

## Metaflumizone을 포함한 몇 가지 약제의 파밤나방(*Spodoptera exigua*)에 대한 독성검정

강은진 · 강명기 · 서미자 · 박선남 · 김철웅<sup>1</sup> · 유용만 · 운영남\*

충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과, <sup>1</sup>바스프코리아

## Toxicological Effects of Some Insecticides against Welsh Onion Beet Armyworm (*Spodoptera exigua*)

E. J. Kang, M. G. Kang, M. J. Seo, S. N. Park, C. U. Kim<sup>1</sup>, Y. M. Yu and Y. N. Youn\*

Dept. Applied Biology, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon, 305-764

<sup>1</sup>BASF Agro Company LTD

**ABSTRACT** : The Welsh onion beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner), has attacked Welsh onion and is now the most important pest of Welsh onion in southwestern Korea. The beet armyworm has a wide host range, occurring as a serious pest of vegetable and fields. The relatively high abundance of beet armyworm has stimulated frequent application of insecticides to foliage. Insecticide resistance is a major problem in management of this insect. Accordingly, pesticide application for the control of beet armyworm was tried in both the open field and in laboratory, using 4 synthetic compounds such as metaflumizone and chlorfenapyr, indoxacarb, flufenoxuron, emamectin benzoate. In the laboratory, each developmental stages from eggs, larva to pupa was tested against 4 insecticides. Against the eggs of welsh onion beet armyworm, there was no significantly different with each other. These tested chemicals no killing effect to eggs. However, the population of 1st larva hatched from eggs were reduced because they eaten the egg shell with residual insecticides. The tested insecticides were taken very high mortalities to 1st to 3rd larva of Welsh onion beet armyworm. Otherwise, there were decreased the death rate from 4th to 6th larva. On the other hand, their value of control effects were relatively good against Welsh onion beet armyworms in the field between 87.2 and 90.5% on 10 days after insecticide application.

**KEY WORDS** : Welsh onion beet armyworm, Metaflumizone, Chlorfenapyr, Indoxacarb, Flufenoxuron, Emamectin benzoate

**초 록** : 파를 가해하는 대표적인 해충인 파밤나방은 남부지방에서 피해가 심하며, 파 이외에도 많은 과채류 및 채소류를 가해함으로써 매년 많은 경제적인 손실을 유발하고 있다. 파밤나방은 세계적으로 약제에 대한 저항성이 강한 해충으로 알려져 있으며, 국내에서도 방제가 어려운 해충으로 인식되고 있고, 이를 방제하기 위하여 많은 살충제들이 등록되어 있다. 본 연구에서는 곤충에 서로 다른 작용기작을 가지고 있는 약제인 metaflumizone과 chlorfenapyr, indoxacarb, flufenoxuron, emamectin benzoate 등 4종의 살충제들을 선별하여 실내와 야외 포장에서 파밤나방에 대한 살충력을 살펴보고 이를 평가하였다. 약제에 대한 독성을 평가하기 위하여 사용된 파밤나방은 알과 1령에서 6령까지의 유충, 그리고 번데기를 대상으로 하였다. 파밤나방 알에 대한 시험에서 알에는 직접적인 독성작용을 하지 못하지만, 알에서 깨어난 유충이 알껍데기를 먹음으로 해서 결과적으로는 파밤나방의 개체수를 감소시킬 수 있을 것으로 보인다. 알에서 부화한 24시간 후의 1, 2령 유충들은 약제에 대한 감수성이 매우 높았으며, 유충의

\*Corresponding author. E-mail: youngnam@cnu.ac.kr

영기가 높아질수록 치사율이 감소하였다. 한편, chlorfenapyr와 emamectin benzoate의 경우에는 어린 유충에서 노령의 유충에 이르기까지 고른 사망률을 나타내고 있었고, flufenoxuron의 경우에는 어린 유충에는 치사율이 낮았으나, 노령 유충으로 성장하면서 치사율이 높게 나타나고 있었다. 한편 포장에서 살충제를 살포한 포장에서 약제 처리 10일 후 방제가를 조사한 결과 처리한 약제 모두 87.2에서 90.5%로 비교적 높은 방제가를 보이고 있었다.

