

바퀴(*Blattella germanica* L.)의 살충제 저항성에 관한 연구 I. 생물검정 방법에 따른 살충력 비교

Studies on the Insecticide Resistance of the German Cockroach
(*Blattella germanica* L.) I. Comparisons of Toxicity by Bioassay

방종렬·이형래·김정화¹

Jong Ryeol Bang, Hyung Rae Lee, and Jeong Ha Kim¹

ABSTRACT Experiments were conducted to study effects of different bioassay methods on toxicity to the German cockroach (*Blattella germanica* L.) with six insecticides. For male adults, by dry film method, the LC₅₀ value of chlorpyrifos, fenvalerate, propoxur, permethrin, DDVP, and hydramethylnon was 1.79, 1.87, 3.04, 4.37, 32.72, and 270.81 ppm, respectively and the same tendency was shown in the female. For male adults, by topical micro-application method, the LD₅₀ value of DDVP and fenvalerate, chlorpyrifos, permethrin, propoxur, hydramethylnon was 2.63, 3.79, 4.51, 6.73, 44.99 $\mu\text{g/g}$, respectively and the same tendency was shown in the female. From the diet toxicity method against male adults, the CT value (Concentration% \times LT₅₀) showed that chlorpyrifos was rapid effective and hydramethylnon was residual effective.

KEY WORDS German cockroach (*Blattella germanica* L.), insecticides, bioassay

초 록 바퀴(*Blattella germanica* L.)의 효과적인 방제대책 수립을 위한 기초 자료로 활용하고자, 바퀴 방제에 사용되어지고 있는 6종의 살충제를 이용하여 생물검정 방법에 따른 살충력의 차이를 실험한 결과, Dry film법에 따른 약제의 살충력은 수컷 바퀴의 반수치사농도(LC₅₀, ppm)가 chlorpyrifos 1.79, fenvalerate 1.87, propoxur 3.04, permethrin 4.37, DDVP 32.72, hydramethylnon 270.81로서 암컷 역시 같은 순위의 살충력을 보였다. 미량국소처리법에 따른 약제의 살충력은 수컷 바퀴의 반수치사약량(LC₅₀, $\mu\text{g/g}$)이 DDVP와 fenvalerate가 2.63, chlorpyrifos 3.79, permethrin 4.51, propoxur 6.73, hydramethylnon 44.99로써 암컷 역시 같은 순위의 살충력을 보였다. 식이법에 따른 약제의 살충력은 수컷 바퀴의 CT(Concentration% \times LT₅₀)값의 비교에서 유기인계 살충제인 chlorpyrifos가 속효성이었고, 피레스로이드계 살충제인 hydramethylnon은 지효성이 좋은 살충제로 선발되었다.

검 색 어 바퀴, 살충제, 생물검정

바퀴(*Blattella germanica* L.)는 전세계적으로 분포하고 있는 종으로써 식품이나 서적등에 피해를 주어 경제적으로 문제시 되는 해충일 뿐만 아니라 인간에게 불결감이나 질병을 매개하기 때문에 위생상 더욱더 문제시되고 있는 해

충이다. 특히 독특한 적응력으로 인해 도시위생 곤충의 대표적인 종으로 알려져 있으며(Rehn 1945), 우리나라에서도 도시의 주거지역에 번성하고 있는 것으로 보고되어 있다(차 등 1969, 1970 : 이 등 1976).

¹ 충북대학교 농생물학과(Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Chungbuk National University, Chongju 360-763, Korea)

위생곤충으로 문제시되고 있는 바퀴를 구제하기 위하여 여러 가지 방제방법들이 강구되었으며 살충제의 사용은 필수적이게 되었다. 그러나 살충제의 무분별한 사용으로 인한 저항성 바퀴의 출현은 살충제의 방제효과 저하라는 직접적인 문제뿐만 아니라, 해결방책의 하나인 대체살충제의 개발에도 많은 어려움이 있어 살충제의 효과적인 사용이나 새로운 살충제 개발에 큰 제한요인이 되고 있다(Metcalf 1980). 이러한 이유로 인하여 효과적인 살충제의 선별과 약제저항성 수준을 결정하기 위한 실험실 내에서의 생물검정 방법이 추천되었으며, 바퀴의 방제 방법에 따라서 여러 가지 생물검정 방법들이 연구자들에 의하여 사용되었다.

