Kontrola skladišnih kukaca nesintetičkim pripravcima

Gorički, Igor

Master's thesis / Diplomski rad

2014

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:151:841445

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

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

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Igor Gorički, apsolvent
Diplomski studij: Bilinogojstvo
Smjer: Zaštita bilja

KONTROLA SKLADIŠNIH KUKACA NESINTETIČKIM PRIPRAVCIMA

Diplomski rad

Osijek, 2014.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Igor Gorički, apsolvent
Diplomski studij: Bilinogojstvo
Smjer: Zaštita bilja

KONTROLA SKLADIŠNIH KUKACA NESINTETIČKIM PRIPRAVCIMA

Diplomski rad

Osijek, 2014.

SVEUČILIŠTE J. J. STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

IGOR GORIČKI
Diplomski studij: Zaštite bilja

KONTROLA SKLADIŠNIH KUKACA NESINTETIČKIM PRIPRAVCIMA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:
Prof. dr. sc. Vlatka Rozman, predsjednik
Doc. dr. sc. Anita Liška, mentor – član
Prof. dr. sc. Mirjana Brmež, član

Osijek, 2014. godine

Sadržaj

1. Uvod ……..……5
2. Pregled literature ……12
2.1. Dijatomejska zemlja ……12
2.2. Botanički insekticidi ……...……17
2.3. Biologija ispitivanih štetnika ……..21
3. Materijal i metode rada ……...…26
3.1. Test kukci ……26
3.2. Ispitivani pripravci ……...…26
3.3. Metode ……26
3.4. Statistička analiza podataka ……27
3.5. Cilj istraživanja ……...…27
4. Rezultati ……..…28
5. Rasprava ……30
6. Zaključak ……33
7. Popis literature ……...……34
8. Sažetak ……...…40
9. Summary ……41
10. Popis tablica ……...……42
11. Popis slika ……..……43
12. Popis grafikona ……..……44
Temeljna dokumentacijska kartica ……...……45
Basic documentation card ……46

1. UVOD

Uzgoj i proizvodnja poljoprivrednih proizvoda, posebice značajnih zrnatih kultura u cjelini svjetskog, pa tako i našega agrara, vrlo je važan pojam, bilo da se radi o industrijskoj ili sjemenskoj proizvodnji. Tijekom skladištenja, štetni kukci uzrokuju značajne gubitke koji se u svjetskim razmjerima izražavaju u milijardama.

U cilju izbjegavanja i smanjenja gubitaka količine i narušavanja kvalitete uskladištene robe, vrlo je važno ukloniti sve nedostatke tijekom trajanja skladištenja. Ozbiljni gubitci nakon žetve od poljskih i skladišnih štetnika kako navodi Soon-Il i suradnici (2012.) (cit. Jacobson, 1982.; Pimentel, 1991.) mogu iznositi i do 9% u razvijenim zemljama te do 43% gubitaka u zemljama u razvoju, Afrike i Azije.

Uskladištena zrnata masa predstavlja jedinstveni ekosustav kao dio cjelokupnog poslije žetvenog ekosustava koji se proteže od žetve do potrošnje. Poznavanje međusobnog djelovanja bioloških i fizikalnih faktora, te fizioloških procesa unutar ekosustava bitno je za ispravno upravljanje cjelokupnim procesom čuvanja zrnate robe.

Disanje zrnate mase, odnosno izmjena plinova, kao jedan od fizioloških procesa karakterističan je po svom intenzitetu i količini. Samom izmjenom plinova oslobađa se i određena količina energije u obliku topline. Toplina se prenosi unutar uskladištene zrnate mase putem kondukcije i konvekcije, što može dovesti do nepoželjnog zagrijavanja zrnate mase tijekom skladištenja i stvaranja preduvjeta za razvoj ostalih negativnih fizioloških procesa kojima nastaju gubitci u uskladištenoj zrnatoj robi.

Održavanje povoljnih temperatura u rasponu od –5 do +5°C, te optimalne vlažnosti zraka, dva su faktora u međudjelovanju, a direktno utječu na razvoj skladišnih štetnika i stvaranja mogućih žarišnih zona samozagrijavanja. Utjecaj skladišne faune te samozagrijavanja dovest će do propadanja uskladištene mase, a time i cjelogodišnjeg truda poljoprivrednih proizvođača, koji su nam povjerili svoj urod na čuvanje.

Opasnost samih skladišnih štetnika veća je spoznajom kako su neki sposobni zaraziti usjev već i na polju, te na taj način dospijevaju u skladište. Ovakav pristup nemaju svi štetnici, ali oni koji imaju, izuzetno su ekonomski značajni, poglavito kod mahunarki (*Acanthoscelides obtectus* Say i *Bruchus pisorum* L., Coleoptera: Bruchidae).

Najveća opasnost je prisutnost primarnih štetnika u skladišnim objektima. Oni svojim usnim ustrojem oštećuju i napadaju zdrava, čitava nezaražena zrna uskladištenih žitarica. Svi su

polifagnog karaktera, te u nedostatku svoje primarne hranidbene kulture, vrlo brzo si pronalaze hranu u širokom spektru ostalih zrnatih proizvoda koji su također uskladišteni.

Za grupu primarnih, polifagnih štetnika smatra se da izazivaju i 90% gubitaka u infestiranoj masi, te su i ekonomski najznačajniji šetnici protiv kojih smo dužni provoditi sve raspoložive mjere zaštite kako bi sačuvali urod.

Što se tiče gotovih proizvoda, kao i njihovih sirovina, prisutnost štetnika može utjecati i biokemijskim promjenama unutar proizvoda, povećanjem slobodnih masnih kiselina i oslobađanjem dušika. Osim gubitka kvantitete i narušavanja sjetvenih karakteristika robe, štetni insekti svojom životnom aktivnošću, izmetom, fragmentima tijela, izlučivanjem specifičnih mirisa, uvjetuju loš miris i neprimjeren izgled uskladištene mase.

Utjecaj štetnika na uskladištenu masu sagledavamo kroz vidljive simptome njihove prisutnosti (Slika 1., 2. i 3.), odnosno organoleptička svojstva, koja zapažamo pri pregledu (Ilić i Pivar 1966.a,b; Korunić, 1990.; Madrid i sur. 1990., Maceljski, 2002., Rozman, 2010.):

- prisutnost živih oblika, i svih njihovih razvojnih stadija u proizvodima
- prisutnost ekskrecijskih produkata, izmeta, dijelova tijela u proizvodima
- prisutnost raznih filtova i zapredotina u proizvodima
- karakterističnog mirisa specifičnih za pojedine štetne vrste, ukazujući na njihovu prisutnost u proizvodu
- uočavanje i prisutnost nagriženih, šupljih i izjedenih dijelova i cijelih proizvoda, te njihove ambalaže
- lom zrna, povišena vlaga i temperatura proizvoda, uslijed njihove prisutnosti…

Slika 1. Prisutnost štetnika (*S. oryzae* L.) u pšenici (foto: Igor Gorički)

Slika 2. Proizvod oštećen od napada kukaca (foto: Igor Gorički)

Slika 3. Prisutnost filtova i produkata u prerađevinama – brašno (foto: Igor Gorički)

U skladu s važećim propisima Pravilnika o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta (NN 78/05, 135/09, 86/10, 72/11) propisuje da se u

kilogramu čuvanog zrnatog proizvoda smije nalaziti najviše 4 uginula kukca ili njihova dijela, odnosno 3 ekskrementa ili dlake glodavaca. Ovaj paragraf primjenjivao se za sve zrnate proizvode koji se stavljaju u tržišno – manipulativni promet, s naglaskom da ne smiju sadržavati žive kukce u svojoj masi.

No, što se tiče uskladištenoga uroda, u smislu poljoprivredne sirovine za daljnju preradu u prehrambenoj industriji ovaj propis je postroženiji, te je zabranjena ikakva prisutnost bilo uginulih ili živih kukaca, ekskreta i ekstremiteta glodavaca. Stoga cilj suzbijanja štetne infestacije, ili bilo kakvog pristupa bioloških činitelja tj. organizama ili njihovih dijelova u skladištenoj masi naš je cilj i obveza.

U skladištima žitarica, a prvenstveno pšenice kao prehrambene sirovine za brašno, sigurnost je zaštićena primjenom i provedbom HACCP sustava, te ISO standarda (Zakon o hrani, NN 81/13). Za samu industriju, odnosno skladišno-preradbeni kompleks to je značajno, jer uključuje osiguranje zdravstvene sigurnosti uskladištene kulture. Manji poslovni rizik, te unaprjeđenje i održavanje same stabilnosti na tržištu. Za potrošača, ono uključuje smanjeni rizik od bolesti koje se prenose hranom i veće povjerenje u sigurnost hrane.

Moguće biološke opasnosti koje je potrebno spriječiti u skladištima, a i preradbenim postrojenjima su mikroorganizmi, patogene gljivice, te razni štetni kukci (svih razvojnih oblika), ptice i glodavci. Njihova učestalost javljanja je srednja, što nam ukazuje na određeni vid opasnosti koji moramo držati pod kontrolom.

Cjelokupna poljoprivredna proizvodnja bilja, odnosno zaštita od štetnika bilo na polju ili u skladišnim objektima, kao cjelina dijeli se na više mjera:

HIGIJENSKE MJERE – osnovne, odnosno najvažnije mjere koje primjenjujući imaju zadatak održavanja higijene, čistoće i urednosti skladišno-silosnih objekata, njihove okoline, pa i same kulture koju skladištimo. Mjera od izuzetne važnosti, jer odmah u početku primjenjujući ju, onemogućavamo stvaranje povoljnih uvjeta za život štetnika. Higijenske mjere obuhvaćaju: održavanje čistoće i urednosti skladišnih objekata, otklanjanje njihovih građevinskih i drugih konstrukcijskih nedostataka (pukotina, rupica, krovišta…), zatim popravke prozora i vrata, osiguravanje i onemogućavanje prodora i ulaska štetnika postavljanjem sigurnosnih barijera, korištenje čiste ambalaže, te provođenje mjera i postupaka za održavanje čistoće i urednosti prostora i radnog okruženja.

FIZIKALNO – MEHANIČKE MJERE – u koje ubrajamo postupke, koji se provode kada već imamo uskladištenu masu unutar objekata skladišta. Dio ovih mjera najčešće su i neprimjenjive u objektima zbog nedostataka ili nepostojanja uređaja i opreme. Jedna od mjera jest i regulacija, tj. primjena visokih-niskih temperatura, kojima ovisno o potrebi onemogućavamo razvoj štetnih kukaca. Sljedeća mjera jest, primjena aktivne ventilacije, odnosno hlađenja tj. propuhivanja mase koja se provodi sa ciljem snižavanja temperature i regulacije vlage. Često primjenjivana mjera jest i eleviranje, kroz čega se također uskladištena masa izvrgava zraku i miješa. U podnim manjim skladištima, popularna mjera je lopatanje, gdje se iziskuje i određena radna snaga.

U fizikalne mjere ubrajaju se i razne primjene prašiva, pepela i zemlje u cilju suzbijanja štetnih kukaca. Efikasna mjera jest kontrolirana atmosfera, tj. izmjena sastava zraka, odnosno modifikacije u postotnom udjelu pojedinih elemenata, u odnosu na standardni sastav atmosfere.

BIOLOŠKE MJERE – podrazumijevaju primjenu živih organizama, dijelova organizama ili njihovih produkata, u cilju inhibitornog i smrtnog djelovanja na primijenjene štetne organizme u skladištima. Ovdje ubrajamo razne primjene predatorskih organizama, kukaca, virusa, bakterija, gljiva, spora, grinja i sl. Problem ove mjere jest težnja za uklanjanjem svih živih organizama iz skladišne mase, jer svojom aktivnošću, kao i biološkim potrebama, pored poznatih šteta, disanjem utječu na vlagu i temperaturu proizvoda. Stoga, ukoliko bi primijenjeni predatorski organizmi obavili valjano svoj vid zaštite, imamo problem kako njih kasnije ukloniti iz uskladištene mase.

