

권연벌레와 어리쌀바구미에 대한 26종 살충제의 접촉독성 및 잔효성

조선란 · 신윤희 · 윤창만 · 김길하*

충북대학교 농업생명환경대학 식물 의학과

(2011년 9월 9일 접수, 2011년 9월 20일 수리)

Contact and Residual Toxicities of 26 Insecticides Against the Cigarette Beetle, *Lasioderma serricorne* and the Maize Weevil, *Sitophilus zeamais*

Sun-Ran Cho, Youn-Ho Shin, Changmann Yoon and Gil-Ha Kim*

Dept. Plant Medicine, Coll. of Agri. Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Republic of Korea

Abstract

This study was performed to evaluate the contact toxicity and residual toxicity of the 26 commercially registered insecticides against cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* and maize weevil, *Sitophilus zeamais* adult. Among 26 insecticides, seven insecticides (chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, fenitrothion, fenthion, phenthoate, cypermethrin, α -cyhalothrin) against *L. serricorne* adult and five insecticides (chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, fenitrothion, fenthion, phenthoate) against *S. zeamais* adult showed perfect mortality. LC_{50} (ppm) values of those selected insecticides were appeared lowest value on α -cyhalothrin (1.46) against *L. serricorne* adult and chlorpyrifos-methyl (0.64) against *S. zeamais* adult, respectively. However, chlorpyrifos-methyl still remain high toxicity until 90th days after treatment against both *L. serricorne* and *S. zeamais* adults. From above results, it will be useful information to select insecticides effective against *L. serricorne* and *S. zeamais* adults.

Key words *Lasioderma serricorne*, *Sitophilus zeamais*, Contact toxicity, Residual effect

서 론

저곡해충은 농산물의 생산부터 저장·유통까지 전과정에서 가해를 하여 상품에 피해를 주며, 농민과 유통관계자, 소비자에 이르기까지 경제적으로 많은 손실을 끼치고 있다. 농산물의 안정적인 생산과 공급을 위해 저장과 유통과정에서 저곡해충의 확실한 방제가 필요한데, 저곡해충 중에서도 특히 권연벌레와 어리쌀바구미는 저장곡식을 가해하여 상당한 피해를 주고 있는 중요한 해충이다(Lee *et al.*, 2001; Hori, 2004; Phillips and Throne, 2010; Abd-El-Aziz, 2011).

권연벌레(*Lasioderma serricorne*)는 범세계적으로 분포를

하고 있으며(Danho *et al.*, 2002), 주로 열대·아열대지역에서 상당한 경제적인 피해를 주고 있다. 권연벌레는 다양한 곡물과 곡물로 만든 상품, 향신료, 담배에서 번식과 발육이 잘되고, 저장과 제조 그리고 소매단계에서 상품을 가해한다(Dimetry *et al.*, 2004). 권연벌레는 유충의 경우 섭식을 통해 대부분 피해를 야기하며, 성충은 침입과 탈출 과정에서 포장된 상품에 구멍을 내고, 섭식을 통해 피해를 주거나, 죽은 곤충의 사체, 허물이나 배설물 등으로 상품을 오염시키고 식품내 혼입 문제를 야기하기도 한다(Highland, 1991).

어리쌀바구미(*Sitophilus zeamais*)는 쌀바구미(*Sitophilus oryzae*)와 같이 가장 넓게 분포하고 온대와 열대지역에서 가장 많은 피해를 주는 해충으로 생육중인 옥수수나 저장중인 곡물, 음식, 가축사료, 전분 등을 가해하여(Markham *et al.*,

*연락처 : Tel. +82-43-261-2555, Fax. +82-43-271-4414

E-mail: khkim@chungbuk.ac.kr

1994), 저장물의 질과 양을 손상시키고(Rees, 2004), 저장된 음식의 화학적 구성의 변화, 영양소 가치의 감소, 유해한 화합물에 의한 오염과 알레르기 등을 유발시킨다(Rajendran and Parveen, 2005). 도정과정에서 성충은 거의 제거되지만, 곡물 내부에 존재하는 알과 유충은 제거되지 않은 상태로 최종 상품이 될 가능성이 높기 때문에 보다 많은 문제를 일으킬 수도 있다(Nam *et al.*, 2009).

