

이질바퀴에 대한 처리방법에 따른 살충제 감수성

한종빈 · 배정숙 · 김길하*

충북대학교 농과대학 식물외학과

요약 : 시판되고 있는 61종 살충제와 바퀴전문약제 2종에 대한 식이법으로 이질바퀴 (*Periplaneta americana*) 수컷성충의 우수 살충제를 탐색하고, 활성이 있는 약제를 이용하여 처리부위와 검정법에 따른 감수성 차이와 발현속도를 비교하였다. 식이법에서 100%의 살충률을 나타낸 dichlorvos, benfuracarb, cypermethrin, deltamethrin, fenpropathrin, ζ -cypermethrin, λ -cyhalothrin, fipronil 등 8종 약제를 선발하여, 식이법과 여지접촉법으로 살충력을 비교한 결과, dichlorvos와 fenpropathrin은 여지접촉법에서, benfuracarb는 식이법에서 더 높은 감수성을 나타내었다. 미량국소처리법으로 처리부위 (머리, 가슴, 배, 다리)에 따른 약제비교에서는 dichlorvos, benfuracarb, λ -cyhalothrin은 머리에서, deltamethrin, cypermethrin, fenpropathrin은 배에서 감수성이 가장 높았다. Dichlorvos, benfuracarb, λ -cyhalothrin의 LT_{50} (일)은 각각 0.10, 0.29, 0.12로 속효성이었으며, boric acid와 hydramethylnon은 각각 6.2와 4.8로 지효성이었다.(2004년 8월 9일 접수, 2004년 9월 23일 수리)

서론

이질바퀴(*Periplaneta americana*)는 가주성 해충으로 사람과 관련된 곳에 자주 출몰하여 불쾌감과 공포감을 주며, 특이체질인 사람에게에는 알레르기 반응을 일으키는 등 많은 피해를 준다. 또한 주택, 병원, 부엌 그리고 식료품 공장에서 중요한 위생해충이다 (Harwood and James, 1979; Shin and Lee, 1996). 국내에서는 주로 남부지방에 분포하는 것으로 보고되고 있다(Lee, 1995; Chon and Kwon, 1987)

바퀴는 민첩성과 번식능력이 뛰어나고 건물내 틈사이에서 생활하는 관계로 효율적인 구제를 위하여 다양한 방제법들이 개발되었으며, 살충제의 사용은 필수적이었다(WHO, 1972; Ebeling et al, 1975; Scott et al., 1986; Atkinson et al., 1991; Koehler et al., 1996; Lee, 1997). 살충제를 이용한 바퀴의 구제는 1940년대 유기염소계 살충제로부터 비롯되며 (Ebeling et al, 1975; Shin and Lee, 1996), 유기염소계 살충제의 사용은 저항성발달과 잔류문제로 최근에는 친환경적인 저독성 살충제 개발에 관심을 갖게 되었다 (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. 독먹이제로 가장 널리 쓰이는 hydramethylnon은 살충활성이 지효성이며, 연쇄살충효과도 탁월한 것으로 보고되고 있다 (Milio et al., 1986).

국내에서는 70년대부터 바퀴방제에 본격적인 연구가 시작되었다 (Ree et al., 1973; Kwon and Chon, 1991). Ree et al. (1973, 1974)은 바퀴와 이질바퀴간의 살충제감수성 비교에서 종간차이가 있었고, 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 and Jun (1995)은 실험실내에서 4종의 바퀴구제용 독먹이 제제(mini-sumibait, homebait, roach Q, combat gold)에 대한 바퀴(*Blattella germanica*)와 이질바퀴의 구제효과 검정에서 먹이를 공급하지 않은 군이 공급한 군보다 효과가 높았다고

*연락처

보고하였다. 이질바퀴는 바퀴에 비하여 중요성이 떨어지고, 주로 남부지방에 분포하며, 발육기간이 긴 관계로 방제에 관한 연구가 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 국내 농업해충의 방제약으로 등록되어 있는 61종의 약제(Pesticide Handbook, 2001)와 바퀴벌레의 전문약제 2종(boric acid, hydramethylnon)을 포함하여 총 63종 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 이질바퀴(*P. americana*)는 1989년 국립보건원에서 분양받아 살충제 접촉 없이 충북대 곤충사육실에서 누대 사육한 실내계통이다. 실내 사육조건은 온도 25~28℃, 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, 항생제 4종, 곤충생장조절제 8종, 혼합제 11종, 기타 8종으로 모두 61종이며, 이들의 일반명, 제형, 유효성분량 및 추천농도(ppm)는 표 1과 같다. 그 외 바퀴 방제약제인 hydramethylnon (2%, bait) 5 g과 boric acid (43.0%, bait)와 원제로 dichlorvos (95.0%), benfuracarb (93.8%), λ-cyhalothrin (81.8%)을 사용하였다.

