Djelovanje naturalita, botaničkih i fizikalnih insekticida na žitnog žiška, Sitophilus granarius (Linnaeus, 1758)

Jantolek, Lucija

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:264201

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

Repository / Repozitorij:

Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

DJELOVANJE NATURALITA, BOTANIČKIH I FIZIKALNIH INSEKTICIDA NA ŽITNOG ŽIŠKA *SITOPHILUS GRANARIUS* (LINNAEUS, 1758)

DIPLOMSKI RAD

Lucija Jantolek

Zagreb, srpanj, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:

Fitomedicina

DJELOVANJE NATURALITA, BOTANIČKIH I FIZIKALNIH INSEKTICIDA NA ŽITNOG ŽIŠKA *SITOPHILUS GRANARIUS* (LINNAEUS, 1758)

DIPLOMSKI RAD

Lucija Jantolek

Mentorica:

doc. dr. sc. Maja Čačija

Zagreb, srpanj, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Lucija Jantolek**, JMBAG 01781094110 , rođena 17.01.1998. god. u Varaždinu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

DJELOVANJE NATURALITA, BOTANIČKIH I FIZIKALNIH INSEKTICIDA NA ŽITNOG ŽIŠKA *SITOPHILUS GRANARIUS* (LINNAEUS, 1758)

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____ _____

Potpis studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Lucije Jantolek**, JMBAG 0178109411, naslova

DJELOVANJE NATURALITA, BOTANIČKIH I FIZIKALNIH INSEKTICIDA NA ŽITNOG ŽIŠKA *SITOPHILUS GRANARIUS* (LINNAEUS, 1758)

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____ , dana _____ .

Povjerenstvo:			potpisi:
1.	doc. dr. sc. Maja Čačija	mentor	_____
2.	doc. dr. sc. Darija Lemić	član	_____
3.	doc. dr. sc. Ivan Juran	član	_____

Sadržaj

1. Uvod 1
1.1. Hipoteza i cilj rada 3
2. Pregled literature 4
2.1. Skladištenje poljoprivrednih proizvoda 4
2.2. Skladišni štetnici 5
2.2.1. Primarni štetnici 6
2.2.2. Sekundarni štetnici 9
2.3. Žitni žižak (*Sitophilus granarius* (L.)) 12
2.3.1. Morfologija i domaćini 12
2.3.2. Rasprostranjenost 12
2.3.3. Biologija i ekologija 13
2.3.4. Štete 13
2.3.5. Identifikacija i dijagnostika zaraženosti 14
2.3.6. Kemijsko suzbijanje 15
2.3.7. Biološko suzbijanje 15
2.3.8. Higijenske mjere 16
2.3.9. Fizikalne i mehaničke mjere 16
2.3.10. Ekološki prihvatljivi insekticidi 17
3. Materijali i metode rada 19
3.1. Lokacija prikupljanja žitarica 19
3.2. Insekticidi korišteni u pokusu 19
3.3. Opis djelatnih tvari 20
3.3.1. Spinosad 20
3.3.2. Abamektin 22
3.3.3. Azadiraktin 23
3.4.4. Piretrini 24
3.4.5. Dijatomejska zemlja 24
3.4.6. Silikonski polimeri 25
3.4.7. Cipermetrin 26
3.4. Provedba pokusa 27
3.5. Obrada podataka 29
4. Rezultati 30
5. Rasprava 34
6. Zaključci 39

7. Popis literature 40
Popis tablica 47
Popis slika 47
Životopis 49

Zahvala

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. sc. Maji Čačija na pruženoj prilici, na strpljenju, pomoći u očitavanju pokusa, podršci i stručnom vodstvu u izradi ovoga diplomskog rada. Također se zahvaljujem svojim roditeljima i svima koji su mi tijekom studija pomagali.

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Lucije Jantolek**, naslova

DJELOVANJE NATURALITA, BOTANIČKIH I FIZIKALNIH INSEKTICIDA NA ŽITNOG ŽIŠKA *SITOPHILUS GRANARIUS* (LINNAEUS, 1758)

U radu je istraženo djelovanje naturalita (spinosad, abamektin), botaničkih (azadiraktin, piretrin) i fizikalnih (dijatomejska zemlja, silikonski polimeri) insekticida na žitnog žiška (*Sitophilus granarius* (L.)). Njihov učinak uspoređen je sa standardnim insekticidom cipermetrinom. Zrno pšenice i ječma tretirano je svakim insekticidom u tri doze (preporučena doza, dvostruko veća i dvostruko manja od preporučene doze). Kao kontrola korištena je obična voda. Svaka varijanta postavljena je u četiri ponavljanja te je u svaku dodano po 10 jedinki odraslih žižaka. Smrtnost žižaka praćena je svaka 24 sata tijekom pet dana. Učinkovitost insekticida izračunata je prema formuli Schneider-Orelli, a podaci su obrađeni ANOVA-om. Najbolje rezultate na obje kulture već 24 sata od postavljanja pokusa postigli su insekticidi iz grupe naturalita (spinosad i abamektin) te piretrin. Azadiraktin se pokazao vrlo učinkovitim tek nakon pet dana od postavljanja pokusa. Dobri rezultati u suzbijanju žitnog žiška postignuti su i primjenom svih doza dijatomejske zemlje na ječmu. Silikonski polimeri pokazali su izvrsnu učinkovitost u dvostrukoj dozi od preporučene na obje tretirane kulture. Cipermetrin je najveću učinkovitost na obje kulture postigao drugi dan pokusa. Ispitivani ekološki prihvatljivi insekticidi pokazuju veliki potencijal u suzbijanju žitnog žiška na pšenici i ječmu u laboratorijskim uvjetima te bi se njihova učinkovitost trebala ispitati u uvjetima skladišnih prostora.

Ključne riječi: ekološki prihvatljivi insekticidi,*Sitophilus granarius*, skladišni štetnici, učinkovitost

Summary

Graduation thesis of student **Lucija Jantolek**, title

EFFECTS OF NATURALITES, BOTANICAL AND PHYSICAL INSECTICIDES ON THE GRAIN WEEVIL SITOPHILUS GRANARIUS (LINNAEUS, 1758)

The effect of naturalytes (spinosad, abamectin), botanical (azadirachtin, pyrethrin) and physical (diatomaceous earth, silicone polymers) insecticides on grain weevil (*Sitophilus granarius* (L.)) was investigated. Their effect was compared with the standard insecticide cypermethrin. Wheat and barley grains were treated with each insecticide in three doses (recommended dose, twice as high and twice as low as the recommended dose). Plain water was used as a control. Each variant was set up in four replicates and 10 adult weevils were added to each. Weevil mortality was monitored every 24 hours for five days. Insecticide efficacy was calculated according to the Schneider-Orelli formula, and data were processed by ANOVA. Insecticides from the group of naturalytes (spinosad and abamectin) and pyrethrin achieved the best results on both wheat and barley within 24 hours from the start of the experiment. Azadiractin proved to be very effective only five days after the trial started. Good results were also achieved by applying all doses of diatomaceous earth to barley. Silicone polymers showed excellent efficacy when applied in double dose on both wheat and barley. Cypermethrin achieved the highest efficacy on the second day of the experiment. The tested environmentally friendly insecticides show great potential in the control of grain weevil on wheat and barley in laboratory conditions, and their effectiveness should be tested in storage conditions.

Keywords: efficacy, environmentally friendly insecticides, *Sitophilus granarius*, storage pests

1. Uvod

Posljednji korak u procesu poljoprivredne proizvodnje predstavlja skladištenje poljoprivrednih proizvoda. Jednako kao što je bitno znanje tijekom proizvodnje žitarica, jednako je važno i njeno pravilno čuvanje odnosno skladištenje. S druge strane, loše skladištenje dovodi do gubitka kvalitete i kvantitete proizvoda što dovodi do smanjenja njene tržišne vrijednosti. FAO (1985.) procijenjuje da štetni organizmi u skladištu i nedostatak odgovarajućih metoda skladištenja u svijetu uzrokuju gubitke od oko 200 milijuna tona žitarica svake godine. Prema novijim podacima iz 2011. (FAO), ukupni gubitak hrane tijekom skladištenja, uzrokovan kukcima i ostalim čimbenicima u razvijenim zemljama iznosi 3 %, dok u zemljama u razvoju i nerazvijenim zemljama iznosi čak 8 %. Prema nešto starijim podacima, štetni organizmi u Republici Hrvatskoj smanjuju poljoprivrednu proizvodnju za 29,2 % potencijalnog prinosa pri čemu jednu trećinu smanjenja uzrokuju kukci dok preostale dvije trećine čine korovi i bolesti (Maceljski, 2002.). Štetni organizmi u poljoprivredi, osim što utječu na smanjenje prihoda, utječu i na kakvoću poljoprivrednih proizvoda te ograničavaju njihov promet i distribuciju (Oerke i sur., 1994.).

Ukladištene žitarice napadaju i oštećuju različiti štetnici koji dovode do pogoršanja kvalitete pa su poljoprivrednici prisiljeni prodati to isto zrno po sniženim cijenama. Kukci se smatraju kao glavni uzrok gubitaka (Abraham, 1995.; Alam i sur., 2014.; Ali i sur., 2007.). Više od 37 vrsta štetnika pravi štete na uskladištenom zrnu (Abraham, 1995). Najvažniji kukci koji uzrokuju oštećenja žitarica na polju i u skladištu su iz redova Lepidoptera i Coleoptera (Alam i sur., 2018; Emana i Tsedeke, 1999.). Mogu prouzročiti velike štete na uskladištenoj zrnatoj robi koje se očituju kroz gubitak kvalitete proizvoda izgrizanjem zrna, gubitak težine proizvoda prilikom prehrane, izazivanje pojedinih alergija i prenošenje virusa i bakterija na ljude i životinje. Razvoj tih štetnika odvija se na način da se nakon određenog vremena inkubacije iz jajašca razvije ličinka. Razvoj ličinki traje ovisno o temperaturi, relativnoj vlazi zraka i sadržaju vode unutar hranjivog supstrata. Nakon što odrastu, ličinke formiraju kukuljicu iz koje izlazi odrasla jedinka. Ovisno o vrsti, štete na zrnu čine ličinke i/ili odrasli. Najvažniji štetnici primjerice kukuruza su *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1855) i *Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796) te *Sitotroga cerealla* (Olivier, 1789) jer većina uzgajivača kukuruza ostavlja zrno da se suši na otvorenom prostoru bez pravilnog održavanja skladištenja (Mollah i sur. 2016). U tom se razdoblju izgubi oko 60 % zrna kukuruza (Alam i sur. 2014). Glavni razlog tome je nedostatak adekvatnog znanja poljoprivrednika o štetnim organizmima na uskladištenoj robi. Vrsta *Sitophilus granarius* (Linnaeus, 1758) primarni je štetnik uskladištenog zrna i uzrokuje štete na neoštećenim zrnima. U zarazama ostaje samo ljuska zrna, zajedno s bijelom prašinom i izmetom kukaca. Karakteristične su velike izlazne rupe s neravnim rubovima (CABI, 2019.). Čest je štetnik na pšenici i ječmu, a napada i druge žitarice poput sirka, riže i kukuruza (CABI, 2010).

Provođenje preventivnih mjera u skladištima doprinosi smanjenju pojave ovih štetnika. Neke od preventivnih mjera su držanje objekta u čistom i urednom stanju, krečenje zidova, usisavanje, obavljanje građevinsko – tehničkih popravaka (Ministarstvo poljoprivrede, 2008.). Trenutno, u Republici Hrvatskoj postoje dva insekticida za suzbijanje žitnog žiška, cipermetrin (pripravak Kofumin 77 UL) i fumigant koji sadrži megnezijev fosfid (Detia degesch ploče (trake)) za suzbijanje svih razvojnih oblika skladišnih štetnika (FIS, 2021). Pirimifos metil (pripravak Actellic 50 EC), deltametrin (K-Othrine SC 25), inertno prašivo (Protect-it), bifentrin malation (Prostore 420 EC), malation (Radotion E-50), cipermetrin (Kofumin 50 EC) insekticidi su koji su imali dozvolu za primjenu do 30. lipnja 2009. (FIS, 2021.).

Smanjenje broja registriranih djelatnih tvari, ali i pojava rezistentnosti štetnika na insekticide doveli su do potrebe za pronalaženjem novih, po mogućnosti ekološki prihvatljivih rješenja u suzbijanju skladišnih štetnika. Ekološki prihvatljive mjere su mjere koje uz pravilnu primjenu ne djeluju toksično na ljude i korisne organizme, ne zagađuju okoliš, minimalno narušavaju uspostavljenu ravnotežu organizama te rijetko negativno djeluju na raznolikost vrsta u prirodi. Ekološki prihvatljivim mjerama može se postići bolji uspjeh neovisno o tome što one mogu biti manje djelotvorne u odnosu na druge mjere (Maceljski, 2002.). Botanički insekticidi odavno su smatrani boljom alternativom sintetičkim kemijskim insekticidima za suzbijanje štetnih organizama jer predstavljaju manju opasnost za okoliš ili zdravlje ljudi (Isman, 2008.). Znanstvena literatura koja dokumentira bioaktivnost biljnih derivata na štetne organizme i dalje se širi, no u industriji se u poljoprivredi trenutno koristi samo nekolicina biljnih vrsta, a malo je izgleda za komercijalni razvoj novih botaničkih proizvoda. Buhač i neem predstavljaju botaničke insekticide i komercijalno su vrlo dostupni dok ostali pesticidi na bazi biljnih esencijalnih ulja koji su se nedavno pojavili na tržištu nisu svugdje jednako dostupni i radi se na tome da budu komercijalizirani. Brojne biljne tvari koriste se uspješno kao repelenti protiv kukaca, no osim nekih prirodnih sredstava protiv komaraca, malo je komercijalnog uspjeha postignuto kod biljnih tvari koje suzbijaju štetne organizme. Nekoliko čimbenika ograničava uspjeh botaničkih insekticida, a ponajviše dostupnost konkurentskih proizvoda kao što su novi sintetski insekticidi, insekticidi dobiveni fermentacijom bakterija i mikroorganizmi koji su isplativi i relativno sigurni u usporedbi s njihovim prethodnicima. U kontekstu suzbijanja poljoprivrednih štetnika, botanički insekticidi su najprikladniji za uporabu u organskoj proizvodnji hrane, ali mogu igrati puno veću ulogu u proizvodnji i zaštiti hrane nakon žetve u zemljama u razvoju (Isman, 2005.). Ekološka proizvodnja voća i povrća u zemljama u razvoju raste i takav porast ekološke proizvodnje u poljoprivredi odražava se na zaštitu bilja. Unatoč preventivnim mjerama, širenje štetnika može umanjiti kakvoću uroda. Stoga je primjena biljnih zaštitnih sredstava važan čimbenik direktnih mjera zaštite (Kühne, 2008.).

1.1. Hipoteza i cilj rada

Hipoteza rada je da su insekticidi iz skupina naturalita, botaničkih insekticida, inertnih prašiva i drugih fizikalnih insekticida jednako učinkoviti kao klasični kemijski insekticidi i mogu predstavljati ekološki prihvatljivo rješenje u suzbijanju žitnog žiška. Cilj ovog rada je utvrditi insekticidno djelovanje naturalita (spinosad, abamektin), botaničkih (azadiraktin, piretrin) i fizikalnih (dijatomejska zemlja, silikonski polimeri) insekticida na žitnog žiška (*S. granarius* (L.)). i usporediti s djelovanjem standardne djelatne tvari (cipermetrin) u primjeni.

2. Pregled literature

2.1. Skladištenje poljoprivrednih proizvoda

Cilj čuvanja poljoprivrednih proizvoda jest skladištenje proizvoda bez gubitka kvalitete i kvantitete na takav način da se postignu minimalni gubici i maksimalni vijek trajanja uskladištenih proizvoda i kako bi se očuvala njihova hranjiva vrijednost (Olunike, 2014.). Potrebno je znati što se smije skladištiti, na koji način je potrebno čuvati proizvode, a pritom i osigurati optimalne uvjete u prostoru gdje se proizvodi čuvaju što ovisi i o namjeni čuvanja i skladištenja te koliko dugo će se proizvod skladištiti (Knechtges, 2011.). Prilikom skladištenja na finalni proizvod mogu utjecati brojni čimbenici. Biološki čimbenici imaju veći utjecaj na kakvoću poljoprivrednih proizvoda u odnosu na mehaničke čimbenike. U biološke čimbenike ubrajaju se disanje, proklijavanje, kukci i grinje, samozagrijavanje, mikroorganizmi i štete od ptica i glodavaca. U mehaničke čimbenike ubrajaju se rasipanje, lom zrna i mehaničke ozljede. Djelovanjem bioloških i mehaničkih čimbenika mijenja se kvaliteta, a nekada i težina uskladištenog proizvoda pa dolazi do gubitaka. Mineralna ishrana koja nije provedena na vrijeme također utječe na smanjenje kvalitete zrna. Nepravilno ishranjena pšenica gubi kvalitetu kroz 2-3 godine skladištenja, dok kroz 2-4 godine pšenica gubi svoje sposobnosti kao sjemenska roba (Kalinović, 1997.).

