

Biljne supstance i inertna prašiva - prirodne formulacije insekticida u kontroli skladišnih kukaca

Lucić, Pavo

Doctoral thesis / Disertacija

2018

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:151:479391>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-20**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

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



REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Pavo Lucić, mag. ing. agr.

**BILJNE SUPSTANCE I INERTNA PRAŠIVA – PRIRODNE
FORMULACIJE INSEKTICIDA U KONTROLI SKLADIŠNIH
KUKACA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Pavo Lucić, mag. ing. agr.

**BILJNE SUPSTANCE I INERTNA PRAŠIVA – PRIRODNE
FORMULACIJE INSEKTICIDA U KONTROLI SKLADIŠNIH
KUKACA**

- Doktorska disertacija -

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Pavo Lucić, mag. ing. agr.

**BILJNE SUPSTANCE I INERTNA PRAŠIVA – PRIRODNE
FORMULACIJE INSEKTICIDA U KONTROLI SKLADIŠNIH
KUKACA**

- Doktorska disertacija -

Mentor: prof. dr. sc. Vlatka Rozman

Povjerenstvo za ocjenu:

- 1. dr. sc. Anita Liška, izvanredna profesorica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, predsjednik**
- 2. dr. sc. Vlatka Rozman, redovita profesorica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, mentor i član**
- 3. dr. sc. Josip Halamić, znanstveni savjetnik Hrvatskog Geološkog instituta u Zagrebu, član**

Osijek, 2018.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Pavo Lucić, mag. ing. agr.

**BILJNE SUPSTANCE I INERTNA PRAŠIVA – PRIRODNE
FORMULACIJE INSEKTICIDA U KONTROLI SKLADIŠNIH
KUKACA**

- Doktorska disertacija -

Mentor: prof. dr. sc. Vlatka Rozman

**Javna obrana doktorske disertacije održana je 09. veljače 2018. godine pred
Povjerenstvom za obranu:**

- 1. dr. sc. Anita Liška, izvanredna profesorica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku,
predsjednik**
- 2. dr. sc. Vlatka Rozman, redovita profesorica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku,
mentor i član**
- 3. dr. sc. Josip Halamić, znanstveni savjetnik Hrvatskog Geološkog instituta u
Zagrebu, član**

Osijek, 2018.

Zahvala

Istraživanje ove doktorske disertacije provedeno je u sklopu istraživačkog projekta (IP-11-2013-5570) pod naslovom "Razvoj formulacija novih prirodnih insekticida na osnovi inertnih prašiva i botaničkih insekticida te njihovih kombinacija kao zamjena za sintetske konvencionalne insekticide", odobren i financiran od strane Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ).



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Doktorska disertacija

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Poslijediplomski sveučilišni (doktorski) studij: Poljoprivredne znanosti

Smjer: Zaštita bilja

UDK: 631.563:632.7+632.981.2:552.581

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Poljoprivreda

Grana: Fitomedicina

Biljne supstance i inertna prašiva – prirodne formulacije insekticida u kontroli skladišnih kukaca

Pavo Lucić, mag. ing. agr.

Disertacija je izrađena na Poljoprivrednom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Mentor: prof. dr. sc. Vlatka Rozman

Cilj istraživanja bio je utvrditi učinkovitost botaničkih insekticida u obliku prašiva i ekstrakata, inertnih prašiva te kombinacije botaničkih insekticida i inertnih prašiva u suzbijanju triju vrsta skladišnih štetnih kukaca: *Rhyzopertha dominica* (Fab.), *Sitophilus oryzae* (L.) i *Tribolium castaneum* (Herbst). Istraživanje je provedeno u laboratorijskim uvjetima nizom pokusa u staklenim posudama s pšenicom te primjenom na različitim građevinskim površinama. Testirano je devet biljnih vrsta u obliku prašiva i ekstrakata te šest inertnih prašiva hrvatskoga porijekla i dijatomejska zemlja Celatom Mn-51[®]. Insekticidni učinak ovisio je o vrsti tretmana, dozi, ekspoziciji i vrsti kukca. Testiranjem biljnih prašiva na pšenici postignut je zadovoljavajući mortalitet (91,0%) samo kod *R. dominica* s prašivom lavandina pri dozi od 8 000 mg kg⁻¹. Primjenom biljnih ekstrakata na staklenoj površini postignut je najviši mortalitet kod svih vrsta kukaca. Rezultati testiranih inertnih prašiva ukazuju da je najviši mortalitet (90,0%) kod *R. dominica* postignut s Celatom Mn-51[®], kao i najviša inhibicija potomstva (99,19%), dok je najviši mortalitet (100,0%) kod *S. oryzae* postignut s inertnim prašivima D-01, MA-4 i Celatom Mn-51[®], a potpuna inhibicija potomstva s Celatom Mn-51[®]. Maksimalni mortalitet *T. castaneum* postignut je s Celatom Mn-51[®], a potpuna inhibicija potomstva s inertnim prašivima D-01, MA-4 i Celatom Mn-51[®]. Značajno smanjenje hektolitarske mase pšenice očitivalo se pri najvišim dozama (LD₉₀) u tretmanima Celatom Mn-51[®], te s inertnim prašivima PD-1 i MR-10. Rezultati testiranih mješavina prašiva ukazuju da je najviši mortalitet *R. dominica* (68,0%) postignut s kombinacijom Celatom Mn-51[®] i lavandinom pri omjeru 1:15 te je u istom tretmanu postignuta najviša inhibicija potomstva (93,83%). Testiranjem mješavina biljnih ekstrakata i inertnih prašiva nije postignut veći mortalitet kod *T. castaneum* u odnosu na samo inertno prašivo, osim u kombinaciji inertnog prašiva MA-4 i poljskog maka pri omjeru 1:10. Ovu je doktorsku disertaciju financirala Hrvatska zaklada za znanost projektom IP-11-2013-5570.

Broj stranica: 124

Broj slika: 20

Broj tablica: 28

Broj literaturnih navoda: 239

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: biljno prašivo, biljni ekstrakt, inertno prašivo, *R. dominica*, *S. oryzae*, *T. castaneum*

Datum obrane: 09. veljače 2018.

Povjerenstvo za obranu:

1. izv. prof. dr. sc. Anita Liška – predsjednik
2. prof. dr. sc. Vlatka Rozman – mentor i član
3. prof. dr. sc. Josip Halamić, znanstveni savjetnik – član

Disertacija je pohranjena u:

Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Sveučilište u Zagrebu, Sveučilište u Rijeci, Sveučilište u Splitu

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

PhD thesis

Faculty of Agriculture in Osijek

Postgraduate university study: Agricultural sciences

Course: Plant protection

UDK: 631.563:632.7+632.981.2:552.581

Scientific Area: Biotechnical Sciences

Scientific Field: Agriculture

Branch: Phytomedicine

Plant substances and inert dusts – natural insecticide formulations in storage insect control

Pavo Lucić, MEngSc

Thesis performed at Faculty of Agriculture in Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Supervisor: PhD Vlatka Rozman, Full Professor

The aim of the research was to determine the efficacy of botanical insecticides in form of powder and extract, inert dusts and combination of botanical insecticides and inert dusts in control of three stored-product insects: *Rhyzopertha dominica* (Fab.), *Sitophilus oryzae* (L.) i *Tribolium castaneum* (Herbst). The research was carried out in laboratory conditions through a series of experiments in glass containers filled with wheat and application on various surfaces. Nine plant species were tested as powders and extracts and also six inert dusts of Croatian origin as well as diatomaceous earth Celatom Mn-51[®]. The insecticidal effect depended on type of treatment, dose, exposure and insect species. Tested plant powders on wheat indicate that satisfactory mortality (91.0%) was achieved only against *R. dominica* with lavandin at a dose of 8,000 mg kg⁻¹. Application of plant extracts on glass surface reached the highest mortality of all insect species. Results of tested inert dusts showed that the highest mortality (90.0%) of *R. dominica* was achieved with Celatom Mn-51[®] as well as the highest inhibition of progeny (99.19%), while maximum mortality of *S. oryzae* was achieved with inert dusts D-01, MA-4 and Celatom Mn-51[®], which also achieved a complete progeny inhibition. Maximum mortality of *T. castaneum* was achieved with Celatom Mn-51[®] and a complete progeny inhibition was achieved with inert dusts D-01, MA-4 and Celatom Mn-51[®]. Significant reduction of test weight was observed at the highest LD₉₀ doses in treatments Celatom Mn-51[®] and inert dusts PD-1 and MR-10. Results of tested mixture of plant powder and inert dust indicate that the highest mortality (68.0%) of *R. dominica* was achieved with combination of Celatom Mn-51[®] and lavandin at a 1:15 ratio and in the same treatment the highest progeny inhibition (93.83%) was also achieved. Testing of mixture of plant extracts and inert dusts indicate that only the combination of inert dust MA-4 and poppy at a 1:10 ratio has achieved a higher mortality of *T. castaneum* compared to inert dusts applied alone. This doctoral dissertation was funded by the Croatian Science Foundation under the project IP-11-2013-5570.

Number of pages: 124

Number of figures: 20

Number of tables: 28

Number of references: 239

Original in: Croatian

Key words: Plant powder, Plant extract, Inert dust, *R. dominica*, *S. oryzae*, *T. castaneum*

Date of the thesis defense: 09th February 2018

Reviewers:

1. **PhD Anita Liška, Associate Professor** – chair
2. **PhD Vlatka Rozman, Full Professor** – supervisor and member
3. **PhD Josip Halamić, Senior Research Scientist** – member

Thesis deposited in:

National and University Library, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, University of Zagreb, University of Rijeka, University of Split

KAZALO

| | Str. |
|--|------|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Pregled literature | 5 |
| 1.2. Cilj istraživanja | 17 |
| 2. MATERIJAL I METODE RADA | 18 |
| 2.1. Materijal rada | 19 |
| 2.1.1. Biljni materijal | 19 |
| 2.1.2. Inertna prašiva | 20 |
| 2.1.2.1. Fizikalno-kemijske analize inertnih prašiva | 22 |
| 2.1.2.2. Kemijska analiza inertnih prašiva | 23 |
| 2.1.2.3. Rentgenska analiza inertnih prašiva | 24 |
| 2.1.2.4. Paleontološka analiza inertnih prašiva | 24 |
| 2.1.3. Testni kukci | 27 |
| 2.2. Metode rada | 31 |
| 2.2.1. Uzgoj testnih kukaca | 31 |
| 2.2.2. Laboratorijsko testiranje učinkovitosti biljnih prašiva na pšenici | 33 |
| 2.2.3. Laboratorijsko testiranje učinkovitosti biljnih ekstrakata na građevinskim površinama | 35 |
| 2.2.4. Laboratorijsko testiranje učinkovitosti inertnih prašiva na pšenici | 37 |
| 2.2.5. Laboratorijsko testiranje učinkovitosti kombinacije botaničkih insekticida i inertnih prašiva na pšenici | 37 |
| 2.2.6. Statistička obrada podataka | 38 |
| 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA | 40 |
| 3.1. Insekticidna učinkovitost biljnih prašiva na pšenici | 40 |
| 3.2. Insekticidna učinkovitost biljnih ekstrakata na građevinskim površinama | 46 |
| 3.3. Insekticidna učinkovitost inertnih prašiva na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo <i>R. dominica</i> , <i>S. oryzae</i> i <i>T. castaneum</i> | 58 |
| 3.4. Insekticidna učinkovitost mješavina prašiva na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo <i>R. dominica</i> | 70 |
| 3.5. Insekticidna učinkovitost ekstrakt prašiva na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo <i>T. castaneum</i> | 72 |
| 3.6. Utjecaj inertnih prašiva na hektolitarsku masu pšenice | 77 |
| 4. RASPRAVA | 84 |
| 4.1. Insekticidna učinkovitost biljnih prašiva na pšenici | 85 |

| | |
|---|-----|
| 4.2. Insekticidna učinkovitost biljnih ekstrakata na građevinskim površinama | 86 |
| 4.3. Insekticidna učinkovitost inertnih prašiva na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo <i>R. dominica</i> , <i>S. oryzae</i> i <i>T. castaneum</i> | 87 |
| 4.4. Insekticidna učinkovitost kombinacije biljnih supstanci i inertnih prašiva na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo <i>R. dominica</i> i <i>T. castaneum</i> | 91 |
| 5. ZAKLJUČCI | 94 |
| 6. LITERATURA | 96 |
| 7. SAŽETAK | 117 |
| 8. SUMMARY | 119 |
| 9. PRILOG | 121 |
| ŽIVOTOPIS | 124 |

1. UVOD

Poljoprivredne proizvode nakon žetve ili berbe potrebno je adekvatno uskladištiti kako bi se spriječio gubitak kvalitete i kvantitete (Rajashekar i sur., 2012.). Prehrambena industrija zahtijeva sirovinu za hranu odnosno uskladištene poljoprivredne proizvode bez prisutnosti štetnih organizama i bez bilo kakvih oštećenja. Kako bi se takvi zahtjevi opravdali, provode se različiti postupci za sprječavanje pojave i širenja te suzbijanje štetnih organizama.

U skladištu se primjenjuju preventivne i kurativne mjere zaštite uskladištenih proizvoda. Preventivne mjere obuhvaćaju sve mjere koje sprječavaju pojavu skladišnih štetnika, dok kurativne mjere podrazumijevaju suzbijanje postojećih štetnih organizama u skladištu. Pored podjele na preventivne i kurativne, mjere zaštite uskladištenih proizvoda mogu se podijeliti i u sljedeće skupine: higijenske mjere, fizikalne i mehaničke mjere, biološke mjere, biotehničke mjere, kemijske mjere i zakonske mjere (Korunić, 1990.).

Najčešći su postupci primjena preventivnih i kurativnih mjera koje u praksi najčešće koriste kemijske insekticide (fumigante). Kemijski insekticidi su vrlo učinkoviti, no imaju niz negativnih posljedica: česta uporaba i neadekvatno provedena mjera fumigacije dovodi do razvoja rezistentnih populacija kukaca (Collins 2010.; Newman, 2010.), onečišćuju okoliš (Aktar i sur., 2009.), štetno djeluju na neciljane organizme (Ducom, 2012.), a prisustvo rezidua dovodi u pitanje zdravstvenu ispravnost tretiranih proizvoda (Eddleston, 2000.). Velike su potrebe za iznalaženjem prirodnih formulacija insekticida (Mahdian i Rahman, 2008.; Rossi i sur., 2012.) koje imaju jednako učinkovito djelovanje. Prirodni insekticidi moraju zadovoljiti sljedeće standarde: moraju biti specifični za skladišne kukce, nefitotoksični, netoksični za sisavce, prihvatljivi okolišu, jeftiniji i dostupni (Hermawan i sur., 1997.).

Kako sve više raste zabrinutost uslijed štetnog djelovanja kemijskih pesticida, tržište se nekemijskih pesticida sve više razvija. Kombiniraju se sve raspoložive metode: fizikalne mjere, mehaničke mjere, biološke mjere zajedno s kemijskim mjerama zaštite, kroz pristup integrirane zaštite hrane i uskladištenih poljoprivrednih proizvoda.

Fizikalne mjere, između ostalog, obuhvaćaju prozračivanje s ciljem izjednačavanja temperature u masi zrnate robe kao i održavanje temperature ispod 21 °C ili iznad 34 °C, odnosno nepovoljne uvjete za razvoj štetnika (Hamel, 2015.). U sklopu integrirane zaštite uskladištenih proizvoda osnovni je postupak hlađenje robe, tretiranje površine robe s

kemijskim insekticidima te fumigacija robe ukoliko se odredi infestacija koja prelazi ekonomski prag štete uz redoviti nadzor. Uz sustavno provođenje ovih metoda štete uskladištenih proizvoda mogu se značajno smanjiti (Hamel, 2015.). Osim primjene visoke i niske temperature u fizikalne mjere svrstava se i uporaba inertnih prašiva (Korunić, 2010.). Inertna prašiva koriste se u kontroli štetnika tisućama godina (Glenn i Puterka, 2005.). To su fizikalni insekticidi koji nemaju kemijsko djelovanje na metabolički sustav štetnika, ali mogu biti kemijski aktivni u drugim okolnostima (Golob, 1997.). Inertna prašiva prijanjaju na tijelo kukaca te oštećuju zaštitni voštani sloj kutikule sorpcijom, a u manjoj mjeri i abrazijom, što rezultira gubitkom vode iz tijela kukaca, nakon čega kukci ugibaju (Ebeling, 1971.; Quarles i Winn, 1996.; Korunić, 2013.). Obzirom na način djelovanja, učinkovitost inertnih prašiva značajno ovisi o vrijednosti relativne vlage zraka, stoga se pri povećanoj vlazi njihova učinkovitost značajno smanjuje (Allen, 2001.). Inertna prašiva, temeljena na aktivnim silikatima, sve se više upotrebljavaju u industriji zrna. Inertna prašiva se mogu razvrstati u više skupina ovisno o njihovom sastavu i veličini čestica (Golob, 1997.). Nesilikatna prašiva i prašiva sastavljena od grubih čestica silikata, kao što su kaolin i pijesak, koriste se tradicionalno kod malih poljoprivrednika u zemljama u razvoju u zaštiti zrnatih proizvoda. Golob (1997.) je svrstao inertna prašiva u pet skupina. Prvu skupinu čine nesilikatna prašiva poput kamenih fosfata, gašeno vapno (kalcijev hidroksid), vapnenac (kalcijev karbonat) i sol (natrijev klorid). U drugu skupinu ubrajaju se pijesak, pepeo rižine ljuske, pepeo od drva i gline (npr. kaolin) (Golob i Webley, 1980.). Dijatomiti odnosno dijatomejska zemlja (DZ) svrstava se u treću skupinu. Dijatomejsku zemlju čine fosilizirani ostaci dijatoma, jednostaničnih algi različitih oblika i veličina te se uglavnom sastoji od amornog silicijevog dioksida, uz manji udio drugih minerala elemenata i spojeva poput aluminijskog oksida, željezovog oksida, magnezija, natrija, vapna, nikla, fosfora, sumpora, cinka i drugih (Subramanyam, 1993.; Subramanyam i Roesli, 2000.; Korunić, 2013.). DZ nastaje sedimentacijom u morskoj, brakičnoj ili slatkovodnoj sredini te joj stoga i specifična težina varira, ovisno o vrsti i izvoru materijala i to od 220-230 g l⁻¹ do 670 g l⁻¹, dok se vrijednost pH kreće od 4,4 do 9 (Korunić, 1997.; Korunić, 1998.). Dijatomejske zemlje porijeklom iz morskih voda su u suzbijanju skladišnih štetnih kukaca gotovo dvostruko učinkovitije od dijatomejske zemlje porijeklom iz slatkovodnih voda. Komercijalna sredstva često imaju poboljšano djelovanje zbog dodavanja amonijevog fluorosilikata (Subramanyam i sur., 1994.). Dijatomejska zemlja je odavno poznata kao korisni protektant zrnatih proizvoda iz više razloga: zbog sigurne primjene, ne utječe na

kakvoću zrna u krajnjoj primjeni, pruža dugotrajnu zaštitu te se ne razlikuje značajno u cijeni od ostalih metoda zaštite zrnatih proizvoda (Korunić, 2013.). Međutim, osim pozitivnih doprinosa u zaštiti zrnatih proizvoda, primjena dijatomejske zemlje, i općenito inertnih prašiva, nosi značajne ograničavajuće posljedice kao što su smanjenje sipkosti zrna, sniženje hektolitarske mase te vidljivi ostatak prašiva na proizvodima (Subramanyam i sur., 1994.; Golob, 1997.; Nikpay, 2006.). Stoga se u novije vrijeme proizvode dijatomejske zemlje poput Celatom DE-Mn51[®], koje imaju jednako učinkovito djelovanje pri nižim primijenjenim dozama (Korunić, 2013.). Dijatomejske zemlje obično sadrže oko 90% amorfnog silicijevog dioksida, a danas se proizvode visoko kvalitetni sintetički silikati koji sadrže više od 98% amorfnog silicijevog dioksida te čine četvrtu skupinu. U petu skupinu inertnih prašiva svrstavaju se silicijski aerogelovi. Najučinkovitija inertna prašiva u suzbijanju štetnika su dijatomejske zemlje i silicijski aerogelovi, stoga se najviše primjenjuju (Golob, 1997., Korunić, 2013.). Silicijski aerogelovi su umjetna prašiva s manjim promjerom i ujednačenom veličinom čestica. Zbog toga što dijatomejske zemlje imaju nisku toksičnost za sisavce (Athanassiou i sur., 2004.), većina formulacija koje sadržavaju dijatomejsku zemlju koriste se u znatno većem broju za učinkovitu kontrolu štetnika (Vayias i sur., 2006.). Pri visokim koncentracijama dijatomejska zemlja smanjuje gustoću zrna za 9% i sipkost za 39% što je neprihvatljivo za velike farme (Jackson i Webley, 1994.).

Botanički insekticidi se od davnina primjenjuju u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. U drevnom Egiptu i Indiji proizvodi su se miješali s pepelom (Abdel-Gawad i Khatab, 1985.; Varma i Dubey, 1999.). Stari su Rimljani koristili bijelu čemeriku *Veratrum album* L. kao insekticid i rodenticid (Rajashekar i sur., 2012.), Kinezi su otkrili insekticidna svojstva roda *Derris*, dok je buhač korišten u Perziji i Kini (Ahmed i Grainge, 1986.).

Negativni su učinci primjene kemijskih pesticida razvoj rezistentnih populacija štetnika, rezidue pesticida u hrani i onečišćenje biosfere. Uslijed toga razvila se velika potreba i svijest o razvoju alternativnih strategija (Rajashekar i sur., 2012.) što uključuje razvoj novih biorazgradivih insekticida, koji bi imali veću selektivnost (Dayan i sur., 2009.).

Na temelju fiziološkog djelovanja na kukce Jacobson (1982.) je klasificirao komponente botaničkih insekticida u šest skupina: repelenti, insekticidi s protuizjedajućim djelovanjem, toksikanti, inhibitori rasta, inhibitori reprodukcije i atraktanti. Od botaničkih insekticida

najčešće primjenjuju se eterična ulja, biljni ekstrakti i biljna prašiva (Rajashekar i sur., 2012.).

Uporaba je biljnog materijala u zaštiti uskladištenih proizvoda održiva s obzirom da biljke imaju mogućnost razmnožavanja, biorazgradive su, te nemaju negativan učinak na okoliš sve dok se ne koriste biljke iz stranih ekosustava što dovodi do pojave korova (Rajashekar i sur., 2012.).

1.1. Pregled literature

Inertna prašiva su tvari koji se koriste u zaštiti uskladištenih zrnatih proizvoda od štetnih kukaca. Zbog pojave sve veće rezistencije štetnika na protektante zrna (Subramanyam i Hagstrum, 1995.) i potrebe za smanjivanjem rezidua insekticida u uskladištenim proizvodima, sve je veći naglasak na testiranje i razvoj novih insekticida koji bi bili netoksični za toplokrvne organizme, a služili bi kao zamjena konvencionalnim insekticidima u zaštiti zrnatih proizvoda (Arthur, 1996.). U zadnje se vrijeme mogu istaknuti fizikalne mjere zaštite uskladištenih proizvoda od kojih je i primjena inertnih prašiva (Fields i Korunić, 2003.). Prednost je inertnih prašiva u tome da pružaju dugotrajnu zaštitu, lako su primjenjiva, održavaju kvalitetu zrna i imaju nisku toksičnost za toplokrvne organizme (Allen, 1998.; Korunić, 2013.). Od inertnih prašiva se najviše primjenjuje dijatomejska zemlja. Dijatomejska zemlja se sastoji od fosiliziranih skeleta odnosno frustula dijatomeja, jednostaničnih algi eocenske i miocenske starosti (Athanassiou i sur., 2003.). One se sedimentiraju kako u slanim tako i u slatkim vodenim okolišima (Korunić i sur., 2016.). Dijatomeje su mikroskopske veličine i imaju nježni skelet koji je izgrađen od amorfnog silicija. Taloženjem skeleta dijatomeja stvara se mekana sedimentna stijena tzv. dijatomejski mulj koji litifikacijom prelazi u dijatomit odnosno dijatomejsku zemlju. (Fields i Korunić, 2002.). Insekticidna aktivnost može varirati do 20 puta ovisno o geološkom porijeklu dijatomejske zemlje (Golob, 1997.; Korunić, 1998.). Učinkovita dijatomejska zemlja sadrži više od 80% silicijevog dioksida, ima pH vrijednost ispod 8,5 i gustoću manju od 300 g l⁻¹ (Korunić, 1997.). Sintetski silikati su najučinkovitija inertna prašiva (Fields i Korunić, 2002.) i proizvode se na različite načine, ali svi imaju zajedničku formulu SiO₂. Različite vrste silikata variraju u sposobnosti prekrivanja različitih specifičnih površina te veličini čestica što utječe na njihovo insekticidno djelovanje (Fields i Korunić, 2002.).

Učinkovitost se inertnih prašiva očituje u oštećenju kutikule kukca prilikom čega kukci desikacijom ugibaju. Fields i Korunić (2002.) navode da kukci tijekom ishrane i migracije kroz tretirano sjeme ili tretiranu površinu nakupljaju čestice inertnih prašiva koje se lijepe na kutikulu. Također smatraju da inertna prašiva na bazi silicijevog dioksida apsorbiraju voštani sloj kutikule. Oštećenje voštanog sloja kutikule, što dovodi do desikacije kukaca (Nikpay, 2006.), smatra se glavnim načinom djelovanja za inertna prašiva na bazi silicijevog dioksida. Drugi je oblik učinkovitosti abrazija kutikule kao dodatni način

djelovanja. Abrazija kutikule je kod drugih inertnih prašiva glavni način djelovanja (Fields i Korunić, 2002.). Zacher i Kunike (1931.) su prvi opisali sorpcijsko djelovanje dijatomejske zemlje i gubitak vode iz tijela kukca koji se naziva Zacherov efekt. Osim toga, dijatomejska zemlja oštećuje probavni trakt kukaca (Smith, 1969.) i blokira respiracijski otvor (Webb, 1945.). Ebeling (1971.) navodi da kukci ugibaju nakon što izgube oko 60% vode ili 30% tjelesne mase.

Učinkovitost dijatomejske zemlje ovisi o više čimbenika, a glavni su: morfološka i fiziološka svojstva skeleta dijatoma (Korunić, 1998.; Rojht i sur., 2010.), dimenzija čestica (Subramanyam i Roesli, 2000.), struktura perikarpa zrna žitarica što utječe na adheziju čestica dijatomejske zemlje (Quarles, 1992.; Kavallieratos i sur., 2005.) te sadržaj vlage u zrnu.

Dijatomeje su karakteristične po tome što je njihova stanična stijenka građena od silicijskog biogenog opala koja se naziva frustula. Veličina, oblik i struktura stanične stijenke taksonomski su dijagnostički. Zbog silicijevog sastava te pogodnih sedimentacijskih uvjeta i uvjeta litifikacije vrlo su dobro očuvani u fosilnim ostacima (Smol i Stoermer, 2010.).

Sorpcijski kapacitet lipida i insekicidna učinkovitost dijatomeja ovise o njihovoj veličini, obliku i površinskoj topografiji te o uniformnosti čestica (Korunić, 2013.). Ovisno o vrsti, veličini i obliku dijatomeja, postoje brojne pore i rupe na površini čestica dijatomeja koje čine njihovu aktivnu površinu. Čestice koje imaju veću raspoloživu aktivnu površinu imaju veći kapacitet sorpcije lipida (Korunić i sur., 2016.). Čestice visoke čistoće s praznim otvorima, koji su što više moguće suhi, imaju najveći sorpcijski kapacitet i najveću insekticidnu učinkovitost (Subramanyam i Roesli, 2000.; Korunić, 2013.).

Zrna s vlagom iznad 14% omogućuju kukcima nadomjestak izgubljene vode u tretmanu s dijatomejskom zemljom (Quarles i Winn, 1996.; Korunić, 1998.). Ostali su čimbenici koji utječu na učinkovitost temperatura i vlaga skladišnog prostora (Baldassari i sur., 2008.), morfološke karakteristike kukaca poput veličine i dlakavosti (Korunić, 1998.), fiziološki i kemijski sastav kutikule (Baldassari i sur., 2004.), vrsta tretirane robe (Baldassari i Martini, 2014.), vrsta kukca i soj (Athanassiou i sur., 2016.) te stupanj razvoja kukaca (Mewis i Ulrichs, 2001.a). Baldassari i sur. (2004.) navode da su obično ličinke manje osjetljive na dijatomejsku zemlju od imaga.

Primjena dijatomejske zemlje ima određene prednosti: niska toksičnost za sisavce, bez prisutnosti kemijskih rezidua u tretiranoj robi, nije zapaljiva, jeftina je i lako se uklanja iz

tretirane robe (Korunić, 1998.). Nadalje, zbog fizikalnog načina djelovanja manja je vjerojatnost razvoja rezistencije u kukaca. Vayias i sur. (2008.) tvrde da su zabilježeni slučajevi rezistencije više biheviorističkog nego fiziološkog karaktera. Dijatomejska zemlja pruža dugotrajnu insekticidnu učinkovitost koja ovisi o relativnoj vlazi, temperaturi i promjenama fizikalnih svojstava zrnatih proizvoda tijekom skladištenja (Stathers i sur., 2004.; Athanassiou i sur., 2005.).

Korunić (2016.) navodi da primjena dijatomejske zemlje ima određena ograničenja: može biti štetna za ljudsko zdravlje jer ako ima visoki sadržaj kristaliničnog silicija, izaziva silikozu i oboljenje pluća u ljudi (Zaidi, 1969.). Kod tretirane se zrnate robe značajno snižava hektolitarska masa, neujednačena je osjetljivost kod različitih vrsta štetnika, insekticidna djelotvornost dijatomejske zemlje je u velikoj ovisnosti o vrijedostima temperature i vlage te različitih vrsta uskladištenih proizvoda.

Ovisno o izvoru dijatomejska zemlja sadrži 50 do 0,1% kristaliničnog silicija (Korunić, 2016.). Registrirane DZ sadržavaju manje od 6% kristaliničnog silicija, a u nekim državama i manje od 1% (Korunić, 2016.). Prema IARC (1997.) kristalinični silicij se kod ljudi smatra karcinogenim nakon dugotrajne inhalacije. Radi toga preporuča se primjena prašiva pripremljenih iz dijatomejske zemlje s manjim postotkom kristaliničnog silicija uz nošenje zaštitne maske, koja sprječava inhalaciju čestica (Desmarchelier i Allen, 2000.). Čestice DZ čije su dimenzije manje od 5 mikrona sadrže najviše kristaliničnog silicija koje tijekom punjenja i pražnjenja skladišta satima lebde u zraku, a inhalacijom mogu izazvati silikozu i upalu pluća (IARC, 1997.; Korunić, 2016.). Najveći je nedostatak primjene DZ kao protektanta negativni utjecaj na sipkost zrnate mase i smanjenje hektolitarske mase zbog povećanog trenja među zrnjem. Hektolitarska masa i sipkost zrna relevantni su faktori ocjenjivanja kvalitete zrna. S obzirom da DZ smanjuje navedene parametre, industrija zrna se nerado odlučuje za miješanje DZ sa zratom masom pa čak i pri niskim dozama (Korunić, 2016.). Korunić i sur. (1998.) su utvrdili da se već pri dozama od 10 do 50 mg kg⁻¹ gustoća zrna znatno smanjuje. Korunić (2007.) navodi da doze od 100 do 500 mg kg⁻¹ različito smanjuju gustoću zrna ovisno o vrsti žitarica. Najmanje je smanjenje gustoće zrna zabilježeno kod kukuruza što je povoljno za direktnu primjenu DZ na zrno, iako u usporedbi s pšenicom za učinkovito djelovanje potrebne su puno veće doze. Bodroža-Solarov i sur. (2011.) su istražili parametre kvalitete zrna pšenice s visokom i niskom staklavošću, nezaražene pšenice i pšenice zaražene rižinim žiškrom. Zrna pšenice su tretirana s prirodnim zeolitima i s dijatomejskom zemljom. Zabilježili su različito

zmanjenje gustoće zrna ovisno o inertnom prašivu te je evidentno da su inertna prašiva polučila različite rezultate ovisno o stupnju staklavosti zrna pšenice. Daljnim su istraživanjem potvrdili da su DZ i zeolit najnepovoljnije utjecali na smanjenje gustoće zrna, a veći je negativni utjecaj zabilježen kod zrna brašnaste konzistencije. Osim toga, zabilježen je i veći udio silicijevog dioksida u zrnima prethodno zaraženim žiškama zbog veće akumulacije inertnih prašiva u oštećenjima na zrnju (Bodroža-Solarov i sur., 2012.).

Poznato je da je posljedica djelovanja DZ desikacija kukaca (Aldryhim, 1993.). Povećanjem vlage tretiranog sjemena i povećanjem relativne vlage zraka iznad 70% uvelike se smanjuje djelotvornost DZ (Korunić, 1994.). U slučaju tretiranja robe s vlagom iznad 14% potrebne su veće doze koje imaju negativni utjecaj na kvalitetu robe (Korunić, 2016.). Visoke temperature povećavaju djelotvornost DZ (Maceljski i Korunić, 1972.), osim kod roda *Tribolium*, koji je tolerantniji pri temperaturi od 30 °C nego pri 22 °C (Aldryhim, 1990.). Korunić (2016.) je proveo istraživanje u kojem je testirana učinkovitost DZ u kontroli rižinog žiška na zrnju s 12% i 14% vlage. Zabilježeno je značajno smanjenje učinkovitosti pri povećanju vlage zrna. U istom istraživanju testirana je učinkovitost DZ pri porastu temperature s 20 °C na 30 °C te je zabilježeno značajno bolja učinkovitost prašiva DZ porastom temperature.

Korunić i Fields (2006.) navode da postoji različita osjetljivost na DZ između različitih vrsta kukaca, kao i unutar istog roda. Na istoj tretiranoj robi s DZ Protect-it[®] različite vrste štetnika pokazale su različitu osjetljivost. Najosjetljiviji je bio *Cryptolestes ferrugineus* (Steph.), zatim redom: *Oryzaephilus surinamensis* (L.), *Sitophilus oryzae* (L.), *Sitophilus granarius* (L.), *Rhyzopertha dominica* (Fab.), *Tribolium castaneum* (Herbst) i *Prostephanus truncatus* (Horn). Stoga su navedeni autori proveli istraživanje u kojem su ispitali utjecaj DZ Diafil 610[®] i DZ Celatom Mn-23[®] u kontroli različitih vrsta kukaca unutar roda *Sitophilus*. U oba tretmana zabilježena je različita osjetljivost unutar roda *Sitophilus*, najosjetljiviji je bio *S. zeamais*, zatim *S. oryzae*, dok je najotporniji bio *S. granarius*.

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

Athanassiou i sur. (2007.) su proveli laboratorijska testiranja u svrhu ispitivanja učinkovitosti triju komercijalno dostupnih formulacija DZ (Insecto[®], PyriSec[®], Protect-It[®]) na pšenici i kukuruzu u kontroli triju štetnika: *R. dominica*, *S. oryzae* i *T. confusum*. Dijatomejske zemlje su primjenjene same te u kombinacijama (Insecto[®]+ PyriSec[®], Insecto[®]+ Protect-It[®], PyriSec[®]+ Protect-It[®]), kao i sve tri zajedno pri dozama od 0,25, 0,50 i 0,75 g kg⁻¹ na svaku žitaricu posebno. Mortalitet je očitavan nakon 7. dana ekspozicije, a 100%-tni mortalitet ostvaren je kod *R. dominica* i *S. oryzae*, dok je *T. confusum* bio nešto otporniji. Nadalje, veći mortalitet svih vrsta postignut je na pšenici u odnosu na kukuruz. Kombinacija dviju ili triju DZ je također ostvarila veći mortalitet u odnosu na primjenu samo jedne DZ. Rezultati jasno pokazuju da miješanjem više vrsta DZ može se proizvesti pripravak koji je pri nižim dozama djelotvoran.

Shafiqhi i sur. (2014.) proveli su laboratorijska istraživanja kako bi procijenili insekticidnu učinkovitost formulacije SilicoSec[®] u kontroli *T. castaneum*, *R. dominica* i *Oryzaephilus surinamensis* (L.), primijenjene same i u kombinaciji s izolatima entomopatogenih gljivica *Metarhizium anisoplae* (Metschinkoff) Sorokin i *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. Pšenica je tretirana s 200 mg kg⁻¹ dijatomejske zemlje, 400 mg kg⁻¹ svakog izolata posebno te 400 mg kg⁻¹ kombinacije izolata. Patogenost izolata bila je značajno niska nakon 7. dana ekspozicije. Izolati su bili virulentni za kukce, no učinkovitost je izolata značajno porasla u kombinaciji s dijatomejskom zemljom. Najosjetljiviji je bio *O. surinamensis*, zatim *R. dominica*, dok je *T. castaenum* bio najotporniji. Dijatomejska zemlja u kombinaciji s izolatima entomopatogenih gljivica povećava patogenost izolata, posebice pri dužoj ekspoziciji zbog sinergističkog djelovanja (Kavallieratos i sur., 2006.). Način je djelovanja gljivica takav da se one čvrsto prijanjaju na tijelo kukca, gdje kličaju i penetriraju u kutikulu kukca (Akbar i sur., 2004.). Međutim, primjena takvih patogena ima određena ograničenja: nedostatak cjepiva zbog onečišćenog okoliša, visoki troškovi proizvodnje i nužnost primjene velike količine izolata za učinkovito djelovanje (Akbar i sur., 2004.) stoga se kombinacija s dijatomejskom zemljom u sklopu integrirane zaštite uskladištenih proizvoda u novije vrijeme sve više uzima u obzir (Shafiqhi i sur., 2014.). Učinkovitost je dijatomejske zemlje veća pri višoj temperaturi zbog veće mobilnosti kukaca kroz tretiranu robu, što dovodi do veće vjerojatnosti kontakta čestice DZ s tijelom kukca, a osim toga gubitak vode iz tijela kukca brži je pri višoj temperaturi (Fields i Korunić, 2000.). Međutim, učinkovitost entomopatogenih gljivica je manja pri višim temperaturama (Vassilakos i sur., 2006.), dok relativna vlaga zraka ne utječe na

djelotvornost entomopatogenih gljivica (Athanassiou i Steenberg, 2007.). Shafighi i sur. (2014.) navode da su potrebna daljnja istraživanja primjene dijatomejske zemlje u kombinaciji s izolatima entomopatogenih gljivica, kako bi bili prihvatljivi za primjenu u velikim objektima za skladištenje zrnatih proizvoda.

Mewis i Ulrichs (2001.b) su primijenili komercijalnu formulaciju dijatomejske zemlje Fossil Shield® u borbi protiv *T. castaneum*. Fossil Shield® sadrži 73% amorfnog SiO₂, oko 2% vode i 3% aerosila i drugih minerala, a veličina čestica varira od 5-30 µm (Mewis, 1998.). Istraživanja su provedena u skladištu tijekom suhog razdoblja pri temperaturi od 29±2 °C i pri relativnoj vlazi od 80±3%. Koncentracije od 1 g i 2 g na kilogram riže ostvarile su zadovoljavajući mortalitet i značajno smanjenje populacije *T. castaneum* u riži, dok je u kontroli brojnost populacije konstantno rasla, a nakon 28. dana ekspozicije počela opadati, što se može povezati s fenomenom kanibalizma unutar roda *Tribolium* (Trewin, 1997.). Mewis i Ulrichs (2001.b) navode da je *T. castaneum* otporniji na navedeno sredstvo od *S. granarius*, *O. surinamensis* i *Tenebrio molitor* (L.) te da je za postizanje 100%-tnog mortaliteta potrebna puno veća doza.

Ziaee i sur. (2007.) su ispitivali insekticidni učinak pet formulacija dijatomejske zemlje: Protect-It®, SilicoSec®, Insecto®, Perma-Guard D-10™ i Dryacide® u kontroli *T. castaneum* na trima uljaricama: šafranika, suncokret i sezam. Pokus je proveden pri temperaturi od 26 °C i relativnoj vlazi od 55±5%, a primjenjene su tri doze: 0,5, 1,0 i 1,5 g kg⁻¹, dok je mortalitet očitavan 3., 7., 14. i 21. dana ekspozicije. Nakon 45. dana ekspozicije pratili su potomstvo. Zabilježene su značajne razlike među testiranim uljaricama kao i među formulacijama dijatomejske zemlje. Nakon 21. dana ekspozicije, čak i pri najnižim dozama, najveći je mortalitet zabilježen kod šafranike (veći od 90%) sa svim formulacijama DZ. Suprotno tome, najmanji je mortalitet izmjeren kod sezama. Veće su doze DZ poboljšale učinkovitost inhibicije potomstva kod suncokreta i sezama, dok su niže doze kod šafranike u potpunosti zaustavile rast potomstva. Najveći broj potomstva zabilježen je kod suncokreta. Protect-It® i Dryacide® ostvarili su najveći mortalitet kod *T. castaneum*. Postignuti su različiti rezultati na uljaricama što je povezano s različitim fizikalnim i kemijskim svojstvima proizvoda (Ziaee i sur., 2007.). Pomeranz i sur. (1988.) su otkrili da tvrdoća zrna kod pšenice može utjecati na razinu infestacije robe kukcima i uvelike utječe na prijanjanje čestica DZ na zrno. Aldryhim (1993.) je testirao učinkovitost DZ Dryacide® u kontroli *R. dominica* na pšenici s različitom tvrdoćom zrna, a McGaughey (1972.) je utvrdio različitu učinkovitost Perma-Guard D-10™ u kontroli *R. dominica* i *T. confusum* na

bijeloj i smeđoj riži. La Hue (1972.) je tretirao pšenicu, sirak i kukuruz s DZ i zabilježio različitu retenciju prašiva na zrnima. Učinkovitost DZ na pšenici veća je zbog bolje retencije prašiva na zrno, a kukuruz ima veći sadržaj lipida od pšenice što dovodi do gubitka aktivnosti prašiva zbog adsorpcije lipida s površine zrna kukuruza (Subramanyam, 1995.). Fields i sur. (2002.) navode da su potrebne visoke doze sredstava Dryacide[®], Insecto[®], Perma-Guard D-10[™] i Insecto[®] za učinkovito suzbijanje imaga *T. castaneum* na pšenici.

