

UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Goran G. Andrić

**OSETLJIVOST POPULACIJA KESTENJASTOG
BRAŠNARA, *Tribolium castaneum* (Herbst)
(Coleoptera: *Tenebrionidae*) NA SINTETISANE I
PRIRODNE INSEKTICIDE U INTERAKCIJI SA
EFEKTIMA EKSTREMNE TEMPERATURE**

doktorska disertacija

Beograd, 2012

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF AGRICULTURE

Goran G. Andrić

**SUSCEPTIBILITY OF RED FLOUR BEETLE,
Tribolium castaneum (Herbst) (Coleoptera:
Tenebrionidae) POPULATIONS TO SYNTHETIC
AND NATURAL INSECTICIDES IN INTERACTION
WITH EFFECTS OF EXTREME TEMPERATURE**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2012

Mentor

Dr Ibrahim Elezović, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

Članovi Komisije

Dr Petar Kljajić, viši naučni saradnik,
Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Beograd

Dr Radoslava Spasić, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

Dr Dušanka Inđić, redovni profesor,
Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet

Dr Radmila Almaši, redovni profesor,
Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet

Datum odbrane doktorske disertacije:

Ova doktorska disertacija urađena je u laboratorijama Instituta za pesticide i zaštitu životne sredine u Zemunu.

Najiskrenije se zahvaljujem mentoru prof. dr Ibrahimu Elezoviću, na stalnom podsticanju, dragocenoj pomoći i korisnim sugestijama tokom izrade ove disertacije.

Posebno se zahvaljujem dr Petru Kljajiću, višem naučnom saradniku Instituta za pesticide i zaštitu životne sredine, na nesebičnoj pomoći i usmeravanju u svim fazama izrade ove disertacije, kao i na ukazanom poverenju i izuzetnoj posvećenosti mom naučnoistraživačkom radu.

Veoma sam zahvalan prof. dr Radoslavi Spasić, prof. dr Dušanki Inđić, i prof. dr Radmili Almaši, na korisnim savetima i primedbama pri pisanju rada.

Najtoplije se zahvaljujem Jeleni Drči na stalnoj brizi oko gajenja insekata i na velikoj pomoći tokom postavljanja eksperimenata i očitavanja rezultata. Najsrdačnije se zahvaljujem na pomoći kolegini Marijani Pražić Golić.

Iskreno se zahvaljujem dr Milanu Adamoviću, naučnom savetniku Instituta za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, na pribavljanju, pripremi i karakterizaciji inertnih prašiva.

Zahvaljujem se Veljku Mrđenu, Životi Viškoviću, Ivanu Kočeviću i Višeslavu Jovanoviću koji su mi pomogli u prikupljanju populacija kestenjastog brašnara i time omogućili realizaciju predviđenog programa disertacije.

Mojim najdražim, majci Druginji, supruzi Dragani i sinu Vukoti, zahvaljujem se što su svojom velikom ljubavlju, pažnjom i razumevanjem učinili da istrajem.

U znak zahvalnosti za sve napore koje je učinila za mene tokom čitavog školovanja, ovu disertaciju posvećujem mojoj majci Druginji.

Autor

**Osetljivost populacija kestenjastog brašnjara, *Tribolium castaneum* (Herbst)
(Coleoptera: Tenebrionidae) na sintetisane i prirodne insekticide u interakciji sa
efektima ekstremne temperature**

Rezime

Ispitivana je toksičnost sintetisanih (kontaktinih) insekticida za adulte laboratorijske populacije *Tribolium castaneum* i osetljivost/rezistentnost populacija iz različitih skladišnih objekata. Parametri toksičnosti (LD parametri i *ld-p* linije) su utvrđivani posle mikroaplikacije insekticida: dihlorvosa, malationa, pirimifos-metila, hlörpirifos-metila, deltametrina i bifentrina i posle aplikacije insekticidnih preparata: malationa, pirimifos-metila, hlörpirifos-metila, deltametrina sa piperonil butoksidom, bifentrina, tiametoksama, spinosada i abamektina na pšenici u zrnu.

Utvrđivani su efekti prirodnih insekticida (inertnih prašiva) na bazi zeolita (Prirodni zeolit, Prirodni zeolit fine granulacije, Modifikovani prirodni zeolit) i diatomejske zemlje (DZ S-1, DZ S-2, Protect-It) pri različitim vlažnostima vazduha na adulte *T. castaneum* iz laboratorijske i populacija sa promenjenom osetljivošću na insekticide.

Utvrđivani su efekti ekstremne temperature od 50°C izlaganjem adulta *T. castaneum* iz laboratorijske populacije i rezistentnih populacija u brašnu i pšenici u zrnu. U interakciji sa subletalnim ekspozicijama (LT₂₅ i LT₅₀) na 50°C u pšenici u zrnu, utvrđivani su efekti LD₅₀ sintetisanih insekticida i inertnih prašiva (0,25 i 0,5 g/kg).

Mikroaplikacijom je utvrđeno da je deltametrin najtoksičniji insekticid za laboratorijsku populaciju, te populacije Nikinci i Jakovo. Za *T. castaneum* iz Nikinaca selekcionisane pirimifos-metilom najtoksičniji insekticid je hlörpirifos-metil, a za selekcionisane deltametrinom, pirimifos-metil. Malation je kod svih populacija ispoljio najslabiju toksičnost, a kod sedam od 12 populacija diskriminativna doza ovog insekticida je prouzrokovala smrtnost <85%. U pšenici u zrnu za adulte iz laboratorijske populacije, Jakova i Nikinaca selekcionisanih deltametrinom najtoksičniji insekticid je tiametoksam, a za adulte iz Nikinaca i Nikinaca selekcionisanih pirimifos-metilom, deltametrin sa piperonil butoksidom. Populacija Jakovo je razvila rezistentnost na malation, a populacija iz Nikinaca pored malationa ispoljava i rezistentnost na tiametoksam i abamektin.

Efikasnost inertnih prašiva zavisi od relativne vlažnosti vazduha i osobina prašiva (sadržaja SiO₂ i veličine čestica). Utvrđen je značajan insekticidni potencijal prašiva DZ S-1, DZ S-2 i Prirodni zeolit, dok je preparat Protect-It značajno efikasniji. Visoku efikasnost i redukciju potomstva prašiva su postigla posle 21 dana izlaganja. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u osetljivosti na diatomejsku zemlju između laboratorijske populacije i populacija iz Nikinaca i Kikinde koje ispoljavaju promenjenu osetljivost na malation.

Nisu utvrđene značajne razlike u delovanju ekstremne temperature 50°C u brašnu i pšenici u zrnu za brašnjare iz testiranih populacija. Sintetisani insekticidi značajno povećavaju efikasnost u interakciji sa 50°C, a najveći uticaj interakcije je utvrđen kod bifentrina, dok je kod tiametoksama i abamektina utvrđen najmanji uticaj. Preparat diatomejske zemlje značajno povećava efikasnost u interakciji sa 50°C, dok je kod drugih prašiva utvrđen slab uticaj interakcije na efikasnost.

Ključne reči: *T. castaneum*, sintetisani insekticidi, prirodni insekticidi, osetljivost/rezistentnost, efekti, ekstremna temperatura 50°C

Naučna oblast: biotehničke nauke

Uža naučna oblast: fitofarmacija

**Susceptibility of red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst)
(Coleoptera: Tenebrionidae) populations to synthetic and natural insecticides in
interaction with effects of extreme temperature**

Abstract

Toxicity of synthetic (contact) insecticides against adults of laboratory population of *Tribolium castaneum* and susceptibility/resistance of the populations from different storage facilities was studied. Toxicity parameters (LD parameters and *ld-p* lines) were determined after microapplication of the following insecticides: dichlorvos, malathion, pirimiphos-methyl, chlorpyrifos-methyl, deltamethrin and bifenthrin and after application of insecticide products: malathion, pirimiphos-methyl, chlorpyrifos-methyl, deltamethrin with piperonyl butoxide, bifenthrin, thiamethoxam, spinosad and abamectin on wheat grain.

Effects of natural insecticides (inert dust) based on zeolites (Natural zeolite, Fine granulated natural zeolite, Modified natural zeolite) and diatomaceous earth (DE S-1, DE S-2, Protect-It) against *T. castaneum* adults from laboratory population and populations with altered susceptibility to contact insecticides at different air humidity, were also determined.

Effects of extreme temperature of 50°C were evaluated by exposure of *T. castaneum* from laboratory population and resistant populations in flour and wheat grain. In interaction with sublethal exposures (LT₂₅ and LT₅₀) at 50°C in wheat grain, effects of LD₅₀ of synthetic insecticides and inert dusts (0,25 and 0,5 g/kg) were established.

Using microapplication, it was found that deltamethrin is the most toxic insecticide to laboratory population, and populations from Nikinci and Jakovo. The most toxic insecticide to *T. castaneum* populations from Nikinci selected with pirimiphos-methyl, was chlorpyrifos-methyl and to populations selected with deltamethrin, it was pirimiphos-methyl. In all populations, malathion expressed the lowest toxicity, and in seven out of 12 populations, discriminative dose of this insecticide caused mortality <85%. The most toxic insecticide in wheat grain to adults from laboratory and populations from Jakovo and Nikinci selected with deltamethrin was thiamethoxam, and to adults from Nikinci and adults from Nikinci selected with pirimiphos-methyl, it was deltamethrin with piperonyl butoxide. Population from Jakovo developed resistance to malathion while population from Nikinci, besides to malathion, showed resistance to thiamethoxam and abamectin.

Efficacy of inert dusts depends on relative air humidity and dust properties (SiO₂ content and particle size). A notable insecticidal potential of the dusts DE S-1, DE S-2 and Natural zeolite was found, while the product Protect-It had significantly higher efficacy. High efficacy and progeny reduction were obtained after 21-day exposure to inert dusts. No statistically significant differences in susceptibility to diatomaceous earth were found between laboratory population and populations from Nikinci and Kikinda which expressed altered susceptibility to malathion.

No statistically significant differences were found for effect of extreme temperature of 50°C in flour and wheat grain on *T. castaneum* from tested populations. Efficacy of synthetic insecticides was significantly increased in interaction with 50°C, and the strongest effect of interaction was established for bifenthrin, while for thiamethoxam and abamectin the effect was the weakest. Efficacy of diatomaceous earth product was significantly increased in interaction with 50°C, while weak impact of interaction on efficacy of other dusts was observed.

Keywords: *T. castaneum*, synthetic insecticides, natural insecticides, susceptibility/resistance, effects, extreme temperature 50°C

Scientific field: biotechnological sciences

Areas of expertise: phytopharmacy

SADRŽAJ:

1.	UVOD.....	1
2.	PREGLED LITERATURE	4
2.1.	Osetljivost/rezistentnost skladišnih insekata na sintetisane i prirodne insekticide.....	4
2.2.	Efekti ekstremnih temperatura u interakciji sa sintetisanim i prirodnim insekticidima na skladišne insekte.....	15
3.	MATERIJAL I METODE RADA.....	20
3.1.	Testirane populacije <i>Tribolium castaneum</i>	20
3.2.	Sintetisani i prirodni insekticidi korišćeni u eksperimentu.....	20
3.3.	Utvrđivanje toksičnosti sintetisanih insekticida	24
3.4.	Utvrđivanje efekata prirodnih insekticida.....	27
3.5.	Utvrđivanje efekata sintetisanih i prirodnih insekticida u interakciji sa ekstremnom temperaturom 50°C	28
3.6.	Obrada podataka.....	31
4.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	32
4.1.	Toksičnost sintetisanih insekticida posle mikroaplikacije.....	32
4.2.	Toksičnost sintetisanih insekticida posle aplikacije na pšenicu u zrnu	38
4.3.	Efekti prirodnih insekticida na adulte <i>T. castaneum</i>	47
4.3.1.	Efekti prirodnog zeolita i diatomejske zemlje u uslovima niže relativne vlažnosti vazduha	47
4.3.2.	Efekti prirodnog zeolita i diatomejske zemlje u uslovima povišene relativne vlažnosti vazduha.....	49
4.3.3.	Efekti diatomejske zemlje na populacije <i>T. castaneum</i> sa različitim osetljivošću na sintetisane insekticide.....	51
4.4.	Efekti sintetisanih i prirodnih insekticida u interakciji sa ekstremnom temperaturom 50°C na adulte <i>T. castaneum</i>	59
4.4.1.	Efekti temperature 50°C na adulte izlagane u brašnu i pšenici u zrnu	59
4.4.2.	Efekti sintetisanih insekticida u interakciji sa temperaturom 50°C na adulte <i>T. castaneum</i>	61
4.4.3.	Efekti prirodnih insekticida u interakciji sa temperaturom 50°C na adulte <i>T. castaneum</i>	65
5.	DISKUSIJA.....	70
5.1.	Osetljivost/rezistentnost <i>T. castaneum</i> na sintetisane insekticide posle mikroaplikacije.....	70
5.2.	Osetljivost/rezistentnost <i>T. castaneum</i> na sintetisane insekticide posle aplikacije na pšenicu u zrnu	72
5.3.	Efekti prirodnih insekticida na adulte <i>T. castaneum</i>	77
5.4.	Efekti ekstremne temperature 50°C na adulte <i>T. castaneum</i>	82
5.5.	Efekti sintetisanih insekticida u interakciji sa temperaturom 50°C na adulte <i>T. castaneum</i>	84

5.6. Efekti prirodnih insekticida u interakciji sa temperaturom 50°C na adulte <i>T. castaneum</i>	87
6. ZAKLJUČCI	90
7. LITERATURA	92
8. PRILOZI	104
9. BIOGRAFIJA AUTORA	119

1. UVOD

Osnovni zadatak svih koji su uključeni u posao skladištenja žita i drugih biljnih proizvoda je očuvanje kvaliteta i vrednosti robe, a težište upravljanja je premešteno sa proizvodnje na preradu i čuvanje proizvoda koje će konzumirati potrošači, gde se bezbednost hrane nameće kao najviši zahtev koji treba ispuniti (Reed, 2006; Kljajić i Andrić, 2010). Sa ciljem ostvarivanja ovih zadataka, savremena zaštita uskladištenih proizvoda je u potpunosti orijentisana na primenu koncepta integralne zaštite od štetočina (Integrated Pest Management – IPM). Ovaj koncept podrazumeva monitoring prisustva štetnih insekata i poznavanje njihove biologije, prirodnih neprijatelja, zatim unapređenje mera higijene, tehnologije skladištenja, ali i uravnoteženu primenu sintetisanih insekticida, gde se posebno ističe značaj primene prirodnih insekticida (inertnih prašiva) i ekstremnih temperatura, kao alternativu dominirajućoj primeni sintetisanih insekticida (Hagstrum i Flin, 1996; Reichmuth, 1996; Kljajić, 2008).

Kestenjasti brašnar, *Tribolium castaneum* (Herbst), pripada porodici tzv. mrkih buba, Tenebrionidae, i redu tvrdokrilaca, Coleoptera. Kosmopolitska je vrsta i jedna od najzastupljenijih u skladištima u svetu, posebno u mlinovima, koja u povoljnim uslovima (npr. tropskim) ima najbrže razviće (Ress, 1996, 2004). U Srbiji je kestenjasti brašnar široko rasprostranjen, tako da se može naći u skladištima, silosima, mlinovima i magacinima brašna, kao i u pogonima za proizvodnju hrane (Almaši, 2008). Kestenjasti brašnar se svrstava u sekundarne štetočine jer generalno ne može da ošteti cela zrna, mada u uslovima visoke vlažnosti supstrata može prouzročiti značajne štete i na celim zrnima (Hill, 1990). Masovna pojava i velike štete od kestenjastog brašnara su kod nas zabeležene 60-ih godina prošlog veka na uskladištenom suncokretu (Stojanović, 1972).

Kontaktne insekticide se koriste za tretman skladišnog prostora i/ili direktan tretman proizvoda obezbeđujući dugotrajnu zaštitu od skladišnih insekata, uključujući i *T. castaneum*. Iako se izbor insekticida za ovu namenu vremenom menjao, i danas se u svetu najviše koriste jedinjenja iz grupe organofosfata i piretroida (White i Leesch, 1996; Tomlin 2009), a u Srbiji je za ovu namenu registrovano 12 preparata na bazi četiri aktivne materije: dihlorvos, malation, pirimifos-metil i deltametrin (Kljajić, 2008; Janjić i Elezović, 2010).

Poznato je da je promenjena osetljivost/rezistentnost skladišnih insekata na kontaktne insekticide najznačajniji ograničavajući faktor njihove primene, jer se pored izostanka efekata

suzbijanja povećavaju količine primene što dovodi do negativnog uticaja na kvalitet hrane, zdravlje ljudi i životnu sredinu (Subramanyam i Hagstrum, 1996; Kljajić i Perić, 2005). Osim rezultata koje su publikovali Kljajić i Perić (2006, 2007) o rezistentnosti *Sitophilus granarius* (L.) na kontaktne insekticide, skoro i da nema podataka za druge skladišne insekte na prostoru bivše Jugoslavije. Ovde je važno istaći da je na osnovu analize koju je 1987. godine objavio Akcioni komitet za rezistentnost na insekticide i akaricide (IRAC) po potencijalu razvoja rezistentnosti na organohlorovane, organofosfatne insekticide i fosfin, *T. castaneum* svrstan u prvu kategoriju (Perić, 1990). Jedan od načina upravljanja problemom rezistentnosti skladišnih insekata na insekticide je uvođenje u primenu novih insekticida sa drugačijim mehanizmima delovanja. Istraživanja su pokazala da su u poređenju sa do sada korišćenim insekticidima neonikotinoid tiametoksam i sintetisani prirodni insekticidi spinosad i abamektin, dovoljno efektivni (Fang i sar., 2002; Arthur i sar., 2004; Daglish i Nayak, 2006; Kavallieratos i sar., 2009). Pored ispitivanja efekata novih insekticida, u svetu se poslednjih godina intenzivno ispituju i potencijali različitih alternativnih mera i metoda suzbijanja skladišnih insekata, među kojima najveći praktičan značaj imaju prirodni insekticidi, odnosno inertna prašiva i ekstremne temperature (visoke i niske), jer u odnosu na sintetisane insekticide imaju potpuno drugačiji način delovanja.

Prašiva, kao što su diatomejska zemlja (DZ) i zeolit, su prirodni materijali koji u različitim uslovima ispoljavaju veći ili manji insekticidni potencijal, imaju povoljne toksikološke i ekotoksikološke karakteristike i neznatno utiču na kvalitet tretiranih proizvoda. Od svih prašiva kao prirodnih insekticida DZ za sada ima najveći značaj i praktično se primenjuje u velikom broju zemalja, dok u Srbiji za ove namene nije registrovan nijedan preparat (Ebeling, 1971; Fields i Muir 1996; Golob, 1997; Korunić, 1997, 1998; Subramanyam i Roesli, 2000; Kljajić, 2008; Kljajić i sar., 2010). Važno je istaći da rezultati poslednjih istraživanja pokazuju da prirodni zeolit i DZ iz Srbije ispoljavaju značajan insekticidni potencijal na više vrsta skladišnih insekata, uključujući i kestenjastog brašnara (Kljajić i sar., 2009, 2011; Andrić i sar., 2012).

Od ekstremnih temperatura danas se najviše koristi temperatura 50°C, jer je konstatovano da je visokoefektivna za insekte pri kratkim intervalima izlaganja, da ne oštećuje tretirane proizvode i da se njenom primenom postiže najpovoljniji odnos utrošene energije i ostvarene efikasnosti. Danas, u svetu, uduvavanje toplog vazduha temperature 50°C najveću primenu ima u mlinovima i skladištima brašna (Fields, 1992; Beckett i Morton, 2003;

Mahroof i sar., 2003a, 2003b; Arthur, 2006). Poslednjih godina značajna pažnja se posvećuje mogućnostima primene visokih temperatura u interakciji sa kontaktnim insekticidima (Arthur i Dowdy, 2003; Wijayaratne i sar., 2010) i inertnim prašivima (Dowdy, 1999; Dowdy i Fields, 2002), kao značajno efikasnijom i jeftinijom merom u odnosu na njihove pojedinačne efekte.

Cilj istraživanja u ovom radu je da se mikroaplikacijom insekticida i aplikacijom na pšenicu u zrnu utvrde parametri toksičnosti (LD parametri i *ld-p* linije) za adulte laboratorijske populacije i nivoi osetljivosti/rezistentnosti prikupljenih populacija kestenjastog brašnara iz skladišta u Srbiji. Ispitivanjem efekata prirodnog zeolita i diatomejske zemlje poreklom iz Srbije i poređenjem sa efektima preparata na bazi diatomejske zemlje, cilj je da se utvrdi njihov insekticidni potencijal i mogućnost praktične primene. Takođe, namera je da se ispituju i efekti temperature 50°C, primenjene samostalno ili u interakciji sa insekticidima za različite populacije kestenjastog brašnara. Sagledavanjem svih dobijenih rezultata će se dobiti neophodna saznanja o optimizaciji primene sintetisanih i mogućoj upotrebi novih, prirodnih, insekticida, kao važnih mera za ublažavanje problema rezistentnosti i unapređenje kvaliteta i bezbednosti hrane.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Osetljivost/rezistentnost skladišnih insekata na sintetisane i prirodne insekticide

Generalno, rezistentnost je urođena sposobnost određenog broja jedinki neke vrste da preživi dozu neke supstance koja je letalna za većinu jedinki iz normalno osetljive populacije. Kod insekata u jednoj populaciji najveći broj jedinki ($\geq 95\%$) je osetljiv na insekticide, dok samo nekoliko jedinki ima gen za rezistentnost. Jedinke koje prežive tretman insekticidima ukrštaju se sa drugim rezistentnim ili osetljivim jedinkama, što rezultira stvaranjem različitih varijanti genotipa od potpuno osetljivih SS (homozigotni osetljivi genotip) do potpuno rezistentnih RR (homozigotni rezistentni genotip) ili njihovih kombinacija RS i SR (heterozigotni rezistentni genotip). Relativni odnos RR, RS i SS genotipova u populaciji insekata zavisi od selekcionog pritiska primenjenih insekticida, koji u funkciji vremena smanjuju procenat SS genotipa i dovode do potpune dominacije RS i RR genotipova (Subramanyam i Hagstrum, 1996).

Perić (1987) je istakao da je za sprečavanje i usporavanje razvoja rezistentnosti štetnih insekata na insekticide važno poznavanje genetskih i fiziološko-biohemijskih osnova rezistentnosi, uloge ekoloških faktora i posebno značaja izbora i pravilne primene insekticida. Subramanyam i Hagstrum (1996) su izdvojili nekoliko mehanizama pomoću kojih rezistentni insekti detoksikuju insekticide. Kod organofosfata detoksikacija se odvija aktiviranjem enzima multifunkcionalnih oksidaza, hidrolaza i transferaza. Multifunkcionalne oksidaze takođe učestvuju u detoksikaciji piretroida i karbamata. S druge strane, smanjena penetracija i transport insekticida do mesta delovanja, neosetljivost mesta delovanja i ekskrecija utiču na razvoj rezistentnosti. Promene u ponašanju insekata izazvane primenom insekticida takođe utiču na razvoj rezistentnosti

Krajem 60-ih godina prošlog veka, samo nekoliko godina od uvođenja malationa u primenu, objavljeni su prvi rezultati o promeni osetljivosti *T. castaneum* na ovaj insekticid i do tada intenzivno korišćen lindan u Australiji, jugoistočnoj Aziji, zemljama podsaharske Afrike i Velikoj Britaniji (Champ i Campbell-Brown, 1969; Dyte i Blackman, 1970; Bhatia i Pradhan, 1971). Speirs i Zettler (1969) su pratili razvoj rezistentnosti kod populacija *T. castaneum* na malation i posle četiri godine primene malationa konstatovali 8,8 puta viši nivo rezistentnosti u odnosu na početak istraživanja. Uviđajući značaj i negativne posledice koje iz

toga proizilaze, FAO je na nivou sveta tokom 1972. i 1973. godine finansirao projekat za utvrđivanje rezistentnosti skladišnih insekata. Prema podacima prezentovanim u toj studiji kod 87% ispitivanih populacija *T. castaneum* je utvrđena promenjena osetljivost na malation (Champ i Dyte, 1976).

Loyd i Ruczkowski (1980) su topikalnom aplikacijom utvrđivali toksičnost permetrina i osam sintetisanih piretroida kod tri populacije *T. castaneum* (laboratorijska, rezistentna na malation i rezistentna na više organofosfata). Populacija rezistentna na malation nije pokazivala ukrštenu rezistentnost na piretroide. Međutim, jedinke iz populacije rezistentne na više organofosfata ispoljile su ukrštenu rezistentnost na piretrin (FR=34,0) i sintetisane piretroide resmetrin (FR=2,2), bioresmetrin (FR=3,3) i fenotrin (FR=4,0). U cilju povećanja preciznosti rezultata autori predlažu da se ocena toksičnosti piretroida vrši posle 15-20 dana, jer su tek tada letalni efekti stabilni, a jedinke iz knockdown-a se oporave ili uginu.

Haliscak i Beeman (1983) su aplikacijom diskriminativnih doza malationa na filter papir utvrđivali status rezistentnosti kod 100 populacija skladišnih tvrdokrilaca prikupljenih iz individualnih skladišta žita u SAD. Od 36 testiranih populacija *T. castaneum*, 31 je bila rezistentna na ovo jedinjenje. Kod 15 populacija kod kojih je utvrđena smrtnost u rasponu 0-62% urađena je jedna selekcija sa diskriminativnom dozom malationa, posle čega je kod 14 populacija FR bio >20, a kod jedne populacije >83. Utvrđena rezistentnost na malation kod *T. castaneum* je specifična, jer je dodavanjem sinergiste trifenilfosfata kod većine populacija diskriminativna doza malationa prouzrokovala smrtnost 100%.

Halliday i sar. (1988) su metodom mikroaplikacije ispitivali efekte diskriminativnih doza malationa, dihlorvosa, pirimifos-metila, hlorporifos-metila i sinergizovanog piretrina kod više populacija *T. castaneum* prikupljenih iz skladišnih objekata sa kikirikijem u Džordžiji i Alabami. Kod 12 od 15 ispitivanih populacija diskriminativna doza malationa je prouzrokovala smrtnost <10%, dok su diskriminativne doze pirimifos-metila i sinergizovanog piretrina prouzrokovale smrtnost u rasponu 95-100%, a hlorporifos-metila 100%. Dihlorvos je prouzrokovao smrtnost u rasponu 94-100%, osim kod jedne populacije gde je prouzrokovao 66%. Rezultati su pokazali da je kod testiranih populacija izražena visoka rezistentnost na malation i kod jedne populacije na dihlorvos. Aplikacijom malationa sa sinergistima ostvarena je 100% smrtnost kod svih rezistentnih populacija, što ukazuje da je u pitanju specifična rezistentnost na malation i da su za njegovu detoksikaciju odgovorani enzimi karboksilesteraze.

Subramanyam i sar. (1989) su na filter papiru pomoću diskriminativnih doza malationa, pirimifos-metila i hlorspirifos-metila ispitivali osetljivost populacija *T. castaneum* i *Oryzephilus surinamensis* (L.), prikupljenih iz skladišta ječma u Minesoti. Kod svih testiranih populacija *T. castaneum* je utvrđena rezistentnost na malation, koja nije bila ukrštena sa pirimifos-metilom i hlorspirifos-metilom. Slične konstatacije su izneli i Zettler i Cuperus (1990), koji su mikroaplikacijom diskriminativnih doza malationa i hlorspirifos-metila kod svih testiranih populacija *T. castaneum* iz skladišta pšenice u Oklahomi utvrdili rezistentnost na malation koja nije bila ukrštena sa hlorspirifos-metilom.

Collins (1990) je posle 26 dana od aplikacije vodenih razblaženja insekticida na pšenicu u znu utvrđivao parametre toksičnosti šest organofosfata i piretroida i jednog karbamata kod tri populacije *T. castaneum*. Kod populacije koja je više godina selekcionisana sa ciflutrinom (α -CN piretroid) dodavanjem 2 mg/kg supstrata utvrđena je multirezistentnost. Najveći nivoi rezistentnosti su utvrđeni za α -CN piretroide ciflutin, cihalotrin, cipermetrin i deltamtrin (270, 310, 130 i 950), dok je nivo rezistentnosti na permetrin bio dosta manji (21). Kod jedinki ove populacije faktori rezistentnosti na organofosfate su bili značajno manji, u rasponu 1,7-8,2, osim za malation gde je faktor rezistentnosti iznosio 15. Dodavanjem sinergista piperonil butoksida faktori rezistentnosti za ove piretroide su bili i dalje visoki, pa je za suzbijanje ove populacije predloženo korišćenje organofosfata, osim malationa i fenitrotona.

Zettler (1991) je mikroaplikacijom diskriminativnih doza testirao osetljivost populacija *T. castaneum* i *Tribolium confusum* Jacquelin du Val, prikupljenih iz mlinova u SAD, na malation, dihlorvos, hlorspirifos-metil, sinergizovani piretrin i resmetrin. Od 28 testiranih populacija *T. castaneum*, 93% je bilo rezistentno na malation, 64% na dihlorvos, 36% na hlorspirifos-metil, a nije utvrđena rezistentnost na piretroide piretrin i resmetrin. Generalno, kod *T. castaneum* je utvrđena značajno viša rezistentnost nego kod *T. confusum*, a dobijene vrednosti letalnih efekata ukazuju da se u ispitivanim regionima malation ne može koristiti za suzbijanje brašnara.

Arthur i Zettler (1991) su ispitivali efekte diskriminativne doze malationa metodom mikroaplikacije i rezidualnost malationa na metalu i drvetu kod osetljivih i rezistentnih populacija *T. castaneum* i *T. confusum*. Već posle sedam dana je kod svih rezistentnih populacija *T. castaneum* utvrđena niska efikasnost malationa, i zaključeno je da ne postoji korelaciona zavisnost između diskriminativnih doza i rezidualnih efekata. U kasnijim

istraživanjima Zettler i Arthur (1997) su mikroaplikacijom ispitivali osetljivost 14 populacija *T. castaneum* i 10 populacija *T. confusum* iz mlinova na malation i dihlorvos, i utvrdili rezistentnost svih populacija *T. castaneum* na dihlorvos i, posebno, na malation (najveći faktor rezistentnosti FR=29081). Na osnovu dobijenih rezultata ovi istraživači su zaključili da postoji pozitivna korelacija između preživljavanja insekata izlaganih diskriminativnim dozama insekticida i dobijenih letalnih parametara.

Sa ciljem predviđanja daljeg razvoja rezistentnosti u praktičnim uslovima Brown i Payne (1988) predlažu selekciju insekticidima u laboratrijskim uslovima kod prikupljenih populacija insekata. Ovi autori predlažu selekciju sa dozom koja prouzrokuje smrtnost $\geq 80\%$ u trajanju od šest generacija kako bi se izdvojili geni rezistentnosti. Međutim, u zavisnosti od genetskog potencijala prikupljenih populacija insekata dovoljne su i tri selekcije ili jedna ovakva selekcija da se uoče promene u toksičnosti insekticida.

Kljajić i Perić (2007) su kod prikupljenih populacija *S. granarius* utvrđivali toksičnost šest kontaktnih insekticida posle selekcije pirimifos-metilom i deltametrinom. Kod žižaka iz Apatina posle tri selekcije sa LD₅₀ deltametrina na nivou LD₅₀ i LD₉₅ značajno su povećani faktori rezistentnosti na ovaj insekticid sa početnih 7,0 i 7,3 na 32,1 i 51,9. Kod žižaka iz Luke Beograd samo jedna selekcija sa LD₇₀ pirimifos-metila nije značajno uticala na promenu toksičnosti pirimifos-metila, ali je uslovila značajno manju osetljivost na deltametrin sa FR 5,8 i 5,0 (na nivou LD₅₀ i LD₉₅) pre selekcije na FR 18,8 i 15,2 posle selekcije, što je pokazatelj ukrštene rezistentnosti između ovih jedinjenja.

Poređenjem biološkog potencijala (fekunditet i vreme razvića) kod osetljive, rezistentne na malation i hibridne (ukrštene) populacije *T. castaneum*, Haubruge i Arnaud (2001) su konstatovali 8-23% veći biološki potencijal kod rezistentne populacije. Utvrđeno je da selekcija malationom tokom 10 generacija i mehanizam rezistentnosti ne utiče negativno na fitnes karakteristike. Autori su zaključili da je rezistentnost na malation veoma stabilna uzimajući u obzir „genetsku prošlost“ i biološki potencijal i da je prisutna kod većine populacija *T. castaneum* u svetu.

White i Leesch (1996) ukazuju da se u svetu od sintetisanih insekticida za suzbijanje skladišnih insekata najviše koriste jedinjenja iz grupa organofosfata i piretroida i da se, u zavisnosti od potreba neke zemlje, pre svega tržišta, vrši odabir aktivnih materija za primenu. Poslednji podaci (Tomlin, 2009) takođe potvrđuju ovu konstataciju. S obzirom da su u primeni uglavnom jedinjenja iz ovih grupa i u uslovima praktične primene se odvija jedan

oblik selekcije. Poseban problem može da predstavlja razvoj multirezistentnih populacija skladišnih insekata, na šta upozoravaju i rezultati Kljajića i Perića (2007).

Sa ciljem da se proširi izbor jedinjenja iz različitih grupa insekticida, kao i da se prevaziđu problemi u primeni organofosfata i piretroida, poslednjih godina se sve više ispitivaju efekti novijih sintetisanih insekticida kao što su, na primer, jedinjenja iz grupe neonikotinoida (tiametoksam i imidakloprid), kao i sintetisanih prirodnih insekticida spinosada i abamektina (Arthur i sar., 2004; Subramanyam, 2006; Kljajić, 2008; Kavallieratos i sar., 2009; Andrić i sar., 2011).

Prve obimnije rezultate o efektima nenikotinoida (tiametoksama) na skladišne insekte saopštili su Arthur i sar. (2004). Ovi istraživači su utvrdili da je posle tri dana izlaganja najveća efikasnost tiametoksama u kukuruzu kod *Sitophilus zeamais* (Motsch.), a u pšenici kod *Rhizopertha dominica* (F.), dok je u oba supstrata najmanja efikasnost utvrđena kod *T. castaneum*. Posle šest dana utvrđena je efikasnost u rasponu 90-100% kod svih insekata u kukuruzu i pšenici tretiranoj dozama 2 i 4 ppm, osim kod *T. castaneum*. Visoka efikasnost (>95%) tiametoksama kod *T. castaneum* je utvrđena samo posle šest dana izlaganja u pšenici tretiranoj dozom 4 ppm. Interesantno je da su u odnosu na druge test-insekte, kod *T. castaneum* dužina izlaganja i temperatura najznačajnije uticali na povećanje efikasnosti.

Nayak i Daglish (2006) su ispitali efekte imidakloprida (0,5-10 mg/kg) na više vrsta skladišnih insekata iz roda *Liposcelis* u tretiranoj pšenici u zrnu. Rezultati istraživanja su pokazali da se visoka efikasnost (>95%) imidakloprida kod *Liposcelis bostrychophila* (Badonnel) postiže sa 1 mg, kod *L. decolor* i *L. entomophila* sa 2 mg i kod *L. paeta* sa 5 mg a.m./kg pšenice. Autori su zaključili da se, za razliku od drugih registrovanih insekticida koji to ne mogu, imidakloprid može uspešno koristiti za suzbijanje sve četiri vrste iz roda *Liposcelis*.

Spinosad je prirodni produkt fermentacije zemljišne aktinomicete *Saccharopolyspora spinosa* (Mertz i Yao). Registrovan je za suzbijanje velikog broja insekata iz redova Lepidoptera, Diptera, Thysanoptera i Coleoptera, u više od 100 useva i zasada. Ovaj insekticid ispoljava i visok insekticidni potencijal za suzbijanje skladišnih insekata. Od 2005. godine u SAD, Australiji i nekim zemljama u Africi ima dozvolu za primenu u skladištima u količini 1 mg a.m./kg (Subramanyam, 2006). Sublimirajući dosadašnje rezultate istraživanja Hertlein i sar. (2011) konstatuju da je na spinosad od skladišnih insekata najosetljivija *R. dominica*, čak i rezistentne populacije ove vrste su veoma osetljive, *Sitophilus oryzae* (L.) je

značajno manje osetljiv, dok su vrste iz roda *Tribolium*, a naročito *T. castaneum* najmanje osetljive.

Dosadašnji rezultati o efikasnosti spinosada za adulte *T. castaneum* su dosta neujednačeni pa se teško mogu izvući pravilni zaključci. Huang i Subramanyam (2007) su kod *T. castaneum* posle 12 dana u pšenici tretiranoj dozama 1 i 2 mg/kg spinosada utvrdili smrtnost 84 i 98,4%. S druge strane, Toews i Subramanyam (2003) su posle 14 dana u celim zrnima i lomljenoj pšenici utvrdili veoma nisku efikasnost spinosada primenjenog u dozama 0,1 i 1 mg/kg. Takođe, Fang i sar. (2002) su u različitim varijetetima pšenice (tvrda i meka) utvrdili nisku efikasnost spinosada u količini 1 mg/kg. Posle sedam i 14 dana izlaganja efikasnost spinosada u tvrdoj pšenici je bila 46,4 i 54,7%, dok je u tri sorte meke pšenice efikasnost bila u rasponu 0-7,8% i 1,6-11,2%.

Malo je publikovanih rezultata o osetljivosti prikupljenih ili rezistentnih populacija skladišnih insekata na spinosad. Fangeng i sar. (2004) su ispitivali toksičnost spinosada u tretiranoj pšenici za laboratorijske i prikupljene populacije *Plodia interpunctella* (Hubner), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens), *R. dominica* i *T. castaneum*. Samo kod prikupljenih populacija *R. dominica* nisu utvrđene razlike u vrednostima LD parametara, dok su najveće razlike utvrđene kod populacija *T. castaneum*. Toksičnost spinosada na nivou LD₅₀ kod laboratorijske populacije je bila 1,10, kod populacije iz Abilene 5,31, a kod populacije Morganville 8,33 mg/kg. Nayak i sar. (2005) su ispitivali efikasnost spinosada (0,1-1,0 mg/kg) za više osetljivih i rezistentnih populacija skladišnih insekata. Kod svih testiranih populacija *R. dominica*, bez obzira na nivo rezistentnosti na organofosfate i piretroide, spinosad je već posle sedam dana ispoljio visoku efikasnost. Međutim, uočene su značajne razlike u efikasnosti spinosada kod osetljive i na malation rezistentne populacije *S. oryzae*. Sa druge strane, efikasnost spinosada je kod osetljive i populacije *T. castaneum* rezistentne na malation i resmetrin i posle 14 dana bila <1% pa nije bilo moguće utvrditi razlike. Andrić i sar. (2011) su testirali efikasnost spinosada (0,25-2,0 mg/kg) za laboratorijsku i pet populacija *S. oryzae* prikupljenih iz skladišta u Srbiji. U odnosu na laboratorijsku populaciju nisu utvrđene razlike u efikasnosti spinosada kod prikupljenih populacija, osim kod populacije iz Šida, gde je utvrđena niža redukcija potomstva.

Abamektin je insekticid iz grupe avermektina, sintetiše se iz prirodnih produkata fermentacije zemljišne bakterije *Streptomyces avermitilis* (Kim i Godfellow) i koristi se u zaštiti velikog broja gajenih biljaka od štetnih insekata i grinja (Tomlin, 2009). Iako su

dosadašnja istraživanja pokazala da abamektin ispoljava visoku efektivnost u suzbijanju skladišnih insekata, za sada nijedan preparat nije registrovan za primenu u skladišnim objektima (Andrić i sar., 2011).

Campos i Phillips (2010) su ispitivali efekte kratkotrajnog izlaganja (dve sekunde) mužjaka u Petri posudama tretiranim različitim insekticidima (ukupno 13) na fekunditet kod netretiranih ženki *P. interpunctella*. Izlaganjem mužjaka u posudama tretiranim vodenim razblaženjem abamektina (2 g a.m./L) smanjeno je polaganje jaja ženki za 68%. Sličan procenat inhibicije postigli su malation, hlorspirifos-metil i dihlorvos ali sa 11, 7 i 7 puta većom koncentracijom. Kavallieratos i sar. (2009) su u tretiranoj pšenici utvrdili visoku efikasnost (>95%) abamektina primenjenog u količini 0,5 i 1,0 mg/kg za adulte *S. oryzae* i *R. dominica* posle 14 dana i 1,0 mg/kg abamektina za adulte *T. castaneum* posle 21 dana izlaganja. Andrić i sar. (2011) su u pšenici tretiranoj 1,0 mg/kg abamektina utvrdili visoku efikasnost i inhibiciju potomstva kod laboratorijske i pet populacija *S. oryzae* iz Srbije.

Rezistentnost skladišnih insekata, štetni ostaci insekticida u hrani i zagađenje životne sredine su samo neki od problema koji prate primenu sintetisanih insekticida. U cilju prevazilaženja ovih problema, kao i unapređenja bezbednosti hrane sve više se ispituju potencijali primene prirodnih insekticida kao što su: inertna prašiva, biljni produkti i mikroorganizmi. Od svih prirodnih insekticida, za sada, najveći insekticidni potencijal i mogućnost praktične primene imaju inertna prašiva.

Inertna prašiva, ranije opisana kao sorptivna prašiva (Ebeling, 1971), su materijali prirodnog porekla čije je insekticidno delovanje bilo poznato još u doba drevnih civilizacija. Međutim, tek su u poslednjih dvadeset godina postala predmet značajnijih istraživanja zbog potencijalne komercijalne primene (Golob, 1997; Korunić, 1998; Subramanyam i Roesli, 2000).

Inertna prašiva se po karakteristikama mogu podeliti u četiri grupe: 1) ova grupa obuhvata: glinu, pesak, pepeo nastao spaljivanjem različitih biljaka i vulkansku prašinu, i ima dugu tradiciju primene u zemljama Azije i Afrike, 2) u ovu grupu se ubrajaju minerali kao što su dolomit, magnezit, kalcijum-karbonat i razni fosfati, ali se zbog velike količine primene (>10 g/kg) više ne koriste za tretman uskladištenih proizvoda, 3) prašiva koja sadrže sintetičke silikate i 4) prašiva koja sadrže prirodne silikate, gde spadaju diatomejska zemlja i prirodni zeolit. Od svih inertnih prašiva DZ ima najveći praktični značaj i u mnogim

zemljama je sastavni deo programa zaštite uskladištenih proizvoda od štetnih insekata (Subramanyam i Roesli, 2000).

Dijatomejsku zemlju i druga inertna prašiva odlikuju veoma niska toksičnost za sisare (oralno LD₅₀ za pacove >5000 mg/kg) i da ne utiču negativno na životnu sredinu. Direktno se primenjuju za tretman uskladištenih proizvoda i/ili prostora korišćenjem opreme za praškaste formulacije kontaktnih insekticida, ne zahtevaju dodatne postupke za odstranjivanje iz tretiranih proizvoda, nema štetnih rezidua u hrani i najčešće značajnije ne utiču na kvalitet tretiranih proizvoda (Golob, 1997; Korunić i sar., 1996, 1998).

U poređenju sa sintetisanim insekticidima inertna prašiva značajno sporije deluju, a uginuće skladišnih insekata nastaje usled: 1) blokiranja disajnih otvora, 2) gubitka vode zbog oštećenja kutikule, 3) vezivanja vode iz kutikule, 4) gušenja usled unošenja sitnijih delova čestica i 5) vezivanja lipida iz epikutikularnog sloja. Važno je istaći, da se zbog nezavisnog delovanja ovih materija od metaboličkih funkcija insekata smatra da nije moguća pojava rezistentnosti kod insekata (Ebeling, 1971; Korunić, 1998).