KEMIJSKE MJERE – značajno najaktivnije primjenjiv oblik korišten u zaštiti uskladištenih proizvoda. Pesticidno-kemijski pripravci, za primjenu u zatvorenim skladišnim prostorima dolaze u raznim formulacijama i načinima apliciranja. Ovdje je značajno napomenuti kako zaštitna sredstva djeluju smrtonosno na štetne kukce i grinje, a štetna su i toksična i za druge organizme, te ljude.

Oblik apliciranja, kao i odabir sredstava za korištenje u silosnim objektima, radi njihove veličine, oblika i količine koje skladištimo u njima najčešće, donosi korištenje fumiganata. Odnosno formulacija koje u dodiru s vlagom iz zraka oslobađaju izuzetno otrovan plin.

Osim posebne skupine fumiganata, u skladištima se primjenjuju također sintetički kontaktni i sistemični insekticidi, te razna sredstva u svrhu dezinsekcije i dezinfekcije prostora i opreme.

Apliciranje kemijskih sredstava vrši se prskanjem, orošavanjem, zamagljivanjem, te prašenjem. Važno je naglasiti i stalan oprez prilikom primjene kemijskih mjera zaštite, te racionalno korištenje, s tendencijom njihova smanjenja.

ZAKONSKO - ADMINISTRATIVNE MJERE – za cilj imaju regulirati, primjenjivati, te kontrolirati zakonske propise, odnosno njihovu primjenu ili kršenje. Ove mjere regulirane su od državnih institucija i organa vlasti, koje za cilj imaju borbu protiv karantenskih štetnika, odnosno carinskih službi i fitosanitarnih inspektora.

Zakon o biljnom zdravstvu (NN 75/05; 25/09; 55/11)

Zakon o hrani (NN 81/13)

Zakon o kontaminantima (NN 39/13)

Zakon o poljoprivredi (NN 149/09; 127/10; 50/12; 120/12)

Zakon o posebnim uvjetima za stavljanje brašna na tržište (NN 48/04; 130/04; 140/05; 143/05; 83/09; 93/13)

Zakon o provedbi Uredbe (EZ) br. 1107.2009 o stavljanju na tržište sredstva za zaštitu bilja (NN 80/13)

Zakon o sredstvima za zaštitu bilja (NN 70/05; 80/13)

Zakon o uskladištenju i skladišnici za žitarice i industrijsko bilje (NN 79/09; 124/11)

Pravilnik o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta (NN 78/05; 135/09; 86/10; 72/11)

Fumigacija predstavlja najuspješniju zaštitnu mjeru borbe protiv štetnika u skladištima koja se izvodi plinovima toksičnim za sve toplokrvne organizme i ljude, zbog čega su u toksikološkom pogledu, fumiganti istovremeno i najopasniji pesticidi. U svrhu njezine primjene vrlo je bitno imati ispravan silosno–skladišni objekt, stručno obučen kadar ljudi, potrebne dozvole mjerodavnih institucija, te zadovoljavanje sigurnosnih uvjeta.

Prema Maceljskom (2002.) neosporno je to najučinkovitija metoda suzbijanja već postojeće zaraze štetnicima, bez rezidualnog djelovanja.

Što se tiče podjele, fumigacija pripada izrazito kurativnim mjerama. Odnosno njezina je primjena najčešća kada je već uočena infestacija skladišne mase. Koristi se kod utvrđene ekonomske brojnosti, odnosno štetnosti. Provedbom fumigacije ne bi trebalo izbjegavati ostale preventivne mjere, što se prije najčešće i radilo. Sama fumigacija provodi se insekticid – fumigant sredstvima, koji dolazi u raznim formulacijama za primjenu. Tim sredstvima fumigaciju smiju obavljati samo ovlaštene pravne osobe, koje imaju stručnjake s propisanom stručnom spremom i raspolažu zaštitnom opremom, te uređajima za primjenu fumigacije. Pripravci se ubrajaju u I. skupinu otrova. U Republici Hrvatskoj, registrirani insekticid – fumigant je na osnovi dvije djelatne tvari – magnezijfosfid (Mg_3P_2) i aluminijfosfid (AlP) u vidu više različitih formulacija za primjenu. Iz obje aktivne tvari u dodiru s vlagom iz zraka oslobađa se određena količina (gramaža plina, ovisi o aktivnoj tvari, te primijenjenoj formulaciji) vrlo štetnog za ljude i toplokrvne organizme plina fosforvodika (PH_3).

Obzirom da je za metil bromid (CH_3Br), fumigant s najširim spektrom djelovanja, dokazano da oštećuje ozonski sloj, te će sukladno odredbama Montrealskog protokola do 2015. godine biti u potpunosti zabranjen (Montreal Protocol, 1995; Fields i White, 2002; Ducom, 2012.), preostaje fosfin kao zasada jedini dozvoljeni fumigant u Hrvatskoj, ali i u većem dijelu svijeta. Pored njegove relativno velike učinkovitosti, postoji problem rezistentnosti kukaca njegovom učestalom primjenom ili aplikacijom neadekvatnom dozom (Champ i Dyte, 1976.). Jedan je to i od jasnih ciljeva zašto se fumigacija primjenjuje samo i isključivo kada je to neophodno.

Alternativne metode koje propisuje integrirana zaštita uskladištenih proizvoda donesene su s obzirom i na rastuću svijest javnosti o reziduama u proizvodima i povećanom stupnju kontaminacije. Primjena inertnih prašiva kao protektanata u zaštiti uskladištenih proizvoda ogleda se u fizičkom smislu, ali moguće su i kemijske aktivnosti. Njihova otrovnost zanemariva je za sisavce. Ne utječu na kvalitetu i vrijednost tretiranog proizvoda, sporijeg su djelovanja u odnosu na sintetičke insekticide. Inertni prah uzrokuje pojavu dehidracije u kukca uništavajući mu voštani sloj kutikule. Kukci umiru od dehidriranja kada izgube 60% svoje vode, odnosno 30% ukupne tjelesne težine (Ebeling, 1971.). Fokusiranjem na biljne materije kao potencijalnog izvora komercijalnih sredstava za suzbijanje štetnih kukaca, utvrđuje se korisnost ekstrakata aromatičnih spojeva i sastojaka. Potencijal biljnih insekticida u porastu je, jer upotreba konvencionalnih insekticida sve više je ograničena, a prirodnim pripravcima alternativa je sigurno zajamčena. Eterična ulja kao biljne supstance mogu utjecati na biološke parametre stupanj rasta, životni vijek i razmnožavanje.

Cilj ovoga istraživanja jest ispitati učinkovitost nekemijskih pripravaka prirodnog podrijetla na ekonomski značajne skladišne štetnike.

2. PREGLED LITERATURE

2. 1. DIJATOMEJSKA ZEMLJA (DZ)

Dijatomejska zemlja vjerojatno je najdjelotvorniji prirodni prah. To je geološki depozit nastao taloženjem mrtvih tijela jednostaničnih organizama, pretežito dijatoma i drugih algi, u morskoj i slatkoj vodi. Mrtva tijela građena su od hidratiziranih amorfnih silikata. Lomljenjem, mrvljenjem, meljavom ovaj geološki depozit prelazi u fini prah poput talka (Korunić, 1994.).

Po formulaciji jest prašivo raznolikih boja (bjelkastosive, žućkaste…). Osnovna djelatna tvar je amorfni silicijev dioksid, a uz nju u formulacijama se nalazi i nešto kristalnih silikata. Daljnjim ispitivanjima i radom dodaju se i drugi pripravci, najčešće aromatično bilje insekticidnog djelovanja. Reakcija dijatomejske zemlje iznosi pH 7, bez mirisa, a uz silicijev dioksid (SiO_2) u prašivu nalazi se kalcij (Ca) kao najzastupljeniji element, te drugi (Al, Mg, Na, Fe, P, S, Ni, Zn…). Pripravci na osnovi, kao i sama dijatomejska zemlja svrstani su izvan skupine otrova, što potvrđuje sigurnost za okoliš, ljude i životinje.

Pri njezinom iskopavanju suše se depoziti i melju. U cijelom procesu prerade jedina promjena je mljevenje, odnosno smanjenje čestica, te dosušivanje kojima se eliminira nepotrebna vlaga. Iskopane čestice, odnosno fragmenti depozita u okvirima su 1 do 150 μm. Dimenzije čestica, također su od značajne važnosti, te je dokazano Korunić i suradnici (2009.) bolje djelovanje sitnijih čestica do 45 μm.

Mnogi autori navode kako kod važnijih skladišnih štetnika, pri korištenju dijatomejske zemlje postoje različitosti u osjetljivosti pojedinih vrsta kukaca. Stoga, Korunić (1999.) u svom radu prikazuje redoslijed kukaca testiranih na istoj kulturi (pšenica), počevši s najosjetljivijim prema najotpornijim vrstama: *Cryptolestes spp.* > *Oryzaephilus surinamensis* L. > *Sitophilus granarius* L. > *Sitophilus oryzae* L. > *Tribolium castaneum* Herbst > *Rhyzopherta dominica* Fabr. > *Prostephanus truncatus* Horn.

Učinkovitost sredstava s osnovom dijatomejske zemlje očituje se kroz 7 do 21 dan. Uzrokovat će uginuće štetnih kukaca i grinja tijekom cijelog razdoblja čuvanja i skladištenja. Po svojim karakteristikama na pripravak ne utječu temperature i svjetlost, pa stoga ono pokazuje izvrsnu dugotrajnu zaštitu tretirane zrnate mase. Primjenu je potrebno vršiti na suhu masu zrna s oko 13% vlažnosti, pri višoj vlazi se smanjuje djelotvornost. Dijatomejska zemlja pokazuje i određena svojstva repelentnosti (odbojnosti) na kukce, što upotpunjuje i dodatno štiti zrnatu robu. Kod opće primjene preporučena su 3 načina:

- tretirati prazne objekte ili razne podloge (zidove, ambalažu, podove…)
- obrada površine zrnate robe površinskim zaprašivanjem
- izravnim miješanjem u skladištenu masu

Razne mogućnosti u primjeni, kao i kraći pregled rezultata uporabe na svjetskoj razini dijatomejske zemlje u zaštiti objekata i proizvoda, prikazao je Korunić (1999.) u svom radu. Prikazuje izravno tretiranje zrnate robe, slojevite tretmane, obradu praznih objekata, te kombinirane metode s drugim fizikalnim mjerama zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda.

Na tržištu Republike Hrvatske trenutno se nalazi jedan komercijalizirani pripravak na osnovi dijatomejske zemlje, pod nazivom Protect-It^{TM}, proizvođača Hedley Technologies Ltd. Ontario, Kanada (Slika 4.). To je insekticid prirodnog podrijetla, iz uputa klasificiran je kao insekticidno i akaricidno prašivo za suzbijanje kukaca i grinja u uskladištenim proizvodima.

Slika 4. Komercijalno dozvoljen pripravak na osnovi dijatomejske zemlje u Republici Hrvatskoj - Protect-It^{TM} (foto: Igor Gorički)

Pripravku je osnova dijatomejska zemlja nepirogene obrade 90% i amorfni silika gel 10%. Pripravak je razvrstan izvan liste otrova. Protect-It^{TM} primijenjen sukladno uputama proizvođača izaziva uginuće kukaca i grinja tijekom čitavog razdoblja čuvanja robe. Može se primijeniti preventivno nakon žetve, prosušivanja, te čišćenja robe i tijekom uskladištenja poljoprivrednog proizvoda kada je prisutna mala populacija, koja se razvija izvan zrna, a vlažnost je ispod 14,5%.

Može se primjenjivati prašenjem ili prskanjem proizvoda s vlagom do 13,5%. Doza pripravka kreće se od 100 do 1500 grama (ppm) po toni robe, a oscilacije u dozi variraju primjenom na određenu vrstu štetnika te podlogu, tj. proizvod na kojemu se određeni štetnik razvio (izvor: Protect-It^{TM}, Agro Chem MAKS, upute za primjenu).