Negativne su posljedice konstantne uporabe kemijskih pesticida stvaranje rezistentnosti kod štetnika, onečišćenje biosfere, njihova pojava u hrani i mnogi drugi. Sve ovo dovodi do velike potrebe za učinkovitim biorazgradivim pesticidima s većom selektivnošću (Rajashekar i sur., 2012.). Radi toga postoji svjetski interes za razvoj novih insekticida (Dayan i sur., 2009.). Međutim, novi insekticidi moraju zadovoljiti određene standarde: moraju biti specifični za štetnika, nefitotoksični, netoksični za sisavce, ekološki prihvatljivi, jeftini i lokalno dostupni (Hermawan i sur., 1997.). Prema Jacobsonu (1982.) botanički insekticidi dijele se u 6 skupina: repelenti, insekticidi s protuizjedajućim djelovanjem, toksikanti, inhibitori rasta, inhibitori reprodukcije i atraktanti. Repelenti su poželjne kemikalije koje pružaju zaštitu s minimalnim utjecajem na ekosustav jer odbijaju štetne kukce od tretiranog materijala stimuliranjem mirisnih ili drugih receptora (Rajashekar i sur., 2012.). Repelenti biljnog porijekla smatraju se sigurnim u kontroli štetnika (Talukder, 2006.): smanjuju ostatke pesticida, sigurni su za ljude, hranu i okoliš (Maia i Moore, 2011.). Biljni ekstrakti, prašiva i eterična ulja iz različitih bioaktivnih biljaka smatraju se repelentima (Owusu, 2001.). Tripathi i sur. (2004.) navode da eterično ulje *Artemisia annua* L. djeluje repelentno na *T. castaneum* i *Callosobruchus maculatus* (Fab.). Tvari s protuizjedajućim djelovanjem, antifidanti, su tvari koje inhibiraju hranjenje odnosno izazivaju poremećaj u hranjenju kod kukaca tako da su tretirani materijali neatraktivni ili neukusni (Munakata, 1997.). Neki prirodni antifidanti sadrže glikozide steroidnih alkaloida, aromatske steroide i hidroksilirane steroide (Talukder i Howse, 2000.). Izolati eteričnih ulja, kao što su timol, citronelal i α -terpineol djeluju kao antifidanti na imago *Spodoptera litura* (Fab.), a kombinacija različitih monoterpena inhibira hranjenje kod ličinki (Hummelbrunner i Isman, 2001.). Liu i sur. (2002.) su ispitivali nekoliko ljekovitih biljnih vrsta i zaključili da kore korijena *Dictamnus dasycarpus* Turcz djeluju inhibitorno na ishranu *T. castaneum* i *S. zeamais*. Mnoge biljne supstance toksične su za štetne skladišne kukce (Tripathi i sur., 2000.; Ngamo i sur., 2007.b). Pascual-Villalobos i

Robledo (1998.) navode da biljne vrste *Anabasis hispanica* Pau., *Senecio lopezii* Boiss., *Bellardia trixago* L. i *Asphodelus fistulosus* L. pokazuju insekticidno djelovanje na *T. castaneum*. Dva glavna sastojka eteričnog ulja češnjaka *Alium sativum* L. metil-alil-disulfid i di-alil-disulfid upotrebljavaju se kao fumiganti u suzbijanju *S. zeamais* i *T. castaneum* (Huang i sur., 2000.). Rahman (1990.) je izvijestio da je nikotin, aktivna komponenta duhana *Nicotiana tabacum* L., jak organski otrov koji djeluje kao kontaktni želučani insekticid, no vrlo je otrovan i za ljude (Rajashekar i sur., 2012.). Tunc i sur. (2000.) su proveli istraživanje u kojem su testirali insekticidnu učinkovitost uljne pare eteričnih ulja anisa, kumina, eukaliptusa, origana i ružmarina. Fumiganti su postigli 100%-tni mortalitet jajašaca *T. castaneum* i *Ephestia kuehniella* (Zell.). Keita i sur. (2001.) su zabilježili insekticidnu učinkovitost komponenti eteričnih ulja *Ocimum basilicum* L. i *Ocimum gratissimum* L. kao fumiganata u kontroli *C. maculatus*. Od davnina se biljni materijali koriste kao prirodni protektanti uskladištenih zrnatih proizvoda (Rajashekar i sur., 2012.). Listovi, kore, prašiva sjemena i ekstrakti biljnih ulja smanjuju ovipoziciju i pojavljivanje odraslih jedinki štetnih kukaca (Bakkali i sur., 2008.). Jacobson (1989.) smatra da većina prirodnih protektanata zrna pripadaju sljedećim porodicama biljaka: Annonaceae, Asteraceae, Canellaceae, Labiatae, Meliaceae i Rutaceae. Najpoznatiji primjer je nim *Azadirachta indica* A. Juss, čiji dijelovi (lišće, prašivo sjemena i voća te ulje) koriste se u zaštiti zrnatih proizvoda (Jotwani i Sircar, 1965.). Pereira i Wohlgemuth (1982.) zabilježili su da ulje nima i prašivo sjemena nima pružaju učinkovitu zaštitu zrnatih proizvoda od *S. oryzae*, *T. castaneum*, *R. dominica* i *Callosobruchus chinensis* (L.). Ulje nima stvara jednolike prevlake preko zrnatih proizvoda i time štiti zrno od napada štetnika od 180 do 330 dana (Ahmed, 1994.). Rajasekaran i Kumaraswami (1985.) zamijetili su da su zrna prevučena biljnim ekstraktima nima potpuno inhibirala razvoj *S. oryzae*. Yadava i Bhatnagar (1987.) izvjestili su da lišće nima štiti zrnate proizvode kada se ono s njima pomiješa. Schmutterer (1990.) navodi da je aktivni sastojak azadiraktin iz biljke nima učinkovit u zaštiti zrnatih proizvoda od štetnih kukaca. Rajashekar i sur. (2010.) su testirali ekstrakte korijena *Decalepis hamiltoni* (Wight & Arn.) kao protektanta, što je rezultiralo s vrlo učinkovitim djelovanjem. Devi i Devi (2011.) navode 18 biljnih vrsta koje štite zrnate proizvode i do 9 mjeseci bez utjecaja na proključavanje sjemena. U Istočnoj Africi se uvelike koriste alelokemikalije uključujući azadiraktin, nikotin i rotenon kao protektanti zrnatih proizvoda (Talukder, 2006.). Nikotin je derivat duhana koji je toksičan za sisavce, a izuzetno štetan za ljude (Yamamoto, 1999.). Nikotin je brzo djelujući nervni toksin koji

djeluje kontaktno. Ubija kukce i ljude povezujući se na receptore na sinapsama, što uzrokuje nekontroliranu aktivaciju živaca na spojevima mišića živčanog sustava u središnjem živčanom sustavu (Ujvary, 1999.). Nikotin je najučinkovitiji kod kukaca i grinja s mekom tjelesnom građom, dok su mnoge gusjenice vrlo otporne na nikotin (Zong i Wang, 2004.). Prašiva *Rauvolfia serpentina* (L.) Benth. ex Kurz, *Acorus calamus* L. i *Messua ferrea* L. učinkoviti su protektanti zrna u borbi protiv *R. dominica* (Tiwari, 1994.). U Africi različiti biljni derivati kao i eterična ulja različitih biljnih vrsta kao protektanti zrna imaju veliki potencijal i uvelike smanjuju uporabu kemijskih insekticida (Shaaya i sur., 1997.). U sjevernim semiaridnim dijelovima Gane koristi se više od 15 različitih biljnih vrsta kao protektanti (Brice i sur., 1996.), dok se u Kamerunu uvelike primjenjuju eterična ulja *Xylopiya aethiopica* (Dunal) A. Rich., *Vepris heterophylla* (Engl.) Letouzey i *Lippia rugosa* A. Chev. kao protektanti zrna u zaštiti od *R. dominica*, *S. oryzae* i *T. castaneum* (Ngamo i sur., 2007.b). Singh i Mehta (2010.) navode da se koriste različite formulacije mentola u zaštiti od *C. chinensis*, a Don-Pedro (1985.) navodi da su kore limuna učinkoviti protektanti u borbi od *C. masculatus*. Postoje i drugi izvori bioloških pripravaka kao npr. spinosad. Hertlein i sur. (2011.) navode da se u novije vrijeme sve više koristi spinosad kao protektant zrna. Spinosad je prirodni insekticid iz aktinomicete *Saccharopolyspora spinosa* Mertz & Yao, 1990, koji ima širok spektar djelovanja na skladišne kukce, a nisku toksičnost za sisavce (Rajashekar i sur., 2012.). Rajendran i Sriranjini (2008.) navode da određeni biljni dijelovi kao prašivo i ekstrakt te eterična ulja smanjuju ovipoziciju kod kukaca, broj izleglih kukaca i postembrijski razvoj. Biljni ekstrakt *Aphanamixis polystachia* Wall. (Parker) djeluje inhibitorno na rast i razvoj *T. confusum*, smanjuje masu ličinki i imaga te produljuje razdoblje razvoja ličinke u kukuljice (Khanam i sur., 1990.). Koul i sur. (2008.) tvrde da biljni derivati smanjuju stopu preživljavanja ličinki i kukuljica te pojavu imaga. Razvoj jaja i nepotpunih stadija kukaca unutar zrna također inhibiraju biljni derivati (Boeke i sur., 2004.). Botanički insekticidi koji se najviše primjenjuju, a komercijalno su dostupni, su piretrin, nikotin, riania, rotenon, azadiraktin i sabadila (Rajashekar i sur., 2012.). Prema El-Wakeil (2013.) botanički insekticidi se dijele na prvu generaciju (nikotin, rotenon, sabadila, piretrin i riania) i drugu generaciju (sintetski piretroidi, azadiraktin i melia ekstrakti). Piretrin je derivat iz sjemena i cvijeta dalmatinskog buhača *Chrysanthemum cinerariaefolium* L. (Isman, 2006.). Piretrin je niske toksičnosti za sisavce, osim za mačke koje su vrlo osjetljive (Brooks i sur., 1998.). Piretrin je jedan od najstarijih insekticida koji je još uvijek dostupan i brzo djeluje,

pružajući neposredni "knockdown" efekt na kukce nakon primjene. Djeluje kao kontaktni i želučani insekticid te ima vrlo kratku rezidualnu aktivnost koja se pod sunčevom svjetlošću, zrakom i vlagom brzo razgrađuje (Rajashekar i sur., 2012.), što zahtijeva češće primjene (Copping i Duke, 2007.). Piretrin se može primijeniti do žetve, budući da ne postoji interval čekanja između početne primjene i žetve usjeva (Casida i Quistad, 1995.). Casida (1980.) je opisao način djelovanja na koji piretrin ubija kukce navodeći da dolazi do poremećaja procesa ionske izmjene natrija i kalija u živčanom sustavu kukaca što prekida normalnu transmisiju živčanih impulsa. Casida (1980.) također navodi da piretrin ima aktivnost na široki opseg kukaca, grinja, muha i buha. Piretrin učinkovito sinergira s piperonil-butoksidom (PBO) (Rattan, 2010.). Aktivne komponente riania su derivati korijena i drvenaste stabljike biljke *Ryania speciosa* M.Vahl (Pepper i Caruth, 1945.). Riania je niske toksičnosti za sisavce, djeluje kao kontaktni i želučani insekticid s vrlo dugom rezidualnom aktivnošću uspoređujući s ostalim botaničkim insekticidima (Dimetry, 2012.). Riania ima jedinstven način djelovanja: veže mišićne uz kanale kalcija u sarkoplazmatskom retikulumu što uzrokuje protok kalcijevih iona u stanice mišića i dovodi do smrti (Dayan i sur., 2009.). Dimetry (2012.) navodi da riania ima posebno učinkovito djelovanje na gusjenice (kukuruznog moljca), no djeluje i na stadij odraslih drugih vrsta kukaca. Riania učinkovito sinergira s piperonil-butoksidom (PBO) (El-Wakeil, 2013.). Rotenon je derivat iz korijena dviju vrsta biljaka: *Lonchocarpus* sp. i *Derris* sp. (Golob i Gudrups, 1999.). Rotenon je otrovniji od karbarila i malationa za sisavce te vrlo otrovan za ribe (Isman, 2006.), a djeluje kao kontaktni i želučani insekticid. Davidson (1930.) navodi da je djelovanje rotenona sporije u odnosu na ostale botaničke insekticide, a suzbijanje štetnika može trajati nekoliko dana. Međutim, ciljani štetnici se odmah prestanu hraniti. Rotenon se brzo razgrađuje u zraku i pri sunčevoj svjetlosti (Isman, 2006.). El-Wakeil (2013.) navodi da je rotenon snažan inhibitor staničnog disanja, procesa koji pretvara hranjive tvari u energiju na staničnoj razini. Kod kukaca prvenstveno djeluje na živčane i mišićne stanice što uzrokuje brzi prekid hranjenja. U kombinaciji s piperonil-butoksidom (PBO) i MGK 264 postiže se izrazito sinergijsko djelovanje te je vrlo otrovan za ribe pa se često koristi kao piscicid (El-Wakeil, 2013.). Sabadila je derivat sjemena *Schoenocaulon officinale* Brandt & Ratzeb. te je jedan od najmanje korištenih registriranih botaničkih insekticida koji je toksičan za sisavce (Isman, 2006.). Djeluje kao kontaktni i želučani insekticid i rapidno se razgrađuje pod utjecajem sunčeve svjetlosti i vlage (Copping i Duke, 2007.). Toksični alkaloidi sabadile djeluju na membrane živčanih stanica, što dovodi

do prekida funkcije živaca, paralize i smrti. Neke vrste kukaca ugibaju odmah, a u slučaju da prežive, ostaju paralizirani. Sabadila učinkovito sinergira s piperonil-butoksidom (PBO) i MGK 264 (El-Wakeil, 2013.). Azadiraktin je derivat nima *Azadirachta indica* A. Juss., 1830 (Isman, 2006.) i pripada drugoj generaciji botaničkih insekticida (El-Wakeil, 2013.), te je najmanje toksičan za sisavce od komercijalnih botaničkih insekticida (Rajashekar i sur., 2012.). Azadiraktin se smatra kontaktnim insekticidom, iako postiže i sistemičnu aktivnost u biljkama pri folijarnoj primjeni (Rembold, 1989.). Ima širok spektar djelovanja: kao antifidant, regulator rasta, repelent, sterilant te inhibira ovipoziciju (Morgan, 2009.).

Postoji još značajan broj istraživanja s aktivnim tvarima izoliranim iz raličitih biljnih vrsta. Primjerice, Baxter i sur. (1960.) navode da aktivna tvar β -asaron izoliran iz biljke *Acorus calamus* L. ima kontaktno djelovanje na široki spektar skladišnih kukaca.

Su i Horvat (1981.) navode da aktivna tvar karvakrol iz biljne vrste *Thujopsis dolabrata* (Thunb. ex L. f.) Siebold & Zucc. ima kontaktno i fumigantno djelovanje na *S. oryzae* i *C. chinensis*.

Oliver-Bever (1986.) navodi da aktivna tvar anonain iz biljke *Annona reticulata* L. ima kontaktno djelovanje na *C. chinensis*.

Afifi i sur. (1989.) navode da aktivna tvar karvon iz kima *Carum carvi* L. ima kontaktno djelovanje na *S. oryzae* i *R. dominica*.

Peterson i sur. (1989.) navode da aktivna tvar dioktil heksandioat iz *Conyza dioscoridis* (L.) Desf. ima kontaktno djelovanje na *T. castaneum* i *S. granarius*, zatim da aktivna tvar heksadekan iz *Chenopodium ambrosioides* L. ima kontaktno djelovanje na *T. castaneum* i *S. granarius* te da aktivna tvar heksadekanska kiselina iz *Convolvulus arvensis* ima kontaktno djelovanje na *S. oryzae* i *R. dominica*.

Weaver i sur. (1991.) navode da aktivna tvar linalol iz biljke *Ocimum canum* Sims. ima fumigantno djelovanje na *T. castaneum* i *S. granarius*.

Obeng-Ofori i sur. (1998.) navode da aktivna tvar kamfor iz *Ocimum kilimandscharicum* Gürke ima kontaktno djelovanje na *S. oryzae* te da aktivna tvar (+)-3-karen iz biljne vrste *Baccharis salicifolia* (Ruiz & Pav.) Pers. ima kontaktno djelovanje na *T. castaneum* i *S. oryzae*.

Prates i sur. (1998.) navode da aktivna tvar 1,8-cineol iz roda *Eucalyptus* ima kontaktno i fumigantno djelovanje na *R. dominica* i *T. castaneum* te da aktivna tvar eugenol iz citrusa ima fumigantno djelovanje na *S. oryzae*.

Park i sur. (2000.) navode da aktivna tvar cinamaldehyd izoliran iz cimeta *Cinnamomum aromaticum* Nees ima kontaktno djelovanje na *T. castaneum* i *S. zeamais*.

Kim i Ahn (2001.) navode da aktivna tvar E-anetol iz komorača *Foeniculum vulgare* Mill. ima kontaktno djelovanje na *S. oryzae* i *C. chinensis*.

Sparks i sur. (2001.) navode da aktivne tvari spinosin A i spinosin D iz bakterije *Saccharopolyspora spinosa* Mertz & Yao, 1990 djeluju kao želučani insekticid na široki spektar skladišnih kukaca.

Park i sur. (2003.) navode da aktivna tvar bornil-acetat izoliran iz japanskog čempresa *Chamaecyparis obtuse* (Siebold & Zucc.) Endl. ima kontaktno djelovanje na *S. oryzae*, zatim da aktivne tvari limonen iz citrusa i β -pinen iz biljke *Baccharis salicifolia* (Ruiz & Pav.) Pers. imaju kontaktno djelovanje na *T. castaneum*, dok aktivna tvar α -pinen iz *B. salicifolia* ima fumigantno djelovanje na *T. castaneum*.

Garcia i sur. (2005.) navode da aktivne tvari estragol i (+)-fenhon iz komorača *F. vulgare* imaju kontaktno djelovanje na *S. oryzae* i *Lasioderma serricorne* (Fab.) te da aktivna tvar (-)-limonen iz *B. salicifolia* ima kontaktno i fumigantno djelovanje na *T. castaneum*.

Yingjuan i sur. (2008.) navode da aktivna tvar Z-asaron izdvojen iz biljnih vrsta *Acorus calamus* L. i *Acorus gramineus* Sol. ex Aiton, 1789 ima kontaktno djelovanje na *S. zeamais*.

1.2. Cilj istraživanja

Istraživanja su provedena s ciljem određivanja insekticidne učinkovitosti biljnih prašiva i ekstrakata, inertnih prašiva hrvatskoga porijekla i kombinacije biljnih supstanci i inertnih prašiva u kontroli odraslih jedinki triju vrsta skladišnih štetnih kukaca: *Rhyzopertha dominica* (Fab.) – žitni kukuljičar, *Sitophilus oryzae* (L.) – rižin žižak i *Tribolium castaneum* (Herbst) – kestenjasti brašnar.

Osnovni su ciljevi istraživanja:

1. Utvrditi imaju li biljne supstance kao prašivo i kao ekstrakt insekticidno djelovanje na imago *R. dominica*, *S. oryzae* i *T. castaneum*;
2. Utvrditi imaju li inertna prašiva hrvatskoga porijekla insekticidno djelovanje na imago *R. dominica*, *S. oryzae* i *T. castaneum*;
3. Istražiti imaju li kombinacije biljnih supstanci i inertnih prašiva poboljšano djelovanje na mortalitet imaga *R. dominica*, *S. oryzae* i *T. castaneum*;
4. Istražiti učinkovitost hrvatskih inertnih prašiva na razvoj potomstva *R. dominica*, *S. oryzae* i *T. castaneum*;
5. Istražiti optimalne učinkovite doze biljnih supstanci i inertnih prašiva;
6. Istražiti insekticidnu učinkovitost biljnih ekstrakata primijenjenih na četirima vrstama građevinskih površina.

Osnovne su hipoteze istraživanja:

1. Biljne supstance primijenjene kao prašivo i kao ekstrakt imaju insekticidno djelovanje na testirane kukce;
2. Biljne supstance primijenjene kao ekstrakt na različitim građevinskim površinama imaju inicijalno i produženo djelovanje na testirane kukce;
3. Inertna prašiva hrvatskoga porijekla imaju insekticidno djelovanje te utjecaj na razvoj potomstva testiranih kukaca;
4. Mješavine biljnih i inertnih prašiva imaju poboljšano insekticidno djelovanje u odnosu na djelovanje postignuto primjenom prašiva pojedinačno;
5. Ekstrakt prašiva imaju poboljšano insekticidno djelovanje u odnosu na djelovanje postignuto primjenom biljnih ekstrakata i inertnih prašiva pojedinačno.

2. MATERIJAL I METODE RADA

Laboratorijska testiranja insekticidne učinkovitosti biljnih prašiva, biljnih ekstrakata, inertnih prašiva, kombinacije biljnih supstanci i inertnih prašiva provedena su u Laboratoriju za poslijezetvne tehnologije na Poljoprivrednom fakultetu Sveučilišta u Osijeku u razdoblju od 2015. do 2017. godine.

Plan istraživanja:

1. Uzgoj F1 generacije odraslih (imago) test kukaca (*S. oryzae*, *R. dominica* i *T. castaneum*);
2. Laboratorijska testiranja učinkovitosti biljnih prašiva na pšenici u suzbijanju *S. oryzae*, *R. dominica* i *T. castaneum*;
3. Laboratorijska testiranja učinkovitosti biljnih ekstrakata na građevinskim površinama (staklo, keramičke ploče, sirovo drvo i obrađeno drvo) u kontroli *S. oryzae*, *R. dominica* i *T. castaneum*;
4. Laboratorijska testiranja učinkovitosti inertnih prašiva na pšenici u kontroli *S. oryzae*, *R. dominica* i *T. castaneum*;
5. Laboratorijska testiranja učinkovitosti kombinacije botaničkih insekticida i inertnih prašiva kao:
 - a) mješavina biljnog i inertnog prašiva na pšenici u suzbijanju *R. dominica*; te
 - b) ekstrakt prašivo na pšenici u suzbijanju *R. dominica* i *T. castaneum*.

Sveukupno u istraživanju svih metoda postavljeno je 1 272 uzorka. Kako bi se osigurala potrebna brojnost i starost svih kukaca, uzgoj je konstantno obnavljan tijekom istraživanja.

2.1. Materijal rada

Vrste tretmana:

1. Biljno prašivo – osušeni i samljeveni dijelovi biljaka s česticama promjera 150 µm;
2. Biljni ekstrakt – dobiven ekstrakcijom biljnog prašiva u kombinaciji s vodom temperature 70-80 °C (vodeni biljni ekstrakt); te ekstrakcijom biljnog prašiva u kombinaciji s izopropil alkoholom (alkoholni biljni ekstrakt);
3. Inertno prašivo – silikatno i nesilikatno suho prašivo koje ima svojstvo fizikalnog insekticida u kontroli skladišnih kukaca;
4. Mješavina prašiva – kombinacija biljnog i inertnog prašiva;
5. Ekstrakt prašivo – kombinacija biljnog ekstrakta i inertnog prašiva.

2.1.1. Biljni materijal

Biljni materijal je ručno sakupljan na području Osječko-baranjske i Vukovarsko-srijemske županije (Baličević i sur., 2017.) te je osušen pri laboratorijskim uvjetima (slika 1.). Nakon sušenja ručno su odvajani potrebni dijelovi biljaka – cvijet, stabljika, list i zrno (tablica 1.). U istraživanju je korišteno 8 vrsta biljaka i jedan hibrid: *Brassica napus* L. – uljana repica; *Chelidonium majus* L. – veliki rosopas; *Helianthus annuus* L. – jednogodišnji suncokret; *Origanum majorana* L. – vrtni mažuran; *Papaver rhoeas* L. – poljski mak; *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. – carska paulovnja; *Melissa officinalis* L. – ljekoviti matičnjak; *Salvia officinalis* L. – ljekovita kadulja; *Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel. – lavandin.

Tablica 1. Prikaz biljnih dijelova koji su korišteni u istraživanju

| <i>Biljka</i> | <i>Porodica</i> | <i>Dijelovi biljaka korišteni u istraživanju</i> | <i>Tretman</i> |
|-------------------------------|-----------------|--|---------------------------|
| <i>B. napus</i> | Brassicaceae | zrno | biljni ekstrakt |
| <i>C. majus</i> | Papaveraceae | list | biljni ekstrakt i prašivo |
| <i>H. annuus</i> | Asteraceae | zrno | biljni ekstrakt |
| <i>O. majorana</i> | Lamiaceae | list | biljni ekstrakt i prašivo |
| <i>P. rhoeas</i> | Papaveraceae | cvijet i stabljika | biljni ekstrakt i prašivo |
| <i>P. tomentosa</i> | Paulowniaceae | cvijet | biljni ekstrakt i prašivo |
| <i>M. officinalis</i> | Lamiaceae | cvijet i list | biljni ekstrakt i prašivo |
| <i>S. officinalis</i> | Lamiaceae | cvijet | biljni ekstrakt i prašivo |
| <i>Lavandula x intermedia</i> | Lamiaceae | cvijet | biljni ekstrakt i prašivo |

Odabir biljnog materijala temeljio se na sljedećim čimbenicima: široka rasprostranjenost u prirodi ili jednostavan uzgoj kao poljoprivredne kulture; biljne vrste koje ne zahtijevaju veliki prostor za rast i razvoj, veliku količinu vode i hraniva; biljne vrste koje lako nadoknade biljne dijelove s potencijalnim insekticidnim djelovanjem (cvijet, list); biljne vrste koje imaju široku uporabu, primjerice u medicini; biljne vrste niske ekonomske vrijednosti; biljne vrste s aktivnim tvarima čija se djelotvornost očituje pri niskim koncentracijama; biljne vrste s potencijalnim insekticidnim djelovanjem koje nisu istražene.



Slika 1. Sušenje cvjetova paulovnije pri laboratorijskim uvjetima (Izvor: Lucić, P.)

2.1.2. Inertna prašiva

Inertna prašiva su dobivena usitnjavanjem sedimentnih stijena u čijem sastavu su znatno zastupljeni skeleti algi iz skupine dijatomeja. Dijatomeje ili alge kremenjašice su jednostanični organizmi koji žive u slanoj, brakičnoj i slatkoj vodi (Smol i Stoermer, 2010.). Sedimente (slika 2.) su skupljali s pet lokaliteta središnje i istočne Hrvatske znanstvenici Hrvatskog geološkog instituta u sklopu projekta HRZZ IP-11-2013-5570.



Slika 2. Sedimenti skupljeni s lokaliteta Jurjevčani (Izvor: Lucić, P.)

Područje s kojeg je obavljeno uzorkovanje podijeljeno je u tri cjeline: Banovina, Slavonija (Psunj – Požeška gora) i Medvednica – Žumberak – Hrvatsko zagorje. S navedenih je pet lokaliteta u istraživanju korišteno 6 uzoraka (slika 3.) inertnih prašiva (tablica 2.) te kao referentno usporedno prašivo Celatom Mn-51[®], registrirano sredstvo na bazi dijatomejske zemlje porijeklom iz Sjedinjenih Američkih Država.



Slika 3. Uzorci inertnih prašiva hrvatskog porijekla (Izvor: Lucić, P.)

Tablica 2. Prikaz uzoraka inertnih prašiva i pripadajućih lokaliteta

| <i>Područje</i> | <i>Lokalitet</i> | <i>Naziv uzorka</i> |
|--|-------------------------------------|---------------------|
| Banovina | Martinovići | MR-10 |
| Slavonija (Psunj – Požeška gora) | Opatovac | OP-4 |
| | Jurjevčani | JU-1 |
| Medvednica – Žumberak – Hrvatsko zagorje | Markuševac | MA-4 |
| | Podsusedsko Dolje | PD-1 |
| | Podsusedsko Dolje (duboka bušotina) | D-01 |

2.1.2.1. Fizikalno-kemijske analize inertnih prašiva

U laboratorijskom testiranju insekticidne učinkovitosti uzoraka inertnih prašiva hrvatskog porijekla za komparaciju korištena je dijatomejska zemlja Celatom Mn-51[®] koja ima upotrebu na tržištu. U tablici 3. prikazane su fizikalne i kemijske vrijednosti dijatomejske zemlje Celatom Mn-51[®]. Analize su obavljene na Hrvatskom geološkom institutu (HGI).

Tablica 3. Fizikalne i kemijske vrijednosti dijatomejske zemlje Celatom Mn-51[®] (Halamić i Galović, 2015.)

| <i>Fizikalna svojstva</i> | | <i>Kemijska svojstva</i> | |
|--------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| <i>Analiza sita⁽¹⁾</i> | 6,5 | <i>Struktura</i> | Naturalna DZ ⁽³⁾ |
| <i>Srednji promjer čestica</i> | 15,0 μm | <i>SiO₂</i> | 73,6% |
| <i>Gustoća vlažne mase</i> | 440,0 g l ⁻¹ | <i>Al₂O₃</i> | 7,8% |
| <i>Gustoća suhe mase</i> | 175,0 g l ⁻¹ | <i>Fe₂O₃</i> | 1,8% |
| <i>pH (10%-tna vodena otopina)</i> | 7,5 | <i>CaO</i> | 5,6% |
| <i>Boja</i> | bež | <i>MgO</i> | 0,3% |
| <i>Apsorpcija ulja⁽²⁾</i> | 150 | <i>Ostali oksidi</i> | 2,3% |
| <i>Apsorpcija vode⁽²⁾</i> | 165 | <i>Gubitak pri paljenju</i> | 5,5% |

(1) – w/Tyler screen: =325 mesh = >44 mikrona; (2) – Gardner' Coleman (lbs/100 lbs); (3) – dijatomejska zemlja

Sadržaj vlage u uzorcima inertnih prašiva hrvatskog porijekla mjeren je nakon sušenja uzoraka na 50 °C i na 105 °C u trajanju od 24 h (tablica 4.). Prema ISO 10390 Soil quality – Determination of pH mjerena je pH vrijednost u 10%-tnoj vodenoj otopini (tablica 4). Sadržaj CaCO₃ u uzorcima (tablica 4.) mjeren je Collinsovom Kalcimetar-standardna metodom (Halamić i Galović, 2015.).

Tablica 4. Prikaz izmjerenih vrijednosti vlage, pH vrijednosti te sadržaj CaCO₃ u analiziranim uzorcima inertnih prašiva (Halamić i Galović, 2015.)

| <i>Uzorak</i> | <i>Vlaga (%) (50 °C)</i> | <i>Vlaga (%) (105 °C)</i> | <i>pH (10%-tna vod. otop.)</i> | <i>CaCO₃ (%)</i> |
|---------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| MR-10 | 34,24 | 30,70 | 8,18 | 74,66 |
| OP-4 | 24,75 | 20,37 | 8,42 | 86,16 |
| JU-1 | 32,97 | 33,42 | 7,75 | 69,12 |
| MA-4 | 30,01 | 30,86 | 7,59 | 19,82 |
| PD-1 | 29,16 | 30,01 | 8,26 | 53,28 |
| D-01 | 3,13 | 3,27 | 7,63 | 14,45 |

Prema izmjerenim pH vrijednostima svi su analizirani uzorci alkalni i mogu se razvrstati u dvije skupine – slabo alkalni i umjereno alkalni. Slabo alkalni uzorci inertnih prašiva imaju pH vrijednost u rasponu od 7,59 do 7,75 (MA-4, D-01 i JU-1), a umjereno alkalni uzorci imaju pH vrijednost u rasponu od 8,13 do 8,42 (MR-10, PD-1 i OP-4). Svi analizirani

uzorci imaju visok sadržaj karbonata u rasponu od 14,45% (D-01) do 86,16% (OP-4) (Halamić i Galović, 2015.).

2.1.2.2. Kemijska analiza inertnih prašiva

Kemijska analiza glavnih elemenata (tablica 5.) napravljena je na 15 g uzorka koji je taljen s $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (litijev tetraborat) u tablete koje su analizirane metodom XRF (rentgenfluorescencija) na set glavnih oksida i neke elemente u tragovima (Halamić i Galović, 2015.). Analize su obavljene na Hrvatskom geološkom institutu (HGI).

Tablica 5. Koncentracije (%) oksida i nekih elemenata u tragovima u uzorcima inertnih prašiva prema analitičkoj metodi XRF (Halamić i Galović, 2015.)

| Oksid/ element | Uzorak inertnog prašiva | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | MR-10 | OP-4 | JU-1 | MA-4 | PD-1 | D-01 | C. Mn-51 [®] |
| SiO ₂ | 14,21 ⁽¹⁾ | 7,37 ⁽¹⁾ | 18,65 ⁽¹⁾ | 47,71 ⁽¹⁾ | 29,32 ⁽¹⁾ | 55,58 ⁽¹⁾ | 73,60 |
| Al ₂ O ₃ | 4,73 ⁽¹⁾ | 2,32 ⁽¹⁾ | 3,15 ⁽¹⁾ | 8,81 ⁽²⁾ | 5,42 ⁽¹⁾ | 6,83 ⁽¹⁾ | 7,80 |
| Fe ₂ O ₃ | 1,57 ⁽¹⁾ | 0,97 ⁽¹⁾ | 1,34 ⁽¹⁾ | 3,85 ⁽²⁾ | 2,14 ⁽²⁾ | 2,85 ⁽²⁾ | 1,80 |
| CaO | 37,15 ⁽²⁾ | 44,72 ⁽²⁾ | 38,10 ⁽²⁾ | 9,63 ⁽²⁾ | 28,32 ⁽²⁾ | 5,59 ⁽¹⁾ | 5,60 |
| MgO | 1,89 ⁽²⁾ | 0,34 ⁽¹⁾ | 0,49 ⁽²⁾ | 0,92 ⁽²⁾ | 0,83 ⁽²⁾ | 1,30 ⁽²⁾ | 0,35 |
| Na ₂ O | 0,24 | 0,48 | 0,21 | 0,37 | 0,36 | 0,25 | - |
| K ₂ O | 0,83 | 0,19 | 0,44 | 1,43 | 0,70 | 1,05 | - |
| MnO | 0,07 | 0,005 | 0,04 | 0,07 | 0,02 | 0,04 | - |
| TiO ₂ | 0,24 | 0,12 | 0,16 | 0,41 | 0,31 | 0,31 | - |
| P ₂ O ₅ | 0,08 | 0,07 | 0,10 | 0,10 | 0,12 | 0,21 | - |
| LOI | 36,53 | 41,31 | 35,22 | 23,44 | 30,47 | 22,52 | - |
| Ba | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | - |
| Cu | 0,008 | 0,004 | 0,004 | 0,003 | 0,004 | 0,004 | - |
| Ni | 0,011 | 0,003 | 0,003 | 0,01 | 0,011 | 0,01 | - |
| Pb | 0,006 | 0,004 | 0,006 | 0,007 | 0,006 | 0,007 | - |
| SO ₃ | 1,332 | 0,725 | 0,733 | 2,097 | 1,035 | 2,344 | - |
| Sr | 0,119 | 0,578 | 0,259 | 0,038 | 0,085 | 0,032 | - |
| V ₂ O ₅ | 0,009 | 0,006 | 0,008 | 0,018 | 0,012 | 0,015 | - |
| Zn | 0,005 | 0,004 | 0,003 | 0,007 | 0,005 | 0,005 | - |
| Zr | 0,0005 | 0,0005 | 0,002 | 0,008 | 0,004 | 0,005 | - |
| Σ | 99,12 | 99,36 | 99,01 | 99,00 | 99,27 | 99,01 | - |

(1) – izmjerene koncentracije su ispod koncentracija DZ Celatom Mn-51[®]; (2) – izmjerene koncentracije su iznad koncentracija DZ Celatom Mn-51[®]

2.1.2.3. Rentgenska analiza inertnih prašiva

Rezultati kvalitativnih i kvantitativnih mineraloških analiza uzoraka inertnih prašiva dobiveni analizom XRD prikazani su u tablici 6. (Grizelj, 2015.). Analize su obavljene na Hrvatskom geološkom institutu (HGI).

Tablica 6. Kvalitativne i kvantitativne mineraloške analize uzoraka (tež. %) na temelju XRD (Izveštaj HGI, 2015.)

| <i>Uzorak</i> | <i>Kvarc</i> | <i>Dijatom – Opal CT</i> | <i>Glina</i> | <i>Pirit</i> |
|---------------|------------------|--------------------------|--------------|--------------|
| MR-10 | 7 ⁽¹⁾ | 37 | 56 | - |
| OP-4 | 9 ⁽¹⁾ | 7 | 78 | - |
| JU-1 | 6 ⁽¹⁾ | 55 | 38 | - |
| MA-4 | 6 ⁽¹⁾ | 42 | 50 | - |
| PD-1 | 6 ⁽¹⁾ | 51 | 43 | - |
| D-01 | 5 ⁽¹⁾ | 68 | 27 | - |

(1) – veća vrijednost od vrijednosti DZ Celatom Mn-51®

Svi analizirani uzorci sadrže kvarc čiji udio varira od 5-9%. Najmanju količinu kvarca (5%) sadrži uzorak D-01 koji također sadrži najveći udio (68%) opal-CT (dijatomeja). Najveću količinu kvarca (9%) sadrži uzorak OP-4. Svi uzorci sadrže više kvarca od dijatomejske zemlje Celatom Mn-51®.

2.1.2.4. Paleontološka analiza inertnih prašiva

Analize su obavljene na Hrvatskom geološkom institutu (HGI). Kod laboratorijske obrade uzoraka korištena je metodologija pripreme uzoraka za izradu mikroskopskih preparata prema Galović, 2009. Kod toga postupka izdvaja se 1 cm³ sedimenta koji se tretira u čaši s 30%-tnim peroksidom (H₂O₂), kako bi se odstranila organska komponenta. Nakon toga se sediment ispire s destiliranom vodom te slijedi standardna izrada preparata za mikroskopiranje prema Horvatu, 2004. Analize uzoraka napravljene su na BH2 Olympus mikroskopu te na skenirajućem elektronskom mikroskopu JEOL JSM-35 CF na Hrvatskom geološkom institutu u Zagrebu. U dobivenim preparatima za mikroskopiranje izdvojen je sastav dijatomejske zajednice, raznolikost i zastupljenost pojedinih rodova i vrsta te je obavljena morfometrijska analiza (Galović, 2015.).

U uzorku D-01 s područja Medvednice s lokaliteta Podsusedsko Dolje – bušotina (Gauß-Krieger koordinate: X=5566973; Y=5075757) određene su sveukupno 33 vrste iz reda Centrales i 24 vrsta iz reda Pennales. U uzorku D-01 svojom prisutnošću dominiraju vrste

roda *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Grunow (veličina skeleta oko 55 mikrona); krhotine velikih dijatomejskih ljušturica (veličine 65-80 mikrona) iz *Coscinodiscus* grupe (*Coscinodiscus oculus iridis* Ehrenberg, *Thalassiosira leptopus* (Grunow), Hasle et Fryxell, *Coscinodiscus radiatus* Ehrenberg, *Coscinodiscus stellatis* Roper, *Coscinodiscus rothii* (Ehrenberg) Grunow, *Coscinodiscus perforatus* var. *cellulosus* Grunow); kao i prisutnost njihovih manjih vrsta ispod 50 mikrona (*Coscinodiscus curvatulus* Grunow, *Coscinodiscus doljensis* Pantocsek, *Coscinodiscus sarmaticus* Pantocsek, *Coscinodiscus rugulosus* Hajós, *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve); te trajnih spora (*Bacteriastrum furcatum* Shadbolt, *Chaetoceros affinis* Lauder, *Chaetoceros crinitus* Schütt, *Chaetoceros didymus* Ehrenberg, *Chaetoceros holsaticus* Schütt, *Chaetoceros paulsenii* Ostenfeld, *Chaetoceros subtilis* Cleve, *Chaetoceros wighamii* Brightwell, *Periptera tetracladia* Ehrenberg, *Xanthiopyxis ovalis* Lohman) (Galović, 2015.).

U uzorku PD-1 s lokaliteta Podsusedsko Dolje (područje Medvednice) – geološki stup (Gauß-Krieger koordinate: X=5566646; Y=5076366) određeno je sveukupno 13 vrsta iz reda centrales i 22 vrste iz reda pennaes. Dominiraju vrste roda *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Grunow uz krhotine većih dijatomejskih oblika *Coscinodiscus* grupe (*Coscinodiscus oculus iridis* Ehrenberg, *Thalassiosira leptopus* (Grunow), Hasle et Fryxell, *Coscinodiscus stellatis* Roper, *Stephanopyxis turris* (Greville) Ralfs), kao i prisutnost njihovih manjih vrsta ispod 50 mikrona (*Coscinodiscus curvatulus* Grunow, *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve) (Galović, 2015.).

U uzorku MA-4 s lokaliteta Markuševac (područje Medvednice) – geološki stup (Gauß-Krieger koordinate: X=5578866; Y=5082007) određeno je sveukupno 16 vrsta iz reda centrales i 11 vrsta iz reda pennaes. Dominiraju vrste roda *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Grunow uz dijatomejske vrste iz *Coscinodiscus* grupe (*Coscinodiscus curvatulus* Grunow, *C. doljensis* Pantocsek, *Thalassiosira leptopus* (Grunow) Hasle et Fryxell) i njihove pretežno okrhnutе dijelove (Galović, 2015.).

U uzorku JU-1 s lokaliteta Jurjevčani (područje Žumberka) (Gauß-Krieger koordinate: X=5551120; Y=5065120) uočena je raznovrsnija dijatomejska zajednica iz reda pennaes za razliku od prijašnjih uzoraka s Medvednice. U uzorku je određeno sveukupno 12 vrsta iz reda centrales i 27 vrsta iz reda pennaes. Najučestalije vrste u uzorku pripadaju *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Grunow i skrhanim oblicima iz *Coscinodiscus* grupe (*Coscinodiscus oculus iridis* Ehrenberg, *Thalassiosira leptopus* (Grunow), Hasle et Fryxell, *Coscinodiscus stellatis* Roper, *Hyalodiscus scoticus* (Kützing) Grunow), kao i

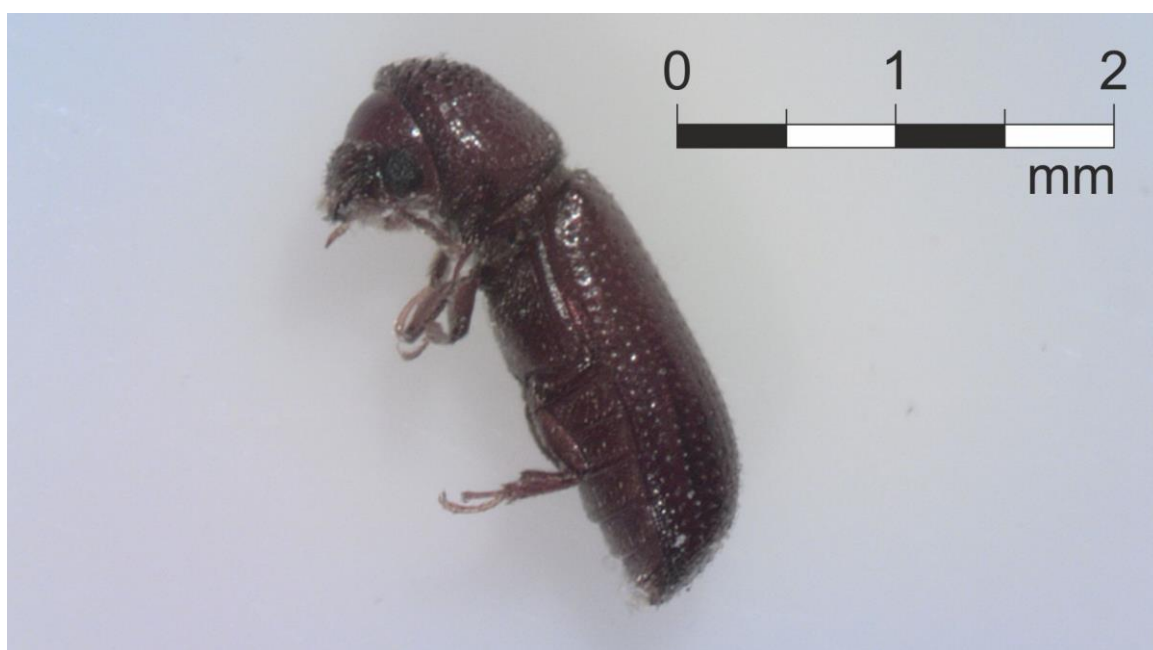
prisutnost njihovih vrsta ispod 50 mikrona (*Coscinodiscus doljensis* Pantocsek, *Coscinodiscus sarmaticus* Pantocsek, *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve) (Galović, 2015.). U uzorku OP-4 s lokaliteta Opatovac (područje Slavonije) – geološki stup (Gauß-Krieger koordinate: X=6457299; Y=5020796) utvrđena su masovna pojavljivanja ascidijanskih spikula, ali s nešto manjom učestalošću *Calcidiscus leptoporus* vrsta. U ovom uzorku nije zapažena niti jedna dijatomejska vrsta (Galović, 2015.).

U uzorku MR-10 s lokaliteta Martinovići (područje Banovine) – geološki stup (Gauß-Krieger koordinate: X=5597460; Y=5018260) uočena je zajednica vapnenačkog nanoplanktona s ascidianskim spikulama. U ovom uzorku nije zapažena niti jedna dijatomejska vrsta (Galović, 2015.).

2.1.3. Testni kukci

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

Žitni kukuljičar *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) termofilni je štetnik porijeklom s indijskog subkontinenta iz reda Coleoptera (kornjaši, tvrdokrilci) porodice Bostrichide (kukuljičari, bušači), rasprostranjen u tropskim i suptropskim zemljama. Zahvaljujući međunarodnoj trgovini prehrambenih proizvoda i velikoj sposobnosti letenja, žitni kukuljičar je danas kozmopolitski štetnik. Primarni je štetnik žitarica (pšenica, kukuruz, riža, zob, ječam i sirak) i druge sjemenske robe, suhog krumpira i suhog bilja (Fields et. al., 1993.; Flinn et. al., 2004.). Životni vijek iznosi 4-8 mjeseci (Korunić, 1990.; Chanbang i sur., 2008.). Tijelo je imaga cilindrično, duljine 2-3 mm, crveno-smeđe boje. Glava je okrenuta prema dolje (slika 4.) i potpuno je prekrivena vratnim štitom. Na glavi se nalaze ticala čija zadnja tri segmenta tvore kijaču. Toraks je hrapav, pokrivanje je hrapavo s točkastim brazdama, ispod kojih se nalaze opnasta krila za letenje. Ličinke su bijele boje sa smeđom glavom duljine oko 3 mm. Tijelo je prekriveno kratkim dlačicama, imaju tri para nogu, a na glavi usni ustroj za grizenje. Mlade su ličinke pokretne pa se ubušuju i hrane oštećenim zrnom, a starije su sposobne ubušiti se i u zdrava zrna (Rajashekar i sur., 2012.). Daljnjim sazrijevanjem ličinke postaju nepokretne i poprimaju oblik slova C. U jednom zrnju može se hraniti veći broj ličinki koje izjedaju endosperm sve do ljuske zrna.



Slika 4. *R. dominica* – imago (Izvor: Lucić, P.)

Ženka položi 300-600 jajašaca izvan zrna. Jaja su ovalnog oblika duljine 0,6 mm s dijametrom od 0,2 mm (Potter, 1935.). Kod polaganja su bijele boje, zatim postepeno mijenju boju u roza pa smeđu. Godišnje se pojavljuju dvije generacije žitnog kukuljičara. Optimalna temperatura za rast i razvoj je 30 °C, a mogu se razvijati pri relativnog vlazi zraka od 9%. Iako je termofilan štetnik, otporan je na niske temperature i u uvjetima u Hrvatskoj sposoban je prezimjeti. Štete koje čini na zrnatoj robi su od velikog ekonomskog značaja jer pri povoljnim uvjetima, imago za 3-4 tjedna ošteti zrno u tolikoj mjeri da ostane samo tanka ljuska (Emery and Nayak, 2007.). U kontroli žitnog kukuljičara razlikuju se tri aspekta utjecaja zaraze: gubitak kvantitete zrna, gubitak kvalitete zrna (Sanchez-Marinez et. al., 1997.) i trošak sprječavanja ili kontrole zaraze (Cuperus et. al., 1990.). Uskladištena roba koja je zaražena žitnim kukuljičarem ima karakterističan miris po medu (Korunić, 1990.; Rozman i sur., 2015.).

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

Rižin žižak *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) jedan je od najznačajnijih primarnih štetnika uskladištenih žitarica (pšenica, kukuruz, riža, ječam i sirak) iz reda Coleoptera porodice Curculionidae (pipe), kozmopolitskih razmjera rasprostranjenosti (Hamel, 2007.; Ngamo i sur., 2007.a; Forghani i Marouf, 2015.). Imago (slika 5.) je duljine 2,5-4,0 mm i naizgled vrlo sličan kukuruznom žišku *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Longstaff, 1981.). Na pokrildju se nalaze četiri široke crvenkaste pjege, a ispod pokrildja ima drugi par krila te može letjeti za razliku od pšeničnog žiška *Sitophilus granarius* (Linnaeus). Rižin žižak ima kratak životni vijek (4-7 mjeseci). Razvija se u rasponu temperature 13-34 °C, optimalna je temperatura za razvoj od 30-32 °C, dok se pšenični žižak razvija na nešto nižim temperaturama. Donja temperaturna granica za razvoj iznosi oko 13 °C pa zbog veće osjetljivosti na niske temperature češće čini štete u kvalitetno izgrađenim silosima i skladištima. Povećanjem vlage uskladištenog proizvoda otpornost na hladnoću raste (Korunić, 1990.). *S. oryzae* zahtijeva nižu vlagu zrna (10-16%) od *S. granarius* (Birch, 1944.), a optimalna vlaga zrna je 13,5-14% (Korunić, 1990.). Niži razvojni stadiji nalaze se unutar zrna, stoga nisu često vidljivi. Jajašca su sjajna, neprozirna do bijele boje, jajolikog do kruškolikog oblika. Ličinke su krupne, bijele boje i nemaju noge, a kukuljice su također bijele boje, no imaju noge i krila te rilo, slično kao i imago (Bhuiyah i sur., 1990.). Ženka polaže 300-600 jajašaca te za razliku od pšeničnog žižka, polažu više jajašaca u jednom zrnu što rezultira većom pojavom ličinki u jednom zrnu koje su sposobne hraniti se i

oštećenim zrnom. Godišnje ima 3-4 generacije, dok u zagrijanoj uskladištenoj masi čak i više. Štete koje čini su manje u odnosu na štete koje čini *S. granarius*, ali zbog brzog razmnožavanja također čini velike štete (Korunić, 1990.; Rozman i sur., 2015.).

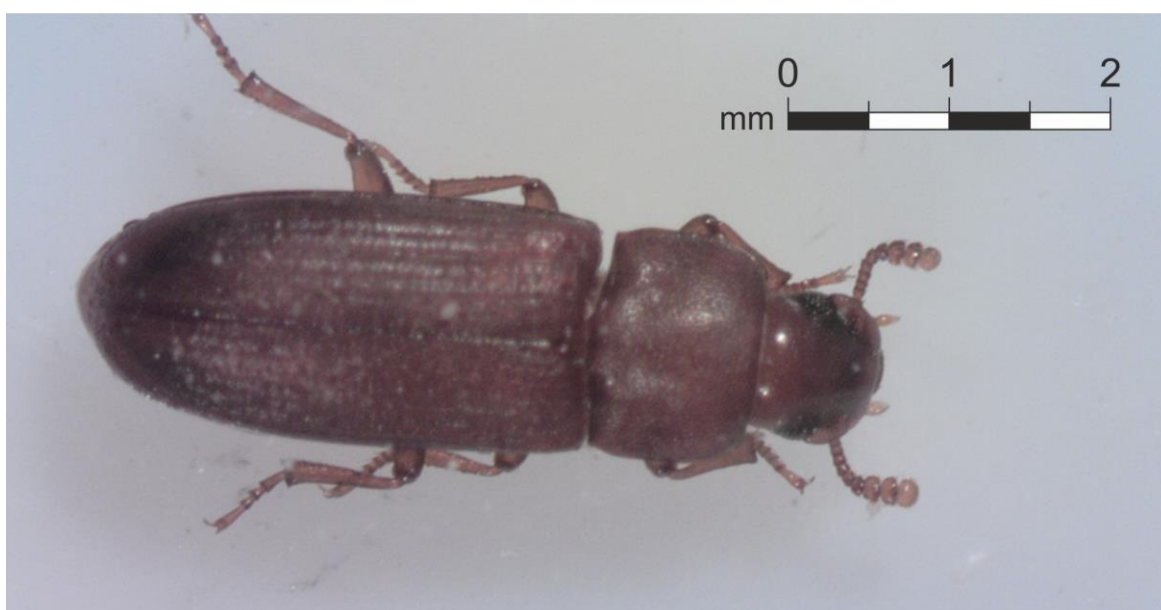


Slika 5. *S. oryzae* – imago (Izvor: Lucić, P.)

