

## 바퀴에 대한 처리방법에 따른 살충제 감수성

한종빈 · 김길하\*

충북대학교 농과대학 식물의학과

### Susceptibilities of German Cockroach, *Blattella germanica* to Insecticides According to Application Methods

Jongbeen Han and Gil-Hah Kim\*

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

**ABSTRACT :** Susceptibility of *Blattella germanica* male adults to 61 commercial insecticides was evaluated by diet dipping method. Among them three insecticides of dichlorvos, fenitrothion, and fipronil showed over 90% mortality. The insect was more susceptible to dichlorvos and fenitrothion in filter paper contact method than in diet dipping one, but fipronil was *vice versa*. Toxicities of the three chemicals were evaluated by application parts of the such as head, thorax, abdomen, and legs. Dichlorvos and fenitrothion were more toxic when applied to head, and fipronil was thorax.  $LT_{50}$  values by diet dipping method showed that fenitrothion and fipronil acted more rapidly than boric acid and hydramethylnon. The values of the former two were 1.05 and 0.98 days, and those of the latter two were 3.92 and 2.26 days, respectively.

**KEY WORDS :** *Blattella germanica*, Insecticide, Diet dipping method, Filter paper contact method, Topical application method.

**초 록 :** 시판되고 있는 61종 살충제에 대한 식이법으로 바퀴(*Blattella germanica*) 수컷성충의 우수 살충제를 탐색하고, 활성이 있는 약제를 이용하여 처리부위와 검정법에 따른 감수성 차이와 발현 속도를 비교하였다. 식이법에서 90% 이상의 살충률을 나타낸 세 약제중에서 dichlorvos, fenitrothion, fipronil 약제를 선발하여, 식이법과 여지접촉법으로 살충력을 비교한 결과, dichlorvos와 fenitrothion은 여지접촉법에서, fipronil은 식이법에서 더 높은 감수성을 나타내었다. 처리부위(머리, 가슴, 배, 다리)에 따라서는 dichlorvos와 fenitrothion은 머리처리에서, fipronil은 가슴처리에서 감수성이 가장 높았다. Fenitrothion과 fipronil의  $LT_{50}$ (일)은 각각 1.05와 0.98로 속효성이었으며, boric acid와 hydramethylnon은 각각 3.92와 2.26으로 지효성이었다.

**검색어 :** 바퀴, 살충제, 식이법, 여지접촉법, 국소처리법

바퀴(*Blattella germanica*)는 가주성 해충으로 사람과 관련된 곳에 자주 출몰하여 불쾌감과 공포감을 주며, 특이체질인 사람에게는 알레르기 반응을 일으키는 등 많은 피해를 준다. 또한 주택, 병원, 부엌 그리고 식품 공장에서 중요한 위생해충이다(Harwood and James,

1979; Shin & Lee, 1996).

바퀴는 민첩성과 번식능력이 뛰어나고 건물내 틈 사이에서 생활하는 관계로 효율적인 구제를 위하여 다양한 방제법들이 개발되었으며, 살충제의 사용은 필수적이었다(WHO, 1972; Ebeling, 1975; Scott *et al.*,

\*Corresponding author. E-mail: khkim@chungbuk.ac.kr

1986; Atkinson *et al.*, 1991; Koehler *et al.*, 1996; Lee, 1997). 살충제를 이용한 바퀴의 구제는 1940년대 유기염소계 살충제로부터 비롯되며(Ebeling, 1975; Shin and Lee, 1996), 유기염소계 살충제의 사용은 저항성발달과 잔류문제로 최근에는 친환경적인 저독성 살충제 개발에 관심을 갖게되었다(Koehler and Patterson, 1989; Ross and Cochran, 1990). Abd-Elghafar *et al.* (1990)은 바퀴에 대한 10종 살충제의 감수성 비교에서 cyfluthrin이 가장 우수한 살충력을 나타내었으며, 전반적으로 피레스로이드계가 다른 계통에 비하여 우수하다고 하였다.

