

Efekti subletalnih doza kontaktnih insekticida na produkciju potomstva različitih populacija žitnog žiška

Petar Kljajić i Ilija Perić

*Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Banatska 31b, 11080 Beograd, Srbija
(petar.kljajic@pestring.org.rs)*

Primljen: 25. januara 2010.

Prihvaćen: 9. februara 2010.

REZIME

U laboratorijskim uslovima su ispitani efekti prethodnog kontakta adulta – roditelja žitnog žiška (*Sitophilus granarius* L.) iz tri populacije: laboratorijske, Luke Beograd (selekcionišana sa LD₇₀ pirimifos-metila) i Bijeljine (selekcionišana sa LD₇₀ deltametrina), sa filter-papirima tretiranim subletalnim dozama (LD₂₀ i LD₅₀) insekticida dihlorvosa, malationa, hlorspirifos-metila, pirimifos-metila i deltametrina, na produkciju potomstva preživelih jedinki u netretiranoj pšenici u F₁ (posle 10 nedelja) i F₂ (posle 16 nedelja) generaciji.

Najveća redukcija potomstva laboratorijskih žižaka je zabeležena u F₁ generaciji nakon prethodnog kontakta adulta - roditelja sa LD₅₀ dihlorvosa, 96%, a najslabija u F₂ generaciji posle kontakta sa LD₅₀ pirimifos-metila, gde je u odnosu na kontrolu brojnost bila veća 84%. Najveća redukcija potomstva selekcionisanih žižaka iz Luke Beograd je zabeležena u F₁ generaciji prethodnim delovanjem LD₅₀ dihlorvosa i hlorspirifos-metila, 83%, a najmanja u F₁ i F₂ generaciji posle kontakta sa LD₅₀ pirimifos-metila, oko 44%. Najveća redukcija potomstva selekcionisanih žižaka iz Bijeljine zabeležena je u F₁ i F₂ generaciji posle prethodnog kontakta žižaka sa LD₅₀ dihlorvosa, malationa i deltametrina, 100%, a najmanja, takođe, u F₁ i F₂ generaciji posle kontakta sa LD₂₀ hlorspirifos-metila, gde je brojnost u odnosu na kontrolu bila veća oko 130%.

Dobijeni rezultati pokazuju da subletalne doze insekticida, pored značajnog smanjenja njihove efikasnosti u suzbijanju tretirane generacije žitnog žiška, mogu biti i uzročnici povećanja brojnosti u budućim generacijama.

Ključne reči: *Sitophilus granarius*; različite populacije; kontaktni insekticidi; subletalne doze; produkcija potomstva

UVOD

Žitni žižak, *Sitophilus granarius* (L.), je vrlo značajna primarna štetočina uskladištenog žita, koja može prouzrokovati ogromne gubitke u masi i kvalitetu zrna (Hill, 1990; Arbogast, 1991; Rees, 2004). U suzbijanju ove štetočine, i drugih insekata u uskladištenom žitu, upotreba kontaktnih insekticida je veoma zastupljena, naročito u onim skladištima gde je potrebno obezbediti dugotrajno čuvanje žita (Arthur, 1996; White i Leesch, 1996; Daglish, 2006; Kljajić, 2008). Pomenutim insekticidima tretira se skladišni prostor ili direktno uskladišteno žito.

Prema najnovijim podacima, u Srbiji je registrovano osam preparata kontaktnih insekticida za primenu u skladištima, na bazi četiri aktivne materije i jednog sinergista (Anonimus, 2009). Pored prednosti koja proističe od njihove perzistentnosti i dugotrajne efektivnosti u suzbijanju štetnih insekata, nedostatak primene kontaktnih insekticida manifestuje se preko rezidua u tretiranim proizvodima i, naročito, zbog mogućeg razvoja rezistentnosti žitnog žiška i drugih štetnih insekata. Ispitivanjem toksičnosti dihlorvosa, malationa, hlörpirifos-metila, pirimifos-metila, deltametrina i cipermetrina za adulte 12 populacija žitnog žiška iz nekadašnje Jugoslavije, konstatovana je rezistentnost tri populacije prema deltametrinu, a na žiške iz tih populacija slabije su delovali i malation i cipermetrin, nego na žiške normalno osetljive populacije (Kljajić i Perić, 2006). Takođe, utvrđeno je značajno povećanje rezistentnosti na deltametrin populacije žitnog žiška koja je podvrgnuta selekciji u laboratorijskim uslovima (Kljajić i Perić, 2007a).