약제처리 방법

섭식독성 실험 : 실험약제를 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 0.128 ± 0.010 g)을 5마리씩 접종하여 10일 후 살충률을 조사하였다. 모든 실험은 3반복으로 수행하였다.

접촉독성 시험 : 원통형 플라스틱용기(Φ 8 × 7 cm)에 filter paper (Φ 9 cm, Whatman No.2)를 깔고 실험약제를 추천농도로 증류수에 희석하여 1mL씩 filter paper의 여러 지점에 점적처리하고 약 40분 동안 음건한 후 수컷 성충을 5마리씩 접종하였다. 48시간 후에 살충률을 조사하였고, 모든 실험은 3반복으로 수행하였다.

미량국소처리법 : 바퀴 성충 수컷을 CO₂ 가스로 20~30초간 마취시킨 후 아세톤(순도 99.9%, 동양화학공업주식회사)에 소정 농도별 희석시킨 시험약제를 topical hand micro-applicator (Burkard scientific Ltd.)를 사용하여 수컷 성충 당(체중 0.786 ± 0.100 g) 1.0μL씩 부위별(머리, 가슴, 배, 다리)로 처리하였다. 약제 처리 후 먹이(dog food)가 제공된 원통형 플라스틱용기(Φ 8 × 7 cm)에 이질바퀴를 넣고 48시간 후에 살충률을 조사하였다. 모든 실험은 3반복으로 수행하였다.

약제별 발현속도

적정농도로 희석한 dichlorvos, benfuracarb, λ-cyhalothrin 액에 먹이(dog food)를 1분간 침지하고 약 1시간 음건한 후 원통형 플라스틱용기(Φ 8 × 7 cm)에 넣고 24시간 굶긴 수컷 성충을 5마리씩 접종하였다. 비희석제인 hydramethylnon(2%)와 boric acid(43%)는 각각 5 g씩 전자와 같은 용기에 넣고 수컷 성충을 5마리씩 접종한 후 6시간 이후부터 10일 동안 매일 살충수를 조사하였다.

자료분석

섭식독성실험에서 살충률에 대한 결과는 Tukey's studentized range test (SAS Institute, 1999)로 비교하였고, LD₅₀과 LT₅₀은 probit계산법으로 산출하였다(Finney, 1971).

결과 및 고찰

독먹이에 의한 성충의 약제 감수성

시판되고 있는 농업용 살충제를 추천농도(ppm)로 희석하여 먹이를 침지하는 식이법으로 이질바퀴 수컷 성충의 치사효과를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 수컷성충에 대해 100%의 살충률을 보인 약제는 유기인계의 dichlorvos, 카바메이트계 benfuracarb, 피레스로이드계 cypermethrin, deltamethrin, fenprothrin, 3-cypermethrin, λ-cyhalothrin 그리고 페닐피라졸계의

