

Rezistentnost skladišnih insekata prema insekticidima

Petar Kljajić i Ilija Perić

Institut "Srbija", Centar za pesticide i zaštitu životne sredine, Beograd-Zemun

REZIME

Zbog čestog prisustva štetnih insekata u skladištima i uskladištenim biljnim proizvodima, preduzimaju se različite mere njihovog suzbijanja, među kojima je najznačajnija primena insekticida. Najviše se koristi fumigant fosfin, a u upotrebi su i kontakti insekticidi, od kojih su ranije primenjivana jedinjenja iz grupa organohlorovanih ugljovodonika i karbamata, a danas su u upotrebi pojedini organofosfati i piretroidi. Postoji više razloga za nezadovoljavajuće efekte korišćenih insekticida, među kojima rezistentnost populacija štetnih insekata predstavlja najznačajniji limitirajući faktor njihove dalje primene, a može dovesti i do ozbiljnih ekonomskih i ekoloških posledica i negativnog uticaja na ljudsko zdravlje.

Rezultati testiranja osetljivosti populacija različitih vrsta skladišnih insekata pokazuju da je rezistentnost prema fosfinu, u svetu, uglavnom na niskom nivou i najčešće se javlja kod vrsta *Tribolium confusum* i *T. castaneum*, zatim *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* i *Plodia interpunctella*. U Australiji je poslednjih godina sve veći broj populacija, posebno kod *R. dominica*, sa visokom rezistentnošću prema ovom fumigantu, dok je u azijskim zemljama (Kina, Indija i Filipini) i u pojedinim delovima Afrike i Srednje Amerike problem rezistentnosti daleko izraženiji, pre svega zbog vrlo povoljnih uslova za razvoj i razmnožavanje ovih insekata. U Srbiji i Crnoj Gori nije utvrđivana promena osetljivosti skladišnih insekata prema fosfinu ili nekom drugom fumigantu.

U svetu se rezistentnost prema kontaktnim insekticidima najčešće i najizraženije ispoljava prema piretroidima, samostalno ili sa piperonil-butoksidom, i to posebno prema deltametrinu, ciflutrinu i cipermetrinu kod *T. castaneum* i *S. oryzae*. Kod organofosfata, prema fenitrothionu su utvrđeni najviši nivoi promenjene osetljivosti pojedinih populacija *Oryzaephilus surinamensis*. Visoki nivoi rezistentnosti prema pirimifos-metilu su konstatovani najčešće kod populacija *S. oryzae*, *Acanthoscelides obtectus* i *O. surinamensis*, a prema malationu kod *P. interpunctella* i *T. castaneum*, dok su prema hlorthirifos-metilu i dihlorvosu utvrđeni daleko niži nivoi promenjene osetljivosti. U Srbiji i Crnoj Gori je jedino u laboratoriji Centra za pesticide i zaštitu životne sredine, Beograd-Zemun, na sveobuhvatan način testirana osetljivost više populacija *Sitophilus granarius*, prema aktuelnim kontaktnim insekticidima. Niski nivoi rezistentnosti su utvrđeni kod pojedinih populacija prema pirimifos-metilu i visoki prema deltametrinu. Takođe, kod nekih populacija ovog insekta konstatovana je i ukrštena rezistentnost.

Ključne reči: Uskladišteni proizvodi; skladišni insekti; insekticidi; rezistentnost

UVOD

Poznato je da je danas u svetu zaštita uskladištenih biljnih proizvoda zasnovana na primeni sistema integralnih mera upravljanja štetocinima. Ovakav pristup je efikasniji i ekonomičniji od pojedinačnih mera, a pokriva sve potrebe zaštite proizvoda u skladištima, objektima industrije hrane i distributivnim putevima prehrambenih proizvoda. Polazne osnove za primenu ovog sistema su: detaljno poznavanje biologije i ekologije najopasnijih štetnih vrsta i osmišljavanje najpogodnijeg načina njihove detekcije i monitoringa tokom vremena, kao i poznavanje najpogodnijih mera za primenu u određenim uslovima (Sinha, 1995; Kljajić i sar., 1995; Hagstrum i Flinn, 1996; Schöller i sar., 1997; Sparrow, 1997; Almaši i Kljajić, 2000; Chambers, 2003).

U okviru hemijskih metoda zaštite uskladištenih proizvoda, kao još uvek najvažnijeg dela integralnog sistema, koriste se fumiganti; metil-bromid (u primeni do 2010. godine) i fosfin, a od kontaktnih insekticida: organofosfatna jedinjenja (dihlorvos, malation, hlörpirifos-metil i pirimifos-metil) i piretroidi (deltametrin, bioresmetrin i ciflutrin). Kontaktni insekticidi se primenjuju prilikom unošenja žita u skladišne objekte u tečnom obliku ili, rede, u obliku prašiva i omogućavaju dugotrajnu zaštitu od štetnih insekata (Arthur, 1994; Desmarchelier, 1994; White i Leesch, 1996; Tomlin, 2003). Međutim, postoji više razloga za nezadovoljavajuće efekte primenjenih insekticida u suzbijanju štetnih insekata uopšte, uključujući i štetne vrste u skladištima. Promenjena osetljivost, odnosno rezistentnost, pojedinih populacija štetnih insekata, predstavlja najznačajniji limitirajući faktor primene kontaktnih insekticida, jer pored izostanka efekata suzbijanja dovodi do ekonomskih i ekoloških posledica, pa i do negativnog uticaja na zdravlje ljudi (Busvine, 1980; Metcalf, 1989; Perić, 1990; Soderland i Bloomquist, 1990; Perić, 2000).

Već u prvim globalnim analizama stanja rezistentnosti štetnih artropoda prema pesticidima, skladišni insekti su zauzeli značajno mesto. Na primer, FAO je finansirao projekat u čijoj su realizaciji, 1972. i 1973. godine, prikupljeni podaci iz celog sveta o utvrđenoj rezistentnosti skladišnih insekata prema do tada primenjivanim insekticidima (Champ i Dyte, 1976). Takođe, posle svog prvog kompletnijeg sagledavanja stanja rezistentnosti štetnih artropoda u svetu, Akcioni komitet za rezistentnost prema insekticidima i akari-cidima (IRAC), formiran od tadašnje Međunarodne grupe nacionalnih udruženja proizvođača hemikalija

(GIFAP), objavio je analizu i prikaz dve kategorije štetnih artropoda, razvrstane prema nivoima rezistentnosti, u koje su svrstani i pojedini skladišni insekti (Voss, 1987). U prvoj kategoriji su bili: kestenjasti brašnar (*Tribolium castaneum*) zbog rezistentnosti prema organohlorovanim i organofosforim insekticidima i fosfinu žitni žižak (*Sitophilus granarius*), zbog rezistentnosti prema organohlorovanim insekticidima, pirinčani žižak (*Sitophilus oryzae*) zbog rezistentnosti prema organohlorovanim, organofosforim i karbamatnim insekticidima, surinamski brašnar (*Oryzaephilus surinamensis*) zbog rezistentnosti prema organohlorovanim i organofosforim insekticidima i žitni moljac (*Sitotroga cerealella*) zbog rezistentnosti prema organofosforim insekticidima i fosfinu.

Aktuelnost problema rezistentnosti skladišnih insekata i danas je u žiži interesovanja, i u mnogim zemljama u njegovom rešavanju su angažovane naučne institucije i resorne državne uprave.

U ovom radu je, posle pregleda insekticida za suzbijanje skladišnih insekata, dat istorijat i pregled stanja rezistentnosti važnijih vrsta štetnih skladišnih insekata prema ranije primenjivanim i aktuelnim insekticidima, u svetu i kod nas. Kroz osvrt i analizu uticaja uzroka i posledica utvrđene rezistentnosti kod pojedinih vrsta, proizlazi i predlog koje vrste insekata treba sa posebnom pažnjom pratiti i obavezno ih uključivati u proces monitoringa. Takođe, ukazuje se na metode koje treba koristiti za prevazilaženje nastale rezistentnosti skladišnih insekata prema insekticidima.

INSEKTICIDI ZA SUZBIJANJE ŠETNIH INSEKATA U SKLADIŠTIMA

Fumiganti

Osobine fumiganata i uslovi koji su potrebni za njihovu uspešnu primenu u zaštiti uskladištenih proizvoda detaljno su opisani u publikacijama koje su dali Monro (1961) i Bond (1984).

Saznanja o mehanizmima delovanja fumiganata koji se mogu primeniti ili se primenjuju u zaštiti uskladištenih proizvoda nisu se značajnije menjala u odnosu na one koje je dao Price (1985). Ovaj autor ističe da se fiziološka reakcija na prisustvo metil-bromida kod insekata ogleda u njihovoj iritaciji, hiperaktivnosti i paralizi, a biohemijska aktivnost se manifestuje metilacijom proteina, najčešće preko SH-grupe kao glavnog mesta delovanja, zatim glikolize i

oksidativne fosforilacije. Kod sisara mehanizam delovanja fosfina je sličan delovanju fumiganta cijanovodonika (HCN), jer inhibira enzim katalazu i reaguje, obavezno u prisustvu kiseonika, sa hemoglobinom u krvi. U fiziološkom smislu, usled prisustva fosfina dolazi do inhibicije disanja, što se posebno snažno ispoljava na biohemijskom nivou putem inhibicije enzima citohrom-c-oksidge, odnosno disanja u mitohondrijama ćelija.

Vremenom su se izbor fumiganata i saznanja o njima menjali, prvenstveno u delu koji se odnosi na slabu primenljivost u praksi ili konstatovane nepovoljne toksikološke osobine pojedinih fumiganata, kao što su: cijanovodonik, etilen-oksidge, etilen-dibromidge, etilen-dihloridge, etil-format, tetrahloretilen, ugljen-disulfidge, ugljen-tetrahloridge i hlorpikrin (Walter, 1991; Banks, 1994). Samim tim u svetu su za zaštitu, pre svega uskladištenog žita, već dugo vremena u primeni samo metil-bromidge i fosfin. Međutim, metil-bromidge je na sastanku u Kopenhagenu 1992. godine, u okviru tzv. Montrealskog protokola, označen kao materija koja oštećuje ozonski omotač, zbog čega je od 1995. godine pod restrikcijom proizvodnje i primene, a 2010. godine biće u potpunosti isključen (White i Leesch, 1996), s tim što ima predloga da se taj rok pomeri do 2015. godine.

Posle najave zabrane primene metil-bromidge traži se alternativa za ovaj fumigant. Pominju se ozon, ugljen-disulfidge, metalil-hloridge, sulfurile-fluoridge (Banks, 1994), ugljen-sulfidge (Weller i Morton, 2001). Reichmuth (1999), na primer, ističe dobre rezultate efekata generatora fosfina ili metil-fosfina, novog patenta iz Velike Britanije, kao i primene toplote, hlađenja i zračenja. Rezultati vrlo detaljnih višegodišnjih ispitivanja sulfurile-fluoridge izdvajaju ovaj fumigant kao adekvatnu zamenu za metil-bromidge, pre svega za primenu u mlinovima (Bell i sar., 1999; Schneider i Hartsell, 1999; Ducom i sar., 2003; Bell i sar., 2003).

Kontaktne insekticide

Prednost primene kontaktnih insekticide, u odnosu na fumigante, ogleda se u njihovoj perzistentnosti, od nekoliko meseci do godinu dana, i sprečavanju ponovne infestacije tretiranih proizvoda štetnim insektima, kao i bezbednijoj aplikaciji u odnosu na fumigante (pomoću relativno jednostavne opreme) i efektivnosti primene u skladištima kod kojih je, zbog manje ili veće oštećenosti strukture objekta, upotreba fumiganata nedovoljno efikasna. Njihov nedostatak se ogleda u pojavi rezidua u tretiranim proizvodima i

izraženijoj mogućnosti razvoja rezistentnosti kod pojedinih populacija štetnih insekata (White i Leesch, 1996).