Poznato je da zbog neadekvatne primene kontaktnih insekticida u zaštiti uskladištenog žita može preživeti značajan broj štetnih insekata, što pored direktnih ekonomskih posledica doprinosi i ubrzanom razvoju rezistentnosti populacija na insekticide. U programiranju ovog rada namera je bila da se ispituju efekti subletalnih doza na nivou LD₂₀ i LD₅₀ dihlorvosa, malationa, hlörpirifos-metila, pirimifos-metila i deltametrina na produkciju potomstva populacija žitnog žiška kod kojih je ranije utvrđena različita osetljivost na insekticide.

MATERIJAL I METODE

Adulti žitnog žiška koji su korišćeni u testiranjima gajeni su u insektarijumu, u skladu sa metodama koje su opisali Harein i Soderstrom (1966) i Davis i Bry

(1985), na celom zrnju meke pšenice, vlažnosti oko 12%, u staklenim teglama zapremine 2,5 l, na temperaturi 26±1°C i relativnoj vlažnosti vazduha 60±5%.

Testirani su efekti insekticida na adulte žižaka iz tri populacije kod kojih je ranije utvrđena osetljivost na ove insekticide (Kljajić i Perić, 2007a):

a) laboratorijske populacije, normalno osetljive na insekticide,

b) populacije iz Luke Beograd selekcionisane sa LD₇₀ pirimifos-metila (RR – faktori rezistentnosti na filter-papiru posle 48 h izlaganja na nivou LD₉₅ za: dihlorvos 2,6, malation 4,6, hlörpirifos-metil 2,0, pirimifos-metil 2,3 i deltametrin 15,2), i

c) populacije iz Bijeljine selekcionisane sa LD₇₀ deltametrina (RR – faktori rezistentnosti na filter-papiru posle 48 h izlaganja na nivou LD₉₅ za: dihlorvos 2,9, malation 2,5, hlörpirifos-metil 1,7, pirimifos-metil 1,5 i deltametrin 21,1).

U svim testiranjima korišćeni su adulti žižaka oba pola, starosti 2-4 nedelje i utvrđivani su efekti dve doze izabranih insekticida, na nivou LD₂₀ i LD₅₀ (koje su prethodno određene za svaku populaciju), na produkciju potomstva testiranih žižaka. Upotrebljeni su tehnički koncentracije insekticida dihlorvosa (98%), malationa (96%), hlörpirifos-metila (97%), deltametrina (98%) i komercijalni preparat sa 500 g/l a.m. pirimifos-metila (Actellic 50 EC, Syngenta, Švajcarska). Odgovarajuće koncentracije insekticida dobijene su rastvaranjem u smeši heksana, acetona i suncokretovog ulja (u odnosu 3:1:1). Efekti LD₂₀ i LD₅₀ upotrebljenih insekticida utvrđivani su posle njihovog nanošenja na diskove filter-papira (Whatman No. 1) u petri-posudama, prema metodi koju su opisali Haliscak i Beeman (1983), koja je u skladu sa metodom FAO br. 15 (Busvine, 1980). Na diskove filter-papira namenjene kontroli aplicirana je smeša heksana, acetona i suncokretovog ulja.

Po 50 adulta žižaka preživelih subletalne doze insekticida na tretiranom filter-papiru, u trajanju od 24 časa, je prebacivano u staklene posude sa po 500 g netretirane pšenice, u tri ponavljanja. Posle četiri nedelje žišci su uklonjeni iz posuda. Posle 10 nedelja utvrđivana je brojnost u F₁ a posle ukupno 16 nedelja produkcija potomstva u F₂ generaciji. Ovaj deo biotesta se odvijao u odvojenoj prostoriji sa istom temperaturom i relativnom vlažnosti vazduha kao što su bili uslovi tokom gajenja žižaka.

