

집파리에 대한 Chlorpyrifos, Dichlorvos 및 Permethrin의 저항성 유발과 교차저항성

Resistance Development and Cross-Resistance of Chlorpyrifos,
Dichlorvos and Permethrin-Selected House Fly (*Musca domestica* L.)

이용규 · 김정화 · 이형래

Yong Kyu Lee, Jeong Wha Kim and Hyung Rae Lee

ABSTRACT This study was conducted to investigate the resistance development and cross-resistance of house fly (*Musca domestica* L.) selected with chlorpyrifos, dichlorvos and permethrin for 11 generations to various groups of insecticides. The resistance ratio (RR) of the chlorpyrifos-selected (R_c), the dichlorvos-selected (R_d) and the permethrin-selected (R_p) strains were 42.0, 3.8 and 18.7 times in female, and 42.0, 4.1 and 16.4 times in male from the susceptible strain, respectively. The R_c strain showed highest cross-resistance to permethrin among the insecticides tested: RR=7.5 and 9.6 times in female and male, respectively, whereas negatively correlated cross-resistance to propoxur was observed. High cross-resistance to chlorpyrifos were produced for female (RR=13.3) and male (RR=15.9) of R_d strain, and female (RR=8.7) and male (RR=9.7) of R_p strain, respectively

KEY WORDS Housefly, *Musca domestica*, resistance development, chlorpyrifos, dichlorvos, permethrin, cross-resistance

초 록 집파리를 chlorpyrifos, dichlorvos 및 permethrin 등 3종의 살충제로 누대도태하여 저항성 유발과 교차저항성을 조사하였다. chlorpyrifos, dichlorvos 및 permethrin으로 11세대 누대도태한 계통의 저항성 비는 감수성계통의 암컷에 비하여 42.0배, 3.8배 및 18.7배로 증가하였고, 수컷에서는 42.0배, 4.1배 및 16.4배이었다. chlorpyrifos 도태계통은 permethrin에서 암·수컷 각각 7.5배와 9.6배로 다른 살충제보다 높은 교차저항성을 보였으나, propoxur에 대해서는 역상관 교차저항성을 나타내었다. dichlorvos 도태계통은 chlorpyrifos에서 암·수 각각 13.3배와 15.9배로 높은 교차저항성을 나타내었으며, permethrin 도태계통에서도 chlorpyrifos에 대해서 암수 각각 8.7배와 9.7배로 비교적 높은 교차저항성을 보였다.

검색어 집파리, 저항성 유발, chlorpyrifos, dichlorvos, permethrin, 교차저항성

세계적으로 널리 분포하는 집파리는 각종 질병의 기계적 전파자로서 위생해충의 대표적인 종으로 알려져 있으며, 정신적인 해, 흡혈, 전염병의 전염, 기생충의 중간숙주, 승저증 등의 피해를 유발하고 있다(주 1959) 이러한 파리의 방제를 위해 살충제의 연용과 남용으로 인하여 저항성이 발달하여 사회적으로 많은 문제점을 야기하였다.

집파리(*Musca domestica* L.)의 살충제 저항성에 관한 연구는 1945년과 1946년에 스웨덴과 덴마크

에서 유기염소제 저항성이 보고된 이래, 유기염소제(Tahori 1963, Oppenoorth 1965), 유기인제(Van Asperen & Oppenoorth 1959, Golenda & Forgash 1985), 카바메이트제(Georghiou *et al.* 1961, Tsukamoto *et al.* 1968), 피레스로이드제(Nicholson & Sawicki 1982, Ahn 등 1986, 1987, 1988) 등 거의 모든 살충제에 대한 저항성이 보고되었으며 각종 살충제에 대한 교차저항성이 보고되고 있다(Georghiou *et al.* 1961, Forgash 1964, Scott & Geor-

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

ghiou 1985, Golenda & Forgash 1985, Saito *et al* 1991). 또한 집파리를 대상으로 여러 가지 살충제에 사용하여 인위적으로 저항성을 유발시켜 살충제에 대한 특성과 저항성 정도가 보고된 바 있으며(Tahori 1963, Scott & Georghiou 1985, Meyer & Georghiou 1987, Brown & Payne 1988), Georghiou와 Taylor(1977a,b, 1986)는 살충제에 대한 저항성 발현에는 유전적 요인, 생물학·생태학적 요인, 살충제 작용요인 등 여러 가지 요인이 작용하고 있다고 지적한 바 있다.