Jedini ograničavajući čimbenik u primjeni dijatomejske zemlje, te pripravaka na njenoj osnovi u prijašnjim istraživanjima i radu donose Golob (1997.); Subramanyam i Roesli (2000.), kao prividno smanjenje hektolitarske mase tretiranog zrnatog proizvoda, smanjenje sipkosti, prašnjav izgled i prašina koja lebdi u prostorijama, prilikom transporta i primjene. Ovdje se navodi mogući razlog u visokim koncentracijama primijenjenih formulacija. Stoga, preporučljivo je jednom tretirati proizvod zbog trenja zrna prekrivenog česticama i zauzimanja većeg prostora usporedno s istom masom ne tretirane robe.

Danas i perspektiva budućnosti produkcija je dijatomejske zemlje te poboljšanje s raznim dodacima, najčešće biljnih ekstrakata i drugih sintetičkih pripravaka. Težnja također snižavanju koncentracija primjene, što već pokazuje rezultate u zanemarivim utjecajima na sami tretirani proizvod, a usporedno zadovoljava učinak na skladišnu faunu.

Ebeling (1971.) prikazuje pojavu dehidracije pri primjenama inertnog praha, kao agensa zaštite. Smrtnost nastupa pojavom dehidracije, odnosno gubitkom 60% tjelesne vode, ili 30% ukupne težine. Pojavu dehidracije uzrokuje inertni prah, uništavajući voštani sloj kutikule kukca.

McGaughey (1972.) zaključuje da stanje zrna može utjecati na učinkovitost inertnog praha. Stoga, većina DZ učinkovitija je na cijelom zrnu, nego u masi s primjesama i lomu.

Bridgeman (1994.) donose rezultate postupka prihvaćenog u Australiji, u sklopu integrirane zaštite. Obradom praznih prostora prskanjem (suspenzijom) DZ. Primijenjena je australijska,

vrlo djelotvorna komercijalizirana DZ Dryacide. Iz rezultata su uočili djelotvorne rezultate, kao i moguću potpunu zamjenu sintetskih pripravaka za obradu praznih skladišta.

Golob (1997.), Korunić (1998.), Fields (1999.), te Dowdy i Fields (2002.) većina autora napominje da su najosjetljivije vrste na primjenu DZ iz roda *Cryptolestes spp.,* manje od njih osjetljivi su *Sitophilus spp.*, a među najotpornije štetnike ubrajaju se *O. surinamensis, R. dominica,* te *Tribolium spp.* Osim različite osjetljivosti, spominju se i učinkovitost koja je promjenjiva s porastom vlage zraka i skladišne mase, a povećava s porastom temperature.

Hamel (1997.) koristi u svom istraživanju komercijalnu DZ Protect-It™ u poljskim pokusima u Hrvatskoj, koncentracije od 100 ppm zaprašivanjem i 150 ppm prskanjem. Iz rezultata je vidljiva zadovoljavajuća učinkovitost za suzbijanje *Cryptolestes spp*. i *Sitophilus oryzae* uz koncentracije od 100 ppm, no nedovoljnu učinkovitost na *O. surinamensis, R. dominicu* i *T. castaneum.*

Korunić (1998.) istraživanjima utvrđuje važnost i povezanost, veličina i postotne zastupljenosti čestica, kao značajnog parametra u efikasnosti. Preparati kod kojih je zastupljenost veća od 95% čestica veličina 5-15 *μm* dokazali su najveću djelotvornost na skladišne kukce. Isti autor navodi dalje, da pored efikasnosti što sitnijih čestica za kukce, one su i potencijalno opasnije za ljude koji primjenjuju prašiva. Tako sitne čestice manje od 5 *μm*, a naročito manje i od 1 *μm* mogu prouzrokovati zdravstvene probleme ozbiljnih razmjera kod ljudi, u respiratornom sustavu.

Fields i Korunić (2000.) potvrđuju da je DZ učinkovitija na kukce kod viših temperatura i niže vlage zraka. Od testiranih kukaca *Cryptolestes ferrugineus* je pokazao najveću osjetljivost, dok je *Tribolium castaneum* u svim ispitivanim varijantama pokazao najmanju osjetljivost na DZ. Kolike su razlike između ove dvije vrste, pokazuje i količine primijenjene DZ (Protect-It™), bez obzira na varijantu ispitivanja 300 ppm prouzrokuje 100% smrtnost kod *C. ferrugineus* poslije sedam dana, dok 600 ppm prouzrokuje smrtnost u rasponu 49-92% kod *T. castaneum* poslije 14 dana.

Korunić i Mackey (2000.) u cilju ispitivanja mogućnost suzbijanja štetnih kukaca u uskladištenom zrnu, provode tretiranje površinskog sloja DZ. Prvenstveno je istraživanje provedeno s ciljem smanjenja utjecaja DZ na tržišnu kvalitetu i kakvoću zrna (podloge) na kojoj se primjenjuje. Zaključeno je da se obradom 100 cm dubine površinskog sloja pšenice s 0,5 grama DZ Protect-It™, postiže zadovoljavajuća zaštita i sprječavanje infestacije s *S.*

oryzae, R. dominica i *T. castaneum*. S time se postiže i smanjeni utjecaj na uskladištenu masu, jer se obrađuje samo dio mase s DZ.

Subramanyam i Roesli (2000.) navode korištenje inertnog praha, kao jedno od inovativnih rješenja. Smanjenog rizika, te racionalna fizička metoda za zaštitu uskladištenih roba od štetnih kukaca. Ukazuju da efektivnost inertnog praha direktno ovisi o njihovim fizičkim i kemijskim karakteristikama (strukturi, sadržaju silicij-dioksida (SiO_2), veličine i zastupljenosti čestica, pH vrijednosti, sorpcijskom kapacitetu i podrijetlu), ali i njihov utjecaj na smanjenje hektolitarske mase zrna, te nakupljanje čestica i vezivanje na površinu zrna.

Fields i sur. (2003.) vrše ispitivanja na više lokacija u laboratorijima Velike Britanije, Kanade i Australije. Cilj ispitivanja je utvrditi, letalne doze (LD) dijatomejske zemlje za imaga skladišnih kukaca *S. oryzae* i *T. castaneum*. Zbog značajnih razlika u dobivenim rezultatima, predlažu: da se djelotvornost ocjenjuje i utvrđuje nakon 7 i 14 dana uz obavezno ispitivanje utjecaja na potomstvo. S obzirom na štetnost i način štete *T. castaneum*, kao sekundarni štetnik na cijelim zrnima pšenice teško se razvija, te istraživači predlažu da se u pšenicu dodaje po 1% loma zrna, pri istraživanju.

Mvumi i sur. (2006.) ispitivanja provedena u Africi, u suzbijanju *S. zaemais, R. dominica* i *T. castaneum* u uskladištenoj pšenici i kukuruzu, uspješno su provedena primjenom DZ niskog sadržaja silicijevih kristala.

Korunić i Fields (2006.) ispitivanje osjetljivosti *Sitophilus* vrsta na primjenu DZ. Ispitivanje provedeno u više koncentracija, te nakon 21 dana, donose zaključke o otpornosti *S. granarius* L., srednjoj osjetljivosti *S. oryzae* L., dok je *S. zeamais* L. bio najosjetljiviji.

Vayias i sur. (2006) testirali su osjetljivosti *Tribolium confusum* Du Val. iz više zemalja u Europi na DZ. Zaključili su da populacije iz sjeverne i centralne Europe značajno su osjetljivije od populacija južne Europe. Osobine inertnih prašiva, utjecaji sredine, dužina ekspozicije, kao i osobine tretiranog supstrata direktno utječu na insekticidni potencijal i efikasnost.

Korunić (2010.) donosi rezultate pokusa s poboljšanom DZ, Protect-It™, te uspješno suzbijanje odraslih imaga *S. oryzae, R. dominica* i *T. castaneum* kroz sedam dana izloženost pri 55% relativne vlažnosti zraka i temperaturi od 25 ºC. Utvrđuje i značajan pad djelotvornosti s povišenjem RVZ na 75 %. Ispitivani su na različitim podlogama: pšenica, zob, riža, oljuštena riža, kukuruz i pri različitim koncentracijama izraženim u ppm (0-1200).

Uz uspješnost suzbijanja promatrane su promjene na podlogama, odnosno utjecaji DZ na volumnu masu.

Kalinović i sur. (2011.) grupa hrvatskih znanstvenika ispitivala je učinkovitost DZ, i mješavine DZ s piretrinom. Ispitivanja su provedena na pšenici, infestiranoj s *S. oryzae* i *T. castaneum*. Postignuti rezultati pokazivali su veću učinkovitost kod onih formulacija s piperonil butoksidom (PBO). Iz zaključka se ističe i mogućnost razvoja prirodnih formulacija s piretrinom u Hrvatskoj.

Bodroža – Solarov i sur. (2012.) rezultati provedenih pokusa potvrdili su da tretirana pšenica DZ i prirodnim zeolitom nema utjecaja na kvalitetu konačnog proizvoda – kruha. No, glavni nedostatak je značajno smanjenje hektolitarske težine i tržišne kvalitete.

2. 2. BOTANIČKI INSEKTICIDI

U cilju rješavanja problema rezistentnosti skladišnih štetnika, kao i poboljšanje sigurnosti hrane, sve više se ispituju potencijali primjene prirodnih biljnih insekticida. Korisnih bioaktivnih supstanci bogati izvor su biljke i biljni materijali. Uglavnom bez značajnih nuspojava, te korišteni kao tradicionalni ljekoviti pripravci.
Tradicionalni temelji zaštite biljni su insekticidi koji se koriste u različitim namjenama i oblicima od prvih čovjekovih spoznaja o poljoprivredi. Weinzierl (2000.) navodi da sirovi biljni ekstrakti, biljne tvari ili cijele biljke korištene su nekoliko stoljeća, a bile su poznate u plemenskim ili tradicionalnim kulturama diljem svijeta. Autor Obeng-Ofori (2007.) pokazuje da lokalni poljoprivrednici nerazvijenih, i siromašnih zemalja Afrike, Kine, Indije dodaju lišće i prah u različite žitarice i mahunarke kao prilagođenu zaštitu u kontroli štetnih kukaca.

Mnoge biljne vrste sadrže sekundarne metabolite ili druge tvari koje su repelentnog ili insekticidnog djelovanja na kukce. Autori Weinzierl (2000.), te Scott i sur. (2003.) tvrde kako biljni insekticidi, imaju određene prednosti. Ne ostaju u okolišu, predstavljaju također relativno nizak rizik za neciljane organizme i niske su toksičnosti na sisavce. Biljni preparati nisu naišli na široku primjenu u konvencionalnoj poljoprivredi, ali su prepoznati od proizvođača organskih i ekoloških usjeva.
Upotreba eteričnih ulja u zaštiti uskladištenih proizvoda poznata je kao i mnoga ulja svrstana u važne prirodne tvari. Danas sve više istraživanja usmjerava se na razvoj i traženje alternativnih pripravaka, te više prirodnih sastojaka uključujući novi pristup biljnim insekticidima. Khater (2012.) navodi eterična ulja, kao sekundarne biljne metabolite, smjese

hlapljivih organskih spojeva. Navodi mnoga eterična ulja (porodice Lamiaceae, Myrtaceae, Asteraceae, Rutaceae, Apiaceae, Lauraceae…) s velikim insekticidnim, ali antivirusnim, antifungalni i antibakterijskim svojstvima.