Izbor registrovanih preparata, na bazi različitih aktivnih materija, zavisi od potrebe svake države. Od organofosfatnih insekticide najčešće se primenjuju malation, dihlorvos, hlorporifos-metil, pirimifos-metil i fenitroton, a manje metakrifos i etrimfos. Deltametrin i ciflutrin, sa sinergistom piperonil-butoksidge, su najčešće primenjivana piretroidna jedinjenja, dok se manje koriste permetrin, resmetrin, bioresmetrin, cipermetrin i fenvalerat (White i Leesch, 1996). U SAD je, na primer, u toku preregistracija insekticide za zaštitu uskladištenih proizvoda registrovanih do 1986. godine, zbog čega će njihov izbor biti značajno promenjen. U toj zemlji, za direktnu aplikaciju na ječam, ovas, pirinač i pšenicu registrovan je hlorporifos-metil, a pirimifos-metil za nanošenje na kukuruz (Arthur, 1996). Malation će ubuduće, najverovatnije, biti primenjivan samo za površinski tretman zrnene mase, dihlorvos se koristi za tretman prostora, u obliku aerosola, a od piretroida je registrovan samo ciflutrin. U Kanadi je malation najvažnije registrovano jedinjenje, a pored njega u upotrebi je još samo sinergizovan piretrin, dok se u Australiji, Velikoj Britaniji i Francuskoj primenjuje veći broj kontaktnih insekticide, samostalno ili u kombinaciji, u zavisnosti od zastupljenosti vrsta štetnih insekata (White i Leesch, 1996).

Na često postavljano pitanje da li koristiti samo fumigante ili samo kontaktne insekticide u skladištima, australijski istraživač Desmarchelier (1999) je mišljenja da nije potrebno opredeljavati se za ili protiv, već predlaže da se njihovo korišćenje posmatra integralno, imajući u vidu pojedinačne prednosti, a strogo vodeći računa o uslovima u skladišnim objektima, koji mogu značajno uticati na uspeh sprovedenih mera bilo koje vrste insekticide.

Od fumiganata u Srbiji i Crnoj Gori, za primenu u skladištima su registrovana tri preparata, od dve aktivne materije; aluminijum i magnezijum-fosfidge, a od kontaktnih insekticide u primeni je 12 preparata od četiri aktivne materije: dihlorvosa, malationa, pirimifos-metila i deltametrina (Mitić, 2004).

REZISTENTNOST ŠTETNIH INSEKATA PREMA INSEKTICIDIMA

Generalno posmatrano, rezistentnost je sposobnost određenog broja jedinki neke vrste insekta, ili

drugog organizma, da preživi dozu koja je letalna za većinu jedinki normalno osetljive populacije. Posle primene insekticida preživele rezistentne jedinke ukrštaju se međusobno ili sa osetljivim jedinkama, što rezultira u nastanku genetskog materijala samo sa rezistentnim ili osetljivim genima, ali i njihovim kombinacijama. U zavisnosti od kasnijeg selekcionog pritiska primenjenih insekticida, posebno kod insekata gde je jedan gen odgovoran za rezistentnost, nastaje homoizgotni rezistentni (RR) i heteroizgotni rezistentni genotipovi (RS i SR), dok će, u zavisnosti od jačine selekcije, biti sve manje homoizgotnih osetljivih genotipova (SS) (Tsukamoto, 1983; Subramanyam i Hagstrum, 1996).

Razvijanje rezistentnosti štetnih organizama prema pesticidima zavisi od više faktora, koji se, jednim delom, zasnivaju na biološkim osobinama organizma uz aktivnu ulogu spoljašnje sredine, a drugim, na primenu pesticida, odnosno selekcionim pritiskom (Georghiou i Taylor, 1976; Perić i sar., 1981; Georghiou, 1983; Perić, 1987; Subramanyam i Hagstrum, 1996). Uloga bioloških osobina organizma se zasniva na genetskoj i fiziološko-biohemijskoj osnovi. Rezistentnost je, najčešće regulisana jednim genom, što je tzv. monogenska ili monofaktorijska rezistentnost i važi za većinu tipova rezistentnosti, a ako zavisi od kombinovanog efekta nekoliko gena, onda je poligenska ili polifaktorijska. Može se razviti, ako je populacija štetnih insekata izložena selekcionom pritisku jednim insekticidom, ali ako se uspostavi prema drugim insekticidima, kojima nije izlagana, radi se o ukrštenoj rezistentnosti, i razvija se najčešće prema jedinjenjima srodne hemijske strukture, a rezultat je selekcije više različitih gena odgovornih za mehanizme rezistentnosti. Multirezistentnost je daleko opasnija i nastaje izlaganjem neke populacije delovanju više različitih jedinjenja, istovremeno ili u kontinuitetu, kroz dugi niz godina. Frekvencija rezistentnih gena u populaciji je postojana, tako da se rezistentnost koja se dugo razvijala prema nekom jedinjenju vrlo brzo uspostavlja ponovnom primenom istog pesticida i posle dužeg prekida njegove primene.

Fiziološko-biohemijska osnova rezistentnosti je genetski kontrolisana i manifestuje se kroz sledeće mehanizme rezistentnosti: smanjenu apsorpciju insekticida kroz kutikulu insekta, povećanu detoksikaciju uz smanjenje aktivacije pesticida, zatim promenu mesta dejstva, i promenu u ponašanju jedinki u populacijama (Oppenoorth, 1985; Perić, 1987; Metcalf, 1989; Scott, 1990; Soderland i Bloomquist, 1990).

U detoksikacionim procesima učestvuju enzimi iz različitih grupa, a mogu biti prisutni pojedinačno ili nekoliko zajedno. Ovi enzimi su katalizatori oksidativnih, hidrolitičkih i reduktivnih procesa, kao i procesa konjugacija (Oppenoorth, 1985; Hassall, 1990; Soderland i Bloomquist, 1990; Šestović i Perić, 1995a, b; Šestović i sar., 1995a, b).

Uloga ekoloških faktora u razvijanju rezistentnosti ima veliki značaj, gde se populacija posmatra kao deo ekosistema, kroz dužinu životnog ciklusa, gustinu populacije i njenu izolovanost, odnosno kroz stepen mešanja tretiranih jedinki sa netretiranim. Za razvoj rezistentnosti veliki značaj ima izbor pesticida, načina i vremena njihove primene, s tim što najveća opasnost prethodi hemijskim jedinjenjima sa jednim mehanizmom delovanja i perzistentnijim jedinjenjima, kao i manje perzistentnim pesticidima ako se često primenjuju. Istorijat primene pesticida u nekom ekosistemu ima vrlo važnu ulogu, jer se pravilnije planira redosled njihove buduće upotrebe.

ISTORIJAT I STANJE REZISTENTNOSTI SKLADIŠNIH INSEKATA PREMA INSEKTICIDIMA

Rezistentnost prema fumigantima

Po podacima prikupljenim od FAO u 1972. i 1973. godini (Champ i Dyte, 1976) tada je samo kod 4.7% testiranih vrsta u svetu utvrđena rezistentnost prema metil-bromidu, a kod 9.7% prema fosfinu. Konstatovano je da je 16% testiranih populacija kukuruznog žiška (*Sitophilus zeamais*) i 50% populacija malog brašnara (*T. confusum*) rezistentno prema metil-bromidu, dok je 24% populacija rizoperte (*R. dominica*) 35% *S. granarius* i 47% *T. confusum* rezistentno prema fosfinu. Rezistentnost prema fosfinu je bila izraženija kod populacija skladišnih insekata iz toplijih klimatskih područja, pa su populacije *S. oryzae*, *T. castaneum* i *T. confusum* iz Indije, Gvajane i SAD ispoljile nivo rezistentnosti x 3, dok su pojedine populacije *R. dominica* iz Indije dostigle nivo x 7 i x 12. Deset godina kasnije, Taylor i Halliday (1986) su prikazali rezultate osetljivosti prema fosfinu skladišnih tvrdokrilaca *R. dominica*, *T. castaneum*, *S. oryzae*, *S. zeamais* i *O. surinamensis*, poreklom iz 18 tropskih zemalja. Utvrđen je visok procenat preživljavanja izlaganih jedinki populacija *T. castaneum* iz Butana, Pakistana, Malija i Brazila, zatim populacija *R. dominica* iz Šri Lanke, Bocvane, Malija i Indonezije, kao i dve populacije *S. oryzae* iz Brazila.

Kasnije su utvrđivani različiti nivoi rezistentnosti prema fosfinu, kao, na primer, kod populacija *T. castaneum* i bakrenastog plamenca brašna (*P. interpunctella*) iz većeg broja skladišta u tri države SAD (Zettler i sar., 1989). U Australiji je kod većeg broja populacija *R. dominica* registrovana rezistentnost na nivou x 20 (White i Lambkin, 1990), a u Indiji x 380 (Rajendar i Narasimhan, 1994). U Kini su Ren i saradnici (1994) utvrdili visoke nivoe rezistentnosti (x 18, x 23 i x 606) prema fosfinu kod populacija *R. dominica*, a kod vrste *Cryptolestes turcicus* na nivou x 46. Daglish i Collins (1999) su, primenom standardne FAO metode, utvrdili rezistentnost prema ovom fumigantu kod australijske populacije *R. dominica* na nivou x 2.200 i kod populacije iz Kine x 1.200, a kod populacije *S. oryzae* iz Kine x 240. Međutim, pri dvostruko dužoj ekspoziciji istih populacija ovi istraživači su dobili niže nivoe rezistentnosti, na primer kod rizoperte x 560 i x 170, što ukazuje na potrebu metodološkog prilagođavanja procedure utvrđivanja osetljivosti/rezistentnosti. Testiranjem jedinki iz osam regiona u Poljskoj, Ignatowicz (1999) je kod 21.2% populacija *S. granarius* i 9.8% *R. dominica* utvrdio rezistentnost prema fosfinu, dok rezistentnost kod *T. confusum* nije utvrđena. Savvidou i saradnici (2003) su testirali 31 populaciju duvanove bube (*Lasioderma serricorne*) poreklom iz 25 različitih zemalja i kod 17 su utvrdili rezistentnost prema fosfinu.

Collins i saradnici (2002) su u razjašnjavanju veze gena sa rezistentnošću *R. dominica* prema fosfinu, potvrdili da su, kao i kod *S. oryzae*, *O. surinamensis* i *T. castaneum*, najmanje dva gena odgovorna za ovu pojavu. Collins i saradnici (2003) su tokom 20 godina monitoringa rezistentnosti skladišnih insekata prema fosfinu u Australiji konstatovali najveće probleme kod vrste *R. dominica*, odnosno sve češću i izraženiju pojavu smanjivanja osetljivosti, ili kako to autori kažu sve veći broj populacija sa "jakom" rezistentnošću. Oni su ukazali i na značaj primene integrisanog programa rešavanja problema, putem pravovremene detekcije i primene usaglašene strategije za ublažavanje ove pojave na nivou cele Australije.

Benhalima i saradnici (2004) su ispitivali uzroke slabih efekata fumigacije fosfinom u pojedinim skladišnim objektima sa pšenicom u Maroku. U biotestu su utvrdili više od 90 % preživelih jedinki pojedinih populacija vrsta *S. oryzae*, *R. dominica* i *T. castaneum*. Utvrđeno je da je uzrok razvoja rezistentnosti loše sprovođenje fumigacije, uz slabu hermetizaciju, i potvrđen je biohemijski mehanizam rezistentnosti

izlaganih jedinki, koji je Price (1985) označio kao aktivno izbacivanje fosfina, odnosno njegovo slabije usvajanje.

Winks i Hyne (1994) ističu značaj pravilnog utvrđivanja i merenja nivoa rezistentnosti na primeru populacije *R. dominica* iz Australije, kao i moguće negativne posledice kod odlučivanja o potrebnoj koncentraciji fosfina u uslovima praktične primene, ili eventualno nekog drugog načina suzbijanja. Zbog dugotrajnog procesa utvrđivanja rezistentnosti insekata prema fosfinu, predlagani su tzv. brzi testovi detekcije (Bell i sar., 1994; Mills i Athie, 1999).

U Tabeli 1. je dat pregled podataka o rezistentnosti prirodnih populacija važnijih skladišnih insekata prema fumigantima u svetu.