우리나라에서도 집파리를 구제하기 위해 1950년대 말부터 생물학적 연구(주 1959)가 이루어졌고, 집파리의 각 지역계통에 대한 p,p'-DDT, γ -BHC, dieldrin, malathion 등의 살충제 저항성 비교·연구(김파구 1962, 경과 주 1968), 각종 유기염소계, 유기인계 및 피레스로이드계에 대한 효력 비교(박 등 1970, 이와 유 1972, 심 등 1977) 및 집파리 유충에 대한 각 살충제(naled 등 7가지)의 저항성 실험에서 유충의 저항성과 성충의 저항성이 거의 비례한다고 보고하였다(이 등 1970). 또한 이와 빈(1971)은 dieldrin, γ -BHC, DDT, malathion에 대한 집파리의 저항성 유발정도를 조사한 결과 γ -BHC는 높은 저항성을 유발하였으나, malathion은 저항성 발달이 미약하였다고 보고하였다. 이와 같이 집파리의 인위적인 저항성 유발 및 교차저항성은 몇몇 유기염소계 살충제를 중심으로 연구되었을 뿐이며, 세대별 저항성 발달 유형에 대한 연구는 거의 전무한 상태이다.

따라서 본 연구는 현재 집파리 방제에 많이 사용되고 있는 유기인계 2종과 피레스로이드계 1종으로 도테시켜 각 살충제에 대한 집파리의 저항성 발달과

교차저항성 정도를 파악하여 효과적인 집파리 방제에 기초자료를 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

공시충

1991년 한국화학연구소에서 분양받은 WHO표준 감수성 집파리(*Musca domestica* L.) SRS계통과 감수성계통을 11세대동안 누대도태하여 선발한 chlorpyrifos, dichlorvos, permethrin 저항성 계통을 공시충으로 사용하였다

실내 사육조건은 온도 27±1°C, 습도 60~70%, 광주기 12 : 12(L : D)로 조절하여 성충사육은 5% 설탕물과 인공사료를 공급한 망상 Cage(30×50×30 cm)에서 사육하였고, 유충사육은 Plastic Pot(Φ18 cm)에 곱게 마쇄한 인공사료(dry dog food) 250g과 물 250 ml를 잘 혼합하여 300±50개의 난을 넣어 사육하였다.

공시살충제

도태에 사용된 살충제는 chlorpyrifos, dichlorvos, permethrin이며, 교차저항성 검정을 위하여 유기인계 3종, 카바메이트계 1종, 피레스로이드계 2종을 사용하였다 이들 살충제의 일반명, 화학명 및 유효성분은 표 1과 같다.

살충제 감수성

우화 후 1~2일된 집파리 성충(암컷, 15~21 mg; 수컷, 14~20 mg)을 에틸에테르로 마취시켜 암·수를 분리하고 1~2시간이 경과 후 다시 마취시켜 아세

Table 1. Name and purity of chemical used in this experiment

| Types/common name | Chemical name | Purity(%) |
|-------------------|---|-----------|
| Organophosphates | | |
| Chlorpyrifos | o o-diethyl o-(3,5,6-trichloro-2-pyridyl) phosphorothioate | 85.0 |
| Diazinon | o.o-diethyl-o-2-isopropyl-6-methyl-pyrimidin-4-yl phosphorothioate | 95.0 |
| Dichlorvos | 2,2-dichlorovinyl dimethyl phosphate | 95.0 |
| Carbamate | | |
| Propoxur | 2-isopropoxyphenyl-N-methyl-carbamate | 98.0 |
| Pyrethroids | | |
| Fenvalerate | (RS)- α -cyano-3-phenoxybenzyl(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 |