Za opsežna istraživanja korištene su mnoge biljne vrste našega podneblja, a neke od njih su: ružmarin (*Rosmarinum officinalis* L.), lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.), menta (*Mentha spp*.), lovor (*Laurus nobilis* L.), majčina dušica (*Thymus vulgaris* L.), kadulja (*Salvia officinalis* L.) i dalmatinski buhač (*Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis.), kao i mnoge druge. U svjetskim razmjerima uz ove biljne vrste, komercijalizirani i sintetizirani u pripravke su: *Nicotiana tabacum* L., *Azadirachta indica* A. Juss., *Eucalyptus spp*. … Među, najrasprostranjenijim i ekonomski značajnim skladišnim kukcima: *S. oryzae*, *R. dominica* i *T. castaneum* među najispitivanijom vrstom jest lovor. Lovor-*Laurus nobilis* L. (Lauraceae), (Slika 5.) podrijetlom iz južnog Sredozemlja, mediteranski zimzeleni grm, visine oko 200 cm. Kultiviran kao ukrasna biljka, ali i dodatak jelima u Europi i Americi. Ben Jemâa i suradnici (2012.) (cit. Kivçak i Mert, 2002.) ukazuju na biološku aktivnost i fitokemijska svojstva *L. nobilis*, te i prethodna intenzivna istraživanja. Uglavnom se koristi u aromatskim industrijama, a ukazuju i na korištenje kao biljnog insekticida u poslije žetvenim procesima. Po Isikber i sur. (2006.) lovor (*L. nobilis*) biljni materijal za suzbijanje štetnika može se sintetizirati od lišća, plodova i ulja. Lovor se koristi u ljudskoj ishrani, te kao repelentna supstanca, dezinfekcijsko i antibakterijsko sredstvo.

Slika 5. Biljka i sušeno lišće lovora (*Laurus nobilis* L.) (foto: Igor Gorički)

Insekticidno djelovanje lovora na navedene štetne kukce dokazali su mnogi autori u svojim istraživanjima: Rozman i Kalinović (2000.); Kalinović i sur. (2002.); Rozman (2003.); Isikber i sur. (2006.); Ben Jemâa i sur. (2012.), te pojedinih komponenti, kao sastavnica i eteričnog ulja lovora: Shaaya i sur. (1991.); Lee i sur. (2003.); Liška i sur. (2012.), te drugi.

Povoljna insekticidna svojstva utvrđena su i kod biljke sezama. Aktivna tvar sesamolin iz sezama *Sesamum indicum* L. također ima insekticidna svojstva, te koristi se i kao sinergist insekticida iz piretrina (Morris, 2002.).

Saaya i Pisarev (1990.) istraživanjima su odredili fumigantnu toksičnost, odnosno toksičnost 26 eteričnih ulja raznog ljekovitog bilja, protiv značajnih štetnika skladišta: *R. dominica, Oryzaephilus surinamensis* L., *T. castaneum* i *S. oryzae.*

Schmidt i sur. (1991.) u svojim istraživanjima *Acorus calamus* L. i njegovih para u kontroli štetnika potvrđuju negativno djelovanje na život i reprodukciju *Callosobruchus chinensis* L., *S. oryzae*, te *Sitophilus granarius* L.

Shaaya i sur. (1991.) kod eteričnih ulja, začina *Pimpinella anisum* L. i *Mentha piperita* L. utvrdili su fumigantna djelovanja na jedne od glavnih skladišnih štetnika *R. dominica, T. castaneum, S. oryzae* i *O. surinamensis*.

Simpson i Ogorzaly (1995.) navode da eterična ulja djeluju kao sredstva alelopatije ili iritacije, koja štiti biljku od grabežljivih kukaca i parazitske zaraze.

Misra i sur. (1996.) eterična ulja posjeduju antivirusna, antifungalna i antibakterijska djelovanja jednostavno ekstrahirana. Široka spektra djelovanja, te ekološki prihvatljiva zbog brzine razgradljivosti jer sadrže niz spojeva koji to omogućavaju.

Hrvatski autori Rozman i Kalinović (2000.) ispituju domaće aromatično bilje u vidu zaštite protiv skladišnih štetnika bilo u vidu eteričnih ulja ili praha. U ispitivanjima obrađeni su kukci *R. dominica* i *S. granarius*, a od ispitivanog bilja značajno je naglasiti *Laurus nobilis* L. u vidu praha, kao najučinkovitiju biljnu vrstu protiv *R. dominica.*

Tripathi i sur. (2000.) navode vrstu *Mentha spp.* i njenu učinkovitost protiv *Callosobruchus maculatus* Fabr. i *T. castaneum*, u vidu hlapljivog ulja protiv ovih značajnih skladišnih štetnika.

Belmain i sur. (2001.) ispituju tradicionalne biljke u zaštiti skladišta u Gani. Testirali su 13 biljnih vrsti, te njih 6 pokazale su insekticidno djelovanje na *R. dominicu* i još tri glavna štetnika.

Kalinović i sur. (2002.) ispituju insekticidnu aktivnost bilja i biljnih materijala domaćeg podrijetla. Istraživanje se provodilo na *R. dominica,* a od ispitivanog bilja, izdvaja se *L. nobilis.* Utvrđen je 100% mortalitet i kod eteričnog ulja, i u vidu praha, na uzorcima od 5 kilograma pšenice.

Lee i sur. (2003.) novijim istraživanjima više se ogleda sastav eteričnih ulja. Stoga su ovdje stručnjaci istražili 20 prirodnih monoterpenoida, te fumigacijske mogućnosti na uskladištene štetnike *S. oryzae, T. castaneum* i neke higijenske štetnike. Utvrđena je veća toksičnost ketona na *T. castaneum*, nego ostalih monoterpenoida. Velika im je pogodnost u fumigantnoj primjeni zbog velike hlapljivosti i sigurnosti.

Rozman (2003.) provođenjem istraživanja kroz vremenski period od 3 godine ispitivala je fumigantnu aktivnost eteričnih ulja u zaštiti pšenice i kukuruza. Korišten biljni materijal jest: *L. officinalis* Mill., *L. nobilis* L., *R. officinalis* L. i *T. vulgaris* L., sa svojim bioaktivnim komponentama. Zaključni rezultati su pokazali osjetljivost na fumigantni pristup kod *Sitophilus spp*., zatim osjetljivost *R. dominice* pri aplikaciji istih. Vidljiv je i nizak stupanj osjetljivosti kod vrste *T. castaneum.*

Isikber i sur. (2006.) pokazuje fumigantnu toksičnost eteričnih ulja *L. nobilis* i *Rosmarinus officinale* L., na razvojne stadije *T. confusum*, te korelaciju duljine izloženosti i otpornosti pojedinih stadija. Iz rezultata značajno je vidljivo ustvrditi, da je stadij kukuljice otporan na maksimalnu izloženost.

Isman (2000.), Cetin i Yanikoglu (2006.) autori koji navode širok spektar ovicidnog, larvicidnog, insekticidnog, te repelentnog djelovanja protiv nekih vrsta kukaca, korištenjem eteričnih ulja iz različitih biljnih vrsti.

Ben Jemâa i sur. (2012.) promatrani rezultati pokazali su kvantitativne, a ne kvalitativne razlike u sastavima eteričnih ulja iz Tunisa, Alžira i Maroka. Niz zajedničkih glavnih komponenti su u promjenjivim omjerima. Pa se zaključuje da insekticidna svojstva ovise o zemljopisnom podrijetlu ulja *L. nobilis*, te učinkovitost na ispitivane kukce.

Liška i sur. (2012.) u cilju istraživanja testiraju sastavne komponente eteričnih ulja: 1,8-cineol, kamfor i eugenol na produkciju i potomstvo kestenjastog brašnara *T. castaneum*. U istraživanju, komponenta 1,8-cineol najviše utječe na smanjenje broja potomaka, a slijede je eugenol, te kamfor. Rezultati ukazuju osim značajnog smanjenja potomstva pri komponentama 1,8-cineol i eugenol na moguć jedan od razloga, pripisujući uginuće roditelja izloženosti 1,8-cineolu. Pri razvijenom potomstvu nisu uočene deformacije, te je pretpostavka kako eugenol i 1,8-cineol ne utječu na niže razvojne stadije *T. castaneum*.

Popović i sur. (2012.) ispituju niz eteričnih ulja, komponiranih u brašno, dokazujući toksičnost na *T. castaneum*. Eterično ulje *C. glandulosa* L., bogato je sekundarnim metabolitima, te pokazalo je snažnu insekticidnu i fumigantnu toksičnost na imaga *T. castaneum*, dok su slabiji učinak pokazivala ulja *Stellaria montana* L.

2. 3. BIOLOGIJA ISPITIVANIH ŠTETNIKA

Štetne vrste kukaca u skladištu nisu sve jednako važne, odnosno štetne. Štetnici se dijele koliko i kako mogu oštetiti proizvod, jer nisu svi sposobni oštetiti zdravo zrno, nego se hrane već oštećenim. Stoga, u skladištima i silosima, razlikujemo ove vrste:

Primarni štetnici: od svih vrsta oštećenja, njima pripada 90% šteta (Korunić, 1990.) na uskladištenim zrnatim proizvodima. To su kukci, koji napadaju i oštećuju zdrava, cijela zrna, te su ekonomski najznačajniji. U nekontroliranim uvjetima, izazivaju i potpune štete. Izjedaju čitav sadržaj zrna, a posebice štetna populacija je na sjemenskom materijalu, kojemu ishranom direktno oštećuje klicu. Najznačajniji predstavnici: *Sitophilus spp*., *Rhyzopertha dominica* Fabricius, *Acanthoscelides obtectus* Say., svi predstavnici su reda Coleoptera (tvrdokrilaca).

Sekundarni štetnici: gotovo uvijek se javljaju s primarnim jer ne napadaju čitava i zdrava zrna, već ona oštećena od primarnih štetnika. Žive i hrane se lomom, i ostacima od napadnutih zrna. Javljaju se u masovnom broju i zagađuju, te onečišćuju proizvode svojim ekskrementima i tijelima. Od predstavnika Coleoptera (tvrdokrilaca): *Cryptolestes ferrugineus* Steph., *Oryzaephilus surinamensis* L., *Tribolium spp*., *Tenebrio spp*., dok od kukaca roda Lepidoptera (leptira) ubrajamo, najzastupljenije: *Plodia interpunctella* Hbn., *Sitotroga cerealella* Oliv., *Ephestia kühniella* Zell.

Mikofagni štetnici: hrane se plijesnima nastalim na zrnu povišene vlažnosti, uslijed djelovanja mikroorganizama. Njihova detekcija, ukazuje na vrlo loše stanje uskladištenog proizvoda. Ne oštećuju izravno proizvod. Najvažniji predstavnici: Coleoptera (tvrdokrilci): *Ahasverus advena* Waltl., te roda Psocoptera (prašne uši): *Liposcelis spp., Lepinotus spp.*.

Strvinari: štetni kukci detektirani u skladišnim objektima, a ishranu vrše na raspadajućim biljnim ostacima. Češći su u vlažnim i neodržavanim objektima.

Slučajne vrste: kukci ili drugi organizmi, koji dolaze u skladište sa polja i nisu značajni. Ne stvaraju štete, niti se razmnožavaju i razvijaju, ugibaju nakon nekog vremena.

Žitni kukuljičar – *Rhyzopertha dominica* Fabricius

Red: Coleoptera

Porodica: Bostrichidae (Bušači-kukuljičari)

Skladišni štetnik veličine 2,3-3,0 mm, tamnosmeđe do hrđaste boje. Morfološka karakteristika žitnog kukuljičara jest vratni štit (pronotum) koji mu potpuno prekriva glavu. Karakteristične su i točkasta udubljena po cijeloj površini (Slika 6.).

Ispod pokrilja, nalazi se jedan par krila, kojima dobro leti. Ortognantnog (okomitog) položaja glave, tj. usnog ustroja u odnosu na položaj tijela. Vidljivo, uočljiva je i građa antene ticala, gdje posljednja tri segmenta tvore kijaču.