국내에서는 70년대부터 바퀴방제에 본격적인 연구가 시작되었다(Ree *et al.*, 1973; Kwon and Chon, 1991). Ree *et al.* (1973, 1974)은 바퀴와 이질바퀴간의 살충제 감수성 비교에서 중간차이가 있었고, Zong *et al.* (1972)은 바퀴에 대한 독먹이 실험에서 봉산과 설탕의 비율이 4:6 일때 가장 효과적이었으며, Shim and Lee (1979)는 바퀴에 대한 살충제 감수성 조사에서 피레스로이드계가 유기인계보다 감수성임을 보고하였다(Shim *et al.*, 1997). Bang *et al.* (1993)도 바퀴에 대한 6종의 살충제를 이용하여 생물검정법(dry film법, 미량국소처리법, 식이법)에 따른 살충제 감수성 차이를 보고한 바 있다. Lee (1995, 1997)은 바퀴 구제용 독먹이 제제(fenitrothion, chlorpyrifos, hydramethylnon)의 실내·포장 효과검정에서 fenitrothion이 가장 높은 치사율을 나타내었고, 또 Yang (1999)은 바퀴에 대한 8종의 살충제(abamectin, chlorpyrifos, deltamethrin, etofenprox, fenobucarb, hydramethylnon, propoxur, silafluofen) 중 etofenprox가 접촉과 섭식독작용에서 가장 활성이 높았음을 보고하였다. 최근 산업사회의 발전과 도시인구의 집중화에 따라 시민들은 이 해충에 대한 방제의 어려움을 호소하고 있어, 우수약제 선발과 새로운 방제법 개발에 관한 연구가 필요하다.

이에 본 연구는 국내 농업해충의 방제약으로 등록되어 있는 62종의 약제(Pesticide Handbook, 2001)와 바퀴벌레의 전문약제 2종(boric acid, hydramethylnon)을 포함하여 총 64종 약제에 대한 바퀴의 살충제 감수성을 조사하여 살충활성이 높은 살충제를 선발하였다. 선발살충제로 생물검정법과 처리부위에 따른 감수성 차이와 발현속도를 비교하여 효과적인 약제방제 체계 개발에 필요한 기초 자료로 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험곤충

실험용 바퀴(*B. germanica*)는 1989년 국립보건원에서 분양받아 살충제 접촉없이 사육한 실내계통이다. 실내 사육조건은 온도 25-28°C, 광주기 12L:12D, 상대습도 40-60%의 조건하에서 은신처와 물, 먹이(dog food)를 공급하면서 플라스틱 cage (32.0×28.0×22.5 cm)에 사육하였다.

### 실험약제

실험에 사용된 살충제는 농업해충 전문약제로서(Pesticide Handbook, 2001) 유기인제 10종, 카바메이트제 7종, 피레스로이드제 8종, 네오니코티노이드제 5종, 향생제 4종, 곤충생장조절제 8종, 혼합제 11종, 기타 8종으로 모두 61종이며, 이들의 일반명, 제형, 유효성분량 및 추천농도(ppm)는 표 1과 같다. 그 외 바퀴 방제 약제인 hydramethylnon (2%, bait) 5g과 boric acid (43.0%, bait)와 원제로 dichlorvos (95.0%), fenitrothion (95.3%), fipronil (94.7%)을 사용하였다.

### 약제처리 방법

섭식독성 실험 : 실험 약제를 추천농도로 증류수에 희석하여 먹이(dog food)를 약액에 1분간 침지하고 약 1시간 음건 후 원통형 플라스틱용기(Φ 8×7 cm)에 넣고 24시간 굶긴 수컷 성충을 5마리씩 접종하였다. 48시간 후 살충률을 조사하였다. 곤충생장조절제는 약충(체중 0.172±0.009 g)을 5마리씩 접종하여 10일 후 살충률을 조사하였다. 모든 실험은 3반복으로 수행하였다.

접촉독성 시험 : Petridish (Φ 9×3 cm)바닥에 filter paper (Φ 9 cm, Watman No. 2)를 깔고 실험약제를 추천농도로 증류수에 희석하여 1ml씩 filter paper의 여러지점에 점적처리하고 약 40분 동안 음건한 후 수컷 성충을 5마리씩 접종하였다. 48시간 후에 살충률을 조사하였고, 모든 실험은 3반복으로 수행하였다.