튼에 소정농도로 희석시킨 공시살충제를 topical hand microapplicator(Burkard scientific Ltd.)를 사용하여 성충(암·수)의 흉복부에 1 μ 씩 처리하고 5% 설탕물을 넣은 비이커(500 ml)에 처리한 공시충을 넣고 땅사를 씌웠다 각 농도당 20~30마리로 3~5 반복 실험을 하였다. 유기인계와 카바메이트계 살충제는 처리 24시간 후에, 피레스로이드계 살충제는 처리 48시간 후에 생·사충수를 조사하였으며 LD₅₀ 값은 Finney(1972)의 Probit분석법으로 반수치사약량(LD₅₀: μ g/fly)을 산출하였다.

저항성 유발

Chlorpyrifos, dichlorvos, permethrin을 공시하여 topical microapplication법으로 살충율이 40~60%가 되도록 살충제의 농도를 조절하면서 집파리 성충(암·수)을 매 세대마다 도태하였고, 각 살충제에 대한 세대별 LD₅₀값을 산출하였다.

교차저항성 검정

살충제별 11세대 도태계통에 대한 교차저항성 검정은 생물검정과 동일한 방법으로 실시하였으며 감수성계통과 비교하여 교차저항성 정도를 비교·검토하였다.

결과 및 고찰

살충제 감수성

집파리 감수성계통의 암컷과 수컷을 생물검정한 결과 표 2에서 보는 바와 같이 암·수컷 모두 chlorpyrifos에서 가장 높은 살충력을 나타내었고 permethrin, dichlorvos, diazinon, fenvalerate에서는 비교적 높은 살충효과를 나타내었지만 propoxur에

서는 낮은 살충효과를 나타내었다. 카바메이트계 살충제보다는 유기인계와 피레스로이드계 살충제가 더 효과적이었다.

경과 주(1968)는 유충에 대한 살충효과가 naled, dichlorvos(DDVP), diazinon, γ -BHC, malathion 순으로 높다고 보고하여 본 실험의 dichlorvos>diazinon에 일치하였다. 그리고 심 등(1977)은 합성 피레스로이드계 살충제 중에서는 resmethrin, permethrin, phenothrin, fenvalerate 순으로, 유기인계 살충제 중에서는 dimethoate, dibrom, dichlorvos 순으로 우수한 독성효과가 있다고 보고한 바 있다. 또한 Ahn 등(1988)은 Type II 피레스로이드계가 Type I 피레스로이드계보다 집파리에 대해 독성이 높다고 하였으며, d-phenothrin, bromophos, permethrin, deltamethrin 순으로 뛰어난 효과가 있다고 보고하였다(Nazer & Al-Azzeh 1986). 이는 본 실험에서 유기인계 살충효과와는 일치하지 않지만 피레스로이드계 살충효과와 일치하는 경향을 보였다

저항성 유발

생물검정에서 우수한 살충효과가 있는 chlorpyrifos, dichlorvos, permethrin으로 감수성계통을 각각 누대 도태시킨 결과 chlorpyrifos 도태 계통에서는 표 3에서 보는 바와 같이 암·수컷 모두 7세대까지는 높은 수준으로 저항성이 증가하다가 8, 9, 10세대에서는 약간 감소하나 11세대에서는 암·수 모두 42.0배로 저항성이 급속히 유발되었고, dichlorvos 도태계통에서는 표 4에서 보는 바와 같이 암·수컷 모두 6세대까지는 각각 3.5배, 3.8배로 서서히 증가하였으나 6세대부터는 낮은 증가로서 11세대에서는 각각 3.8배, 4.1배로 저항성을 나타내었다. 또한 permethrin 도태계통에서는 표 5에서 보는 바와 같이 3세대까