Skladišni insekti ispoljavaju različitu osetljivost na inertna prašiva što je uslovljeno morfološkim, fiziološkim i ekološkim osobinama svake vrste. Sve karakteristike insekata koje utiču na efikasnost prašiva su u vezi sa načinom na koji mogu da održe optimalan sadržaj vode u organizmu, jer je utvrđeno da su insekti manjih dimenzija i insekti sa tanjim i nežnijim voštanim slojem kutikule osetljiviji na inertna prašiva. Od predstavnika reda Coleoptera na dijatomejsku zemlju su najosetljivije vrste iz roda *Cryptolestes*, nešto manje iz roda *Sitophilus* i *Oryzaephilus*, dok su *R. dominica* i vrste iz roda *Tribolium* najmanje osetljive (Korunić, 1998).

U istraživanjima sa prirodnim zeolitom Kljajić i sar. (2009) su takođe potvrdili razlike u osetljivosti skladišnih tvrdokrilaca, jer su primenom prašiva Prirodni zeolit u količini 0,25 g/kg pšenice u zrnu, posle 14 dana ekspozicije insekata zabeležili smrtnost *S. oryzae* 100%, *R. dominica* 20% i *T. castaneum* 79%.

Korunić (1997) je za sve testirane uzorke (ukupno 43) DZ utvrdio značajno niže LC₅₀ vrednosti za adulte *S. oryzae* u odnosu na adulte *T. castaneum*, uz isticanje da je za izračunavanje LC parametra kod *S. oryzae* bilo dovoljno pet, a kod *T. castaneum* 14 dana izlaganja. U tim istraživanjima rasponi LC₅₀ vrednosti kod *S. oryzae* su bili 212-3201 ppm, dok su kod *T. castaneum* bili 302-2934 ppm.

Fields i Korunić (2000) su utvrđivali osetljivost skladišnih tvrdokrilca na DZ u zavisnosti od vlažnosti zrna tretirane pšenice i temperature. Od testiranih insekata *C. ferrugineus* je ispoljio najveću osetljivost, dok je *T. castaneum* u svim ispitivanim varijantama ispoljio najmanju osetljivost na DZ. Kolike su razlike između ove dve vrste pokazuju i količine primene DZ (Protect-It), bez obzira na varijantu ispitivanja 300 ppm prouzrokuje 100% smrtnost kod *C. ferrugineus* posle sedam dana, dok 600 ppm prouzrokuje smrtnost u rasponu 49-92% kod *T. castaneum* posle 14 dana.

Athanassiou i sar. (2007) su testiranjem efikasnosti preparata na bazi DZ primenjenih u količini 0,25; 0,50 i 0,75 g/kg za adulte *S. oryzae*, *R. dominica* i *T. confusum* posle nanošenja na pšenicu i kukuruz u zrnu, utvrdili da je vrsta *T. confusum* najotpornija, a *S. oryzae* najmanje otporna na DZ. Prašiva Protect-It i Insecto naneta na pšenicu u količini 0,75 g/kg su kod *S. oryzae* prouzrokovala smrtnost 100 i 97,2%, a kod *T. confusum* samo 28,6 i 16,1%.

Istraživanja su pokazala da skladišni insekti iz različitih delova sveta pokazuju različitu osetljivost na prašiva. Arnaud i sar. (2005) su ispitivali osetljivost adulta *T. castaneum* poreklom iz Japana, Tajlanda, Obale Slonovače, Kanade i Kanzasa (SAD) na četiri preparata DZ primenjenih u rasponu 100-1000 ppm/kg pšenice. Smanjena osetljivost na DZ je utvrđena kod populacija iz Kanzasa i O. Slonovače i za potpunu kontrolu ovih populacija potrebno je 1000 ppm, dok je za ostale populacije dovoljno i 600 ppm. Vayias i sar. (2006) su u testiranjima osetljivosti na DZ *T. confusum* poreklom iz više zemalja u Evropi zaključili da su populacije iz severne i centralne Evrope značajno osetljivije od populacija iz južne Evrope.

Osobine inertnih prašiva, faktori sredine, dužina izlaganja, kao i osobine tretiranog supstrata direktno utiču na insekticidni potencijal i efikasnost. Subramanyam i Roesli (2000) ukazuju da efektivnost inertnih prašiva direktno zavisi od njihovih fizičkih i hemijskih karakteristika (strukture, sadržaja silicijum-dioksida (SiO_2), veličine i zastupljenosti čestica, pH vrednosti, sorptivnog kapaciteta i geografskog porekla), ali i njihovog uticaja na smanjenje gustine uskladištene mase žita, sleganja čestica i vezivanja za površinu žita.

Poznato je da su prašiva sa amorfnom strukturom, kao što je DZ, značajno efektivnija od prašiva sa kristalnom strukturom (pesak, minerali). Sagledavanjem sopstvenih višegodišnjih ispitivanja, Kljajić i Andrić (2010) ističu da različiti uzorci DZ poreklom iz Srbije primenjeni u količini 0,75 g/kg posle 14 dana izlaganja u tretiranoj pšenici prouzrokuju visoku smrtnost (>95%) *S. oryzae* i *T. castaneum*, dok je prašivo Ekokalkon-K na bazi

krečnjaka i šećerne melase, pri sličnim uslovima, visokoefikasno za *S. oryzae* i *T. castaneum*, ali sa količinom primene 10 g/kg pšenice.

Sadržaj SiO₂ u prašivima je u pozitivnoj korelaciji sa efikasnošću, što je kod *S. oryzae* i *T. castaneum* potvrdio Korunić (1997), ispitivanjem efikasnosti 43 uzorka DZ iz različitih delova sveta. Kljajić i sar. (2011) su ispitivali efikasnost tri uzorka DZ poreklom iz Srbije na *Acanthoscelides obtectus* (Say) i utvrdili da je uzorak DZ-S1 sa 78,8% SiO₂ značajno efektivniji za adulte od uzoraka DZ S-2, sa 63,1% SiO₂ i DZ S-3, sa 46,5% SiO₂. Većina preparata na bazi DZ koji se nalaze na tržištu u svetu sadrže više od 85% amornog SiO₂, a mnogi preparati sadrže i materijale koji povećavaju efikasnost. Protect-It sadrži 10% silikagela, Insecto 10% aditiva, a PyriSec 1,2% prirodnog piretrina (Subramanyam i Roesli, 2000).

Istraživanja koja su sproveli Vayias i sar. (2009) su pokazala da pojedina prašiva DZ poreklom iz jugoistočne Evrope sa veličinom čestica <45 µm su značajno efikasnija od frakcija prašiva sa česticama veličine 45-150 µm i 0-150 µm. Tako je frakcija <45 µm prašiva Ellassona 1 kod *R. dominica* ostvarila efikasnost od 63%, a frakcije 45-150 µm i 0-150 µm 12,4 i 57,1%. Korunić (1998) ističe da su veličina i procentualna zastupljenost čestica značajni parametri za efikasnost i da preparati kod kojih je zastupljenost čestica veličine 5-15 µm veća od 95% ispoljavaju najvišu efektivnost za skladišne insekte. Isti autor dalje navodi da pored toga što su sitnije čestice efikasnije za insekte, one su i potencijalno opasnije za ljude koji primenjuju prašiva, tako da čestice manje od 5 µm, a naročito one manje od 1 µm mogu prouzrokovati ozbiljne zdravstvene probleme kod ljudi, pre svega u respiratornom sistemu.

Sudeći prema podacima koje su prezentovali Subramanyam i Roesli (2000), geografsko poreklo prašiva takođe može imati veliki uticaj na efikasnost, gde su sedimenti DZ iz mora efikasniji od sedimenata iz reka ili sa kopna. Athanassiou i sar. (2011) ukazuju da i lokaliteti sa kojih su uzeti uzorci DZ utiču na efikasnost. Ovi autori su testirali efektivnost više uzoraka DZ iz centralne i jugoistočne Evrope i utvrdili da je za tretman žita najefektivniji uzorak DZ iz Makedonije, a najmanje uzorak iz Grčke. S druge strane, za tretman površina najefektivniji je uzorak DZ iz Slovenije.

Povećanjem relativne vlažnosti vazduha ili supstrata efikasnost prašiva značajno opada, što se može objasniti visokom sorptivnošću inertnih prašiva i vezivanjem vode iz vazduha ili supstrata. Takođe, skladišni insekti u uslovima povišene vlage brže nadoknađuju gubitke vode nastale delovanjem prašiva, zbog čega efektivnost može i izostati. Arthur (2001) je utvrdio da je efikasnost preparata Protect-It za adulte *O. surinamensis* najniža pri relativnoj

vlažnosti vazduha od 75%, u odnosu na 40% i 57%, a Stathers i sar. (2004) da je efikasnost prašiva Dryacide posle sedam dana izlaganja adulta *S. zeamais* u kukuruзу tretiranom 0,1 g/kg, 75% pri vlažnosti vazduha od 50%, i 55% pri vlažnosti vazduha 60%.

Efikasnost inertnih prašiva pri višim temperaturama se značajno povećava, jer insekti brže gube vodu. Arthur (2002) je utvrđivao uticaj kombinacija temperatura 22, 27 i 32°C i relativnih vlažnosti vazduha 40, 57 i 75% na efektivnost DZ za adulte *S. oryzae*. U svim varijantama testiranja efikasnost na temperaturi 22°C je bila značajno niža u odnosu na 27°C i 32°C, a brojnost potomstva u F_1 generaciji značajno viša na 27°C u odnosu na 32°C. Athanassiou i sar. (2005) su testirali efikasnost preparata na bazi DZ SilicoSec primenjenog u količinama 0,25; 0,5; 1 i 1,5 g/kg pšenice za adulte *S. oryzae* i *T. confusum* na temperaturama 22, 25, 27, 30 i 32°C. Efikasnost DZ za adulte *S. oryzae* se značajno povećavala sa porastom temperature, dok je kod *T. confusum* na 32°C efikasnost bila niža od 30°C.

S obzirom da inertna prašiva sporije deluju na skladišne insekte od sintetisanih insekticida proizilazi da je dužina izlaganja još jedan značajan faktor koji utiče na efektivnost inertnih prašiva. Sumiranjem do sada objavljenih rezultata može se zaključiti da visoku efikasnost većina prašiva ostvaruje posle 14 ili 21 dan ekspozicije (Korunić, 1998; Subramanyam i Roesli, 2000; Kljajić i sar., 2009). Fields i sar. (2003) su u više laboratorija u Britaniji, Kanadi i Australiji utvrđivali LD parametre diatomejske zemlje za adulte *S. oryzae* i *T. castaneum* i zbog značajnih razlika u dobijenim rezultatima predložili da se ocena efektivnosti utvrđuje posle sedam i 14 dana uz obavezno ispitivanje uticaja prašiva na potomstvo insekata. S obzirom da je *T. castaneum* sekundarna štetočina i da se na celim zrnima pšenice teško razvija, ovi istraživači predlažu da se u pšenicu dodaje po 1% lomljene pšenice.

Korunić (1997) je predložio kriterijume za ocenu upotrebljivosti DZ u praktičnim uslovima. Za *S. oryzae* je predloženo da, ako su u testiranjima dobijene LC_{50} vrednosti ≤ 400 ppm, onda se DZ može koristiti u praktičnim uslovima, a ukoliko su LC_{50} vrednosti 400-700 ppm, onda je mogućnost praktične primene mala. Za *T. castaneum* je predloženo da, ako su dobijene LC_{50} vrednosti ≤ 700 ppm, DZ se može praktično primenjivati, a ukoliko su LC_{50} vrednosti 700-2500 ppm, onda je mogućnost njene upotrebe mala.

Athanassiou (2006) i Kljajić i Andrić (2010) ističu da na insekticidni potencijal i efektivnost primene inertnih prašiva značajno utiče vrsta tretirane robe, jer je poznato da zrna kukuruza i pasulja sadrže više lipida od pšenice, ječma i pirinča, i imaju veću moć apsorpcije i

inaktivacije prašiva. Zato tu činjenicu, kao i viši procenat primesa i nečistoća u zrnoj masi, treba imati u vidu pri odlučivanju o količini primene prašiva.

Subramanyam i Roesli (2000) skreću pažnju da se pri odlučivanju o količinama primene inertnih prašiva mora voditi računa o svim faktorima koji utiču na efikasnost i da se prašiva DZ najčešće primenjuju u količinama 0,5-1,5 g/kg. Takođe, ovi autori ističu da je veća važnost sprečiti masovnu pojavu potomstva insekata u supstratu tretiranom inertnim prašivima, kao indirektnog delovanja, u odnosu na direktno delovanje na njihove roditelje.

2.2. Efekti ekstremnih temperatura u interakciji sa sintetisanim i prirodnim insekticidima na skladišne insekte

Insekti su kao poikilotermni organizmi visokozavisni od spoljne temperature koja je važan faktor za ukupno odvijanje fiziološko-biohemijskih procesa. Optimalne temperature za razvoj skladišnih insekata su u rasponu 25-33°C. Temperature iznad 43°C su letalne za insekte i u zavisnosti od vrednosti i dužine ekspozicije uginjavanje se meri u satima ili minutima. Na visokim temperaturama insekti su pokretljiviji i brže gube vodu (desikacija organizma), a evaporacija je srazmerna površini tela i u velikoj meri zavisi od vlažnosti vazduha (Fields, 1992). Utvrđeno je da se pri visokim temperaturama kod insekata razvijaju heat shock proteins (HSP) koji sprečavaju agregaciju i denaturaciju proteina i na taj nači štite organizam (Mahroof i sar., 2005). Ipak, pri dužem izlaganju insekata dolazi do denaturacije proteina (enzima) i poremećaja izbalansiranosti metaboličkih procesa, što za posledicu ima i akumulaciju toksičnih materija u organizmu i uginjavanje (Neven, 2000).

Burks i sar. (2000) ističu da je najvažnije pronalaženje optimalnog odnosa između efektivnosti ekstremnih temperatura, utroška energije i supstrata koji se tretira. Testiranjem smrtnosti adulta i mlađih razvojnih stadijuma *S. oryzae* i *R. dominica*, na temperaturama 42-53°C, u zavisnosti od vlažnosti pšenice (9, 12 i 14%), Beckett i sar. (1998) su utvrdili da svi razvojni stadijumi duže preživljavaju izlaganje ovim temperaturama sa porastom vlažnosti zrna.

Beckett i Morton (2003) su ispitivali uticaj ulazne temperature vazduha u rasponu 80-200°C i zagrevanja zrna pšenice na temperature od 50 do 60°C za suzbijanje *R. dominica*, kao i najoptimalnije modele sa aspekta efikasnosti i cene tretmana. Povećanjem temperature ulaznog vazduha od 80 do 100°C značajno se smanjuje vreme potrebno da prouzrokuje 99%

smrtnosti rizoperte, dok dalje povećanje do 200°C nije značajno uticalo. Na temperaturi zrna pšenice od 60°C potrebno je manje od jednog minuta za 99,9% smrtnosti i teorijski troškovi su 2,72 \$/t, dok je na 55°C potrebno 23,62 minuta za isti nivo smrtnosti i košta 1,87 \$/t. Uzimajući u obzir sve aspekte, temperatura zrna od 50°C se pokazala kao najefikasnija iako je za LT₉₉ potrebno oko 22 sata, teorijska cena je smanjena na 1,25 \$/t.

Važano je istaći da je tokom tretmana visokim temperaturama distribucija toplote neravnomerna i da je na pojedinim lokacijama u tretiranom objektu temperatura značajno niža od zadate (Mahroof i sar., 2003a). U eksperimentalnom mlinu na Univerzitetu Kansas vazduh je pomoću gasa zagrevan na temperaturu od 50°C i na 10 lokacija je praćena temperatura, relativna vlažnost vazduha i efikasnost temperature za sve razvojne stadijume *T. castaneum*. U zavisnosti od lokacije bilo je potrebno 18 do 47 sati da se postigne, a 17 do 69 sati se održavala temperatura od 50°C. Efikasnost temperature za sve razvojne stadijume je bila 100%, osim kod larvi i lutki na lokacijama gde nije dostignuta temperatura od 50°C.

Tilley i sar. (2007a, 2007b) su konstatovali da je u praznim skladištima za suzbijanje *S. oryzae*, *R. dominica* i *T. castaneum* temperaturom od 50°C efikasnije i značajno jeftinije koristiti propan kao energent, jer je potrebno 2 sata da prouzrokuje 100% smrtnost, dok je uređajima koji koriste električnu energiju potrebno oko 40 sati, ali se ni tada na pojedinim lokacijama ne postiže 100% smrtnost. U poređenju sa dezinfekcijom skladišta temperaturom od 50°C, tretman ciflutrinom je daleko jeftiniji, ali ima niz negativnih uticaja od kojih je najozbiljniji razvoj rezistentnosti na insekticide.

Roesli i sar. (2003) su posle 3, 12 i 24 sata ekspozicije utvrdili 100% smrtnost adulta *R. dominica*, *S. oryzae* i larvi *P. interpunctella* i *T. castaneum* u prostorijama mlina tretiranim temperaturom od 50°C u trajanju 28-35 sati. Na pojedinim spratovima u mlinu gde je tokom tretmana utvrđena niža temperatura od 50°C ili je duže vremena bilo potrebno za dostizanje temperature od 50°C, posle nekoliko meseci je zabeležena pojava *P. interpunctella* i *T. castaneum*.

Arthur (2006) je ispitivao uticaj dužine izlaganja (4-32 sata) na temperaturama u rasponu 36-54°C za mlađe stadijume i adulte *T. castaneum* i *T. confusum*. Na temperaturi od 45°C kod obe vrste značajna smrtnost (>90%) je utvrđena samo posle 32 sata izlaganja i sedam dana oporavka, dok je na temperaturama od 51°C i 54°C bilo potrebno 2 i 1 sat za 100% smrtnost svih stadijuma. Mahroof i sar. (2003) su utvrdili da je za uginuće 50 i 99% adulta *T. castaneum* na temperaturi od 50°C potrebno 39,9 i 52,5 minuta.

Fields i White (2002) kao najbolju alternativu za metil-bromid i druge fumigante preporučuju tretman praznih skladišta i mlinova temperaturom od 50°C. S druge strane, problemi sa distribucijom i održavanjem toplote, nedovoljnom efikasnošću, opasnošću da se oštete postrojenja (naročito delovi od plastike) i ekonomska opravdanost ograničavaju primenu u skladištima sa biljnim proizvodima. U cilju prevazilaženja ovih problema i masovnije upotrebe temperatura, Vincent i sar. (2003) ističu kombinovanje visokih temperatura sa sintetisanim insekticidima i inertnim prašivima kao značajno efikasniju meru u odnosu na njihovu samostalnu primenu.

Busvine (1971) je ukazao da na toksičnost insekticida utiče veliki broj faktora koji se mogu podeliti na spoljašnje i unutrašnje. Među spoljašnjim faktorima istakao je temperaturu kao veoma važan faktor koji utiče na aktivaciju ili deaktivaciju i perzistentnost insekticida. Na visokim temperaturama, zbog promena u fiziološko-biohemijskim funkcijama insekti brže usvajaju insekticide što značajno povećava i brzinu njihovog delovanja.

Međutim, i pored značaja interakcije visokih temperatura i delovanja insekticida na skladišne insekte, mali je broj istraživačkih rezultata na ovu temu. Istraživački fokus proteklih decenija je uglavnom bio usmeren na uticaj temperatura u rasponu 10-35°C na delovanje organofosfatnih i piretroidnih insekticida. Istraživanja su pokazala da većina jedinjenja iz grupe organofosfata ispoljavaju pozitivan temperaturni koeficijent (povećavaju toksičnost sa porastom temperature), dok je kod piretroida konstatovano da su najčešće manje toksični na višim temperaturama, ali je kod pojedinih jedinjenja utvrđen i pozitivan temperaturni koeficijent (Subramanyam i Hagstrum, 1996).

U istraživanjima sa laboratorijskom populacijom *S. granarius* Kljajić i sar. (1994) su utvrdili značajan uticaj interakcije ekstremno visokih temperatura na delovanje hlorspirifos-metila (0,03 µg/cm²) i deltametrina (0,18 µg/cm²). Brzina delovanja (LT₅₀) hlorspirifos-metila na temperaturama 45, 50, 55 i 60°C je bila 2,5; 5,4; 7,4 i 10,5 puta viša, a deltametrina 3,0; 4,5; 8,0 i 9,5 puta viša u odnosu na samostalne efekte insekticida i visokih temperatura.

Wijayarathne i sar. (2010) su ispitali efikasnost insekticida Metopren (analog juvenoidnog hormona) u tretiranoj pšenici za adulte *T. castaneum* izlaganjem 6-18 sati temperaturama 0°C i 46°C. Efikasnost metoprena na temperaturi 0°C je bila slična kao i u laboratorijskim uslovima, dok je na 46°C utvrđena značajno viša efikasnost naročito pri dužim ekspozicijama. Tako je posle 11 i 13 sati izlaganja temperaturi od 46°C smrtnost adulta

u netretiranoj pšenici bila 42 i 35%, a u pšenici tretiranoj dozama 33,3 i 66,6 ppm metoprena 92,5 i 78,7%, odnosno 85,0 i 92,5%.

Arthur i Dowdy (2003) su tretirali betonske panele ciflutrinom (40 mg/m^2) i hidroprenom ($0,0019 \text{ mg/m}^2$) i potom ih izlagali temperaturama od 45 i 55°C u trajanju od 4, 8 i 16 sati, nakon čega su utvrđivali efikasnost izlaganjem adulta *T. castaneum* u trajanju od 0,5; 1 i 2 sata i poredili sa efikasnošću u laboratorijskim uslovima. Generalno, smrtnost adulta je bila veća na panelima izlaganim temperaturama naročito pri dužim ekspozicijama. Isti autori su betonske panele tretirane ciflutrinom u količini 10 puta manjoj od preporučene izlagali u mlinu na temperaturi od oko 55°C i potom utvrđivali efikasnost za *T. castaneum*. Posle 24, 48, 96 i 120 sati izlaganja na prethodno zagrevanim panelima smrtnost adulta je bila 88, 95, 90 i 99,7%. Za iste vremenske intervale na panelima u laboratorijskim uslovima smrtnost brašnara je bila 47, 48, 65 i 68%.

Kljajić i sar. (2009) su ispitivali uticaj kratkotrajnog izlaganja (PT_{20} , PT_{50} i PT_{80}) temperaturi 50°C i dužine oporavka (24 i 72 sata) na toksičnost: dihlorvosa, pirimifos-metila, hlorporifos-metila, malationa i deltametrina za adulte *S. granarius*. Izlaganje adulta *S. granarius* iz laboratorijske populacije u intervalima PT_{20} i PT_{50} i oporavak u trajanju od 24 i 72 sata nije uticao na promenu toksičnosti insekticida. Međutim, posle 72 sata oporavka od izlaganja u trajanju PT_{80} na 50°C utvrđena je manja toksičnost dihlorvosa 4,6 i 10,2 (LD_{50} i LD_{95}) posle 24 časa izlaganja i deltametrina 3,6 i 4,7 puta posle 48 sati izlaganja u odnosu na toksičnost bez prethodnog izlaganja na 50°C . Za žiške iz Luke Beograd, selekcionisane sa LD_{70} pirimifos-metila, je izlaganje u intervalu PT_{80} takođe uticalo na smanjenje toksičnosti deltametrina i dihlorvosa, dok kod žižaka iz Kikinde nije utvrđena promena toksičnosti insekticida u odnosu na ostvarenu toksičnost bez izlaganja temperaturi 50°C .

Dowdy i Fields (2002) ukazuju da je efikasnost inertnih prašiva u pozitivnoj korelaciji sa porastom temperature, i predlažu kombinovani tretman DZ i temperaturom 50°C za suzbijanje *T. castaneum* kao bolje rešenje, u odnosu na samostalnu primenu ovih mera. Dowdy (1999) je utvrđivao uticaj delovanja temperatura 34°C i 50°C u trajanju od 15 i 30 minuta na efikasnost šest inertnih prašiva nanetih na staklene petri-posude (5 g/m^2) za adulte *T. castaneum*. Utvrđeno je da oba intervala na temperaturi 34°C i 15 minuta izlaganja na 50°C ne utiču značajno na efikasnost prašiva osim u varijanti bez hrane posle sedam dana oporavka. U varijanti gde je posle tretmana dodata hrana, posle 24 časa oporavka od izlaganja u trajanju 30 minuta na 50°C smrtnost adulta u netretiranim posudama je bila 36,3%, a u tretiranim

posudama je bila u intervalu 35-100%. Posle sedam dana oporavka značajno je povećana smrtnost u odnosu na 24 časa i u netretiranim posudama je bila 56,3%, a u tretiranim posudama u intervalu 50-100%. Značajno viša efikasnost je ostvarena u varijanti bez dodavanja hrane posle pa je posle jedan i sedam dana oporavka utvrđena smrtnost u netretiranim posudama bila 28,8% i 65%, a u tretiranim u intervalima 26,3-100% i 87-100%.

3. MATERIJAL I METODE RADA

3.1. Testirane populacije *Tribolium castaneum*

U eksperimentima su kao test-insekti korišćeni adulti laboratorijske populacije kestenjastog brašnara gajeni u insektarijumu Instituta za pesticide i zaštitu životne sredine u Zemunu, u skladu sa postupcima koje su opisali Harein i Soderstrom (1966) i Davis i Bry (1985). Insekti su gajeni na supstratu od pšeničnog i kukuruznog belog brašna (u odnosu 1:1) i kvasca (5%) u staklenim teglama zapremine 2,5 L, na temperaturi $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ i relativnoj vlažnosti vazduha $60\pm 5\%$. Ista procedura gajenja je primenjena i na brašnare nepoznate osetljivosti na insekticide, prikupljene iz različitih skladišnih objekata i mlinova u Srbiji. Populacije kestenjastog brašnara su prikupljene iz sledećih mesta:

- 2008. godine: Adaševci (silos), Bačka Topola (mlin), Bačka Topola (silos), Irig (silos), Jakovo (silos), Kikinda (mlin), Luka Beograd (silos), Nikinci (podno skladište), Novo Miloševo (silos), Čurug (silos),
- 2009. godine: Žabari (silos),
- 2010. godine: Gornji Milanovac (podno skladište).

Testiranje toksičnosti insekticida i utvrđivanje nivoa osetljivosti navedenih populacija brašnara na sintetisane insekticide je utvrđivano sa jedinkama F_3 generacije, dok su u drugim eksperimentima korišćene jedinke do F_7 generacije. U cilju obezbeđivanja ujednačenog odgovora insekata u svim ispitivanjima su korišćeni adulti starosti dve do četiri nedelje sa neodređenim odnosom polova.

3.2. Sintetisani i prirodni insekticidi korišćeni u eksperimentu

U ispitivanjima toksičnosti sintetisanih insekticida korišćeno je ukupno osam aktivnih materija iz pet različitih grupa.

- Hemijska grupa organofosfati: dihlorvos, malation, hlorspirifos-metil i pirimifos-metil. Mehanizam delovanja organofosfata je zasnovan na ireverzibilnoj inhibiciji enzima acetilholinesteraze u sinapsama centralnog nervnog sistema.
- Hemijska grupa piretroidi: deltametrin i bifentrin.

Piretroidi na insekte deluju tako što inaktiviraju natrijumove kanale, povećavaju propustljivost membrana u neuronima za kalijum i time pojačavaju ekscitabilnost senzitivnih i motornih neurona.

- Hemijska grupa neonikotinoidi: tiametoksam.

Neonikotinoidi su antagonisti acetilholin receptora na potsinapsama u centralnom nervnom sistemu insekata.

- Hemijska grupa spinozini: spinosad.

Ova jedinjenja izazivaju aktivaciju nikotinskih receptora za acetoholin, što dovodi do paralize i uginjavanja insekata.

- Hemijska grupa makrolidi: abamektin.

Makrolidi deluju kao agonisti gama-aminobuterne kiseline i dovode do poremećaja u protoku nervnih impulsa.

Za ispitivanje toksičnosti sintetisanih insekticida metodom mikroaplikacije korišćeni su tehnički koncentracije hemijskih jedinjenja prikazanih u tabeli 1.

Tabela 1. Sintetisani insekticidi korišćeni u ispitivanjima toksičnosti metodom mikroaplikacije

Insekticid	Sadržaj aktivne materije (%)	Proizvođač
<i>Grupa organofosfati</i>		
Dihlorvos	98	Diachem, Italija
Malation	96	Cheminova, Danska
Hlorpirifos-metil	96	DowElanco, Velika Britanija
Pirimifos-metil*	50	Galenika-Fitofarmacija, Srbija
<i>Grupa piretroidi</i>		
Deltametrin	98	Veterinarski zavod, Srbija
Bifentrin	94,7	FMC, SAD

*Uzet iz komercijalnog preparata Actellic 50 EC ca 50% a.m.

Za ispitivanje toksičnosti sintetisanih insekticida posle aplikacije na pšenicu u zrnju korišćeni su komercijalni insekticidni preparati prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Pregled komercijalnih insekticidnih preparata korišćenih u ispitivanjima toksičnosti posle aplikacije na pšenicu u zrnu

Preparat	Sadržaj aktivne materije	Proizvođač
Grupa organofosfati		
Etiol EC	600 g/L malationa	Galenika-Fitofarmacija, Srbija
Reldan 40 EC	400 g/L hlörpirifos-metila	Dow AgroSciences, Austrija
Actellic 50 EC	400 g/L pirimifos-metila	Galenika-Fitofarmacija, Srbija
Grupa piretroidi		
K-Obiol EC 25	25 g/L deltametrina + 250 g/L piperonil butoksida	Bayer CropScience, Nemačka
Talstar 10 EC	100 g/L bifentrina	FMC, SAD
Grupa neonikotinoidi		
Actara 25 WG	250 g/kg tiametoksama	Syngenta Agro, Nemačka
Grupa spinozini		
Laser 240 SC	240 g/L spinosada	Dow AgroSciences, Austrija
Grupa makrolidi		
Abastate EC	18 g/L abamektina	Galenika-Fitofarmacija, Srbija

Za ispitivanje efekata prirodnih insekticida korišćeno je pet inertnih prašiva poreklom iz Srbije – tri prašiva na bazi prirodnog zeolita: Prirodni zeolit, Prirodni zeolit fine granulacije i Modifikovani prirodni zeolit, i dva prašiva na bazi diatomejske zemlje DZ S-1 i DZ S-2, a kao standard korišćen je preparat na bazi diatomejske zemlje Protect-It. Prašiva na bazi prirodnog zeolita i diatomejske zemlje iz Srbije su dobijena u postupku prerade rude zeolita (sa lokaliteta Vranje) i diatomita (sa lokaliteta Kolubara) u Institutu za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina iz Beograda. Preparat Protect-It je proizvod firme Hedley Technologies Inc., iz Kanade, registrovan u više zemalja u svetu za suzbijanje štetnih insekata u skladištima. Hemijski sastav inertnih prašiva je prikazan u tabeli 3, a zastupljenost veličina čestica u tabeli 4.

Od ostalih karakteristika važno je napomenuti da prašivo Modifikovani prirodni zeolit za razliku od drugih prašiva zeolita sadrži NH^{4+} jon koji poboljšava prijemčivost za supstrat. Vrednosti pH (10% suspenzije) prašiva DZ S-1, DZ S-2 i preparata Protect-It su: 8,27, 7,14 i 5,5-5,7.

Tabela 3. Hemijski sastav inertnih prašiva

Inertno prašivo	Sadržaj (%)									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	TiO ₃	P ₂ O ₃
Prirodni zeolit*	63,69	14,03	1,39	1,41	1,09	3,57	2,34	0,17	-	-
Diatomejska zemlja DZ S-1	79,78	9,41	0,79	0,08	0,14	0,63	1,11	0,21	-	-
Diatomejska zemlja DZ S-2	63,15	10,31	0,91	0,08	0,31	1,01	1,67	0,31	-	-
Diatomejska zemlja Protect-It	90	3,0	-	<1	<1	<1	1	-	1	1

*Sva prašiva prirodnog zeolita imaju isti hemijski sastav

Tabela 4. Zastupljenost čestica u inertnim prašivima

Inertno prašivo	Sadržaj (%) čestica					
	>53 μm	53-40 μm	40-28 μm	28-18 μm	18-13 μm	<13 μm
Prirodni zeolit	3,50	6,80	11,83	13,63	15,20	49,04
Modifikovani prirodni zeolit	30,00	9,77	9,23	7,60	6,73	51,87
Prirodni zeolit fine granulacije	1,30	4,77	10,77	13,87	17,27	52,02
Diatomejska zemlja DZ S-1	0,43	0,47	0,87	1,10	1,80	95,33
Diatomejska zemlja DZ S-2	1,13	2,20	4,07	4,80	6,77	81,33
Diatomejska zemlja Protect-It	0,17	0,03	0,13	0,60	1,27	97,79

3.3. Utvrđivanje toksičnosti sintetisanih insekticida

Toksičnost sintetisanih insekticida za adulte laboratorijske i prikupljenih populacija kestenjastog brašnara je utvrđivana pomoću dva metodološka postupka: 1) direktnim nanošenjem na telo insekata (mikroaplikacija) i 2) aplikacijom na pšenicu u zrnu.

Toksičnost insekticida metodom mikroaplikacije je urađena prema modifikovanoj metodi koju su koristili Halliday i sar. (1988). Koncentracije insekticida za mikroaplikaciju su dobijene rastvaranjem u acetonu tehničkih koncentrata prikazanih u tabeli 1 i komercijalnog preparata na bazi pirimifos-metila. Na osnovu preliminarnih testiranja za svaku populaciju posebno su određeni rasponi doza korišćenih insekticida (tabela 6). Pre tretmana su insekti u cilju imobilizacije oko 30 sekundi anestetizirani CO₂, nakon čega je na poslednji grudni segment adulta pomoću šprica (1,0 mL) sa iglom (br. 18) korišćenjem mikroaplikatora (Burkard, Engleska) nanošeno po 0,5 µL insekticida rastvorenih u acetonu (6-12 koncentracija). Insekti iz kontrole tretirani su samo acetonom. Posle tretmana, po 25 jedinki brašnara je, u četiri ponavljanja, prebacivano u čiste Petri posude prečnika 7 cm u koje su prehodno postavljeni stakleni prstenovi (dimenzije 5,5 x 2,5 cm), kako bi se sprečio izlazak insekata. Četiri do šest sati posle ubacivanja tretiranih insekata dodato im je prosečno po 1 g neprosejanog belog pšeničnog brašna kako bi se sprečio uticaj gladovanja na toksičnost insekticida. Letalni efekti su utvrđivani posle sedam dana od početka izlaganja.

Na osnovu metode mikroaplikacije insekticida određene su diskriminativne doze koje su poslužile za testiranja osetljivosti brašnara prikupljenih iz različitih skladišnih objekata.

Radi utvrđivanja potencijala razvoja rezistentnosti urađena je jedna selekcija kod jedinki brašnara kod kojih je prilikom prvog testiranja toksičnosti insekticida utvrđena promenjena osetljivost. Kod jedinki iz populacije Nikinci urađena je po jedna selekcija sa LD₈₀ pirimifos-metila i LD₈₀ deltametrina, dok je kod jedinki iz populacije Jakovo urađena jedna selekcija sa LD₈₀ pirimifos-metila. Insekticidi pirimifos-metil i deltametrin su odabrani za selekciju jer se pored malationa, njihovi preparati u Srbiji najviše koriste za suzbijanje skladišnih insekata. Selekcija je urađena metodom mikroaplikacije prema prethodno opisanom postupku. Za svaku subletalnu dozu insekticida tretirano je po 1000 adulta. Posle sedam dana preživele jedinke su stavljene u netretiran supstrat, a kasnija testiranja su rađena sa adultima iz F_1 i F_2 generacije.

Toksičnost insekticida posle aplikacije na pšenicu u zrnju je utvrđivana prema modifikovanoj metodi koju je opisao Collins (1990) i metodama za ocenu biološke efikasnosti insekticida u suzbijanju skladišnih insekata (OEPP/EPPO, 2004a, 2004b). Pre nanošenja insekticida pomoću uređaja za određivanje vlažnosti zrna pšenice (Dickey–John Mini GAC Dickey–John Co., USA) utvrđeno je da je prosečna vlažnost zrna pšenice u ovim testiranjima bila $11,3 \pm 0,4\%$. Na po 500 g pšenice u zrnju prethodno stavljene u staklene tegle zapremine 1000 mL nanošeno je po 5 mL vodenih razblaženja insekticida (8-12 koncentracija), dok je pšenica namenjena kontroli tretirana samo vodom. Na osnovu preliminarnih testiranja za svaku populaciju posebno su određeni rasponi doza korišćenih insekticida (tabela 7). Posle ručnog protresanja tretirane pšenice u trajanju od 30 sekundi vršeno je i mešanje na obrtnoj mešalici u trajanju od 10 minuta. Posle mešanja svakih 500 g tretirane pšenice je deljeno u tri jednaka dela (tri ponavljanja) i stavljano u tegle zapremine 720 mL, u koje je sutradan ubacivano po 50 insekata.

Ocena smrtnosti brašnara je vršena posle sedam, 14 i 21 dana od početka njihovog izlaganja u tretiranoj pšenici.

Tabela 6. Rasponi doza insekticida nanetih mikroaplikacijom

Populacija	Rasponi doza insekticida ($\mu\text{g}/\text{insekt}$)					
	Dihlorvos	Malation	Hlorpirifos-metil	Pirimifos-metil	Deltametrin	Bifentrin
Laboratorijska	0,0125-0,125	0,025-12,5	0,0075-0,04	0,00375-0,025	0,0025-0,05	0,025-0,75
Nikinci	0,025-0,12	1,0-25,0	0,0075-0,025	0,005-0,03	0,00375-0,05	0,025-0,75
Nikinci (selekcionisana sa LD_{80} pirimifos-metila)	0,025-0,12	1,0-25,0	0,005-0,03	0,0075-0,03	0,00375-0,05	0,025-0,5
Nikinci (selekcionisana sa LD_{80} deltametrina)	0,025-0,12	1,0-25,0	0,005-0,03	0,0075-0,03	0,00375-0,06	0,025-0,5
Jakovo	0,02-0,10	1,0-25,0	0,0075-0,025	0,005-0,03	0,00375-0,10	0,025-0,5
Jakovo (selekcionisana sa LD_{80} pirimifos-metila)	0,015-0,10	1,0-25,0	0,0075-0,025	0,005-0,025	0,00375-0,05	0,025-0,4

Tabela 7. Rasponi doza insekticida nanetih na pšenicu u zrnu

Populacija	Rasponi doza insekticida (mg/kg)							
	Malation	Hlorpirifos-metil	Pirimifos-metil	Deltametrin	Bifentrin	Tiametoksam	Spinosad	Abamektin
Laboratorijska	0,25-80,0	0,05-0,4	0,075-0,4	0,025-2,5	0,05-100,0	0,008-0,4	0,05-20,0	0,1-20,0
Nikinci	2,5-80,0	0,1-0,6	0,075-0,8	0,025-2,5	0,075-100,0	0,02-0,8	0,01-20,0	0,1-20,0
Nikinci (selekcionisana sa LD_{80} pirimifos-metila)	2,5-80,0	0,075-0,4	0,1-0,8	0,025-2,5	0,25-100,0	0,01-1,0	0,01-20,0	0,1-20,0
Nikinci (selekcionisana sa LD_{80} deltametrina)	1,0-80,0	0,075-0,4	0,1-0,8	0,025-2,5	0,25-100,0	0,02-0,8	0,05-20,0	0,1-20,0
Jakovo	1,0-80,0	0,1-0,6	0,01-0,25	0,025-2,5	0,075-100,0	0,01-0,4	0,05-20,0	0,1-20,0

3.4. Utvrđivanje efekata prirodnih insekticida

Utvrđivanje efekata prirodnih insekticida (prirodnog zeolita i diatomejske zemlje) je urađeno u laboratoriji pri različitim uslovima relativne vlažnosti vazduha (tabela 8) prema, za ovaj program, prilagođenim metodama za ocenu biološke efikasnosti insekticida u skladištima (OEPP/EPPO 2004a, 2004b) i metodama koje su koristili Collins (1990) i Chanbang i sar. (2007).

Pre nanošenja inertnih prašiva pomoću uređaja za određivanje vlažnosti zrna pšenice (Dickey–John Mini GAC, Dickey–John Co., USA) utvrđeno je da je prosečna vlažnost zrna pšenice u ovim testiranjima bila $11,3 \pm 0,4\%$. U staklene posude zapremine 1000 mL je stavljano po 500 g pšenice i 1% grubo lomljne pšenice (sa ciljem dobijanja potomstva brašnara) i potom se pristupilo nanošenju serija različitih količina inertnih prašiva prikazanih u tabeli 8. Posle ručnog mešanja u trajanju od 30 sekundi i mešanja na obrtnoj mešalici u trajanju od 10 minuta tretirana pšenica je odlagana oko jedan sat da bi se čestice prašiva potpuno spustile na zrna. Nakon toga je u plastične posude od 200 mL sipano po 50 g tretirane pšenice, a sutradan je u četiri ponavljanja za svaku ispitivanu varijantu, ubacivano po 25 adulta brašnara. Isti postupak je urađen i sa netretiranom pšenicom koja je korišćena kao kontrola. Za vreme trajanja eksperimenata uslovi sredine (temperatura i relativna vlažnost vazduha) su konstantno praćeni, a prosečne vrednosti su prikazane u tabeli 8.

Smrtnost izlaganih jedinki je isejavanjem utvrđivana posle sedam, 14 i 21 dana ekspozicije. Sa ciljem utvrđivanja ukupne smrtnosti preživeli insekti iz tretmana i kontrole su prebacivani u čiste plastične posude (200 mL), u koje je prethodno stavljano oko 1,5 g netretirane lomljene pšenice, u trajanju od sedam dana. Uticaj inertnih prašiva na produkciju/redukciju potomstva je utvrđivan posle 12 nedelja od stavljanja roditelja u kontakt sa tretiranom i pšenicom namenjenom kontroli.

Na osnovu zaključaka koji su izvedeni iz više eksperimenata o efektivnosti inertnih prašiva za adulte laboratorijske populacije, ispitana je osetljivost populacija *T. castaneum* iz Nikinaca i Kikinde na prašiva na bazi diatomejske zemlje (DZ S-1, DZ S-2 i Protect-It).

Tabela 8. Uslovi sredine (temperatura i relativna vlažnost vazduha) i populacije sa kojima su rađena testiranja

Inertno prašivo*	Količine primene (g/kg)	Uslovi sredine	Populacija
PZ, MPZ Protect-It	0,25	24±1°C 45±5% (tokom čitavog eksperimenta)	Laboratorijska
	0,50		
	0,75		
	0,30		
PZ, MPZ, PZFG Protect-It	0,50	24±1°C 50-55% (tokom izlaganja roditelja) 60-65% (do pojave potomstva)	Laboratorijska
	0,75		
	1,00		
	0,30		
DZ-S1, DZ-S2	0,25	24±1°C 60-65% (tokom čitavog eksperimenta)	Laboratorijska
	0,50		
	0,75		
	1,00		
DZ-S1, DZ-S2, Protect-It	0,25	25±1°C 60-70% (tokom čitavog eksperimenta)	Laboratorijska, Nikinici, Kikinda
	0,50		
	0,75		
	1,00		

*PZ - Prirodni zeolit; MPZ - Modifikovani prirodni zeolit; PZFG- Prirodni zeolit fine granulacije; DZ S-1 i DZ S-2 diatomejska zemlja iz Srbije; Protect-It - preparat diatomejske zemlje

3.5. Utvrđivanje efekata sintetisanih i prirodnih insekticida u interakciji sa ekstremnom temperaturom 50°C

Prvo su utvrđivani direktni efekti temperature 50°C u pšeničnom brašnu i pšenici u zrnju na adulte laboratorijske populacije *T. castaneum* i adulte iz populacija sa različitim osetljivošću na insekticide.

