

배추좀나방의 Fenvalerate에 대한 저항성 유전

Inheritance of Fenvalerate Resistance in the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* Linne(Lepidoptera: Yponomeutidae)

金 吉 河 · 李 俊 浩 · 趙 匡 衍¹
Gil Hah Kim, Joon Ho Lee, and Kwang Yun Cho¹

ABSTRACT The mode of inheritance of resistance to fenvalerate in the diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) was studied using insecticide susceptibility and mixed function oxidase tests. There were no differences in the concentration-mortality relationships between F₁ progenies (S₁ × R₂, R₁ × S₂) obtained from reciprocal crosses with the susceptible and fenvalerate-selected strains(R), indicating the absence of sex-linked inheritance. Degree of dominance of the F₁ progenies (S₁ × R₂, R₁ × S₂) were -0.50 and -0.46, respectively, in the insecticide susceptibility test and -0.85 and -0.81, respectively, in the mixed function oxidase test. These results suggest that inheritance of fenvalerate resistance is controlled by an incompletely recessive autosomal gene.

KEY WORDS Diamondback moth, mode of inheritance, mixed function oxidase, reciprocal crosses, degree of dominance, incompletely recessive

초 록 배추좀나방(*Plutella xylostella* L.)의 Fenvalerate에 대한 저항성 유전양식을 살충제 감수성과 해독대사활성 시험으로 조사하였다. 실내감수성계통(S)과 Fenvalerate도태저항성계통(R)의 정역교배에서 얻어진 양F₁(S₁ × R₂, R₁ × S₂)은 약량과 사망률 관계에서 감수성 차이가 없었다. 양F₁(S₁ × R₂, R₁ × S₂)의 우성도는 살충제 감수성에서 각각 -0.50, -0.46, 해독대사활성시험에서 각각 -0.85, -0.81로 나타났다. 따라서 fenvalerate저항성 유전자는 상염색체 상에 존재하며 불완전열성에 의해 지배되는 것으로 나타났다.

검 색 어 배추좀나방, 유전양식, 해독대사활성, 정역교배, 우성도, 불완전열성

살충제 저항성 유전에 관한 연구는 깍지벌레의 일종인 California red scale (*Aonidiella aurantium* M.)에서 청산훈증에 대한 저항성이 불완전우성으로 반성유전임을 Dickson(1941)이 최초로 보고하였다. 그러나 살충제 저항성 유전의 본격적인 연구는 제 2차 세계대전 이후 DDT저항성이 세계적으로 크게 문제가 되면서 부터였으며, Harrison(1951)은 집파리(*Musca*

domestica L.)의 DDT에 대한 저항성이 Mendel 식으로 유전함을 보고하여 주목을 받았다. 또한塚本과大垣(1953)은 집파리에 대한 DDT의 저항성 유전자는 우성으로 제 2염색체상에 존재하며 이 유전자에 의해서 지배된다는 분석을 최초로 하였다. 살충제 저항성의 유전학적 해석은 주로 위생해충을 중심으로 이루어져왔으나, 그후 농작물에 문제가 되고 있는 저항성 해충을 중심으로 연구범위가 확대되었다(Hama & Iwata 1978, Herne & Brown 1969,

¹ 한국화학연구소 농약활성연구실(Pesticide Lab., Korea Research Institute of Chemical Technology Daejeon, 305-606, Korea)

Mizutani et al. 1988, Whitten 1978).

한편 배추좀나방의 살충제 저항성 유전에 관한 연구는 Liu et al.(1981), 浜 등(1990), 栗原 등(1990)에 위해서 보고되고 있을 뿐이다.