Od zrnatih proizvoda skladište se žitarice (pšenica, ječam, zob, raž, kukuruz), sjeme uljarica, korjenastog bilja (šećerna i stočna repa), sjeme predivog bilja (konoplja, lan, pamuk), duhana. Poljoprivredni proizvodi čuvaju se u skladištu, podrumu, košu za kukuruz, silosu, trapovima i hermetičkim skladištima. Prije svega važna je namjena skladištenja robe, odnosno je li ona sjemenska ili merkantilna i koliko dugo će trajati skladištenje tih proizvoda. Svrha skladištenja pšenice, ječma i kukuruza je sačuvati kvalitetu svojstva zrna. Ove tri kulture tijekom skladištenja prolaze kroz određena fizikalna svojstva koja utječu na sam tijek skladištenja. U fizikalna svojstva se ubrajaju: sipkost, poroznost, raslojavanje i mehanička oštećenja (Ritz, 1978.). Prije skladištenja, ratarski proizvodi se moraju zaprimiti, prilikom čega se uzimaju uzorci. Jedan uzorak se daje proizvođaču, a drugi uzorak se koristi za utvrđivanje vlage, temperature, hektolitarske težine i količine primjesa. Vrlo važnu ulogu pri skladištenju imaju vlaga zrna i temperatura zrnene mase i okolnog prostora, dok nešto manju ulogu ima i količina i vrsta primjesa (Korunić, 1990.). Utvrđivanjem vlažnosti zrna provode se preventivne mjere vezane za sušenje ako je to potrebno, a ako je vlažnost zrna u granicama normale onda se roba odmah skladišti u određene silose, odnosno skladišta. S obzirom da su temperatura i vlažnost zrna jedni od najvažnijih čimbenika, poželjno je da temperature budu što pogodnije, a vlažnost zrna ispod kritične vrijednosti. Najpovoljnije temperature za čuvanje pšenice, ječma i kukuruza su od -4 ºC do +5 ºC. Vlažnost zrna za pšenicu, ječam i kukuruz pri skladištenju mora biti 13 % (Kalinović, 1997.). Nakon berbe, zrno je pod visokim rizikom od zaraze štetnim

organizmima zbog većeg sadržaja vlage. Tijekom skladištenja dolazi do promjene fizikalnih, kemijskih i biokemijskih procesa djelovanjem određenih čimbenika zbog čega su poljoprivredni proizvodi za vrijeme skladištenja izloženi djelovanju različitih mikroorganizama, bolesti, kukaca, a ponekad i napadu ptica i glodavaca (Payne i sur., 2002.). U slučaju kada se uskladišteni proizvodi ne prate, a štetni organizmi ne suzbijaju, dolazi do proklijavanja, samozagrijavanja zrna od strane navedenih štetnih organizamaa. Štetnici koji žive u ili na zrnu sjemena svojom aktivnošću povećavaju temperaturu i vlažnost i na taj način ubrzavaju proces samozagrijavanja. Kako bi se smanjila opasnost od samozagrijavanja zrnate mase, štetnici se izlažu uvjetima okoline koji onemogućuju ili smanjuju njihovu aktivnost i razmnožavanje na minimum (Korunić, 1990.).

Preventivne i kurativne metode suzbijanja, integrirane su zbog dobivanja maksimalne zaštite uskladištene robe. U preventivne mjere pripadaju svi postupci kojima sprječavamo pojavu štetnih organizama u skladištu i uništavamo prisutnu malobrojnu populaciju štetnih organizama u skladištima. Bez obzira na to jesu li mjere zaštite preventivnog ili kurativnog značenja mogu se podijeliti u pet osnovnih skupina. To su higijenske mjere, fizikalne i mehaničke mjere, biološke mjere, kemijske i zakonske mjere. U kurativne metode suzbijanja pripada fumigacija. Primjenom navedenih metoda postižu se minimalni troškovi kao i minimalan negativan utjecaj na čovjeka i robu (Korunić, 1990.). U svijetu postoji tendencija pronalaženja mjera zaštite koje će sve uspješnije zamjenjivati primjenu otrovnih i opasnih pesticida. Pojava otpornosti štetnika na pesticide dovodi do sve veće potrebe za uvođenjem alternativnih metoda zaštite kao i metoda bez pesticida (Korunić, 1990.). Suvremene metode koje nadomještaju ili pokazuju potencijal potpune zamjene primjene pesticida su grijanje ili hlađenje, hermetička skladišta, korištenje kontrolirane inertne atmosfere te zračenje. Osim navedenih metoda, istražuje se i upotreba insekticida prirodnog podrijetla, kao i tvari koje na štetnika djeluju na fizikalan način. Zbog prihvatljivih ekoloških i toksikoloških svojstava insekticida prirodnog podrijetla, danas se provode brojna istraživanja u smjeru njihove učinkovitosti suzbijanja štetnih organizama (Korunić i Rozman, 2012.).

2.2. Skladišni štetnici

Pojava sve veće količine i raznolikosti uskladištenih namirnica kao i novi tehnološki procesi proizvodnje doveli su do povećanja štetnosti štetnika na uskladištenim proizvodima. U mnogim zemljama u razvoju ukupni gubitci žitarica nakon žetve od oko 10 % do 15 % prilično su česti. U skladištima se za određivanje prisutnosti štetnih kukaca koriste zamke i sonde, također za otkrivanje kukaca u objektima za rukovanje žitaricama koriste ručni pregledi, prosijavanje i metoda flotacije. Ove metode nisu se baš pokazale kao učinkovite i dugotrajne su (Wiley, 2007.) Glavni razlog tome je nedostatak adekvatnog znanja poljoprivrednika o štetnim

organizmima na uskladištenoj robi. Obiteljska gospodarstva kao i neke pravne osobe ulažu malo u skladišne kapacitete, a velik problem predstavlja ne vođenje brige o higijeni skladišnog prostora (Maceljski, 2002.).

2.2.1. Primarni štetnici

U primarne štetnike pripadaju kukci koji oštećuju neoštećena i zdrava zrna. Primarni štetnici najmanja su skupina s obzirom na broj vrsta, a najznačajnija s obzirom na ekonomsku važnost jer izazivaju oko 90 % svih šteta koje nastaju na zrnatim poljoprivrednim proizvodima u skladištima, oštećujući potpuno čitava i zdrava zrna žitarica i leguminoza (Rees, 2004.).

Rižin žižak (*Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763))

Rižin žižak kukac je iz reda Coleoptera i porodice Dryophthoridae. Ličinke prave velike, nepravilne rupe na klici i endospermu zrna. Otvori gdje izlaze odrasli s nepravilnim rubovima vidljivi su nekoliko tjedana nakon početnog napada. Dva rižina žiška mogu se istodobno razviti na jednoj jezgri. U teškoj zarazi, jedini dio zrna koji ostaje je ljuska jezgre izbušena rupama (CABI, 2020.). Odrasli kukac ima dvije četvrtaste svijetlije crvenkaste linije na pokrilju (slika 2.1.), a ispod pokrilja posjeduje drugi par opnenastih krila. Ima sposobnost letanja što koristi na polju za širenje zaraze (Maceljski, 2002.). Rižin žižak je termofilna vrsta. Optimalna temperatura za razvoj iznosi 24 °C do 28 °C (CABI, 2020.). Godišnje ima tri do četiri generacije. Ženka odlaže od 300 do 500 jaja. Ličinka može svoj razvoj završiti u oštećenom zrnu te zbog toga rižin žižak ima veći potencijal za razmnožavanje u odnosu na žitnog žiška. Povoljna temperatura pogoduje bržem rastu populacije. Na temperaturi od -1 °C do -4 °C ugiba nakon osam dana, dok na temperaturama od -6 °C do -9 °C ugiba nakon tri dana (Maceljski, 2002.).

Slika 2.1. Vrsta *Sitophilus oryzae*
Izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sitophilus.oryzae.7439.jpg

Kukuruzni žižak (*Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855)

Kukuruzni žižak prisutan je u svim toplim i tropskim dijelovima svijeta. Štetu čini na uskladištenom kukuruzu, pšenici i običnom sirku (CABI, 2010.). Odrasle jedinke i ličinke hrane se interno na zrnu kukuruza, a sama zaraza počinje na usjevu. Većina šteta nastaje tijekom skladištenja. Odrasla jedinka ima duljinu tijela od 3 do 3,5 mm, tamno smeđe-crne boje (slika 2.2.). Na pokrilju su četiri blijedo crvenkasto-smeđe ili narančasto-smeđe ovalne oznake. Ličinke su bijele boje, mesnate i nemaju noge. Ženke se hrane u zrnu kukuruza i tamo polažu jaja tijekom većeg dijela svog života do jedne godine. Svaka ženka kroz život polaže do 150 jaja. U optimalnim uvjetima ličinka se razvija oko 35 dana, dok u nepovoljnim uvjetima razvoj traje i preko 110 dana (CABI, 2010.).

Slika 2.2. Vrsta *Sitophilus zeamays*

Izvor: https://www.semiochemical.net/pheromone-lures-and-attractants/storage-pest/sex-pheromone-lure-for-sitophilus-zeamais-inse.html

Žišci mahunarki ili sjemenari (Bruchidae Latreille, 1802)

Njihovu prehranu čine biljke iz porodice mahunarki, a kod nas je utvrđena 81 vrsta. Malen broj tih vrsta pripada u tipične štetnike skladišnih prostora zbog toga što mnogi provode zarazu na polju. Velika se većina tih vrsta ne može razmnožavati u skladištima (Maceljski, 2002.). Grahov žižak (slika 2.3.) osim što se smatra skladišnim štetnikom, razvija se i izvan skladišta. Odrasli kornjaši u prirodi se pojavljuju u razdoblju od kraja lipnja do rujna. Ženka odlaže jaja u mahunu koje je u fazu sazrijevanja, a ukoliko nema raspucanih mahuna, ženka pregriza mahunu na šavu i kroz otvor odlaže jaja u mahunu. Ličinke se pojavljuju nakon određenog vremena te se one ubušuju u zrna gdje započinje njihov razvoj. Nakon unošenja graha u skladište, ličinke se nastavljaju razvijati u samom skladištu (Agroportal, 2019.). Osim navedenog grahovog žiška, postoje još i graškov, bobov, lećin i drugi žišci (Maceljski, 2002.).

Slika 2.3. Vrsta *Bruchus rufipes*
Izvor: http://www.eakringbirds.com/eakringbirds5/insectinfocusbruchusrufipes.htm

Žitni kukuljičar (*Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792))

Odrasli i ličinke žitnog kukuljičara hrane se prvenstveno uskladištenim zrnom žitarica, uključujući pšenicu, kukuruz, rižu, zob, ječam, sirak i proso. Također se nalaze u širokoj paleti prehrambenih proizvoda, uključujući grah, sušeni čili, kurkumu, korijander, đumbir, čips od kasave, kekse i pšenično brašno (CABI, 2020.). Odrasle jedinke (slika 2.4.) tamnosmeđe su boje, duljine od 2,3 do 3 mm, a nadvratni štit im potpuno pokriva glavu. Najčešće godišnje imaju 2 generacije. Ženka odlaže od 100 do 500 jaja na različite proizvode. Ličinka je bijele boje i ima dobro razvijena tri para nogu. Optimalna temperatura za razvoj iznosi 30 °C do 34 °C. Relativna vlaga kao i vlaga supstrata ne utječu na razvoj ovog štetnika što ga razlikuje u odnosu na druge vrste. Moguć je razvoj kukuljičara pri vlazi nižoj od 10 % (Maceljski, 2002.).

Slika 2.4. Vrsta *Ryzhopertha dominica*
Izvor: http://www.ekozastita.com/zitni-kukuljicar

Krušar (*Stegobium paniceum* (Linnaeus, 1758))

Odrasle jedinke cilindričnog su oblika, duljine od 2,25 do 3,5 mm i jednolične su smeđe do crvenkastosmeđe boje. Na pokrilju imaju uzdužne redove finih dlačica (Cabrera, 2014.). Ličinke uzrokuju štetu na način da se ubušuju u proizvode i buše hodnike unutar njih. Godišnje imaju tri do četiri generacije. Ličinke prave kukuljice u robi, a na čvrstoj robi izbušuju rupice. Na temelju navedenog prepoznaje se prisutnost štetnika, a osim navedenog mogu pregristi i ambalažu (Maceljski, 2002.).

Duhanar (*Lasioderma serricorne* (Fabricius, 1792))

Tijelo duhanara prekriveno je dlačicama, smeđecrvene je boje i duljine od 2,5 do 3,5 mm. Godišnje ima dvije generacije. Ličinke uzrokuju štetu na način na buše proizvode, prave rupe u njima i izgrizaju ih. Osim duhana, duhanar napada i druge proizvode. Termofilna je vrsta kojoj razvoj prestaje ispod temperature od 18 °C dok pri temperaturama od -7 °C do -10 °C ugiba u roku četiri do pet dana (Maceljski, 2002.).

2.2.2. Sekundarni štetnici

Sekundarni štetnici infestiraju slomljena i oštećena zrna i brašno. Kornjaši se hrane oštećenim i slomljenim zrnima, napadaju brašno i proizvode od brašna. Neke vrste njihovih ličinki ubušuju se u drvo i oštećuju vreće i sita u mlinovima. Moljci uglavnim napadaju i oštećuju brašno i brašnene proizvode, a hrane se oštećenim, vlažnim zrnom te zrnom napadnutim od primarnih štetnika. Njihove gusjenice zapredaju robu (Rees, 2004.).

Trogoderma (*Trogoderma granarium* Everts, 1898)

Porodica Dermestidae sadrži brojne vrste štetnika uskladištenih proizvoda, od kojih je najozbiljnija vrsta *Trogoderma granarium*. Ličinke *T. granarium* se hrane različitim uskladištenim proizvodima i sušenom hranom pri čemu preferiraju cjelovite žitarice i proizvode od žitarica poput pšenice, riže, ječma. Osim navedenog, prisutnost ličinki zabilježena je i na sljedećim proizvodima: laneno sjeme, sjeme lucerne, sjeme rajčice, grah pinto, crni grah, sjemenka sirka, zob, raž, kukuruz, mljeveni orašasti plodovi, brašno, slama od zrna, sijeno lucerne, sušeno voće, kokos, leća i mnogi drugi (Maceljski, 2002.). Odrasle jedinke imaju duguljasto ovalno tijelo duljine od 1,6 do 3,0 mm te su široki od 0,9 do 1,7 mm. Mužjaci su smeđe do crne boje s crvenkastosmeđim oznakama na pokrilju, a ženke su nešto veće u odnosu na mužjake te su svijetlije boje. Imaju malu glavu s kratkim antenama sastavljenim od 11 segmenata. Trajanje razvoja od jaja do odrasle jedinke traje od 26 do 220 dana, a ovisi o temperaturi. Optimalna

temperatura tijekom razvoja iznosi 35 °C, a ako temperatura padne ispod 25 °C ličinke mogu ući u dijapauzu. Razvoj je moguć pri relativnoj vlazi zraka od samo 2 % (Maceljski, 2002.).

Mauritanski brašnar (*Tenebrioides mauritanicus* Linnaeus, 1758)

Odrasle jedinke mauritanskog brašnara imaju duljinu tijela od 6 do 11 mm. Oštećenja zrnja žitarica ovaj brašnar uzrokuje izgrizanjem klice, a jedna ličinka može uništiti i više od tisuću klica. Javljaju se pojedinačno. Uzrokuju oštećenja ambalaže i drvenih dijelova postrojenja kao i svilenih sita u mlinovima (Maceljski, 2002.). Godišnje imaju jednu generaciju. Ličinka je bijele boje s tamnim prvim i zadnjim segmentom tijela i dva tamna nastavka na zatku (Maceljski, 2002.).

Veliki brašnar (*Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758)

Veliki brašnar najveći je štetni kornjaš u našim skladištima. Prehranu čine brašno i brašneni proizvodi, ali pronađen je i u žitu, mliječnom prahu i mesu. Ličinke su sposobne pregristi ambalažu i drvene dijelove. Otporan je na niske temperature (Maceljski, 2002.). Duljima tijela iznosi od 12 do 17 mm. Crne je boje. Godišnje ima jednu generaciju. Tijelo ličinke žute je boje, valjkastog je oblika i ima duljinu do 28 mm (Maceljski, 2002.).

Mali brašnari (*Tribolium confusum* Jaqcquelin du Val, 1868, *T. castaneum* (Herbst, 1797) i dr.)