Produkcija potomstva u F₁ i F₂ generaciji je predstavljena kao prosečan broj živih novoizašlih jedinki sa izračunatom standardnom greškom. Rezultati su statistički obrađeni jednofaktorijalnom analizom varijanse

(ANOVA), a značajnost razlika između rezultata dobijenih u kontroli i tretmanima je utvrđena pomoću Fisher LSD testa ($p > 0,05$) (Sokal i Rohlf, 1995). Redukcija brojnosti potomstva u odnosu na kontrolu je prikazana u procentima (RP %) prema formuli koju su u sličnim istraživanjima koristili Taponjoi i sar. (2002).

REZULTATI

Rezultati utvrđenih efekata prethodnog izlaganja žižaka subletalnim dozama insekticida, na nivoima LD₂₀ i LD₅₀, na produkciju potomstva u F₁ i F₂ generaciji kod laboratorijske populacije prikazani su u tabeli 1, kod selekcionisane populacije poreklom iz Luke Beograd u tabeli 2 i kod selekcionisane populacije poreklom iz Bijeljine u tabeli 3.

Najveća redukcija potomstva laboratorijskih žižaka u F₁ generaciji je zabeležena nakon prethodnog izlaganja adulta roditelja subletalnim dozama dihlorvosa, 95% na nivou LD₂₀ i 96% na nivou LD₅₀. Takođe, značajno veću redukciju brojnosti žižaka u odnosu na kontrolu su prouzrokovali i hlörpirifos-metil i deltametrin, dok je na nivou LD₂₀ prosečna brojnost potomaka posle kontakta sa malationom i pirimifos-metilom kao u kontroli, a na nivou LD₅₀ veća 50%, odnosno 40%.

U F₂ generaciji je najveća redukcija potomstva zabeležena nakon prethodnog izlaganja roditelja subletalnoj dozi dihlorvosa na nivou LD₂₀, 74%, odnosno

hlörpirifos-metila na nivou LD₅₀, 84%. Prosečna brojnost potomstva posle kontakta roditelja sa ostalim insekticidima na nivou LD₂₀, i malationa i deltametrina na nivou LD₅₀, je praktično kao u kontroli, dok se prosečna brojnost posle kontakta sa pirimifos-metilom na nivou LD₅₀ povećala 84%, ali je, statistički, na istom nivou kao kod malationa.

Generalno, posle kontakta roditelja selekcionisanih žižaka iz Luke Beograd sa subletalnim dozama svih insekticida je, u odnosu na kontrolu, prouzorkovana statistički značajna redukcija potomstva. Posle delovanja LD₂₀ nominalno najveća redukcija potomstva i u F₁ i F₂ generaciji zabeležena je kod deltametrina (75%), a najmanja kod hlörpirifos-metila u F₁ generaciji (46%) i dihlorvosa u F₂ generaciji (56%). Međutim, ispoljene razlike između svih insekticida u F₁ generaciji nisu statistički značajne, kao ni između deltametrina, pirimifos-metila i malationa, i dihlorvosa i hlörpirifos-metila u F₂ generaciji.

Kod žižaka preživelih izlaganje dozama LD₅₀ nominalno najveća redukcija potomstva i u F₁ i F₂ generaciji ostvarena je kod dihlorvosa (83 i 84%) i hlörpirifos-metila (83 i 85%), a najmanja kod pirimifos-metila (oko 44%). Međutim, ispoljene razlike između insekticida u F₁ generaciji nisu statistički značajne ili su male, a u F₂ generaciji nisu značajne između dihlorvosa i hlörpirifos-metila, i deltametrina i malationa.

Nominalno najveća redukcija potomstva selekcionisanih žižaka poreklom iz Bijeljine u F₁ generaciji je

Tabela 1. Prosečan broj živih novoizšlih adulta laboratorijske populacije žitnog žiška i redukcija potomstva (RP %) u F₁ i F₂ generaciji, posle 24 h kontakta roditelja sa filter-papirom tretiranim sa dozama na nivou LD₂₀ i LD₅₀ kontaktnih insekticida

