]	33.

12. POPIS SLIKA

Redni broj	Naziv slike	Str.
1.	<i>S. granarius</i> L. – pšenični žižak	7.
2.	<i>S. zeamais</i> Motsch. – kukuruzni žižak	7.
3.	<i>S. oryzae</i> L. – rižin žižak	7.
4.	<i>Sitophilus oryzae</i> L.	8.
5.	Životni ciklus rižinog žiška	8.
6.	<i>Rhizopertha dominica</i> Fab.	9.
7.	Različite vrste dijatomeja	19.
8.	Različite boje dijatomejske zemlje sa raznih lokacija	19.
9.	Osjetljivost skladišnih štetnika na DZ ovisno o vrsti	20.
10.	Vaganje 100g sjemena ječma za uzorak	27.
11.	Staklenka s uzorkom kontrolne skupine	27.
12.	Uzorci u staklenkama poredani prema dozama	27.
13.	Potreban pribor za pregled uzorka	27.
14.	Vidljive štete od <i>S.oryzae</i> na ječmu	28.
15.	Pregled uzorka ispod lampe	28.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

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

Diplomski rad

PRIRODNO PRAŠIVO NA BAZI DIJATOMEJSKE ZEMLJE U ZAŠTITI USKLADIŠTENOG JEČMA

Martina Popić

Sažetak:

Najčešće mjere za suzbijanje skladišnih štetnika su kemijske (pesticidi), međutim one ostavljaju brojne neželjene posljedice za okoliš i ljudsko zdravlje. Zbog toga se sve više istražuje primjena nepesticidnih mjera koje imaju sličnu učinkovitost bez štetnih posljedica. Cilj ovoga istraživanja je bio utvrditi učinkovitost prirodnog prašiva na bazi dijatomejske zemlje komercijalnog naziva SilicoSec® na rižinog žiška *Sitophilus oryzae* (L.) u laboratorijskim uvjetima i realnim skladišnim uvjetima nakon 6 mjeseci čuvanja ječma. U istraživanju su korišteni odrasle jedinke rižinog žiška *S. oryzae*, a korišten je merkantilni ječam. Insekticidna djelotvornost DZ SilicoSec® procijenjena je mortalitetom odraslih jedinki test kukca nakon 7 i 14 dana ekspozicije te utjecajem na razvoj potomstva F1 generacije. Rezultati djelovanja pokazali su različito insekticidno djelovanje ovisno o apliciranoj dozi i ekspoziciji, a ukazuju na to da se DZ SilicoSec® može uspješno koristiti za čuvanje uskladištenog ječma od zaraze rižinim žiškom *S. oryzae*.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti

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

Broj stranica: 44

Broj grafikona i slika: 16

Broj tablica: 4

Broj literaturnih navoda: 42

Broj priloga: -

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: uskladišteni ječam, *Sitophilus oryzae*, dijatomejska zemlja, mortalitet, potomstvo

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: Knjižnici 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****NATURAL DUST BASED ON DIATOMACEOUS EARTH IN STORED BARLEY PROTECTION**

Martina Popić

Abstract:

The most common measures for suppressing storage pests are chemical (pesticides), although they leave undesirable consequences for the environment and human health. Due to that, investigation of non-pesticide measures have increasingly being implemented, with a similar effect without the negative consequences. The main goal of this research was to test the effectiveness of natural insecticide based on diatomaceous earth SilicoSec® on rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.). The research was done in laboratory and in real storage conditions for the period of 6 months of storing barley. In the research, adult of rice weevil (*S. oryzae*) have been used on mercantile barley. The effectiveness of the DZ SilicoSec® has been estimated through the mortality of adult weevils after 7 and 14 days of exposition, and through the effect on progeny F1 generation suppression. The results have shown different insecticidal activity, depending on the applied dose and exposition, but overall DZ SilicoSec® can be effective for stored barley protection from rice weevil *S. oryzae* attack.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**Mentor:** Associate professor Anita Liška, Ph.D.**Number pages:** 44**Number of figures:** 16**Number of tables:** 4**Number of references:** 42**Number of appendices:** -**Original in:** Croatian**Key words:** stored barley, *Sitophilus oryzae*, diatomaceous earth, mortality, progeny**Thesis defended on date:****Reviewers:**

1. PhD Vlatka Rozman, Full professor, chair
2. PhD Anita Liška, associate 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