본 연구는 前報(金 등 1990) 배추좀나방의 fenvalerate에 대한 저항성 발달과 교차저항성 보고에 이어 fenvalerate 도태저항성계통 배추좀나방(*Plutella xylostella* L.)의 유전양식을 살충제 감수성과 해독대사활성 시험으로 비교, 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

공시충 1986년 농촌진흥청 농업기술연구소 곤충과에서 분양받은 배추좀나방(*P. xylostella*)을 4년간 살충제 접촉없이 누대사육 후 감수성계통(S)으로 하였으며, fenvalerate저항성계통(R)은 감수성계통을 fenvalerate로 20세대 이상 누대도태하여 선발하였다(金 등 1990). 실내사육조건은 온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 광조건 16L:8D가 되도록 조절하였다.

교배방법 F_1 은 다음과 같이 정역교배(reciprocal crosses)로 얻었다.

교배 1. $R_\# \times S_\#$

교배 2. $R_\# \times S_\#$

교배방법은 번데기의 암수를 분리, 우화한 성충을 교배 1, 2의 조합으로 사육상자($26 \times 30 \times 20\text{cm}$)에 넣어 집단교미시켜 산란된 1세대를 이용하였다.

공시약제 Fenvalerate[(RS)- α -cyano-3-phenoxybenzyl-(RS)-2-(4-chlorophenyl)3-methyl butyrate, 90%], piperonyl butoxide(PB)[2-(2-butoxyethoxy)ethyl 6-propylpiperonyl ether]

살충제 감수성 시험 실내 감수성계통, 저항성계통 및 정역교배에서 얻어진 F_1 에 대한 살충제 감수성 시험은 균일한 발육상태의 양배추잎을 직경 5.0 cm로 자른 후 시험약액에 30초간 침적한 후 후드내에서 음건시켰다. 처리된 엽편은 여과지가 깔린 페트리디쉬($\phi 5 \times 2\text{cm}$)에

놓고 3령 유충을 10마리씩 3반복 접종하였다. 처리된 배추좀나방은 항온실($25 \pm 1^\circ\text{C}$, 16L:8D)에 보관 24시간 후 사충수를 조사하였으며, Finney(1963)의 probit계산법에 의하여 반수치사농도(LC₅₀)을 산출하고 우성도(Degree of dominance)를 구하였다.

해독대사활성시험 Fenvalerate와 Piperonyl butoxide(PB)를 1:1비율로 혼합해서 살충제 감수성 시험과 같은 방법으로 처리하여 분석하였다.

우성도 살충제 저항성의 차세대유전의 우열성 정도를 나타내는 우성도(D)는 Stone(1968)의 방법으로 구하였다.

$$D = (2X_2 - X_1 - X_3) / (X_1 - X_3)$$

X_1 = 저항성 LC₅₀의 대수

X_2 = 교잡종(F_1)의 LC₅₀의 대수

X_3 = 감수성 LC₅₀의 대수

계산된 값에 따라 우·열성을 아래와 같이 구분하였다(Georghiou 1969).

$D=1$ 완전우성

$1 > D > 0$ 불완전우성

$D=0$ 중간형

$0 > D > -1$ 불완전열성

$D=-1$ 완전열성

결과 및 고찰

살충제 저항성 유전

배추좀나방의 fenvalerate도태저항성계통(R), 실내감수성계통(S) 및 $F_1(S_\# \times R_\#, R_\# \times S_\#)$ 의 fenvalerate에 대한 LC₅₀(ppm), 저항성비, 우성도를 표1에 나타내었다.

약량과 사망률 관계에서 F_1 저항성쪽으로 약간 치우쳐 있으며, F_1 간에 감수성차이는 없었다. 저항성비는 $S, F_1(S_\# \times R_\#), F_1(S_\# \times R_\#), R$ 계통의 순서로 각각 1:15.6:16.7:59.2였으며, 정역교배에서 얻어진 F_1 의 우성도는 각각 -0.50, -0.46이었다. 따라서 fenvalerate저항

성 지배 유전인자는 상염색체상에 존재하며 불완전열성으로 추정된다.