미량국소처리법 : 바퀴 수컷성충을 CO<sub>2</sub> 가스로 10-20초간 마취시킨 후 아세톤(순도 99.9%, 동양화학공업 주식회사)에 소정 농도별 희석시킨 시험약제를 topical hand micro-applicator (Burkard scientific Ltd.)를 사용

**Table 1.** Comparative toxicities of 61 insecticides against *B. germanica* male adults by diet dipping method

Common name	AI(%) & formulation	Recommended Conc.(ppm)	n	Mortality (%) <sup>a</sup>	
<i>Organophosphates</i>					
Acephate	50 WP	500	15	73.3±0.6	a-c
Chlorpyrifos	25 WP	250	15	6.7±0.6	f
Chlorpyrifos-methyl	25 EC	312.5	15	53.3±0.6	b-e
Dichlorvos	50 EC	500	15	100.0±0.0	a
Fenthion	50 EC	500	15	60.0±1.0	a-d
Fenitrothion	50 EC	500	15	100.0±0.0	a
Flupyrzofos	10 EC	100	15	0.0±0.0	f
Methidathion	40 EC	400	15	86.7±1.2	ab
Phenthoate	47.5 EC	475	15	0.0±0.0	f
Pirimiphos-methyl	25 EC	500	15	66.7±1.2	a-d
<i>Carbamates</i>					
Benfuracarb	30 EC	300	15	6.7±0.6	f
Carbaryl	50 WP	500	15	6.7±0.6	f
Furathiocarb	10 WP	100	15	0.0±0.0	f
Methomyl	24.1 SC	241	15	0.0±0.0	f
Pirimicarb	25 WP	162.5	15	0.0±0.0	f
Indoxacarb	10 WP	50	15	13.3±1.2	ef
Thiodicarb	40 WP	400	15	0.0±0.0	f
<i>Pyrethroids</i>					
Bifenthrin	2 WP	10	15	6.7±0.6	f
Cypermethrin	5 EC	50	15	53.3±0.6	b-e
Deltamethrin	1 EC	10	15	40.0±1.0	c-f
Etofenprox	20 EC	200	15	0.0±0.0	f
Fenpropathrin	5 EC	50	15	33.3±0.6	c-f
Esfenvalerate	1.5 EC	15	15	0.0±0.0	f
ζ-cypermethrin	3 EC	30	15	26.7±2.3	e-f
Lambda cyhalothrin	1 EC	10	15	0.0±0.0	f
<i>Neonicotinoids</i>					
Acetamiprid	1.8 WP	40	15	13.3±1.2	ef
Clothianidin	8 SC	40	15	0.0±0.0	f
Imidacloprid	10 WP	50	15	0.0±0.0	f
Thiamethoxam	10 WP	50	15	40.0±0.0	c-f
Thiacloprid	10 SC	50	15	0.0±0.0	f
<i>Antibiotics</i>					
Abamectin	1.8 EC	6.03	15	13.3±0.6	ef
Emamectin benzoate	2.15 EC	10.75	15	13.3±0.6	ef
Milbemectin	1 EC	10	15	6.7±0.6	f
Spinosad	10 WG	50	15	0.0±0.0	f
<i>Mixtures</i>					
Acetamiprid + etofenprox	25+8 WP	25+80	15	13.3±0.6	ef
Cartap + buprofezin	50+10 WP	500+100	15	0.0±0.0	f
Chlorfenapyr + bifenthrin	20+7 WP	200+70	15	26.7±0.6	e-f
Esfenvalerate + fenitrothion	1.25+15 WP	12.5+150	15	60.0±0.5	a-d
Furathiocarb+diflubenzuron	9+7 WP	90+70	15	0.0±0.0	f
Diflubenzuron + chlorpyrifos	7+20 WP	70+200	15	86.7±11.5	ab
Etofenprox + diazinon	8+25 WP	80+250	15	0.0±0.0	f
Methiocarb + imidacloprid	20+3 WP	200+30	15	6.7±0.6	f
Acetamiprid + bifenthrin	2+1.5WP	20+15	15	13.3±0.6	ef
Imidacloprid + chlorpyrifos	2.5+15 WP	25+150	15	0.0±0.0	f
Imidacloprid + methoxyfenozide	4+8 WP	20+40	15	0.0±0.0	f
<i>Insect Growth Regulators</i>					
Cyromazine	75 WP	370.5	15	0.0±0.0	f
Flufenoxuron	10 SC	100	15	0.0±0.0	f
Pyriproxyfen	10 EC	50	15	0.0±0.0	f
Tebufenozide	8 WP	80	15	0.0±0.0	f
Pymetrozine	25 WP	83.75	15	0.0±0.0	f
Metoxyfenozide	4 WP	40	15	6.7±0.6	f
Diflubenzuron	25 WP	100	15	0.0±0.0	f
Lufenuron	5 EC	50	15	13.3±0.6	ef