Načinom štete *R. dominica* svrstana je u primarne, odnosno ekonomski značajne štetnike koji svojom ishranom i infestacijom oštećuju i uništavaju zdravo, cijelo zrno. Načinom života, žitni kukuljičar svrstan je u interne štetnike, koji svoj razvojni ciklus provode unutar zrna. Ličinka bijele boje, blago savijena, dlakava. Dobro razvijena 3 para nogu.

Štetnik je tropskih krajeva, te se ogleda kao termofilna vrsta s optimalnim temperaturama iznad 30 ˚C, te razvoj prestaje već pri nižim temperaturama od 15-17 ˚C. Otporna je vrsta na niske temperature, a vlaga supstrata (zrna) nema veće uloge u razvoju.

Zaražena tj. infestirana pšenica poprima slatkasti miris, zbog izlučevina ličinki tijekom ishrane. Ovo pokazuje da ne utječe samo ishranom, smanjenjem težine i povišenjem

temperature, već i biokemijski na sastav zrna. Zbog svoje potrebe za visokim temperaturama *R. dominica* tipičan je štetnik silosno – skladišnih objekata. Osim pšenice tj. žitarica, napada suho voće i prerađevine, sjemensku robu. Ženka odlaže 300-500 jaja, te najkraći razvoj u optimalnim uvjetima traje 24 dana. Ima 2 generacije.

Slika 6. *Rhyzopertha dominica* Fabricius – Žitni kukuljičar (foto: Igor Gorički)

Rižin žižak - *Sitophilus oryzae* L.

Red: Coleoptera

Porodica: Curculionidae (Pipe)

Rižin žižak veličine 2,5 – 4,0 mm, crno-smeđih boje s 4 ovalne crvenkasto žute pjege na pokrilju. Ispod pokrilja nalazi se drugi par krila, kojima imago može letjeti. Gustih i okruglih udubljenja na vratnom štitu (Slika 7.).

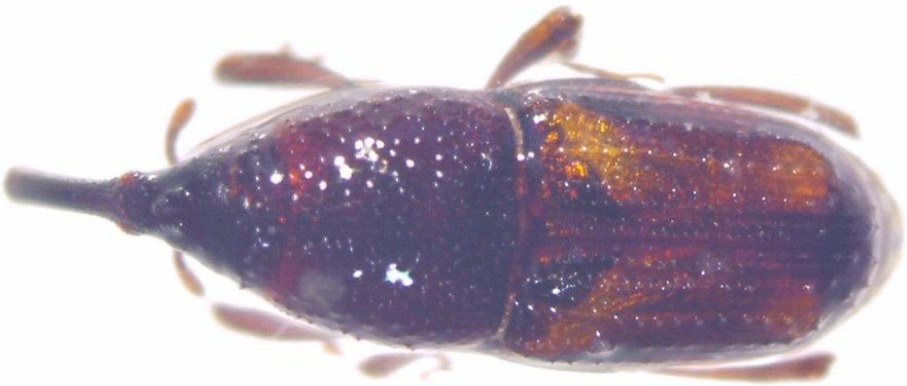
Po načinu šteta ubraja se u primarnog skladišnog štetnika, te je ekonomski značajna vrsta. Oštećuje cijelo i zdravo zrno žitarica, te je rasprostranjen u cijelom svijetu.

S. oryzae je pridošla štetna vrsta u skladištima našega podneblja, te je karakteristična termofilna vrsta, kojoj pogoduju visoke temperature, a one su u rasponu 24–28 ˚C. Život, kao i mortalitet ličinke ovisi o vlazi zrna koja se u optimalnim granicama kreće 10-16 %. Ženke jaja odlažu u zrno, a ličinka je apodna, nepokretna, te živi i hrani se u zrnu. U jednom zrnu

moguć je pronalazak i više ličinki koje mogu napadati i oštećena zrna. U našim uvjetima, imaju 3-4 generacije, no u zagrijanoj masi moguće je i više generacija. Sniženjem temperature ispod 0˚C, raste i brzina mortaliteta u danima, te pri -1 do -4˚C, ugiba za 8 dana, a -6 do -8˚C za 3 dana.

Ličinke i imaga značajni su štetnici zrna žitarica, ali i druge zrnate robe. Oštećuju zdrava i neoštećena zrna, čime omogućuju štete i drugim skladišnim štetnicima (sekundarnim). Izravna šteta jest ishranom, odnosno gubitkom težine uskladištene mase, zatim svojim djelovanjem, uzrokuju i zagrijavanje uskladištene mase, čineći ju neprikladnom za preradu i dugotrajnije čuvanje.

Otporna su vrsta na gladovanje i do 60 dana, pri temperaturama oko 13˚C. Ženka odlaže 300-600 jaja, a minimalna vlaga zraka iznosi 60%. Najkraći razvoj, uza sve optimalne uvjete iznosi 24 dana.



Slika 7. *Sitophilus oryzae* Linnaeus – Rižin žižak (foto: Igor Gorički)

Kestenjasti brašnar - *Tribolium castaneum* Herbst

Red: Coleoptera

Porodica: Tenebrionidae (Brašnari)

Kestenjasti brašnar, štetnik veličine 3-4 mm, duguljasta tijela, crveno do tamnosmeđe (kestenjaste) boje (Slika 8.). Ključni štetnik uskladištenih proizvoda, te najrašireniji i najčešći štetnik svjetskih žitarica, mlinova, trgovina i skladišta svijeta (Korunić, 1990.; Garcia i sur., 2005.; Ben Jemâa i sur., 2012.). Morfološka različitost od *Tribolium confusum* Du Val. jest posljednja tri segmenta u anteni ticala koja kod *T. castaneum* su kijačaste građe, a kod *T. confusum* članci se postepeno šire prema vrhu.

U našim uvjetima skladištenja imaju 2 generacije. Sekundarnog su načina i karaktera ishrane. Ne napadaju zdravo i neoštećeno zrno, već se hrane lomom i prethodno oštećenim proizvodima od primarnih štetnika. Visokog su ekonomskog značaja. Po svom razvoju eksterni su štetnici, kojima se razvoj odvija izvan zrna (proizvoda).

Štetnici su najprije mlinova i mlinskih prerađevina, lomljenog zrna, brašna, uljarica, tvornica stočne hrane.

Može oštetiti i zdravo, neoštećeno zrno, ali s uvjetom da je vlažnije od 12,2%. Ličinke žućkaste ravne, pokretljive žive u proizvodu. Ženka odlaže 300-900 jaja. Optimalne temperature oko 32 ˚C, termofilnog karaktera. Optimalna vlaga zraka za život iznosi 70%, osjetljivi na temperature od -6 ˚C, kada ugibaju za 24 sata. Najkraći životni razvoj, pri idealnim uvjetima okoline iznosi oko 20 dana.

Slika 8. *Tribolium castaneum* Herbst - Kestenjasti brašnar (foto: Igor Gorički)

3. MATERIJAL I METODE

3. 1. TEST KUKCI

Pokus je rađen na tri vrste kukaca: *Sitophilus oryzae* L. – rižin žižak, *Rhyzopherta dominica* Fabricius – žitni kukuljičar i *Tribolium castaneum* Herbst – kestenjasti brašnar. Korišteni su odrasli oblici (imago) pomiješanog spola, starosti 7-21 dan, uzgojeni u kontroliranim uvjetima, pri temperaturi od 29˚C±1˚C i relativnoj vlažnosti zraka od 70%. Uzgoj test kukaca obavljen je u klima komori u laboratoriju za Posliježetvene tehnologije pri Katedri za uskladištenje i tehnologiju ratarskih proizvoda na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku.

Hranjiva podloga za uzgoj *S. oryzae* i *R. dominica* , činila je pšenica, dok je za *T. castaneum* kao hranjiva podloga korišteno oštro pšenično brašno s dodatkom 5% pivskog kvasca.

3. 2. ISPITIVANI PRIPRAVCI

U pokusu su korištena dva različita pripravka IPE 1 i IPE 2.

Sastav formulacije IPE 1: amorfni silicij dioksid (SiO_2), lovor (*Laurus nobilis* L.), sjemenke sezama (*Sesamum indicum* L.) i hranjiva podloga. Svi sastojci spadaju u hranjive tvari.

Sastav formulacije IPE 2: amorfni silicij dioksid (SiO_2), ekstrakt sjemenki sezama (*Sesamum indicum* L.), piretrin iz dalmatinskog buhača (*Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis.), i hranjiva podloga. Piretrin u formulaciji je prirodnog podrijetla bez dodatka piperonil butoksida (bez PBO).

U ispitivanju je korištena nezaražena čista pšenica - *Triticum aestivum* L. proizvedena u Republici Hrvatskoj, vlage od 12, 7% i hektolitarske mase od 80,6 kg.

3. 3. METODE

Pokus je postavljen u 4 ponavljanja za svaku vrstu štetnika, kao i za obje formulacije, te kontrolu. Odvage formulacija dodane su u staklenke volumena 200 ml ispunjene sa 100 g zdrave, netretirane pšenice. Staklenke su hermetički zatvorene, te 1 minutu snažno protresene, kako bi se sredstvo ravnomjerno rasporedilo između zrnate mase (Slika 9.). Formulacija IPE 1 testirana je u koncentraciji od 0,04 g (400 ppm), a formulacija IPE 2 u koncentraciji od 0,02 g (200 ppm). Nakon toga u staklenke je dodano po 50 odraslih jedinki svake vrste štetnika. Za *T. castaneum* odvaga od 100 g pšenice sadržavala je 1% loma zrna. Za pripremu loma, zrno pšenice je grubo samljeveno u mlinu, te je prosijano sitom promjera 1 mm, kako bi se

odvojilo zaostalo brašno. Od prosijanog loma dodano je 1% (odvagom) u ostatak cjelovitih zrna, te je sve dobro protreseno, kako bi se ujednačila pšenica s 1% loma. Staklenke s tako pripremljenim uzorcima su prekrivene mrežicom od mlinske svile kako bi se osigurao nesmetan pristup zraku, te su odložene u kontrolirane uvijete pri temperaturi od 29 ˚C±1˚C i rvz od 70%. Kontrola je postavljena na identičan način, samo je izostavljena aplikacija pripravaka.

Slika 9. Staklenke s formulacijama pripravaka za pojedine štetnike (foto: Igor Gorički)

Učinkovitost testiranih pripravaka vršena je brojanjem uginulih kukaca 7, 14 i 21 dan nakon tretiranja. Jedinke koje nisu pokazivale nikakve pokrete nogu i ticala, smatrane su uginulima.

3. 4. STATISTIČKA ANALIZA PODATAKA

Rezultati djelotvornosti testiranih pripravaka 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.

3. 5. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja jest ispitivanje učinkovitosti nekemijskih pripravaka na ekonomski značajne skladišne štetnike. Trenutne štetne populacije kukaca pokazuju određeni stupanj otpornosti prema primjenjivanim insekticidima.

Pri ispitivanju formulacija IPE smjesa, vodimo se dosadašnjim pozitivnim istraživanjima, sukladno komponentama od kojih su smjese sastavljene. Sve komponente prirodnog su

podrijetla, što uvelike predviđa budućnost ovakvim pripravcima, jer njihova sigurnost dokaz je industriji i potrošačima, a djelotvornost korisnicima u primjeni.

4. REZULTATI

Rezultati provedenog pokusa prikazuju da je djelotvornost pripravaka IPE 1 i IPE 2 različita ovisno o vrsti štetnika i vremenu ekspozicije, kako je i prikazano u tablicama 1., 2. i 3.

Kod žitnog kukuljičara, vrijednosti mortaliteta tretiranih jedinki pripravkom IPE 1 značajno su više u odnosu na pripadajuću kontrolu (Tukey's test, α=0,05) (Tablica 1.). Maksimalni mortalitet postignut je nakon 21 dana ekspozicije. Pripravkom IPE 2 je tek nakon 14 dana ekspozicije postignuta statistički značajna razlika u mortalitetu tretiranih jedinki imaga *R. dominica* u odnosu na kontrolu. Produžetak ekspozicije, iako s vidljivom značajnom razlikom mortaliteta u odnosu na kontrolu, nije rezultirao zadovoljavajućim letalnim učinkom tretiranih jedinki (mortalitet od 34,5% nakon 21 dana ekspozicije).