Insekticid ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	F ₁ generacija		F ₂ generacija	
	Prosečan broj živih adulta	RP (%)	Prosečan broj živih adulta	RP (%)
Doza LD₂₀				
Dihlorvos (1,17)	7,33±3,89 a*	95,1	28,00±20,66 a	74,4
Malation (6,63)	116,67±50,54 de	21,9	61,00±10,15 ab	44,2
Hlörpirifos-metil (0,72)	55,67±16,50 bc	62,7	51,33±12,01 ab	53,0
Pirimifos-metil (5,98)	137,33±40,65 e	8,0	53,00±28,58 ab	51,5
Deltametrin (0,43)	83,67±24,95 cd	44,0	72,00±21,63 ab	34,2
Doza LD₅₀				
Dihlorvos (1,95)	6,00±5,00 a	96,0	28,67±15,22 a	73,8
Malation (8,32)	225,67±22,37 f	- 51,1	159,33±55,47 cd	- 45,7
Hlörpirifos-metil (0,94)	16,67±7,51 ab	88,8	17,33±4,62 a	84,2
Pirimifos-metil (7,67)	209,33±31,34 f	- 40,2	201,33±73,46 d	- 84,2
Deltametrin (1,11)	36,33±22,01 ab	75,7	54,67±33,50 ab	50,0
Kontrola	149,33±33,50 e	-	109,33±44,29 bc	-

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

Tabela 2. Prosečan broj živih novoizazlih adulta žitnog žiška iz populacije Luka Beograd (selekcionisana pirimifos-metilom) i redukcija potomstva (RP %) u F₁ i F₂ generaciji, posle 24h kontakta roditelja sa filter-papirom tretiranim sa dozama na nivou LD₂₀ i LD₅₀ kontaktnih insekticida

Insekticid (µg/cm ²)	F ₁ generacija		F ₂ generacija	
	Prosečan broj živih adulta	RP (%)	Prosečan broj živih adulta	RP (%)
Doza LD₂₀				
Dihlorvos (1,82)	42,00±10,54 b*	48,6	42,67±4,16 cd	55,5
Malation (13,00)	29,67±17,67 ab	63,7	25,00±3,00 ab	74,0
Hlorpirifos-metil (1,82)	43,33±32,81 b	46,5	41,00±16,37 cd	57,3
Pirimifos-metil (9,36)	30,67±0,58 ab	62,4	24,67±4,73 ab	74,3
Deltametrin (5,20)	20,33±9,02 ab	75,1	24,33±4,93 ab	74,6
Doza LD₅₀				
Dihlorvos (3,64)	14,00±5,20 a	83,3	15,67±1,15 a	83,7
Malation (19,89)	36,67±27,15 ab	55,1	30,67±2,52 bc	68,1
Hlorpirifos-metil (2,47)	13,67±2,31 a	83,3	14,67±1,15 a	84,7
Pirimifos-metil (13,00)	46,33±17,39 b	43,3	53,67±3,51 d	44,1
Deltametrin (11,05)	24,00±1,73 ab	70,6	35,33±11,93 bc	63,2
Kontrola	81,67±6,03 c	-	96,00±12,17 e	-

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

Tabela 3. Prosečan broj živih adulta žitnog žiška iz populacije Bijeljina (selekcionisana deltametrinom) i redukcija potomstva (RP %) u F₁ i F₂ generaciji, posle 24 h kontakta roditelja sa filter-papirom tretiranim sa dozama na nivou LD₂₀ i LD₅₀ kontaktnih insekticida

Insekticid (µg/cm ²)	F ₁ generacija		F ₂ generacija	
	Prosečan broj živih adulta	RP (%)	Prosečan broj živih adulta	RP (%)
Doza LD₂₀				
Dihlorvos (1,69)	14,33±4,62 abc*	63,9	6,67±1,53 ab	35,5
Malation (12,09)	35,33±15,04 bc	10,9	13,00±5,29 b	- 25,8
Hlorpirifos-metil (1,17)	90,00±51,10 d	- 126,9	24,33±14,57 c	- 135,5
Pirimifos-metil (6,24)	46,33±35,57 c	- 16,8	7,33±4,51 ab	29,0
Deltametrin (5,59)	9,33±6,43 ab	76,5	5,00±2,00 ab	51,6
Doza LD₅₀				
Dihlorvos (3,51)	0,00±0,00 a	100	0,00±0,00 a	100
Malation (17,29)	0,00±0,00 a	100	0,00±0,00 a	100
Hlorpirifos-metil (1,56)	11,33±6,66 abc	71,4	5,67±4,51 ab	45,2
Pirimifos-metil (9,75)	17,00±7,00 abc	57,1	8,00±2,65 ab	22,6
Deltametrin (16,12)	0,00±0,00 a	100	0,00±0,00 a	100
Kontrola	39,67±21,22 bc	-	10,33±2,08 b	-