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

Common name	AI(%) & formulation	Recommended Conc. (ppm)	n	% Correlated mortality ^{a)}	
Organophosphates					
Acephate	50 WP	500	15	40.0±0.0	ef
Chlorpyrifos	25 WP	250	15	40.0±0.0	ef
Chlorpyrifos-methyl	25 EC	312.5	15	0.0±0.0	i
Dichlorvos	50 EC	500	15	100.0±0.0	cd
Fenthion	50 EC	500	15	60.0±0.0	cd
Fenitrothion	50 EC	500	15	0.0±0.0	i
Flupyrzofos	10 EC	100	15	0.0±0.0	i
Methidathion	40 EC	400	15	86.7±1.2	b
Phenthoate	47.5 EC	475	15	0.0±0.0	i
Pirimiphos-methyl	25 EC	500	15	26.7±2.3	gh
Carbamates					
Benfuracarb	30 EC	300	15	100.0±0.0	a
Carbaryl	50 WP	500	15	53.3±0.6	ed
Furathiocarb	10 WP	100	15	0.0±0.0	i
Methomyl	24.1 SC	241	15	13.3±1.2	hi
Pirimicarb	25 WP	162.5	15	0.0±0.0	i
Indoxacarb	10 WP	50	15	26.7±0.6	gh
Thiodicarb	40 WP	400	15	13.3±1.2	hi
Pyrethroids					
Bifenthrin	2 WP	10	15	13.3±1.2	hi
Cypermethrin	5 EC	50	15	100.0±0.0	a
Deltamethrin	1 EC	10	15	100.0±0.0	a
Etofenprox	20 EC	200	15	40.0±1.0	ef
Fenpropathrin	5 EC	50	15	100.0±0.0	a
Esfenvalerate	1.5 EC	15	15	13.3±1.2	hi
ζ-cypermethrin	3 EC	30	15	100.0±0.0	a
λ-cyhalothrin	1 EC	10	15	100.0±0.0	a
Neonicotinoids					
Acetamiprid	1.8 WP	40	15	53.3±0.6	ed
Clothianidin	8 SC	40	15	0.0±0.0	i
Imidacloprid	10 WP	50	15	26.7 ±0.6	gh
Thiamethoxam	10 WP	50	15	0.0±0.0	i
Thiacloprid	10 SC	50	15	33.3±0.6	fg
Antibiotics					
Abamectin	1.8 EC	6.03	15	0.0±0.0	i
Enamectin benzoate	2.15 EC	10.75	15	0.0±0.0	i
Milbemectin	1 EC	10	15	0.0±0.0	i
Spinosad	10 WG	50	15	0.0±0.0	i

Table 1. Continued

Common name	AI(%) & formulation	Recommended Conc. (ppm)	n	% Correlated mortality ^{a)}	
Mixtures					
Acetamiprid+etofenprox	25+8 WP	25+80	15	26.7±0.6	gh
Cartap+buprofezin	50+10 WP	500+100	15	13.3±0.6	hi
Chlorfenapyr+bifenthrin	20+7 WP	200+70	15	13.3±0.6	hi
Esfenvalerate+fenitrothion	1.25+15 WP	12.5+150	15	0.0±0.0	i
Furathiocarb+diflubenzuron	9+7 WP	90+70	15	40.0±0.0	ef
Diflubenzuron+chlorpyrifos	7+20 WP	70+200	15	40.0±1.1	ef
Etofenprox+diazinon	8+25 WP	80+250	15	73.3±1.2	bc
Methiocarb+imidacloprid	20+3 WP	200+30	15	0.0±0.0	i
Acetamiprid+bifenthrin	2+1.5 WP	20+15	15	40.0±0.0	ef
Imidacloprid+chlorpyrifos	2.5+15 WP	25+150	15	13.3±1.2	hi
Imidacloprid+methoxyfenozide	4+8 WP	20+40	15	0.0±0.0	i
Insect Growth Regulators					
Cyromazine	75 WP	370.5	15	26.7±0.6	gh
Flufenoxuron	10 SC	100	15	0.0±0.0	i
Pyriproxyfen	10 EC	50	15	26.7±0.6	gh
Tebufenozide	8 WP	80	15	13.3±1.2	hi
Pymetrozine	25 WP	83.75	15	13.3±1.2	hi
Metoxyfenozide	4 WP	40	15	0.0±0.0	i
Diflubenzuron	25 WP	100	15	13.3±1.2	hi
Lufenuron	5 EC	50	15	26.7±0.6	gh
Others					
Cartap hydrochloride	50 SP	500	15	13.3±1.2	hi
Chlorfenapyr	5 WP	50	15	0.0±0.0	i
Fipronil	5 SC	50	15	100.0±0.0	a
Thuricide	16 WP	20	15	0.0±0.0	i
Etoxazole	10 SC	50	15	0.0±0.0	i
Acequinocyl	15 SC	150	15	0.0±0.0	i
Fenpyroximate	5 SC	25	15	0.0±0.0	i
Pyridaben	20 WP	20	15	0.0±0.0	i

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

fipronil 이었다. 특히 피레스로이드계 약제들이 강한 살충활성을 나타내었다.