Tablica 1. Mortalitet imaga *Rhyzopertha dominica* Fabr. nakon perioda izloženosti pripravcima IPE 1 i IPE 2 tijekom 7, 14 i 21 dana (Tukey's test, α=0,05)

Koncentracija (ppm)	**Mortalitet imaga *Rhyzopertha dominica* Fabr. (%)*** **Vrijeme ekspozicije (dani)**		
	7. dan	**14. dan**	**21. dan**
	$\overline{X} \pm SD$	$\overline{X} \pm SD$	$\overline{X} \pm SD$
	IPE 1		
0	5,0±4,16b	11,0±10,64b	16,0±12,11b
400	83,5±5,0a	98,0±2,3a	100,0±0,0a
	IPE 2		
0	7,0b±3,46a	7,5±3,41b	12,5±4,12b
200	13,5±4,72a	26,0±3,65a	34,5±9,71a

*srednje vrijednosti s istim slovom nemaju statistički značajne razlike za nivo p<0,05; usporedba je za svaki pripravak zasebno, po kolonama

Prema rezultatima Tukey's testa, vidljivo je da su oba testirana pripravaka značajno djelovala na imago *S. oryzae* L., obzirom da su vrijednosti mortaliteta tretiranih jedinki statistički više u odnosu na pripadajuću kontrolu (α=0,05) (Tablica 2.). Pripravak IPE 1 se pokazao učinkovitijim, te je 100% mortalitet postignut nakon 14 dana izloženosti, dok je s pripravkom IPE 2 najveći mortalitet bio 90,5% i to nakon 21 dan.

Tablica 2. Mortalitet imaga *Sitophilus oryzae* L. nakon perioda izloženosti pripravcima IPE 1 i IPE 2 tijekom 7, 14 i 21 dana (Tukey's test, α=0,05)

Koncentracija (ppm)	**Mortalitet imaga *Sitophilus oryzae* L. (%)*** **Vrijeme ekspozicije (dani)**		
	7. dan $\overline{X} \pm SD$	**14. dan** $\overline{X} \pm SD$	**21. dan** $\overline{X} \pm SD$
	IPE 1		
0	9,0±5,77b	11,5±5,25b	21,5±8,38b
400	98,5±1,91a	100,0±0,0a	100,0±0,0a
	IPE 2		
0	38,5b±8,38b	47,0±6,63b	53,0±9,01b
200	78,5±8,22a	84,5±5,25a	90,5±6,6a

*srednje vrijednosti s istim slovom nemaju statistički značajne razlike za nivo p<0,05; usporedba je za svaki pripravak zasebno, po kolonama

Kod treće testirane vrste, Tukey's testom su također utvrđene statistički značajne razlike (α=0,05) u mortalitetu tretiranih jedinki *T. castaneum* Herbst u odnosu na kontrolne netretirane jedinke (Tablica 3.). Produženjem ekspozicije IPE 1 i IPE 2 je zabilježeno povećanje mortaliteta imaga brašnara, međutim niti jedan od pripravaka nije pokazao zadovoljavajuće djelovanje za uspješno suzbijanje imaga *T. castaneum* Herbst (68,5% - mortalitet imaga nakon 21 dana ekspozicije pri IPE 1, odnosno 39,0% - mortalitet imaga nakon 21 dana ekspozicije s IPE 2).

Tablica 3. Mortalitet imaga *Tribolium castaneum* Herbst nakon perioda izloženosti pripravcima IPE 1 i IPE 2 tijekom 7, 14 i 21 dana (Tukey's test, α=0,05)

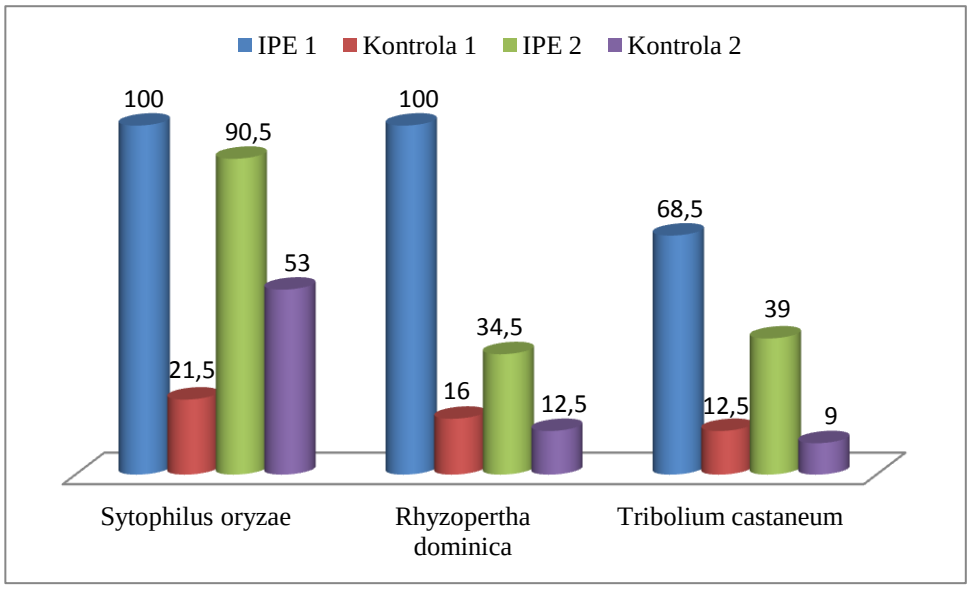
Koncentracija (ppm)	**Mortalitet imaga *Tribolium castaneum* Herbst (%)* Vrijeme ekspozicije (dani)**		
	7. dan $\overline{X} \pm SD$	**14. dan** $\overline{X} \pm SD$	**21. dan** $\overline{X} \pm SD$
	IPE 1		
0	6,0±3,65b	10,0±7,11b	12,5±6,6b
400	27,0±4,76a	55,0±14,65a	68,5±19,07a
	IPE 2		
0	5,0b±2,0b	8,0±2,82b	9,0±4,16b
200	14,5±2,51a	28,5±3,41a	39,0±4,76a

*srednje vrijednosti s istim slovom nemaju statistički značajne razlike za nivo p<0,05; usporedba je za svaki pripravak zasebno, po kolonama

5. RASPRAVA

Ukoliko se uzmu u obzir prosječne vrijednosti mortaliteta imaga tretiranih štetnika nakon 21 dana ekspozicije (Grafikon 1.), vidljivo je da je rižin žižak *S. oryzae* L. najviše osjetljiv na oba testirana pripravka (mortalitet 100% pri IPE 1, odnosno 90,5% pri IPE 2, nakon 21 dana ekspozicije). Nadalje, *R. dominica* je za razliku od *S. oryzae*, bila osjetljiva samo na pripravak IPE 1 (mortalitet 100%), dok je na IPE 2 slabije reagirala (mortalitet od 34,5%). Od sve tri testirane vrste, kestenjasti brašnar je bio najmanje osjetljiv, i to na obje formulacije (mortalitet od 68,5% pri IPE 1, odnosno 39,0% pri IPE 2).

Obzirom da u testiranju nisu aplicirane iste koncentracije za svaki testirani pripravak, ne možemo uspoređivati djelotvornost između IPE 1 i IPE 2 pripravaka.



Grafikon 1. Mortalitet štetnika 21 dan nakon tretiranja pripravcima IPE 1 i IPE 2 s pripadajućim kontrolama

Dobiveni rezultati u skladu su s prije vršenim istraživanjima, na temelju dijatomejske zemlje kao aktivne supstance u zaštiti proizvoda. Redoslijed osjetljivost testiranih štetnika, u skladu su s rezultatima istraživanjima autora Korunića (1999.; 2010.), polazeći od najosjetljivije vrste *S. oryzae* > *R. dominica* > *T. castaneum.*

Testiranjem formulacija dijatomejske zemlje s ili bez piretrina i PBO-a, autori Kalinović i suradnici (2011.) zaključuju kako najslabije djelovanje pokazuje pripravak dijatomejske zemlje i piretrina, ali bez piperonil butoksida (PBO) u koncentraciji od 300 ppm, na *T. castaneum*, dok su za drugu ispitivanu vrstu *S. oryzae* rezultati zadovoljavajući kod svih primijenjenih formulacija.

Pripravci IPE smjesa poboljšane su karakteristike dijatomejske zemlje s ostalim komponentama. Sve komponente u primijenjenim formulacijama poznate su po svojoj insekticidnoj djelotvornosti. Djelotvornost ostalih komponenti, insekticidnog praha lovora, ispitivali su Rozman i Kalinović (2000.). Rezultati istraživanja, dokazuju najučinkovitije djelovanje praha *Laurus nobilis* L. na imaga *R. dominica*.

Rezultatima ovoga istraživanja, vidljiva je djelotvornost koncentracije od 400 ppm kroz ispitivano razdoblje, formulacije IPE 1 s dovoljnom učinkovitošću na *S. oryzae* L. i *R. dominica* Fabr., ali nedovoljnu za vrstu *T. castaneuma* Herbst. Ovo odstupanje, u skladu je s

prijašnjim istraživanjima o otpornosti ispitivanih štetnih vrsta. Pri IPE 2, uvjetno je vidljiva djelotvornost, iako i ne zadovoljavajuća niti za jednu testiranu vrstu, stoga je preporučljiva potreba povišenja koncentracije.

6. ZAKLJUČAK

Nakon provedenog testiranja djelotvornosti odabranih pripravaka mogu se donijeti slijedeći zaključci:

1. Djelotvornost pripravaka IPE 1 i IPE 2 različita je ovisno o vrsti štetnika i vremenu izloženosti
2. Oba testirana pripravka značajno su djelovala na mortalitet imaga *S. oryzae* u odnosu na kontrolne uzorke. S pripravkom IPE 1 postignut je 100% mortalitet nakon 14 dana izloženosti, dok je kod IPE 2 najveći mortalitet od 90,5% zabilježen nakon 21 dan
3. Kod *R. dominica,* pripravkom IPE 1 maksimalni mortalitet (100%) postignut je nakon 21 dan, dok kod IPE 2 niti nakon 21 dan izloženosti nije postignut zadovoljavajući mortalitet (34,5%)
4. Kod *T. castaneum,* oba pripravka su značajno djelovala na mortalitet imaga u odnosu na kontrolne uzorke. Produženjem ekspozicije zabilježeno je povećanje mortaliteta imaga kod oba pripravka, no vrijednosti mortaliteta niti nakon 21 dan nisu bile zadovoljavajuće za uspješno suzbijanje imaga *T. castaneum* (68,5% - mortalitet nakon 21 dan pri IPE 1; 39,0% - mortalitet nakon 21 dan pri IPE 2)
5. Prema prosječnim vrijednostima mortaliteta, najosjetljiviji od štetnika na oba pripravka je *S. oryzae* (mortalitet 100% pri IPE 1, odnosno 90,5% pri IPE 2 nakon 21 dan izloženosti). Po osjetljivosti slijedi *R. dominica* koja je bila osjetljiva samo na pripravak IPE 1 (100% mortalitet), dok je na IPE 2 manje osjetljiva (34,5% mortalitet). Najmanje osjetljiv je *T. castaneum* i to na oba pripravka (68,5% pri IPE 1 odnosno 39,0% pri IPE 2 nakon 21 dan izloženosti).