Pripadaju u najčešće sekundarne štetnike žitarica. Njihova prisutnost zabilježena je i u skladištima sjemena suncokreta. Duljina tijela iznosi od 3 do 4 mm, smeđe je ili crvenkaste boje. Godišnje imaju dvije generacije. Tijelo ličinke žute je boje, a duljina iznosi 6 mm. Štetu uzrokuju i na neoštećenom zrnu u slučaju da je zrno vlažno, a tada predstavljaju primarne štetnike. Termofilni su te ugibaju pri temperaturi od 7 °C za 25 dana dok pri temperaturi od -6 °C ugibaju za jedan dan. Uzrokuju oštećenje klice zrna, ali štetu rade i na drugim proizvodima (Maceljski, 2002).

Rđasti žitar (*Cryptolestes* Ganglbauer, 1899)

Ubrajaju se u najraširenije sekundarne šetnike. Duljina tijela iznosi do 2 mm. Crvenosmeđe su boje. Napadaju gotovo sve poljoprivredne proizvode, a po brojnosti u nekim skladištima dolaze odmah nakon žižaka. U masovnoj pojavi se u 1 kg uzorka često nađe od 10 do 1000 štetnika (Rees, 2004.). Štetu uzrokuju ličinke koje se ubušuju u oštećena zrna. Godišnje kod nas imaju dvije generacije. Uzrokuju veliko

onečišćenje uskladištenih proizvoda. Uobičajena je pojava uz primarne štetnike kao što su žišci (Rees, 2004.).

Surinamski brašnari (*Oryzaephilus surinamensis*, Linnaeus, 1758, *O. mercator*, Fauvel, 1889)

Surinamski brašnari su raširenі sekundarni štetnici. Duljina tijela iznosi oko dva mm. Smeđe su boje, a na nadvratnom štitu vidljivi su zupci sa svake strane. Vrsta *O. surinamensis* više se nalazi na žitaricama, dok je *O. mercator* važniji štetnik uljarica, posebice suncokreta. Ovisno o temperaturi u skladištu, godišnje imaju dvije do četiri generacije, rjeđe šest (Rees, 2004.).

Štetni leptiri

Žitni moljac, *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789) jedan je od najznačajnijih i najštetnijih vrsta leptira na uskladištenom kukuruzu i pšenici. Najčešće napada kukuruz, pšenicu, rižu, ječam, sjeme mahunarki i proso. Specifičnost mu je u početku razvoja koji započinje u polju, a unosom zaražene robe u skladište nastavlja svoj razvoj kao i oštećivanje zrna. Leptir je žute boje, posjeduje dva para uskih krila čiji je raspon do dva cm. Štetu uzrokuju gusjenice koje se ubušuju u zrno te kada ga izjedu prelaze u drugo zrno. Razlika u odnosu na druge moljce jest u tome što gusjenice žive unutar zrna. U jednom zrnu kukuruza razvoj mogu završiti dvije do tri gusjenice, dok u zrnu pšenice ili ječma samo jedna. Nakon razvoja u zrnu gusjenica se razvija u leptira. Godišnje kod nas ima od dvije do četiri generacije. Moljci napadaju samo vanjski sloj žitarica u skladištima do 30 cm. Ocjenjivanje stupnja napada provod se prosijavanjem uzorka s ciljem utvrđivanja broja leptira i sekcijom zrna radi utvrđivanja broja gusjenica. Prisutnost jedne do dvije gusjenice karakterizira se kao slabi napad, dok se prisutnost više od 20 gusjenica u 1 kg uzroka smatra vrlo jakim napadom (Rees, 2004.).

2.3. Žitni žižak (*S. granarius*)

2.3.1. Morfologija i domaćini

Žitni žižak kukac je iz porodice Curculionidae (pipe), reda Coleoptera. Odrasli se mogu identificirati pomoću ključeva Hainesa (1991) i Mounda (1989), a odrasli i ličinke pomoću ključeva Gorhama (1991) (CABI, 2010). Razvojne faze odvijaju se u tunelima i komorama u zrnu pa se iz tog razloga obično ne vide. Ličinke su bijele i apodne i imaju četiri stadija. Izgled ličinke i kukuljice sličan je onom kod rižinog i kukuruznog žiška. Odrasli se mogu znatno razlikovati u veličini; duljine između 2,5 i 5,0 mm, iako je uobičajeno od 3 do 4 mm. Imaju karakteristično rilo i antene koje su jednolično kesten-smeđe ili crvenkasto-smeđe do sjajno crne boje, a tijelo je prekriveno kratkim, žutim dlakama (slika 2.5.). Antene imaju osam segmenata i u ispruženom su položaju dok kukac hoda. Odrasli nemaju krila, pa stoga nemaju sposobnost letenja. *S. granarius* je čest štetnik na pšenici i ječmu, a napada i druge žitarice poput sirka, riže i kukuruza (CABI, 2010).

Slika 2.5. Vrsta *Sitophilus granarius*

Izvor: https://grainscanada.gc.ca/en/grain-quality/manage/identify-an-insect/primary-insect-pests/granary-weevil.html

2.3.2. Rasprostranjenost

Žitni žižak rasprostranjen je u umjerenim klimatskim predjelima u svijetu. U tropskim zemljama javlja se rijetko, dok je njegova pojavnost ograničena u hladnim gorjima (CABI, 2010). Globalno istraživanje FAO o osjetljivosti na insekticide zabilježilo je njegovu prisutnost u Velikoj Britaniji, Francuskoj, Italiji, Španjolskoj, Danskoj, Švedskoj, Poljskoj, Alžiru, Iraku, Kanadi, SAD-u, Čileu, Argentini, Južnoj Africi, Australiji, Rusiji i Tajlandu (Champ and Dyte, 1976.). Poznat je i u Jemenu (Haines,

1981). U istraživanju Morimota i sur. (2007) navode da, iako je žitni žižak prvi put otkriven na uvoznoj riži 1923. godine, u Japanu nije zabilježen. U mnogim zemljama, uključujući one koje imaju isključivo vruću klimu, karantenski je štetnik. To je zato što je opće poznato da će se pojaviti samo u umjerenim klimama no ipak, ovaj kukac može nanijeti ozbiljnu štetu uskladištenim žitaricama u vrućim uvjetima, iako će na kraju uginuti (CABI, 2010).

2.3.3. Biologija i ekologija

Biologija vrste *S. granarius* slična je tropskim vrstama *S. oryzae* i *S. zeamais* s razlikom da *S. granarius* ne može letjeti. Životni vijek žitnog žiška u prosjeku je od 7 do 8 mjeseci. Ženke tijekom svog života obično polože oko 150 do 300 jaja na zdravo, neoštećeno zrno. Jaja polažu pojedinačno u šupljine koje ženka buši u zrnu. Šupljine su zatvorene voštanim čepom koji izlučuje ženka (BioNet-EUFRINET, 2011). U svakom zrnu razvija se po jedna ličinka koja se hrani i iskopava tunele unutar zrna, gdje pojede dvije trećine endosperma. Četiri su ličinačka stadija. Nakon što završi razvoj, kukulji se u zrnu i preobražava u mladog kornjaša. Ostaje u zrnu jedan do dva dana, a zatim izlazi kroz rupu koju napravi (Maceljski 2002.). Imago izlazi iz zrna, ostavljajući karakterističnu veliku i pravokutnu izlaznu rupu s neravnim rubovima. Napustivši zrno, ženka oslobađa spolni feromon kako bi privukla mužjake za parenje. U optimalnim uvjetima jedan par žižaka u godini dana ima više od tisuću potomaka (Korunić 1990.). U toplim uvjetima životni ciklus se može završiti u roku od četiri do šest tjedana, ali u zimskim mjesecima to može trajati i do 21 tjedan (CABI, 2010.). Generalno godišnje ima četiri do pet generacija, iako u grijanim skladištima može biti i od 10 do 12 generacija (Purdue university, 2018.). Imago mogu preživjeti mjesec dana i više bez hrane u hladnijim uvjetima. Ličinka miruje četiri do pet mjeseci tijekom zime u hladnijim uvjetima. Optimalni uvjeti za razvoj su oko 30 °C i vlage zraka oko 70 % (Howe i Hole, 1968.). Žitni žižak ne može zaraziti usjeve na polju prije žetve upravo zbog toga što ne leti. Može uzrokovati ozbiljna oštećenja u vrućim uvjetima prije nego što populacije uginu. Ozbiljan je štetnik žitarica pšenice i ječma, zahvaća i raž, rižu, kukuruz, sirak i ostale žitarice, a nerijetko infestira sjemenke suncokreta, suhi grah, slanutak, kikiriki i proizvode od tjestenine (CABI, 2010.).

2.3.4. Štete

Žitni žižak uzrokuje štete na neoštećenim žitaricama u vidu izdubljenja zrna. U ozbiljnim zarazama ostaje samo ljuska zrna, zajedno s bijelom prašinom i izmetom kukaca (slika 2.6.). Karakteristične su velike izlazne rupe s neravnim rubovima. Zrna koja plutaju na vodi često ukazuju na oštećenje koju uzrokuju ličinke (CABI, 2010). Svojom ishranom, žišci smanjuju kvantitetu i kvalitetu proizvoda te klijavost sjemenske robe jer ličinka i odrasli najprije proždiru klicu. U slučaju da klica nije pojedena u

potpunosti, može se dogoditi klijanje, klijanka je slaba i ranjiva na napade plijesni, bakterija i drugih štetnih organizama. Disanjem žižaka povećava se vlaga i povisuje temperatura proizvoda čime se stvaraju povoljni uvjeti za razvoj gljiva, napad grinja i ostalih sekundarnih štetnika. Takvi oštećeni proizvodi nisu za upotrebu ni u ljudskoj ni u stočnoj hrani (Ritz 1997.). Zrno težine 48 mg, nakon izlaska žiška teži samo 28 mg, gdje polovicu težine čine bijele, prašnjave izlučevine koje kontaminiraju uskladištenu robu. Takvo zrno je slijepljeno (PestWeb, 2021.). Pojava samo jednog žiška u masi zrnja ukazuje na opasnost. U tom slučaju, na vrijeme se moraju početi provoditi mjere zaštite kako se za nekoliko mjeseci ne bi razvila brojna populacija i prouzročila goleme štete (Korunić 1990.).

Slika 2.6. Štete od žitnog žiška na zrnu pšenice

Izvor: https://innspubnet.wordpress.com/2017/09/14/bioefficacy-of-neem-mahogoni-and-their-mixture-to-protect-seed-damage-and-seed-weight-loss-by-rice-weevil-in-storage-jbes/

2.3.5. Identifikacija i dijagnostika zaraženosti

Zarazu u uskladištenim žitaricama teško je otkriti, posebno u početnim fazama, jer se životni ciklus od jajašca do kukuljice uglavnom odvija unutar zrna. Pomoću izravnih metoda direktno u skladištu uočava se zaraza štetnicima, bez obzira radi li se o proizvodu skladištenom u ambalaži ili u rasutom stanju (Casagrande, 1994.). Vizualnim pregledom objekata i uzoraka uskladištenih proizvoda određuje se apsolutna procjena populacije, a isto tako postavljanjem zamki ili lovki za ulov štetnih organizama dobivamo relativnu procjenu populacije štetnika. Zamke postavljene na površini zrna i sonde umetnute u žitarice uspješno se koriste za otkrivanje imaga žitnog žiška (Buchelos i Athanassiou, 1999.; Wakefield i Cogan, 1999.). Stadiji ličinki u zrnu mogu se otkriti upotrebom tehnika otkrivanja zaraze koje nazivamo indirektnim metodama utvrđivanja zaraze. One uključuju zgnječivanje zrna na indikatorskim papirima, ispitivanje promjena u težini zrna ili korištenje rendgenskih aparata (Haff i Slaughter, 1999.). Weinard (1998.) je u svom istraživanju opisao metodu pomoću

mikrofona za otkrivanje kretanja ličinki u zrnima na temperaturama višim od 15 °C. Rotundo i sur. (2000.) opisali su serološku metodu za otkrivanje nezrelih stadija žitnog žiška u zrnima, dok su Ridgway i Chambers (1996.) opisali metodu detekcije koja uključuje spektroskopiju refleksije blizu infracrvene svjetlosti.

2.3.6. Kemijsko suzbijanje

U dosadašnjim istraživanjima sintetski piretroidi nisu se pokazali kao učinkoviti u suzbijanju žitnog žiška, dok su organofosforni insekticidi kao što su fenitrotion i pirimifos-metil imali pozitivne rezultate. Kako bi se uklonila postojeća zaraza, zalihe zrna mogu se fumigirati fosfinom, međutim, tretmani fumigacijom ne pružaju nikakvu zaštitu od zaraze. Fumigacija je mjera suzbijanja kojom se učinkovito suzbijaju štetnici u zrnu, drvu, prostoru punom robe ili u praznom prostoru. Važno je da se velike količine robe ili veliki prostori mogu tretirati radi suzbijanja štetnika, a često pri tom nije potrebno premještati robu i postiže se visoka učinkovitost (Hamel, 2012.). Fumigacija kukuljica žiška fosfinom na 20 °C rezultirala je mortalitetom nakon 3,9 dana pri dozi od 0,5 g/m² i 100 % smrtnosti nakon 10 dana (Goto i sur., 1996). Postupak zaplinjavanja ugljičnim dioksidom, u skladištu u kontroliranoj atmosferi, također se može koristiti za suzbijanje u uskladištenom zrnu, no žitni žižak je na ovaj način suzbijanja otporniji od ostalih vrsta štetnika u skladištu (Kishino i sur., 1996.). Neadekvatna fumigacija u kontroliranoj atmosferi vjerojatno će rezultirati njegovim preživljavanjem. Gama zračenje, u dozama od 30 do 500 Gy, spriječilo je razvoj jajašaca i ličinki žiška u zrnu (Aldryhim i Adam, 1999.) no ovaj način suzbijanja nije ekonomski isplativ.

2.3.7. Biološko suzbijanje

Biološke mjere suzbijanja nisu u potpunosti istražene u suzbijanju žitnog žiška. Postoji određeni potencijal za razvoj strategija suzbijanja štetnih organizama koje uključuju djelovanje prirodnih parazita. Prirodni neprijatelj *Lariophagus distinguendus* (Forster, 1841) (Hymenoptera: Pteromalidae), ektoparazitoid koji preferira starije ličinke i kukuljice kao domaćine, ima obećavajući učinak kao sredstvo za biološko suzbijanje žiška (Steidle, 1998.). Potencijal kombiniranja različitih prirodnih neprijatelja za biološko suzbijanje žitnog žiška u zrnu istražen je u laboratorijskom pokusu Hansena i Steenberga (2016.). Uspoređivani su učinci dvije vrste ličinki parazitoida, *L. distinguendus* i *Anisoptermalus calandrae* (Howard, 1881) (Hansen i Steenberg, 2016.), samostalno ili u kombinaciji s entomopatogenom gljivom *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuillemin 1912 za suzbijanje žitnog žiška u varijantama koje sadrže 9 kg pšenice tijekom razdoblja od 26 tjedana. U netretiranim varijantama populacija štetnika povećala se oko 5000 puta. Najveći mortalitet štetnika (> 99,9 %) postignut je u varijantama s *L. distinguendus*, nakon čega slijede varijante s *A. calandrae*. U

varijantama s parazitoidima i entomopatogenom, mortalitet štetnika bio je od 83 % do 98 %. Iako je gljiva negativno utjecala na parazitoide, oni su ipak imali visoki učinak u usporedbi s netretiranim varijantama.

Biološko suzbijanje može biti vrlo učinkovita strategija suzbijanja, a među njima su i esencijalna ulja i dijatomejska zemlja kao ekološka alternativa, sigurna za uskladišteno zrno, učinkovita protiv štetnika i/ili patogenih gljiva. Primjena dijatomejske zemlje za suzbijanje ima nekoliko prednosti u odnosu na kemijske insekticide, poput veće učinkovitosti bez negativnog utjecaja na okoliš, štetnih učinaka na ljude ili životinja. Studije provedene u Rumunjskoj na uskladištenom zrnu žitarica pokazale su da je dijatomejska zemlja (inertno prašivo SilicoSec) učinkovita 100 % u suzbijanju odraslih žižaka 14 do 21 dan nakon tretiranja (Lupu i sur., 2015.). Rezultati drugih istraživanja provedeni s jedinkama kukuruznog žiška pokazuju da je mortalitet kukuruznih žižaka induciran upotrebom dijatomejske zemlje između 75,55 % i 100 % na svim varijantama nakon 21 dan, u usporedbi s netretiranom kontrolom. Broj ličinki žitnog žiška se na zrnu pšenice u 60 dana nakon tertiranja potpuno se smanjio u svim varijantama (Arthur i Throne, 2003.). Kemijski sastav nekih esencijalnih ulja kombiniran u integriranoj zaštiti također se smatra učinkovitim načinom suzbijanja žitnog žiška (Manole i sur., 2015.).