이러한 저곡해충의 방제는 주로 저곡창고의 콘크리트 벽면이나 곡물에 접촉 독성이 강한 화합물이나 잔류성이 높은 화합물을 살포하거나 밀폐된 창고 안에 훈증제를 처리하여 방제를 하고 있다(Abd-El-Aziz, 2011). 주요 저곡해충을 효율적으로 방제하는 것은 생산과 농가의 소득증대와 건전한 농산물의 유통과 소비를 위해 매우 중요한 사항이며, 주어진 환경에서 적절한 작물보호제로 해충을 방제하는 방법이 가장 쉽고, 빠르며, 경제적이다(White and Leesch, 1995). 하지만 이러한 지속적인 약제 살포는 해충이 약제저항성의 발달과 동시에 인류보건에 부정적인 영향을 주거나 경제적·생태적인 악영향을 끼칠 수 있기에 화학방제 약제의 등록 및 적용을 규제하고 있다(White and Leesch, 1995).

곡류에 처리하는 살충제는 생물검정을 통하여 독성을 정확히 평가해야 한다. 접촉 독성이 있는 살충제는 훈증제에 비하여 잔효기간이 길며, 적용이 쉽고, 적용과 효과가 상대적으로 안전하다. 반면에 훈증제는 저곡이나 제조시설에 있는 곤충 집단을 방제하는데 빠르게 방제하는 대중적인 방법이지만 작업자의 안전문제나 methyl-bromide와 같이 ozone을 파괴하는 등의 문제로 그 사용이 제한되고 있다(EPA, 1993). 따라서 약제의 특성을 전문적으로 이해하고 효율적으로 농약을 사용해야 한다.

저곡해충에 대한 접촉 독성과 Arthur(1997)는 3종의 저곡해충에 대하여 합판, 콘크리트와 타일표면에 도포한 deltamethrin의 효과에 대하여 비교하였고, Huang and Subramanyam (2007)은 옥수수의 주요 저곡해충에 대하여 spinosad가 49일 차까지 효과가 있음을 보고하였다. Nayak *et al.*(2002)은 3종의 다듬이벌레에 대하여 콘크리트와 도금강철표면에 carbaryl, deltamethrin과 permethrin 약제를 살포하고 40주까지 잔류독성을 비교하였다. 훈증제에 관한 연구로는 Xin *et al.*(2008)이 쌀바구미, 거릿쌀도둑거지리(*Tribolium castaneum*)과 가루좀벌레(*Rhyzopertha dominica*) 성충에 대한 ethyl formate의 독성을 비교하였다. 그 외에, 곤충생장조절제와 저곡해충에 관한 보고(Oberlander *et al.*, 1997), 식물이 생산한 기피제와 섭식억제제로 방제에 관한 연구(Sabbour and Abd El-Aziz, 2007; Haghtalab *et al.*, 2009), 저곡해충의 종합방제전략(Abd-El-

Aziz, 2011)등에서 많은 연구결과를 찾을 수 있다. 그러나 국내에서는 저곡해충의 종류와 발생생태에 관한 보고는 많이 있으나 살충제를 이용한 저곡해충의 방제에 관한 논문은 많지 않다.

저곡해충에 대한 방제약제로는 권연벌레와 쌀바구미에 대해서 훈증제인 메칠브로마이드와 알루미늄포스파이드와 같은 훈증제 외에 농업용 방제약제는 등록된 약제가 없고, 그 방제효과를 검토한 논문이 없다. 따라서 본 연구는 국내 농업해충의 방제약제로 등록된 26종 약제(KCPA, 2010)에 대한 권연벌레와 어리쌀바구미 성충에 접촉 독성과 잔효성이 높은 살충제를 선발하여 방제에 기초자료로 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험곤충

실험에 사용된 권연벌레는 2009년 8월에 청주시 개신동에서 채집하였으며, 어리쌀바구미는 2000년 6월에 청주시 가경동에서 채집하여 살충제 접촉 없이 충북대학교 곤충사육실에서 누대 사육한 실내계통을 사용하였다. 실내 사육조건은 온도 $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 광주기 16 L: 8D, 상대습도 50~60%의 조건하에서 플라스틱 사육용기(15×23×8 cm)에 권연벌레는 corn powder, 어리쌀바구미는 쌀을 주기적으로 먹이로 공급하면서 사육하였다.

실험약제

실험에 사용된 살충제는 농업해충 전문약제로서 유기인계 6종, 카바메이트계 2종, 피레스로이드계 8종, 네오니코티노이드계 4종, 항생제 3종, 그리고 기타 3종 등 모두 26종이었으며(KCPA, 2010), 살충제는 농업용 약제들 중에서 자주 사용되는 약제들을 계통별로 선발하였으며, 이들 각 살충제에 대한 일반명, 제형, 유효성분량 및 추천농도는 Table 1과 같다.