Rezistentnost prema kontaktnim insekticidima

U organizaciji FAO je, kao i u slučaju fumiganata, sprovedeno ispitivanje osetljivosti štetnih insekata uskladištenih proizvoda prema kontaktnim insekticidima 1972. i 1973. godine (Champ i Dyte, 1976). Kod većine insekata je utvrđena rezistentnost prema, u to vreme, aktuelnim insekticidima: DDT-ju, lindanu i malationu. Na primer, kod žižaka (rod *Sitophilus*) je utvrđena rezistentnost prema malationu i malationu sa sinergistom trifenilfosfatom u Argentini, Engleskoj i Australiji, a prema lindanu je konstatovana rezistentnost u Argentini, Brazilu, Maroku, Španiji, Jugoslaviji, Grčkoj, Kipru i Australiji. Kod *R. dominica* je utvrđena rezistentnost prema malationu i lindanu u Gvajani, Engleskoj, Centralnoj Afričkoj Republici, Mozambiku i Saudijskoj Arabiji, dok je prema ovim insekticidima, posebno prema malationu, utvrđena rezistentnost *T. castaneum* u celom svetu. Kod skladišnih lepidoptera su zabeleženi uglavnom niski nivoi rezistentnosti prema tada aktuelnim kontaktnim insekticidima.

Pre navedene akcije FAO, Lloyd (1969) je proučavao ukrštenu rezistentnost prema piretrinima sa rezistentnošću prema DDT-ju i bliskim jedinjenjima kod *S. granarius*. Selekcionisane u laboratoriji, jedinke žitnog žiška rezistentne prema piretrinima (x 138) su pokazale rezistentnost i prema DDT-ju (x 29.5). Kasnije, Prickett (1980) je pokazao da je *S. granarius*, rezistentan na piretrine promenio osetljivost i prema bioresmetrinu, malationu, pirimifos-metilu, lindanu, DDT-ju i propoksuru, a Haliscak i Beeman (1983) su utvrdili visok potencijal rezistentnosti *T. castaneum* prema malationu. Prilikom testiranja dijagnostičkom dozom ovog insekticida tri populacije od testiranih iz 26 država SAD, nije bilo uginuća izla-

Tabela 1. Rezistentnost najvažnijih skladišnih insekata prema fumigantima
Table 1. Resistance of main stored-product insects to fumigants

Vrsta insekta Insect species	Insekticid Insecticide	Broj testiran. popul. / Broj rezistentnih popul. No. tested popul./ No. resistant popul.	Najviši nivo utvrđene rezistentnosti Highest level of resistance found
<i>Sitophilus oryzae</i>		<u>Do 1976. godine (By end of 1976)</u>	
	Metil bromid (Methyl bromide)	Nije utvrđeno (Undetermined)	/
	Fosfin (Phosphine)	135/8 (6%) Indonezija, Jemen, Indija, Portugalija, Gvajana/Indonesia, Yemen, India, Portugal, Guyana	X 2.5
		<u>Posle 1976.godine (After 1976)</u>	
	Metil bromid (Methyl bromide)	Nije utvrđeno (Undetermined)	/
	Fosfin (Phosphine)	67/23 (34%)	X 240.0
<i>Rhyzopertha dominica</i>		<u>Do 1976. godine (By end of 1976)</u>	
	Metil bromid (Methyl bromide)	Nije utvrđeno (Undetermined)	/
	Fosfin (Phosphine)	94/22 (23%) Indonezija, Kina, Libija, Grčka, Argentina, Centralna Amerika/Indonesia, China, Libya, Greece, Argentina, Central America	X 12.0
		<u>Posle 1976.godine (After 1976)</u>	
	Metil bromid (Methyl bromide)	Nije utvrđeno (Undetermined)	/
	Fosfin (Phosphine)	276/91 (33%)	X 606.0
<i>Tribolium castaneum</i>		<u>Do 1976. godine (By end of 1976)</u>	
	Metil bromid (Methyl bromide)	Nije utvrđeno (Undetermined)	/
	Fosfin (Phosphine)	69/13 (19%)	X 3.0
		<u>Posle 1976.godine (After 1976)</u>	
	Metil bromid (Methyl bromide)	Nije utvrđeno (Undetermined)	/
	Fosfin (Phosphine)	321/72 (22%)	X 13.0
<i>Tribolium confusum</i>		<u>Do 1976. godine (By end of 1976)</u>	
	Metil bromid (Methyl bromide)	Nije utvrđeno (Undetermined)	/
	Fosfin (Phosphine)	92/28 (30%) Kanada, Argentina, Engleska, Grčka, Irak, Australija/Canada, Argentina, England, Greece, Iraq, Australia	X 3.0
		<u>Posle 1976.godine (After 1976)</u>	
	Metil bromid (Methyl bromide)	Nije utvrđeno (Undetermined)	/
	Fosfin (Phosphine)	44/6 (14%)	/
<i>Plodia interpunctella</i>		<u>Do 1976. godine (By end of 1976)</u>	
	Metil bromid (Methyl bromide)	Nije utvrđeno (Undetermined)	/
	Fosfin (Phosphine)	Nije utvrđeno (Undetermined)	/
		<u>Posle 1976.godine / After 1976</u>	
	Metil bromid (Methyl bromide)	Nije utvrđeno (Undetermined)	/
	Fosfin (Phosphine)	11/6 (54%)	X 2.7

(Champ & Dyte, 1976; Taylor & Halliday, 1986; Zettler et al., 1989; White & Lambkin, 1990; Rajendar & Narasimhan, 1994; Ren et al., 1994; Subramanyam & Hagstrum, 1996; Daglish & Collins, 1999)

ganih adulta, a posle samo jedne selekcije jedinki prve populacije faktor rezistentnosti bio je veći od 83.

Australijski istraživači Attia i Frecker (1984) su, pomoću filter papira, testirali toksičnost 11 insekticida za jedinke populacije *O. surinamensis*, koja je u skladištima preživela česte tretmane pšenice kombinacijom fenitrothiona sa bioresmetrinom. Utvrđena je veoma visoka rezistentnost prema fenitrothionu ($x > 160$), visoka prema lindanu i pirimifos-metilu ($x > 24$ i 22), zatim nešto niža prema malationu i karbaru (x 16 i > 14) i niska prema dihlorvosu, DDT-ju, bioresmetrinu, hlorthirifos-metilu i piretrinu (x 8; 6; 3.8; 2.9 i 2.3). Zettler (1982) je testirao 11 populacija *P. interpunctella* i kod osam utvrdio nisku rezistentnost prema ispitivanom insekticidu pirimifos-metilu, na nivou x 1.1-4.1.

Halliday i sar. (1988) su testirali, dijagnostičkim dozama, jedinke 22 populacije brašnara *T. castaneum* i utvrdili da je malation samo kod dve populacije prouzrokovao maksimalnu smrtnost, dok su hlorthirifos-metil i pirimifos-metil prouzrokovali 100%-tnu smrtnost adulta svih testiranih populacija. Dihlorvos nije ostvario visoku smrtnost samo kod adulta jedne od testiranih 16 populacija. Takođe, testiranjem 16 populacija plamenca *P. interpunctella*, Arthur i sar. (1988) su kod svih utvrdili rezistentnost prema dihlorvosu, u rasponu x 2.1-9.3. Zettler i Cuperus (1990) su, topikalnom aplikacijom dijagnostičke doze malationa, dobili visok procenat preživljavanja ($> 90\%$) jedinki kod većine ispitivanih populacija *T. castaneum*, poreklom iz različitih skladišta SAD, a oko 90% ispitivanih populacija adulta *R. dominica* je preživelo dijagnostičke doze malationa, hlorthirifos-metila i dihlorvosa.

Collins (1990) je, analizom rezistentnosti prema piretroidima, utvrdio da je multirezistentna populacija *T. castaneum*, iz Australije 18 puta manje osetljiva prema karbaru, a populacija rezistentna prema piretroidima čak 86 puta. Rezistentnost ove druge populacije malog brašnara bila je prema ciflutrinu x 270, deltametrinu x 950 i deltametrinu sa piperonil-butoksidom (1:8) x 240. Collins i saradnici (1993) su konstatovali relativno visok nivo rezistentnosti vrsta *O. surinamensis* i *S. oryzae* prema fenitrothionu (x 29.0 i 14.3). Rezistentnost je utvrđena i kod različitih populacija *R. dominica*, iz Brazila; prema malationu (x 12.1), pirimifos-metilu (x 9.2) i hlorthirifos-metilu (x 167.9) (Guedes i sar., 1996).

Iz pregleda rezistentnosti skladišnih insekata, utvrđene od više istraživača, koji su dali Subraman-

yam i Hagstrum (1996) može se videti da je najviši nivo rezistentnosti prema dihlorvosu utvrđen kod *O. surinamensis* (oko x 8). Rezistentnost prema malationu je često utvrđivana, kod najvećeg broja različitih vrsta skladišnih insekata. Konstatovano je da je promenjena osetljivost najizraženija kod *P. interpunctella* (x 177-206) i *T. castaneum* (x 3.5-129.6). Najviši nivo rezistentnosti prema hlorthirifos-metilu je utvrđen kod vrste *T. castaneum* (x 3.4 i 1.7), a prema pirimifos-metilu kod *S. oryzae* (x 196.9-210.2). Najizraženija rezistentnost prema deltametrinu je utvrđena kod *S. oryzae* (x 2633.7), dok je kod *T. castaneum* utvrđena rezistentnost prema deltametrinu sa piperonil-butoksidom (1:8), na nivou x 4.3 i 240.0. Vrsta *T. castaneum* je pokazala najviši nivo rezistentnosti prema cipermetrinu (x 3.2 i 130.0), dok je rezistentnost prema cipermetrinu sa piperonil-butoksidom (1:8) na nivou x 3.8 i 110.0.

Ribeiro i sar. (2003) su ispitivali osetljivost većeg broja populacija *S. zeamais* iz različitih delova Brazila, prema hlorthirifos-metilu, malationu, pirimifos-metilu, cipermetrinu, permetrinu i deltametrinu. Kod jedne populacije (rezistentne prema DDT-ju) su utvrđeni visoki nivoi rezistentnosti prema cipermetrinu i deltametrinu (> 1000 x) i niski prema permetrinu (x 19), a konstatovana je normalna osetljivost prema organofosfatima. Visoka rezistentnost prema piretroidima se nije bitno smanjila dodatkom sinergista piperonil-butoksida. Kljajić i Perić (u štampi) su ispitivanjem toksičnosti dihlorvosa, malationa, hlorthirifos-metila, pirimifos-metila, deltametrina i cipermetrina za adulte 12 populacija *S. granarius*, utvrdili najviše nivoe rezistentnosti prema deltametrinu, i to kod populacija iz Apatina (x 7.3), Bijeljine (x 14.5) i, posebno, iz Kikinde (x 28.5), na koje su i malation i cipermetrin slabije delovali nego na normalno osetljivu populaciju.

U ispitivanjima toksičnosti kontaktnih insekticida u laboratorijskim uslovima i određivanju nivoa osetljivosti populacija skladišnih insekata, značajna je primena standardnih metodoloških postupaka, prvenstveno zbog mogućnosti poređenja rezultata ispitivanja različitih istraživača. Dokazano je, na primer, da se različitim aplikacijama insekticida mogu konstatovati veoma različiti rasponi osetljivosti testiranih insekata (Kljajić i sar., 1994a).

U Tabelama 2-4. dat je pregled do sada utvrđenih nivoa rezistentnosti prirodnih populacija skladišnih insekata prema kontaktnim insekticidima.

