

## 밀양산 콩포장 담배거세미나방 유충의 약제에 대한 감수성

배순도\* · 최병렬<sup>1</sup> · 송유한<sup>2</sup> · 김현주

영남농업시험장 식물환경과, <sup>1</sup>농업과학기술원 작물보호부 농업해충과, <sup>2</sup>경상대학교 농업생명과학연구원

### Insecticide Susceptibility in the Different Larva of Tobacco Cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) Collected in the Soybean Fields of Milyang, Korea

Soon Do Bae\*, Byeong Ryel Choi<sup>1</sup>, Yoo Han Song<sup>2</sup> and Hyun Joo Kim

Division of Plant Environ., National Yeongnam Agricul. Expt. Station, RDA, Milyang, 627-130, Republic of Korea

<sup>1</sup>Entomology Division, National Institute of Agricul. Science and Technology, RDA, Suwon, 441-707, Republic of Korea

<sup>2</sup>Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National Univeristy, Jinju, 660-701, Republic of Korea

**ABSTRACT :** The susceptibility of the different larval stages of *Spodoptera litura* to nine insecticides was evaluated using the perilla leaf-dipping method. Median lethal concentration (LC<sub>50</sub>) was increased with larval development in the range of 0.5 ppm to 5.6 ppm, 9.9 ppm to 27.9 ppm, 9.6 ppm to 125.1 ppm and 24.3 ppm to 546.6 ppm in the 1st, 2nd, 3rd and 4th instar, respectively. The tolerance ratio (TR), which is the TR of 90 percent lethal concentration (LC<sub>90</sub>) to the recommended concentration, was 0.04 to 0.8 in the 1st, 0.2 to 7.5 in the 2nd, 0.7 to 115.3 in the 3rd and 1.2 to 485.4 in the 4th instar. Lower DLC<sub>50</sub> and DTR, whcih is the difference between the LC<sub>50</sub> and the TR of 4th and other instars, respectively, were observed in chlorfenapyr, chlorpyrifos and EPN while higher ones were lufenuron, chlorfluazuron and teflubenzuron. These results mean that insecticides with lower DLC<sub>50</sub> and DTR are effective in controlling larva of *S. litura* collected in Milyang, Korea.

**KEY WORDS :** *Spodoptera litura*, Larva, Median lethal concentration, Insecticide susceptibility, Tolerance ratio

**초 록 :** 밀양에서 채집한 담배거세미나방 유충의 약제감수성을 조사하였다. 약제의 반수치 사농도는 1령충에서 0.5-5.6 ppm, 2령충에서 9.9-27.9 ppm, 3령충에서 9.6-125.1 ppm 및 4령충에서 24.3-546.6 ppm으로 약종에 따른 차이와 함께 유충의 영기가 증가할수록 높았다. 또한 약제별 추천농도에 대한 유충의 90% 치사농도의 비로 나타난 약제내성비(내성비=LC<sub>90</sub>/약제별 추천농도)도 1령충에서 0.04-0.8, 2령충에서 0.2-7.5, 3령충에서 0.7-115.3 및 4령충에서 1.2-485.4으로 약종에 따른 차이와 함께 유충의 영기가 증가할수록 높았다. 한편, 동일 약제에서 유충의 영기간 반수치사농도 및 내성비의 차이는 chlorfenapyr, chlorpyrifos 및 EPN에서 매우 낮았으며, lufenuron, chlorfluazuron 및 teflubenzuron에서 매우 높았다. 이러한 결과를 종합하면 담배거세미나방 유충의 방제는 영기가 어릴수록 또한 약제감수성이 낮은 약제, 즉 반수치사농도 및 내성비의 차이가 적은 약제인 chlorfenapyr, chlorpyrifos 및 EPN을 사용할수록 효과적임을 의미한다.

**검색어 :** 담배거세미나방, 유충, 반수치사농도, 약제감수성, 내성비

\*Corresponding author. E-mail: baesdo@rda.go.kr

최근 국내외에서 농업과 환경을 조화시켜 농업의 생산을 지속 가능하게 하는 농업형태로서 농업생산의 경제성 확보, 환경보전 및 농산물의 안전성 등을 동시에 추구하는 것으로 농업생태계내에 유기화합물의 사용을 최소화하는 병해충종합관리(integrated pest management; IPM)와 작물양분종합관리(integrated nutrient management; INM)를 핵심으로 하는 친환경 농업을 부르짖게 되었다. 특히, 병해충종합관리는 유용천적의 대량사육 및 이용증진을 통하여 농약의 사용량을 1998년 사용량 대비 2004년까지 30%, 2010년까지 50% 절감하는 목표를 설정하였다(Anonymous, 2001).