Kestenjasti brašnar - *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)

Kestenjasti brašnar *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) najrašireniji je skladišni štetnik na svijetu i model za praćenje sigurnosti hrane i funkcionalnosti (Grünwald i sur., 2013.), iz reda Coleoptera porodice Tenebrionidae (mračnjaci). Najviše je nastanjen u tropskim i subtropskim zemljama. Sekundarna je vrsta štetnika zrnate robe, čini štete na lomljenom zrnju i zrnju oštećeno drugim štetnicima (Shafighi i sur., 2014.), dok je primarna vrsta štetnika sjemena uljarica, brašna, mlinarskih proizvoda i drugih (Korunić, 1990.). Proizvodi koje najčešće oštećuje suhi su materijali životinjskog i biljnog porijekla, uglavnom žitarice i žitne preradevine. Imago (slika 6.) je crveno-smeđe do tamno-kestenjaste boje i ima duguljasto tijelo dužine 2,3-4,4 mm. Na pokrilju su izražene uzdužne linije, a karakterističan je po svojim ticalima čija su tri zadnja segmenta mnogo veća i više zadebljana od ostalih segmenata. Segmenti ticala kod *Tribolium confusum* (du Val) postepeno se šire prema vrhu što čini glavnu razliku između ovih dviju vrsta (Hayashi, 1966.). Kukuljica kestenjastog brašnara nema čahuru te je žućkasto-bijele boje, a kasnije postaje smeđe boje. Ličinke su cilindrične, vitke, žućkasto-bijele boje, prekrivene finim dlačicama, duljine 6-7 mm i imaju tri para nogu pa su stoga pokretljive (Grossmann i sur.,

2009.) i mogu živjeti unutar i izvan proizvoda kojim se hrane. Glava je ličinke blijedo-smeđe boje, a zadnji segment abdomena ima dva tamna uzdignuta nastavka (Lyon, 2000.). Jajašca su bijela, cilindrična, duljine 0,5 mm i ljepljiva, što omogućuje lakše prekrivanje brašnom. Ženka položi 300-900 jajašaca u uskladištenom proizvodu. Temperature potrebne za razmnožavanje i ishranu kreću se od 20 do 37,5 °C, dok je optimalna temperatura 35 °C (White, 1987.). Raspon vlage zraka iznosi 30-90%, dok je optimalna vlaga oko 70%. Pri povoljnim uvjetima može se razviti za 3-4 tjedna, a ako je vlaga zrna veća od 12,5%, mogu vršiti primarne zaraze odnosno hraniti se cjelovitim zdravim zrnom (Korunić, 1990.; Rozman i sur., 2015.). Kestenjasti brašnar dugovječan je skladišni kukac čiji životni vijek može trajati do 3 godine (Mason, 2003.).

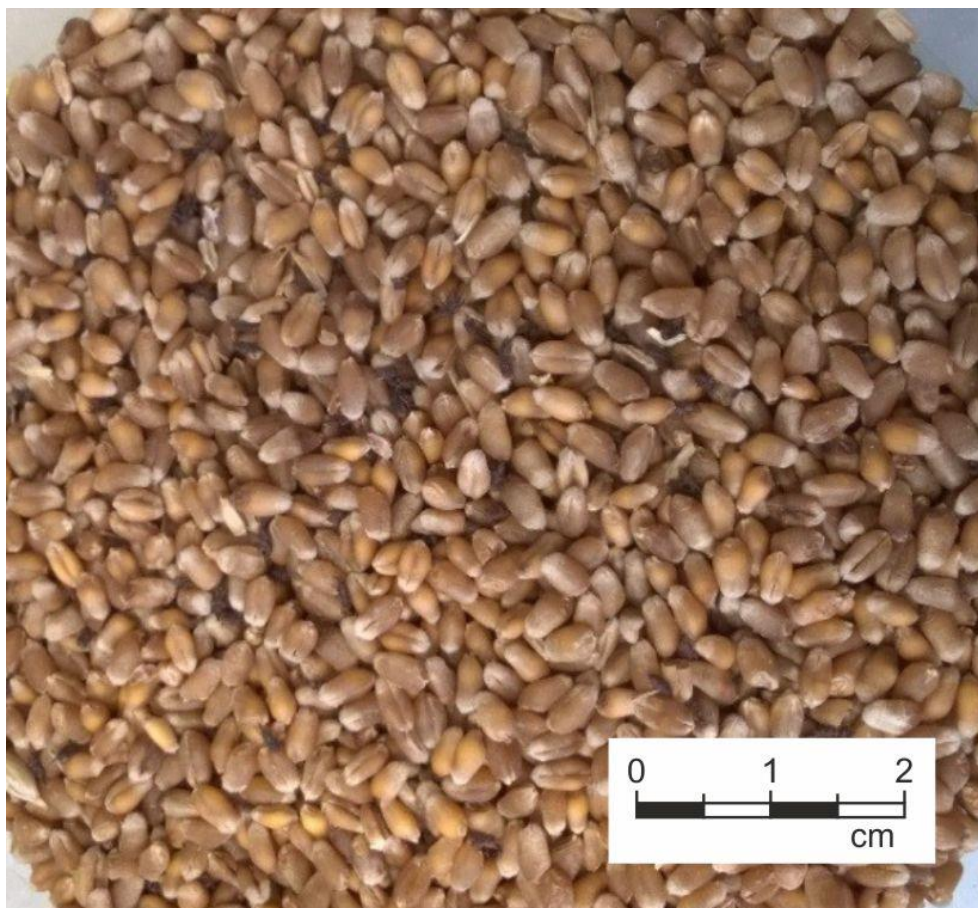


Slika 6. *T. castaneum* – imago (Izvor: Lucić, P.)

2.2. Metode rada

2.2.1. Uzgoj testnih kukaca

Uzgoj testnih kukaca obavljen je u kontroliranim uvjetima pri temperaturi od 29 ± 1 °C, relativnoj vlazi zraka 70-80% u tami (Liu i Ho, 1999.; Menon i sur., 2001.). Za potrebe istraživanja koristili su se F1 generacije odraslih testnih kukaca: *R. dominica*, *S. oryzae* i *T. castaneum*. Za uzgojnu podlogu za *R. dominica* i *S. oryzae* korištena je pšenica (slika 7.) s 13% vlage, dok je za *T. castaneum* korištena kombinacija oštrog pšeničnog brašna i suhog kvasca (slika 8.) u omjeru 10:1 (Abdelgaleil i sur., 2009.). Pšenica je prethodno prečišćena i sterilizirana (Dal Bello i sur., 2000.) pri 60 °C u trajanju od 1 sat, zatim ohlađena pri sobnoj temperaturi. Sadržaj vlage izmjeren je uređajem Dickey-John GAC 2100 (Athanassiou i sur., 2005.). U istraživanju su korištene odrasle jedinke pomiješanog spola, starosti 7-21 dan.



Slika 7. Uzgojna podloga – pšenica (Izvor: Lucić, P.)

Staklene posude (uzgojni uzorak) volumena 720 ml ispunjene su s 300 g pšenice ili 300 g kombinacije brašna i kvasca, ovisno o vrsti kukca, te je introducirano 200 odraslih jedinki obaju roditelja različite starosti. Staklene posude prekrivene su perforiranim poklopcima (Dal Bello i sur., 2000.). Nakon kopulacije u trajanju od 7 dana, roditelji su uklonjeni iz uzgojne podloge (staklene posude). Nakon 49 dana (*S. oryzae*) i 63 dana (*R. dominica* i *T. castaneum*) pojavljuju se prvi adulti F1 generacije, koji se prosijavaju i introduciraju na novu uzgojnu podlogu sve do korištenja u svrhu istraživanja odnosno do starosti od 7-21 dan. U svakom uzgojnom uzorku pojavi se oko 3-4 generacije odraslih jedinki.



Slika 8. Uzgojna podloga – brašno i kvasac (Izvor: Lucić, P.)

2.2.2. Laboratorijsko testiranje učinkovitosti biljnih prašiva na pšenici

Potrebni su dijelovi biljaka (tablica 3.) osušeni, usitnjeni i samljeveni u mlinu Retsch PM 100 (slika 9.). Nakon toga su ručno prosijani kroz sito otvora 150 μm , čime su dobivene ujednačene veličine čestica biljnog prašiva. Biljno prašivo je primijenjeno u staklene posude volumena 200 ml ispunjene s 100 g sterilne pšenice (*R. dominica* i *S. oryzae*) ili 100 g sterilne pšenice s 3% loma zrna (*T. castaneum*). Staklene su posude hermetički zatvorene poklopcem i ručno promješane u trajanju od 60 s. Nakon toga je introducirano 50 odraslih jedinki obaju spolova po tretmanu, sve tri vrste kukaca pojedinačno po tretmanu. Zatim su staklene posude prekrivene perforiranim poklopcima i odložene u kontrolirane uvjete (29 ± 1 °C; 70-80% rvz). Biljna prašiva su primijenjena u četirima koncentracijama: 2 000, 4 000, 6 000 i 8 000 mg kg^{-1} . Postavljen je i kontrolni tretman (tretman bez primjene prašiva). Očitanje mortaliteta vršilo se trima ekspozicijama: 4, 7 i 14 dana. Za laboratorijsko testiranje učinkovitosti biljnih prašiva postavljeno je ukupno 348 uzoraka (116 uzoraka za svaku vrstu kukca).



Slika 9. Retsch PM 100 (Izvor: Lucić, P.)



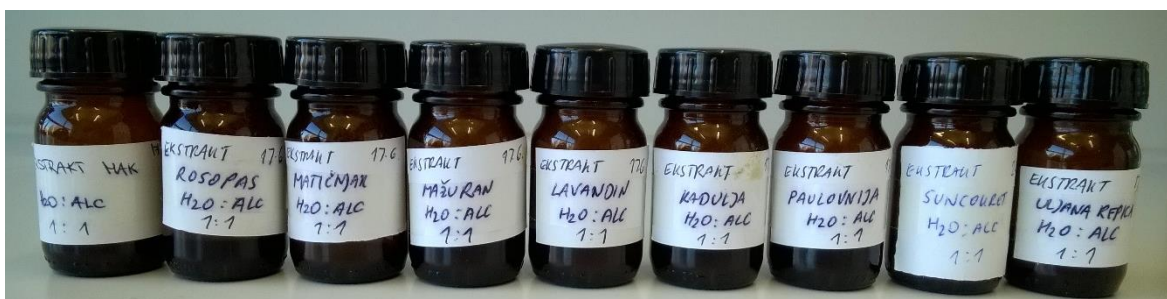
Slika 10. Cijedenje (Izvor: Lucić, P.)



Slika 11. Miješanje ekstrakta (Izvor: Lucić, P.)



Slika 12. Prosijavanje prašiva (Izvor: Lucić, P.)



Slika 13. Biljni ekstrakti – kombinacija vodenog i alkoholnog ekstrakta u omjeru 1:1 (Izvor Lucić, P.)

2.2.3. Laboratorijsko testiranje učinkovitosti biljnih ekstrakata na građevinskim površinama

Biljni ekstrakti pripremljeni su na bazi vode i 2-propanola. Biljna prašiva s frakcijama do 150 μm miješana su posebno s vodom (70-80 °C) i posebno s alkoholom (2-propanol). Omjer miješanja (g:ml) biljnog prašiva i vode te biljnog prašiva i alkohola ovisi o dobivenoj konzistenciji ekstrakta, koji u pravilu mora biti kao „mekana pasta”. Omjeri su biljnog prašiva i vode uglavnom veći od omjera biljnog prašiva i alkohola (tablica 7.). Ekstrakcija je pripravljena u visokim staklenim posudama, a trajala je 4 dana. Svakih 24 sata je ekstrakt promiješan do stvaranja „mekane paste”, zbog odvajanja otapala od prašiva. Nakon toga su ekstrakti iscijeđeni kroz mlinsko platno (slika 10.) i dva puta

prosijani kroz sito otvora 150 μm . Zatim su vodeni biljni ekstrakt i alkoholni biljni ekstrakt pomiješani (slika 11.) u omjeru 1:1 (gotovi biljni ekstrakt spreman za primjenu – slika 13.). Biljni ekstrakti su primijenjeni Kartell mikropipetom u koncentraciji od 20 ml m^{-2} , a kistom disperzirani u tankom sloju na četirima različitim građevinskim površinama: staklo, keramičke ploče, sirovo drvo i obrađeno drvo, kao jedne od najčešćih površina u uskladištenim prostorima. Sredstvo je primijenjeno na površinu od 78,54 cm^2 po uzorku, a nakon 60 s od primjene introducirano je 20 odraslih jedinki obaju spolova po tretmanu, sve tri vrste kukaca (*R. dominica*, *S. oryzae* i *T. castaneum*) pojedinačno po tretmanu. Tretmani su poklopljeni petrijevim zdjelicama s odgovarajućom površinom kako bi se kukci zadržali na tretiranoj površini. Kontrola je postavljena s istim brojem kukaca na iste građevinske površine, ali kao tretman bez primjene ekstrakta, tretman primjenjivan vodom, te tretman primjenjivan s 2-propanol-om. Kroz mortalitet jedinki praćeno je inicijalno i produljeno djelovanje ekstrakata. Inicijalno djelovanje praćeno je trima ekspozicijama: 4, 24 i 48 sati nakon introdukcije kukaca. Produljeno djelovanje praćeno je nakon inicijalnog djelovanja s novo postavljenim kukcima na istim tretiranim površinama također trima ekspozicijama: 4, 24 i 48 sati nakon introdukcije kukaca. Za laboratorijsko testiranje učinkovitosti biljnih ekstrakata na građevinskim površinama postavljeno je ukupno 432 uzorka (144 uzorka za svaku vrstu kukca).

Tablica 7. Prikaz omjera biljnih prašiva s vodom i alkoholom

| | Biljni ekstrakt | Omjer (g:ml) |
|-------------------------------|----------------------------|--------------|
| <i>H. annuus</i> | Prašivo : 2-propanol | 1:1,56 |
| | Prašivo : H ₂ O | 1:1,20 |
| <i>B. napus</i> | Prašivo : 2-propanol | 1:1,56 |
| | Prašivo : H ₂ O | 1:1 |
| <i>P. rhoeas</i> | Prašivo : 2-propanol | 1:3,25 |
| | Prašivo : H ₂ O | 1:5 |
| <i>C. majus</i> | Prašivo : 2-propanol | 1:1,80 |
| | Prašivo : H ₂ O | 1:4 |
| <i>M. officinalis</i> | Prašivo : 2-propanol | 1:1,70 |
| | Prašivo : H ₂ O | 1:5 |
| <i>O. majorana</i> | Prašivo : 2-propanol | 1:2 |
| | Prašivo : H ₂ O | 1:6 |
| <i>Lavandula x intermedia</i> | Prašivo : 2-propanol | 1:2,50 |
| | Prašivo : H ₂ O | 1:5 |
| <i>S. officinalis</i> | Prašivo : 2-propanol | 1:1,25 |
| | Prašivo : H ₂ O | 1:6 |
| <i>P. tomentosa</i> | Prašivo : 2-propanol | 1:2 |
| | Prašivo : H ₂ O | 1:6 |

2.2.4. Laboratorijsko testiranje učinkovitosti inertnih prašiva na pšenici

Uzorci inertnih prašiva samljeveni su u mlinu Retsch PM 100 (slika 9.). Nakon toga su ručno prosijani kroz sito otvora 45 μm čime su dobivene ujednačene veličine čestica inertnog prašiva. Inertno prašivo primijenjeno je u staklene posude volumena 200 ml ispunjene sa 100 g sterilne pšenice (*R. dominica* i *S. oryzae*) ili 100 g sterilne pšenice s 3% loma zrna (*T. castaneum*). Staklene su posude hermetički zatvorene i sadržaj je ručno protresen u trajanju od 60 s. Nakon toga introducirano je 50 odraslih jedinki obaju spolova po tretmanu, sve tri vrste kukaca pojedinačno po tretmanu. Zatim su staklene posude prekrivene perforiranim poklopcima i odložene u kontrolirane uvjete (29 ± 1 °C; 70-80% rvz). Inertna prašiva su primijenjena ovisno o vrsti: 500, 600, 700 i 800 mg kg^{-1} (*R. dominica*); 300, 400, 500 i 600 mg kg^{-1} (*S. oryzae*); 300, 400, 500, 600 i 700 mg kg^{-1} (*T. castaneum*). Postavljen je i kontrolni tretman (tretman bez primjene prašiva). Očitavanje mortaliteta obavljeno je nakon dvije ekspozicije: 7 i 14 dana, a nakon 14. dana svi su kukci uklonjeni iz pšenice, a pšenica s položenim jajašcima odložena je u kontrolirane uvjete (29 ± 1 °C; 70-80% rvz) za praćenje broja razvijenih potomaka (F1 generacija). Broj razvijenih potomaka za *S. oryzae* utvrđen je 49. dana, a za vrste *R. dominica* i *T. castaneum* 63. dana nakon postavljanja pokusa. Za laboratorijsko testiranje učinkovitosti inertnih prašiva postavljeno je ukupno 340 uzoraka (116 uzoraka za *R. dominica* i *T. castaneum* te 108 uzoraka za *S. oryzae*).

2.2.5. Laboratorijsko testiranje učinkovitosti kombinacije botaničkih insekticida i inertnih prašiva na pšenici

U okviru laboratorijskog testiranja učinkovitosti kombinacije botaničkih insekticida i inertnih prašiva na pšenici u tretmanima korištene su mješavine prašiva i ekstrakt prašiva. U ovom su testiranju korišteni reprezentativni uzorci odnosno biljna prašiva, biljni ekstrakti i inertna prašiva koji su polučili rezultate s visokim mortalitetom testiranih vrsta kukaca. Ukupno su postavljena 152 uzorka.

Mješavina prašiva

Inertna prašiva veličine čestica 45 μm (Liška, 2017.) i biljna prašiva veličine čestica 150 μm (Lucić i sur., 2017.) pomiješani su i dva puta prosijani kroz sito otvora 150 μm (Lucić i

sur., 2015.) (slika 12.). Pripravljena mješavina prašiva primijenjena je u staklene posude volumena 200 ml prethodno ispunjene sa 100 g sterilne pšenice. Staklene su posude hermetički zatvorene i ručno promiješane u trajanju od 60 s. Nakon toga introducirano je 50 odraslih jedinki *R. dominica* obaju spolova po tretmanu. Zatim su staklene posude prekrivene perforiranim poklopcima i odložene u kontrolirane uvjete (29 ± 1 °C; 70-80% rvz). Mješavina prašiva primijenjena je pri dozi od 500 mg kg^{-1} , u različitim omjerima: 1:5, 1:10 i 1:15 (inertno prašivo : biljno prašivo). Postavljen je i kontrolni tretman (tretman bez primjene prašiva). Očitavanje mortaliteta obavljeno je nakon triju ekspozicija: 4, 7 i 14 dana, a nakon 14. dana svi su kukci uklonjeni iz pšenice, a pšenica s položenim jajašcima odložena je u kontrolirane uvjete (29 ± 1 °C; 70-80% rvz) za praćenje broja razvijenih potomaka (F1 generacija). Broj razvijenih potomaka *R. dominica* utvrđen je 63. dana nakon postavljanja pokusa.

Ekstrakt prašivo

Inertna prašiva (slika 3.) i biljni ekstrakti (slika 15.) pomiješani su i dva puta prosijani kroz sito otvora $150 \mu\text{m}$. Ekstrakt prašivo primijenjeno je u staklene posude volumena 200 ml prethodno ispunjene sa 100 g sterilne pšenice (*R. dominica*) ili 100 g sterilne pšenice s 3% loma zrna (*T. castaneum*). Staklene su posude hermetički zatvorene i sadržaj je ručno protresen u trajanju od 60 s. Nakon toga introducirano je 50 odraslih jedinki obaju spolova po tretmanu, svaka vrsta kukca pojedinačno po tretmanu. Zatim su staklene posude prekrivene perforiranim poklopcima i odložene u kontrolirane uvjete (29 ± 1 °C; 70-80% rvz). Primijenjene su dvije doze ekstrakt prašiva: 300 mg kg^{-1} pri omjeru 10:1 (inertno prašivo : biljni ekstrakt) i 600 mg kg^{-1} pri omjeru 10:1 (inertno prašivo : biljni ekstrakt). Postavljen je i kontrolni tretman (tretman bez primjene prašiva). Očitavanje mortaliteta obavljeno je nakon triju ekspozicija: 4, 7 i 14 dana, a nakon 14. dana svi su kukci uklonjeni iz pšenice, a pšenica s položenim jajašcima odložena je u kontrolirane uvjete (29 ± 1 °C; 70-80% rvz) za praćenje broja razvijenih potomaka (F1 generacija). Broj razvijenih potomaka *R. dominica* i *T. castaneum* utvrđen je 63. dana nakon postavljanja pokusa.

2.2.6. Statistička obrada podataka

Pokusi za sve tretmane postavljeni su po potpuno slučajnom planu u četirima ponavljanjima. Statistička obrada prikupljenih podataka provedena je u programu

SAS/STAT Software 9.3 (2013-2014). Rezultati za sve tretmane statistički su obrađeni analizom varijance ANOVA, a statistička značajnost razlika utvrđena je LSD testom na razini vjerojatnosti 0,05. Mortalitet testiranih kukaca izražen je u postotku i prikazan vremenskim serijama (dani i sati). Potomstvo je prikazano brojem razvijenih odraslih jedinki. Utvrđene statistički značajne razlike među svim tretmanima ispitane su Tukey's Studentized Range (HSD) testom na razini vjerojatnosti 0,05.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

3.1. Insekticidna učinkovitost biljnih prašiva na pšenici

Rezultati testiranih biljnih prašiva na pšenici ukazuju da zadovoljavajuće insekticidno djelovanje na *R. dominica* ima izraženo samo prašivo *Lavandula x intermedia* (tablica 8.). Najviši mortalitet (91,0%) postignut je pri najvišoj dozi (8 000 mg kg⁻¹) nakon 4. dana ekspozicije.

Tablica 8. Insekticidno djelovanje prašiva *P. tomentosa*, *Lavandula x intermedia*, *S. officinalis* i *M. officinalis* na *R. dominica* nakon 4., 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici

| Tretman | Doza (mg kg ⁻¹) | Ekspozicija | | | F | P |
|---|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|------|---------|
| | | 4. dan | 7. dan | 14. dan | | |
| <i>Mortalitet (%) ± StD^{1,2}</i> | | | | | | |
| <i>P. tomentosa</i> | 0 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 2 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 4 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 6 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 8 000 | 0,0±0,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,50 | <.6224 |
| | F | 0,00 | 1,00 | 1,00 | | |
| | P | <.0000 | <.4380 | <.4380 | | |
| <i>Lavandula x intermedia</i> | 0 | 0,0±0,00 dA | 0,0±0,00 dA | 0,0±0,00 dA | 0,00 | <.0000 |
| | 2 000 | 3,0±2,58 dA | 3,0±2,58 dA | 3,0±2,58 dA | 0,00 | <.10000 |
| | 4 000 | 25,0±6,63 cA | 27,0±4,77 cA | 27,0±4,77 cA | 0,18 | <.8389 |
| | 6 000 | 73,5±5,26 bA | 74,0±5,88 bA | 74,0±5,88 bA | 0,01 | <.9898 |
| | 8 000 | 91,0±4,16 aA | 91,0±4,16 aA | 91,0±4,16 aA | 0,00 | <.10000 |
| | F | 360,94 | 423,57 | 423,57 | | |
| | P | <.0001 | <.0001 | <.0001 | | |
| <i>S. officinalis</i> | 0 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 2 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,0±1,54 aA | 3,00 | <.1004 |
| | 4 000 | 1,0±1,15 aA | 1,0±1,54 aA | 1,0±1,54 aA | 0,00 | <.10000 |
| | 6 000 | 1,0±1,15 aA | 1,5±1,91 aA | 2,0±2,83 aA | 0,23 | <.7985 |
| | 8 000 | 1,5±1,91 aA | 2,0±2,82 aA | 2,5±2,51 aA | 0,17 | <.8490 |
| | F | 1,42 | 1,23 | 1,12 | | |
| | P | <.2750 | <.3395 | <.3848 | | |
| <i>M. officinalis</i> | 0 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 2 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,5±1,00 aA | 1,00 | <.4053 |
| | 4 000 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 2,5±1,91 aA | 2,82 | <.1117 |
| | 6 000 | 2,0±2,82 aA | 3,5±5,74 aA | 3,5±5,74 aA | 0,12 | <.8869 |
| | 8 000 | 3,0±3,46 aA | 5,0±3,83 aA | 6,5±5,00 aA | 0,72 | <.5145 |
| | F | 1,71 | 2,19 | 2,17 | | |
| | P | <.1991 | <.1198 | <.1221 | | |

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)

Povećanjem doza (2 000-8 000 mg kg⁻¹) zabilježeno je statistički značajno povećanje mortaliteta odraslih jedinki *R. dominica*, dok se produljenjem ekspozicije mortalitet nije statistički značajno povećavao. Mortalitet u tretmanima s *P. tomentosa*, *S. officinalis* i *M. officinalis*, kao i mortalitet u tretmanima s *P. rhoeas*, *C. majus* i *O. majorana* (tablica 9.) se nije statistički značajno razlikovao od mortaliteta u kontrolnim tretmanima niti pri najvišoj dozi, niti pri najduljoj ekspoziciji. U tretmanu s *P. rhoeas* (tablica 9.) zabilježen je statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kontrolu samo pri najvišoj dozi (8 000 mg kg⁻¹), međutim taj mortalitet (6%) nije zadovoljavajući za uspješno suzbijanje *R. dominica*.

Tablica 9. Insekticidno djelovanje prašiva *P. rhoeas*, *C. majus* i *O. majorana* na *R. dominica* nakon 4., 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici

| Tretman | Doza (mg kg ⁻¹) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | | F | P |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------|--------------|------|----------|
| | | Ekspozicija | | | | |
| | | 4. dan | 7. dan | 14. dan | | |
| <i>P. rhoeas</i> | 0 | 0,0±0,00 bA | 0,0±0,00 bA | 0,0±0,00 bA | 0,00 | <.0000 |
| | 2 000 | 2,0±2,31 abA | 2,0±2,31 abA | 2,5±3,00 abA | 0,05 | <.9507 |
| | 4 000 | 1,5±1,91 abA | 4,0±3,26 abA | 4,0±3,26 abA | 1,00 | <.4053 |
| | 6 000 | 4,0±2,82 abA | 4,0±2,82 abA | 4,5±3,41 abA | 0,04 | <.9646 |
| | 8 000 | 6,0±2,31 aA | 6,5±3,00 aA | 6,5±3,00 aA | 0,04 | <.9582 |
| | F | 4,88 | 3,61 | 2,91 | | |
| | P | <.0101 | <.0299 | <.0574 | | |
| <i>C. majus</i> | 0 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 2 000 | 1,0±1,15 aA | 1,5±1,00 aA | 2,0±0,00 aA | 1,29 | <.3227 |
| | 4 000 | 2,0±1,63 aA | 2,5±2,51 aA | 2,5±2,51 aA | 0,07 | <.9373 |
| | 6 000 | 2,5±2,51 aA | 2,5±2,51 aA | 2,5±2,51 aA | 0,00 | <.1.0000 |
| | 8 000 | 2,5±2,51 aA | 2,5±2,51 aA | 3,0±3,46 aA | 0,04 | <.9604 |
| | F | 1,41 | 1,20 | 1,11 | | |
| | P | <.2783 | <.3513 | <.3860 | | |
| <i>O. majorana</i> | 0 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 2 000 | 0,0±0,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,50 | <.6224 |
| | 4 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,5±1,00 aA | 1,00 | <.4053 |
| | 6 000 | 0,0±0,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,50 | <.6224 |
| | 8 000 | 1,0±2,00 aA | 1,0±2,00 aA | 1,0±2,00 aA | 0,00 | <.1.0000 |
| | F | 1,00 | 0,58 | 0,36 | | |
| | P | <.4380 | <.6795 | <.8351 | | |

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 testiranih biljnih prašiva na pšenici ukazuju da zadovoljavajuće insekticidno djelovanje na *S. oryzae* nije postignuto niti u jednom tretmanu (tablica 10. i tablica 11.). Mortalitet u svim tretmanima nije se statistički značajno razlikovao od kontrolnog tretmana, čak niti pri najvišim dozama i najduljim ekspozicijama, osim u tretmanu s *P. rhoeas*, u kojem je pri najvišoj dozi (8 000 mg kg⁻¹) nakon 7. dana ekspozicije postignut statistički značajno veći mortalitet u odnosu na kontrolni tretman, ali ne i zadovoljavajućeg insekticidnog djelovanja na *S. oryzae*. Produljenjem ekspozicije za 7 dana nije bilo statistički značajnih razlika u mortalitetu u tretmanu s *P. rhoeas*.

Tablica 10. Insekticidno djelovanje prašiva *P. tomentosa*, *Lavandula x intermedia*, *S. officinalis* i *M. officinalis* na *S. oryzae* nakon 4., 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici

| Tretman | Doza (mg kg ⁻¹) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | | F | P |
|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|------|---------|
| | | Ekspozicija | | | | |
| | | 4. dan | 7. dan | 14. dan | | |
| <i>P. tomentosa</i> | 0 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 1,0±1,15 aA | 0,30 | <.7479 |
| | 2 000 | 1,0±1,54 aA | 1,0±1,15 aA | 1,0±1,15 aA | 0,00 | <1.0000 |
| | 4 000 | 0,5±1,00 aA | 1,5±1,91 aA | 1,5±1,91 aA | 0,48 | <.6338 |
| | 6 000 | 1,5±1,91 aA | 3,0±4,76 aA | 4,0±4,32 aA | 0,42 | <.6679 |
| | 8 000 | 1,0±1,54 aA | 5,0±8,71 aA | 5,5±8,39 aA | 0,49 | <.6256 |
| | F | 0,42 | 0,64 | 0,88 | | |
| | P | <.7918 | <.6451 | <.5013 | | |
| <i>Lavandula x intermedia</i> | 0 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 1,0±1,15 aA | 0,30 | <.7479 |
| | 2 000 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 1,0±2,00 aA | 0,17 | <.8490 |
| | 4 000 | 0,0±0,00 aB | 0,0±0,00 aB | 1,5±1,00 aA | 9,00 | <.0071 |
| | 6 000 | 2,5±3,79 aA | 2,5±3,79 aA | 2,5±3,79 aA | 0,00 | <1.0000 |
| | 8 000 | 4,0±5,41 aA | 5,5±4,73 aA | 5,5±4,73 aA | 0,12 | <.8869 |
| | F | 1,26 | 2,69 | 1,66 | | |
| | P | <.3290 | <.0716 | <.2107 | | |
| <i>S. officinalis</i> | 0 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 1,0±1,15 aA | 0,30 | <.7479 |
| | 2 000 | 0,0±0,00 aA | 1,0±1,15 aA | 1,5±1,00 aA | 3,00 | <.1004 |
| | 4 000 | 0,0±0,00 aA | 0,5±1,00 aA | 1,5±1,91 aA | 1,50 | <.2740 |
| | 6 000 | 0,5±1,00 aA | 1,0±1,15 aA | 1,5±1,91 aA | 0,50 | <.6224 |
| | 8 000 | 1,5±1,91 aA | 2,0±2,83 aA | 2,0±2,83 aA | 0,05 | <.9507 |
| | F | 1,32 | 0,59 | 0,14 | | |
| | P | <.3063 | <.6736 | <.9640 | | |
| <i>M. officinalis</i> | 0 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 1,0±1,15 aA | 0,30 | <.7479 |
| | 2 000 | 1,0±1,15 aA | 1,0±1,15 aA | 1,5±1,91 aA | 0,16 | <.8563 |
| | 4 000 | 0,5±1,00 aA | 2,0±2,83 aA | 2,0±2,83 aA | 0,53 | <.6062 |
| | 6 000 | 1,5±1,91 aA | 3,5±3,00 aA | 4,0±2,83 aA | 1,02 | <.4000 |
| | 8 000 | 1,5±1,91 aA | 4,5±3,00 aA | 5,5±3,79 aA | 1,93 | <.2013 |
| | F | 0,47 | 1,99 | 2,02 | | |
| | P | <.7579 | <.1472 | <.1426 | | |

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)

Tablica 11. Insekticidno djelovanje prašiva *P. rhoeas*, *C. majus* i *O. majorana* na *S. oryzae* nakon 4., 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici

| Tretman | Doza (mg kg ⁻¹) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | | F | P |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------|------|----------|
| | | Ekspozicija | | | | |
| | | 4. dan | 7. dan | 14. dan | | |
| <i>P. rhoeas</i> | 0 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 bA | 1,0±1,15 aA | 0,30 | <.7479 |
| | 2 000 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 bA | 1,0±2,00 aA | 0,17 | <.8490 |
| | 4 000 | 1,0±1,15 aA | 1,5±1,00 abA | 2,5±1,00 aA | 2,10 | <.1784 |
| | 6 000 | 1,5±1,91 aA | 3,0±2,58 abA | 3,0±2,58 aA | 0,53 | <.6062 |
| | 8 000 | 2,0±1,63 aA | 4,0±1,63 aA | 4,5±2,52 aA | 1,80 | <.2200 |
| | F | 0,88 | 3,93 | 2,25 | | |
| | P | <.4995 | <.0223 | <.1123 | | |
| <i>C. majus</i> | 0 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 1,0±1,15 aA | 0,30 | <.7479 |
| | 2 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 4 000 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,00 | <.1.0000 |
| | 6 000 | 1,0±1,15 aA | 1,5±1,00 aA | 2,0±1,63 aA | 0,60 | <.5694 |
| | 8 000 | 2,0±1,63 aA | 2,0±1,63 aA | 2,0±1,63 aA | 0,00 | <.1.0000 |
| | F | 1,92 | 2,38 | 2,09 | | |
| | P | <.1599 | <.0979 | <.1333 | | |
| <i>O. majorana</i> | 0 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 1,0±1,15 aA | 0,30 | <.7479 |
| | 2 000 | 1,0±2,00 aA | 1,0±2,00 aA | 1,0±2,00 aA | 0,00 | <.1.0000 |
| | 4 000 | 0,5±1,00 aA | 1,5±1,91 aA | 3,0±3,46 aA | 1,14 | <.3620 |
| | 6 000 | 1,5±1,91 aA | 2,0±2,83 aA | 3,0±2,58 aA | 0,38 | <.6932 |
| | 8 000 | 1,0±1,15 aA | 1,5±1,91 aA | 4,0±4,32 aA | 1,31 | <.3167 |
| | F | 0,32 | 0,32 | 0,84 | | |
| | P | <.8614 | <.8604 | <.5189 | | |

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 testiranih biljnih prašiva na pšenici ukazuju da zadovoljavajuće insekticidno djelovanje na *T. castaneum* nije postignuto niti u jednom tretmanu (tablica 12. i tablica 13.). Mortalitet u svim tretmanima nije se statistički značajno razlikovao od kontrolnog tretmana, čak niti pri najvišim dozama i najduljim ekspozicijama.

Tablica 12. Insekticidno djelovanje prašiva *P. tomentosa*, *Lavandula x intermedia*, *S. officinalis* i *M. officinalis* na *T. castaneum* nakon 4., 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici

| Tretman | Doza (mg kg ⁻¹) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | | F | P |
|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|------|---------|
| | | Ekspozicija | | | | |
| | | 4. dan | 7. dan | 14. dan | | |
| <i>P. tomentosa</i> | 0 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,00 | <1.0000 |
| | 2 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 4 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 6 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 8 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | F | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | |
| | P | <.4380 | <.4380 | <.4380 | | |
| <i>Lavandula x intermedia</i> | 0 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,00 | <1.0000 |
| | 2 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 4 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,5±1,00 aA | 1,00 | <.4053 |
| | 6 000 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,00 | <1.0000 |
| | 8 000 | 1,0±1,15 aA | 1,5±1,91 aA | 1,5±1,91 aA | 0,12 | <.8923 |
| | F | 1,05 | 1,32 | 0,90 | | |
| | P | <.4146 | <.3063 | <.4884 | | |
| <i>S. officinalis</i> | 0 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,00 | <1.0000 |
| | 2 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,5±1,00 aA | 1,00 | <.4053 |
| | 4 000 | 1,0±2,00 aA | 1,0±2,00 aA | 1,0±2,00 aA | 0,00 | <1.0000 |
| | 6 000 | 2,0±4,00 aA | 2,0±4,00 aA | 2,0±4,00 aA | 0,00 | <1.0000 |
| | 8 000 | 4,5±3,41 aA | 4,5±3,41 aA | 5,0±4,16 aA | 0,02 | <.9758 |
| | F | 1,94 | 1,94 | 1,82 | | |
| | P | <.1553 | <.1553 | <.1779 | | |
| <i>M. officinalis</i> | 0 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,00 | <1.0000 |
| | 2 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 4 000 | 0,0±0,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,50 | <.6224 |
| | 6 000 | 1,0±2,00 aA | 1,5±3,00 aA | 1,5±3,00 aA | 0,05 | <.9558 |
| | 8 000 | 1,5±1,91 aA | 2,5±1,00 aA | 3,0±1,15 aA | 1,17 | <.3544 |
| | F | 0,98 | 1,67 | 2,31 | | |
| | P | <.4473 | <.2098 | <.1054 | | |

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)

Tablica 13. Insekticidno djelovanje prašiva *P. rhoeas*, *C. majus* i *O. majorana* na *T. castaneum* nakon 4., 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici

| Tretman | Doza (mg kg ⁻¹) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | | F | P |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|------|---------|
| | | Ekspozicija | | | | |
| | | 4. dan | 7. dan | 14. dan | | |
| <i>P. rhoeas</i> | 0 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,00 | <1.0000 |
| | 2 000 | 0,0±0,00 aA | 0,5±1,00 aA | 1,0±1,15 aA | 1,29 | <.3227 |
| | 4 000 | 0,5±1,00 aA | 1,0±1,15 aA | 1,5±1,91 aA | 0,50 | <.6224 |
| | 6 000 | 1,0±2,00 aA | 1,5±3,00 aA | 1,5±3,00 aA | 0,05 | <.9558 |
| | 8 000 | 1,0±1,15 aA | 1,0±1,15 aA | 2,0±2,31 aA | 0,50 | <.6224 |
| | F | 0,48 | 0,26 | 0,32 | | |
| | P | <.7520 | <.9014 | <.8604 | | |
| <i>C. majus</i> | 0 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,00 | <1.0000 |
| | 2 000 | 0,5±1,00 aA | 1,0±2,00 aA | 1,0±2,00 aA | 0,11 | <.8960 |
| | 4 000 | 1,0±2,00 aA | 1,0±2,00 aA | 1,5±1,91 aA | 0,09 | <.9186 |
| | 6 000 | 1,5±1,91 aA | 2,0±2,83 aA | 2,0±2,83 aA | 0,05 | <.9507 |
| | 8 000 | 2,0±4,00 aA | 2,5±5,00 aA | 3,0±4,76 aA | 0,05 | <.9542 |
| | F | 0,33 | 0,32 | 0,47 | | |
| | P | <.8527 | <.8592 | <.7568 | | |
| <i>O. majorana</i> | 0 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 aA | 0,00 | <1.0000 |
| | 2 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 4 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 6 000 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,5±1,00 aA | 1,00 | <.4053 |
| | 8 000 | 1,0±1,15 aA | 1,0±1,15 aA | 1,5±1,00 aA | 0,27 | <.7674 |
| | F | 1,71 | 1,71 | 2,50 | | |
| | P | <.1991 | <.1991 | <.0867 | | |

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)

3.2. Insekticidna učinkovitost biljnih ekstrakata na građevinskim površinama

Rezultati testiranih biljnih ekstrakata na četirima vrstama građevinskih površina (keramika, obrađeno drvo, neobrađeno drvo i staklo) ukazuju na različito insekticidno djelovanje na *R. dominica* ovisno o vrsti površine, tretmanu i ekspoziciji (tablica 14. i tablica 15.). Iz kontrolnih tretmana vidljiv je utjecaj vode na smrtnost jedinki *R. dominica* i to na obrađenom drvetu i staklenoj površini (s mortalitetom do 3,3%), ali bez značajnih razlika među ekspozicijama unutar tretmana, te među ostalim površinama. U kontroli s alkoholom, 2-propanol je statistički značajno utjecao na višu smrtnost izloženih jedinki i to na obrađenom drvetu (s mortalitetom do 8,3%), te na staklu (s mortalitetom do 13,3%). U tretmanu s ekstraktom *H. annuus* najviši mortalitet (56,6%) postignut je pri najduljoj ekspoziciji (48 h) na staklenoj površini, zatim na keramičkoj površini (41,6%) i na obrađenoj drvenoj površini (16,6%), a najniži mortalitet zabilježen je na neobrađenoj drvenoj površini (1,6%), iako bez statistički značajnih razlika od ostalih površina. U tretmanu s ekstraktom *B. napus* najviši mortalitet (58,3%) postignut je pri najduljoj ekspoziciji (48 h) na staklenoj površini i to statistički značajno višim u odnosu na obrađenu drvenu površinu (13,3%), keramičku površinu (8,3%) i neobrađenu drvenu površinu (3,3%) pri ekspoziciji od 48 h. Pri ekspoziciji od 24 h mortalitet na staklenoj površini je također bio statistički značajno viši u odnosu na ostale površine. U tretmanu s *C. majus* najviši mortalitet (48,3%) postignut je pri ekspoziciji od 24 h na staklenoj površini, bez statistički značajnih razlika u mortalitetu jedinki na keramičkoj površini (21,6%) i neobrađenoj drvenoj površini (16,6%) pri istoj ekspoziciji. Na obrađenoj drvenoj površini, *C. majus* nije djelovao letalno na odrasle jedinke *R. doiminica* niti pri najduljoj ekspoziciji. U tretmanu s *O. majorana* najviši mortalitet (58,3%) postignut je pri najkraćoj ekspoziciji (4 h) na staklenoj površini, zatim na keramičkoj površini (40,0%) i to bez značajnih razlika. Značajno niži mortalitet postignut je na obrađenoj drvenoj površini (5,0%) i neobrađenoj drvenoj površini (3,3%). Produljenjem ekspozicije na 24, odnosno 48 h, nije zabilježeno povećanje mortaliteta, osim na obrađenoj drvenoj površini, no i ne statistički značajno. U tretmanu s *P. tomentosa* najviši mortalitet (31,6%) postignut je pri ekspoziciji od 4 h na staklenoj površini, koji se nije mijenjao produljenjem ekspozicije. Na keramičkoj površini najviši je mortalitet (30,0%) postignut nakon 24 h, koji se nije mijenjao produljenjem ekspozicije. Među testiranim građevinskim površinama nisu zabilježene statistički značajne razlike u mortalitetu. Tretmanom s *Lavandula x intermedia* postignuto

je najviše insekticidno djelovanje na *R. dominica* od svih tretmana na svim površinama. Tako je na staklenoj površini postignut najviši mortalitet (98,3%) pri ekspoziciji od 4 h, te na keramičkoj površini pri ekspoziciji od 4 h mortalitet je iznosio 91,6%. Produljenjem ekspozicije nije postignuto značajno povišenje mortaliteta jedinki *R. dominica*. U tretmanu sa *S. officinalis* najviši mortalitet (30,0%) postignut je pri ekspoziciji od 4 h na keramičkoj površini, koji se nije mijenjao produljenjem ekspozicije, zatim na obrađenoj drvenoj površini (15,0%), a najniži na neobrađenoj drvenoj površini (1,6%). Na staklenoj površini najviši mortalitet (3,3%) postignut je tek nakon ekspozicije od 24 h, koji se nije mijenjao produljenjem ekspozicije na 48 h. Među testiranim površinama te među ekspozicijama nisu uočene statistički značajne razlike u mortalitetu. U tretmanu s *M. officinalis* najviši mortalitet (50,0%) postignut je pri ekspoziciji od 48 h na staklenoj površini, zatim na keramičkoj površini (23,3%) pa na neobrađenoj drvenoj površini (6,6%), a najniži mortalitet postignut je na obrađenoj drvenoj površini (5,0%) pri najduljoj ekspoziciji (48 h). Među testiranim površinama te među ekspozicijama nisu uočene statistički značajne razlike u mortalitetu. U tretmanu s *P. rhoeas* najviši mortalitet (28,3%) postignut je pri ekspoziciji od 24 h na obrađenoj drvenoj površini i to statistički značajno viši mortalitet u odnosu na ostale površine pri ekspozicijama od 4 i 24 h. Pri ekspoziciji od 48 h postignut je mortalitet od 10,0% na staklenoj površini koji nije statistički značajno niži od mortaliteta na obrađenoj drvenoj površini (28,3%).