배추좀나방의 살충제 저항성 유전양식에 관해서 Liu 등(1981)은 fenvalerate 저항성 유전은 불완전열성(D = -0.38, -0.39)임을 보고하여 본 실험의 결과와 일치하였다. 栗原 등(1990)은 곤충표피저해제 teflubenzuron의 저항성은 완전열성임을 보고 하였으며, 浜 등(1990)은 BT 저항성은 불완전열성으로 저항성 지배 유전인자가 상염색체상에 존재하며 단일 유전자에 의해 지배된다고 추정하였다.

살충제 저항성의 우성도는 살충제의 종류에 따라 차이를 나타내고 있는데 일반적으로 유기인계와 카바메이트계 살충제는 완전우성 또는 불완전우성(Ballantyne & Harrison 1967, Chung & Sun 1983, Cranham 1982, Dittrich 1972, Hama & Iwata 1978, Herne & Brown

1969, Ozaki & Kassai 1970, 朴 1989, Roush & Wolfenbarger 1985, Whitten 1978)을, 피레스로이드계 살충제는 완전열성 또는 불완전열성(Ahn et al. 1986, Halliday et al. Georghiou 1985, Liu et al. 1981, Payne et al. 1988, Roush et al. 1986)을 나타낸다고 보고되고 있다.

대체적으로 저항성 유전자의 우성이 열성보다 저항성 발달속도가 빠르고, 저항성 집단이 커지기 쉬우나, Georghiou & Taylor(1977)는 약제 저항성 발달 및 그후 변화에 관여하고 있는 유전적 요인으로는 저항성 유전자의 초기빈도, 수, 우성도, 발현도, 상호작용, 타약제에 의한 도태압, 저항성 개체의 적응도 등 여러가지 요인의 지배를 받고 있음을 지적하였다. 본 실험에서 정역교배만으로 유전양식을 분석하였으나 좀더 명확히 규명하기 위해서는 역교배 및 연속교배를 통한 종합적인 검토가 이루어져야

Table 1. Fenvalerate susceptibility and dominance of fenvalerate resistance(D) in various strains and crosses of *P. xylostella*

Strain or cross	n	Slope	LC ₅₀ (95% FL ^a) (ppm)	RR ^b	D
Lab(S)	150	2.67	7.3(5.9-8.8)	1.0	-
F ₁ (S _♀ × R _♂)	150	3.62	113.9(93.5-139.0)	15.6	-0.50
F ₁ (R _♀ × S _♂)	150	3.82	121.6(99.3-149.8)	16.7	-0.46
R _f (R)	90	2.76	432.5(394.9-469.1)	59.2	-

^a 95% fiducial limits.

^b LC₅₀ values of R_f or F₁ hybrid strain/LC₅₀ values of Lab strain.

Table 2. Susceptibility and dominance of resistance(D) of a mixture of fenvalerate and piperonyl butoxide in various strains and crosses of *P. xylostella*^a

Strain or cross	n	Slope	LC ₅₀ (95% FL ^b) (ppm)	RR ^c	D
Lab(S)	120	3.50	26.9(22.9-41.2)	1.0	-
F ₁ (S _♀ × R _♂)	150	3.83	37.9(30.6-45.7)	1.3	-0.85
F ₁ (R _♀ × S _♂)	150	3.61	40.4(32.7-48.6)	1.4	-0.81
R _f (R)	120	2.58	142.6(125.9-161.4)	4.8	-

^a Mixed ratio of 1:1.

^b 95% fiducial limits.

^c LC₅₀ values of R_f or F₁ hybrid/LC₅₀ values of Lab strain.

할 것으로 생각된다.

