

Insekticidni utjecaj dijatomejske zemlje, prašiva i ekstrakta carske paulovnije (*Paulownia tomentosa*) na kestenjastog brašnara (*Tribolium castaneum*)

Lončar, Dora

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:151:462832>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-17**



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

Dora Lončar

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

**INSEKTICIDNI UTJECAJ DIJATOMEJSKE ZEMLJE, PRAŠIVA I EKSTRAKTA
CARSKE PAULOVNJE (*Paulownia tomentosa*) NA KESTENJASTOG BRAŠNARA
(*Tribolium castaneum*)**

Diplomski rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Dora Lončar

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

**INSEKTICIDNI UTJECAJ DIJATOMEJSKE ZEMLJE, PRAŠIVA I EKSTRAKTA
CARSKÉ PAULOVNIJE (*Paulownia tomentosa*) NA KESTENJASTOG BRAŠNARA
(*Tribolium castaneum*)**

Diplomski rad

Povjerenstvo za obranu i ocjenu diplomskog rada:

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

Osijek, 2020.

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Pregled literature.....	3
2.1. Osnovni zadaci skladištenja.....	3
2.2. Populacija štetnika u skladištima	4
2.3. Kestenjasti brašnar	5
2.4. Mjere zaštite u skladištu.....	7
2.4.1. Inertna prašiva	8
2.4.2. Dijatomejska zemlja (DZ).....	9
2.5. Alternativni insekticidi	11
2.5.1. Insekticidna učinkovitost carske paulovnije	12
3. Materijal i metode.....	13
3.1. Materijal rada.....	13
3.2. Metode rada	15
3.2.1. Uzgoj testnih kukaca	15
3.2.2. Priprema inertnih prašiva SilicoSec® i Celatom Mn-51®	16
3.2.3. Postupak s prašivom carske paulovnije.....	18
4. Rezultati.....	19
5. Rasprava	22
6. Zaključak	25
7. Popis literature.....	26
8. Sažetak.....	29
9. Summary.....	30
10. Popis tablica.....	31
11. Popis slika.....	31

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

1. Uvod

Sačuvati hranu postala je osnova preživljavanja, veliki problem su štetočinke koje svojim aktivnostima smanjuju kvalitetu i kvantitetu uskladištenih proizvoda. U zadnje vrijeme se istražuju nove metode u zaštiti uskladištenih zrnatih proizvoda u sklopu integriranog pristupa zaštite bilja. S obzirom da čuvanje uskladištenih proizvoda zahtjeva pažnju, a nedostatak se ogleda u primjeni pesticida zbog rezidua i onečišćenja okoliša. Prednost se daje mehaničkim, fizikalnim i biološkim metodama, a kada se s njima ne postigne potrebna učinkovitost pristupa se kemijskim mjerama. Potrošači traže kvalitetne proizvode bez ostatka pesticida, koji nemaju štetan utjecaj na zdravlje ljudi i životinja, te na okoliš (Hamel, 1997). Unatoč visokoj učinkovitosti kemijskih pesticida, danas su većina istraživanja usmjerena prema iznalaženju prirodnih insekticida, koja nemaju štetna djelovanja na neciljane organizme te su ekološki prihvatljivi. Od fizikalnih insekticida se najviše primjenjuju inertna prašiva kao što je dijatomejska zemlja, koja ima visoko insekticidno djelovanje, a nije štetna za toplokrvne organizme (Korunić, 2015.). Žitarice kao primarna potreba u ljudskoj ishrani imaju i veliko gospodarsko značenje, visok im je potencijal rodosti, a koriste se i u ishrani životinja. Glavni cilj čuvanja poljoprivrednih proizvoda je očuvanje njihove kvalitete i kakvoće. Osnovni cilj svakog proizvođača je pravodobno otkrivanje neželjene aktivnosti štetočinja. Kako bi se očuvala zrnata roba potrebno je održavanje skladišta, vršiti neprekidni nadzor i kontrolu kakvoće uskladištene robe, te razni nadzori kretanja robe u skladište i iz skladišta (Korunić, 1994.). Jedan od najznačajnijih skladišnih štetnika je kestenjasti brašnar (*Tribolium castaneum* Herbst.). Utvrđeno je kako su feromoni biljnog podrijetla učinkovitiji od feromona animalnog podrijetla. Udaljenost od izvora feromona, strujanje zraka, kao i vrsta biljnog ulja, bitno utječu na orijentaciju kestenjastog brašnara (Korunić, 2019.). Istraživanja su usmjerena u pronalasku novih depozita dijatomejske zemlje, prašiva bi trebala biti obogaćenija silicijskim dioksidom i time učinkovitija za kukce. Znanstvenici su testirali deset hidrofilnih i hidrofobnih formi silika gela u kontroli razvojnih stadija kestenjastog brašnara. U području primjene eteričnih ulja i njihovih komponenata u kontroli skladišnih štetnika učinkovitim su se pokazala eterična ulja biljaka (*Chenopodium ambrosioides* L.) mirisna loboda (*Cupressus sempervirenes* L.) i obični čempres. Dok svježi listovi i gomolj biljke kasave (*Manihot esculenta* Crantz.) mogu biti dobar izvor za ekstrakciju biofumiganta u suzbijanju glavnih skladišnih štetnika žitnog kukuljičara (*Rhyzopertha dominica* Fab.), kestenjastog brašnara, rižinog žiška (*Shytophilus oryzae* L.) i

kineskog žiška (*Calosobruchus chinensis* L.) (Korunić, 2019.). Carska paulovnja (*Paulownia tomentosa* Thunb. Steud.) je drvo koje potječe iz Azije, smatra se najbrže rastućim drvetom na svijetu, a može rasti i do 6 m godišnje. S obzirom da se širi svijest o brizi za okoliš te zdravlje ljudi i životinja carska paulovnja se koristi kao biljni materijal pogodan za zaštitu uskladištenih žitarica. Uporaba biljnog materijala u zaštiti uskladištenih žitarica je dobrodošla, zbog toga što biljke imaju mogućnost razmnožavanja, biorazgradive su i nemaju negativan utjecaj na okoliš, dokle god se ne koriste biljke iz stranih ekosustava koje dovode do pojave korova (Lucić, 2018.). Danas jedno od primarnih područja istraživanja je otkrivanje i razvoj sigurnih pesticida koji imaju nisku toksičnost sa što manje negativnih učinaka na zdravlje ljudi i okoliš. Eterična ulja biljnog podrijetla posebno su zanimljivo područje istraživanja zbog mogućnosti zamjene za toksične i opasne sintetske fumigante. Biljni ekstrakti, uključujući i eterična biljna ulja koja sadrže monoterpenoide toksična su za određene vrste štetnika u skladištima. U brojnim radovima utvrđena je fumigantna djelotvornost supstanci iz eteričnih biljnih ulja poput cineola, kamfora, eugenola, lineola i drugih. Međutim, postoje određene nepoznanice za uvođenje ovih supstanci u praktičnu fumigaciju. Eterična biljna ulja imaju jak karakterističan miris koji prelazi na uskladištene proizvode što nije prihvatljivo s tehnološkog stajališta. Jedan od važnijih faktora uvođenja eteričnih biljnih ulja u praksu je njihova registracija, jer iako su prirodnog podrijetla, zahtjevaju opsežna toksikološka i sigurnosna istraživanja kao i svi ostali pesticidi. A za to su potrebna vrlo velika financijska sredstva tijekom duljeg vremenskog razdoblja (Korunić, 2017.).

2. Pregled literature

2.1. Osnovni zadaci skladištenja

Skladištenje proizvoda predstavlja završni oblik u cjelokupnom procesu proizvodnje poljoprivrednih proizvoda. Prilikom skladištenja pod utjecajem raznih čimbenika dolazi do promjene biokemijskih, fizikalnih i kemijskih procesa u zrnu, a ti čimbenici mogu biti biološkog i mehaničkog porijekla:

- biološki – disanje, proključavanje, samozagrijavanje, kukci i grinje, štete od glodavaca, štete od ptica, mikroorganizmi;
- mehanički – ozljede, lom zrna i rasipavanje.