2.3.8. Higijenske mjere

Kako bi se ograničila zaraza žitnim žiškom potrebno je održavati skladišni objekt čistim i urednim. Ključno je redovito čiščenje, iznošenje otpada iz objekta, održavanje i krečenje zidove i korištenje usisavača. U ove mjere može se svrstati i čišćenje uskladištenih žitarica od raznih primjesa i štetnika. Ono se obavlja pomoću aspiracije pri prebacivanju žitarica iz jednog prostora iz drugi. Opća higijena skladišta ima osnovnu svrhu da oteža razvoj nametnika i da da stvori nepovoljne uvjete za njihovo razmnožavanje (Stanić, 2015.). Uklanjanje zaraženih ostataka iz žetve prethodne sezone je ključno te je važno osigurati da se zrno dobro osuši. Poželjan je sadržaj vlage od 10 % do 12 %. Zaraženo zrno može se tretirati vrućim zrakom, na temperaturi od 300 °C do 350 °C, kao alternativa fumigaciji (CABI, 2010.).

2.3.9. Fizikalne i mehaničke mjere

U ovu skupinu mjera ubraja se primjena visoke i niske temperature, čuvanje proizvoda u hermetički zatvorenim prostorima, skladištenje u podzemnim objektima, gama zračenje, primjena inertnih prašiva u koje pripada dijatomejska zemlja, uništavanje štetnika prilikom premještanja uskladištenog zrna, perkusije i primjena visoko frekventnih zvukova. Primjena visoke temperature, a osobito niske temperature, poznata je metoda i uporabljiva je već dugo vremena. U zemljama koje imaju topla

ljeta i hladne zime jednostavno je regulirati temperaturu i vlagu uskladištenih proizvoda. Hlađenjem proizvoda recirkulacijom može se izvanredno djelotvorno sačuvati proizvode od napada nametnika. Primjena inertnih prašiva smatra se jednom od najstarijih metoda suzbijanja štetnika uskladištenih žitarica. Prije 6 000 godina žitarice u Egiptu posipale su se zemljanom prašinom i pepelom. Inertna prašiva poput dijatomejske zemlje i silicijskog aerogela oštećuju kutikulu kukaca, dolazi do oštećivanja voštanog sloja na tijelu koji štiti kukca od gubitka vlage iz tijela te uslijed toga dolazi do isušivanja, a zatim i ugibanja kukca (Šejatović, 2017.).

2.3.10. Ekološki prihvatljivi insekticidi

Smanjenje broja registriranih djelatnih tvari, ali i pojava rezistentnosti štetnika na insekticide doveli su do potrebe za pronalaženjem novih, po mogućnosti ekološki prihvatljivih rješenja u suzbijanju skladišnih štetnika. Ekološki prihvatljive mjere su mjere koje uz pravilnu primjenu ne djeluju toksično na ljude i korisne organizme, ne zagađuju okoliš, minimalno narušavaju uspostavljenu ravnotežu organizama te rijetko negativno djeluju na raznolikost vrsta u prirodi. Ekološki prihvatljivim mjerama može se postići bolji uspjeh neovisno o tome što one mogu biti manje djelotvorne u odnosu na druge mjere (Maceljski, 2002.).

Naturaliti su najnovija grupa insekticida odnosno derivata mikrookrganizama koji su ekološki vrlo prihvatljivi. Naturaliti u nekim zemljama imaju dozvolu za primjenu u ekološkoj proizvodnji, a poznato je da takva proizvodnja ima vrlo strogo definirana pravila primjene sredstava za zaštitu bilja.

Botanički ili biljni insekticidi su oni proizvodi koji se koriste za suzbijanje štetnika, a sastoje se od sirovih biljnih ekstrakata ili kemikalija izoliranih iz biljaka (Maceljski i Igrc, 2002.). Ovi insekticidi bili su važno sredstvo za subijanje prije otkrića insekticidnog djelovanja DDT-a. Kasniji razvoj jeftinijih varijanti i učinkovitih sintetskih insekticida doveo je do smanjenja primjene botaničkih insekticida. No, biljni insekticidi dobili su na važnosti kada se povećala popularnost organski uzgojene hrane jer su takvi insekticidi dio prirodnih proizvoda za suzbijanje štetnika koji se mogu koristiti u organskoj poljoprivredi (Isman, 1995.). Botanički insekticidi imaju sljedeće prednosti: ne ostaju u okolišu, predstavljaju mali rizik za korisne grabežljivce i parazite i relativno su netoksični za sisavce (Weinzierl, 2000.). Brzo se razgrađuju u okolišu i lako se metaboliziraju kod sisavaca koji primaju subletalne doze (Ling, 2003.). Danas je poznato više od 200 biljaka s insekticidnim svojstvima, ali samo nekoliko njih se primjenjuje (Pavela, 2009.). Botanički insekticidi nisu široko korišteni u konvencionalnoj proizvodnji usjeva, ali prepoznati su kod proizvođača organskih usjeva u industrijaliziranim državama. Razlozi za ograničeni komercijalni razvoj botaničkih insekticida su relativno sporo djelovanje, promjenjiva učinkovitost i nedosljedna dostupnost (Isman, 2008.) u usporedbi sa sintetskim insekticidima. Još

neki razlozi za smanjenom primjenom su i nedostatak prirodnih resursa, standardizacija, kontrola kvalitete i registracija (Isman, 1997.). Među botaničkim insekticidima, komercijalno su najviše korišteni piretrin i neem.

Tijelo kukaca sadrži mnogo vode, a gubitak vode iz tijela kukca priječi voštani sloj na površini tijela iznad kutikule. Prilikom oštećivanja tog sloja kukac gubi vodu i postoji mogućnost uginuća od dehidracije. Sredstva koja izazivaju takvo oštećenje voštanog sloja štetnika nazivamo inertnim prašivima (Igrc Barčić i Maceljski, 2001.). Igrc Barčić i Maceljski (2001.) navode da inertna prašiva najčešće sadrže amorfne silikate koji apsorbiraju vosak sadrže čestice koje mehanički oštećuju voštani sloj na kutikuli kukaca. Kukac gubi vlagu iz tijela te ugiba. Korunić (2016.) navodi podjelu inertnih prašiva u četiri grupe:

1. grupa sadrži glinu, pepeo ljuske riže, pjesak, drveni pepeo te vulkanski pepeo;
2. grupa sadrži različite minerale kao što je dolomit, bakar, oksikloride, magnezit, krute fosfate, sumpor, vapno, natrijev klorid, kalcijev karbonat;
3. grupa sadrži prašiva na bazi sintetskog silicijevog dioksida koja su proizvedena sušenjem vodene otopine natrijevog silikata;
4. grupa sadrži prirodni silicijski dioksid (amorfni). U tu grupu se ubraja i zeolit (alkalni metalni aluminijski silikat) koji ima slična fizikalna svojstva kao i dijatomejska zemlja.

3. Materijali i metode rada

3.1. Lokacija prikupljanja žitarica

U istraživanju je korišteno zrno pšenice i ječma kao dvije uzgojne podloge za žitnog žiška. Uzorci zrna navedenih kultura uzeti su iz silosa na lokalitetu Veliki Bukovec koji se nalazi na području Varaždinske županije. Istraživanje je provedeno tijekom dvije godine na Zavodu za poljoprivrednu zoologiju Agronomskog fakulteta u Zagrebu u laboratoriju za entomologiju, u periodu od veljače do svibnja 2019. godine i u periodu od ožujka do lipnja 2021. godine. Na Zavodu za poljoprivrednu zoologiju temperatura laboratorija u cijelom periodu istraživanja bila je 23±2 °C, a vlaga zraka od 50 % do 60 %. U istraživanju su kao testni kukci korišteni žitni žišci prikupljeni na uskladištenoj pšenici privatnog skladišnog prostora Makar d.o.o. koji se nalazi u Velikom Bukovcu na području Varaždinske županije.

3.2. Insekticidi korišteni u pokusu

Zrno pšenice i ječma korišteno u pokusu bilo je tretirano naturalitima, botaničkim i fizikalnim insekticidima kako bi se utvrdila njihova učinkovitost u suzbijanju žitnog žiška. U istraživanju je korišteno šest ekološki prihvatljivih insekticida: spinosad (pripravak Laser), abamektin (pripravak Vertimec 018), azadiraktin (pripravak NeemAzal), piretrin (pripravak Asset Five), dijatomejska zemlja (insekticid Silico-sec) i silikonski polimeri (pripravak Silmax). Kao standard korišten je kemijski insekticid cipermetrin (Cythrin max). Svaki insekticid bio je postavljen u tri doze (preporučenoj, dvostruko većoj i dvostruko manjoj dozi od preporučene). Kao kontrola i na ječmu i pšenici korištena je obična voda. U pokusu sa pšenicom postavljena je 21 varijanta insekticida i jedna kontrola, što je činilo ukupno 22 varijante. Isti insekticidni tretmani i jedna kontrola (ukupno 22 varijante) postavljeni su i za pokus na ječmu. Svaka varijanta postavljena je u četiri ponavljanja, odnosno ukupno je bilo postavljeno 88 posudica po kulturi. Doze koje su korištene u pokusu na pšenici i ječmu prikazane su u tablici 3.1.

Tablica 3.1. Doze insekticida korištene za tretiranje zrna pšenice i ječma

Djelatna tvar (pripravak)	Dvostruka doza od preporučene/200 g	Preporučena doza/200 g	Pola preporučene doze/200 g
Spinosad (Laser)	1,74 mg	0,875 mg	0,437 mg
Abamektin (Vertimec 018)	5,76 mL	2,88 mL	1,44 mL
Azadiraktin (NeemAzal)	6,25 mL	3,125 mL	1,56 mL
Piretrin (Asset Five)	1,14 mg	0,57 mg	0,28 mg
Dijatomejska zemlja (Silico-sec)	4,00 g	2,00 g	1,00 g
Silikonski polimeri (Silmax)	7,19 mL	3,60 mL	1,80 mL
Cipermetrin (Cythrin max)	0,80 mg	0,40 mg	0,20 mg
Kontrola	-	-	-

3.3. Opis djelatnih tvari

3.3.1. Spinosad

Spinosad je djelatna tvar koja priprada skupini spinosina. Prema mehanizmu djelovanja alosterički je aktivator nikotinskog acetilkolinskog receptora (Bažok, 2018). Spinosini su derivati mikroorganizama, odnosno djelatna tvar potječe iz prirodnih procesa poput fermentacije u bakterijama. Spinosad kao djelatnu tvar čini mješavina dvaju učinkovitih spinosina, spinosina A i spinosina D, a proizvodi ih aktinomiceta *Saccharopolyspora spinosa*. Spinosini imaju jak insekticidni učinak na velik broj štetnikaiz redova Lepidoptera i Diptera i brojnih drugih redova (Hemiptera, Thysanoptera, Isoptera, Coleoptera, Orthoptera, Hymenoptera) (Čačija i sur. 2018.). Spinosini su u početku imali učinkovitost na brojnim vrstama gusjenica leptira koje su u doba otkrića spinosina činile velike štete na kukuruzu, pamuku, duhanu i nekim drugim kulturama u SAD-u. Spinosad se tada pokazao se kao učinkovito rješenje. U istraživanju u Louisiani (1989.-1995.) spinosad je pokazao jednaku ili veću učinkovitost u suzbijanju nekoliko vrsta gusjenica iz porodice Noctuidae (Čačija i sur. 2018.). Trenutno se spinosad na tržištu nalazi u preko 80 registriranih pesticidnih proizvoda (Npic, 2013.). Mnoge od njih koriste se na poljoprivrednim kulturama i ukrasnim biljkama dok se drugi koriste u zgradama, u vodenim uvjetima i kao tretmani sjemena. Spinosad se također nalazi u nekim lijekovima koje regulira američka Uprava za hranu

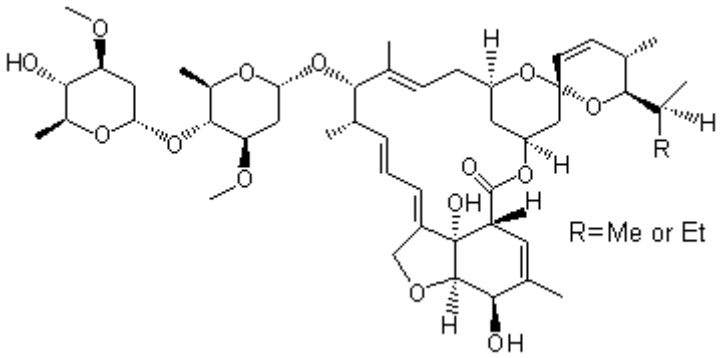
i lijekove. Ovi proizvodi se koriste za suzbijanje ušiju na ljudima i buha na psima i mačkama. Spinosad utječe na živčani sustav kukaca koji ga jedu ili su u kontaktu s njim (Npic, 2013.). Uzrokuje nekontrolirano grčenje mišića, dovodi do paralize i naposljetku do njihove smrti unutar jednog do dva dana. Spinosad ima nisku toksičnost za ljude i druge sisavce, no ako se pojavi na koži ili u očima, može izazvati iritaciju i crvenilo. Brzo se razgrađuje u prisutnosti sunčeve svjetlosti. Primjenom na lišću, spinosad se apsorbira ali se ne širi od lišća na ostatak biljke. U nedostatku sunčeve svjetlosti, se vrlo sporo razgrađuje u vodi (Npic, 2013.). Spinosad se također veže za tlo i ima vrlo nizak potencijal za kretanje kroz tlo prema podzemnoj vodi. U istraživanjima provedenih na terenu nisu pronađeni produkti razgradnje spinosada ispod dubine tla od dva metra. Spinosad se u gornjim slojevima tla brzo razlaže pod radom mikroorganizama (Npic, 2013.). Insekticid Laser 240 SC (slika 3.1.) može se primijeniti na sljedećim kulturama: krumpir, vinova loza, jabuka, jagoda, borovnica, luk, češnjak, malina, ogrozd, lješnjak, poriluk, šparoga, ribiz, blitva, špinat, artičoka, orah, badem, kesten te paprika, krastavci, rajčica i gerberi u zaštićenom prostoru. Suzbija štetnike iz redova resičara (Thysanoptera), dvokrilaca (Diptera), leptira (Lepidoptera), opnokrilaca (Hymenoptera), te kornjaša (Coleoptera). Djeluje kontaktno i želučano (AgroChem Maks, 2020.a). Insekticid Laser 240 SC u Republici Hrvatskoj ima dozvolu za primjenu do 2023. godine i kontaktno-probavni je insekticid za suzbijanje štetnika na krumpiru i vinovoj lozi (FIS, 2021.).

Slika 3.1. Pripravak Laser 240 SC korišten u pokusu

Izvor: https://www.nexles.com/eu/dow-agro-sciences-insecticide-crops-laser-240-sc-100-ml.html

3.3.2. Abamektin

Abamektin pripada u insekticidnu skupinu naturalita koji su usko povezani s makrocikličnim laktonima, proizvedenih izravno aktinomicetom *Streptomyces avermitilis* ili polusintetskim modifikacijama (Mrozik i sur., 1989.). Osnovna strukturna jedinica avermektin vidljiv je u prirodnom proizvodu avermektinu B 1a , koji je glavni sastojak insekticida abamektina. Kao pesticid, abamektin se sastoji od 80 % ili više avermektina B 1a i 20 % avermektina B 1b i zove se avermektin B 1 (slika 3.2.) (Mrozik i sur., 1989.). Abamektin se obično smatra nefitotoksičnim u normalnoj uporabi čak i kod osjetljivih ukrasnih biljaka. Ekološka selektivnost avermektina rezultat je brojnih svojstava ovih spojeva nakon primjene na kulturi. Avermektinski insekticidi lako se nakupljaju u biljnom lišću. Folijarno unošenje translaminarnim kretanjem rezultira pohranjivanjem toksikanta unutar lista. Preostali spojevi na vanjskoj strani lišća brzo se razgrađuju na sunčevoj svjetlosti, što rezultira minimalnim ostacima spojeva na površini biljke ubrzo nakon primjene. Ovo su kvalitete avermektinskih insekticida koje rezultiraju selektivnošću prema fitofagnim štetnicima i smanjenim izlaganjem nefitofagnim organizmima. Nekoliko studija dokazalo je da je abamektin manje toksičan za prirodne neprijatelje pa iz tog razloga selektivno ubija ciljane štetnike i čuva njihove prirodne neprijatelje (Dybas, 1989; Lasota i Dybas, 1991.). U Republici Hrvatskoj trenutno je registrirano pet insekticida s djelatnom tvari abamektin: Kraft 18, Vertimec 018, Vertimec pro, Apache i Voliam targo. Namijenjeni su suzbijanju štetnih grinja i kukaca u voćarstvu, povrćarstvu i ukrasnom bilju (FIS, 2021.).