Tablica 14. Insekticidno djelovanje ekstrakata *H. annuus*, *B. napus*, *C. majus* i *O. majorana* na *R. dominica* nakon 4., 24. i 48. sata ekspozicije na četirima vrstama građevinskih površina

| Tretman | Eksp. (h) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | | | F | P |
|------------------------------|--------------|-----------------------------------|---------------|----------------|---------------|-------|--------|
| | | Građevinska površina | | | | | |
| | | Keramika | Obrađ. drvo | Neobrađ. drvo | Staklo | | |
| Kontrola Ø | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 24 | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,00 | <.4411 |
| | 48 | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,00 | <.4411 |
| | F | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <.6297 | <.0000 | <.0000 | <.0000 | | |
| Kontrola H ₂ O | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 1,00 | <.4411 |
| | 24 | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 0,73 | <.5607 |
| | 48 | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±2,88 aA | 1,07 | <.4158 |
| | F | 0,00 | 0,50 | 0,00 | 0,33 | | |
| | P | <.0000 | <.6297 | <.0000 | <.7290 | | |
| Kontrola 2- propanol | 4 | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aB | 0,73 | <.5607 |
| | 24 | 0,0±0,00 bA | 6,6±7,63 abA | 0,0±0,00 bA | 10,0±0,00 aA | 5,14 | <.0285 |
| | 48 | 0,0±0,00 bA | 8,3±10,40 aA | 0,0±0,00 bA | 13,3±2,88 aA | 4,45 | <.0405 |
| | F | 0,00 | 0,29 | 0,00 | 19,50 | | |
| | P | <.0000 | <.7570 | <.0000 | <.0024 | | |
| <i>H. annuus</i> | 4 | 3,3±5,77 aA | 0,0±0,00 aB | 1,6±2,88 aA | 3,3±5,77 aA | 0,41 | <.7520 |
| | 24 | 38,3±40,10 aA | 8,3±2,88 aAB | 1,6±2,88 aA | 45,0±20,00 aA | 2,74 | <.1128 |
| | 48 | 41,6±40,41 aA | 16,6±5,77 aA | 1,6±2,88 aA | 56,6±30,55 aA | 2,80 | <.1087 |
| | F | 1,24 | 15,00 | 0,00 | 5,18 | | |
| | P | <.3544 | <.0046 | <.10000 | <.0494 | | |
| <i>B. napus</i> | 4 | 8,3±2,88 aA | 5,0±8,66 aA | 1,6±2,88 aA | 1,6±2,88 aB | 1,22 | <.3630 |
| | 24 | 8,3±2,88 bA | 11,6±12,58 bA | 1,6±2,88 bA | 48,3±22,54 aA | 7,72 | <.0095 |
| | 48 | 8,3±2,88 bA | 13,3±15,27 bA | 3,3±2,88 bA | 58,3±18,92 aA | 12,66 | <.0021 |
| | F | 0,00 | 0,38 | 0,33 | 9,41 | | |
| | P | <.10000 | <.7023 | <.7290 | <.0141 | | |
| <i>C. majus</i> | 4 | 21,6±10,40 abA | 0,0±0,00 bA | 5,0±5,00 bA | 43,3±20,81 aA | 8,10 | <.0083 |
| | 24 | 21,6±10,40 abA | 0,0±0,00 bA | 16,6±10,40 abA | 48,3±24,66 aA | 5,85 | <.0205 |
| | 48 | 21,6±10,40 abA | 0,0±0,00 bA | 18,3±7,63 abA | 48,3±24,66 aA | 6,15 | <.0179 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 2,48 | 0,05 | | |
| | P | <.10000 | <.0000 | <.1642 | <.9559 | | |
| <i>O. majorana</i> | 4 | 40,0±5,00 abA | 5,0±5,00 bA | 3,3±5,77 bA | 58,3±28,86 aA | 9,58 | <.0050 |
| | 24 | 40,0±5,00 abA | 6,6±7,63 bA | 3,3±5,77 bA | 58,3±28,86 aA | 8,94 | <.0062 |
| | 48 | 40,0±5,00 abA | 6,6±7,63 bA | 3,3±5,77 bA | 58,3±28,86 aA | 8,94 | <.0062 |
| | F | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <.10000 | <.9434 | <.10000 | <.10000 | | |

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

²Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedinu vrstu građevinske površine kod pojedinog tretmana označene istim velikim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

Tablica 15. Insekticidno djelovanje ekstrakata *P. tomentosa*, *Lavandula x intermedia*, *S. officinalis*, *M. officinalis* i *P. rhoeas* na *R. dominica* nakon 4., 24. i 48. sata ekspozicije na četirima vrstama građevinskih površina

| Tretman | Eksp. (h) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | | | F | P |
|---|--------------|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------|--------|
| | | Građevinska površina | | | | | |
| | | Keramika | Obrađ. drvo | Neobrađ. drvo | Staklo | | |
| Kontrola Ø | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 24 | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,00 | <.4411 |
| | 48 | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,00 | <.4411 |
| | F | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <.6297 | <.0000 | <.0000 | <.0000 | | |
| Kontrola H ₂ O | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 1,00 | <.4411 |
| | 24 | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 0,73 | <.5607 |
| | 48 | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±2,88 aA | 1,07 | <.4158 |
| | F | 0,00 | 0,50 | 0,00 | 0,33 | | |
| | P | <.0000 | <.6297 | <.0000 | <.7290 | | |
| Kontrola 2- propanol | 4 | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aB | 0,73 | <.5607 |
| | 24 | 0,0±0,00 bA | 6,6±7,63 abA | 0,0±0,00 bA | 10,0±0,00 aA | 5,14 | <.0285 |
| | 48 | 0,0±0,00 bA | 8,3±10,40 aA | 0,0±0,00 bA | 13,3±2,88 aA | 4,45 | <.0405 |
| | F | 0,00 | 0,29 | 0,00 | 19,50 | | |
| | P | <.0000 | <.7570 | <.0000 | <.0024 | | |
| <i>P.</i> <i>tomentosa</i> | 4 | 26,6±27,53 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 31,6±32,53 aA | 1,90 | <.2080 |
| | 24 | 30,0±25,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 31,6±32,53 aA | 2,26 | <.1583 |
| | 48 | 30,0±25,00 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 31,6±32,53 aA | 2,00 | <.1929 |
| | F | 0,02 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | | |
| | P | <.9836 | <.0000 | <.4219 | <1.0000 | | |
| <i>Lavandula</i> <i>x</i> <i>intermedia</i> | 4 | 91,6±14,43 aA | 0,0±0,00 bA | 0,0±0,00 bB | 98,3±2,88 aA | 167,03 | <.0001 |
| | 24 | 93,3±11,54 aA | 11,6±10,40 bA | 1,6±2,88 bAB | 98,3±2,88 aA | 124,08 | <.0001 |
| | 48 | 93,3±11,54 aA | 13,3±11,54 bA | 5,0±0,00 bA | 98,3±2,88 aA | 109,94 | <.0001 |
| | F | 0,02 | 1,97 | 7,00 | 0,00 | | |
| | P | <.9827 | <.2205 | <.0270 | <1.0000 | | |
| <i>S.</i> <i>officinalis</i> | 4 | 30,0±51,96 aA | 15,0±5,00 aA | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 0,85 | <.5029 |
| | 24 | 30,0±51,96 aA | 15,0±5,00 aA | 1,6±2,88 aA | 3,3±2,88 aA | 0,75 | <.5524 |
| | 48 | 30,0±51,96 aA | 15,0±5,00 aA | 1,6±2,88 aA | 3,3±2,88 aA | 0,75 | <.5524 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,00 | | |
| | P | <1.0000 | <1.0000 | <1.0000 | <.2160 | | |
| <i>M.</i> <i>officinalis</i> | 4 | 15,0±13,22 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 43,3±37,52 aA | 2,88 | <.1031 |
| | 24 | 20,0±10,00 aA | 3,3±5,77 aA | 6,6±7,63 aA | 43,3±37,52 aA | 2,47 | <.1361 |
| | 48 | 23,3±5,77 aA | 5,0±5,00 aA | 6,6±7,63 aA | 50,0±39,68 aA | 3,09 | <.0896 |
| | F | 0,51 | 1,00 | 0,22 | 0,03 | | |
| | P | <.6225 | <.4219 | <.8070 | <.9702 | | |
| <i>P. rhoeas</i> | 4 | 0,0±0,00 bA | 26,6±15,27 aA | 0,0±0,00 bA | 0,0±0,00 bA | 9,14 | <.0058 |
| | 24 | 3,3±2,88 bA | 28,3±16,07 aA | 0,0±0,00 bA | 5,0±5,00 bA | 6,90 | <.0131 |
| | 48 | 3,3±2,88 bA | 28,3±16,07 aA | 0,0±0,00 bA | 10,0±5,00 abA | 6,58 | <.0149 |
| | F | 2,00 | 0,01 | 0,00 | 4,50 | | |
| | P | <.2160 | <.9890 | <.0000 | <.0640 | | |

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

²Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedinu vrstu građevinske površine kod pojedinog tretmana označene istim velikim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

Rezultati testiranih biljnih ekstrakata na četirima vrstama građevinskih površina (keramika, obrađeno drvo, neobrađeno drvo i staklo) ukazuju na različito insekticidno djelovanje na *S. oryzae* ovisno o vrsti površine, tretmanu i ekspoziciji (tablica 16.; tablica 17.). U kontrolnom tretmanu nije zabilježen mortalitet osim na staklenoj površini (1,6%) pri ekspoziciji od 48 h, kao i u kontroli s vodom osim na staklenoj površini (3,3%) pri ekspoziciji od 48 h. U kontroli s alkoholom (2-propanol) zabilježen je mortalitet od 3,3% na staklenoj površini pri ekspoziciji od 24 h, koji se nije mijenjao produljenjem ekspozicije te na neobrađenoj drvenoj površini (3,3%) pri ekspoziciji od 48 h. U kontrolnom tretmanu, kontroli s vodom i kontroli s alkoholom nisu zabilježene statistički značajne razlike u mortalitetu među testiranim površinama i među ekspozicijama. U tretmanu s *P. tomentosa* najviši mortalitet (5,0%) postignut je pri ekspoziciji od 48 h na staklenoj površini, dok na ostalim površinama nije zabilježen mortalitet niti pri najduljoj ekspoziciji (48 h). U tretmanu s *Lavandula x intermedia* najviši mortalitet (5,0%) postignut je pri ekspoziciji od 48 h na staklenoj površini, zatim na keramičkoj površini (3,3%), a najniži na obrađenoj (1,6%) i neobrađenoj drvenoj površini (1,6%) pri istoj ekspoziciji. Mortalitet postignut na staklenoj površini (5,0%) nije statistički značajno viši u odnosu na ostale površine pri svim ekspozicijama. U tretmanu sa *S. officinalis* insekticidno djelovanje zabilježeno je samo na keramičkoj površini s tek 1,6% mortaliteta *S. oryzae* pri ekspoziciji od 48 h. U tretmanu s *M. officinalis* najviši mortalitet (8,3%) postignut je pri ekspoziciji od 48 h na obrađenoj drvenoj površini, zatim na staklenoj (3,3%) i keramičkoj površini (3,3%), dok na neobrađenoj drvenoj površini nije zabilježeno insekticidno djelovanje. Mortalitet postignut na obrađenoj drvenoj površini (8,3%) nije se statistički značajno razlikovao u odnosu na ostale površine, te među ekspozicijama. U tretmanu s *P. rhoeas* insekticidno djelovanje zabilježeno je samo na staklenoj površini s najvišim mortalitetom od tek 1,6% pri ekspoziciji od 24 h. Mortalitet postignut na staklenoj površini (1,6%) nije statistički značajno viši u odnosu na ostale površine pri svim ekspozicijama. U tretmanu s *H. annuus* najviši mortalitet (56,6%) postignut je na staklenoj površini pri ekspoziciji od 48 h, koji je statistički značajno viši u odnosu na mortalitet (3,3%) postignut pri ekspoziciji od 4 h, ali bez značajnih razlika u mortalitetu među testiranim površinama. Nešto niži insekticidni učinak zabilježen je na keramičkoj površini s najvišim mortalitetom (41,6%) pri ekspoziciji od 48 h, zatim na obrađenoj drvenoj površini (16,6%), a najniži na neobrađenoj drvenoj površini (1,6%), koji se nije mijenjao među ekspozicijama. Tretmanom s *H. annuus* na staklenoj površini postignut je najviši mortalitet (56,6%) *S. oryzae* u odnosu na sve

tretmane na svim testiranim površinama. U tretmanu s *B. napus* insekticidno djelovanje zabilježeno je samo na staklenoj površini i to s najvišim mortalitetom od tek 13,3% pri ekspoziciji od 48 h. U tretmanu s *C. majus* najviši mortalitet (3,3%) postignut je pri ekspoziciji od 24 h na keramičkoj površini i to statistički značajno viši u odnosu na ostale površine na kojima nije zabilježen mortalitet. Produljenjem ekspozicije na 48 h mortalitet na keramičkoj površini nije se mijenjao. U tretmanu s *O. majorana* najviši mortalitet (1,6%) postignut je pri ekspoziciji od 4 h na staklenoj površini te pri ekspoziciji od 24 h na obrađenoj drvenoj površini. Među testiranim površinama kao niti među ekspozicijama nisu zabilježene statistički značajne razlike u mortalitetu *S. oryzae*.

Tablica 16. Insekticidno djelovanje ekstrakata *P. tomentosa*, *Lavandula x intermedia*, *S. officinalis*, *M. officinalis* i *P. rhoeas* na *S. oryzae* nakon 4., 24. i 48. sata ekspozicije na četirima vrstama građevinskih površina

| Tretman | Eksp. (h) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | | | F | P |
|---|--------------|-----------------------------------|--------------|---------------|-------------|------|--------|
| | | Građevinska površina | | | | | |
| | | Keramika | Obrađ. drvo | Neobrađ. drvo | Staklo | | |
| Kontrola | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 24 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 48 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 1,00 | <.4411 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | | |
| | P | <.0000 | <.0000 | <.0000 | <.4219 | | |
| Kontrola H ₂ O | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 24 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 48 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±2,88 aA | 4,00 | <.0519 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | | |
| | P | <.0000 | <.0000 | <.0000 | <.0787 | | |
| Kontrola 2- propanol | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 24 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 1,00 | <.4411 |
| | 48 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 3,3±5,77 aA | 0,67 | <.5957 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,50 | | |
| | P | <.0000 | <.0000 | <.4219 | <.6297 | | |
| <i>P.</i> <i>tomentosa</i> | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 1,00 | <.4411 |
| | 24 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 1,00 | <.4411 |
| | 48 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 5,0±5,00 aA | 3,00 | <.0951 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,38 | | |
| | P | <.0000 | <.0000 | <.0000 | <.7023 | | |
| <i>Lavandula</i> <i>x</i> <i>intermedia</i> | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 1,00 | <.4411 |
| | 24 | 1,6±2,88 aA | 1,6±2,88 aA | 1,6±2,88 aA | 3,3±5,77 aA | 0,14 | <.9314 |
| | 48 | 3,3±2,88 aA | 1,6±2,88 aA | 1,6±2,88 aA | 5,0±8,66 aA | 0,31 | <.8209 |
| | F | 1,50 | 0,50 | 0,50 | 0,06 | | |
| | P | <.2963 | <.6297 | <.6297 | <.9434 | | |
| <i>S.</i> <i>officinalis</i> | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 24 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 48 | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,00 | <.4411 |
| | F | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <.4219 | <.0000 | <.0000 | <.0000 | | |
| <i>M.</i> <i>officinalis</i> | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 1,00 | <.4411 |
| | 24 | 1,6±2,88 aA | 6,6±11,54 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 0,67 | <.5957 |
| | 48 | 3,3±5,77 aA | 8,3±14,43 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±2,88 aA | 0,57 | <.6523 |
| | F | 0,60 | 0,51 | 0,00 | 0,33 | | |
| | P | <.5787 | <.6232 | <.0000 | <.7290 | | |
| <i>P. rhoeas</i> | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 24 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 1,00 | <.4411 |
| | 48 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 1,00 | <.4411 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | | |
| | P | <.0000 | <.0000 | <.0000 | <.6297 | | |

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

²Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedinu vrstu građevinske površine kod pojedinog tretmana označene istim velikim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

Tablica 17. Insekticidno djelovanje ekstrakata *H. annuus*, *B. napus*, *C. majus* i *O. majorana* na *S. oryzae* nakon 4., 24. i 48. sata ekspozicije na četirima vrstama građevinskih površina

| Tretman | Eksp. (h) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | | | F | P |
|------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|---------------|---------------|------|--------|
| | | Građevinska površina | | | | | |
| | | Keramika | Obrađ. drvo | Neobrađ. drvo | Staklo | | |
| Kontrola | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 24 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 48 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 1,00 | <.4411 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | | |
| | P | <.0000 | <.0000 | <.0000 | <.4219 | | |
| Kontrola H ₂ O | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 24 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 48 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±2,88 aA | 4,00 | <.0519 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,00 | | |
| | P | <.0000 | <.0000 | <.0000 | <.0787 | | |
| Kontrola 2- propanol | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 24 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 1,00 | <.4411 |
| | 48 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 3,3±5,77 aA | 0,67 | <.5957 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,50 | | |
| | P | <.0000 | <.0000 | <.4219 | <.6297 | | |
| <i>H. annuus</i> | 4 | 3,3±5,77 aA | 0,0±0,00 aB | 1,6±2,88 aA | 3,3±5,77 aB | 0,41 | <.7520 |
| | 24 | 38,3±40,10 aA | 8,3±2,88 aAB | 1,6±2,88 aA | 45,0±20,00 aA | 2,74 | <.1128 |
| | 48 | 41,6±40,41 aA | 16,6±5,77 aA | 1,6±2,88 aA | 56,6±30,55 aA | 2,80 | <.1087 |
| | F | 1,24 | 15,00 | 0,00 | 5,18 | | |
| | P | <.3544 | <.0046 | <1.0000 | <.0494 | | |
| <i>B. napus</i> | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 24 | 0,0±0,00 bA | 0,0±0,00 bA | 0,0±0,00 bA | 8,3±5,77 aA | 6,25 | <.0172 |
| | 48 | 0,0±0,00 bA | 0,0±0,00 bA | 0,0±0,00 bA | 13,3±14,43 aA | 2,56 | <.1280 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,69 | | |
| | P | <.0000 | <.0000 | <.0000 | <.2618 | | |
| <i>C. majus</i> | 4 | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,00 | <.4411 |
| | 24 | 3,3±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 4,00 | <.0519 |
| | 48 | 3,3±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 4,00 | <.0519 |
| | F | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <.7290 | <.0000 | <.0000 | <.0000 | | |
| <i>O. majorana</i> | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 1,00 | <.4411 |
| | 24 | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 0,67 | <.5957 |
| | 48 | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 0,67 | <.5957 |
| | F | 0,00 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <.0000 | <.6297 | <.0000 | <1.0000 | | |

¹Prosječne vrijednosti u istom redu pri istoj ekspoziciji za pojedini tretman označene istim malim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)²Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedinu vrstu građevinske površine kod pojedinog tretmana označene istim velikim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

Rezultati testiranih biljnih ekstrakata na četirima vrstama građevinskih površina (keramika, obrađeno drvo, neobrađeno drvo i staklo) ukazuju na različito insekticidno djelovanje na *T. castaneum* ovisno o vrsti površine, tretmanu i ekspoziciji (tablica 18.; tablica 19.). U kontrolnom tretmanu nije zabilježen mortalitet, dok je u kontroli s vodom zabilježen najviši mortalitet (3,3%) pri ekspoziciji od 4 h na keramičkoj i staklenoj površini. U kontroli s alkoholom, 2-propanol je imao značajan utjecaj na mortalitet *T. castaneum* na drvenim površinama i to s najvišim mortalitetom od 45,0% na obrađenoj drvenoj površini, odnosno 16,6% na neobrađenoj drvenoj površini pri ekspoziciji od 48 h. Na keramičkoj i staklenoj površini alkohol je tijekom 48 h ishlapio te nije zabilježen visoki mortalitet izloženih jedinki *T. castaenum*, stoga je na ovim površinama zabilježen statistički značajno niži mortalitet nego na drvenim površinama (1,6% i na keramičkoj i staklenoj površini). U tretmanu s *P. tomentosa* postignut je maksimalni mortalitet (100,0%) pri ekspoziciji od 4 h na staklenoj površini, dok je statistički značajno niži mortalitet zabilježen na keramičkoj (48,3%) i obrađenoj drvenoj površini (48,3%). Na neobrađenoj drvenoj površini *P. tomentosa* nije imala insekticidno djelovanje. U tretmanu s *Lavandula x intermedia* najviši mortalitet (90,0%) postignut je pri ekspoziciji od 24 h na keramičkoj površini, zatim na staklenoj površini (83,3%), dok je na obrađenoj drvenoj površini zabilježen statistički značajno niži mortalitet (28,3%). Na neobrađenoj drvenoj površini nije postignut mortalitet. Među ekspozicijama, niti na jednoj testiranoj površini nije zabilježena statistički značajna razlika u vrijednosti mortaliteta *T. castaneum*. U tretmanu sa *S. officinalis* najviši mortalitet (75,0%) postignut je pri ekspoziciji od 24 h na staklenoj površini, koji se produljenjem ekspozicije nije mijenjao. Drugi najviši mortalitet (73,3%) u istom tretmanu postignut je pri ekspoziciji od 48 h na obrađenoj drvenoj površini, dok na keramičkoj i neobrađenoj drvenoj površini nije postignut mortalitet niti pri najduljoj ekspoziciji (48 h). U tretmanu s *M. officinalis* najviši mortalitet (55,0%) postignut je na staklenoj površini pri ekspoziciji od 48 h. Slabije insekticidno djelovanje (8,3%) postignuto je na obrađenoj drvenoj površini pri ekspoziciji od 4 h, a statistički značajno niži mortalitet (1,6%) postignut je na keramičkoj površini, dok na neobrađenoj drvenoj površini nije postignut mortalitet niti pri najduljoj ekspoziciji (48 h). Produženjem ekspozicije na 48 h nije zabilježeno povećanje mortaliteta, osim na staklenoj površini, ali ne i statistički značajno. U tretmanu s *P. rhoeas* zadovoljavajuća insekticidna djelotvornost postignuta je na staklenoj, obrađenoj drvenoj, te na keramičkoj površini. Najviši mortalitet (93,3%) postignut je na staklenoj površini već pri ekspoziciji od 4 h, zatim na obrađenoj drvenoj

površini pri ekspoziciji od 24 h (86,6%), na keramičkoj površini (76,6%) pri istoj ekspoziciji, dok na neobrađenoj drvenoj površini nije postignut mortalitet jedinke *T. castaneum* niti pri najduljoj ekspoziciji (48 h). Postignuti mortaliteti na staklenoj, keramičkoj i obrađenoj drvenoj površini pri svim ekspozicijama nisu statistički značajno različiti, ali su statistički značajno viši u odnosu na neobrađenu drvenu površinu i to pri svim ekspozicijama. U tretmanu s *H. annuus* najviši mortalitet (21,6%) postignut je na keramičkoj površini pri ekspoziciji od 48 h, zatim na staklenoj površini (18,3%), te na neobrađenoj drvenoj površini (1,6%) pri istoj ekspoziciji, dok na obrađenoj drvenoj površini nije postignut mortalitet niti pri najduljoj ekspoziciji (48 h). Među građevinskim površinama, kao niti među vremenima ekspozicija nije bilo značajnih statističkih razlika u mortalitetu jedinke *T. castaneum*. U tretmanu s *B. napus* zabilježeno je vrlo slabo insekticidno djelovanje i to na obrađenoj drvenoj površini s najvišim mortalitetom (1,6%) pri ekspoziciji od 4 h te na neobrađenoj drvenoj površini pri ekspoziciji od 48 h, dok na keramičkoj i staklenoj površini nije postignut mortalitet niti pri najduljoj ekspoziciji (48 h). Mortalitet (1,6%) na obrađenoj i neobrađenoj drvenoj površini nije statistički značajno viši u odnosu na ostale površine i to pri svim ekspozicijama. U tretmanu s *C. majus* najbolji insekticidni učinak postignut je na staklenoj površini s najvišim mortalitetom od 38,3% pri ekspoziciji od 4 h, zatim na keramičkoj površini (23,3%), te na obrađenoj drvenoj površini (11,6%), dok na neobrađenoj drvenoj površini nije postignut mortalitet niti pri najduljoj ekspoziciji. Među građevinskim površinama, kao niti među vremenima ekspozicija nije bilo značajnih statističkih razlika u mortalitetu jedinke *T. castaneum*. U tretmanu s *O. majorana* najviši mortalitet (31,6%) postignut je pri ekspoziciji od 24 h na keramičkoj i staklenoj površini. Slabija djelotvornost (3,3%), ali ne i statistički značajna, zabilježena je na obrađenoj drvenoj površini, dok na neobrađenoj drvenoj površini nije postignut mortalitet niti pri najduljoj ekspoziciji.

Tablica 18. Insekticidno djelovanje ekstrakata *P. tomentosa*, *Lavandula x intermedia*, *S. officinalis*, *M. officinalis* i *P. rhoeas* na *T. castaneum* nakon 4., 24. i 48. sata ekspozicije na četirima vrstama građevinskih površina

| Tretman | Eksp. (h) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | | | F | P |
|---|--------------|-----------------------------------|---------------|----------------|---------------|-------|--------|
| | | Građevinska površina | | | | | |
| | | Keramika | Obrađ. drvo | Neobrađ. drvo | Staklo | | |
| Kontrola | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 24 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 48 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <.0000 | <.0000 | <.0000 | <.0000 | | |
| Kontrola H ₂ O | 4 | 3,3±2,88 aA | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 0,61 | <.6265 |
| | 24 | 3,3±2,88 aA | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 0,61 | <.6265 |
| | 48 | 3,3±2,88 aA | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 0,61 | <.6265 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <1.0000 | <1.0000 | <.0000 | <1.0000 | | |
| Kontrola 2- propanol | 4 | 0,0±0,00 aA | 36,6±28,43 aA | 13,3±23,09 aA | 0,0±0,00 aA | 2,67 | <.1182 |
| | 24 | 1,6±2,88 aA | 36,6±28,43 aA | 13,3±23,09 aA | 0,0±0,00 aA | 2,54 | <.1297 |
| | 48 | 1,6±2,88 bA | 45,0±37,74 aA | 16,6±24,66 abA | 1,6±2,88 bA | 2,44 | <.1390 |
| | F | 0,50 | 0,07 | 0,02 | 1,00 | | |
| | P | <.6297 | <.9345 | <.9804 | <.4219 | | |
| <i>P.</i> <i>tomentosa</i> | 4 | 48,3±15,27 bA | 48,3±15,27 bA | 0,0±0,00 cA | 100,0±0,00 aA | 19,21 | <.0005 |
| | 24 | 48,3±15,27 bA | 48,3±28,43 bA | 0,0±0,00 cA | 100,0±0,00 aA | 19,21 | <.0005 |
| | 48 | 48,3±15,27 bA | 48,3±28,43 bA | 0,0±0,00 cA | 100,0±0,00 aA | 19,21 | <.0005 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <1.0000 | <1.0000 | <.0000 | <.0000 | | |
| <i>Lavandula</i> <i>x</i> <i>intermedia</i> | 4 | 88,3±16,07 aA | 28,3±14,43 bA | 0,0±0,00 bA | 81,6±31,75 aA | 14,76 | <.0013 |
| | 24 | 90,0±17,32 aA | 28,3±14,43 bA | 0,0±0,00 bA | 83,3±28,86 aA | 16,93 | <.0008 |
| | 48 | 90,0±17,32 aA | 28,3±14,43 bA | 0,0±0,00 bA | 83,3±28,86 aA | 16,93 | <.0008 |
| | F | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <.9904 | <1.0000 | <.0000 | <.9969 | | |
| <i>S.</i> <i>officinalis</i> | 4 | 0,0±0,00 bA | 71,6±44,81 aA | 0,0±0,00 bA | 73,3±41,93 aA | 5,58 | <.0231 |
| | 24 | 0,0±0,00 bA | 71,6±44,81 aA | 0,0±0,00 bA | 75,0±43,30 aA | 5,55 | <.0235 |
| | 48 | 0,0±0,00 bA | 73,3±41,93 aA | 0,0±0,00 bA | 75,0±43,30 aA | 6,06 | <.0187 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <.0000 | <.9986 | <.0000 | <.9985 | | |
| <i>M.</i> <i>officinalis</i> | 4 | 1,6±2,88 bA | 8,3±7,63 aA | 0,0±0,00 bA | 53,3±40,41 aA | 4,50 | <.0394 |
| | 24 | 1,6±2,88 bA | 8,3±7,63 aA | 0,0±0,00 bA | 53,3±40,41 aA | 4,50 | <.0394 |
| | 48 | 1,6±2,88 bA | 8,3±7,63 aA | 0,0±0,00 bA | 55,0±40,92 aA | 4,69 | <.0358 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <1.0000 | <1.0000 | <.0000 | <.9983 | | |
| <i>P. rhoeas</i> | 4 | 75,0±22,91 aA | 85,0±25,98 aA | 0,0±0,00 bA | 93,3±11,54 aA | 16,55 | <.0009 |
| | 24 | 76,6±23,62 aA | 86,6±23,09 aA | 0,0±0,00 bA | 93,3±11,54 aA | 18,39 | <.0006 |
| | 48 | 76,6±23,62 aA | 86,6±23,09 aA | 0,0±0,00 bA | 93,3±11,54 aA | 18,39 | <.0006 |
| | F | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <.9949 | <.9952 | <.0000 | <1.0000 | | |

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

²Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedinu vrstu građevinske površine kod pojedinog tretmana označene istim velikim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

Tablica 19. Insekticidno djelovanje ekstrakata *H. annuus*, *B. napus*, *C. majus* i *O. majorana* na *T. castaneum* nakon 4., 24. i 48. sata ekspozicije na četirima vrstama građevinskih površina

| Tretman | Eksp. (h) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | | | F | P |
|------------------------------|--------------|-----------------------------------|---------------|----------------|---------------|------|--------|
| | | Građevinska površina | | | | | |
| | | Keramika | Obrađ. drvo | Neobrađ. drvo | Staklo | | |
| Kontrola | 4 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 24 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | 48 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <.0000 | <.0000 | <.0000 | <.0000 | | |
| Kontrola H ₂ O | 4 | 3,3±2,88 aA | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 0,61 | <.6265 |
| | 24 | 3,3±2,88 aA | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 0,61 | <.6265 |
| | 48 | 3,3±2,88 aA | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 3,3±5,77 aA | 0,61 | <.6265 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <1.0000 | <1.0000 | <.0000 | <1.0000 | | |
| Kontrola 2- propanol | 4 | 0,0±0,00 aA | 36,6±28,43 aA | 13,3±23,09 aA | 0,0±0,00 aA | 2,67 | <.1182 |
| | 24 | 1,6±2,88 aA | 36,6±28,43 aA | 13,3±23,09 aA | 0,0±0,00 aA | 2,54 | <.1297 |
| | 48 | 1,6±2,88 bA | 45,0±37,74 aA | 16,6±24,66 abA | 1,6±2,88 aA | 2,44 | <.1390 |
| | F | 0,50 | 0,07 | 0,02 | 1,00 | | |
| | P | <.6297 | <.9345 | <.9804 | <.4219 | | |
| <i>H. annuus</i> | 4 | 11,6±16,07 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 10,0±13,22 aA | 1,10 | <.4051 |
| | 24 | 20,0±20,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 15,0±10,00 aA | 2,55 | <.1289 |
| | 48 | 21,6±22,54 aA | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 18,3±15,27 aA | 2,00 | <.1932 |
| | F | 0,22 | 0,00 | 1,00 | 0,31 | | |
| | P | <.8076 | <.0000 | <.4219 | <.7435 | | |
| <i>B. napus</i> | 4 | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,00 | <.4411 |
| | 24 | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 1,00 | <.4411 |
| | 48 | 0,0±0,00 aA | 1,6±2,88 aA | 1,6±2,88 aA | 0,0±0,00 aA | 0,67 | <.5957 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | | |
| | P | <.0000 | <1.0000 | <.4219 | <.0000 | | |
| <i>C. majus</i> | 4 | 23,3±18,92 aA | 11,6±20,20 aA | 0,0±0,00 aA | 38,3±45,36 aA | 1,14 | <.3897 |
| | 24 | 23,3±18,92 aA | 11,6±20,20 aA | 0,0±0,00 aA | 38,3±45,36 aA | 1,14 | <.3897 |
| | 48 | 23,3±18,92 aA | 11,6±20,20 aA | 0,0±0,00 aA | 38,3±45,36 aA | 1,14 | <.3897 |
| | F | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| | P | <1.0000 | <1.0000 | <.0000 | <1.0000 | | |
| <i>O. majorana</i> | 4 | 30,0±21,79 aA | 3,3±5,77 aA | 0,0±0,00 aA | 26,6±22,54 aA | 2,84 | <.1056 |
| | 24 | 31,6±18,92 aA | 3,3±5,77 aA | 0,0±0,00 aA | 31,6±27,53 aA | 3,15 | <.0864 |
| | 48 | 31,6±18,92 aA | 3,3±5,77 aA | 0,0±0,00 aA | 31,6±27,53 aA | 3,15 | <.0864 |
| | F | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | | |
| | P | <.9930 | <1.0000 | <.0000 | <.9639 | | |

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

²Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedinu vrstu građevinske površine kod pojedinog tretmana označene istim velikim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

3.3. Insekticidna učinkovitost inertnih prašiva na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo *R. dominica*, *S. oryzae* i *T. castaneum*

Rezultati testiranih inertnih prašiva na pšenici ukazuju na različito insekticidno djelovanje na *R. dominica* ovisno o tretmanu, dozi i ekspoziciji, te na različiti postotak inhibicije potomstva tretiranih roditelja ovisno o dozi (tablica 20.; tablica 21.). U tretmanu s inertnim prašivom D-01 pri ekspoziciji od 7 dana pri dozi od 500 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet (41,0%) u odnosu na kontrolni tretman (0,0%), a povećanjem doze na 600 i 700 mg kg⁻¹ mortalitet se nije statistički značajno mijenjao u odnosu na najnižu dozu (500 mg kg⁻¹). Primjenom najviše doze (800 mg kg⁻¹) postignut je statistički značajno viši mortalitet (75,5%) u odnosu na dozu od 500 mg kg⁻¹. Produljenjem ekspozicije na 14 dana postignut je veći mortalitet kod svih primijenjenih doza, ali i ne statistički značajno viši. Pri najnižoj dozi postignuta je statistički značajna inhibicija potomstva (96,43%) u odnosu na broj potomstva u kontrolnom tretmanu. Povećanjem doze inhibicija se povećavala, ali i ne statistički značajno. U tretmanu s inertnim prašivom MA-4 pri ekspoziciji od 7 dana pri dozi od 500 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet (26,5%) u odnosu na kontrolni tretman (0,0%). Povećanjem doze na 600 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet, dok se daljnim povećanjem doze mortalitet nije statistički značajno mijenjao. Produljenjem ekspozicije na 14 dana postignut je veći mortalitet kod svih primijenjenih doza, ali bez statistički značajnih razlika. Pri najnižoj dozi postignuta je statistički značajna inhibicija potomstva (91,18%) u odnosu na broj potomstva u kontrolnom tretmanu. Povećanjem doze na 700 mg kg⁻¹ postignuta je inhibicija potomstva od 96,93% i to statistički značajno veća inhibicija. U tretmanu s inertnim prašivom Celatom Mn-51[®] pri ekspoziciji od 7 dana pri dozi od 500 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet (29,5%) u odnosu na kontrolni tretman (0,0%). Povećanjem doze na 600 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet, dok se daljnim povećanjem doze mortalitet nije statistički značajno mijenjao. Produljenjem ekspozicije na 14 dana pri dozama od 600, 700 i 800 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet u odnosu na postignuti mortalitet pri ekspoziciji od 7 dana. Značajna inhibicija potomstva (93,64%) postignuta je već pri najnižoj dozi u odnosu na broj potomstva u kontrolnom tretmanu. Povećanjem doze s 500 na 800 mg kg⁻¹ postignuta je statistički značajna inhibicija potomstva od 99,19%. U tretmanu s inertnim prašivom JU-1 pri ekspoziciji od 7 dana statistički značajno viši mortalitet (15,5%) postignut je tek pri

najvišoj dozi (800 mg kg^{-1}) u odnosu na ostale doze i kontrolni tretman. Produljenjem ekspozicije na 14 dana postignut je veći mortalitet kod doza od 700 i 800 mg kg^{-1} , ali i ne statistički značajno viši mortalitet. Pored vrlo slabog insekticidnog učinka postignuta je statistički značajna inhibicija potomstva i to već pri dozi od 500 mg kg^{-1} . Povećanjem doza sa 600 na 700 mg kg^{-1} te sa 700 na 800 mg kg^{-1} inhibicija se povećavala i to statistički značajno više. U tretmanu s inertnim prašivom MR-10 pri ekspoziciji od 7 dana statistički značajno viši mortalitet (3,5%) postignut je tek pri najvišoj dozi (800 mg kg^{-1}) u odnosu na ostale doze i kontrolni tretman. Produljenjem ekspozicije na 14 dana postignut je veći mortalitet kod svih primijenjenih doza, ali i ne statistički značajno viši mortalitet. Statistički značajno manji broj potomstva u odnosu na broj potomstva u kontrolnom tretmanu postignut je tek pri dozi od 600 mg kg^{-1} gdje je postignuta inhibicija potomstva od 21,29%. Povećanjem doze na 700 i 800 mg kg^{-1} inhibicija potomstva se povećavala, ali i ne statistički značajno više. U tretmanu s inertnim prašivom OP-4 pri ekspoziciji od 7 dana nije postignut statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kontrolni tretman niti pri najvišoj dozi (800 mg kg^{-1}). Produljenjem ekspozicije na 14 dana postignut je veći mortalitet kod svih primijenjenih doza, ali i ne statistički značajno viši mortalitet. Pri najduljoj ekspoziciji (14 dana) i pri najvišoj dozi (800 mg kg^{-1}) nije postignut statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kontrolni tretman. Statistički značajno manji broj potomstva u odnosu na broj potomstva u kontrolnom tretmanu postignut je tek pri dozi od 700 mg kg^{-1} gdje je postignuta inhibicija potomstva od 32,57%. Povećanjem doze na 800 mg kg^{-1} inhibicija se potomstva povećala, ali bez značajnih razlika. U tretmanu s inertnim prašivom PD-1 pri ekspoziciji od 7 dana statistički značajno viši mortalitet (12,0%) postignut je tek pri najvišoj dozi (800 mg kg^{-1}) u odnosu na ostale doze i kontrolni tretman. Produljenjem ekspozicije na 14 dana postignut je veći mortalitet kod doza od 700 i 800 mg kg^{-1} , ali i ne statistički značajno viši mortalitet. Pri dozi od 500 mg kg^{-1} postignuta je inhibicija potomstva od 44,35% i to statistički značajno manji broj potomstva u odnosu na broj potomstva u kontrolnom tretmanu. Značajno veća inhibicija (66,69%, odnosno 84,74%) postignuta je pri dozama od 700, odnosno 800 mg kg^{-1} .

Tablica 20. Insekticidno djelovanje inertnih prašiva D-01, MA-4 i Celatom Mn-51[®] na *R. dominica* nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici te utjecaj inertnih prašiva na potomstvo

| Tret. | Doza (mg kg ⁻¹) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | F | P | Broj potomstva ±StD ³ | Inhibicija (%) | |
|----------------------------|--------------------------------|--|--|-------------|--------|-------------------------------------|-------------------|---|
| | | Ekspozicija | | | | | | |
| | | 7. dan | 14. dan | | | | | |
| D-01 | 0 | 0,0±0,00 cA | 0,0±0,00 cA | 0,00 | <.0000 | 1506,2±40,01 a | - | |
| | 500 | 41,0±18,94 bA | 56,5±19,35 bA | 1,31 | <.2958 | 53,7±25,39 b | 96,43 | |
| | 600 | 63,0±21,69 abA | 79,5±12,15 abA | 1,76 | <.2327 | 51,5±22,89 b | 96,58 | |
| | 700 | 67,0±10,00 abA | 80,5±14,55 abA | 2,34 | <.1770 | 46,5±16,66 b | 96,91 | |
| | 800 | 75,5±11,70 aA | 87,5±8,06 aA | 2,85 | <.1423 | 32,0±4,54 b | 97,87 | |
| | F | 17,29 | 32,34 | | | 1021,19 | | |
| | P | <.0001 | <.0001 | | | <.0001 | | |
| | LD ₅₀ | 542,61 mg kg ⁻¹ (260,22-622,26) | 800 mg kg ⁻¹ = 87,5% | | | | | |
| | LD ₉₀ | 986,04 mg kg ⁻¹ (831,01-1837,94) | 820,43 mg kg ⁻¹ (719,27-1320,12) | | | | | |
| | MA-4 | 0 | 0,0±0,00 cA | 0,0±0,00 cA | 0,00 | <.0000 | 1506,2±40,01 a | - |
| 500 | | 26,5±8,39 bA | 34,0±10,95 bA | 1,18 | <.3187 | 132,7±28,14 b | 91,18 | |
| 600 | | 55,0±13,32 aA | 67,5±16,52 aA | 1,39 | <.2834 | 85,0±31,03 bc | 94,35 | |
| 700 | | 63,0±13,22 aA | 81,0±15,19 aA | 3,20 | <.1240 | 46,2±14,22 c | 96,93 | |
| 800 | | 74,0±7,48 aA | 82,5±8,23 aA | 2,34 | <.1772 | 33,0±14,30 c | 97,80 | |
| F | | 37,88 | 36,41 | | | 2187,54 | | |
| P | | <.0001 | <.0001 | | | <.0001 | | |
| LD ₅₀ | | 618,62 mg kg ⁻¹ (567,11-660,56) | 548,24 mg kg ⁻¹ (449,99-600,49) | | | | | |
| LD ₉₀ | | 938,58 mg kg ⁻¹ (850,41-1126,24) | 824,76 mg kg ⁻¹ (750,86-1002,60) | | | | | |
| Cel. Mn-51 [®] | | 0 | 0,0±0,00 cA | 0,0±0,00 cA | 0,00 | <.0000 | 1506,2±40,01 a | - |
| | 500 | 29,5±13,50 bA | 47,0±9,02 bA | 4,65 | <.0745 | 95,7±31,03 b | 93,64 | |
| | 600 | 59,0±12,91 aB | 82,5±11,00 aA | 7,68 | <.0324 | 59,0±33,33 bc | 96,08 | |
| | 700 | 61,5±10,38 aB | 84,5±12,04 aA | 8,37 | <.0276 | 46,7±8,01 bc | 96,89 | |
| | 800 | 75,5±8,54 aB | 90,0±1,63 aA | 11,11 | <.0157 | 12,2±5,50 c | 99,19 | |
| | F | 34,58 | 82,46 | | | 2244,35 | | |
| | P | <.0001 | <.0001 | | | <.0001 | | |
| | LD ₅₀ | 603,76 mg kg ⁻¹ (536,48-651,52) | 474,26 mg kg ⁻¹ (347,87-533,68) | | | | | |
| | LD ₉₀ | 946,37 mg kg ⁻¹ (846,42-1188,12) | 758,23 mg kg ⁻¹ (700,54-879,06) | | | | | |

¹Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedini tretman 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)

³Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedini tretman označene istim malim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

Tablica 21. Insekticidno djelovanje inertnih prašiva JU-1, MR-10, OP-4 i PD-1 na *R. dominica* nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici te utjecaj inertnih prašiva na razvoj potomstva

| Tret. | Doza (mg kg ⁻¹) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | F | P | Broj potomstva ±StD ³ | Inhibicija (%) |
|------------------|--------------------------------|--|--|-------------|---------|-------------------------------------|-------------------|
| | | Ekspozicija | | | | | |
| | | 7. dan | 14. dan | | | | |
| JU-1 | 0 | 0,0±0,00 bA | 0,0±0,00 bA | 0,00 | <.0000 | 1506,2±40,01 a | - |
| | 500 | 2,5±3,79 bA | 2,5±3,79 bA | 0,00 | <1.0000 | 689,7±33,00 b | 54,20 |
| | 600 | 5,0±1,15 bA | 5,0±1,15 bA | 0,00 | <1.0000 | 594,5±82,94 bc | 60,52 |
| | 700 | 5,0±4,76 bA | 8,5±6,81 bA | 0,71 | <.4317 | 423,0±112,15 cd | 71,91 |
| | 800 | 15,5±5,51 aA | 23,5±6,61 aA | 3,46 | <.1122 | 269,7±104,14 d | 82,09 |
| | F | 10,17 | 16,26 | | | 139,87 | |
| | P | <.0003 | <.0001 | | | <.0001 | |
| | LD ₅₀ | 1152,69 mg kg ⁻¹ (977,04-1802,97) | 981,97 mg kg ⁻¹ (890,95-1198,85) | | | | |
| | LD ₉₀ | 1564,80 mg kg ⁻¹ (1240,40-2791,52) | 1278,43 mg kg ⁻¹ (1102,12-1715,07) | | | | |
| | MR-10 | 0 | 0,0±0,00 bA | 0,0±0,00 bA | 0,00 | <.0000 | 1506,2±40,01 a |
| 500 | | 1,5±1,91 abA | 2,0±1,63 abA | 0,16 | <.7049 | 1325,2±83,47 ab | 12,01 |
| 600 | | 1,5±1,00 abA | 2,5±1,91 abA | 0,86 | <.3903 | 1185,5±224,42 b | 21,29 |
| 700 | | 1,5±1,91 abA | 3,0±1,15 abA | 1,80 | <.2283 | 1137,7±75,42 b | 24,46 |
| 800 | | 3,5±1,91 aA | 4,0±1,63 aA | 0,16 | <.7049 | 1092,0±65,45 b | 27,49 |
| F | | 2,58 | 4,26 | | | 8,20 | |
| P | | <.0797 | <.0169 | | | <.0010 | |
| LD ₅₀ | | 800 mg kg ⁻¹ = 3,5% | 800 mg kg ⁻¹ = 4,0% | | | | |
| LD ₉₀ | | 800 mg kg ⁻¹ = 3,5% | 800 mg kg ⁻¹ = 4,0% | | | | |
| OP-4 | | 0 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 | 1506,2±40,01 a |
| | 500 | 2,0±4,00 aA | 3,5±5,74 aA | 0,18 | <.6832 | 1423,5±126,35 a | 5,49 |
| | 600 | 0,5±1,00 aA | 3,5±3,42 aA | 2,84 | <.1428 | 1297,5±95,16 ab | 13,85 |
| | 700 | 1,5±3,00 aA | 2,5±3,79 aA | 0,17 | <.6932 | 1015,5±97,12 bc | 32,57 |
| | 800 | 0,5±1,00 aA | 5,0±4,16 aA | 4,42 | <.0803 | 964,5±272,95 c | 35,96 |
| | F | 0,50 | 0,90 | | | 10,59 | |
| | P | <.7362 | <.4898 | | | <.0003 | |
| | LD ₅₀ | 500 mg kg ⁻¹ = 2,0% | 800 mg kg ⁻¹ = 5,0% | | | | |
| | LD ₉₀ | 500 mg kg ⁻¹ = 2,0% | 800 mg kg ⁻¹ = 5,0% | | | | |
| | PD-1 | 0 | 0,0±0,00 bA | 0,0±0,00 cA | 0,00 | <.0000 | 1506,2±40,01 a |
| 500 | | 2,0±2,83 bA | 2,0±2,83 cA | 0,00 | <1.0000 | 838,2±72,21 b | 44,35 |
| 600 | | 3,5±3,00 bA | 3,5±3,00 bcA | 0,00 | <1.0000 | 726,0±54,32 b | 51,79 |
| 700 | | 4,5±2,52 bA | 9,0±4,76 abA | 2,79 | <.1457 | 501,7±79,43 c | 66,69 |
| 800 | | 12,0±3,65 aA | 14,5±2,52 aA | 1,27 | <.3026 | 229,7±38,66 d | 84,74 |
| F | | 11,41 | 15,14 | | | 259,51 | |
| P | | <.0002 | <.0001 | | | <.0001 | |
| LD ₅₀ | | 1212,21 mg kg ⁻¹ (1042,43-1676,22) | 1100,45 mg kg ⁻¹ (984,20-1356,33) | | | | |
| LD ₉₀ | | 1639,54 mg kg ⁻¹ (1335,04-2482,63) | 1469,39 mg kg ⁻¹ (1252,84-1954,22) | | | | |

¹Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedini tretman 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)

³Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedini tretman označene istim malim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

Rezultati testiranih inertnih prašiva na pšenici ukazuju na različito insekticidno djelovanje na *S. oryzae* ovisno o tretmanu, dozi i ekspoziciji te na različiti postotak inhibicije ovisno o dozi (tablica 22.; tablica 23.). U tretmanu s inertnim prašivom D-01 pri ekspoziciji od 7 dana pri dozi od 300 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet (71,0%) u odnosu na kontrolni tretman. Povećanjem doze na 400 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet (92,0%) u odnosu na najnižu dozu (300 mg kg⁻¹). Daljnjim povećanjem doze na 500 i 600 mg kg⁻¹ zabilježen je viši mortalitet, ali i ne statistički značajno viši. Produljenjem ekspozicije na 14 dana pri najnižoj dozi (300 mg kg⁻¹) postignut je maksimalni mortalitet (100,0%) i to statistički značajno viši u odnosu na kraću ekspoziciju (7 dana). Značajna inhibicija potomstva (92,85%) postignuta je već pri najnižoj dozi od 300 mg kg⁻¹. Povećavanjem doze inhibicija se povećavala, ali i ne statistički značajno. U tretmanu s inertnim prašivom MA-4 pri ekspoziciji od 7 dana pri dozi od 300 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet (63,5%) u odnosu na kontrolni tretman. Povećanjem doze na 400 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet (86,0%). Daljnjim povećanjem doze na 500 i 600 mg kg⁻¹ zabilježen je viši mortalitet, ali ne i statistički značajno viši. Produljenjem ekspozicije na 14 dana pri najnižoj dozi (300 mg kg⁻¹) postignut je statistički značajno viši mortalitet (96,5%). Maksimalni mortalitet (100%) postignut je pri dozi od 500 mg kg⁻¹ nakon 14 dana ekspozicije. Značajna inhibicija potomstva (88,27%) postignuta je već pri najnižoj dozi. Povećavanjem doze inhibicija se povećavala, ali bez značajnih razlika. U tretmanu s inertnim prašivom Celatom Mn-51[®] pri ekspoziciji od 7 dana pri dozi od 300 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet (83,5%) u odnosu na kontrolni tretman. Povećanjem doze na 400 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet (94,0%). Daljnjim povećanjem doze na 500 i 600 mg kg⁻¹ nije postignuto statistički značajno povišenje mortaliteta. Maksimalni mortalitet (100,0%) postignut je pri najvišoj dozi (600 mg kg⁻¹). Produljenjem ekspozicije na 14 dana pri najnižoj dozi postignut je statistički značajno viši mortalitet (99,0%), koji je bio u istom rangu učinkovitosti pri ostalim dozama kod kojih je postignut 100%-tni mortalitet. Značajna inhibicija potomstva (94,23%) postignuta je već pri najnižoj dozi. Povećavanjem doze inhibicija se povećavala, ali ne i statistički značajno više. Potpuna inhibicija (100,0%) zabilježena je pri najvišoj dozi. U tretmanu s inertnim prašivom JU-1 pri ekspoziciji od 7 dana statistički značajno viši mortalitet (75,0%) u odnosu na kontrolni tretman i najnižu dozu (300 mg kg⁻¹) postignut je pri dozi od 400 mg kg⁻¹. Statistički značajno viši mortalitet (97,0%) postignut je pri dozi od 600 mg kg⁻¹. Produljenjem

ekspozicije na 14 dana pri dozama od 300 i 400 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet u odnosu na ekspoziciju od 7 dana. Pri ekspoziciji od 14 dana pri dozi od 400 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet (99,5%) u odnosu na najnižu dozu (300 mg kg⁻¹), što je ujedno i najviši postignuti mortalitet u tretmanu s prašivom JU-1 na odrasle jedinke *S. oryzae*. Statistički značajna inhibicija potomstva (71,38%) *S. oryzae*, postignuta je već pri najnižoj dozi. Povećavanjem doze inhibicija se povećavala i to statistički značajno pri dozi od 500 i 600 mg kg⁻¹ (96,8%, odnosno 99,39%) i u odnosu na najnižu dozu. U tretmanu s inernim prašivom MR-10 pri ekspoziciji od 7 dana statistički značajno viši mortalitet (25,0%) postignut je tek pri dozi od 500 mg kg⁻¹ u odnosu na kontrolni tretman. Povećanjem doze na 600 mg kg⁻¹ nije postignut statistički značajno viši mortalitet. Produljenjem ekspozicije na 14 dana pri svim dozama postignut je statistički značajno viši mortalitet u odnosu na ekspoziciju od 7 dana. Najviši mortalitet (84,5%) postignut je pri dozi od 500 mg kg⁻¹ nakon 14 dana ekspozicije. Statistički značajna inhibicija potomstva (55,41%) *S. oryzae* postignuta je već pri najnižoj dozi. Povećavanjem doze inhibicija se povećavala, ali ne i statistički značajno. U tretmanu s inernim prašivom OP-4 pri ekspoziciji od 7 dana pri dozi od 400 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet (49,0%) u odnosu na kontrolni tretman, koji se povećanjem doze na 500 i 600 mg kg⁻¹ nije statistički značajno mijenjao. Produljenjem ekspozicije na 14 dana postignut je statistički značajno viši mortalitet pri svim dozama u odnosu na ekspoziciju od 7 dana. Statistički značajna inhibicija potomstva (89,49%) *S. oryzae* postignuta je već pri najnižoj dozi. Povećavanjem doze se inhibicija povećavala, ali ne i statistički značajno. U tretmanu s inernim prašivom PD-1 pri ekspoziciji od 7 dana pri dozi od 300 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet (16,0%) u odnosu na kontrolni tretman. Povećanjem doza s 300 na 400 mg kg⁻¹ i s 500 na 600 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet. Produljenjem ekspozicije na 14 dana postignut je statistički značajno viši mortalitet pri svim dozama u odnosu na ekspoziciju od 7 dana, a najviši mortalitet (99,5%) postignut je pri dozi od 600 mg kg⁻¹ nakon 14 dana ekspozicije. Statistički značajna inhibicija potomstva (72,51%) *S. oryzae* postignuta je već pri najnižoj dozi. Povećavanjem doze se inhibicija povećavala pri čemu je na dozi od 600 mg kg⁻¹ postignuta statistički značajno viša inhibicija (98,61%) u odnosu na ostale niže doze.