바퀴의 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 Lee (1979)도 18종의 살충제 중에서 피레스로이드계가 유기인계보다 우수함을 보고하

였다. 또 Yang (1999)은 8종의 살충제 중 피레스로이드계인 etofenprox가 접촉과 섭식독작용에서 가장 활성이 높았음을 보고하였다. 본 실험에서는 etofenprox의 살충효과가 낮았는데 이는 종에 따른 차이인 것으로 생각된다. 하지만 8종의 피레스로이드 중 5종이 100%의 살충활성을 나타내어 다른 계열의 살충제에 비하여 살충활성이 높음을 알 수 있었다.

Fipronil은 1987년 룡프랑사에서 개발한 약제로 바

퀴와 집파리에 대해서 높은 살충력을 나타내었을 뿐 아니라 저항성계통에 대해서도 효과가 우수함을 보고 하였으며(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. 한편 Koehler *et al.* (1991)은 7종의 바퀴에 대한 0.0550% abamectin 독먹이제의 LT_{50} 값은 이질바퀴의 경우 3.4일로 지효성을 나타내어 효과 발현에 일정시간이 소요됨을 보고하였다. 본 실험의 결과에서는 48시간 동안의 살충률을 조사하였으나, 약제의 특성차이를 고려할 때 좀 더 긴 시간 조사가 필요하다.

곤충생장조절제에 대한 바퀴의 약제방제 연구로는 Koehler and Patterson (1989)이 4종의 키틴생합성저해제가 부화율감소에 영향을 미쳤으며, 특히 CGA-112913은 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 후에 개체군 밀도가 감소하였으며, 1년 후에는 완전방제가 가능하였다고 하였다. 이상의 연구자들의 결과를 종합하여 볼 때 곤충생장조절제는 일정기간이 지나야 약효를 나타내는 약제로 본 실험에서는 약충처리 10일후에 효과조사는 판정기간이 짧았으며, 조금 더 긴 기간에 거쳐 조사를 하여야 정확한

결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 11종의 혼합제 중 etofenprox+diazinon이 73.3%의 살충률을 나타내었을 뿐 전반적으로 낮았다.

처리방법에 따른 약제감수성

Table 1에서 효과가 좋았던 dichlorvos, benfuracarb, cypermethrin, deltamethrin, fenpropathrin, λ -cyhalothrin을 식이법과 여지접촉법으로 살충활성 (LC_{50} , ppm)을 비교한 결과는 Table 2와 같다. Benfuracarb는 식이법에서 LC_{50} 값이 71.20으로 여지접촉법보다 감수성이 높게 나타났으며, 상대 독성비는 0.3을 나타내었다. 한편 dichlorvos, fenpropathrin은 여지접촉법에서 LC_{50} (ppm) 값이 각각 17.24, 7.41로 식이법보다 감수성이 높았으며, 상대독성비는 각각 4.9, 3.4를 나타내어 처리방법과 약제에 따라 차이를 보이는 것을 알 수 있었다. 그 외 cypermethrin, deltamethrin, ζ -cypermethrin, λ -cyhalothrin은 방법간에 큰 차이가 없었다.

처리방법에 따른 약제감수성 차이는 살충제의 작용경로와 작용부위의 차이에 의한 것으로 생각된다. 살충제는 소화중독·접촉·혼중·침투이행과 같은 작용경로를 통하여 작용점에 도달하여 살충력을 발휘하는데 (Ahn *et al.*, 1992; Bang *et al.*, 1993; Yang, 1999), 작용부위와 작용경로(신경독·피부독·호흡독·근육중독 등)에 따라 현저한 감수성차이가 발휘되는 것으로 생각된다 (Ahn *et al.*, 1992; Bang *et al.*, 1993). 이러한 현상은 본 실험의 결과에서도 뚜렷하게 나타나고 있는데, dichlorvos, cypermethrin, deltamethrin, fenpropathrin, ζ -cypermethrin, λ -cyhalothrin은 소화중독보다는 접촉독에서, benfuracarb는 소화중독에서 더 높은

Table 2. Comparative toxicities of six insecticides against *P. americana* male adults by two application methods