Kako ovi čimbenici djeluju tako dolazi do promjena kakvoće odnosno kvalitete, a isto tako i do promjene kvantitete odnosno mase uskladištenih proizvoda. Ono što možemo smatrati opravdanim su lom zrna od mehaničkih i disanje od bioloških čimbenika, dok samozagrijavanje, napad kukaca, grinja i glodavaca možemo spriječiti. Glavni zadaci skladištenja:

- uskladištiti proizvod bez gubitka kakvoće – kvalitete,
- uskladištiti proizvod bez gubitka kvantitete – gubitka mase,
- povisiti kakvoću proizvoda,
- troškove rada i sredstava po jedinici težine proizvoda smanjiti što više.

Čimbenici koji utječu na životnu sposobnost uskladištenih proizvoda, te moraju biti prisutni stalno bez obzira koliko će se dugo čuvati proizvod su vlaga i temperatura proizvoda. Što se tiče skladištenja žitarica u našoj zemlji prema količini i važnosti svrstavamo ih sljedećim redom: pšenica, kukuruz, ječam, raž, zob i druge (Kalinović, 1997.). Pravilnim skladištenjem pšenice čuvaju se kvalitativna i kvantitativna svojstva, kao sirovine za dobivanje prehrambenih proizvoda. Razlikuje se skladištenje sjemenske i merkantilne robe. Pa se tako sjemenska zadržava kraće, dok se merkantilna zadržava godinu i više dana. Kod sjemenske robe je važno zadržati njene vitalitetne osobine (ključavost i energija klijanja), a kod merkantilne robe sva tehnološka svojstva. Zatim je potrebno utvrditi optimalne uvjete za što kvalitetnije skladištenje, a to se postiže skladištenjem suhe i hladne pšenice. Tijekom skladištenja žitna masa prelazi u stanje dormantnosti, odnosno stanje u kojem su svi procesi svedeni na minimum. Što je vlaga manja, a temperatura niža to je proces dormantnosti duži.

Ono što je od velike važnosti u skladištima je permanentno praćenje stanja proizvoda, kada se svakih 1-2 mjeseca uzimaju uzorci (250 g) te se mjeri vlaga, temperatura i analiziraju se štetni kukci i grinje. Nakon rezultata analiza poduzimaju se mjere za sanacije prevelike vlažnosti, odnosno suši se proizvod, a samim time dolazi i do suzbijanja šetnika. Dobro opremljeno i moderno skladište za uskladištenje pšenice trebalo bi sadržavati uređaje za: istovar, utovar, unutrašnji transport, uređaje za mjerenje temperature, uređaje za sušenje i dosušivanje, hlađenje ili aktivnu ventilaciju, uređaji za dezinfekciju, laboratorij za fizikalne, kemijske i fiziološke osobine zrna. Tijekom samog prijema pšenice u skladištima, pneumatskim ili ručnim sonadama uzimaju se uzorci, obično po dva uzorka. Jedan uzorak za analizu u laboratoriju, za određivanje vlage, hektolitarske mase i primjese, a drugi uzorak se daje proizvođaču (Kalinović, 1997.).

2.2. Populacija štetnika u skladištima

Prema faunističkim istraživanjima autora (Kalinović, Korunić 1997.) utvrđeno je 150 vrsta kukaca, 30 vrsta grinja i 3 vrste glodavca, a taj broj nije konačan. Ako uzimamo u obzir oštećenje zrna, insekti se dijele na primarne, sekundarne i mikofagne vrste, strvinare, slučajne vrste, predatore i parazite.

- **primarne vrste** oštećuju zdrava i čitava zrna žitarica, leguminoza, uljanog i drugog bilja. Smatraju se ekonomski najvažnijim kukcima i čine oko 90 % svih šteta. To su razni žišci: žitni žižak (*S. granarius* L.), rižin žižak, žitni kukuljičar i drugi, a pripadaju redu Coleoptera. Od predstavnika reda Lepidoptera pripadaju razni moljci: žitni moljac (*Sitotroga cerealella* Oliv.), bakrenasti moljac (*Plodia interpunctella* Hb.) i drugi (Kalinović, 1997.).
- **sekundarne vrste** hrane se oštećenim lomljenim i napuklim zrnom, a ponekad i cijelovitima zrnima koja imaju veći sadržaj vlage. Većinom se javljaju uz primarne vrste i često su brojniji. Tu pripadaju brašnari: surinamski brašnar (*Oryzaephilus surinamensis* L.), mali brašnar (*T. confusum* Du Val.), kestenjasti brašnar i veliki brašnar (*T. molitor* L.) koji pripadaju redu Coleoptera, a važne su i druge vrste iz reda Lepidoptera: brašneni moljac (*Ephestia kuehniella* Zell.) i drugi (Kalinović, 1997.).

2.3. Kestenjasti brašnar

Kestenjasti brašnar (slika 1.) pripada porodici Tenebrionidae – mračnjaci. Vrlo raširen štetnik u skladištima žitarica, uljarica i leguminoza. Crvene je do tamnosmeđe boje, dug 3-4 mm, dok su ličinke (slika 2.) žućkaste boje, duge 6-7 mm. Najčešće ima dvije generacije godišnje, a životni vijek odrasle jedinice traje dvije godine. Termofilni su štetnici. Ženka odlaže u prosjeku 11 jajašaca na dan, a tijekom života odloži 300-900 jajašaca. Pogoduje joj relativna vlažnost zraka od 70 % i temperatura od 32,5 °C (Ivezić, 2008.). Kestenjasti brašnar pripada skupini sekundarnih štetnika. Kada je zrno oštećeno tijekom žetve, prijenosa ili nakon aktivnosti primarnih vrsta, tada je zrno podložno napadu sekundarnih štetnika. U klasičnim uvjetima skladištenja oni ne mogu oštetiti ljusku zrna žitarica, ali mogu oštetiti cijelo zrno u uvjetima povišene vlage zrna. Kukci roda *Tribolium* češće oštećuju brašno, ali povećanjem vlage zrna iznad 12 % oštećuju i neoštećena zrna (Korunić, 1997.).

Prema Kalinović (1993.) po brojnosti nalaza na uskladištenoj pšenici i u skladištima u Republici Hrvatskoj, kestenjasti brašnar nalazi se na trećem mjestu, iza hrđastog brašnara (*Cryptolestes ferrugineus* Steph.) i žitnog kukuljičara. Prema trenutnim podacima iz baze podataka o rezistentnosti člankonožaca na pesticide (*Arthropod Pesticide Resistance Database* – www.pesticideresistance.com 15.08.2019.) kestenjasti brašnar razvio je rezistentnost na 33 različite djelatne tvari, što je daleko više od svih prijavljenih štetnika u ovoj bazi.



Slika 1. Imago kestenjastog brašnara
(Izvor: <https://www.flickr.com/photos/coleoptera-us/32875109665>)



Slika 2. Lička kestenjastog brašnara
(Izvor: http://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/beetles/red_flour_beetle.htm)

2.4. Mjere zaštite u skladištu

Zadaća zaštite bilja je očuvanje zdravstvenog stanja biljaka i proizvoda kako bi se osigurala najviša rodnost i proizvodi najbolje kakvoće, stoga je bitno poštivati propise koji reguliraju zaštitu od širenja štetočinja opasnih za biljnu proizvodnju, a isto tako i nadzor koji je organiziran na tri razine:

- **zdravstveni nadzor (sanitetski)** u proizvodnji, prometu i uskladištenju biljnih proizvoda,
- **stručni nadzor** ovlaštenih institucija u području proizvodnje, prometu, uskladištenju do potrošnje biljnih proizvoda,
- **inspekcijski nadzor.**

Važno je gubitke smanjiti na minimum, uglavnom praćenjem situacije i poduzimanjem mjera od vremena sjetve, tijekom vegetacije uz stručni nadzor, sve do prijema robe pa do njene predaje u skladište, te prerade i potrošnje. U skladištima se primjenjuju preventivne i kurativne mjere zaštite uskladištenih proizvoda. Preventivne su one mjere koje obuhvaćaju sve mjere koje sprječavaju pojavu skladišnih štetnika, dok kurativne mjere podrazumjevaju suzbijanje postojećih štetnih organizama u skladištu. Pored ove podjele, mjere zaštite se mogu podijeliti i u sljedeće skupine: higijenske, fizikalne, mehaničke, biološke, biotehničke, kemijske i zakonske mjere. Kemijski insekticidi su učinkoviti, ali njihova česta i neadekvatna primjena dovodi do razvoja rezistentnih populacija kukaca, onečišćuje se okoliš i prisustvo rezidua dovodi u pitanje zdravstvenu ispravnost tretiranih proizvoda. Kako se sve više povećava zabrinutost uslijed štetnog djelovanja kemijskih pesticida kombiniraju se fizikalne, mehaničke i biološke mjere zajedno s kemijskim mjerama, Osim primjene visoke i niske temperature u fizikalne mjere svrstava se uporaba inertnih prašiva (Korunić, 1993.).