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

zabeležena nakon prethodnog izlaganja roditelja subletalnim dozama deltametrina na nivou LD₂₀ (76%) i dihlorvosa, malationa i deltametrina na nivou LD₅₀ (100%). Kod žižaka preživelih delovanje LD₂₀ hlorpirifos-metila brojnost potomstva je nominalno više nego duplo veća nego u kontroli (127%), a takođe je veća i kod žižaka preživelih delovanje LD₂₀ pirimifos-metila (za 17%). Međutim, ispoljene razlike u prosečnoj brojnosti potomstva na nivou LD₂₀ nisu statistički značajne

između dihlorvosa, malationa i deltametrina, zatim između malationa i pirimifos-metila, ali i između kontrole i dihlorvosa, malationa, pirimifos-metila i deltametrina. Na nivou LD₅₀, statistički značajne razlike u prosečnoj brojnosti potomstva nema između kontrole, hlorpirifos-metila i pirimifos-metila.

U F₂ generaciji je nominalno najveća redukcija potomstva zabeležena nakon prethodnog izlaganja roditelja subletalnoj dozi deltametrina na nivou LD₂₀

(52%) i dihlorvosa, malationa i deltametrina na nivou LD₅₀ (100%). Međutim, kod žižaka preživelih delovanja LD₂₀ hlörpirifos-metila brojnost potomstva je nominalno više nego duplo veća nego u kontroli (135%), a za 26% je veća i kod žižaka preživelih delovanje malationa. Ispoljene razlike u prosečnoj brojnosti potomstva na nivou LD₂₀ nisu statistički značajne između kontrole, dihlorvosa, malationa, pirimifos-metila i deltametrina, a na nivou LD₅₀ između kontrole, hlörpirifos-metila i pirimifos-metila.

DISKUSIJA

Očigledno je da je prethodno izlaganje žižaka iz sve tri testirane populacije subletalnim dozama većine insekticida značajno uticalo na redukciju potomstva, gde se po „stabilnosti“ ispoljavanja efektivnosti, bez obzira na utvrđeni status osetljivosti žižaka na kontaktne insekticide (Kljajić i Perić, 2006, 2007a), izdvajaju dihlorvos i deltametrin. Variranja u ispoljavanju efektivnosti insekticida se javljaju kod laboratorijskih žižaka i selekcionisanih žižaka iz Luke Beograd posle kontakta sa dozama na nivou LD₅₀, a kod selekcionisanih žižaka iz Bijeljine posle kontakta sa dozama na nivou LD₂₀.

Računajući rezultate dobijene za sve tri testirane populacije žitnog žižka može se konstatovati da je najizraženije smanjenje produkcije potomstva bilo kod selekcionisanih žižaka poreklom iz Bijeljine koji su preživeli tretiranje dozom na nivou LD₅₀ dihlorvosa, malationa i deltametrina. Međutim, kod laboratorijskih žižaka je posle izlaganja dozama na nivou LD₅₀ malationa i pirimifos-metila značajno stimulisana produkcija potomstva i u F₁ i F₂ generaciji, i, naročito, kod selekcionisanih žižaka poreklom iz Bijeljine koji su preživeli tretman sa LD₂₀ hlörpirifos-metila. Kod žižaka iz Bijeljine veća brojnost u F₁ generaciji bila je i posle tretiranja sa LD₂₀ pirimifos-metila i u F₂ generaciji posle tretiranja sa LD₂₀ malationa, dok tretman sa LD₅₀ hlörpirifos-metila i pirimifos-metila praktično nema uticaja na potomstvo pomenute populacije.

Više puta je dokazano da pored akutne toksičnosti insekticida mogu prouzrokovati i različite subletalne efekte kod tretiranih insekata, među kojima su i različiti efekti na reprodukciju preživelih jedinki. Hamilton i Schal (1990) su, na primer, utvrdili da subletalne doze hlörpirifos-metila na nivoima LD₁₀, LD₂₀ i LD₅₀ značajno redukuju fekunditet, kao i dugovečnost odraslih ženki smeđe bubašvabe (*Blattella germanica*). Takođe

kod smeđe bubašvabe, Abd-Elghafar i Appel (1992) su utvrdili da se fekunditet i dugovečnost odraslih mužjaka i ženki značajno redukuju sa povećanjem subletalnih doza ciflutrina i hidrametilnona, ali se fekunditet i dugovečnost odraslih ženki povećava sa povećanjem subletalnih doza hlörpirifosa. Lee i sar. (1998) su konstatovali da se fekunditet ženki pomenute vrste bubašvaba tretiranih subletalnim dozama deltametrina i propoksura (na nivoima LD₁₀, LD₃₀ i LD₅₀) značajno smanjuje sa povećanjem doza ovih insekticida, a smanjivana je i produkcija ooteka i brojnost nimfi.