Table 2. Comparative toxicities of SRS strain of house flies to various groups of insecticides by topical application

| Insecticide | Female | | Male | | F/M ratio |
|--------------|---------------------------------|-----------------|---------------------------------|-----------------|-----------|
| | LD ₅₀ (μ g/fly) | Slope \pm SE | LD ₅₀ (μ g/fly) | Slope \pm SE | |
| Chlorpyrifos | 0.039 | 2.29 \pm 0.27 | 0.030 | 2.81 \pm 0.48 | 1.3 |
| Diazinon | 0.125 | 4.16 \pm 0.53 | 0.113 | 3.46 \pm 0.32 | 1.1 |
| Dichlorvos | 0.079 | 3.83 \pm 0.36 | 0.066 | 4.14 \pm 0.69 | 1.2 |
| Propoxur | 12.648 | 1.39 \pm 0.31 | 10.719 | 1.44 \pm 0.27 | 1.2 |
| Permethrin | 0.052 | 2.84 \pm 0.33 | 0.040 | 3.80 \pm 0.57 | 1.3 |
| Fenvalerate | 0.250 | 1.93 \pm 0.38 | 0.177 | 0.80 \pm 0.21 | 1.4 |

Table 3. Resistance development by continuous laboratory selection with chlorpyrifos in house flies

| Generation | Female | | | Male | | |
|------------|------------------|------------|------|------------------|-------------|------|
| | LD ₅₀ | Slope± SE | RR | LD ₅₀ | Slope± SE | RR |
| 1 | 0.149 | 1.77± 0.23 | 3.8 | 0.187 | 1.83± 0.25 | 6.2 |
| 2 | 0.223 | 3.16± 0.38 | 5.7 | 0.238 | 5.98± 10.02 | 7.9 |
| 3 | 0.275 | 4.86± 1.46 | 7.1 | 0.264 | 2.40± 0.71 | 8.8 |
| 4 | 0.400 | 6.05± 0.59 | 10.3 | 0.357 | 5.22± 2.08 | 11.9 |
| 5 | 0.723 | 4.46± 0.55 | 18.5 | 0.647 | 4.68± 0.49 | 21.6 |
| 6 | 0.771 | 5.46± 0.99 | 19.8 | 0.690 | 6.57± 0.86 | 23.0 |
| 7 | 0.805 | 6.86± 1.04 | 20.6 | 0.667 | 3.69± 0.80 | 22.2 |
| 8 | 0.609 | 5.36± 0.64 | 15.6 | 0.590 | 5.56± 0.69 | 19.7 |
| 9 | 0.763 | 5.64± 3.39 | 19.6 | 0.594 | 8.00± 1.24 | 19.8 |
| 10 | 0.919 | 5.88± 0.73 | 23.6 | 0.560 | 6.04± 0.64 | 18.7 |
| 11 | 1.639 | 3.71± 0.73 | 42.0 | 1.260 | 5.01± 0.61 | 42.0 |

RR(resistance ratio). LD₅₀ value of resistant strain/LD₅₀ value of susceptible strain; LD Value: µg per fly

Table 4. Resistance development by continuous laboratory selection with dichlorvos in house flies