Direktni efekti temperature 50°C u pšeničnom brašnu su utvrđivani na adulte laboratorijske populacije *T. castaneum*, i na adulte poreklom iz: Kikinde, Novog Miloševa, Čuruga, Iriga, Nikinaca, Jakova i Adaševaca kod kojih je diskriminativna doza malationa prouzrokovala smrtnost manju od 85%. Dizajniranje eksperimenta je urađeno prema prilagođenoj metodi koju su koristili Mahroof i sar. (2003b). Na sobnoj temperaturi (24±2°C) u plastične posude zapremine 200 mL je stavljeno po 1,25 g brašna u četiri ponavljanja i u svaku posudu je ubacivano po 25 insekata. Tako pripremljene posude sa supstratom i insektima za sve intervale izlaganja su stavljene u inkubator (LE-519, firme M.R.C iz Izraela), prethodno podešen na 50±1°C. Intervali izlaganja za sve testirane populacije su bili isti, i iznosili su: 23, 27, 33, 36, 40, 45, 50 i 55 minuta. Posle svakog perioda izlaganja posude sa

insektima su prenošene u prostoriju sa temperaturom $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ i relativnom vlažnošću vazduha 55-65%, a letalni efekti su utvrđivani posle 24 sata oporavka insekata.

Efekti temperature 50°C u pšenici u zrnu su utvrđivani na adultima *T. castaneum* iz laboratorijske populacije i populacija iz Nikinaca i Jakova. Eksperiment je postavljen prema metodi Mahroof i sar. (2003b), s tim da je u plastične posude stavljano po 100 g pšenice sa vlažnošću zrna $<12\%$, u četiri ponavljanja. Zbog brzine delovanja temperature i što preciznijeg utvrđivanja letalnih parametara eksperiment je izveden dva puta, neposredno pred utvrđivanje efekata sintetisanih insekticida u interakciji sa 50°C (varijanta 1) i pred utvrđivanje efekata prirodnih insekticida u interakciji sa 50°C (varijanta 2).

Intervali izlaganja u prvoj varijanti za laboratorijsku populaciju su bili 210, 240, 270, 330, 360 i 390 minuta, za adulte iz Nikinaca 240, 250, 260, 270, 300, 330, 360 i 390 minuta, dok su adulti poreklom iz Jakova izlagani 180, 210, 240, 270, 300, 330, 360 i 390 minuta.

Intervali izlaganja u drugoj varijanti za laboratorijsku populaciju su bili 210, 220, 240, 280, 300, 330 i 360 minuta, za adulte iz Nikinaca 220, 250, 270, 300, 330 i 360 minuta, a adulti iz Jakova su izlagani 180, 198, 210, 221, 240, 270, 300 i 330 minuta.

Posle svakog perioda izlaganja posude sa pšenicom i insektima su prenošene u prostoriju sa temperaturom $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ i relativnom vlažnošću vazduha 60-70%, a letalni efekti su utvrđivani posle 24 sata oporavka insekata.

Postavljanje eksperimenta za utvrđivanje efekata sintetisanih insekticida u inertakciji sa temperaturom 50°C se odvijalo tokom dva dana. Prvi dan su na pšenicu sa vlažnošću zrna $<12\%$ nanete doze LD_{50} komercijalnih preparata dobijene posle 14 dana za svaku testiranu populaciju, prema postupku koji je opisan u poglavlju 3.3, jer su, u istraživanjima korišćeni insekticidi (osam preparata iz pet različitih hemijskih grupa), koji se značajno razlikuju u brzini delovanja.

Za adulte iz laboratorijske populacije insekticidi su primenjeni u sledećim dozama: malation 2,4 mg/kg, hlorspirifos-metil 0,14 mg/kg, pirimifos-metil 0,11 mg/kg, deltametrin sa piperonil butoksidom 0,043 mg/kg, bifentrin 0,40 mg/kg, spinosad 3,34 mg/kg, abamektin 3,0 mg/kg i tiametoksam 0,02 mg/kg.

Za adulte poreklom iz Nikinaca insekticidi su primenjeni u dozama: malation 36,3 mg/kg, hlorspirifos-metil 0,25 mg/kg, pirimifos-metil 0,13 mg/kg, deltametrin 0,085 mg/kg, bifentrin 0,57 mg/kg, spinosad 5,34 mg/kg, abamektin 7,53 mg/kg i tiametoksam 0,08 mg/kg.

Za jedinke iz populacije Jakovo insekticidi su primenjeni u sledećim dozama: malation 49,5 mg/kg, hlorspirifos-metil 0,17 mg/kg, pirimifos-metil 0,14 mg/kg, deltametrin 0,06 mg/kg, bifentrin 0,43 mg/kg, spinosad 3,5 mg/kg, abamektin 3,4 mg/kg i tiametoksam 0,02 mg/kg.

U plastične posude zapremine 200 mL stavljano je po 100 g tretirane i netretirane pšenice u zrnju i odlagano u laboratoriju u trajanju od 24 časa. Sutradan je, 15 do 20 minuta pre unošenja posuda u termostat, stavljano po 25 insekata, u četiri ponavljanja, u kontakt sa tretiranom i netretiranom pšenicom. Posude sa pšenicom i insektima su stavljene u inkubator, prethodno podešen na $50\pm 1^{\circ}\text{C}$ i izlagane u trajanju LT_{25} i LT_{50} . Vrednosti ovih parametara su određene neposredno pred postavljanje eksperimenta – za laboratorijsku populaciju su bile 213 (LT_{25}) i 247 (LT_{50}) minuta, za adulte iz Nikinaca 265 i 293 minuta, a za adulte iz Jakova 255 i 281 minuta. Sa ciljem pravilnog tumačenja i poređenja efekata sintetisanih insekticida u interakciji sa 50°C , utvrđivani su efekti LD_{50} primenjenih insekticida u laboratorijskim uslovima, kao i efekti LT_{25} i LT_{50} u netretiranoj pšenici na 50°C . Posle svakog perioda izlaganja posude sa pšenicom i insektima su prenošene u prostoriju sa temperaturom $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ i relativnom vlažnošću vazduha 50-70%. Letalni efekti su utvrđivani posle jedan, sedam i 14 dana izlaganja insekata.

Utvrđivanje efekata prirodnih insekticida (inertnih prašiva) u interakciji sa temperaturom 50°C je urađeno na isti način kao i kod sintetisanih insekticida. Prvo su ispitani efekti prašiva Prirodni zeolit, DZ S-1, DZ S-2 i preparata Protect-It u količini 0,25 i 0,5 g/kg u interakciji sa 50°C na adulte laboratorijske populacije. Za testiranja sa populacijama iz Nikinaca i Jakova uzeta su prašiva DZ S-1 i preparat Protect-It, i primenjena u istoj količini. Vrednosti LT parametara su utvrđivane neposredno pred postavljanje eksperimenta. Za laboratorijsku populaciju LT_{25} i LT_{50} su bile 215 i 244 minuta, za adulte iz Nikinaca 219 i 253 minuta, a za adulte iz Jakova 211 i 237 minuta. I u ovim ispitivanjima, sa ciljem pravilnog poređenja efekata u interakciji, utvrđivani su efekti inertnih prašiva primenjenih u količinama 0,25 i 0,5 g/kg u laboratorijskim uslovima, kao i efekti LT_{25} i LT_{50} u netretiranoj pšenici na 50°C . Posle svakog perioda izlaganja posude sa pšenicom i insektima su prenošene u prostoriju sa temperaturom $24\pm 1^{\circ}\text{C}$ i relativnom vlažnošću vazduha 50-70%. Letalni efekti su utvrđivani posle jedan, sedam i 14 dana izlaganja insekata.

3.6. Obrada podataka

Podaci dobijeni u testiranjima toksičnosti insekticida posle nanošenja na telo brašnara i aplikacije na pšenicu u zrnu, kao i podaci dobijeni za direktno delovanje 50°C na adulte u brašnu i pšenici su izraženi u procentima mortaliteta i korigovani za smrtnost u kontroli po formuli Abbott-a (1925) i obrađeni metodom probit analize koju je predložio Finney (1971), korišćenjem kompjuterskog programa koji je dao Raymond (1985). Podaci dobijeni u ispitivanjima efekata inertnih prašiva, kao i interakcija temperature 50°C i sintetisanih i prirodnih insekticida su u tabelama prikazani u procentima sa izračunatom standardnom devijacijom (SD). U zavisnosti od dizajna ogleda ovi podaci su obrađeni jednofaktorijalnom ili višefaktorijalnom analizom varijanse (ANOVA), a značajnost razlika srednjih vrednosti je određena prema Fisher-ovom LSD testu ($P < 0,05$), na principima koje su opisali Sokal i Rohlf (1995) korišćenjem softverskog paketa Statistika for Windows 6.0 (Stat Soft Italia, 1997). Redukcija brojnosti potomstva u odnosu na kontrolu je prikazana u procentima (RP %) prema formuli koju su koristili Tapondjou i sar. (2002).

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1. Toksičnost sintetisanih insekticida posle mikroaplikacije

Dobijeni rezultati toksičnosti sintetisanih insekticida za adulte laboratorijske populacije *T. castaneum*, prikazani u tabeli 9, pokazuju da je na nivou LD₅₀ najtoksičniji insekticid deltametrin, zatim slede pirimifos-metil, hlorspirifos-metil, dihlorvos, bifentrin, a najmanje toksičan je malation. Međutim, na nivou LD₉₅ utvrđeno je da je najtoksičniji insekticid pirimifos-metil, zatim hlorspirifos-metil, deltametrin, dihlorvos, bifentrin i malation koji je najmanje toksičan. Malation je za laboratorijske brašnare 40,6 puta manje toksičan od deltametrina (nivo LD₅₀) i 331,7 puta manje toksičan od pirimifos-metila (nivo LD₉₅).

Diskriminativne doze insekticida su određene na osnovu njihove toksičnosti za adulte laboratorijske populacije *T. castaneum*. Kriterijum za određivanje diskriminativnih doza insekticida je bila izračunata vrednost LD₉₉, odnosno prva doza koja u eksperimentima prouzrokuje 100% smrtnost brašnara. Diskriminativne doze su poslužile kao polazna osnova za testiranja sa populacijama brašnara prikupljenim iz različitih skladišnih objekata. U zavisnosti od odgovora insekata na diskriminativne doze insekticida, proisticali su zaključci o potrebi za daljim testiranjima.

Diskriminativne doze insekticida dihlorvosa, pirimifos-metila, hlorspirifos-metila, deltametrina i bifentrina su kod svih prikupljenih populacija brašnara prozrokovale visoku smrtnost, u rasponu 92-100% (tabela 10). Diskriminativna doza malationa je samo kod populacije iz Bačke Topole (mlin) prouzrokovala smrtnost na nivou 100%, i visoku smrtnost kod populacija iz Bačke Topole (silos) 95%, Gornji Milanovac 92%, Luka Beograd 99% i Žabari 98%, dok je smrtnost brašnara iz ostalih populacija bila niža od 85%, a najniža kod jedinki iz Jakova (64%).

Tabela 9. Toksičnost insekticida i diskriminativne doze za adulte laboratorijske populacije *T. castaneum* posle mikroaplikacije

Insekticid	LD ₅₀ (µg/insekt) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	LD ₉₅ (µg/insekt) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	LD ₉₉ (µg/insekt) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	Nagib <i>ld-p</i> linije (±SG)	Diskriminativna doza (µg/insekt)
Dihlorvos	0,040 (0,038-0,043)	0,087 (0,079-0,097)	0,12 (0,10-0,14)	4,98±0,34	0,12
Malation	0,28 (0,21-0,36)	5,97 (4,08-9,66)	21,29 (12,76-41,16)	1,24±0,08	10,00
Hlorpirifos-metil	0,011 (0,0104-0,0115)	0,019 (0,018-0,021)	0,025 (0,023-0,028)	6,52±0,42	0,030
Pirimifos-metil	0,0091 (0,0087-0,0095)	0,018 (0,017-0,019)	0,023 (0,021-0,026)	5,68±0,27	0,025
Deltametrin	0,0069 (0,0062-0,0075)	0,024 (0,021-0,027)	0,040 (0,034-0,048)	3,05±0,15	0,050
Bifentrin	0,049 (0,041-0,056)	0,27 (0,22-0,35)	0,60 (0,44-0,88)	2,19±0,16	0,625

Tabela 10. Efekti diskriminativnih doza kontaktnih insekticida na adulte *T. castaneum* iz različitih populacija posle mikroaplikacije

Populacija	Smrtnost (%±SD)					
	Dihlorvos	Pirimifos- metil	Hlorpirifos- metil	Malation	Deltametrin	Bifentrin
Adaševci – S*	99±0,5	97±0,5	100	79±2,2	100	100
Bačka Topola – M	99±0,5	99±0,5	100	100	94±1,3	96±0,8
Bačka Topola – S	97±1,0	93±1,0	92±0,8	95±0,5	96±0,8	100
Irig – S	93±1,0	94±0,6	96±1,2	74±2,4	98±0,6	97±1,0
Jakovo – S	100	99±0,5	100	64±2,9	100	100
Kikinda – M	100	99±0,5	98±1,0	84±2,2	96±1,4	100
Luka Beograd – S	99±0,5	93±1,5	100	99±0,5	96±1,2	100
Nikinci – P	98±0,6	94±1,3	100	70±2,5	99±0,5	100
Novo Miloševo – S	99±0,5	99±0,5	98±0,6	80±0,8	98±0,6	100
Čurug – S	99±0,5	92±2,2	99±0,5	80±0,8	98±0,6	100
Žabari – S	100	100	99±0,5	98±1,0	99±0,5	100
Gornji Milanovac – P	100	99±0,5	99±0,5	92±2,2	93±1,7	98±1,0

* S – silos; M – mlin; P – podno skladište

Analizom rezultata dobijenih sa diskriminativnim dozama, za dalja testiranja i selekciju odabrane su populacije iz Nikinaca i Jakova kod kojih je ispitana kompletna toksičnost insekticida.

Tabela 11. Toksičnost insekticida za adulte *T. castaneum* iz populacije **Nikinci** posle mikroaplikacije i utvrđeni faktori rezistentnosti

Insekticid	LD ₅₀ (µg/insekt) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR* na nivou LD ₅₀	LD ₉₅ (µg/insekt) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR na nivou LD ₉₅	Nagib <i>ld-p</i> linije (±SG)
Dihlorvos	0,042 (0,039-0,044)	1,0	0,087 (0,080-0,096)	1,0	5,15±0,33
Malation	4,94 (4,23-5,72)	17,6	65,56 (49,25-93,58)	11,0	1,46±0,01
Hlorpirifos-metil	0,0098 (0,0093-0,010)	0,9	0,016 (0,015-0,018)	0,8	7,21±0,60
Pirimifos-metil	0,011 (0,010-0,011)	1,2	0,025 (0,022-0,029)	1,4	4,48±0,34
Deltametrin	0,0066 (0,0058-0,0073)	0,9	0,029 (0,025-0,035)	1,2	2,53±0,17
Bifentrin	0,054 (0,049-0,060)	1,1	0,14 (0,11-0,17)	0,5	4,07±0,37

*FR = LD ispitivana/LD laboratorijska populacija

Poređenjem toksičnosti na nivou LD₅₀ za jedinke iz Nikinaca najvišu toksičnost je ispoljio deltametrin koji je od sledećeg hlorpirifos-metila toksičniji 1,5 puta, od pirimifos-metila 1,7 puta, od dihlorvosa 6,3 puta, od bifentrina 8,2 puta, dok je od najslabijeg malationa toksičniji 754,5 puta (tabela 11). Hlorpirifos-metil je na nivou LD₉₅ najtoksičniji insekticid za adulte iz Nikinaca, koji je od najslabijeg malationa toksičniji čak 4097,5 puta.

Malation je, prema izračunatim faktorima rezistentnosti (FR) 17,6 (LD₅₀) i 11,0 (LD₉₅) puta manje toksičan za adulte iz Nikinaca u odnosu na adulte iz laboratorijske populacije. Utvrđena toksičnost (LD parametri i *ld-p* linije) i nivoi rezistentnosti za

dihlorvos, hlörpirifos-metil, pirimifos-metil, deltametrin i bifentrin pokazuju da nema razlika u osetljivosti između ove i laboratorijske populacije.

Najtoksičniji insekticid za adulte *T. castaneum* iz populacije Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ pirimifos-metila je hlörpirifos-metil, koji je na nivou LD₅₀ i LD₉₅ 320,0 i 1302,8 puta toksičniji od najslabijeg malationa (tabela 12). Rezultati pokazuju da selekcija nije uticala na promenu toksičnosti samo kod dihlörvosa i hlörpirifos-metila. Kod pirimifos-metila je samo na nivou LD₉₅ 1,4 puta manja posle selekcije, što potvrđuju i intervali poverenja. Poređenjem nominalnih vrednosti LD parametara uočava se blago povećanje toksičnosti malationa posle selekcije, ali te razlike nisu statistički značajne (intervali poverenja pre i posle selekcije se preklapaju). Međutim, toksičnost deltametrina i bifentrina je, 2,3 i 1,8 (nivo LD₅₀) puta i 1,8 i 2,3 (nivo LD₉₅) puta manja posle selekcije sa LD₈₀ pirimifos-metila u odnosu na period pre selekcije. U odnosu laboratorijsku populaciju brašnara značajno povećanje nivoa rezistentnosti je utvrđeno samo kod bifentrina sa 1,1 i 0,5 (LD₅₀ i LD₉₅) na 1,8 i 1,2 i posebno kod deltametrina sa 0,9 i 1,2 na 2,2 i 2,2 (LD₅₀ i LD₉₅), ali je to mala promena osetljivosti.

Tabela 12. Toksičnost insekticida za adulte *T. castaneum* iz populacije **Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ pirimifos-metila** posle mikroaplikacije i utvrđeni faktori rezistentnosti

Insekticid	LD ₅₀ (µg/insekt) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR* na nivou LD ₅₀	LD ₉₅ (µg/insekt) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR na nivou LD ₉₅	Nagib <i>ld-p</i> linije (±SG)
Dihlorvos	0,049 (0,045-0,052)	1,2	0,12 (0,11-0,14)	1,4	4,04±0,27
Malation	3,84 (2,98-4,74)	13,7	36,48 (28,22-50,63)	6,1	1,68±0,13
Hlörpirifos-metil	0,0120 (0,0118-0,0133)	1,1	0,028 (0,025-0,031)	1,5	4,72±0,28
Pirimifos-metil	0,0140 (0,0137-0,0152)	1,5	0,035 (0,031-0,040)	1,9	4,30±0,29
Deltametrin	0,015 (0,014-0,016)	2,2	0,053 (0,046-0,064)	2,2	3,02±0,18
Bifentrin	0,087 (0,079-0,096)	1,8	0,33 (0,28-0,41)	1,2	2,83±0,20

*FR = LD ispitivana/LD laboratorijska populacija

Selekcionisane jedinke brašnara iz populacije Nikinci sa LD₈₀ deltametrina su kao i jedinke iz ove populacije selekcionisane sa pirimifos-metilom najosetljivije na hlörpirifos-metil (tabela 13). Selekcija deltametrinom nije uticala na promenu toksičnosti organofosfata, dok je kod piretroida bifentrina i deltametrina utvrđena značajno manja toksičnost posle selekcije. U odnosu na brašnare pre selekcije sa LD₈₀ deltametrina, bifentrin je na nivou LD₅₀ i LD₉₅ 1,6 i 3,1 puta manje toksičan (tabela 11), a 1,7 i 1,6 puta manje toksičan u odnosu na brašnare iz laboratorijske populacije (tabela 9). Deltametrin je na nivou LD₅₀ 2,1 puta manje toksičan posle selekcije, a 2,0 puta manje toksičan u odnosu na laboratorijsku populaciju.

Tabela 13. Toksičnost insekticida za adulte *T. castaneum* iz populacije **Nikinca** selekcionisane sa **LD₈₀ deltametrina** posle mikroaplikacije i utvrđeni faktori rezistentnosti

Insekticid	LD ₅₀ (µg/insekt) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR* na nivou LD ₅₀	LD ₉₅ (µg/insekt) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR na nivou LD ₉₅	Nagib <i>ld-p</i> linije (±SG)
Dihlorvos	0,037 (0,033-0,040)	0,9	0,10 (0,09-0,12)	1,1	3,68±0,27
Malation	3,51 (2,88-4,15)	12,5	47,35 (36,17-66,95)	7,9	1,45±0,10
Hlorpirifos-metil	0,0108 (0,0102-0,011)	1,0	0,023 (0,021-0,025)	1,2	5,10±0,32
Pirimifos-metil	0,011 (0,0107-0,012)	1,2	0,031 (0,027-0,036)	1,7	3,89±0,30
Deltametrin	0,014 (0,013-0,015)	2,0	0,05 (0,04-0,06)	2,1	3,03±0,18
Bifentrin	0,085 (0,075-0,095)	1,7	0,43 (0,35-0,54)	1,6	2,83±0,20

*FR = LD ispitivana/LD laboratorijska populacija

Adulti *T. castaneum* iz populacije Jakovo, kao i adulti iz Nikinaca i laboratorijske populacije, na nivou LD₅₀ najosetljiviji su na deltametrin a najmanje osetljivi na malation (tabela 14). Deltametrin je na nivou LD₅₀ od sledećeg po redu pirimifos-metila toksičniji 1,7 puta, a od najmanje toksičnog malationa 1348,1 puta. Istovremeno, na nivou LD₉₅ najtoksičniji je pirimifos-metil koji je od najslabijeg malationa toksičniji 2238 puta.

Faktori rezistentnosti pokazuju da je kod ove populacije značajno promenjena osetljivost samo na malation, koji je 26,0 (LD₅₀) i 6,1 (LD₉₅) puta manje toksičan u odnosu na laboratorijsku populaciju.

Tabela 14. Toksičnost insekticida za adulte *T. castaneum* iz populacije **Jakovo** posle mikroaplikacije i utvrđeni faktori rezistentnosti

Insekticid	LD ₅₀ (µg/insekt) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR* na nivou LD ₅₀	LD ₉₅ (µg/insekt) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR na nivou LD ₉₅	Nagib <i>ld-p</i> linije (±SG)
Dihlorvos	0,035 (0,033-0,037)	0,8	0,079 (0,071-0,090)	0,9	4,65±0,34
Malation	7,28 (6,54-8,03)	26,0	36,48 (30,85-44,85)	6,1	2,35±0,14
Hlorpirifos-metil	0,012 (0,0113-0,0127)	1,1	0,024 (0,022-0,027)	1,3	5,55±0,40
Pirimifos-metil	0,0090 (0,0085-0,0094)	0,9	0,0163 (0,0154-0,0176)	0,9	6,31±0,38
Deltametrin	0,0054 (0,0047-0,0060)	0,7	0,024 (0,020-0,029)	1,0	2,55±0,19
Bifentrin	0,040 (0,034-0,045)	0,8	0,17 (0,14-0,21)	0,6	2,65±0,23

*FR = LD ispitivana/LD laboratorijska populacija

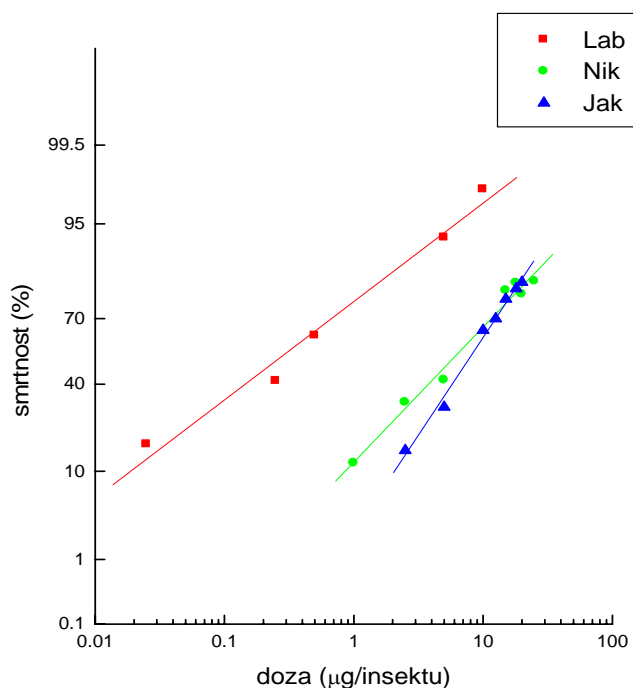
Za adulte *T. castaneum* iz Jakova selekcionisane sa LD₈₀ pirimifos-metila, je kao i pre selekcije, najtoksičniji insekticid na nivou LD₅₀ deltametrin, a najmanje toksičan malation (tabela 15). Selekcija kod ove populacije nije uticala na ispoljavanje toksičnosti insekticida, osim kod malationa, kod koga su faktori rezistentnosti blago povećani sa 26,0 na 29,8 (nivo LD₅₀) i sa 6,1 na 13,4 (nivo LD₉₅). Iako su LD parametri i faktori rezistentnosti za malation posle selekcije povećani te razlike nisu signifikantne.

Tabela 15. Toksičnost insekticida za adulte *T. castaneum* iz populacije **Jakovo** selekcionisane sa **LD₈₀ pirimifos-metila** posle mikroaplikacije i utvrđeni faktori rezistentnosti

Insekticid	LD ₅₀ (μg/insekt) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR* na nivou LD ₅₀	LD ₉₅ (μg/insekt) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR na nivou LD ₉₅	Nagib <i>ld-p</i> linije (±SG)
Dihlorvos	0,025 (0,024-0,028)	0,6	0,057 (0,051-0,065)	0,6	4,83±0,35
Malation	8,34 (6,41-10,81)	29,8	80,29 (41,51-161,79)	13,4	1,67±0,21
Hlorpirifos-metil	0,009 (0,0081-0,0094)	0,8	0,018 (0,016-0,020)	0,9	5,28±0,47
Pirimifos-metil	0,0097 (0,0092-0,010)	1,1	0,018 (0,017-0,020)	1,0	5,91±0,38
Deltametrin	0,006 (0,005-0,007)	0,9	0,04 (0,03-0,05)	1,7	2,15±0,19
Bifentrin	0,02 (0,007-0,045)	0,4	0,20 (0,09-0,49)	0,7	1,57±0,34

*FR = LD ispitivana/LD laboratorijska populacija

Utvrđeni parametri toksičnosti i nivoi rezistentosti su pokazali da je kod populacija brašnara iz Nikinaca i Jakova razvijena rezistentnost samo na malation, što je ilustrativno prikazano i na grafikonu 1.



Grafikon 1. *Ld-p* linije **malationa** za adulte *T. castaneum* iz laboratorijske populacije (Lab), iz populacije Nikinci (Nik) i Jakovo (Jak) posle mikroaplikacije

4.2. Toksičnost sintetisanih insekticida posle aplikacije na pšenicu u zrnu

Parametri toksičnosti insekticida posle aplikacije serije koncentracija vodenih razblaženja komercijalnih preparata za adulte laboratorijske populacije *T. castaneum* prikazani su u tabeli 16.

Tabela 16. Toksičnost insekticida za adulte **laboratorijske populacije** *T. castaneum* u različitim intervalima izlaganja u tretiranoj pšenici u zrnu

Insekticid	Ocena posle (dani)	LD ₅₀ (mg/kg) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	LD ₉₅ (mg/kg) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	Nagib <i>ld-p</i> linije (±SG)
Malation	7	2,74 (2,32-3,25)	31.76 (22.34-50.20)	1,55±0,11
	14	2,38 (2,04-2,80)	22.52 (15.73-36.71)	1,69±0,14
	21	2,15 (1.83-2.51)	20.48 (15.04-30.71)	1,68±0,13
Hlorpirifos-metil	7	0,170 (0,165-0,175)	0,25 (0,24-0,27)	9,48±0,54
	14	0,138 (0,134-0,142)	0,20 (0,19-0,21)	10,02±0,63
	21	0,132 (0,127-0,137)	0,19 (0,18-0,20)	10,33±0,70
Pirimifos-metil	7	0,142 (0,138-0,146)	0,21 (0,20-0,22)	9,68±0,57
	14	0,115 (0,111-0,118)	0,18 (0,17-0,20)	8,07±0,50
	21	0,10 (0,097-0,105)	0,16 (0,15-0,18)	7,73±0,53
Deltametrin +PBO*	7	1,01 (0,93-1,09)	3,42 (2,93-4,17)	3,10±0,21
	14	0,043 (0,041-0,045)	0,09 (0,08-0,10)	5,01±0,31
	21	0,037 (0,035-0,039)	0,07 (0,06-0,08)	5,93±0,40
Bifentrin	7	2,08 (1,82-2,40)	23,94 (17,59-35,00)	1,55±0,08
	14	0,40 (0,37-0,42)	0,82 (0,75-0,91)	5,23±0,34
	21	0,22 (0,21-0,24)	0,57 (0,51-0,64)	4,02±0,21
Tiametoksam	7	0,025 (0,022-0,030)	0,058 (0,043-0,080)	4,97±0,58
	14	0,020 (0,019-0,021)	0,035 (0,033-0,039)	6,85±0,45
	21	0,019 (0,015-0,023)	0,032 (0,023-0,046)	6,99±1,38
Spinosad	7	16,80 (15,03-19,36)	71,77 (52,19-115,39)	2,61±0,27
	14	3,34 (3,00-3,68)	9,76 (8,45-11,68)	3,53±0,25
	21	1,93 (1,75-2,12)	4,54 (3,95-5,41)	4,43±0,34
Abamektin	7	14,15(10,84-20,40)	256,24 (125,31-757,73)	1,30±0,14
	14	3,01 (2,50-3,61)	48,66 (32,07-85,68)	1,36±0,11
	21	0,55 (0,49-0,62)	2,26 (1,83-2,97)	2,67±0,19

*piperonil butoksid

Posle sedam dana izlaganja za brašnare iz laboratorijske populacije najtoksičniji insekticid je tiametoksam koji je na nivou LD₅₀ od najslabijeg spinosada toksičniji 672,0 puta, a na nivou LD₉₅ od najslabijeg abamektina čak 4417,9 puta. Visoku toksičnost su ostvarili i pirimifos-metil i hlorpirifos-metil koji su na nivou LD₅₀ 5,7 i 6,8 puta manje toksični od tiametoksama.

Utvrđeni parametri toksičnosti posle 14 dana pokazuju da su svi testirani insekticidi povećali toksičnost u odnosu na prvih sedam dana. Najizraženije povećanje toksičnosti je utvrđeno kod piretroida tako je deltametrin sa piperonil butoksidom posle 14 dana toksičniji 23,5 (LD₅₀) i 38,0 (LD₉₅) puta, a bifentrin 5,2 i 29,0 puta. Takođe, zapaža se i značajno povećanje toksičnosti kod sintetisanih prirodnih insekticida spinosada 5,2 puta (nivo LD₅₀) i abamektina 4,7 puta. Posle 14 dana najtoksičniji insekticid je tiametoksam, zatim sledi deltametrin sa piperonil butoksidom koji je od najslabijeg spinosada na nivou LD₅₀ toksičniji 77,7 puta. I posle 21 dana najtoksičniji insekticid za adulte *T. castaneum* iz laboratorijske populacije je tiametoksam koji je 113,0 (LD₅₀) i 640,0 (LD₉₅) puta toksičniji od najslabijeg malationa.

Parametri toksičnosti posle 21 dana pokazuju da je trend povećanja toksičnosti značajno nastavljen kod sintetisanih prirodnih insekticida i neznatno kod piretroida. U ovom periodu spinosad je na nivou LD₅₀ i LD₉₅ 1,7 i 2,1 puta toksičniji, a abamektin 5,4 i 21,0 puta u odnosu na 14 dana. Sagledavanjem svih parametara toksičnosti zapaža se da organofosfati malation, hlorspirifos-metil i pirimifos-metil, kao i neonikotinoid tiametoksam brzo prouzrokuju letalne efekte koji se neznatno povećavaju u funkciji vremena.

Analizom parametara toksičnosti za adulte *T. castaneum* iz populacije Nikinci (tabela 17) zapaža se da organofosfati (malation, hlorspirifos-metil i pirimifos-metil) i neonikotinoid tiametoksam toksičnost dostignutu posle sedam dana značajno ne menjaju sa dužinom ekspozicije, dok piretroidi (deltametrin sa piperonil butoksidom i bifentrin) značajno povećavaju toksičnost samo posle 14 dana u odnosu na prvih sedam dana. Sintetisani prirodni insekticidi spinosad i abamektin statistički značajno povećavaju toksičnost u svim intervalima i najvišu dostižu posle 21 dana.

Utvrđeni parametri toksičnosti posle 21 dana pokazuju da je za adulte brašnara poreklom iz Nikinaca najtoksičniji insekticid deltametrin sa piperonil butoksidom, koji je od sledećeg po redu, tiametoksama, na nivou LD₅₀ i LD₉₅ toksičniji 1,1 i 3,7 puta, od abamektina 13,3 i 84,7, a od najslabijeg malationa 494,0 i 1071,7 puta.

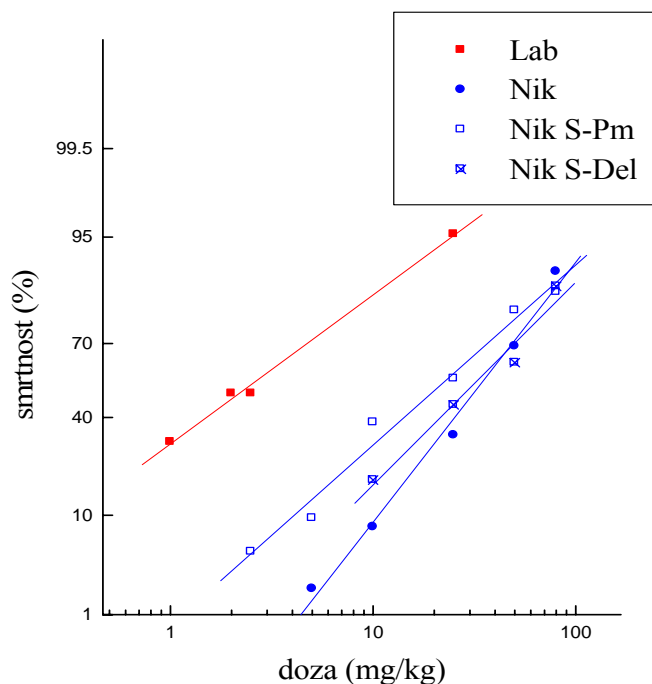
Uzimajući u obzir sve intervale očitavanja svi testirani insekticidi su ostvarili slabiju toksičnost za adulte iz Nikinaca u odnosu na adulte iz laboratorijske populacije (tabela 16). Najznačajnija promena osetljivosti kod ove populacije je utvrđena kod malationa koji je na nivou LD₅₀ i LD₉₅ 16,1 i 6,8 puta manje toksičan u odnosu na laboratorijsku populaciju, što ilustrativno pokazuje i grafikon 2.

Tabela 17. Toksičnost insekticida za adulte *T. castaneum* iz populacije **Nikinca** u različitim intervalima izlaganja u tretiranoj pšenici u zrnu i utvrđeni faktori rezistentnosti

Insekticid	Ocena posle (dani)	LD ₅₀ (mg/kg) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR*na nivou LD ₅₀	LD ₉₅ (mg/kg) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR na nivou LD ₉₅	Nagib <i>ld-p</i> linije (±SG)
Malation	7	41,74 (36,85-47,75)	15,2	193,15 (148,09-276,37)	6,1	2,47±0,20
	14	36,34 (32,38-40,93)	15,3	146,50 (117,29-196,26)	6,5	2,72±0,22
	21	34,58 (30,82-38,90)	16,1	139,32 (112,10-185,08)	6,8	2,72±0,21
Hlorpirifos-metil	7	0,32 (0,30-0,33)	1,9	0,57 (0,52-0,63)	2,3	6,51±0,48
	14	0,25 (0,24-0,27)	1,8	0,46 (0,43-0,50)	2,3	6,40±0,43
	21	0,24 (0,23-0,26)	1,8	0,44 (0,41-0,48)	2,3	6,50±0,46
Pirimifos-metil	7	0,16 (0,15-0,17)	1,1	0,40 (0,36-0,47)	1,9	4,12±0,29
	14	0,13 (0,12-0,14)	1,2	0,32 (0,29-0,38)	2,0	4,29±0,30
	21	0,12 (0,11-0,13)	1,2	0,30 (0,26-0,35)	1,9	4,30±0,35
Deltametrin +PBO**	7	1,15 (1,01-1,32)	1,1	8,12 (5,80-13,01)	2,4	1,94±0,17
	14	0,085 (0,078-0,091)	2,1	0,16 (0,14-0,19)	1,8	6,04±0,56
	21	0,070 (0,066-0,074)	1,7	0,13 (0,12-0,15)	1,8	6,24±0,52
Bifentrin	7	3,26 (2,72-3,94)	1,6	60,38 (39,64-104,28)	2,5	1,30±0,001
	14	0,57 (0,53-0,61)	1,4	1,38 (1,20-1,65)	1,7	4,27±0,33
	21	0,51 (0,47-0,54)	2,3	1,26 (1,10-1,50)	2,2	4,16±0,33
Tiametoksam	7	0,10 (0,09-0,12)	4,0	1,00 (0,79-1,35)	17,0	1,66±0,10
	14	0,08 (0,07-0,09)	4,0	0,50 (0,41-0,64)	14,0	2,09±0,14
	21	0,08 (0,07-0,09)	4,2	0,48 (0,39-0,62)	15,0	2,09±0,15
Spinosad	7	15,74 (14,14-17,88)	0,9	85,13 (61,42-136,58)	1,2	2,24±0,22
	14	5,34 (4,81-5,87)	1,6	17,08 (14,78-20,53)	1,7	3,26±0,24
	21	2,27 (2,03-2,53)	1,2	7,91 (6,63-9,89)	1,7	3,03±0,21
Abamektin	7	28,31 (18,36-61,34)	2,0	680,21 (214,95-6046,46)	2,6	1,19±0,19
	14	7,53 (5,88-10,28)	2,5	262,45 (122,12-833,56)	5,4	1,07±0,11
	21	0,93 (0,77-1,10)	1,7	11,01 (8,37-15,43)	4,9	1,53±0,10

*FR = LD ispitivana/LD laboratorijska populacija; **piperonil butoksid

Pored malationa, značajno manju toksičnost za adulte iz Nikinaca su ispoljili i tiametoksam i abamektin. Posle 21 dana, tiametoksam je 4,2 i 15,0 (nivo LD₅₀ i LD₉₅) puta manje toksičan, a abamektin 1,7 i 4,9 puta manje toksičan za brašnare iz Nikinaca u odnosu na brašnare iz laboratorijske populacije.



Grafikon 2. *Ld-p* linije malationa za adulte *T. castaneum* iz laboratorijske populacije (Lab), iz populacije Nikinci (Nik), Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ pirimifos-metila (Nik S-pm) i Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ deltametrina (Nik S-Del) posle 21 dana kontakta sa tretiranom pšenicom

Utvrđena toksičnost posle 21 dana pokazuje da je za brašnare iz Nikinaca selekcionisane sa LD₈₀ pirimifos-metila (tabela 18) kao i za brašnare pre selekcije najtoksičniji insekticid deltametrin sa piperonil butoksidom, zatim tiametoksam, a najmanje toksičan malation. Toksičnost hlorpirifos-metila, deltametrina sa piperonil butoksidom i bifentrina za adulte *T. castaneum* iz populacije Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ pirimifos-metila se nije menjala u odnosu na period pre selekcije. Takođe, i kod malationa nisu utvrđene signifikantne razlike iako se nominalne vrednosti LD parametara razlikuju.

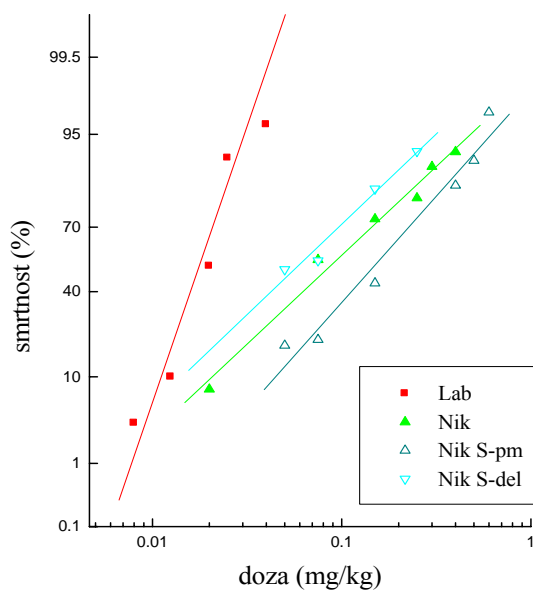
Selekcija sa LD₈₀ pirimifos-metila je neznatno uticala na smanjenje toksičnosti ovog jedinjenja u odnosu na period pre selekcije. Posle 21 dana pirimifos-metil je 1,7 (nivo LD₅₀) puta slabiji za selekcionisanu populaciju brašnara u odnosu na populaciju brašnara bez selekcije i 2,1 u odnosu na laboratorijske brašnare.