접촉독성 실험

페트리 디쉬(Φ 5.5×1.5 cm)에 filter paper(Φ 5.5 cm, Hyundai Micro Co., Anseong, Korea)를 깔고 실험약제를 추천농도로 증류수에 희석하여 1 ml씩 filter paper에 약액을 처리하고 약 40분 동안 음건한 후 성충 10마리씩 접촉하였다. 48시간 후에 보정살충율을 구하였다.

접촉독성 실험에서 100%의 살충효과를 나타낸 약제를 선발하여 24시간과 48시간에서 약제의 반수치사농도(LC₅₀, ppm)를 구하여 약제간 비교하였다. 모든 실험은 3반복으로 수행하였다.

잔효성실험

접촉독성 실험에서 100%의 살충효과를 나타낸 약제를 선발하여 시간 경과에 따른 잔효성실험을 실시하였다. 3, 6, 9, 13, 17, 27, 54, 90일 경과에 따른 약제의 잔효력을 평가하였으며, 접촉독성실험과 동일한 방법으로 준비하였다. 그리고 경과 일수별로 10마리씩 처리하여 처리 48시간 후 살충율을 평가하였으며, 모든 실험은 3반복으로 수행하였다.

자료분석

접촉독성에서 살충율은 Tukey's studentized range test

(SAS Institute, 2010)로 비교하였고, LC₅₀(ppm)은 probit 계산법으로 산출하였다(Finney, 1971).

결과 및 고찰

성충에 대한 약제 접촉독성

26종의 농업용 살충제를 추천농도(ppm)로 희석하여 filter paper에 처리한 후 권연벌레와 어리쌀바구미 성충의 치사효과를 조사하였다(Table 1). 권연벌레 성충에 대해 100%의 살충율을 나타낸 약제는 유기인계의 chlorpyrifos, chlorpyrifos-

Table 1. Comparative contact toxicities of 26 insecticides against *L. serricorne* and *S. zeamais* adults

Common name	AI ^{a)} (%) & formulation ^{b)}	Recom Conc. (ppm)	Corrected mortality (%) ^{c)}			
			n	<i>L. serricorne</i>	n	<i>S. zeamais</i>
<i>Organophosphates</i>						
Chlorpyrifos	25 WP	250	30	100.0 ± 0.0a	32	100.0 ± 0.0a
Chlorpyrifos-methyl	25 EC	312.5	28	100.0 ± 0.0a	30	100.0 ± 0.0a
Fenthion	50 EC	500	31	100.0 ± 0.0a	30	100.0 ± 0.0a
Fenitrothion	50 EC	500	30	100.0 ± 0.0a	31	100.0 ± 0.0a
Phenthoate	47.5 EC	475	29	100.0 ± 0.0a	30	100.0 ± 0.0a
Pyraclofos	35 WP	350	30	0.0 ± 0.0f	30	0.0 ± 0.0f
<i>Carbamates</i>						
Carbaryl	50 WP	500	31	19.4 ± 1.0ef	27	25.7 ± 3.9cde
Thiodicarb	40 WP	400	28	23.3 ± 25.2de	31	0.0 ± 0.0f
<i>Pyrethroids</i>						
Bifenthrin	2 WP	10	30	20.0 ± 0.0ef	30	36.7 ± 5.8bcd
Cypermethrin	5 EC	50	10	100.0 ± 0.0a	30	13.3 ± 0.0ef
Deltamethrin	1 EC	10	29	44.8 ± 5.0cd	30	0.0 ± 0.0f
Etofenprox	20 EC	200	28	14.2 ± 5.2ef	28	0.0 ± 0.0f
Esfenvalerate	1.5 EC	15	29	0.0 ± 0.0f	30	0.0 ± 0.0f
Fenpropathrin	5 WP	50	29	48.5 ± 7.9c	25	28.9 ± 7.7cde
Fenvalerate	5 EC	50	29	71.7 ± 14.1b	30	39.6 ± 6.1bc
α-Cyhalothrin	1.4 CS	5.6	30	100.0 ± 0.0a	23	55.0 ± 18.0b
<i>Neonicotinoids</i>						
Acetamiprid	8 WP	40	27	25.7 ± 3.9de	27	18.2 ± 5.1def
Clothianidin	8 SC	40	29	58.5 ± 2.6bc	29	10.4 ± 10.0ef
Imidacloprid	10 WP	50	32	43.9 ± 5.4cd	30	0.0 ± 0.0f
Thiamethoxan	10 WP	50	28	17.8 ± 5.9ef	29	0.0 ± 0.0f
<i>Antibiotics</i>						
Emamectin benzoate	2.15 EC	10.75	30	0.0 ± 0.0f	30	3.3 ± 5.8f
Milbemectin	1 EC	10	30	0.0 ± 0.0f	27	10.8 ± 10.1ef
Spinosad	10 WG	50	30	43.3 ± 5.8cd	29	3.3 ± 5.8f
<i>Others</i>						
Chlorfenapyr	5 WP	50	27	14.9 ± 6.5ef	28	11.1 ± 11.1ef
Dinotefuran	10 WP	100	30	0.0 ± 0.0f	30	0.0 ± 0.0f
Indoxacarb	10 WP	50	31	9.7 ± 0.5ef	29	0.0 ± 0.0f