2.4.1. Inertna prašiva

Više od 50 % vode nalazi se u tijelu kukca, gubitak vode iz tijela sprječava voštani sloj na površini tijela, koji se nalazi iznad kutikule. Kada se taj sloj ošteti kukac gubi vodu i dolazi do uginuća uslijed dehidracije. Inertna prašiva su sredstva koja dovode do oštećenja voštanog sloja štetnika (Barčić i Maceljki, 2002.). Taj efekt koji se naziva i „Zacherov efekt“ proučili su i opisuju ga autori Zacher i Kunike (1931.) (Korunić, 2016.). Inertna prašiva sadrže amorfnе silikate koji apsorbiraju vosak ili sadrže čestice oštarih rubova koji mehanički oštećuju voštani sloj na kutikuli. U oba slučaja kukac gubi vlagu iz tijela i zbog dehidracije ugiba. Skladišni štetnici ugibaju kada im sadržaj vlage padne ispod 32-34 % (Barčić i Maceljki, 2002.).

Inertna prašiva se s obzirom na kemijski sastav, djelovanje na kukce i fizikalna svojstva dijele u nekoliko grupa prema Maceljki i Korunić (1972.)

- **prirodni minerali:**

1. silikati (bentonit, pirofilit – aluminiјev silikat, talk magnezijev silikat, diјatomeјska zemlja (DZ) s više od 80 % siliciјevog dioksida),
2. karbonati (kreda, kalcit – kalcijev karbonat).

- **umjetna prašiva:**

1. silika gelovi,
2. industriјski međuproizvodi (nastali pranjem šećerne repe kao saturaciјski mulј, a poslije sušenјa sadrže više od 80 % kalcijevog karbonata i oko 10 % organske tvari, magnezija, fosfora i kalija).

Prema novijem istraživanju Korunić (2016.) navodi da postoji podjela u četiri grupe:

1. grupa sadrži glinu, pepeo, lјuske riže, pјesak, drveni pepeo i vulkanski pepeo;
2. grupa sadrži različite minerale kao što su dolomit, bakar, magnezit, krute fosfate, natriјev klorid (sol) i kalcijev karbonat;
3. grupa sadrži prašiva na bazi sintetskog siliciјevog dioksida koji su proizvedeni sušenјem vodene otopine natriјevog silikata;
4. grupa sadrži prirodni siliciјev oksid (amorfni). U ovu grupu se ubraја i zeolit (alkalni metalni aluminiјski silikati) koji ima slična fizikalna svojstva kao diјatomeјska zemlja.

2.4.2. Dijatomejska zemlja (DZ)

Dijatomejska zemlja je geološki depozit nastao od mrtvih tijela (fosilizirani ostaci) jednostaničnih biljnih organizama, dijatoma, odnosno algi. Dijatomejska zemlja je vjerojatno najdjelotvornije prirodno prašivo koje se može rabiti kao insekticid. Lomljenjem i meljavom ona prelazi u sitni, fini prah poput talka. Sitne čestice, dijelovi dijatoma zalijepe se za tijelo kukca i fizikalnim snagama, uglavnom sorpcijom i pomalo abrazijom oštećuju voštani sloj kukca. Kroz oštećenja na tijelu kukci gube vlagu, te nakon određenog vremena radi isušivanja, odnosno dehidracije dolazi do ugibanja. Drugi način na koji djeluje dijatomejska zemlja je u obliku prašine koja odbije insekte, kao repelent. Djelatna tvar je je amorfnu silicijev dioksid. Istraživan je utjecaj dijatomejske zemlje iz raznih geoloških depozita. Analiza rezultata pokazuje pravilnosti s obzirom na osjetljivost vrsta kukaca na dijatomejsku zemlju. Pa prema osjetljivosti od najosjetljivijeg do najotpornijeg, na istoj vrsti zrnate robe (pšenici) je hrđasti brašnar, surinamski brašnar, žitni žižak, rižin žižak, kestenjasti brašnar, žitni kukuljičar i veliki kukuljičar (*Prostephanus truncatus* Horn.) (Korunić, 1994.).

Liška i sur. (2015.) proveli su istraživanje o potencijalu hrvatskih dijatomejskih zemalja kao zaštitnog sredstva za uskladištene žitarice protiv tri važna štetnika. Cilj istraživanja bio je utvrditi potencijalnu insekticidnu učinkovitost u nekoliko hrvatskih dijatomejskih zemalja protiv rižinog žižka, kestenjastog brašnara i žitnog kukuljičara, te usporediti rezultate s američkim standardom dijatomejskom zemljom Celatom Mn-51[®]. Celatom Mn-51[®] pripada grupi dijatomejskih zemalja sa srednjom do povećanom učinkovitosti za skladišne štetnike poljoprivrednih proizvoda. Šest uzoraka je prikupljeno s različitih lokacija u Hrvatskoj, te se pratila ekspozicija nakon 7 i 14 dana. Gdje je jedan od Hrvatskih uzoraka pod nazivom MA-4 pokazao čak 100 %-tni mortalitet nakon 14 dana ekspozicije na rižinom žišku, a 99 %-tni mortalitet na kestenjastom brašnar. U svim tretmanima učinak ovog uzorka MA-4 bio je u istom rangu s američkim standardom Celatom Mn-51[®] (slika 3.). Ostalih pet uzoraka Hrvatske dijatomejske zemlje pokazalo je značajno niži učinak ovisno o lokaciji uzetog uzorka. Ovi rezultati pokazuju da Hrvatski depoziti dijatomejske zemlje imaju dobro i obećavajuće djelovanje na testirane štetnike. (Rozman, 2015.).

Istraživanja u Pakistanu proveo je Wakil (2015.), a tema je bila kombinacija različitih formulacija dijatomejske zemlje protiv ličinki i odraslog oblika kestenjastog brašnara na zrnu pšenice. Provedena su laboratorijska istraživanja za procjenu insekticidnog učinka jedne pojačane i dvije komercijalno dostupne dijatomejske zemlje na zrno pšenice protiv

ličinki i odraslih oblika kestenjastog brašnara. Tri dijatomejske zemlje od kojih je jedna poboljšana s abamektinom, a ostale su SilicoSec® i Protect-It® primjenjene kao same ili u raznim kombinacijama, pri temperaturi od 28-32 °C i vlazi zraka od 60-65 %. Mortalitet se bilježio nakon 7 i 14 dana ekspozicije, a zabilježena je i pojava potomstva. Na mortalitet ličinki i odraslih je značajno utjecala vrsta dijatomejske zemlje i koncentracija. Dijatomejska zemlja s abamektinom je znatno jače djelovala od komercijalnih formulacija SilicoSec® (slika 4.) i Protect-It®. Čak je i potisnula stvaranje novog potomstva za razliku od ove dvije komercijalne dijatomejske zemlje.



Slika 3. Dijatomejska zemlja Celatom Mn-51®
(izvor: D. Lončar)



Slika 4. Dijatomejska zemlja SilicoSec®
(izvor: D. Lončar)

2.5. Alternativni insekticidi

Nehaoua i sur. (2015.) istraživali su o povećanju insekticidnog učinka inertnih prašiva protiv skladišnih štetnika u žitaricama uz kombiniranu primjenu eteričnih ulja, istražuju o inertnim prašivima poput kaolina i praha dijatomejske zemlje uz dodatke eteričnih ulja aromatičnih biljaka. Navedena sredstva najprivlačnija su alternativa tradicionalnim kemijskim insekticidima. Inertna prašiva i esencijalna ulja su ekološki prihvatljiva i slabo toksični za sisavce. Osim toga dokazano je da štetočine mogu razviti otpornost na inertna prašiva. U nedavnim istraživanjima dokazano je da kombinacija eteričnih ulja aromatičnih biljaka može povećati insekticidni učinak inertnih prašiva. Takav učinak mogao bi biti rezultat kombiniranog fizičkog djelovanja inertnih prašiva na kutikulu i mogućeg neurotoksičnog djelovanja eteričnih ulja. Ortogonalnom analizom pokazano je da je djelovanje inertnih prašiva veće kada se koristi u kombinaciji s eteričnim uljima. Ti rezultati pokazuju da se kombinacijom inertnih prašiva i eteričnih ulja uvelike povećava insekticidni učinak inertnih prašiva, a smanjuju se troškovi upravljanja uskladištenim žitaricama.