**검색어** : 파밤나방, *Spodoptera exigua*, Metaflumizone, Chlorfenapyr, Indoxacarb, Flufenoxuron, Emamectin benzoate

파를 가해하는 대표적인 해충인 파밤나방(*Spodoptera exigua* (Hübner))은 파 이외에도 수박, 참외, 멜론, 감자, 고추, 토마토, 딸기 등 많은 과채류 및 채소류를 가해함으로써 매년 많은 경제적인 손실을 유발하고 있다. Goh *et al.* (1991)에 의하면 파밤나방이 파를 포함하여 약 42종의 작물을 가해하는 것으로 보고된 바 있다. 특히 고추, 대파 및 주 기주 작물인 쪽파, 배추 무 등에서는 유충들이 집중 분포하여 피해를 가중시키고 있다고 있다(Goh *et al.*, 1993). 또한 파밤나방은 기주범위가 매우 넓어 파 이외의 작물에서도 피해정도를 예찰하는 경우를 볼 수가 있는데, 예를 들어 감자의 경우 품종별로 파밤나방의 발생을 조사한 보고도 찾아 볼 수 있다(Kwon *et al.*, 1997). 파밤나방은 알에서 깨어난 초기 유충의 경우에는 식물잎의 표피를 갉아먹거나 구멍을 뚫으며 가해하지만 이후 노령 유충으로 성장하면서 불규칙하게 폭식하면서 가해한다. 특히 파에서는 구멍을 뚫고 속으로 들어가 가해를 함으로서 방제에 어려움을 겪고 있기도 하다. 파밤나방의 성충은 길이가 8~10 mm이며 앞날개는 회갈색으로 중앙부에 연한 황색 또는 황색의 점이 있고 그 옆에 콩팥 무늬가 있다. 파밤나방은 앞 표면에 좁고 길게 무더기로 산란하는 특성을 가지고 있으며, 알 덩어리는 인편으로 덮여 있고 크기는 일정하지 않지만 보통 20~30개의 알로 이루어진다. 알은 0.3 mm 내외의 구형이며 담황색을 띠고 있다. 유충의 어린 시기에는 황록색이며 령기가 진행됨에 따라 색깔의 변화가 심하여 녹색 또는 갈색이 많다. 애벌레의 측면에는 뚜렷한 흰 선이 있고 기문 주위에는 분홍색의 반달무늬가 있으며 노령유충의 경우에는 크기가 35 mm 정도에 이르기도 한다. 이러한 파밤나방은 1년에 보통 4~5회 발생을 하고, 남부지방의 경우 6월 상순부터 11월 하순까지 발생하며 발생 최성기는 9월 중순경으로 알려져 있고, 시설재배지가 많이 늘어난 요즘에는 시설재배지 내에서는 시기와 지역을 불문하고 발생하고 있다. 페르몬 트랩을 이용하여 페로몬 트랩을 이용하여 파밤나방 성충의

발생 소장을 조사한 결과를 살펴보면 발생 최성기는 중부 지방에서 7월 중하순, 8월 중순, 9월 하순, 11월 중순 등 4번 발생하고(Goh *et al.*, 1993), 남부지역에서는 6월 중순부터 유인이 시작되어 11월 상순까지 유인되었고 발생 최성기는 7월 중순, 8월 상순, 9월 상순이었다(Kim *et al.*, 1995; Park *et al.*, 1991).