Insecticide	Diet dipping			Filter paper contact			RR ^{a)}
	n	LC_{50} (ppm) (95% CL)	Slope (\pm SE)	n	LC_{50} (ppm) (95% CL)	Slope (\pm SE)	
Dichlorvos	75	84.10	73.71-97.36	85	17.24	14.81-19.69	4.9
Benfuracarb	110	71.20	57.21-86.38	100	210.79	202.76-217.59	0.3
Cypermethrin	95	11.41	10.16-12.77	105	8.77	8.06-9.56	1.3
Deltamethrin	90	2.52	2.30-2.73	100	2.10	1.95-2.26	1.2
λ -cyhalothrin	110	2.79	2.56-3.04	115	2.32	2.20-2.43	1.2
Fenpropathrin	120	25.14	22.94-27.37	125	7.41	6.92-7.90	3.4

^{a)}Relative ratio: LC_{50} value of diet-dipping method / LC_{50} value of filter paper contact method.

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 DDVP (dichlorvos)가 가장 우수한 살충력을 나타내어 생물검정법에 따른 감수성 차이를 보고하였다.

처리부위에 따른 약제감수성

이질바퀴의 처리부위별(머리, 가슴, 배, 다리)로 dichlorvos, benfuracarb, cypermethrin, fenpropathrin의 감수성차이를 LD₅₀(ppm)값으로 비교한 결과는 Table 3과 같다. Dichlorvos, benfuracarb, cypermethrin은 머리에서, fenpropathrin은 배에서 가장 높은 감수성을 나타냈다. 이와 같은 결과는 약제의 투과량과 관계가 있을 것으로 생각되며, 따라서 dichlorvos, benfuracarb, cypermethrin은 머리쪽에서 잘 투과되고, fenpropathrin은 배쪽에서 잘 투과되는 것으로 생각되나, 부위별 투과량에 관한 분석이 있어야 정확한 해석이 가능할 것이

다. Scott *et al.* (1986)의 결과에서도 감수성과 저항성 바퀴에 대한 5종의 피레스로이드계 약제(allethrin, permethrin, fenvalerate, cypermethrin, deltamethrin)의 처리 부위별(머리, 배, 다리) 독성비교에서 두 계통 모두 머리에서 가장 감수성이었으며, 배와 다리는 약제의 종류에 따라 차이가 있음을 보고하였다. 본 실험의 결과에서도 fenpropathrin과 같은 예외는 있지만 전반적으로 머리쪽이 약제에 대한 감수성이 높았다.

약제의 발현속도

식이법을 이용하여 5종 약제(dichlorvos, benfuracarb, λ-cyhalothrin, boric acid, hydramethylnon)의 발현속도를 비교한 결과는 Fig. 1과 같다. Dichlorvos, benfuracarb, λ-cyhalothrin은 48시간 이내에 100%의 살충율을 나타내었으나, hydramethylnon과 boric acid는 10일째에 100%의 살충율을 나타내었다. 이 약제들의 LT₅₀ (day) 값은 dichlorvos가 0.10일, benfuracarb가 0.29일, λ-cyhalothrin이 0.12일로 속효성이고, hydramethylnon과 boric acid는 각각 4.8일과 6.2일로 지효성을 나타내었다. 이들 약제 중 λ-cyhalothrin이 가장 빠른 발현속도를