담배거세미나방은 열대, 아열대 및 온대에 걸쳐 폭넓게 분포하고 있으며(Taguchi, 1961; Mochida and Okada, 1974), 가해하는 기주범위가 매우 넓어 대표적인 광식성 해충으로 알려져 있다(Minamikawa, 1937; Moussa *et al.*, 1960; Nasr *et al.*, 1960). 국내에서 담배거세미나방이 전작물의 주요해충으로 인식되기 시작한 것은 1990년 이후로 이는 그동안 증가되어온 시설재배 면적과 밀접한 관련이 있는 것으로 추정된다. 본충은 우리나라의 남부지방 특히 시설재배가 많이 이루어지는 부산, 김해, 밀양, 창원 및 진주 등에서 다발생되며(Kim and Shin, 1987; Bae and Cho, 1998), 이들 지역에서 재배되는 들깨, 콩, 고추, 딸기, 토마토, 장미, 카네이션, 거베라 및 국화 등의 잎, 줄기, 열매 및 꽃 등을 식해하여 큰 피해를 야기한다(Shin *et al.*, 1987; Bae *et al.*, 1997; Bae, 1999; Bae and Park, 1999).

일반적으로 담배거세미나방은 약제에 대한 내성이 강하여 방제가 어려운 해충으로 알려져 있다. 하지만 유충의 발육과정중 3령 이하의 어린 유충기는 약제에 대한 감수성이 비교적 높아 방제에 큰 어려움이 없으나, 3령 이상의 유충은 약제에 대한 감수성이 낮아 방제가 매우 어렵다고 할 수 있다. 실제로 포장에서 담배거세미나방은 7월 중·하순부터 11월 중하순까지 지속적으로 발생되어 다양한 영기의 유충이 혼재되어 있으므로 유충의 발생초기에 체계적이고 집중적인 관리를 하지 않으면 방제하기가 매우 어려워진다. Cho *et al.* (1996)은 진주에서 채집한 담배거세미나방을 인공사료로 증식하여 1령에서 6령까지 영기별 약제감수성을 조사한 결과 4종의 공시약제 모두 유충의 영기가 증가할수록 약제감수성은 낮았다고 하였다. 이러한 결과는 Kim *et al.* (1998a)의 파밤나방에 대한 약제감수성 조사에서도 유사한 경향을 나타내었다고 하였

다. 한편 Kim *et al.* (1998b)은 안동, 함안, 진주 및 밀양에서 채집한 담배거세미나방을 인공사료를 이용하여 2-3세대 사육한후 3령충을 대상으로 피레스로이드계의 5약제, 유기인계의 4약제 및 카바메이트의 2약제에 대한 약제저항성 조사에서 지역간 채집계통에 따라 유충의 약제감수성에 차이가 있다고 하였다.

증식력이 매우 높은 담배거세미나방은 계통이 다른 약제를 교호적으로 사용하면 보다 효과적일 것으로 여겨지나, 현재까지 담배거세미나방의 방제를 위해 등록된 약제는 배추에 chlorpyrifos 수화제, bifenthrin-chlorpyrifos 수화제, ethofenprox 유제, ethofenprox-penthoate 수화제, chlorfenapyr-bifenthrin 수화제, hexaflumuron-chlorpyrifos 수화제가 있을 뿐 타작물에 등록된 약제는 전혀 없는 실정이다(Anonymous, 2002). 따라서 본 연구는 농가에서 담배거세미나방의 방제를 위해 가장 많이 사용하는 9종의 약제에 대한 밀양의 영남농업시험장 콩포장에서 채집한 담배거세미나방 유충의 약제감수성을 조사하여 금후 본 충의 효과적 방제를 위한 기초자료로 활용코자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 시험곤충 및 기주식물 준비