이러한 많은 피해를 주고 있는 파밤나방을 방제하기 위하여 살충제를 사용하는 화학적 방제를 비롯하여, 천적을 이용한 생물적 방제와 성페르몬을 이용한 유인살충 및 교미교란 등이 사용되고 있다. 포장에서는 주로 녹강균과 핵다각체바이러스에 의하여 파밤나방이 치사되고 있는 것으로 보고되고 있지만(Goh *et al.*, 1991), 이들 미생물들이 아직까지는 상품화되어 대량으로 사용되지는 않고 있다. 전 세계적으로 파밤나방은 약제에 대한 저항성이 높은 해충으로 알려져 있으며, 국내에서도 방제가 어려운 해충으로 인식되고 있다. 국내에서 파밤나방에 대한 약제의 영향을 보고한 예를 보면 살충제인 다이아지논과 담배 유래의 산물인 니코틴의 영향을 조사한 보고가 있다(Lee & Boo, 1993). 어린 애벌레 기간에는 비교적 약제로 방제가 가능하지만 노령 유충이 되면 약제에 대한 내성이 증가하는 경향이 관찰되곤 한다. 또한 파의 경우에는 줄기 속에 들어가 기주를 가해하므로 약제에 노출될 기회가 적어져서 방제가 더욱 어렵다. Park & Kim (1995)는 합성 페르몬을 이용하여 파밤나방 성충들의 교미를 교란시키는 방법으로 파밤나방의 피해를 줄이고자 하였다.

세계적으로 파밤나방 방제를 위하여 많은 살충제의 개발과 등록이 이루어져 실제 사용되고 있다. 본 실험에 사용한 약제로는 metaflumizone을 포함하여 chlorfenapyr와 indoxacarb, flufenoxuron, emamectin benzoate 등이다. Metaflumizone은 화학적인 분류가 아직 되어있지 않고, 2004년 10월 US EPA에 처음으로 등록된 약제이다. Metaflumizone은 신경계에서 Na-channel의 길항작용을 하여 신경기능을 떨어트림으로서 결과적으로 신경이 마

비되어 해충을 치사에 이르게 하는 특성을 가지고 있다 (EMEA, 2006). 또한 비교적 다른 약제들에 비하여 저독성 이라서 이나 벼룩과 같은 위생해충을 방제하는데도 사용이 가능한 약제이다. Chlorfenapyr는 dioxapyrrolomycin에서 유래한 pyrrole계 화합물로서 mixed function oxidases (MFO)에 활성화 되어 N-dealkylated analog를 만들어 미토콘드리아 내에서의 양성자누출을 파괴함으로써 독성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Black et al., 1994). 한편 monooxygenases에 의해서 활성이 되는 chlorfenapyr는 살충제가 monooxygenases에서 해독되는 저항성 곤충에는 더 많은 독성을 보이게 됨으로서 일부 pyrethroid 저항성 계통의 해충 방제에 사용이 되기도 한다(Pimprale et al., 1997). Indoxacarb는 oxadiazine계열의 약제로서 신경세포 속으로 들어가려는  $\text{Na}^+$ 이온들을 저해함으로써 곤충들이 신경마비 증상을 일으켜 사망하게 하는 약제이다 (Wing et al., 1998). 특히 채소류나 과일류를 가해하는 나비목 유충들에게 매우 좋은 약효를 가지고 있는 것으로 보고되고 있다(Harder et al., 1996). Flufenoxuron은 곤충이 이 약제에 접촉을 하거나 섭식을 하였을 경우에, 곤충의 외벽의 주 구성 요인인 키틴의 합성을 저해시킴으로써 유충이 탈피시에 혹은 탈피 후 곧바로 죽게 된다(Tomlin, 2003). Emamectin benzoate는 *Streptomyces avermitilis*가 생산하는 물질과 유사한 구조를 가지고 있는 채소류 해충방제에 광범위하게 적용되는 살충제이다. 이는 신경연접 부위의 GABA 수용체에 매우 친화력이 높아 자극을 주게 되며, 또한 세포막의  $\text{Cl}^-$ 이온의 침투력을 증진시키는 효과를 가지고 있다. 따라서 포유동물에서는 GABA 수용체의 친화력이 상대적으로 매우 낮기 때문에 포유동물에는 비교적 안전하다 할 수 있다(Yen & Lin, 2004).