Slika 3.2. Molekularna struktura abamektina

Izvor: https://www.longshinebiotech.com/abamectin

3.3.3. Azadiraktin

Azadiraktin je dobiven iz neem biljke koja raste u aridnim tropskim predjelima. Stoljećima je poznato kao čudotvorno drvo Indije, a koristi se više od 2000 godina kao ljekovita biljka (slika 3.3.). U ajurvedskim lijekovima koristi se kao antiseptik, u suzbijanju protiv virusa i bakterija, urinarnih tegoba, proljeva, vrućice, kožnih bolesti, opeklina i upalnih oboljenja, s obzirom da su istraživanja potvrdila izuzetna svojstva ovog drveta, neem je sve češće ključni sastojak u kozmetičkim preparatima i u farmaceutskim industrijama (Pro-eco, 2017.) Ova biljka sadrži brojne aktivne tvari koje djeluju na kukce kao regulatori rasta i odbijaju i smanjuju prehranu kukaca. Azadiraktin je osnovna tvar koja je djelotvorna na više od 200 vrsta kukaca, grinja i nematoda (Gahukar, 1995.). Neem se upotrebljava za zaštitu biljaka u vegetaciji i suzbija populacije bijele mušice, tripsa, gusjenica leptira te brojnih drugih vrsta (Gahukar, 1995.). Isto tako neem je djelotvoran na štetnike uskladištenih poljoprivrednih žitarica, ali zbog visoke cijene koncentracije koje uspješno suzbijaju štetnike nemaju primjenu u zaštiti uskladištenih proizvoda (Korunić, osobno mišljenje).

Aktivna tvar azadiraktin razgrađuje se u vodi ili na svjetlu tijekom 100 sati. Istraženo je da je azadiraktin manje toksičan na toplokrvne organizme pa tako srednja letalna doza (LD_{50}) za štakora putem usta iznosi >5000 mg/kg (Gahukar, 1995.). Azadiraktin se u pravilu ne akumulira u organizmu pa tako nije opasan i otrovan za ribe ako se primjenjuje prema uputama (Miller i Uetz 1998.). Pri ulasku u tijelo kukaca, azadiraktin djeluje inhibitorno na rad hormona što rezultira time da kukci više ne mogu letjeti, ne žele jesti, pariti se ni polagati jaja. Populacija kukaca polako nestaje, a njihov životni ciklus je prekinut (Pro-eco, 2017.). Nakon tretiranja azadiraktinom, insekticid prodire u list te se unutar lista djelomično sistematski transportira. Sisajući i grizući kukci iz lista uzimaju djelatnu tvar, što dovodi do prestanka hranidbe (Pro-eco, 2017.). NeemAzal-T/S je pripravak koji je u Republici Hrvatskoj registriran do 2025. godine i namijenjen je suzbijanju štetnih kukaca i grinja u povrćarstvu, voćarstvu, vinogradarstvu, na ljekovitom, začinskom i ukrasnom bilju. Sredstvo je odobreno za profesionalnu i amatersku primjenu kod svih navedenih kultura, osim jabuke, dunje i mušmule gdje je odobrena samo profesionalna primjena (FIS, 2021.).

Slika 3.3. Drvo neema

Izvor: https://www.dnevno.hr/zdravlje/magicno-drvo-neem-blagoslov-za-osobe-koje-pate-od-koznih-bolesti-ali-i-reume-1262362/

3.4.4. Piretrini

Piretrini su učinkoviti insekticidi u kućanstvima i u poljoprivredi, šumarstvu i komunalnoj higijeni. Nalaze se u brojnim pripravcima opće uporabe, insekticidnim aerosolima protiv komaraca i drugih kukaca, repelentima za komarce u obliku isparivača i tableta, insekticidnim šamponima za liječenje ušljivosti u ljudi i šamponima za kućne ljubimce te pripravcima protiv nametnika na sobnom i vrtnom bilju. Ciljno tkivo za toksično djelovanje piretrina i piretroida je živčani sustav jer pobuđuju natrijeve kanale aksona neurona te dovode do njihove povećane podražljivosti. Piretrini su prirodne insekticidne tvari sadržane u piretrumu, ekstraktu cvjetova biljke *Chrysanthemum cinerariaefolium* i *Chrysanthemum cocineum*, a obuhvaćaju šest spojeva: piretrin I, piretrin II, cinerin I, cinerin II, jasmolin I i jasmolin II. Piretroidi su njihovi sintetički analozi i derivati, a čine skupinu s više od 1000 različitih spojeva čija je toksičnost veća od toksičnosti piretrina s dužom perzistencijom u okolišu (Macan i sur., 2006.). U Republici Hrvatskoj registrirano je osam insekticida s aktivnom tvari piretrin: Abanto, Krisant, Pyregard, Asset, Biotip aphicid, Terminator aphicid, Asset five i Bio plantella flora kenyatox verde plus. Namijenjeni su za suzbijanje štetnika na ukrasnom bilju (FIS, 2021.).

3.4.5. Dijatomejska zemlja

Dijatomejska zemlja silicijska je sedimentna stijena koju čine fosili jednostaničnih biljnih organizama, dijatoma, najčešće algi. Skeleti su izgrađeni potpuno od amorfnog silicijskog dioksida, zanemarujuće otrovnosti za sisavce. Dijatomejska zemlja vjerojatno je najdjelotvornije prirodno prašivo koje se rabi kao insekticid (EPA, 1991.). Sitne čestice, zalijepe se na tijelo kukca, pretežito sorpcijom i abrazijom, oštećuju voštani sloj na tijelu koji štiti kukca od gubitka vlage iz tijela. Kroz ta oštećena mjesta kukci gube vlagu iz tijela te nakon određenog vremena, zbog isušivanja, ugibaju (Ebeling, 1971.). Poznato je da dijatomejska zemlja ima i repelentna svojstva za kukce, što katkad zaštićuje uskladištene proizvode (White i sur., 1966.). Dijatomejska zemlja (slika 3.4.) se već desetljećima upotrebljava u zaštiti uskladištene poljoprivredne zrnene robe prvenstveno stoga što je njezina uporaba sigurna i bezopasna, ne mijenja kakvoću finalnih proizvoda žitarica i osigurava dugotrajnu zaštitu od infestacije kukcima (Korunić, 1998.). U Republici Hrvatskoj dijatomejska zemlja dostupna je kao pripravak Silico-sec (FIS, 2021.). Učinkovitost dijatomejske zemlje na štetnike skladišta istraživali su brojni znanstvenici (Korunić, 1998.). Rezultati ukazuju određene pravilnosti s obzirom na osjetljivost vrsta kukaca na dijatomejsku zemlju. Redoslijed osjetljivosti kukaca na dijatomejsku zemlju na istoj vrsti zrnate robe od najosjetljivijeg do najotpornijeg je: *Cryptolestes* spp. > *Oryzaephilus surinamensis* > *Sitophilus granarius* > *Sitophilus oriyzae* > *Tribolium castaneum* > *Rhyzopertha dominica* > *Prostephanus truncatus* (Horn, 1878). Najlakše

je suzbiti istu vrstu kukaca na pšenici pa na ječmu i zobi, a najteše se suzbijaju kukci na suncokretu i tada treba upotrijebiti visoke koncentracije dijatomejske zemlje (Korunić, 1994., Fields i Korunić, 2000.). Žišci, štetnici uskladištenog graha i ostalih mahunarki dosta su osjetljivi na dijatomejsku zemlju i infestacija se može spriječiti uporabom dosta niskih koncentracija. Silico-sec je inertno prašivo koje se u Republici Hrvatskoj koristi za suzbijanje skladišnih štetnika, kukaca i grinja na uskladištenim žitaricama, u praznim ili punim skladištima te mlinovima, a ima dozvolu za primjenu do 2023. godine (FIS, 2021.).

Slika 3.4. Prah dijatomejske zemlje

Izvor: https://www.proeco.hr/proizvod/silicosec-2kg-15-kg/

3.4.6. Silikonski polimeri

Insekticid Silmax EC (slika 3.6.) novi je pripravak čiji način djelovanja uključuje fizički mehanizam koji djeluje na suzbijanje štetnika sprječavajući njihovo kretanje i disanje. Silmax EC ne sadrži nikakva aktivna sredstava za zaštitu bilja već sadrži kombinaciju raznih polimernih, silikonskih spojeva. Uništava štetnike fizičkim načinom djelovanja i ima učinak ljepila čime imobilizira štetnike i spriječava njihovu pokretljivost. Primjenjuje se u voćarstvu za suzbijanje grinja, lisnih ušiju, ličinki štitastih uši, lisnih buha i tripsa na svim voćnim vrstama. Nakon primjene, spojevi prekrivaju tijelo štetnika koji se hrani kulturnim biljkama i stvara strukturu u obliku trodimenzionalne polimerne mreže na tijelu štetnika (AgroChem Maks, 2020.b). Navedena struktura spriječava pokretljivost štetnika blokirajući njegove tjelesne funkcije i to dovodi do brze smrti tretiranih štetnika.

Slika 3.6. Pripravak Silmax EC

Snimila: L. Jantolek, 2021.

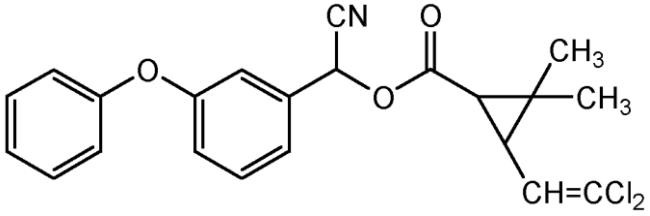
3.4.7. Cipermetrin

Cipermetrin je insekticid koji dijeli nekoliko zajedničkih svojstva s piretroidima kao što su brza učinkovitost, niska doza primjene i širok spektar djelovanja. Djelatne tvari cipermetrina brzo se vežu za čestice tla, lako se razgrađuju pod utjecajem svjetla i ne zagađuju značajno podzemne vode. S obzirom da se primjenjuju u vrlo niskim dozama, laki su za rukovanje (Macan i sur., 2006.). Djeluju na način da ometaju prijenos signala i onemogućuju funkcioniranje živčanog sustava štetnika, što uzrokuje njihovo slabljenje i ugibanje (Npic, 2013.). Simptomi dermalne izloženosti kod ljudi uključuju ukočenost, trnce, svrbež, peckanje, gubitak kontrole mokraćnog mjehura, nekoordinaciju, napadaje i moguću smrt (Waller, 1988.). Na tržištu se pojavljuju u različitim oblicima, formulacijama i registracijama (Westcott i Reichle, 1987.).

Insekticidni pripravak s najširom registracijom na tržištu je Cythrin Max. Ovaj registriran insekticid na osnovi cipermetrina predstavlja veliku učinkovitost kod zaštite usjeva jer suzbija velik broj štetnika u ratarstvu, vinogradarstvu, povrćarstvu, industrijskom i krmnom bilju, maslini, cvijeću i ukrasnom bilju, te u šumarstvu (AgroChem Maks, 2020.c).

Cipermetrin je spoj osam različitih izomera (slika 3.7.) i svaki od njih ima svoje kemijske i biološke značajke, zbog čega ova aktivna tvar suzbija veliki broj štetnika, uključujući sovice, moljce, buhače, savijače, lisne uši itd. (AgroChem Maks, 2020.c). Cipermetrin kao I ostali piretroidi djeluje na živčani sustav štetnika i dugotrajnog je djelovanja jer se ne razgrađuje pod utjecajem sunčevog svjetla, niti se ispire uslijed oborina (Waller, 1988.). Waller (1988.) navodi kako je cipermetrin nije toksičan za ptice no izrazito je toksičan za ribe i za vodene beskralježnike. U Republici Hrvatskoj

trenutno je registrirano osam insekticida s aktivnom tvari cipermetrin: Direkt, Fastac 10, Kofumin 308, Kofumin 77, Storanet, Cithryn max, Fasthrin 10 i Fasthrin 15. Kofumin 77 je insekticid za suzbijanje skladišnih štetnika na žitaricama u skladištu (FIS, 2021.).

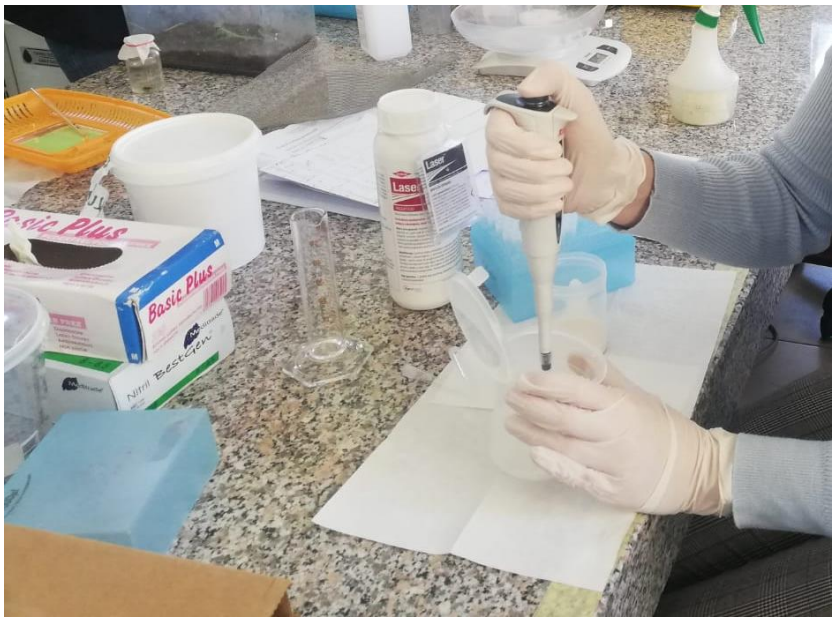


Slika 3.7. Molekularna struktura cipermetrina

Izvor: https://www.chemservice.com/media/product/structures/n-11545.jpg

3.4. Provedba pokusa

Žitarice su za potrebe pokusa očišćene od pljevica i ostalih primjesa i izmjerene su im fizikalne vrijednosti kako bi se utvrdili parametri kvalitete zrna te moguće razlike u svojstvima zrna. Fizikalne vrijednosti izmjerene su pomoću uređaja „Draminski GMDM" (DRAMIŃSKI S. A., Olsztyn, Poljska) u volumenu od 250 ml. Određena vlaga pšenice iznosila je 11,9 %, težina 167,5 g i hektolitarska masa 79,1 kg, dok je vlaga ječma iznosila 13,5 %, težina 141,3 g i hektolitarska masa 65,4 kg. Nakon mjerenja fizikalnih vrijednosti, odvagano je 200 grama pšenice i 200 g ječma za svaku varijantu i smješteno u plastične vrećice u volumenu od 4 litre. Doze insekticida potrebne za tretiranje 200 g svake varijante priređene su na način da je za svaku varijantu odmjerena potrebna količina insekticida navedena u tablici 1 i promiješana u litri vode. Količina od 10 militara pomiješanih insekticida s vodom nanešena je na 200 grama zrna u vrećicama. Nakon aplikacije ispitivanih insekticida mikropipetom na svaku varijantu (slika 4.1.), svaka vrećica s pripadajućom dozom bila je promiješana trešnjom u trajanju od 30 sekundi. Nakon miješanja zrno je stavljeno na ravnu podlogu kako bi se osušilo na zraku tijekom 24 sata, u uvjetima temperature 23±2 °C i relativne vlage zraka od 50 % do 60 % (slika 4.2.). Nakon sušenja, svaki uzorak od 200 grama podijeljen je u četiri ponavljanja i stavljen je u posudice (250 ml), što znači da je u svakoj posudici bilo 50 g tretiranog zrna. Nakon 24 sata kad se insekticid osušio, u svaku posudicu (ponavljanje) dodano je po 10 odraslih jedinki žitnog žiška, što je činilo 40 žižaka po varijanti, odnosno ukupno 1,760 žižaka u pokusu). Posudice su zatim zatvorene mlinskim platnom kako bi se kukcima osigurao pristup zraka. Zrno koje nije bilo tretirano poslužilo je kao kontrola. Tijekom pokusa sve varijante držane su u laboratoriju u kontroliranim uvjetima na temperaturi od 23±2 °C i relativnoj vlazi zraka od 50 % do 60 %.



Slika 4.1. Priprema insekticidnih varijanti za tretiranje zrna pšenice i ječma

Snimila: M. Čačija, 2019.

Slika 4.2. Postupak miješanja tretiranog zrna u vrećici i zrno stavljeno na sušenje

Snimila: M. Čačija, 2021.