Tablica 22. Insekticidno djelovanje inertnih prašiva D-01, MA-4 i Celatom Mn-51[®] na *S. oryzae* nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici te utjecaj inertnih prašiva na razvoj potomstva

| Tret. | Doza (mg kg ⁻¹) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | F | P | Broj potomstva ±StD ³ | Inhibicija (%) |
|-------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|-------------|--------|-------------------------------------|-------------------|
| | | Ekspozicija | | | | | |
| | | 7. dan | 14. dan | | | | |
| D-01 | 0 | 0,0±0,00 cA | 1,0±1,54 bA | 3,00 | <.1340 | 615,7±116,28 a | - |
| | 300 | 71,0±12,99 bB | 100,0±0,00 aA | 21,56 | <.0035 | 44,0±18,42 b | 92,85 |
| | 400 | 92,0±4,32 aB | 99,5±1,00 aA | 11,44 | <.0148 | 16,5±12,06 b | 97,32 |
| | 500 | 89,0±9,59 aA | 100,0±0,00 aA | 5,26 | <.0616 | 5,2±8,50 b | 99,15 |
| | 600 | 98,5±1,91 aA | 100,0±0,00 aA | 2,45 | <.1682 | 0,7±0,95 b | 99,88 |
| | F | 121,30 | 16759,7 | | | 102,37 | |
| | P | <.0001 | <.0001 | | | <.0001 | |
| | LD ₅₀ | 600 mg kg ⁻¹ = 98,5% | 300 mg kg ⁻¹ = 100% | | | | |
| | LD ₉₀ | 447,27 mg kg ⁻¹ (389,29-551,31) | 300 mg kg ⁻¹ = 100% | | | | |
| | MA-4 | 0 | 0,0±0,00 cA | 1,0±1,15 cA | 3,00 | <.1340 | 615,7±116,28 a |
| 300 | | 63,5±13,50 bB | 96,5±3,00 bA | 22,77 | <.0031 | 72,2±18,62 b | 88,27 |
| 400 | | 86,0±10,20 aB | 99,5±1,00 abA | 6,94 | <.0388 | 31,0±5,29 b | 94,96 |
| 500 | | 92,0±9,80 aA | 100,0±0,00 aA | 2,67 | <.1536 | 6,0±4,16 b | 99,02 |
| 600 | | 98,5±3,00 aA | 100,0±0,00 aA | 1,00 | <.3559 | 2,7±2,87 b | 99,56 |
| F | | 82,72 | 3393,40 | | | 100,35 | |
| P | | <.0001 | <.0001 | | | <.0001 | |
| LD ₅₀ | | 233,33 mg kg ⁻¹ (79,30-296,74) | 500 mg kg ⁻¹ = 100% | | | | |
| LD ₉₀ | | 456,46 mg kg ⁻¹ (410,58-539,62) | 500 mg kg ⁻¹ = 100% | | | | |
| Cel. Mn-51 [®] | | 0 | 0,0±0,00 cA | 1,0±1,15 bA | 3,00 | <.1340 | 615,7±116,28 a |
| | 300 | 83,5±8,06 bB | 99,0±1,15 aA | 14,49 | <.0089 | 35,5±14,61 b | 94,23 |
| | 400 | 94,0±5,89 aA | 100,0±0,00 aA | 4,15 | <.0877 | 9,0±4,08 b | 98,53 |
| | 500 | 95,0±3,83 aA | 100,0±0,00 aA | 6,82 | <.0401 | 7,0±13,34 b | 98,86 |
| | 600 | 100,0±0,00 aA | 100,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 | 0,0±0,00 b | 100,00 |
| | F | 309,71 | 14628,80 | | | 104,62 | |
| | P | <.0001 | <.0001 | | | <.0001 | |
| | LD ₅₀ | 600 mg kg ⁻¹ = 100% | 400 mg kg ⁻¹ = 100% | | | | |
| | LD ₉₀ | 365,08 mg kg ⁻¹ (301,23-415,85) | 400 mg kg ⁻¹ = 100% | | | | |

¹Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedini tretman 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)

³Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedini tretman označene istim malim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

Tablica 23. Insekticidno djelovanje inertnih prašiva JU-1, MR-10, OP-4 i PD-1 na *S. oryzae* nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici te utjecaj inertnih prašiva na razvoj potomstva

| Tret. | Doza (mg kg ⁻¹) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | F | P | Broj potomstva ±StD ³ | Inhibicija (%) | |
|------------------|--------------------------------|--|---|--------------|--------|-------------------------------------|-------------------|-------|
| | | Ekspozicija | | | | | | |
| | | 7. dan | 14. dan | | | | | |
| JU-1 | 0 | 0,0±0,00 cA | 1,0±1,55 cA | 3,00 | <.1340 | 615,7±116,28 a | - | |
| | 300 | 12,5±5,74 cB | 77,0±3,46 bA | 369,80 | <.0001 | 176,2±50,36 b | 71,38 | |
| | 400 | 75,0±16,37 bB | 99,5±1,00 aA | 8,93 | <.0244 | 114,5±18,52 bc | 81,40 | |
| | 500 | 93,0±7,02 abA | 99,5±1,00 aA | 3,36 | <.1166 | 19,7±22,51 c | 96,80 | |
| | 600 | 97,0±4,76 aA | 99,5±1,00 aA | 1,06 | <.3437 | 3,7±1,70 c | 99,39 | |
| | F | 113,11 | 2228,66 | | | 74,13 | | |
| | P | <.0001 | <.0001 | | | <.0001 | | |
| | LD ₅₀ | 372,46 mg kg ⁻¹ (324,27-409,65) | 400 mg kg ⁻¹ = 99,5% | | | | | |
| | LD ₉₀ | 485,19 mg kg ⁻¹ (443,11-569,13) | 400 mg kg ⁻¹ = 99,5% | | | | | |
| | MR-10 | 0 | 0,0±0,00 bA | 1,0±1,15 cA | 3,00 | <.1340 | 615,7±116,28 a | - |
| 400 | | 4,0±4,00 bB | 63,0±13,51 bA | 70,09 | <.0002 | 274,5±81,96 b | 55,41 | |
| 500 | | 25,0±9,59 aB | 84,5±9,00 aA | 81,86 | <.0001 | 188,2±47,38 b | 69,43 | |
| 600 | | 28,0±14,79 aB | 81,0±7,39 abA | 41,11 | <.0007 | 171,5±46,14 b | 72,14 | |
| F | | 10,00 | 75,14 | | | 27,89 | | |
| P | | <.0014 | <.0001 | | | <.0001 | | |
| LD ₅₀ | | 693,39 mg kg ⁻¹ (608,15-1211,48) | 500 mg kg ⁻¹ = 84,5% | | | | | |
| LD ₉₀ | | 954,18 mg kg ⁻¹ (764,79-2240,80) | 500 mg kg ⁻¹ = 84,5% | | | | | |
| OP-4 | | 0 | 0,0±0,00 bA | 1,0±1,15 bA | 3,00 | <.1340 | 615,7±116,28 a | - |
| | | 400 | 49,0±6,63 aB | 94,0±2,83 aA | 155,57 | <.0001 | 64,7±10,34 b | 89,49 |
| | 500 | 71,0±4,76 aB | 97,5±5,00 aA | 58,93 | <.0003 | 64,0±43,66 b | 89,60 | |
| | 600 | 56,0±25,66 aB | 98,0±2,31 aA | 10,63 | <.0173 | 22,7±11,17 b | 96,31 | |
| | F | 20,84 | 920,97 | | | 82,00 | | |
| | P | <.0001 | <.0001 | | | <.0001 | | |
| | LD ₅₀ | 500 mg kg ⁻¹ = 71,0% | 600 mg kg ⁻¹ = 98,0% | | | | | |
| | LD ₉₀ | 500 mg kg ⁻¹ = 71,0% | 600 mg kg ⁻¹ = 98,0% | | | | | |
| | PD-1 | 0 | 0,0±0,00 dA | 1,0±1,15 cA | 3,00 | <.1340 | 615,7±116,28 a | - |
| | | 300 | 16,0±8,64 cB | 84,0±9,09 bA | 117,56 | <.0001 | 169,2±77,12 b | 72,51 |
| 400 | | 68,5±5,26 bB | 98,5±1,91 aA | 114,89 | <.0001 | 80,0±5,35 bc | 87,00 | |
| 500 | | 73,0±11,37 bB | 98,0±2,83 aA | 18,20 | <.0053 | 58,0±18,77 bc | 90,57 | |
| 600 | | 93,5±3,41 aB | 99,5±1,00 aA | 11,37 | <.0150 | 8,5±8,34 c | 98,61 | |
| F | | 131,90 | 374,03 | | | 61,26 | | |
| P | | <.0001 | <.0001 | | | <.0001 | | |
| LD ₅₀ | | 392,77 mg kg ⁻¹ (357,42-421,77) | 600 mg kg ⁻¹ = 99,5% | | | | | |
| LD ₉₀ | | 561,71 mg kg ⁻¹ (521,73-626,64) | 333,16 mg kg ⁻¹ (253,35-383,51) | | | | | |

¹Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedini tretman 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)³Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedini tretman označene istim malim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

Rezultati testiranih inertnih prašiva na pšenici ukazuju na različito insekticidno djelovanje na *T. castaneum* ovisno o tretmanu, dozi i ekspoziciji te na različiti postotak inhibicije ovisno o dozi (tablica 24.; tablica 25.). U tretmanu s inertnim prašivom D-01, statistički značajna razlika u odnosu na kontrolni tretman postignuta je pri dozi od 500 mg kg⁻¹ i ekspoziciji od 7 dana s mortalitetom od 57,5%. Povišenjem doze s 500 mg kg⁻¹ na 700 mg kg⁻¹ zabilježen je značajan porast mortaliteta (94,5%) jedinki *T. castaneum*. Produljenjem ekspozicije na 14 dana statistički značajno viši mortalitet u odnosu na ekspoziciju od 7 dana postignut je pri dozama od 400, 500 i 600 mg kg⁻¹. Pri ekspoziciji od 14 dana statistički značajno viši mortalitet (79,0%) u odnosu na kontrolni tretman i na najnižu dozu (300 mg kg⁻¹) postignut je pri dozi od 400 mg kg⁻¹, a povećanjem doze na 700 mg kg⁻¹ nije postignut statistički značajno viši mortalitet. Statistički značajna inhibicija potomstva (86,92%) *T. castaneum* postignuta je već pri najnižoj dozi. Povećavanjem doze se inhibicija povećavala, a potpuna inhibicija postignuta je pri dozi od 500 mg kg⁻¹. U tretmanu s inertnim prašivom MA-4 pri ekspoziciji od 7 dana statistički značajno viši mortalitet (26,0%) u odnosu na kontrolni tretman i na najnižu dozu (300 mg kg⁻¹) postignut je pri dozi od 400 mg kg⁻¹. Povećanjem doze sa 400 na 500 mg kg⁻¹ (61,5%) i s 500 na 700 mg kg⁻¹ (91,0%) postignut je statistički značajno viši mortalitet. Produljenjem ekspozicije na 14 dana postignut je statistički značajno viši mortalitet u odnosu na ekspoziciju od 7 dana i to pri svim dozama. Nakon 14 dana ekspozicije statistički značajna razlika u odnosu na kontrolni tretman postignuta je pri najnižoj dozi. Nadalje, povišenjem doze s 300 mg kg⁻¹ na 400 mg kg⁻¹ postignuto je značajno povišenje mortaliteta (75,5%), dok daljnje povišenje doza nije rezultiralo statistički značajno višim mortalitetom. Statistički značajna inhibicija potomstva (66,43%) *T. castaneum* postignuta je već pri najnižoj dozi. Povećavanjem doze na 400 mg kg⁻¹ inhibicija se statistički značajno povećala (90,84%), dok je pri najvišoj dozi (700 mg kg⁻¹) postignuta potpuna inhibicija potomstva. U tretmanu s inertnim prašivom Celatom Mn-51[®] pri ekspoziciji od 7 dana statistički značajno viši mortalitet (32,0%) u odnosu na kontrolni tretman i na najnižu dozu (300 mg kg⁻¹) postignut je pri dozi od 400 mg kg⁻¹. Povećanjem doze na 500 mg kg⁻¹ postignut je statistički značajno viši mortalitet (61,5%), dok se daljnjim povećanjem doze mortalitet nije statistički značajno mijenjao. Produljenjem ekspozicije na 14 dana statistički značajno viši mortalitet postignut je pri svim dozama, osim pri najvišoj dozi (700 mg kg⁻¹). Pri najduljoj ekspoziciji (14 dana) i pri najvišoj dozi (700 mg kg⁻¹) postignut je maksimalni mortalitet (100,0%). Statistički značajna inhibicija potomstva (77,33%) *T. castaneum* postignuta je

već pri najnižoj dozi. Povećavanjem doze na 400 mg kg⁻¹ povećala se inhibicija i to statistički značajno više (94,15%), dok je pri dozi od 500 mg kg⁻¹ postignuta potpuna inhibicija potomstva. U tretmanu s inernim prašivom JU-1 pri ekspoziciji od 7 dana statistički značajno viši mortalitet (19,0%) u odnosu na kontrolni tretman postignut je tek pri najvišoj dozi (700 mg kg⁻¹). Produljenjem ekspozicije na 14 dana postignut je statistički značajno viši mortalitet. Pri dozi od 700 mg kg⁻¹ nakon 14 dana ekspozicije postignut je značajno veći mortalitet (68,0%) u odnosu na ostale doze, koji je ujedno i najviši postignuti mortalitet prašiva JU-1. Statistički značajna inhibicija potomstva (81,69%) *T. castaneum* postignuta je već pri najnižoj dozi. Povećanjem doze na 600 mg kg⁻¹ i 700 mg kg⁻¹ zabilježen je porast inhibicije potomstva, ali ne i statistički značajno. U tretmanu s inernim prašivom MR-10 pri ekspoziciji od 7 dana nije postignut statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kontrolni tretman niti pri najvišoj dozi (700 mg kg⁻¹), niti produljenjem ekspozicije. Usprkos vrlo niskoj insekticidnoj djelotvornosti zabilježena je statistički značajna inhibicija potomstva (69,04%) *T. castaneum* i to već pri najnižoj dozi. U tretmanu s inernim prašivom OP-4 pri ekspoziciji od 7 dana nije postignut statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kontrolni tretman niti pri najvišoj dozi (700 mg kg⁻¹). Produljenjem ekspozicije na 14 dana statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kontrolni tretman postignut je tek pri najvišoj dozi (700 mg kg⁻¹). Usprkos vrlo slaboj insekticidnoj djelotvornosti prašivo OP-4 je već pri najnižoj dozi (500 mg kg⁻¹) postiglo statistički značajnu inhibiciju potomstva (70,61%). Povećanjem doze na 700 mg kg⁻¹ postignuta je statistički značajno viša inhibicija potomstva (96,77%) u odnosu na najnižu dozu (500 mg kg⁻¹). U tretmanu s inernim prašivom PD-1 pri ekspoziciji od 7 dana statistički značajno viši mortalitet (19,5%) u odnosu na kontrolni tretman postignut je tek pri najvišoj dozi (700 mg kg⁻¹). Produljenjem ekspozicije na 14 dana statistički značajno viši mortalitet (46,5%) u odnosu na kontrolni tretman postignut je pri dozi od 600 mg kg⁻¹. Statistički značajna inhibicija potomstva (74,71%) *T. castaneum* postignuta je već pri najnižoj dozi (500 mg kg⁻¹). Povećavanjem doze se inhibicija povećavala, ali i ne statistički značajno.

Tablica 24. Insekticidno djelovanje inertnih prašiva D-01, MA-4 i Celatom Mn-51[®] na *T. castaneum* nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici te utjecaj inertnih prašiva na razvoj potomstva

| Tret. | Doza (mg kg ⁻¹) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | F | P | Broj potomstva ±StD ³ | Inhibicija (%) | |
|-------------------------|--------------------------------|---|---|-------|--------|-------------------------------------|-------------------|--|
| | | Ekspozicija | | | | | | |
| | | 7. dan | 14. dan | | | | | |
| D-01 | 0 | 0,0±0,00 cA | 0,0±0,00 cA | 0,00 | <.0000 | 114,7±18,30 a | - | |
| | 300 | 7,0±7,39 cA | 27,0±23,64 bA | 2,61 | <.1574 | 15,0±6,73 b | 86,92 | |
| | 400 | 25,5±3,41 cB | 79,0±12,49 aA | 68,28 | <.0002 | 2,5±1,73 b | 97,82 | |
| | 500 | 57,5±17,54 bB | 99,0±1,15 aA | 22,29 | <.0033 | 0,0±0,00 b | 100,00 | |
| | 600 | 79,0±22,42 abB | 99,5±1,00 aA | 3,34 | <.1175 | 0,0±0,00 b | 100,00 | |
| | 700 | 94,5±3,41 aA | 99,0±1,15 aA | 6,23 | <.0468 | 0,0±0,00 b | 100,00 | |
| | F | 41,09 | 62,39 | | | 131,30 | | |
| | P | <.0001 | <.0001 | | | <.0001 | | |
| | LD ₅₀ | 486,26 mg kg ⁻¹ (456,43-515,39) | 600 mg kg ⁻¹ = 99,5% | | | | | |
| | LD ₉₀ | 655,25 mg kg ⁻¹ (614,33-716,03) | 600 mg kg ⁻¹ = 99,5% | | | | | |
| MA-4 | 0 | 0,0±0,00 dA | 0,0±0,00 bA | 0,00 | <.0000 | 114,7±18,30 a | - | |
| | 300 | 0,5±1,00 dB | 18,0±12,54 bA | 7,74 | <.0319 | 38,5±17,61 b | 66,43 | |
| | 400 | 26,0±7,83 cB | 75,5±26,65 aA | 12,70 | <.0119 | 10,5±7,23 c | 90,84 | |
| | 500 | 61,5±18,06 bB | 99,0±2,00 aA | 17,03 | <.0062 | 1,2±0,50 c | 98,95 | |
| | 600 | 81,0±8,72 abB | 99,0±2,00 aA | 16,20 | <.0069 | 1,5±1,91 c | 98,69 | |
| | 700 | 91,0±3,46 aB | 99,0±1,15 aA | 19,20 | <.0047 | 0,0±0,00 c | 100,00 | |
| | F | 80,90 | 54,80 | | | 69,41 | | |
| | P | <.0001 | <.0001 | | | <.0001 | | |
| | LD ₅₀ | 492,78 mg kg ⁻¹ (468,08-516,81) | 500 mg kg ⁻¹ = 99,0% | | | | | |
| | LD ₉₀ | 651,99 mg kg ⁻¹ (618,17-699,00) | 500 mg kg ⁻¹ = 99,0% | | | | | |
| Cel. Mn-51 [®] | 0 | 0,0±0,00 cA | 0,0±0,00 cA | 0,00 | <.0000 | 114,7±18,30 a | - | |
| | 300 | 2,0±1,63 cB | 21,5±13,40 cA | 8,34 | <.0278 | 26,0±4,76 b | 77,33 | |
| | 400 | 32,0±22,86 bB | 61,0±30,39 bA | 2,33 | <.1781 | 6,7±3,20 c | 94,15 | |
| | 500 | 78,0±12,54 aB | 99,5±1,00 aA | 11,68 | <.0142 | 0,0±0,00 c | 100,00 | |
| | 600 | 87,5±5,00 aB | 99,5±1,00 aA | 22,15 | <.0033 | 0,0±0,00 c | 100,00 | |
| | 700 | 97,0±3,46 aA | 100,0±0,00 aA | 3,00 | <.1340 | 0,0±0,00 c | 100,00 | |
| | F | 63,53 | 42,23 | | | 133,93 | | |
| | P | <.0001 | <.0001 | | | <.0001 | | |
| | LD ₅₀ | 456,03 mg kg ⁻¹ (426,18-483,92) | 366,14 mg kg ⁻¹ (338,09-391,32) | | | | | |
| | LD ₉₀ | 592,30 mg kg ⁻¹ (556,74-645,27) | 462,35 mg kg ⁻¹ (431,22-517,05) | | | | | |

¹Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedini tretman 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)

³Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedini tretman označene istim malim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

Tablica 25. Insekticidno djelovanje inertnih prašiva JU-1, MR-10, OP-4 i PD-1 na *T. castaneum* nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici te utjecaj inertnih prašiva na razvoj potomstva

| Tret. | Doza (mg kg ⁻¹) | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | F | P | Broj potomstva ±StD ³ | Inhibicija (%) |
|------------------|---|--|---|--------|--------------|-------------------------------------|-------------------|
| | | Ekspozicija | | | | | |
| | | 7. dan | 14. dan | | | | |
| JU-1 | 0 | 0,0±0,00 bA | 0,0±0,00 cA | 0,00 | <.0000 | 114,7±18,30 a | - |
| | 500 | 5,5±5,00 abB | 28,5±15,61 bA | 7,88 | <.0309 | 21,0±12,75 b | 81,69 |
| | 600 | 8,5±3,41 abB | 39,5±13,30 bA | 5,39 | <.0593 | 13,2±7,45 b | 88,49 |
| | 700 | 19,0±11,60 aA | 68,0±4,32 aA | 466,85 | <.0001 | 11,0±6,27 b | 90,40 |
| | F | 5,95 | 28,80 | | | 67,56 | |
| | P | <.0100 | <.0001 | | | <.0001 | |
| | LD ₅₀ | 600 mg kg ⁻¹ = 19,0% | 624,27 mg kg ⁻¹ (580,37-684,97) | | | | |
| | LD ₉₀ | 600 mg kg ⁻¹ = 19,0% | 870,71 mg kg ⁻¹ (771,89-1175,78) | | | | |
| | 0 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 aA | 0,00 | <.0000 | 114,7±18,30 a | - |
| | 500 | 2,5±3,00 aA | 2,5±3,00 aA | 0,00 | <.1.0000 | 35,5±28,44 b | 69,04 |
| 600 | 2,5±1,91 aA | 4,5±1,00 aA | 3,43 | <.1135 | 38,5±27,92 b | 66,43 | |
| 700 | 4,5±6,61 aA | 9,0±10,52 aA | 0,52 | <.4961 | 35,5±9,00 b | 69,04 | |
| F | 0,96 | 1,92 | | | 12,23 | | |
| P | <.4411 | <.1798 | | | <.0006 | | |
| LD ₅₀ | 700 mg kg ⁻¹ = 4,5% | 700 mg kg ⁻¹ = 9,0% | | | | | |
| LD ₉₀ | 700 mg kg ⁻¹ = 4,5% | 700 mg kg ⁻¹ = 9,0% | | | | | |
| MR-10 | 0 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 bA | 0,00 | <.0000 | 114,7±18,30 a | - |
| | 500 | 0,0±0,00 aA | 0,0±0,00 bA | 0,00 | <.0000 | 33,7±12,86 b | 70,61 |
| | 600 | 0,5±1,00 aA | 0,5±1,00 abA | 0,00 | <.1.0000 | 24,5±13,17 bc | 78,63 |
| | 700 | 2,0±1,63 aA | 3,0±2,58 aA | 0,43 | <.5370 | 3,7±0,95 c | 96,77 |
| | F | 3,91 | 4,30 | | | 56,18 | |
| | P | <.0369 | <.0280 | | | <.0001 | |
| | LD ₅₀ | 700 mg kg ⁻¹ = 2,0% | 943,73 mg kg ⁻¹ (816,49-2725,56) | | | | |
| | LD ₉₀ | 700 mg kg ⁻¹ = 2,0% | 1110,41 mg kg ⁻¹ (906,97-4005,08) | | | | |
| | 0 | 0,0±0,00 bA | 0,0±0,00 bA | 0,00 | <.0000 | 114,7±18,30 a | - |
| | 500 | 3,5±5,74 bA | 8,5±8,85 bA | 0,90 | <.3799 | 29,0±23,33 b | 74,71 |
| 600 | 3,5±2,51 bB | 46,5±22,11 aA | 14,93 | <.0083 | 20,5±5,74 b | 82,12 | |
| 700 | 19,5±7,55 aB | 42,5±8,39 aA | 16,62 | <.0065 | 4,7±2,98 b | 95,90 | |
| F | 12,69 | 13,92 | | | 42,31 | | |
| P | <.0005 | <.0003 | | | <.0001 | | |
| LD ₅₀ | 868,89 mg kg ⁻¹ (756,68-1838,69) | 697,23 mg kg ⁻¹ (627,41-1349,79) | | | | | |
| LD ₉₀ | 1100,92 mg kg ⁻¹ (889,88-3035,43) | 947,04 mg kg ⁻¹ (782,95-3444,72) | | | | | |

¹Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedini tretman 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)

³Prosječne vrijednosti u istoj koloni za pojedini tretman označene istim malim slovom nisu statistički značajno različite (Tukey's HSD, P<0.05)

3.4. Insekticidna učinkovitost mješavina prašiva na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo *R. dominica*

Rezultati testiranih mješavina prašiva na pšenici ukazuju na različito insekticidno djelovanje na *R. dominica* ovisno o tretmanu, omjeru biljnog i inertnog prašiva i ekspoziciji (tablica 26.). U tretmanu s kombinacijom biljnog prašiva *Lavandula x intermedia* i inertnog prašiva D-01 pri ekspoziciji od 7 dana najviši mortalitet (54,0%) postignut je pri omjeru inertnog i biljnog prašiva 1:15 i to statistički značajno viši mortalitet u odnosu na omjer 1:5, ali ne i statistički značajno viši od omjera 1:10 i samog inertnog prašiva D-01 (omjer 1). Produljenjem ekspozicije na 14 dana mortalitet se nije statistički značajno mijenjao pri svim omjerima, dok je najviši mortalitet (62,5%) zabilježen pri omjeru 1:15, međutim ne i statistički značajno viši u odnosu na samo inertno prašivo D-01. U tretmanu s kombinacijom biljnog prašiva *Lavandula x intermedia* i inertnog prašiva MA-4 pri ekspoziciji od 7 dana postignut je viši mortalitet jedinki *R. dominica* u odnosu na samo inertno prašivo MA-4, ali ne i statistički značajno. Najviši mortalitet (43,0%) postignut je pri omjeru inertnog i biljnog prašiva 1:15. Produljenjem ekspozicije na 14 dana nije zabilježen statistički značajan porast mortaliteta. U odnosu na samo inertno prašivo MA-4 statistički značajno viši mortalitet (51,0%) postignut je mješavinom inertnog i biljnog prašiva u omjeru 1:15. U tretmanu s kombinacijom biljnog prašiva *Lavandula x intermedia* i inertnog prašiva Celatom Mn-51[®] dodatkom biljnog prašiva postignut je jači insekticidni učinak prašiva Celatom Mn-51[®]. I to omjerom 1:10 (43,5%), te statistički značajno višim omjerom 1:15 (65,0%). Među ekspozicijama nije zabilježen statistički značajan porast mortaliteta niti pri jednom omjeru, no statistički značajno viši mortalitet u odnosu na samo inertno prašivo i u odnosu na ostale omjere mješavina postignut je omjerom 1:15 (68,0%).

Rezultati testiranih mješavina prašiva ukazuju na različiti postotak inhibicije potomstva *R. dominica* ovisno o omjeru biljnog i inertnog prašiva (tablica 26.). U tretmanu s kombinacijom biljnog prašiva *Lavandula x intermedia* i inertnog prašiva D-01 najviši postotak inhibicije potomstva (95,36%) postignut je primjenom samog inertnog prašiva D-01 i to statistički značajno viša inhibicija u odnosu na kontrolni tretman. Između samog inertnog prašiva D-01 i ostalih omjera nije zabilježena statistički značajna razlika u inhibiciji potomstva te su svi omjeri postigli statistički značajno višu inhibiciju potomstva u odnosu na kontrolni tretman. U tretmanu s kombinacijom biljnog prašiva *Lavandula x*

intermedia i inertnog prašiva MA-4 najviši postotak inhibicije potomstva (88,55%) također postignut je primjenom samog inertnog prašiva MA-4 i to statistički značajno u donosu na kontrolni tretman. Između samog inertnog prašiva MA-4 i ostalih omjera nije zabilježena statistički značajna razlika u inhibiciji potomstva te su svi omjeri postigli statistički značajno višu inhibiciju potomstva u odnosu na kontrolni tretman. U tretmanu s kombinacijom biljnog prašiva *Lavandula x intermedia* i inertnog prašiva Celatom Mn-51[®] najviši postotak inhibicije potomstva (93,83%) postignut je pri omjeru biljnog i inertnog prašiva 1:15 i to statistički značajno viša inhibicija u odnosu na kontrolni tretman. Između različitih omjera te samog inertnog prašiva Celatom Mn-51[®] nije zabilježena statistički značajna razlika u inhibiciji potomstva. Svi omjeri i samo inertno prašivo Celatom Mn-51[®] postigli su statistički značajno višu inhibiciju potomstva u odnosu na kontrolni tretman.

Tablica 26. Insekticidno djelovanje mješavina prašiva pri dozi od 500 mg kg⁻¹ na *R. dominica* nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo

| Tretman | Omjer ³ | Ekspozicija | | F | P | Broj potomstva ±StD ¹ | Inhibicija (%) |
|---|--------------------|----------------|----------------|-------|--------|-------------------------------------|-------------------|
| | | 7. dan | 14. dan | | | | |
| <i>Lavandula x intermedia</i> + D-01 | Kontrola | - | - | - | - | 1159,2±156,67 a | - |
| | Omjer 1 | 41,0±18,93 abA | 56,5±19,34 aA | 1,31 | <.2958 | 53,7±25,39 b | 95,36 |
| | Omjer 2 | 19,0±5,03 bA | 24,0±5,88 bA | 1,67 | <.2442 | 131,7±17,55 b | 88,63 |
| | Omjer 3 | 40,5±13,69 abA | 43,5±11,70 abA | 0,11 | <.7505 | 120,2±19,93 b | 89,63 |
| | Omjer 4 | 54,0±9,09 aA | 62,5±5,00 aA | 2,68 | <.1525 | 115,5±12,81 b | 90,03 |
| | F | 5,14 | 8,14 | | | 40,12 | |
| | P | <.0163 | <.0032 | | | <.0001 | |
| <i>Lavandula x intermedia</i> + MA-4 | Kontrola | - | - | - | - | 1159,2±156,67 a | - |
| | Omjer 1 | 26,5±8,38 aA | 34,0±10,95 bA | 1,18 | <.3187 | 132,7±28,14 b | 88,55 |
| | Omjer 2 | 8,5±3,41 bB | 15,5±1,00 cA | 15,47 | <.0077 | 169,7±26,77 b | 85,36 |
| | Omjer 3 | 30,5±6,60 aA | 35,5±4,43 bA | 1,58 | <.2556 | 160,2±23,05 b | 86,18 |
| | Omjer 4 | 43,0±12,38 aA | 51,0±6,83 aA | 1,28 | <.3011 | 146,0±50,82 b | 87,40 |
| | F | 11,67 | 18,04 | | | 139,20 | |
| | P | <.0007 | <.0001 | | | <.0001 | |
| <i>Lavandula x intermedia</i> + Celatom Mn-51 [®] | Kontrola | - | - | - | - | 1159,2±156,67 a | - |
| | Omjer 1 | 29,5±13,50 bcA | 47,0±9,01 bA | 4,65 | <.0745 | 95,7±31,03 b | 91,74 |
| | Omjer 2 | 21,0±5,29 cA | 28,0±5,88 cA | 3,13 | <.1274 | 146,7±21,17 b | 87,34 |
| | Omjer 3 | 43,5±7,54 bA | 47,0±7,74 bA | 0,42 | <.5415 | 139,2±33,26 b | 87,99 |
| | Omjer 4 | 65,0±7,57 aA | 68,0±3,65 aA | 0,51 | <.5022 | 71,5±18,94 b | 93,83 |
| | F | 18,21 | 22,56 | | | 160,27 | |
| | P | <.0001 | <.0001 | | | <.0001 | |

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

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

³Omjer 1 = Inertno prašivo bez prašiva *Lavandula x intermedia*; Omjer 2 = Mješavina inertnog prašiva i prašiva *Lavandula x intermedia*; 1:5; Omjer 3 = Mješavina inertnog prašiva i prašiva *Lavandula x intermedia*; 1:10; Omjer 4 = Mješavina inertnog prašiva i prašiva *Lavandula x intermedia*; 1:15

3.5. Insekticidna učinkovitost ekstrakt prašiva na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo *T. castaneum*

Rezultati testiranih ekstrakt prašiva pri dozi od 300 mg kg⁻¹ na pšenici ukazuju na različito insekticidno djelovanje na *T. castaneum* ovisno o tretmanu, kombinaciji inertnog prašiva i biljnog ekstrakta te ekspoziciji (tablica 27.). U tretmanu s inertnim prašivom D-01 pri dozi od 300 mg kg⁻¹ postignut je mortalitet *T. castaneum* od 7% i 27% nakon 7, odnosno 14 dana ekspozicije. Dodatkom biljnih ekstrakata (*Lavandula x intermedia*, *P. rhoeas* i *P. tomentosa*) nije postignuto pojačanje insekticidne djelotvornosti prašiva D-01, niti nakon 14 dana. Dapače, zabilježen je pad djelotvornosti i to u svim kombinacijama, ali bez statistički značajnih razlika. Za razliku od insekticidne djelotvornosti, dodatak biljnih ekstrakata utjecao je na povećanje inhibicije potomstva u odnosu na inhibiciju postignutu samim inertnim prašivom D-01 (69,07%), ali bez statistički značajnih razlika. Najveća inhibicija postignuta je s mješavinom inertnog prašiva i ekstrakta *P. rhoeas* (kombinacija 3). U tretmanu s inertnim prašivom MA-4 u kombinaciji s biljnim ekstraktima pri dozi od 300 mg kg⁻¹ postignut je mortalitet *T. castaneum* od 0,5% i 18% nakon 7, odnosno 14 dana ekspozicije. Dodatkom biljnih ekstrakata *P. rhoeas* i *P. tomentosa* postignut je viši mortalitet. Najveći, i to statistički značajan učinak postignut je u kombinaciji 3 s inertnim prašivom MA-4 i dodatkom ekstrakta *P. rhoeas* (8,0% i 19,0%) nakon 7 dana, odnosno 14 dana ekspozicije. Također, ekstrakti *P. rhoeas* i *P. tomentosa* u mješavini s prašivom MA-4 su postigli višu inhibiciju potomstva *T. castaneum* (84,12%, odnosno 86,18%) i to statistički značajno u odnosu na kontrolu i inhibiciju postignutu sa samim prašivom MA-4 (20,61%). U tretmanu s inertnim prašivom Celatom Mn-51[®] u kombinaciji s biljnim ekstraktima pri dozi od 300 mg kg⁻¹ postignut je mortalitet *T. castaneum* od 2,0% i 21,5% nakon 7, odnosno 14 dana ekspozicije. Dodatkom biljnih ekstrakata *Lavandula x intermedia*, *P. rhoeas* i *P. tomentosa* postignuto je povišenje mortaliteta, ali bez statistički značajnih razlika. Najbolji insekticidni učinak postignut je s kombinacijama 3 i 4 (mješavina inertnog prašiva Celatom Mn-51[®] s ekstraktima *P. rhoeas* i *P. tomentosa*), s mortalitetom od 4,5% i 6,5% nakon 7 dana, odnosno 24,0% i 27,5% nakon 14 dana ekspozicije. Također obje su kombinacije ostvarile statistički značajnu inhibiciju potomstva *T. castaneum* (86,18% i 92,78%) u odnosu na kontrolu i inhibiciju postignutu samim prašivom Celatom Mn-51[®] (46,39%).

Tablica 27. Insekticidno djelovanje ekstrakt prašiva pri dozi od 300 mg kg⁻¹ na *T. castaneum* nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo

| Inertno prašivo | Kombinacija ³ | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | | | Broj potomstva ±StD ¹ | Inhibicija (%) |
|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|----------------|--------|--------|-------------------------------------|----------------|
| | | Ekspozicija | | F | P | | |
| | | 7. dan | 14. dan | | | | |
| D-01 | Kontrola | - | - | - | - | 48,5±7,93 a | - |
| | Kombinacija 1 | 7,0±7,39 aA | 27,0±23,63 aA | 2,61 | <.1574 | 15,0±6,73 bc | 69,07 |
| | Kombinacija 2 | 1,5±1,91 aA | 3,5±1,91 aA | 2,18 | <.1901 | 21,0±2,00 b | 56,70 |
| | Kombinacija 3 | 4,5±1,00 aB | 26,0±3,26 aA | 158,49 | <.0001 | 5,7±3,86 c | 88,24 |
| | Kombinacija 4 | 1,0±1,15 aB | 12,0±5,41 aA | 15,78 | <.0073 | 7,0±1,41 c | 85,56 |
| | F | 2,07 | 3,44 | | | 46,76 | |
| | P | <.1583 | <.0520 | | | <.0001 | |
| MA-4 | Kontrola | - | - | - | - | 48,5±7,93 a | - |
| | Kombinacija 1 | 0,5±1,00 bB | 18,0±12,54 abA | 7,74 | <.0319 | 38,5±17,61 a | 20,61 |
| | Kombinacija 2 | 0,0±0,00 bB | 4,0±3,26 bA | 6,00 | <.0498 | 34,0±1,82 a | 29,89 |
| | Kombinacija 3 | 8,0±2,82 aB | 19,0±2,58 aA | 33,00 | <.0012 | 7,7±3,30 b | 84,12 |
| | Kombinacija 4 | 3,5±3,00 bB | 17,5±4,43 abA | 27,35 | <.0020 | 6,7±0,50 b | 86,18 |
| | F | 12,00 | 4,16 | | | 18,36 | |
| | P | <.0006 | <.0309 | | | <.0001 | |
| Celatom Mn-51® | Kontrola | - | - | - | - | 48,5±7,93 a | - |
| | Kombinacija 1 | 2,0±1,63 aB | 21,5±13,40 aA | 8,34 | <.0278 | 26,0±4,76 b | 46,39 |
| | Kombinacija 2 | 2,5±2,51 aB | 9,5±4,12 aA | 8,40 | <.0274 | 24,5±5,56 b | 49,48 |
| | Kombinacija 3 | 4,5±3,78 aB | 24,0±16,57 aA | 5,26 | <.0616 | 6,7±1,25 c | 86,18 |
| | Kombinacija 4 | 6,5±3,78 aB | 27,5±9,14 aA | 18,00 | <.0054 | 3,5±0,57 c | 92,78 |
| | F | 1,80 | 1,76 | | | 54,78 | |
| | P | <.2014 | <.2081 | | | <.0001 | |

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

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

³Kombinacija 1 = Inertno prašivo bez ekstrakta; Kombinacija 2 = Inertno prašivo + ekstrakt *Lavandula x intermedia*; Kombinacija 3 = Inertno prašivo + ekstrakt *P. rhoeas*; Kombinacija 4 = Inertno prašivo + ekstrakt *P. tomentosa*

Rezultati testiranih ekstrakt prašiva pri dozi od 600 mg kg⁻¹ na pšenici ukazuju na različito insekticidno djelovanje na *T. castaneum* ovisno o tretmanu, kombinaciji inertnog prašiva i biljnog ekstrakta i ekspoziciji (tablica 28.). U tretmanu s inertnim prašivom D-01 u kombinaciji s biljnim ekstraktima pri dozi od 600 mg kg⁻¹ pri ekspoziciji od 7 dana najviši mortalitet (57,5%) postignut je primjenom samog inertnog prašiva D-01 (kombinacija 1) i to statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kombinaciju inertnog prašiva D-01 i ekstrakta *Lavandula x intermedia* (kombinacija 2). Produljenjem ekspozicije na 14 dana postignut je statistički značajno viši mortalitet u svim kombinacijama u odnosu na ekspoziciju od 7 dana. Pri ekspoziciji od 14 dana najviši mortalitet (99,0%) postignut je primjenom samog inertnog prašiva D-01 (kombinacija 1) i to statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kombinaciju inertnog prašiva D-01 i ekstrakta *Lavandula x intermedia* (kombinacija 2), dok s ostalim kombinacijama nije zabilježena statistički značajna razlika u mortalitetu. U tretmanu s inertnim prašivom MA-4 u kombinaciji s biljnim ekstraktima pri dozi od 600 mg kg⁻¹ pri ekspoziciji od 7 dana najviši mortalitet (81,0%) postignut je primjenom samog inertnog prašiva MA-4 (kombinacija 1) i to statistički značajno viši mortalitet u odnosu na ostale kombinacije. Produljenjem ekspozicije na 14 dana postignut je statistički značajno viši mortalitet u svim kombinacijama u odnosu na ekspoziciju od 7 dana. Pri ekspoziciji od 14 dana najviši mortalitet (99,0%) postignut je primjenom samog inertnog prašiva MA-4 (kombinacija 1) i to statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kombinaciju inertnog prašiva MA-4 i ekstrakta *Lavandula x intermedia* (kombinacija 2) i na kombinaciju inertnog prašiva MA-4 i ekstrakta *P. rhoeas* (kombinacija 3), dok u odnosu na kombinaciju inertnog prašiva MA-4 i ekstrakta *P. tomentosa* (kombinacija 4) nije zabilježena statistički značajna razlika. U tretmanu s inertnim prašivom Celatom Mn-51[®] u kombinaciji s biljnim ekstraktima pri dozi od 600 mg kg⁻¹ pri ekspoziciji od 7 dana najviši mortalitet (87,5%) postignut je primjenom samog inertnog prašiva Celatom Mn-51[®] (kombinacija 1) i to statistički značajno viši mortalitet u odnosu na ostale kombinacije. Produljenjem ekspozicije na 14 dana postignut je statistički značajno viši mortalitet u svim kombinacijama u odnosu na ekspoziciju od 7 dana. Pri ekspoziciji od 14 dana najviši mortalitet (99,5%) postignut je primjenom samog inertnog prašiva Celatom Mn-51[®] (kombinacija 1) i to statistički značajno viši mortalitet u odnosu na kombinaciju inertnog prašiva Celatom Mn-51[®] i ekstrakta *Lavandula x intermedia* (kombinacija 2), dok s ostalim kombinacijama nije zabilježena statistički značajna razlika u mortalitetu.