따라서 본 연구에서는 해충에 서로 다른 작용기작을 가지고 있는 약제들을 선별하여 실내와 야외 포장에서 파밤나방에 대한 살충력을 살펴보고 이를 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 시험곤충

본 시험에 실내실험에 사용한 파밤나방은 전남 진도의 파 재배지에서 채집한 개체군을 실험실에서( $26\pm 3^\circ\text{C}$ ,  $60\pm 20\%\text{RH}$ ) 누대 사육하면서 사용하였다. 누대 사육시 기주 식물로는 비닐하우스에서 재배한 양배추와 파를 제공하면서 곤충사육실 내의 곤충사육상에서 ( $30\times 30\times 70$  cm) 사육하였다.

### 처리 약제

본 시험에 사용된 살충제로는 metaflumizone 3개 농도와 chlorfenapyr, indoxacarb, flufenoxuron, emamectin benzoate 등의 추천농도를 사용하였다. 이들 사용한 살충제의 유효 함량 및 특성은 Table 1과 같다.

### 실내 시험

약제에 대한 독성을 평가하기 위하여 사용된 파밤나방은 알과 1령에서 6령까지의 유충, 그리고 번데기를 대상으로 하였다. 알은 산란 2일 후에, 1령 유충은 부화 1일 후에, 그 다음 각 유충은 탈피 2일 후에, 번데기의 경우도 용화 2일 후에 각각 약제를 처리 하였다. 각각의 실험은 3반복으로 실시하였다. 반복당 유충과 번데기는 5마리로 하였으며, 알은 5개의 무더기를 반복에 사용하였다. 반복당 알의 개수는 20-30개 정도 되는 알 무더기를 사용하였다. 약제 처리는 직경이 15 cm되는 플라스틱 살레에 대상충을 옮겨놓고 희석한 약 용액 8 ml을 실험실용 분무탑을 (Burkard, England) 이용하여 분무하였다.

약제의 독성은 약제 살포 후 1일에서부터 7일까지 유충의 죽은 수를 세어 사망률로 나타내었으며, 알의 경우에는

Table 1. List of insecticides used

No.	Products	A.I. (%)	Form.	Dosage, Dilution	g a.i./ha
1	Metaflumizone I	20.00	SC	1,000	300
2	Metaflumizone II	20.00	SC	1,500	200
3	Metaflumizone III	20.00	SC	2,000	150
4	Chlorfenapyr	5.00	EC	1,000	75
5	Indoxacarb	30.00	WG	6,060	74
6	Flufenoxuron	5.00	DC	2,000	38
7	Emamectin benzoate	2.15	EC	2,000	16
8	Control	-	-	-	-

부화되지 않은 알과 알에서 깨어난 후 바로 죽은 1령충을 세어 사망률을 구하였고 번데기의 경우에는 약제를 처리하고 성충으로 우화되는지의 여부를 확인하고 이들 우화한 개체를 우화율로 나타내었다.

**야외 시험**

파밤나방에 대한 약제효과를 검정하기 위해 실제 파를 재배하는 포장에서 시험을 실시하였다. 파이 재배 및 관리 는 일반 농가에서 사용하는 관행적인 방법을 이용하였고, 4월 20일에 유묘를 정식하였다. 포장의 위치는 대전시 유성구에 위치하고 있으며, 구획 당 면적은 12 m<sup>2</sup> (3×4 m)씩 3반복으로 시험을 실시하였으며, 토양을 사질토였다. 포장에서는 시험을 위한 파밤나방 개체군의 발생이 충분치 않아서, 7월 14일에 실험실에서 사육한 성충 200 마리를 포장에 방사하여 개체군 증식을 유도하였다. 약제 처리는 8월 18일과 28일, 9월 7일 등 10일 간격으로 3회 살포하였으며, 살포 약량은 1,500 L/ha의 기준에 따라서 처리구당 1.8 L를 분무하였다. 약효는 살충제를 최종 살포한 후 3일과 7일이 경과된 날 피해엽을 조사하고 이를 피해엽율로 환산하여 평가하였으며, 처리구 사이의 효과 비교는 SAS Institute (2005)의 분산분석(ANOVA)으로 비교하였다.