본 실험에 사용된 담배거세미나방의 유충은 1999년 8월 상순부터 중순에 걸쳐 영남농업시험장의 콩포장에 산란된 난 및 부화유충을 채집하여 곤충사육실(온도  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ , 상대습도는  $65 \pm 5\%$ , 명암 12L:12D)에서 들깨잎으로 사육하면서 필요한 영기의 유충을 선별하여 사용하였다. 공시충의 사육 및 엽침지에 사용된 들깨잎은 잎들깨 밀양 1호로 영남농업시험장의 온실에서 무농약으로 재배한 것을 사용하였다. 들깨잎의 수분함량은 약 80%였으며, 시험곤충인 담배거세미나방의 1령, 2령, 3령 및 4령충의 평균무게는 각각 1.05, 9.13, 35.80 및 158.17 mg이었다. 각 영기별 30마리 유충의 무게를 전자저울(Satorious 1712 model, 측정한계 0.01 mg-160 g, Germany)로 측정하였다.

### 시험약제

담배거세미나방 유충의 약제감수성 조사에 사용된 약제는 총 9종이었다(Table 1). 이들 약제중 클로르피리포스 수화제와 에토펜프록스 유제는 배추의 담배거

**Table 1.** Characteristics of insecticides used

Insecticide	Active ingredient (%) & formulation	Group	Mode of action
Chlorfenapyr	5 EC <sup>a</sup>	Pyrazole	Contact & stomach poison
Chlorfluaazuron	5 EC	Acyl urea	Chitin biosynthesis inhibition
Chlorpyrifos	25 WP <sup>b</sup>	Organophosphorus	Contact, stomach & gas poison
EPN	45 EC	Organophosphorus	— <sup>d</sup>
Esfenvalerate	1.5 EC	Synthetic pyrethroids	Contact & stomach poison
Ethofenprox	20 EC	Synthetic pyrethroids	Contact & stomach poison
Lufenuron	5 EC	Benzamide	Chitin biosynthesis inhibition
Tebufenozide	8 WP	Benzoylhydrazine	Ecdysone agonist
Teflubenzuron	5 SC <sup>c</sup>	Acyl urea	Chitin biosynthesis inhibition

<sup>a</sup> Emulsifiable concentrate, <sup>b</sup> Wettable powder, <sup>c</sup> Suspension concentrate, <sup>d</sup> Not known mode of action.

세미나방에 등록된 약제이며, 나머지 약제는 파밤나방과 담배나방 등의 방제에 등록된 약제이다.

유충방제를 위해선 약제감수성이 높은 약제를 사용하는 것이 효과적이라 할 수 있다.

## 생물검정

담배거세미나방 유충의 생물검정은 엽침지법으로 하였다. 엽침지법은 들깨잎을 일정크기(가로×세로=5×5 cm)로 잘라 각각 준비된 약액에 30초간 침지후 꺼내어 음건하여 필터페이퍼를 깐 콤팩트사레(지름 9 cm, 높이 3 cm, 뚜껑의 중심부를 지름 5.5 cm로 절단하여 망사를 붙인 것)에 넣고 담배거세미나방의 1령, 2령, 3령 및 4령 유충을 접종하였다. 각 약제별 희석농도에 대한 담배거세미나방 유충의 총 처리충수는 30마리로 이는 콤팩트사레당 유충을 5마리씩 6반복으로 하였다. 각 약제별 희석농도는 담배거세미나방 유충이 모두 사망하는 농도와 생존하는 농도까지로 대체로 각 약제별 표준농도를 기준으로 상하 4-6농도 범위였다.

## 감수성 조사

담배거세미나방 유충의 약제감수성 조사는 각 약제별 유충이 모두 사망하는 농도와 생존하는 농도를 제외한 성적을 probit 프로그램을 이용하여 약제의 반수치사농도(LC<sub>50</sub>), 기울기 및  $\chi^2$  등을 계산하였다(Raymond, 1985). 유충의 영기별 약제에 대한 상대적 내성비(Tolerance ratio; TR)는 각 약제의 추천농도에 대한 90% 치사농도(LC<sub>90</sub>)의 비로 계산하였다. 농약등록시험에서 공시약제가 담배거세미나방의 방제용 약제로 등록되려면 방제효과가 90% 이상 이어야 함으로 상대적 내성비(TR)를 계산할 때 LC<sub>90</sub>의 값을 사용하였다. 포장조건에서 담배거세미나방 유충은 동일한 영기만 있는 것이 아니라 다양한 영기가 혼재해 있으므로