Tablica 28. Insekticidno djelovanje ekstrakt prašiva pri dozi od 600 mg kg⁻¹ na *T. castaneum* nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo

| Inertno prašivo | Kombinacija ³ | Mortalitet (%)±StD ^{1,2} | | | | Broj potomstva ±StD ¹ | Inhibicija (%) |
|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------|--------|--------|-------------------------------------|----------------|
| | | Ekspozicija | | F | P | | |
| | | 7. dan | 14. dan | | | | |
| D-01 | Kontrola | - | - | - | - | 48,5±7,93 a | - |
| | Kombinacija 1 | 57,5±17,54 aB | 99,0±1,15 aA | 22,29 | <.0033 | 0,0±0,00 b | 100,00 |
| | Kombinacija 2 | 25,5±6,80 bB | 54,0±7,48 bA | 31,75 | <.0013 | 3,5±1,29 b | 92,78 |
| | Kombinacija 3 | 52,0±17,04 abB | 92,0±5,41 aA | 20,00 | <.0042 | 0,0±0,00 b | 100,00 |
| | Kombinacija 4 | 54,0±1,63 aB | 90,5±5,74 aA | 149,41 | <.0001 | 0,2±0,50 b | 99,58 |
| | F | 5,32 | 54,87 | | | 140,07 | |
| | P | <.0145 | <.0001 | | | <.0001 | |
| MA-4 | Kontrola | - | - | - | - | 48,5±7,93 a | - |
| | Kombinacija 1 | 81,0±8,71 aB | 99,0±2,00 aA | 16,20 | <.0069 | 1,5±1,91 b | 96,90 |
| | Kombinacija 2 | 20,5±7,89 bB | 44,5±5,25 cA | 25,60 | <.0023 | 4,7±2,21 b | 90,30 |
| | Kombinacija 3 | 40,0±20,26 bB | 85,0±8,71 bA | 16,64 | <.0065 | 0,7±0,95 b | 98,55 |
| | Kombinacija 4 | 45,0±6,63 bB | 86,0±7,11 abA | 71,03 | <.0002 | 1,7±1,25 b | 96,49 |
| | F | 17,18 | 56,41 | | | 116,43 | |
| | P | <.0001 | <.0001 | | | <.0001 | |
| Celatom Mn-51® | Kontrola | - | - | - | - | 48,5±7,93 a | - |
| | Kombinacija 1 | 87,5±5,00 aB | 99,5±1,00 aA | 22,15 | <.0033 | 0,0±0,00 b | 100,00 |
| | Kombinacija 2 | 35,5±13,20 bB | 61,5±14,54 bA | 7,01 | <.0382 | 3,5±1,73 b | 92,78 |
| | Kombinacija 3 | 49,5±14,54 bB | 95,5±4,43 aA | 36,59 | <.0009 | 0,7±1,50 b | 98,55 |
| | Kombinacija 4 | 53,5±8,69 bB | 95,0±3,82 aA | 76,26 | <.0001 | 0,2±0,50 b | 99,58 |
| | F | 16,00 | 20,29 | | | 131,63 | |
| | P | <.0002 | <.0001 | | | <.0001 | |

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

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

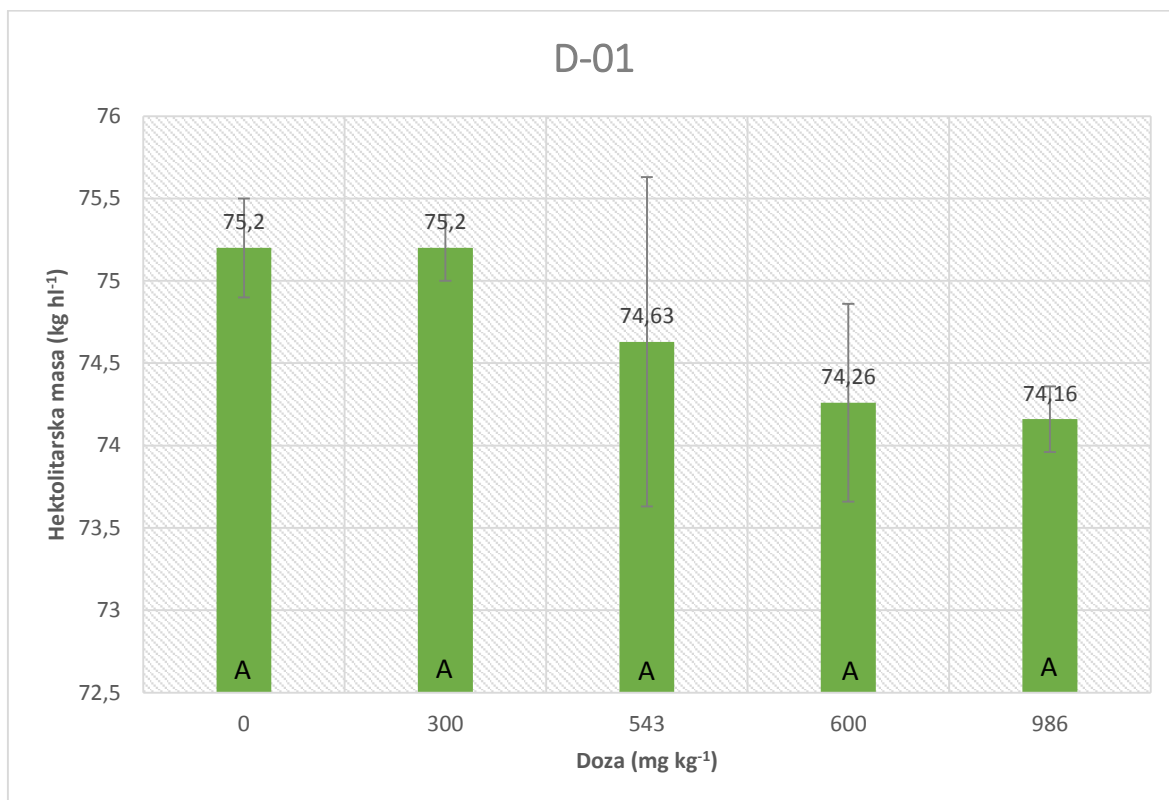
³Kombinacija 1 = Inertno prašivo bez ekstrakta; Kombinacija 2 = Inertno prašivo + ekstrakt *Lavandula x intermedia*; Kombinacija 3 = Inertno prašivo + ekstrakt *P. rhoeas*; Kombinacija 4 = Inertno prašivo + ekstrakt *P. tomentosa*

Rezultati testiranih mješavina prašiva ukazuju na različiti postotak inhibicije potomstva *T. castaneum* ovisno o kombinaciji inertnog prašiva i biljnog ekstrakta (tablica 27.; tablica 28.). U tretmanu s inertnim prašivom D-01 u kombinaciji s biljnim ekstraktima pri dozi od 300 mg kg⁻¹ najviši postotak inhibicije potomstva (88,24%) postignut je u kombinaciji inertnog prašiva D-01 i ekstrakta *P. rhoeas* (kombinacija 3) i to statistički značajno viša inhibicija u odnosu na kombinaciju inertnog prašiva D-01 i ekstrakta *Lavandula x intermedia* (kombinacija 2) i u odnosu na primjenu samog prašiva D-01 (kombinacija 1). Sve kombinacije postigle su statistički višu inhibiciju potomstva u odnosu na kontrolni tretman. Povećanjem doze na 600 mg kg⁻¹ postignuta je potpuna inhibicija potomstva u kombinaciji inertnog prašiva D-01 i ekstrakta *P. rhoeas* i primjenom samog inertnog prašiva D-01, ali i ne statistički značajno viša inhibicija potomstva u odnosu na ostale kombinacije. U tretmanu s inertnim prašivom MA-4 u kombinaciji s biljnim ekstraktima

pri dozi od 300 mg kg⁻¹ najviši postotak inhibicije potomstva (86,18%) postignut je u kombinaciji inertnog prašiva MA-4 i ekstrakta *P. tomentosa* (kombinacija 4) i to statistički značajno viša inhibicija u odnosu na kombinaciju inertnog prašiva MA-4 i ekstrakta *Lavandula x intermedia* (kombinacija 2) i u odnosu na primjenu samog prašiva MA-4 (kombinacija 1). Između kontrolnog tretmana i kombinacije inertnog prašiva MA-4 i ekstrakta *Lavandula x intermedia* (kombinacija 2) i primjene samog inertnog prašiva MA-4 (kombinacija 1) nije zabilježena statistički značajna razlika u inhibiciji potomstva. Povećanjem doze na 600 mg kg⁻¹ najviši postotak inhibicije potomstva (98,55%) postignut je u kombinaciji inertnog prašiva MA-4 i ekstrakta *P. rhoeas* (kombinacija 3). Pri dozi od 600 mg kg⁻¹ među svim kombinacijama nije zabilježena statistički značajna razlika u inhibiciji potomstva, ali su sve kombinacije postigle statistički značajno višu inhibiciju potomstva u odnosu na kontrolni tretman. U tretmanu s inertnim prašivom Celatom Mn-51[®] u kombinaciji s biljnim ekstraktima pri dozi od 300 mg kg⁻¹ najviši postotak inhibicije potomstva (92,78%) postignut je u kombinaciji inertnog prašiva Celatom Mn-15 i ekstrakta *P. tomentosa* (kombinacija 4) i to statistički značajno viša inhibicija u odnosu na kombinaciju inertnog prašiva Celatom Mn-51[®] i ekstrakta *Lavandula x intermedia* (kombinacija 2) i u odnosu na primjenu samog prašiva Celatom Mn-51[®] (kombinacija 1). Sve kombinacije postigle su statistički višu inhibiciju potomstva u odnosu na kontrolni tretman. Povećanjem doze na 600 mg kg⁻¹ postignuta je potpuna inhibicija potomstva primjenom samog inertnog prašiva Celatom Mn-51[®], ali i ne statistički značajno viša inhibicija potomstva u odnosu na ostale kombinacije.

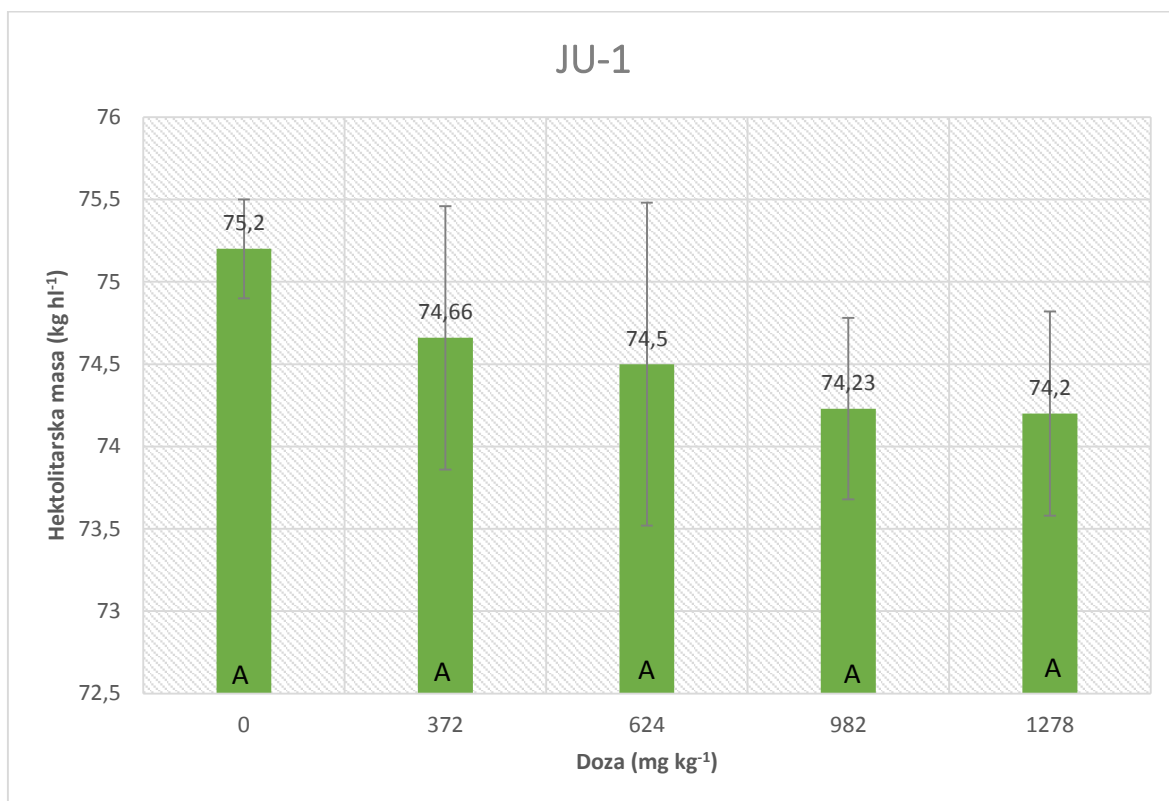
3.6. Utjecaj inertnih prašiva na hektolitarsku masu pšenice

Utjecaj testiranih inertnih prašiva (D-01, JU-1, MA-4, MR-10, OP-4 i Celatom MN-51®) na sniženje hektolitarske mase tretirane pšenice ispitan je procijenjenim letalnim dozama (LD₅₀ i LD₉₀) svakog prašiva pojedinačno na testirane vrste skladišnih štetnika (*S. oryzae*, *R. dominica* i *T. castaneum*).



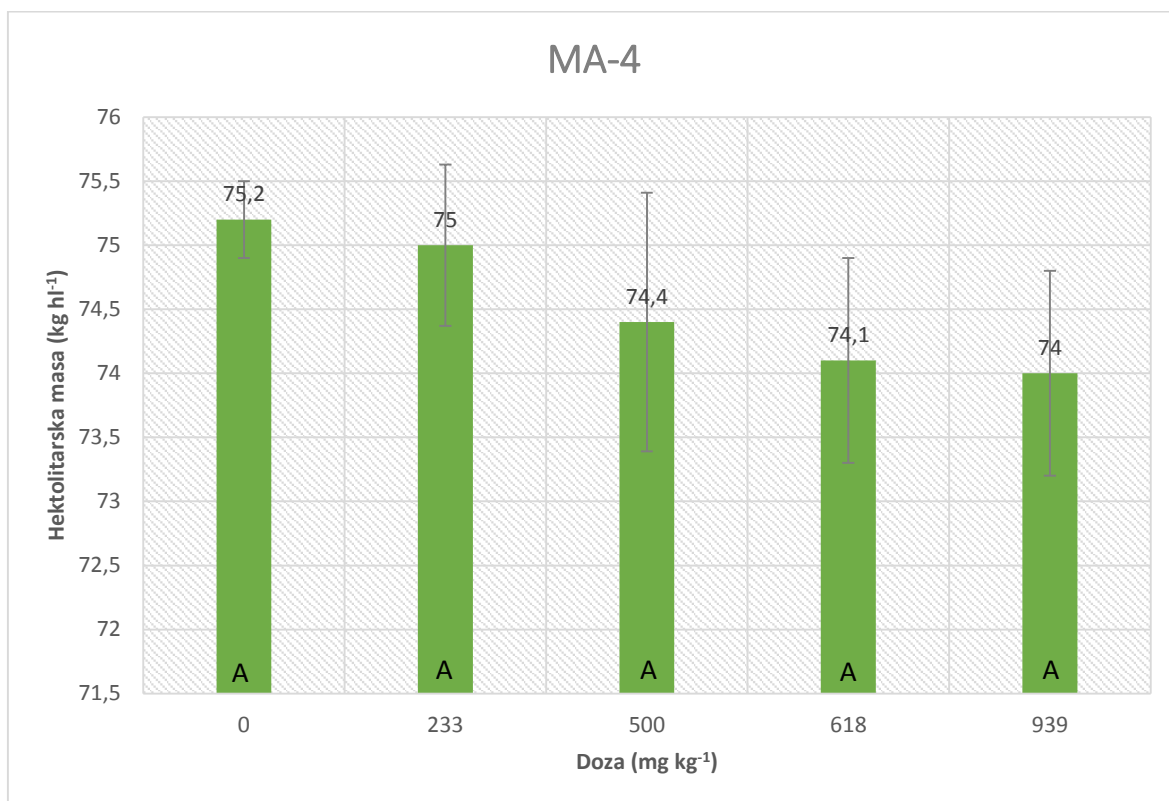
Grafikon 1. Utjecaj letalnih doza (LD₅₀ – 300 i 543 mg kg⁻¹; LD₉₀ – 600 i 986 mg kg⁻¹) inertnog prašiva D-01 na hektolitarsku masu pšenice

Rezultati testiranog inertnog prašiva D-01 ukazuju na različiti utjecaj prašiva na hektolitarsku masu pšenice ovisno o letalnoj dozi (grafikon 1.). Između letalnih doza i kontrole (netretirane pšenice) nije zabilježena statistički značajna razlika u hektolitarskoj masi pšenice. Primjenom najniže doze (300 mg kg⁻¹) hektolitarska masa se nije mijenjala u odnosu na kontrolni tretman, dok je povećanjem doze hektolitarska masa snižena. Pšenica tretirana najvišom dozom (986 mg kg⁻¹) prašiva D-01 imala je nižu hektolitarsku masu (74,16%) u odnosu na hektolitarsku masu (75,20%) netretirane pšenice, ali razlika nije bila statistički značajna.



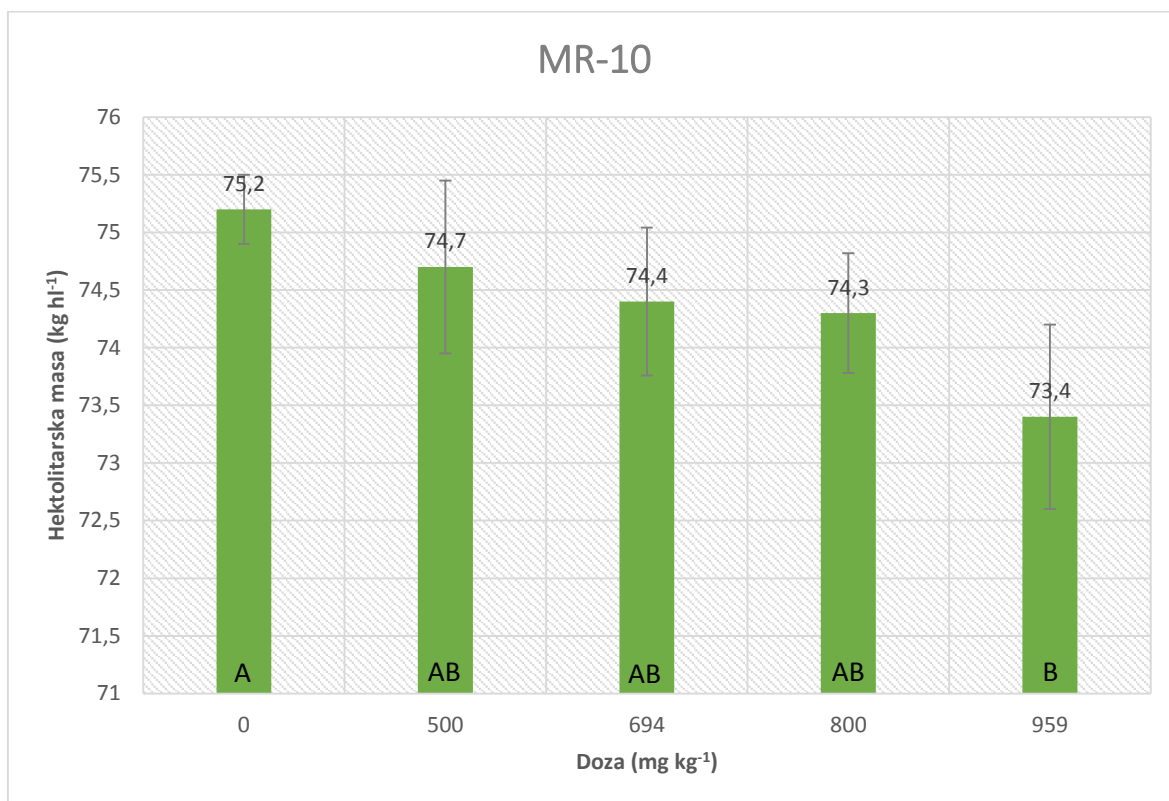
Grafikon 2. Utjecaj letalnih doza (LD₅₀ – 372 i 624 mg kg⁻¹; LD₉₀ – 982 i 1278 mg kg⁻¹) inertnog prašiva JU-1 na hektolitarsku masu pšenice

Rezultati testiranog inertnog prašiva JU-1 ukazuju na različiti utjecaj prašiva na hektolitarsku masu pšenice ovisno o letalnoj dozi (grafikon 2.). Između letalnih doza i kontrole (netretirane pšenice) nije zabilježena statistički značajna razlika u hektolitarskoj masi pšenice. Povećanjem doze snižena je hektolitarska masa pšenice. Pšenica tretirana s najvišom dozom (1278 mg kg⁻¹) prašiva JU-1 imala je nižu hektolitarsku masu (74,20%) u odnosu na hektolitarsku masu (75,20%) netretirane pšenice, međutim sniženje nije bilo statistički značajno.



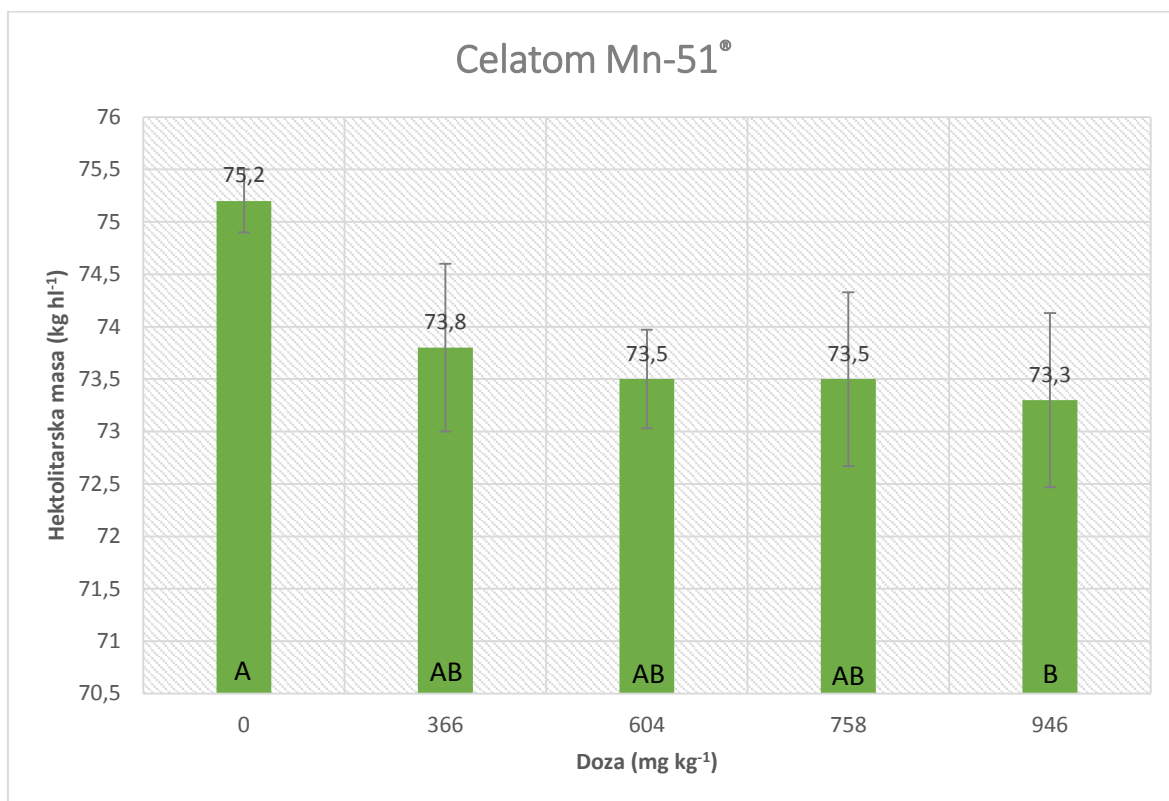
Grafikon 3. Utjecaj letalnih doza (LD₅₀ – 233 i 500 mg kg⁻¹; LD₉₀ – 618 i 939 mg kg⁻¹) inertnog prašiva MA-4 na hektolitarsku masu pšenice

Rezultati testiranog inertnog prašiva MA-4 ukazuju na različiti utjecaj prašiva na hektolitarsku masu pšenice ovisno o letalnoj dozi (grafikon 3.). Između letalnih doza i kontrole (netretirane pšenice) nije zabilježena statistički značajna razlika u hektolitarskoj masi pšenice. Povećanjem doze snižena je hektolitarska masa pšenice. Pšenica tretirana najvišom dozom (939 mg kg⁻¹) prašiva MA-4 imala je nižu hektolitarsku masu (74,00%) u odnosu na hektolitarsku masu (75,20%) netretirane pšenice, međutim sniženje nije bilo statistički značajno.



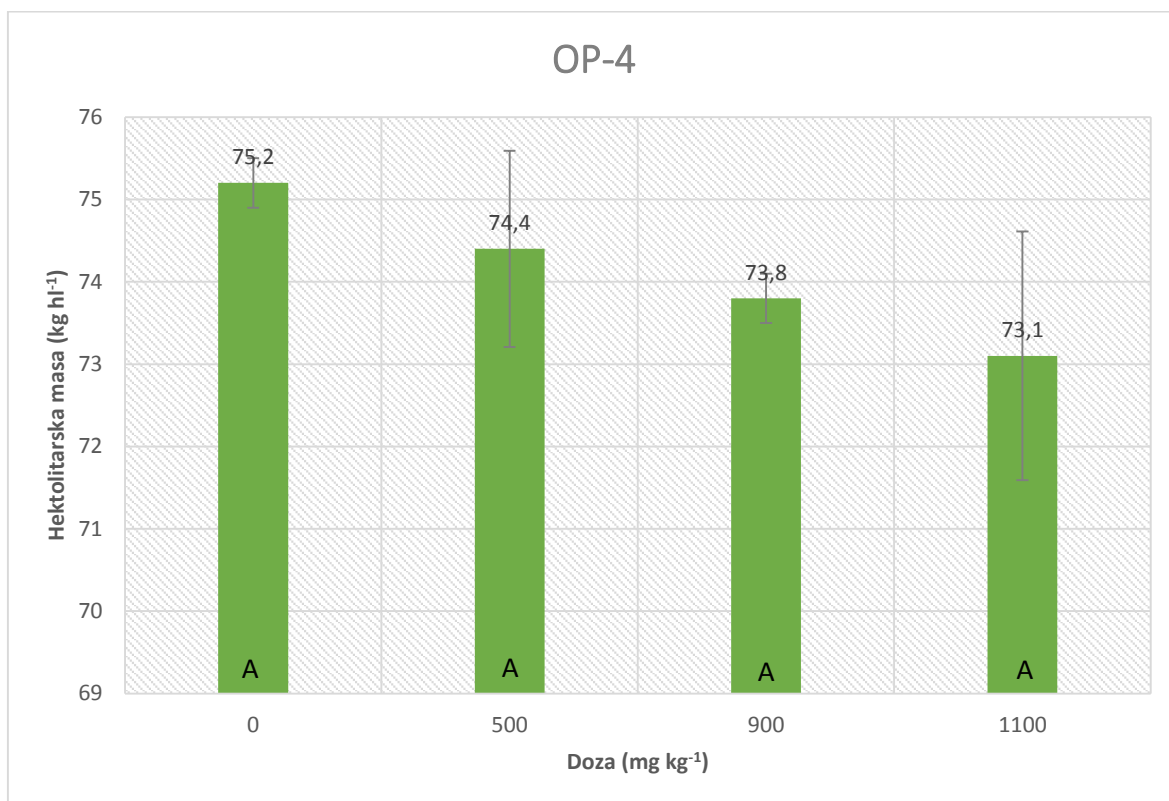
Grafikon 4. Utjecaj letalnih doza (LD_{50} – 500 i 694 $mg\ kg^{-1}$; LD_{90} – 800 i 959 $mg\ kg^{-1}$) inertnog prašiva MR-10 na hektolitarsku masu pšenice

Rezultati testiranog inertnog prašiva MR-10 ukazuju na različiti utjecaj prašiva na hektolitarsku masu pšenice ovisno o letalnoj dozi (grafikon 4.). Među letalnim dozama nije zabilježena statistički značajna razlika u hektolitarskoj masi pšenice. Povećanjem doze hektolitarska masa pšenice je snižena. Pšenica tretirana najvišom dozom (959 $mg\ kg^{-1}$) prašiva MR-10 imala je statistički značajno nižu hektolitarsku masu (73,40%) u odnosu na hektolitarsku masu (75,20%) netretirane pšenice. Ostale letalne doze nisu statistički značajno utjecale na sniženje hektolitarske mase u odnosu na kontrolni tretman.



Grafikon 5. Utjecaj letalnih doza (LD₅₀ – 366 i 604 mg kg⁻¹; LD₉₀ – 758 i 946 mg kg⁻¹) inertnog prašiva Celatom Mn-51[®] na hektolitarsku masu pšenice

Rezultati testiranog inertnog prašiva Celatom Mn-51[®] ukazuju na različiti utjecaj prašiva na hektolitarsku masu pšenice ovisno o letalnoj dozi (grafikon 5.). Među letalnim dozama nije zabilježena statistički značajna razlika u hektolitarskoj masi pšenice. Povećanjem doze hektolitarska masa pšenice je snižena. Pšenica tretirana s najvišom dozom (946 mg kg⁻¹) prašiva Celatom Mn-51[®] imala je statistički značajno nižu hektolitarsku masu (73,30%) u odnosu na hektolitarsku masu (75,20%) netretirane pšenice. Ostale letalne doze nisu statistički značajno utjecale na sniženje hektolitarske mase u odnosu na kontrolni tretman.



Grafikon 6. Utjecaj letalnih doza (LD_{50} – 500 mg kg⁻¹; LD_{90} – 900 i 1100 mg kg⁻¹) inertnog prašiva OP-4 na hektolitarsku masu pšenice

Rezultati testiranog inertnog prašiva OP-4 ukazuju na različiti utjecaj prašiva na hektolitarsku masu pšenice ovisno o letalnoj dozi (grafikon 6.). Između letalnih doza i kontrole (netretirane pšenice) nije zabilježena statistički značajna razlika u hektolitarskoj masi pšenice. Povećanjem doze hektolitarska masa pšenice je snižena. Pšenica tretirana najvišom dozom (1 100 mg kg⁻¹) prašiva OP-4 imala je nižu hektolitarsku masu (73,10%) u odnosu na hektolitarsku masu (75,20%) netretirane pšenice, međutim sniženje nije bilo statistički značajno.



Grafikon 7. Utjecaj letalnih doza (LD_{50} – 392 i 869 mg kg⁻¹; LD_{90} – 1100 i 1640 mg kg⁻¹) inertnog prašiva PD-1 na hektolitarsku masu pšenice

Rezultati testiranog inertnog prašiva PD-1 ukazuju na različiti utjecaj prašiva na hektolitarsku masu pšenice ovisno o letalnoj dozi (grafikon 7.). Među letalnim dozama nije zabilježena statistički značajna razlika u hektolitarskoj masi pšenice. Povećanjem doze hektolitarska masa pšenice je snižena. Pšenica tretirana najvišom dozom (1640 mg kg⁻¹) prašiva PD-1 postignuta je statistički značajno niža hektolitarska masa (73,60%) u odnosu na hektolitarsku masu (75,20%) netretirane pšenice. Ostale letalne doze nisu statistički značajno utjecale na sniženje hektolitarske mase u odnosu na kontrolni tretman.

4. RASPRAVA

Kukci iz rodova *Rhyzopertha*, *Sitophilus* i *Tribolium* čine velike ekonomske štete na uskladištenim zrnatim proizvodima (Chu i sur., 2010.). Osim ekonomskih šteta, štete se očituju i u kvaliteti uskladištene robe. Štetni kukci povećavaju vlagu i temperaturu uskladištenih proizvoda čime se stvaraju povoljni uvjeti za rast i razvoj štetnih gljivica. Osim toga, kukci koji se hrane uskladištenim proizvodima evociraju biokemijske promjene tijela što uzrokuje smanjenu kvalitetu proizvoda. Kordan i sur. (2003.) navode da zrno koje je oštećeno ishranom *S. oryzae* ima manji sadržaj škroba te dolazi do određenih poremećaja odnosa masnih kiselina u sastavu zrna, dok brašno koje je zaraženo *T. castaneum* poprima svijetlo ljubičastu boju. Velike populacije štetnih kukaca izlučuju hlapljive mirisne spojeve, benzokinone, koji utječu na promjenu mirisa uskladištenih proizvoda (Kordan i sur., 2003.). Velike infestacije mogu dovesti do kvantitativnog gubitka uskladištene robe, čak do 40% (Tatsadjieu i sur., 2010.). Nguemtchouin i sur. (2010.) navode da nakon pet mjeseci kvantitativne štete mogu biti i do 90%. Kvantitativni gubitak uzrokovan skladišnim kucima ovisi o određenim faktorima: vrsta i sorta uskladištenog proizvoda, biljni nutritijenti, razvoj štetne populacije štetnika i prisutnost njihovih prirodnih neprijatelja (Grzywacz i sur., 2014.). Za kontrolu se takvih štetnika najčešće primjenjuju sintetski insekticidi i fumiganati što rezultira neželjenim posljedicama (Zoubiri i Baaliouamer, 2010.). Fumigacija je jedna od najučinkovitijih i najbržih metoda u suzbijanju štetnih organizama. Danas se najviše primjenjuje fosfin koji ima određena ograničenja: potreban je dug period zračenja nakon primjene, zapaljiv je pri visokim koncentracijama, zbog svoje toksičnosti izaziva kvarenje i smanjenje kvalitete uskladištenih proizvoda (Santos, 2006.). Osim toga, česta primjena fumiganata dovodi do razvoja rezistentnih populacija štetnika (Lorini i sur., 2007.). Neograničena uporaba sintetskih insekticida uvelike narušava okoliš zbog rezidua (Ebadollahi i sur., 2010.). Stoga je velika i urgentna potreba za pronalaskom sigurnih, jeftinih, lako dostupnih, okolišno prihvatljivih insekticida, koji su netoksični za toplokrvne i neciljane organizme (Jbilou i sur., 2008.). U sklopu integrirane zaštite uskladištenih proizvoda fitokemikalije mogu se koristiti kao repelenti, atraktanti i toksikanti (Lopez i sur., 2008.). Fitokemikalije sadrže različite komponente koje su toksične za veliki broj vrsta skladišnih štetnika (Ukek i sur., 2009.). Botanički insekticidi se već duže vrijeme primjenjuju kao alternativa sintetskim kemijskim insekticidima jer su niske toksičnosti za ljude, njihova je proizvodnja jeftina te

je njihova primjena održiva na manjim poljoprivrednim farmama (Klys i Przystupinska, 2015.).

4.1. Insekticidna učinkovitost biljnih prašiva na pšenici

Kako bi se kemijska sredstva primjenjivala u najmanjoj mogućoj mjeri, a istodobno osigurala visoka kvaliteta uskladištenih proizvoda, postoji konstantno nastojanje za poboljšanjem metoda integrirane zaštite uskladištenih proizvoda (Klys i Przystupinska, 2015.). Integrirana zaštita prvenstveno uključuje upotrebu prirodnih čimbenika koji sprječavaju razvoj štetnika, a velika je pozornost u značajnom potencijalu kemijskih supstanci biljnog podrijetla (Nawrot i Harmata, 2012.). Za razliku od kemijskih pesticida, biljne supstance ne predstavljaju opasnost za hranu i okoliš, a istovremeno su učinkovite u malim koncentracijama te imaju brzo ili produženo djelovanje ovisno o vrsti (Klys i Przystupinska, 2015.).

Primjena biljnih prašiva na pšenici rezultira određenim mortalitetom kod štetnih skladišnih kukaca, a osim toga narušava omjer spolova u njihovoj populaciji (Klys, 2012.). Rezultati istraživanja pokazali su da biljne supstance kao prašivo imaju različito insekticidno djelovanje na testirane kukce, ovisno o biljnoj vrsti, dozi, ekspoziciji i o vrsti ciljanog štetnika. Prašivo lavandina postiglo je zadovoljavajući mortalitet *R. dominica*, dok su ostala prašiva postigla vrlo nizak mortalitet. Lavandin, kao i ostala biljna prašiva, nije postigao zadovoljavajući mortalitet *S. oryzae* i *T. castaneum*, čak niti primjenom najviše doze (8 000 mg kg⁻¹) pri najduljoj ekspoziciji (14 dana). Razlog većoj ili manjoj osjetljivosti različitih vrsta skladišnih kukaca jednim dijelom leži u morfološkoj građi tijela. Naime, Doumbia i sur. (2014.) navode da određene vrste kukaca kao *T. castaneum* imaju deblju i tvrđu kutikulu u odnosu na *R. dominica*, što može biti razlog veće osjetljivosti *R. dominica* na prašivo lavandina, obzirom na činjenicu da su čestice različitih biljnih prašiva različitog oblika te da osim fitokemijskog insekticidnog djelovanja oštećuju kutikulu kukca mehanički abrazijom, što dovodi do gubitka vode iz tijela te naposljetku do ugibanja (Sousa i sur., 2005.). Maga i sur. (2000.) navode da komponenta 1,8-cineol lavandina uzrokuje insekticidno djelovanje na kukce što je vjerojatno razlog insekticidne učinkovitosti prašiva lavandina na testirane kukce. Klys i Przystupinska (2015.) su proveli slična istraživanja u kojima su testirali insekticidnu učinkovitost različitih biljnih prašiva, uključujući lavandu i kadulju, u kontroli *O. surinamensis*. Istraživanja su provedena u

periodu od 250 dana, a određeni tretmani poput kadulje prvih 20 dana nisu postigli značajan mortalitet (3%), kao i u našem istraživanju. Vjerojatno insekticidno svojstvo kadulje raste nakon određenog vremena (Klys i Przystupinska, 2015.). Popoola (2013.) navodi da insekticidna svojstva određenih biljnih prašiva postaju intenzivnija nakon određenog vremena. Naime, tijekom duljeg izlaganja biljnim prašivima čestice mogu začepiti respiratorne otvore kukaca i time izazvati asfiksiju (gušenje) (Mulungu i sur., 2007.; Fernando i Karunaratne, 2012.). Naknadno intenzivnije djelovanje prašiva mažurana zamijećeno je i u testiranju njegove insekticidne djelotvornosti u kontroli nekoliko generacija *S. oryzae* i *R. dominica* tijekom 8 mjeseci (Klys, 2013.). Prašivo *C. majus* je pokazalo vrlo nisku insekticidnu učinkovitost na svim trima testiranim vrstama kukaca, međutim Kordan i sur. (2003.) navode da prašivo *C. majus* utječe na poremećaj ishrane kod *T. castaneum* te se time smanjuje kvantitativni gubitak robe.

4.2. Insekticidna učinkovitost biljnih ekstrakata na građevinskim površinama

Osim biljnih prašiva učinkovitost biljnih supstanci u obliku eteričnih ulja, biljnih ekstrakata, ekstrakata s alkoholom te njihove kombinacije istražuju mnogi autori (Shaaya i sur., 1991.; Moreira i sur., 2007.; Shah i sur., 2008.; Padin i sur., 2013.; Najafabadi i sur., 2014.). Rezultati istraživanja pokazali su da biljne supstance kao ekstrakt različito utječu na insekticidnost testiranih kukaca, ovisno o biljnoj vrsti, ekspoziciji, građevinskoj površini i o vrsti ciljanog štetnika. Testirani biljni ekstrakti pokazali su insekticidno djelovanje na *R. dominica* gotovo na svim građevinskim površinama. Najviša insekticidnost i zadovoljavajući mortalitet *R. dominica* postignut je na staklenoj površini kod svih tretmana, osim kod tretmana sa *S. officinalis*, gdje je najbolje djelovanje postignuto na keramičkoj površini, i *P. rhoeas* koji je najbolje djelovao na obrađenoj drvenoj površini. Na staklenoj i keramičkoj površini ekstrakt je *Lavandula x intermedia* pokazao najveću insekticidnu djelotvornost na *R. dominica*, dok je na obrađenoj drvenoj površini najbolje djelovao ekstrakt *P. rhoeas*, a na neobrađenoj drvenoj površini ekstrakt *C. majus*. Na neobrađenoj drvenoj površini ekstrakt *P. rhoeas* i ekstrakti *C. majus* i *P. tomentosa* na obrađenoj drvenoj površini nisu postigli insekticidno djelovanje, vjerojatno zato što su drvene površine upile ekstrakt nakon primjene odnosno prije početka insekticidnog djelovanja (Adeduntan, 2015.). Svi su ekstrakti osim uljarica najintenzivnije insekticidno djelovanje postigli nakon 4. sata ekspozicije, a produljenjem ekspozicije

insekticidno djelovanje se nije značajno mijenjalo. Ekstrakti su uljarica se sporije sušili na površinama, stoga je insekticidno djelovanje postignuto i pri duljim ekspozicijama. Zabilježen je niži insekticidan učinak na *S. oryzae* u odnosu na *R. dominica* na svim građevinskim površinama. Razlog je tome vjerojatno veća mobilnost i agilnost *S. oryzae* (Hill, 1990.) koja je omogućila da se skloni na dijelove površina na kojima je u manjoj količini nanesen tretman, obzirom da nije korištena precizna tehnika primjene. Isto vjerojatno vrijedi i za *T. castaneum*, koji je također vrlo pokretan, no u tretmanu s *P. tomentosa* na staklu je ipak zabilježen maksimalni mortalitet i to pri najkraćoj ekspoziciji (4 h).

4.3. Insekticidna učinkovitost inertnih prašiva na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo *R. dominica*, *S. oryzae* i *T. castaneum*

S obzirom na insekticidno djelovanje testiranih inertnih prašiva na *R. dominica*, *S. oryzae* i *T. castaneum* mogu se izdvojiti dva najdjelotvornija inertna prašiva hrvatskoga porijekla, zajedno s dijatomejskom zemljom Celatom Mn-51[®], i to s vrlo učinkovitim djelovanjem: D-01 (LD₉₀ = 820,43 mg kg⁻¹ za *R. dominica*; 300 mg kg⁻¹ za *S. oryzae*; 600 mg kg⁻¹ za *T. castaneum*), MA-4 (LD₉₀ = 824,76 mg kg⁻¹ za *R. dominica*; 500 mg kg⁻¹ za *S. oryzae* i *T. castaneum*) i Celatom Mn-51[®] (LD₉₀ = 758,23 mg kg⁻¹ za *R. dominica*; 400 mg kg⁻¹ za *S. oryzae*; 462,35 mg kg⁻¹ za *T. castaneum*). Dva najučinkovitija hrvatska inertna prašiva (D-01 i MA-4) postigli su mortalitet 74,0-75,5% na *R. dominica* pri najvišoj dozi (800 mg kg⁻¹) nakon 7. dana ekspozicije. Kavallieratos i sur. (2005.) smatraju da je inertno prašivo vrlo učinkovito ako postigne mortalitet *R. dominica* iznad 70% nakon 7. dana ekspozicije. D-01 i MA-4 postigli su mortalitet *S. oryzae* od 99,5% pri dvostruko nižoj dozi (400 mg kg⁻¹) što ukazuje na njegovu veću osjetljivost na testirana prašiva. Osjetljivost *S. oryzae* je zabilježena i na ostala testirana prašiva (OP-4, JU-1 i PD-1) koja su postigla mortalitet u rasponu od 94,0% do 98,5%, dok na *R. dominica* i *T. castaneum* nije zabilježeno vrlo učinkovito insekticidno djelovanje. Pri dozi od 500 mg kg⁻¹ prašivima D-01 i MA-4 postignut je mortalitet *T. castaneum* u rasponu 57,5-61,5% pri ekspoziciji od 7 dana, a produljenjem ekspozicije na 14 dana postignut je mortalitet od 99,0%. Čestice inertnih prašiva imaju abrazivno djelovanje (Dolumbia i sur., 2014.), no glavni je način djelovanja apsorpcija kutikularnih lipida što dovodi do oštećenja kutikule (detrioracije), a posljedica je toga desikacija i ugibanje kukaca (Korunić, 1998.; Subramanyam i Roesli, 2000.).

Čestice lakše prijanjaju uz grube i hrapave kutikule (Doumbia i sur., 2014.). Shah i Khan (2014.) navode da je *T. castaneum* najmanje osjetljiv na inertna prašiva zbog glatkog tijela na koji se teško nakupljaju čestice inertnih prašiva, no unatoč tome manji je mortalitet zabilježen kod *R. dominica*, vjerojatno zato što su se nekolicina jedinki ubušile u tretirano zrno prije sorpcijskog djelovanja inertnih prašiva (Rajashekar i sur., 2012.). Kavallieratos i sur. (2005.) navode da *R. dominica* spada u skupinu vrlo otpornih kukaca na inertna prašiva zbog slabe agilnosti (Flinn i Hagstrum, 2011.), za razliku od *S. oryzae* koji je vrlo pokretan (Hill, 1990.) te na taj način vrlo malu količinu čestica nanese na svoje tijelo. Djelotvornost inertnog prašiva očituje se u direktnom kontaktu s ciljanim štetnikom (Rigaux i sur., 2001.). Međutim, novija istraživanja ukazuju na to da kukci mogu razviti rezistentnost prema određenim inertnim prašivima, ako se konstantno primjenjuju na istu populaciju (Shah i Khan, 2014.), no uzimajući u obzir da inertna prašiva imaju fizikalno djelovanje, rezistentnost je na bazi fiziologije isključena (Rigaux i sur., 2001.), stoga se rezistentnost pripisuje biheviorističkom djelovanju kukaca koji iz određenih razloga izbjegavaju kontakt s tretiranom uskladištenom zrnatom robom (Vayias i sur., 2008.). Vardeman i sur. (2007.) navode da kukci nakon gubitka vode iz organizma nastoje prikupljati metaboličku vodu preko hrane i direktnom ingestijom vode u organizam. Doumbia i sur. (2014.) navode da je kutikula *T. castaneum* deblja u odnosu na kukce iz roda *Sitophilus*, stoga je dulji proces apsorpcije lipida. Baldassari i sur. (2008.) zabilježili su slične rezultate te nisu zabilježili maksimalni mortalitet u pokusu u kojem su testirali inertno prašivo Protector® u suzbijanju *R. dominica* i *T. castaneum* primjenjujući dozu od 500 mg kg⁻¹ nakon 14 dana ekspozicije. Athanassiou i Korunić (2007.) zabilježili su maksimalni mortalitet *R. dominica* nakon 14 dana ekspozicije pri dozi od 75 i 150 mg kg⁻¹. Razlog tome je što su pokusi provedeni pri povišenoj temperaturi od 30 °C. Povišena temperatura pospješuje mobilnost kukaca (Fields i Korunić, 2000.) što dovodi do veće respiracije kukaca te gubitka vode iz tijela (Subramanyam i Roesli, 2000.). Athanassiou i sur. (2005.) zabilježili su maksimalni mortalitet *S. oryzae* na pšenici i ječmu koji su tretirani s inertnim prašivom (750 mg kg⁻¹) te navode da iste vrste kukaca mogu biti različito osjetljive ovisno o vrsti tretirane zrnate robe. Kljajić i sur. (2010.) navode da postoji različita osjetljivost među vrstama kukaca na inertna prašiva. Athanassiou i sur. (2007.) smatraju da su kukci iz roda *Sitophilus* više osjetljivi na dijatomejsku zemlju od *R. dominica* i *T. castaneum*. Ziaee i sur. (2016.) testirali su iranska inertna prašiva u kontroli *O. surinamensis* na različitim vrstama uskladištenih zrnatih proizvoda (pšenica, ječam i

riža). Zaključili su da se čestice inertnih prašiva nakupljaju na zrna ovisno o hrapavosti zrna. Što je zrno hrapavije, više se čestica nakupi. Ziaee i sur. (2007.) navode da sorte zrna koje su slabo obuvene i imaju tanku ovojniciu lako podliježu apsorpcijskom djelovanju čestica inertnih prašiva. Insekticidna učinkovitost inertnih prašiva, a posebice dijatomejske zemlje, uvelike ovisi o vrsti i sorti tretirane robe te o vrsti ciljanog kukca (Vayias i Stephou, 2009.; Wakil i sur., 2013.). Vayias i sur. (2009.) navode da na insekticidnu učinkovitost inertnih prašiva utječe i veličina čestica, sitnije čestice se lakše nakupljaju na tijelo kukca i time imaju veću insekticidnu djelotvornost, dok Rumbos i sur. (2016.) navode da ipak manji broj krupnih čestica ima jednako insekticidno djelovanje kao i veći broj sitnijih čestica, zato što smatraju da je glavni način djelovanja desikacija, pa tek onda abrazija (Korunić, 1998.). Različiti abiotički čimbenici uvelike utječu na djelovanje inertnih prašiva (Athanassiou i sur., 2014.). Naime, povećanje relativne vlage zraka u uskladištenom prostoru i visoka vlaga uskladištenog proizvoda smanjuju insekticidno djelovanje inertnih prašiva zbog apsorpcije vlage (Korunić, 1998.; Fields i Korunić, 2000.; Subramanyam i Roesli, 2000.). Uzorci D-01, MA-4 i Celatom Mn-51[®] postigli su pri niskim dozama visoku inhibiciju potomstva. Najniža inhibicija potomstva zabilježena je kod *R. dominica* iz istog razloga jer su ženke polegale jajašca unutar zrna, te nisu bila izložena djelovanju inertnih prašiva. Subramanyam i Roesli (2000.) smatraju da je važnije u praktičnim uvjetima spriječiti razvoj potomstva nego direktno suzbiti roditelje. Kljajić i sur. (2010.) testirajući različite pripravke na bazi dijatomejske zemlje te na bazi zeolita, zaključili su da je potrebna gotovo dvostruko viša koncentracija zeolita nego DZ u suzbijanju odraslih kukaca i prevenciji razvoja potomstva. To potvrđuje različiti sastav tvari u DZ i zeolitima: u DZ je uglavnom zastupljen amorfni silicijski dioksid (Golob, 1997.; Korunić, 1998.), dok su u zeolitima zastupljeni kristalinični hidratni aluminosilikati (Sprynskyy i sur., 2005.). Treba istaknuti da su inertna prašiva D-01 i MA-4 s istog područja (Medvednica) te da se sedimentacija naslaga odvijala u isto vrijeme i pri istim uvjetima. Fizičko-kemijska analiza uzoraka D-01 i MA-4 ukazuje na to da je pH vrijednost u 10%-tnoj vodenoj otopini blago lužnata (7,63 za D-01 i 7,59 za MA-4) te da je sadržaj CaCO₃ vrlo nizak u odnosu na ostale uzorke. U kemijskoj analizi utvrđen je znatno viši postotak SiO₂ u D-01 (55,58%) i MA-4 (47,71%), koji su u odnosu na ostale uzorke postigli znatno viši mortalitet kod svih triju testiranih kukaca. Rojht i sur. (2010.) ispitivali su insekticidnu učinkovitost inertnih prašiva porijeklom iz Slovenije, Grčke i Srbije u suzbijanju *S. oryzae*. Uzorci stranih prašiva imali su veći sadržaj SiO₂: slovenski uzorak

(66,99%), grčki uzorak (67,93%) i srpski uzorak (80,96%), no manji sadržaj od registriranog komercijalnog pripravka SilicoSec® čiji sadržaj SiO₂ iznosi 84,47% te im je komercijalni pripravak koristio kao referentna vrijednost. Liška i sur. (2017.) navode da je sadržaj SiO₂ u inertnim prašivima glavni faktor visoke insekticidne učinkovitosti. U kemijskoj analizi DZ Celatom Mn-51® zabilježen je također visok sadržaj SiO₂ (73,6%). Iako je sadržaj SiO₂ znatno viši u Celatom Mn-51® u odnosu na D-01 i MA-4, insekticidno djelovanje se nije značajno razlikovalo. Rojht i sur. (2010.) navode da je sadržaj SiO₂ u inertnim prašivima glavni faktor koji unaprijed određuje insekticidnu djelotvornost. Inertna prašiva s većim sadržajem SiO₂ imaju veću insekticidnu djelotvornost (Korunić, 1998.). Naime, kod *S. oryzae* prašivo D-01 je pri najnižoj dozi (300 mg kg⁻¹ nakon 14 dana ekspozicije) postiglo maksimalni mortalitet, dok je maksimalni mortalitet pri istoj ekspoziciji kod *S. oryzae* s Celatom Mn-51® i MA-4 postignut tek pri višim dozama (400 odnosno 500 mg kg⁻¹). Pored sadržaja SiO₂, ostali su značajni mineralni oksidi također relevantni za insekticidno djelovanje inertnih prašiva (Saez i Fuentes Mora, 2007.; Rojht i sur., 2010.). U rentgenskoj analizi je utvrđen sadržaj kvarca kod inertnih prašiva hrvatskog porijekla u rasponu 5-9%, a najmanji sadržaj kvarca zabilježen je u D-01. Vrste dijatoma koje su determinirane u hrvatskim inertnim prašivima pripadaju marinskim dijatomima te su različitih oblika. Liška i sur. (2017.) navode da linearne vrste dijatoma s plosnatom staničnom stijenkom (kao kod *Coscinodiscus* grupe koje su sporadične u uzorcima PD-1 i D-01 te mnogobrojne u uzorcima MA-4 i JU-1, kao kod vrste *Th. nitzschoides* Grunow koje su mnogobrojne u uzorcima D-01, JU-1, PD-1 i MA-4), kao i lomovi skeleta više prekrivaju kutikulu kukca nego vrste dijatoma cilindričnog i okruglog oblika (kao *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve koje su sporadične u uzorcima D-01, MA-4, PD-1 i JU-1). Čestice koje više prekrivaju tijelo kukca dovode do veće apsorpcije kutikule što dovodi do većeg gubitka vode iz tijela i samim time do većeg insekticidnog djelovanja (Nikpay, 2006.). Ziaee i sur. (2013.) utvrdili su da svaka vrsta dijatoma može imati svoj način djelovanja: što je veći broj i veličina pora te veća distribucija aureola po jedinici površine dijatoma, insekticidno djelovanje će biti jače, budući da otvori na staničnoj stijenci dijatoma, koja se sastoji od SiO₂, dopuštaju kontakt s okolinom (Smol i Stoermer, 2010.). U uzorku D-01 dominiraju vrste roda *Th. nitzschoides* (Grunow) Grunow koje su pretežno veličine 55 mikrona te dijatomima iz *Coscinodiscus* grupe veličine 65-80 mikrona. Zato Liška i sur. (2017.) navode da sitnije čestice lakše prijanjaju uz tijelo kukca pa su stoga djelotvornije. Unatoč tome što su testirana inertna prašiva hrvatskog porijekla postigla

insekticidno djelovanje i inhibiciju potomstva na svim trima vrstama kukaca, glavni je limitirajući faktor smanjenje hektolitarske mase pšenice (Korunić, 1998.). Evidentno je kod svih testiranih uzoraka da se povećanjem doze smanjuje hektolitarska masa. Celatom Mn-51[®] je pri dozi od 946 mg kg⁻¹ (LD₉₀) smanjio hektolitarsku masu pšenice za 1,9 kg hl⁻¹ što je statistički značajno u odnosu na hektolitarsku masu netretirane pšenice. Značajno smanjenje hektolitarske mase pšenice tretirane pripadajućim LD₉₀ dozama zabilježeno je kod hrvatskih inertnih prašiva MR-10 i PD-1 koja nisu postigla učinkovito insekticidno djelovanje kao Celatom Mn-51[®]. Međutim, inertna prašiva koja su postigla visoko insekticidno djelovanje i visoku inhibiciju potomstva nisu značajno utjecala na smanjenje hektolitarske mase pšenice, čak i primjenom LD₉₀ doze. Freo i sur. (2014.) navode da primjena inertnih prašiva na žitarice uzrokuje fizikalne i mehaničke promjene svojstava pšenice, smanjuje sipkost i gustoću pšenice te su prisutne rezidue nakon tretiranja. Jedan od načina prevencije smanjenja hektolitarske mase primjena je inertnih prašiva na gornjim slojevima uskladištene mase, iako negativna posljedica toga je da jedinke koje se ne suzbiju nakon tretmana mogu prodrijeti u niže slojeve i stvoriti zaraze na netretiranim dijelovima uskladištene mase (Vardeman i sur., 2006.). Dodatni problemi tretirane pšenice je efekt abrazije te dulji vremenski period u procesu mljevenja (Lorini, 2003.). Prema Abid i sur. (2009.) kvaliteta zrna žitarica i brašna određuje se nizom svojstava koja imaju različita značenja ovisno o namjeni uporabe ili vrsti proizvoda, međutim reološka je procjena brašna ključna u industriji kruha jer pomaže u predviđanju karakteristika prerade tijesta i kvalitete krajnjih proizvoda (Gutkoski i Jacobsen Neto, 2002.). Bodroža-Solarov i sur. (2011.) istraživali su reološka svojstva brašna od pšenice koja je tretirana zeolitom i dijatomejskom zemljom i utvrdili su značajan porast prinosa kruha zbog apsorpcije vode. No, činjenica je da inertna prašiva poput dijatomejske zemlje pružaju dugotrajnu zaštitu uskladištenih proizvoda (Athanassiou i sur., 2005.) što se smatra dugotrajnim benefitom čime se istovremeno mogu smanjiti sveukupni troškovi (Athanassiou i sur., 2014.).

