

# Uloga botaničkih insekticida u suzbijanju skladišnih kukaca

---

**Brnjić, Danica**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:103472>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-27**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



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

Danica Brnjić

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

**ULOGA BOTANIČKIH INSEKTICIDA U SUZBIJANJU SKLADIŠNIH KUKACA**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2020.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Danica Brnjić

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

**ULOGA BOTANIČKIH INSEKTICIDA U SUZBIJANJU SKLADIŠNIH KUKACA**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. doc. dr. sc. Marija Ravlić, predsjednik
2. dr. sc. Pavo Lucić, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Anita Liška, član

**Osijek, 2020.**

# SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| 1. UVOD.....                                   | 1  |
| 2. ŠTETNICI U SKLADIŠTIMA .....                | 2  |
| 2.1. Vrste skladišnih kukaca .....             | 2  |
| 2.2. Simptomi štete .....                      | 9  |
| 3. BOTANIČKI INSEKTICIDI .....                 | 11 |
| 3.1. Općenito o botaničkim insekticidima ..... | 11 |
| 3.2. Vrste botaničkih insekticida.....         | 14 |
| 3.1.1. Eterična ulja.....                      | 14 |
| 3.1.2. Alkaloidi.....                          | 16 |
| 3.1.3. Flavonoidi.....                         | 16 |
| 3.1.4. Glikozidi .....                         | 17 |
| 3.1.5. Esteri i masne kiseline.....            | 18 |
| 3.3. Učinci insekticida .....                  | 18 |
| 3.4. Biološko suzbijanje štetnih kukaca.....   | 22 |
| 4. ZAKLJUČAK.....                              | 24 |
| 5. POPIS LITERATURE.....                       | 25 |
| 6. SAŽETAK .....                               | 35 |
| 7. SUMMARY .....                               | 36 |
| 8. PRILOZI.....                                | 37 |
| 8.1. Popis slika .....                         | 37 |
| 8.2. Popis tablica.....                        | 37 |
| TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA .....         | 38 |
| BASIC DOCUMENTATION CARD .....                 | 39 |

## 1. UVOD

Jedno od obilježja suvremenog društva jest stavljanje sve većeg naglaska na ekološki i održiv pristup u proizvodnji. Takav pristup nije zaobišao ni proizvodnju hrane. Suvremeni čovjek sve više nastoji konzumirati zdrave namirnice, odnosno namirnice visoke kvalitete. Da bi se osigurala zdrava namirnica, važno je u svim fazama proizvodnje namirnicu tretirati na ekološki prihvatljiv način. To se ne odnosi samo na način proizvodnje, već se odnosi i na način i uvjete prilikom skladištenja i transporta namirnica te na način odlaganja namirnica na prodajnom mjestu.

Jedan od ključnih problema koji se javljaju prilikom skladištenja namirnica odnosi se na štetnike koji djeluju na namirnice te uništavaju ili smanjuju njezinu kvalitetu. Među štetnicima koji djeluju na namirnice u skladištu najčešći su grinje, kukci i glodavci. Upravo se u skladišnim prostorima nastoje osigurati uvjeti da do djelovanja štetnika ne dođe (preventivni pristup) ili otklanjanje njihovog djelovanja ako se oni u skladišnom prostoru pojave (tretiranje štetnika).

Botanički insekticidi od davnina su se koristili za tretiranje proizvoda protiv skladišnih kukaca, međutim kemijska sintetska sredstva u novije vrijeme dobila su na većoj važnosti u odnosu na botaničke insekticide zbog njihove veće dostupnosti i niže cijene u odnosu na botaničke insekticide. Ipak, ovaj način tretiranja je neodrživ i kao takav danas se smatra sve više neprihvatljivim.

Botanički insekticidi ekološki su prihvatljiviji te imaju bitno manji štetan učinak na proizvode u odnosu na sintetske insekticide. Danas je ovo tretiranje dio kvalitetnog postupanja s prehrambenim proizvodima. Ovisno o vrsti štetnika, koriste se različite vrste botaničkih insekticida.

Cilj ovog diplomskog rada je istražiti i navesti značaj različitih vrsta botaničkih insekticida u suzbijanju skladišnih kukaca.

Diplomski rad je osmišljen kao pregledni rad, pri čemu će se koristiti strana i domaća stručna literatura. U pisanju rada korištene su sljedeće metode:

- analiza i sinteza;
- indukcija i dedukcija;
- deskriptivna metoda;
- komparativna metoda;
- metoda zaključivanja.

## 2. ŠTETNICI U SKLADIŠTIMA

Kukci su najbrojnija i najvažnija skupina štetnika poljoprivrednih kultura. U našoj zemlji poznato je više od tisuću vrsta kukaca, uzročnika gospodarski važnih šteta na poljoprivrednim kulturama. (Bokulić i sur., 2015.). Skladišta u kojima se nalaze različite vrste hrane vrlo su primamljivo mjesto za različite vrste štetnih kukaca. Skladišni kukci zamijenili su svoje prvotno stanište sa skladištima u kojima se nalaze poljoprivredni proizvodi. Među njima su najučestaliji štetni kukci koji napadaju zrna žitarica i druge vrste zrnatih proizvoda. Skladišni kukci dijele se na primarne (napadaju cjelovito neoštećeno zrno i sposobni su prodrijeti kroz neoštećenu sjemenu ljusku) i sekundarne (hrane se zrnom ili zrnatim proizvodima koji su prethodno oštećeni od strane primarnih vrsta ili su mehanički oštećeni) (Liška i Lucić, 2019.).

Skladišni kukci neprestano su prijetnja u skladištima s hranom. Problem je time veći što otkrivanje skladišnih kukaca u masi proizvoda nije jednostavno zbog toga što su to najčešće vrlo sitni kukci te se njihova prisutnost može identificirati nakon što se masovno razmnože što znači i nakon već učinjene štete na uskladištenoj hrani. Iz navedenog razloga bitno je znati koji skladišni kukci „napadaju“ koju vrstu hrane te na koji način se može preventivno djelovati protiv njihovog uništavanja uskladištene hrane (Rozman, 2010.).

Sve to ukazuje na činjenicu da se radi o vrlo složenom zahvatu. Adekvatno skladištenje poljoprivrednih proizvoda često nije jednostavno. Osim kontrole uvjeta i načina skladištenja, važna je i zaštita uskladištenih proizvoda od štetnih organizama. Skladišni kukci često su prisutni u skladišnim objektima i mogu izazvati znatne gubitke na uskladištenim proizvodima (Lucić i sur., 2015.).

### 2.1. Vrste skladišnih kukaca

Među skladišnim kukcima posebno su štetni oni iz redova Coleoptera i Lepidoptera. No, budući da se prehrambeni proizvodi transportiraju i skladište diljem svijeta, postoji opasnost od pojave novih vrsta skladišnih kukaca (Rozman i sur., 2018.). Većina štetnih kukaca hrani se različitom skladišnom hranom. Ovi kukci se uvrstavaju u polifage. Među kukcima koji se pojavljuje u skladištima hrane je *Sitophilus granarius* (L.) (slika 1).



Slika 1. Žitni žižak

Izvor: <http://ideko.hr/o-stetnicima/stetni-insekti-u-skladistima/>

Ti se kukci najčešće pojavljuju u velikim skladištima. Boja kukca je tamno smeđa bez mrlja na vanjskoj koži. Karakteristika ovog kukca je da nema još jedan par ravnih krila, pa ne može letjeti. Ženka buši rupu u cijelom neoštećenom zrnju, polaže jajašca, a zatim zatvara otvor stvrdnutom sluzi čineći otvor nevidljiv golim okom. Iz jaja se razvije ličinka koja cijeli svoj život provede u zrnju. U zrnju se hrane njegovim sadržajem, a nakon završetka razvoja ličinke se pretvaraju u male kornjaše u zrnju, zadržavaju se u zrnju i stvrdnjavaju, a zatim u njemu kopaju rupu (poveznica 1). Ovaj kukac oštećuje sve vrste žita te vrlo dobro egzistira i u nepovoljnim uvjetima, primjerice, pri niskim temperaturama ili prilikom deficita hrane (Kos, 2014.). Osim što se hrani žitom, hrani se i kukuruzom, rižom, brašnom, tjesteninom i grizom.

Kao štetnik u skladištima se pojavljuje i rižin žižak (*Sitophilus oryzae* L.) (slika 2).



Slika 2. Rižin žižak

Izvor: <http://ideko.hr/o-stetnicima/stetni-insekti-u-skladistima/>

Iako žižak ne predstavlja prijetnju ljudskom zdravlju, može prouzročiti ogroman gubitak hrane jer smo pronašli velik broj žižaka u skladištenim proizvodima poput riže, pšenice, zobi i ječma. Manje je otporan na hladnoću, što znači da je bolji u hrpi žitarica. Iako se hrani korovima, njegova hrana može biti i sjeme uljanog zrna (poveznica 2)

Žitni kukuljičar (*Rhyzopertha dominica* F.), također je kukac koji obitava u skladištima s hranom (slika 3).



Slika 3. Žitni kukuljičar

Izvor: <http://ideko.hr/o-stetnicima/stetni-insekti-u-skladistima/>

Pripada primarnim štetnicima s obzirom na štetu koju stvara prilikom same ishrane. Uništava zdrave cjelovite žitarice, suho bilje korijenja, suho voće i drvo. Ova vrste je raširena na svim kontinentima, tzv. kozmopolitski štetnik (poveznica 3). Iako je mali kukac, može nanijeti veliku štetu prilikom skladištenja žitarica. Problem nastaje prilikom njegovog zavlačenja u zrno, jer je kao takav teško uočljiv (poveznica 4).

Krušar (*Stegobium paniceum* L.) je kukac koji obitava u skladištima hrane (slika 4).



Slika 4. Krušar

Izvor: <http://ideko.hr/o-stetnicima/stetni-insekti-u-skladistima/>



Tijelo ovog kukca je okruglo, crvenosmeđe boje, te duljine od 2-3,5 mm. Štete uglavnom uzrokuju ličinke ubušene u proizvodu. Osim štete koje uzrokuje na samim uskladištenim proizvodima, može napraviti štetu na ambalaži, pregrizajući je (poveznica 5).

Kukac štetnik u skladištima hrane je i mauritanski brašnar (*Tenebrioides mauritanicus* L.) (slika 5).



Slika 5. Mauritanski brašnar

Izvor: <http://ideko.hr/o-stetnicima/stetni-insekti-u-skladistima/>

Ovaj je kukac jedan od glavnih štetnika koji se pojavljuju prilikom skladištenja poljoprivrednih proizvoda. Duljine je oko 15 mm, ima sjajno tijelo i crne je boje. Sjeme strnih žitarica, kukuruz, brašno, soja, suho voće i povrće su kulture kojima se hrani. Hraneći se klicom oštećuje žito. Na niskim temperaturama može preživjeti i do nekoliko tjedana (poveznica 6).

Velike količine ovog štetnika u brašnu dovode do smanjenja kvalitete brašna ili kvarenja brašna (Milatović, 1960.).

Kukac koji obitava u skladištima hrane je i (*Tenebrio molitor* L.) (slika 6).



Slika 6. Veliki brašnar

Izvor: <http://ideko.hr/o-stetnicima/stetni-insekti-u-skladistima/>

Veliki brašnar crne je boje a tijelo mu je dugačko do 15 mm. Ličinke su duže od odraslog oblika. Odrasli kukac može živjeti 10-20 mjeseci, te prezimljuje u tom obliku. Razvijanje se produljuje prilikom niskih temperatura. Tijekom zime dolazi do prekida razvoja. Imaju jednu generaciju godišnje. Ovaj kukac nije zastupljen u tropskim područjima. Glavna su mu hrana žito te žitne prerađevine. Danas se smatra jednim od najvećih štetnih organizama u skladištima hrane (poveznica 7).