3.5. Obrada podataka

U laboratoriju je učinkovitost insekticida procijenjena kroz mortalitet testiranih odraslih jedinki žitnog žiška. Prvo očitavanje provedeno je 48 sati nakon tretiranja pšenice i ječma, odnosno 24 sata nakon postavljanja žižaka na tretirano zrno. Daljnja očitavanja provodila su se svakih 24 sata tijekom iduća četiri dana. U svakom očitavanju bilježio se broj uginulih žižaka. Utvrđivanje mortaliteta provedeno je na način da se sadržaj posudice isipao na preglednu podlogu i utvrđivao se broj uginulih jedinki. One su uklonjene, a tretirano zrno i preostali živi kukci vraćeni su u posudice (slika 4.3.). Za svaki dan očitavanja za svako ponavljanje izračunata je učinkovitost prema formuli Schneider-Orelli (1947 cit. Püntener, 1981):

$$\%\ \text{učinkovitosti} = \frac{\text{Mortalitet (\%)na tretmanu} - \text{mortalitet(\%) na kontroli}}{100 - \text{mortalitet (\%) na kontroli}} \times 100$$

Slika 4.3. Očitavanje žižaka na zrnu pšenice

Snimila: L. Jantolek, 2021.

Podatci o učinkovitosti obrađeni su analizom varijance (ANOVA) uz pomoć statističkog programa ARM 9® (GDM Solutions, 2021). Podatci o srednjim vrijednostima rangirani su uz primjenu Tukey-eva HSD (honestly significant difference) testa kako bi se utvrdile razlike u učinkovitosti između varijanti, na razini signifikantnosti od 5 %. Izračunu učinkovitosti pristupilo se samo za one varijante i datume očitavanja kod kojih je utvrđena statistički opravdana razlika između netretirane kontrole i varijanti u pokusu. U slučaju neravnomjerne distribucije podataka, podatci su u programu ARM transformirani.

4. Rezultati

Učinkovitosti različitih doza spinosada (pripravak Laser), abamektina (pripravak Vertimec 018), azadiraktina (pripravak NeemAzal), piretrina (pripravak Asset Five), dijatomejske zemlje (insekticid Silico-sec) i silikonskih polimera (pripravak Silmax) te cipermetrina (Cithryn Max) kao konvencionalnog insekticida na odrasle jedinke žitnog žiška na pšenici i ječmu prikazane su tablicama 4.1. i 4.2.

Tablica 4.1. Učinkovitost insekticida na žitnog žiška na pšenici utvrđena u laboratorijskom pokusu (Zagreb, 2021.)

Varijanta	Posto (%) preporučene doze/200 g	Učinkovitost (%) nakon									
		24 sata		48 sati		72 sata		96 sati		120 sati	
Spinosad	50	97,43	abc*	100	a	100	a	100	a	100	a
	100	99,35	ab	100	a	100	a	100	a	100	a
	200	99,35	ab	100	a	100	a	100	a	100	a
Abamektin	50	94,29	abc	100	a	100	a	100	a	100	a
	100	97,43	abc	100	a	100	a	100	a	100	a
	200	100	a	100	a	100	a	100	a	100	a
Azadiraktin	50	0	g	3,4	c	10	c	87,5	a	100	a
	100	0	g	1,3	c	6,67	c	100	a	100	a
	200	97,43	abc	100	a	100	a	100	a	100	a
Piretrin	50	100	a	100	a	100	a	100	a	100	a
	100	100	a	100	a	100	a	100	a	100	a
	200	100	a	100	a	100	a	100	a	100	a
Dijatomejska zemlja	50	0	g	3,4	c	23,35	bc	27,5	c	30	c
	100	0	g	1,3	c	33,34	bc	85	a	92,5	a
	200	0	g	26,15	b	80	a	100	a	100	a
Silikonski polimer	50	2,57	fg	8,08	c	23,33	bc	27,5	c	30	c
	100	27,13	ef	34,82	b	40	b	60	b	70	b
	200	47,37	de	76,52	a	80	a	100	a	100	a
Cipermetrin	50	97,91	abc	100	a	100	a	100	a	100	a
	100	73,44	cd	100	a	100	a	100	a	100	a
	200	82,76	bcd	100	a	100	a	100	a	100	a
Tukey's HSD P=0,05		14,992 - 25,512		9,916 - 37,409		29,83		22,111		17,206	

*Razlike unutar iste grupe (sati) označeni istim malim slovom međusobno se statistički ne razlikuju (P=5 %).

U istraživanju učinkovitosti različitih ekološki prihvatljivih insekticida na žitnog žiška na pšenici, najbolje rezultate već 24 sata od postavljanja pokusa postigli su insekticidi iz grupe naturalita (spinosad i abamektin). Akutna učinkovitost spinosada i abamektina bila je između 94 % i 99 %, a drugi dan očitavanja oba insekticida u svim dozama postigla su potpunu učinkovitost.

Insekticid piretrin, kao i naturaliti, u svim dozama ostvario je maksimalnu učinkovitost već 24 sata od postavljanja žižaka na tretiranu pšenicu. Slični rezultati postignuti su i s drugim botaničkim insekticidom azadiraktinom, no radilo se o primjeni dvostruke doze, gdje je učinkovitost od 100 % ostvarena unutar 48 sati od postavljanja žižaka. Azadiraktin primijenjen u preporučenoj i dvostruko manjoj dozi od preporučene polučio je vrlo slabe rezultate u prva tri dana pokusa. Unatoč početno niskoj učinkovitosti, četvrti dan postignuta je učinkovitost od 87,5 % do 100 %, ovisno o dozi, a peti dan pokusa sve doze azadiraktina u potpunosti su suzbile sve testirane jedinke žitnog žiška.

Učinkovitost fizikalnih insekticida u prva tri dana pokusa bila je generalno niska, posebice dijatomejske zemlje. Niža doza dijatomejske zemlje do kraja očitavanja postigla je najviše 30 % učinkovitosti. Preporučena doza postigla je visoku učinkovitost četvrti (85 %) i peti (93 %) dan pokusa. Učinkovitost dvostruke doze dijatomejske zemlje izazvala je visoki mortalitet žižaka već treći dan, kada je postignuta učinkovitost od 80 %, a do kraja pokusa povisila se na 100 %. Djelovanje silikonskih polimera na žitnog žiška bilo je vrlo slično onome dijatomejske zemlje. Nižom dozom postignuta je na kraju pokusa niska učinkovitost (30 %). Preporučena doza nije se pokazala tako učinkovitom kao ista doza dijatomejske zemlje. Silikonski polimeri bili su učinkoviti 70 %, a ista doza dijatomejske zemlje 93 % zadnji dan pokusa. Međutim, silikonski polimeri primijenjeni u dvostrukoj dozi ostvarili su četvrti dan učinkovitost od 80 %, a zadnji dan očitavanja postignut je potpuni mortalitet žižaka.

Standardni kemijski insekticid cipermetrin postigao je maksimalnu učinkovitost u svim primijenjenim dozama već drugi dan od postavljanja žižaka na tretiranu pšenicu.

Isti ekološki prihvatljivi insekticidi i cipermetrin kao standard u istim su dozama testirani i u suzbijanju žitnog žiška tretiranjem ječma. Rezultati njihove učinkovitosti prikazani su u tablici 4.2.

Tablica 4.2. Učinkovitost insekticida na žitnog žiška na ječmu utvrđena u laboratorijskom pokusu (Zagreb, 2021.)

Varijanta	Posto (%) preporučene doze/200 g	Učinkovitost (%) nakon									
		24 sata		48 sati		72 sata		96 sati		120 sati	
Spinosad	50	90	a*	100	a*	100	a	100	a	100	a
	100	100	a	100	a	100	a	100	a	100	a
	200	100	a	100	a	100	a	100	a	100	a
Abamektin	50	92,5	a	100	a	100	a	100	a	100	a
	100	95	a	100	a	100	a	100	a	100	a
	200	100	a	100	a	100	a	100	a	100	a
Azadiraktin	50	0	d	0,82	d	1,3	ef	35	def	70	b
	100	0	d	0	d	0	f	2,5	g	55	bc
	200	0	d	0	d	6,35	def	22,5	fg	50	bc
Piretrin	50	100	a	100	a	100	a	100	a	100	a
	100	100	a	100	a	100	a	100	a	100	a
	200	100	a	100	a	100	a	100	a	100	a
Dijatomejska zemlja	50	2,5	d	0,82	d	1,3	ef	20	fg	100	a
	100	0	d	0	d	16,88	cd	57,5	cde	100	a
	200	0	d	18,8	bc	42,07	bc	67,5	bc	100	a
Silikonski polimer	50	5	d	6,1	c	13,26	cde	27,5	efg	30	c
	100	25	c	36,65	ab	42,07	bc	60	cd	70	b
	200	55	b	81,34	a	84,28	ab	97,5	ab	100	a
Cipermetrin	50	0	d	100	a	100	a	100	a	100	a
	100	25	c	100	a	100	a	100	a	100	a
	200	27,5	c	100	a	100	a	100	a	100	a
Tukey's HSD P=0,05		17,053		5,163 - 74,662		15,566 - 48,681		30,631		29,117	

*Razlike unutar iste grupe (sati) označeni istim malim slovom međusobno se statistički ne razlikuju (P=5 %).

Istraživanje učinkovitosti ekološki prihvatljivih insekticida na žitnog žiška na ječmu pokazalo je rezultate slične onima koji su postignuti na pšenici tretiranoj istim djelatnim tvarima. Najbolje rezultate već 24 sata od postavljanja pokusa postigli su insekticidi iz grupe naturalita (spinosad i abamektin). Njihova učinkovitost nakon 24 sata bila je između 90 % i 100 %, a drugi dan očitavanja oba insekticida u svim dozama postigla su potpunu učinkovitost.

Slično naturalitima, i botanički insekticid piretrin postigao je u svim dozama maksimalnu učinkovitost 24 sata od postavljanja žižaka na tretirani ječam. Za razliku od piretrina, drugi botanički insekticid, azadiraktin, nije se pokazao učinkovitim u prva četiri dana pokusa, kada je najviša učinkovitost bila 35 %. Međutim, peti dan azadiraktin je postigao učinkovitost od 50 % do 70 %, ovisno o dozi.

Učinkovitost svih doza dijatomejske zemlje nije prelazila 68 % u prva četiri dana. Međutim, peti dan dijatomejska zemlja u svim dozama izazvala je potpuni mortalitet žižaka. Sličnima su se pokazali i silikonski polimeri, s tim da je dvostrukom dozom od preporučene postignuta veća djelotvornost (81 % do 98 %) nego dvostrukom dozom dijatomejske zemlje (19 % do 68 %) tijekom drugog do četvrtog dana. U zadnjem očitavanju učinka silikonskih polimera pokazalo se da je jedino primjenom dvostruke doze postignut potpuni mortalitet žižaka, dok je učinak preporučene doze bio slabiji (70 %). Rezultati učinkovitosti silikonskih polimera u svim dozama i svim očitavanjima bili su vrlo slični u pokusima provedenim na obje tretirane kulture, pšenici i ječmu.

Standardni kemijski insekticid cipermetrin očekivano je postigao maksimalnu učinkovitost i to već drugi dan od postavljanja žižaka na tretirani ječam.

5. Rasprava

Smanjenjem broja registriranih djelatnih tvari i pojavom rezistentnosti štetnih organizama na standardne insecticide, potrebno je pronalaziti nove, ekološki prihvatljive insekticide u suzbijanju skladišnih štetnika kao što su naturaliti, botanički ili biljni insekticidi i fizikalni insekticidi. Cilj ovog rada bio je utvrditi insekticidno djelovanje naturalita (spinosad, abamektin), botaničkih (azadiraktin, piretrin) i fizikalnih (dijatomejska zemlja, silikonski polimeri) insekticida na žitnog žiška ((*S. granarius* (L.)). i usporediti s djelovanjem standardne djelatne tvari (cipermetrin).

Spinosad pripada u grupu spinosina. Utječe na živčani sustav kukaca koji ga jedu ili ga dodiruju (Npic, 2013.). To uzrokuje nekontrolirano grčenje mišića, dovodi do paralize i naposljetku do njihove smrti, obično unutar jednog do dva dana. Brzo se razgrađuje u prisutnosti sunčeve svjetlosti. Koristi se za suzbijanje velikog broja štetnika: tripsi, uši, grinje, komarci, mravi, voćne mušice i drugi (Npic, 2013.). U ovom istraživanju, spinosad primijenjen na zrna pšenice je već nakon 24 sata postigao visoku učinkovitost (97 % do 99 %, ovisno o dozi) na žitnog žiška, koja se do kraja pokusa povisila na maksimalnih 100 %. Na zrnu ječma također je imao vrlo visoku učinkovitost već nakon 24 sata od postavljanja pokusa (90 % do 100 %, ovisno o dozi). Nakon 48 sati u svim dozama postigao je mortalitet žižaka od 100 % (i na pšenici i na ječmu). Slično našem istraživanju, dobru učinkovitost spinosada postigli su i Velez i sur. (2018) na kukuruznog žiška, ali je u istraživanju korišten i deltametrin koji se pokazao nešto učinkovitijim od spinosada. Dobre rezultate učinkovitosti (95 %) spinosada u suzbijanju rižinog žiška postigli su Andrić i sur. (2011). Spinosini su ekološki vrlo prihvatljivi te je u EU dopuštena uporaba u ekološkoj proizvodnji. Razvoj rezistentnosti je moguć, ali rijetko zabilježen pa bi spinosine trebalo izmjenjivati i kombinirati s insekticidima drugog mehanizma djelovanja. Otkrića spinetorama, butenil-spinosina i ciklobutil-spinosina pokazuju da postoje perspektivni analozi spinosada te da se daljnjim istraživanjima mogu stvoriti spinosini jačeg djelovanja. Otkriće i komercijalni razvoj spinosina primjer je uspjeha ispunjavanja potencijala prirodnih produkata u pronalaženju novih, komercijalno korisnih i vrijednih proizvoda koji se mogu koristiti u integriranoj zaštiti bilja (Čačija i sur., 2018.).

Abamektin, djelatna tvar iz grupe avermektina, obično se smatra nefitotoksičnim u normalnoj uporabi čak i kod osjetljivih ukrasnih biljaka. Ekološka selektivnost avermektina rezultat je brojnih svojstava ovih spojeva nakon primjene na kulturi. Folijarno unošenje translaminarnim kretanjem rezultira pohranjivanjem toksikanta unutar lista. Preostali spojevi na vanjskoj strani lišća brzo se razgrađuju na sunčevoj svjetlosti, što rezultira minimalnim ostacima spojeva na površini biljke ubrzo nakon primjene (Dybas, 1989; Lasota i Dybas, 1991.). U ovom istraživanju abamektin je već 24 sata nakon postavljanja pokusa na pšenici pokazao visoku učinkovitost u suzbijanju žitnog žiška u svim primijenjenim dozama (94 % do 100 %), a gotovo ista učinkovitost postignuta je i na tretiranom ječmu (93 % do 100 %). Slično istraživanje s dobrim rezultatima proveli su Kljajić i sur. (2011.) na jedinkama *S. oryzae*. Međutim, u tom istraživanju dobra učinkovitost od 94 % do 100 % postignuta je tek nakon 14 dana.

Botanički insekticid azadiraktin djeluje inhibitorno na rad hormona kukaca što rezultira time da kukci više ne mogu letjeti, odbija i smanjuje ishranu kukaca te smanjuje plodnost ženki. Kao insekticid djelotvoran je na oko 200 vrsta kukaca, grinja i nematoda (Gahukar, 1995.). U ovom istraživanju na pšenici azadiraktin je polučio odlične rezultate u suzbijanju žitnog žiška kada je bio primijenjen u dvostruko većoj dozi od preporučene, a učinak je bio vidljiv već nakon 24 sata. U preporučenoj i nižoj dozi u početku je djelovao slabije, no na kraju pokusa i te su varijante postigle 100 % učinkovitost. Na ječmu se azadiraktin nije pokazao učinkovitim u prva četiri dana pokusa, kada je učinkovitost u svim dozama bila niža od 35 %. Međutim, peti dan azadiraktin je postigao učinkovitost od 50 % do 70 %, ovisno o dozi, što je dosta niže od rezultata postignutih na pšenici. Slično istraživanje proveli su Bohinc i Trdan (2017.), gdje je nakon 14 dana zabilježena učinkovitost od 66 % pri 30 °C, odnosno 100 % pri 35 °C. Visoku učinkovitost postigla je i kombinacija azadiraktina i drvenog pepela nakon 14 dana pri 30 °C. Slično, visoku učinkovitost azadiraktina postigli su Kavallieratos i sur. (2007) u suzbijanju vrsta *S. oryzae* i *T. confusum* na pšenici i kukuruzu. U istraživanju koje su proveli Guettal i sur. (2021.) azadiraktin je pokazao značajnu učinkovitost na odrasle jedinke žitnog žiška potvrđujući njegov potencijal kao prirodnu alternativu sintetičkim insekticidima za suzbijanje štetnika uskladištenih proizvoda.