## 결과 및 고찰

### 유충에 대한 약제의 반수치사농도

담배거세미나방의 1령, 2령, 3령 및 4령충에 대한 9종 약제의 반수치사농도를 Table 2에 나타내었다. 약제의 반수치사농도는 1령충에서 0.5-5.6 ppm, 2령충에서 5.4-27.9 ppm, 3령충에서 9.6-125.1 ppm 그리고 4령충에서 24.3-546.6 ppm으로 유충의 영기가 증가할수록 현저하게 높아졌다. 대체로 1령충을 제외한 2령충, 3령충 및 4령충에서 약제의 반수치사농도는 접촉독 및 소화중독 작용기작을 가진 약제에서 낮게 나타났으며, 키틴합성을 저해하는 작용기작을 가진 약제에서 높게 나타났다.

Cho *et al.* (1996)은 진주에서 채집한 담배거세미나방 유충의 영기별 약제감수성 조사에서 약제 감수성은 유충의 영기가 증가할수록 현저히 낮아졌으며, 특히 부화유충은 유충의 영기가 증가할수록 현저하게 낮아진다고 하였다. 5종의 약제중 부화유충에 대해 감수성은 chlorpyrifos-methyl에서 가장 높았으며, 다음은 chlorpyrifos, ethofenprox, deltamethrin 및 ethofenprox + PAP의 순서라고 하였다. 특히 chlorpyrifos-methyl은 3령충을 제외한 1령, 2령, 4령, 5령 및 6령충에서 가장 높은 감수성을 보였으며, chlorpyrifos-methyl과 chlorpyrifos은 3령충부터, ethofenprox + PAP와 deltamethrin은 2령충부터 감수성이 현저히 낮아진다고 하였다. Kim *et al.* (1998b)은 안동, 함안, 진주 및 밀양의 포장에서 채집하여 증식한 담배거세미나방 3령충의 약제감수성은 피레스로이드계에선 ethofen-

**Table 2.** Median lethal concentration (LC<sub>50</sub>) in the different instars of *Spodoptera litura* against various insecticides

Instar	Insecticide	LC <sub>50</sub> (95% FL, ppm)	Slope ± SE	χ <sup>2</sup>
1st	Chlorfenapyr	1.6 (1.1-2.4)	1.3 ± 0.2	0.27
	Chlorfluazuron	1.9 (1.4-2.8)	1.5 ± 0.2	0.30
	Chlorpyrifos	1.6 (1.2-2.2)	1.6 ± 0.2	0.16
	EPN	1.9 (1.4-2.7)	1.4 ± 0.2	0.19
	Esfenvalerate	0.9 (0.7-1.3)	1.4 ± 0.2	0.004
	Ethofenprox	3.9 (2.7-5.8)	1.1 ± 0.1	0.23
	Lufenuron	0.5 (0.4-0.7)	1.5 ± 0.2	0.27
	Tebufenozide	5.6 (4.2-8.6)	1.2 ± 0.2	0.32
	Teflubenzuron	0.8 (0.6-1.1)	1.8 ± 0.3	0.23
2nd	Chlorfenapyr	5.4 (4.0-7.2)	1.8 ± 0.3	0.10
	Chlorfluazuron	19.3 (14.4-26.1)	1.7 ± 0.2	0.91
	Chlorpyrifos	9.9 (7.4-12.9)	2.2 ± 0.4	0.04
	EPN	27.9 (20.2-40.9)	1.6 ± 0.2	0.37
	Esfenvalerate	13.0 (9.4-17.7)	1.7 ± 0.3	0.13
	Ethofenprox	18.6 (13.6-25.5)	1.6 ± 0.2	0.47
	Lufenuron	16.3 (12.3-21.5)	1.8 ± 0.2	0.12
	Tebufenozide	27.5 (21.1-37.2)	2.0 ± 0.3	0.15
	Teflubenzuron	24.8 (18.0-35.6)	1.5 ± 0.2	0.27
3rd	Chlorfenapyr	9.6 (6.7-13.1)	1.6 ± 0.3	0.17
	Chlorfluazuron	125.1 (86.5-180.0)	1.1 ± 0.1	0.78
	Chlorpyrifos	24.7 (18.0-34.4)	1.5 ± 0.2	0.26
	EPN	44.4 (32.6-61.1)	1.6 ± 0.2	0.07
	Esfenvalerate	31.0 (22.8-42.2)	1.5 ± 0.2	0.53
	Ethofenprox	30.6 (21.2-42.4)	1.4 ± 0.2	0.08
	Lufenuron	76.4 (51.6-111.1)	1.0 ± 0.1	1.10
	Tebufenozide	113.9 (78.2-162.5)	1.1 ± 0.1	0.64
	Teflubenzuron	124.7 (83.4-185.2)	0.9 ± 0.1	1.26
4th	Chlorfenapyr	24.3 (19.0-30.9)	2.3 ± 0.3	0.19
	Chlorfluazuron	517.8 (349.8-781.5)	1.0 ± 0.1	0.65
	Chlorpyrifos	39.5 (28.1-54.7)	1.5 ± 0.2	0.58
	EPN	73.1 (51.4-102.9)	1.4 ± 0.2	0.37
	Esfenvalerate	61.4 (44.1-85.8)	1.4 ± 0.2	0.41
	Ethofenprox	92.5 (64.7-135.2)	1.2 ± 0.1	0.86
	Lufenuron	546.6 (365.2-853.4)	0.9 ± 0.1	2.19
	Tebufenozide	366.6 (257.1-526.5)	1.1 ± 0.1	0.37
	Teflubenzuron	467.6 (312.5-722.5)	0.9 ± 0.1	0.34