Od skladišnih vrsta insekata, Longstaff (1991) je utvrđivao efekte pirimifos-metila i deltametrina na produkciju potomstva pirinčanog žižka, *Sitophilus oryzae*. Pomenuti istraživač je konstatovao da pirimifos-metil primenjen u količini 3,0 i 1,0 mg/kg zrna potpuno redukuje potomstvo pirinčanog žižka iz normalno osetljive populacije i populacije koja je rezistentna prema piretroidima i organofosfatima. Međutim, niska doza ovog insekticida (0,3 mg/kg zrna) u početku je stimulisala fekunditet 100%, ali su ženke kasnije prestale da polažu jaja. Deltametrin je ispoljavao srazmernu depresiju fekunditeta osetljivih ženki sa porastom doza ovog insekticida. Međutim, kod ženki ovog žižka visoko rezistentnih na malation i rezistentnih na fenitrotion, sa ukrštenom rezistentnošću na deltametrin, konstatovan je promenljiv uticaj pirimifos-metila i deltametrina na fekunditet, s tim što je bio izraženiji uticaj pirimifos-metila.

Kljajić i Perić (2007b) su konstatovali da se posle kontakta selekcionisanih žižaka iz Luke Beograd sa tretiranom pšenicom značajno smanjuje samo toksičnost dihlorvosa i deltametrina (RR oko 5,0 na nivou LD₉₅), a kod selekcionisanih žižaka iz Bijeljine samo deltametrina (RR 14,1 na nivou LD₉₅), što se odrazilo i na povećanje njihovih minimalnih efektivnih doza (MED) za jedinke u F₁ i F₂ generaciji. Međutim, Kljajić i Perić (2009) su ispitivanjem rezidualnih efekata depozita formulacija deltametrina u obliku prašiva na selekcionisane žiške iz Luke Beograd konstatovali da efektivnost preporučene količine primene ovog insekticida (0,5 mg/kg) varira kod depozita starosti do 150 dana (81-100%), a da je kod depozita starog 720 dana oko 50%.

Rezultati dobijeni u ovim istraživanjima pokazuju da subletalne doze pojedinih kontaktnih insekticida mogu uticati na smanjenje brojnosti potomstva preživelih jedinki žitnog žižka, ali da je moguće i iniciranje povećanja brojnosti primenom subletalnih doza, što je svakako u vezi sa istorijatom primene insekticida u suzbijanju ili prinudnoj selekciji svake populacije.

ZAHVALNICA

Rad je rezultat projekta TR 20060 – Optimizacija primene aktuelnih i istraživanje novih fungicida i zoocida u funkciji njihove efikasnosti i bezbednosti hrane, koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

LITERATURA

Abd-Elghafar, S.F. and Appel, A.G.: Sublethal effects of insecticides on adult longevity and fecundity of German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology*, 85: 1809-1817, 1992.

Anonimus: Pesticidi u prometu u Srbiji (2009). Biljni lekar, 2-3, 2009.

Arbogast, R.T.: Beetles: Coleoptera. In: Ecology and Management of Food Industry Pests (Gorham J.R., ed.). FDA Technical Bulletin 4, Association of Analytical Chemists, Virginia, USA, 1991, pp. 131-176.

Arthur, F.H.: Grain protectant: current status and prospects for the future. *Journal of Stored Products Research*, 32: 293-302, 1996.

Busvine, J.R.: Recommended methods for measurement of pest resistance to pesticides. *FAO Plant Production and Protection Paper*, 21: 77-90, 1980.

Davis, R. and Bry, R.E.: *Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae* and *Sitophilus zeamais*; *Tribolium confusum* and *Tribolium castaneum*. In: Handbook of Insect Rearing, Vol. I (Singh P., Moore R.F., eds.). Elsevier, Amsterdam-Oxford-NewYork-Tokyo, 1985, pp. 287-293.