Kukac koji obitava u skladištima hrane je i mali brašnar (*Tribolium confusum* du Val) (slika 7).



Slika 7. Mali brašnar

Izvor: <http://ideko.hr/o-stetnicima/stetni-insekti-u-skladistima/>

Mali brašnar napada veći broj biljnih vrsta iz različitih porodica, kozmopolitanski je štetnik. Uglavnom se hrani žitaricama, odnosno brašnom i krmom. Njegovi izvori hrane također uključuju suho voće i čokoladu. Prilikom pregrizanja ambalaže lako prelazi iz proizvoda u proizvod. U uvjetima skladištenja, ovaj kukac obično ima dvije do tri generacije godišnje. Prilikom napada zrno može pojesti u cjelosti. Brašno kontaminirano ovim kukcem crveno je i ima jak miris (poveznica 8).

U skladištu se pojavljuju i žitni moljci (*Sitotroga cerealella* Olivier) (slika 8).



Slika 8. Žitni moljac

Izvor: <http://ideko.hr/o-stetnicima/stetni-insekti-u-skladistima/>

Dužine je od šest do devet mm, raspon krila mu varira od 12-18 mm. Ovaj štetnik izjeda klicu, te se ubraja u štetnike sjemenske robe. Ima prednja krila žuto-smeđe boje, a stražnja krila su mu siva. Ovaj kukac živi od dva do četiri tjedna, a u tom vremenu može položiti i do 150 jaja (poveznica 9).

Brašneni moljac (*Anagasta kuehniella* Zeller), također, obitava u skladištima hrane (slika 9).



Slika 9. Brašneni moljac

Izvor: <http://ideko.hr/o-stetnicima/stetni-insekti-u-skladistima/>

Raspon krila ovog kukca je od 12-19 mm. Kada su krila preklopljena i miruju, leptir je dug 7-10 mm. Osnova prednjeg krila je bijela, a stražnji kraj krila je smeđe do bakrene boje. Veličina brašnenog moljca je od 18-28 mm. Biljke domaćini su uskladišteni biljni proizvodi. Napadaju žitarice, brašno, suho voće, duhan, čokoladu, kekse i dr. (poveznica 10).

Bakrenasti moljac (*Plodia interpunctella* Hubner) je također učestali štetnik u skladištima hrane (slika 10).



Slika 10. Bakrenasti moljac

Izvor: <http://ideko.hr/o-stetnicima/stetni-insekti-u-skladistima/>

Ovaj je kukac dugačak 8-10 mm i ima raspon krila od 14-20 mm. Jedan je od najvećih štetnika u skladištima hrane jer jede klicu i oštećuje ambalažu. Odrasli kukci nanose više štete širenjem infekcija nego od same ishrane (poveznica 11).

Skladišni kukci, prema biološkim i ekološkim kriterijima, dijele se u sljedeće grupe (Sudimac, 2019.):

- kukci čije se ličinke hrane i razvijaju unutar zrna i napadaju i oštećuju zdrava zrna – primarne štetočine (imaju sposobnost da oštete potpuno zdrava zrna i da se u njima razvijaju i razmnožavaju: žišci, žitni moljac;
- sekundarne štetočine, koje nisu sposobne da oštete zdrava, neoštećena zrna; često se javljaju prilikom skladištenja žitarica s povećanom vlagom, povećanim brojem oštećenih, lomljenih, ispucalih zrna na kojima se mogu normalno razvijati (brašnjari);
- vrste koje se hrane micelijima gljiva koja se razvijaju na zrnima – mikofagne vrste;
- vrste koje se hrane skladišnim štetočinama – predatori i parazitoidi;
- vrste koje se hrane uginulim kukcima i njihovim dijelovima;
- slučajne vrste.

Na slici 11 prikazane su najučestalije vrste skladišnih štetnika.

**Sitophilus granarius (Linnaeus) – žitni žižak**

|                              |             |          |
|------------------------------|-------------|----------|
| Prvi stepen (slab napad)     | 1-5 žižaka  | 1kg zita |
| Drugi stepen (srednji napad) | 6-10 žižaka | 1kg zita |
| Treći stepen (jak napad)     | >10 žižaka  | 1kg zita |

**Tribolium spp. – mali brašnjar;  
Tenebrio molitor – veliki brašnjar**

|                |       |          |
|----------------|-------|----------|
| Slab napad     | 1-5   | 1kg zita |
| Slab napad     | 6-10  | 1kg zita |
| Srednji napad  | 11-20 | 1kg zita |
| Jak napad      | 21-50 | 1kg zita |
| Vrlo jak napad | >50   | 1kg zita |

**Ephestia (Anagasta) kuehniell – brašneni moljac**

|                                 |                |          |
|---------------------------------|----------------|----------|
| Prvi stepen (slab napad)        | 0,1-3 gusenica | 1kg zita |
| Drugi stepen (srednji napad)    | 3-7 gusenica   | 1kg zita |
| Treći stepen (jak napad)        | 7-15 gusenica  | 1kg zita |
| Četvrti stepen (vrlo jak napad) | >15 gusenica   | 1kg zita |

**Rhyzopertha dominica – rizoperta, bušači zrna**

|                              |             |          |
|------------------------------|-------------|----------|
| Prvi stepen (slab napad)     | 1-5 žižaka  | 1kg zita |
| Drugi stepen (srednji napad) | 6-10 žižaka | 1kg zita |
| Treći stepen (jak napad)     | >10 žižaka  | 1kg zita |

Slika 11. Najučestalije vrste skladišnih štetnika

Izvor: <https://www.victorialogistic.rs/poljoprivreda/zastita-useva/najznacajnije-skladisne-stetocine>

## 2.2. Simptomi štete

Uskladišteni poljoprivredni proizvodi i hrana podložni su napadu skladišnih štetnika. Najčešći štetnici koji napadaju poljoprivredne proizvode i hranu u skladištima su kukci, grinje i glodavci. Da bi se identificirala vrsta štetnika koja napada određene poljoprivredne proizvode ili hranu u skladištima, jasno je utvrditi simptome štete (Hamel, 1993.).

Šteta koju naprave skladišni štetnici može biti vidljiva ili nevidljiva. Vidljivi simptomi se mogu identificirati u prisutnoj masi. Skriveni štetnici razvijaju se unutar proizvoda. U ovim situacijama je otežana njihova identifikacija (Rozman, 2005.). Vidljivi simptomi štetnika u skladištima su (Rozman, 2005.):

- prisutnost živih oblika skladišnih štetnika različitih razvojnih stadija u proizvodu;
- prisutnost ekskrecijskih produkata i fekalija te dijelova tijela štetnika u proizvodu;
- prisutnost zapredotina i filta u proizvodu;
- prisutnost karakterističnih mirisa pojedinih vrsta štetnika u proizvodu;
- prisutnost nagriženih i izjedenih dijelova proizvoda, cijelog proizvoda te ambalaža;
- prisutnost lomljenih zrna;
- povišena temperatura proizvoda;
- povišena vlaga proizvoda.

Nevidljivi simptomi od štete napravljene djelovanjem skladišnih kukaca su (Rozman, 2005.):

- štetnici se nalaze unutar proizvoda, njihova pojava nije uočljiva vizualnim pregledom te se proizvodi moraju pregledati posebnim analitičkim metodama primjerenim za skrivenu zarazu (inkubacijska metoda, flotacijska metoda, metoda bojenja, prozirnost, rendgenska metoda, respiracijska metoda – CO<sub>2</sub>, akustična metoda utvrđivanja zvuka).

Prisutnost skladišnih kukaca utječe na direktno uvjetovanje (Rozman, 2005.):

- gubitka na težini proizvoda uslijed prehrane;
- gubitka kvalitete proizvoda onečišćenjem ekskrecijskim produktima te izgrizanjem klice (sjemenska roba);
- prenošenjem bakterija i virusa potencijalno opasnih po čovjeka i domaće životinje;

- širenjem spora gljivica te zaraze u masi proizvoda;
- izazivanjem alergijskih reakcija;
- povišenjem vlage i temperature uskladištenih proizvoda.

### **3. BOTANIČKI INSEKTICIDI**

Iz godine u godinu značajno raste proizvodnja hrane na globalnoj razini. S povećanjem intenziteta u poljoprivrednoj proizvodnji povećava se i osjetljivost biljaka. Najčešće prijetnje biljkama dolaze od štetnika, korova i bolesti. Procjenjuju se gubici uslijed napada štetnika od 16 % bez zaštite usjeva te u prosjeku 7 % uz zaštitu (Liška, 2009.). Da bi se biljke zaštitile, koriste se insekticidi. Insekticidi su sredstva kemijskog ili biološkog podrijetla namijenjena za suzbijanje štetnih kukaca (poveznica 12).

U posljednjih nekoliko desetljeća za zaštitu biljaka koristili su se sintetski konvencionalni insekticidi, no, istraživanja su pokazala kako navedeni insekticidi imaju vrlo štetno i opasno djelovanje na ljudsko i životinjsko zdravlje. Takve okolnosti dovele su do potrebe za razvojem novih pripravaka za zaštitu biljaka (Korunić i Rozman, 2012.).

Danas se naglasak stavlja na biljne izolate te se u tom kontekstu sve više proučava potencijalna pesticidna aktivnost biljnih izolata. Insekticidi dobiveni iz biljaka, tzv. botanički insekticidi, imaju brojna svojstva poput insekticidne aktivnosti, repelentnosti za pojedine štetnike, utjecaja na rast kukaca, toksičnosti za nematode, grinje, puževe i na druge brojne štetočine u poljoprivredi. Isto tako biljni insekticidi imaju fungicidno, virucidno i baktericidno djelovanje (Korunić i Rozman, 2012.).

#### **3.1. Općenito o botaničkim insekticidima**

Posljednja desetljeća svjedoče velikom porastu korištenja agrokemikalija širom svijeta, kako bi se povećala proizvodnja hrane za brzo rastuću ljudsku populaciju. Međutim, neselektivna uporaba ovih tvari, posebno pesticida, dovela je do nakupljanja otrovnih ostataka u hrani, tlu, zraku i vodi, kao i do razvoja otpornosti štetnika. Osim toga, pesticidi utječu na enzime tla koji su ključni katalizatori koji upravljaju kvalitetom tla. Da bi se zadovoljila sigurnost opskrbe hranom, potrebno je proizvesti više hrane, održivo i sigurno, uzimajući u obzir smanjene količine obradivog zemljišta kao i vode (Campos i sur., 2019.). S obzirom na ovu situaciju, povećan je interes za primjenu alternativnih tvari sintetskim agrokemijskim proizvodima koje predstavljaju manji rizik za okoliš i ljudsko zdravlje, a istovremeno povećavaju sigurnost hrane.