U zaštiti bilja se još koriste i aromatične biljne vrste, kao prah ili kao eterična ulja ili kao biljni ekstrakti, a istražuju se u svrhu kako bi se manje primjenjivali sintetički insekticidi. Utvrđena je učinkovitost četiri eterična ulja biljaka: geranijuma (*Polygonium graveolens*), palme (*Cymbopogon martini*), limuna (*Cytrus winterianus*) i limunske trave (*Cytrus flexuosus*) protiv rižinog moljca, a ispitao je autor Bhargava (1996.) Postignuta je toksičnost upotrebom sve četiri vrste eteričnih ulja, dozom od 0,47-1,95 ml⁻¹. Zatim autori Obeng-Ofori i dr. (1996.) ispitali su djelotvornost nativne biljne vrste u Indiji ocimum (*Ocimum spp.*) iz koje su ekstrahirana tri biljna ulja cineol, eugenol i kamfor. Obavljeno je na kukce u skladištima pšenice i kukuruza. Dokazali su da su sva tri eterična ulja imaju visoku insekticidnu učinkovitost na istraživane kukce (žitni žižak, kukuruzni žižak i veliki kukuljičar). Mortalitet je ustanovljen nakon ekspozicije od 24 h. Repelentnost eugenola i kamfora uočena je u 80-100 % slučajeva. Zatim kao protektanti u skladištima stočne hrane su se proučavala ulja kokosa, lješnjaka, senfa i soje protiv kineskog žiška (Signal i Mahla, 1996.). Rezultati dvogodišnjeg istraživanja pokazuju da je tretiranjem sjemenki dozom od 5 i 7,5 ml kg⁻¹ tijekom 2, 4, 6 i 8 mjeseci značajno smanjilo oštećivanje sjemenki od štetnika. Dobru insekticidnu učinkovitost praha i uljnog ekstrakta ružmarina (*Rosmarinus officinalis*), lavande (*Lavandula officinalis*), lovora (*Laurus nobilis*) i majčine dušice (*Thymus vulgaris*) na grahovog (*Acanthoscelides obtectus*) i žitnog žižka, istraživali su Kalinović i dr. (1997.) a najbolje se pokazao uljni ekstrakt lavande dozom od 0,1 ml kg⁻¹ graha (Korunić, 1997.).

2.5.1. Insekticidna učinkovitost carske paulovnije

Carska paulovnja (slika 5.) je listopadno stablo iz porodice Paulowniaceae. Invazivna je vrsta, koja je došla u Hrvatsku prije nekoliko godina te je postala vrlo popularna. Koristi se za izradu luksuznog namještaja, furnira, ploča, kao sirovina za papir i biološka goriva. U svijetu je poznata kao: „najbrže rastuće drvo“. Paulovnja ima medonosna svojstva, jer u jednoj sezoni posađena na jednom hektaru površine daje između 900 i 1000 kg nektara. Koriste se još i nusproizvodi kao što je peletirana stočna hrana od lišća, koja se daje domaćim životinjama u dohrani.

Istraživanja koja je proveo Lucić (2018.) pokazuju da je slaba učinkovitost carske paulovnije kao prašiva u suzbijanju skladišnih štetnika na pšenici. Kod žitnog kukuljičara prašivo carske paulovnije u najvećim dozama i pri najduljim ekspozicijama pokazuje mortalitet od tek 1 %, zatim kod rižinog žiška tek pri najduljoj ekspoziciji i najvećoj dozi od 8000 mg kg⁻¹ pokazuje mortalitet od 5 % što je i dalje premalo za uspješno suzbijanje rižinog žiška. Kod kestenjastog brašnara zabilježen je mortalitet tek od 0,5 % nakon 4 dana ekspozicije pri najmanjoj dozi od 2000 mg kg⁻¹, a povećanjem doze mortalitet se nije mijenjao. Istraživanja su provedena i na građevinskim površinama (keramika, obrađeno drvo, neobrađeno drvo i staklo) gdje je ekstrakt carske paulovnije postigao najviši mortalitet od 5 % pri ekspoziciji od 48 h na staklenoj površini, dok na drugim građevinskim površinama nije zabilježen statistički značajan mortalitet ni pri ekspoziciji od 48 h.



Slika 5. Osušeni list carske paulovnije
(izvor: D. Lončar)

3. Materijal i metode

3.1. Materijal rada

Istraživanje je provedeno na Fakultetu agrobiotehničkih znanosti u Osijeku tijekom 2019. godine u Laboratoriju za poslijehetvene tehnologije Zavoda za fitomedicinu.

U sklopu istraživanja za diplomski rad provedeno je sljedeće:

- uzgoj F1 generacije testnog kukca kestenjastog brašnara;
- laboratorijsko istraživanje insekticidne učinkovitosti prašiva i ekstrakta lista carske paulovnije u suzbijanju kestenjastog brašnara na pšenici;
- laboratorijsko istraživanje insekticidne učinkovitosti dijatomejske zemlje SilicoSec® i Celatom Mn-51® u suzbijanju kestenjastog brašnara na pšenici.

Biljni materijal sakupljen je na području Osječko-baranjske županije, a osušen je pri laboratorijskim uvjetima.



Slika 6. Cilindrični mlin Retsch PM 100®
(izvor: D. Lončar)



Slika 7. Mlin IKA tube mill 8829
(izvor: D. Lončar)



Slika 8. Sterilizator PN 400
(izvor: D. Lončar)



Slika 9. F1 generacije testnog štetnika
(izvor: D. Lončar)

3.2. Metode rada

3.2.1. Uzgoj testnih kukaca

Uzgoj testnih kukaca F1 generacije (slika 9.) obavljen je u kontroliranim uvjetima pri temperaturi od 29 ± 1 °C, pri relativnoj vlazi zraka 70-80 % u klima komori. Korištene su odrasle jedinke starosti 7-21 dan. Kao uzgojni medij korištena je pšenica s 14 % vlage. Pšenica je prosijana kroz sito promjera 2,0 mm (slika 10.) te sterilizirana u sušioniku na 60 °C (slika 8.) u vremenskom periodu od jednog sata. Sterilizacija je postupak kojim se potpuno odstranjuju svi mikroorganizmi i njihove spore s predmeta, instrumenta ili materijala. Sadržaj vlage pšenice izmjereno je uređajem Dickey-John® GAC 2100. U staklene posude volumena 750 ml stavljano je 300 g pšenice te je introducirano 200 odraslih jedinki kestenjastog brašnara oba spola različite starosti. Posude su zatvarane perforiranim poklopcima. Nakon kopulacije od 7 dana, roditelji su uklonjeni (slika 11.) iz uzgojne podloge, a nakon 63. dana se pojavljuju prve odrasle jedinke F1 generacije, koje su se koristile u istraživanju.



Slika 10. Prosijavanje pšenice
(izvor: D. Lončar)



Slika 11. Odvajanje štetnika po vrstama
(izvor: D. Lončar)

3.2.2. Priprema inertnih prašiva SilicoSec® i Celatom Mn-51®

Inertna prašiva prvo su prosijana kroz sito od 45 μm (slika 12.) da bi se dobile što finije čestice praha. U staklene posude volumena 200 ml stavljano je po 100 g sterilne pšenice s 3 % loma pšenice, nakon čega su posude zatvorene s perforiranim poklopcima te ručno protresene 60 s. Nakon toga introducirano je 20 odraslih jedinki po tretmanu. Svi tretmani su postavljeni u četiri ponavljanja te je postavljen i kontrolni tretman. Staklene posude su odložene u kontrolirane uvjete (29 ± 1 °C, rvz 70-80 %). U pokusu su korištene tri različite doze za svaku dijatomejsku zemlju: 250, 500 i 700 mg kg^{-1} . Mortalitet je očitavan nakon 7. i 14. dana ekspozicije.



Slika 12. Priprema inertnih prašiva
(izvor: D. Lončar)



Slika 13. Vaga za odvagu inertnih prašiva
(izvor: D. Lončar)

3.2.3. Postupak s prašivom carske paulovnije

Nakon sušenja biljne mase, pristupljeno je mljevenju suhog lista carske paulovnije. Meljava suhe mase obavljena je kugličnim mlinom Retsch PM 100[®] (slika 6.). Dobiveno prašivo carske paulovnije dodatno je prosijano kroz sito otvora od 150 μm (slika 14.). U istraživanju korištene su tri doze prašiva carske paulovnije: 2 500, 5 000 i 10 000 mg kg^{-1} .