prox에서, 유기인계에선 대체로 chlorpyrifos-methyl과 안동 및 함안계통에서, 카바메이트계에선 함안계통에서 높게 나타나 약제감수성은 약제계통 및 종류와 총 채집지역에 따라 상당한 차이가 있었다고 하였다. 한편 Cho *et al.* (1999a)은 함안에서 채집한 담배거세미나방 유충의 약제감수성은 chlorpyrifos-methyl에서 가장 높았으며, 카바틸에서 가장 낮아 약제계통에 따른 감수성의 차이가 있다고 하였다. 유충의 약제감수성에 관한 이러한 보고는 본 연구의 결과와 대체로 유사한 경향이었으나 부분적으로 약제감수성의 차이는 시험곤충의 발육상태 및 체중의 차이와 작물재배시 사용된 약제의 종류 및 빈도에 따른 것으로 여겨진다.

#### 약제 추천농도에 대한 유충의 상대적 내성비

한편 각 약제의 추천농도에 대한 유충의 영기별

90% 치사농도의 상대적 비를 계산하여 나타낸 유충의 영기별 약제에 대한 상대적 내성비는 Table 3과 같다. 유충의 영기별 내성비는 1령충에서 0.04-0.8, 2령충에서 0.2-7.5, 3령충에서 0.7-115.3 그리고 4령충에서 1.2-485.4로 유충의 영기별 및 약제에 따라 내성비의 차이가 매우 크게 나타났다. 내성비는 약제의 추천농도와 비교하여 계산된 값으로 그 값이 1보다 크면 유충의 약제감수성이 낮음을, 1보다 작으면 약제감수성이 높다는 것을 의미한다. 이러한 것을 고려해보면 1령충은 시험약제에 대해 높은 감수성을, 2령충은 감수성과 내성을, 3령충은 2종의 약제만 제외하곤 비교적 높은 내성을 그리고 4령충은 모든 시험약제에 대해 높은 내성을 나타내었다. 이러한 결과에서 약제로 담배거세미나방을 방제하려면 1-2령의 어린 유충기에 약제를 살포하여야 효과적임을 알 수 있으며, 3령 이상의 유충은 약제에 대한 내성의 증가로 방제효

**Table 3.** Tolerance ratio of 90 percent lethal concentration (LC<sub>90</sub>) of insecticides in the different instars of *S. litura* to recommended concentration (RC) of insecticides