Tabela 18. Toksičnost insekticida za adulte *T. castaneum* iz populacije **Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ pirimifos-metila** u različitim intervalima izlaganja u tretiranoj pšenici u zrnju i utvrđeni faktori rezistentnosti

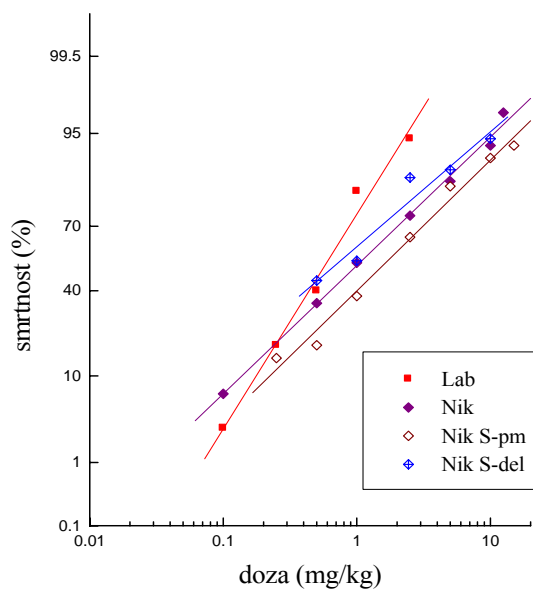
Insekticid	Ocena posle (dani)	LD ₅₀ (mg/kg) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR*na nivou LD ₅₀	LD ₉₅ (mg/kg) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR na nivou LD ₉₅	Nagib <i>ld-p</i> linije (±SG)
Malation	7	32,81 (28,27-38,47)	11,9	243,43 (173,50-385,67)	7,7	1,89±0,16
	14	26,33 (22,78-30,66)	11,1	199,69 (147,64-294,46)	8,9	1,87±0,13
	21	22,13 (19,29-25,37)	10,3	150,46 (115,66-210,87)	7,3	1,98±0,14
Hlorpirifos-metil	7	0,31 (0,30-0,33)	1,8	0,55 (0,50-0,63)	2,2	6,84±0,61
	14	0,25 (0,24-0,26)	1,8	0,49 (0,45-0,54)	2,4	5,62±0,36
	21	0,25 (0,24-0,26)	1,9	0,44 (0,41-0,48)	2,3	6,90±0,54
Pirimifos-metil	7	0,30 (0,29-0,32)	2,1	0,58 (0,52-0,66)	2,8	5,86±0,47
	14	0,23 (0,22-0,24)	2,0	0,44 (0,40-0,50)	2,4	5,74±0,36
	21	0,21 (0,20-0,22)	2,1	0,39 (0,36-0,43)	2,3	6,15±0,41
Deltametrin +PBO**	7	1,13 (1,01-1,28)	1,1	6,38 (4,82-9,34)	1,9	2,19±0,18
	14	0,072 (0,068-0,078)	1,7	0,18 (0,16-0,22)	2,0	4,14±0,33
	21	0,063 (0,059-0,068)	1,7	0,14 (0,13-0,17)	2,0	4,61±0,40
Bifentrin	7	3,25 (2,70-3,89)	1,6	50,51 (35,44-79,35)	2,1	1,38±0,001
	14	0,48 (0,45-0,52)	1,2	1,16 (1,03-1,36)	1,4	4,33±0,32
	21	0,47 (0,44-0,50)	2,1	1,11 (0,99-1,30)	1,9	4,39±0,34
Tiametoksam	7	0,24 (0,20-0,32)	9,6	0,96 (0,58-1,59)	16,5	2,78±0,43
	14	0,16 (0,14-0,18)	8,0	0,71 (0,59-0,88)	20,3	2,57±0,16
	21	0,15 (0,13-0,16)	7,9	0,67 (0,56-0,84)	20,9	2,48±0,16
Spinosad	7	24,31 (18,79-42,40)	1,4	270,00 (106,80-2481,93)	3,8	1,57±0,33
	14	4,27 (3,69-4,87)	1,3	24,47 (20,51-30,28)	2,5	2,17±0,13
	21	3,17 (2,80-3,55)	1,6	12,59 (10,52-15,81)	2,8	2,74±0,20
Abamektin	7	51,21 (33,78-102,74)	3,6	2346,94 (697,4- 199338,0)	9,1	0,99±0,14
	14	10,48 (8,16-14,20)	3,5	523,49 (240,67-1630,6)	10,8	0,97±0,01
	21	1,46 (1,24-1,72)	2,6	15,65 (11,76-22,30)	6,9	1,60±0,10

*FR = LD ispitivana/LD laboratorijska populacija; **piperonil butoksid

Međutim, selekcija sa LD₈₀ pirimifos-metila je značajno uticala na smanjenje toksičnosti kod spinosada (nivo LD₉₅) i posebno kod tiametoksama (nivo LD₅₀) i abamektina (nivo LD₅₀ i LD₉₅). Posle 21 dana toksičnost tiametoksama za adulte *T. castaneum* selekcionisane sa LD₈₀ pirimifos-metila je 1,9 (LD₅₀) i 1,4 (LD₉₅) puta manja u odnosu na period pre selekcije, a 7,9 (LD₅₀) i 20,9 (LD₉₅) puta manja u odnosu na adulte iz laboratorijske populacije (grafikon 3). U istom intervalu abamektin je za selekcionisane brašnare 1,6 i 1,4 (nivo LD₅₀ i LD₉₅) puta manje toksičan u odnosu na period pre selekcije, i 2,6 i 6,9 puta manje toksičan u odnosu na laboratorijsku populaciju brašnara (grafikon 4).



Grafikon 3. *Ld-p* linije **tiametoksama** za adulte *T. castaneum* iz laboratorijske populacije (Lab), iz populacije Nikinci (Nik), Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ pirimifos-metila (Nik S-pm) i Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ deltametrina (Nik S-del) posle 21 dana kontakta sa tretiranom pšenicom



Grafikon 4. *Ld-p* linije **abamektina** za adulte *T. castaneum* iz laboratorijske populacije (Lab), iz populacije Nikinci (Nik), Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ pirimifos-metila (Nik S-pm) i Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ deltametrina (Nik S-del) posle 21 dana kontakta sa tretiranom pšenicom

Za brašnare iz Nikinaca selekcionisane sa LD₈₀ deltametrina posle 21 dana na nivou LD₅₀ najtoksičniji insekticid je tiametoksam, a na nivou LD₉₅ najtoksičniji je deltametrin sa piperonil butoksidom, dok je malation u oba slučaja najmanje toksičan (tabela 19).

Tabela 19. Toksičnost insekticida za adulte *T. castaneum* iz populacije **Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ deltametrina** u različitim intervalima izlaganja u tretiranoj pšenici u zrnu i utvrđeni faktori rezistentnosti

Insekticid	Ocena posle (dani)	LD ₅₀ (mg/kg) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR* na nivou LD ₅₀	LD ₉₅ (mg/kg) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR na nivou LD ₉₅	Nagib <i>ld-p</i> linije (±SG)
Malation	7	45,03 (38,11-54,14)	16,4	334,16 (226,88-574,91)	10,5	1,89±0,17
	14	37,42 (31,91-44,68)	15,7	312,69 (212,62-534,23)	13,9	1,78±0,16
	21	27,87 (24,07-32,45)	12,9	197,72 (144,24-302,10)	9,6	1,93±0,16
Hlorpirifos-metil	7	0,26 (0,25-0,27)	1,5	0,45 (0,42-0,50)	1,8	6,88±0,61
	14	0,23 (0,22-0,24)	1,6	0,36 (0,34-0,40)	1,8	8,44±0,86
	21	0,23 (0,21-0,24)	1,8	0,36 (0,33-0,39)	1,9	8,45±0,89
Pirimifos-metil	7	0,22 (0,21-0,23)	1,6	0,49 (0,44-0,56)	2,3	4,82±0,34
	14	0,17 (0,16-0,18)	1,5	0,36 (0,33-0,41)	2,0	5,05±0,35
	21	0,16 (0,15-0,17)	1,6	0,35 (0,32-0,39)	2,2	4,88±0,35
Deltametrin +PBO**	7	1,11 (0,97-1,28)	1,1	6,68 (4,78-10,99)	1,9	2,11±0,23
	14	0,08 (0,07-0,08)	2,0	0,23 (0,19-0,28)	2,5	3,45±0,26
	21	0,07 (0,06-0,07)	1,7	0,13 (0,12-0,15)	1,8	5,46±0,47
Bifentrin	7	4,12 (3,41-4,96)	1,9	73,53 (50,50-118,49)	3,1	1,31±0,10
	14	0,93 (0,87-1,00)	2,3	2,09 (1,81-2,53)	2,5	4,68±0,37
	21	0,71 (0,66-0,76)	3,2	1,60 (1,40-1,92)	2,8	4,63±0,39
Tiametoksam	7	0,078 (0,068-0,089)	3,1	0,61 (0,51-0,76)	10,5	1,84±0,10
	14	0,055 (0,046-0,063)	2,7	0,32 (0,25-0,43)	9,1	2,15±0,16
	21	0,055 (0,047-0,063)	2,9	0,32 (0,25-0,46)	10,0	2,12±0,18
Spinosad	7	10,86 (9,25-12,95)	0,6	199,56 (124,78-379,22)	2,8	1,30±0,11
	14	3,48 (2,95-3,99)	1,1	13,98 (12,05-16,78)	1,4	2,72±0,20
	21	2,60 (2,20-2,99)	1,3	8,09 (6,86-10,04)	1,8	3,34±0,32
Abamektin	7	7,18 (5,63-9,63)	0,5	241,31 (122,95-620,22)	0,9	1,08±0,10
	14	3,27 (2,61-4,12)	1,1	96,09 (54,38-214,03)	1,9	1,12±0,10
	21	0,90 (0,73-1,09)	1,6	11,54 (8,49-17,02)	5,1	2,05±0,13

*FR = LD ispitivana/LD laboratorijska populacija; **piperonil butoksid

Selekcija sa LD₈₀ deltametrina nije uticala na smanjenje toksičnosti ovog jedinjenja u odnosu na period pre selekcije, ali je uticala na smanjenje toksičnosti piretroida bifentrina, koji je posle 14 i 21 dana 1,6 i 1,4 (nivo LD₅₀) manje toksičan u odnosu na period pre selekcije. Toksičnost organofosfata, kao i sintetisanih prirodnih insekticida spinosada i abamektina se posle selekcije nije značajno menjala. Kod ove populacije najviši nivoi

rezistentnosti su utvrđeni kod malationa, koji je posle 21 dana 12,9 i 9,6 (nivo LD₅₀ i LD₉₅) puta manje toksičan u odnosu na laboratorijsku populaciju.

Dobijeni rezultati pokazuju da jedna selekcija pirimifos-metilom ili deltametrimom kod populacije Nikinci statistički značajno ne utiče na promenu toksičnosti malationa, što pokazuju i *ld-p* linije na grafikonu 2.

Tabela 20. Toksičnost insekticida za adulte *T. castaneum* iz populacije **Jakovo** u različitim intervalima izlaganja u tretiranoj pšenici u znu i utvrđeni faktori rezistentnosti

Insekticid	Ocena posle (dani)	LD ₅₀ (mg/kg) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR* na nivou LD ₅₀	LD ₉₅ (mg/kg) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	FR na nivou LD ₉₅	Nagib <i>ld-p</i> linije (±SG)
Malation	7	65,21 (53,16-84,31)	23,8	650,80 (386,00-1414,10)	20,5	1,65±0,17
	14	49,52 (43,05-58,15)	20,8	270,23 (194,90-425,86)	12,0	2,23±0,20
	21	45,52 (39,57-53,28)	21,2	259,58 (188,01-404,75)	12,7	2,17±0,19
Hlorpirifos-metil	7	0,178 (0,171-0,184)	1,0	0,27 (0,25-0,29)	1,1	9,02±0,55
	14	0,166 (0,160-0,172)	1,2	0,26 (0,24-0,29)	1,3	8,55±0,54
	21	0,164 (0,158-0,170)	1,3	0,25 (0,24-0,27)	1,3	8,93±0,56
Pirimifos-metil	7	0,175 (0,169-0,181)	1,2	0,26 (0,24-0,28)	1,2	9,63±0,74
	14	0,138 (0,133-0,143)	1,2	0,21 (0,20-0,23)	1,2	8,85±0,66
	21	0,131 (0,126-0,136)	1,3	0,20 (0,19-0,22)	1,2	8,53±0,67
Deltametrin +PBO**	7	0,86 (0,76-0,97)	0,8	5,45 (4,13-7,96)	1,6	2,06±0,17
	14	0,058 (0,055-0,062)	1,5	0,12 (0,10-0,14)	1,3	5,41±0,39
	21	0,046 (0,044-0,048)	1,2	0,077 (0,071-0,085)	1,1	7,32±0,56
Bifentrin	7	3,57 (3,07-4,19)	1,7	37,14 (27,42-53,98)	1,5	1,62±0,001
	14	0,43 (0,41-0,45)	1,1	0,77 (0,70-0,88)	0,9	6,48±0,55
	21	0,38 (0,36-0,40)	1,7	0,65 (0,60-0,72)	1,1	7,21±0,62
Tiametoksam	7	0,042 (0,037-0,047)	1,7	0,23 (0,19-0,30)	3,9	2,20±0,12
	14	0,022 (0,021-0,023)	1,1	0,040 (0,036-0,045)	1,1	6,36±0,50
	21	0,021 (0,019-0,022)	1,1	0,040 (0,03-0,045)	1,2	5,77±0,41
Spinosad	7	19,72 (17,25-23,50)	1,2	107,54 (73,00-193,17)	1,5	2,23±0,24
	14	3,48 (3,13-8,86)	1,1	10,43 (8,78-13,07)	1,1	3,45±0,28
	21	2,40 (2,14-2,67)	1,2	7,44 (6,28-9,28)	1,6	3,35±0,27
Abamektin	7	16,21 (11,79-26,84)	1,1	406,44 (154,67-2226,86)	1,6	1,17±0,17
	14	3,36 (2,85-3,89)	1,1	44,51 (34,12-61,84)	0,9	1,46±0,90
	21	0,71 (0,60-0,84)	1,3	4,57 (3,54-6,29)	2,0	2,04±0,14

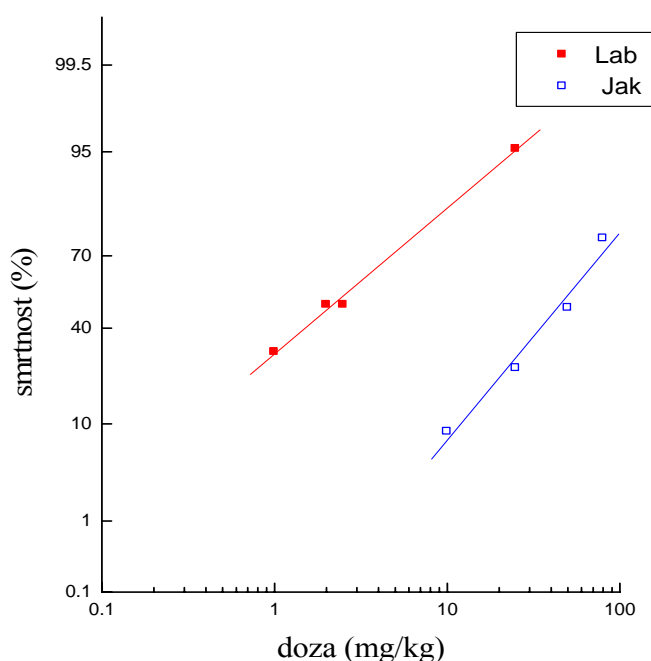
*FR = LD ispitivana/LD laboratorijska populacija; **piperonil butoksid

Utvrđeni parametri toksičnosti malationa, hlorpirifos-metila i pirimifos-metila za adulte *T. castaneum* iz populacije Jakovo (tabela 20) pokazuju da se njihova toksičnost u odnosu na prvih sedam dana značajno ne povećava, dok se toksičnost sintetisanih prirodnih insekticida prirodnog spinosada i abamektina statistički značajno povećava sa porastom

dužine izlaganja. Ovakav trend toksičnosti konstatovan je i kod laboratorijske populacije i adulta iz Nikinaca. Međutim, za razliku od laboratorijske populacije, kod jedinki iz populacije Jakovo utvrđeno je značajno povećanje toksičnosti tiametoksama posle 14 dana i deltametrina sa piperonil butoksidom posle 21 dana, što pokazuju i nagibi *ld-p* linija.

Posle 21 dana izlaganja adulta *T. castaneum* iz Jakova u tretiranoj pšenici, tiametoksam je najtoksičniji insekticid, od koga je sledeći po redu deltametrin sa piperonil butoksidom 2,2 i 1,9 (nivo LD₅₀ i LD₉₅) puta manje toksičan, sledeći pirimifos-metil 6,2 i 5,0 puta, dok je abamektin 33,8 i 114,2 puta, a spinosad 114,3 i 186,0 puta manje toksičan.

Parametri toksičnosti i FR pokazuju da su adulti brašnara iz Jakova razvili rezistentnost samo na malation, koji je posle 21 dana 21,2 (LD₅₀) i 12,7 (LD₉₅) puta manje toksičan u odnosu na brašnare iz laboratorijske populacije, što pokazuju *ld-p* linije na grafikonu 5.



Grafikon 5. *Ld-p* linije malationa za adulte *T. castaneum* iz laboratorijske populacije (Lab) i populacije Jakovo (Jak) posle 21 dana kontakta sa tretiranom pšenicom

4.3. Efekti prirodnih insekticida na adulte *T. castaneum*

Prirodni insekticidi (inertna prašiva) su u svim varijantama testiranja značajno sporije delovali na adulte *T. castaneum* od sintetisanih insekticida, a ispoljena efektivnost je direktno zavisila od relativne vlažnosti vazduha.

4.3.1. Efekti prirodnog zeolita i diatomejske zemlje u uslovima niže relativne vlažnosti vazduha

U uslovima niže relativne vlažnosti vazduha (40-50%), sa porastom dužine izlaganja značajno se povećava smrtnost brašnara, što je posebno izraženo između sedam i 14 dana (tabela 21).

Tabela 21. Smrtnost adulta *T. castaneum* iz laboratorijske populacije posle 7, 14 i 21 dana izlaganja u pšenici tretiranoj prirodnim zeolitom (Modifikovani prirodni zeolit i Prirodni zeolit) i diatomejskom zemljom (Protect-It) i 7 dana oporavka na netretiranoj pšenici

Inertno prašivo	Količina primene (g/kg)	Smrtnost (%±SD) posle izlaganja		
		7 dana	14 dana	21 dan
Pre oporavka				
Kontrola	0	0,0±0,0a*	1,0±0,5a	3,0±1,0a
Modifikovani prirodni zeolit	0,25	2,0±0,6a	50,0±3,0b	91,0±0,8b
	0,50	23,0±1,3b	72,0±3,2c	94,0±1,7bc
	0,75	47,0±2,2c	93,0±1,5de	100c
Prirodni zeolit	0,25	2,0±1,0a	79,0±2,6cd	98,0±1,0bc
	0,50	34,0±3,7bc	95,0±1,3de	100c
	0,75	53,0±3,0c	100e	100c
Diatomejska zemlja (Protect-It)	0,30	83,0±2,1d	100e	100c
Posle oporavka				
Kontrola	0	0,0±0,0a**	1,0±0,5a	4,0±0,8a
Modifikovani prirodni zeolit	0,25	3,0±1,0a	60,0±2,9b	94,0±0,6b
	0,50	32,0±0,8b	87,0±3,6c	97,0±1,0bc
	0,75	56,0±2,9c	97,0±1,0c	100c
Prirodni zeolit	0,25	9,0±1,9a	89,0±2,2c	100c
	0,50	50,0±4,1bc	97,0±1,0 c	100c
	0,75	76,0±2,2d	100c	100c
Diatomejska zemlja (Protect-It)	0,30	89,0±1,0d	100c	100c

*Vrednosti u kolonama pre oporavka označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju ($p>0,05$); ** Vrednosti u kolonama posle oporavka označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju ($p>0,05$)

Posle sedam dana ekspozicije laboratorijske populacije brašnara u tretiranoj pšenici zeolit je u zavisnosti od količine primene (0,25-0,75 g/kg) prouzrokovao smrtnost adulta u

rasponu 2-47% kod prašiva Modifikovani prirodni zeolit, 2-53% kod prašiva Prirodni zeolit, i statistički značajno najvišu, 83%, kod diatomejske zemlje (preparat Protect-It). Dobijeni rezultati pokazuju da je u ovim eksperimentalnim uslovima sedam dana kontakta brašnara sa tretiranom pšenicom nedovoljno za značajnije ispoljavanje letalnih efekata ispitivanih prašiva.

Posle 14 dana ekspozicije smrtnost adulta kestenjastog brašnara na nivou 100% utvrđena je posle njihovog kontakta sa 0,3 g/kg diatomejske zemlje i najvećom količinom prašiva Prirodni zeolit (0,75 g/kg), sa kojom je prašivo Modifikovani prirodni zeolit prouzrokovalo smrtnost na nivou 93%.

Posle 21 dana ekspozicije utvrđen je sličan odnos smrtnosti izlaganih adulta brašnara kao posle 14 dana kontakta. U zavisnosti od količine primene zeolita i diatomejske zemlje utvrđena smrtnost brašnara se kretala u rasponu 91-100%.

Prema rezultatima ukupne smrtnosti insekata dobijene posle oporavka izlaganih adulta *T. castaneum* na netretiranoj pšenici može se konstatovati da se smrtnost povećala u svim varijantama ispitivanja. U poređenju sa postignutim nivoima smrtnosti jedinki bez uticaja oporavka od prethodnog izlaganja tretiranoj pšenici, najizraženije povećanje smrtnosti kod brašnara se može uočiti posle oporavka jedinki od kontakta sa pšenicom tretiranom Prirodnim zeolitom, posebno posle izlaganja u trajanju od sedam dana, kada se smrtnost povećala sa 34 na 50% (količina primene 0,50 g/kg), odnosno sa 53 na 76% (količina primene 0,75 g/kg).

Posle oporavka od 14 dana izlaganja visoka smrtnost brašnara u rasponu 97-100% je utvrđena posle kontakta sa 0,75 g/kg Modifikovanog prirodnog zeolita, 0,5 i 0,75 g/kg Prirodnog zeolita i 0,3 g/kg diatomejske zemlje.

Posle oporavka od 21 dana ekspozicije sve količine testiranih prašiva su prouzrokovale visoku smrtnost laboratorijskih brašnara (94-100%).

Rezultati produkcije potomstva kod laboratorijske populacije *T. castaneum* (tabela 22) pokazuju da je u svim varijantama testiranja registrovana pojava potomaka, osim u pšenici tretiranoj diatomejskom zemljom (preparat Protect-It) posle 14 i 21 dana izlaganja njihovih roditelja.

Tabela 22. Prosečan broj potomaka i redukcija potomstva kod laboratorijske populacije *T. castaneum* posle sedam, 14 i 21 dana ekspozicije roditelja u pšenici tretiranoj prirodnim zeolitom (Modifikovani prirodni zeolit i Prirodni zeolit) i diatomejskom zemljom (Protect-It)

Inertno prašivo	Količina primene (g/kg)	Prosečan broj potomaka (\pm SD) i redukcija potomstva (%) posle izlaganja					
		7 dana		14 dana		21 dan	
		Broj	RP	Broj	RP	Broj	RP
Kontrola	0	4,7 \pm 2,1a*	-	6,0 \pm 2,6a	-	7,7 \pm 2,5a	-
Modifikovani prirodni zeolit	0,25	4,5 \pm 1,9a	5,3	3,7 \pm 2,2ab	37,5	4,3 \pm 3,0 ab	45,2
	0,50	4,0 \pm 1,8a	15,8	2,0 \pm 0,8bc	66,7	2,0 \pm 1,4bc	74,2
	0,75	3,2 \pm 1,5a	31,6	1,7 \pm 0,5bc	70,8	1,5 \pm 1,3bc	80,6
Prirodni zeolit	0,25	4,2 \pm 3,2a	10,5	3,3 \pm 1,7abc	45,8	2,7 \pm 2,1bc	64,5
	0,50	3,7 \pm 2,2a	21,1	1,5 \pm 1,0bc	75,0	1,0 \pm 1,4bc	87,1
	0,75	2,5 \pm 1,7a	47,4	1,0 \pm 1,2bc	83,3	0,7 \pm 1,0bc	90,3
Diatomejska zemlja (Protect-It)	0,30	0,3 \pm 0,5a	94,7	0,0 \pm 0,0c	100	0,0 \pm 0,0c	100

*Vrednosti u kolonama označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju ($p>0,05$)

Posle 14 i 21 dana ekspozicije roditelja brašnara u pšenici tretiranoj prirodnim zeolitom najveću redukciju potomstva je ostvarilo prašivo Prirodni zeolit sa 0,75 g/kg, 83 i 90%, dok je prašivo Modifikovani prirodni zeolit najviši nivo redukcije potomstva brašnara, 81%, ostvarilo posle 21 dana kontakta roditelja sa 0,75 g/kg.

Dobijeni rezultati pokazuju da u uslovima niže relativne vlažnosti vazduha dužina ekspozicije roditelja *T. castaneum* ne utiče na značajnije povećanje produkcije potomstva.

4.3.2. Efekti prirodnog zeolita i diatomejske zemlje u uslovima povišene relativne vlažnosti vazduha

Dobijeni rezultati pokazuju da je pri povišenoj relativnoj vlažnosti vazduha (50-65%) značajno niža smrtnost brašnara (tabela 23) u odnosu na utvrđenu smrtnost pri vlažnosti vazduha od 40 do 50% (tabela 21). Ovo je posebno izraženo kod prašiva Modifikovani prirodni zeolit, dok je viša relativna vlažnost vazduha manje uticala na efekte diatomejske zemlje (Protect-It).

Posle sedam dana ekspozicije u pšenici tretiranoj prašivima zeolita najveća smrtnost *T. castaneum* od 28% je utvrđena posle kontakta sa 1 g/kg prašiva Prirodni zeolit fine granulacije. U istom intervalu, komecijalni preparat diatomejske zemlje je sa 3,3 puta manjom količinom postigao efikasnost od 53%.

Tabela 23. Smrtnost adulta *T. castaneum* iz laboratorijske populacije posle 7, 14 i 21 dana izlaganja u pšenici tretiranoj prirodnim zeolitom (Modifikovani prirodni zeolit, Prirodni zeolit i Prirodni zeolit fine granulacije) i diatomejskom zemljom (Protect-It) i 7 dana oporavka na netretiranoj pšenici

Inertno prašivo	Količina primene (g/kg)	Smrtnost (% ± SD) posle izlaganja		
		7 dana	14 dana	21 dan
Pre oporavka				
Kontrola	0	0,0±0,0a*	0,0±0,0a	0,0±0,0a
Modifikovani prirodni zeolit	0,50	0,0±0,0a	3,0±0,5a	8,0±0,8a
	0,75	0,0±0,0a	9,0±1,5a	17,0±1,3b
	1,00	0,0±0,0a	26,0±3,9b	28,0±1,6c
Prirodni zeolit	0,50	0,0±0,0a	38,0±3,7c	51,0±2,2d
	0,75	9,0±1,5b	76,0±1,4d	89,0±1,7f
	1,00	23,0±1,3c	90,0±1,4e	100g
Prirodni zeolit fine granulacije	0,50	1,0±0,5a	25,0±1,7b	47,0±2,4d
	0,75	4,0±0,8ab	66,0±1,7d	80,0±2,3e
	1,00	28,0±0,8c	83,0±1,7e	100g
Diatomejska zemlja (Protect-It)	0,30	53,0±2,6d	95,0±1,3e	99,0±0,5g
Posle oporavka				
Kontrola	0	0,0±0,0a**	0,0±0,0a	0,0±0,0a
Modifikovani prirodni zeolit	0,50	2,0±1,0a	7,0±0,5ab	11,0±0,5b
	0,75	2,0±0,6a	15,0±2,1b	24,0±0,8c
	1,00	8,0±1,4ab	35,0±4,2c	36,0±0,8d
Prirodni zeolit	0,50	4,0±0,8a	44,0±2,6c	57,0±2,4e
	0,75	16,0±1,6b	89,0±2,2e	89,0±1,9fg
	1,00	36,0±2,7c	97,0±1,0e	100g
Prirodni zeolit fine granulacije	0,50	6,0±3,0a	36,0±3,9c	60,0±2,4e
	0,75	13,0±1,5b	75,0±1,0d	82,0±1,7f
	1,00	40,0±1,1c	100e	100g
Diatomejska zemlja (Protect-It)	0,30	69,0±3,0d	98,0±0,6e	100g

*Vrednosti u kolonama pre oporavka označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju ($p>0,05$); **Vrednosti u kolonama posle oporavka označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju ($p>0,05$)

Posle 14 dana sva prašiva su značajno povećala efikasnost, a smrtnost $\geq 90\%$ brašnara je utvrđena u pšenici tretiranoj diatomejskom zemljom i 1 g/kg Prirodnog zeolita. Poređenjem ostvarene efikasnosti zeolita zapaža se da je prašivo Prirodni zeolit prouzrokovalo signifikantno najveću smrtnost, zatim zeolit fine granulacije, a najmanju smrtnost je ostvarilo prašivo Modifikovani prirodni zeolit.

Posle 21 dana najveća smrtnost (99-100%) brašnara je utvrđena u pšenici tretiranoj 1 g/kg prirodnog zeolita i zeolita fine granulacije, kao i u pšenici tretiranoj 3,3 puta manjom količinom diatomejske zemlje.

Najznačajnije povećanje smrtnosti brašnara sa 28 na 40% i sa 53 na 69% je utvrđeno posle oporavka od sedam dana izlaganja u pšenici tretiranoj 1 g/kg prirodnog zeolita fine granulacije, odnosno 0,3 g/kg prašiva Protect-It. Posle oporavka od 14 i 21 dana izlaganja

visoka smrtnost u rasponu od 97 do 100% je utvrđena kod prirodnog, i zeolita fine granulacije primenjenih u količini 1 g/kg i kod diatomejske zemlje.

Posle sedam dana kontakta roditelja sa inertnim prašivima najveću redukciju potomstva od 96,6% je ostvarila diatomejska zemlja, dok su prašiva zeolita značajno manje redukovala potomstvo u rasponu od 33,9 do 78,2% (tabela 24).

Tabela 24. Prosečan broj potomaka i redukcija potomstva kod laboratorijske populacije *T. castaneum* posle sedam, 14 i 21 dana ekspozicije roditelja u pšenici tretiranoj prirodnim zeolitom (Modifikovani prirodni zeolit, Prirodni zeolit i Prirodni zeolit fine granulacije) i diatomejskom zemljom (Protect-It)

Inertno prašivo	Količina primene (g/kg)	Prosečan broj potomaka (\pm SD) i redukcija potomstva (%) posle izlaganja					
		7 dana		14 dana		21 dan	
		Broj	RP	Broj	RP	Broj	RP
Kontrola	0	65,0 \pm 15,6a*	-	76,2 \pm 16,8a	-	105,5 \pm 8,35a	-
Modifikovani prirodni zeolit	0,50	43,0 \pm 14,3b	33,9	50,3 \pm 2,4b	34,1	53,00 \pm 5,8b	49,8
	0,75	36,7 \pm 14,2bc	43,5	39,3 \pm 6,7c	48,5	41,0 \pm 6,4c	61,1
	1,0	33,7 \pm 6,4bc	48,1	31,0 \pm 10,0c	59,4	30,3 \pm 7,3d	71,3
Prirodni zeolit	0,50	30,5 \pm 7,4bcd	53,1	19,3 \pm 2,6d	74,8	18,7 \pm 7,1e	82,2
	0,75	23,3 \pm 2,5cde	64,3	11,0 \pm 2,6de	85,6	7,7 \pm 1,5fg	92,7
	1,0	16,0 \pm 5,8ef	75,5	9,0 \pm 2,8ef	88,2	3,7 \pm 2,6gh	96,5
Prirodni zeolit fine granulacije	0,50	34,2 \pm 8,9bc	47,3	36,9 \pm 5,0c	52,5	13,5 \pm 1,9ef	87,2
	0,75	19,8 \pm 6,7de	69,7	19,0 \pm 5,5d	77,7	5,3 \pm 2,6gh	95,0
	1,0	14,2 \pm 9,9ef	78,2	7,8 \pm 3,3ef	89,9	1,3 \pm 1,0gh	98,8
Diatomejska zemlja (Protect-It)	0,30	2,3 \pm 1,9f	96,6	0,0 \pm 0,0f	100	0,0 \pm 0,0h	100

* Vrednosti u kolonama označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju ($p > 0,05$)

Uzimajući u obzir sve varijante testiranja samo je diatomejska zemlja potpuno redukovala potomstvo posle ekspozicije roditelja u trajanju od 14 i 21 dana. Prašiva prirodnog zeolita su i pri povišenoj vlažnosti vazduha najveću redukciju potomstva postigla posle 21 dana izlaganja roditelja. U ovom periodu redukcija potomstva $>90\%$ je utvrđena u tretmanu količinama 0,75 i 1 g/kg prirodnog, i zeolita fine granulacije.

4.3.3. Efekti diatomejske zemlje na populacije *T. castaneum* sa različitim osetljivošću na sintetisane insekticide

Posle sedam dana ekspozicije pri relativnoj vlažnosti vazduha 60-65%, nijedna količina prašiva diatomejske zemlje iz Srbije nije ostvarila visoku smrtnost brašnara iz laboratorijske populacije (tabela 25). U ovom periodu prašivo DZ S-1 je prouzrokovalo smrtnost *T. castaneum* u intervalu 2-71%, dok je prašivo DZ S-2 istih količina prouzrokovalo statistički značajno nižu smrtnost od 2 do 39%.

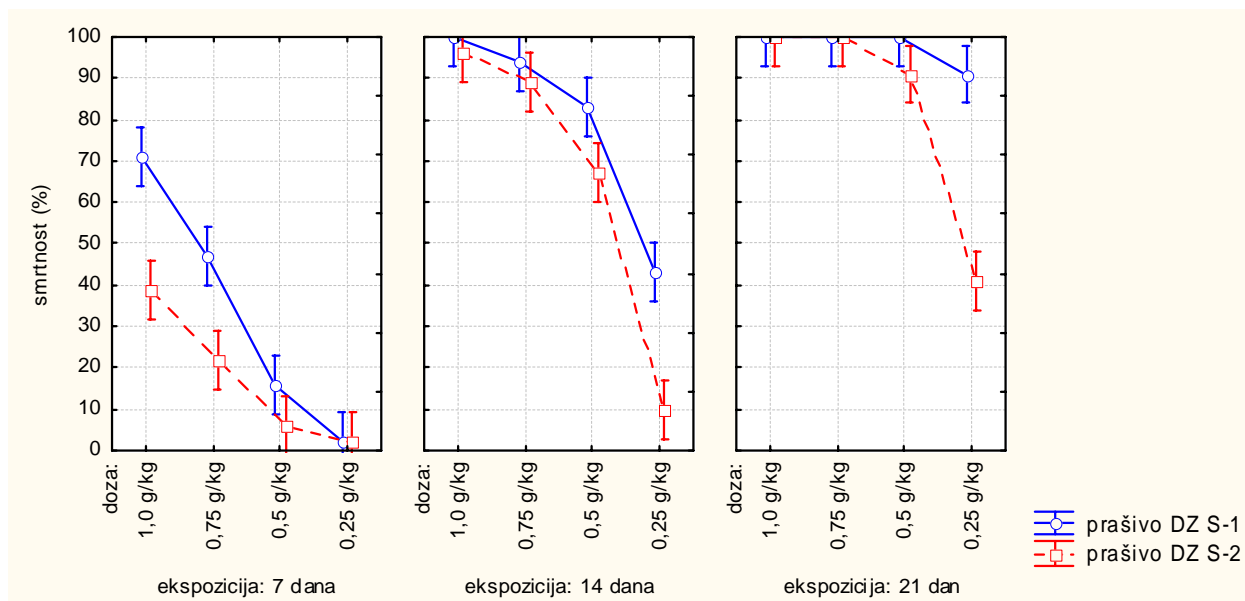
Tabela 25. Smrtnost adulta *T. castaneum* iz laboratorijske populacije posle 7, 14 i 21 dana izlaganja u pšenici tretiranoj diatomejskom zemljom (DZ S-1 i DZ S-2) i 7 dana **oporavka** na netretiranoj pšenici

Diatomejska zemlja	Količina primene (g/kg)	Smrtnost (% ± SD) posle izlaganja		
		7 dana	14 dana	21 dan
Pre oporavka				
Kontrola	0	0,0±0,0 a*	0,0±0,0 a	0,0±0,0 a
DZ S-1	0,25	2,0±0,6a	43,0±1,5b	91,00±2,2c
	0,50	16,0±1,4bc	83,0±3,3d	100d
	0,75	47,0±2,6d	94,0±1,3de	100d
	1,00	71,0±1,3e	100f	100d
	DZ S-2	0,25	2,0±0,6a	10,0±1,7a
DZ S-2	0,50	6,0±1,0ab	67,0±2,7c	91,0±1,7c
	0,75	22,0±1,3c	89,0±0,5de	100d
	1,00	39,0±4,1d	96,0±0,8e	100d
	Posle oporavka			
Kontrola	0	0,0±0,0a**	0,0±0,0a	2,0±0,6a
DZ S-1	0,25	6,0±1,3a	65,0±1,7c	95,0±0,5c
	0,50	36,0±2,9b	90,0±2,4de	100d
	0,75	61,0±2,7c	94,0±1,3de	100d
	1,00	84,0±1,4d	100f	100d
DZ S-2	0,25	2,0±0,6a	28,0±3,4b	60,0±5,0b
	0,50	13,0±2,6a	88,0±1,6d	91,0±1,7c
	0,75	47,0±2,6b	92,0±1,4de	100d
	1,00	69,0±3,8c	98,0±0,6ef	100d

*Vrednosti u kolonama pre oporavka označene istim slovima se statistički ne razlikuju ($p>0,05$); **Vrednosti u kolonama posle oporavka označene istim slovima se statistički ne razlikuju ($p>0,05$)

Posle 14 dana izlaganja u odnosu na prvih sedam dana u svim varijantama testiranja značajno je uvećana smrtnost. U ovom periodu smrtnost adulta brašnara >90% je utvrđena u pšenici tretiranoj 0,75 i 1 g/kg prašiva DZ S-1 i 1 g/kg prašiva DZ S-2. Posle 21 dana ekspozicije visoku smrtnost (90-100%) brašnara su postigle sve četiri količine prašiva DZ S-1, i prašivo DZ S-2 u količinama 0,5, 0,75 i 1 g/kg.

Rezultati trofaktorijalne analize varijanse (prilog 14) pokazuju da između prašiva diatomejske zemlje DZ S-1 i DZ S-2 postoji statistički značajna razlika, kao i između količina primene i perioda ekspozicije, što statistički značajno utiče na smrtnost brašnara (grafikon 6).



Grafikon 6. Parametri 3-faktorijalne analize varijanse DZ x doza x ekspozicija $F(6,72)=15,08$, $p=0,000$

Početa smrtlost oba test-insekta u svima varijantama testiranja je uvećana posle sedam dana oporavka na netretiranoj lomljenoj pšenici. Najznačajnije povećanje smrtnosti adulta *T. castaneum* je konstatovano posle oporavka jedinki izlaganih sedam dana u pšenici tretiranoj 1 g/kg prašiva DZ S-2 sa 39 na 69%. Visoka smrtlost brašnara u rasponu od 90 do 100% je konstatovana posle oporavka od 14 i 21 dana izlaganja na pšenici tretiranoj 0,5-1 g/kg prašiva DZ S-1 i 0,75 i 1 g/kg prašiva DZ S-2.

Poređenjem rezultata smrtnosti jedinki posle oporavka od izlaganja pšenici tretiranoj prašivima DZ i prirodnog zeolita iz Srbije kao i relativne vlažnosti vazduha zapaža se značajno manji uticaj oporavka u uslovima više relativne vlažnosti vazduha.

U svim varijantama testiranja utvrđena je pojava potomaka brašnara osim u pšenici tretiranoj DZ S-1 sa 0,75 i 1 g/kg, a posle 14 i 21 dana izlaganja roditelja (tabela 26). Dobijeni rezultati pokazuju da je visoka redukcija potomstva (95%) ostvarena posle ekspozicije roditelja od sedam dana u pšenici tretiranoj 1 g/kg, i posle 14 i 21 dana kontakta roditelja sa 0,75 i 1 g/kg prašiva DZ S-1, kao i posle 21 dana ekspozicije u pšenici tretiranoj DZ S-2 u količini 1 g/kg. Najveći broj potomaka *T. castaneum* (40) i najmanja redukcija potomstva (52,1%) je utvrđen u pšenici tretiranoj količinom od 0,25 g/kg prašiva DZ S-2.

Tabela 26. Prosečan broj potomaka i redukcija potomstva kod laboratorijske populacije *T. castaneum* posle sedam, 14 i 21 dana ekspozicije roditelja u pšenici tretiranoj diatomejskom zemljom (DZ S-1 i DZ S-2)

Diatomejska zemlja	Količina primene (g/kg)	Prosečan broj potomaka (\pm SD) i redukcije potomstva (%) posle izlaganja					
		7 dana		14 dana		21 dan	
		Broj	RP	Broj	RP	Broj	RP
Kontrola	0	54,7 \pm 12,0a*	-	83,7 \pm 17,6a	-	91,0 \pm 14,8a	-
DZ S-1	0,25	18,7 \pm 4,3bc	65,8	19,0 \pm 4,2b	77,2	10,5 \pm 2,5cd	87,4
	0,50	14,7 \pm 3,1bc	73,1	5,5 \pm 3,5c	95,4	6,5 \pm 3,1de	92,8
	0,75	8,3 \pm 2,9de	85,0	0,0 \pm 0,0d	100	0,0 \pm 0,0f	100
	1,00	1,8 \pm 1,7f	96,9	0,0 \pm 0,0d	100	0,0 \pm 0,0f	100
DZ S-2	0,25	24,5 \pm 7,9b	55,3	40,0 \pm 12,3b	52,1	21,5 \pm 5,6b	76,4
	0,50	21,7 \pm 5,3b	60,3	28,7 \pm 3,5b	65,6	13,3 \pm 3,6bc	85,4
	0,75	11,5 \pm 2,4cd	79,1	8,5 \pm 6,2c	89,7	7,3 \pm 2,9de	92,3
	1,00	7,0 \pm 4,2e	87,3	7,0 \pm 2,2c	91,5	4,5 \pm 4,4e	95,0

* Vrednosti po kolonama označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju ($p > 0,05$)

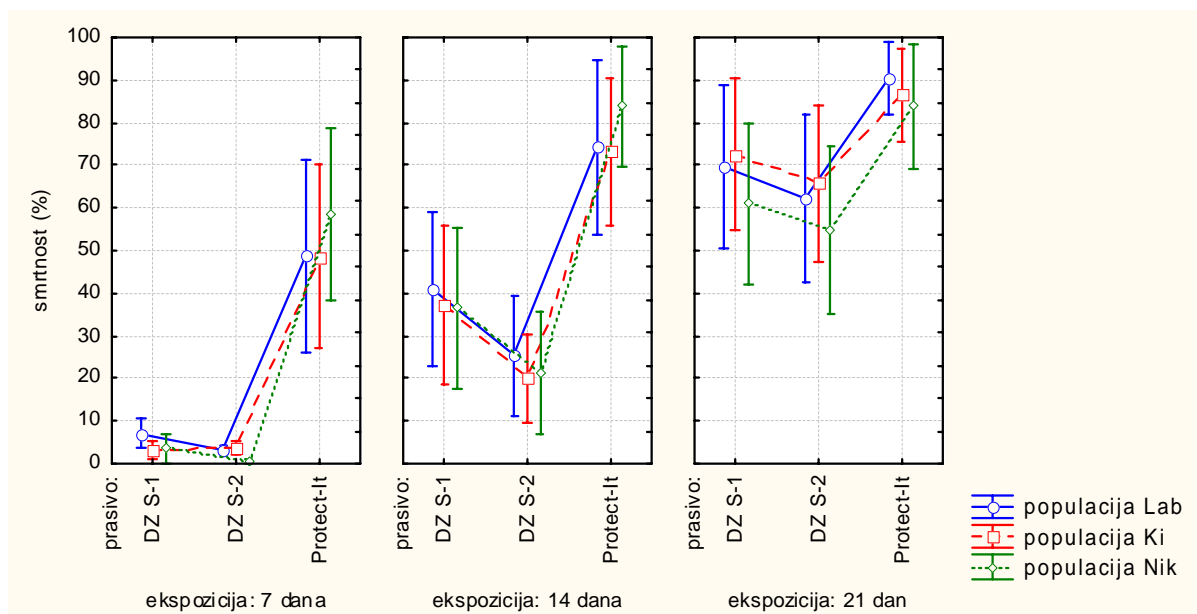
Analizom dobijenih rezultata smrtnosti i redukcije potomstva kod laboratorijske populacije *T. castaneum* u pšenici tretiranoj prašivima na bazi prirodnog zeolita i diatomejske zemlje poreklom iz Srbije, kao i uticaja vlažnosti vazduha, za testiranja sa prikupljenim populacijama uzeta su prašiva DZ S-1 i DZ S-2. Sa ciljem sagledavanja ukupnog insekticidnog potencijala ovih prašiva u testiranjima je kao standard korišćen preparat diatomejske zemlje Protect-It.

Dobijeni rezultati posle sedam dana pokazuju da je samo preparat diatomejske zemlje (Protect-It) primenjen u količini 1 g/kg prouzrokovao visoku smrtnost, kod laboratorijske populacije brašnara 91%, kod brašnara iz Kikinde 100% i kod brašnara iz Nikinaca 94% (tabela 27).