U staklene posude volumena 200 ml stavljano je 100 g sterilne pšenice s 3 % loma pšenice, te su prekrivene perforiranim poklopcima i ručno promiješane u trajanju od 60 s. Nakon toga je introducirano 20 jedinki po tretmanu. Posude su stavljane u kontrolirane uvjete u klima komore (29 ± 1 °C, rvz 70-80 %). Očitanje mortaliteta vršilo se nakon 7. i 14. dana ekspozicije.

Ekstrakti carske paulovnije u istraživanju:

- **alkoholni ekstrakt** – omjer prašiva i alkohola (2-propanol) je 4:5;
- **vodeni ekstrakt** – omjer prašiva i vode je 1:4;
- **kombinacija alkoholnog i vodenog ekstrakta** – omjer je 1:1.

Razlog navedenih omjera kod alkoholnog i vodenog ekstrakta je dobivanje tzv. mekane paste (slika 15.) koja se prosijavala kroz mlinsko platno. Gotovi ekstrakti su aplicirani pri dozi od 200 μl na 100 g pšenice. Uzeto je po 100 g sterilne pšenice u svaku staklenu posudu s 3 % loma pšenice. Za primjenu ekstrakata korištena je Kartell mikropipeta. Nakon postavljanja pokusa posude su stavljene u kontrolirane uvjete (29 ± 1 °C, rvz 70-80 %). Očitanje mortaliteta vršilo se nakon 7. i 14. dana ekspozicije.



Slika 14. Prašivo carske paulovnije
(izvor: D. Lončar)



Slika 15. Cjeđenje ekstrakta
(izvor: D. Lončar)

4. Rezultati

U tablici 1. prikazano je insekticidno djelovanje carske paulovnije na kestenjastog brašnara. U kontroli pokusa, najmanjoj i srednjoj dozi (2 500 i 5 000 mg kg⁻¹) nije postignut mortalitet. Tek nakon 7. dana ekspozicije na pšenici pri najvećoj dozi 10 000 mg kg⁻¹ postignut je mortalitet, ali i ne statistički značajno viši u odnosu na niže doze. Statistički značajan mortalitet postignut je tek nakon 14. dana ekspozicije na pšenici pri najvećoj dozi (10 000 mg kg⁻¹) u odnosu na niže doze. Produljenjem ekspozicije mortalitet se nije značajno mijenjao.

Tablica 1. Insekticidno djelovanje prašiva carske paulovnije na kestenjastog brašnara nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici

Tretman	Doza (mg kg ⁻¹)	Mortalitet (%)±StD ^{1,2}		F	P
		Ekspozicija			
		7. dan	14. dan		
Carska paulovnja	0	0,0±0,00 aA	0,0±0,00 aA	0,00	<.0000
	2500	0,0±0,00 aA	0,0±0,00 aA	0,00	<.0000
	5000	0,0±0,00 aA	0,0±0,00 aA	0,00	<.0000
	10000	2,5±2,88 aA	10,0±5,77 bA	5,40	<.0747
	F	0,00	0,00		
	P	<.0000	<.0000		

¹Prosječne vrijednosti u istoj koloni pri istoj ekspoziciji označene istim malim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

²Prosječne vrijednosti u istom redu pri istoj dozi pojedinog tretmana označene istim velikim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

U tablici 2. prikazano je insekticidno djelovanje prašiva Celatom Mn-51[®] i SilicoSec[®] na kestenjastog brašnara. DZ Celatom Mn-51[®] je postigao statistički značajno viši mortalitet pri najvišoj dozi (750 mg kg⁻¹) nakon 7. dana ekspozicije na pšenici u odnosu na ostale doze, osim srednje doze (500 mg kg⁻¹). Pri najvišoj dozi (750 mg kg⁻¹) postignut je statistički značajno viši mortalitet i nakon 14. dana ekspozicije, u odnosu na ostale doze i kontrolni tretman. Produljenjem ekspozicije mortalitet se samo značajno mijenjao pri najvišoj dozi. DZ SilicoSec[®] je postigla statistički značajno viši mortalitet nakon 7. dana ekspozicije pri najvišoj dozi (750 mg kg⁻¹). Srednja doza (500 mg kg⁻¹) je postigla statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kontrolu, dok nije u odnosu s najnižom dozom. Produljenjem ekspozicije mortalitet se značajno mijenjao pri dozama od 500 i 750 mg kg⁻¹.

Tablica 2. Insekticidno djelovanje inertnih prašiva Celatom Mn-51[®] i SilicoSec[®] na kestenjastog brašnara nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici

Tretman	Doza (mg kg ⁻¹)	Mortalitet (%)±StD ^{1,2}		F	P
		Ekspozicija			
		7. dan	14. dan		
Celatom Mn-51 [®]	0	0,0±0,00 aA	0,0±0,00 aA	0,00	<.0000
	250	2,5±2,88 aA	2,5±2,88 aA	0,00	1.0000
	500	11,2±11,09 abA	17,5±5,00 bA	1,06	<.3437
	750	22,5±8,66 bA	55,0±10,80 cB	22,04	<.0033
	F	8,03	68,67		
	P	<.0033	<.0001		
SilicoSec [®]	0	0,0±0,00 aA	0,0±0,00 aA	0,00	<.0000
	250	3,7±2,50 aA	12,5±11,90 abA	2,07	<.2002
	500	12,5±8,66 aA	32,5±10,41 bB	8,73	<.0255
	750	51,2±19,31 bA	81,25±13,15 cB	6,60	<.0424
	F	19,47	48,29		
	P	<.0001	<.0001		

¹Prosječne vrijednosti u istoj koloni pri istoj ekspoziciji označene istim malim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

²Prosječne vrijednosti u istom redu pri istoj dozi pojedinog tretmana označene istim velikim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

Rezultati insekticidnog djelovanja ekstrakta carske paulovnije na kestenjastog brašnara prikazani su u tablici 3. nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici. Primijenjen je posebno vodeni ekstrakt (ekstrakt 1), kombinacija vodenog i alkoholnog ekstrakta carske paulovnije u omjeru 1:1 (ekstrakt 2) i alkoholni (2-propanol) ekstrakt carske paulovnije (ekstrakt 3). Statistički značajan mortalitet postignut je nakon 7. dana ekspozicije (58,7 %) s alkoholnim ekstraktom (Ekstrakt 3), a nakon 14. dana ekspozicije mortalitet je povećan, ali ne statistički značajno. Vodeni ekstrakt i kombinacija vodenog i alkoholnog ekstrakta postižu mortalitet tek nakon 14. dana ekspozicije te su statistički značajno niži u odnosu na alkoholni ekstrakt.

Tablica 3. Insekticidno djelovanje ekstrakta carske paulovnije na kestenjastog brašnara nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici

Tretman ³	Doza (ml kg ⁻¹)	Mortalitet (%)±StD ^{1,2}		F	P
		Ekspozicija			
		7. dan	14. dan		
Ekstrakt 1	2	0,0±0,00 aA	3,7±4,79 aA	2,45	<.1682
Ekstrakt 2	2	0,0±0,00 aA	3,7±4,79 aA	2,45	<.1682
Ekstrakt 3	2	58,7±33,26 bA	61,2±30,92 bA	0,01	<.9159
	F	12,48	13,20		
	P	<.0025	<.0021		

¹Prosječne vrijednosti u istoj koloni pri istoj ekspoziciji označene istim malim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

²Prosječne vrijednosti u istom redu pri istim tretmanom označene istim velikim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

³Ekstrakt 1 = vodeni ekstrakt carske paulovnije; Ekstrakt 2 = kombinacija vodenog i alkoholnog ekstrakta carske paulovnije pri omjeru 1:1; Ekstrakt 3 = alkoholni ekstrakt (2-propanol) carske paulovnije

5. Rasprava

Rezultati istraživanja ukazuju na insekticidno djelovanje carske paulovnije i dijatomejske zemlje na kestenjastog brašnara. Mortalitet je ovisio o dužini ekspozicije i primijenjenim dozama. Kod prašiva carske paulovnije nakon 7. dana ekspozicije utvrđen je tek nešto mali mortalitet (2,5 %) kod najveće doze prašiva. Dok je nakon 14. dana ekspozicije postignut značajno viši mortalitet (10,0 %) u odnosu na ekspoziciju od 7 dana. Prašivo carske paulovnije je postiglo zadovoljavajući mortalitet tek pri najvišoj dozi i pri najduljoj ekspoziciji.