^{a)} Active ingredient.

^{b)} WP=wettable powder, EC=emulsifiable concentrate, SC=suspension concentrate, WG=water dispersible granule, SL=soluble concentrate, SP=water soluble powder, CS=capsule suspension.

^{c)} Means followed by the same letter within a column are not significantly different $P < 0.05$ by Tukey's studentized range test (SAS Institute, 2010).

methyl, fenitrothion, fenthion, phenthoate와 피레스로이드계의 cypermethrin, α -cyhalothrin 등 7종이었으며, 어리쌀바구미 성충에 대해서는 chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, fenitrothion, fenthion, phenthoate 등 5종이었다. 실험에 사용된 유기인계 살충제는 대부분이 처리 후 48시간 조사에서 권연벌레와 어리쌀바구미에 대해 높은 살충활성을 나타내었다. 그러나 권연벌레에 대해서 피레스로이드계 살충제인 cypermethrin과 α -cyhalothrin은 권연벌레에 대해서 매우 높은 살충력을 보였지만 어리쌀바구미에 대해서 낮은 살충력을 보였다. 약제 계통별로 카바메이트계, 피레스로이드계 대부분, 네오니코티노이드, 항생제계, 기타계통은 살충활성이 낮았다 (Table 1).

Benezet *et al.*(1986)은 11종의 살충제를 이용하여 국소처리법, 접촉독성법, 에어졸 방법으로 권연벌레 암컷 성충의 살충활성과 잔효성을 비교하였는데, chlorpyrifos는 접촉독성법이 잔효성에 비해 효과적이었지만, cypermethrin은 접촉독성

에서는 효과가 없었으나, 에어졸 처리 후 14일까지 90% 이상의 높은 살충력을 보였다. Kljajic and Peric(2007)은 3계통의 그라나리아쌀바구미에 대하여 살충제 dichlorvos, malathion, chlorpyrifos-methyl, pirimiphos-methyl, deltamethrin과 deltamethrin에 협력제인 PBO 혼합제의 접촉독성을 비교한 결과, deltamethrin+PBO가 가장 효과가 좋았으나, 반면에 dichlorvos가 가장 효과가 낮았다고 보고하였다. 이는 협력제인 PBO에 의해 deltamethrin의 효과가 높아진 것으로 본 실험의 결과와 직접적으로 비교하기에는 어려움이 있다. Arthur *et al.*(2004)은 네오니코티노이드계의 thiamethoxam을 온도, 노출 간격과 농도가 증가할수록 어리쌀바구미의 살충활성도 증가하였다고 보고하였으나, 본 실험에서는 어리쌀바구미와 권연벌레에 대한 thiamethoxam의 살충활성은 낮았다. 이는 살충제를 곡물에 직접 처리한 섭식독성을 조사한 것으로서 접촉독성을 조사한 본 실험과는 방법에 차이가 있어 살충활성이 다르게 나타난 것으로 판단된다.