Botanički insekticidi su oni proizvodi koji se koriste za suzbijanje ili odbijanje kukaca, a sastoje se od osušenih mljevenih biljnih materijala, sirovih biljnih ekstrakata ili kemikalija

izoliranih iz biljaka. Zabilježena uporaba biljnog materijala ili biljnih ekstrakata za suzbijanje kukaca datira unazad najmanje 200 godina. Botanički insekticidi bili su važno sredstvo za zaštitu usjeva prije otkrića insekticidnog djelovanja DDT-a. Kasniji razvoj jeftinih i vrlo učinkovitih sintetskih insekticida doveo je do bitnog smanjenja primjene botaničkih insekticida, međutim biljni insekticidi ponovno su dobili na važnosti kada se povećala popularnost organsko uzgojene hrane jer su biljni insekticidi dio nekolicine prirodnih proizvoda za suzbijanje kukaca koji se mogu koristiti u organskoj poljoprivredi (Isman, 1995.). Iako su biljni insekticidi prirodni proizvodi, ne bi ih se trebalo smatrati apsolutno sigurnim ili netoksičnim ako se to ne pokaže istraživanjem. Aktivni sastojci nekih botaničkih pripravaka koji se koriste kao insekticidi relativno su otrovni za životinje i ljude (Koul i Dhaliwal, 2001.).

Botanički insekticidi imaju određene prednosti: oni ne ostaju u okolišu, predstavljaju relativno mali rizik za neciljane organizme (korisne grabežljivce i parazite) i relativno su netoksični za sisavce (Weinzierl, 2000.). Oni se obično brzo razgrađuju u okolišu i lako se metaboliziraju kod životinja koje primaju subletalne doze (Ling, 2003.).

Danas je poznato gotovo 200 biljaka s insekticidnim svojstvima, ali nažalost samo nekoliko njih je pravilno procijenjeno (Pavela, 2009.). Štoviše, botanički insekticidi nisu široko korišteni u konvencionalnoj proizvodnji usjeva, ali prepoznaju ih proizvođači organskih usjeva u industrijaliziranim državama. Razlozi za ograničeni komercijalni razvoj botaničkih insekticida su relativno sporo djelovanje, promjenjiva učinkovitost, nedostatak upornosti i nedosljedna dostupnost (Isman, 2008.) u usporedbi sa sintetskim insekticidima. Ostale prepreke komercijalizaciji botaničkih insekticida su nedostatak prirodnih resursa, standardizacija, kontrola kvalitete i registracija (Isman, 1997.).

Među botaničkim insekticidima, piretrin i nim su komercijalno najviše iskorišteni, uporaba rotenona se smanjuje, dok ryania i sabadila imaju ograničene koristi. Nadalje, insekticidi na bazi biljnih eteričnih ulja su u procesu ulaska na tržište pesticida (Isman, 2006.). Obećavajući rezultati za suzbijanje poljoprivrednih štetnika dobiveni su upotrebom spojeva dobivenih iz aromatičnih biljaka. Takvi spojevi botaničkog podrijetla mogu biti vrlo učinkoviti, s više mehanizama djelovanja, a istodobno imaju nisku toksičnost prema neciljanim organizmima. Međutim, velika primjena ovih tvari za suzbijanje štetočina ograničena je njihovom lošom stabilnošću i drugim tehnološkim problemima.



Tablica 1. Upotreba botaničkih insekticida (Korunić i Rozman, 2012.).

| Insekticid | Najčešća uporaba  |
|------------|---|
| Piretrin   | Gusjenice leptira <i>Diaphania nitidalis</i> (Stoll), lisne uši, cikade, crveni pauk, biljne stjenice, gusjenice kupusng bijelca, brojni štetnici u javnom zdravstvu  |
| Nim        | Brojni biljni štetnici, osobito gusjenice leptira   |
| Rotenone   | Cikade, lisne uši, kornjaši štetnici krumpira, lisne stjenice, gusjenice leptira <i>Blissus</i> , crveni pauk, mravi, štetnici drva   |
| Ryania     | Jabučni savijač, japanski hrust, lisne uši na krumpiru, trips luka, gusjenice štetnici klasa kukuruza, gusjenice dudovog svilca   |
| Sabadilla  | Skakavci, jabučni savijač, različite gusjenice, sovice, lisne uši, gusjenice <i>Trichoplusia</i> , lisne stjenice, štetnike iz porodice <i>Meloide</i> koji ubodom izazivaju plikove na koži zbog kantaridina |
| Nikotin    | Lisne uši, tripsi, brojne gusjenice   |

Ova zaštitna sredstva dobivaju se ekstrakcijom ljekovitog i začinskog bilja poput koprive, pelina, luka, kamilice, paprike. Prednost ovih pripravaka je svakako mogućnost njihove pripreme u kućnoj radinosti, ne postojanje karence te mogućnost primjene tijekom čitavog vegetacijskog ciklusa biljke. Ovi pripravci ne djeluju na štetnika izravnim kontaktom već imaju repelentno djelovanje te jačaju otpornost biljaka. Još jedan vrlo učinkovit botanički insekticid je piretrin, tj. ekstrakt buhača. On pripada skupini kontaktnih insekticida sa totalnim djelovanjem što znači da je otrovan, kako za štetne tako i za korisne kukce. Tretiranje ovim insekticidom potrebno je obavljati pred sam kraj dana budući da se fotolabilni piretrin razgrađuje pod utjecajem svjetlosti (poveznica 13).

Prirodni insekticidi u pravilu su manje stabilni od sintetskih materijala i brzo se razgrađuju u okolišu, što znači da su i manje snažni i imaju kraće djelovanje u odnosu na sintetske insekticide. Stoga, zadovoljavajuće suzbijanje štetnih organizama može se postići samo insekticidom integriranim s drugim strategijama (Kuhne, 2008.).

Upotreba botaničkih insekticida može imati i značajne prednosti i nedostatke (Korunić i Rozman, 2012.). Prednosti se ogledaju u njihovoj brznoj razgradnji, brzom djelovanju, niskoj toksičnosti za toplokrvne organizme, selektivnosti i minimalnom učinku na biljku. Botanički insekticidi brzo se razgrađuju pod utjecajem dnevne i sunčeve svjetlosti, vlage i kiše. Manje su stabilni i stoga imaju manji negativni utjecaj na korisne i ne ciljane organizme. Oni obično suzbijaju kukce brzo ili sprječavaju njihovo hranjenje odmah nakon primjene. Većina botaničkih insekticida ima nisku toksičnost kada se unose u tijelo kroz usta (oralna

toksičnost), a uglavnom nisu ili su blago otrovni za toplokrvne organizme i pčele. Zbog njihove relativno kratkoročne učinkovitosti, većina je mnogo manje štetna za korisne organizme u usporedbi s većinom sintetskih insekticida. Mnogi botanički insekticidi nisu štetni za tretirane biljke ako se primjenjuju prema uputama (Prakash, 1997.).

Međutim, kao i bilo koje druge skupine insekticida, botanički insekticidi imaju neke nedostatke. Njihova brza razgradnja sa stajališta zaštite okoliša i zdravlja ljudi povoljna je zahvaljujući njihovoj često upotrebi. Iako se smatraju znatno manje toksičnima u odnosu na sintetske insekticide, određeni botanički insekticidi poput nikotina i rotenona otrovni su za ljudi i ribe. Botanički insekticidi u pravilu su skuplji od sintetskih insekticida, a mnogi iz više razloga nisu komercijalno dostupni, uključujući nedostatak standardizacije njihove proizvodnje (Liška i sur., 2015.).

## **3.2. Vrste botaničkih insekticida**

### **3.1.1. Eterična ulja**

Biljni sekundarni prirodni proizvodi su prirodne kemikalije ekstrahirane iz biljaka i koriste se kao jako dobra alternativa sintetskim ili kemijskim pesticidima (Regnault-Roger i Philogène, 2008; Sithisut i sur., 2011.). Uz to, korištenje sintetskih pesticida za suzbijanje štetočina dovelo je do značajnih gubitaka hrane koji su nastali uslijed djelovanja kemikalija na štetočine te je navedeno godišnje prouzročilo ekonomske gubitke od nekoliko milijardi dolara širom svijeta (Elzen i Hardee, 2003; Shelton i sur., 2002.), Američka uprava za hranu i lijekove (FDA) prepoznala je botaničke pesticide (eterična ulja) kao sigurnije u odnosu na sintetske pesticide koji su doveli do povećanja rizika od oštećenja ozonskog omotača, neurotoksičnih, karcinogenih, teratogenih i mutagenih učinaka na ne ciljane kukce (Regnault-Roger, i sur., 2012.).

Eterična ulja ekstrahirana iz aromatičnih biljaka sve više se koriste kao insekticidi zahvaljujući svojoj popularnosti među organskim uzgajivačima i potrošačima koji su ekološki osviješteni. Imaju repelentne, insekticidne, antifidanti, inhibitore rasta, inhibitore jajašca, ovicide i učinke na smanjenje kukaca kod brojnih vrsta kukaca (Sithisut i sur., 2011.). Eterična ulja imaju značajne larvicidne učinke na ličinke *Limantria dispar* (L.) (ciganski moljac), insekticidnu aktivnost, odbijajuća svojstva protiv mravi, žohara, stjenica, letećih ušiju i moljaca te su otrovna za termite.

Ulje *Mentha piperita* (L.) odbija mrave, muhe, uši, moljce i učinkovito je protiv *C. maculatus* i *T. castanum*. *Trachyspermum* sp. ulje ima larvicidno djelovanje protiv *Aedes aegypti* (L.) i komaraca *Culex quinquefasciatus* (Say) (Tripathi i sur., 2000.). Nepetalakton, aktivni sastojak eteričnog ulja *Nepeta cataria* (L.), vrlo je učinkovit u suzbijanju komaraca, pčela i drugih letećih kukaca. Odbija komarce više od DEET-a. Naročito je učinkovit protiv *A. aegypti*, prenosnika virusa žute groznice.

Ulja rizoma đumbira (*Zingiber officinale* R.) i bobičastog voća kubebe (*Piper cubeba* L.) korištena su u insekticidnim i antihranjenim aktivnostima za suzbijanje *T. castaneum* i *S. oryzae*. Ulje kadife ima djelovanje protiv kukaca sredozemne voćne muhe (*Ceratitis capitata* (Wiedemann) i *Triatoma infestans* Klug. Eterično ulje čajevca (*Melaleuca alternifolia* Maiden i Betche ) posjeduje fumigantnu toksičnost protiv *S. zeamais* (Min i sur., 2016.). Ulja ruzmarina, origana, jagoda, eukaliptusa i mente se koriste kao sigurni spojevi za površinsku obradu ili fumigaciju u kontroli žohara. Ulje origana koristi se kao potencijalni repelent protiv smeđe prugastog žohara (*Supella longipalpa* Fabricius).

Kanat, Hakk i Alma (2003.) utvrdili su da eterična ulja mnogih biljaka djeluju insekticidno na ličinke borovog četnjaka, (*Thaumetopoea pityocampa* Michael Denis i Ignaz Schiffermüller) Također, eterično ulje lovora, *Laurus nobilis* (L.) djeluje otrovno na *R. dominica* i *T. castaneum*. Ulja lavandina (*Lavandula hybrida* Rev.), ružmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) i eukaliptusa (*Eucalyptus globulus* spp.) djeluju insekticidno na odrasle grahove žiške (*Acanthoscelides obtectus* Say) Eterično ulje *Tagetes minuta* (L.) toksično je za *Cochliomyia macellaria* (Fabricius) i djeluje akaricidno, odnosno odbijajući (Chaaban i sur., 2017.).

Eugenol, koji je osnovna tvar eteričnih ulja bosiljka, ima snažan odbijajući učinak na komarce. Također, linalool iz ulja bosiljka, ima toksičan učinak na štetnike *Bruchid zabrotes* sub *fasciatus*, ali i druge štetočine. Eterično ulje *Zingiber zerumbet* (L.) ima repelentno djelovanje na cigaraša (*Lasioderma serricorne* F.) Eterično ulje *Juniperus procera* sp. pokazalo se značajnim repelentom protiv malarijskog kukca *Anopheles arabiensis* (Patton). Terpinen-4-ol; 1,8-cineol , verbenon i kamforinsko ulje eukaliptusa aktivno djeluju na odrasle *A. obtectus*, zaustavljaju ili inhibiraju hranjenje štetnika pogotovo kukaca, te sprječavaju ubode komaraca (Fradin i Day, 2002.).