Autor Lucić (2018.) testirao je insekticidnu učinkovitost biljnih prašiva na tri važna štetnika u skladištima na pšenici. Na žitnog kukuljičara izraženo djelovanje je postiglo samo prašivo lavandina (*Lavandula x intermedia*), najviši mortalitet postignut je pri najvećoj dozi (8 000 mg kg⁻¹) nakon samo 4. dana ekspozicije, dok tretmani s prašivom carske paulovnije, ljekovite kadulje (*Salvia officinalis* L.), ljekovitog matičnjaka (*Melisa officinalis* L.), poljskog maka (*Papaver rhoeas* L.), vrtnog mažurana (*Origanum majorana* L.) i velikog rosopasa (*Chelidonium majus* L.) nisu pokazali značajan mortalitet ni pri najvišoj dozi niti pri najduljoj ekspoziciji u odnosu na kontrolu, tek kod tretmana s prašivom poljskoga maka dobiven je statistički značajan mortalitet u odnosu na kontrolu pokusa pri najvišoj dozi (8 000 mg kg⁻¹). U suzbijanju rižinog žiška primijenjeni tretmani s biljnim prašivima nisu pokazali mortalitet u odnosu na kontrolni tretman, tek nakon 7. dana ekspozicije postignut je statistički značajan mortalitet pri najvećoj dozi (8 000 mg kg⁻¹) kod biljnog prašiva poljskoga maka. Djelovanje biljnih prašiva na kestenjastom brašnaru nisu ukazala na promjene u mortalitetu ni pri najvećoj dozi niti pri najduljoj ekspoziciji. Insekticidno djelovanje kod određenih vrsta se tek manifestira pri duljim ekspozicijama.

Kod primjene dijatomejske zemlje Celatom Mn-51[®] povećanjem doze i mortalitet se povećavao. Pri dozi od 250 mg kg⁻¹ mortalitet je iznosio 2,5 % nakon 7. dana ekspozicije te nije statistički značajan u odnosu na 14. dan ekspozicije pri istoj dozi. Doza od 500 mg kg⁻¹ je postigla mortalitet od 11,2 % nakon 7. dana ekspozicije, a nakon 14. dana ekspozicije 17,5 %. Najviša doza (750 mg kg⁻¹) pokazala se najboljom, a koja je postigla mortalitet od 22,5 % nakon 7. dana, a nakon 14. dana ekspozicije postignut je mortalitet od 55,0 %. Veća insekticidna učinkovitost je očekivana nakon 14. dana u usporedbi na 7. dana ekspozicije s obzirom na sorpcijsko djelovanje prašiva na kukce (Korunić, 2010.). Potrebno je određeno vrijeme kako bi čestice dijatoma, sorpcijom i djelomično abrazijom oštetile voštani sloj kutikule kukaca. Posljedica je da kukac gubi vodu iz tijela i nakon određenog vremena ugiba

od isušivanja (Ebeling, 1971.; Korunić, 2010.). Drugi način na koji djeluje dijatomejska zemlja je repelentno djelovanje. Djelatna tvar je je amorfni silicijev dioksid (Korunić 2015.). Dijatomejska zemlja SilicoSec[®] je bolje rezultate pokazala u svim primijenjenim dozama nakon 14. dana ekspozicije u usporedbi s primijenjenim dozama nakon 7. dana ekspozicije u odnosu na Celatom Mn-51[®]. Očekivano manji mortalitet je pokazala doza od 250 mg kg⁻¹ koja je uzrokovala svega 3,7 % mortaliteta nakon 7. dana, te mortalitet od 12,5 % nakon 14. dana ekspozicije. Povećanjem doze na 500 mg kg⁻¹ nakon 7. dana se nije povećao mortalitet u usporedbi s manjom dozom od 250 mg kg⁻¹, tek nakon 14. dana pri dozi od 500 mg kg⁻¹ se mortalitet povećao na 32,5 % . Očekivano najbolja se pokazala najviša doza (750 mg kg⁻¹) koja je uzrokovala mortalitet od 51,2 % nakon 7. dana ekspozicije, te 81,25 % nakon 14. dana ekspozicije. Wakil (2015.) za procjenu insekticidnog učinka navodi da kombinacijom različitih formulacija dijatomejske zemlje protiv ličinki i odraslog kestenjastog brašnara na pšenici, formula koja je bila poboljšana abamektinom za razliku od dvije komercijalno dostupne dijatomejske zemlje SilicoSec[®] i Protect-It[®] znatno je jače djelovala, čak je i potisnula stvaranje novog potomstva. Abamektin je akaricid i insekticid kontaktnog i želučanog djelovanja, štetnici koji su u kontaktu s ovom djelatnom tvari ili ju unesu u organizam postaju nepokretni i za 2-4 dana uginu. Primjenom ekstrakta nisu postignute statistički značajne razlike između ekstrakta 1 i ekstrakta 2, tek nakon 14. dana ekspozicije povećao se mortalitet kod ekstrakta 3, gdje je nakon 7. dana ekspozicije zabilježen mortalitet od 58,7 %, ali statistički nije značajno različit u odnosu na 14. dan ekspozicije, gdje je iznosio 61,2 %. Istraživanja koja su proveli znanstvenici (Dissanyaka i sur., 2018.) vezano za orijentaciju odraslih jedinki kestenjastog brašnara u prisustvu prehrambenih ulja i feromona, najveći ulov zamke pokazao se na udaljenosti do 60 cm od feromona uz prisutnost protoka zraka, dok su ulja botaničkog porijekla bolje privukla jedinke kestenjastog brašnara nego ulja životinjskog porijekla. Može se zaključiti da orijentacija odraslih jedinki kestenjastog brašnara varira o udaljenosti od feromona, strujanju zraka i prirodi prehrambenih ulja. Hassan i sur. (2015.) su istraživali repelentni, toksični učinak, učinak odvrćanja od hrane i inhibiciju rasta s pet različitih biljnih ekstrakta u različitim životnim fazama kestenjastog brašnara. Za istraživanja su koristili: Očenašicu (*Melia azedarach* L.), sirijsku rutvicu (*Peganum harmala* L.), salsolu (*Salsola baryosma* Schult.), nim (*Azadirachta indica* A.Juss.) i đumbir (*Zingiber officinale* Roscoe). Najviši mortalitet zabilježen je kod nima, a minimalan mortalitet kod đumbira, zbog svojih ljekovitih svojstva. Nadalje nim je pokazao i najveći repelentni učinak za razliku od ostalih. Najveće odvrćanje od hranjenja bilo je kod salsole (90,15 %). Kod inhibicije rasta najučinkovitijim se pokazao

nim, s najmanjim brojem ličinki (32,67 %), dok je kod đumbira bio najviši broj nastalih ličinki (75,00 %). Ostala tri biljna ekstrakta su imala umjerenu inhibiciju rasta. Sveukupno se pokazalo da je nim bio najučinkovitiji, dok je ekstrakt đumbira najmanje djelotvoran u borbi protiv kestenjastog brašnara. Nehaova i sur. (2015.) istraživali su povećanje insekticidnog učinka inertnih prašiva protiv skladišnih štetnika uz kombiniranu primjenu eteričnih ulja. S obzirom da štetnici mogu razviti otpornost na inertna prašiva, dokazano je da kombinacija s eteričnim uljima može povećati insekticidni učinak inertnih prašiva. Takav učinak mogao bi biti rezultat kombiniranog fizičkog djelovanja inertnih prašiva na kutikulu i mogućeg neurotoksičnog djelovanja eteričnih ulja. Rezultati pokazuju da se kombinacijom inertnih prašiva i eteričnih ulja uvelike povećava insekticidni učinak, a smanjuju se troškovi upravljanja uskladištenim žitaricama.

6. Zaključak

Prema rezultatima provedenog istraživanja insekticidnog utjecaja dijatomejske zemlje, prašiva i ekstrakta carske paulovnije (*P. tomentosa*) na kestenjastog brašnara (*T. castaneum*) mogu se donijeti slijedeći zaključci: Ovisno o primijenjenoj dozi i ekspoziciji istraživanja su pokazala različito insekticidno djelovanje za svaki tretman. Dok u kontrolnim tretmanima nije utvrđen mortalitet. Povećanjem doze, te povećanjem dana ekspozicije se povećavao i mortalitet. Pa je tako prašivo carske paulovnije pokazalo nezadovoljavajući mortalitet, tek nakon 14. dana ekspozicije bilježi se mortalitet od 10 % u odnosu na ekspoziciju nakon 7. dana gdje je zabilježen tek nešto manji mortalitet kestenjastog brašnara (2,5 %).