Table 1. Continued

common name	AI(%) & formulation	Recommended Conc.(ppm)	n	Mortality (%) <sup>a</sup>
<i>Others</i>				
Cartap hydrochloride	50 SP	500	15	6.7±0.6 f
Chlorfenapyr	5 WP	50	15	0.0±0.0 f
Fipronil	5 SC	50	15	100.0±0.0 a
Thuricide	16 WP	20	15	0.0±0.0 f
Etoxazole	10 SC	50	15	0.0±0.0 f
Acequinocyl	15 SC	150	15	0.0±0.0 f
Fenpyroximate	5 SC	25	15	0.0±0.0 f
Pyridaben	20 WP	20	15	0.0±0.0 f

<sup>a</sup> Means followed by the same letter are not significantly different  $P < 0.05$  by Tukey's studentized range test (SAS Institute, 1999).

하여 성충 당 0.5 µl 씩 부위별(머리, 가슴, 배, 다리)로 처리하였다. 약제 처리 후 먹이(dog food)가 제공된 petridish (Φ 9 × 3 cm)에 바퀴를 넣고 48시간 후에 살충률을 조사하였다. 모든 실험은 3반복으로 수행하였다.

약제별 발현속도 : 적정농도로 희석한 fenitrothion과 fipronil 액에 먹이(dog food)를 1분간 침지하고 약 1시간 음건한 후 원통형 플라스틱용기(Φ 8 × 7 cm)에 넣고 24시간 끓인 수컷 성충을 5마리씩 접종하였다. 비희석제인 hydramethylnon (2%)와 boric acid (43%)는 각각 5g씩 전자와 같은 용기에 넣고 수컷 성충을 5마리씩 접종한 후 18시간 이후부터 6일 동안 매일 살충수를 조사하였다.

자료분석 : 섭식독성실험에서 살충률에 대한 결과는 Tukey's studentized range test (SAS Institute, 1999)로 비교하였고, LD<sub>50</sub>과 LT<sub>50</sub>은 probit계산법으로 산출하였다(Finney, 1971).

## 결과 및 고찰

### 독먹이에 의한 성충의 약제 감수성

시판되고 있는 농업용 살충제를 추천농도(ppm)로 희석하여 먹이를 침지하는 식이법으로 바퀴 수컷성충의 치사효과를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 수컷성충에 대해 90% 이상의 살충률을 보인 약제는 유기인계의 dichlorvos, fenitrothion과 페닐피라졸계의 fipronil이었다. 이 약제들은 바퀴벌레 방제약으로 널리 사용되고 있는 방제제이다.

이 해충의 약제감수성에 관한 연구보고로, Abd-Elghafar *et al.* (1990)은 10종 살충제의 감수성 비교에서

cyfluthrin이 가장 우수한 살충력을 나타내었으며, 전반적으로 피레스로이드계가 다른 계통에 비하여 우수하였고, Shim and Ree (1979)도 18종의 살충제 중에서 피레스로이드계가 유기인계보다 우수함을 보고하였다. 또 Yang (1999)은 8종의 살충제 중 피레스로이드계인 etofenprox가 접촉과 섭식독작용에서 가장 활성이 높았음을 보고하였다. 그러나 본 실험의 결과에서는 그 반대로 유기인계 약제들이 다른 계열의 약제보다 우수하였으며, 피레스로이드계 약제 중 cypermethrin이 53.3%의 살충력을 나타내었을 뿐 그 외 약제들은 50% 이하였다. 이와 같이 연구자에 따라 상이한 차이를 나타내는 원인은 생물검정법과, 실험충의 층대, 영양상태, 환경조건 등의 차이에서 오는 것으로 생각되나 정확히 알 수 없다.