Posle 14 dana izlaganja sva prašiva su kod sve tri populacije prouzrokovala značajno veću smrtnost u odnosu na prvih sedam dana. U ovom periodu smrtnost $>90\%$ je utvrđena kod sve tri populacije posle kontakta sa pšenicom tretiranom sa 0,75 i 1 g/kg preparata Protect-It. S druge strane, u pšenici tretiranoj prašivima iz Srbije (DZ S-1 i DZ S-2) signifikantno najvišu smrtnost, kod adulta laboratorijske populacije 78%, kod adulta iz Kikinde 87% i kod adulta iz Nikinaca 85% je postiglo prašivo DZ S-1 količinom od 1 g/kg.

Uzimajući u obzir sve varijante testiranja (prašiva i populacije) najviša smrtnost je ostvarena posle 21 dana. Kod laboratorijske populacije i populacije iz Kikinde visoku smrtnost ($>90\%$) su prouzrokovala sva prašiva primenjena u količini 0,75 i 1 g/kg, a kod populacije iz Nikinaca Protect-It količinama od 0,75 i 1 g/kg i prašiva DZ S-1 i DZ S-2 od 1 g/kg.

Sagledavanjem svih dobijenih rezultata, posebno parametra faktorijalne analize varijanse (prilog 15), proizilazi da između testiranih populacija nema razlika u osetljivosti na dijatomejsku zemlju, što ilustrativno pokazuje i grafikon 7.



Grafikon 7. Parametri 4-faktorijalne analize varijanse populacija x DZ x ekspozicija $F(8,324)=1,576$, $p=0,131$ kod *T. castaneum* iz laboratorijske populacije (Lab), populacije Kikinda (Ki) i populacije Nikinci (Nik)

Dobijeni rezultati posle perioda oporavka (tabela 28) pokazuju da se pri relativnoj vlažnosti vazduha 60-70% smrtnost adulta iz testiranih populacija malo povećava u odnosu na period pre oporavka. Najznačajnije povećanje smrtnosti sa 46 na 71% je utvrđeno kod adulta iz Nikinaca posle oporavka od sedam dana izlaganja količini 0,5 g/kg prašiva Protect-It.

Uzimajući u obzir sva tri prašiva diatomejske zemlje najveća smrtnost kod testiranih populacija je utvrđena posle 21 dana. U ovom intervalu smrtnost >95% su postigla prašiva DZ S-1 i DZ S-2 količinom od 0,75 i 1 g/kg kod laboratorijske populacije i populacije iz Kikinde, DZ S-1 i DZ S-2 količinom od 1 g/kg kod populacije iz Nikinaca, a Protect-It sa količinom 0,5-1 g/kg kod sve tri populacije.

Tabela 27. Smrtnost adulta *T. castaneum* iz laboratorijske populacije, populacije Kikinda i populacije Nikinci posle sedam, 14 i 21 dana ekspozicije u pšenici tretiranoj diatomejskom zemljom (DZ S-1, DZ S-2 i Protect-It)

Diatomejska zemlja	Količina primene (g/kg)	Smrtnost (% ± SD) posle izlaganja		
		7 dana	14 dana	21 dan
Populacija Laboratorija				
Kontrola	0	1,0±0,5a*	1,0±0,5a	1,0±0,5a
DZ S-1	0,25	5,0±0,5ab	6,0±1,0abc	18,0±1,3c
	0,50	2,0±0,6a	13,0±2,6bcde	61,0±3,9gh
	0,75	7,0±0,5abc	67,0±3,5h	100k
	1,00	14,0±2,4cd	78,0±2,1i	100k
DZ S-2	0,25	3,0±0,5a	3,0±1,0ab	14,0±2,1bc
	0,50	3,0±1,0a	6,0±0,6abc	44,0±3,5ef
	0,75	3,0±0,5a	27,0±1,3f	94,0±0,6jk
	1,00	4,0±0,8ab	66,0±2,5h	97,0±1,0k
Protect-It	0,25	4,0±0,6ab	12,0±0,8bcde	64,0±1,4h
	0,50	14,0±1,7cd	85,0±2,7ij	98,0±1,0k
	0,75	88,0±2,2g	100k	100k
	1,00	91,0±1,9g	100k	100k
Populacija Kikinda				
Kontrola	0	3,0±1,0a	4,0±0,8ab	11,0±1,3abc
DZ S-1	0,25	2,0±0,6a	3,0±0,5ab	10,1 ±2,9c
	0,50	2,0±0,6a	15,0±3,6cde	74,2 ±3,3i
	0,75	2,0±0,6a	44,0±3,6g	93,2 ±1,3jk
	1,00	6,0±1,7ab	87,0±1,9ij	98,9 ±0,5k
DZ S-2	0,25	1,0±0,5a	0,0±0,0a	17,8 ±2,5c
	0,50	3,0±1,0a	8,0±2,2abcd	50,6 ±4,3gh
	0,75	6,0±1,0ab	24,0±1,0f	93,2 ±0,6jk
	1,00	5,0±0,5ab	46,0±2,6g	94,4 ±2,5jk
Protect-It	0,25	5,0±1,1ab	21,0±1,3ef	48,3 ±3,1fgh
	0,50	19,0±1,3d	81,0±2,2i	91,0±1,8jk
	0,75	71,0±3,2f	93,0±1,3jk	100k
	1,00	100h	98,0±0,6k	100k
Populacija Nikinci				
Kontrola	0	0,0±0,0a	3,0±1,0ab	4,0±1,2ab
DZ S-1	0,25	0,0±0,0a	1,0±0,6a	10,0±1,3abc
	0,50	1,0±0,5a	13,0±1,5bcde	53,0±2,7fg
	0,75	2,0±0,6a	47,0±3,1g	85,0±2,4ij
	1,00	11,0±2,5bc	85,0±2,1ij	98,0±1,2k
DZ S-2	0,25	0,0±0,0a	0,0±0,0a	10,0±1,7abc
	0,50	0,0±0,0a	4,0±1,4ab	31,0±2,2d
	0,75	0,0±0,0a	18,0±1,3def	81,0±2,1i
	1,00	2,0±0,6	63,0±4,3h	97,0±0,5
Protect-It	0,25	5,0±1,0ab	41,0±3,3g	39,0±3,0de
	0,50	46,0±2,5e	95,0±1,5jk	97,0±1,5k
	0,75	89,0±0,5g	100k	100k
	1,00	94,0±3,0gh	100k	100k

*Vrednosti u kolonama označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju (p>0,05)

Tabela 28. Smrtnost adulta *T. castaneum* iz laboratorijske populacije (Lab), populacije Kikinda (Ki) i populacije Nikinci (Nik) posle sedam, 14 i 21 dana ekspozicije u pšenici tretiranoj diatomejskom zemljom (DZ S-1, DZ S-2 i Protect-It) i 7 dana **oporavka** na netretiranoj pšenici

Diatomejska zemlja	Količina primene (g/kg)	Smrtnost (% ± SD) posle izlaganja		
		7 dana	14 dana	21 dan
Populacija Laboratorija				
Kontrola	0	2,0±0,5ab*	3,0±1,0a	1,0±0,5a
DZ S-1	0,25	5,0±0,8ab	8,0±0,8ab	24,0±1,4d
	0,50	7,0±1,5abc	14,0±2,4abcd	65,0±3,8f
	0,75	9,0±0,5bc	73,0±2,7i	100j
	1,00	18,0±1,7de	81,0±1,7ijkl	100j
DZ S-2	0,25	3,0±0,5ab	5,0±1,5a	17,0±1,3cd
	0,50	3,0±1,0ab	11,0±1,7abc	62,0±3,1f
	0,75	4,0±0,8ab	32,0±1,1ef	95,0±0,6hij
	1,00	6,0±1,0abc	75,0±2,5ijk	97,0±1,5ij
Protect-It	0,25	6,0±0,6abc	22,0±1,0cde	69,0±1,7f
	0,50	23,0±2,2ef	94,0±2,4lm	99,0±0,5ij
	0,75	92,0±1,4h	100m	100j
	1,00	94,0±1,3h	100m	100j
Populacija Kikinda				
Kontrola	0	3,0±1,0ab	5,0±1,9a	12,0±0,8bc
DZ S-1	0,25	2,0±0,6ab	4,2±1,7abc	10,2±3,3cd
	0,50	2,0±0,6ab	15,9±3,4bcde	77,3±2,9g
	0,75	2,0±0,6ab	53,2±2,2gh	96,6±1,5ij
	1,00	13,0±3,2cd	88,3±1,0jklm	98,9±0,5ij
DZ S-2	0,25	3,0±1,0ab	2,1±0,8ab	12,5±2,5d
	0,50	5,0±0,5abc	6,4±1,8abc	56,8±3,9f
	0,75	6,0±1,0abc	28,7±0,5ef	97,7±1,0ij
	1,00	8,0±1,4abc	53,2±7,2gh	98,9±0,5ij
Protect-It	0,25	4,0±1,0ab	23,4±2,8e	54,5±3,6f
	0,50	23,0±2,1ef	87,2±1,6klm	96,6±1,5ij
	0,75	74,0±3,5g	92,5±1,3lm	100j
	1,00	100h	98,9±0,5m	100j
Populacija Nikinci				
Kontrola	0	0,0±0,0a	3,0±1,0a	4,0±1,1ab
DZ S-1	0,25	2,0±0,6ab	3,0±1,0a	12,0±1,4bc
	0,50	2,0±0,6ab	27,0±4,5de	64,0±3,4f
	0,75	4,0±0,8ab	57,0±5,3h	89,0±3,0ghi
	1,00	19,0±2,2de	89,0±1,5lm	98,0±0,6ij
DZ S-2	0,25	0,0±0,0a	1,0±0,5a	11,0±1,5abc
	0,50	5,0±0,5ab	6,0±1,7a	37,0±3,3e
	0,75	5,0±1,3abc	34,0±3,8ef	86,0±2,1gh
	1,00	4,0±1,1abc	74,0±3,4ij	98,0±0,6ij
Protect-It	0,25	28,0±3,4f	43,0±3,0fg	43,0±3,0e
	0,50	71,0±2,2g	98,0±0,6m	98,0±1,0ij
	0,75	93,0±1,3h	100m	100j
	1,00	97,0±1,5h	100m	100j

*Vrednosti u kolonama označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju ($p>0,05$)

Rezultati produkcije/redukcije potomstva pokazuju da je prašivo diatomejske zemlje (Protect-It) u svim varijantama testiranja najviše redukovalo potomstvo kod sve tri

populacije, a da je prašivo DZ-S 1 signifikantno više redukovalo potomstvo od prašiva DZ S-2 (tabela 29).

Tabela 29. Prosečan broj potomaka i redukcija potomstva kod *T. castaneum* iz laboratorijske populacije, populacije Kikinda i populacije Nikinci posle sedam, 14 i 21 dana ekspozicije roditelja u pšenici tretiranoj diatomejskom zemljom (DZ S-1, DZ S-2 i Protect-It)

Dijatomejska zemlja	Količina primene (g/kg)	Prosečan broj potomaka (\pm SD) i redukcija potomstva (%) posle izlaganja					
		7 dana		14 dana		21 dan	
		Broj	RP	Broj	RP	Broj	RP
Populacija Laboratorija							
Kontrola	0	8,7 \pm 5,2a*	-	17,7 \pm 6,3a	-	20,7 \pm 5,0a	-
DZ S-1	0,25	0,7 \pm 1,0bcd	91,5	3,0 \pm 1,4cd	83,2	7,2 \pm 3,3b	64,8
	0,50	2,2 \pm 1,0cd	74,4	3,0 \pm 2,2cd	83,2	2,5 \pm 1,3cde	87,6
	0,75	0,5 \pm 0,6d	94,4	0,5 \pm 0,6d	97,3	0,2 \pm 0,5e	98,4
	1,00	0,7 \pm 0,5cd	91,5	0,0 \pm 0,0d	100	0,0 \pm 0,0e	100
DZ S-2	0,25	3,5 \pm 3,5bc	60,1	6,7 \pm 1,7b	62,0	4,0 \pm 0,8c	80,4
	0,50	3,7 \pm 1,0b	57,2	2,7 \pm 3,4cd	84,6	3,2 \pm 1,3cd	84,0
	0,75	2,5 \pm 1,0bcd	71,5	1,0 \pm 1,1d	94,5	2,5 \pm 1,9cde	87,6
	1,00	1,2 \pm 1,5bcd	85,8	0,5 \pm 1,0d	97,3	1,2 \pm 1,5de	93,6
Protect-It	0,25	2,5 \pm 2,5bcd	71,5	5,2 \pm 3,9bc	70,5	2,5 \pm 1,3cde	87,6
	0,50	0,2 \pm 0,5d	97,2	0,5 \pm 0,6d	97,3	0,2 \pm 0,5e	98,4
	0,75	0,0 \pm 0,0d	100	0,0 \pm 0,0d	100	0,0 \pm 0,0e	100
	1,00	0,2 \pm 0,5d	97,2	0,0 \pm 0,0d	100	0,0 \pm 0,0e	100
Populacija Kikinda							
Kontrola	0	7,7 \pm 2,6a	-	12,5 \pm 8,5a	-	9,2 \pm 3,1a	-
DZ S-1	0,25	4,5 \pm 3,0b	41,7	9,0 \pm 4,4ab	28,0	9,0 \pm 3,4a	7,2
	0,50	3,7 \pm 2,5b	51,5	2,5 \pm 1,3cd	80,0	1,5 \pm 1,3cde	83,7
	0,75	2,5 \pm 1,9bcd	67,6	1,2 \pm 1,0cd	90,0	1,5 \pm 1,0cde	83,7
	1,00	0,7 \pm 1,0cd	90,2	0,0 \pm 0,0d	100	7,5 \pm 1,0de	91,8
DZ S-2	0,25	9,7 \pm 2,2a	-25,8	9,0 \pm 8,7ab	28,0	5,5 \pm 1,3b	40,5
	0,50	4,2 \pm 1,5b	45,1	4,7 \pm 2,9bc	62,0	3,2 \pm 1,5bc	64,8
	0,75	2,7 \pm 2,2bcd	64,4	3,2 \pm 2,7cd	72,0	2,7 \pm 1,3cd	70,2
	1,00	3,7 \pm 1,3bc	51,5	2,2 \pm 2,2cd	82,0	1,0 \pm 1,1cde	89,1
Protect-It	0,25	4,2 \pm 1,1b	45,1	2,5 \pm 1,3cd	80,0	1,5 \pm 1,7cde	83,7
	0,50	0,5 \pm 0,6cd	93,4	0,0 \pm 0,0d	100	1,2 \pm 1,9e	97,2
	0,75	0,0 \pm 0,0d	100	0,0 \pm 0,0d	100	0,0 \pm 0,0e	100
	1,00	0,0 \pm 0,0d	100	0,0 \pm 0,0d	100	0,0 \pm 0,0e	100
Populacija Nikinci							
Kontrola	0	19,0 \pm 4,1a	-	16,2 \pm 7,3a	-	18,0 \pm 13,6a	-
DZ S-1	0,25	3,0 \pm 2,2cd	83,8	4,0 \pm 1,8bc	75,5	3,0 \pm 1,6bc	84,0
	0,50	1,3 \pm 0,5de	93,0	1,0 \pm 0,8cd	93,9	2,0 \pm 0,8bc	89,6
	0,75	2,0 \pm 1,1cde	89,1	0,7 \pm 1,0cd	95,5	0,5 \pm 1,0c	98,0
	1,00	0,2 \pm 0,5e	98,2	0,0 \pm 0,0e	100	0,2 \pm 0,5c	99,4
DZ S-2	0,25	7,0 \pm 2,4b	62,8	6,7 \pm 3,2b	58,5	6,7 \pm 3,0b	63,0
	0,50	4,5 \pm 2,6bc	76,0	3,2 \pm 1,9cd	80,1	4,2 \pm 3,2bc	77,0
	0,75	3,0 \pm 2,2cd	83,8	2,5 \pm 1,3cd	84,7	3,2 \pm 0,5bc	82,6
	1,00	0,5 \pm 1,0de	96,9	1,2 \pm 0,5cd	92,4	1,7 \pm 1,5bc	91,0
Protect-It	0,25	0,0 \pm 0,0e	100	3,5 \pm 1,7bc	78,5	3,5 \pm 2,4bc	81,2
	0,50	0,0 \pm 0,0e	100	0,0 \pm 0,0e	100	0,0 \pm 0,0c	100
	0,75	0,0 \pm 0,0e	100	0,0 \pm 0,0e	100	0,7 \pm 0,5c	98,0
	1,00	0,0 \pm 0,0e	100	0,0 \pm 0,0e	100	0,0 \pm 0,0c	100

*Za svaku populaciju vrednosti u kolonama označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju ($p > 0,05$)

Posle sedam dana redukcija potomstva > 90% je utvrđena posle kontakta roditelja iz laboratorijske populacije sa 0,75 i 1 g/kg prašiva DZ S-1 i 0,5; 0,75 i 1 g/kg Protect-It, zatim, posle kontakta roditelja iz populacije Kikinda sa 1 g/kg prašiva DZ S-1 i 0,5, 0,75 i 1 g/kg Protect-It, i posle kontakta roditelja iz populacije Nikinci sa 1 g/kg prašiva DZ S-1 i DZ S-2 i sve četiri količine Protect-It. U ovom periodu, kod populacije Kikinda u pšenici tretiranoj količinom od 0,25 g/kg prašiva DZ S-2 je utvrđena negativna redukcija potomstva (-25,8%), odnosno značajno veći broj potomaka u odnosu na kontrolu.

Prašivo DZ S-1 primenjeno u količini 0,75 i 1 g/kg i komercijalno prašivo Protect-It primenjeno u količini 0,5; 0,75 i 1 g/kg su posle 14 dana kod sve tri populacije inhibirale potomstvo u rasponu 90-100%. Istovremeno, u pšenici tretiranoj prašivom DZ S-2, redukcija potomstva >90% je postignuta količinom od 0,75 i 1 g/kg kod laboratorijske populacije i 1 g/kg kod populacije Nikinci.

Uzimajući u obzir sve varijante testiranja najviši nivoi redukcije potomstva kod testiranih populacija su utvrđeni posle 21 dana. U ovom periodu, komercijalni preparat na bazi diatomejske zemlje primenjen u rasponu količina 0,5-1 g/kg je kod sve tri populacije ostvario visoku redukciju potomstva (97,2-100%). Posle 21 dana dijatomejska zemlja iz Srbije DZ S-1 je kod laboratorijske i populacije iz Nikinaca visoku redukciju potomstva (98,0-100%) ostvarila količinama 0,75 i 1 g/kg, dok je kod populacije iz Kikinde najvišu redukciju (91,8%) ostvarila količinom od 1 g/kg.

Istovremeno, prašivo diatomejske zemlje DZ S-2 poreklom iz Srbije, je količinom od 1 g/kg postiglo najvišu redukciju potomstva, kod laboratorijske populacije 93,6%, a kod populacija iz Kikinde i Nikinaca 86,4 i 91%.

4.4. Efekti sintetisanih i prirodnih insekticida u interakciji sa ekstremnom temperaturom 50°C na adulte *T. castaneum*

4.4.1. Efekti temperature 50°C na adulte izlagane u brašnu i pšenici u zrnu

Vrednosti letalnog vremena (LT) za adulte brašnara iz laboratorijske populacije izlaganih na 50°C u brašnu, pokazuju da je za 50% i 99% smrtnosti bilo potrebno 33,91 i 60,08 minuta (tabela 30). Od svih testiranih populacija, za smrtnost polovine izlaganih jedinki najmanje vremena je bilo potrebno za populaciju Čurug (30,93 min), a najveće za

populaciju Novo Miloševo (36,25 min). Vreme potrebno da prouzrokuje 99% smrtnosti je bilo najmanje kod adulta iz Jakova (56,95 min), a najveće kod adulta iz Kikinde (71,15 min). Međutim, poređenjem dobijenih LT vrednosti i intervala poverenja kod laboratorijske populacije sa vrednostima dobijenim kod populacija sa promenjenom osetljivošću na malation nisu utvrđene statistički značajne razlike ili su one veoma male.

Tabela 30. Letalni efekti temperature 50°C na adulte *T. castaneum* iz populacija sa različitom osetljivošću na malation izlaganih u brašnu

Populacija	LT ₅₀ (minuta) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	LT ₉₉ (minuta) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	Nagib <i>lt-p</i> linije (±SG)
Laboratorija	33,91 (32,96-34,84)	60,08 (56,49-64,89)	9,36±0,57
Adaševci	31,48 (30,28-32,64)	64,69 (59,89-71,21)	7,44±0,46
Irig	33,06 (32,24-33,87)	67,86 (63,57-73,41)	7,45±0,38
Jakovo	32,05 (31,35-32,73)	56,95 (54,53-59,91)	9,32±0,40
Kikinda	34,16 (33,33-34,97)	71,15 (67,00-76,40)	7,30±0,30
Nikinci	31,94 (31,05-32,79)	58,82 (55,86-62,53)	8,77±0,43
Novo Miloševo	36,25 (35,41-37,08)	66,47 (62,90-70,93)	8,84±0,44
Čurug	30,93 (30,18-31,65)	60,58 (57,56-64,35)	7,97±0,36

U tabelama 31 i 32 su prikazani letalni efekti na adulte brašnara iz laboratorijske populacije i populacija iz Nikinaca i Jakova. U prvoj varijanti ispitivanja (tabela 31) smrtnost polovine izlaganih adulta iz laboratorijske populacije nastupa posle 246,76 minuta, 34,41 minuta više je bilo potrebno za adulte iz Jakova, a 46,39 minuta više za adulte iz Nikinaca. Iako su na nivou LT₅₀ utvrđene statistički značajne razlike između laboratorijske populacije i populacija iz Nikinaca i Jakova one su veoma male. Sličan odnos osetljivosti populacija je utvrđen i na nivou LT₂₅, dok na nivou LT₉₉ nisu utvrđene statistički značajne razlike. Vreme potrebno da prouzrokuje 99% smrtnosti adulta iz laboratorijske populacije i populacija iz Nikinaca i Jakova je bilo: 411,46, 412,89 i 391,21 minuta.

Tabela 31. Letalni efekti temperature 50°C u prvoj varijanti ispitivanja na adulte *T. castaneum* iz laboratorijske populacije, populacije Nikinci i populacije Jakovo izlaganih u pšenici u zrnu

Populacija	LT ₂₅ (minuta) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	LT ₅₀ (minuta) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	LT ₉₉ (minuta) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	Nagib <i>lt-p</i> linije (±SG)
Laboratorija	212,78* (205,30-219,07)	246,76* (241,56-251,63)	411,46 (389,54-441,22)	10,48±0,68
Nikinci	265,45 (259,55-270,71)	293,15 (287,88-298,75)	412,89 (393,90-438,85)	15,64±1,09
Jakovo	255,51 (246,95-262,48)	281,17 (274,84-286,97)	391,21 (374,83-414,18)	16,22±1,29

*LT parametri su korišćeni za ispitivanje efekata sintetičkih insekticida u interakciji sa temperaturom 50°C

Tabela 32. Letalni efekti temperature 50°C u drugoj varijanti ispitivanja na adulte *T. castaneum* iz laboratorijske populacije (Lab), populacije Nikinci (Nik) i populacije Jakovo (Jak) u pšenici u zrnu

Populacija	LT ₂₅ (minuta) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	LT ₅₀ (minuta) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	LT ₉₉ (minuta) sa intervalima pouzdanosti (0,05)	Nagib <i>lt-p</i> linije (±SG)
Laboratorija	215,35* (207,93-221,55)	244,37* (238,83-249,73)	378,03 (357,53-406,84)	12,48±0,91
Nikinci	219,53 (208,37-228,17)	252,68 (245,28-259,36)	410,50 (389,69-455,75)	11,04±1,05
Jakovo	211,13 (205,08-216,52)	237,15 (231,90-243,14)	354,14 (330,60-389,90)	13,36±1,17

*LT parametri su korišćeni za ispitivanje efekata **prirodnih insekticida** u interakciji sa temperaturom 50°C

U drugoj varijanti testiranja (tabela 32) utvrđene su značajno niže vrednosti LT₂₅ i LT₅₀ parametara kod populacija iz Nikinaca i Jakova, dok su kod laboratorijske populacije približno iste. Poređenjem intervala pouzdanosti za dobijene LT parametre zapaža se da nema statistički značajnih razlika između ove tri populacije. Nominalno najniže vrednosti LT₅₀ i LT₉₉ su kod populacije iz Jakova, 237,15 minuta i 354,14 minuta.

4.4.2. Efekti sintetisanih insekticida u interakciji sa temperaturom 50°C na adulte *T. castaneum*

U tabeli 33 su prikazani efekti LD₅₀ sintetisanih insekticida u pšenici u zrnu za adulte brašnara iz laboratorijske populacije i populacija iz Nikinaca i Jakova. Posle jednog dana izlaganja adulta iz testiranih populacija nijedna doza nije prouzrokovala letalne efekte. Posle 14 dana izlaganja adulta laboratorijske populacije nisu utvrđene statistički značajne razlike u efektima između LD₅₀ testiranih insekticida, osim kod tiametoksama i deltametrina sa piperonil butoksidom. Istovremeno, ni kod druge dve populacije nisu utvrđene značajne razlike između subletalnih doza insekticida (LD₅₀), osim za pirimifos-metil, hlörpirifos-metil i spinosad kod populacije iz Nikinaca i pirimifos-metil i hlörpirifos-metil kod populacije iz Jakova.

Tabela 33. Efekti LD₅₀ sintetisanih insekticida na adulte *T. castaneum* iz laboratorijske populacije, populacije Nikinci i populacije Jakovo posle sedam i 14 dana izlaganja u pšenici u zrnu

Insekticid (LD ₅₀ mg/kg)	Smrtnost (% ± SD) posle	
	7 dana	14 dana
Populacija Laboratorija		
Kontrola	0,0±0,0a*	0,0±0,0a
Malation (2,38)	46,0±3,8c	47,0±3,9bcd
Hlorpirifos-metil (0,138)	19,0±1,0b	37,0±0,5bc
Pirimifos-metil (0,115)	21,0±1,7b	41,0±2,5bc
Deltametrin+PBO (0,043)	0,0±0,0a	34,0±1,7b
Bifentrin (0,40)	2,0±1,0a	37,0±1,5bc
Tiametoksam (0,020)	47,0±2,9c	58,0±2,4d
Spinosad (3,34)	0,0±0,0a	44,0±2,7bc
Abamektin (3,01)	14,0±1,9b	48,0±2,9cd
Populacija Nikinci		
Kontrola	0,0±0,0a	1,0±0,5a
Malation (36,34)	41,0±3,2de	52,0±2,7cde
Hlorpirifos-metil (0,25)	48,0±1,4e	60,0±2,2e
Pirimifos-metil (0,13)	26,0±1,7c	41,0±2,5bc
Deltametrin+PBO (0,085)	2,0±0,6a	43,0±2,7bcd
Bifentrin (0,57)	6,0±1,0ab	36,0±1,4b
Tiametoksam (0,08)	32,0±2,2cd	57,0±2,2de
Spinosad (5,34)	12,0±0,8b	49,0±4,7bcde
Abamektin (7,53)	32,0±1,4cd	51,0±2,1cde
Populacija Jakovo		
Kontrola	0,0±0,0a	2,0±0,6a
Malation (49,52)	30,0±2,4de	49,0±1,7cd
Hlorpirifos-metil (0,166)	10,0±1,9b	32,0±2,7b
Pirimifos-metil (0,138)	39,0±1,3e	56,0±1,4d
Deltametrin+PBO (0,058)	11,0±0,5b	45,0±2,6bcd
Bifentrin (0,43)	9,0±2,2ab	38,0±2,9bc
Tiametoksam (0,022)	22,0±1,0cd	41,0±3,2bc
Spinosad (3,48)	7,0±2,2ab	40,0±2,9bc
Abamektin (3,36)	16,0±1,4bc	42,0±1,7bc

*Za svaku populaciju vrednosti u kolonama označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju (p>0,05)

U interakciji sa LT₂₅ na 50°C posle jednog dana izlaganja adulta brašnara iz laboratorijske populacije signifikantno najviša smrtnost, 70% i 63%, je utvrđena u pšenici tretiranoj LD₅₀ malationom i bifentrinom (tabela 34). U ovom periodu interakcija sa LT₂₅ nije statistički uticala na povećanje smrtnosti u pšenici tretiranoj LD₅₀ tiametoksama (30%), hlorpirifos-metila (21%) i pirimifos-metila (19%) u odnosu na smrtnost u pšenici netretiranoj insekticidima (19%). Posle sedam dana, smrtnost >90% je utvrđena u pšenici tretiranoj LD₅₀ deltametrina sa piperonil butoksidom, bifentrina i spinosada. I posle 14 dana su ovi insekticidi prouzrokovali najveću smrtnost (99-100%). Međutim, u ovom periodu, testirani insekticidi u interakciji sa LT₂₅ se statistički nisu razlikovali u pogledu ispoljene smrtnosti kod brašnara iz ove populacije, osim tiametoksama koji je bio nominalno najslabiji (smrtnost 81%).

Tabela 34. Efekti LD₅₀ sintetisanih insekticida u interakciji sa LT₂₅ i LT₅₀ na 50°C na adulte *T. castaneum* iz **laboratorijske** populacije posle jedan, sedam i 14 dana izlaganja u pšenici u zrnu

LD ₅₀ Insekticida (mg/kg)	Smrtnost (% ± SD) posle		
	1 dan	7 dana	14 dana
U interakciji sa LT₂₅ na 50°C			
Kontrola	19,0±1,0a*	26,0±1,3a	29,0±1,5a
Malation (2,38)	70,0±1,9d	86,0±1,3de	90,0±1,3c
Hlorpirifos-metil (0,138)	21,0±1,3a	80,0±1,0d	89,0±1,5c
Pirimifos-metil (0,115)	19,0±0,5a	85,0±1,5de	91,0±2,1c
Deltametrin+PBO (0,043)	38,0±2,4bc	92,0±0,8ef	99,0±0,5d
Bifentrin (0,40)	63,0±3,2d	100f	100d
Tiametoksam (0,02)	30,0±1,3abc	73,0±1,0c	81,0±2,1b
Spinosad (3,34)	41,0±3,5c	99,0±0,5f	100d
Abamektin (3,01)	28,0±2,0b	57,0±3,6b	93,0±1,0cd
U interakciji sa LT₅₀ na 50°C			
Kontrola	53,0±2,2a	62,0±1,7a	63,0±2,1a
Malation (2,38)	88,0±2,2de	95,0±1,0bcd	97,0±0,5b
Hlorpirifos-metil (0,138)	57,0±0,5ab	92,0±0,8bc	96,0±0,8b
Pirimifos-metil (0,115)	63,0±1,9b	98,0±0,6cd	99,0±0,5b
Deltametrin+ PBO (0,043)	77,0±2,2c	98,0±0,6cd	100b
Bifentrin (0,40)	95,0±0,5e	100d	100b
Tiametoksam (0,02)	52,0±1,8a	91,0±2,1b	97,0±1,0b
Spinosad (3,34)	81,0±1,9cd	100d	100b
Abamektin (3,01)	54,0±0,6ab	97,0±1,0bcd	100b

* Za svaku interakciju vrednosti u kolonama označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju ($p>0,05$)

Posle jednog dana izlaganja laboratorijskih brašnara interakcija sa LT₅₀ nije statistički uticala na povećanje smrtnosti u pšenici tretiranoj LD₅₀ tiametoksama (52%), abamektina (54%) i hlorpirifos-metila (57%). Istovremeno, najveća smrtnost 95% je utvrđena u interakciji LD₅₀ bifentrina sa LT₅₀ na 50°C. Posle sedam dana u interakciji sa LT₅₀ najveća smrtnost je utvrđena u pšenici tretiranoj bifentrinom i spinosadom (100%), a najniža u pšenici tretiranoj tiametoksamom (91%). Posle 14 dana svi testirani insekticidi su u interakciji sa LT₅₀ prouzrokovali visoku smrtnost, u rasponu 96-100%, bez statistički značajnih razlika.

Posle jednog dana izlaganja adulta iz Nikinaca u pšenici tretiranoj LD₅₀ sintetisanih insekticida u interakciji sa LT₂₅ najveća smrtnost (78%) je utvrđena kod bifentrina (tabela 35). Subletalna doza (LD₅₀) tiametoksama i abamektina u interakciji sa LT₂₅, posle jednog dana izlaganja, nije statistički značajno uticala na povećanje smrtnosti ovih jedinki u odnosu na utvrđenu smrtnost u netretiranoj pšenici posle delovanja LT₂₅. I posle sedam dana LD₅₀ tiametoksama i abamektina je u interakciji sa LT₂₅ kod adulta iz Nikinaca prouzrokovala najmanju smrtnost, 63% i 71%. Istovremeno, 100% smrtnost je utvrđena u pšenici tretiranoj LD₅₀ hlorpirifos-metila, bifentrina i spinosada u interakciji sa LT₂₅. Svi testirani insekticidi su posle 14 dana oporavka u interakciji sa LT₂₅ prouzrokovali visoku smrtnost, u rasponu 91-

100%, bez značajnih razlika, osim tiametoksama koji je prouzrokovao najmanju smrtnost (79%).

Tabela 35. Efekti LD₅₀ sintetisanih insekticida u interakciji sa LT₂₅ i LT₅₀ na 50°C na adulte *T. castaneum* iz populacije **Nikinci** posle jedan, sedam i 14 dana izlaganja u pšenici u zrnu

Insekticid (LD ₅₀ mg/kg)	Smrtnost (% ± SD) posle		
	1 dan	7 dana	14 dana
U interakciji sa LT₂₅ na 50°C			
Kontrola	28,0±3,4a*	54,0±2,6a	57,0±3,1a
Malation (36,34)	65,0±3,0d	98,0±1,0de	99,0±0,5
Hlorpirifos-metil (0,25)	50,0±1,7c	100e	100d
Pirimifos-metil (0,13)	42,0±2,5bc	98,0±0,6de	98,0±0,6cd
Deltametrin+PBO (0,085)	44,0±1,4bc	92,0±0,8d	99,0±0,5d
Bifentrin (0,57)	78,0±1,9e	100e	100d
Tiametoksam (0,08)	35,0±1,5ab	63,0±1,7b	79,0±1,5b
Spinosad (5,34)	47,0±1,7c	100e	100d
Abamektin (7,53)	26,0±1,9a	71,0±1,0c	91,0±1,3c
U interakciji sa LT₅₀ na 50°C			
Kontrola	57,0±2,4a	70,0±3,1a	85,0±3,5a
Malation (36,34)	88,0±2,2bc	100c	100b
Hlorpirifos-metil (0,25)	81,0±2,7b	100c	100b
Pirimifos-metil (0,13)	91,0±2,6bc	100c	100b
Deltametrin+PBO (0,085)	82,0±0,6b	100c	100b
Bifentrin (0,57)	97,0±0,8c	100c	100b
Tiametoksam (0,08)	64,0±1,6a	80,0±1,8b	94,0±1,9b
Spinosad (5,34)	87,0±2,2bc	100c	100b
Abamektin (7,53)	57,0±1,0a	85,0±1,0b	97,0±0,5b

*Za svaku interakciju vrednosti u kolonama označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju (p>0,05)

Dobijeni rezultati posle jednog dana izlaganja jedinki iz Nikinaca pokazuju da je i u interakciji sa LT₅₀ najveću smrtnost od 97% prouzrokovao bifentrin, a najmanju bez statistički značajnih razlika abamektin (57%) i tiametoksam (64%). Posle sedam i 14 dana LD₅₀ testiranih insekticida u interakciji sa LT₅₀ su kod adulta iz Nikinaca prouzrokovale 100% smrtnost, osim abamektina (85 i 97%) i tiametoksama (80 i 94%).

Izlaganjem adulta iz populacije Jakovo, u pšenici tretiranoj insekticidima u interakciji sa LT₂₅ na 50°C, posle jednog dana, najveću smrtnost je prouzrokovala LD₅₀ bifentrina, 96%, a najmanju tiametoksama, 39% (tabela 36). Sve LD₅₀ insekticida su posle sedam i 14 dana u interakciji sa LT₂₅ prouzrokovale visoku smrtnost (91-100%), osim LD₅₀ tiametoksama.

Posle jednog dana najveća smrtnost od 94% adulta iz Jakova je utvrđena posle kontakta sa LD₅₀ bifentrina, a najmanja od 68% posle kontakta sa LD₅₀ abamektina u interakciji sa LT₅₀. Posle sedam i 14 dana ekspozicije, sve LD₅₀ testiranih insekticida u

interakciji sa LT_{50} su kod ove populacije postigle smrtnost $>90\%$, bez statistički značajnih razlika.

Tabela 36. Efekti LD_{50} sintetisanih insekticida u interakciji sa LT_{25} i LT_{50} na $50^{\circ}C$ na adulte *T. castaneum* iz populacije **Jakovo** posle jedan, sedam i 14 dana izlaganja u pšenici u zrnu

Insekticid (LD_{50} mg/kg)	Smrtnost (% \pm SD) posle		
	1 dan	7 dana	14 dana
U interakciji sa LT_{25} na $50^{\circ}C$			
Kontrola	35,0 \pm 1,3a*	63,0 \pm 3,2a	68,0 \pm 1,3a
Malation (49,52)	45,0 \pm 2,1abc	91,0 \pm 1,9b	93,0 \pm 2,4c
Hlorpirifos-metil (0,166)	47,0 \pm 1,7bc	96,0 \pm 1,1b	100c
Pirimifos-metil (0,138)	53,0 \pm 3,0c	99,0 \pm 0,5b	99,0 \pm 0,5c
Deltametrin+PBO (0,058)	80,0 \pm 0,8d	99,0 \pm 0,5b	100c
Bifentrin (0,43)	96,0 \pm 1,4e	100b	100c
Tiametoksam (0,022)	39,0 \pm 1,0ab	66,0 \pm 3,1a	78,0 \pm 1,7b
Spinosad (3,48)	72,0 \pm 0,8d	100b	100c
Abamektin (3,36)	46,0 \pm 3,5abc	94,0 \pm 1,0b	98,0 \pm 0,6c
U interakciji sa LT_{50} na $50^{\circ}C$			
Kontrola	63,0 \pm 3,4a	75,0 \pm 4,3a	81,0 \pm 2,9a
Malation (49,52)	86,0 \pm 2,1cd	99,0 \pm 0,5b	100b
Hlorpirifos-metil (0,166)	84,0 \pm 1,3d	100b	100b
Pirimifos-metil (0,138)	85,0 \pm 2,5cd	100b	100b
Deltametrin+PBO (0,058)	83,0 \pm 0,8cd	99,0 \pm 0,5b	100b
Bifentrin (0,43)	94,0 \pm 0,6d	100b	100b
Tiametoksam (0,022)	75,0 \pm 1,7bc	99,0 \pm 0,5b	100b
Spinosad (3,48)	89,0 \pm 1,7d	100b	100b
Abamektin (3,36)	68,0 \pm 2,2ab	93,0 \pm 1,7b	96,0 \pm 0,8b

*Za svaku interakciju vrednosti po kolonama označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju ($p>0,05$)

4.4.3. Efekti prirodnih insekticida u interakciji sa temperaturom $50^{\circ}C$ na adulte *T. castaneum*

Radi potpunog sagledavanja potencijala inertnih prašiva u interakciji sa $50^{\circ}C$, u laboratorijskim uslovima, urađena su ponovo testiranja efekata prašiva (prirodnog zeolita i tri prašiva diatomejske zemlje) na adulte brašnara iz laboratorijske populacije sa količinama 0,25 i 0,5 g/kg (tabela 37). Posle sedam dana sva inertna prašiva su prouzrokovala nisku smrtnost brašnara (0-22%). Posle 14 dana u laboratorijskim uslovima najveća smrtnost od 77% je utvrđena u pšenici tretiranoj količinom od 0,5 g/kg preparata diatomejske zemlje.

Tabela 37. Smrtnost adulta *T. castaneum* iz laboratorijske populacije posle sedam i 14 dana ekspozicije u pšenici tretiranoj Prirodnim zeolitom i diatomejskom zemljom (DZ S-1, DZ S-2 i Protect-It)

Inertno prašivo	Količina primene (g/kg)	Smrtnost (% ± SD) posle	
		7 dana*	14 dana
Kontrola	0	0,0±0,0a**	0,0±0,0a
Prirodni zeolit	0,25	0,0±0,0a	0,0±0,0a
	0,50	0,0±0,0a	0,0±0,0a
DZ S-1	0,25	1,0±0,5a	6,0±0,6b
	0,50	1,0±0,5a	10,0±1,0bc
DZ S-2	0,25	0,0±0,0a	2,0±0,6
	0,50	0,0±0,0a	5,0±1,3ab
Protect-It	0,25	2,0±0,6a	12,0±1,4c
	0,50	22,0±1,7b	77,0±1,7d

*Posle jednog dana nije bilo efekata; **Vrednosti u kolonama označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju ($p>0,05$)

Primenom inertnih prašiva u interakciji sa LT_{25} posle jednog dana ekspozicije najveća smrtnost (89%) jedinki iz laboratorijske populacije je utvrđena kod prašiva Protect-It primenjenog u količini 0,5 g/kg (tabela 38). Istovremeno, prethodno izlaganje u trajanju LT_{25} nije statistički značajno uticalo na povećanje smrtnosti kod drugih inertnih prašiva i manje doza Protect-It. Posle sedam i 14 dana samo je preparat Protect-It (obe količine) u interakciji sa LT_{25} ostvario visoku smrtnost kod ove populacije (95-100%). Prašiva DZ S-1 sa obe količine, i DZ S-2 sa 0,5 g/kg su posle sedam i 14 dana postigla signifikantno višu smrtnost u odnosu na pojedinačno delovanje LT_{25} .

Preparat Protect-It sa 0,5 g/kg je u interakciji sa LT_{50} posle jednog dana prouzrokovao najveću smrtnost (96%) kod adulta brašnara iz laboratorijske populacije. U ovom periodu statistički značajan uticaj interakcije LT_{50} i inertnih prašiva je utvrđen kod prašiva Protect-It (0,25 g/kg) i DZ S-1 (0,5 g/kg). Posle sedam i 14 dana, visoka smrtnost, 92-100%, kod adulta ove populacije je utvrđena u interakciji LT_{50} sa prašivima Protect-It obe količine i DZ S-1 0,5 g/kg. Statistički značajan uticaj interakcije LT_{50} i inertnih prašiva posle sedam i 14 dana zabeležen je kod DZ S-1 0,25 g/kg i kod dvostruko veće količine DZ S-2.

Tabela 38. Efekti Prirodnog zeolita i diatomejske zemlje (DZ S-1, DZ S-2 i Protect-It) u interakciji sa LT_{25} i LT_{50} na $50^{\circ}C$ na adulte *T. castaneum* iz **laboratorijske** populacije posle jedan, sedam i 14 dana izlaganja u pšenici u zrnu

Inertno prašivo	Količina primene (g/kg)	Smrtnost (% ± SD) posle		
		1 dan	7 dana	14 dana
U interakciji sa LT_{25} na $50^{\circ}C$				
Kontrola	0	27,0±2,2a*	29,0±1,9a	30,0±1,7a
Prirodni zeolit	0,25	27,0±2,6a	27,0±2,6a	31,0±1,7a
	0,50	28,0±0,8a	33,0±1,3ab	40,0±1,6a
DZ S-1	0,25	30,0±3,1a	56,0±3,6c	56,0±3,6b
	0,50	38,0±2,9a	75,0±1,0d	76,0±0,8c
DZ S-2	0,25	29,0±3,3a	37,0±2,6ab	39,0±2,2a
	0,50	30,0±3,0a	42,0±3,1b	54,0±1,7b
Protect-It	0,25	40,0±2,2a	95,0±1,0e	96,0±0,8d
	0,50	89,0±1,0b	100e	100d
U interakciji sa LT_{50} na $50^{\circ}C$				
Kontrola	0	52,0±2,3ab	64,0±0,8ab	68±1,6ab
Prirodni zeolit	0,25	46,0±1,7a	59,0±2,6a	61±2,6a
	0,50	57,0±0,5abc	73,0±1,5bc	76±0,8bc
DZ S-1	0,25	59,0±2,4abc	81,0±1,7c	81±1,7c
	0,50	67,0±2,2c	92,0±1,8d	94±1,3d
DZ S-2	0,25	48,0±2,6a	59,0±2,6a	63±1,7a
	0,50	59,0±3,4abc	74,0±0,6c	76±1,0bc
Protect-It	0,25	63,0±2,6bc	97,0±1,5d	98±1,0d
	0,50	96,0±1,1d	100d	100d

* Za svaku interakciju vrednosti u kolonama označene istim slovima se statistički ne razlikuju ($p>0,05$)

S obzirom da su preparat diatomejske zemlje Protect-It i uzorak DZ S-1 iz Srbije u interakciji sa LT_{25} i LT_{50} najznačajnije uticali na povećanje smrtnosti kod brašnara iz laboratorijske populacije, izdvojeni su za testiranja u interakciji sa $50^{\circ}C$ kod populacija iz Nikinaca i Jakova.