즉, 분무식 살포로 인한 바퀴의 구제 방법에 사용되고 있는 접촉독 살충제의 생물검정 방법으로 세계보건기구(WHO)에서 추천하는 dry film법(WHO 1972)과 세계식량농업기구(FAO)에서 추천하는 미량국소처리법(Metcalf 1958)이 사용되고 있다. 그리고 1858년부터 bait를 이용한 구제 방법들이 사용되어져 왔으나(Frishman 1982), toxic bait 약제들에 관한 생물검정 방법이 체계화되지 않았기에 DeMark (1988)에 의하여 확립된 식이법이 사용되고 있다.

본 연구는 바퀴(*Blattella germanica* L.)의 살충제 저항성 기구의 구명을 위한 생물검정시 기초자료로 활용하기 위해, 바퀴방제에 사용되어지고 있는 6종의 살충제를 이용하여 생물검정 방법에 따른 살충력의 차이를 비교 검토하였다.

재료 및 방법

공시충

1989년 부터 국립보건원에서 살충제 도태없이 누대 사육한 바퀴(*Blattella germanica*)를 1989년도에 분양받아 살충제 접촉없이 실험실 내에서 누대사육한 실내계통이다. 실내사육 조건은 온도 $28 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 45~48% 및 광조건

12L : 12D로 조절하였으며 은신처와 물, 먹이(dry dog, food, 카스테라빵)가 공급된 수조(30 × 90 × 45 Cm)에서 사육하였다.

공시살충제

생물검정에 사용된 공시살충제는 유기인제 2종, 카바메이트제 1종과 피레스로이드제 3종으로 총 6종이다. 이들 살충제의 일반명, 화학명 및 유효성분(순도)은 표 1과 같다.

생물검정 방법

1) Dry film법

본 생물검정은 세계보건기구의 추천 방법(WHO 1972)에 따라 아세톤에 소정 농도별로 희석시킨 공시 살충제 2.5ml를 비이커(0.5L) 안쪽 표면에 살포한 후 아세톤을 증발시켜 비이커의 안쪽에 film을 만들었다. 그런 후 살충제 처리된 비이커에 우화후 6일 된 바퀴 성충을 노출시켰으며 petroleum jelly를 비이커의 안쪽 끝에 발라주고 망사를 씌워 충의 이탈을 방지하였다. 사충수는 처리 24시간 후에 조사하였으며 probit 분석하여 반수치사농도(LC₅₀)를 산출하였다.

2) 미량국소처리법

본 생물검정은 세계식량기구의 추천 방법(Metcalf 1958)에 따라 우화후 6일 된 바퀴 성충(수컷 56 mg, 암컷 98 mg)을 탄산가스로 10~20초간 마취시킨 후 아세톤에 소정 농도별로 희석시킨 공시살충제를 topical hand micro-applicator (Burkard Scientific Ltd. England)를 사용하여 성충당 1ul씩 흉복부에 처리하였다. 약제 처리 후 먹이와 물, 은신처가 제공된 비이커(0.5L)에 약제 처리한 공시충을 넣고 망사를 씌워 충의 이탈을 방지하였다. 사충수는 처리 24시간 후에 조사하였으며, probit 분석하여 반수치사약량(LD₅₀)을 산출하였다.

3) 식이법

본 생물검정은 DeMark (1988)가 개발한 실험 방법에 따라 각 농도당 아세톤으로 희석한 공시살충제 3 ml와 이차 증류수 6 ml를 가지고

Table 1. Insecticides used

Types/Common name	Chemical name	Chemical purity (%)
Organophosphate		
Chlorpyrifos	0,0-diethyl-0-(3,5,6-trichloro-2-pyridyl)phosphorothioate	85.0
Dichlorvos (DDVP)	2,2-dichlorovinyl dimethyl phosphate	95.0
Carbamate		
Propoxur	2-isopropoxyphenyl-N-methyl carbamate	98.0
Pyrethroid		
Fenvalerate	(RS)- α -cyano-3-phenoxybezy (RS)-2-(4-chlorophenyl)-3-methyl-butyrate	96.4
Permethrin	3-(phenoxyphenyl) methyl(1RS)-cis, trans-3-(2,2-dichloroethenyl)-2,2-dimethyl cyclopropane carboxylate (approximately 60% trans, 40% cis isomers)	90.0
Hydramethylnon	tetrahydro-5,5-dimethyl-2(1H)-pyrimidinone [3-[4-(trifluoromethyl) phenyl]-1-[2-[4-(trifluoromethyl) phenyl] ethenyl]-2-propenylidene] hydrazone	98.0