Inertna prašiva bila su učinkovitija od prašiva carske paulovnije. Najmanja doza je bila učinkovita nakon 7. dana ekspozicije. Ovisno o primijenjenoj dozi dijatomejske zemlje Celatom Mn-51[®] mortalitet kestenjastog brašnara se kretao od 2,5 %, 11,2 % te 22,5 % nakon 7 dana, odnosno od 2,5 %, 17,5 % i 55,0 % nakon 14. dana ekspozicije. Inertno prašivo SilicoSec[®] se pokazao učinkovitijim s povećanjem doze u usporedbi s Celatom Mn-51[®] što se može vidjeti u postotku kod primjene najveće doze i pri najduljoj ekspoziciji od 14 dana te iznosi 81,25 % . Od ekstrakata najbolje se pokazao alkoholni ekstrakt (2-propanol) carske paulovnije koji je ostvario mortalitet od 58,7 % nakon 7. dana, odnosno 61,2 % nakon 14. dana ekspozicije. Manje učinkoviti su bili ekstrakt 1 i ekstrakt 2, tek nakon 14. dana ekspozicije s 3,7 % na kestenjastog brašnara.

Ovi rezultati istraživanja ukazuju na to da postoji insekticidni potencijal carske paulovnije u suzbijanju skladišnih štetnika s povoljnim insekticidnim svojstvima te da je moguće poboljšati primjenu biljnih prašiva koja su ekološki prihvatljivija i neotrovnost za toplokrvne organizme. Potrebno je proširiti istraživanje na druge vrste skladišnih štetnika te istražiti utjecaj navedenih tretmana na inhibiciju potomstva.

7. Popis literature

1. Barčić, J., Maceljčki, M. (2001.): Ekološki prihvatljiva zaštita bilja od štetnika, Zrinski d.d., Čakovec 2001. 169-172.
2. Dissanyaka, M., Dissanyaka, S. K., Sammani, A. M. P., Wiyaratne, L. K. V. (2018.): The orientation of *Tribolium Castaneum* adults in the presence of aggregation pheromone 4,8-Dimethyldecanal and food oils. Proceedings of the 12th International Working Conference on Stored Product Protection (IWCSPP), Berlin, Germany. 127.
3. Ebeling, W. (1971.): Sorptive dust for pest control. Annals Review Entomology. Stored Product Research 35, 175-182.
4. Hamel, D. (1997.): Štetnici zrna žitarica – biologija, ekologija, suzbijanje. Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Zbornik radova. Malinska 1997.
5. Hassan, M., Sagheer, M., Quereshi, M. S., Muntana, S., Kanwal, S., Ali, Q., Ali, K., Khan, F.Z.A. (2015.): The entomocidal and growth inhibitory impact of three formulations of diatomaceous earth in combination with essential oils of *Allium sativum* and *Azadirachta indica* against *Rhyzopertha dominica* (F.). 10th Conference on Integrated Protection of Stored Products IPSP 2015. IOBC/wprs. Program and Book of Abstracts. 28.
6. Ivezić, M., (2008.): Entomologija, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Grafika d.o.o Osijek 2008. 169.
7. Kalinović, I., (1993.): Štetnici u našim skladištima i mogućnosti njihovog suzbijanja. Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Zbornik radova. Stubičke Toplice, 1993. 1-7.
8. Kalinović, I., (1997.): Skladištenje i osnove tehnologije ratarskih proizvoda. Interna skripta za studente Poljoprivrednog fakulteta, Biblioteka Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku. 3-5, 43-44.
9. Kalinović, I., (1997.): Rezultati novijih istraživanja u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Zbornik radova, Malinska, 1997. 23-33.
10. Korunić, Z., (1993.): Seminar o ekološki prihvatljivoj zaštiti uskladištenih žitarica; ZUPP: Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda; Zbornik radova, Tiskara STUBA Zagreb, Stubičke Toplice 1993. 83-87.

11. Korunić, Z., (1994.); Seminar o ekološki prihvatljivoj zaštiti uskladištenih žitarica; ZUPP: Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda; Zbornik radova, Tiskara STUBA Zagreb, Novi Vinodolski 1994. 1-12, 15-20, 136-148.
12. Korunić, Z., (1997.): Seminar o ekološki prihvatljivoj zaštiti uskladištenih žitarica; ZUPP: Zaštita uskladištenih poljoprivrednih proizvoda; Zbornik radova, Tiskara Puljko Zagreb, Malinska 1997. 5-6, 23-31.
13. Korunić, Z. (2007.): The effect of different types of grain and wheat classes on the effectiveness of diatomaceous earth against grain insects. In Proceedings Seminar DDD and ZUPP 2007 – Disinfection, Disinfestation, Deratization and Protection of Stored Agricultural Products (pp 361-373). Zagreb, Croatia: Korunic d.o.o.
14. Korunić, Z. (2010.): Rezultat istraživanja i novine u upotrebi dijatomejske zemlje u zaštiti uskladištenih proizvoda. Zbornik radova seminara. DDD I ZUPP, prvo desetljeće u novom stoljeću. Pula, 325-329.
15. Korunić, Z., (2015.) Zbornik radova DDD trajne edukacije - „cjelovito“ (integrirano) suzbijanje štetnika hrane, uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, predmeta opće uporabe te muzejskih štetnika., Zagreb. 123-129.
16. Korunić, Z. (2016.): Overview of undesirable effects of using diatomaceous earths for direct mixing with grains. Pestic. Phytomed. (Belgrade), 31(1-2), 2016, 9–18.
17. Korunić, Z., Liška, A., Rozman, V., Lucić, P., Balićević, R., (2019.): Osvrt na 12. Međunarodnu radnu konferenciju o zaštiti uskladištenih proizvoda održanu u Berlinu od 7. do 11. listopada, 2018. DDD i ZUPP. Djelatnost dezinfekcije, dezinsekcije, deratizacije i zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Zbornik radova. Novigrad (Istra), 2019. 229-236.
18. Liška, A., Rozman, V., Korunić, Z., Halamić, J., Galović, I., Lucić, P., Balićević, R. (2015.): The potential of Croatian diatomaceous earths as grain protectant against three stored-product insects. 10th Conference on Integrated Protection of Stored Products IPSP 2015. IOBC/wprs. Program and Book of Abstracts. 35.
19. Lucić, P. (2018.): Biljne supstance i inertna prašiva – prirodne formulacije insekticida u kontroli skladišnih kukaca; doktorska disertacija.
<http://www.fazos.unios.hr/upload/documents/Doktorska%20disertacija%20%20Pavo%20Luci%C4%87,%20mag.%20ing.%20agr..pdf>
20. Maceljski, M., Korunic, Z. (1972): The Effectiveness against Stored-Product Insects of Inert Dusts, Insect Pathogens, Temperature and Humidity. Project No.E30- MQ-1. Grant

USDA/YU No. FG -YU - 130. Final Report of Institute for Plant Protection. Zagreb, Croatia.

21. Nehaoua, H.H., Bedini, S., Cosci, F., Flamini, G., Belhamel, K., Conti, B. (2015.): Enhancing the insecticidal efficacy of inert dust against stored grains insect pest with the combined action of essential oils. 10th Conference on Integrated Protection of Stored Products IPSP 2015. IOBC/wprs. Program and Book of Abstracts. 20.
22. Rozman, V. (2015.): The potential of Croatian diatomaceous earths as grain protectant against three stored - product insects. 10th Conference on Integrated Protection of Stored Products IPSP 2015. IOBC/wprs. Program and Book of Abstracts. 35
23. Wakil, W. (2015.): Combination of diatomaceous earth formulations against larvae and adults of *Tribolium castaneum* on wheat grains. 10th Conference on Integrated Protection of Stored Products IPSP 2015. IOBC/wprs. Program and Book of Abstracts. 108.

Jedinica s internetskih stranica:

1. [https://bib.irb.hr/datoteka/756964.Liska_i_suradnici - referat DDD i ZUPP 2015.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/756964.Liska_i_suradnici_-_referat_DDD_i_ZUPP_2015.pdf) (15.08.2019.)
2. <https://zir.nsk.hr/islandora/object/pfos%3A1346/datastream/PDF/view> (16.08.2019.)
3. <https://repozitorij.fazos.hr/islandora/object/pfos:287> (16.08.2019.)
4. <https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=95> (17.08.2019.)
5. <https://www.plantea.com.hr/paulovnija/> (18.08.2019.)
6. www.agroklub.com (09.01.2020.)