Lucia i sur. (2007.) otkrili su da je eterično ulje iz Eukaliptusa otrovno za ličinke *A. aegypti*. Seyoum i sur. (2003.) dokazali su da se sagorijevanje lišća limuskog eukaliptusa (*Eucalyptus citriodora* Hook) može koristiti kao zaštita od komaraca u Africi. Također, CDC (Centar za kontrolu i prevenciju bolesti, SAD) preporučio je upotrebu ulja limuskog

eukaliptusa (s p-mentan-3,8-diolom, PMD, kao aktivnim sastojkom) za zaštitu od Virusa Zapadnog Nila koji uzrokuje neurološke bolesti ili čak smrt, a šire ga komarci (CDC, 2005.). Toloza i sur. (2006.) utvrdili su fumigantnu toksičnost te odbijajuće djelovanje eteričnog ulja iz *Eucalyptus cinerea* (F. Mueller ex Bentham), *Eucalyptus viminalis* (Labillardière) i *Eucalyptus saligna* (James Edward Smith), na uši otporne na permetrin. Pesticidno i protuizjedajuće djelovanje ulja eukaliptusa je posljedica 1,8-cineola, citronelala, citronelola, citronelil acetata, p-cimena, eukamalola, limonena, linaloola,  $\alpha$ -pinena,  $\gamma$ -terpinena,  $\alpha$ -terpineola, alookimena i aromadendrenske komponente. Ulja eukaliptusa bogata cineolom djeluju na grinje *Varroa destructor* (Anderson i Trueman), koji je važan parazit medonosne pčele.

Eterično ulje eukaliptusa značajno je smanjilo broj uboda krpelja u ljudi te je utvrđeno da se može koristiti i za smanjenje infekcija koje prenose krpelji. Pujiarti i Fentiyanti (2017.) dokazali su da eterična ulja *Eucalyptus deglupta* (Blume), imaju odbijajuće djelovanje na *C. quinquefasciatus*. Eugenol, izoeugenol, metileugenol, metil izoeugenol, kumarin, koniferil aldehid, dinikonazol, etil cinamat i ružmarinske kiseline imaju protuizjedajuće djelovanje na odraslog crvenog palminog žižka (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier) (Shukla i sur., 2012.).

### 3.1.2. Alkaloidi

Alkaloidi su najvažnija skupina prirodnih tvari koja ima važnu ulogu u insekticidima (Rattan, 2010.). Wachira i sur. (2014.) dokazali su da piridinski alkaloidi ekstrahirani iz ricinusa (*Ricinus communis* L.) djeluju na vektore malarije (*Anopheles gambiae* Giles).

Furocoumarin i kinolonski alkaloidi izvađeni iz listova *Ruta chalepensis* (L.) pokazali su larvicidno i protuizjedajuće djelovanje na ličinke *Spodoptera littoralis* (Bosidoval). Acheuk i Doumandji-Mitiche (2013.) otkrili su da alkaloidni ekstrakt *Pergularia tomentosa* (L.) izaziva protuizjedajuće i larvicidno djelovanje. Lee (2000.) je dokazao da piperonalin i piperidinski alkaloidi imaju larvicidno djelovanje na komarce. Alkaloidi iz ekstrakta *Arachis hypogaea* (L.) imaju larvicidno djelovanje protiv vektora virusa chikungunya i malarije.

### 3.1.3. Flavonoidi

Flavonoidi su korisni u suzbijanja štetočina. Oni imaju važnu ulogu u zaštiti biljaka od kukaca koji se hrane biljkama (Acheuk i Doumandji-Mitiche, 2013.). Flavonoidi i

izoflavonoidi štite biljku od kukaca štetočina te utječu na njihovo ponašanje, rast i razvoj. Rutin i kvercetin-3-glukozid u *Pinus banksiana* (Lamb) inhibiraju razvoj i povećavaju smrtnost *L. dispar*. Kvercetinski i rutinski glikozidi u kikirikiju uzrokuju povećanu smrtnost duhanskog crva (*Spodoptera litura* Fabricius).

U riži tri flavonska glukozida inhibiraju probavu u insekata i djeluju kao odbijajuća sredstva kod *Nilaparvata lugenima* (Stal). Diwan i Saxena (2010.) dokazali su da flavinoidni glikozidi izolirani iz *Tephrosia purpuria* (L.) pokazuju insekticidna svojstva na *C. maculatus grubs*. Izoflavonoidi i proantocijanidini druge su klase flavonoida odgovornih za zaštitu biljaka od insekata. Primjerice naringenin procijanidin inhibira razvoj *Aphis craccivora* (CLKoch).

Kumar i sur. (2015.) dokazali su da insekticid kvercetin/azadirachtin može biti siguran i učinkovit insekticid koji poboljšava aktivnost *Euphaedra orientalis* (Rothschild) i za nju nije toksičan, a ujedno je i manje štetan za okoliš jer je lako biorazgradiv. Goławska i sur. (2014.) utvrdili su da su dva polifenolna flavonoida (flavanoni naringenin i flavonol kvercetin) dobri insekticidi kod graškove uši (*Acyrtosiphon pisum* Harris). *Tagetes erecta* (L.) i *Tagetes patula* (L.) imaju fitotoksične spojeve (flavonoide) koji mu omogućuju da se koristi kao prirodni insekticid. Kvercetin, kaempferol + RCO-, kaempferol, tricetin, apigenin + RCO- i apigenin dobri su za suzbijanje kukaca.

Goławska i Łukasik (2012.) pokazali su učinke izoflavona genisteina i flavona luteolina na ponašanje hranjenja lisne uši. Flavonoidni glikozidi u lucerni utječu na ponašanje hranjenja lisne uši. Morimoto i sur. (2000.) pokazali su da flavonoidi mogu djelovati kao odvraćajući faktor.

### 3.1.4. Glikozidi

Cijanogeni glikozidi iz biljnih vrsta imaju važnu ulogu u obrani biljaka od biljojeda. Al-Rajhy i sur. (2003.) dokazali su da srčani glikozid, digitoksin iz *Digitalis purpurea* (L.), srčani glikozidni (kardenolidni) ekstrakt *Calotropis procere* (Aiton), azadirachtin i nimovo ulje iz *Azadirachta indica* (L.) djeluju na ličinke i odrasle kukce tvrdog krpelja (*Hyalomma dromedarii* Koch).

Također, flavan glikozidi Viscutin 1 ( $C_{27}H_{26}O_{11}$ ), Viscutin 2 ( $C_{29}H_{28}O_{12}$ ) i Viscutin 3 ( $C_{20}H_{22}O_9$ ) imaju inhibitorno djelovanje protiv kukaca pamukovog moljca (*Pectinophora gossypiella* Saunders). Iridoidni glikozidi djeluju protiv hranjenja *L. dispar*, i bukejima (*Junonia coenia* Hübner). Također, cijanogeni glikozidi poznati su kao biljne kemikalije za

zaštitu bilja i nalaze se u manioki, bambusu, lanu i drugim biljkama. Učinkoviti su protiv kukaca kod uskladištenih proizvoda kao fumiganti. Zbog svog insekticidnog djelovanja, cijanohidrini se mogu koristiti kao alternativni fumiganti, a, također i kao tvar za tlo (Park i Coats, 2002.).

### 3.1.5. Esteri i masne kiseline

Alil cinamat uzrokuje brze toksične učinke u ličinkama *Spodopetera littoralis* (Boisduva) pri niskim koncentracijama te je zato potencijalna za uporabu u suzbijanju štetnika (Giner i sur., 2012.). Schmidt i sur. (2008). pokazali su da etil (E, Z) -2,4-dekadienoat (biserni ester) je dobar insekticid protiv jabukovog savijača (*Cydia pomonella* L.)

Metilni esteri masnih kiselina izolirani su iz *Solanum lycocarpum* (St.Hill). Oni imaju larvicidno djelovanje na vektor *C. quinquefasciatus*. Mullens i sur. (2009.) pokazali su da se zasićene masne kiseline (posebno C8, C9 i C10) koriste kao repelenti ili djeluju protuizjedajuće protiv kućnih muha, muha rogova i stabilnih muha. Samuel i sur. (2015.) dokazali su da smjesa masnih kiselina (C8910) ima toksičnost i odbojnost prema sojevima osjetljivima na insekticide i rezistentnim glavnim vektorima malarije *Anopheles funestus* (Giles).

### 3.3. Učinci insekticida

Jacobson (1982.) je botaničke insekticide podijelio u šest skupina: repelenti, insekticidi s protuizjedajućim djelovanjem, toksikanti, inhibitori rasta, inhibitori reprodukcije i atraktanti. Kako navode Rajashekar i sur. (2012.), repelenti imaju minimalni negativan utjecaj na ekosustav te su zbog toga to poželjne kemikalije. Ova skupina kemikalija djeluje na način da stimuliranjem pojedinih receptora (najčešće mirisnih) odbija skladišne kukce od uskladištene hrane. Ova vrsta botaničkih insekticida sigurna je kako za ljude tako i za životinje i okoliš (Maia i Moore, 2011.). U repelente su uvrštavaju prašiva, eterična ulja te biljni ekstrakti (Owusu, 2001.).

Sredstva za privlačenje kukaca podrazumijevaju spoj koji nakon što ga kukac proguta zaustavlja hranjenje te kukac ugine od gladi. Brojni spojevi koji imaju ovu mogućnost su terpeni. Najučinkovitiji u ovom kontekstu je azadirachtin (Jacobson, 1982.). Ekstrakt nima, također, je snažno sredstvo za odbijanje, regulaciju rasta i sprječavanje nastanka jajašaca te utječe na više od 200 vrsta štetnika (Ascher, 1993.).

Toksikanti rotenon i piretrini su do sada najviše primjenjivani botanički insekticidi. Međutim, zamjenjuju ih drugi prirodni spojevi kao što su izobutilamidi izolirani iz vrsta Asteraceae i Rutaceae, za koje se pokazuje da imaju svojstva slična insekticidima. Limonen, sastojak biljke Rutovke, pokazao je učinkovitost u suzbijanju tetrahidnih grinja. D-limonen iz ulja ružmarina (ekstrahirano iz *Rosmarinus officinalis* L.) smanjuje plodnost i stopu valjenja te postotak razvoja ličinki (Ismail i sur., 2011.). Utvrđeno je da ulje ružmarina sastavljeno od mješavine terpenoida djeluje kao kontaktni toksikant na kukce, uzrokujući potpuni mortalitet (100 %) kukaca na biljkama graha i rajčice u staklenicima kada se koristi u koncentracijama od 2-4 % (Miresmailli, 2001.).