곱게 갈은 인공사료(dry dog food) 5 g에다 잘 섞어 준 후, plexiglass mold를 사용하여 일정한 모양이 되도록 눌러주고 다시 evacuation hood에서 48시간 동안 건조시켜 실험용 먹이로 사용하였다. 우화한지 6일 된 수컷 공시충을 제공된 비이커(0.5L)에 접종한 후 실험용 먹이와 물, 은신처를 제공하였다. 처리 후 $28 \pm 2^\circ\text{C}$, 45~48%, 12:12(L:D)의 조건하서 15일 동안 매일 사충수를 조사하였으며, 그 후 살아있는 공시충의 90%가 죽을 때까지 2일 간격으로 조사하여, probit 분석에 의하여 반수치사시간(LT₅₀)을 산출하였다.

결과 및 고찰

Dry film 법

Dry film 법을 이용하여 공시살충제에 대한 살충력을 시험한 결과 각 약제별 LC₅₀(ppm) 값은 표 2와 3에서와 같다. 바퀴(*Blattella germanica*) 수컷(암컷)에 대한 LC₅₀ 값은 chlorpyrifos 1.79(2.95), fenvalerate 1.87(5.93), propoxur 3.04(7.32), permethrin 4.37(13.91), DDVP 32.72(244.56)와 hydramethylnon 270.81(2244.90) ppm으로 암·수 모두 같은 순위의

살충력을 보인 것으로 보아, 본 생물검정 방법에서는 유기인제인 chlorpyrifos와 피레스로이드제인 fenvalerate가 바퀴를 구제하는 데 있어서 효과적인 살충제로 선발되었다.

이 등(1973)이 dry film 법을 사용한 약제 시험에 있어서는 DDVP가 chlorpyrifos보다 높은 독성을 보인 것과 본 실험의 결과와 일치하지 않은 경향이었는데 앞으로 검토가 요망된다.

미량국소처리법

미량국소처리법을 이용하여 공시살충제에 대한 살충력을 시험한 결과 각 약제별 LD₅₀($\mu\text{g/g}$) 값은 표 4와 5에서와 같다. 바퀴 수컷(암컷)에서 DDVP는 2.63(3.78), fenvalerate 2.63(4.04), chlorpyrifos 3.79(4.55), permethrin 4.51(4.93), propoxur 6.73(8.63)와 hydramethylnon 44.99(85.21)으로 암·수 모두 같은 순위의 살충력을 보인 것으로 보아, 본 생물검정 방법에서는 유기인제인 DDVP와 피레스로이드제인 fenvalerate가 바퀴를 구제하는 데 있어서 효과적인 약제로 선발되었다.

미량국소처리법에 의한 살충제 독성 시험에 있어서, 이 등(1974)은 DDVP가 chlorpyrifos보다 높은 살충력을 보였다고 하였으며, 심 등

Table 2. Mortality response of susceptible male German cockroach against six insecticides by dry film method

Insecticides	n	LC ₅₀	LC ₉₅	Slope ± SE
Chlorpyrifos	350	1.79	4.78	3.87 ± 0.54
DDVP	210	32.72	91.67	3.67 ± 0.60
Propoxur	210	3.04	5.62	6.16 ± 0.87
Fenvalerate	210	1.87	8.36	2.48 ± 0.30
Permethrin	350	4.37	17.37	2.74 ± 0.36
Hydramethylnon	210	270.81	2419.69	1.73 ± 0.32

n; Number of tested insect.

LC(Lethal Concentration); ppm.

Table 3. Mortality response of susceptible female German cockroach against six insecticides by dry film method

Insecticides	n	LC ₅₀	LC ₉₅	Slope ± SE
Chlorpyrifos	210	2.95	10.59	2.97 ± 0.69
DDVP	350	244.56	485.53	5.52 ± 1.54
Propoxur	210	7.32	21.94	3.45 ± 0.79
Fenvalerate	210	5.93	18.34	3.36 ± 0.78
Permethrin	210	13.91	65.44	2.45 ± 0.52
Hydramethylnon	350	2244.90	24713.96	1.58 ± 0.38

n; Number of tested insect.