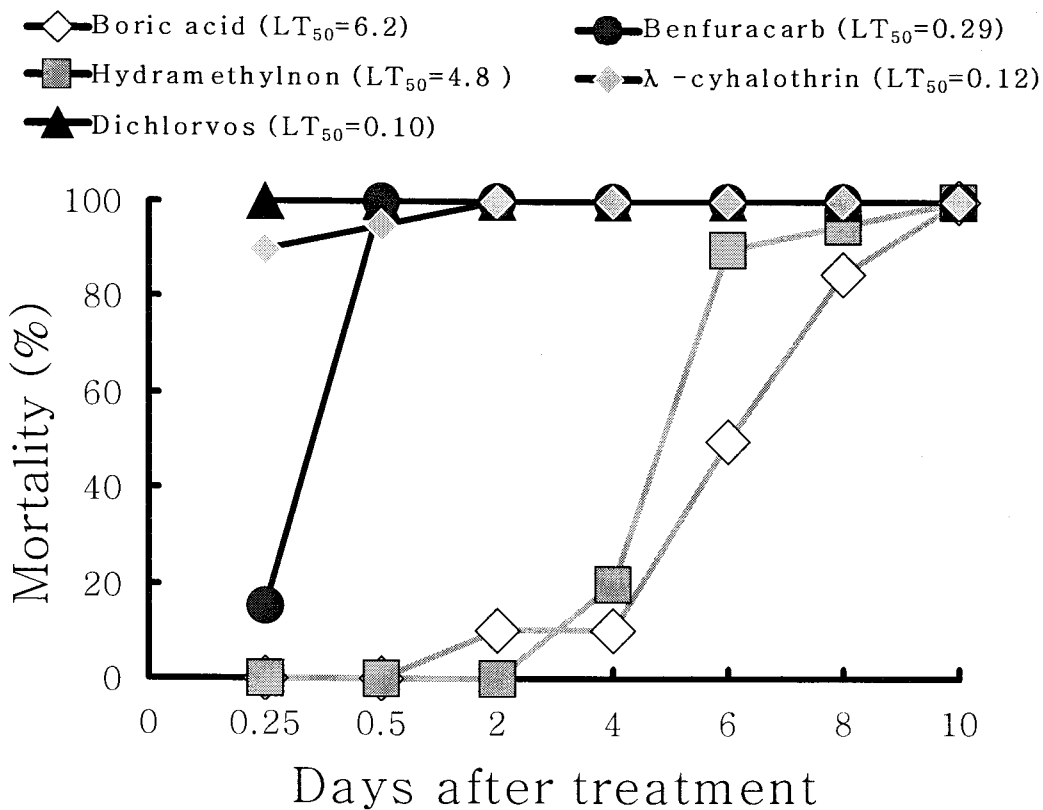


Fig. 1. Action rapidity of five insecticidal baits to *P. americana* male adults.

Table 3. Comparative toxicity of six insecticides against body part of *P. americana* male adult to which insecticides were applied topically

Insecticide	n	LD ₅₀ (95%CL, µg/g)										
		Head	Slope (±SE)	Thorax	Slope (±SE)	RR ^{a)}	Abdomen	Slope (±SE)	RR ^{a)}	Legs	Slope (±SE)	RR ^{a)}
Dichlorvos	153	0.014 (0.013-0.017)	2.71 (0.23)	0.810 (0.702-0.939)	2.84 (0.34)	57.9	1.905 (1.458-2.017)	5.48 (0.67)	136.1	2.393 (2.238-2.567)	5.65 (0.48)	170.9
Benfuracarb	279	0.073 (0.066-0.078)	5.58 (0.68)	0.263 (0.248-0.281)	6.75 (0.59)	3.60	1.612 (1.430-1.791)	4.36 (0.46)	22.1	0.796 (0.608-0.977)	1.84 (0.21)	10.9
λ-cyhalothrin	279	0.025 (0.023-0.029)	3.20 (0.23)	0.796 (0.608-0.977)	4.85 (0.47)	31.8	0.352 (0.323-0.384)	5.28 (0.50)	14.1	0.391 (0.354-0.426)	4.58 (0.44)	15.6
Deltamethrin	252	0.098 (0.079-0.117)	2.89 (0.30)	0.037 (0.033-0.041)	3.72 (0.30)	0.38	0.019 (0.018-0.020)	10.14 (0.83)	0.19	0.034 (0.032-0.038)	5.28 (0.50)	0.35
Cypermethrin	306	0.071 (0.067-0.075)	5.34 (0.49)	0.282 (0.263-0.305)	9.54 (1.09)	3.97	0.020 (0.019-0.023)	6.19 (0.55)	0.28	0.045 (0.041-0.048)	5.52 (0.52)	0.63
Fenpropathrin	452	0.466 (0.427-0.503)	6.71 (0.59)	0.141 (0.134-0.148)	5.16 (0.41)	0.30	0.079 (0.074-0.083)	7.00 (0.65)	0.17	0.449 (0.408-0.490)	4.71 (0.45)	1.07

^{a)}Relative ratio : LD₅₀ value of the other location / LD₅₀ value of head.