Table 2. Medium lethal doses (LC₅₀, ppm) of 7 insecticides against *L. serricornis* and *S. zeamais* adults

Insecticides	Time	<i>L. serricornis</i> adult			<i>S. zeamais</i> adult		
		n	LC ₅₀ (ppm) (95% CL)	Slope (± SE)	n	LC ₅₀ (ppm) (95% CL)	Slope (± SE)
Chlorpyrifos	24	90	7.54 (6.48-8.70)	2.92	93	3.03 (1.90-4.33)	1.31
	48		6.20 (5.34-7.15)	3.08		0.77 (0.21-1.57)	0.95
Chlorpyrifos-methyl	24	90	9.05 (7.54-10.69)	2.37	91	2.01 (0.86-3.45)	0.98
	48		4.59 (3.50-5.71)	1.97		0.64 (0.11-1.57)	0.80
Fenitrothion	24	84	43.56 (33.63-56.05)	1.61	90	47.06 (36.77-59.68)	1.75
	48		35.19 (26.71-45.83)	1.49		6.17 (3.64-9.13)	1.16
Fenthion	24	82	15.11 (12.15-18.75)	2.50	91	3.27 (1.56-5.31)	1.13
	48		13.86 (11.23-17.16)	2.70		2.15 (0.89-3.50)	1.42
Phenthoate	24	90	13.59 (10.89-16.58)	1.84	86	18.43 (14.86-22.55)	3.13
	48		9.84 (7.85-11.96)	2.04		3.55 (2.17-4.97)	1.67
Cypermethrin	24	91	17.92 (14.81-22.17)	1.96	-	-	-
	48		7.41 (6.77-8.13)	5.06	-	-	-
α -Cyhalothrin	24	85	8.22 (4.83-27.00)	0.83	-	-	-
	48		1.46 (1.15-1.81)	1.71	-	-	-

접촉독성 시험에서의 효과가 좋았던 7종의 약제의 반수치사농도를 구하기 위하여 약제처리 48시간 후 LC₅₀(ppm)값을 평가한 결과(Table 2), 7종 약제에 대한 권연벌레의 반수치사농도는 α -cyhalothrin이 1.46으로 가장 높았으며, chlorpyrifos-methyl(5.59) > chlorpyrifos(6.20) > cypermethrin(7.41) > phenthoate(9.84) > fenthion(13.86) > fenitrothion(35.19) 순으로 나타났고, 5종 약제에 대한 어리쌀바구미의 반수치사농도는 chlorpyrifos-methyl이 0.64로 가장 높았으며, chlorpyrifos(0.77) > fenthion(2.15) > phenthoate(3.55) > fenitrothion(6.17) 순으로 나타났다. 권연벌레는 피레스로이드계 살충약제인 α -cyhalothrin이 유기인계 살충약제인 chlorpyrifos-methyl, chlorpyrifos 보다 높은 살충효과를 나타내었다(Table 2). 하지만, 유기인계 살충약제는 어리쌀바구미에 대하여 권연벌레보다 높은 살충활성을 보였으나, 피레스로이드계 약제는 어리쌀바구미에 대해 살충력이 없었다.

Perez-Mendoza(1999)은 멕시코에서 야외채집한 11계통의 어리쌀바구미에 대하여 저항성정도를 비교한 결과 약 1.2배에서 31.4배 정도까지 차이가 나는 것으로 보고하였다.

잔효성

접촉독성 시험에서 권연벌레와 어리쌀바구미에 100%의 살충효과를 보인 약제로 90일까지 잔효성을 비교·조사하였다(Fig. 1). 권연벌레 성충에 대해서는 chlorpyrifos-methyl이 처리 후 90일, α -cyhalothrin이 처리 후 9일 경과까지 100% 살충효과를 보였으며, fenthion은 처리 후 13일, phenthoate는 처리 후 9일 경과까지 80% 이상의 살충효과를 나타내었다. 어리쌀바구미 성충에 대해서는 chlorpyrifos-methyl이 처리 후 90일, phenthoate가 27일까지 100%, fenitrothion이 처리 후

27일 까지 90%의 높은 살충효과를 보였으며, fenthion은 처리 후 27일 경과까지 80% 이상의 살충효과를 나타내었다(Fig. 1).

권연벌레에 대한 약제의 잔효성을 살펴보면, Orui(2004)는 주름잡힌 종이에 살충제를 처리하여 잔효성을 보았는데, chlorpyrifos-methyl과 fenitrothion이 권연벌레 성충에 대해 100% 살충력을 보였으며, 처리 4개월 후에도 90% 이상의 살충력이 나타났다고 보고하였는데, 본 실험의 결과에서도 비슷한 경향을 보였다. Blanc *et al.*(2004)은 spinosad를 50 mg/Kg을 담배 잎에 있는 권연벌레의 알과 약충에 살포시 우화성충이 없었고 18개월까지도 약효가 유지된다고 보고하였다. 권연벌레를 포함한 저곡해충 방제에 나무, 금속, 콘크리트 표면에 적용하여 56일차까지 pyriproxyfen이 hydroprene보다 잔효성이 높음을 비교하기도 하였다(Arthur *et al.*, 2009).