8. Sažetak

U radu je prikazan insekticidni utjecaj dijatomejske zemlje, prašiva i ekstrakta carske paulovnije na kestenjastog brašnara. U tretmanima je primijenjeno prašivo lista carske paulovnije, dijatomejska zemlja Celatom Mn-51[®] i SilicoSec[®] te vodeni ekstrakt carske paulovnije, kombinacija vodenog i alkoholnog ekstrakta carske paulovnije u omjeru 1:1 i alkoholni ekstrakt (2-propanol) carske paulovnije u različitim dozama, a mortalitet je očitavan nakon 7. i 14. dana ekspozicije. Učinkovitost svih tretmana ovisila je o dozi i ekspoziciji, povećanjem doze i produljenjem ekspozicije povećavao se i mortalitet. Najučinkovitijim su se pokazala inertna prašiva gdje je dijatomejska zemlja SilicoSec[®] pokazala bolji rezultat pri najvišoj dozi 81,25 % u usporedbi s dijatomejskom zemljom Celatom Mn-51[®]. Zadovoljavajući mortalitet postignut je kod alkoholnog ekstrakta (2-propanol) carske paulovnije 61,2 %, dok kod vodenog ekstrakta i kombinacije vodenog i alkoholnog ekstrakta carske paulovnije u omjeru 1:1, nije postignut značajan mortalitet. Prašivo carske paulovnije pokazalo se najmanje učinkovitim, a samo pri najvišoj dozi i pri najduljoj ekspoziciji (14 dana) postignut je statistički značajno viši mortalitet.

Ključne riječi: carska paulovnja, kestenjasti brašnar, inertna prašiva, dijatomejska zemlja, ekstrakt

9. Summary

This paper presents the insecticidal effect of diatomaceous earth, powder and extract of the empress tree against red flour beetle. Treatments were applied with the empress tree leaf powder, diatomaceous earths Celatom Mn-51[®] and SilicoSec[®], aqueous extract, a combination of the aqueous and alcoholic extract of the empress tree in 1:1 ratio and the alcoholic extract (2-propanol) of the empress tree in different doses, with mortality observed after 7 and 14 days of exposure. The efficacy of all treatments depended on the dose and exposure, with mortality increasing with increased dose and prolonged exposure. Inert powders proved to be the most effective, with diatomaceous earth SilicoSec[®] achieving a better result of 81.25 % at the highest applied dose level compared to diatomaceous earth Celatom Mn-51[®]. Satisfactory mortality (61,2 %) was observed with alcoholic extract (2-propanol) of empress tree, as opposed to the aqueous extract and the combination of aqueous and alcoholic extract of empress tree in 1:1 ratio where no significant mortality was observed. Powder of the empress tree proved to be the least effective, with statistically significant higher mortality revealed at the highest dose and at the longest exposure level (14 days).

Keywords: empress tree, red flour beetle, inert dusts, diatomaceous earth, extract

10. Popis tablica

Red.br.	Naziv	Str.
1.	Insekticidno djelovanje prašiva carske paulovnije na kestenjastog brašnara nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici	19
2.	Insekticidno djelovanje inertnih prašiva Celatom Mn-51 [®] i SilicoSec [®] na kestenjastog brašnara nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici	20
3.	Insekticidno djelovanje ekstrakta Carske Paulovnije na kestenjastog brašnara nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici	21

11. Popis slika

Red.br.	Naziv	Str
1.	Imago kestenjastog brašnara	6
2.	Ličinka kestenjastog brašnara	6
3.	Dijatomejska zemlja Celatom Mn-51 [®]	10
4.	Dijatomejska zemlja SilicoSec [®]	10
5.	Osušeni list carske paulovnije	12
6.	Cilindrični mlin Retsch PM 100	13
7.	Mlin IKA tube mill 8829	14
8.	Sterilizator PN 400	14
9.	F1 generacije štetnika	14
10.	Prosijavanje pšenice	15
11.	Odvajanje štetnika po vrstama	16
12.	Priprema inertnih prašiva	17
13.	Vaga za odvagu inertnih prašiva	17
14.	Prah carske paulovnije	18
15.	Cjeđenje ekstrakta	18

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij, Zaštita bilja

Diplomski rad

Insekticidni utjecaj dijatomejske zemlje, prašiva i ekstrakta carske paulovnije (*Paulownia tomentosa*) na kestenjastog brašnara (*Tribolium castaneum*)

Dora Lončar

Sažetak

U radu je prikazan insekticidni utjecaj dijatomejske zemlje, prašiva i ekstrakta carske paulovnije na kestenjastog brašnara. U tretmanima je primijenjeno prašivo lista carske paulovnije, dijatomejska zemlja Celatom Mn-51[®] i SilicoSec[®] te vodeni ekstrakt carske paulovnije, kombinacija vodenog i alkoholnog ekstrakta carske paulovnije u omjeru 1:1 i alkoholni ekstrakt (2-propanol) carske paulovnije u različitim dozama, a mortalitet je očitavan nakon 7. i 14. dana ekspozicije. Učinkovitost svih tretmana ovisila je o dozi i ekspoziciji, povećanjem doze i produljenjem ekspozicije povećavao se i mortalitet. Najučinkovitijim su se pokazala inertna prašiva gdje je dijatomejska zemlja SilicoSec[®] pokazala bolji rezultat pri najvišoj dozi 81,25 % u usporedbi s dijatomejskom zemljom Celatom Mn-51[®]. Zadovoljavajući mortalitet postignut je kod alkoholnog ekstrakta (2-propanol) carske paulovnije 61,2 %, dok kod vodenog ekstrakta i kombinacije vodenog i alkoholnog ekstrakta carske paulovnije u omjeru 1:1, nije postignut značajan mortalitet. Prašivo carske paulovnije pokazalo se najmanje učinkovitim, a samo pri najvišoj dozi i pri najduljoj ekspoziciji (14 dana) postignut je statistički značajno viši mortalitet.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor: dr. sc. Pavo Lucić

Broj stranica: 33

Broj grafikona i slika: 15

Broj tablica: 3

Broj literaturnih navoda: 23

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: carska paulovnja, kestenjasti brašnar, inertna prašiva, dijatomejska zemlja, ekstrakt

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. izv. prof. dr. sc. Anita Liška, predsjednik

2. dr. sc. Pavo Lucić, mentor

3. dr. sc. Marija Ravlić, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilišta u Osijeku, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
University graduate Studies, Plant Protection

Graduate thesis

Insecticidal efficacy of diatomaceous earth, powder and extract of empress tree (*Paulownia tomentosa*) against red flour beetle (*Tribolium castaneum*)

Dora Lončar

Abstract

This paper presents the insecticidal effect of diatomaceous earth, dusts and extract of the empress tree against red flour beetle. Treatments were applied with the empress tree leaf dusts, diatomaceous earths Celatom Mn-51[®] and SilicoSec[®], aqueous extract, a combination of the aqueous and alcoholic extract of the empress tree in 1:1 ratio and the alcoholic extract (2-propanol) of the empress tree in different doses, with mortality observed after 7 and 14 days of exposure. The efficacy of all treatments depended on the dose and exposure, with mortality increasing with increased dose and prolonged exposure. Inert dusts proved to be the most effective, with diatomaceous earth SilicoSec[®] achieving a better result of 81.25 % at the highest applied dose level compared to diatomaceous earth Celatom Mn-51[®]. Satisfactory mortality (61,2 %) was observed with alcoholic extract (2-propanol) of empress tree, as opposed to the aqueous extract and the combination of aqueous and alcoholic extract of empress tree in 1:1 ratio where no significant mortality was observed. Powder of the empress tree proved to be the least effective, with statistically significant higher mortality revealed at the highest dose and at the longest exposure level (14 days).

Keywords: empress tree, red flour beetle, inert dusts, diatomaceous earth, extract

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: Pavo Lucić, PhD

Number of pages: 33

Number of figures: 15

Number of tables: 3

Number of references: 23

Number of appendices: 0

Original in: Croatia

Keywords: empress tree, red flour beetle, inert dusts, diatomaceous earth, extract

Thesis defended on date:

Rewievers:

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

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