나타내었다. Zong *et al.*(1972)은 바퀴에 대한 독먹이 실험에서 boric acid와 설탕의 비율이 4:6일때 가장 효과적이었으며, Zurek *et al.*(2003)은 boric acid 분체는 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 처리 후 6일~7일째에 100%의 살충률을 나타내어 지효성이며(Milio *et al.*, 1986), fenitrothion 5% 독먹이제는 처리 후 2일내에 100%의 살충률을 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, 유기인계의 dichlorvos, 카바메이트계 benfuracarb, 피레스로이드계 cypermethrin, deltamethrin, fenprothrin, γ -cypermethrin, λ -cyhalothrin, 그리고 페닐피라졸계의 fipronil이 이질바퀴 (*Periplaneta americana*) 성충에 우수한 살충효과를 나타내었으며, 발현속도에서는 dichlorvos, benfuracarb, λ -cyhalothrin이 boric acid나 hydramethylnon보다는 속효성이었다. 약제처리법과 바퀴의 처리부위에 따라 약제감수성 차이를 나타내었으며, 특히 dichlorvos, fenprothrin은 식이법보다 여지접촉법에서 더 감수성으로 독먹이제 개발보다는 접촉제형을 개발하는 것이 효과적이며, benfuracarb는 식이법에서 더 감수성을 나타내어 독먹이제형으로 개발하는 것이 살충효과를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2003년도 충청북도 생물산업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

인용문헌

- 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.
- Chon, T.S. and T.S. Kwon (1987) Seasonal abundance and spatial distribution of the American cockroach, *Periplaneta americana* (L.), in urban, low-income apartments. Korean J. of Entomol. 17:1~16.
- 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. Pysiol. 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, pp.102~110.
- 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.
- Kochler, 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., T.H. Atkinson and R.S. Patterson (1991) Toxicity of abamectin to cockroach (Dictyoptera:

- Blattellidae, Blattellidae). 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. (1995) Distribution and seasonal abundance of cockroaches (Blattellidae and Blattellidae, Blattaria) in urban general hospitals. Korean. J. Entomol. 25:57~67.
- 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. 25:305~312.
- Lee, D.K. (1997) Field performance of insecticidal baits for German cockroach (Blattaria: Blattellidae) control. Korean. J. Appl. Entomol. 36:270~276.
- Milio, J.F., P.G. Koehler and R.S. Patterson (1986) Laboratory and field evaluations of hydramethylnon bait formulations for control of American and German cockroaches (Orthoptera: Blattellidae). J. Econ. Entomol. 79:1280~1286.
- 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. p.236
- 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. p.164.
- 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. p.107.
- Tomlin, C.D.S. (2003) The pesticide manual. BCPC. p.1344.
- 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.

Susceptibilities of american cockroach, *Periplaneta americana* to insecticides according to application methods

Jongbeen Han, Jeong-Sook Bae and Gil-Hah Kim*(Dept. of Plant Medicine, Coll. of Agri, Chungbuk National University, Cheongjusi, Chungbuk 361-763, Republic of Korea)

Abstract : Susceptibility of *Periplaneta americana* male adults to 61 commercial insecticides was evaluated by diet dipping method. Among them eight insecticides of dichlorvos, benfuracarb, cypermethrin, deltamethrin, fenpropathrin, ζ-cypermethrin, λ-cyhalothrin and fipronil showed 100% mortality. The insect was more susceptible to dichlorvos and fenpropathrin in filter paper contact method than in diet dipping one, but benfuracarb was *vice versa*. Toxicities of the seven chemicals were evaluated by application parts of the such as head, thorax, abdomen, and legs. Dichlorvos, benfuracarb and λ-cyhalothrin were more toxic when applied to head, and deltamethrin, fenpropathrin and cypermethrin were abdomen. LT₅₀ values by diet dipping method showed that dichlorvos, benfuracarb and λ-cyhalothrin acted more rapidly than boric acid and hydramethylnon. The values of the former three were 0.10, 0.29 and 0.12 days, and those of the latter two were 6.2 and 4.8 days, respectively.

Key words : *Periplaneta americana*, insecticide, diet dipping method, filter paper contact method, topical application method.

*Corresponding author (Fax : +82-31-290-5432, E-mail: khkim@chungbuk.ac.kr)