Utvrđeno je da inhibitori reprodukcije, odnosno, biljni dijelovi, ulja, ekstrakti i prah pomiješani sa zrnom smanjuju proizvodnju jajašca kukaca, izlijevanje jaja, postembrionski razvoj i proizvodnju potomaka, te inhibiraju rast i razvoj kukaca. Biljni ekstrakti sadrže spojeve koji sprječavaju da se metamorfoza odvija u pravo vrijeme (Saxena i sur., 1986.). Botanički pesticidi pokazali su štetne učinke na rast i razvoj kukaca, smanjujući težinu ličinki, kukuljica i stadija odraslih te produžujući faze razvoja (Talukder, 2006.). Biljni derivat reduceer smanjuje stope preživljavanja ličinki i pauka kao i rast odraslih kukaca (Koul i sur., 2008.). Dokazano je da ulje azadirachtina i sjemena nima značajno povećavaju mortalitet pojedinih kukaca, a istovremeno i povećavaju vrijeme razvoja onih koji su preživjeli do odraslog stadija (Kraiss i Cullen, 2008.). Utvrđeno je da brojni botanički pesticidi imaju izražen učinak na razvojno razdoblje, rast i pojavu odraslih kukaca (Shaalani i sur., 2005.).

Sterilnost (reprodukcija) se može inducirati sterilnom tehnikom kukaca (SIT) ili kemosterilantom, kemijskim spojem koji ometa reproduktivni potencijal spolno reproduktivnog organizma (Morrison i sur., 2010.). Kemosterilanti se koriste za suzbijanje štetnika koji uzrokuju bolesti (obično kukci) uzrokujući privremenu ili trajnu sterilnost jednog ili oba spola ili sprječavajući sazrijevanje mladih u spolno funkcionalnu odraslu fazu (Navarro-Llopis i sur., 2011.).

Dokazano je da biljni dijelovi: ulje, ekstrakti i prah pomiješani sa zrnom smanjuju proizvodnju jaja kod kukaca, izlijevanje jaja, postembrionski razvoj i razvoj potomstva (Asawalam i Adesiyani, 2001.). Heksanski ekstrakti *Andrographis lineata* sp., *A. paniculata* (Burm. F.) i *T. erecta* (L.) pokazali su 100 % ovicidnu aktivnost protiv kompleksa vrsta *Anopheles subpictus* (Grassi) (Elango i sur., 2009.). Neki se botanički insekticidi koriste kao kemosterilanti, primjerice, na fiziološkoj razini, azadirachtin blokira sintezu i oslobađanje

hormona moltinga iz protorakalne žlijezde, što dovodi do nepotpune ekdize kod nezrelih kukaca, a kod odraslih kukaca dovodi do sterilnosti (Isman, 2006.).

Eterično ulje češnjaka i njegovi sastojci, dialil sulfid i dialil disulfid vrlo su toksični za *S. zeamais* i *T. castaneum* (Huang i sur., 2000.) u različitim razvojnim fazama. (Plata-Rueda i sur., 2017.) dokazali su da je *T. molitor* osjetljiviji u stadiju kukuljice, a slijede ga ličinke i odrasli kukci izloženi dialil sulfidu i dialil disulfidu. Na djelotvornost može utjecati prodiranje spojeva češnjaka u tijelo i sposobnost kukca da metabolizira te spojeve. Kada su kukci izloženi eteričnom ulju češnjaka, pokazuju promijenjene aktivnosti lokomotornih organa, te se uočavaju kontrakcije i paralize mišića. Paraliza i kontrakcije mišića mogu se objasniti toksičnim učinkom na živčani sustav. Toksičnost eteričnih ulja kod kukaca ukazuje na neurotoksično djelovanje s hiperaktivnošću, hiperekstenzijom nogu i trbuha i imobilizacijom (Zhao i sur., 2013.).

Acetilkolinesteraza je enzim za koji se pokazalo da inhibira spojeve češnjaka i može djelovati sam ili u spoju kao dialil disulfid, dialil trisulfid i alicin (Singh, 1996.). Dialil sulfid u spojevima češnjaka ima toksični učinak na *T. molitor* i može uzrokovati inhibiciju povezan s eteričnim tiolnim spojevima u enzimskim strukturama, mijenjajući funkcionalni oblik proteina i denaturalizaciju (Halliwell i Gutteridge, 1999.). Također, dialil disulfid kao glavni hlapljivi spoj u eteričnom ulju češnjaka ima repelentno djelovanje na *S. zeamais* i *T. castaneum* (Huang i sur., 2000.). Sporo disanje pokazatelj je fiziološkog stresa, a eterična ulja mogu ugroziti disanje kukaca oštećujući mišićnu aktivnost, što dovodi do paralize (Correa i sur., 2015.).

Dehghani-Samani i sur. (2015.) dokazali su da je eterično ulje *Eucalyptus globulus* (Labill) imalo repelentno djelovanje na *Dermanyssus gallinae* (De Geer) zbog sastojaka eteričnog ulja kao što su 1,8-ineol, citronelal, citronelol, citronelil acetat, p-cimena, eukamalol, limonen, linalool,  $\alpha$ -pinen, g-terpinen,  $\alpha$ -terpineol, alookimen i aromadendren. Među raznim sastojcima ulja eukaliptusa najvažnija je 1,8-cineola koja je velikim dijelom odgovorna za brojna pesticidna svojstva i insekticidne učinke. Jayakumar i sur. (2017.) utvrdili su repelentno djelovanje eteričnih ulja kamfora, citronele, eukaliptusa, limuna i zimzelenog ulja na odraslog štetnika *S. oryzae*.

Ho i sur. (1995.) zaključuju da se mortalitet odraslih kukaca može pripisati kontaktnoj toksičnosti ili abrazivnom učinku na kutikule štetočina što bi moglo utjecati i na respiratorni sustav kukaca. Studije su pokazale da eterična ulja imaju „oborinski učinak“ na testnog kukca. Eterična ulja djeluju tako da inhibiraju inaktivnu acetilkolinesterazu (AChE) i tako u konačnici blokiraju živčane funkcije. Također, Obeng-Ofori i Amitaye (2005.) su uočili



znakove imobilizacije savijenih nogu i prijanjanja uz zrno ispružena metatorakalna krila iz elitre i paralizu mrtvih ili umirućih kukaca. Enzim AChE je također ciljno mjesto inhibicije organofosfatima i karbamatnim insekticidima (Matsumura, 1985.). Brzo djelovanje eteričnih ulja moglo bi se pripisati njihovom svojstvu djelovanja u parnoj fazi pa tako kroz spirale s lakoćom ulaze u unutarnji sustav kukaca.

Eterična ulja imaju akutno kontaktno i fumigantno djelovanje na kukce (Abdelgaleil i sur., 2009.), repeletno djelovanje (Nerio i sur., 2009.), protuizjedajuće djelovanje, kao i aktivnost koja inhibira razvoj i rast. Repelentno djelovanje povezano je s prisutnošću eteričnih ulja koja uzrokuju ugibanje kukaca inhibiranjem aktivnosti AChE u živčanom sustavu (Houghton i sur., 2006.). Eterična ulja koja se koriste kao fumiganti kukaca i imaju snažnu toksičnost za kukce zbog velike hlapljivosti i lipofilnih svojstava, mogu brzo prodrijeti u kukce i ometati fiziološke funkcije kod kukaca (Negahban i sur., 2007.).

Zbog velike hlapljivosti djeluju fumigantno na skladištene kukce. Komponenta karvakrola ima široko insekticidno i akaricidno djelovanje na uskladištene poljoprivredne proizvode. Djeluje kao fumigant koji je vrlo toksičan za odrasle jединke *S. oryzae*. Osim toga, mentol, methonene, limonene,  $\beta$ -pipene,  $\alpha$ -pipene, pulegone, linalool i linalyl acetat pokazali su fumigantno djelovanje na *S. oryzae* i inhibirali su aktivnost AChE (Koul i sur., 2008.). Utvrđeno je da je hlapljivi spoj kariofilen jak fumigant i toksičan za *S. zeamais* (Chu i sur., 2010.).

Insekticidna aktivnost varira ovisno o vrsti botaničkog insekticida, vrstama kukaca i vremenu izloženosti. Prisutnost hlapljivih spojeva koji imaju jak miris, blokira disanje kukaca u traheji i dovodi do njihovog ugibanja. Navedeno je posebno učinkovito kod *S. zeamais* i *T. castaneum*. Količina apsorbiranog fumiganta utječe na to je li početni kontakt kukaca s fumigantom rezultirao djelovanjem otvora dušnika. Štoviše, sposobnost kukaca da izbaci paru iz svoje kutikule i spriječi dehidraciju tjelesne tekućine ima vitalnu ulogu u osjetljivosti ili toleranciji na fumigante u različitim životnim stadijima kukaca, posebno kornjaša i žižaka koji napadaju uskladištene prehrambene proizvode (El-Nahal i sur., 1989.). Prisutnost hlapljivih spojeva odgovorna je za jak miris koji može blokirati disanje kukaca što dovodi do njihovog ugibanja (Pugazhvendan i sur., 2012.). Način djelovanja ulja očituje se u ometanju normalnog disanja što rezultira gušenjem kukaca. Većina kukaca diše kroz dušnik što obično dovodi do otvaranja spirale. Te su spirale blokirane što dovodi do gušenja (Adedire i sur., 2011.).

Eterična ulja ometaju osnovne metaboličke, biokemijske, fiziološke i bihevioralne funkcije kukaca (Mann i Kaufman, 2012.). Eterična ulja blokiraju spirale što rezultira blokadom

dišnih puteva (gušenje) i mortalitetom. Nadalje, Rattan (2010.) je istražio mehanizam djelovanja eteričnih ulja na tijelo kukaca i utvrdio je nekoliko fizioloških poremećaja, poput inhibicije AChE, poremećaja molekularnih događaja morfogeneze i promjena u ponašanju i pamćenju kolinergičkog sustava. Od njih je najvažnija aktivnost inhibicija aktivnosti AChE jer je to ključni enzim odgovoran za prekid prijenosa živčanog impulsa sinaptičkim putem. Biljna ulja utječu na AChE i djeluju na živčani sustav. Istraživanja su pokazala interferenciju monoterpena s aktivnošću AChE u kukaca (Chaubey, 2012.). Eterična ulja su lipofilne prirode i mogu se udisati ili unositi. Brzo djelovanje protiv štetnih kukaca ukazuje na neurotoksični način djelovanja te ometanje neuromodulatora oktopamina ili kloridnih kanala GABA. Nekoliko sastojaka eteričnog ulja djeluje na oktopaminergički sustav kukaca. Oketopamin je neurotransmitter, neurohormon i cirkulirajući neurohormon-neuromodulator, a njegov poremećaj rezultira potpunim raspadom živčanog sustava (Hollingworth i sur., 1984.), dakle, hobotnički sustav kukaca predstavlja cilj u kontroli kukaca. Terpenoidi male molekularne mase previše su lipofilni da bi bili topljivi u hemolimfi nakon prelaska kože te su predloženi put ulaska dušnici.

Kemikalije od biljnih vrsta koje uzrokuju da se kukci orijentiraju prema svom izvoru nazivaju se privlačnicima insekata. Utječu i na okusni i mirisni receptor ili senzilu. Izotiocijanti iz sjemena Cruciferae, šećera i melase te terpeni iz kore s feromonima prirodni su atraktanti za razne kukce Cruciferae i potkornjaka. Propilmerkaptanu iz lukovica štitarki i fenilacetldehid iz cvjetova *Araujia sericifera* (Brot) privlače mrkvinu muha (*Psila rosae* Fabricius), odnosno Lepidoptera.

Atraktanti kukaca mogu se koristiti na tri načina u suzbijanju kukaca. U uzorkovanju ili praćenju populacija kukaca radi procjene opsega zaraze i odlučivanju o mjeri suzbijanja koja će se prilagoditi privlačenim kukcima na zamke obložene insekticidima ili otrovne mamce i u odvrćanju kukaca od normalnog parenja, skupnog hranjenja ili jajašaca. Stoga se ne suzbijaju kukci i ne narušava se ekosustav. Pomoću njih se mogu preusmjeriti kukci pri čemu se njihov broj smanjuje (Arora i sur., 2012.).