Fipronil은 1987년 롱프랑사에서 개발한 약제로 바퀴와 집파리에 대해서 높은 살충력을 나타내었을 뿐 아니라 저항성계통에 대해서도 효과가 우수함을 보고하였으며(Scott and Wen, 1997; Buczkowski and Schal, 2001; Tomlin, 2003), 본 실험에서도 비슷한 결과를 얻었다. 한편 neonicotinoid계 약제는 살충율이 전반적으로 낮았으며, Kaakeh *et al.* (1997)은 imidacloprid가 포함된 독먹이 실험에서 30분 이내에 독작용을 나타내었으나 바로 회복되었으며, 단독보다는 PB(협력제)혼합에서 상승효과가 있음을 보고하였다.

곤충생장조절제에 대한 바퀴의 약제방제 연구로는 Koehler and Patterson (1989)이 4종의 키틴생합성저해제가 부화율감소에 영향을 미쳤으며, 특히 CGA-1129 13은 약충에 효과가 우수하였고, Ross and Cochran (1990)도 곤충생장조절제가 바퀴의 생식과 산란에는 영향이 없으나 부화율이 감소함을 보고하였다. 또 Mosson *et al.* (1995)은 lufenuron을 야외에 처리하여 바퀴의 개체군밀도를 조사한 결과 약제 처리 3-4개월

**Table 2.** Comparative toxicities of three insecticides against *B. germanica* male adults by two application methods

Insecticide	Diet dipping			Filter paper contact			RR <sup>a</sup>
	n	LC <sub>50</sub> (ppm) (95% CL)	Slope (±SE)	n	LC <sub>50</sub> (ppm) (95% CL)	Slope (±SE)	
Dichlorvos	75	183.1 (163.1-206.3)	3.00±0.22	120	16.5 (15.9-17.2)	8.49±0.71	11.1
Fenitrothion	60	126.8 (113.8-141.3)	3.53±0.27	105	10.9 (10.0-11.9)	4.01±0.34	11.6
Fipronil	90	1.2 (0.97-1.37)	2.82±0.30	90	8.4 (7.7-9.2)	3.81±0.28	0.13

<sup>a</sup> Relative ratio: LC<sub>50</sub> value of diet-dipping method / LC<sub>50</sub> value of filter paper contact method.

**Table 3.** Comparative toxicities of three insecticides against body locations of *B. germanica* male adults to which insecticides were applied topically

Insecticide	n	LD <sub>50</sub> (95% CL, µg/g)										
		Head	Slope (±SE)	Thorax	Slope (±SE)	RR <sup>a</sup>	Abdomen	Slope (±SE)	RR <sup>a</sup>	Legs	Slope (±SE)	RR <sup>a</sup>
Dichlorvos	285	3.15 (2.64-3.71)	2.96 (0.39)	4.41 (3.88-4.91)	4.21 (0.59)	1.40	6.50 (6.01-7.01)	3.32 (0.30)	2.06	20.48 (15.48-25.56)	1.15 (0.19)	6.51
Fenitrothion	315	3.46 (2.67-4.19)	2.13 (0.30)	3.89 (3.56-4.21)	5.76 (0.68)	1.12	4.46 (4.03-4.99)	4.28 (0.59)	1.29	9.36 (8.18-10.80)	3.55 (0.27)	2.70
Fipronil	255	0.022 (0.012-0.028)	2.31 (0.51)	0.015 (0.009-0.020)	1.91 (0.17)	0.69	0.020 (0.014-0.025)	1.44 (0.14)	0.91	0.111 (0.100-0.132)	3.49 (0.30)	4.96

<sup>a</sup> Relative ratio: LD<sub>50</sub> value of the other location / LD<sub>50</sub> value of head.