4.4. Insekticidna učinkovitost kombinacije biljnih supstanci i inertnih prašiva na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo *R. dominica* i *T. castaneum*

Rezultati istraživanja pokazali su da inertna prašiva različito utječu na insekticidnost testiranih kukaca, ovisno o vrsti inertnog prašiva, dozi, ekspoziciji i o vrsti ciljanog štetnika. Prašiva D-01 i MA-4 postigla su maksimalni mortalitet *S. oryzae* i *T. castaneum*

pri dozi od 500 mg kg⁻¹ nakon 14 dana ekspozicije. Međutim, postignut je tek zadovoljavajući mortalitet *R. dominica* s istim dozama pri istoj ekspoziciji. S ciljem poboljšanja insekticidnog djelovanja na *R. dominica* postavljen je pokus s kombinacijom različitih omjera prašiva lavandina i D-01 te lavandina i MA-4 te kao usporedba lavandin u kombinaciji s Celatom Mn-51[®]. Kombinacija D-01 i lavandina pri omjeru 1:15 postigla je jače insekticidno djelovanje nakon 7. i 14. dana ekspozicije od samog prašiva, ali ne i statistički značajno, dok je kombinacija MA-4 s lavandinom pri istom omjeru postigla statistički značajno viši mortalitet *R. dominica*, ali tek pri ekspoziciji od 14 dana, stoga se pretpostavlja postojanje sinergijskog djelovanja biljnih i inertnih prašiva, što dokazuju i autori Constanski i sur. (2016.) testirajući kombinaciju inertnih prašiva s uljem nima u kontroli *Spodoptera eridania* (Stoll) i *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Statistički značajno viši mortalitet *R. dominica* zabilježen je nakon 7. dana ekspozicije pri omjeru 1:15 kombinacije Celatom Mn-51[®] i lavandina u odnosu na samo inertno prašivo. Otitudon i sur. (2015.) su također zabilježili jače insekticidno djelovanje kombinacije nigerijskog inertnog prašiva i prašiva biljke *Dennettia tripetala* (Baker f.) na *R. dominica*, dok su u tretmanu sa samim inertnim prašivom zabilježili niži mortalitet za 38,8%. Kavallieratos i sur. (2005.) navode da se rezultati kombinacije inertnih prašiva i biljnih prašiva mogu razlikovati ovisno o tretiranom proizvodu. Athanassiou i sur. (2005.) navode da su kukci iz porodice Bostrychidae vrlo otporni na inertna i biljna prašiva zbog slabe mobilnosti kukaca koji time manje nakupljaju čestice prašiva na svoje tijelo. Poboljšano djelovanje na inhibiciju potomstva s kombinacijom biljnih i inertnih prašiva nije zabilježeno, a slične rezultate postigli su i Otitudon i sur. (2015.). Biljni ekstrakti mogu biti alternativa sintetskim pesticidima jer su bogati visokim sadržajem bioaktivnih kemikalija (Trdan i sur., 2008.). Koono i sur. (2007.) navode da biljne supstance mogu, uz toksičan i insekticidan učinak, uzrokovati poremećaje u ishrani odraslih kukaca te na taj način mogu djelovati kao repelenti. Biljne vrste iz porodice Lamiaceae poput lavandina sadrže visoki udio fitokemikalija (Nukenine i sur., 2010.). U istraživanju insekticidnog djelovanja kombinacije biljnih ekstrakata i inertnih prašiva na *T. castaneum* nije zabilježeno poboljšano insekticidno djelovanje niti pri jednom omjeru, kao niti pri svim ekspozicijama. Razlog tome može biti sporije djelovanje ekstrakata jer insekticidna svojstva određenih biljnih vrsta postaju intenzivnija tek nakon određenog vremena, ovisno o obliku primjene (prašivo ili ekstrakt) (Popoola, 2013.). Određene biljne vrste mogu sadržavati određeni postotak SiO₂ poput *Equisetum arvense* L. koja akumulira veliku količinu amornog

silicijevog dioksida (Sapei i sur., 2007.). Sadržaj SiO₂ određuje učinkovitost dijatomejske zemlje (Korunić, 1998.), a dinamika insekticidnog djelovanja biljnih supstanci određena je pristupačnom količinom SiO₂ u depozitu biljke (Holzuter i sur., 2003.). Zabilježeno je poboljšano djelovanje svih omjera kombinacije ekstrakata i inertnih prašiva na inhibiciju potomstva *T. castaneum* primjenom niže doze (300 mg kg⁻¹), dok je pri većoj dozi (600 mg kg⁻¹) potpuna inhibicija potomstva zabilježena u tretmanu sa samim prašivom, a kombinacija ekstrakta i prašiva postigla je visoku, ali ne i potpunu inhibiciju potomstva *T. castaneum*.

Utvrđena insekticidna djelotvornost pojedinih biljnih vrsta i inertnih prašiva hrvatskoga porijekla ukazuje nam da posjedujemo resurse (Rozman i sur., 2017.) s visokim potencijalom učinkovitosti koji bi mogli imati primjenu u sklopu integrirane zaštite bilja.

5. ZAKLJUČCI

Nakon istraživanja insekticidne učinkovitosti biljnih prašiva i ekstrakata, inertnih prašiva te kombinacije biljnih supstanci i inertnih prašiva pri laboratorijskim uvjetima, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Utvrđeno je insekticidno djelovanje biljnih supstanci kao prašivo i kao ekstrakt na imago *R. dominica*, *S. oryzae* i *T. castaneum*.
 - a. Primjenom biljnih prašiva na pšenici postignuto je insekticidno djelovanje na *R. dominica*, *S. oryzae* i *T. castaneum*. Međutim, zadovoljavajući mortalitet postignut je samo prašivom lavandina na *R. dominica*.
 - b. Primjenom biljnog ekstrakta na različitim građevinskim površinama ostvareni su pozitivni rezultati inicijalnog djelovanja ekstrakata na svim trima vrstama kukaca. Najviši mortalitet kod svih vrsta kukaca zabilježen je primjenom na staklenoj površini: u tretmanu s ekstraktom lavandina postignut je najviši mortalitet *R. dominica* pri najkraćoj ekspoziciji; u tretmanu s ekstraktom suncokreta postignut je najviši mortalitet *S. oryzae* pri najduljoj ekspoziciji; u tretmanu s ekstraktom carske paulovnije pri najkraćoj ekspoziciji postignut je maksimalni mortalitet *T. castaneum*. U svim tretmanima nakon 48 sati ekspozicije nije zabilježeno produženo djelovanje ekstrakata.
2. Utvrđeno je insekticidno djelovanje inertnih prašiva hrvatskoga porijekla i dijatomejske zemlje Celatom Mn-51[®] na imago *R. dominica*, *S. oryzae* i *T. castaneum*. Primjenom inertnih prašiva na pšenici ostvareni su pozitivni rezultati na svim trima vrstama kukaca. Zadovoljavajući mortalitet *R. dominica* postignut je pri dozi od 600 mg kg⁻¹ nakon 7 dana ekspozicije u tretmanima s D-01, MA-4 i Celatom Mn-51[®], dok je zadovoljavajući mortalitet *S. oryzae* postignut pri najnižoj dozi nakon 14 dana ekspozicije u svim tretmanima. Zadovoljavajući mortalitet *T. castaneum* postignut je pri dozi od 500 mg kg⁻¹ nakon 14 dana ekspozicije u tretmanima s D-01, MA-4 i Celatom Mn-51[®]. Redoslijed vrsta kukaca prema osjetljivosti od najosjetljivijeg sljedeći je: *S. oryzae* > *R. dominica* > *T. castaneum*. Obzirom na postignute rezultate inertna prašiva hrvatskoga porijekla mogu se podijeliti u tri grupe: vrlo učinkovita prašiva (D-01, MA-4), toj grupi pripada i Celatom Mn-51[®]; srednje učinkovita prašiva (JU-1 i PD-1) i nisko učinkovita prašiva (OP-4 i MR-10).

3. Utvrđena je učinkovitost inertnih prašiva na razvoj potomstva *R. dominica*, *S. oryzae* i *T. castaneum*. Najviša inhibicija potomstva kod svih vrsta kukaca zabilježena je u tretmanima s D-01, MA-4 i Celatom Mn-51[®].
4. Utvrđeno je insekticidno djelovanje mješavine prašiva na imago *R. dominica*. Primjenom različitih omjera ostvarena su različita insekticidna djelovanja. U tretmanu s mješavinom D-01 i lavandina pri omjeru 1:15 ostvareno je poboljšano insekticidno djelovanje u odnosu na samo inertno prašivo, kao i u tretmanu s mješavinom MA-4 i lavandinom pri istom omjeru. U tretmanu s mješavinom Celatom Mn-51[®] i lavandinom ostvareno je poboljšano insekticidno djelovanje pri omjerima 1:10 i 1:15. Poboljšana inhibicija potomstva *R. dominica* ostvarena je u tretmanu s mješavinom Celatom Mn-51[®] i lavandinom pri omjeru 1:15 u odnosu na samo inertno prašivo, dok je u ostalim tretmanima zabilježena niža inhibicija potomstva.
5. Utvrđeno je insekticidno djelovanje ekstrakt prašiva na imago *T. castaneum*. Primjenom različitih kombinacija inertnih prašiva i biljnih ekstrakata ostvarena su različita insekticidna djelovanja. Niti jedno ekstrakt prašivo nije postiglo viši mortalitet od samog inertnog prašiva te je ostvaren statistički značajno niži mortalitet u svim tretmanima, osim u tretmanima s kombinacijom D-01 i carskom paulovnijom i kombinacijom D-01 i poljskim makom, u kojima je ostvaren zadovoljavajući mortalitet. Sve kombinacije inertnih prašiva i ekstrakata poljskog maka i carske paulovnije ostvarile su poboljšanu inhibiciju potomstva *T. castaneum*.
6. Utvrđen je utjecaj letalnih doza svih testiranih inertnih prašiva na smanjenje hektolitarske mase pšenice. Međutim, samo pri najvišoj letalnoj dozi kod inertnih prašiva Celatom Mn-51[®], MR-10 i PD-1 zabilježeno je statistički značajno smanjenje hektolitarske mase. Inertna prašiva hrvatskog porijekla iz grupe vrlo učinkovitih prašiva (D-01, MA-4) nisu statistički značajno utjecali na smanjenje hektolitarske mase čak niti pri najvišim letalnim dozama.

S obzirom na utvrđenu insekticidnu djelotvornost inertnih prašiva hrvatskoga porijekla može se zaključiti da postoje resursi inertnih prašiva u Republici Hrvatskoj s visokim potencijalom učinkovitosti koji se mogu dodatno istražiti te primijeniti u sklopu integrirane zaštite bilja.

6. LITERATURA

1. Abdelgaleil, S.A.M., Mohamed, M.I.E., Badawy, M.E.I., El-aramy, S.A.A. (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* (2009) 35: 518.
2. Abdel-Gawad, A.A., Khatib, H.A. (1985.): Soil and plant protection methods in ancient Egypt. *Proceedings of the 2nd International Conference on Soil Pollution*, pp. 19–22.
3. Abid, H., Ali, A.; Hussain, A. (2009.): Suitability of different wheat varieties grown in NWFP for bread making and effects of falling number on storage. *Pakistan Journal of Nutrition*. 8:616-619.
4. Adeduntan, S.A. (2015.): The termicidal of some plant material on some selected wood species. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(2):986-995.
5. Afifi, F.A., Salem, M., Hekal, A.M. (1989.): Insecticidal properties of the extracts of lupin seed and caraway fruits against some stored product insects. *Annals of Agricultural Science*, vol. 34, no. 1, pp. 401–414.
6. Ahmed, S.M. (1994.): Neem (*Azadirachta Indica* A. Juss) a safer insecticide potentials and prospects,” *Pest Management*, pp. 1–3.
7. Ahmed, S., Grainge, M. (1986.): Potential of the neem tree (*Azadirachta indica*) for pest control and rural development. *Economic Botany*. Vol. 40, no. 2, pp. 201–209.
8. Akbar, W., Lord, J.C., Nechols, J.R., Howard, R.W. (2004.): Diatomaceous earth increases the efficacy of *Beauveria bassiana* against *Tribolium castaneum* larvae and increases conidia attachment. *J. Econ. Entomol.* 97 (2): 273–280.
9. Aktar, M.W., Sengupta, D., Chowdhury, A. (2009.): Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdiscip Toxicol.* 2009 Mar; 2(1): 1–12.
10. Aldryhim, Y.N. (1990.): Efficacy of the amorphous silica dust, Dryacide, against *Tribolium confusum* Duv. and *Sitophilus granarius* (L.) (Coloptera: Tenebrionidae and Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 26(4), 207-210.
11. Aldryhim, Y.N. (1993.): Combination of classes of wheat and factors affecting the efficacy of amorphous silica dust, Draycide, against *Rhizopertha dominica* (F.). *Journal of Stored Products Research*, 29(3), 271-275.
12. Allen, S.E. (1998.): Properties and uses of inert dusts. *Australian Post harvest Technical Conference, 1998.*, pp.310-311.
13. Allen, S. (2001.): Integration of Inert Dust into Control of Storage Pests in Bulk Grain in Storage in Australia. *Proc. Int. Conf. Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored*

-
- Products, Fresno, CA. 29 Oct. – 3 Nov. 2000. Executive Printing Services, Clovis, CA, USA, pp. 279-284.
14. Arthur, F.H. (1996.): Grain protectants: current status and prospects for the future. *J. Stored Prod. Res.* 32: pp.293-302.
 15. Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Tsaganou, F.C., Vayias, B. J., Dimizas, C.B., Buchelos, C. T. (2003.): Effect of grain type on the insecticidal efficacy of SilicoSec against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Crop Protection*, 22: 1141-1147.
 16. Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Andris, N.S. (2004.): Insecticidal effect of three diatomaceous earth formulations against adults of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) on oat, rye, and triticale. *Journal of Economic Entomology*, 97(6):2160-2167.
 17. Athanassiou, C.G., Steenberg, T. (2007.): Insecticidal effect of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Ascomycota: Hypocreales) in combination with three diatomaceous earth formulations against (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Biol. Control*. 40 (3): 411–416.
 18. Athanassiou, C.G., Vayias, B.J., Dimizas, C.B., Kavallieratos, N.G., Papagregoriou, A.S., Buchelos, C. Th. (2005.): Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat: influence of dose rate, temperature and exposure interval. *Journal of Stored Products Research* 41(1): 47-55.
 19. Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Lazzari, F.A. (2014.): Insecticidal effect of Keepdry[®] for the control of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) on wheat under laboratory conditions. *Journal of Stored Products Research*. 59, 133-159.
 20. Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Meletsis, C.M. (2007.): Insecticidal effect of three diatomaceous earth formulations, applied alone or in combination, against three stored-product beetle species on wheat and maize. *Journal of Stored Products Research* 43 (2007) 330–334.
 21. Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Chiriloaie, A., Vassilakos, T.N., Fatu, V., Drosu, S., Ciobanu, M., Dudoiu, R. (2016.): Insecticidal efficacy of natural diatomaceous earth deposits from Greece and Romania against four stored grain beetles: the effect of temperature and relative humidity. *Bulletin of Insectology* 69(1): 25-34.
 22. Athanassiou, C.G., Korunić, Z. (2007.): Evaluation of two new diatomaceous earth formulations, enhanced with abamectin and bitterbarkomycin, against four stored-grain beetle species. *Journal of Stored Products Research*. 43, 468-473.
 23. Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008.): Biological effects of essential oils—a review. *Food and Chemical Toxicology*, vol. 46, no. 2, pp. 446–475.
-

24. Baldassari, N., Berluti, A., Martini, A., Baronio, P. (2004.): Analysis of the sensitivity of different stages of *Rhyzopertha dominica* and *Tribolium castaneum* to diatomaceous earth. *Bulletin of Insectology* 57 (2): 95-102.
25. Baldassari, N., Martini, A. (2014.): The efficacy of two diatomaceous earths on the mortality of *Rhyzopertha dominica* and *Sitophilus oryzae*. *Bulletin of Insectology* 67: 51-55.
26. Baldassari, N., Prioli, C., Martini, A., Trotta, V., Baronio, P. (2008.): Insecticidal efficacy of diatomaceous earth formulation against a mixed age population of adults of *Rhyzopertha dominica* and *Tribolium castaneum* as function of different temperature and exposure time. *Bull. Insectol.* 61, 355-360.
27. Baličević, R., Rozman, V., Liška, A., Lucić, P., Korunić, Z., Halamić, J., Galović, I. (2017.): Odabir biljnih vrsta s potencijalnim insekticidnim djelovanjem u sklopu hrvatskog istraživačkog projekta "DIACROMIXPEST". Zbornik radova 29. seminara DDD i ZUPP 2017 – 800. obljetnica od odlaska hrvatskih hospitalaca u Križarski rat i 70. obljetnica od ustroja državne DDD djelatnosti u Republici Hrvatskoj. Korunić, J. (ur.). Zagreb: KORUNIĆ d.o.o., 2017. 251-263.
28. Baxter, R.M., Dandiya, P.C., Kandel, S.I., Okany, A., Walker, G.C. (1960.): Separation of the hypnotic potentiating principles from the essential oil of *Acorus Calamus* L. of Indian origin by liquid-gas chromatography. *Nature*, vol. 185, no. 4711, pp. 466–467.
29. Bhuiyah, M.I.M., Islam, N., Begum, A., Karim, M.A., (1990.): Biology of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (Linnaeus). *Bangladesh Journal of Zoology*, 18(1):67-73.
30. Birchü, L.C. (1944.): Two strains of *Calandra oryzae* L. (Coleoptera). *Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science*, 22:271-275.
31. Brice, J., Moss, C., Marsland, N. (1996.): Post-harvest constraints and opportunities in cereal and legume production production system in northern Ghana," NRI Research Report 85.
32. Brooks, J.E., Savarie, P.J., Johnston, J.J. (1998.): The oral and dermal toxicity of selected chemicals to brown tree snakes (*Boiga irregularis*). *Wildlife Research*, vol. 25, no. 4, pp. 427– 435.
33. Bodroža-Solarov, M., Kljajić, P., Andrić, G., Filipčev, B., Dokić, Lj. (2012.): Quality parameters of wheat grain and flour as influenced by treatments with natural zeolite and diatomaceous earth formulations, grain infestation status and endosperm vitreousness. *Journal of Stored Products Research*, 51, 61-68.
34. Bodroža-Solarov, M., Kljajić, P., Andrić, G., Filipčev, B., Šimurina, O., Pražić Golić, M., Adamović, M. (2011.): Application of principal component analysis in assessment of relation between the parameters of technological quality of wheat grains treated with inert dusts against rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.). *Pesticides & Phytomedicine*, 26, 385-391.

35. Boeke, S.J., Baumgart, I.R., Van Loon, J.J.A., Van Huis, A., Dicke, M., Kossou, D.K., (2004.): Toxicity and repellence of African plants traditionally used for the protection of stored cowpea against *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Stored Products Research*, vol. 40, no. 4, pp. 423–438.
36. Casida, J.E. (1980.): Pyrethrum flowers and pyrethroid insecticides. *Environmental Health Perspectives*, vol. 34, pp. 189–202.
37. Casida, J.E., Quistad, G.B. (1995.): *Pyrethrum Flowers: Production, Chemistry, Toxicology and Uses*. Oxford University Press, Oxford, UK.
38. Chanbang, Y., Arthur, F.H., Wilde, G.E., Throne, J.E. (2008.): Hull characteristics as related to susceptibility of different varieties of rough rice to *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Stored Products Research*, 44(3):205-212.
39. Chu, S.S., Liu, Q.R., Liu, Z.L. (2010.): Insecticidal activity and chemical composition of the essential oil of *Artemisia vestita* from China against *Sitophilus zeamais*. *Biochemical Systematics and Ecology*.
40. Collins, P.J. (2010.): Research on stored product protection in Australia: a review of past, present and future directions. In: Carvalho MO, Fields PG, Adler CS, Arthur FH, Athanassiou CG, Campbell JF, Fleurat-Lessard F, Flinn PW, Hodges RJ, Isikber AA, Navarro S, Noyes RT, Riudavets J, Sinha KK, Thorpe GR, Timlick BH, Trematerra P, White NDG (Eds) *Stored Products Protection. Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored Product Protection, 27 June to 2 July 2011, Estoril, Portugal*, pp 3-13.
41. Constanski, K.C., Zorzetti, J., Santoro, P.H., Hoshino, A.T., Oliveria Janeiro Neves, P.M. (2016.): Inert powders alone or in combination with neem oil for controlling *Spodoptera eridiana* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 37, n. 4, p. 1801-1810.
42. Copping, L.G., Duke, S.O. (2007.): Natural products that have been used commercially as crop protection agents. *Pest Management Science*, vol. 63, no. 6, pp. 524–554.
43. Cuperus, G.W., Noyes, R.T., Fargo, W.S., Clary, B.L., Arnold, D.C., Anderson, K. (1990.): Management practices in a high-risk stored-wheat system in Oklahoma. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 36(2):129-134.
44. Dal Bello, G., Padin, S., Lopez Lastra, C., Fabrizio, M. (2000.): Laboratory evaluation of chemical-biological control of the rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in stored grains. *Journal of Stored Products Research* 37(1):77-84.
45. Davidson, W.M. (1930.): Rotenone as a contact insecticide. *Journal of Economic Entomology*, vol. 23, no. 5, pp. 868–874.
46. Dayan, F.E., Cantrell, C.L., Duke, S.O. (2009.): Natural products in crop protection. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*. Vol. 17, no. 12, pp. 4022–4034.

-
47. Desmarchelier, K.M., Allen, S.E. (2000.): Diatomaceous earth: health, safety, environment, residues and regulatory issues. In Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-Product Protection (pp 309-312). Beijing, China: Sichuan Publishing House of Science & Technology.
 48. Devi, K.C., Devi, S.S. (2011.): Insecticidal and oviposition deterrent properties of some spices against coleopteran beetle, *Sitophilus oryzae*. Journal of Food Science and Technology, pp. 1-5.
 49. Dimetry, N.Z. (2012.): Prospects of botanical pesticides for the future in integrated pest management programme (IPM) with special reference to neem uses in Egypt. Archives of Phytopathology and Plant Protection, vol. 45, no. 10, pp. 1138-1161.
 50. Don-Pedro, K.N. (1985.): Toxicity of some citrus peels to *Dermestes maculatus* Deg. and *Callosobruchus maculatus* (F). Journal of Stored Products Research, vol. 21, no. 1, pp. 31-34.
 51. Doumbia, M., Gondo Duan, B., Kwadjo, K.E., Kra, D.K., Martel, V., Dagnogo, M. (2014.): Effectiveness of diatomaceous earth for control of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Tribolium castaneum* and *Palorus subdepressus* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Stored Product Research 57, 1-5.
 52. Ducom, P. (2012.): Methyl bromide alternatives. In: Navarro S, Banks HJ, Jayas DS, Bell CH, Noyes RT, Ferizli AG, Emekci M, Isikber AA, Alagusundaram K (Eds) Proceedings of the 9th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Product, Antalya, Turkey. 15-19 Oct. 2012, Turkey, pp 205-214.
 53. Ebadollahi, A., Safaralizadeh, M.H., Pourmirza, A.A., Gheibi, S.A. (2010.): Toxicity of essential oil of *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze to *Oryzaephilus surinamensis* L. and *Lasioderma serricorne* F. Jorunal of Plant Protection Research. 50(2): 215-219.
 54. Ebeling, W. (1971.): Sorptive Dusts for Pest Control. Annual Review of Entomology, 16(1), 123-158.
 55. Eddleston M. (2000.): Patterns and problems of deliberate self-poisoning in the developing world. Q J Med. 2000;93:715-31.
 56. El-Wakeil, N. (2013.): Botanical Pesticides and Their Mode of Action. Gesunde Pflanzen 65:125-149.
 57. Emery, R.N., Nayak, M.K. (2007.): Pests of stored grains. In: Pests of field crops and pastures. Australia: Identification and Control [ed. by Bailey, P.T.], Australia: Identification and Control CSIRO Publishing, 40-61.
 58. Fernando, H.S.D., Karunaratne, M.M.S.C. (2012.): Ethnobotanicals for storage insect pest management: Effect of powdered leaves of *Olaxzeylanica* in supressing infestacions of rice

- weevil *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Tropical Forestry and Environment*. 2(1): 20-25.
59. Fields, P.G., Allen, S., Korunić, Z., McLaughlin, A., Stathers, T. (2002.): Standardized testing for diatomaceous earth. In: *Proceedings of the 8th International Work. Conf. Stored-Prod. Prot.* York, England, pp 779–784.
60. Fields, P.G., van Loon, J., Dolinski, M.G., Harris, J.L., Burkholder, W.E. (1993.): The distribution of *Rhyzopertha dominica* (F.) in western Canada. *Canadian Entomologist*, 125(2):317-328.
61. Fields, P., Korunić, Z. (2000.): The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 36, 1-13.
62. Fields, P., Korunić, Z. (2002.): Post-harvest insect control with inert dusts. *Encyclopedia of Pest Management*, pp. 650-653.
63. Fields, P., Korunic, Z. (2003.): Diatoms industrial use: Diatomaceous earth as an insecticide. *Eureka: Diatoms-Nature's Gems*.
64. Flinn, P.W., Hagstrum, D.W. (2011.): Movement of *Rhyzopertha dominica* in response of temperature gradients in stored wheat. *Journal of Stored Products Research*. 47, 407-410.
65. Flinn, P.W., Hagstrum, D.W., Reed, C., Phillips, T.W. (2004.): Simulation model of *Rhyzopertha dominica* population dynamics in concrete grain bins. *Journal of Stored Products Research*, 40(1):39-45.
66. Forghani, S.H., Marouf, A., (2015.): An introductory study of storage insect pests in Iran. *Biharean Biologist*, 9(1):59-62.
67. Freo, J.D., Borges Dias de Moraes, L., Santetti, G.S., Gottmannshausen, T.L., Elias, M.C., Gutkoski, L.C. (2014.): Physicochemical characteristics of wheat treated with diatomaceous earth and conventionally stored. *Cienc. Agrotec.* 38: 546-553.
68. Galović, I. (2009.): Middle Miocene (Sarmatian) calcareous nannoplankton, silicoflagellates, and diatoms of the southwestern part of the Paratethys, PhD, University of Ljubljana, Slovenia, pp. 199.
69. Galović, I. (2015.): Paleontološke analize dijatomita, 46/15. U: Halamić, J. i Galović, I. (ur.): *Izvještaj o geološkim terenskim istraživanjima i laboratorijskim ispitivanjima dijatomita-I godina, 52/15. Projekt HRZZ – Razvoj formulacija novih prirodnih insekticida na osnovi inertnih prašiva i botaničkih insekticida i njihovih kombinacija kao zamjena za sintetske konvencionalne insekticide (DIACROMIXPEST – IP-11-2013)*.
70. Garcia, M., Donadel, O.J., Ardanaz, C.E., Tonn, C.E., Sosa, M.E. (2005.): Toxic and repellent effects of *Baccharis salicifolia* essential oil on *Tribolium castaneum*. *Pest Management Science*, vol. 61, no. 6, pp. 612–618.

-
71. Glenn, D.M., Puterka, G.J. (2005.): Particle films: a new technology for agriculture. *Horticultural Reviews*, 31:1-44.
 72. Golob, P. (1997.): Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. *Journal of Stored Product Research*. Volume 33, Issue 1, January 1997, Pages 69-79.
 73. Golob, P., Gudrups, I. (1999.): The use of spices and medicinals as bioactive protectants for grains. *FAO Agricultural Sciences Bulletin* 137, FAO, Rome, Italy.
 74. Golob, P.; Webley, D.J. (1980.): The use of plants and minerals as traditional protectants of stored products. Report of the Tropical Products Institute, G138, vi+32pp.
 75. Grizelj, A. (2015.): Izvješće o rentgenskim analizama, 47/15.- U: Halamić, J. i Galović, I. (ur.): Izvještaj o geološkim terenskim istraživanjima i laboratorijskim ispitivanjima dijatomita-I godina, 52/15. Projekt HRZZ – Razvoj formulacija novih prirodnih insekticida na osnovi inertnih prašiva i botaničkih insekticida i njihovih kombinacija kao zamjena za sintetske konvencionalne insekticide (DIACROMIXPEST – IP-11-2013). Grossmann, D., Scholten, J., Prpic, N.M. (2009.): Separable functions of wingless in distal and ventral patterning of the *Tribolium* leg. *Dev Genes Evol* 219(9–10): 469–79.
 76. Grünwald, S., Adam, I.V., Gurmai, A.M., Bauer, L., Boll, M., Wenzel, U. (2013.): The Red Flour Beetle *Tribolium castaneum* as a Model to Monitor Food Safety and Functionality. *Adv Biochem Eng Biotechnol* 135: 111–122.
 77. Grzywacz, D., Stevenson, P.C., Mushobozi, W.L., Belmain, S., Wilson, K. (2014.): The use of indigenous ecological resources for pest control in Africa. *Food Security*. 6: 71-86.
 78. Gutkoski, L.C., Jacobsen Neto, R. (2002.): Procedimento para teste laboratorial de panificação - pão de forma. *Ciência Rural*. 32:873-879.
 79. Halamić, J., Galović, I. (2015.): Izvještaj o geološkim terenskim istraživanjima i laboratorijskim ispitivanjima dijatomita-I godina, 52/15. Projekt HRZZ – Razvoj formulacija novih prirodnih insekticida na osnovi inertnih prašiva i botaničkih insekticida i njihovih kombinacija kao zamjena za sintetske konvencionalne insekticide (DIACROMIXPEST – IP-11-2013).
 80. Hamel, D. (2007.): Storing maize in stores and protection from pests. (Čuvanje kukuruza u skladištu i zaštita od štetnika). *Glasilo Biljne Zaštite*, 7(5):344-349.
 81. Hamel, D. (2015.): Integrirane mjere zaštite od štetnika hrane i uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. DDD Trajna edukacija – Cjelovito (integrirano) suzbijanje štetnika hrane, uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, predmeta opće uporabe te muzejskih štetnika – Zbornik predavanja. Zagreb, svibanj 2015., str. 79-88.
-

-
82. Hayashi, N. (1966). A contribution to the knowledge to the larvae of Tenebrionidae occurring in Japan (Coleoptera: Cucujoidea). PhD Thesis- Hokkaido University. Insecta Matsumurana, Supplement 1, July 1966.
 83. Hermawan, W.; Nakajima, S.; Tsukuda, R.; Fujisaki, K.; Nakasuji, F. (1997.): Isolation of an antifeedant compound from *Andrographis paniculata* (Acanthaceae) against the diamond back, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Applied Entomology and Zoology*, vol. 32, no. 4, pp. 551–559, 1997.
 84. Hertlein, M.B., Thompson, G.D., Subramanyam, B., Athanassiou, C.G. (2011.): Spinosad: a new natural product for stored grain protection. *Journal of Stored Products Research*, vol. 47, no. 3, pp. 131–146.
 85. Hill, D.S. (1990.): *Pests of Stored Products and Their Control*. Belhaven Press, London.
 86. Holzuter, G., Narayanan, K., Gerber, T. (2003.): Structure of silica in *Equisetum arvense*. *Analy Bioanaly Chem.* 376: 512-517.
 87. Horvat, A. (2004.): Middle Miocene siliceous algae of Slovenia: paleontology, stratigraphy, paleoecology, paleobiogeography. *Založba ZRC, Ljubljana: ZRC SAZU*, pp. 255.
 88. Huang, Y., Chen, S.X., Ho, S.H. (2000.): Bioactivities of methyl allyl disulfide and diallyl trisulfide from essential oil of garlic to two species of stored-product pests, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, vol. 93, no. 2, pp. 537–543.
 89. Hummelbrunner, L.A., Isman, M.B. (2001.): Acute, sublethal, antifeedant, and synergistic effects of monoterpenoid essential oil compounds on the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 49, no. 2, pp. 715–720.
 90. International Agency for Research on Cancer (IARC) (1997.): Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils. *Monographs on evaluation of carcinogenic risks to humans*, Volume 68. Lyon, France: IARC.
 91. Isman, M.B. (2006.): Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, vol. 51, pp. 45–66.
 92. Jackson, K., Webley, D. (1994.): Effects of Dryacide on the physical properties of grains, pulses, and oilseeds. In: *Proceedings of the 6th International Conference on Stored-product Protection 2*. Canberra, Australia [ed. by Highley, G. \Wright, E. J. \Bank, H. J. \Champ, B. R.]. Wallingford, UK: CAB International.
 93. Jacobson, M. (1982.): Plants, insects, and man-their interrelationships. *Economic Botany*. Vol. 36, no. 3, pp. 346–354.
 94. Jacobson, M. (1989.): Botanical pesticides: past, present and future, in *Insecticides of Plant Origin*, J. J. Arnason, B. R. Philogen, and P. Morand, Eds., vol. 387 of ACS Symposium Series, pp. 1–10, Washington, DC, USA.
-

95. Jbilou, R., Amri, H., Bouayad, N., Ghailani, N., Ennabili, A., Sayah, F. (2008.): Insecticidal effects of extracts of seven plant species on larval development, α -amylase activity and offspring production of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae). *Bioresource Technology*, 99 (2008), pp. 959-964.
96. Jotwani, M.G., Sircar, P. (1965.): Neem seed as protectant against stored grain pests infesting wheat seed. *Indian Journal of Entomology*, vol. 27, pp. 160–164.
97. Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Michalaki, M.P., Batta, Y.A., Rigatos, H.A., Pashalidou, F.G., Balotis, G.N., Tomanovic, Z., Vayias, B. (2006.): Effect of the combined use of *Metarhizium anisopliae* (Metschinkoff) Sorokin and diatomaceous earth for the control of three stored-product beetle species. *Crop Prot.* 25 (10): 1087–1094.
98. Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Pashalidou, F.G., Andris, N.S., Tomanović, Ž. (2005.): Influence of grain type on the insecticidal efficacy of two diatomaceous earth formulations against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Pest Management Science* 61: 660-666.
99. Keita, S.M., Vincent, C., Schmit, J.P., Arnason, J.T., Belanger, A. (2001.): Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, vol. 37, no. 4, pp. 339–349.
100. Khanam, L.A.M., Talukder, D., Khan, A.R., Rahman, S.M. (1990.): Insecticidal properties of Royna, *Aphanamixis polystachya* Wall. (Parker) (Meliaceae) against *Tribolium confusum* Duval. *Journal of Asiatic Society of Bangladesh Science*, vol. 16, pp. 71–74.
101. Kim, D.H., Ahn, Y.J. (2001.): Contact and fumigant activities of constituents of *Foeniculum vulgare* fruit against three coleopteran stored-product insects. *Pest Management Science*, vol. 57, no. 3, pp. 301–306.
102. Kljajić, P., Andrić, G., Adamović, M., Bodroža-Solarov, M., Marković, M., Perić, I. (2010.): Laboratory assessment of insecticidal effectiveness of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against three stored-product beetle pests. *Journal of Stored Products Research*, 46, 1-6.
103. Klys, M. (2012.): An influence of herbs on the sex structure in populations of insect pests of stored products. *Journal of Plant Protection Research* 52(4): 463-466.
104. Klys, M. (2013.): Wpływ ziół na niektóre gatunki chrząszczy szkodliwe w magazynach i przechowalniach. (The effect of herbs on some pest beetle species in grain warehouses and stores). *Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego, Krakow*, 77 pp.
105. Klys, M., Przystupinska, A. (2015.): The mortality of *Oryzaephilus surinamensis* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Silvanidae) inducted by powered plants. *Journal of Plant Portection Research* 55(1): 110-116.

-
106. Koona, P., Ghogumu, R., Koona, O.E.S., Ngamdo, G., Noutsu, J. (2007.): The use of powder from the stem bark of *Scorodophleus zenkeri* harms for the prevention of damage to stored beans by *Acanthoscelides obtectus* Say. (Coleoptera: Bruchidae). J. Appl. Sci. Res. 3: 329-332.
 107. Kordan, B., Ciepielewska, D., Nietupski, M. (2003.): Deterrent activity of plant powders on grain weevil (*Sitophilus granarius* L.) and red flour beetle (*Tribolium castaneum* Herbst). Polish Journal of Natural Sciences. 14(2): 265-271.
 108. Korunić, Z. (1990.): Štetnici uskladištenih poljoprivrednih proizvoda. Biologija, ekologija i suzbijanje. "Gospodarski list" – Novinsko-izdavačko poduzeće Zagreb, Trg Republike 3. Zagreb, 1990.
 109. Korunić, Z. (1994.): Dijatomejska zemlja prirodni insekticid (Diatomaceous earth as natural insecticide). In Proceedings of ZUPP'94 (pp 136-148). Zagreb, Croatia: Korunic d.o.o.
 110. Korunić, Z. (1997.): Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. Journal of Stored Products Research, 33(3), 219-229.
 111. Korunić, Z. (1998.): Review Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. Journal of Stored Products Research, 34(2-3), 87-97.
 112. 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.
 113. Korunić, Z. (2010.): Rezultati istraživanja i novine u uporabi dijatomejske zemlje u zaštiti uskladištenih poljoprivrednih proizvoda; Zbornik radova – 22. znanstveno-stručno- edukativni seminar DDD i ZUPP 2010.; Pula; str. 325-339.
 114. Korunić, Z. (2013.): Diatomaceous Earths – Natural Insecticides. Pestic. Phytomed. Belgrade, 28(2), 2013, 77-95.
 115. 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.
 116. Korunić, Z., Cenkowski, S., Fields P. G. (1998.): Grain bulk density as affected by diatomaceous earths and application method. Postharvest Biology and Technology, 13(1), 81-89.
 117. Korunić, Z., Fields, P. (2006.): Susceptibility of three species of *Sitophilus* to diatomaceous earth. In Proceedings of 9th International Working Conference on Stored-Products Protection (pp 681-686). Campinas, Brazil: Brazilian Post-harvest Association.
 118. Korunić, Z., Rozman, V., Liška, A., Lucić, P. (2016.): A review of natural insecticides based on diatomaceous earths. Poljoprivreda, 22 (1), 10-18.
-

-
119. Koul, O., Walia, S., Dhaliwal, G.S. (2008.): Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopesticide International*, vol. 4, no. 1, pp. 63–88.
 120. La Hue, D.W. (1972.): The retention of diatomaceous earths and silica aerogels on shelled corn, hard winter wheat, and sorghum grain. ARS 51–44, US Department of Agriculture, p 8.
 121. Liška, A., Korunić, Z., Rozman, V., Halamić, J., Galović, I., Lucić, P., Baličević, R. (2017.): Efficacy of nine Croatian inert dusts against rice weevil *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) on wheat. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2017.29(7): 485-494.
 122. Liu, Z.L., Ho, S.H. (1999.): Bioactivity of the essential oil extracted from *Evodia rutaecarpa* Hook f. et Thomas against the grain storage insects, *Sitophilus zeamais* Motsch. and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research* 35(4):317-328.
 123. Liu, Z.L., Xu, Y.J., Wu, J., Goh, S.H., Ho, S.H. (2002.): Feeding deterrents from *Dictamnus dasycarpus* Turcz against two stored-product insects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 50, no. 6, pp. 1447–1450.
 124. Longstaff, B.C. (1981.): Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae): a critical review. *Protection Ecology*, 3(2):83-130.
 125. Lopez, M.D., Jordan, M.J., Pascual-Villalobos, M.J. (2008.): Toxic compounds in essential oils of coriander, caraway and basil active against stored rice pests. *Journal of Stored Products Research*, 44, pp. 273-278.
 126. Lorini, I. (2003.): Manual técnico para o manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados. Passo Fundo: Embrapa, p.16-20.
 127. Lorrini, I., Collins, P.J., Daglish, G.J., Nayak, M.K., Pavic, H. (2007.): Detection and characterisation of strong resistance to phosphine in Brazilian *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Pest Management Science*. 63(4): 358-364.
 128. Lucić, P., Liška, A., Rozman, V., Baličević, R., Đumlić, M. (2015.): Potencijal uporabe lavandina (*Lavandula x intermedia*) u zaštiti uskladištene pšenice protiv skladišnih kukaca. *Proceedings and abstracts - 8th international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection*. Glas Slavonije d.d., pp. 160-165.
 129. Lucić, P., Ravlić, M., Rozman, V., Liška, A., Baličević, R., Zimmer, D., Pejić, S., Živković, M., Paponja, I. (2017.): Lavandin (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.) – izvor okolišno prihvatljivih potencijala u zaštiti bilja. *Proceedings and abstracts - 10th international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection*. Glas Slavonije d.d., pp. 148-152.
 130. Lyon, W.F. (2000.): Confused and Red flour beetles. Ohio State University Extension Fact Sheet. HYG-2087-97.