어리쌀바구미에 대해서는, Letellier *et al.*(1995)는 본 실험에서는 사용하지 않았지만 fenoxycarb를 10 mg/kg 처리 3주 후, 어리쌀바구미 성충에 대한 살충율은 45.5%였지만, 95%의 산란 피해를 일으키며, 알과 약충에서도 독성이 있음을 보고하였다. Huang and Subramanyam(2007)은 어리쌀바구미를 포함한 7종의 주요 저장해충에 대해 항생제 계통의 spinosad를 옥수수에 1~2 mg/kg를 처리를 하였으며, 처리 12일 후 어리쌀바구미를 포함한 6종의 성충에 대해 100%의 높은 살충력을 보였고, 49일 후의 산란수와 곡물의 피해율은 7종 모두 1% 이하로 낮았다. 본 실험의 결과에서 spinosad는 권연벌레와 어리쌀바구미 성충을 대상으로 접촉독성을 조사했을 때 3.3%의 살충력이 거의 없는 것으로 보아 접촉독성법 보다는 식이법이 더 효과적일 것으로 판단된다.

Chlorpyrifos-methyl 약제를 쌓아놓은 곡물지상부 1 m 아래 깊이에 처리하고 저곡 밑이나 옥수수에서 자연분해와 해충

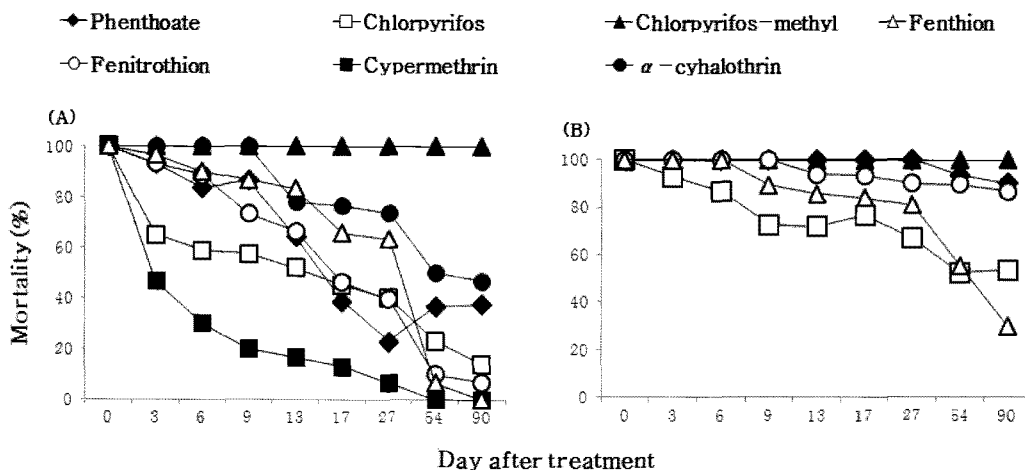


Fig. 1. Residual effects of seven insecticides against (a) *L. serricorne* adult and five insecticides against (b) *S. zeamais* adult.

생존을 지속적으로 관찰한 결과, 8개월 후에도 100% 살충력을 보였으나 pirimiphos-methyl의 살충력은 감소한 경향을 보였다(White *et al.*, 1997). Collins *et al.*(2000)은 저장곡물을 가해하는 세 종의 다듬이벌레(liposcelid psocid)에 대하여 유기인계 살충제인 azamethiphos을 처리한 후 36주까지의 장기간 방제가 가능함을 보여주었으나 fenitrothion, chlorpyrifos-methyl과 pirimiphos-methyl은 보호효과가 제한적임을 보고하였다. Nayak *et al.*(2002) 또한 같은 벌레에 대해 deltamethrin을 다공성의 콘크리트, 비-다공성인 철판에 처리한 후 잔효성을 보았는데, 다듬이벌레 두 종이 철판에서 8주 동안 100%의 잔효성을 보였다. 하지만, 본 연구에서 사용된 deltamethrin은 권연벌레에서 50% 미만을, 어리쌀바구미에 대해서는 살충력이 없는 것으로 나타났다. 이는 종에 따라 선택 독성의 차이일 것으로 생각된다. 접촉독성법으로 cypermethrin의 잔효성을 본 결과와 비슷한 경향을 보였다.