Daglish, G.J.: Opportunities and barriers to the adoption of potential new grain protectants and fumigants. *Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection*, Campinas, Brazil, 2006, pp. 209-216.

Haliscak, J.P. and Beeman, R.W.: 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, 1983.

Hamilton, R.L. and Schal, C.: Sublethal effects of chlorpyrifos-methyl on reproduction in female German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology*, 83: 441-443, 1990.

Harein, C.R. and Soderstrom, E.L.: Coleoptera infesting stored products. In: *Insect Colonization and Mass Production* (Smith C.N., ed.). Academic Press, New York and London, 1966, pp. 241-257.

Hill, D.S.: *Pests of Stored Products and Their Control*. Belhaven Press, London, UK, 1990.

Kljajić, P.: Suzbijanje štetnih insekta uskladištenog žita. U: *Zaštita uskladištenih biljnih proizvoda od štetnih organizama* (P. Kljajić, urednik). Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Beograd, 2008, str. 67-100.

Kljajić, P. and Perić, I.: 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, 2006.

Kljajić, P. and Perić, I.: Altered susceptibility of granary weevil *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) populations to insecticides after selection with pirimiphos-methyl and deltamethrin. *Journal of Stored Products Research*, 43: 134-141, 2007a.

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

Kljajić, P. and Perić, I.: 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, 2009.

Lee, C.Y., Yap, H.H. and Chong, N.L.: Sublethal effects of deltamethrin and propoxur on longevity and reproduction of German cockroaches, *Blattella germanica*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 89: 137-145, 1998.

Longstaff, B.C.: An experimental study of the fitness of susceptible and resistant strains of *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 27: 75-82, 1991.

Rees, D.: Weevils (Family: Curculionidae). In: *Insects of Stored Products*. CSIRO Publishing, Australia and Manson Publishing Ltd, UK, 2004, pp. 46-51.

Sokal, R.R. and Rohlf, F.J.: *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research* (3rd edition). W.H. Freeman and Company, New York, 1995.

Tapondjou, L.A., Adler, C., Bouda, H. and Fontem D.A.: 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, 2002.

White, N.D.G. and Leesch, J.G.: Chemical control. In: *Integrated Management of Insects in Stored Products* (Subramanyam Bh., Hagstrum D.W., eds.). Marcel Dekker, NewYork-Basel-Hong Kong, 1996, pp. 287-330.

Effects of Sublethal Doses of Contact Insecticides on Offspring Production of Different Granary Weevil Populations

SUMMARY

The effects of prior contact of granary weevil (*Sitophilus granarius* L.) parents from a laboratory population, a Belgrade Port population (selected with LD₇₀ pirimiphos-methyl) and a Bijeljina population (selected with LD₇₀ deltamethrin) with filter paper treated with sublethal doses (LD₂₀ and LD₅₀) of the insecticides dichlorvos, malathion, chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl and deltamethrin on offspring production of the surviving insects in F₁ generation (after 10 weeks) and F₂ generation (after 16 weeks) in untreated wheat grain was examined under laboratory conditions.

Offspring reduction of laboratory weevils was highest at 96% in the F₁ generation after parents' contact with LD₅₀ dichlorvos, and lowest in F₂ generation after contact with LD₅₀ pirimiphos-methyl with 84% more insects than in the control. The highest offspring reduction of selected weevils from Belgrade Port, 83%, was recorded in F₁ generation after treatment with LD₅₀ dichlorvos and chlorpyrifos-methyl, and the lowest in F₁ and F₂ generations after contact with LD₅₀ pirimiphos-methyl, around 44%. The highest offspring reduction of the selected weevils from Bijeljina, 100%, was found in F₁ and F₂ generations after contact with LD₅₀ dichlorvos, malathion and deltamethrin, and the lowest again in F₁ and F₂ generations after contact with LD₂₀ chlorpyrifos-methyl, in which case insect numbers were some 130% higher than in the control.

The results indicate that sublethal insecticide doses, apart from a significant decrease in their efficacy against treated granary weevil populations, may also provoke an increase in insect numbers in the following generations.

Keywords: *Sitophilus granarius* populations; Contact insecticides; Sublethal effects; Offspring production