Instar	Insecticide	LC <sub>90</sub> (95% FL, ppm)	RC (ppm) <sup>a</sup>	TR <sup>b</sup>
1st	Chlorfenapyr	15.6 (8.1-46.8)	50	0.3
	Chlorfluazuron	13.3 (7.4-36.1)	25	0.5
	Chlorpyrifos	10.6 (6.3-24.8)	250	0.04
	EPN	16.5 (9.7-38.5)	450	0.04
	Esfenvalerate	7.6 (4.6-16.6)	15	0.5
	Ethofenprox	53.2 (26.9-156.7)	200	0.3
	Lufenuron	3.5 (2.1-8.0)	50	0.07
	Tebufenozide	66.4 (36.1-170.1)	80	0.8
	Teflubenzuron	4.3 (2.7-10.2)	25	0.2
2nd	Chlorfenapyr	27.2 (17.5-58.8)	50	0.6
	Chlorfluazuron	113.7 (71.4-241.1)	25	4.6
	Chlorpyrifos	38.3 (25.4-85.1)	250	0.2
	EPN	181.0 (104.4-430.6)	450	0.4
	Esfenvalerate	74.2 (45.7-178.9)	15	4.9
	Ethofenprox	123.3 (74.8-281.8)	200	0.6
	Lufenuron	83.2 (55.4-157.1)	50	1.7
	Tebufenozide	121.6 (77.5-265.7)	80	1.5
	Teflubenzuron	186.6 (104.3-510.1)	25	7.5
3rd	Chlorfenapyr	58.8 (35.9-147.4)	50	1.2
	Chlorfluazuron	2,104.0 (1,187.1-4,738.3)	25	84.2
	Chlorpyrifos	173.8 (102.6-420.6)	250	0.7
	EPN	293.2 (176.9-677.1)	450	0.7
	Esfenvalerate	223.9 (139.1-463.7)	15	14.9
	Ethofenprox	266.3 (163.7-569.4)	200	1.3
	Lufenuron	1,312.7 (717.2-3,235.5)	50	26.3
	Tebufenozide	1,642.3 (943.0-3,696.8)	80	20.5
	Teflubenzuron	2,881.2 (1,502.8-7,457.3)	25	115.3
4th	Chlorfenapyr	86.0 (61.1-148.2)	50	1.7
	Chlorfluazuron	10,469.9 (5,189.6-30,792.5)	25	418.8
	Chlorpyrifos	296.2 (175.7-715.9)	250	1.2
	EPN	604.6 (345.9-1,588.8)	450	1.3
	Esfenvalerate	535.3 (315.0-1,234.8)	15	35.7
	Ethofenprox	1,205.7 (644.4-3,201.6)	200	6.0
	Lufenuron	14,091.9 (6,581.6-44,285.8)	50	281.8
	Tebufenozide	5,098.2 (2,849.8-11,978.0)	80	63.7
	Teflubenzuron	12,134.7 (5,761.1-37,035.5)	25	485.4

<sup>a</sup> Recommended concentration (RC) of insecticide, <sup>b</sup> TR (Tolerance ratio) = LC<sub>90</sub>/RC of insecticide.

과 매우 낮아짐을 알 수 있다. 특히 유충의 영기가 증가할수록 약제에 대한 내성이 매우 높게 나타남으로 효과적인 약제방제를 위해선 무엇보다 방제시기가 매우 중요함을 알 수 있다. 실제 포장에서 담배거세미나방의 유충은 다양한 영기가 혼재해 있으므로 효과적인 방제를 위해선 약제감수성이 비교적 높게 나타나는 접촉독 및 소화중독 작용기작을 가진 약제를 사용하는 것이 효과적이라 할 수 있다.

Kim *et al.* (1998b)은 안동, 함안, 진주 및 밀양에서 채집한 담배거세미나방 3령충의 약제감수성을 감수성 계통과 비교한 결과 약제저항성은 피레스로이드계에서 약 100-2,700배로 그 중에서 deltamethrin에서 가장 높은 저항성을, 유기인계에서 2-32배로 chlorpyrifos에서 가장 높은 저항성을, 카바메이트계에서 4-80

배로 carbaryl에서 높은 저항성을 나타내었다고 하였다. 특히 동일계통 및 약제내에서 채집지역에 따른 해충의 약제저항성 차이를 보고하였다. 해충의 약제저항성은 공시충의 영기, 성별, 영양상태 등에 의해 크게 영향을 받지만, 대부분의 경우 약제저항성은 곤충의 체표를 통한 약제의 침투율, 체내에서 약제의 대사 및 배출 정도 등과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고하고 있다(Critchley, 1972; Bratisten and Metcalf, 1973; Aguayo and Villaneueva, 1985; Cho *et al.*, 1999b). Kim *et al.* (1998b)은 해충의 약제저항성과 관련하여 채집 지역간 계통에 따라 체내에 침투한 약제를 무독화시키는 효소의 활력에 있어 2-6배까지 차이가 있다고 하였다. 그리하여 야외채집계통에서 약제저항성은 약제를 무독화시키는 능력의 증가와 아세틸콜린분해효

소에 반응에 무감각하게 반응한 기구와 밀접한 관련이 있는 것으로 설명하였다.