| Generation | Female | | | Male | | |
|------------|------------------|------------|-----|------------------|------------|-----|
| | LD ₅₀ | Slope± SE | RR | LD ₅₀ | Slope± SE | RR |
| 1 | 0.090 | 3.83± 0.36 | 1.1 | 0.102 | 4.44± 0.73 | 1.5 |
| 2 | 0.148 | 2.95± 0.45 | 1.9 | 0.079 | 3.45± 0.47 | 1.2 |
| 3 | 0.207 | 5.29± 0.71 | 2.6 | 0.184 | 4.61± 0.54 | 2.8 |
| 4 | 0.212 | 6.21± 0.66 | 2.7 | 0.180 | 4.80± 2.29 | 2.7 |
| 5 | 0.217 | 6.11± 0.96 | 2.7 | 0.184 | 4.63± 0.67 | 2.8 |
| 6 | 0.274 | 8.32± 1.32 | 3.5 | 0.249 | 5.31± 0.98 | 3.8 |
| 7 | 0.271 | 6.62± 0.98 | 3.4 | 0.249 | 6.18± 0.76 | 3.8 |
| 8 | 0.292 | 4.71± 1.10 | 3.7 | 0.237 | 5.40± 0.48 | 3.6 |
| 9 | 0.304 | 3.60± 0.85 | 3.8 | 0.243 | 5.96± 2.87 | 3.7 |
| 10 | 0.254 | 3.99± 0.62 | 3.2 | 0.228 | 4.50± 0.63 | 3.5 |
| 11 | 0.298 | 6.70± 1.20 | 3.8 | 0.269 | 6.38± 0.91 | 4.1 |

Table 5. Resistance development by continuous laboratory selection with permethrin in house flies

| Generation | Female | | | Male | | |
|------------|------------------|------------|------|------------------|------------|------|
| | LD ₅₀ | Slope± SE | RR | LD ₅₀ | Slope± SE | RR |
| 1 | 0.177 | 1.83± 0.28 | 3.4 | 0.180 | 2.01± 0.32 | 4.5 |
| 2 | 0.333 | 2.29± 0.49 | 6.4 | 0.231 | 2.52± 0.36 | 5.8 |
| 3 | 0.178 | 1.99± 0.26 | 3.4 | 0.153 | 1.93± 0.26 | 3.8 |
| 4 | 0.280 | 3.54± 0.35 | 5.4 | 0.270 | 4.10± 0.96 | 6.8 |
| 5 | 0.452 | 4.09± 0.72 | 8.7 | 0.331 | 2.69± 0.62 | 8.3 |
| 6 | 0.396 | 3.89± 0.47 | 7.6 | 0.370 | 2.52± 0.50 | 9.3 |
| 7 | 0.643 | 3.85± 0.56 | 12.4 | 0.526 | 2.35± 0.96 | 13.2 |
| 8 | 0.630 | 3.65± 1.15 | 12.1 | 0.530 | 2.21± 2.92 | 13.3 |
| 9 | 0.652 | 2.73± 0.95 | 12.5 | 0.549 | 4.33± 1.21 | 13.7 |
| 10 | 0.699 | 2.54± 0.89 | 13.4 | 0.636 | 3.95± 1.01 | 15.9 |
| 11 | 0.970 | 3.00± 2.15 | 18.7 | 0.655 | 4.35± 0.81 | 16.4 |

지는 암·수컷 모두 뚜렷한 증가가 없었으나 3세대 이후부터는 점진적으로 증가하여 11세대에서는 각각 18.7배, 16.4배로 도태 전에 비해 높은 수준으로 저항성이 유발되었다.

이와 빈(1971)은 집파리를 유기염소계 3종과 유기인제 1종으로 도태시킨 결과 γ -BHC 도태계통에서 29.7배 이상의 높은 저항성이 유발되었고, dieldrin과 DDT 도태계통에서 2배 이상의 저항성을, malathion 도태계통에서 미약한 저항성 발달을 보고하여 본 실험의 dichlorvos와 유사한 경향을 나타내었다.

Georghiou 등(1961)은 집파리 성충과 유충에서 N-methyl carbamate 도태계통에서 높은 저항성이 나타났고 N,N-dimethyl carbamate인 isolan과 compound I(phenyl N,N-dimethylcarbamate)에 대한 저항성은 낮은 수준을 유지하였다고 보고하였다. 또한 Brown과 Payne(1988)은 DDT와 permethrin은 malathion이나 parathion보다 더 빨리 저항성이 유발되었다고 하였으며, permethrin으로 저항성을 유발시켰을 때 Scott와 Georghiou(1985)는 22세대에서 5,945배의 높은 저항성을 유발시켰고, Meyer와

Georghiou(1987)도 2세대 도태시킨 결과 LD95에서 12.5배로 저항성을 유발시켜 본 실험의 permethrin 도태계통보다 높은 저항성을 유발시켰다.