7. POPIS LITERATURE

1) Belmain, S. R., Neal, G. E., Ray, D. E., Golob, P. (2001.): Insecticidal and vertebrate toxicity associated with ethnobotanicals used as post harvest protectants in Ghana. Food Chem. Toxicol. 39: 287–291.
2) Ben Jemâa, J. M., Tersim, N., Toudert, K. T., Khouja, M. L. (2012.): Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition**,** Journal of Stored Products Research, Vol. 48: 97-104.
3) Bodroža-Solarov, M., Kljajić, P., Andrić, G., Filipčev, B., Dokić, Lj. (2012.): Quality parameters of wheat grain and flour as influenced by treatments with natural zeolite and diatomaceous earth formulations, grain infestation status and endosperm vitreousness. Journal of Stored Products Research 51: 61-68.
4) Bridgeman, B.W. (1994.): Structural treatment with amorphous slurry: an integral component of GRAINCO`s IPM strategy – In: Proceedings of the 6th ICSPP, Camberra, Australia. Ed. E. Highley, E. J. Wright, H. J. Banks and B. R. Champ. Vol. 2: UK, 628-630.
5) Cetin, H., Yanikoglu, A. (2006.): A study of the larvicidal activity of Origanum (Labiatae) species from Southwest Turkey. Journal of Vector Ecology 31:118-122.
6) Champ, B. R., Dyte, C. E. (1976.): Report of the FAO global survey of pesticide susceptibily of stored grain pests. FAO Plant Production and Protection Series No. 5, Roma.
7) Dowdy, A. K., Fields, P. G. (2002.): Heat combined with diatomaceous earth to control the confused flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) in a flour mill. Journal of Stored Products Research 38: 11-22.
8) Ducom, P. (2012.): Methyl bromide alternatives. In. Navarro, S., Banks, H. J., Jayas, D. S., Bell. C. H., Noyes, R. T., Ferizli, A. G., Emekci, M., Isikber, A. A., Alagusundaram, K. (Eds). Proceedings of the 9th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Product, Antalya, Turkey. 15-19 October 2012, Turkey, 205-214.
9) Ebeling, W. (1971.): Sorptive dust for pest Control. Annual Review Entomology 16: 123-158.

10) Fields, P. G. (1999.): Diatomaceous earth: Advantages and limitations. In: Proceedings of the 7th IWCSPP. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Beijing, P.R. China, Vol.1: 781-784.
11) Fields, P. G., 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 Stored Product Research 36: 1-13.
12) Fields, P. G. and White, N. D. G. (2002.): Alternatives to methyl bromide treatments for stored-product insect and quarantine insect. Annual Review of Entomology 47: 331-359.
13) 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 Protection, CAB International, Wallingford, UK, 779-784.
14) Garcia, M., Donael, O. J., Ardanaz, C. E., Tonn, C. E., Sosa, M. E. (2005.): Toxic and repellent effects of *Baccharis salicifolia* essential oil on *Tribolium castaneum*. Pest Management Science 61: 612-618.
15) Golob, P. (1997.): Curent status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. Journal of Stored Products Research, 33: 69-80.
16) Grupa autora (2011.): Savremeni pristup upravljanju skladištem za zrnaste kulture; priručnik za rad javnih skladišta za zrnaste kulture, Headmade, Novi Sad, 1-322.
17) Hamel, D. (1997.): The efficacy of Protect-It (DE) on stored-product pests-applying by dusting. – In Proceedings Seminar ZUPP ´97 (In Croatian, summary in English). Publisher Korunić, Zagreb, Croatia 89-94.
18) Ilić, B., Pivar. G. (1966.a): Čuvanje žita u skladištima od napada štetočinja, Iskra, Osijek-Vinkovci, 1-17.
19) Ilić, B., Pivar. G. (1966.b): Priprema skladišta za prijem novog žita, Iskra, Osijek-Vinkovci, 1-14.
20) Isikber, A. A., Alma, M. H., Kanat, M., Karci, A. (2006.): Fumigant toxicity of essential oils from *Laurus nobilis* and *Rosmarinus officinalis* against all life stages of *Tribolium confusum*. Phytoparasitica 34: 167-177.
21) Isman, M. B. (2000.): Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection 19: 603-608.
22) Jacobson, M. (1982.): Plants, insects, and man their interrelationship. Economic Botany, Vol. 36, (3): 346-354.

23) Jayas, D. S., White, N. D. G., Muir, W. E. (1992.): Stored-Grain Ecosystems, New York, 353-399.
24) Kalinović, I., Rozman, V., Guberac, V., Marić, S. (2002.): Insecticidal activity of some aromatic plants from Croatia against lesser grain borer (*Rhyzopertha dominica* F.) on stored wheat. "Advances in Stored Product Protection" – Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection, York, UK, CABI Publishing, 768-775.
25) Kalinović, I., Korunić, Z., Rozman, V., Liška, A. (2011.): Djelotvornost dijatomejske zemlje i mješavine dijatomejske zemlje i piretrina. Poljoprivreda 17 (2): 13-17.
26) Khater, H. F. (2012.): Prospects of botanical biopesticides in insect pest management. Pharmacologia 3 (12): 641-656.
27) Kivçak, B., Mert, T. (2002.): Preliminary evaluation of cytotoxic properties of *Laurus nobilis* leaf extracts. Fitoterapia 73: 242-243.
28) Korunić, Z. (1990.): Štetnici uskladištenih poljoprivrednih proizvoda; biologija, ekologija i suzbijanje, Gospodarski list, Zagreb, 1-221.
29) Korunić, Z. (1994.): Dijatomejska zemlja prirodni insekticid, Zbornik ZUPP-Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, 9.-11. ožujka 1994., Novi Vinodolski, 136-148.
30) Korunić, Z. (1998.): Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. Journal of Stored Products Research, 34: 87-98.
31) Korunić, Z. (1999.): Dijatomejska zemlja, sastavni dio integralne zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, potencijalna zamjena za metil bromid, Zbornik predavan jin referatov s 4. Slovenskega posvetovanja o vrastvu rastlin, Portorož, 3.-4. marec 1999., 171-179.
32) Korunić, Z., Mackey, A. (2000.): Tretment of diatomaceous earth, Arh. Hig. Rada. Toksikol 51: 1-11.
33) Korunić, Z., Fields, P. (2006.): Susceptibility of three species of Sitophilus to diatomaceous earth. Alternative Methods to Chemical Control. Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection, 15-18 october 2006, Campinas, São Paulo, Brazil. (ISBN 8560234004), 681-686.
34) Korunić, Z., Rozman, V., Halamić, J. (2009.): Dijatomejska zemlja u Hrvatskoj. Zbornik radova DDD i ZUPP 2009 - slijedimo li svjetski razvoj, Zagreb, Korunić d.o.o., 325-333.

35) Korunić, Z. (2010.): Rezultati istraživanja i novine u upotrebi dijatomejske zemlje u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2010., Pula, Korunić d. o. o., Zagreb, 325-339.

36) Lee, S. E., Peterson, C. J., Coats, J. R. (2003.): Fumigation toxicity of monoterpenoids to several stored product insects. Journal of Stored Products Research 39: 77-85.

37) Liška, A., Rozman, V., Kalinović, I. (2012.): Djelovanje 1,8-cineola, kamfora i eugenola na potomstvo kestenjastog brašnara - *Tribolium castaneum* (Herbst). Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2012., Split, KORUNIĆ d. o. o., Zagreb, 281-287.

38) Maceljski, M. (2002.): Poljoprivredna entomologija – II. dopunjeno izdanje, Zrinski, Čakovec, 419-442.

39) Madrid, F. J., Wihite, N. D. G., Loschiavo, S. R. (1990.): Insects in stored cereals, and their association with farming practices in southern Manitoba. Canadian Entomologist 122: 515-523.

40) McGaughey, W. H. (1972.): Diatomaceous earth for confused flour beetle weevil and rice weevil control in rough brown and milled rice. Journal Economic Entomology 65: 1427-1428.

41) Misra, G., Pavlostathis, S. G., Perdue, E. M., Araujo, R. (1996.): Aerobic biodegradation of selected monoterpenes. Appl. Microbiol. Biotechnol. 45: 831-838.

42) Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone layer. UNEP 1995. Report of the Methyl Bromide, Technical Options Committee pursuamit to Article 6 of the Montreal Protocol Decision IV/13.

43) Morris, J. B. (2002.): Food, industrial nutraceutical uses of sesame genetic resorces. In: Janick and A. Whipkey (eds.) Tends in new crops and new uses. ASDHS Press. 153-156.

44) Mvumi, B. M., Stathers, T. E., Kaparadza, V., Mukoyi, F., Masiiwa, P., Jowah, P., Riwa, W. (2006.): Comparative insecticidal efficacy of five raw African diatomaceous earths against three tropical stored grain Coleopteran pests: *Sitophilus zeamais, Tribolium castaneum* and *Rhyzopertha dominica*. Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection, 15-18 october 2006, Campinas, São Paulo, Brazil. (ISBN 8560234004), 868-876.

45) Obeng-Ofori, D. (2007.): The use if botanicals by resource poor farmers in Africa and Asia for the protection of stored agricultural products. Stewart Postharvest Review 6, 1-8.

46) Pimentel, D. (1991.): World resources and food losses to pests. In: Ecology and Management of Food Industry Pests (FDA Technical Bulletin 4), J. R. Gorham, (Ed.), ISBN 0935584455. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA, 5-11.

47) Popović, A., Šućur, J., Orčić, D., Štrbac, P. (2012.): Effects of essential oil formulations on the adult insect *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera, Tenebrionidae). Journal of Central Europian Agriculture 14 (2): 181 – 193.

48) Pravilnik o žitaricama, mlinskim i pekarskim proizvodima, tjestenini, tijestu i proizvodima od tijesta (NN 78/05, 135/09, 86/10, 72/11).

49) Rozman, V., Kalinović, I. (2000.): The efficacy of some aromatic plants against stored products insects. Book of abstracta XXI International Congress of Entomology, Foz do Iguassu, Brazil, 351.

50) Rozman, V. (2003.): Eterična ulja kao fumiganti u zaštiti uskladištenih žitarica. Sveučilište J. J. Strossmayer u Osijeku., Poljoprivredni fakultet u Osijeku, doktorska disertacija,1-90.

51) 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, Zagreb: KORUNIĆ d.o.o., 63-88.

52) Saaya, E., Pisarev, V. (1990.): Toxicity of plant oils and their major constituents against stored product insects. Proc. 5th ICSPP, Bordeaux 1990., Vol. 1: 629-638.

53) Schmidt, G. H., Risha, E. M., El-Nahal, A. K. M. (1991.): Reduction of progeny of some Stored-product Coleoptera by vaporus of *Acorus calamus* oil. Journal of Stored Products Research, Vol. 27 (2): 121-127.

54) Scott, I. M., Jensen, H., Scott, J. G., Isman, M. B., Arnason, J. T.,Philogene, B. J. R. (2003.): Botanical Insecticides for Controlling Agricultural Pests: Piperamides and the Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). Archives of Insect Biochemistry and Physiology 54: 212–225.

55) Shaaya, E., Ravid, U., Paster, N., Juven, B., Zisman, U., Pissarev, V. (1991.): Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. Journal of Chemical Ecology 17: 499-504.

56) Simpson, B. B., Ogorzaly, M. C. (1995.): Spices, herbs, and perfumes. Economic Botany: Plants in Our World, McGraw-Hill, New York, 278-301.

57) Soon-Il, K., Young-Joon, A., Hyung-Wook, K. (2012.): Toxicity of Aromatic Plants and Their Constituents Against Coleopteran Stored Products Insect Pests, In: New Perspectives in Plant Protection, Prof. Ali R. Bandani (Ed.), ISBN: 978-953-51-0490-2, InTech.

58) Subramanyam, Bh., Roesli, R. (2000.): Inert dusts, In: Subramanyam, Bh., Hagstrum, D.W. (eds.), Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA, 321-380.

59) Tripathi, A. K., Prajapati, V., Aggarwal, K. K., Kumar, S., Kukreja, A. K., Dwivedi, S., Singh, A. K. (2000.): Effects of volatile oil constituents of *Mentha species* against stored grain pests, *Callosobrunchus maculatus* and *Tribolium castanum*. J. Med. Arom. Plant Sci., 22: 549-556.