### 유충의 영기간 반수치사농도 및 저항성비의 차이

영기간 반수치사농도는 chlorfenapyr에서 14.7-22.7 ppm로 가장 낮았으며, chlorpyrifos에서 14.8-37.9 ppm으로 다음으로 낮았고, EPN 및 esfenvalerate에서 약 29-71 ppm으로 비교적 낮았으며, ethofenprox에서 약 62-89 ppm이었다. tebufenozide에서 영기간 반수치사농도 차이는 크게 높아져 약 253-361 ppm이었으며, teflubenzuron에서 약 343-467 ppm, chlorfluazuron에서 약 393-516 ppm이었고, lufenuron에서 약 470-546 ppm으로 가장 높았다. 대체로 유충의 영기간 반수치사농도 차이는 접촉독 및 소화중독 작용기작을 나타내는 약제에서 낮았으며, 키틴합성을 저해하는 작용기작의 약제에서 높게 나타났다.

한편 영기간 상대적 내성비 차이는 chlorfenapyr, chlorpyrifos 및 EPN에서 0.5-1.4로 매우 낮았으며, ethofenprox에서 4.7-5.7로 비교적 낮았고, esfenvalerate에서 20.8-35.3, tebufenozide에서 43.2-62.9로 높아졌으며, lufenuron에서 255.5-281.7로 크게 높아졌고, chlorfluazuron에서 334.6-418.3로 매우 높게 나타났다. 이러한 결과는 약제별 유충의 영기간 반수치사농도 차이의 순서와 대체로 비슷하였으나 약간의 차이가 있었다. Kim *et al.* (1998a)은 파밤나방에 대한 약제감수성은 유충의 발육과 함께 현저하게 낮아졌으며, 그 정도의 bifenthrin보다 chlorpyrifos-methyl에서 훨씬 컸다고 하였다.

이상의 결과를 종합해 보면 담배거세미나방 유충의 약제감수성은 1령기에 매우 높았으며, 2령기에 대체로 높았으나 키틴합성 저해작용기작을 가진 약제에서 내성 또는 저항성을 나타내기 시작했으며, 3령기부터는 약종 및 작용기작에 따른 큰 차이와 함께 낮았다. 특히 접촉독 및 소화중독 작용기작을 가진 esfenvalerate에서 유충의 영기에 관계없이 감수성이 낮은 것은 과채류, 엽채류, 화훼류 및 과수재배시 문제되는 진딧물 방제를 위해 오랫동안 폭넓게 사용되어져 해충에 있어 약제저항성이 유발되어진 것으로 추측된다. 그리하여 담배거세미나방 유충의 약제감수성은 유충의 영기가 증가할수록 현저하게 낮아졌으며, 약제의 작용기작에 관해서는 접촉독 및 소화중독 약제보다 키틴합성

저해작용 약제에서 상대적으로 매우 낮았다. 따라서 난방제 해충인 담배거세미나방의 방제는 3령층 이하의 어린 유충기에 약제감수성이 높은 접촉독 및 소화중독 작용기작을 가진 약제를 계통을 달리하여 주기적으로 교호살포하는 것이 가장 효과적일 것으로 여겨진다.