### **3.4. Biološko suzbijanje štetnih kukaca**

Biološko suzbijanje kukaca podrazumijeva korištenje prirodnih neprijatelja namijenjenih uništavanju štetnih kukaca. Među organizmima postoji prirodna ravnoteža, ali je najčešće nedovoljna za zadovoljavajuće rezultate pri uzgoju kulturnoga bilja, stoga se pod biološkom zaštitom smatra manipulacija prirodnih neprijatelja od strane čovjeka (Sarajlić, 2014.).

U kontekstu mjesta gdje se nalaze, mogu se razlikovati:

- autohtone vrste;
- izvorne vrste koje obitavaju u određenom ekosustavu;
- alohtone vrste;
- strane vrste koje su dospjele na određeno područje slučajnim ili namjernim unošenjem (ranije nisu obitavale na tom području).

Biološka zaštita može se implementirati u kontekstu svih štetnih organizama. Metode i agensi koji se koriste, specifični su za svaku vrstu. Štetni kukci napadaju hranu koju mi želimo zaštititi, a biološkim mjerama oni se izravno ili neizravno suzbijaju. Osim primjene korisnih kukaca u suzbijanju onih štetnih, važno je i njihovo očuvanje i zaštita u prirodi te im je potrebno stvoriti što bolje uvjete za život (Sarajlić, 2014.).

U kontekstu načina ishrane, prirodni neprijatelji mogu biti grabežljivci, parazitoidi i uzročnici bolesti. Biološke mjere se provode radi smanjenja korištenja pesticida te zbog očuvanja okoliša, ali i očuvanja kvalitete namirnica. Da bi navedene mjere bile učinkovite, važno je dobro poznavanje same namirnice, načina na koji se ona treba skladištiti, kukaca koji ju mogu napadati te botaničkih insekticida koji imaju najdjelotvorniji učinak na pojedinu vrstu kukaca. U tablici 2 navedeni su neki od proizvoda za biološko suzbijanje kukaca.

Tablica 2. Neki od proizvoda za biološko suzbijanje štetnih kukaca (poveznica 14)

| Predator            | Prirodni neprijatelj                             | Trgovačko ime |
|---------------------|--|---------------|
| Bijela mušica       | <i>Encarsia formosa</i> (Gahan)                  | EN-STRIP      |
|                     | <i>Eretmocerus eremicus</i> (Rose i Zolnerowich) | ERCAL         |
|                     | <i>Macrolophus caliginosus</i> (Wagner)          | MIRICAL       |
| Crveni pauk         | <i>Amblyseius californicus</i> (Mc Gregor)       | SPICAL        |
|                     | <i>Phytoseiulus persimilis</i> (Evans)           | SPIDEKS       |
|                     | <i>Feltiella acarisuga</i> (Vallot)              | SPIDEND       |
| Trips               | <i>Orisu laevigatus</i> (Fieber)                 | THRIPOR       |
|                     | <i>Amblyseius swirskii</i> (Athias-Henriot)      | SWIRSKI-MITE  |
| Lisna uš            | <i>Aphidius colemani</i> (Viereck)               | APHIPAR       |
|                     | <i>Aphidius ervi</i> (Haliday)                   | ERVIPAR       |
| Lisni miner         | <i>Dacnusa sibirica</i> (Telenga)                | MINEX         |
|                     | <i>Diaglyphus isae</i> (Walker)                  | MYGLYPHUS     |
| Šampinjonska mušica | <i>Steinernema spp.</i>                          | SCIARID       |
|                     | <i>Steinernema feltiae</i> (Filipjev)            | ENTONEM       |

## 4. ZAKLJUČAK

Botanički insekticidi imaju dugu povijest primjene. Već u drevnim vremenima oni su se koristili u zaštiti prehrambenih proizvoda od različitih vrsta insekata. Tako su se već u davnoj prošlosti koristili i za zaštitu prehrambenih proizvoda od različitih vrsta kukaca. Razvoj sintetskih kemikalija za zaštitu prehrambenih proizvoda u skladištima bila je jeftinija opcija te je tijekom prošlog stoljeća upravo ova opcija našla široku primjenu. Međutim, sa sve većom ekološkom osviješćenošću i spoznavanjem da sintetske kemikalije imaju brojne negativne utjecaje na okoliš ali i zdravlje ljudi i životinja, botanički insekticidi su ponovno dobili na važnosti. Danas se potiče njihova primjena u zaštiti prehrambenih proizvoda od skladišnih kukaca. Oni se koriste ovisno o vrsti kukca te intenzitetu njihove rasprostranjenosti.

## 5. POPIS LITERATURE

1. Abdelgaleil, S., Mohamed, M., Badawy, M., El-arami, S. (2009.): Fumigant and contact toxicities of monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on acetylcholinesterase activity. *Journal of Chemical Ecology*, 35, 518–525.10.1007/s10886-009-9635-3.
2. Acheuk, F., Doumandji-Mitiche, B. (2013.): Insecticidal activity of alkaloids extract of *Pergularia tomentosa* (Asclepiadaceae) against fifth instar larvae of *Locusta migratoria cinerascens* (Fabricius 1781.) (Orthoptera: Acrididae). *International Journal of Science and Advanced Technology*, 3(6), 8–13.
3. Adedire, C. O., Obembe, O. M., Akinkurolere, R. O., Oduleye, S. O. (2011.): Response of *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) to extracts of cashew kernels. *Journal of Plant Diseases Protection*, 118(2), 75–79.
4. Al-Rajhy, D. H., Alahmed, A. M., Hussein, H. I., Kheir, S. M. (2003.): Acaricidal effects of cardiac glycosides, azadirachtin and neem oil against the camel tick, *Hyalomma dromedarii* (Acari: Ixodidae). *Pest Management Science*, 59(11), 1250–1254.10.1002/(ISSN)1526-4998
5. Arora, R., Singh, B., Dhawan, A. K. (2012.): *Theory and Practice of Integrated Pest Management*. Jodhpur: Scientific Publishers.
6. Asawalam, E., Adesiyun, S. (2001.): Potential of *Ocimum basilicum* (Linn) for the control of maize weevil *Sitophilus zeamais* (Motsch). *Nigeria Agricultural Journal*, 32(1), 195–201
7. Ascher, K. 1993., *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, 22, 433
8. Bokulić, A. i sur. (2015.): *Priručnik za sigurno rukovanje i primjenu sredstava za zaštitu bilja*, Zagreb: Ministarstvo poljoprivrede
9. Campos, E. V. R. i sur. (2019.) Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives, *Ecological Indicators*, 105(1), str. 483-495.
10. CDC (Center for Disease Control and Prevention, USA). (2005.). CDC adopts new repellent guidance for upcoming mosquito season.
11. Chaaban, A., de Souza, A. L. F., Martins, C. E. N., Bertoldi, F. C., & Molento, M. B. (2017.): Chemical composition of the essential oil of *Tagetes minuta* and its activity against *Cochliomyia macellaria* (Diptera: Calliphoridae). *European Journal of Medicinal Plants*, 18(1), 1–10.

12. Chaubey, M. K. (2012.): Responses of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) against essential oils and pure compounds. *Herba Polonica*, 58(3), 33–45.
13. Chu, S. S., Liu, S. L., Jiang, G. H., Liu, Z. L. (2010.): Composition and toxicity of essential oil of *Illicium simonsii* Maxim (Illiciaceae) fruit against the maize weevils. *Records of Natural Products*, 4, 205–210.
14. Correa, Y. D. C. G., Faroni, L. R., Haddi, K., Oliveira, E. E., & Pereira, E. J. G. (2015.): Locomotory and physiological responses induced by clove and cinnamon essential oils in the maize weevil *Sitophilus zeamais*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 125, 31–37.
15. Dehghani-Samani, A., Madreseh-Ghahfarokhi, S., Dehghani-Samani, A., & Pirali-Kheirabadi, K. (2015.): Acaricidal and repellent activities of essential oil of *Eucalyptus globulus* against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Mesostigmata). *Journal of HerbMed Pharmacology*, 4(3), 81–84.
16. Diwan, R. K., & Saxena, R. C. (2010.): Insecticidal property of flavinoid isolated from *Tephrosia purpuria*. *International Journal of Chemical Sciences*, 8(2), 777–782.
17. Elango, G., Rahuman, A.A., Bagavan, A., Kamaraj, C., Zahir, A. A., Venkatesan, C. (2009.): Laboratory study on larvicidal activity of indigenous plant extracts against *Anopheles subpictus* and *Culex tritaeniorhynchus*. *Parasitology Research*, 104(6), 1381–1388.
18. El-Nahal, A. K. M., Schmidt, G. H., Risha, E. M. (1989.): Vapours of *Acorus calamus* oil – A space treatment for stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 25, 211–216.
19. Elzen, G. W., Hardee, D. D. (2003.): United state department of agricultural-agricultural research on managing insect resistance to insecticides. *Pest Management Science*, 59, 770–776.
20. Fradin, M. S., Day, J. F. (2002.): Comparative efficacy of insect repellents against mosquito bites. *The New England Journal of Medicine*, 347, 13–18.
21. Giner, M., Avilla, J., Balcells, M., Caccia, S., Smagghe, G. (2012.): Toxicity of allyl esters in insect cell lines and in *Spodoptera littoralis* larvae. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 79(1), 18–30.
22. Goławska, S., Łukasik, I., Kapusta, I., Janda, B. (2012.): Do the contents of luteolin, tricetin, and chrysoeriol glycosides in alfalfa (*Medicago sativa* L.) affect the behavior of

- pea aphid (*Acyrtosiphon pisum*)? Polish Journal of Environmental Studies, 21, 1613–1619.
23. Goławska, S., Sprawka, I., Łukasik, I., Goławski, A. (2014.): Are naringenin and quercetin useful chemicals in pest-management strategies? Journal of Pest Science, 87, 173–180.
  24. Halliwell, B., Gutteridge, J. M. C. (1999.). Free radicals in biology and medicine (3rd ed.). Oxford: Oxford University Press.
  25. Hamel, D. (1993.). Problem skladišnih štetnika na uskladištenim sastojcima u tvornicama stočne hrane, Krmiva, 35(1), str. 27-32.
  26. Ho, S. H., Ma, Y., Goh, P. M., Sim, K. Y. (1995.). Star anise, *Illicium verum* Hook F., as a potential grain protectant against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* (Motsch.). Postharvest Biology and Technology, 6, 341–347.
  27. Hollingworth, R., Ahammadsahib, K., Gadelhak, G., McLaughlin, J. (1994.). New inhibitors of complex I of the mitochondrial electron transport chain with activity as pesticides. Biochemical Society Transactions, 22(1), 230–233.
  28. Houghton, P. J., Ren, Y., Howes, M. J. (2006.). Acetylcholinesterase inhibitors from plants and fungi. Natural Product Reports, 23(2), 181–199.
  29. Huang, Y., Lam, S. L., Ho, S. H. (2000.). Bioactivities of essential oils from *Elletaria cardamomum* (L.) Maton. to *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). Journal of Stored Products Research, 36, 107–117.
  30. Ismail, M., Ghallab, M., Soliman, M., AboGhalia, A. 2011., Egypt. Acad. J. Biolog. Sci., 3, 41. 19. Miresmailli.
  31. Isman, M. B. 1995. Leads and prospects for the development of new botanical insecticides. Reviews in Pesticide Toxicology 3: 1–20.
  32. Isman M. B. (1997.). Neem and other botanical insecticides: barriers to commercialization. Phytoparasitica 25: 339-344.
  33. Isman M. B. (2006.). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annu. Rev. Entomol. 51: 45-66.
  34. Isman M. B. (2008). Perspective Botanical insecticides: for richer, for poorer. Pest Manag Sci 64: 8-11.
  35. Jayakumar, M., Arivoli, S., Raveen, R., Tennyson, S. (2017.). Repellent activity and fumigant toxicity of a few plant oils against the adult rice weevil *Sitophilus oryzae* Linnaeus 1763. (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Entomology and Zoology Studies, 5(2), 324–335.