60) Vayias, B. J., Athanassiou, C. G., Kavallieratos, N. G., Buchelos, C. Th. (2006.): Susceptibility of different European populations of *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) to five diatomaceous earth formulations. Journal of Economic Entomology, 99: 1899-1904.

61) Weinzierl, R. A. (2000.): Botanical insecticides, Soaps and Oils. In: Biological and Biotechnological Control of Insect Pests (JE Rechcigl, NA Rechcigl, eds), Lewis publishers, Boca Raton, New York, USA, 110-130.

62) Zakon o hrani (NN 81/13).

8. SAŽETAK

Tijekom skladištenja, štetni kukci uzrokuju značajne gubitke koji se u svjetskim razmjerima izražavaju u milijardama. Alternativne metode koje propisuje integrirana zaštita uskladištenih proizvoda donesene su s obzirom i na rastuću svijest javnosti o reziduama u proizvodima i povećanoj stopi kontaminacije. Primjena inertnih prašiva kao protektanata u zaštiti uskladištenih proizvoda ogleda se u fizičkom smislu, ali i mogućim kemijskim aktivnostima. Njihova otrovnost je zanemariva, sigurna su za rukovanje te ne utječu na kvalitetu i vrijednost proizvoda, imaju produženo djelovanje. Cilj istraživanja jest ispitati učinkovitost nekemijskih pripravaka na ekonomski značajne skladišne štetnike. Pokus je rađen na tri vrste kukaca: *Sitophilus oryzae* L. – rižin žižak, *Rhyzopherta dominica* Fabricius – žitni kukuljičar i *Tribolium castaneum* Herbst – kestenjasti brašnar. Korištena su dva različita pripravka IPE 1 u koncentraciji 0,04 g i IPE 2 koncentracije 0,02 g. Sastavi formulacija IPE 1: amorfni silicij dioksid (SiO_2), lovor (*Laurus nobilis* L.), sjemenke sezama (*Sesamum indicum* L.) i hranjiva podloga, a IPE 2: amorfni silicij dioksid (SiO_2), ekstrakt sjemenki sezama (*Sesamum indicum* L.), piretrin iz dalmatinskog buhača (*Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis.), i hranjiva podloga. Djelotvornost pripravaka IPE 1 i IPE 2 različita je ovisno o vrsti štetnika i vremenu izloženosti. Prema prosječnim vrijednostima mortaliteta, najosjetljiviji od štetnika na oba pripravka je *S. oryzae* (mortalitet 100% pri IPE 1, odnosno 90,5% pri IPE 2 nakon 21 dan izloženosti). Po osjetljivosti slijedi *R. dominica* koja je bila osjetljiva samo na pripravak IPE 1 (100% mortalitet), dok je na IPE 2 manje osjetljiva (34,5% mortalitet). Najmanje osjetljiv je *T. castaneum* i to na oba pripravka (68,5% pri IPE 1 odnosno 39,0% pri IPE 2 nakon 21 dan izloženosti).

Ključne riječi: skladišni kukci, *Rhyzopertha dominica, Sitophilus oryzae, Tribolium castaneum,* dijatomejska zemlja, lovor, sjemenke sezama

9. SUMMARY

During the storage, harmful insects can cause serious losses measured on a global scale in bilions. Alternative methods according to the IPM are established also based on the growing public awareness of residues in products and increased contamination rate. Use of inert dust as protection of stored products has physical as well as the possible chemical activities. Its toxicity is negligible, it is safe to use and they do not influence the quality and the value of the product, provides long-term protection.

The research objective was the testthe efficiency of non-chemical substances on the economically significant harmful insects in storages. The experiment was performed on the three insects species : *Sitophilus oryzae* L. – rice weevil, *Rhyzopherta dominica* Fabricius – lesser grain borer and *Tribolium castaneum* Herbst – red flour beetle. Two different preparations were used the IPE 1 at the concentration of 0.04g and IPE 2 at the concentration of 0.02 g. The composition formulation IPE 1: Amorphous silicon dioxide (SiO_2), laurel (*Laurus nobilis* L.), sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) and nutrient basis, and IPE 2: amorphous silicid dioxid (SiO_2), extract of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.), pyrethrin from dalmatian pyrethrum (*Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis.), and nutritive basis. The effectiveness of the IPE 1 and IPE 2 is different depending on the insect species and the exposure time. According to the average value of mortality, the most sensitive species was, at both preparations, *S. oryzae* (mortality 100% at IPE 1 and 90.5% at IPE 2 after 21 days of exposure, respectively). It is followed by *R. dominica* which responded only on IPE 1 (100% mortality), but it was less sensitive on IPE 2 (34.5% mortality). The less sensitive insect was *T. castaneum* at both preparations (68.5% at IPE 1 and 39.0% at IPE 2 after 21 days of exposure, respectively).

Key words: storage insects, *Rhyzopertha dominica, Sitophilus oryzae, Tribolium castaneum*, diatomaceous earth, laurel, sesame seeds

10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Mortalitet imaga *Rhyzopertha dominica* Fabr. nakon perioda izloženosti pripravcima IPE 1 i IPE 2 tijekom 7, 14 i 21 dana..... 28

Tablica 2. Mortalitet imaga *Sitophilus oryzae* L. nakon perioda izloženosti pripravcima IPE 1 i IPE 2 tijekom 7, 14 i 21 dana..... 29

Tablica 3. Mortalitet imaga *Tribolium castaneum* Herbst nakon perioda izloženosti pripravcima IPE 1 i IPE 2 tijekom 7, 14 i 21 dana..... 30

11. POPIS SLIKA

Slika 1. Prisutnost štetnika (*S. oryzae* L.) u pšenici (foto: Igor Gorički)..... 7

Slika 2. Proizvod oštećen od napada kukaca (foto: Igor Gorički)..... 7

Slika 3. Prisutnost filtova i produkata u prerađevinama – brašno (foto: Igor Gorički)..... 7

Slika 4. Komercijalno dozvoljen pripravak na osnovi dijatomejske zemlje u Republici Hrvatskoj – Protect-It^{TM} (foto: Igor Gorički)..... 13

Slika 5. Biljka i sušeno lišće lovora (*Laurus nobilis* L.) (foto: Igor Gorički)..... 18

Slika 6. *Rhyzopertha dominica* Fabricius – Žitni kukuljičar (foto: Igor Gorički)..... 23

Slika 7. *Sitophilus oryzae* Linnaeus – Rižin žižak (foto: Igor Gorički)..... 24

Slika 8. *Tribolium castaneum* Herbst - Kestenjasti brašnar (foto: Igor Gorički)..... 25

Slika 9. Staklenke s formulacijama pripravaka za pojedine štetnike (foto: Igor Gorički)..... 27

12. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Mortalitet štetnika 21 dan nakon tretiranja pripravcima IPE 1 i IPE 2 s pripadajućim kontrolama..... 31

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

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

Kontrola skladišnih kukaca nesintetičkim pripravcima

Igor Gorički

Sažetak

Tijekom skladištenja, štetni kukci uzrokuju značajne gubitke koji se u svjetskim razmjerima izražavaju u milijardama. Alternativne metode koje propisuje integrirana zaštita uskladištenih proizvoda donesene su s obzirom i na rastuću svijest javnosti o reziduama u proizvodima i povećanoj stopi kontaminacije. Primjena inertnih prašiva kao protektanata u zaštiti uskladištenih proizvoda ogleda se u fizičkom smislu, ali i mogućim kemijskim aktivnostima. Njihova otrovnost je zanemariva, sigurna su za rukovanje te ne utječu na kvalitetu i vrijednost proizvoda, imaju produženo djelovanje. Cilj istraživanja jest ispitati učinkovitost nekemijskih pripravaka na ekonomski značajne skladišne štetnike. Pokus je rađen na tri vrste kukaca: *Sitophilus oryzae* L. – rižin žižak, *Rhyzopherta dominica* Fabricius – žitni kukuljičar i *Tribolium castaneum* Herbst – kestenjasti brašnar. Korištena su dva različita pripravka IPE 1 u koncentraciji 0,04 g i IPE 2 koncentracije 0,02 g. Sastavi formulacija IPE 1: amorfni silicij dioksid (SiO_2), lovor (*Laurus nobilis* L.), sjemenke sezama (*Sesamum indicum* L.) i hranjiva podloga, a IPE 2: amorfni silicij dioksid (SiO_2), ekstrakt sjemenki sezama (*Sesamum indicum* L.), piretrin iz dalmatinskog buhača (*Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis.), i hranjiva podloga. Djelotvornost pripravaka IPE 1 i IPE 2 različita je ovisno o vrsti štetnika i vremenu izloženosti. Prema prosječnim vrijednostima mortaliteta, najosjetljiviji od štetnika na oba pripravka je *S. oryzae* (mortalitet 100% pri IPE 1, odnosno 90,5% pri IPE 2 nakon 21 dan izloženosti). Po osjetljivosti slijedi *R. dominica* koja je bila osjetljiva samo na pripravak IPE 1 (100% mortalitet), dok je na IPE 2 manje osjetljiva (34,5% mortalitet). Najmanje osjetljiv je *T. castaneum* i to na oba pripravka (68,5% pri IPE 1 odnosno 39,0% pri IPE 2 nakon 21 dan izloženosti).

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Mentor: Doc. dr. sc. Anita Liška
Broj stranica: 46
Broj grafikona i slika: 10
Broj tablica: 3
Broj literaturnih navoda: 62
Broj priloga: 0
Jezik izvornika: hrvatski
Ključne riječi: skladišni kukci, *Rhyzopertha dominica, Sitophilus oryzae, Tribolium castaneum,* dijatomejska zemlja, lovor, sjemenke sezama.
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
University Graduate Studies, Plant production, course Plant Protection

Stored insects control using non-synthetic formulations

Igor Gorički

Abstract

During the storage, harmful insects can cause serious losses measured on a global scale in bilions. Alternative methods according to the IPM are established also based on the growing public awareness of residues in products and increased contamination rate. Use of inert dust as protection of stored products has physical as well as the possible chemical activities. Its toxicity is negligible, it is safe to use and they do not influence the quality and the value of the product, provides long-term protection.
The research objective was the testthe efficiency of non-chemical substances on the economically significant harmful insects in storages. The experiment was performed on the three insects species : *Sitophilus oryzae* L. – rice weevil, *Rhyzopherta dominica* Fabricius – lesser grain borer and *Tribolium castaneum* Herbst – red flour beetle. Two different preparations were used the IPE 1 at the concentration of 0.04g and IPE 2 at the concentration of 0.02 g. The composition formulation IPE 1: Amorphous silicon dioxide (SiO_2), laurel (*Laurus nobilis* L.), sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) and nutrient basis, and IPE 2: amorphous silicid dioxid (SiO_2), extract of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.), pyrethrin from dalmatian pyrethrum (*Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis.), and nutritive basis. The effectiveness of the IPE 1 and IPE 2 is different depending on the insect species and the exposure time. According to the average value of mortality, the most sensitive species was, at both preparations, *S. oryzae* (mortality 100% at IPE 1 and 90.5% at IPE 2 after 21 days of exposure, respectively). It is followed by *R. dominica* which responded only on IPE 1 (100% mortality), but it was less sensitive on IPE 2 (34.5% mortality). The less sensitive insect was *T. castaneum* at both preparations (68.5% at IPE 1 and 39.0% at IPE 2 after 21 days of exposure, respectively).

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek
Mentor: PhD Anita Liška, Assistant Professor
Number of pages: 46
Number of figures: 10
Number of tables: 3
Number of references: 62
Number of appendices: 0
Original in: Croatian
Key words: storage harmful insects, *Rhyzopertha dominica, Sitophilus oryzae, Tribolium castaneum*, diatomaceous earth, laurel, sesame seeds.
Thesis defended on date:
Reviewers:
1. PhD Vlatka Rozman, Full Professor, chair
2. PhD Anita Liška, Assistant Professor, mentor
3. PhD Mirjana Brmež, Full Professor, member

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