### Literature Cited

- Aguayo, M.I. and F.R. Villaneueva, F.R. 1985. Susceptibility of *Meteorus hyphantriae* Riley to emthyl parathion. *Southwest Entomol.* 10: 107-109.
- Anonymous. 2001. 5-year programs for environment-friendly agriculture. Ministry of Agriculture and Forestry. 159pp.
- Anonymous. 2002. Pesticide guide book. Korea crop protection association 911pp.
- Bae, S.D. and H.J. Cho. 1998. Study on the physio-biology and control of *Spodoptera litura* Fabricius. Pl. Environ. Res. Rept. Nat. Yeongnam Agr. Expt. Stan. RDA. pp. 834-841.
- Bae, S.D., K.B. Park and Y.J. Oh. 1997. Effects of temperature and food source on the egg and larval development of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius. *Kor. J. Appl. Entomol.* 36: 48-54.
- Bae, S.D. and K.B. Park. 1999. Effects of temperature and food source on pupal development, adult longevity and oviposition of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius. *Kor. J. Appl. Entomol.* 38: 23-28.
- Bae, S.D. 1999. Leaf characteristics of leguminous plants and the biology of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius, I. The larval development and leaf feeding amount. *Kor. J. Appl. Entomol.* 38: 217-224.
- Bratisten, S.B. and R.L. Metcalf. 1973. Age-dependent variations in the response of several species of diptera to insecticidal chemicals. *Pestic. Biochem. Physiol.* 3: 189-198.
- Cho, J.R., W.R. Song, S.Y. Hwang, H.S. Kim and J.O. Lee. 1996. Age-related susceptibility of *Spodoptera litura* larvae to some insecticides. *Kor. J. Appl. Entomol.* 35: 249-253.
- Cho, J.R., Y.J. Kim, H.S. Kim, J.K. Yoo and J.O. Lee. 1999a. Toxicity of insecticides and metabolism of deltamethrin in *Helicoverpa assulta* Guenee and *Spodoptera litura* Fabricius. *J. Asia-Pacific Entomol.* 2: 77-83.
- Cho, J.R., Y.J. Kim, K.J. Kim, H.S. Kim, J.K. Yoo and J.O. Lee. 1999b. Electrophoretic pattern of larval esterases in field and laboratory-selected strains of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius). *J. Asia-Pacific Entomol.* 2: 39-44.
- Critchley, B.R. 1972. A laboratory study on the effects of some soil-applied organophosphorus pesticide, thionazin, on predacious carabidae (Coleoptera). *Bull. Entomol. Res.* 62: 229-241.
- Kim, C.H. and H.Y. Shin. 1987. Studies on bionomics and control of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius in southern part of Korea. *J. Inst. Agr. Res. Util. Gyeongsang Natl. Univ.* 21: 105-122.
- Kim, Y.G., J.I. Lee, S.Y. Kang and S.C. Han. 1998a. Age variation in insecticide susceptibility and biochemical changes of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner). *J. Asia-Pacific Entomol.* 1: 109-113.
- Kim, Y.G., J.R. Cho, J.I. Lee, S.Y. Kang, S.C. Han, K.J. Hong, H.S. Kim, J.K. Yoo and J.O. Lee. 1998b. Insecticide resistance in the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Asia-Pacific Entomol.* 1: 115-122.
- Minamikawa, H. 1937. Survey on the tobacco cutworm, *Spodop-*

- tera litura* Fabricius. Taiwan Central Res. Inst. Agr. Report 70: 1~66.
- Moussa, M., A. Zaher and F. Kotby. 1960. Abundance of the cotton leafworm, *Prodenia litura* (F.) [*S. litoralis*], in relation to host plants, I. host plants and their effect on biology (Lepidoptera: Agrotidae-Zenobiinae). Bull. Soc. Entomol. Egypt 44: 241~251.
- Mochida, O. and T. Okada. 1974. A bibliography of *Spodoptera litura* spp. (Lepidoptera: Noctuidae). Misc. Bull. Kyushu Nat. Agr. Expt. Sta. 49: 1~110.
- Nasr, E.S., M.A. Moussa and A.S. Hassan. 1960. Soil moisture in relation to population and moth emergence of the cotton leaf worm, *Prodenia litura* Fabricius. Bull. Soc. Entom. Egypte. XLIV: 377~382.
- Raymond, M. 1985. Presentation d'un programme d'analyse log-probit pour micro-ordinateur. Cah. ORSTOM. Ser. Ent. Med. et Parasitol. 22: 117~121.
- Shin, H.Y., C.H. Kim, C.G. Park and Y.S. Lee. 1987. Biology of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (F.), (Lepidoptera: Noctuidae); I. Seasonal occurrence of tobacco cutworm in southern Korea and larval development, pupal period, adult longevity and oviposition on the different food sources. Res. Rept. RDA (D · M & U) 29: 301~307.
- Taguchi, R. 1961. On the outbreak of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius. Plant Quarantine 15: 541~542.

(Received for publication 13 June 2003;  
accepted 31 July 2003)