따라서 본 실험에서 ethyl-O-phosphate 그룹인 chlorpyrifos 도태계통에서는 높은 저항성이 유발되었고, methyl-O-phosphate 그룹인 dichlorvos 도태계통에서는 낮은 저항성이 유발되어 살충제의 작용특성과 화학적 특성에 따라 두드러지게 저항성이 발달하는 것으로 생각되어지며 이를 규명하기 위해서 생화학적·유전학적 연구가 필요하다고 생각된다

교차저항성

공시살충제에 대한 chlorpyrifos 11세대 도태계통(R_c), dichlorvos 11세대 도태계통(R_d)와 permethrin 11세대 도태계통(R_p) 암·수컷의 교차저항성 검정 결과는 표 6, 7에서 보는 바와 같이 R_c 계통은 피레스로이드제인 permethrin에서 암·수 각각 7.5배, 9.6배로 다른 살충제보다 비교적 높은 교차저항성을 나타내었고 카바메이트제인 propoxur에서 암·수 각각 0.5배, 0.4배로 역상관 교차저항성을 나타내었다.

Table 6. Cross-resistance of R_c , R_d and R_p strains of female house flies to various groups of insecticides by topical application

| Insecticides | LD ₅₀ value (μ g/fly) | | | |
|--------------|---------------------------------------|-------------|-------------|--------|
| | R_c | R_d | R_p | SRS |
| Chlorpyrifos | — | 0.518(13.3) | 0.339(8.7) | 0.039 |
| Diazinon | 0.329(2.6) | 0.306(2.4) | 0.195(1.6) | 0.125 |
| Dichlorvos | 0.329(4.2) | — | 0.195(2.5) | 0.079 |
| Propoxur | 6.631(0.5) | >30(>2.4) | 18.625(1.5) | 12.648 |
| Permethrin | 0.390(7.5) | 0.174(3.3) | — | 0.052 |
| Fenvalerate | 0.652(2.6) | 0.443(1.8) | 0.768(3.1) | 0.250 |

The experiment was carried out with 11th generation of R_c , R_d and R_p ; The parenthesis, LD₅₀ of resistant strain/LD₅₀ of susceptible strain

Table 7. Cross-resistance of R_c , R_d and R_p strains of male house flies to various groups of insecticides by topical application

| Insecticides | LD ₅₀ value (μ g/fly) | | | |
|--------------|---------------------------------------|-------------|-------------|--------|
| | R_c | R_d | R_p | SRS |
| Chlorpyrifos | — | 0.476(15.9) | 0.292(9.7) | 0.030 |
| Diazinon | 0.319(2.8) | 0.297(2.6) | 0.157(1.4) | 0.113 |
| Dichlorvos | 0.142(2.2) | — | 0.058(0.9) | 0.066 |
| Propoxur | 4.107(0.4) | >30(>2.8) | 11.858(1.1) | 10.719 |
| Permethrin | 0.383(9.6) | 0.144(3.6) | — | 0.040 |
| Fenvalerate | 0.611(3.6) | 0.387(2.3) | 0.624(3.7) | 0.169 |

R₄계통은 유기인제인 chlorpyrifos에서 암·수 각각 13.3배, 15.9배로 높은 교차저항성을 나타내었고, 마찬가지로 R₅계통에서도 유기인제인 chlorpyrifos에서 암·수 각각 8.7배 9.7배로 비교적 높은 교차저항성을 보였다.