Tabela 39. Smrtnost adulta *T. castaneum* iz populacije **Nikinaci i Jakovo** posle sedam i 14 dana ekspozicije u pšenici tretiranoj diatomejskom zemljom (DZ S-1 i Protect-It)

Inertno prašivo	Količina primene (g/kg)	Smrtnost (% ± SD) posle	
		7 dana*	14 dana
Populacija Nikinaci			
Kontrola	0	0,0±0,0a**	0,0±0,0a
DZ S-1	0,25	2,0±0,6a	4,0±0,8a
	0,50	3,0±1,0a	16,0±1,4b
Protect-It	0,25	7,0±1,3a	30,0±2,1c
	0,50	51,0±3,0b	79,0±2,7d
Populacija Jakovo			
Kontrola	0	0,0±0,0a	0,0±0,0a
DZ S-1	0,25	0,0±0,0a	7,0±2,4ab
	0,50	2,0±1,0a	24,0±2,4c
Protect-It	0,25	3,0±1,0a	17,0±2,6bc
	0,50	47,0±1,9b	84,0±0,8d

*Posle jednog dana nije bilo efekata; **Vrednosti u kolonama označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju ($p>0,05$)

Uzimajući u obzir sve intervale izlaganja jedinki iz Nikinaca u laboratorijskim uslovima najveća smrtnost od 79% je utvrđena posle 14 dana u pšenici tretiranoj količinom 0,5 g/kg prašiva Protect-It, dok je u drugim varijanta smrtnost bila u rasponu 0-51% (tabela 39). Slični efekti su utvrđeni i kod adulta iz Jakova, kod kojih su prašiva diatomejske zemlje prourokovala smrtnost <50%, osim preparata Protect-It sa 0,5 g/kg posle 14 dana kada je smrtnost bila 84%.

U interakciji LT₂₅ sa prašivima dijatomejske zemlje, posle jednog dana izlaganja najveća smrtnost adulta iz Nikinaca od 75% je utvrđena kod Protect-It primenjenog u količini 0,5 g/kg (tabela 40).

Tabela 40. Efekti diatomejske zemlje (DZ S-1 i Protect-It) u interakciji sa LT₂₅ i LT₅₀ na 50°C na adulte *T. castaneum* iz populacije **Nikinaci** posle jednog, sedam i 14 dana izlaganja u pšenici u zrnu

Inertno prašivo	Količina primene (g/kg)	Smrtnost (% ± SD) posle		
		1 dan	7 dana	14 dana
U interakciji sa LT₂₅ na 50°C				
DZ S-1	0,25	20,0±1,0a*	60,0±2,0b	62,0±1,7b
	0,5	29,0±1,0b	88,0±1,6c	93,0±1,5d
Protect-It	0,25	25,0±2,1ab	82,0±1,3c	82,0±1,3c
	0,5	79,0±1,3c	100d	100d
Kontrola	0	21,0±2,2ab	34,0±1,9a	34,0±1,9a
U interakciji sa LT₅₀ na 50°C				
DZ S-1	0,25	54,0±1,0a	78,0±2,6a	81,0±1,9a
	0,5	66,0±1,3b	92,0±1,4b	96,0±0,8b
Protect-It	0,25	65,0±2,4b	100b	100b
	0,5	90,0±1,0c	99,0±0,5b	99,0±0,5b
Kontrola	0	47,0±2,1a	72,0±2,2a	75,0±1,3a

* Za svaku interakciju vrednosti u kolonama označene istim slovima se statistički ne razlikuju (p>0,05)

Posle sedam i 14 dana obe količine prašiva Protect-It i DZ S-1 u interakciji sa LT₂₅ su prouzrokovale značajno veću smrtnost kod ove populacije od samostalnog delovanja LT₂₅. U interakciji LT₂₅ visoka smrtnost u rasponu 92-100% adulta iz Nikinaca je utvrđena posle sedam i 14 dana u pšenici tretiranoj količinama 0,25 i 0,5 g/kg preparata diatomejske zemlje i u pšenici tretiranoj 0,5 g/kg diatomejske zemlje iz Srbije.

Prašivo Protect-It količine 0,5 g/kg u interakciji sa LT₅₀ je posle jednog dana ekspozicije postiglo najveću smrtnost kod jedinki iz Nikinaca od 90%. U svim intervalima izlaganja interakcija sa LT₅₀ nije statistički značajno uticala na povećanje smrtnosti adulta iz Nikinaca izuzev kod prašiva DZ S-1 primenjenog u količini 0,25 g/kg. Posle sedam i 14 dana obe količine prašiva Protect-It i 0,5 g/kg prašiva DZ S-1 su kod ove populacije u interakciji sa LT₅₀ prouzrokovale visoku smrtnost u rasponu 92-100%.

Rezultati smrtnosti adulta brašnara iz Jakova pokazuju da je posle jednog dana ekspozicije, delovanje diatomejske zemlje u interakciji sa LT₂₅ statistički značajno samo kod komercijalnog preparata primenjenog u količini 0,5 g/kg (tabela 41). Posle sedam i 14 dana visoka smrtnost adulta brašnara iz Jakova u rasponu 93-100% je utvrđena u interakciji LT₂₅ sa 0,25 i 0,5 g/kg prašiva Protect-It. Prašivo DZ S-1 u interakciji sa LT₂₅ je kod ove populacije najveću smrtnost od 90% postiglo količinom od 0,5 g/kg posle 14 dana.

Tabela 41. Efekti diatomejske zemlje (DZ S-1 i Protect-It) u interakciji sa LT₂₅ i LT₅₀ na 50°C na adulte *T. castaneum* iz populacije **Jakovo** posle jednog, sedam i 14 dana izlaganja u pšenici u zrnu

Inertno prašivo	Količina primene (g/kg)	Smrtnost (% ± SD) posle		
		1 dan	7 dana	14 dana
U interakciji sa LT₂₅ na 50°C				
DZ S-1	0,25	29,0±2,7a*	66,0±3,8a	71,0±2,9a
	0,5	28,0±2,4a	88,0±1,4b	90,0±1,3b
Protect-It	0,25	38,0±2,4a	93,0±1,7b	93,0±1,7b
	0,5	75,0±2,1b	100b	100b
Kontrola	0	26,0±0,6a	52,0±3,4a	59,0±2,7a
U interakciji sa LT₅₀ na 50°C				
DZ S-1	0,25	61,0±3,9a	96,0±1,4b	98,0±1,0b
	0,5	63,0±3,8a	98,0±0,6b	99,0±0,5b
Protect-It	0,25	68,0±1,6a	99,0±0,5b	100b
	0,5	98,0±0,6b	100b	100b
Kontrola	0	52,0±2,4a	79,0±1,3a	79,0±1,3a

* Za svaku interakciju vrednosti u kolonama označene istim slovima se statistički značajno ne razlikuju (p>0,05)

Primenom 0,5 g/kg prašiva Protect-It u interakciji sa LT₅₀ već posle jednog dana se postiže visoka smrtnost (98%) kod adulta iz Jakova. Oba uzorka diatomejske zemlje sa količinama 0,25 i 0,5 g/kg u interakciji sa LT₅₀ su posle sedam i 14 dana kod jedinki iz Jakova prouzrokovala visoku smrtnost u rasponu 96-100%.

5. DISKUSIJA

5.1. Osetljivost/rezistentnost *T. castaneum* sintetisanih insekticida posle mikroaplikacije

Analizom dobijenih rezultata topikalne aplikacije sintetisanih insekticida utvrđeno je da je za brašnare iz laboratorijske populacije na nivou LD₅₀ najtoksičniji insekticid deltametrin koji je od pirimifos-metila, hlorspirifos-metila, dihlorsosa, bifentrina i malationa toksičniji: 1,3; 1,6; 5,8; 7,1 i 40,6 puta. Redosled toksičnosti je nešto drugačiji na nivou LD₉₅, gde su najtoksičniji insekticidi pirimifos-metil i hlorspirifos-metil, zatim slede deltametrin, dihlorsos, bifentrin i malation. Halliday i sar. (1988) su mikroaplikacijom organofosfata utvrdili da su za laboratorijske brašnare na nivou LD₅₀ najtoksičniji pirimifos-metil i malation, zatim sledi dihlorsos, a najslabiji je hlorspirifos-metil. I ovi istraživači su na nivou LD₉₅ utvrdili drugačiji redosled toksičnosti gde je pirimifos-metil najtoksičniji, a malation najmanje toksičan. Subramayam i sar. (1989) su utvrdili da je od korišćenih organofosfata za adulte laboratorijske populacije *T. castaneum* na filter papiru najtoksičniji hlorspirifos-metil, koji je na nivou LD₅₀ od pirimifos-metila toksičniji 4,8 puta, a od najslabijeg malationa 8,0. Zettler (1991) je kod *T. castaneum* iz laboratorijske populacije metodom mikroaplikacije utvrdio da na nivou LD₅₀ nema razlike u ispoljenoj toksičnosti dihlorsosa, hlorspirifos-metila i malationa, od kojih su piretroidi, sinergizovani piretrin i resmetrin, 1,7 i 4,7 puta manje toksični. S druge strane, na nivou LD₉₉ najtoksičniji insekticid je hlorspirifos-metil, pa dihlorsos od koga je malation 1,9 puta manje toksičan, dok su piretroidi i na ovom nivou bili najslabiji.

Dobijeni rezultati smrtnosti adulta *T. castaneum* iz 12 populacija posle kontakta sa diskriminativnim dozama kontaktnih insekticida pokazuju da je samo malation kod sedam populacija prouzrokovao nisku smrtnost. Pozitivna korelacija između efekata diskriminativnih doza i parametra toksičnosti je utvrđena kod populacija iz Nikinaca i Jakova kod kojih je malation prouzrokovao najmanju smrtnost, 70 i 64%. Faktori rezistentnosti na nivo LD₅₀ i LD₉₅ su bili 17,6 i 11,0 kod populacije iz Nikinaca i 26,0 i 6,1 kod populacije iz Jakova, a na druge insekticide nije utvrđena rezistentost. Deltametrin je na nivou LD₅₀ najtoksičniji insekticid kod obe populacije, hlorspirifos-metil je na nivou LD₉₅ najtoksičniji kod populacije Nikinci, a pirimifos-metil kod populacije Jakovo. Zettler i Arthur (1997) su mikroaplikacijom utvrdili da su sve populacije *T. castaneum* (14 populacija) i *T. confusum*

(10) prikupljene iz mlinova u SAD rezistentne na malation i dihlorvos. U tim istraživanjima zabeležen je najviši nivo rezistentnosti (FR=29081) na malation do sada. Analizom rezultata ovi istraživači su utvrdili da postoji pozitivna korelacija između efekata diskriminativnih doza i utvrđenih parametara toksičnosti, i zaključili da se na ovaj način može predvideti efikasnost malationa i dihlorvosa u praktičnim uslovima, ali samo ako je rezistentnost slaba. Imajući u vidu ove konstatacije i dobijene rezultate u našim istraživanjima proizilazi da je kod 58% testiranih populacija iz Srbije u manjoj ili većoj meri promenjena osetljivost samo na malation.

Utvrđivanje osetljivosti/rezistentnosti populacija *T. castaneum* na kontaktne insekticide samo pomoću diskriminativnih doza je dosta korišćeno, naročito za organofosfate. Subramanyam i sar. (1989) su pomoću diskriminativnih doza kod svih testiranih populacija *T. castaneum* utvrdili rezistentnost na malation, koja nije bila ukrštena sa pirimifos-metilom i hlorspirifos-metilom. Promenjena osetljivost na malation je potvrđena i kroz kompletna testiranja toksičnosti, a utvrđeni faktori rezistentosti su bili od 5,9 do 40,6. Zettler i Cuperus (1990) su mikroaplikacijom diskriminativnih doza malationa kod svih testiranih populacija *T. castaneum* utvrdili rezistentnost na ovaj insekticid, koja nije bila ukrštena sa hlorspirifos-metilom. Halliday i sar. (1988) su mikroaplikacijom diskriminativnih doza utvrdili da je 12 od 15 ispitivanih populacija *T. castaneum* rezistentno na malation, jedna na dihlorvos, a nijedna na pirimifos-metil, hlorspirifos-metil i sinergizovani piretrin. Zettler (1991) je mikroaplikacijom diskriminativnih doza konstatovao da je 93% populacija *T. castaneum* iz mlinova u SAD rezistentno na malation, 64% na dihlorvos, 36% na hlorspirifos-metil, dok na piretroide piretrin i resmetrin nije utvrđena rezistentnost. Važno je istaći da je većina ovih istraživača za diskriminativne doze koristila LD_{99,9} ili 2 x LD₉₉, dok je u našim istraživanjima korišćena LD₉₉, odnosno LD₁₀₀ utvrđena u eksperimentu sa laboratorijskom populacijom brašnara.

Haliscak i Beeman (1983) su kod populacija *T. castaneum* rezistentnih na malation samo posle jedne selekcije, sa diskriminativnom dozom malationa utvrdili višestruko povećanje faktora rezistentnosti. Jedna selekcija sa LD₈₀ pirimifos-metila kod populacije Nikinci je dovela do smanjenja toksičnosti svih insekticida, osim malationa. Najznačajniji pad je utvrđen kod deltametrina i bifentrina koji su na nivou LD₅₀ 2,3 i 1,8 puta manje toksični kod selekcionisanih brašnara u odnosu na period pre selekcije. Selekcija sa LD₈₀ deltametrina kod jedinki iz Nikinaca je takođe uticala na značajan pad toksičnosti

deltametrina i bifentrina, koji su na nivou LD₉₅ 1,7 i 3,1 puta manje toksični u odnosu na period pre selekcije. S druge strane, selekcija sa LD₈₀ pirimifos-metila kod populacije Jakovo nije uticala na smanjenje toksičnosti insekticida. Uzimajući u obzir intervale poverenja toksičnost malationa se nije menjala kod sve tri selekcionisane populacije, iako su nominalne vrednosti LD značajno promenjene. Parametri toksičnosti dobijeni mikroplikacijom insekticida i aplikacijom insekticida na pšenicu u zrnu ukazuju da je populacija *T. castaneum* iz Nikinaca rizična kada je u pitanju razvoj ukrštene rezistentnosti.

Kljajić i Perić (2007) su utvrdili da jedna selekcija sa LD₇₀ pirimifos-metila kod populacije *S. granarius* iz Luke Beograd ne utiče na promenu toksičnosti ovog insekticida, ali značajno smanjuje toksičnost deltametrina na filter papiru, što ukazuje na ukrštenu rezistentnost. Faktori rezistentnosti za deltametrin su posle selekcije bili 18,8 (na nivou LD₅₀), a pre selekcije 5,8. Selekcija sa LD₇₀ deltametrina kod žižaka iz Bijeljine i Kikinde značajno smanjuje toksičnost ovog insekticida, a kod žižaka iz Kikinde značajno utiče i na smanjenje toksičnosti malationa i cipermetrina. Loyd i Ruczkowski (1980) su kod populacije *T. castaneum*, rezistentne na organofosfate, utvrdili 34 puta manju toksičnost piretrina, 2,2 puta resmetrina i 3,3 bioresmetrina. S druge strane, kod populacije rezistentne samo na malation nije utvrđena ukrštena rezistentnost na piretoride.

5.2. Osetljivost/rezistentnost *T. castaneum* na sintetisane insekticide posle aplikacije na pšenicu u zrnu

Analizom toksičnosti za adulte laboratorijske populacije utvrđene se značajne razlike u brzini delovanja među hemijskim grupama insekticida, što pokazuju i nagibi *ld-p* linija. Posle sedam dana najveće vrednosti nagiba *ld-p* linija su utvrđene kod organofosfata pirimifos-metila i hlorspirifos-metila (9,68 i 9,48), značajno manja kod tiametoksama (4,97) iz grupe neonicotinoida, zatim slede piretroid deltametrin sa piperonil butoksidom (3,10) i sintetisani prirodni insekticid spinosad (2,61) iz grupe spinozina, a značajno sporije delovanje su imali organofosfat malation i piretroid bifentrin (1,55), i posebno sintetisani prirodni insekticid abamektin (1,30) iz grupe makrolida. Takođe, insekticidi iz grupe organofosfata hlorspirifos-metil, pirimifos-metil i malation, kao i neonicotinoid tiametoksam nisu značajno menjali toksičnost sa povećanjem ekspozicije. Posle 21 dana toksičnost hlorspirifos-metila, pirimifos-metila, malationa i tiametoksama je za oko 1,4 puta viša u

odnosu na sedam dana. Međutim, toksičnost piretroida deltametrina sa piperonil butoksidom i bifentrina je posle 21 dana na nivou LD₅₀ 27,3 i 9,4 puta viša. Takođe, sintetisani prirodni insekticidi spinosad i abamektin su posle 21 dana ekspozicije 8,7 i 25,7 (nivo LD₅₀) puta toksičniji nego posle sedam dana.

Slični efekti su utvrđeni i kod populacija iz Nikinaca, Nikinaca selekcionisanih sa pirimifos-metilom i deltametrinom, kao i kod populacije Jakovo, s tim da su nagibi *ld-p* linija uglavnom manji. Kljajić i Perić (2009) su za različite populacije *S. granarius* utvrdili visoku efikasnost organofosfata malationa, već posle dva dana ekspozicije u tretiranoj pšenici na depozitima starosti dva, sedam i 14 dana, dok je visoka efikasnost piretroida deltametrina utvrđena posle sedam dana izlaganja na depozitima starosti 90 dana. Loyd i Ruczkowski (1980) su predložili da se zbog dobijanja pouzdanih rezultata, toksičnost piretroida kod *T. castaneum* utvrđuje posle 15-20 dana. Collins (1990) je posle 26 dana utvrđivao toksičnost više organofosfata i piretroida kod laboratorijske populacije *T. castaneum*. Polovina izlaganih adulta iz laboratorijske populacije je uginula posle kontakta sa 0,18 mg/kg hlorspirifos-metila, 0,33 mg/kg pirimifos-metila, 2,2 mg/kg malationa i 0,013 mg/kg deltametrina sa piperonil butoksidom. Slična toksičnost za laboratorijske brašnare je utvrđena i u ovom istraživanju, LD₅₀ hlorspirifos-metila, pirimifos-metila, malationa i deltametrina sa piperonil butoksidom su posle 21 dana bile 0,13; 0,10; 2,15 i 0,037 mg/kg.

Rezultati do kojih je došao Collins (1990) su pokazali da je deltametrin sa piperonil butoksidom najtoksičniji insekticid za laboratorijsku populaciju *T. castaneum*, ali i za multirezistentne (rezistentna na više organofosfata) populacije. U tim istraživanjima, deltametrin sa piperonil butoksidom je od pirimifos-metila, hlorspirifos-metila i malationa na nivou LD₅₀ toksičniji 25,4; 13,8 i 169,2 puta kod laboratorijske populacije, a 39,3; 10,9 i 714,3 puta kod multirezistentne populacije. U našim istraživanjima deltametrin sa piperonil butoksidom je na nivou LD₅₀ 2,7; 3,6 i 58,1 puta toksičniji od pirimifos-metila, hlorspirifos-metila i malationa (posle 21 dan) za laboratorijsku populaciju. Kod populacija Nikinci i Jakovo, rezistentnih na malation, deltametrin sa piperonil butoksidom je na nivou LD₅₀ 1,7; 3,4 i 494,0 puta toksičniji, odnosno 2,8; 3,5 i 989,6 puta toksičniji od pirimifos-metila, hlorspirifos-metila i malationa.

Artuhr (2004) je istakao da bi se tiametoksam u budućnosti mogao koristiti za suzbijanje skladišnih insekata u semenskoj pšenici i kukuruzu. U njegovim istraživanjima, u pšenici i kukuruzu tretiranim dozom od 6 ppm (6 mg/kg) tiametoksama utvrđena je 100%

smrtnost adulta *T. castaneum* posle šest dana. U ovom eksperimentu tiametoksam je postigao značajno veću efikasnost kod svih populacija brašnara. Uzimajući u obzir sve populacije posle sedam dana, 95%-na smrtnost *T. castaneum* je utvrđena u pšenici tretiranoj timetoksamom u rasponu od 0,06 do 1 mg/kg. Posle 21 dana isti nivo smrtnosti testiranih populacija je ostvaren sa još manjim količinama tiametoksama, od 0,03 do 0,7 mg/kg.

Rezultati prethodnih istraživanja (Fang i sar., 2002; Huang i Subramanyam, 2007; Kavallieratos i sar., 2009) ukazuju da spinosad i abamektin kod laboratorijskih populacija iz roda *Tribolium* najvišu efikasnost postižu od 14. do 21. dana, uz isticanje da je abamektin efikasniji od spinosada. Rezultati naših istraživanja su saglasni sa ovim konstatacijama, jer su oba insekticida najvišu toksičnost kod laboratorijske populacije ostvarili posle 21 dana, a abamektin je na nivou LD₅₀ bio 3,5 puta toksičniji od spinosada.

Wilkin i sar. (1998) su konstatovali da je bifentrin primenjen u količini 1 mg/kg visokoefikasan za više vrsta skladišnih insekta posle sedam dana, osim za adulte *T. castaneum* kod kojeg je efikasnost bila manja od 10%. Naša istraživanja su takođe pokazala da je bifentrin posle sedam dana slabo efikasan za sve populacije *T. castaneum* (LD₉₅ 24-73 mg/kg). Međutim, bifentrin značajno povećava efikasnost sa porastom dužine izlaganja, i posle 21 dana uzimajući u obzir sve populacije 95% adulta uginu posle kontakta sa 0,6-1,6 mg/kg.

Lorini i Galley (1998) su utvrdili da se kod rezistentne populacije *R. dominica* na filter papiru dobijaju visoki faktori rezistentnosti na deltametrin (FR=174,8 na nivou LC₅₀), a značajno niži, i sličnih vrednosti, na pšenici (17,0) i mikroaplikacijom (21,3). U našim istraživanjima takođe su utvrđeni slični faktori rezistentnosti na malation kod mikroaplikacije i pšenice u zrnu. Faktori rezistentnosti dobijeni mikroaplikacijom na nivou LD₅₀ kod populacije Nikinci su bili 17 i kod populacije Jakovo 26, a nanošenjem insekticida na pšenicu u zrnu 15,2-16,1 (posle 7-21 dana) odnosno, 20,8-23,8. Kod populacija Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ pirimifos-metila i Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ deltametrina faktori rezistentnosti na malation dobijeni mikroaplikacijom su bili 29,8 i 12,5 (nivo LD₅₀), a na zrnima pšenice 10,3-11,9 i 12,9-16,4 (posle 7-21 dana). Međutim, aplikacijom hlorspirifos-metila, pirimifos-metila, deltametrina i bifentrina na pšenicu u zrnu utvrđeni su značajno viši faktori rezistentnosti u odnosu na one utvrđene mikroaplikacijom kod svih testiranih populacija. Kod brašnara iz Nikinaca selekcionisanih pirimifos-metilom toksičnost deltametrina i bifentrina posle aplikacije na pšenicu se nije značajno menjala u odnosu na

period pre selekcije, dok je mikroaplikacijom insekticida to utvrđeno. Toksičnost pirimifos-metila je posle selekcije blago smanjena, oko 1,7 puta (nivo LD₅₀) u odnosu na period pre selekcije, što je utvrđeno i mikroaplikacijom. Selekcija sa LD₈₀ deltametrina nije uticala na smanjenje toksičnosti ovog jedinjenja u odnosu na period pre selekcije, ali je uticala na smanjenje toksičnosti piretroida bifentrina, što pokazuju i faktori rezistentnosti. Posle 14 i 21 dana faktori rezistentnosti za bifentrin kod selekcionisanih brašnara na nivou LD₅₀ su bili 2,3 i 3,2, a pre selekcije 1,4 i 2,3. Kod ove populacije topikalnom aplikacijom takođe je utvrđena manja toksičnost bifentrina, ali i deltametirna. Ovde je važno istaći da je u ispitivanjima toksičnosti na pšenici u zrnu korišćen deltametrin sa sinergistom piperonil butoksidom koji povećava toksičnost insekticida. Verovatno da je slaba rezistentnost na korišćene insekticide (FR<3) jedan od razloga za ispoljene razlike između toksičnosti insekticida mikroaplikacijom i nanošenjem komercijalnih preparata na pšenicu u zrnu.

Dobijeni rezultati toksičnosti insekticida posle aplikacije na pšenicu u zrnu su pokazali da su populacije iz Nikinaca i Nikinaca posle selekcije pirimifos-metilom i deltametirnom pored promenjene osetljivosti na malation, značajno promenile osetljivost i na tiametoksam i abamektin. Posle 21 dana tiametoksam i abamektin su na nivou LD₉₅ 15 i 4,9 puta manje toksični za jedinke iz Nikinaca u odnosu na laboratorijsku populaciju. Jedna selekcija sa LD₈₀ pirimifos-metila je uticala na dodatno smanjenje toksičnosti tiametoksama i abamektina. Posle 21 dana 95% selekcionisanih brašnara je uginulo posle kontakta sa pšenicom tretiranom dozama 0,7 i 15,6 mg/kg tiametoksama i abamektina, dok je za isti nivo smrtnosti pre selekcije bilo potrebno 0,5 i 11 mg/kg. Tiametoksam je posle 21 dana, za brašnare selekcionisane deltametirnom na nivou LD₅₀ 1,4 i 2,7 puta toksičniji u odnosu na brašnare iz Nikinaca i Nikinaca selekcionisane sa LD₈₀ pirimifos-metila. S druge strane, i kod populacije selekcionisane deltametirnom, tiametoksam je 2,9 i 10,0 (LD₅₀ i LD₉₅) puta manje toksičan u odnosu na laboratorijsku populaciju. Posle selekcije deltametirnom, ukupno gledano, toksičnost abamektina je ostala na istom nivou kao i pre selekcije. Rezultati toksičnosti abamektina za populacije brašnara iz Nikinaca nisu u skladu sa onima do kojih su došli Hussain i sar. (2005). Rezultati tih istraživanja su pokazali da je abamektin 1,5 puta toksičniji za larve *T. castaneum* rezistentne na malation u odnosu na toksičnost za larve iz laboratorijske populacije.

Pored smanjene osetljivosti na tiametoksam i abamektin, adulti brašnara iz Nikinaca kao i selekcionisani brašnari iz ove populacije su ispoljili smanjenu osetljivost na spinosad, s

tim da su značajnije razlike utvrđene na nivou LD₉₅. Ovaj insekticid je oko 1,7 (nivo LD₉₅) puta manje toksičan za adulte iz Nikinaca i Nikinaca selekcionisanih deltametrimom, nego za adulte iz laboratorijske populacije. Selekcija pirimifos-metilom je uticala na dodatni pad toksičnosti spinosada, koji je 1,6 (nivo LD₉₅) puta manje toksičan u odnosu na period pre selekcije, i 2,8 puta manje toksičan u odnosu na laboratorijsku populaciju. Fangeng i sar. (2004) su utvrdili da su dve populacije *T. castaneum* iz skladišta u SAD, kod kojih prethodno nije utvrđivana osetljivost na kontaktne insekticide, značajno otpornije na spinosad od laboratorijske populacije. Faktori rezistentnosti na nivou LD₅₀ su bili 4,8 i 7,6. Međutim, samo kod jedne populacije utvrđena je rezistentnost na nivou LD₉₅ (6,4). Isti istraživači su utvrdili 1,7-2,5 puta manju osetljivost na spinosad kod dve prikupljene populacije, *P. interpunctella* i *C. ferrugineus*, ali i dva puta veću osetljivost kod jedne populacije, *R. dominica*. Nayak i sar. (2005) su u odnosu na laboratorijsku populaciju konstatovali 2,4 puta manju efikasnost preporučene doze spinosada (1 mg/kg) za populaciju *S. oryzae* rezistentnu na malation. S druge strane, Hussain i sar. (2005) nisu utvrdili razlike u toksičnosti spinosada kod larvi *T. castaneum* rezistentnih na malation i normalne osetljivosti na insekticide.

Mali diverzitet gena i inbriding mogao bi biti razlog značajno više osetljivosti na spinosad, abamektin i tiametoksam laboratorijske populacije od populacije iz Nikinaca. Ovde je posebno važno istaći da se abamektin i tiametoksam još ne koriste za suzbijanje skladišnih insekata, dok se spinosad tek uvodi u primenu. Ovi insekticidi se razlikuju i po mehanizmu delovanja u odnosu na postojeće insekticide (organofosfati i piretroidi). Međutim, svi insekticidi, pored primarnog mesta delovanja, prouzrokuju i niz drugih negativnih efekata, a razvoj rezistentnosti nije uvek vezan samo za primarno mesto delovanja. Genetske mutacije, naročito one vezane za sintezu enzima, prouzrokuju promene u detoksikaciji insekticida i u kombinaciji sa većim diverzitetom gena kod divljih populacija insekata utiču na razvoj ukrštene rezistentnosti (Yoon i sar., 2002; Jiang i sar., 2011; Sparks i sar., 2012). Za potvrdu ovih konstatacija, neophodna su dalja istraživanja sa populacijama korišćenim u ovom eksperimentu, koja bi podrazumevala upotrebu molekularnih i biohemijskih metoda. Takođe, ovim metodama bi se mogle ispitati i razlike između populacija iz Jakova i Nikinaca, jer, ako se izuzme malation (obe populacije su rezistentne na malation), toksičnost drugih insekticida je značajno veća kod populacije Jakovo. Rezultati toksičnosti insekticida na pšenici u zrnu su potvrdili rezultate dobijene mikroaplikacijom koji ukazuju na rizik od razvoja ukrštene rezistentnosti kod populacije Nikinci.

Nayak i sar. (2005) su konstatovali da je za utvrđivanje efektivnosti novih insekticida veoma važno uključiti rezistentne populacije skladišnih insekta kako bi se u potpunosti sagledao insekticidni potencijal novih aktivnih materija i mogućnost praktične primene, što potvrđuju i rezultati toksičnosti tiametoksama, abamektina i spinosada u našim istraživanjima.

5.3. Efekti prirodnih insekticida na adulte *T. castaneum*

Rezultati ovih istraživanja pokazuju da na efikasnost prirodnih insekticida (inertnih prašiva) za adulte *T. castaneum* značajno utiču faktori sredine (relativna vlažnost vazduha), dužina izlaganja, period oporavka i posebno osobine inertnih prašiva. Sublimirajući dotadašnje rezultate Korunić (1997, 1998) i Subramanyam i Roesli (2000) su, takođe, istakli ove faktore kao najznačajnije za ispoljavanje efikasnosti inertnih prašiva

Rezultati efikasnosti formulacija prirodnog zeolita (Prirodni zeolit i Modifikovani prirodni zeolit) za adulte laboratorijske populacije *T. castaneum* pokazuju da se sa povećanjem relativne vlažnosti vazduha sa 40-50% na 50-55% značajno smanjuje efikasnost. Posle 14 dana ekspozicije jedinki iz laboratorijske populacije efikasnost Prirodnog zeolita i Modifikovanog prirodnog zeolita primenjenih u količini 0,5 i 0,75 g/kg je 2,5 i 1,3 puta manja i 29,0 i 10,8 puta manja u uslovima povišene vlažnosti vazduha (50-55%). Analizom rezultata efikasnosti uzoraka diatomejske zemlje (DZ S-1 i DZ S-2) iz Srbije za adulte laboratorijske populacije brašnara takođe su utvrđene razlike u ispoljenoj efikasnosti pri vlažnosti vazduha 60-65% i 60-70%. Efikasnost prašiva DZ S-1 i DZ S-2 u pšenici tretiranoj količinom od 0,5 g/kg je posle 14 dana 6,4 i 11,2 puta manja pri relativnoj vlažnosti vazduha 60-70%. Uticaj relativne vlažnosti na efikasnost utvrđen je i kod komercijalnog preparata Protect-It. Posle 14 dana izlaganja adulta *T. castaneum* iz laboratorijske populacije u pšenici tretiranoj količinom 0,3 g pri vlažnosti vazduha 40-50% i 50-55% efikasnost je bila 100% i 95%, dok je u pšenici tretiranoj količinom od 0,25 g/kg pri vlažnosti vazduha 60-70% efikasnost bila 12%. Međutim, razlike u efikasnosti su značajno manje kod količina koje ispoljavaju visoku efikasnost (>95%). Tako je prašivo DZ S-1 sa količinom 0,75 i 1 g/kg pri vlažnosti vazduha 60-70% posle 14 dana 1,4 i 1,3 puta manje efikasano, i prašivo DZ S-2 sa količinom 1 g/kg 1,4 puta manje efikasno u odnosu na efikasnost pri vlažnosti 60-65%. Rezultati ovih istraživanja pokazuju da i malo povećanje vlažnosti vazduha može značajno uticati na efikasnost, prevashodno kod količina (<0,5 g/kg) koje prouzrokuju nisku

efikasnost. Poznato je da inertna prašiva oštećuju kutikulu insekata i da insekti zbog gubitka vode uginu, ali isto tako inertna prašiva su veoma sorptivna i vezuju atmosfersku vlagu (Ebeling, 1971), što može biti jedan od razloga za utvrđene razlike u efikasnosti u pšenici tretiranoj količinama <0,5 g/kg i pri malim promenama vlažnosti vazduha. Takođe, inertna prašiva sporo deluju na skladišne insekte što može uticati na ispoljavanje efekata subletalnih količina pri različitim vlažnostima. Ovo potvrđuju i rezultati Stadler i sar. (2012) koji su utvrđivali brzinu delovanja prašiva Protect-It. Utvrđeni LT_{50} parametri (u danima) u pšenici tretiranoj količinom 0,125 g/kg kod *S. oryzae* pri vlažnosti vazduha 43% i 57% su bili 8,10 i 19,85 dana, a 36,85 dana u pšenici tretiranoj količinom od 0,25 g/kg pri vlažnosti 75%.

Uzimajući u obzir sve varijante, ova ispitivanja su pokazala da povećanje relativne vlažnosti vazduha značajno umanjuje efikasnost inertnih prašiva, što je u skladu sa rezultatima drugih istraživača. Stathers i sar. (2004) su utvrdili da prašivo Dryacide posle sedam dana izlaganja adulta *S. zeamais* u kukuruzu tretiranom 0,1 g/kg, postiže efikasnost od 75% pri vlažnosti vazduha od 50%, odnosno 55% pri vlažnosti vazduha 60%. Stadler i sar. (2012) su u pšenici tretiranoj količinom od 0,125 g/kg prašiva Protect-It posle 14 dana izlaganja *S. oryzae* utvrdili efikasnost od 80% i 30%, pri vlažnosti vazduha 43% i 57%. Arthur (2001) je utvrdio značajno nižu efikasnost prašiva Protect-It za adulte *O. surinamensis* pri vlažnosti vazduha od 75% u odnosu na efikasnost pri vlažnosti 40 i 57%. Fields i Korunić (2000) su u pšenici sa vlažnošću zrna 14% u odnosu na pšenciu sa vlažnošću zrna 12% utvrdili 1,2; 3,5 i 4,6 puta manju efikasnost komercijalnih preparata Protect-It, Insecto i Perma Guard za adulte *T. castaneum*.

U svim varijantama testiranja je utvrđeno da se efikasnost inertnih prašiva za adulte *T. castaneum* povećava sa porastom dužine izlaganja. Efikasnost prašiva Prirodni zeolit primenjenog u količini 0,75 g/kg je posle 14 dana u odnosu na prvih sedam dana 1,9 puta veća pri vlažnosti 40-50% i 8,4 puta veća pri vlažnosti 50-55%. Posle 14 dana izlaganja adulta brašnara iz laboratorijske populacije u pšenici tretiranoj količinom od 0,75 g/kg (60-65% r.v.v.) efikasnost prašiva DZ S-1 i DZ S-2 je 2,0 i 4,1 puta veća u odnosu na prvih sedam dana. Ove konstatacije su u skladu sa rezultatima Fields i sar. (2003) i Athanassiou i sar. (2005) koji su takođe, u svojim eksperimentima sa diatomejskom zemljom, utvrdili da se efikasnost diatomejske zemlje za adulte skladišnih tvrdokrilaca povećava sa dužinom izlaganja. Takođe, i naša prethodna istraživanja (Kljaić i sar., 2009, 2011; Andrić i sar., 2012) su pokazala da se efikasnost prirodnog zeolita i diatomejske zemlje iz Srbije za adulte

više vrsta skladišnih insekata povećava sa dužinom izlaganja. Kljajić i Andrić (2010) su istakli da je dužina izlaganja posebno važna sa aspekta praktične primene, jer se visoka efikasnost inertnih prašiva najčešće postiže posle 14 ili 21 dana i da u tom periodu ne bi trebalo pomerati tretiranu masu pšenice. U ovim istraživanjima je utvrđeno da se visoka efikasnost (>95%) za adulte *T. castaneum* komercijalnog preparata Protect-It postiže posle 14 dana, a prirodnog zeolita i diatomejske zemlje iz Srbije posle 21 dana ekspozicije.

Period oporavaka od izlaganja u pšenici tretiranoj inertnim prašivima utiče na povećanje ukupne smrtnosti kod brašnara iz laboratorijske populacije. U testiranjima sa prirodnim zeolitom najviše povećanje smrtnosti brašnara od 1,5 i 1,7 puta je utvrđeno posle oporavka od izlaganja u trajanju od sedam dana, kod pšenice tretirane količinom od 0,5 g/kg prašiva Prirodni zeolit pri nižoj vlažnosti vazduha (40-50%), i kod pšenice tretirane količinom od 0,75 g/kg istog prašiva pri povišenoj vlažnosti vazduha (50-65%). Period oporavka od izlaganja u pšenici tretiranoj prašivima diatomejske zemlje iz Srbije, pri vlažnosti 60-65%, je najznačajnije uticao kod prašiva DZ S-1 primenjenog u količini 0,25 g/kg posle sedam dana izlaganja kada je ukupna smrtnost povećana za 1,8 puta. Istraživanja Collins-a i Cook-a (2006) su takođe potvrdila da oporavak značajno utiče na povećanje ukupne smrtnosti kod skladišnih štetočina izlaganih na drvenim panelima tretiranim diatomejskom zemljom. Posle sedam dana oporavka od izlaganja (u trajanju od sedam dana) na drvenim panelima tretiranim prašivom Diasecticide smrtnost kod *S. granarius* je bila 2,3 puta veća, kod larvi *Ephestia kuehniella* 1,1 put i kod grinje *Lepidoglyphus destructor* (Schrank) 1,5 puta. Kljajić i sar. (2009, 2010) su posle oporavka od izlaganja pšenici tretiranoj prašivima na bazi prirodnog zeolita konstatovali značajno povećanje smrtnosti kod *S. oryzae*, *R. dominica* i *T. castaneum*. Arthur (2001) je utvrdio značajno veću smrtnost u netretiranoj pšenici kod vrste *O. surinamensis* prethodno izlagane u pšenici tretiranoj prašivom Protect-It. Ovaj istraživač ističe i značaj utvrđivanja efikasnosti posle perioda oporavka kako bi se sagledao ukupni potencijal nekog prašiva, jer u praktičnim uslovima skladišni insekti posle tretmana često mogu dospeti na netretirane površine.

Osobine inertnih prašiva kao što su struktura, sadržaj SiO₂, veličina čestica i njihova procentualna zastupljenost značajno utiču na ispoljavanje efikasnosti. Prašiva koja imaju kristalnu strukturu su po pravilu manje efikasna od prašiva koja imaju amorfnu strukturu (Golob, 1997; Korunić, 1997; Subramanyam i Roesli, 2000). I ova istraživanja su to potvrdila, jer je prirodni zeolit koji ima kristalnu strukturu u svim varijantama testiranja

ispoljio manju efikasnost od diatomejske zemlje koja ima amorfnu strukturu. Dobijeni rezultati pokazuju da je za postizanje visoke efikasnosti (>95%) potrebno primeniti 2,5 puta veću količinu prašiva Prirodni zeolit od prašiva diatomejske zemlje (Protect-It). Korunić (1998) je testirajući više uzoraka diatomejske zemlje iz različitih delova sveta konstatovao da prašiva sa većim procentom SiO₂ najčešće ispoljavaju veću efikasnost. Kljajić i sar. (2011) su u tretiranom pasulju utvrdili da prašivo diatomejske zemlje sa 78,8% SiO₂ značajno više redukuje potomstvo kod *A. obtectus* od prašiva diatomejske zemlje sa 63,2% i posebno od prašiva sa 46,5% SiO₂. Ove konstatacije su potvrdili i rezultati naših istraživanja. Na primer, pri vlažnosti 50-65%, posle 14 dana izlaganja u pšenici tretiranoj sa 0,75 g/kg Prirodnog zeolita, Prirodnog zeolita fine granulacije i Modifikovanog prirodnog zeolita smrtnost laboratorijske populacije brašnara je bila 76%, 66% i 9% (sva tri prašiva sadrže 63,7% SiO₂), dok je u pšenici tretiranoj količinom od 0,3 g/kg prašiva Protect-It bila 95% (90% SiO₂). Smrtnost *T. castaneum* poreklom iz laboratorijske populacije, Nikinaca i Kikinde pri vlažnosti 60-70% posle 14 dana kontakta sa 0,75 g/kg prašiva DZ S-1 (78,8% SiO₂), DZ S-2 (63,2% SiO₂) i preparata Protect-It je bila u rasponu 44-67%, 18-27% i 93-100%. Preparat diatomejske zemlje, Protect-It, sadrži i 10% silika-gela koji značajno utiče na povećanje efikasnosti ovog preparata (Korunić i Fields, 1995). Od svih prašiva Modifikovani prirodni zeolit je ispoljio najmanju efikasnost, a jedan od razloga za to je što uneti NH⁴⁺ jon koji, iako povećava prijemчивost ovog prašiva negativno utiče na efikasnost što su potvrdila i naša prethodna istraživanja (Kljajić i sar. 2010).

Veličina čestica inertnih prašiva i njihova zastupljenost su značajne za ispoljavanje insekticidnog potencijala. Korunić (1998) i Subramanyam i Roesli (2000) ističu da najveći insekticidni potencijal poseduju čestice veličine 5-12 μm, a najmanji čestice sa veličinom >50 μm. Ovi autori dalje navode da je važno da u formulacijama inertnih prašiva sitnije čestice budu zastupljene sa >90%. Zastupljenost čestica <13 μm u prašivima Prirodni zeolit, Prirodni zeolit fine granulacije, Modifikovani prirodni zeolit, DZ S-1, DZ S-2 i Protect-It je bio: 49,04; 52,02; 51,87; 95,33; 81,03 i 97,79%. S druge strane, zastupljenost čestica >53 μm kod ovih prašiva je bio: 3,5; 1,3; 30,0; 0,43; 1,13 i 0,17%. Sagledavanjem svih dobijenih rezultata uočava se da zastupljenost čestica ima značajnu ulogu kod inertnih prašiva korišćenih u ovim istraživanjima.