Tabela 2. Rezistentnost vrsta roda *Sitophilus* prema kontaktnim insekticidima
Table 2. Resistance of *Sitophilus spp.* to contact insecticides

Vrsta insekta Insect species	Insekticid Insecticide	Broj testiran. popul. / Broj rezistentnih popul. No. tested popul./ No. resistant popul.	Najviši nivo utvrđene rezistentnosti Highest level of resistance found
<u>Do 1976. godine (By end of 1976)</u>			
<i>Sitophilus oryzae</i>	Lindan (Lindane)	235/176 (75%) Ceo svet/Worldwide	X 240.0
	Malation (Malathion)	257/33 (17%) Australija, Južna Amerika/ Australia, South America	X 24.0
	<u>Posle 1976.godine (After 1976)</u>		
	DDT	2/2 (100%)	X 17.9
	Fenitrotion (Fenitrothion)	61/5 (8%)	X 14.3
	Pirimifos-metil (Pirimiphos-methyl)	45/5 (11%)	X 210.2
	Deltametrin (Deltamethrin)	1/1 (100%)	X 2613.7
<u>Do 1976. godine (By end of 1976)</u>			
<i>Sitophilus zeamais</i>	Lindan (Lindane)	186/146 (78%) Ceo svet/Worldwide	X 49.0
	Malation (Malathion)	Nije utvrđeno (Undetermined)	/
	<u>Posle 1976.godine / After 1976</u>		
	Lindan (Lindane)	11/5 (45%)	X 20.9
	Malation (Malathion)	11/3 (27%)	X 31.4
	DDT	82/10 (12%)	X 14.1
	Fenitrotion (Fenitrothion)	20/8 (40%)	/
	Pirimifos-metil (Pirimiphos-methyl)	20/10 (50%)	X 3.7
	Permetrin (Permethrin)	11/2 (18%)	X 19.0
	Deltametrin (Deltamethrin)	11/2 (18%)	X > 1000
	Cipermetrin (Cypermethrin)	11/9 (81%)	X > 1000
<u>Do 1976. godine / By end of 1976</u>			
<i>Sitophilus granarius</i>	Lindan (Lindane)	157/35 (22%) Kanada, Čile, Maroko, Grčka, Jugoslavija, Australija/Canada, Chile, Morocco, Greece, Yugoslavia, Australia	X 5.5
	Malation (Malathion)	163/14 (9%) Australija, Argentina, Engleska, Australia, Argentina, England	X 5.7
	<u>Posle 1976.godine (After 1976)</u>		
	Malation (Malathion)	21/7 (33%)	X 5.0
	Dihlorvos (Dichlorvos)	12/9 (75%)	X 6.0
	Fenitrotion (Fenitrothion)	8/0	/
	Pirimifos-metil (Pirimiphos-methyl)	19/11 (58%)	X 2.1
	Hlorpirifos-metil (Chlorpyrifos-methyl)	12/4 (33%)	X 3.6
	Deltametrin (Deltamethrin)	57/15 (26%)	X 28.5
	Cipermetrin (Cypermethrin)	4/2 (50%)	X 4.1

(Lloyd, 1969; Champ & Dyte, 1976; Prickett, 1980; Subramanyam & Hagstrum, 1996; Ribeiro et al., 2003; Kljajić & Perić, u štampi /in press)

Tabela 3. Rezistentnost *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum* i *Tribolium confusum* prema kontaktnim insekticidima**Table 3.** Resistance of *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* to contact insecticides

Vrsta insekta Insect species	Insekticid Insecticide	Broj testiran. popul. / Broj rezistentnih popul. No. tested popul./ No. resistant popul.	Najviši nivo utvrđene rezistentnosti Highest level of resistance found
<u>Do 1976. godine (By end of 1976)</u>			
<i>Rhyzopertha dominica</i>	Lindan (Lindane)	157/35 (22%) Ceo svet/Worldwide	/
	Malation (Malathion)	163/14 (9%) Centr.Amerika, Australija, Argen., Engleska, Portugalija, Centr.Afrika, Saud.Arabija, Indija, Pakistan/Central America, Austraiia, Argentina, England, Portugal, Central Africa, Saudi Arabia, India, Pakistan	X 65.0
	<u>Posle 1976. godine (After 1976)</u>		
	Malation (Malathion)	139/125 (90%)	X 48.8
	Dihlorvos (Dichlorvos)	12/12 (100%)	/
	Fenitrotion (Fenitrothion)	20/2 (10%)	/
	Pirimifos-metil (Pirimiphos-methyl)	34/1 (3%)	X 9.2
	Hlorpirifos-metil (Chlorpyrifos-methyl)	30/15 (50%)	X 167.9
	Bioresmetrin + PBO (Bioresmethrin + PBO*)	46/13 (28%)	X 2.0
	<u>Do 1976. godine (By end of 1976)</u>		
<i>Tribolium castaneum</i>	Lindan (Lindane)	497/463 (93%) Ceo svet/Worldwide	X 100.0
	Malation (Malathion)	505/439 (87%) Ceo svet/Worldwide	X 52.0
	<u>Posle 1976. godine (After 1976)</u>		
	Malation (Malathion)	75/51 (68%)	X 129.6
	Dihlorvos (Dichlorvos)	48/30 (62%)	X 8.3
	Fenitrotion (Fenitrothion)	196/21 (11%)	X 12.0
	Karbaril (Carbaryl)	2/2 (100%)	X 86.0
	Hlorpirifos-metil (Chlorpyrifos-methyl)	2/2 (100%)	X 3.4
	Ciflutrin (Cyfluthrin)	2/2 (100%)	X 270.0
	Cihalotrin (Cyhalothrin)	2/2 (100%)	X 310.0
	Bioresmetrin (Bioresmethrin)	2/2 (100%)	X 12.0
	Cipermetrin (Cypermethrin)	2/2 (100%)	X 130.0
	Deltametrin (Deltamethrin)	2/2 (100%)	X 950.0
	Deltam.+PBO (Deltam.+PBO*)	2/2 (100%)	X 240.0
	Fenvalerat (Fenvalerate)	2/2 (100%)	X 29.0
<u>Do 1976. godine (By end of 1976)</u>			
<i>Tribolium confusum</i>	Lindan (Lindane)	157/35 (22%) Ceo svet/Worldwide	/
	Malation (Malathion)	163/14 (9%) Ceo svet/Worldwide	/
	<u>Posle 1976. godine (After 1976)</u>		
	Malation (Malathion)	40/21 (52%)	X 10.2
	Dihlorvos (Dichlorvos)	17/4 (24%)	X 5.9
	Hlorpirifos-metil (Chlorpyrifos-methyl)	17/9 (53%)	/

(Champ & Dyte, 1976; Haliscak & Beeman, 1983; Halliday et al., 1988; Zettler & Cuperus, 1990; Collins, 1990; Guedes et al., 1996; Subramanyam & Hagstrum, 1996)

* PBO = Piperonil butoksid, synergist (Piperonyl butoxide, synergist).

Tabela 4. Rezistentnost *Oryzaephilus surinamensis* i *Plodia interpunctella* prema kontaktnim insekticidima
Table 4. Resistance of *Oryzaephilus surinamensis* and *Plodia interpunctella* to contact insecticides

Vrsta insekta Insect species	Insekticid Insecticide	Broj testiran. popul. / Broj rezistentnih popul. No. tested popul./ No. resistant popul.	Najviši nivo utvrđene rezistentnosti Highest level of resistance found
<i>Oryzaephilus surinamensis</i>		<u>Do 1976. godine (By end of 1976)</u>	
	Lindan (Lindane)	152/112 (74%)	X 2.7
		Ceo svet/Worldwide	
	Malation (Malathion)	183/14 (8%)	X 37.0
		SAD, Centralna Amerika, Kipar, Izrael, Japan/U.S., Central America, Cyprus, Israel, Japan	
		<u>Posle 1976. godine (After 1976)</u>	
	Lindan (Lindane)	2/2 (100%)	X 24.0
	Malation (Malathion)	268/90 (34%)	X 16.6
	DDT	2/2 (100%)	X 6.4
	Karbaril (Carbaryl)	3/3 (100%)	X 150.0
	Dihlorvos (Dichlorvos)	3/3 (100%)	X 8.2
	Fenitrotrion (Fenitrothion)	192/78 (41%)	X 244.0
	Hlorpirifos-metil (Chlorpyrifos-methyl)	206/132 (64%)	X 92.0
	Pirimifos-metil (Pirimiphos-methyl)	177/85 (48%)	X 94.0
	Ciflutrin (Cyfluthrin)	1/1 (100%)	X 2.0
	Cipermetrin (Cypermethrin)	1/1 (100%)	X 2.4
	Bioresmetrin (Bioresmethrin)	3/3 (100%)	X 3.9
	Permetrin (Permethrin)	1/1 (100%)	X 3.2
	Deltametrin (Deltamethrin)	1/1 (100%)	X 2.2
<i>Plodia interpunctella</i>		<u>Do 1976. godine (By end of 1976)</u>	
	Lindan (Lindane)	Nije utvrđeno (Undetermined)	/
	Malation (Malathion)	Nije utvrđeno (Undetermined)	/
		<u>Posle 1976. godine (After 1976)</u>	
	Malation (Malathion)	90/68 (76%)	X 206.0
	Dihlorvos (Dichlorvos)	26/22 (85%)	X 81.2
	Hlorpirifos-metil (Chlorpyrifos-methyl)	18/10 (55%)	X 1.8
	Pirimifos-metil (Pirimiphos-methyl)	34/22 (65%)	X 5.4
	Piretrin, sinergizovan (Pyrethrin, synergized)	20/18 (90%)	X 5.4

(Champ & Dyte, 1976; Attia & Frecker, 1984; Zettler, 1982; Arthur et al., 1988; Collins et al., 1993; Subramanyam & Hagstrum, 1996).

MOGUĆI NAČINI REŠAVANJA PROBLEMA REZISTENTNOSTI SKLADIŠNIH INSEKATA

Generalno gledano, moguće mere rešavanja problema rezistentnosti, pored saznanja i suočavanja sa njegovim postojanjem, ogledaju se u prognozi ove pojave, na osnovu istorijata primene pesticida i istraživačkih podataka o parametrima

rezistentnosti, kao i poznavanja mehanizama delovanja primenjivanih pesticida i mogućih mehanizama rezistentnosti tretiranih populacija. Tako se može adekvatno programirati suzbijanje štetnih vrsta, upravljati selekcionim pritiskom i, koliko je moguće, frekvencijom gena rezistentnosti. Na osnovu tih podataka mogu se pravilno izabrati insekticidi, odrediti redosled njihove primene i kombinovanje primene različitih jedinjenja u različitim

uslovima (Kljajić, 1994; Perić i Kljajić, 1997). Vrlo je značajna integrisana primena pesticida sa drugim merama suzbijanja štetnih insekata, kojima se značajno može smanjiti frekvencija i obim tretmana, a time i usporiti dalji razvoj rezistentnosti (Perić i sar., 1981; Georghiou, 1983; Metcalf, 1989; Perić, 1990; Soderland i Bloomquist, 1990). U okviru taktike upravljanja rezistentnošću prema pesticidima (PRM – Pesticide Resistance Management), kao sastavnog dela programa upravljanja štetnim organizmima (IPM - Integrated Pest Management), osnovni zadatak je sprečavanje razvoja rezistentnosti kod populacija štetočina, zatim usporavanje intenziteta njenog razvoja i, koliko je moguće, vraćanje rezistentnih populacija na osetljiviji nivo, kao i "održavanja" rezistentnosti na tolerantnom nivou (Metcalf, 1989; Croft, 1990; Tabashnik, 1990).

Prevazilaženje problema rezistentnosti kod skladišnih insekata u suštini se oslanja na pravovremenu detekciju, utvrđivanjem pojave na samom početku njenog razvoja, i kontinuiranom monitoringu (sagledavanjem dostignutog nivoa i promena do kojih dolazi tokom vremena) (Champ i Dyte, 1976; Busvine, 1980; Collins, 1994), kao i organizovanjem upravljanja ovom pojavom, primenom visokoeфикаsnih alternativnih hemijskih mera ili drugih mera suzbijanja (Collins, 1990; Subramanyam i Hagstrum, 1996; Daglish, 1998).

Higijena i tehničko-tehnološko stanje skladišnih objekata i uskladištenih proizvoda

Dobra praksa uskladištenja žita i drugih proizvoda podrazumeva, pre svega, permanentno sprovođenje mera higijene u skladišnim objektima. Stalno čišćenje, pre i u toku uskladištenja, eliminiše izvore novih infestacija štetnih insekata, a direktno ili indirektno utiče na uspeh sprovođenja ostalih mera iz integralnog koncepta, računajući i primenu hemijskih mera (Bond, 1984; Arthur, 1989; Schöller, 1997).