Piretrini su učinkoviti botanički insekticidi u kućanstvima i u poljoprivredi, šumarstvu i komunalnoj higijeni. Ciljno tkivo za toksično djelovanje piretrina i piretroida je živčani sustav jer pobuđuju natrijeve kanale aksona neurona te dovode do njihove povećane podražljivosti. Piretrini su prirodne insekticidne tvari sadržane u piretrumu, ekstraktu cvjetova biljke *Chrysanthemum cinerariaefolium* i *Chrysanthemum cocineum* (Macan i sur., 2006.). U ovom istraživanju piretrin je i na zrnu pšenice i ječma već 24 sata nakon postavljanja pokusa imao učinkovitost od 100 % kod svih primijenjenih doza. Cilj provedenih istraživanja Biebela i sur., (2003.) bio je istražiti učinak insekticidnog djelovanja piretrina na žitnog žiška sa sinergijskom tvari sezamola i tokoferol acetata. Kompleks buhača s gama-ciklodekstrinom i piperonil butoksidom kao sinergistom, ima pojačano djelovanje u usporedbi s komercijalnim proizvodom koji je sadržavao buhač u slobodnom obliku. Sezamol i tokoferol acetat također pokazuju sinergijsko djelovanje, ali u znatno manjem učinku, čak i ako se primjenjuju u većim količinama. U ovom istraživanju, utvrđeno je da je optimalna koncentracija buhača 0,3 % u kombinaciji s 3 % piperonil butoksida najučinkovitija u suzbijanju žitnog žiška (Biebel i sur, 2003.). U istraživanju provedenom u Ruandi utvrđivalo se insekticidno svojstvo insekticida Agrothrina (d.t. piretrin) na kukuruznog žiška u laboratorijskim i skladišnim uvjetima. Insekticid je ispitan u sedam različitih doza, u rasponu od 0,9 kg/t do 2,1 kg/t, i uspoređen je s netretiranom kontrolom i kemijskim insekticidom (malation). Rezultati istraživanja otkrili su da insekticidno djelovanje Agrothrina nije bilo značajno učinkovito prvih tjedana nakon aplikacije, ali je insekticid uzrokovao mortalitet od 95 % unesenih žižaka nakon pet i šest tjedana. Međutim, kako bi se postigla visoka smrtnost potrebne su veće doze veće od 1,7 kg/t i/ili dulje izlaganje od četiri tjedna. Krajnji rezultati su upućivali na to da je Agrothrin učinkovita alternativa postojećim

konvencionalnim kemijskim insekticidima u skladištenim zaštitama kukuruza u dozama jednakim ili većim od 1,7 kg/t zrna (Hategekimana, 2017.).

Dijatomejska zemlja je prirodno prašivo koje se rabi kao insekticid. Sitne čestice, odnosno dijatomi i dijelovi dijatoma se zalijepe na tijelo kukca i fizikalnim silama, pretežito sorpcijom i abrazijom, oštećuju voštani sloj na tijelu koji štiti kukca od gubitka vlage iz tijela. Kroz oštećena mjesta kukci gube vlagu iz tijela te nakon izvjesnog vremena, zbog isušivanja, ugibaju (Ebeling, 1971.). Također, poznato je da dijatomejska zemlja ima i repelentna svojstva za kukce, što isto tako zaštićuje uskladištene proizvode (White et al., 1966.). U ovom istraživanju dijatomejska zemlja na zrnu pšenice je u preporučenoj dozi postigla visoku učinkovitost četvrti (85 %) i peti (93 %) dan pokusa, dok je u dvostrukoj dozi od preporučene imala učinak od 100 %. Na zrnu ječma, dijatomejska zemlja je prva četiri dana pokazala slab učinak, no nakon pet dana u svim primijenjenim dozama postignuta je učinkovitost od 100 %. Visok mortalitet (83 % do 100 %) postignut je primjenom kombinacije spinosada i dijatomejske zemlje u suzbijanju rižinog žiška na pšenici (Chintzoglou i sur., 2008). Insekticidna učinkovitost formulacije dijatomejske zemlje na žitnog ispitivana je na zrnu kukuruza i ječma u laboratorijskim uvjetima. Formulacija dijatomejske zemlje primijenjena je u tri doze od 1, 2 i 4 g/kg na obje vrste zrna. Smrtnost odraslih *S. granarius* utvrđena je nakon 24 i 48 sati te 7, 14 i 21 dana izlaganja na tretiranom zrnu. Nakon 21 dana mortalitet žižaka bio je 100 %, a nakon 45 dana značajno je smanjen broj ličinki na tretiranim žitaricama (Keszthelyi Pál-Fám, 2012.).

Silikonski polimeri uništavaju štetne organizme fizičkim načinom djelovanja i imaju učinak ljepila čime imobiliziraju štetnike i spriječavaju njihovu pokretljivost. Primjenjuju se u voćarstvu za suzbijanje grinja, lisnih uši, ličinki štitastih uši, lisnih buha i tripsa na svim voćnim vrstama (AgroChem Maks, 2020.b). U ovom istraživanju u dvostrukoj dozi od preporučene pokazali su 100 % učinkovitost nakon 96 sati izlaganja žitnog žiška na zrnu pšenice, dok su istu učinkovitost postigli na ječmu 120 sati nakon postavljanja pokusa. S obzirom da su bili učinkoviti tek u dvostrukoj dozi od preporučene, postavlja se pitanje može li suzbijanje silikonskim polimerima u skladištima i skladišnim objektima biti ekonomski isplativo. Korištenje silikonskih polimera za suzbijanje štetnih organizama značajno napreduje (Marinković i Monforts, 2020.). Poznate su dvije vrste primjene i to kao proizvodi za suzbijanje komaraca i proizvodi koji se raspršuju na usjevima radi suzbijanja štetnih kukaca i grinja. Obje vrste primjene koriste silikonske polimere kao aktivne tvari. Znanstvenici procjenjuju da se rizici ovog insekticida za okoliš i potrošače ne mogu isključiti zbog fizikalnih učinaka polimera ili učinaka polimera kemijskih sredstava za preradu i monomera. Marinković i Monforts (2020.) tvrde da se trenutna uporaba ovih insekticida aktivno regulira za zaštititu radnika, potrošača i okoliš.

Cipermetrin je insekticid koji dijeli nekoliko zajedničkih svojstva s piretroidima kao što su brza učinkovitost, niska doza primjene i širok spektar djelovanja (Macan i

sur., 2006.). Djeluje na način da ometa prijenos živčanog signala i onemogućuje funkcioniranje živčanog sustava štetnika, što uzrokuje njihovo slabljenje i ugibanje. (Npic, 2013.). U ovom istraživanju cipermetrin je i na tretiranoj pšenici i na ječmu postigao maksimalnu učinkovitost u svim dozama i to već drugi dan od postavljanja žižaka. Gourgota i sur. (2019.) istraživali su rezidualnu insekticidnu učinkovitost komercijalne formulacije cipermetrina koja se primjenjuje na žitaricama pšenice i kukuruza za suzbijanje *S. oryzae*, *O. surinamensis*, *R. dominica* i *P. truncatus* u laboratorijskim biotestovima. U svakom biotestu utvrđen je mortalitet odraslih nakon izlaganja 7, 14 i 21 dan. Na temelju njihovih rezultata, primjena ispitivane formulacije cipermetrina kao zaštitnog sredstva za zrno omogućila je dugotrajnu zaštitu od odraslih kukaca *R. dominica* i *P. truncatus*, jer je u većini slučajeva postignut potpun mortalitet za ove dvije vrste, čak i nakon četiri mjeseca skladištenja tretirane robe. U slučaju *S. oryzae* i *O. surinamensis*, mortalitet odraslih nije dosegao 100 % ni u jednoj varijanti, štoviše, zabilježen je postupni pad razine smrtnosti tijekom četveromjesečnog razdoblja skladištenja. Međutim, kod *S. oryzae* i *P. truncatus* ličinke su bile značajno suzbijene cipermetrinom. Rezultati pokazuju da bi ispitana formulacija cipermetrina mogla biti veoma učinkovita za zaštitu uskladištenih zrna, međutim, čimbenici poput ciljne vrste i intervala skladištenja trebaju se uzeti u obzir.

Velik broj čimbenika doprinjeli su interesu znanstvenika i industrije pesticida za botaničke insekticide. Na taj interes su utjecali veliki troškovi za otkrivanje, istraživanje, registraciju, ponovnu registraciju i uvođenje u praksu novih sintetskih insekticida baziranih na novim kemijskim spojevima, znatno povećana zabrinutost o utjecaju sintetskih insekticida na zdravlje ljudi, prirodu i okoliš, velika ovisnost moderne poljoprivrede, javnoga zdravstva i komunalne higijene o uporabi pesticida (Korunić i sur., 2009.). Znanstvenici vjeruju da će se ubrzo znatno više vremena i sredstava ulagati u razvoj tehnologije ekstrakcije insekticidnih tvari iz biljaka. Pojedini razlozi poput kompleksnosti biljnog ekstrakta kao što je prisutnost brojnih drugih tvari zajedno s djelotvornim tvarima, ograničene stabilnosti u prirodi, relativno kratkotrajne i niske djelotvornosti na štetne organizme i potrebe za uporabom viših doza ili koncentracija pomalo obeshrabrujući, interes za biljnim insekticidima raste. Ubrzani razvoj kemijske tehnologije i biotehnologije će ubrzati, pojeftiniti i standardizirati biljne insekticide te time omogućiti pojavu njihovog većeg broja na tržištu (Korunić i sur., 2009.). Što se tiče naturalita, u ovom istraživanju koristili smo spinosad i abamektin. Spinosini djeluju želučano i kontaktno i zbog ovih svojstava utvrđeno je da imaju značajan insekticidni učinak na velik broj štetnika (Bret i sur., 1997; Shimokawatoko i sur., 2012; Sparks i sur., 1995), a zahvaljujući širokoj primjeni predstavljaju alternativu klasičnim insekticidima zbog toga što je rezistentnost zabilježena u rijetkim slučajevima (Thompson i Hutchins, 1999). Ne pokazuju unakrsnu rezistentnost u sinergiji s ostalim insekticidima kao što su piretroidi, organofosforni insekticidi i regulatori rasta i razvoja kukaca (Roe i sur., 2010). Učinkoviti su u malim dozama i uglavnom nisu štetni za korisne kukce i ostale životinje pa su zbog tog razloga i ekološki prihvatljivi (Čačija i sur., 2018.). Inertna prašina sve se više koriste kao zaštitna sredstva za skladištenje u industriji žitarica i kao zamjena za konvencionalne kemijske insekticide. Mogu se

svrstati u različite skupine ovisno o njihovom sastavu i veličini čestica. Utvrdilo se da suzbijaju brojne štetnike u skladišnim prostorima. Najučinkovitiji su u uvjetima niske vlažnosti jer uzrokuju smrtnost uzrokujući dehidraciju, odnosno voda se gubi jer prašina adsorpcijom uklanja voštani sloj kutikule egzoskeleta (Golob, 1997.). Dijatomejska zemlja ima i odbijajuća svojstva za kukce, što također ima pozitivnih utjecaja pri zaštiti uskladištenih proizvoda (Korunić, 2010.). Najučinkovitiji su kada se nanose kao prašina, ali neki zadržavaju insekticidnu učinkovitost čak i kada se primjenjuju u mješavinama s vodom (Golob, 1997.). S obzirom da dijatomejsku zemlju čine fosili jednostaničnih biljnih organizama, a fosili su sastavljeni od amorfnog silicijskog dioksida, otrovnosti za sisavce je zanemarujuća. Amorfni silicijski dioksid je dozvoljen kao dodatak u ljudskoj i stočnoj hrani u nekim zemljama (Korunić, 2010.).

6. Zaključci

- U istraživanju učinkovitosti različitih ekološki prihvatljivih insekticida na žitnog žiška na pšenici i na ječmu, najbolje rezultate već 24 sata od postavljanja pokusa postigli su insekticidi iz grupe naturalita (spinosad i abamektin).

- Botanički insekticid piretrin postigao je maksimalnu učinkovitost 24 sata od postavljanja žižaka na obje kulture. Za razliku od piretrina, azadiraktin se pokazao vrlo učinkovitim tek nakon pet dana od postavljanja pokusa.

- Od fizikalnih insekticida dobri rezultati u suzbijanju žitnog žiška postignuti su primjenom dijatomejske zemlje na ječmu, gdje su sve tri doze na kraju pokusa uzrokovale potpuni mortalitet žižaka. Na pšenici učinkovita nije bila jedino najniža doza. Silikonski polimeri pokazali su izvrsnu učinkovitost u dvostrukoj dozi od preporučene na obje tretirane kulture.

- Standardni kemijski insekticid cipermetrin očekivano je postigao maksimalnu učinkovitost i to već drugi dan od postavljanja žižaka na obje tretirane kulture.

- Ekološki prihvatljive djelatne tvari iz skupine naturalita, botaničkih i fizikalnih insekticida pokazuju veliki potencijal za suzbijanje žitnog žiška na pšenici i ječmu u laboratorijskim uvjetima te bi se njihova učinkovitost trebala ispitati u uvjetima skladišnih prostora.

7. Popis literature

1. Olunike A. A. (2014). Storage, preservation and processing of farm produce. Food Science and Quality Management, 27, 28-32.

2. Agrochem-maks (2020a). Laser. https://agrochem-maks.com/insekticidi/laser/ - pristup 15.04.2021.

3. Agrochem-maks (2020b). Silmax EC. https://agrochem-maks.com/insekticidi/silmax-ec/ - pristup 15.04.2021.

4. Agrochem-maks (2020c). Cytrhin max. https://agrochem-maks.com/insekticidi/cythrin-max/- pristup 15.04.2021.

5. Alam M. J. Ahmed, K. S. , Mollah M. R. A. (2014). Survey of insect pests of maize crop and their identification in shibganj upazilla under Bogra district. Bangladesh Journal of Seed Science and Technology, 18(1&2), 73-77.

6. Alam, M. J. Ahmed K. S., Mollah M. R. A., Tareq M. Z., Alam J. (2015). Effect of planting dates on the yield of mustard seed. International Journal of Applied Sciences and Biotechnology (IJASBT), 3(4), 651-654.

7. Alam M. J., Ahmed K. S., Sultana A. Firoj, S. M., Hasan I. M. (2018). Ensure food security of Bangladesh: analysis of post-harvest losses of maize and its pest management in stored condition. Journal of Agricultural Engineering and Food Technology, 5(1) 26-32.

8. Andrić G., Kljajić P., Golić P.M. (2011). Effects of Spinosad and Abamectin on different Populations of Rice Weevil *Sitophilus oryzae* (L.) in Treated Wheat Grain. Institute of Pesticides and Environmental Protection, Serbia.

9. Andrić G., Kljajić P., Pražić Golić M. (2011). Effects of Spinosad and Abamectin on different Populations of Rice Weevil *Sitophilus oryzae* (L.) in Treated Wheat Grain. Pesticides and Phytomedicine, 26(4), 377-384.

10. Arthur F., Throne, J. (2003). Efficacy of diatomaceous earth to control internal infestations of rice weevil and maize weevil (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Economic Entomology, 96(2), 510-518.

11. Lasota J. (1991). Avermectins, A Novel Class of Compounds: Implications for Use in Arthropod Pest Control. Annual Review of Entomology, 36: 91-117.

12. Bažok R. (2018). Zoocidi u 2018. Glasilo biljne zaštite, 18(1-2): 13-110.

13. Biebel R., Rametzhofer E., Klapal H., Polheim D., Viernstein H. (2003). Action of pyrethrum-based formulations against grain weevils. International Journal of Pharmaceutics, 256(1-2):175-181.

14. BioNET-EAFRINET-*Sitophilus granarius* (Linnaeus, 1875) - Granary Weevil (2011.) [online]<https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/maize_pests/key/maize_pests/Media/Html/Sitophilus_granarius_(Linnaeus_1875)_-_Granary_Weevil.htm - pristup 18.05.2021.

15. Bohinc T., Trdan S. (2017). Comparison of insecticidal efficacy of four natural substances against granary weevil (*Sitophilus granarius* [L.]) adults. Spanish journal of agricultural research, 15(3), e1009.

16. Bret B. L., Larson l. L., Schoonover J. R., Sparks T. C., Thompson G. D. (1997). Biological properties of spinosad. Down to Earth, 52: 6-13.

17. Buchelos C. T, Athanassiou C. G. (1999). Unbaited probe traps and grain trier: a comparison of the two methods for sampling Coleoptera in stored barley. Journal of Stored Products Research, 35(4): 397-404.

18. CABI - Commonwealth Agricultural Bureaux (2013). *Sitophilus granarius* (grain weevil). https://www.cabi.org/isc/datasheet/10850 - pristup 7.05.2019.

19. CABI - Commonwealth Agricultural Bureaux (2020). *Rhyzoperta dominica*. https://www.cabi.org/isc/datasheet/47191 -pristup 10.03.2021.

20. Casagrande E. (1994). Monitoring and it's role in modern pest management within the food industry. Zbornik radova – ZUPP' 94, Novi Vinodolski, 105-116.