36. Kanat, M., Hakk, M., Alma, M. (2003.). Insecticidal effects of essential oils from various plants against larvae of pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). *Pest Management Science*, 60, 173–177.
37. Kim, S. I., Roh, J. Y., Kim, D. H., Lee, H. S., Ahn, Y. J. (2003.). Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *Journal of Stored Products Research*, 39, 293–303.
38. Korunić, Z., Rozman, V. (2012.). Biljni insekticidi, Zbornik radova seminara DDD i ZUPP 2012 – integralni pristup, 24. znanstveno – stručno-edukativni seminar s međunarodnim sudjelovanjem o novinama u djelatnosti dezinsekcije, dezinfekcije, deratizacije (DDD) i zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda (ZUPP) / Korunić, Javorka - Zagreb : KORUNIĆ d.o.o., 2012, 269-280.
39. Kos, T. (2014.). Najznačajniji štetnici u skladištima, *Gospodarski list*.
40. Koul, O., G. S. Dhaliwal (eds.) 2001., *Phytochemical biopesticides*. Harwood Academic Publishers, Amsterdam, The Netherlands. 223 pp.
41. Koul, O., Waliai, S., Dhaliwal, G. S. (2008.). Essential oils as green pesticides: Potential and constraints. *Biopesticides International*, 4(1), 63–84.
42. Kraiss, H., Cullen, E. M. (2008.). Insect growth regulator effects of azadirachtin and neem oil on survivorship, development and fecundity of *Aphis glycines* (Homoptera: Aphididae) and its predator, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Pest Management Science*, 64(6), 660–668.
43. Kuhne, T. (2008.). Prospects and limits of botanical insecticides in organic farming, *Agronomski glasnik*, 4(1), str. 377-381.
44. Kumar, P., Bhaduria, T., Mishra, J. (2015.). Impact of application of insecticide quercetin/azadirachtin and chlorpyrifos on earthworm activities in experimental soils in Uttar Pradesh India. *Science Postprint*, 1(2), e00044.
45. Lee, S. E. (2000.) Mosquito larvicidal activity of piperonaline, a piperidine alkaloid derived from long pepper, *Piper longum*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 16(3), 245–247.
46. Ling N. (2003.). *Rotenone a review of its toxicity and use for fisheries management*. Science for Conservation 211. Department of Conservation, Wellington, New Zealand.



47. Liška, A. (2009.). Noviji insekticidi i tehnologije u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, Zbornik radova DDD i ZUPP 2009 - slijedimo li svjetski razvoj / Korunić, Zlatko - Zagreb: Korunić d.o.o., 2009, 301-313.
48. Liška, A., Rozman, V., Korunić, Z., Halamić, J., Galović, I., Lucić, P. & Baličević, R. 2015: The potential of Croatian diatomaceous earths as grain protectant against three storedproduct insects. Book of Abstracts of the 10th Conference of IOBC-WPRS Working Group Integrated Protection of Stored Products, 28 June – 1 July 2015, Zagreb, Croatia: In press.
49. Liška, A., Lucić, P. (2019.) Noviji pristupi u detekciji i monitoringu skladišnih kukaca, Glasnik zaštite bilja, 40(6), str. 14-19.
50. Lucia, A., Audino, P.G., Seccacini, E., Licastro, S., Zerba, E., Masuh, H. (2007.). Larvicidal effect of *Eucalyptus grandis* essential oil and turpentine and their major components on *Aedes aegypti* larvae. Journal of the American Mosquito Control Association, 23, 299–303.
51. Lucić, P. i sur. (2015.): Potencijal upotrebe lavandina (*Lavandula x intermedia*) u zaštiti uskladištene pšenice protiv skladišnih kukaca, u: Agriculture in nature and environment protection, Vukovar: Agroglas.
52. Maia, M.F., Moore, S.J. (2011.): Plant-based insect repellents: a review of their efficacy, development and testing. Malaria Journal, vol. 10, no. 1, article S11, pp. 1–15.
53. Mann, R. S., Kaufman, P. E. (2012.): Natural product pesticides: Their development, delivery and use against insect vectors. Mini-Reviews in Organic Chemistry, 9, 185–202.1.
54. Matsumura, F. (1985.). Toxicology of insecticides (2nd ed., pp. 11–43). New York, NY: Plenum Press.10.1007/978-1-4613-2491-1.
55. Milatović, L. (1960.) Uskladištenje brašna s posebnim osvrtom na njegovu kontaminaciju u FNRJ, Agronomski glasnik, 10(11-12), str. 608-621.
56. Min, L., Jin-Jing, X., Li-Jun, Z., Liu, Y., Xiang-Wei, W., Ri-Mao, H., Hai-Qun, C. (2016.). Insecticidal activity of *Melaleuca alternifolia* essential oil and RNA-seq analysis of *Sitophilus zeamais* transcriptome in response to oil fumigation. PLoS One, 11(12), e0167748.
57. Miresmailli, S. 2001., Assessing the efficacy and persistence of Rosemary oil-based miticide/insecticide for use on greenhouse Tomato. Master of Science, Faculty of graduate studies, Univ. of British Columbia.

58. Morimoto, M., Kumeda, S., Komai, K. (2000.). Insect antifeedant flavonoids from *Gnaphalium affine*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 1888–1891.
59. Morrison, N. I., Franz, G., Koukidou, M., Miller, T. A., Saccone, G., Alphey, L. S., Polito, L. C. (2010.). Genetic improvements to the sterile insect technique for agricultural pests. *Asia-Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology*, 18(2), 275–295.
60. Mullens, B. A., Reifenrath, W. G., Butler, S. M. (2009.). Laboratory trials of fatty acids as repellents or antifeedants against houseflies, horn flies and stable flies (Diptera: Muscidae). *Pest Management Science*, 65(12), 1360–1366.
61. Navarro Llopis, V., Vacas, S., Sanchis, J., Primo, J., Alfaro, C. (2011.). Chemosterilant bait stations coupled with sterile insect technique: An integrated strategy to control the mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 104(5), 1647–1655.
62. Negahban, M., Moharramipour, S., Sefidkon, F. (2007.). Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia sieberi* Besser against three stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, 43(2), 123–128.
63. Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J., Stashenko, E. (2009.). Repellency activity of essential oils from seven aromatic plants grown in Colombia against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera). *Journal of Stored Products Research*, 45, 212–214.
64. Owusu, E.O. (2001.): Effect of some Ghanaian plant components on control of two storedproduct insect pests of cereals. *Journal of Stored Products Research*, vol. 37, no. 1, pp. 85– 91.
65. Park, D. S., Coats, J. R. (2002.). Cyanogenic glycosides: Alternative insecticides? *The Korean Journal of Pesticide Science*, 6(2), 51–57.
66. Pavela R. (2004.). Insecticidal activity of certain medicinal plants. *Fitoterapia* 17: 745–749.
67. Plata-Rueda, A., Martínez, L. C., Santos, M. H. D., Fernandes, F. L., Wilcken, C. F., Soares, M. A., Zanuncio, J. C. (2017.). Insecticidal activity of garlic essential oil and their constituents against the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae). *Scientific Reports*, 7, 46406.
68. Prakash, A. Rao, J. 1997: *Botanical Pesticides in Agriculture*. CRC Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, USA.

69. Pujiarti, R., Fentiyanti, P. K. (2017.). Chemical compositions and repellent activity of *Eucalyptus tereticornis* and *Eucalyptus deglupta* essential oils against *Culex quinquefasciatus* mosquito. Thai Journal of Pharmaceutical Sciences, 41(1), 19–24.
70. Pugazhvendan, S. R., Ross, P. R., Elumalai, K. (2012.). Insecticidal and repellent activities of four indigenous medicinal plants against stored grain pest, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Asian Pacific Journal of Tropical Disease, 2, S16–S20.10.1016/S2222-1808(12)60116-9.
71. Rattan, R. S. (2010.). Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. Crop Protection, 29, 913–920.
72. Regnault-Roger, C., Philogène, B. J. R. (2008.). Past and current prospects for the use of botanicals and plant allelochemicals in integrated pest management. Pharmaceutical Biology, 46, 41–52.1.
73. Regnault-Roger, C., Vincent, C., Arnason, J. T. (2012.). Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. Annual Review of Entomology, 57, 405–424.
74. Rozman, V. (2005.) Prepoznavanje štetnika u skladištima prema nastalim štetama, DDD radionica - štetnici hrane, uskladištenih poljoprivrednih proizvoda i predmeta opće uporabe te muzejski štetnici - zbornik predavanja / Javorka Korunić - Zagreb: KORUNIĆ d.o.o. Zagreb, 93-120.
75. Rozman, V. (2010.) Prepoznavanje insekata u skladištima prema nastalim štetama, Trajna edukacija za izvoditelje obvezatnih mjera dezinfekcije, dezinskcije i deratizacije i osobe u nadzoru – Cjelovito (integralno) suzbijanje štetnika hrane, uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, predmeta opće uporabe te muzejskih štetnika - Zbornik predavanja / Korunić, Javorka - Zagreb: KORUNIĆ d.o.o., 63-88.
76. Rozman, V., Liška, A., Lucić, P. (2018.) Metode detekcije – važnost ranog otkrivanja štetnih kukaca uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, Zbornik radova 30. seminara DDD i ZUPP 2018 - invazivne strane vrste - izazov struci / Korunić, J. - Zagreb: Korunić d.o.o., 315-318.
77. Samuel, M., Oliver, S. V., Wood, O. R., Coetzee, M., & Brooke, B. D. (2015.). Evaluation of the toxicity and repellence of an organic fatty acids mixture (C8910) against insecticide susceptible and resistant strains of the major malaria vector *Anopheles funestus* Giles (Diptera: Culicidae). Parasites & Vectors, 8, 321.10.1186/s13071-015-0930-2.
78. Sarajlić, A. (2014.) Biološko suzbijanje štetnih kukaca, u: Insekticidi u zaštiti bilja, Osijek: Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

79. Schmidt, S., Tomasi, C., Pasqualini, E., Ioriatti, C. (2008.). The biological efficacy of pear ester on the activity of Granulosis virus for codling moth. *Journal of Pest Science*, 81, 29.10.1007/s10340-007-0181.
80. Shaalan, E. A. S., Canyon, D., Younes, M. W. F., Abdel-Wahab, H., Mansour, A. H. (2005.). A review of botanical phytochemicals with mosquitocidal potential. *Environment International*, 31(8), 1149–1166.
81. Shelton, A. M., Zhao, J. Z., Roush, R. T. (2002.). Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of B-transgenic plants. *Annual Review of Entomology*, 47, 845–881.
82. Shukla, P., Vidyasagar, P. S. P. V., Aldosari, S. A., Abdel-Azim, M. (2012.). Antifeedant activity of three essential oils against the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. *Bulletin of Insectology*, 65(1), 71–76.
83. Singh, V. K., Singh, D. K. (1996.). Enzyme inhibition by allicin, the molluscicidal agent of *Allium sativum* L. (garlic). *Phytotherapy Research*, 10, 383–386.10.1002/(ISSN)1099-1573.
84. Sithisut, D., Fields, P. G., Chandrapathya, A. (2011.). Contact toxicity, feeding reduction and repellency of essential oils from three plants from the ginger family (Zingiberaceae) and their major components against *Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum*. *The Journal of Stored Products*, 104, 1445–1454.
85. Sudimac, M. (2019.): Najznačajnije skladišne štetočine. Bilten "Za našu zemlju", broj 74, februar 2019.
86. Talukder, F. A. (2006.). Plant products as potential stored-product insect management agents-A mini review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 18(1), 17–32.
87. Toloza, A. C., Zygadlo, J., Cueto, G. M., Biurrun, F., Zerba, E., Piccolo, M. S. (2006.). Fumigant and repellent properties of essential oils and component compounds against permethrin-resistant *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae) from Argentina. *Journal of Medical Entomology*, 43(5), 889–895.
88. Tripathi, A. K., Prajapati, V., Aggarwal, K. K., Kumar, S., Kukreja, A. K., Dwivedi, S., Singh, A. K. (2000.). Effects of volatile oil constituents of *Mentha* species against stored grain pests, *Callosobrunchus maculatus* and *Tribolium castaneum*. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, 22, 549–556.
89. Zhao, M. P., Liu, Q. Z., Liu, Q., Liu, Z. L. (2017.). Identification of larvicidal constituents of the essential oil of *Echinops grijsii* roots against the three species of mosquitoes. *Molecules*, 22, 205.