Gradenje novih, ili rekonstrukcija postojećih skladišta mora biti u skladu sa zahtevima integralnog menadžmenta, da odgovara nameni objekta i omogućuje uspešnu primenu provetravanja, putem aktivne ili kontrolisane ventilacije, da omogućuje kvalitetno sušenje i hlađenje proizvoda, kao i primenu fumiganata i gasova kontrolisane atmosfere (Bond, 1984; Thorpe, 1994; Maier i Montross, 1998).

Semiohemikalije (feromoni)

Semiohemikalije imaju istaknuto mesto u okviru suzbijanja štetnih insekata uopšte, pa i u skladištima, a njihov značaj se povećava, zbog ograničenja u primeni kontaktnih insekticida i fumiganata, kao i izražene potrebe tržišta za hranom bez štetnih insekata i ostataka pesticida (Trematerra, 1994; Phillips, 1994. i 1997; Cox, 2004).

U pregledu potencijala upotrebe semiohemikalija (feromona), inače identifikovanih za veliki broj vrsta štetnih tvrdokrilaca i moljaca na uskladištenim proizvodima, Cox (2004) je izdvojio sledeće grupe proizvoda sa dokazanom efektivnošću: atraktanti i masovne klopke, atraktanti sa insekticidima, "metači" polaganja jaja, repelenti, stimulatori ponašanja, kao i tzv. kombinovane semiohemikalije za hvatanje više vrsta skladišnih insekata odjednom.

Prirodni insekticidi

Ako se ima u vidu sve veći pritisak javnosti da se smanji upotreba toksičnih materija, sa jedne strane, i pojava rezistentnosti insekata prema insekticidima, sa druge strane, postoji potpuno opravdanje za sve češća ispitivanja potencijala insekticida biljnog porekla u zaštićeni uskladištenih proizvoda.

Pored poznatih insekticida biljnog porekla, kao što je na primer piretrin, dokazano je da sekundarni metaboliti biljnih ekstrakata i etarskih ulja mnogih biljnih vrsta poseduju insekticidna svojstva (Shaaya i sar., 1997; Rice i sar., 1998). Izraženo repelentno delovanje ima biljka *Artemisia absinthium* na *S. granarius* i *Anethum graveolens* na ovog žiška i *T. confusum* (Ignatowicz i Wesolowska, 1994). Bioaktivne supstance iz ulja biljke *Myristica fragrans* poseduju repelentna antifidna svojstva, imaju kontaktno i fumigantno delovanje i značajno utiču na redukciju potomstva kod vrsta *S. zeamais* i *T. castaneum* (Huang i sar., 1997). Ekstrakt azadirachtina, 48 nedelja posle tretmana, redukuje potomstvo žižaka preko 98% (Rahim, 1998). Ulja većeg broja mediteranskih biljaka, uključujući i biljke *Anethum graveolens*, *Ocimum basilicum*, *M. fragrans* i *Cuminum cyminum*, antifidno deluju na pasuljevog žiška, *A. obtectus*, (Regnault-Roger i Hamraoui, 1994). Monoterpeni iz biljnih vrsta *Eucalyptus spp.* i *Citrus spp.* ispoljavaju dobro kontaktno i digestivno delovanje na vrstu *T. castaneum* (Prates i sar., 1998).

Regulatori rasta insekata

Ova jedinjenja su dobra alternativa za klasične insekticide, jer pored dokazane efektivnosti na štetne

insekte niske su toksičnosti za sisare (Oberlander i sar., 1997; Arthur, 2003). Među jedinjenjima koja oponašaju juvenilne hormone kod insekata značajni su metopren, i posebno fenoksikarb i piripoksifen, sa slabim direktnim dejstvom na adulte i izraženim efektima na potomstvo skladišnih insekata. Od inhibitora sinteze hitina pouzdani su diflubenzuron, hlorflua-zuron, flufenoksuron, triflumuron i heksaflumuron, jer mogu obezbediti dugu zaštitu žita, kao i analog ekdisteroidea tebufenozid, iz grupe novih jedinjenja, sa dobrom toksičnošću za skladišne insekte iz reda *Lepidoptera*.

Preparati mikrobiološkog porekla

Primena preparata mikrobiološkog porekla se, pre svega, odnosi na preparate sa aktivnim sporama i/ili kristalima gram-pozitivne bakterije *Bacillus thuringiensis* Berliner, čiji toksični produkti dovode do uginjavanja mlađih larvenih stupnjeva insekata. Patotip C se primenjuje u suzbijanju vrsta iz reda *Coleoptera*, a kao varijeteti; *israelensis* i *kurstaki* za larve iz redova *Lepidoptera*, *Diptera* i nekih *Coleoptera*, i varijetet *tenebrionis* za vrste iz reda *Coleoptera*, gde su uključeni i skladišni tvrdokrilci (Subramanyam i Cutkomp, 1985; Mummigatti i sar., 1994).

Pozitivni efekti konidija entomopatogene gljivice *Bauveria bassiana* su dobijeni kod vrsta *Sitophilus spp.* i *Tribolium spp.* (Thuy i sar., 1994). Hidalgo i saradnici (1998) su, takođe, utvrdili zadovoljavajuće efekte na *S. zeamais*, primenom praškastih i uljanih formulacija konidija ove gljivice.

Inertna prašiva

Inertna prašiva (diatomejska zemlja, silicijum-dioksid i silika-aerogeli) su uključena u savremenu tehnologiju zaštite uskladištenih proizvoda. Deluju na insekte u fizičkom smislu, ali mogu imati i određenu hemijsku aktivnost. Niske su toksičnosti za sisare, ne utiču na kvalitet žita i njihovih proizvoda, sporijeg su delovanja od klasičnih insekticida, a smrtnost prvenstveno nastaje usled desikacije, kao posledica oštećenja kutikule insekata. Silika aerogeli apsorbuju voštane delove sa kutikule insekata, dok diatomejska zemlja, svojim malim i ostrim česticama, silicijum-dioksida, vrši abraziju kutikule i adsorpciju voštanog sloja, a ima i određeno repelentno delovanje (Golob, 1997; Korunić, 1998).

Veći broj autora ističe da su prema diatomejskoj zemlji najosetljivije vrste iz roda *Cryptolestes*, manje osetljive vrste roda *Sitophilus*, a najotpornije *Oryzaephilus spp.*, *R. dominica* i *Tribolium spp.*, i ukazuju da

njena efikasnost može biti značajno redukovana sa porastom vlažnosti vazduha i supstrata, ili povećana sa porastom temperature (Golob, 1997; Korunić, 1998; Fields, 1999; Dowdy i Fields, 2002). Takođe, treba istaći da je diatomejska zemlja efikasna i za larve moljaca *P. interpunctella*, *Ephestia cautella* i *E. kuehniella* (Arthur i Brown, 1994; Nielsen, 1998).

Primena niskih i visokih temperatura

Analizom rezultata ispitivanja direktnog delovanja različitih temperatura na štetne skladišne insekte, primenjenih samostalno ili u interakciji sa ostalim segmentima integralnog koncepta, Banks i Fields (1995) i Fields i Muir (1996) ističu njihove velike prednosti i mogućnost komercijalne primene u skorijoj budućnosti. Kljajić i saradnici (1996b) su ispitivali letalne efekte niskih temperatura (-25 i -5°C) i visokih temperatura (45, 50, 55 i 60°C) na adulte *S. granarius*, i konstatovali izraženije razlike, u efektima primenom niskih temperatura. Sun i Woods (1997) su ispitivali mogućnost svođenja temperature žita na 15°C tokom letnjih meseci, primenom modela hlađenja uz ventilaciju.

Howe i Hole (1968) su konstatovali visoku osetljivost razvojnih stadijuma žiška *S. granarius*, pri izlaganju temperaturi od 15°C, a Nakakita i Ikenaga (1997) izdvajaju ovu temperaturu kao ekonomski najpogodniju za zaštitu pirinča od žižaka *S. oryzae* i *S. zeamais*. Evans (1987) je utvrdio vreme potrebno za uginuće mlađih stadijuma *R. dominica* na visokim temperaturama i izdvaja primenu temperature od 70°C, kao najpogodniju i sa aspekta izbegavanja potencijalnog oštećenja zrna pšenice. Međutim, u laboratorijskim uslovima je utvrđeno da se samo nakon primene nižih temperatura sušenja, 40 i 60°C (od ispitivanih 40, 60, 80 i 100°C), može sačuvati tehnološki i biološki kvalitet zrna pšenice (Šarić i sar., 2000). Heather (1994) ističe da topao spoljni vazduh, tokom letnjih meseci, može biti iskorišćen u zaštiti uskladištenih proizvoda, pre svega u tzv. horizontalnim skladišnim objektima, a pokazan je veliki značaj zaštite kukuruza aeracijom spoljnim vazduhom (Arthur, 1994; Arthur i sar., 1998).

Interakcije delovanja ekstremnih temperatura i kontaktnih insekticida

Zavisnost ispoljavanja toksičnosti insekticida od temperatura ispitivali su Tyler i Binns (1982) testirajući toksičnost osam organofosfatnih insekticida: bromofos, hlorpirifos-metil, fenitrothion, jod-

fenfos, malation, foksim, pirimifos-metil i tetrahlorvinfos, za normalno osetljivu i rezistentne populacije vrsta *T. castaneum*, *O. surinamensis* i *S. granarius*, na temperaturama 10, 17.5 i 25°C. Efektivnost svih insekticida bila je veća na 25°C, a značajno manja na 10°C. Na 10°C, tetrahlorvinfos, bromofos i jodfenfos, sa 100 i 500 puta većom količinom nisu bili efektivni za osetljive jedinke žitnog žiška, dok je kod rezistentnih adulta ovog žiška smrtnost na nivou 100% ostvario samo hlörpirifos-metil, ali sa pet puta većom količinom. Na 25°C, hlörpirifos-metil, pirimifos-metil i fenitrotrion su, u količini većoj 5, 20 i 100 puta, prouzrokovali 100%-tnu smrtnost rezistentnih jedinki žižaka.

Thaung i Collins (1986) su adulte *S. oryzae* ubacivali u pšenicu i kukuruz, tretirane niskim dozama fenitrotriona i cipermetrina, i držali na 22, 25 i 30°C. Toksičnost fenitrotriona se povećavala sa povišenjem temperature, dok je kod cipermetrina ispoljen obrnut efekat. Subramanyam i Cutkomp (1987) su ispitivali uticaj temperatura (20 i 30°C), na ispoljavanje toksičnosti piretroida ciflutrina, bioaletrina, flucitrinata, d-fenotrina, fenvalerata i cipermetrina, na vrste *T. confusum*, *R. dominica*, *Prostephanus truncatus*, *Pinterpunctella* i *Cadra cautella*. Svi insekticidi su, osim d-fenotrina, pokazali negativan temperaturni koeficijent u suzbijanju *T. confusum*, a negativan temperaturni koeficijent je dobijen i primenom ciflutrina, za *T. confusum*, *P. truncatus*, *P. interunctella* i *C. cautella*, i bioaletrina, za *R. dominica* i *P. interpunctella*.

Sa *S. granarius*, kao test insektom, konstatovana je izražena zavisnost u ispoljavanju toksičnosti hlörpirifos-metila i deltametrina od niskih (-25, -5) i visokih temperatura (45, 50, 55 i 60°C) (Kljajić i sar., 1994b). Utvrđeno je da je posle jedan sat oporavka žižaka izlaganih temperaturi od -25°C i posle 24 časa oporavka od izlaganja na -5°C toksičnost hlörpirifos-metila veća, a u obrnutoj varijanti slabija, dok je deltametrin toksičniji posle izlaganja niskim tempreturama, u svim varijantama oporavka, osim posle 24 časa oporavka od izlaganja na -5°C. Istovremenim delovanjem temperature od -5°C i ovih insekticida na žitnog žiška, konstatovano je njihovo daleko sporije delovanje, ali je toksičnost hlörpirifos-metila i deltametrina bila značajno veća na -25°C. Takođe, konstatovano je da oba insekticida brže deluju na adulte ovog insekta prethodno izlagane visokim temperaturama (45, 50 i 55°C), dok je hlörpirifos-metil sporije delovao na žiške

prethodno izlagane temperaturi 60°C, a kod deltametrina nivo toksičnosti praktično nije promenjen.