Scott와 Georghiou(1985)는 permethrin 저항성계통에서 DDT, dichlorvos에서 각각 3.68배, 4.88배의 교차저항성을 보고하였고, Saito 등(1991)은 Azame-thiphos 도태계통은 실험된 모든 살충제에 대해 교차저항성을 보인다고 보고하여 최근 사용되는 대부분의 살충제에서 교차저항성이 있음을 시사하였고, 이와 빈(1971)은 각 25세대 도태계통에 대한 교차저항성 검정에서 유기염소제(dieldrin, γ -BHC, DDT) 도태계통은 malathion에서 모두 비교저항성을 나타내었고, 유기인제인 malathion 도태계통은 dieldrin과 DDT에서 미약한 교차저항성을, γ -BHC에서 다소 발견된 교차저항성을 나타내었다고 보고하였다. 또한 Georghiou 등(1961)은 isolan과 compound III (3-isopropyl N-methylcarbamate) 도태계통은 DDT, prolan, parathion, chlorthion, dicapthion에 대한 낮은 교차저항성(<3배)을 나타내었고, DDT 도태계통에서 N-methyl carbamate에 대해 높은 교차저항성을 보이고, chlorthion 도태계통에서는 N,N-dimethyl carbamate에 대한 높은 교차저항성을 보고하였는데, 이런 차이는 이들 계통의 저항성 발달에 사용된 도태 살충제의 유형이나 부모세대 유전자의 특성에 기인한다고 보고하였다. 이와 같이 본 실험의 각 살충제 도태계통들은 카바메이트제인 N-methyl carbamate 그룹의 propoxur에서 낮은 교차저항성과 역상관교차저항성을 나타내었고, 다른 살충제에서는 어느 정도의 교차저항성을 나타낸 것과 연관관계가 있다고 생각되며 살충제의 화학적 구조와 유형, 저항성 유전인자에 의해 밀접한 관계가 있다고 생각되어 이에 대한 연구가 요망된다.

이상의 결과를 종합하면 집파리는 하나의 살충제를 1년이상 사용하게 되면 4~40배 이상 저항성이 유발될 것으로 생각되며, 피레스로이드제인 permethrin보다 유기인제인 chlorpyrifos에서 높은 저항성이 유발되었으나 같은 유기인제인 dichlorvos에서는 낮은 저항성이 유발되어 각 살충제의 분자구조와 유형, 주요성분 등 살충제 특성에 대한 연구가 좀 더 심도있게 이루어져야 할 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

- Ahn, Y. J., T Shono & J. Fukami 1986 Linkage group analysis of nerve insensitivity in a pyrethroid-resistant strain of housefly. *Pestic. Biochem. Physiol.* **26**: 231-235
- Ahn, Y. J., E. Funaki, N. Motoyama, T. Shono & J. Fukami. 1987 Nerve insensitivity as a mechanism of resistance to pyrethroids in a Japanese colony of houseflies. *J. Pesticide Sci.* **12**: 71-77.
- Ahn, Y. J., T Shono, O Hido & J. Fukami 1988. Mechanisms of resistance to pyrethroids and 1,1,1-trichloro-2,2-bis(p-chloro-phenyl)ethane in the housefly, *Musca domestica* L. *Pestic Biochem. Physiol.* **31**: 46-53.
- Brown, T. M. & G. T. Payne 1988. Experimental selection for insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* **81**: 49-56
- 朱一. 1959 파리의 생물학적 조사와 그 구제법. *증양방역*, **3**: 61-66.
- Finney, D. J. 1972 Probit analysis. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 333p
- Forgash, A. J. 1964. Laboratory studies with WARF anti-resistant on house flies. *J. Econ. Entomol.* **57**: 644-645.
- Georghiou, G. P., R. L. Metcalf & R. B. March 1961. The development and characterization of resistance to carbamate insecticides in the house fly, *Musca domestica*, *J. Econ. Entomol.* **54**: 132-140.
- Georghiou, G. P. & C. E. Taylor 1977a Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* **70**: 319-323. 1977b. Operational influences in the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* **70**: 653-658, 1986. Factors influencing the evolution of resistance, pp. 157-169. In *Pesticide Resistance*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Golenda, C. F. & A. J. Forgash 1985 Fenvalerate cross-resistance in a permethrin-selected strain of the house fly (Diptera: Muscidae). *J. Econ. Entomol.* **78**: 19-24
- 慶圭玉, 宋仁鎬 1968. 집파리(*Musca domestica* vicina Macquardt)의 殺蟲劑에 對한 抵抗性의 比較研究. *友石醫大雜誌*, **5**(2): 237-245.
- 金承斗, 具蕙書. 1962. 韓國產 各地方 집파리(*Musca domestica* L.)의 殺蟲劑에 對한 抵抗性. *中央醫學*, **2**(1): 111-116
- 李宇赫, 柳並姬, 賓順德. 1970. 집파리(*Musca domestica* L.) 幼蟲에 對한 몇가지 殺蟲劑 抵抗性 研究. *豫防醫*