Veoma malo je rezultata o delovanju inertnih prašiva kod populacija skladišnih insekata rezistentnih na sintetisane insekticide. Li i sar. (2010) su ispitivali efikasnost

diatomejske zemlje za laboratorijsku populaciju *C. ferrugineus* i dve populacije rezistentne na fumigant fosfin i utvrdili značajno manju smrtnost kod rezistentnih populacija. Rezultati ovih istraživanja nisu u saglasnosti sa ovom konstatacijom. Iako se nominalne vrednosti smrtnosti kod laboratorijske populacije i populacija sa promenjenom osetljivošću na malation iz Nikinaca i Kikinde, u pojedinim slučajevima statistički razlikuju, one nemaju jasnu ponovljivost i zakonitost kroz sve intervale izlaganja, količine primene i kod svih prašiva diatomejske zemlje (DZ S-1, DZ S-2 i Protect-It). Višefaktorijalna analiza varijanse takođe pokazuje da između ovih populacija nema razlika u osetljivosti na prašiva diatomejske zemlje. Vayias i sar. (2006) su utvrdili da su populacije *T. confusum* poreklom iz severne i centralne Evrope značajno osetljivije od populacija iz južne Evrope na dijatomejsku zemlju. Međutim, nisu utvrđene razlike u osetljivosti između populacija iz Grčke i Italije ili između onih poreklom iz Nemačke i Danske. Inertna prašiva ne prouzrokuju metaboličke reakcije kao sintetisani insekticidi već na skladišne insekte deluju fizički, pa se smatra da je veoma mala mogućnost razvoja rezistentnosti na njih (Ebeling, 1971; Korunić, 1997; Subramanyam i Roesli, 2000). Način delovanja inertnih prašiva na skladišne insekte mogao bi biti razlog zbog čega, u ovim, i istraživanjima Vayias i sar. (2006) nisu utvrđene razlike u osetljivosti između populacija koje su poreklom iz sličnih klimatskih regiona.

Subramanyam i Roesli (2000) ističu da je pri dužem čuvanju žita važnije sprečiti pojavu potomstva od efekata diatomejske zemlje na roditelje skladišnih insekata. U ovim istraživanjima sva inertna prašiva značajno smanjuju pojavu potomstva, a nivo redukcije je u direktnoj korelaciji sa količinom primene. Visoka redukcija potomstva (90-100%) kod prašiva Prirodni zeolit i DZ S-2 je utvrđena posle 21 dana kontakta roditelja sa 1,0 g/kg, kod prašiva DZ S-1 posle 21 dana kontakta roditelja sa 0,75 g/kg, a kod komercijalnog preparata posle 14 dana kontakta roditelja sa 0,5-1,0 g/kg. Analizom svih dobijenih rezultata proizilazi da bi se upravo ove količine inertnih prašiva mogle koristiti u praktičnim uslovima za suzbijanje adulta *T. castaneum* u pšenici, uz napomenu, da je neophodna ekspozicija 21 dan. Brojni rezultati su u skladu sa zaključcima u ovom istraživanju o potrebnim količinama primene i ekspoziciji za uspešno suzbijanje brašnara. Athanassiou i sar. (2007) su posle sedam dana u pšenici tretiranoj količinom od 0,75 g/kg diatomejske zemlje utvrdili nisku efikasnost kod *T. confusum* i ukazali da je za visoku efikasnost potrebna duža ekspozicija. Arnaud i sar. (2005) su testirali osetljivost sedam populacija *T. castaneum* iz različitih delova

sveta na Protect-It, Insecto i Dryacide i utvrdili da se posle 21 dana izlaganja, visoka smrtnost kod testiranih populacija dobija primenom 1,0 g/kg prašiva Protect-It, odnosno 0,6 g/kg prašiva Insecto i Dryacide.

Korunić (1997) je predložio kriterijume za ocenu upotrebljivosti diatomejske zemlje u praktičnim uslovima. Za *T. castaneum* je predloženo da se, ako su posle 14 dana dobijene LC₅₀ vrednosti ≤ 700 ppm, diatomejska zemlja može praktično primenjivati, a ukoliko su LC₅₀ vrednosti 700-2500 ppm, onda je mogućnost njene upotrebe mala. Rezultati više istraživanja su pokazali da depoziti diatomejske zemlje iz jugoistočne Evrope (Vayias i sar., 2009; Athanassiou i sar., 2011) i prirodnog zeolita i diatomejske zemlje iz Srbije (Kljajić i sar., 2009; Andrić i sar., 2012) ispoljavaju značajan insekticidni potencijal sa količinama 0,75-1,0 g/kg, kao i mogućnost praktične primene u suzbijanju skladišnih insekata. U poređenju sa komercijalnim preparatima ovi depoziti su manje efikasni pa zahtevaju veće količine primene. Međutim, mnogi komercijalni preparati sadrže i materijale koji direktno utiču na povećavanje efikasnosti. Na primer, Protect-It sadrži 10% silika-gela, Insecto 10% aditiva, a PyriSec 1,2% prirodnog piretrina. Sa ciljem postizanja visoke efikasnosti sa manjim količinama primene i inertna prašiva iz Srbije bi se mogla kombinovati sa drugim prirodnim produktima ili niskim dozama sintetisanih insekticida.

5.4. Efekti ekstremne temperature 50°C na adulte *T. castaneum*

Rezultati dobijeni izlaganjem *T. castaneum* na temperaturi 50°C u brašnu pokazuju da je za 50 i 99% smrtnosti adulta iz laboratorijske populacije i populacija kod kojih je na osnovu diskriminativne doze utvrđena promenjena osetljivost na malation potrebno od 30,93 do 36,25 minuta i od 56,95 do 71,15 minuta. Mahroof i sar. (2003) su utvrdili da je na temperaturi 50°C u brašnu za uginuće 50 i 99% adulta *T. castaneum* iz laboratorijske populacije potrebno 39,9 i 52,5 minuta, što je slično sa vrednostima dobijenim u ovim istraživanjima. Arthur (2006) je posle 60 minuta utvrdio 100% smrtnost larvi, lutki i adulta *T. castaneum* i *T. confusum* na temperaturi 51°C, što je u poređenju sa ovim rezultatima značajno sporije. Dowdy (1999) je izlaganjem adulta *T. castaneum* na 50°C u trajanju od 30 minuta utvrdio smrtnost 36,4% u varijanti kada je posle tretmana dodavao hranu (brašno) i 28,8% u varijanti bez hrane, što je značajno manji mortalitet u odnosu na ova istraživanja.

Utvrđeni LT₉₉ parametri u 100 g pšenice (obe varijante) kod laboratorijske populacije i populacija iz Nikinaca i Jakova nisu se statistički značajno razlikovali i bili su u rasponu od 354,14 do 412,89 minuta. Opit i sar. (2011) su na različitim nivoima (0-30 m) u eksperimentalnom mlinu ispitivali delovanje temperature 50°C kod više vrsta skladišnih insekata u posudama sa 85 g pšenice. Zanimljivo je da su posle ekspozicije od 360 minuta kod svih razvojnih stadijuma *T. castaneum* utvrdili smrtnost od 98% do 100%. Beckett i Morton su kod juvenilnih stadijuma *R. dominica* konstatovali da je na 50°C potrebno od 522,1 do 942,7 minuta da prouzrokuje smrtnost na nivou 99%. Pražić Golić i sar. (2011) su utvrdili da je za smrtnost 99% izlaganih adulta *S. granarius* na 50°C potrebno 158,9 minuta. Fields (1992) ističe da je u ispitivanjima efekata ekstremnih temperatura važno utvrditi LT₉₉ vreme kod skladišnih insekata, kako bi se u odnosu na najotpornije vrste odredila ekspozicija u praktičnim uslovima. Na osnovu do tada publikovanih rezultata ovaj autor navodi da je od skladišnih tvrdokrilaca na temperaturi 50°C *R. dominica* nešto otpornija od *T. castaneum*, dok je vrsta *S. granarius* među najosetljivijim.

Klajić (2008) i Kljajić i sar. (2009) su ispitivali direktno delovanje ekstremnih temperatura (-5, 5 i 50°C) kod populacija *S. granarius* sa različitom osetljivošću na kontaktne insekticide i na osnovu utvrđenih LT parametra konstatovali da nema statistički značajnih razlika između testiranih populacija. Dobijeni rezultati delovanja temperature 50°C u brašnu i pšenici, su takođe, potvrdili da nema razlika ili su one veoma male ($\leq 1,2$ puta) između laboratorijske populacije *T. castaneum* i populacija sa različitom osetljivošću na malation. Različiti mehanizmi delovanja ekstremnih temperatura i sintetisanih insekticida su verovatno razlog zbog čega nema razlika u ispoljenim efektima na 50°C kod laboratorijskih populacija skladišnih insekata i populacija rezistentnih na kontaktne insekticide. Ekstremno visoke temperature kod skladišnih insekata dovode do denaturacije proteina (enzima) i poremećaja izbalansiranosti metaboličkih procesa, što za posledicu ima akumulaciju toksičnih materija u organizmu i uginjavanje (Neven, 2000). S druge strane, kod rezistentnih populacija skladišnih insekata povećana je aktivnost enzima koja dovodi do brže degradacije sintetisanih insekticida (Perić, 1987).

5.5. Efekti sintetisanih insekticida u interakciji sa temperaturom 50°C na adulte

T. castaneum

Posle jednog dana izlaganja kod laboratorijske populacije nisu utvrđene značajne razlike u efektima tiametoksama (0,02 mg/kg), hlorthirifos-metila (0,138 mg/kg) i abamektina (3,01 mg/kg) u interakciji sa LT₂₅ i LT₅₀ u odnosu na samostalne efekte subletalnih ekspozicija na 50°C. Kod jedinki iz Nikinaca i Jakova kao i kod jedinki iz laboratorijske populacije posle jednog dana nije utvrđen pozitivan efekat interakcije za tiametoksam (0,08 mg/kg i 0,022 mg/kg) i abamektin (7,5 mg/kg i 3,4 mg/kg). Uzimajući u obzir sve intervale izlaganja tiametoksam u interakciji sa LT₂₅ ni kod jedne populacije nije prouzrokovao mortalitet >81%. S druge strane, abamektin u interakciji sa LT₂₅ i LT₅₀ je kod sve tri populacije postigao smrtnost >90% ali tek posle 14 dana ekspozicije. S obzirom da je cilj interakcije smanjiti doze primene insekticida i naročito smanjiti ekspoziciju na visokim temperaturama, uz istovremeno postizanje visoke efikasnosti, proizilazi da abamektin i posebno tiametoksam imaju nizak potencijal za ovakvu primenu. Generalno gledano, ove konstatacije nisu u skladu sa rezultatima drugih istraživača o uticaju temperature na efikasnost tiametoksama i abamektina. Arthur (2004) je ispitivao uticaj tri temperature (22, 27 i 32°C) na delovanje tiametoksama kod *T. castaneum* i samo na 32°C utvrdio visoku efikasnost. Kavallieratos i sar. (2009) su utvrdili značajno višu efikasnost abamektina za adulte *T. confusum* na temperaturi od 30°C u odnosu na 20°C. Međutim, treba imati u vidu da su u tim istraživanjima insekti u tretiranoj pšenici konstantno izlagani zadatim temperaturama, dok su u ovom eksperimentu kratkotrajno izlagani i posle toga praćeni efekti. Takođe, značajne su razlike i u samim temperaturama, jer temperature od 20°C do 32°C ne prouzrokuju letalne efekte.

Posle jednog dana ekspozicije laboratorijskih brašnara najznačajniji uticaj interakcije je utvrđen kod bifentrina (0,4 mg/kg) koji je 3,3 i 1,9 puta efikasniji u interakciji sa LT₂₅ i LT₅₀ u odnosu na samostalne efekte subletalnih ekspozicija na 50°C. Svi insekticidi su kod laboratorijske populacije u interakciji sa LT₂₅ postigli značajno veću smrtnost od same temperature, a signifikantno najveća (99-100%) je konstanovana u tretmanu bifentrinom i spinosadom (3,3 mg/kg) posle sedam i 14 dana, i deltametrinom sa piperonil butoksidom (0,04 mg/kg) posle 14 dana. Efikasnost bifentrina i spinosada u interakciji sa LT₂₅ posle sedam i 14 dana i deltametrina posle 14 dana je oko 3,8 puta viša od samostalnog delovanja

LT₂₅. Posle 14 dana bifentrin, spinosad i deltametrin su prouzrokovali 2,7; 2,3 i 2,9 puta veću smrtnost brašnara iz laboratorijske populacije u interakciji sa LT₂₅ u odnosu na LD₅₀ ovih insekticida bez izlaganja temperaturi 50°C. Posle sedam i 14 dana izlaganja laboratorijskih brašnara nisu utvrđene značajne razlike između insekticida u interakciji sa LT₅₀, jer je efikasnost svih insekticida bila >90%. Posle jednog dana izlaganja u pšenici tretiranoj bifentrinom (0,6 mg/kg i 0,4 mg/kg) i kod populacija iz Nikinaca i Jakova je utvrđena signifikantno najveća smrtnost u interakciji sa LT₂₅ i LT₅₀. Smrtnost jedinki iz Nikinaca i Jakova posle jednog dana kontakta sa pšenicom tretiranom bifentrinom u interakciji sa LT₂₅ je bila 2,6 i 2,8 puta viša, a u interakciji sa LT₅₀ 1,7 i 1,5 puta viša u odnosu na smrtnost utvrđenu u pojedinačnim primenama LT₂₅ i LT₅₀. U poređenju sa smrtnošću posle 14 dana u laboratorijskim uslovima, bifentrin je u interakciji sa 50°C (obe ekspozicije) prouzrokovao 2,7 puta veću smrtnost kod adulta iz Nikinaca i Jakova. Posle sedam i 14 dana svi insekticidi su u interakciji sa LT₂₅ i LT₅₀ prouzrokovali visoku smrtnost kod adulta iz Jakova, osim tiametoksama u interakciji sa LT₂₅. U ovim intervalima svi insekticidi su u interakciji postigli visoku smrtnost i kod adulta iz Nikinaca, osim tiametoksama i abamektina u interakciji sa LT₂₅ i LT₅₀ posle sedam dana.

Busvine (1971) je ukazao da temperatura značajno utiče na aktivaciju ili deaktivaciju i perzistentnost insekticida. Subramanyam i Hagstrum (1996), analizom dotadašnjih rezultata, ističu da jedinjenja iz grupe organofosfata ispoljavaju pozitivan temperaturni koeficijent (povećavaju toksičnost sa porastom temperature), dok je kod piretroida konstatovano da su najčešće manje toksični na višim temperaturama. Važno je istaći da se ove konstatacije odnose na uticaj temperatura u rasponu od 10°C do 35°C. Rezultati dobijeni u ovom eksperimentu su pokazali da piretroidi (bifentrin i deltametrin), kao i organofosfati (malation, hlorspirifos-metil i pirimifos-metil) u interakciji sa 50°C prouzrokuju značajno veću smrtnost kod *T. castaneum*.

Analizom dobijenih rezultata utvrđeno je da piretroid bifentrin u interakciji sa 50°C najbrže prouzrokuje visoku smrtnost kod sve tri populacije *T. castaneum*. Arthur i Dowdy (2003) su, takođe, utvrdili pozitivan uticaj ekstremno visokih temperatura na efikasnost piretroida ciflutrina i regulatora razvića insekata hidroprena. Ovi istraživači su tretirali betonske panele ciflutrinom (40 mg/m²) i hidroprenom (0,0019 mg/m²), potom ih izlagali na temperaturama od 45 i 55°C u trajanju 4-16 sati, i posle tretmana temperaturom utvrđivali efikasnost za *T. castaneum*. Efikasnost oba insekticida, a naročito ciflutrina je već posle dva

sata bila značajno veća na panelima prethodno izlaganim temperaturama u odnosu na efikasnost utvrđenu na panelima koji nisu izlagani temperaturama 45 i 55°C. Pošto su utvrdili pozitivan efekat, ovi istraživači su betonske panele tretirane ciflutrinom u količini 10 puta manjoj od preporučene postavili u mlin gde je rađen tretman sa 55°C u trajanju od 29 sati. Posle 24, 48, 96 i 120 sati izlaganja na prethodno zagrevanim panelima smrtnost adulta *T. castaneum* je bila 88, 95, 90 i 99,7%. Za iste vremenske intervale na panelima u laboratorijskim uslovima smrtnost brašnara je bila 47, 48, 65 i 68%. Wijayaratne i sar. (2010) su izlaganjem adulta *T. castaneum* u pšenici tretiranoj dozama 33,3 i 66,6 ppm metoprena (regulator rasta insekta) na 46°C u trajanju 11 i 13 sati utvrdili 2,2 i 2,6 puta veću efikasnost u odnosu na efikasnost u pšenici koja nije izlagana visokoj temperaturi.

Kljajić i sar. (2009) su konstatovali da kratkotrajno izlaganje (PT₂₀, PT₅₀) na temperaturi 50°C i dužina oporavka (24 i 72 sata) ne utiče na promenu toksičnosti: dihlorvosa, pirimifos-metila, hlorspirifos-metila, malationa i deltametrina za adulte laboratorijske populacije *S. granarius* i dve populacije rezistentne na insekticide. Međutim, kod laboratorijske populacije posle 72 sata oporavka od izlaganja u trajanju PT₈₀ na 50°C utvrđena je manja toksičnost dihlorvosa 4,6 i 10,2 puta (LD₅₀ i LD₉₅) posle 24 časa izlaganja i deltametrina 3,6 i 4,7 puta posle 48 sati izlaganja na tretiranom filter papiru u odnosu na toksičnost bez prethodnog izlaganja na 50°C. Za žiške iz Luke Beograd selekcionisane sa LD₇₀ pirimifos-metila izlaganje u intervalu PT₈₀ takođe je uticalo na smanjenje toksičnosti deltametrina i dihlorvosa, dok kod žižaka iz Kikinde nije utvrđena promena toksičnosti insekticida u odnosu na ostvarenu toksičnost bez izlaganja na temperaturi 50°C. U ovom eksperimentu nije utvrđeno da rezistentnost na malation kod brašnara iz Nikinaca i Jakova utiče na smanjenje efikasnosti LD₅₀ ovog ili drugih insekticida u interakciji sa LT₂₅ i LT₅₀ na 50°C. Jedan od razloga za to je istovremeno izlaganje insekta subletalnom delovanju insekticida i subletalnoj ekspoziciji na 50°C. Takođe, temperatura je verovatno uticala na aktivaciju i brže usvajanje insekticida što pokazuju i procenti mortaliteta posle jednog dana ekspozicije. Da istovremeno izlaganje skladišnih insekata ekstremnim temperaturama i sintetisanim insekticidima povećava toksičnost insekticida pokazuju i rezultati Kljajića i sar. (1994). Ovi istraživači su kod *S. granarius* utvrdili da je brzina delovanja (LT₅₀) hlorspirifos-metila (0,03µg/cm²) nanetog na staklo u interakciji sa 45, 50, 55 i 60°C 2,5; 5,4; 7,4 i 10,5 puta veća, a deltametrina (0,18µg/cm²) 3,0; 4,5; 8,0 i 9,5 puta veća u odnosu na samostalne efekte insekticida i visokih temperatura.

Rezultati ovih istraživanja ukazuju na značajan potencijal sintetisanih insekticida u interakciji sa 50°C, što je važno sa aspekta potencijalne primene u praktičnim uslovima. Na ovaj način bi se značajno smanjila cena tretmana, jer je primena temperature 50°C u zaštiti pšenice od skladišnih insekata i dalje skupa mera.

5.6. Efekti prirodnih insekticida u interakciji sa temperaturom 50°C na adulte

T. castaneum

Dobijeni rezultati pokazuju da je interakcija (LT₂₅ i LT₅₀) na 50°C statistički najznačajnije uticala na povećanje smrtnosti brašnara iz laboratorijske populacije u pšenici tretiranoj sa komercijalnim prašivom diatomejske zemlje (Protect-It). Ovo prašivo je sa količinom 0,5 g/kg posle jednog dana izlaganja 3,4 i 1,8 puta efikasnije u interakciji sa LT₂₅ i LT₅₀ u odnosu na samostalne efekte temperature 50°C. U odnosu na samostalne efekte LT₂₅ i LT₅₀ Protect-It sa 0,25 g/kg u interakciji sa ovim intervalima je 3,3 i 3,2 puta efikasniji posle sedam dana, a 1,5 i 1,4 puta efikasniji posle 14 dana. Sličan uticaj interakcije je utvrđen i kod dvostruko veće količine prašiva Protect-It. Posle 14 dana kontakta sa 0,5 g/kg prašiva Protect-It smrtnost laboratorijskih brašnara je 3,3 i 1,5 puta viša u interakciji sa LT₂₅ i LT₅₀ u odnosu na samostalne efekte temperature. Statistički najznačajniji uticaj interakcije na efikasnost inertnih prašiva iz Srbije (Prirodni zeolit, DZ S-1 i DZ S-2) je utvrđen kod najviše količine DZ S-1. U interakciji sa LT₅₀ prašivo DZ S-1 sa 0,5 g/kg je posle sedam i 14 dana 1,4 puta efikasnije u odnosu na samostalne efekte LT₅₀. U odnosu na ostvarenu efikasnost prašiva bez delovanja temperature, interakcija je statistički najznačajnije uticala kod prašiva Protect-It (0,25 g/kg) i prašiva DZ S-1 (0,5 g/kg). Posle 14 dana prašivo Protect-It sa 0,25 g/kg u interakciji sa LT₂₅ je 8 puta efikasnije, a prašivo DZ S-1 sa 0,5 g/kg u interakciji sa LT₅₀ 9,4 puta efikasnije.

Rezultati smrtnosti adulta iz Nikinaca i Jakova su takođe pokazali da interakcija sa 50°C statistički najznačajnije utiče na efikasnost prašiva Protect-It. Posle jednog, sedam i 14 dana Protect-It je sa količinom 0,5 g/kg u interakciji sa LT₂₅ 3,8; 2,9 i 2,9 puta efikasniji za adulte iz Nikinaca od samostalnog delovanja LT₂₅. Za iste intervale 0,5 g/kg prašiva Protect-It je u interakciji sa LT₂₅ prouzrokovalo 2,9; 1,9 i 1,7 puta veću smrtnost adulta iz Jakova od samostalnih efekata LT₂₅. U odnosu na samostalno delovanje temperature najznačajniji uticaj interakcije na efikasnost prašiva DZ S-1 za adulte iz Nikinaca i Jakova je utvrđen posle

sedam i 14 dana u pšenici tretiranoj količinom od 0,5 g/kg. Smrtnost adulta iz Nikinaca posle kontakta sa 0,5 g/kg prašiva DZ S-1 u interakciji sa LT_{25} i LT_{50} je posle sedam dana 2,6 i 1,3 puta veća, a posle 14 dana 2,7 i 1,3 puta veća od samostalnog delovanja temperature. Nešto manji uticaj interakcije na efikasnost DZ S-1 je utvrđen kod populacije Jakovo. Posle sedam i 14 dana kontakta sa 0,5 g/kg DZ S-1 smrtnost adulta iz ove populacije je 1,7 i 1,5 puta veća u interakciji sa LT_{25} u odnosu na samostalno delovanje temperature. Poređenjem dobijenih rezultata smrtnosti adulta iz Nikinca i Jakova u pšenici tretiranoj prašivima sa i bez delovanja temperature, statistički najznačajnije povećanje smrtnosti je utvrđeno u interakciji 0,25 g/kg Protect-It i 0,5 g/kg DZ S-1 sa LT_{25} . Smrtnost brašnara iz Nikinaca i Jakova izlaganih 14 dana u pšenici tretiranoj količinom od 0,25 g/kg prašiva Protect-It je 2,7 i 5,4 puta veća u interakciji sa LT_{25} , a u pšenici tretiranoj količinom od 0,5 g/kg DZ S-1 5,8 i 3,7 puta u odnosu na efikasnost bez delovanja temperature.

Rezultati naših istraživanja su slični sa rezultatima Dowdy-a (1999) koji je, takođe, utvrdio da interakcija sa 50°C (izlaganje u trajanju 15 i 30 minuta) statistički najznačajnije utiče na efikasnost preparata Protect-It za adulte *T. castaneum*. U tim istraživanjima Protect-It (5 g/m²) je u interakciji sa izlaganjem 30 minuta na 50°C (varijanta sa dodavanjem hrane posle tretmana) posle jednog i sedam dana 2,7 i 1,7 puta efikasniji od samostalnog delovanja temperature. U istim intervalima kod drugih preparata diatomejske zemlje (Natural-Guard, Concern, Insecto) i prašiva na bazi krečnjaka (Pennac-P) nije utvrđen statistički značajan uticaj interakcije sa 50°C. Međutim, u varijanti kada posle tretmana nije dodata hrana adultima brašnara sva prašiva su ostvarila signifikantno višu efikasnost od pojedinačnog delovanja temperature. Osobine inertnih prašiva, prevashodno sadržaj SiO₂, ali i sadržaj drugih komponenti u preparatu značajno utiču na efikasnost u interakciji sa ekstremno visokim temperaturama. Preparat Protect-It sadrži 90% amorfnog SiO₂, ali i 10% silika-gela koji značajno povećava efikasnost ovog preparata (Fields i Korunić, 1995), dok preparati Insecto i Natural Guard sadrže 90%, a Concern 85% amorfnog SiO₂. Rezultati naših istraživanja su, takođe, pokazali da osobine inertnih prašiva imaju značajan uticaj na ispoljavanje njihove efikasnosti u interakciji sa 50°C.

Dowdy i Fields (2002) su u praktičnim uslovima utvrdili da tretman temperaturom 50°C u kombinaciji sa diatomejskom zemljom najveći efekat ima u delovima mlina gde se ne dostiže zadata temperatura, odnosno u delovima mlina gde je ekspozicija na 50°C bila značajno kraća. U tim delovima mlina gde je temperatura primenjena u kombinaciji sa

diatomejskom zemljom (Protect-It) utvrđena je 100% smrtnost adulta *T. confusum*, dok je sam tretman temperaturom prouzrokovao smrtnost 45-90%. Uzimajući u obzir sve tri populacije, naša istraživanja su pokazala da je za visoku efikasnost (95-100%) u interakciji sa LT₂₅ potrebno primeniti Protect-It u količini 0,5 g/kg, a dvostruko manju količinu u interakciji sa LT₅₀.

6. ZAKLJUČCI

Na osnovu rezultata istraživanja i njihove analize mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Mikroaplikacijom insekticida je utvrđeno da je deltametrin najtoksičniji za jedinke *T. castaneum* iz laboratorijske populacije i populacija iz Nikinaca i Jakova, hlorspirifos-metil za populaciju selekcionisanu pirimifos-metilom iz Nikinaca, pirimifos-metil za populaciju selekcionisanu deltametrinom iz Nikinaca, dok je malation za jedinke svih populacija najmanje toksičan insekticid.
- Aplikacijom na pšenicu u zrnju je utvrđeno da je od aktuelnih sintetisanih insekticida namenjenih zaštiti uskladištenih biljnih proizvoda, za sve testirane populacije *T. castaneum*, najtoksičniji deltametrin sa piperonil butoksidom, a najmanje toksičan malation. Od novijih insekticida koji bi mogli biti korišćeni za suzbijanje skladišnih insekata, tiametoksam je za sve populacije *T. castaneum* najtoksičniji, zatim abamektin, dok je spinosad najmanje toksičan.
- Organofosfati (malation, hlorspirifos-metil i pirimifos-metil) i neonikotinoid tiametoksam su ispoljili visoku toksičnost posle sedam dana ekspozicije adulta, koja se kasnije nije značajno menjala sa dužinom izlaganja, dok su piretroidi (deltametrin sa piperonil butoksidom i bifentrin) i sintetisani prirodni insekticidi (spinosad i abamektin) značajno povećavali toksičnost, da bi najvišu dostigli posle tri nedelje ekspozicije.
- Diskriminativne doze dihlorvosu, hlorspirifos-metila, pirimifos-metila, deltametrina i bifentrina su kod 12 prikupljenih populacija prouzrokovale visoku smrtnost *T. castaneum*, dok je diskriminativna doza malationa kod sedam populacija prouzrokovala smrtnost <85%.
- Kod populacija iz Nikinaca i Jakova je utvrđena pozitivna korelacija između efekata diskriminativne doze malationa i faktora rezistentnosti utvrđenih mikroaplikacijom i aplikacijom insekticida na pšenicu u zrnju.
- Populacija iz Jakova je razvila rezistentnost samo na malation, a populacija iz Nikinaca je pored malationa ispoljila i rezistentnost na tiametoksam i abamektin. Kod populacije iz Nikinaca samo jedna „oštrija“ selekcija pirimifos-metilom je smanjila

toksičnost bifentrina, tiametoksama i abamektina, što ukazuje da ova populacija nosi značajan rizik od razvoja ukrštene rezistentnosti.

- Efikasnost inertnih prašiva je veća posle oporavka od izlaganja jedinki u tretiranoj pšenici u zrnju, s tim da je taj uticaj izraženiji pri nižoj relativnoj vlažnosti vazduha, jer se sa porastom relativne vlažnosti vazduha efikasnost svih inertnih prašiva smanjuje.
- Sadržaj silicijum dioksida i zastupljenost sitnijih čestica u inertnim prašivima direktno utiču na efikasnost.
- Najvišu efikasnost i najvišu redukciju potomstva sva inertna prašiva postižu posle 21 dan ekspozicije brašnara.
- Preparat na bazi diatomejske zemlje (Protect-It) je značajno efikasniji od prašiva na bazi prirodnog zeolita i diatomejske zemlje iz Srbije.
- Prašivo Prirodni zeolit sa količinom 1 g/kg i prašiva diatomejske zemlje iz Srbije (DZ S-1 i DZ S-2) sa količinom 0,75 i 1 g/kg pšenice u zrnju ispoljavaju značajan insekticidni potencijal za suzbijanje *T. castaneum*.
- Nisu utvrđene statistički značajne razlike u osetljivosti na diatomejsku zemlju između laboratorijske populacije i populacija iz Nikinaca i Kikinde, što ukazuje da se diatomejska zemlja može uspešno koristiti za suzbijanje populacija *T. castaneum* rezistentnih na malation i/ili sa promenjenom osetljivošću na kontaktne insekticide.
- Testiranjima u brašnu i pšenici u zrnju nisu utvrđene značajne razlike u delovanju ekstremne temperature 50°C na brašnare iz laboratorijske populacije i populacija sa promenjenom osetljivošću na malation, što pokazuje da se na ovoj temperaturi mogu uspešno suzbiti populacije *T. castaneum* različito osetljive na kontaktne insekticide.
- Sintetisani insekticidi značajno povećavaju efikasnost na 50°C, s tim da je najveći uticaj interakcije utvrđen kod bifentrina, a najmanji kod tiametoksama i abamektina.
- Preparat na bazi diatomejske zemlje (Protect-It) je visoko efikasan za *T. castaneum* na 50°C, dok je kod drugih inertnih prašiva taj uticaj znatno slabiji.

7. LITERATURA

1. Abbott, W.S. (1925): A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
2. Almaši, R. (2008): Štetne artropode uskladištenog žita i proizvoda od žita. U: Zaštita uskladištenih biljnih proizvoda od štetnih organizama (urednik Kljajić, P.), Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Beograd, 9-39.
3. Andrić, G., Kljajić, P., Pražić-Golić, M. (2011): Effects of Spinosad and Abamectin on different Populations of Rice Weevil *Sitophilus oryzae* (L.) in Treated Wheat Grain. *Pesticides and Phytomedicine*, 26, 377-384.
4. Arnaud, L., Lan, H.T.T., Brostaux, Y., Haubruge, E. (2005): Efficacy of diatomaceous earth formulations admixed with grain against populations of *Tribolium castaneum*. *Journal of Stored Products Research*, 41, 121–130.
5. Andrić, G., Marković, M., Adamović, M., Daković, A., Pražić Golić, M., Kljajić, P. (2012): Insecticidal potential of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against Rice Weevil (Coleoptera: Curculionidae) and Red Flour Beetle (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, 105, 670-678.
6. Arthur, F.H. (2001): Immediate and delayed mortality of *Oryzaephilus surinamensis* (L.) exposed on wheat treated with diatomaceous earth: effects of temperature, relative humidity and exposure interval. *Journal of Stored Products Research*, 37, 13-21.
7. Arthur, F.H. (2002): Survival of *Sitophilus oryzae* (L.) on wheat treated with diatomaceous earth: impact of biological and environmental parameters on product efficacy. *Journal of Stored Products Research*, 38, 305-313.
8. Arthur, F.H. (2006): Initial and delayed mortality of late-instar larvae, pupae, and adults of *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed at variable temperatures and time intervals. *Journal of Stored Products Research*, 42, 1-7.
9. Arthur, F.H., Dowdy, A.K. (2003): Impact of high temperatures on efficacy of cyflutrin and hydroprene applied to concrete to control *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research*, 39, 193-204.

10. Arthur, F.H., Zettler, J.L. (1991): Malathion resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: *Tenebrionidae*): differences between discriminating concentrations by topical application and residual mortality on treated surfaces. *Journal of Economic Entomology*, 84, 721-726.
11. Arthur, F.H., Yueb, B., Wildec, G.E. (2004): Susceptibility of stored-product beetles on wheat and maize treated with thiamethoxam: effects of concentration, exposure interval, and temperature. *Journal of Stored Products Research*, 40, 527-546.
12. Athanassiou, C.G. (2006): Influence of instar and commodity on insecticidal effect of two diatomaceous earth formulations against larvae of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, 99, 1905-1911.
13. 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, 330-334.
14. 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, 47-55.
15. Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Vayias, B.J., Tomanović, Ž., Petrović, A., Rozman, V., Adler, C., Korunić, Z., Milovanović, D. (2011): Laboratory evaluation of diatomaceous earth deposits mined from several locations in central and southeastern Europe as potential protectants against coleopteran grain pests. *Crop Protection*, 30, 329-339.
16. Beckett, S.J., Morton, R. (2003): Mortality of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: *Bostrychidae*) at grain temperatures ranging from 50°C to 60°C obtained at different rates of heating in a spouted bed. *Journal of Stored Products Research*, 39, 313-332.
17. Beckett, S.J., Morton, R., Darby, J.A. (1998): The mortality of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: *Bostrychidae*) and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) at moderate temperatures. *Journal of Stored Products Research*, 34, 363-376.

18. Brown, T.M., Payne, G.T. (1988): Experimental selection for insecticide resistance. *Journal of Economic Entomology*, 81, 49-56.
19. Bhatia, S.K., Pradhan, S. (1971): Studies on resistance to insecticides in *Tribolium castaneum* (Hebst) cross-resistance characteristics of a lindane-resistant strain. *Journal of Stored Products Research*, 8, 89-95.
20. Burks, C.S., Johnson, J.A., Maier, D.E., Heaps, J.W. (2000): Temperature. In: *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM* (Eds. Subramanyam, Bh., Hagstrum, D.W.), Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London, pp. 73-104.
21. Busvine, J.R. (1971): *A Critical Review of the Techniques for Testing Insecticides*. Commonwealth Agricultural Bureaux, London.
22. Campos, M., Phillips, T.W. (2010): Contact toxicity of insecticides for attract-and-kill applications against adult *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Pest Management Science*, 66, 752-761.
23. Champ, B.R., Campbell-Brown, M. (1969): Genetics of lindane resistance in *Tribolium castaneum* (Hebst) (Coleoptera, *Tenebrionidae*). *Journal of Stored Products Research*, 5, 399-406.
24. Champ, B.R., Dyte, C.E. (1976): Report of the FAO Global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests. FAO Plant Production and Protection Series No. 5, Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, Italy, pp. 297.
25. Chanbang, Y., Arthur, F.H., Wilde, G.E., Throne, J.E. (2007): Efficacy of diatomaceous earth to control *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: *Bostrychidae*) in rough rice: impact of temperature and relative humidity. *Crop Protection*, 26, 923-929.
26. Collins, P.J. (1990): A new resistance to pyrethroids in *Tribolium castaneum* (Herbst). *Pesticide Science*, 28, 101-115.
27. Collins, D.A., Cook, D.A. (2006): Laboratory evaluation of diatomaceous earths, when applied as dry dust and slurries to wooden surfaces, against stored-product insect and mite pests. *Journal of Stored Products Research*, 42, 197-206.
28. Daglish, G.J., Nayak, M.K. (2006): Long-term persistence and efficacy of spinosad against *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: *Bostrychidae*) in wheat. *Pest Management Science*, 62, 148-152.

29. Davis, R., Bry, R.E. (1985): *Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae* and *Sitophilus zeamais*; *Tribolium confusum* and *Tribolium castaneum*. In: Handbook of Insect Rearing (Eds. Singh, P., Moore, R.F.), Elsevier, Amsterdam-Oxford-NewYork-Tokyo, pp. 287-293.
30. Dowdy, A.K. (1999): Mortality of red four beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) exposed to high temperature and diatomaceous earth combinations. *Journal of Stored Products Research*, 35, 175-182.
31. Dowdy, A.K., Fields, P.G. (2002): Heat combined with diatomaceous earth to control the confused flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) in a flour mil. *Journal of Stored Products Research*, 38, 11-22.
32. Dyte, C.E., Blackman, D.G. (1970): The spread of insecticide resistance in *Tribolium castaneum* (Hebst) (Coleoptera, Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 6, 255-261.
33. Ebeling, W. (1971): Sorptive dusts for pest control. *Annual Review of Entomology*, 16, 123-158.
34. Fang, L., Subramanyam, B., Arthur, F.H. (2002): Effectiveness of spinosad on four classes of wheat against five stored-product insects. *Journal of Economic Entomology*, 95, 640-650.
35. Fangneng, H., Subramanyam, B., Toews, M.D. (2004): Susceptibility of laboratory and field strains of four stored-product insect species to spinosad. *Journal of Economic Entomology*, 97, 2154-2159.
36. Finney, D.J. (1971): *Probit Analysis*. Cambridge University Press, Cambridge, 3rd ed.
37. Fields, P.G. (1992): The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. *Journal of Stored Products Research*, 28, 89-118.
38. 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.
39. Fields, P.G., Muir, E.W. (1996): Physical control. In: *Integrated Management of Insects in Stored Products* (Eds. Subramanyam, B., Hagstrum, D.W.), Marcel Dekker, Inc., New York-Basel-Hong Kong, pp. 195-221.
40. Fields, P., White, N.D.G. (2002): Alternatives to methyl bromide treatments for stored-product and quarantine insects. *Annual Review of Entomology*, 47, 331-359.

41. Fields, P.G., Allen, S., Korunić, Z., McLaughlin, A., Stathers, T. (2003): Standardised testing for diatomaceous earth. Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection, CAB International, Wallingford, UK, pp. 779-784.
42. Golob, P. (1997): Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insect. *Journal of Stored Products Research*, 33, 69-80.
43. Hagstrum, D.W., Flin, P.W. (1996): Integrated pest management. In: *Integrated Management of Insects in Stored Products* (Eds. Subramanyam, B., Hagstrum, D.W.), Marcel Dekker, Inc., New York-Basel-Hong Kong, pp. 399-408.
44. Haliscak, J.P., Beeman, R.W. (1983): Status of malathion resistance in five genera of beetles infesting farm-stored corn, wheat and oats in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 76, 717-722.
45. Halliday, W.R., Arthur, F.H., Zettler, J.L. (1988): Resistance status of red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) infesting stored peanuts in Southeastern United States. *Journal of Economic Entomology*, 81, 74-77.
46. Harein, C.R., Soderstrom, E.L. (1966): Coleoptera infesting stored products. In: *Insect Colonization and Mass Production* (Ed. Smith, C.N.), Academic Press, New York and London, pp. 241-257.
47. 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*, 47, 131-146.
48. Hill, D.S. (1990): *Pests of Stored Products and their Control*. Belhaven Press, London.
49. Huang, F., Subramanyam, B. (2007): Effectiveness of spinosad against seven major stored-grain insects on corn. *Insect Science*, 14(??), 225-230.
50. Hussain, R., Ashfaq, M., Saleem, M.A., Ahmed, S. (2005): Toxicity of some insecticides with novel modes of action against malathion-resistant and organophosphate-susceptible strains of *Tribolium castaneum* larvae. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5, 768-772.
51. Janjić, V., Elezović, I. (2010): *Pesticidi u poljoprivredi i šumarstvu u Srbiji*. Društvo za zaštitu bilja Srbije, Beograd.

52. Jiang, W.H., Guo, W.C., Lu, W.P., Shi, X.Q., Man-Hui Xiong, M.H., Wang, Z.T., Li, G.Q. (2011): Target site insensitivity mutations in the AChE and LdVssc1 confer resistance to pyrethroids and carbamates in *Leptinotarsa decemlineata* in northern Xinjiang Uygur autonomous region. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100, 74-81.
53. Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Vayias, B.J., Mihail, B.S., Tomanović, Ž. (2009): Insecticidal efficacy of abamectin against three stored-product insect pests: influence of dose rate, temperature, commodity and exposure interval. *Journal of Economic Entomology*, 102, 1352-1360.
54. Kljajić, P. (2008): Suzbijanje štetnih insekata uskladištenog žita. U: *Zaštita uskladištenih biljnih proizvoda od štetnih organizama* (urednik Kljajić, P.), Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Beograd, str. 67-101.
55. Kljajić, P., Andrić, G. (2010): Physical measures for storage insects control. *Proceedings of XIV International Symposium FEED Technology*, Novi Sad, Serbia, pp. 168-182.
56. Kljajić, P., Andrić, G., Adamović, M., Bodroža-Solarov, M., Marković, M., Perić, I. (2009): Laboratory assesment of insecticidal effectiveness of natural zeolite and diatomaceous earth formulations against three stored-product beetle pests. *Journal of Stored Products Research*, 46, 1-6.
57. Kljajić, P., Andrić, G., Adamović, M., Pražić Golić, M. (2010): Laboratory evaluation of insecticidal effectiveness of a natural zeolite formulation against *Sitophilus oryzae* (L.), *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) in treated wheat. *Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored Product Protection Estoril, Portugal – Julius-Kühn-Archiv*, pp. 862-867.
58. Kljajić, P., Andrić, G., Adamović, M., Marković, M., Pražić, M. (2011): Effects of Serbian-origin diatomaceous earths on *Acanthoscelides obtectus* (Say) adults in treated beans. *Proceedings of the IOBC/WPRS (OILB/SROP) Conference Working Group Integrated Protection of Stored Products, Campobasso, Italy – IOBC/wprs Bulletin*, 69, 409-414.
59. Kljajić, P., Andrić, G., Adamović, M., Marković, M., Pražić, M. (2011): Laboratory evaluation of the efficacy of diatomaceous earths against *Plodia interpunctella* (Hübner) larvae in treated broken and unbroken maize kernels. *Proceedings of the*

- IOBC/WPRS (OILB/SROP) Conference Working Group Integrated Protection of Stored Products, Campobasso, Italy – IOBC/wprs Bulletin, 69, 415-421.
60. Kljajić, P., Andrić, G., Adamović, M., Marković, M., Pražić, M. (2011): Laboratory evaluation of the efficacy of inert dusts against adults of rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.) and red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) in treated wheat. Proceedings of the IOBC/WPRS (OILB/SROP) Conference Working Group Integrated Protection of Stored Products, Campobasso, Italy – IOBC/wprs Bulletin, 69, 423-429.
61. Kljajić, P., Andrić, G., Perić, I. (2009): Impact of short-term heat pre-treatment at 50 °C on the toxicity of contact insecticides to adults of three *Sitophilus granarius* (L.) populations. Journal of Stored Products Research, 45, 272-278.
62. Kljajić, P., Perić, Ž., Perić, I. (1994): Interakcije ekstremnih temperatura i delovanja insekticida na adulte žitnog žiška, *Sitophilus granarius* (L.). Pesticidi, 9, 57-63.
63. Kljajić, P., Perić, I. (2005): Rezistentnost skladišnih insekata prema insekticidima. Pesticidi i fitomedicina, 20, 9-28.
64. Kljajić, P., Perić, I. (2006): Susceptibility to contact insecticides of granary weevil *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) originating from different locations in the former Yugoslavia. Journal of Stored Products Research, 42, 149-161.
65. Kljajić, P., Perić, I. (2007): Effectiveness of wheat-applied contact insecticides against *Sitophilus granarius* (L.) originating from different populations. Journal of Stored Products Research, 43, 523-529.
66. Kljajić, P., Perić, I. (2009): Residual effects of deltamethrin and malathion on different populations of *Sitophilus granarius* (L.) on treated wheat grains. Journal of Stored Products Research, 45, 45-48.
67. Korunić, Z. (1997): Rapid assessment of the insecticidal value of diatomaceous earths without conducting bioassays. Journal of Stored Products Research, 33, 219-229.
68. Korunić, Z. (1998): Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. Journal of Stored Products Research, 34, 87-98.
69. Korunić, Z., Cenkowski, S., Fields, P. (1998): Grain bulk density as affected by diatomaceous earth and application method. Postharvest Biology and Technology, 13, 81-89.