90. Wachira, S. W., Omar, S., Jacob, J. W., Wahome, M., Alborn, H. T., Spring, D. R., Torto, B. (2014.). Toxicity of six plant extracts and two pyridine alkaloids from *Ricinus communis* against the malaria vector *Anopheles gambiae*. *Parasites & Vectors*, 7, 312.10.1186/1756-3305-7-312.
91. Weinzierl R. A. (2000.). Botanical insecticides, Soaps and Oils. In: *Biological and Biotechnological Control of Insect Pests* (JE Rechcigl, NA Rechcigl, eds), Lewis publishers, Boca Raton, New York, USA, 110-130.

### **Internet stranice:**

Poveznica 1: <http://ideko.hr/o-stetnicima/stetni-insekti-u-skladistima/>

Pristupljeno: 12.05.2020.

Poveznica 2: <http://ideko.hr/o-stetnicima/stetni-insekti-u-skladistima/>

Pristupljeno: 12.05.2020.

Poveznica 3: <https://rezistentnost-szb.hr/stetnici/agronomija/zitni-kukuljicar> Pristupljeno:

13.05.2020.

Poveznica 4: <http://www.ekozastita.com/zitni-kukuljicar>

Pristupljeno: 13.05.2020.

Poveznica 5: <http://ideko.hr/o-stetnicima/stetni-insekti-u-skladistima/>

Pristupljeno: 14.05.2020.

Poveznica 6:

<http://5.189.140.16/~svetodavstvo/sites/default/files/Uticaj%2Bskladisnih%2Binsekata%2Bna%2Bsirenje%2Bmikotoksina%2Bu%2Bskladistima.pdf>

Pristupljeno: 6.06.2020.

Poveznica 7: <http://www.ekozastita.com/veliki-brasnar>

Pristupljeno: 6.06.2020.

Poveznica 8: <https://www.poljosfera.rs/agrosfera/agro-teme/zastita/mali-brasnar-tribolium-confusum/>

Pristupljeno: 15.06.2020.

Poveznica 9: <https://www.adlibitum.hr/sitotroga-cerealella-zitni-moljac/>

Pristupljeno: 15.06.2020.

Poveznica 10:

<http://agroprotekt.leptiri.co.rs/pdf/uputstvo%20za%20interpunctella%20i%20kuehniella.pdf>

Pristupljeno: 15.06.2020.

Poveznica 11: <https://www.adlibitum.hr/plodia-interpunctella-bakrenasti-moljac/>

Pristupljeno: 15.06.2020.

Poveznica 12: <http://pinova.hr/hrHR/katalog-proizvoda/sredstva-za-zastitu-bilja/insekticidi>

Pristupljeno: 20.06.2020.

Poveznica 13: <https://gospodarski.hr/uncategorized/ekoloska-sredstva-i-metode-suzbijanja-stetnika/>

Pristupljeno: 20.06.2020.

Poveznica 14: [http://www.agroekologija.com/agri-conto-cleen/wpcontent/uploads/2015/03/Insekticidi\\_u\\_zastiti\\_bilja.pdf](http://www.agroekologija.com/agri-conto-cleen/wpcontent/uploads/2015/03/Insekticidi_u_zastiti_bilja.pdf)

Pristupljeno: 20.06.2020.

## 6. SAŽETAK

Kada govorimo o proizvodnji hrane suvremeno društvo sve veći naglasak pridaje ekološki održivom pristupu u proizvodnji. Ekološki pristup u proizvodnji osim što se odnosi na način proizvodnje, odnosi se i na način i uvjete prilikom skladištenja i transporta namirnica, te odlaganja istih na prodajno mjesto. Kao jedan od ključnih problema prilikom skladištenja namirnica navode se štetnici koji smanjuju kvalitetu ili uništavaju uskladištenu robu. Najčešći štetnici koji djeluju na namirnice su grinje, insekti i glodavci. Iako kemijski sintetska sredstva sa nižom cijenom i većom dostupnošću imaju određenu prednost u tretiranju skladišnih kukaca, zbog sve većih saznanja o njihovoj štetnosti za okolinu i čovjeka, prisustvu reziduala, sve većom potrebom za hranom bez ostatka pesticida, u zadnje vrijeme se sve više pažnje posvećuje botanički insekticidima. Botanički insekticidi dobiveni iz biljaka imaju brojna svojstva kao što su insekticidne aktivnosti, repeletnost za pojedine štetnike, utjecaj na rast insekata, toksičnost za nematode, kao i na razne štetne organizme u poljoprivredi. Osim navedenih svojstava navode se i fungicidno, virucidno i baktericidno djelovanje.

## **7. SUMMARY**

When we are talking about food production in modern society we are putting more emphasis than ever on the ecologically sustainable approach in the production. Ecological approach in the production relates not only to the way of production, it also relates to the way and conditions during storing and transport of the products, and disposal to the selling spot. As one of the key problems during storing of agricultural products we consider pests which are lowering the quality or destroying stored merchandise. The most common pests that affect the products are insects, mites and rodents. Even though chemical synthetic resources with lower price and higher availability have the certain advantage in the treatment of storage insects, due to the new findings of their harmfulness to the environment and humans, presence of the residue, and growing need for the food without remains of pesticides, lately we are giving more attention to the botanical insecticides. Botanical insecticides that are coming from the plants have numerous properties like insecticidal activity, repellents for the individual parasites, influence on the growth of the insects, toxicity to the nematodes, as well as different kinds of pests in agriculture. Except for the listed properties there are also listed the fungicidal, virucidal and the bactericidal impact.



## **8. PRILOZI**

### **8.1. Popis slika**

|           |   |   |
|-----------|---|---|
| Slika 1.  | Žitni žižak                             | 3 |
| Slika 2.  | Rižin žižak                             | 3 |
| Slika 3.  | Žitni kukuljičar                        | 4 |
| Slika 4.  | Krušar                                  | 4 |
| Slika 5.  | Mauritanski brašnar                     | 5 |
| Slika 6.  | Veliki brašnar                          | 5 |
| Slika 7.  | Mali brašnar                            | 6 |
| Slika 8.  | Žitni moljac                            | 6 |
| Slika 9.  | Brašneni moljac                         | 7 |
| Slika 10. | Bakrenasti brašnenasti moljac           | 7 |
| Slika 11. | Najučestalije vrste skladišnih štetnika | 9 |

### **8.2. Popis tablica**

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tablica 1. | Upotreba botaničkih insekticida                         | 13 |
| Tablica 2. | Neki od proizvoda za biološko suzbijanje štetnih kukaca | 24 |

## **TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

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

**Diplomski rad**

Uloga botaničkih insekticida u suzbijanju skladišnih kukaca

Danica Brnjic

### **Sažetak:**

Kada govorimo o proizvodnji hrane, suvremeno društvo sve veći naglasak pridaje ekološki održivom pristupu u proizvodnji. Ekološki pristup u proizvodnji, osim što se odnosi na način proizvodnje, odnosi se i na način i uvjete prilikom skladištenja i transporta namirnica, te odlaganja istih na prodajno mjesto. Kao jedan od ključnih problema prilikom skladištenja namirnica navode se štetnici koji smanjuju kvalitetu ili uništavaju uskladištenu robu. Najčešći štetnici koji djeluju na namirnice su grinje, insekti i glodavci. Iako kemijski sintetska sredstva sa nižom cijenom i većom dostupnošću imaju određenu prednost u tretiranju skladišnih kukaca, zbog sve većih saznanja o njihovoj štetnosti za okolinu i čovjeka, prisustvu rezidua, sve većom potrebom za hranom bez ostatka pesticida, u zadnje vrijeme se sve više pažnje posvećuje botaničkim insekticidima. Botanički insekticidi dobiveni iz biljaka imaju brojna svojstva kao što su insekticidne aktivnosti, repeletnost za pojedine štetnike, utjecaj na rast insekata, toksičnost za nematode, kao i na razne štetočine u poljoprivredi. Osim navedenih svojstava navode se i fungicidno, virucidno i baktericidno djelovanje.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** dr. sc. Pavo Lucić

**Broj stranica:** 39

**Broj grafikona i slika:** 11

**Broj tablica:** 2

**Broj literaturnih navoda:** 91

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** botanički, insekticidi, skladišni kukci, štetnici, skladištenje, zaštita u poljoprivredi

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. doc. dr. sc. Marija Ravlić, predsjednik
2. dr. sc. Pavo Lucić, mentor
3. izv. prof. dr. sc. Anita Liška, član

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

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**  
**University Graduate Studies, Plant production, course Plant production**

**Graduate thesis**

The role of botanical insecticides in control of storage insects

Danica Brnjić

### **Abstract:**

When we are talking about food production in modern society we are putting more emphasis than ever on the ecologically sustainable approach in the production. Ecological approach in the production relates not only to the way of production, it also relates to the way and conditions during storing and transport of the products, and disposal to the selling spot. As one of the key problems during storing of agricultural products we consider pests which are lowering the quality or destroying stored merchandise. The most common pests that affect the products are insects, mites and rodents. Even though chemical synthetic resources with lower price and higher availability have the certain advantage in the treatment of storage insects, due to the new findings of their harmfulness to the environment and humans, presence of the residue, and growing need for the food without remains of pesticides, lately we are giving more attention to the botanical insecticides. Botanical insecticides that are coming from the plants have numerous properties like insecticidal activity, repellents for the individual parasites, influence on the growth of the insects, toxicity to the nematodes, as well as different kinds of pests in agriculture. Except for the listed properties there are also listed the fungicidal, virucidal and the bactericidal impact.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** Pavo Lucić, PhD

**Number of pages:** 39

**Number of figures:** 11

**Number of tables:** 2

**Number of references:** 91

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** botanical, insecticides, storage insects, pests, storage, agricultural protection

**Thesis defended on date:**

### **Reviewers:**

1. Marija Ravlić, PhD, Assistant Professor, chair
2. Pavo Lucić, PhD, mentor
3. Anita Liška, PhD, Associate Professor, member

**Thesis deposited at:** Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Osijek, Vladimir Prelog 1, 31000 Osijek.