이상의 결과를 종합해보면, 실험에 사용된 대부분의 유기인계 살충제가 권연벌레와 어리쌀바구미 성충에 대해 높은 살충력을 보였으며, 특히 chlorpyrifos-methyl, fenthion, phenthoate가 27-90일까지 긴 잔효성을 나타내었다. 잔효성이 우수한 살충제는 한 번의 약제 처리로도 지속되는 방제효과를 가져오기 때문에 경제적이라 할 수 있지만 잔류독성의 우려가 있기 때문에 환경에 안전하지도 확인해야 한다.

감사의 글

이 논문은 2011년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었다.

>> 인 / 용 / 문 / 헌

- Abd-El-Aziz, S.E. (2011) Control strategies of stored product pests. *J. Entomol.* 8(2):101-122.
- Arthur, F.H. (1997) Differential effectiveness of deltamethrin dust on plywood, concrete, and tile surfaces against three stored-product beetles. *J. Stored. Prod. Res.* 33(2):167-173.
- Arthur, F.H., Y. Bisong and G.E. Wilde (2004) Susceptibility of stored-product beetles on wheat and maize treated with thiamethoxam: effects of concentration, exposure interval, and temperature. *J. Stored Prod. Res.* 40:527-546.
- Arthur, R.H., S. Liu, B. Zhao and T.W. Phillips (2009) Residual efficacy of pyriproxyfen and hydroprene applied to wood, metal and concrete for control of stored-product insects. *Pest Manag. Sci.* 65:791-797.
- Benezet, H.J., M.R. Bowen, C.W. Helms and B.B. Huffman (1986) Toxicity of selected insecticides to *Lasioderma Serricornis* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) by three methods of exposure. *J. Stored Prod. Res.* 24:93-96.
- Blanc, M.P., C. Panighini, F. Gadani and L. Rossi (2004) Activity of spinosad on stored-tobacco insects and persistence on cured tobacco strips. *Pest Manag. Sci.* 60:1091-1098.
- Collins, P.J., M.K. Nayak and R. Kopitke (2000) Residual efficacy of four organophosphates on concrete and galvanized steel surfaces against three liposcelid psocid species (Psocoptera: Liposcelidae) infesting stored products. *J. Econ. Entomol.* 93:1357-1363.
- Danho, M., C. Gaspar and E. Haubruge (2002) The impact of grain quality on the biology of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae): oviposition, distribution of eggs, adult emergence, body weight and sex ratio. *J. Stored Prod. Res.* 38:259-266.
- Dimetry, N.Z., A.A. Barakat, H.E. El-Metwally, E.M.E. Risha, A.M.E. Abd and E.L. Salam (2004) Assessment of damage and losses in some medicinal plants by the cigarette beetle (*Lasioderma Serricornis* (F.)). *Bull. Natl. Res. Center Egypt.* 29:325-333.
- EPA (1993) Regulatory action under the clean air act on methyl bromide. United States Environmental Protection Agency, Office of Air Radiation, Strategic Protection Division, Washington, DC.
- Finney, D.J. (1971) *Probit Analysis* (3rd edition). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Haghtalab, N., N. Shayesteh and S. Aramideh (2009) Insecticidal efficacy of castor and hazelnut oils in stored cowpea against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). *J. Biol. Sci.* 9:175-179.
- Highland, H.A. (1991) Protecting packages against insects. pp.345-350, In *Ecology and Management of Food-Industry Pests.* (ed. J.R. Gorham), FDA Technical Bulletin 4. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Hori, M. (2004) Repellency of hinokitiol against the cigarette beetle, *Lasioderma serricornis* (Fabricius) (Coleoptera: Anobiidae). *Appl. Entomol. Zool.* 39:521-526.
- Huang, F. and B. Subramanyam (2007) Effectiveness of spinosad against seven major stored-grain insects on corn. *Insect Sci.* 14:225-230.
- KCPA (2010) *User's Manual of Pesticides.* Korea Crop Protection Association.
- Kljajic, P. and I. Peric (2007) Effectiveness of wheat-applied contact insecticides against *Sitophilus granarius* (L.) originating from different populations. *J. Stored Prod. Res.* 43:523-529.
- Lee, B.H., W.S. Choi, S.E. Lee and B.S. Park (2001) Fumigant toxicity of essential oils and their constituent compounds towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). *Crop Prot.* 20:317-320.
- Letellier, C., E. Haubruge and C. Gaspar (1995) Biological