LC(Lethal Concentration); ppm.

Table 4. Mortality response of susceptible male German cockroach against six insecticides by topical micro-application method

Insecticides	n	LD ₅₀	LD ₉₅	Slope ± SE
Chlorpyrifos	250	3.79	6.43	7.18 ± 1.25
DDVP	300	2.63	4.86	6.17 ± 0.92
Propoxur	210	6.73	13.81	6.28 ± 0.97
Fenvalerate	240	2.63	4.45	7.20 ± 1.36
Permethrin	300	4.51	8.74	5.74 ± 0.93
Hydramethylnon	240	44.99	109.09	4.28 ± 0.63

n; Number of tested insect.

LD(Lethal Dose); µg/g.

Table 5. Mortality response of susceptible female German cockroach against six insecticides by topical micro-application method

Insecticides	n	LD ₅₀	LD ₉₅	Slope ± SE
Chlorpyrifos	250	4.55	13.57	3.46 ± 0.49
DDVP	210	3.78	7.64	5.39 ± 0.85
Propoxur	210	8.63	17.43	5.39 ± 0.85
Fenvalerate	240	4.04	10.15	4.11 ± 0.60
Permethrin	210	4.93	9.30	5.99 ± 0.99
Hydramethylnon	210	85.21	283.60	3.15 ± 0.41

n; Number of tested insect.

LD(Lethal Dose); µg/g.

(1979)은 DDVP, chlorpyrifos, permethrin, propoxur 순으로 DDVP가 가장 좋은 살충력을 나타냈다고 보고한 바 있는데 이는 본 실험의 결과와 일치하는 경향이였다.

식이법

식이법을 사용하여 공시살충제에 대한 살충력을 시험한 결과 각 약제와 농도별 LT_{50} (day) 값은 표 6에서와 같다. Chlorpyrifos는 1000, 500 ppm에서 0.53, 1.28일로써 CT [Concentration(%) \times LT_{50}] 값이 각각 0.05와 0.06, DDVP는 1000, 500 ppm에서 1.10, 14.41일로써 CT 값이 0.11과 0.72, propoxur는 1000, 500 ppm에서 11.57, 20.14일로써 CT 값이 1.16과 1.01, fenvalerate는 1000, 500 ppm에서 7.08, 11.13일로써 CT 값이 0.71과 0.56, 그리고 permethrin은 1000, 500 ppm에서 9.24, 13.6일로써 CT 값이 0.92와 0.68을 나타냈다. Hydramethylnon는 1000, 500, 250, 125, 62.5, 31.3 ppm에서 2.32, 3.02, 3.76, 6.56, 10.86, 15.14일로써 각각의 CT 값이 0.23, 0.15, 0.09, 0.

08, 0.07과 0.05를 보인 것으로 보아, 본 생물검정 방법에서 chlorpyrifos는 1000 ppm과 500 ppm에서 빠른 약효를 나타내는 속효성인 약제이며, 저농도에서도 일정기간 지난 후 부터 약제의 효과가 좋은 hydramethylnon는 지효성인 약제로 선발되었다.

Lund와 Beenett(1978)의 보고에 의하면 dog food에 0.5% chlorpyrifos를 포함시킨 한 개의 먹이를 바퀴벌레가 만연된 아파트에 1달 동안 지속적으로 노출시켰을 때 바퀴의 수가 평균 85% 정도 감소되었다고 하였으며, Burden(1980)도 1% propoxur bait를 실험실내에서 감수성인 바퀴에 1달 동안 처리시 96% 이상의 방제가를 나타냈다고 보고한 바 있으며, Appel(1990)은 1% chlorpyrifos bait를 감수성인 바퀴에 처리하였을 때 24시간 이내에 100%의 사충률을 나타냈고, 1% hydramethylnon bait의 LT_{50} 값이 0.86일을 나타냈다고 보고한 바 있는데 이는 본 실험의 결과와 일치하는 경향을 보였다.