70. Korunić, Z., Fields, P.G. (1995): Diatomaceous earth insecticidal composition. U.S.A. Patent 5, 773 017.
71. Korunić, Z. Fields, P.G., Kovacs, M.I.P., Noll, J.S. Lukow, O.M., Demianyk, C.J., Shibley, K.J. (1996): The effect of diatomaceous earth on grain quality. *Postharvest Biology and Technology*, 9, 373-387.
72. Li, Y., Cao, Y., Li, G. (2010): Evaluation of inert dusts against phosphine resistant strains of *Cryptolestes ferrugineus*. Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored Product Protection, Estoril, Portugal – Julius-Kühn-Archiv, 945-949.
73. Lorini, I., Galley, D.J. (1998): Relative effectiveness of topical, filter paper and grain applications of deltamethrin, and associated behaviour of *Rhyzopertha dominica* (F.) strains. *Journal of Stored Products Research*, 34, 377-383.
74. Loyd, C.J., Ruczkowski, G.E. (1980): The cross-resistance to pyrethrins and eight synthetic pyrethroids, of an organophosphorus-resistant strain of the rust-red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst). *Pesticide Science*, 11, 331-340.
75. Mahroof, R., Zhu, K.Y., Neven, L.G., Subramanyam, Bh., Bai, J. (2005): Expression patterns of three heat shock protein 70 genes among developmental stages of the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 141, 247- 256.
76. Mahroof, R., Subramanyam, B., Eustace, D. (2003a): Temperature and relative humidity profiles during heat treatment of mills and its efficacy against *Tribolium castaneum* (Herbst) life stages. *Journal of Stored Products Research*, 39, 555-569.
77. Mahroof, R., Subramanyam, B., Throne, J.E., Menon, A. (2003b): Time-mortality relationships of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) life stages exposed to elevated temperatures. *Journal of Economic Entomology*, 96, 1345-1351.
78. Nayak, M.K., Darglish, G.J. (2006): Potential of imidacloprid to control four species of psocids (Psocoptera: Liposcelididae) infesting stored grain. *Pest Management Science*, 62, 646-650.
79. Nayak, M.K., Darglish, G.J., Byrne, V.S. (2005): Effectiveness of spinosad as a grain protectant against resistant beetle and psocid pests of stored grain in Australia. *Journal of Stored Products Research*, 41, 455-467.

80. Neven, L.G. (2000): Physiological responses of insects to heat. *Postharvest Biology and Technology*, 21, 103-111.
81. OEPP/EPPO (2004a): Admixture of plant protection products to stored plant products to control insects and mites, PP 1/203(1). In: *Efficacy Evaluation of Insecticides & Acaricides EPPO Standards PP1*, second ed., vol-3. European and Mediterranean Plant Protection Organization, Paris, France, pp. 217-219.
82. OEPP/EPPO (2004b): Laboratory testing of plant protection products against insect and mite pests of stored plant products, PP 1/204(1). In: *Efficacy Evaluation of Insecticides & Acaricides EPPO Standards PP1*, second ed., vol-3. European and Mediterranean Plant Protection Organization, Paris, France, pp. 220-223.
83. Opit, G.P., Arthur, F.H., Bonjour, E.L., Jones, C.L., Phillips, T.W. (2011): Efficacy of heat treatment for disinfestation of concrete grain silos. *Journal of Economic Entomology*, 104, 1415-1422.
84. Perić, I. (1987): Rezistentnost štetnih insekata prema insekticidima – istorijat, uzroci i posledice. *Pesticidi*, 2, 115-122.
85. Perić, I. (1990): Rezistentnost štetnih organizama na pesticide. *Pesticidi*, 5, 151-158.
86. Pražić-Golić, M., Andrić, G., Kljajić, P. (2011): Effects of 50°C temperature on *Sitophilus granarius* (L.), *Sitophilus oryzae* (L.) and *Sitophilus zeamais* (Motsch.). *Pesticides and Phytomedicine*, 26, 221-227.
87. Raymond, M. (1985): Presentation d'un programme "Basic" d'analyse log-probit pour micro-ordinateur. *Cahier ORSTOM, série. Entomologie, Médecine et Parasitologie*, 22, 117-121.
88. Roesli, R., Subramanyam, Bh., Fairchild, F., Behnke, K. (2003): Trap catches of stored-product insects before and after heat treatment of a pilot feed mill. *Journal of Stored Products Research*, 39, 521-540.
89. Reed, C.R. (2006): *Managing Stored Grain to Preserve Quality and Value*. AACC International press, Manhattan USA.
90. Rees, D.P. (1996): Coleoptera. In: *Integrated Management of Insects in Stored Products* (Eds. Subramanyam, B., Hagstrum, D.W.), Marcel Dekker, Inc., New York-Basel-Hong Kong, pp. 1-41.
91. Rees, D.P. (2004): *Insects of Stored Products*. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.

92. Reichmuth, Ch. (1996): Stored Protection and Post-harvest Treatment of Plant Products (Edited by the Council of Europe), Strasbourg, France, pp. 129-135.
93. Sokal, R.R., Rohlf, F.J. (1995): Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research, 3rd edition. W.H. Freeman and Company, New York.
94. Sparks, T.C., Dripps, J.E., Watson, G.B., Paroonagian, D. (2012): Resistance and cross-resistance to the spinosyns – A review and analysis. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 102, 1-10.
95. Speirs, J. Zettler, L. (1967): Toxicity of three organophosphorus compounds and pyrethrins to malathion-resistant *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera, Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 4, 279-283.
96. Stadler, T., Buteler, M., Weaver, D.K., Sofie, S. (2012): Comparative toxicity of nanostructured alumina and a commercial inert dust for *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (F.) at varying ambient humidity levels. *Journal of Stored Products Research*, 48, 81-90.
97. 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, 113-123.
98. Stojanović, T. (1972): Štetočine u skladištima. U: Štetočine u skladištima – biologija i suzbijanje sa osnovama uskladištenja poljoprivrednih proizvoda (Urednici Vukasović, P., Stojanović, T., Šenbron, A.), Institut za zaštitu bilja, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, str. 133-146.
99. Subramanyam, B.H. (2006): Performance of spinosad as a stored grain protectant. *Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection*, Campinas, Brazil, pp. 250-257.
100. Subramanyam, B.H., Hagstrum, D.W. (1996): Resistance measurement and management. In: *Integrated Management of Insects in Stored Products*. (Eds. Subramanyam, B., Hagstrum, D.W.), Marcel Dekker, Inc., New York-Basel-Hong Kong, pp. 331-397.
101. Subramanyam, B.H., Harein, P.K., Cutkomp, L.K. (1989): Organophosphate resistance in adults of red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) and sawtoothed grain beetle (Coleoptera: Cucujidae) infesting barley stored on farms in Minnesota. *Journal of Economic Entomology*, 82, 989-995.

102. Subramanyam, B.H., Roesli, R. (2000): Inert dusts In: Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM (Eds. Subramanyam, B., Hagstrum, D.W.), Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London, pp. 321-380.
103. Tapondjou, L.A., Adler, C., Bouda, H. and Fontem, D.A. (2002): Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 38, 395-402.
104. Tilley, D.R., Casada, M.E., Arthur, F.H. (2007a): Heat treatment for disinfestation of empty grain storage bins. *Journal of Stored Products Research*, 43, 221-228.
105. Tilley, D.R., Langemeier, M.R., Casada, M.E., Arthur, F.H. (2007b): Cost and risk analysis of heat and chemical treatments. *Journal of Economic Entomology*, 100, 604-612.
106. Tomlin, C.D.S. (2009): *Pesticide Manual (A World Compendium)*, Fifteenth Ed. British Crop Protection Council (BCPC), Hampshire, UK.
107. Toews, M.D., Subramanyam, Bh. (2003): Contribution of contact toxicity and wheat condition to mortality of stored-product insects exposed to spinosad. *Pest Management Science*, 59, 538-544.
108. Vayias, B.J., Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Buchelos, C.Th. (2006): Susceptibility of different European populations of *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) to five diatomaceous earth formulations. *Journal of Economic Entomology*, 99, 1899-1904.
109. Vayias, B.J., Athanassiou, C.G., Korunić, Z., Rozman, V. (2009): Evaluation of natural diatomaceous earth deposits from south-eastern Europe for stored-grain protection: the effect of particle size. *Pest Management Science*, 65, 1118-1123.
110. Vincent, C., Hallman, G., Panneton, B., Fleurat-Lessard, F. (2003): Management of agricultural insects with physical control methods. *Annual Review of Entomology*, 48, 261-281.
111. Wilkin, D.R., Fleurat-Lessard, F., Haubruge, E., Serrano, B. (1999): Developing a new grain protectant-efficacy testing in Europe. *Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-product Protection*, Beijing, P.R. China, Vol. 1, pp. 880-890.

112. White, N.D.G., Leesch, J.G. (1996): Chemical control. In: Integrated Management of Insects in Stored Products (Eds. Subramanyam, B., Hagstrum, D.W.), Marcel Dekker, Inc., New York-Basel-Hong Kong, pp. 287-330.
113. Wijayarathne, L.K.W., Fields, P.G. (2010): Effect of methoprene on the heat tolerance and cold tolerance of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 46, 166-173.
114. Yoon, K.S., Nelson, J.O., Clark, J.M. (2002): Selective induction of abamectin metabolism by dexamethasone, 3-methylcholanthrene, and phenobarbital in Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 73, 74-86.
115. Zettler, J.L. (1991): Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* and *T. confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) from flour mills in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 84, 763-767.
116. Zettler, J.L., Arthur, F.H. (1997): Dose-response tests on red flour beetle and confused flour beetle (Coleoptera: *Tenebrionidae*) collected from flour mills in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 90, 1157-1162.
117. Zettler, J.L., Cuperus, G.W. (1990): Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzoperha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in wheat. *Journal of Economic Entomology*, 83, 1677-1681.

8. PRILOZI

Prilog 1. Smrtnost (%) adulta *T. castaneum* iz laboratorijske populacije posle mikroaplikacije sintetisanih insekticida

Insekticid	Doza insekticida (µg/insekt)												
	Smrtnost (%) adulta												
Dihlorvos	0,0125	0,025	0,0375	0,050	0,075	0,090	0,10	0,1125	0,125				
	2,0	17,0	41,0	66,0	89,0	95,0	100	100	100				
Malation	0,025	0,05	0,25	0,5	1,0	2,5	5,0	10,	12,5				
	17,0	57,0	42,0	63,0	60,0	66,0	93,0	98,0	100				
Hlorpirifos-metil	0,075	0,010	0,014	0,015	0,018	0,020	0,025	0,030	0,040				
	15,0	37,0	83,0	78,0	88,0	98,0	99,0	100	100				
Pirimifos-metil	0,00375	0,005	0,00625	0,0075	0,010	0,01125	0,0125	0,014	0,015	0,018	0,020	0,025	
	2,0	11,0	21,0	22,0	53,0	68,0	82,0	86,0	90,0	97,0	97,0	100	
Deltametrin	0,0025	0,005	0,0125	0,015	0,018	0,020	0,025	0,030	0,040	0,050			
	6,0	37,0	92,0	89,0	93,0	93,0	95,0	96,0	97,0	100			
Bifentrin	0,025	0,05	0,10	0,25	0,40	0,50	0,625	0,75					
	30,0	45,0	77,0	92,0	98,0	99,0	100	100					
Kontrola													
	1												

Prilog 2. Smrtnost (%) adulta *T. castaneum* iz populacije Nikinci posle mikroaplikacije sintetisanih insekticida

Insekticid	Doza insekticida (µg/insekt)									
	Smrtnost (%) adulta									
Dihlorvos	0,025	0,0375	0,050	0,075	0,090	0,10	0,12			
	18,0	36,0	59,0	95,0	96,0	98,0	99,0			
Malation	1,0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	18,0	20,0	25,0	
	12,0	32,0	42,0	71,0	86,0	80,0	83,0	79,0	83,0	
Hlorpirifos-metil	0,0075	0,010	0,0125	0,015	0,020	0,025				
	21,0	48,0	83,0	90,0	98,0	98,0				
Pirimifos-metil	0,005	0,0075	0,010	0,01125	0,0125	0,015	0,020	0,025	0,030	
	0	20,0	49,0	50,0	64,0	80,0	91,0	91,0	100	
Deltametrin	0,00375	0,0050	0,010	0,0125	0,015	0,020	0,025	0,040	0,050	0,075
	26,0	41,0	64,0	77,0	78,0	89,0	96,0	97,0	99,0	100
Bifentrin	0,025	0,050	0,125	0,25	0,40	0,50	0,75			
	10,0	42,0	94,0	95,0	100	100	100			
Kontrola										
	0									

Prilog 3. Smrtnost (%) adulta *T. castaneum* iz populacije Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ pirimifos-metila posle mikroaplikacije sintetisanih insekticida

Insekticid	Doza insekticida (µg/insekt)								
	Smrtnost (%) adulta								
Dihlorvos	0,025	0,0375	0,050	0,075	0,090	0,10	0,12		
	15,0	31,0	45,0	80,0	85,0	92,0	94,0		
Malation	1,0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	18,0	20,0	25,0
	16,0	55,0	68,0	85,0	82,0	86,0	85,0	96,0	91,0
Hlorpirifos-metil	0,0050	0,0075	0,010	0,0125	0,020	0,025	0,030		
	5,0	9,0	33,0	53,0	83,0	96,0	94,0		
Pirimifos-metil	0,0075	0,010	0,01125	0,0125	0,015	0,020	0,025	0,030	
	15,0	26,0	25,0	37,0	54,0	78,0	80,0	94,0	
Deltametrin	0,00375	0,0050	0,010	0,0125	0,020	0,025	0,040	0,050	
	3,0	10,0	29,0	39,0	54,0	79,0	90,0	96,0	
Bifentrin	0,025	0,050	0,10	0,125	0,25	0,40	0,50		
	5,0	27,0	58,0	63,0	94,0	95,0	95,0		
Kontrola	0								

Prilog 4. Smrtnost (%) adulta *T. castaneum* iz populacije Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ deltametrina posle mikroaplikacije sintetisanih insekticida

Insekticid	Doza insekticida (µg/insekt)								
	Smrtnost (%) adulta								
Dihlorvos	0,025	0,0375	0,050	0,075	0,090	0,10	0,12		
	29,0	51,0	64,0	85,0	98,0	94,0	96,0		
Malation	1,0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	18,0	20,0	25,0
	17,0	44,0	63,0	78,0	78,0	85,0	83,0	85,0	85,0
Hlorpirifos-metil	0,0050	0,0075	0,010	0,0125	0,020	0,025	0,030		
	5,0	18,0	45,0	62,0	93,0	98,0	97,0		
Pirimifos-metil	0,0075	0,010	0,0125	0,015	0,020	0,025	0,030		
	22,0	47,0	48,0	85,0	84,0	89,0	95,0		
Deltametrin	0,00375	0,0050	0,010	0,0125	0,020	0,025	0,040	0,050	0,060
	4,0	7,0	34,0	41,0	71,0	76,0	91,0	94,0	100
Bifentrin	0,025	0,050	0,10	0,125	0,25	0,40	0,50		
	11,0	32,0	57,0	63,0	84,0	96,0	97,0		
Kontrola	0								

Prilog 5. Smrtnost (%) adulta *T. castaneum* iz populacije Jakovo posle mikroaplikacije sintetisanih insekticida

Insekticid	Doza insekticida ($\mu\text{g/insekt}$)									
	Smrtnost (%) adulta									
Dihlorvos	0,020	0,030	0,040	0,050	0,080	0,10				
	15,0	37,0	54,0	83,0	94,0	99,0				
Malation	1,0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	18,0	20,0	25,0	
	3,0	15,0	30,0	65,0	70,0	77,0	81,0	83,0	93,0	
Hlorpirifos-metil	0,0075	0,010	0,0125	0,015	0,020	0,025				
	12,0	34,0	69,0	74,0	84,0	98,0				
Pirimifos-metil	0,0050	0,0075	0,010	0,01125	0,0125	0,015	0,018	0,020	0,025	0,030
	6,0	31,0	54,0	76,0	85,0	93,0	97,0	99,0	99,0	100
Deltametrin	0,00375	0,0050	0,010	0,0125	0,020	0,025	0,040	0,050	0,060	
	29,0	55,0	23,0	86,0	86,0	89,0	97,0	99,0	100	
Bifentrin	0,025	0,050	0,10	0,125	0,25	0,40	0,50			
	28,0	62,0	83,0	94,0	97,0	100	100			
Kontrola	0									

Prilog 6. Smrtnost (%) adulta *T. castaneum* iz populacije Jakovo selekcionisane sa LD₈₀ pirimifos-metila posle mikroaplikacije sintetisanih insekticida

Insekticid	Doza insekticida (µg/insekt)									
	Smrtnost (%) adulta									
Dihlorvos	0,015	0,025	0,0375	0,050	0,075	0,10				
	12,0	50,0	73,0	94,0	98,0	100				
Malation	1,0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	18,0	20,0	25,0	
	2,0	23,0	32,0	71,0	66,0	68,0	62,0	73,0	74,0	
Hlorpirifos-metil	0,0075	0,010	0,0125	0,015	0,020	0,025				
	34,0	60,0	85,0	87,0	98,0	98,0				
Pirimifos-metil	0,0050	0,0075	0,010	0,0125	0,015	0,020	0,025			
	6,0	25,0	49,0	74,0	88,0	96,0	100			
Deltametrin	0,00375	0,0050	0,010	0,0125	0,020	0,025	0,040	0,050		
	23,0	47,0	72,0	78,0	90,0	93,0	93,0	100		
Bifentrin	0,025	0,050	0,10	0,125	0,25	0,40	0,50			
	66,0	68,0	81,0	94,0	97,0	100	100			
Kontrola										0

Prilog 7. Smrtnost (%) adulta *T. castaneum* iz laboratorijske populacije posle različitih intervala izlaganja u pšenici u zrnu tretiranoj sa sintetisanim insekticidima

Insekticid	Ocena posle dana	Doza insekticida (mg/kg)											
		Smrtnost (%) adulta											
		0,25	0,5	1,0	2,0	2,5	10,0	25,0	50,0	80,0			
Malation	7	0	0	21,2	46,0	48,0	52,8	66,7	95,4	100			
	14	0	0	25,2	48,0	49,3	59,7	88,0	98,0	100			
	21	0	2,0	30,5	50,0	50,0	60,4	95,3	100	100			
Hlorpirifos-metil		0,05	0,10	0,125	0,15	0,20	0,25	0,30	0,36	0,40			
	7	0	0,6	8,0	32,7	73,7	94,7	99,3	99,3	100			
	14	0,7	11,8	26,2	63,5	95,4	100	100	100	100			
Pirimifos-metil	21	1,3	12,4	26,2	65,5	98,7	100	100	100	100			
		0,075	0,10	0,125	0,15	0,20	0,25	0,30	0,36	0,40			
	7	0	10,5	22,1	58,0	99,3	99,3	100	100	100			
Deltametrin + PBO	14	8,5	34,2	52,0	82,7	100	100	100	100	100			
	21	17,3	48,0	65,1	89,3	100	100	100	100	100			
		0,025	0,04	0,05	0,08	0,10	0,20	0,25	0,50	0,80	1,0	2,0	2,5
Bifentrin	7	0	0	0	5,3	11,3	13,2	12,0	21,6	33,5	46,7	80,0	92,7
	14	13,3	40,7	63,3	94,0	95,4	100	100	100	100	100	100	100
	21	18,0	55,3	75,3	98,7	100	100	100	100	100	100	100	100
Tiametoksam		0,05	0,10	0,25	0,40	0,50	0,80	1,0	2,5	5,0	10,0	50,0	100,0
	7	0	0	2,7	10,7	13,2	29,6	36,7	58,0	66,9	72,7	98,0	100
	14	0	0	14,0	50,7	72,8	92,7	98,7	100	100	100	100	100
Spinosad	21	12,0	6,0	58,7	84,0	90,7	100	100	100	100	100	100	100
		0,008	0,0125	0,020	0,025	0,040	0,050	0,080	0,10	0,25	0,40		
	7	0	4,0	31,2	55,7	77,8	86,5	100	100	100	100		
Abamektin	14	0,7	6,7	43,3	81,2	96,1	99,3	100	100	100	100		
	21	3,3	10,0	52,2	91,3	96,1	100	100	100	100	100		
		0,05	0,1	0,25	0,5	1,0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	18,0	20,0
Kontrola	7	0	0	0	0	0,7	3,0	7,5	21,9	40,7	42,8	40,0	60,9
	14	0	0	0	0	2,9	33,0	74,5	94,3	98,1	100	100	100
	21	0	0	0	2,0	7,8	67,0	98,1	99,0	100	100	100	100
Kontrola		0,10	0,25	0,50	1,0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	18,0	20,0	
	7	0	0	2,8	4,8	20,9	25,7	40,0	48,6	29,5	46,7	40,9	
	14	0	8,6	10,5	27,6	54,3	54,3	71,7	82,1	74,3	81,9	92,4	
Kontrola	21	2,8	18,1	40,0	82,8	94,3	100	99,0	100	100	100	100	
	7	0											
	14	0											
Kontrola	21	0											

Prilog 8. Smrtnost (%) adulta *T. castaneum* iz populacije Nikinci posle različitih intervala izlaganja u pšenici u zrnu tretiranoj sa sintetisanim insekticidima

Insekticid	Ocena posle dana	Doza insekticida (mg/kg)											
		Smrtnost (%) adulta											
		1,0	2,0	2,5	5,0	10,0	25,0	50,0	80,0				
Malation	7	0	0	0	0,7	6,7	22,1	56,2	80,8				
	14	0	0	0	1,9	6,7	28,6	64,7	83,8				
	21	0	0	4,8	1,9	7,6	31,4	65,7	85,7				
Hlorpirifos-metil		0,10	0,125	0,15	0,20	0,25	0,30	0,36	0,40	0,06			
	7	1,9	4,7	2,9	9,5	20,2	47,6	67,9	72,4	95,2			
	14	3,8	6,7	9,9	19,0	34,6	68,9	89,3	85,7	99,0			
Pirimifos-metil	21	3,8	7,7	11,9	21,9	36,5	69,9	90,3	90,5	100			
		0,075	0,10	0,125	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,60	0,80		
	7	7,6	20,0	37,1	40,9	60,0	79,0	88,6	95,2	100	100		
Deltametrin + PBO	14	14,3	33,3	55,2	55,2	76,2	88,6	95,2	100	100	100		
	21	15,2	35,2	58,1	61,0	79,0	91,4	100	100	100	100		
		0,025	0,04	0,05	0,08	0,10	0,20	0,25	0,50	0,80	1,0	2,0	2,5
Bifentrin	7	0	0	0	0	2,8	6,7	9,5	28,5	33,3	43,8	67,6	76,2
	14	7,6	11,6	65,7	67,3	99,0	100	100	100	100	100	100	100
	21	10,5	18,4	71,4	83,6	100	100	100	100	100	100	100	100
Tiametoksam		0,075	0,10	0,25	0,40	0,50	0,80	1,0	2,5	5,0	10,0	50,0	100,0
	7	0	0	0	6,7	9,5	24,8	28,6	44,8	56,2	75,2	91,4	100
	14	1,9	2,8	7,4	26,7	38,1	69,5	89,4	100	100	100	100	100
Spinosad	21	1,9	2,8	11,4	33,3	46,7	78,1	91,3	100	100	100	100	100
		0,02	0,05	0,075	0,15	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80		
	7	5,7	39,0	43,8	62,9	68,6	76,2	81,9	89,6	86,5	93,2		
Abamektin	14	7,6	47,6	53,3	72,4	75,2	82,9	90,5	98,1	94,2	94,2		
	21	7,6	53,3	55,2	73,3	80,9	89,5	92,4	100	95,2	95,2		
		0,1	0,25	0,5	1,0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	18,0	20,0	
Kontrola	7	0	0	0	1,9	3,8	13,3	32,4	38,1	54,3	48,6	62,8	
	14	0	0	0	8,6	14,8	46,7	78,1	85,7	97,1	97,1	100	
	21	1,7	0	2,8	13,3	53,7	86,7	97,1	100	100	100	100	
Kontrola		0,10	0,25	0,50	1,0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	18,0	20,0	
	7	2,8	0	2,8	3,8	12,4	17,1	24,8	41,9	40,9	46,7	45,7	
	14	2,8	0	11,4	18,1	25,7	44,8	56,2	59,0	59,0	65,7	61,9	
Kontrola	21	6,7	4,8	34,3	53,3	74,3	85,7	93,3	97,1	98,3	100	100	
	7	0											
	14	0											
Kontrola	21	0											

Prilog 9. Smrtnost (%) adulta *T. castaneum* iz populacije Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ pirimifos-metila posle različitih intervala izlaganja u pšenici u zrnju tretiranoj sa sintetsanim insekticidima

Insekticid	Ocena posle dana	Doza insekticida (mg/kg)											
		Smrtnost (%) adulta											
Malation		2,5	5,0	10,0	25,0	50,0	80,0						
	7	3,8	5,7	14,3	44,8	68,6	71,4						
	14	3,8	7,6	19,0	51,4	72,4	79,0						
Hlorpirifos-metil	21	4,8	9,5	38,1	56,2	80,9	85,7						
		0,075	0,10	0,125	0,15	0,20	0,25	0,30	0,36	0,40			
	7	0	0	0	5,7	11,1	25,0	36,4	66,0	79,8			
Pirimifos-metil	14	7,6	7,5	6,9	10,5	25,9	50,0	63,5	88,7	85,7			
	21	7,6	9,7	10,8	11,4	29,2	50,0	66,3	91,4	90,4			
		0,10	0,125	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,60	0,80			
Deltametrin + PBO	7	0	0,9	10,3	14,9	34,9	48,1	69,4	99,0	100			
	14	4,9	5,7	15,9	38,3	58,7	75,5	90,0	100	100			
	21	7,6	10,5	15,2	40,9	68,6	83,8	95,2	100	100			
Bifentrin		0,025	0,04	0,05	0,08	0,10	0,20	0,50	0,80	1,0	2,0	2,5	
	7	0	0	0	0,9	3,8	8,6	23,8	34,3	41,9	69,5	80,9	
	14	0	13,2	28,2	58,9	66,0	98,1	100	100	100	100	100	
Tiametoksam	21	13,6	19,0	36,2	71,8	80,0	99,0	100	100	100	100	100	
		0,25	0,40	0,50	0,80	1,0	2,5	5,0	10,0	50,0	100,0		
	7	2,8	7,6	5,7	18,1	29,5	41,9	55,2	77,1	94,3	99,0		
Spinosad	14	6,7	44,8	50,0	82,8	89,4	100	100	100	100	100		
	21	8,6	45,7	50,9	83,8	92,3	100	100	100	100	100		
		0,01	0,02	0,05	0,075	0,15	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,0
Abamektin	7	1,9	2,9	9,6	10,7	35,9	41,1	53,8	64,8	72,5	97,2	98,1	99,0
	14	11,2	4,8	13,5	16,3	44,0	51,4	62,5	82,9	87,3	97,2	100	100
	21	14,3	8,7	18,3	20,2	44,0	52,4	62,5	84,8	90,8	97,2	100	100
Kontrola		0,1	0,25	0,5	1,0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	18,0	20,0	
	7	0	0	0	6,7	16,9	14,4	27,6	28,8	39,6	42,2	37,5	
	14	3,9	3,8	1,9	10,6	27,6	34,3	76,9	84,2	90,1	90,2	94,3	
Kontrola	21	4,9	8,6	2,8	15,4	33,3	59,6	93,3	97,0	97,0	100	99,0	
		0,10	0,25	0,50	1,0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	18,0	20,0	
	7	0	0	0	6,7	11,3	10,9	17,3	25,0	27,6	36,2	40,4	
Kontrola	14	0	7,6	12,4	15,4	27,7	32,6	36,5	48,1	50,5	71,4	75,9	
	21	14,3	14,3	18,1	37,5	65,3	84,1	91,1	88,5	93,3	97,2	96,9	
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kontrola	7	0											
	14	0											
	21	0											

Prilog 10. Smrtnost (%) adulta *T. castaneum* iz populacije Nikinci selekcionisane sa LD₈₀ deltametrina posle različitih intervala izlaganja u pšenici u zrnu tretiranoj sa sintetičanim insekticidima

Insekticid	Ocena posle dana	Doza insekticida (mg/kg)											
		Smrtnost (%) adulta											
Malation		1,0	2,0	2,5	5,0	10,0	25,0	50,0	80,0				
	7	0	0	0	3,8	10,5	32,7	50,0	70,3				
	14	0	0	1,9	7,6	13,3	38,5	53,9	80,0				
Hlorpirifos-metil	21	0	0	2,8	9,5	18,1	45,2	62,7	87,0				
		0,075	0,10	0,125	0,15	0,20	0,25	0,30	0,36	0,40			
	7	0	12,1	16,0	13,3	30,8	47,6	68,6	89,6	89,5			
Pirimifos-metil	14	13,5	17,8	26,4	19,0	45,3	68,6	84,8	98,1	97,1			
	21	15,4	18,0	29,2	20,9	49,1	72,4	86,7	98,1	98,1			
		0,10	0,125	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,60	0,80			
Deltametrin + PBO	7	0	6,9	37,0	50,0	62,3	75,2	86,7	97,2	98,1			
	14	12,4	23,8	48,5	68,6	75,5	90,5	96,2	98,1	99,0			
	21	16,2	29,4	53,9	70,6	80,6	92,3	96,2	99,0	100			
Bifentrin		0,025	0,04	0,05	0,08	0,10	0,20	0,25	0,50	0,80	1,0	2,0	2,5
	7	0	0	0	8,5	10,4	13,5	34,9	48,6	41,9	50,5	54,3	60,9
	14	4,8	14,4	17,9	23,6	62,9	80,4	91,4	95,2	98,1	99,0	100	100
Tiametoksam	21	14,3	18,5	30,2	67,6	88,8	100	100	100	100	100	100	100
		0,25	0,40	0,50	0,80	1,0	2,5	5,0	10,0	50,0	100,0		
	7	0	0	1,9	14,3	20,8	42,9	47,6	80,0	90,2	95,2		
Spinosad	14	0	2,8	7,6	40,9	62,3	95,2	99,0	100	100	100		
	21	0,9	8,6	28,6	61,9	74,5	99,0	100	100	100	100		
		0,020	0,050	0,075	0,15	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80		
Abamektin	7	11,2	37,1	48,1	79,0	81,1	84,9	87,7	89,5	97,1	97,2		
	14	16,8	48,6	51,9	81,9	90,6	89,6	89,6	99,0	100	100		
	21	17,8	50,5	54,8	83,8	92,4	92,4	100	100	100	100		
Kontrola		0,05	0,1	0,25	0,5	1,0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	18,0	20,0
	7	0	0	0	3,8	16,2	22,9	25,5	48,0	50,5	55,8	63,4	71,7
	14	11,4	17,1	21,9	17,1	26,7	41,9	69,9	96,1	95,3	96,1	96,4	98,1
Kontrola	21	22,9	26,7	27,6	23,8	30,5	57,1	87,4	99,0	100	100	100	100
		0,10	0,25	0,50	1,0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	18,0	20,0	
	7	1,0	3,8	9,5	18,1	36,2	48,6	58,1	51,4	64,1	62,9	62,9	
Kontrola	14	4,8	13,3	21,9	33,3	51,4	64,8	75,2	68,6	79,6	80,0	78,3	
	21	11,4	32,4	44,8	54,3	86,7	88,6	94,3	94,3	96,1	97,1	96,1	
	7	3,8											
Kontrola	14	4,9											
	21	4,9											

Prilog 11. Smrtnost (%) adulta *T. castaneum* iz populacije Jakovo posle različitih intervala izlaganja u pšenici u zrnu tretiranoj sa sintetisanim insekticidima

Insekticid	Ocena posle dana	Doza insekticida (mg/kg)											
		Smrtnost (%) adulta											
Malation		1,0	2,0	2,5	5,0	10,0	25,0	50,0	80,0				
	7	0	0	1,9	1,9	5,7	20,0	39,0	61,9				
	14	0	0	1,9	1,9	6,7	22,8	47,6	71,4				
Hlorpirifos-metil	21	0	0	1,9	2,9	8,6	24,8	48,6	76,2				
		0,10	0,125	0,15	0,20	0,25	0,30	0,36	0,40	0,60			
	7	1,9	6,7	23,8	70,5	94,3	95,2	97,1	100	100			
Pirimifos-metil	14	5,7	12,4	32,4	73,3	97,1	98,1	98,1	100	100			
	21	5,7	12,4	32,4	77,1	97,1	99,0	100	100	100			
		0,01	0,02	0,04	0,05	0,075	0,1	0,125	0,15	0,2	0,25		
Deltametrin + PBO	7	0	0	0	0	0	0,9	5,7	28,6	73,3	91,4		
	14	0	0	0	0	0	13,3	35,2	56,2	95,2	99,0		
	21	2,8	0,9	0,9	0,9	0	17,1	45,7	61,9	97,1	99,0		
Bifentrin		0,025	0,04	0,05	0,08	0,10	0,20	0,25	0,50	0,80	1,0	2,0	2,5
	7	0	0	0	4,8	9,5	17,1	15,2	22,9	37,1	53,3	70,5	72,4
	14	3,8	11,4	41,9	77,1	89,5	98,1	100	100	100	100	100	100
Tiametoksam	21	3,8	20,9	66,7	96,2	99,0	100	100	100	100	100	100	100
		0,075	0,10	0,25	0,40	0,50	0,80	1,0	2,5	5,0	10,0	50,0	100,0
	7	0	0	0,9	0	8,6	15,2	18,1	37,1	60,9	78,1	96,2	99,0
Spinosad	14	0,9	2,9	2,9	47,6	67,6	93,3	96,2	100	100	100	100	100
	21	3,8	4,8	8,6	57,1	78,1	99,0	100	100	100	100	100	100
		0,01	0,015	0,020	0,040	0,050	0,075	0,15	0,25	0,30	0,40		
Abamektin	7	7,6	10,5	28,6	88,6	62,9	93,3	88,6	92,4	98,1	98,1		
	14	9,5	17,1	34,3	97,1	98,1	100	100	100	100	100		
	21	10,7	17,1	43,8	98,1	98,1	100	100	100	100	100		
Kontrola		0,05	0,1	0,25	0,5	1,0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	18,0	20,0
	7	0	0	0	0	2,9	4,8	6,7	22,9	21,9	34,0	45,7	59,0
	14	0	0	0	0	4,8	26,7	71,4	95,2	93,3	93,1	100	100
Kontrola	21	4,5	4,5	1,9	2,9	13,3	44,8	87,6	99,0	100	100	100	100
		0,10	0,25	0,50	1,0	2,5	5,0	10,0	12,5	15,0	18,0	20,0	
	7	0	0	1,9	7,3	20,5	29,0	40,6	47,8	46,1	49,0	47,8	
Kontrola	14	0	1,9	7,8	25,8	54,2	58,9	74,1	81,0	86,5	87,9	99,0	
	21	5,8	17,0	40,2	82,6	94,0	100	99,0	100	100	100	100	
	7	0											
Kontrola	14	0											
	21	0											

Prilog 12. Smrtnost (%) adulta *T. castaneum* iz laboratorijske populacije i populacija iz: Adaševaca, Iriga, Jakova, Kikinde, Nikinaca, Novog Miloševa i Čuruga izlaganih u brašnu na 50°C

Populacija	Ocena posle minuta							
	Smrtnost (%) adulta							
	23	27	33	36	40	45	50	55
Laboratorija	6,0	20,0	50,0	49,0	78,0	83,0	96,0	100
Adaševci	10,0	30,0	46,0	54,0	79,0	86,0	92,0	100
Irig	12,0	21,0	57,0	63,0	70,0	83,0	90,0	99,0
Jakovo	11,0	23,0	58,0	60,0	83,0	93,0	96,0	98,0
Kikinda	7,0	27,0	46,0	48,0	66,0	84,0	90,0	93,0
Nikinci	8,0	23,0	60,0	51,0	74,0	93,0	98,0	98,0
Novo Miloševo	7,0	12,0	53,0	50,0	57,0	84,0	90,0	96,0
Čurug	15,0	32,0	65,0	67,0	77,0	94,0	96,0	99,0

Prilog 13. Smrtnost (%) adulta *T. castaneum* iz laboratorijske populacije i populacija iz Nikinaca i Jakova izlaganih u pšenici u zrnu na 50°C

Populacija	Ocena posle minuta							
	Smrtnost (%) adulta							
<i>Varijanta I</i>								
Laboratorija	210	240	270	330	360	390		
	19,0	51,0	66,0	82,0	88,0	100		
Nikinci	240	250	260	270	300	330	360	390
	11,0	15,0	35,0	31,0	46,0	79,0	100	100
Jakovo	180	210	240	270	300	330	360	390
	0	3,0	30,0	40,0	62,0	86,0	99,0	100
<i>Varijanta II</i>								
Laboratorija	210	220	240	280	300	330	360	
	23,0	24,0	58,0	71,0	88,0	94,0	100	
Nikinci	220	250	270	300	330	360		
	26,0	45,0	62,0	83,0	93,0	100		
Jakovo	180	198	210	221	240	270	300	330
	7,0	11,0	43,0	35,0	54,0	77,0	100	100

Prilog 14. Parametri trofaktorijske analize varijanse za smrtnost *T. castaneum* izlaganih u pšenici tretiranoj sa DZ S-1 i DZ S-2

Faktori	SS	Step. slobode	MS	F	p
DZ	5642,7	1	5642,7	112,603	0,000000
Količina primene	38536,7	3	12845,6	256,341	0,000000
Ekspozicija	71722,3	2	35861,2	715,633	0,000000
DZ x količina primene	1230,7	3	410,2	8,186	0,000092
DZ x ekspozicija	24,3	2	12,2	0,243	0,785073
Količina primene x ekspozicija	6684,3	6	1114,1	22,232	0,000000
DZ x kol. primene x ekspozicija	4534,3	6	755,7	15,081	0,000000
Greška	3608,0	72	50,1		

Prilog 15. Parametri četvorofaktorijalne analize varijanse za smrtnost *T. castaneum* iz laboratorijske populacije i populacija Kikinda i Nikinci izlaganih u pšenici tretiranoj sa DZ S-1, DZ S-2 i Protect-It

Faktori	SS	Step. slobode	MS	F	p
Populacija	304,2	2	152,1	2,81	0,061452
DZ	153456,2	2	76728,1	1419,27	0,000000
Količina primene	217821,4	3	72607,1	1343,04	0,000000
Ekspozicija	196566,0	2	98283,0	1817,98	0,000000
Populacija x DZ	2104,2	4	526,1	9,73	0,000000
Populacija x količina primene	1100,2	6	183,4	3,39	0,002935
DZ x količina primene	13606,0	6	2267,7	41,95	0,000000
Populacija x ekspozicija	2289,8	4	572,4	10,59	0,000000
DZ x ekspozicija	15796,4	4	3949,1	73,05	0,000000
Količina primene x ekspozicija	23642,9	6	3940,5	72,89	0,000000
Populacija x DZ x količina primene	2470,0	12	205,8	3,81	0,000019
Populacija x DZ x ekspozicija	681,8	8	85,2	1,58	0,130811
Populacija x kol. primene x ekspozicija	1569,8	12	130,8	2,42	0,005114
DZ x količina primene x ekspozicija	58672,0	12	4889,3	90,44	0,000000
Populacija x DZ x kol. primene x ekspozicija	3330,7	24	138,8	2,57	0,000111
Greška	17516,0	324	54,1		

9. BIOGRAFIJA AUTORA

Goran G. Andrić je rođen 13. aprila 1980. godine u Zrenjaninu. Osnovnu školu je završio u Sečnju, a srednju poljoprivrednu u Zrenjaninu. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu upisao je školske 1999/2000 godine. Studije na Odseku za zaštitu bilja i prehrambenih proizvoda je završio 04. decembra 2004. godine, sa prosečnom ocenom 9,24 i ocenom 10 na diplomskom ispitu. Poslediplomske studije na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Beogradu, grupa za Fitofarmaciju, upisao je školske 2004/05. godine. U skladu sa reformom Univerziteta i usklađivanjem nastavnog programa sa Bolonjskom deklaracijom, 15. juna 2007. godine je upisao drugu godinu doktorskih studija. Od 1. januara 2008. godine zaposlen je u Institutu za pesticide i zaštitu životne sredine kao istraživač pripravnik. U zvanje istraživač saradnik izabran je 5. marta 2009. godine.

Kao stipendista učestvovao je na projektu sadašnjeg Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije: TR6890B: Razvoj i usavršavanje fungicida i zoocida u cilju njihove racionalne primene (2005-2008). U periodu od 2008. do 2011. godine učestvovao je na projektu sadašnjeg Ministarstva prosvete i nauke republike Srbije: TR20060: Optimizacija primene aktuelnih i istraživanja novih fungicida i zoocida u funkciji njihove efikasnosti i bezbednosti hrane. U novom projektnom ciklusu Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije kao istraživač saradnik je angažovan na projektu III 46008: Razvoj integrisanih sistema upravljanja štetnim organizmima u biljnoj proizvodnji sa ciljem prevazilaženja rezistentnosti i unapređenja kvaliteta i bezbednosti hrane.

Objavio je i saopštio preko 40 naučnih radova.

Član je Društva za zaštitu bilja Srbije i Entomološkog društva Srbije.

Govori engleski jezik.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а _____ Горан Андрић _____

број уписа _____ 06/25 _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Осетљивост популација кестењастог брашнара, *Tribolium castaneum* (Herbst)
(Coleoptera: Tenebrionidae) на синтетисане и природне инсектициде у интеракцији
са ефектима екстремне температуре

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, _____ 05.04.2012. _____



Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора _____ Горан Андрић _____

Број уписа _____ 06/25 _____

Студијски програм _____ фитомедицина _____

Наслов рада Осетљивост популација кестењастог брашнара, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) на синтетисане и природне инсектициде у интеракцији са ефектима екстремне температуре

Ментор _____ проф. др Ибрахим Елезовић _____

Потписани _____ Горан Андрић _____

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, _____ 05.04.2012. _____



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Осетљивост популација кестењастог брашнара, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) на синтетисане и природне инсектициде у интеракцији са ефектима екстремне температуре

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанта

У Београду, 05.04.2012.