21. Chintzogloua G., Athanassioua C. G., Arthurb F. H. (2008). Insecticidal effect of spinosad dust, in combination with diatomaceous earth, against two stored-grain beetle species. Journal of Stored Products Research, 44: 347-353.

22. Čačija M., Bažok R., Lemić D., Mrganić M., Virić Gašparić H., Drmić Z. (2018). Spinosini - insekticidi biološkog podrijetla. Fragmenta phytomedica, 32(2): 43-60.

23. Ebeling W. (1971). Sorptive dust for pest control. Annals Review Entomology, 16: 123-158.

24. Emana G., Tsedeke, A. (1999). Management of maize stem borer using sowing date at ArsiNegele. Pest Management Journal of Ethiopia, 3(1&2): 47-51.

25. EPA - Environmental Protection Agency (1991). R.E.D. FACTS: Silicon dioxide and Silica Gel. United States Environmental Protection Agency, 1-4.

26. FAO - The Food and Agriculture Organization (1985). Prevention of post-harvest food losses: A training manual, FAO, Training Series No. 11, Rome, Italy.

27. Gahukar R. T. (1995). Neem in plant protection. Agri_Horticultural Publishinmg House, Nagpur, India.

28. GDM Solutions, Inc. ARM 2021.1 Software, 31 May 2021. Brookings, South Dakota, USA.

29. Golob P. (1997). Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. Journal of Stored Products Research, 33(1): 69-79.

30. Gospodarski list (2011.) Čuvanje i zaštita poljoprivrednih proizvoda u poljoprivredi. https://gospodarski.hr/uncategorized/cuvanje-i-zastita-poljoprivrednih-proizvoda-na-gospodarstvu - pristup 5.05.2019.

31. Gourgouta M., Rumbos C., G., Athanassiou C. (2019). Residual toxicity of a commercial cypermethrin formulation on grains against four major storage beetles. Journal of Stored Products Research, 83: 103-109.

32. Guettal S., Tine S., Tine-Djebbar F., Soltani N. (2021). Repellency and toxicity of azadirachtin against granary weevil *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Curculionidae). Agriculture International, Agraria Press, Ltd., hal-03169471.

33. Mrozik H., Eskola P., Linn B. O., Lusi A., Shih T. L., Tischler M., Waksmunski F. S., Wyvratt M. J., Hilton N. J., Anderson T. E., Babu J. R., Dybas R. A., Preiser F. A., Fisher M. H. (1989). Discovery of novel avermectins with unprecedented insecticidal activity. Experientia, 45: 315-316.

34. Haff R. P., Slaughter D. C. (1999). X-ray inspection of wheat for granary weevils. ASAE/CSAE-SCGR Annual International Meeting, Toronto, Ontario, Canada, 18-21.

35. Hamel D. (2012). Što je to fumigacija? Zbornik predavanja. DDD Trajna edukacija. Zagreb, 37-58.

36. Hategekimana A. (2017). Insecticidal and grain-protecting properties of a pyrethrum-based product against stored maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Fresenius Environmental Bulletin, 26(8): 5136-5141.

37. Howe R. W. (1952). The biology of the rice weevil, *Calandra oryzae* (L.). Annals of Applied Biology, 39: 68-180.

38. Igrc Barčić J., Maceljski M. (2001). Ekološki prihvatljiva zaštita bilja od štetnika. Zrinski d.d., Čakovec.

39. Isman M. B. (1997). Neem and other botanical insecti cides: barriers to commercialization. Phytoparasitica, 25: 339-344.

40. Isman M. B. (2008). Perspective Botanical insecticides: for richer, for poorer. Pest Management Science, 64: 8-11.

41. Jin H., Yonezawa T., Zhong Y., Kishino H., Hasegawa M. (2017). Cretaceous origin of giant rhinoceros beetles (Dynastini; Coleoptera) and correlation of their evolution with the Pangean breakup. School of Life Sciences, Fudan University.

42. Kavallieratos N. G., Athanassiou C. G., Saitanis C. J., Kontodimas D. C., Roussos A. N., Tsoutsa M. S., Anastassopoulou U. A. (2007). Effect of Two Azadirachtin Formulations

against Adults of *Sitophilus oryzae* and *Tribolium confusum* on Different Grain Commodities. Journal of Food Protection, 70: 1627-1632.

43. Keszthelyi S., Pál-Fám F. (2012). The effect of the diatomaceous earth formulation DiatoSec on mortality of granary weevil *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) in grains. Journal of Plant Diseases and Protection, 119: 30-33.

44. Kljajić P., Perić I. (2007). Effectiveness of wheat-applied contact insecticides against *Sitophilus granarius* (L.) originating from different populations. Journal of Stored Products Research, 43: 523-529.

45. Korunić Z. (1997). Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. Journal of Stored Products Research, 33: 219-229.

46. Korunić Z., Rozman V, Halamić J. (2009). Dijatomejska zemlja u Hrvatskoj. Zbornik radova DDD i ZUPP 2009., 21. Seminar DDD i ZUPP 2009 - slijedimo li svjetski razvoj, Zadar, 25-27.03.2009.

47. Korunić Z. (2016). Inertna prašiva, Zbornik radova seminara DDD i ZUPP – 28. znanstveno – stručno – edukativni seminar, Mošćenička Draga, 247-256.

48. Korunić Z., Fields P. G. (1995). Diatomaceous Earth Insecticidal Composition. Canadian and U.S.A. Patent, 5,773,017.

49. Korunić Z., Rozman V. (2012). Biljni insekticidi. Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2012, Zagreb, 269-280.

50. Korunić Z. (2010). Rezultati istraživanja i novine u uporabi dijatomejske zemlje u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, Zbornik radova seminara DDD i ZUPP – 22. znanstveno – stručno – edukativni seminar, Pula, 325-327.

51. Kühne S. (2008). Prospects and limits of botanical insecticides in organic farming, Agronomski glasnik 4/2008. Federal Research Centre for Cultivated Plants, Julius Kühn-Institute.

52. Ling N. (2003). Rotenone a review of its toxicity and use for fi sheries management. Science for Conservation 211. Department of Conservation, Wellington, New Zealand.

53. Lupu C., Manole T., Chiriloaie, A. (2015). Effectiveness of main sources of diatomaceous earth from Romania on populations of *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) under controlled conditions. Romanian Journal for Plant Protection, 8: 58-62.

54. Macan J., Varnai V., Turk R. (2006). Zdravstveni učinci piretrina i piretroida. Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb, 57: 237-243.

55. Maceljski M., Igrc J. (2002). Entomologija - štetne i korisne životinje u ratarskim usjevima. Sveučilišna naklada Liber. Zagreb.

56. Maceljski, M. (2002). Poljoprivredna entomologija. Zrinski d.d., Čakovec.

57. Manole T., Carmen L., Viorel F., Andrei C., Florentin, C. (2015). Experimental Model for Biological Control of Stored Grain Pests. Journal of Agricultural Science and Technology, 5: 793-798.

58. Marinković M., Montforts M. (2020). Factsheet: silicon polymer use for pest control. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.

59. Miller F., Uetz S. (1998). Evaluating Biorational Pesticides for Controlling Arthropod Pests and their Phytotoxic Effects on Greenhouse Crops. HortTechnology, 8(2): 185-192.

60. Ministarstvo poljoprivrede (2008). Skladišni štetnici kukuruza i ostalih žitarica. https://www.savjetodavna.hr/2008/10/16/skladisni-stetnici-kukuruza-i-ostalih-zitarica - pristup 4.05.2019.

61. Mollah M. R. A., Ali M. A., Prodhan M. Z. H., Rahman M. M., Alam M. J. (2016). Effect of containers on storability of true seeds of onion. European Journal of Biomedical and Pharmaceutical Science, 3(1): 01-04.

62. Murray B. Isman (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology, 51: 45-66.

63. NCBI - The National Center for Biotechnology Information (2003). Spinosad toxicity to pollinators and associated risk. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15366583 - pristupljeno 25.07.2019.

64. NPIC - National Pesticide Information Center (2014). Spinosad. http://npic.orst.edu/factsheets/spinosadgen.html - pristupljeno 4.06.2019.

65. Knechtges P. L. (2011). Food Safety: Theory and Practice. Jones & Bartlett Learning, Burlington, SAD.

66. Pavela R. (2004.). Insecticidal activity of certain medicinal plants. Fitoterapia, 17: 745–749.

67. Payne T.S., Curtis B.C., Rajaram S., Gomez Macpherson H. (2002). Harvest and storage management of wheat. FAO Plant Production and Protection Series (FAO) 0259-2525, no. 30, Rome (Italy).

68. PestWeb (2021). Granary Weevil - Sitophilus granarius. https://www.agric.wa.gov.au/sites/all/modules/custom/seed_tools/pestweb/-991113051.html - pristup 10.03.2021.

69. Pro-eco (2018). Za ekološki prihvatljivo rješavanje štetnika koristite NeemAzal®TS. [online]<https://www.proeco.hr/ekoloski-prihvatljivo-rjesavanje-stetnika-koristite-neemazalts - pristup 5.06.2019.

70. Püntener W. (1981). Manual for field trials in plant protection second edition. Agricultural Division, Ciba-Geigy Limited.

71. Purdue university (2018). Stored product pests. <https://extension.entm.purdue.edu/publications/E-237/E-237.html - pristup 10.06.2021.

72. Rees D. (2004). Insects of Stored Products. CSIRO, Australia, 181.

73. Ridgway C, Chambers J, (1996). Detection of external and internal insect infestation in wheat by near-infrared reflectance spectroscopy. Journal of the Science of Food and Agriculture, 71(2): 251-264.

74. Ritz J. (1997). Uskladištavanje ratarskih proizvoda. Prehrambeno tehnološki inženjering, Zagreb.

75. Roe R. M., Young H. P., Iwasa T., Wyss C. F., Stumpf C. F., Sparks T. C., Watson G. B., Sheets, J. J., Thompson G. D. (2010). Mechanism of resistance to spinosyn in the tobacco budworm, Heliothis virescens. Pesticide Biochemistry and Physiology, 96(1): 8-13.

76. Rotundo G., Germinara G. S., Cristofaro A. de (2000). Immuno-osmophoretic technique for detecting *Sitophilus granarius* (L.) infestations in wheat. Journal of Stored Products Research, 36(2): 153-160.

77. Shimokawatoko Y., Sato N., Yamaguchi Y., Tanaka H. (2012). Development of the novel insecticide spinetoram (Diana). Sumitomo Kagaku, 1-14.

78. Sparks T. C., Thompson G. D., Larson L. L., Kirst H. A., Jantz O. K., Worden T. V., Hertlein M. B., Busacca J. D. (1995). Biological characteristics of the spinosyns: new naturally derived insect control agents. ed. Richter D. A., Armour J. Proceedings of the Beltwide Cotton Conference, San Antonio, Texas, 4-7. 2. 1995., 903-907.

79. Stanić J. (2015.). Primjena dijatomejske zemlje za suzbijanje rižinog žiška (*Sitophilus oryzae* L.) i žitnog kukuljičara (*Rhyzopertha dominica* Fab.). Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.

80. Steidle J. L. M. (1998). The biology of *Lariophagus distinguendus*: a natural enemy of stored product pests and potential candidate for biocontrol. U: Adler C., Schoeller M., eds. Integrated Protection of Stored Products. Proceedings of the meeting at Zurich, Switzerland, 21(3): 103-109.

81. Šejatović D. (2017). Insekticidna djelotvornost formulacija na bazi inertnih prašiva i biljnih supstanci na rižinog žiška (*Sitophilus oryzae* L.). Diplomski rad. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek.

82. Thompson G., Hutchins S. (1999). Spinosad. Pesticide Outlook, 10: 78-81.

83. Vélez M., Botina L. L., Turchen L. M., Barbosa W. F., Guedes R. N. C. (2018). Spinosad- and Deltamethrin-Induced Impact on Mating and Reproductive Output of the Maize Weevil *Sitophilus zeamais*. Journal of Economical Entomology, 111(2): 950-958.

84. Wakefield M. E., Cogan P. M. (1999). The use of a managed bulk of grain for the evaluation of PC, pitfall beaker, insect probe and WBII probe traps for monitoring *Sitophilus granarius* during the winter and summer in the UK. Journal of Stored Products Research, 35(4): 329-338.

85. Waller G. D. (1988). Pyrethroid residues and toxicity to honeybees of selected pyrethroid formulations applied to cotton in Arizona. Journal of Economic Entomology, 81: 1022-6.

86. Weinard W. (1998). Larvae eavesdropper - or where the beetles suddenly appear from. [Larven-Lauscher - oder wo plotzlich die Kafer herkommen]. Muhle and Mischfuttertechnik, 135(20): 654.

87. Weinzierl R. A. (2000). Botanical insecticides, Soaps and Oils. U: Biological and Biotechnological Control of Insect Pests (J. E. Rechcigl, N. A. Rechcigl, eds), Lewis publishers, Boca Raton, New York, USA, 110-130.

88. Westcott N. D., Reichle R. A. (1987). Persistence of deltamethrin and cypermethrin on wheat and sweet clover. Journal of Environmental Science and Health, 22: 91-101.

89. Wiley (2007). Kirk-Othmer - Food and Feed Technology, vol. 1. John Wiley & Sons, London, UK.

5.1. Popis tablica

3.1. Doze insekticida korištene za tretiranje zrna pšenice i ječma

4.1. Učinkovitost insekticida na žitnog žiška na pšenici utvrđena u laboratorijskom pokusu (Zagreb, 2021.)

4.2. Učinkovitost insekticida na žitnog žiška na ječmu utvrđena u laboratorijskom pokusu (Zagreb, 2021.)

5.2. Popis slika

2.1. Vrsta *Sitophilus oryzae* - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sitophilus.oryzae.7439.jpg – pristup 15.04.2021.

2.2. Vrsta *Sitophilus zeamais* - https://www.semiochemical.net/pheromone-lures-and-attractants/storage-pest/sex-pheromone-lure-for-sitophilus-zeamais-inse.html - pristup 15.04.2021.

2.3. Vrsta *Bruchus rufipes* - http://www.eakringbirds.com/eakringbirds5/insectinfocusbruchusrufipes.htm - pristup 15.04.2021.

2.4. Vrsta *Ryzhopertha dominica* - http://www.ekozastita.com/zitni-kukuljicar - pristup 15.04.2021.

2.5. Vrsta *Sitophilus granarius* - https://grainscanada.gc.ca/en/grain-quality/manage/identify-an-insect/primary-insect-pests/granary-weevil.html - pristup 15.04.2021.

2.6. Štete od žinog žiška na zrnu pšenice - https://innspubnet.wordpress.com/2017/09/14/bioefficacy-of-neem-mahogoni-and-their-mixture-to-protect-seed-damage-and-seed-weight-loss-by-rice-weevil-in-storage-jbes/ - pristup 15.04.2021.

3.1. Drvo neema - https://innspubnet.wordpress.com/2017/09/14/bioefficacy-of-neem-mahogoni-and-their-mixture-to-protect-seed-damage-and-seed-weight-loss-by-rice-weevil-in-storage-jbes/ - pristup 17.04.2021.

3.2. Pripravak Laser 240 SC korišten u pokusu - https://www.nexles.com/eu/dow-agro-sciences-insecticide-crops-laser-240-sc-100-ml.html - pristup 17.04.2021.

3.3. Molekularna struktura abamektina - https://www.longshinebiotech.com/abamectin - pristup 17.04.2021.

3.4. Prah dijatomejske zemlje –https://www.proeco.hr/proizvod/silicosec-2kg-15-kg/ - pristup 17.04.2021.

3.5. Pripravak Silmax EC

3.6. Molekularna struktura cipermetrina - https://www.chemservice.com/media/product/structures/n-11545.jpg - pristup 17.04.2021.

4.1. Priprema insekticidnih varijanti za tretiranje zrna pšenice i ječma (original)

4.2. Postupak miješanja tretiranog zrna u vrećici i zrno stavljeno na sušenje (original)

4.3. Očitavanje žižaka na zrnu pšenice (original)

Životopis

Rođena sam 17.01.1998. u Varaždinu. Nakon završene osnovne škole 2012. godine upisujem opću gimnaziju u Varaždinu. Na Agronomski fakultet u Zagrebu, smjer Zaštita bilja, upisujem se 2016. godine. Nakon uspješno završene tri godine preddiplomskog studija postajem prvostupnica inženjerka zaštite bilja. Godine 2019. upisujem diplomski studij Fitomedicina. Kroz dvije godine studiranja bila sam član udruge IAAS Hrvatska (Hrvatsko udruženje studenata agronomije), 2019. godine nagrađena sam Rektorovom nagradom za timski znanstveni i umjetnički rad (tri do deset autora), 2020. godine sudjelujem na 64. Seminaru biljne zaštite u Opatiji, a 2021. godine na 44. smotri studenata poljoprivrede i veterinarske medicine sa međunarodnim učešćem. Aktivno se služim engleskim jezikom, i samostalni sam korisnik njemačkog jezika.