후에 개체군 밀도가 감소하였으며, 1년 후에는 완전방제가 가능하였다고 하였다. 이상의 연구자들의 결과를 종합하여 볼 때 곤충생장조절제는 일정 기간이 지나야 약효를 나타내는 약제로 본 실험에서는 약충처리 10일 후에 효과조사는 판정기간이 짧았으며, 조금 더 긴 기간에 걸쳐 조사를 하여야 정확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

### 처리방법에 따른 약제감수성

Table 1에서 효과가 좋았던 dichlorvos, fenitrothion, fipronil을 식이법과 여지접촉법으로 살충활성(LC<sub>50</sub>, ppm)을 비교한 결과는 Table 2와 같다. Dichlorvos와 fenitrothion은 여지접촉법에서 LC<sub>50</sub>값이 각각 16.5와 10.9로 식이법보다 감수성이 높게 나타났으며, 상대독성비는 각각 11.1, 11.6을 나타내었다. 한편 fipronil은 식이법에서 LC<sub>50</sub> (ppm)값이 1.2로 8.4인 여지접촉법보다 감수성이 높았으며, 상대독성비는 0.14를 나타내어 처리방법과 약제에 따라 차이를 보이는 것을 알 수 있었다.

처리방법에 따른 약제감수성 차이는 살충제의 작용경로와 작용부위의 차이에 의한 것으로 생각된다. 살충제는 소화중독·접촉·혼중·침투이행과 같은 작용경로를 통하여 작용점에 도달하여 살충력을 발휘하

는데(Ahn *et al.*, 1992; Bang *et al.*, 1993; Yang, 1999), 작용부위와 작용경로(신경독·피부독·호흡독·근육중독 등)에 따라 현저한 감수성 차이가 발현되는 것으로 생각된다(Ahn *et al.*, 1992; Bang *et al.*, 1993). 이러한 현상은 본 실험의 결과에서도 뚜렷하게 나타나고 있는데, dichlorvos와 fenitrothion은 소화중독보다는 접촉독에서, fipronil은 소화중독에서 더 높은 감수성을 나타내었다. 이것은 생물검정법에 의한 약제감수성 차이는 물론 약제의 종류에 따라 생물검정법에 감수성차이를 보일 수 있음을 시사한다. Bang *et al.* (1993)은 6종의 살충제에 대한 생물검정법에 따른 바퀴의 살충력 비교에서 dry film법과 식이법에서는 chlorpyrifos, 미량국소처리법에서는 DDVP가 가장 우수한 살충력을 나타내어 생물검정법에 따른 감수성 차이를 보고하였다.

### 처리부위에 따른 약제감수성

바퀴의 처리부위별(머리, 가슴, 배, 다리)로 dichlorvos, fenitrothion, fipronil의 감수성차이를 LD<sub>50</sub> (ppm) 값으로 비교한 결과는 Table 3과 같다. 세 약제 모두 바퀴의 다리에서 가장 낮은 감수성을 나타냈고, dichlorvos와 fenitrothion은 머리에서, fipronil은 가슴에서 가장 높은 감수성을 나타냈다. 이와 같은 결과는 약제

의 투과량과 관계가 있을 것으로 생각되며, 따라서 유기인계인 dichlorvos와 fenitrothion은 머리쪽에서 잘 투과되고, fipronil은 가슴에서 잘 투과되는 것으로 생각되나, 부위별 투과량에 관한 분석이 있어야 정확한 해석이 가능할 것이다. Scott *et al.* (1986)의 결과에서도 감수성과 저항성 바퀴에 대한 5종의 피레스로이드계 약제의 처리 부위별(머리, 배, 다리) 독성비교에서 두 계통 모두 머리에서 가장 감수성이었으며, 배와 다리는 약제의 종류에 따라 차이가 있음을 보고하였다.

### 약제의 발현속도

식이법을 이용하여 4종 약제(boric acid, fenitrothion, fipronil, hydramethylnon)의 발현속도를 비교한 결과는 Fig. 1과 같다. Fenitrothion과 fipronil은 48시간 이내에 100%의 살충율을 나타내었으나, hydramethylnon과 boric acid는 각각 4일째와 6일째에 100%의 살충율을 나타내었다. 이 약제들의  $LT_{50}$ (day)값은 fipronil이 0.98일, fenitrothion이 1.05일로 속효성이고, hydramethylnon과 boric acid는 각각 2.26일과 3.92일로 지효성을 나타내었다. 이들 약제중 fipronil이 가장 빠른 발현속도를 나타내었다. Zurek *et al.* (2003)은 boric acid 분제는 봄보다 가을에 처리하는 것이 더 오랫동안 바퀴개체군을 억제할 수 있으며, 인축과 환경에 안전하므로 돼지우리에 서식하는 해충 방제에 효과적이라 하였다. 또 Lee and Jun(1995)은 hydramethylnon 2% 독먹이제는 처리후 6일-7일째에 100%의 살충율을 나타내어 지효성이며, fenitrothion 5% 독먹이제는