Interesantno je da sa larvama *P. interpunctella* nisu dobijene značajne razlike u ispoljavanju toksičnosti ova dva insekticida, nakon izlaganja temperaturama od 10 i 26°C (Kljajić i sar., 1996a).

Wilkin i saradnici (1999) su utvrdili da je smrtnost adulta vrsta *O. surinamensis* i *S. oryzae* na nivou 100% nakon pet dana kontakta sa pšenicom tretiranom pirimifos-metilom i bifentrinom u kombinaciji sa malationom, na temperaturama od 5 i 10°C. Takođe, posle 42 dana od tretmana pšenice dihlorvosom, pirimifos-metilom i bifentrinom u kombinaciji sa malationom, utvrđeno je da su pirimifos-metil i bifentrin sa malationom, na 20 i 25°C visokoefikasni za jedinke *S. granarius* (oko 100%).

Kljajić (2001) je utvrdio da su adulti *S. granarius*, bez obzira na rezistentnost pojedinih ispitivanih populacija prema kontaktnim insekticidima, podjednako osetljivi prema ekstremnim temperaturama od -5.5 i 50°C, što je vrlo značajan podatak sa aspekta potencijalne primene ovih temperatura u suzbijanju žitnog žiška u skladištima.

Interakcije gladovanja i delovanja kontaktnih insekticida

Busvine (1971) ističe da gladovanje značajno utiče na osetljivost insekata prema insekticidima, pa i na promenu osetljivosti skladišnih insekata prema fumigantima. Tako je kod brašnara *T. confusum* primećena veća tolerantnost prema fumigantu HCN ako su tretirane jedinke bile bez hrane 1-2 sata (*cit.* Gough, 1939). Tokom prvog dana gladovanja *S. granarius* primećena je povećana tolerantnost prema ugljen-disulfidu, ali je posle četvrtog i, naročito, posle osmog dana utvrđena veća osetljivost prema ovom fumigantu (*cit.* Sun, 1947).

Prethodno gladovanje *S. granarius* ima vrlo mali uticaj na ispoljavanje toksičnosti hlörpirifos-metila, bez obzira na dužinu oporavka, dok je posle dužeg oporavka od prethodnog gladovanja ispoljena značajno veća toksičnost deltametrina (Kljajić i saradnici, 1999). Kljajić i sar. (2003) su utvrdili istu osetljivost prema gladovanju svih testiranih populacija *S. granarius*, uključujući i populacije kod kojih je zabeležena rezistentnost prema insekticidima pirimifos-metilu i delametrinu. Prethodno gladovanje žižaka je uticalo da se toksičnost malationa i deltametrina poveća, ili ostane nepromenjena u odnosu na ispoljenu toksičnost za laboratorijsku populaciju.

ZAKLJUČNE KONSTATACIJE

Rezistentnost skladišnih insekata prema insekticidima je problem koji se uvažava još od vremena kada je prvi put zabeležena slabija efikasnost u uslovima praktične primene. U skladu sa aktuelnim zahtevima tržišta da se proizvodi hrana sa što manje, ili bez ostataka pesticida, rezistentnost je još jedan limitirajući faktor dalje primene insekticida u zaštiti uskladištenih proizvoda od štetnih insekata.

Rezistentnost skladišnih insekata prema fumigantima je uglavnom na niskom nivou, s tim da zabrinjava sve češća pojava visokih nivoa rezistentnosti rizoperte prema fosfinu. Rezistentnost prema kontaktnim insekticidima je uglavnom umerena ili, visoka. Kod žižaka i brašnara najviši nivoi rezistentnosti su zabeleženi prema malationu i piretroidima, kod rizoperte prema malationu i hlörpirifosmetilu, a kod surinamskog brašnara prema karbaru i organofosfatima. Međutim, u testiranjima osetljivosti bakrenastog plamenca brašna, najizraženije promene su utvrđene kod malationa i dihlörvosa.

Posledice pojave rezistentnosti skladišnih insekata prema insekticidima se ogledaju u smanjenju uspeha njihovog suzbijanja, pored ostalog što kod rezistentnih populacija najčešće nema povratka na nivo normalne osetljivosti. Problem se uslođuje i pojavom i razvojem ukrštene i multirezistentnosti, zbog čega se povećavaju troškovi zaštite uskladištenih proizvoda i razvoja novih insekticida, a nepotrebno se zagađuju tretirani proizvodi i životna sredina, i ugrožava zdravlje ljudi.

Pored stalnog istraživanja fenomena rezistentnosti i uspostavljanja monitoringa na osnovu utvrđivanja parametara osetljivosti na početku primene svakog insekticida, mogući putevi rešavanja ovog problema su: upotreba insekticida iz različitih hemijskih grupa ili njihovo kombinovanje; određivanje pragova rezistentnosti kada pojedine insekticide treba povući iz upotrebe, i primena hemijskih metoda zaštite samo kao deo koncepta integralne zaštite, uz maksimalno korišćenje alternativnih mera i metoda.

LITERATURA

- Almaši, R. i Kljajić, P.*: Integralni koncept zaštite uskladištenih proizvoda: Stanje i perspektiva. *Pesticidi*, 15: 5-33, 2000.
- Arthur, F. H., Throne, J. E., Maier, D. E. and Montross, M. D.*: Feasibility of aeration for management of maize

weevil populations in corn stored in the southern United States: Model simulations based on recorded weather data. *Amer. Entomol.*, 118-123, 1998.

Arthur, F. H., Zettler, J. L. and Halliday, W. R.: Insecticide resistance among populations of almond moth and indianmeal moth (Lepidoptera: Pyralidae) in stored peanuts. *J. Econ. Entomol.*, 81: 1283-1287, 1988.

Arthur, F. H.: Effects of cleaning peanuts on insect damage, insect population growth and insecticide efficacy. *Peanut Sci.*, 16: 100-105, 1989.

Arthur, F. H. and Brown, S. L.: Evaluation of diataceous earth (Insecto) and *Bacillus thuringiensis* formulation for insect control in stored peanuts. *J. Entomol. Sci.*, 29: 176-182, 1994.

Arthur, F. H.: Grain protectants chemicals: present status and future trends. In: *Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection* (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, Canberra, Australia, Vol. 2, 1994, pp. 719-721.

Arthur, F. H.: Grain protectants: Current status and prospects for the future. *J. Stord Prod. Res.*, 32: 293-302, 1996.

Arthur, F. H.: Efficacy of a volatile formulation of hydroperene (Pointsource) to control *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Stord Prod. Res.*, 39: 205-212, 2003.

Attia, F. I. and Frecker, T.: Cross-resistance spectrum and synergism studies in organophosphorus-resistant strains of *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Cucujidae) in Australia. *J. Econ. Entomol.*, 77: 1367-1370, 1984.

Banks, H. J.: Fumigation – An endangered technology? In: *Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection* (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, Canberra, Australia, Vol.1, 1994, pp. 2-6.

Banks, J. and Fields, P. G.: Physical methods for insect control in stored-grain ecosystems. In: *Stored-grain Ecosystems* (D.S. Jayas, N.D.G. White, W.E. Muir, eds.). Marcel Dekker, Inc., New York-Basel-Hong Kong, 1995, pp. 353-410.

Bell, C. H., Savvidou, N., Mills, K. A., Bradberry, S. and Barlow, M. L.: A same-day test for detecting resistance to phosphine. In: *Proceedings of the 6th International Working conference on Stored Product Protection* (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, Canberra, Australia, Vol. 1, 1994, pp. 41-44.

Bell, C. H., Savvidou, N. and Wontner Smith, T. J.: The toxicity of sulfuryl fluoride (Vikane) to eggs of insect pests of flour mills. In: *Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored Product Protection* (J. Zuxun, L. Quan, L. Youngsheng, T. Xianchang, and G. Lianghua, eds.). Sichuan Publishing House of Science and Technology, Beijing, P.R. China, Vol. 1, 1999, pp. 345-350.

Bell, C. H., Wontner-Smith, T. J. and Savvidou, N.: Some properties of sulphuryl fluoride in relation to its use as a

- fumigant in cereals industry. **In:** Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection (P.F. Credland, D.M. Armitage, C.H. Bell, P.M. Cogan and E.Highley, eds.). CAB International, U.K, York, U.K., 2003, pp. 916-920.
- Benbalima, H., Chandry, M. Q., Mills, K. A. and Price, N. R.:** Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. *J. Stord Prod. Res.*, 40: 241-249, 2004.
- Bond, E. J.:** Manual of fumigation for insect control. Preveo dr Zlatko Korunić za "Ekosan", Zagreb, 1984.
- Busvine, J. R.:** A Critical Review of the Techniques for Testing Insecticides. Comowwealth Agricultural Bureaux, London, 1971.
- Busvine, J. R.:** Recommended methods for measurement of pest resistance to pesticides. FAO Plant Production and Protection Paper 21, Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, Italy, 1980, pp. 77-90.
- Chambers, J.:** Where does pest detection research go next ? **In:** Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection (P.F. Credland, D.M. Armitage, C.H. Bell, P.M. Cogan and E.Highley, eds.). CAB International, York, U.K., 2003, pp.103-109.
- Champ, B. R. and Dyte, C. E.:** Report of the FAO Global Survey of Pesticide Susceptibility of Stored Grain Pests. FAO Plant Production and Protection Paper, Series No. 5, Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, Italy, 1976.
- Collins, P. J., Lambkin, T. M., Bridgeman, B. W. and Pulvirenti, C.:** Resistance to grain protectant insecticides in Coleopterous pests of stored cereals in Queensland, Australia. *J. Econ. Entomol.*, 86: 239-245, 1993.
- Collins, P. J.:** Resistance considerations for choosing protectants. **In:** Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, Canberra, Australia. Vol. 2, 1994, pp. 755-761.
- Collins, P. J.:** A new resistance to pyrethroid in *Tribolium castaneum* (Herbst). *Pesticide Sci.*, 28: 101-105, 1990.
- Collins, P. J., Daglish, G. J., Bengston, M., Lambkin, T. and Pavic, H.:** Genetics of resistance in *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *J. Econ. Entomol.*, 95: 862-869, 2002.
- Collins, P. J., Emery, R. N. and Wallbank, B. E.:** Two decades of monitoring and managing phosphine resistance in Australia. **In:** Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection (P.F. Credland, D.M. Armitage, C.H. Bell, P.M. Cogan and E.Highley, eds.). CAB International, York, United Kingdom, 2003, pp. 570-575.
- Cox, P. D.:** Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation. *J. Stord Prod. Res.*, 40: 1-25, 2004.
- Croft, B. A.:** Developing a philosophy and program of pesticide resistance management. **In:** Pesticide resistance in arthropods (R.T. Rousch and B.E. Tabashnik, eds.). Chapman and Hall Inc., New York and London, 1990, pp. 277-296.
- Daglish, G. J.:** Efficacy of six grain protectants applied alone or in combination against three species of Coleoptera. *J. Stord Prod. Res.*, 34: 263-268, 1998.
- Daglish, G. J. and Collins, P. J.:** Improving the relevance of assays for phosphine resistance. **In:** Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored Product Protection (J. Zuxun, L. Quan, L.Youngsheng, T. Xianchang, and G. Lianghua, eds.). Sichuan Publishing House of Science and Technology, Beijing, P.R. China, Vol. 1, 1999, pp. 584-593.
- Desmarchelier, J. M.:** Grain protectants: trends and developments. **In:** Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, Canberra, Australia, Vol. 2, 1994, pp. 722-728.
- Desmarchelier, J. M.:** Grain protectants and fumigants. **In:** Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored Product Protection (J. Zuxun, L. Quan, L. Youngsheng, T. Xianchang, and G. Lianghua, eds.). Sichuan Publishing House of Science and Technology, Beijing, P.R. China, Vol. 1, 1999, pp. 713-724.
- Dowdy, A. K. and Fields, P. G.:** Heat comined with diatomeous earth to control the confused flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) in flour mill. *J. Stord Prod. Res.*, 38: 11-22, 2002.
- Ducom, P., Dupuis, S., Stefanini, A. and Guichard, A. A.:** Sulfuryl fluoride as a new fumigant for the disinfection of flour mills in France. **In:** Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection (P.F. Credland, D.M. Armitage, C.H. Bell, P.M. Cogan and E.Highley, eds.). CAB International, York, United Kingdom, 2003, pp. 900-903.
- Evans, D. E.:** The influence of rate of heating on the mortality of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *J. Stord Prod. Res.*, 23: 73-78, 1987.
- Fields, P. G. and Muir, W. E.:** Physical control. **In:** Integrated management of insects in stored products (B. Subramanyam, and D.W. Hagstrum, eds.). Marcel Dekker, Inc., New York-Basel-Hong Kong, 1996, pp. 195-222 .
- Fields, P. G.:** Diatomaceous earth: Advantages and limitations. **In:** Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored Product Protection (J. Zuxun, L. Quan, L. Youngsheng, T. Xianchang, and G. Lianghua, eds.). Sichuan Publishing House of Science and Technology, Beijing, P.R. China, Vol. 1, 1999, pp. 781-784.
- Georgiou, G. P.:** Management of resistance in arthropods. **In:** Pest resistance to pesticides (G.P. , Georgiou, and T. Saito, eds.). Plenum Press, New York, 1983, pp. 769-792.
- Georgiou, G. P. and Taylor, C.E.:** Pesticide resistance as an evolutionary phenomenon. **In:** Proceedings of 15th International Congress of Entomology, Washington, D. C., 1976, pp. 759-785.
- Golob, P.:** Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. *J. Stord*

Prod. Res., 33: 69-80, 1997.