해독대사활성

Fenvalerate와 PB를 1:1비율로 혼합해서 fenvalerate도태계통(R), 실내감수성계통(S), F_1 계통($S_2 \times R_2$, $R_2 \times S_2$)에 처리하여 얻어진 결과는 표 2에 나타내었다. 약량과 사망률의 관계에서 F_1 은 감수성쪽으로 약간 치우쳐 있으며, F_1 간에 감수성 차이는 없었다. 저항성비는 $S, F_1(S_2 \times R_2)$, $F_1(R_2 \times S_2)$, R계통의 순서로 1.0 : 1.3 : 1.4 : 4.8이었으며, S계통과 R계통의 감수성 차이는 4.8배로 단계의 59.2배(표 1)에 비하여 현저히 감소하였다. 따라서 fenvalerate 저항성 기작은 산화효소에 의한 해독대사활성이 관계하고 있음을 알 수 있으며 이와 비슷한 결과들이 다른 연구자들에 의해 보고되고 있다(Liu et al. 1981, Liu et al. 1984, Chen & Sun 1986, Hama 1987, Noppun et al. 1989).

정역교배에서 얻어진 양 F_1 의 우성도는 각각 -0.85, -0.81로 완전열성에 가까운 불완전열성을 나타내었다. 이상의 결과에서 fenvalerate 저항성 지배 유전자는 상염색체에 존재하며 불완전열성 유전자에 의해 지배되는 것으로 나타났다.

배추좀나방의 fenvalerate저항성 유전은 1개 이상의 유전자가 관여된 것으로 보고되었으나(Liu et al. 1981) 만약 복수유전자가 관여할 경우, 이 유전분석에서 돌연변이 표식유전자 이용이 필수적인데 배추좀나방은 물론 농업해충에서 이러한 유전분석은 쉽지 않으므로 정확한 유전자수를 결정하기란 어려운 것으로 생각된다.

본 실험에서 산화효소에 의한 해독대사활성을 지배하고 있는 유전자는 불완전열성을 나타낸 결과는 Liu et al.(1981)의 보고와 일치하고 있다.

이상은 배추좀나방의 fenvalerate에 대한 저항성 유전양식에 관해서 논의했지만 저항성의 본질을 해명하고 적절한 대응책을 확립하기 위해서는 집단유전학적, 유전생화학적 및 생리,

생태학적 특성등 여러시각에서 앞으로 연구 검토되어야 할 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

- Ahn, Y. J., T. Shono & J. I. Fukami. 1986. Inheritance of pyrethroid resistance in a housefly strain from Denmark. *J. Pesticide Sci.* 11 : 591~596.
- Ballantyne, G. H. & R. A. Harrison. 1967. Genetic and biochemical comparisons of organophosphate resistance between strains of spider mites (*Tetranychus* species: Acari). *Ent. Exp. Appl.* 10 : 231~239.
- Chen, J. S. & C. N. Sun. 1986. Resistance of diamondback moth(Lepidoptera: Plutellidae) to a combination of fenvalerate and piperonyl butoxide. *J. Econ. Entomol.* 79 : 22~30.
- Chung, T. C. & C. N. Sun. 1983. Malathion and MIPC resistance in *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae). *J. Econ. Entomol.* 76 : 1~5.
- Cranham, J. E. 1982. Resistance to organophosphates, and the genetic background in fruit tree red spider mite, *Panonychus ulmi*, from English apple orchards. *Ann. Appl. Biol.* 100 : 11~23.
- Dickson, R. C. 1941. Inheritance of resistance to hydrocyanic acid fumigation in the California red scale. *Hilgardia.* 13 : 515~522.
- Dittrich, V. 1972. Phenotypic expression of gene OP for resistance in two spotted spider mites tested with various organophosphates. *J. Econ. Entomol.* 65 : 1248~1255.
- Finney, D. J. 1963. *Statistical methods in bioassay.* 2nd ed. London Griffin. 668pp.
- Georghiou, G. P. 1969. Genetics of resistance to insecticides in houseflies and mosquitoes. *Exp. Parasitol.* 26 : 224~225.
- Georghiou, G. P. & C. E. Taylor. 1976. Genetic and biological influence in the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* 70 : 319~323.
- Halliday, W. R. & G. P. Georghiou. 1985. Inheritance of resistance to permethrin and DDT in the southern house mosquito(Diptera: Culicidae). *J. Econ. Entomol.* 78 : 762~767.
- Hama, H. 1987. Development of pyrethroid resistance in the diamondback moth, *Plutella xylostella* Linne(Lepidoptera: Yponomeutidae). *Appl. Ent. Zool.* 22 : 166~175.
- Hama, H. & T. Iwata. 1978. Studies on the inheritance of carbamate-resistance in the green rice

- leafhopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler(Hemiptera: Cicadellidae); Relationships between insensitivity of acetylcholinesterase and cross-resistance to carbamate and organophosphate insecticides. Appl. Ent. Zool. 13 : 190~202.
- 浜弘司, 鈴木健, 田中寛. 1990. BT劑に對するコナガの低抗性 - 交叉低抗性 と 遺傳的 特性. 應動昆要旨. 34 : 235
- Harrison, C. M. 1951. Inheritance of resistance to DDT in the housefly, *Musca domestica* L. Nature. 167 : 855~856.
- Herne, D. H. C. & A. W. A. Brown. 1969. Inheritance and biochemistry of OP-resistance in a New York strain of the two-spotted spider mite. J. Econ. Entomol. 62 : 205~209.
- 金吉河, 徐榮植, 李俊浩, 趙匡衍. 1990. 배추좀나방의 fenvalerate에 대한 저항성발달과 교차저항성. 韓應昆誌 29 : 194~200.
- Liu, M. Y., Y. J. Tzeng & C. N. Sun. 1981. Diamondback moth resistance to synthetic pyrethroids J.Econ. Entomol. 74 : 393~396.
- Liu, M. Y., J. S. Chen & C. N. Sun. 1984. Synergism of pyrethroids by several compounds in larvae of the diamondback moth(Lepidoptera: Plutellidae). J. Econ. Entomol. 77 : 851~856.
- Mizutani, A., F. Kumayama, K. Ohba, T. Ishiguro & Y. Hayashi. 1988. Inheritance of resistance to cyhexatin in the kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida(Acarina: Tetranychidae). Appl. Ent. Zool. 23 : 251~255.
- Noppun, V., T. Miyata & T. Saito. 1989. Cross resistance and synergism in fenvalerate-resistant diamondback moth, *Plutella xylostella*(L.). J. Pesticide Sci. 14 : 203~209.
- Ozaki, K. & T. Kassai. 1970. Biochemical genetics of malathion resistance in the smaller brown planthopper, *Laodelphax striatellus*. Ent Exp. & Appl. 13 : 162~172.
- 朴亨萬. 1989. Fenobucarb, carbofuran 및 diazinon에 대한 버멸구의 저항성 기작에 관한 研究. 서울大學校 農學博士學位論文. pp.72.
- Payne, G. T., R. G. Blenk & T. M. Brown. 1988. Inheritance of permethrin resistance in the tobacco budworm(Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 81 : 65~73.
- 栗原政明, 滿井喬, 神山洋一. 1990. 타이산코나가의 노모르트低抗性に關する研究. 應動昆要旨. 34 : 236.
- Roush, R. T., & D. A. Wolfenbarger. 1985. Inheritance of methomyl resistance in the tobacco budworm(Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 78 : 1020~1022.
- Roush, R. T., R. L. Combs, T. C. Randolph, J. MacDonald & J. A. Hawkins. 1986. Inheritance and effective dominance of pyrethroid resistance in the horn fly (Diptera: Muscidae). J. Econ. Entomol. 79 : 1178~1182.
- 塚本増久, 大垣昌弘. 1953. ショウジョウバエの DDT に對する 低抗性の 遺傳. 防蟲科學. 18 : 39~44.
- Stone, B. F. 1968. A formula for determining degree of dominance in cases of monofactorial resistance to chemicals. Bull. Wld. Hlth. Organ. 38 : 325~326.
- Whitten, C. J. 1978. Inheritance of methyl parathion resistance in tobacco budworm larvae. J. Econ. Entomol. 71 : 971~974.

(1990년 10월 23일 접수)