Table 6. Mortality response of susceptible male German cockroach against six insecticides by diet toxicity method

Insecticides	ppm	LT_{50}	LT_{95}	Slope \pm SE	CT
Chlorpyrifos	1000	0.53	1.43	3.18 \pm 1.27	0.05
	500	1.28	4.33	3.12 \pm 1.02	0.06
DDVP	1000	1.10	4.17	2.85 \pm 1.05	0.11
	500	14.41	>30	1.39 \pm 0.39	0.72
Propoxur	1000	11.57	23.39	5.38 \pm 1.32	1.16
	500	20.14	>30	3.67 \pm 1.00	1.01
Fenvalerate	1000	7.08	11.52	7.79 \pm 1.89	0.71
	500	11.13	>30	3.20 \pm 1.07	0.56
Permethrin	1000	9.24	19.89	4.95 \pm 1.32	0.92
	500	13.60	>30	3.10 \pm 0.85	0.68
Hydramethylnon	1000	2.32	6.06	3.95 \pm 0.88	0.23
	500	3.02	8.09	3.85 \pm 0.79	0.15
	250	3.76	8.90	4.39 \pm 0.89	0.09
	125	6.56	11.23	7.05 \pm 1.58	0.08
	62.5	10.86	14.96	11.87 \pm 1.97	0.07
	31.3	15.14	25.27	7.39 \pm 2.57	0.05

LT (Lethal Time); day.

CT =Concentration(%) \times LT_{50} .

이상의 결과에서 보듯이 세 가지의 생물검정 방법에 따라 약제간 독성의 차이가 나타났는데 Atkinson 등(1991)이 피레스로이드계 살충제와 유기인계 살충제에 대한 바퀴의 살충제 저항성 연구에서 저항성 비율을 결정함에 있어서 미량국소처리법과 dry film법 간에도 차이가 있다고 보고하여, 본 시험의 결과와 일치하는 경향을 보였는데 이와 같은 경향은 공식약제의 처리방법에 따른 접촉양의 차이와 살충기구의 차이점에 의한 결과로 사료된다.

인 용 문 헌

- Appel, A.G. 1990. Laboratory and field performance of consumer bait products for German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) control. J. Econ. Entomol. 83: 153~159.
- Burden, G.S. 1980. Comparison of insecticide baits against five species of cockroaches. Pest Control 48: 22~24.
- 차철환, 함기선, 안성규, 박동우, 구성희, 한양일. 1969. 서울시내 거주성바퀴의 분포에 관한 조사. 예방의학지 2: 77~80.
- 차철환, 함기선, 이영일, 구성희, 한양일. 1970. 서울 시내 바퀴 *Blattella germanica* Linnaeus의 각종 살충제에 대한 감수성. 기생충학잡지 8: 67~69.
- DeMark. 1988. Effects of chitin synthesis inhibitors on nymphal and oothecal stages of the German cockroach, *Blattella germanica* (L.). M.S. thesis, Purdue University, West Lafayette, Ind.
- Frishman, A. 1982. Cockroaches. In A. Mallis [ed.], Handbook of pest control, 6th ed. Franzak and Foster, Cleveland, Ohio.
- 이한일, 홍한기, 심재철, 이종수. 1973. 한국산 바퀴에 관한 연구(Ⅰ). 국립보건연구원보 10: 169~176.
- 이한일, 홍한기, 심재철, 이종수. 1974. 한국산 바퀴에 관한 연구(Ⅱ). 국립보건연구원보 11: 101~105.
- 이한일, 홍한기, 심재철, 이종수, 윤영선. 1976. 한국산 바퀴에 관한 연구(Ⅳ). 국립보건연구원보 13: 167~171.
- Lund, R.D. & G.W. Bennett. 1978. Evaluation of bolt bait. insectic. Acaric. Tests. 3: 176~177.
- Metcalf, R.L. 1958. Methods of topical application and injection. Method of Testing Chemicals on Insects. Vol. 1.
- Metcalf, R.L. 1980. Changing rule of insecticides in crup protection. Ann. Rev. Entomol. 25: 219~256.
- Rehn, J.A.G. 1945. Man's uninvited fellow traveler the cockroach. Sci. Monthly. 61: 265~276.
- 심재철, 이한일, 김정립. 1979. 주거성바퀴에 대한 각종 방역용 살충제의 독성효과에 관한 연구. 국립보건연구원보 16: 325~330.
- 신유함, 윤일병, 김진일. 1973. 바퀴에 관한 연구. 고려대학교 연구보. 5: 3~53.
- WHO. 1972. Cockroach: Biology and control. WHO/VBC/72, 354.

(1992년 9월 19일 접수)