Guedes, R. N. C., Dover, B. A. and Kambhampati, S.: Resistance to chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl and malation in Brazilian and U.S. populations of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). J. Econ. Entomol., 89: 27-32, 1996.

Hagstrum, D. W. and Flin, P. W.: Integrated pest management. In: Integrated Management of Insects in Stored Products (B. Subramanyam, D.W. Hagstrum, eds.). Marcel Dekker, Inc., New York-Basel-Hong Kong, 1996, pp. 399-408

Halliday, W. R., Arthur, F. H., and Zettler, J. L.: Resistance status of red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae) infesting stored peanuts in the southeastern United States. J. Econ. Entomol., 81: 74-77, 1988.

Halliscak, J. P. and Beeman, R. W.: Status of malation resistance in five genera of beetles infesting farm-stored corn, wheat and oats in the United States. J. Econ. Entomol., 76: 717-722, 1983.

Hassall, K. A.: The bichemistry and uses of pesticides. VCH, Weinheim-New York-Basel-Cambridge, 1990, p. 510.

Howe, R. W., and Hole, B. D.: The susceptibility of developmental stage of *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera, Curculionidae) to moderately low temperature. J. Stored Prod. Res., 4: 147-156, 1968.

Heather, N. W.: Commodity disinfection treatments with heat. In: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, Canberra, Australia, Vol. 2, 1994, pp. 1199-1200.

Hidalgo, E., Moore, D. and Le Patourel, G.: The effect of different formulations of *Beauveria bassiana* on *Sitophilus zeamais* in stored corn maize. J. Stored Prod. Res., 34: 171-180, 1998.

Huang, Z., Tan, J. M. W. L., Kini, R. M. and Ho, S. H.: Toxic and antifeedant action of nutmeg oil against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. J. Stored Prod. Res., 33: 289-298, 1997.

Ignatowicz, S.: Cases of phosphine resistance in the grain weevil, *Sitophilus granarius* found in Poland. In: Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-Product Protection (J. Zuxun, L. Quan, L. Youngsheng, T. Xianchang, and G. Lianghua, eds.). Sichuan Publishing House of Science and Technology, Beijing, P.R. China, Vol. 1, 1999, pp. 625-630.

Ignatowicz, S. and Wesolowska, B.: Potential of common herbs as grain protectants: Repellent effect of herb extracts on the granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.). In: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, Canberra, Australia., Vol. 2, 1994, pp. 790-794

Kljajić, P.: Toksičnost hlorthirifos-metila i deltametrina na žitnog žiška, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera:

Curculionidae) u različitim uslovima sredine.

Magistarski rad, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 1994.

Kljajić, P., Almaši, R. and Perić, I.: Starvation survival and effects of chlorpyrifos-methyl and deltamethrine on *Sitophilus granarius* L. In: Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored Product Protection (J. Zuxun, L. Quan, L. Youngsheng, T. Xianchang, G. Lianghua, eds.). Sichuan Publishing House of Science and Technology, Beijing, P.R.China, Vol. 1, 1999, pp. 826-828

Kljajić, P., Miloševski, N., Živanović, M., Almaši, R. and Perić, I.: Interaction of starvation and insecticide toxicity in granary weevil *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Curculionidae) population of different susceptibility. In: Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection (P.F. Credland, D.M. Armitage, C.H. Bell, P.M. Cogan, and E., Highley, eds.). CAB International, Wallingford, UK, 2003, pp. 835-840.

Kljajić, P. and Perić, I.: Susceptibility to contact insecticides of granary weevil *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) originating from different locations in former Yugoslavia. J. Stored Prod. Res. (In Press).

Kljajić, P., Miloševski N., Babić, M., Radonjić, V. i Perić, I.: Zastupljenost štetnih insekata i mere njihovog suzbijanja u magacinima DD "Centroproizvod". Zbornik radova VI simpozijuma: Dezinfekcija, dezinsekcija i deratizacija u zaštiti životne sredine, Donji Milanovac, 1995, str. 97-102.

Kljajić, P., Miloševski N. i Perić, I.: Toksičnost hlorthirifos-metila i deltametrina za larve *Plodia interpunctella* (Hübner). Zbornik radova VII savetovanja o DDDDD u zaštiti životne sredine, Bar, 1996a, str. 132-136.

Kljajić, P., Perić Ž. i Perić, I.: Toksičnost hlorthirifos-metila i deltametrina za adulte žitnog žiška (*Sitophilus granarius* L.) posle različitih aplikacija. U: Zaštita bilja danas i sutra (M. Šestović, N. Nešković, i I. Perić, eds.). Društvo za zaštitu bilja Srbije, Beograd, 1994a, str. 479-489,

Kljajić, P., Perić, Ž. i Perić, I.: Interakcije ekstremnih temperatura i delovanja insekticida na adulte žitnog žiška, *Sitophilus granarius* (L.). Pesticidi, 9: 57-63, 1994b.

Kljajić, P., Perić, Ž. i Perić, I.: Letalni efekti ekstremnih temperatura na adulte žitnog žiška, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Pesticidi, 11: 195-202, 1996b.

Kljajić, P., Stanisavljević, M. i Perić, I.: Toksičnost hlorthirifos-metila i deltametrina za larve *Plodia interpunctella* (Hubner) na različitim temperaturama. Zbornik rezimea X jugoslovenskog simpozijuma o zaštiti bilja, Budva, 1996, str. 125.

Kljajić, P.: Osetljivost populacija žitnog žiška *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) prema kontaktnim insekticidima i interakcije sa efektima ekstremnih temperatura i gladovanja. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2001.

Korunić, Z.: Diatomaceous earths, a group of natural

insecticides. *J. Stored Prod. Res.*, 34: 87-98, 1998.

Lloyd, C. J.: Studies on the cross-resistance to DDT and metoxychlor in a pyrethrin-resistant strain of *Sitophilus granarius* (L.) (*Coleoptera: Curculionidae*). *J. Stored Prod. Res.*, 5: 337-356, 1969.

Maier, D. E. and Montross, M. D.: Modelling aeration and storage management strategies. **In:** Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored Product Protection (J. Zuxun, L. Quan, L. Youngsheng, T. Xianchang and G. Lianghua, eds.). Sichuan Publishing House of Science and Technology, Beijing, P.R.China, Vol. 2, 1999, pp. 1279-1300.

Metcalf, R. L.: Insect resistance to insecticides. *Pestic. Sci.*, 26: 333-358, 1989.

Mills, K. A. and Athie, I.: The development of a same-day test for the detection of resistance to phosphine in *Sitophilus granarius* (L.) and *Oryzaephilus surinamensis* (L.) and findings on the genetics of the resistance related to a strategy to prevent its increase. **In:** Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored Product Protection (J. Zuxun, L. Quan, L. Youngsheng, T. Xianchang, G. Lianghua, eds.). Sichuan Publishing House of Science and Technology, Beijing, P.R.China, Vol. 1, 1999, pp. 594-602.

Mitić, N.: Pesticidi u poljoprivredi i šumarstvu u Srbiji i Crnoj Gori. Društvo za zaštitu bilja Srbije, Beograd, 2004.

Monro, H. A. U.: Manual of fumigation for insect control. Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, Italy, 1961.

Mummigatti, S. G., Ragbunathan, A. N. and Karanth, N. G. K.: *Bacillus thuringiensis* variety *tenebrionis* (DSM-2803) in the control of coleopteran pests of stored wheat. **In:** Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, Canberra, Australia, Vol. 2, 1994, pp. 1112-1115.

Nakakita, H. and Ikenaga, H.: Action of low temperature on physiology of *Sitophilus zeamais* Motchulsky and *Sitophilus oryzae* (L.) (*Coleoptera: Curculionidae*). *J. Stored Prod. Res.*, 33: 31-38, 1997.

Nielsen, P. S.: The effect of a diatomaceous earth formulation on the larvae of *Ephestia kuehniella* Zeller. *J. Stored Prod. Res.*, 34: 113-122, 1998.

Oberlander, H., Silbacek, D. L., Shaaya, E. and Ishaaya, I.: Current status and future perspectives of the use of insect grow regulators for the control of stored product insects. *J. Stored Prod. Res.*, 33: 1-6, 1997.

Oppenoorth, F. J.: Biochemistry and genetics of insecticides resistance. **In:** Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology (G.A. Kerkut, and L. I. Gilbert, eds.). Pergamon Press, Oxford, UV., Vol. 12, 1985, pp. 731-773.

Phillips, T. W.: Pheromones of stored-product insects: current status and future perspectives. **In:** Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, Canberra,

Australia., Vol. 1, 1994, pp. 479-486.

Phillips, T. W.: Semiochemicals of stored-product insects: research and applications. *J. Stored Prod. Res.*, 33: 17-30, 1997.

Perić, I.: Rezistentnost štetnih insekata prema insekticidima-istorijat, uzroci i posledice. *Pesticidi*, 2: 115-122, 1987.

Perić, I.: Rezistentnost štetnih organizama na pesticide. *Pesticidi*, 5, 151-158, 1990.

Perić, I.: Insecticide resistance – Choice of assessment methods. 2nd International Symposium on Pesticides in Public Health, Subotica-Palić, 2000 (*Arch. Toxicol. Kinet. Xenobiot. Metab.*, 8: 107-118, 2000).

Perić, I. i Kljajić, P.: Dezinsekcija u različitim uslovima sredine. Zbornik radova VIII savetovanja o DDDDD u zaštiti životne sredine, Subotica, 1997, str. 45-51.

Perić, I., Šestović, M. i Kljajić, R.: Faktori koji utiču na razvijanje rezistentnosti štetnih organizama prema pesticidima. Zbornik radova Jugoslovenskog savetovanja o primeni pesticida, Poreč, 1981, 37-48.

Prates, H. T., Santos, J. P., Waquil, J. M., Fabris, J. D., Oliveira, A. B. and Foster, J. E.: Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *J. Stored Prod. Res.*, 34: 243-249, 1998.

Price, N. R.: The mode of action of fumigants. *J. Stored Prod. Res.*, 21: 157-164, 1985.

Prickett, A. J.: The cross-resistance spectrum of *Sitophilus granarius* (L.) (*Coleoptera: Curculionidae*) heterozygous for pyrethrin resistance. *J. Stored Prod. Res.*, 16: 19-26, 1980.

Rajendran, S. and Narasimhan, K. S.: The current status of phosphine fumigations in India. **In:** Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, Canberra, Australia, Vol. 1, 1994, pp. 148-152.

Rabim, M.: Biological activity of azadirachtin-enriched neem kernel extracts against *Rhyzopertha dominica* (F.) (*Coleoptera: Bostrichidae*) in stored wheat. *J. Stored Prod. Res.*, 34: 123-128, 1998.