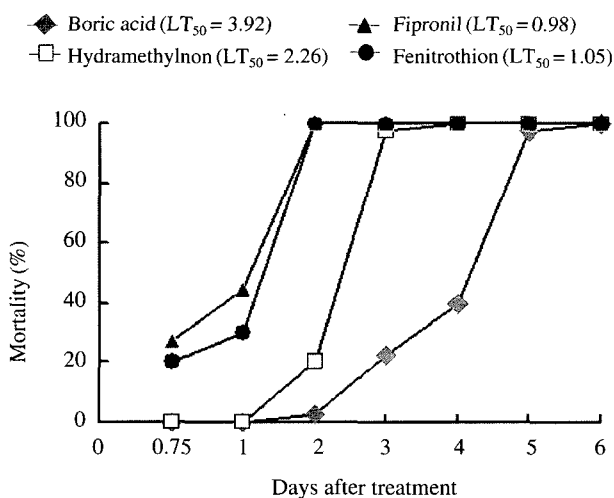


Fig. 1. Action rapidity of four insecticidal baits to *B. germanica* male adults.

처리 후 2일내에 100%의 살충율을 나타내어 속효성이었고, Bang *et al.* (1993) 또한 6종의 살충제 중 유기인계인 chlorpyrifos가 속효성이고, hydramethylnon이 지효성임을 보고하여 본 시험의 결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

이상의 결과를 종합해보면, 유기인계인 dichlorvos와 fenitrothion, 그리고 페닐피라졸계의 fipronil이 바퀴(*B. germanica*) 성충에 우수한 살충효과를 나타내었으며, boric acid나 hydramethylnon보다는 속효성이었다. 약제처리법과 바퀴의 처리부위에 따라 약제감수성 차이를 나타내었으며, 특히 dichlorvos와 fenitrothion은 식이법보다 여지접촉법에서 더 감수성으로 독먹이제 개발보다는 접촉제형을 개발하는 것이 효과적이며, fipronil은 식이법에서 더 감수성을 나타내어 독먹이제형으로 개발하는 것이 살충효과를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

## 사 사

이 논문은 2004년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

## Literature Cited

- Abd-Elghafar, S.F., A.G. Appel and T.P. Mack. 1990. Toxicity of several insecticide formulations against adult German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *J. Econ. Entomol.* 83: 2290-2294.
- Ahn, Y.J., G.H. Kim, N.J. Park and K.Y. Cho. 1992. Establishment of bioassay system for developing new insecticides. II. Difference in susceptibilities of the insect species to insecticides according to different application methods. *Korean J. Appl. Entomol.* 31: 452-460.
- Atkinson, T.H., R.W. Wadleigh, P.G. Koehler and R.S. Patterson. 1991. Pyrethroid resistance and synergism in a field strain of the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 80: 571-577.
- Bang, J.R., H.R. Lee and J.H. Kim. 1993. Studies on the insecticide resistance of the German cockroach (*Blattella germanica* L.) I. Comparisons of toxicity by bioassay. *Korean J. Appl. Entomol.* 32: 24-29.
- Buczowski, G. and C. Schal. 2001. Method of insecticide delivery affects horizontal transfer of fipronil in the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *J. Econ. Entomol.* 94: 680-685.
- Ebeling, W., D.A. Reiersen., R.J. Pence and M.S. Viray. 1975. Silica aerogel and boric acid against cockroaches: external and action. *Pestic. Biochem. Physiol.* 5: 81-91.
- Finney, D.J. 1971. Probit analysis. 3rd ed. Cambridge University Press. London.
- Harwood, R.F. and M.T. James. 1979. Entomology in human and