-
131. Maceljiski, M., Korunić, Z. (1972.): The effectiveness against stored-product insects of inert dusts, insect pathogens, temperature and humidity. (Final report, Project No. E30-MQ-1. Grant USDA/YU No. FG -YU – 130) (p 151). Zagreb, Croatia: Institute for Plant Protection.
 132. Maga, R., Broussalis, A., Clemente, S., Mareggiante, G., Ferraro, G. (2000.): *Revista Latinoamericana de Quimica*. 28(3): 146-148.
 133. Mahdian, Sh. H. A., Rahman, M. Kh. (2008.): Insecticidal effect of some spices on *C. maculatus* Fab. in black gram seeds. *Rajshahi University Zoological Society*, 27: 47-50.
 134. 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.
 135. Mason, L.J. (2003.): Grain insect fact sheet E-224-W: red and confused flour beetles, *Tribolium castaneum* (Bhst.) and *Tribolium confusum* Duval. Purdue University, Department of Entomology. <http://extension.entm.purdue.edu/publications/E-224.pdf>.
 136. McGaughey, Wm.H. (1972.): Diatomaceous earth for confused Xour beetle and rice weevil control in rough, brown, and milled rice. *J. Econ. Entomol.* 65:1427–1428.
 137. Menon, A., Flinn, P.W., Dover, B.A. (2001.): Influence of temperature on the functional response of *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae), a parasitoid of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *Journal of Stored Products Research* 38(5):463-469.
 138. Mewis, I. (1998.): Morphologische und physiologische Wirkungsweise amorpher Diatomeenerden auf ausgewählte vorratsschädliche Insekten. Diplomarbeit, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft/ Freie Universität Berlin.
 139. Mewis, I., Ulrichs, C. (2001.a): Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum*, *Tenebrio molitor*, *Sitophilus granarius* and *Plodia interpunctella*. *Journal of Stored Products Research*. 37(2): 153-164.
 140. Mewis, I., Ulrichs, C. (2001.b): Treatment of rice with diatomaceous earth and effects on the mortality of the red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst). *Anz. Schädlingkunde/J. Pest science* 74:13-16.
 141. Moreira, M.D., Picanco, M.C., Barbosa, L.C.A., Guedes, R.N.C., Campos, M.R., Silva, G.A., Martins, J.C. (2007.): Plant compounds insecticide activity against Coleoptera pests of stored products. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 42(7): 909-915.
 142. Morgan, E.D. (2009.): Azadirachtin, a scientific gold mine. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, vol. 17, no. 12, pp. 4096–4105.
 143. Mulungu, L.S., Lupenza, G., Reuben, S.O.W., Misangu, R.N. (2007.): Evaluation of botanical products as stored grain protectants against Maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Journal of Entomology*. 4(3): 258-262.
-

-
144. Munakata, K. (1997.): Insect antifeedants of *Spodoptera litura* in plants, in Host Plant Resistance to Pests, P. A. Hedin, Ed., vol. 62 of ACS Symposium Series, pp. 185–196, American Chemical Society, Washington, DC, USA.
 145. Najafabadi, S.S.M., Beiramizadeh, E., Zarei, R. (2014.): Repellency and toxicity of three plants leaves extraction against *Oryzaephilus surinamensis* L. and *Tribolium castaneum* Herbst. Journal of Biodiversity and Environmental Science 4(6): 26-32.
 146. Nawrot, J., Harmata, J. (2012.): Phytochemical feeding deterrents for stored product insect pests. Phytochemical Review 11(4): 543-566.
 147. Newman, C.R. (2010.): A novel approach to limit of phosphine resistance in Western Australia. In: Carvalho MO, Fields PG, Adler CS, Arthur FH, Athanassiou CG, Campbell JF, Fleurat-Lessard F, Flinn PW, Hodges RJ, Isikber AA, Navarro S, Noyes RT, Riudavets J, Sinha KK, Thorpe GR, Timlick BH, Trematerra P, White NDG (Eds) Stored Products Protection. Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored Product Protection, 27 June to 2 July 2011, Estoril, Portugal, pp 1040-1046.
 148. Ngamo, T.S.L., Ngassoum, M.B., Mapongmestsem, P.M., Noudjou, W.F., Malaisse, F., Haubruge, E., Lognay, G., Kouninki, H., Hance, T., (2007.a): Use of essential oils of aromatic plants as protectant of grains during storage. Agricultural Journal, 2(2):204-209.
 149. Ngamo, T.S.L., Ngatanko, I., Ngassoum, M.B., Mapongmestsem, P.M., Hance, T. (2007.b): Persistence of insecticidal activities of crude essential oils of three aromatic plants towards four major stored product insect pests. African Journal of Agricultural Research, vol. 2, pp. 173–177.
 150. Nguemtchouin, M.M.G., Ngassoum, M.B., Ngamo, L.S.T., Gaudu, X., Cretin, M. (2010.): Insecticidal formulation based on *Xylopiya aethiopica* essential oil and kaolinite clay for maize protection. Crop protection, 29. pp. 985-991.
 151. Nikpay, A. (2006.): Diatomaceous earths as alternatives to chemical insecticides in stored grain. Insect Science, 13(6), 421-429.
 152. Nukenine, E.N., Adler, C., Reichmuth, C. (2010.): Efficacy of *Clausena anisata* and *Plectranthus glandulosus* leaf powder against *Prostephanus truncatus* (Coleoptera: Bostrichidae) and two strians of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) on maize. Journal of Pest Science. 83: 181-190.
 153. Obeng-Ofori, D., Reichmuth, C.H., Bekele, A.J., Hassanali, A. (1998.): Toxicity and protectant potential of camphor, a major component of essential oil of *Ocimum kilimandscharicum*, against four stored product beetles. International Journal of Pest Management, vol. 44, no. 4, pp. 203–209.
 154. Oliver-Bever, B. (1986.): Medicinal Plants in Tropical West Africa, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
-

-
155. Otitudon, G.O., Opit, G.P., Nwaubani, S.I., Okonkwo, E.U., Gautam, S.G. (2015.): Efficacy of Nigeria-derived diatomaceous earth, botanicals and riverbed sand against *Sitophilus oryzae* and *Rhyzopertha dominica* on wheat. *African Crop Science Journal*. 23(3): 279-293.
 156. Owusu, E.O. (2001.): Effect of some Ghanaian plant components on control of two stored-product insect pests of cereals. *Journal of Stored Products Research*, vol. 37, no. 1, pp. 85–91.
 157. Padin, S.B, Fuse, C., Urrutia, M.I., Dal Bello, G.M. (2013.): Toxicity and repellency of nine medicinal plants against *Tribolium castaneum* in stored wheat. *Bulletin of Insectology* 66(1): 45-49.
 158. Park, C., Kim, S.I., Ahn, Y.J. (2003.): Insecticidal activity of asarones identified in *Acorus gramineus* rhizome against three coleopteran stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, vol. 39, no. 3, pp. 333–342.
 159. Park, I.K., Lee, H.S., Lee, S.G., Park, J.D., Ahn, Y.J. (2000.): Insecticidal and fumigant activities of *Cinnamomum cassia* bark-derived materials against *Mechoris ursulus* (Coleoptera: Attelabidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 48, no. 6, pp. 2528–2531.
 160. Pascual-Villalobos, M.J., Robledo, A. (1998.): Screening for antiinsect activity in Mediterranean plants. *Industrial Crops and Products*, vol. 8, no. 3, pp. 183–194.
 161. Pepper, B.P., Carruth, L.A. (1945.): A new plant insecticide for control of the European corn borer. *Journal of Economic Entomology*, vol. 38, pp. 59–66.
 162. Pereira, J., Wohlgemuth, R. (1982.): Neem (*Azadirachta indica* A. Juss) of West African origin as a protectant of stored maize. *Journal of Applied Entomology*, vol. 94, pp. 208–214.
 163. Peterson, G.S., Kandil, M.A., Abdallah, M.D., Fraq, A.A.A. (1989.): Isolation and characterization of biologically-active compounds from some plant extracts. *Pesticide Science*, vol. 25, pp. 337–342.
 164. Pomeranz, Y., Czuchajowska, Z., Shoreu, M.D. (1988.) Hardness and functional (bread and cookie making) properties of US wheats. *Cereal Food World* 33:297–304.
 165. Popoola, K.O.K. (2013.): Application of selected Bioinsecticides in management of *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) on *Phoenix dactylifera* (Date fruits). *Nature and Science* 11(1): 110-115.
 166. Potter, C. (1935.): The biology and distribution of *Rhyzopertha dominica* (Fab.). *Transactions of the Royal Entomology Society of London*, 83:449-482.
 167. Prates, H.T., Santos, J.P., Waquil, J.M., Fabris, J.D., Oliveira, A.B., Foster, J.E., (1998.): Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research*, vol. 34, no. 4, pp. 243–249.
 168. Quarles, W. (1992.): Diatomaceous earth for pest control. *The IPM Practitioner*. 14: 1-11.
-

-
169. Quarles, W., Winn, P.S. (1996.): Diatomaceous earth and stored product pests. *IPM Practitioner*, 18(5/6):1-10.
170. Rahman, M.D.M. (1990.): Some promising physical, botanical and chemical methods for the protection of grain legumes against bruchids in storage under Bangladesh conditions, in *Bruchids and Legumes: Economics, Ecology and Coevolution*, K. Fujii, A. M. R. Gatehouse, C. D. Johnson, R. Mitchell, and T. Yoshida, Eds., pp. 63–73, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
171. Rajasekaran, B., Kumaraswami, T. (1985.): Studies on increasing the efficacy on neem seed kernel extract, in *Behavioural and Physiological Approaches in Pest Management*, A. Regupathy and S. Jayaraj, Eds., pp. 29–30, Khadi and Village Industries Commission, Pune, India.
172. Rajashekar, Y., Bakthavatsalam, N., Shivanandappa, T. (2012.): Botanicals as Grain Protectants. *Psyche: A Journal of Entomology*. Volume 2012 (2012), Article ID 646740, 13 pages.
173. Rajashekar, Y., Gunasekaran, N., Shivanandappa, T. (2010.): Insecticidal activity of the root extract of *Decalepis hamiltonii* against stored-product insect pests and its application in grain protection. *Journal of Food Science and Technology*, vol. 47, no. 3, pp. 310–314.
174. Rajendran, S., Sriranjini, V. (2008.): Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal of Stored Products Research*, vol. 44, no. 2, pp. 126–135.
175. Rattan, R.S. (2010.): Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Journal of Crop Protection*, 29:913–920.
176. Rembold, H. (1989.): Azadirachtins: their structure and mode of action, in *Insecticides of Plant Origin*, J. T. Arnason, B. J. R. Philogene, and P. Morand, Eds., ACS Symposium series, pp. 150–163, American Chemical Society, Washington DC, USA.
177. Rigaux, M., Haubruge, E., Fields, P.G. (2001.): Mechanisms for tolerance to diatomaceous earth between strains of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Entomol. Exp. Appl.* 101, 33-39.
178. Rojht, H., Horvat, A., Athanassiou, C.G., Vayias, B.J., Tomanović, Z., Trdan, S. (2010.): Impact of geochemical composition of diatomaceous earth on its insecticidal activity against adults of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Pest Science*. 83: 429-436.
179. Rossi, E., Cosimi, S., Loni, A. (2012.): Bioactivity of Essential Oils from Mediterranean Plants: Insecticidal Properties on *S. zeamais* and Effects on Seed Germination. *Journal of Ent.* 2012. ISSN 1812-5670 / DOI: 10.3923/je.2012. © 2012 Academic Journals Inc.
180. Rozman, V., Korunić, Z., Halamić, J., Liška, A., Baličević, R., Galović, I., Lucić, P. (2017.): Treća godina rada na istraživačkom projektu Hrvatske zaklade za znanost o razvoju
-

- formulacija novih prirodnih insekticida – DIACROMIXPEST. Zbornik radova 29. seminara DDD i ZUPP 2017 – 800. obljetnica od odlaska hrvatskih hospitalaca u Križarski rat i 70. obljetnica od ustroja državne DDD djelatnosti u Republici Hrvatskoj. Korunić, J. (ur.). Zagreb: KORUNIĆ d.o.o., 2017. 243-249.
181. Rozman, V., Korunić, Z., Liška, A. (2015.): Kukci – gospodarski štetnici uskladištenih poljoprivrednih proizvoda i hrane te prepoznavanje prema nastalim štetama. DDD Trajna edukacija – Cjelovito (integrirano) suzbijanje štetnika hrane, uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, predmeta opće uporabe te muzejskih štetnika – Zbornik predavanja. Zagreb, svibanj 2015. str. 21-49.
182. Rumbos, C.I., Sakka, M., Berillis, P., Athanassiou, C.G. (2016.): Insecticidal potential of zeolite formulations against three stored-product grain insects, particle size effect, adherence to kernels and influence on test weight of grains. *Journal of Stored Products Research*. 68, 93-101.
183. Saez, A., V. H. Fuentes-Mora (2007.): Comparison of the desiccation effects of marine and freshwater diatomaceous earth on insects. *J. Stored Prod. Res.* 43: 404-409.
184. Sanchez-Marinez, R.I., Cortez-Rocha, M.O., Ortega-Dorame, F., Morales-Valdes, M., Silveira, M.I. (1997.): End-use quality of flour from *Rhizopertha dominica* infested wheat. *Cereal Chemistry*, 74(4):481-483.
185. Santos, J.P. (2006.): Controle de pragas durante o armazenamento de milho. Circular Tecnica 84. Sete Lagoas, 20 pp.
186. Sapei, L., Gierlinger, N., Hartman, J., Noske, R., Strauch, P., Paris, O. (2007.): Structural and analytical studies of silica accumulations in *Equisetum hyemale*. *Analy. Bioanaly. Chem.* 389: 1249-1257.
187. SAS 9.3 Copyright (c) 2013-2014 by SAS Institut Inc., Cary, NC, USA (Licensed to Poljoprivredni Fakultet Osijek T/R Site 70119033).
188. Schmutterer, H. (1990.): Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology*, vol. 35, pp. 271–297.
189. Shaaya, E., Ravid, U., Paster, N., Juven, B., Zisman, U., Pissarev, V. (1991.): Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *Journal of Chemical Ecology* 17(3): 449-504.
190. Shaaya, E., Kostjukovski, M., Eilberg, J., Sukprakarn, C. (1997.): Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, vol. 33, no. 1, pp. 7–15.
191. Shafighi, Y., Ziaee, M., Ghosta, Y. (2014.): Diatomaceous earth used against insect pests, applied alone or in combination with *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. *Journal of Plant Protection Research*. Vol. 54(1): 62-66.

-
192. Shah, M. A., Khan, A.A. (2014.): Use of diatomaceous earth for the management of stored-product pests. *Int. J. Pestic. Manage.* 60: 100-113.
 193. Shah, M.M.R., Prodhan, M.D.H., Siddque, M.N.A., Mamun, M.A.A., Shahjahan, M. (2008.): Repellent effect of some indegeneous plant extracts against saw-toothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (L.). *International Journal of Sustainable Crop Production* 3(5): 51-54.
 194. Singh, D., Mehta, S.S. (2010.): Menthol containing formulation inhibits adzuki bean beetle, *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera; Bruchidae) population in pulse grain storage. *Journal of Biopesticides*, vol. 3, no. 3, pp. 596–603.
 195. Sousa, A.H.D., Maracaja, P.B., Silva, R.M., Moura, M.N., Andrade, W.G. (2005.): Bioactivity of vegetal powders against *Callosobruchus masculatus* (Coleoptera: Bruchidae) in caupi bean and seed physiological analysis. *Revista de Biologica E Ciencias Da Terra*. 5, 19-23.
 196. Smith, B.C. (1969.): Effects of silica on the survival of *Coleomegilla maculata lengi* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) *Can. Ent.* 101:460-462.
 197. Smol, J.P.; Stoermer, E.F. (2010.): *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*. Second Edition. Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-50996-1.
 198. Sparks, T.C., Crouse, G.D., Durst, G. (2001.): Natural products as insecticides: the biology, biochemistry and quantitative structure-activity relationships of spinosyns and spinosoids. *Pest Management Science*, vol. 57, no. 10, pp. 896–905.
 199. Sprynskyy, M., Lebedynets, M., Terzyk, A.P., Kowalczyk, P., Namiešnik, J., Buszewski, B. (2005.): Ammonium sorption from aqueous solutions by the natural zeolite Transcarpathian clinoptilolite studied under dynamic conditions. *Journal of Colloid and Interface Science*. 284, 408-415.
 200. Stathers, T.E., Denniff, M., Golob, P. (2004.): The efficacy and persistence of diatomaceous earths admixed with commodity against four tropical stored product beetle pests. *Journal of Stored Products Research*. 40(1): 113-123.
 201. Su, H.C.F., Horvat, R. (1981.): Isolation, identification, and insecticidal properties of *Piper nigrum* amides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 29, no. 1, pp. 115–118.
 202. Subramanyam, B.H. (1993.): *Chemical Composition of Insecto*. St. Paul: M.N: University of Minnesota. Report of Department of Entomology.
 203. Subramanyam, B.H. (1995.): Comparative efficacy of diatomaceous earth dusts on stored product insects. Poster presented at the Annual Entomological Society of America, December 17–21 1995, Las Vegas, Nevada.
-

-
204. Subramanyam, B.H.; Swanson, C.L.; Madamanchi, N.; Norwood, S. (1994.): Effectiveness of Insecto[®], a new generation diatomaceous earth formulation, in suppressing several stored-grain insect species. Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored-Product Protection. 2, 650-659. Canberra, Australia.
 205. Subramanyam, B.H., Hagstrum, D.W. (1995.): Resistance measurement and management. In: subramanyam, Bh., Hagstrum, D.W. (Eds.). Integrated management of insects in stored products. Marcel Dekker, New York , 437p.
 206. Subramanyam, B.H.; Roesli, R. (2000.): Inert dusts. In (Bh. Subramanyam & D.W. Hagstrum (Eds.), Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM. (pp. 321-380). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
 207. Talukder, F.A. (2006.): Plant products as potential stored product insect management agents—a mini review. Emirates Journal of Agricultural Science, vol. 18, pp. 17–32.
 208. Talukder, F.A., Howse, P.E. (2000.): Isolation of secondary plant compounds from *Aphanamixis polystachya* as feeding deterrents against adult *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Stored Products Research, vol. 107, no. 5, pp. 395–402.
 209. Tatsadjieu, N.L., Yaouba, A., Nukenine, E.N., Ngassoum, M.B., Mbofung, C.M.F. (2010.): Comparative study of the simultaneous action of three essential oils on *Apergillus flavus* and *Sitophilus zeamais* Motsch. Food control, 21. pp. 186-190.
 210. Tiwari, S.N. (1994.): Efficacy of some plant products as grain protectants against *Rhizopertha dominica* (F.) (Coleoptera; Bostrichidae). International Journal of Pest Management, vol. 40, no. 1, pp. 94–97.
 211. Trdan, S., Žnidarčič, D., Vidrih, M., Kač, M. (2008.): Three natural substances for use against *Alternaria cichorii* on selected varieties of endive: antifungal agent, plant strengtheners, or foliar fertilizers? J. Plant Dis. Prot. 115: 63-68.
 212. Trewin, B. (1997.): Efficacy of diatomaceous earth against stored product pests. Proceedings of the German Society for General and Applied Entomology, Bayreuth, Germany, March:18-22.
 213. Tripathi, A.K., Prajapati, V., Aggarwal, K.K., Khanuja, S.P.S., Kumar, S. (2000.): Repellency and toxicity of oil from *Artemisia annua* to certain stored-product beetles. Journal of Economic Entomology, vol. 93, no. 1, pp. 43–47.
 214. Tripathi, A.K., Prajapati, V., Ahmad, A., Aggarwal, K.K., Khanuja, S.P.S. (2004.): Piperitenone oxide as toxic, repellent, and reproduction retardant toward malarial vector *Anopheles stephensi* (Diptera: Anophelinae). Journal of Medical Entomology, vol. 41, no. 4, pp. 691–698.

-
215. Tunc, I., Berger, B.M., Erler, F., Dagli, F. (2000.): Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, vol. 36, no. 2, pp. 161–168.
216. Ujvary, I. (1999.): Nicotine and other alkaloids, in *Nicotinoid Insecticides and the Nicotinic Acetylcholine Receptor*, I. Yamamoto and J. E Casida, Eds., pp. 29–70, Springer, Tokyo, Japan.
217. Ukek, D.A., Birkett, M.A., Pickett, J.A., Bowman, A.S., Luntz, A.J.M. (2009.): Repellent activity of alligator pepper, *Aframomum melegueta*, and ginger, *Zingiber officinale*, against the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Phytochemistry*, 70. pp. 751-758.
218. Vardeman, E.A., Arthur, F.H., Nechols, J.R., Campbell, J.F. (2006.): Effect of temperature, exposure interval and depth of diatomaceous earth on distribution, mortality and reproduction of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) in stored wheat. *J. Econ. Entomol.* 99, 1017-1024.
219. Vardeman, E.A., Campbell, J.F., Arthur, F.H., Nechols, J.R. (2007.): Behavior of female *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrychidae) in a mono-layer of wheat treated with diatomaceous earth. *Journal of Stored Product Research*. 43: 297-301.
220. Varma, J., Dubey, N.K. (1999.): Prospectives of botanical and microbial products as pesticides of tomorrow. *Current Science*. Vol. 76, no. 2, pp. 172–179.
221. Vassilakos, T.N., Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Vayias, B.J. (2006.): Influence of temperature on the insecticidal effect of *Beauveria bassiana* in combination with diatomaceous earth against *Rhyzopertha dominica* and *Sitophilus oryzae* on stored wheat. *Biol. Control*. 38 (2): 270–281.
222. Vayias, B.J., Athanassiou, C.G., Buchelos, C.T.E. (2008.): Evaluation of resistance development by *Tribolium confusum* Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) to diatomaceous earth under laboratory selection. *Journal of Stored Products Research*. 44(2): 162-168.
223. Vayias, B.J., Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Tsesmeli, C.D., Buchelos, C.T. (2006.): Persistence and efficacy of two diatomaceous earth formulations and a mixture of diatomaceous earth with natural pyrethrum against *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on wheat and maize. *Pest Management Science*, 62(5):456-464.
224. Vayias, B.J., Athanassiou, C.G., Korunić, Z., Rozman, V. (2009.): Evaluation of natural diatomaceous earth deposits from south-eastern Europe for stored-grain production: the effect of particle size. *Pest. Manag. Sci.* 65, 1118-1123.
225. Vayias, B.J., Stephou, V.K. (2009.): Factors affecting the insecticidal efficacy of an enhanced diatomaceous earth formulation against three stored-product insect species. *Journal of Stored Product Research*. 45, 226-231.
-

-
226. Wakil, W., Riasat, T., Lord, J.C. (2013.): Effects of combined thiamethoxam and diatomaceous earth on mortality and progeny production of four Pakistani populations of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) on wheat, rice and maize. *Journal of Stored Product Research*. 52, 28-35.
227. Weaver, D.K., Dunkel, F.V., Ntezurubanza, L., Jackson, L.L., Stock, D.T. (1991.): The efficacy of linalool, a major component of freshly-milled *Ocimum canum* Sims (Lamiaceae), for protection against postharvest damage by certain stored product Coleopteran. *Journal of Stored Products Research*, vol. 27, no. 4, pp. 213–220.
228. Webb, J.E. (1945.): The penetration of *Derris* through the spiracles and cuticle of *Melophagus ovinus*, L. *Bull. Ent. Res.* 36:15-22.
229. White, G.G. (1987.): Effects of temperature and humidity on the rust-red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), in wheat grain. *Australian Journal of Zoology*, 35(1):43-59.
230. Yadava, S.R.S., Bhatnagar, K.N. (1987.): A preliminary study on the protection of stored cowpea grains against pulse beetle, by indigenous plant products. *Pesticides*, vol. 21, no. 8, pp. 25–29.
231. Yamamoto, I. (1999.): Nicotine to nicotinoids, in *Nicotinoid Insecticides and the Nicotinic Acetylcholine Receptor*, I. Yamamoto and J. E Casida, Eds., Springer, Tokoyo, Japan.
232. Yingjuan, Y., Wanlun, C., Changju, Y., Dong, X., Yanzhang, H. (2008.): Isolation and characterization of insecticidal activity of (Z)-asarone from *Acorus calamus* (L.). *Insect Science*, vol. 15, no. 3, pp. 229–236.
233. Zacher, F., Kunike, G. (1931.): Beiträge zur Kenntnis der Vorratsschädlinge. Untersuchungen über die insektizide Wirkung von Oxyden und Karbonaten. *Arb. Biol. Reichsanstalt* 18:201-231.
234. Zaidi, S.H. (1969.): *Experimental Pneumoconiosis*. John Hopkins Press, Baltimore.
235. Ziaee, M., Atapour, M., Marouf, A. (2016.): Insecticidal Efficacy of Iranian Diatomaceous Earths on Adults of *Oryzaephilus surinamensis*. *J. Agr. Sci. Tech.* 18, 361-370.
236. Ziaee, M., Moharramipour, S., Dadkhahipour, K. (2013.): Effect of particle size of two Iranian diatomaceous earth deposits and a commercial product on *Sitophilus granarius* (Col.: Dryophthoridae). *J. Entomol. Soc. Iran.* 33: 9-12.
237. Ziaee, M., Nikpay, A., Khashaveh, A. (2007.): Effect of oilseed type on the efficacy of Wave diatomaceous earth formulations against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Pest. Sci.* (2007) 80:199–204.
238. Zong, N., Wang, C. (2004.): Induction of nicotine in tobacco by herbivory and its relation to glucose oxidase activity in the labial gland of three noctuid caterpillars. *Chinese Science Bulletin*, vol. 49, no. 15, pp. 1596–1601.
-

239. Zoubiri, S., Baaliouamer, A. (2010.): Essential oil composition of *Coriandrum sativum* seed cultivated in Algeria as food grains protectant. Food Chemistry, 122. pp. 1226-1228.

7. SAŽETAK

Cilj istraživanja bio je utvrditi učinkovitost botaničkih insekticida u obliku prašiva i ekstrakta, inertnih prašiva te kombinacije botaničkih insekticida i inertnih prašiva u suzbijanju triju vrsta skladišnih kukaca: *Rhyzopertha dominica* (Fab.), *Sitophilus oryzae* (L.) i *Tribolium castaneum* (Herbst). Istraživanje je provedeno u laboratorijskim uvjetima nizom pokusa u staklenim posudama ispunjenim pšenicom te na različitim građevinskim površinama. Od biljnih vrsta i biljnih dijelova u istraživanju testirano je sljedeće: zrno uljane repice (*Brassica napus* L.), list velikog rosopasa (*Chelidonium majus* L.), zrno jednogodišnjeg suncokreta (*Helianthus annuus* L.), list vrtnog mažurana (*Origanum majorana* L.), cvijet i stabljika poljskog maka (*Papaver rhoeas* L.), cvijet carske paulovnije (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.), cvijet i list ljekovitog matičnjaka (*Melissa officinalis* L.), cvijet ljekovite kadulje (*Salvia officinalis* L.) i cvijet lavandina (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.). Od inertnih prašiva korišteni su depoziti hrvatskog porijekla s različitog područja i lokaliteta. S područja Banovine na lokalitetu Martinovići testiran je uzorak MR-10, s područja Slavonije (Psunj – Požeška gora) na lokalitetu Opatovac testiran je uzorak OP-4, dok su s područja Medvednica – Žumberak – Hrvatsko zagorje testirana četiri uzoraka s lokaliteta Jurjevčani (uzorak JU-1), Markuševac (uzorak MA-4) i Podsusedsko Dolje (uzorci PD-1 i D-01). Uz inertna prašiva hrvatskog porijekla obavljena su istraživanja registriranog inertnog prašiva na bazi dijatomejske zemlje – Celatom Mn-51[®]. Insekticidni učinak ovisio je o vrsti tretmana, dozi, ekspoziciji i vrsti tretiranog kukca. U prvom istraživanju testirana je insekticidna učinkovitost biljnih prašiva čiji je promjer čestica iznosio 150 μm na svim trima kukcima na pšenici u staklenim posudama. U drugom istraživanju testirana je insekticidna učinkovitost biljnih ekstrakata pri dozi od 0,2 l m⁻¹ na svim trima kukcima na četirima različitim vrstama površina: keramička, staklena, obrađena i neobrađena drvena površina. U trećem istraživanju testirana je insekticidna učinkovitost inertnih prašiva čiji je promjer čestica iznosio 45 μm na svim trima kukcima na pšenici u staklenim posudama. U sklopu trećeg istraživanja pratio se utjecaj inertnog prašiva na razvoj potomstva testiranih kukaca te utjecaj letalnih doza na promjenu hektolitarske mase pšenice. U okviru četvrtog istraživanja testirana je učinkovitost kombinacije botaničkih insekticida i inertnih prašiva, kao mješavina prašiva (kombinacija biljnog prašiva i inertnog prašiva) te kao ekstrakt prašivo (kombinacija biljnog ekstrakta i inertnog prašiva). Rezultati testiranih biljnih

prašiva na pšenici ukazuju da je zadovoljavajuće insekticidno djelovanje (91,0%) postignuto na *R. dominica* s prašivom *Lavandula x intermedia*, pri dozi od 8 000 mg kg⁻¹, dok kod ostalih vrsta kukaca nije zabilježen značajan mortalitet. Rezultati testiranih biljnih ekstrakta ukazuju da je najviši mortalitet testiranih kukaca postignut na staklenoj površini i to u tretmanu s *Lavandula x intermedia* postignut je mortalitet od 98,3% na *R. dominica*, u tretmanu s *H. annuus* postignut je mortalitet od 56,6% na *S. oryzae* te u tretmanu s *P. tomentosa* postignut je maksimalni mortalitet na *T. castaneum*. Rezultati testiranih inertnih prašiva ukazuju da je najviši mortalitet (90,0%) *R. dominica* postignut s inertnim prašivom Celatom Mn-51[®], kao i najviša inhibicija potomstva (99,19%), dok je najviši mortalitet (100,0%) na *S. oryzae* postignut s inertnim prašivima D-01, MA-4 i Celatom Mn-51[®], a potpuna inhibicija potomstva je postignuta u tretmanu s Celatom Mn-51[®]. Najviši mortalitet (100,0%) *T. castaneum* postignut je s inertnim prašivom Celatom Mn-51[®], a potpuna inhibicija potomstva postignuta je u tretmanima D-01, MA-4 i Celatom Mn-51[®]. Značajno smanjenje hektolitarske mase pšenice u odnosu na kontrolni tretman očitivalo se pri najvišim LD₉₀ dozama u tretmanima Celatom Mn-51[®], PD-1 i MR-10, dok ostale doze nisu značajno smanjile hektolitarsku masu. Rezultati testiranih mješavina prašiva ukazuju da je najviši mortalitet *R. dominica* (68,0%) postignut s kombinacijom Celatom Mn-51[®] i *Lavandula x intermedia* pri omjeru od 1:15 te je u istom tretmanu postignuta najviša inhibicija potomstva (93,83%). Rezultati testiranih ekstrakt prašiva ukazuju da nije postignut veći mortalitet *T. castaneum* s kombinacijom biljnog ekstrakta i inertnog prašiva u odnosu na samo inertno prašivo, osim u kombinaciji MA-4 i *P. rhoeas* pri omjeru 1:10. S obzirom na postignute rezultate inertna prašiva mogu se podijeliti u tri skupine: vrlo učinkovita prašiva – Celatom Mn-51[®], D-01 i MA-4; srednje učinkovita prašiva – PD-1 i JU-1; nisko učinkovita prašiva – OP-4 i MR-10. Ovu doktorsku disertaciju financirala je Hrvatska zaklada za znanost projekt IP-11-2013-5570.

8. SUMMARY

Plant substances and inert dusts – natural insecticide formulations in storage insect control

The aim of the research was to determine the efficacy of botanical insecticides as powders and extracts, inert dusts and combination of botanical insecticides and inert dusts in control of three storage insect species: *Rhyzopertha dominica* (Fab.), *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). The study was carried out in laboratory conditions through a series of experiments in glass containers filled with wheat and on various surfaces. Plant species and plant parts used in the study were the following: rape seeds (*Brassica napus* L.), greater celandine leaves (*Chelidonium majus* L.), sunflower seeds (*Helianthus annuus* L.), marjoram leaves (*Origanum majorana* L.), poppy flowers and stems (*Papaver rhoeas* L.), princess tree flowers (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud), lemon balm flowers and leaves (*Melissa officinalis* L.), sage flowers (*Salvia officinalis* L.) and lavender flowers (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.). Inert dusts of Croatian origin from different areas and localities were used in the study. From the area of Banovina from Martinovići locality the MR-10 sample was tested, from the area of Slavonia from Opatovac locality the sample OP-4 was tested. Four samples were tested from Jurjevčani locality (JU-1), Markuševac locality (MA-4) and Podsusedsko Dolje locality (PD-1 and D-01) respectively belonging to the area of Medvednica – Žumberak – Hrvatsko zagorje. Beside the inert dusts of Croatian origin, investigation of registered diatomaceous earth – Celatom Mn-51[®] were also performed. The insecticidal effect depended on type of treatment, dose, exposure and insect species. In the first study, insecticidal efficacy of plant powders with particle size of 150 µm were tested against all three insects in glass containers filled with wheat. In the second study, insecticidal efficacy of plant extracts with dose of 0.2 l m⁻¹ were tested against all three insects on four different surfaces: ceramic, glass, treated and untreated wood. In the third study, insecticidal efficacy of inert dusts with particle size of 45 µm were tested against all three insects in glass containers filled with wheat. As a part of the third study the influence of inert dusts was tested on development of progeny and the influence of lethal doses on test weight reduction was observed. In the fourth study, insecticidal efficacy of combination of botanicals and inert dusts were tested, as mixture of powders (combination of plant powders and inert dusts) and as extract powder

(combination of plant extracts and inert dusts). Results of tested plant powders on wheat indicate that satisfactory insecticidal activity (91.0%) was achieved only against *R. dominica* with *Lavandula x intermedia* at a dose of 8,000 mg kg⁻¹, while other powders against other insect species resulted with a low mortality rate. Results of tested plant extracts indicate that the highest mortality rate of all tested insects was achieved on glass surface. In the treatment with *Lavandula x intermedia* a mortality rate of 98.3% of *R. dominica* was achieved, while with *H. annuus* a mortality rate of 56.6% of *S. oryzae* was achieved. In the treatment with *P. tomentosa* maximum mortality of *T. castaneum* was achieved. Results of tested inert dusts showed that the highest mortality rate (90.0%) of *R. dominica* was achieved with Celatom Mn-51[®] as well as the highest inhibition of progeny (99.19%), while maximum mortality rate of *S. oryzae* was achieved with D-01, MA-4 and Celatom Mn-51[®], which also achieved a complete progeny inhibition. Maximum mortality rate of *T. castaneum* was achieved with Celatom Mn-51[®] and a complete progeny inhibition was achieved with D-01, MA-4 and Celatom Mn-51[®]. Significant reduction of test weight was observed at the highest LD₉₀ doses in treatments Celatom Mn-51[®], PD-1 and MR-10, while other lethal doses did not reduce test weight significantly. Results of tested mixture of plant powder and inert dust indicate that the highest mortality rate (68.0%) of *R. dominica* was achieved with combination of Celatom Mn-51[®] and *Lavandula x intermedia* at a 1:15 ratio and in the same treatment the highest progeny inhibition (93.83%) was also achieved. Results of mixture of plant extracts and inert dusts indicate that only the combination of MA-4 and poppy at a 1:10 ratio has achieved a higher mortality rate of *T. castaneum* than lone inert dusts. Given the results the tested inert dusts can be separated into three groups: highly effective dusts (Celatom Mn-51[®], MA-4 and D-01); medium effective dusts (PD-1 and JU-1); low effective dusts (OP-4 and MR-10). This doctoral dissertation was funded by the Croatian Science Foundation under the project IP-11-2013-5570.

9. PRILOG

| Redni broj | Naziv grafikona | Str. |
|-------------------|---|-------------|
| Grafikon 1. | Utjecaj letalnih doza ($LD_{50} - 300$ i 543 mg kg^{-1} ; $LD_{90} - 600$ i 986 mg kg^{-1}) inertnog prašiva D-01 na hektolitarsku masu pšenice | 77 |
| Grafikon 2. | Utjecaj letalnih doza ($LD_{50} - 372$ i 624 mg kg^{-1} ; $LD_{90} - 982$ i 1278 mg kg^{-1}) inertnog prašiva JU-1 na hektolitarsku masu pšenice | 78 |
| Grafikon 3. | Utjecaj letalnih doza ($LD_{50} - 233$ i 500 mg kg^{-1} ; $LD_{90} - 618$ i 939 mg kg^{-1}) inertnog prašiva MA-4 na hektolitarsku masu pšenice | 79 |
| Grafikon 4. | Utjecaj letalnih doza ($LD_{50} - 500$ i 694 mg kg^{-1} ; $LD_{90} - 800$ i 959 mg kg^{-1}) inertnog prašiva MR-10 na hektolitarsku masu pšenice | 80 |
| Grafikon 5. | Utjecaj letalnih doza ($LD_{50} - 366$ i 604 mg kg^{-1} ; $LD_{90} - 758$ i 946 mg kg^{-1}) inertnog prašiva Celatom Mn-51 [®] na hektolitarsku masu pšenice | 81 |
| Grafikon 6. | Utjecaj letalnih doza ($LD_{50} - 500 \text{ mg kg}^{-1}$; $LD_{90} - 900$ i $1\ 100 \text{ mg kg}^{-1}$) inertnog prašiva OP-4 na hektolitarsku masu pšenice | 82 |
| Grafikon 7. | Utjecaj letalnih doza ($LD_{50} - 392$ i 869 mg kg^{-1} ; $LD_{90} - 1\ 100$ i $1\ 640 \text{ mg kg}^{-1}$) inertnog prašiva PD-1 na hektolitarsku masu pšenice | 83 |

| Redni broj | Naziv slike | Str. |
|-------------------|--|-------------|
| Slika 1. | Sušenje cvjetova paulovnije pri laboratorijskim uvjetima | 20 |
| Slika 2. | Sedimenti skupljeni s lokaliteta Jurjevčani | 21 |
| Slika 3. | Uzorci inertnih prašiva hrvatskog porijekla | 21 |
| Slika 4. | <i>R. dominica</i> – imago | 27 |
| Slika 5. | <i>S. oryzae</i> – imago | 29 |
| Slika 6. | <i>T. castaneum</i> – imago | 30 |
| Slika 7. | Uzgojna podloga – pšenica | 31 |
| Slika 8. | Uzgojna podloga – brašno i kvasac | 32 |
| Slika 9. | Retsch PM 100 | 33 |
| Slika 10. | Cijedenje | 34 |
| Slika 11. | Miješanje ekstrakta | 34 |
| Slika 12. | Prosijavanje prašiva | 35 |
| Slika 13. | Biljni ekstrakti – kombinacija vodenog i alkoholnog ekstrakta u omjeru 1:1 | 35 |

| Redni broj | Naziv tablice | Str. |
|-------------------|---|-------------|
| Tablica 1. | Prikaz biljnih dijelova koji su korišteni u istraživanju | 19 |
| Tablica 2. | Prikaz uzoraka inertnih prašiva i pripadajućih lokaliteta | 21 |
| Tablica 3. | Fizikalne i kemijske vrijednosti dijatomejske zemlje Celatom Mn-51® (Halamić i Galović, 2015.) | 22 |
| Tablica 4. | Prikaz izmjerenih vrijednosti vlage, pH vrijednosti te sadržaj CaCO ₃ u analiziranim uzorcima inertnih prašiva (Halamić i Galović, 2015.) | 22 |
| Tablica 5. | Koncentracije (%) oksida i nekih elemenata u tragovima u uzorcima inertnih prašiva prema analitičkoj metodi XRF (Halamić i Galović, 2015.) | 23 |
| Tablica 6. | Kvalitativne i kvantitativne mineraloške analize uzoraka (tež. %) na temelju XRD (Izveštaj HGI, 2015.) | 24 |
| Tablica 7. | Prikaz omjera biljnih prašiva s vodom i alkoholom | 36 |
| Tablica 8. | Insekticidno djelovanje prašiva <i>P. tomentosa</i> , <i>Lavandula x intermedia</i> , <i>S. officinalis</i> i <i>M. officinalis</i> na <i>R. dominica</i> nakon 4., 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici | 40 |
| Tablica 9. | Insekticidno djelovanje prašiva <i>P. rhoeas</i> , <i>C. majus</i> i <i>O. majorana</i> na <i>R. dominica</i> nakon 4., 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici | 41 |
| Tablica 10. | Insekticidno djelovanje prašiva <i>P. tomentosa</i> , <i>Lavandula x intermedia</i> , <i>S. officinalis</i> i <i>M. officinalis</i> na <i>S. oryzae</i> nakon 4., 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici | 42 |
| Tablica 11. | Insekticidno djelovanje prašiva <i>P. rhoeas</i> , <i>C. majus</i> i <i>O. majorana</i> na <i>S. oryzae</i> nakon 4., 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici | 43 |
| Tablica 12. | Insekticidno djelovanje prašiva <i>P. tomentosa</i> , <i>Lavandula x intermedia</i> , <i>S. officinalis</i> i <i>M. officinalis</i> na <i>T. castaneum</i> nakon 4., 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici | 44 |
| Tablica 13. | Insekticidno djelovanje prašiva <i>P. rhoeas</i> , <i>C. majus</i> i <i>O. majorana</i> na <i>T. castaneum</i> nakon 4., 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici | 45 |
| Tablica 14. | Insekticidno djelovanje ekstrakata <i>H. annuus</i> , <i>B. napus</i> , <i>C. majus</i> i <i>O. majorana</i> na <i>R. dominica</i> nakon 4., 24. i 48. sata ekspozicije na četirima vrstama građevinskih površina | 48 |
| Tablica 15. | Insekticidno djelovanje ekstrakata <i>P. tomentosa</i> , <i>Lavandula x intermedia</i> , <i>S. officinalis</i> , <i>M. officinalis</i> i <i>P. rhoeas</i> na <i>R. dominica</i> nakon 4., 24. i 48. sata ekspozicije na četirima vrstama građevinskih površina | 49 |
| Tablica 16. | Insekticidno djelovanje ekstrakata <i>P. tomentosa</i> , <i>Lavandula x intermedia</i> , <i>S. officinalis</i> , <i>M. officinalis</i> i <i>P. rhoeas</i> na <i>S. oryzae</i> nakon 4., 24. i 48. sata ekspozicije na četirima vrstama građevinskih površina | 52 |
| Tablica 17. | Insekticidno djelovanje ekstrakata <i>H. annuus</i> , <i>B. napus</i> , <i>C. majus</i> i <i>O. majorana</i> na <i>S. oryzae</i> nakon 4., 24. i 48. sata ekspozicije na četirima vrstama građevinskih površina | 53 |
| Tablica 18. | Insekticidno djelovanje ekstrakata <i>P. tomentosa</i> , <i>Lavandula x intermedia</i> , <i>S. officinalis</i> , <i>M. officinalis</i> i <i>P. rhoeas</i> na <i>T. castaneum</i> nakon 4., 24. i 48. sata ekspozicije na četirima vrstama građevinskih površina | 56 |
| Tablica 19. | Insekticidno djelovanje ekstrakata <i>H. annuus</i> , <i>B. napus</i> , <i>C. majus</i> i <i>O. majorana</i> na <i>T. castaneum</i> nakon 4., 24. i 48. sata ekspozicije na četirima vrstama građevinskih površina | 57 |
| Tablica 20. | Insekticidno djelovanje inertnih prašiva D-01, MA-4 i Celatom Mn-51® na <i>R. dominica</i> nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici te utjecaj | 60 |

| | | |
|-------------|--|----|
| | inertnih prašiva na potomstvo | |
| Tablica 21. | Insekticidno djelovanje inertnih prašiva JU-1, MR-10, OP-4 i PD-1 na <i>R. dominica</i> nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici te utjecaj inertnih prašiva na razvoj potomstva | 61 |
| Tablica 22. | Insekticidno djelovanje inertnih prašiva D-01, MA-4 i Celatom Mn-51 [®] na <i>S. oryzae</i> nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici te utjecaj inertnih prašiva na razvoj potomstva | 64 |
| Tablica 23. | Insekticidno djelovanje inertnih prašiva JU-1, MR-10, OP-4 i PD-1 na <i>S. oryzae</i> nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici te utjecaj inertnih prašiva na razvoj potomstva | 65 |
| Tablica 24. | Insekticidno djelovanje inertnih prašiva D-01, MA-4 i Celatom Mn-51 [®] na <i>T. castaneum</i> nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici te utjecaj inertnih prašiva na razvoj potomstva | 68 |
| Tablica 25. | Insekticidno djelovanje inertnih prašiva JU-1, MR-10, OP-4 i PD-1 na <i>T. castaneum</i> nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici te utjecaj inertnih prašiva na razvoj potomstva | 69 |
| Tablica 26. | Insekticidno djelovanje mješavina prašiva pri dozi od 500 mg kg ⁻¹ na <i>R. dominica</i> nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo | 71 |
| Tablica 27. | Insekticidno djelovanje ekstrakt prašiva pri dozi od 300 mg kg ⁻¹ na <i>T. castaneum</i> nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo | 73 |
| Tablica 28. | Insekticidno djelovanje ekstrakt prašiva pri dozi od 600 mg kg ⁻¹ na <i>T. castaneum</i> nakon 7. i 14. dana ekspozicije na pšenici i njihov utjecaj na potomstvo | 75 |

ŽIVOTOPIS

Pavo Lucić, mag. ing. agr., rođen je 21. listopada 1987. godine u Vinkovcima. Državljanin je Republike Hrvatske, a materinji jezik mu je hrvatski te je aktivni govornik engleskog i njemačkog jezika. Između treće i desete godine života boravio je u SR Njemačkoj, gdje je pohađao prva tri razreda osnovne škole, koju je nastavio i završio u Županji. Godine 2006. uspješno završava opću gimnaziju u Županji i upisuje se na Poljoprivredni fakultet u Osijeku, gdje je 12. listopada 2009. godine stekao akademski naziv sveučilišni prvostupnik inženjer agronomije (univ. bacc. ing. agr.) i time stekao 180 ECTS. Uspješno obranivši diplomski rad 6. srpnja 2011. godine pod naslovom „Utjecaj ozimih postrnih usjeva na urod kukuruza kokičara u ekološkom ratarenju u 2009. godini“ stekao je akademski naziv magistar inženjer bilinogojstva (mag. ing. agr.) i time stekao 120 ECTS. Iste godine zasniva ugovor o radu u tvrtki Komunalac d.o.o. Županja. Na radnom mjestu inženjera hortikulture odradio je jednogodišnji pripravnički staž. Položivši fakultativni modul lovstvo i kinologija 2009. godine na preddiplomskom studiju, godine 2011. izdaje mu se lovačka diploma. Završio je Pedagoško-psihološko-didaktičko-metodičku izobrazbu 29. ožujka 2012. godine na Filozofskom fakultetu u Osijeku i time stekao 60 ECTS. U lipnju 2013. godine zapošljava se na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku kao asistent na Zavodu za zaštitu bilja pri Katedri za uskladištenje i tehnologije ratarskih proizvoda. Od lipnja 2013. do travnja 2015. godine bio je član projektnog tima dvogodišnjeg IPA projekta pod nazivom "Agriculture Contribution Towards Clean Environment and Healthy Food" (AGRI-CONTO-CLEEN). U srpnju 2013. godine stekao je ESOL Cambridge FCE diplomu. U siječnju 2014. godine upisuje se na poslijediplomski doktorski studij Poljoprivrednih znanosti smjer Zaštita bilja. Od srpnja 2014. do lipnja 2017. godine bio je suradnik na istraživačkom projektu Hrvatske zaklade za znanost pod nazivom "Development of new natural insecticide formulations based on inert dusts and botanicals to replace synthetic, conventional insecticides" (DIACROMIXPEST) IP-11-2013-5570 u sklopu kojeg su obavljena istraživanja doktorske disertacije. Od listopada 2015. godine obnaša funkciju predstavnika asistenata, poslijedoktoranada i znanstvenih novaka Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku te je član Fakultetskog vijeća. Od lipnja 2017. godine član je projektnog tima dvogodišnjeg IPA projekta pod nazivom "Implementation of cross-border joint actions toward environment protection in agriculture" (IMPACT-ENVI). Do sada je sudjelovao na šest (6) međunarodnih znanstvenih skupova na kojima je imao pet (5) usmenih prezentacija te pet (5) poster prezentacija. Objavio je kao autor ili suautor dva (2) znanstvena rada u kategoriji A1, pet (5) znanstvenih radova u kategoriji A2, devet (9) znanstvenih radova u kategoriji A3, jedanaest (11) znanstvenih radova u zborniku domaćeg znanstvenog skupa i sedam (7) sažetaka u zbornicima skupova.