Regnault-Roger, C. and Hamraoui, A.: Antifeedant effect of Mediterranean plant essential oils upon *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), bruchid of kidney beans, *Phaseolus vulgaris* L.. **In:** Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, Canberra, Australia, Vol. 2, 1994, pp. 837-840.

Reichmuth, C.: Fumigation for pest control in stored production – outlook. **In:** Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored Product protection (J. Zuxun, L. Quan, L. Youngsheng, T. Xianchang, and G. Lianghua, eds.). Sichuan Publishing House of Science and Technology, Beijing, P.R. China, Vol. 1, 1999, pp. 311-318.

Ren, Y. L., Brien, I. G. and Whittle, C. P.: Studies on the effect of carbon dioxide in insect treatment with phosphine. **In:** Proceedings of the 6th International

- Working Conference on Stored Product Protection (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, Canberra, Australia, Vol. 1, 1994, pp. 173-177.
- Ribeiro, B. M., Guedes, R. N. C., Oliveira, E. E. and Santos, J. P.:** Insecticide resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res., 39: 21-31, 2003.
- Rice, M. J., Legg, M. and Powell, K. A.:** Natural products in agriculture - a view from the industry. Pestic. Sci., 52: 184-188, 1998.
- Savvidou, N., Mills, K. A. and Pennington, A.:** Phosphine resistance in *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae). In: Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection (P.F. Credland, D.M. Armitage, C.H. Bell, P.M. Cogan and E. Highley, eds.). CAB International, York, UK, 2003, pp. 702-712.
- Schöller, M., Prozell, S., Al-Kirshi, A. G., and Reichmuth, Ch.:** Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. J. Stored Prod. Res., 33: 81-97, 1997.
- Scott, J. G.:** Investigating mechanisms of insecticide resistance: Methods, strategies and pitfalls. In: Pesticide resistance in arthropods (R.T. Rousch, and B.E. Tabashnik, eds.). Chapman and Hall Inc., New York and London, 1990, pp. 39-57.
- Shaaya, E., Kostjukovski, M., Eilberg, J. and Sukprakar, C.:** Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. J. Stored Prod. Res., 33: 7-16, 1997.
- Sinha, R. N.:** The stored-grain ecosystem. In: Stored-grain ecosystems (D.S. Jayas, N.D.G. White, and W.E. Muir, eds.). Marcel Dekker Inc., New York-Basel-Hong Kong, 1995, pp. 1-32.
- Soderland, D. M. and Bloomquist, J. R.:** Molecular mechanisms of insecticide resistance. In: Pesticide resistance in arthropods (R.T. Rousch, and B.E. Tabashnik, eds.). Chapman and Hall Inc., New York and London, 1990, pp. 58-96.
- Sparrow, P. R.:** A review of IPM and ICM status and development in Europe and worldwide. Proc. Crop Protection & Food Quality Meeting-Customer Needs. British Crop Protection Council, (BEPC) Kent, UK, 1997, pp. 167-174.
- Schneider, B. M. and Hartsell, P. L.:** Control of stored product pests with (Vikane) gas fumigant (sulfuryl fluoride). In: Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored Product protection (J. Zuxun, L. Quan, L. Youngsheng, T. Xianchang, and G. Lianghua, eds.). Sichuan Publishing House of Science and Technology, Beijing, P.R. China, Vol. 1, 1999, pp. 406-408.
- Subramanyam, Bb. and Cutkomp, L. K.:** Moth control in stored grain and the role of *Bacillus thuringiensis*: an overview. Residue Rev., 94: 1-47, 1985.
- Subramanyam, Bb. and Cutkomp, L. K.:** Influence of posttreatment temperature on toxicity of pyrethroids to five species of stored-product insects. J. Econ. Entomol., 80: 9-14, 1987.
- Subramanyam, Bb. and Hagstrum, D. W.:** Resistance measurement and management. In: Integrated management of insects in stored products (B. Subramanyam, and D.W. Hagstrum, eds.). Marcel Dekker Inc., New York-Basel-Hong Kong, 1996, pp. 331-398.
- Sun, D. and Woods, J. L.:** Deep-bed simulation of the cooling of stored grain with ambient air a test bed for ventilation control strategies. J. Stored Prod. Res., 33: 31-38, 1997.
- Šarić, M., Gnip, M. i Psodorov, Đ.:** Promene biološkog i tehnološkog kvaliteta zrna pšenice izazvane termičkim tretmanom. Žito-hleb, 27: 71-77, 2000.
- Šestović, M. i Perić, I.:** Osnove metabolizma insekticida: 1. Enzimi koji katališu oksidacione procese prve faze. Pesticidi, 10: 7-24, 1995a.
- Šestović, M. i Perić, I.:** Osnove metabolizma insekticida: 2. Oksidativni procesi prve faze. Pesticidi, 10: 85-106, 1995b.
- Šestović, M., Perić, I. i Vukša, P.:** Osnove metabolizma insekticida: 3. Reduktivni i hidrolitički procesi prve faze. Pesticidi, 10: 181-196, 1995a.
- Šestović, M., Perić, I. i Vukša, P.:** Osnove metabolizma insekticida: 4. Konjugacioni procesi druge faze. Pesticidi, 10: 253-269, 1995b.
- Tabashnik, B. E.:** Modeling and evaluation of resistance management tactics. In: Pesticide Resistance in Arthropods (R.T. Rousch, and B.E. Tabashnik, eds.). Chapman and Hall Inc., New York and London, 1990, pp. 153-182.
- Taylor, R. W. D. and Halliday, D.:** The geographical spread of resistance to phosphine by coleopterous pests of stored products. Proc. Crop Protection Conference - Pest and Diseases, British Crop Protection Council, KENT, UK, 1986, pp. 607-613.
- Tbaung, M. and Collins, P. J.:** Joint effects of temperature and insecticides on mortality and fecundity of *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) in wheat and maize. J. Econ. Entomol., 79: 909-914, 1986.
- Thorpe, G. R.:** Modelling heat and mass transfer phenomena in bulk stored grains. In: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, U.K., Canberra, Australia, Vol. 1, 1994, pp. 359-367.
- Thuy, P. T., Dien, L. D. and Van, N. G.:** Research on multiplication of *Beauveria bassiana* fungus and preliminary utilisation of Bb bioproduct for pest management in stored products in Vietnam. In: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, Canberra, Australia, Vol. 2, 1994, pp. 1132-1133.
- Tomlin, C.D.S. (ED.):** The Pesticide Manual - a world compendium (13th edition). British Crop Protection Council (BCPC), Omega park, Alton, Hampshire, UK, 2003.
- Trematerra, P.:** The use of sex pheromones to control *Ephestia kuehniella* Zeller (Mediterranean flour moth) in flour mills by mass trapping and attracticide (lure and kill) methods. In: Proceedings of the 6th International

Working Conference on Stored Product Protection (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, Canberra, Australia, Vol. 1, 1994, pp. 375-382.

Tsukamoto, M.: Methods of genetic analysis of insecticide resistance. **In:** Pest resistance to pesticides (G.P. Georgioui, and T. Saito, eds.). Plenum Press, New York, USA 1983, pp. 71-98.

Tyler, P. S. and Binns, T. J.: The influence of temperature on the susceptibility to eight organophosphorus insecticides of susceptible and resistant strains of *Tribolium castaneum*, *Oryzaephilus surinamensis* and *Sitophilus granarius*. *J. Stored Prod. Res.*, 18: 13-20, 1982.

Voss, G.: Insecticide/acaricidae resistance – Survey and recommendation by industry. FRAC/IRAC Newsletter. GIFAP, Bruxelles, 1987, pp. 1-10.

Walter, V. E.: Fumigation in the Food Industry. **In:** Ecology and Management of Food-Industry Pests (J.R. Gorham, ed.). Association of Official Analytical Chemists, Virginia, USA, 1991, pp. 441-457.

Weller, G. L. and Morton, R.: Fumigation with carbonyl sulfide: A model for the interaction of concentration, time and temperature. *J. Stored Prod. Res.*, 37: 383-398, 2001.

White, G. G. and Lambkin, T. A.: Baseline responses to phosphine and resistance status of stored-grain pests in Queensland, Australia. *J. Econ. Entomol.*, 83: 1738-1744, 1990.

White, N. D. G. and Leesch, J. G.: Chemical control. **In:**

Integrated Management of Insects in Stored Products (B. Subramanyam, and D.W. Hagstrum, eds.). Marcel Dekker Inc., New York-Basel-Hong Kong, 1996, pp. 287-330.

Winks, R. G. and Hyne, E. A.: Measurement of resistance to grain fumigants with particular reference to phosphine.

In: Proceedings of the 6th International Working Conference on Stored Product Protection (E. Highley, E.J. Wright, H.J. Banks and B.R. Champ, eds.). CAB International, Canberra, Australia, Vol. 1, 1994, pp. 244-250.

Wilkin, D. R., Fleurat-Lessard, F., Haubruge, E. and Serrano, B.: Developing a new grain protectant-efficacy testing in Europe. **In:** Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored Product Protection (J. Zuxun, L. Quan, L. Youngsheng, T. Xianchang and G. Lianghua, eds.). Sichuan Publishing House of Science and Technology, Beijing, P.R. China, Vol. 1, 1999, pp. 880-890.

Zettler, J. L.: Insecticide resistance in selected stored product insects in the southeastern United States. *J. Econ. Entomol.*, 75: 359-362, 1982.

Zettler, J. L., Halliday, W. R. and Arthur, F. H.: Phosphine resistance in insects infesting stored peanuts in the southeastern United States. *J. Econ. Entomol.*, 82: 1508-1511, 1989.

Zettler, J. L. and Cuperus, G. W.: Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in wheat. *J. Econ. Entomol.*, 83: 1677-1681, 1990.

Resistance of Stored Product Insects to Insecticides

SUMMARY

Frequent infestations of storage facilities and stored plant products with insect pests require various control measures, including the most important insecticide treatments. The fumigant phosphine is most frequently used, along with contact insecticides of the group of organochlorinated compounds and carbamates, and the more recent organophosphates and pyrethroids. There are various causes of unsatisfactory effects of insecticide treatments, one of which is the resistance of some insect populations. It is the most significant limiting factor for continuing insecticide application, which may cause serious economic and ecological consequences and affect human health.

Worldwide test reports on the susceptibility of populations of various stored-product insects show that resistance to phosphine is generally low and most frequently occurs in the species *Tribolium confusum* and *T. castaneum*, as well as *Sitophilus oryzae*, *Rhyzopertha dominica* and *Plodia interpunctella*. A growing number of populations highly resistant to this fumigant, primarily populations of *R. dominica*, have been detected in Australia over the past several years, while in Asia (China, India and the Philippines) and parts of Africa and Central America the problem of resistance is even more evident, primarily due to local conditions that are favourable for reproduction of those

insects. In Serbia and Montenegro, however, changes in the susceptibility of stored-product insect pests to phosphine or any other fumigant have not been investigated.

Reports concerning contact insecticides indicate a highest global frequency and severity of resistance to pyrethroids, applied independently or in combination with piperonyl butoxide, and especially to deltamethrin, cyfluthrin and cypermethrin as found in *T. castaneum* and *S. oryzae*. Regarding organophosphates, fenitrothion has been found to cause the highest levels of altered susceptibility in some populations of *Oryzaephilus surinamensis*. High levels of resistance to pirimiphos-methyl have been reported mostly for populations of *S. oryzae*, *Acanthoscelides obtectus* and *O. surinamensis*, while corresponding resistance to malathion has been observed in *P. interpunctella* and *T. castaneum*. Far lower levels of resistance have been found to chlorpyrifos-methyl and dichlorvos. In Serbia and Montenegro, the laboratory of the Pesticide and Environmental Research Centre is the only one engaged in comprehensive tests of the susceptibility of several populations of *Sitophilus granarius* to different contact insecticides currently in use. Low levels of resistance of some populations to pirimiphos-methyl and high resistance to deltamethrin have also been detected. Cross-resistance has been observed in some populations of this insect species.

Keywords: Stored-products; Stored-product insects; Insecticides; Resistance