- animal health. 7th ed. Macmillan Publ., New York, 102~110 pp.
- Kaakeh, W., B.L. Reid, T.J. Bohnert and G.W. Bennett. 1997. Toxicity of imidacloprid in the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae), and the synergism between imidacloprid and *Metarhizium anisopliae* (Imperfect Fungi: Hyphomycetes). J. Econ. Entomol. 90: 473~1158.
- Koehler, P.G. and R.S. Patterson. 1989. Effects of chitin synthesis inhibitors on German cockroach (Orthoptera: Blattellidae) mortality and reproduction. J. Econ. Entomol. 82: 143~148.
- Koehler, P.G., C.A. Strong, and R.S. Patterson. 1996. Control of German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) with residual toxicants in bait trays. J. Econ. Entomol. 89: 1491~1496.
- Kwon, T.S. and T.S. Chon. 1991. Population dynamics of the German cockroach, *Blattella germanica* L., in Pusan. Korean J. Entomol. 21: 97~106.
- Lee, D.K. and J.H. Jun. 1995. Laboratory study of various insecticidal bait products for control of German and America cockroach. Korean J. Entomol. 4: 305~312.
- Lee, D.K. 1997. Field performance of insecticidal baits for German cockroach (Blattaria: Blattellidae) control. Korean J. Appl. Entomol. 36: 270~276.
- Mosson, H.J., J.E. Short, R. Schenker and J.P. Edwards. 1995. The effects of the insect growth regulators lufenuron on oriental cockroach, *Blatta orientalis*, and german cockroach, *Blattella germanica*, populations in simulated domestic environments. Pestic. Sci. 45: 237~246.
- Pesticide handbook, 2001. Korea Agricultural Chemicals Industrial Association 236 pp.
- Ree, H.I., H.K. Hong, J.C. Shim and J.S. Lee. 1973. Studies on Korean *Blattaria* (I). Insecticide susceptibility tests by topical application method and field control measures for *Blattella germanica*. Report of NIH, Korea 11: 101~105.
- Ree, H.I., H.K. Hong, J.C. Shim and J.S. Lee. 1974. Studies on Korean *Blattaria* (II). Domiciliary species and their distribution, insecticide susceptibility tests, and evaluation of some field control measures. Report of NIH, Korea 10: 169~176.
- Ross, M.H. and D.G. Cochran. 1990. Response of late-instar *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae) to dietary insect growth regulators. J. Econ. Entomol. 83: 2295~2305.
- SAS Institute (1991) SAS/STAT user's guide: statistics, version 6.04. SAS Institute, Cary, N.C., U.S.A.
- Scott, J.G. and Z. Wen. 1997. Toxicity of fipronil to susceptible and resistant strains of German cockroaches in *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae). J. Econ. Entomol. 90: 1152~1156.
- Scott, J.G., S.B. Ramaswamy, F. Matsumura and K. Tanaka. 1986. Effect of method of application on resistance to pyrethroid insecticides in *Blattella germanica* (Orthoptera: Blattellidae). J. Econ. Entomol. 79: 571~575.
- Shim, J.C. and K.R. Lee. 1979. Toxicity test of public health insecticides against cockroaches (*Blattella germanica*) in Korea. Korean J. Entomol. 9: 23~28.
- Shim, J.C., D.K. Lee and K.W. Lee. 1997. Insecticide susceptibility of German cockroaches (Blattaria: Blattellidae) in Seoul. Korean J. Entomol. 27: 73~77.
- Shin, Y.H. and D.K. Lee. 1996. The cockroaches and their control. Academy Publishing Co. 164 pp.
- Yang, K.H. 1999. Effectiveness and safety of potential insecticides for the control of German cockroaches (*Blattella germanica* L.). PhD Thesis, Seoul National University, Republic of Korea 107 pp.
- Tomlin, C.D.S. 2003. The pesticide manual. BCPC. 1344 pp.
- WHO. 1972. Cockroaches: Biology and control. WHO/VBC. 72: 354.
- Zong, M.S., S.J. Kim, S.H. Koo and Y.I. Han. 1972. Effectiveness of boric acid as a stomach poison for the German cockroach (*Blattella germanica* L.) control. Korean J. Entomol. 10: 95~99.
- Zurek, L., C. Gore, S.M. Stringham, D.W. Watson, M.G. Waldvogel and C. Schal. 2003. Boric acid dust as a component of an integrated cockroach management program in confined swine production. J. Econ. Entomol. 96: 1362~1366.

(Received for publication 19 July 2004;  
accepted 10 August 2004)