- 學會誌, 3(1). 47-49.
- 李炳主, 賓順德. 1971. 殺蟲劑에 의한 淘汰系 집파리 (*Musca domestica vicina* L.)의 殺蟲劑低抗性 發展에 關한 實驗的 研究. 友石醫大雜誌, 8(1): 231-243.
- 李宇赫, 柳蓮姬. 1972. 집파리(*Musca domestica vicina* L.)에 對한 有機磷劑 混合劑의 連合作用에 關하여 最新醫學, 15(9): 75-78.
- Meyer, J. A. & G. P. Georghiou. 1987. House fly (Diptera: Muscidae) resistance to permethrin on southern california dairies. *J. Econ. Entomol.* 80: 636-640.
- Nazer, I. K. & T. K. Al-Azzeh. 1986. Resistance of the house fly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae), to certain insecticides in the Amman area of Jordan. *J. Med. Entomol.* 23: 405-410
- Nicholson, R. A. & R. M. Sawicki. 1982. Genetic and biochemical studies of resistance to permethrin in a pyrethroid-resistant strain of the housefly (*Musca domestica* L.) *Pestic. Sci.* 13. 357-366
- Oppenoorth, F. J. 1965. DDT resistance in the house fly (*Musca domestica*) dependent on different mechanisms and the action of synergists. *Meded. Landb. Hoogeschool Gent* 30 1390-1396
- 박동우, 이종수, 안성규. 1970. 한국주요위생해충에 대한 각종 살충제의 효력에 대한 연구 II 집파리에 대한 각종 살충제의 효력비교, 국립보건연구원보, 7: 147-150.
- Saito, K., N. Motoyama & W. C. Dauterman. 1991. Studies on the resistance to various insecticides of a house fly strain (Diptera: Muscidae) selected with Azamethiphos. *J. Econ. Entomol.* 84: 1635-1637.
- Scott, J. G. & G. P. Georghiou. 1985. Rapid development of high-level permethrin resistance in a field-collected strain of the house fly (Diptera: Muscidae) under laboratory selection. *J. Econ. Entomol.* 78: 316-319
- Shim, J. C., J. S. Lee, H. I. Ree & H. B. Chai. 1977. Evaluation of the toxicity of public health insecticides against housefly (*Musca domestica* L.) in Korea. Report of Korea National Institute of Health 14: 177-181
- Tahori, A. S. 1963. Selection for a fluoroacetate resistant strain of house flies and investigation of its resistance pattern. *J. Econ. Entomol.* 56: 67-69
- Tsukamoto, M., S. P. Shrivastava & J. E. Casida. 1968. Biochemical genetics of house fly resistance to carbamate insecticide chemicals. *J. Econ. Entomol.* 61, 50-55
- Van Asperen, K. & F. J. Oppenoorth. 1959. Organophosphate resistance and esterase activity in houseflies. *Ent. Exp. & Appl.* 2. 48-57

(1994년 4월 11일 접수)