- Activity of Fenoxycarb Against *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 31:37-42.
- Markham, R.H., N. Bosque-Perez, C. Borgemeister and W.G. Meikle (1994) Developing pest management strategies for the maize weevil, *Sitophilus zeamais*, and the larger grain borer, *Prostephanus truncatus*, in the humid and sub humid tropics. FAO Plant Prot. Bull. 42:97-116.
- Nam, Y.W., Y.S. Chun and M.I. Ryoo (2009) Developing sequential sampling plans for evaluating maize weevil and Indian meal moth density in rice warehouse. Korean J. Appl. Entomol. 48:45-51.
- Nayak M.K., P.J. Collins and R.A. Kopitke (2002) Comparative residual toxicities of carbaryl, deltamethrin and permethrin as structural treatments against three liposcelidid psocid species (Psocoptera: Liposcelididae) infesting stored commodities. J. Stored Prod. Res. 38:247-258.
- Oberlander, H., D.L. Silhacek, E. Shaaya and I. Ishaaya (1997) Current status and future prospects of the use of insect growth regulators for the control of stored product insects. J. Stored Prod. Res. 33:1-6.
- Orui, Y. (2004) Method for increasing the residual efficacy of insecticides on the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) using adult settling behavior. Appl. Entomol. Zool. 39:107-112.
- Perez-Mendoza, J. (1999) Survey of insecticide resistance in Mexican populations of maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 35:107-115.
- Phillips, T.W. and J.E. Throne (2010) Biorational approaches to managing stored-product insects. Annu. Rev. Entomol. 55: 375-397.
- Rajendran, S. and H.K.M. Parveen (2005) Insect infestation in stored animal products. J. Stored Prod. Res. 41:1-30.
- Rees, D. (2004) Insects of Stored Products. CSIRO Publishing, Collingwood, Vic., Australia.
- Sabbour, M.M. and S.E. Abd El-Aziz (2007) Evaluation of some bioinsecticides and packaging materials for protecting broad bean against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) infestation during storage. Bull. Entomol. Soc. Egypt Ser. 33:129-137.
- SAS Institute (2010) SAS/STAT user's guide: Statistics, version 9.2 Institute Cary, N. C., U.S.A.
- White, N.D.G. and F.G. Leesch (1995) Chemical control. pp. 287-330, In Integrated Management of Insects in Stored Products (eds. Subramanyam B. and Hagstrum, D.W.), Marcel Dekker, Inc. New York, NY.
- White, N.D.G., D.S. Jayas and C.J. Demianyk (1997) Degradation and biological impact of chlorpyrifos-methyl on stored wheat and pirimiphos-methyl on stored maize in western Canada. J. Stored Prod. Res. 33:125-135.
- Xin, N., Y.L. Ren, R.I. Forrester, X. Ming and D. Mahon (2008) Toxicity of ethyl formate to adult *Sitophilus oryzae* (L.), *Tribolium castaneum* (herbst) and *Rhyzopertha dominica* (F.). J. Stored Prod. Res. 44:241-246.

권연벌레와 어리쌀바구미에 대한 26종 살충제의 접촉독성 및 잔효성

조선란 · 신윤희 · 윤창만 · 김길하*

충북대학교 농업생명환경대학 식물외과

요 약 시판되고 있는 26종의 살충제를 이용하여 권연벌레(*Lasioderma serricorne*)와 어리쌀바구미(*Sitophilus zeamais*) 성충에 접촉독성 방법인 약제감수성 잔효성에 대해 조사하였다. 권연벌레 성충에 100%의 살충율을 보인 약제는 chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, fenitrothion, fenthion, phenthoate, cypermethrin, α -cyhalothrin 등 7종이었으며, 어리쌀바구미 성충에 대해 살충율을 보인 약제는 chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, fenitrothion, fenthion, phenthoate 등 5종이었다. 이들 약제의 반수치사농도(LC₅₀ ppm)를 구한 결과, 권연벌레는 α -cyhalothrin이 1.46, 어리쌀바구미는 chlorpyrifos-methyl이 0.64로 가장 낮아 독성이 높았다. 잔효성은 권연벌레 성충에 대해서는 chlorpyrifos-methyl이 처리 후 90일, α -cyhalothrin이 처리 후 9일 경과까지 100% 살충효과를 나타내었다. 어리쌀바구미 성충에 대해서는 chlorpyrifos-methyl이 처리 후 90일, phenthoate가 27일까지 100%의 살충효과를 나타내었다.

색인어 권연벌레, 어리쌀바구미, 접촉독성, 잔효성