**결과 및 고찰**

**실내에서의 독성효과**

파밤나방의 각 생육단계 별로 metaflumizone을 비롯한 chlorfenapyr, indoxacarb, flufenoxuron, emamectin benzoate

등 5가지 약제의 독성을 비교 평가하였다. 먼저 파밤나방 알에 대한 시험에서 위의 5가지 약제는 알을 죽이는 효과 는 없는 것을 알 수 있었으며, 약제들 간에도 그 차이는 통계적 유의성이 없을 정도로 매우 적었다(F = 0.57; df = 9,14; P = 0.8006) (Table 2). 그렇지만, 알에서 부화되 어 나온 1령 유충들은 알껍데기이나 혹은 주변에 잔류되 어 있는 약제를 섭식하거나 접촉함으로써 50%이상 일정 수준의 사망률을 나타내고 있는데, chlorfenapyr가 84.1% 의 사망률을 나타내어 가장 높은 잔류독성을 보이고는 있지만, 약제들 사이의 뚜렷한 통계적 유의성은 없었다(F = 0.72; df = 9,14; P = 0.0009). 결과적으로 이들 약제들 은 알에는 직접적인 독성작용을 하지 못하지만, 알에서 깨어난 유충이 알껍데기를 먹음으로 해서 결과적으로는 파밤나방의 개체수를 감소시킬 수 있을 것으로 보인다. 한편, 알에서 부화한 24시간 후의 1령 유충들에 대한 약제 의 감수성을 평가한 결과 약제 처리 후 24시간이 경과하기 전에 사망한 사망률을 살펴보면(Table 3), chlorfenapyr를 처리한 경우 모두 사망하였고 emamectin benzoate를 처 리한 경우에는 평균 86.7%의 사망률을 나타내어 처리한 다른 약제들 보다 매우 빠른 독성을 나타냄을 알 수 있었 다(F = 10.57; df = 9,14; P < 0.0001). 그렇지만, 1령 유충 에 약제처리를 하였을 경우, 2령으로 탈피하지 못하고 대부분 사망하는 것을 알 수 있었으나(F = 38.16; df = 9,14; P < 0.0001), metaflumizone 2,000배액을 처리 하였 을 경우 일부 개체는 2령으로 탈피를 성공적으로 하였으 나 오래 살아남지는 않았다. 파밤나방 2령충에 대한 독성 을 시험한 결과, 1령과 비슷한 양상을 보여주었는데, 약제 처리 후 24시간이 경과한 후에 chlorfenapyr는 모두 사망 하였고, emamectin benzoate를 처리한 경우에도 모두 사 망하였다(F = 57.25; df = 9,14; P < 0.0001) (Table 4). 2 령의 경우 다른 약제들은 위의 2가지 약제에 비하여 강한

**Table 2.** Death ratio of the welsh onion beet armyworm eggs against tested chemicals on 1 and 2 days after treatment

Products	% of death eggs				% of death after hatching			
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.
Metaflumizone I	7.1	12.5	13.0	10.9a	71.4	62.5	82.6	72.2a
Metaflumizone II	0.0	52.6	0.0	17.5a	35.3	63.2	68.6	55.7a
Metaflumizone III	12.5	9.5	0.0	7.3a	50.0	33.3	82.4	55.2a
Chlorfenapyr	13.3	0.0	5.0	6.1a	86.7	90.7	75.0	84.1a
Indoxacarb	18.8	0.0	0.0	6.3a	50.0	63.6	100.0	71.2a
Flufenoxuron	20.0	6.3	3.8	10.0a	62.7	62.5	42.3	55.8a
Emamectin benzoate	20.0	12.5	3.8	12.1a	80.0	62.5	84.6	75.7a
Control	0.0	3.3	3.4	2.3a	0.0	3.3	6.9	3.4b

\*Averages within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple-range test.



**Table 3.** Death ratio of the welsh onion beet armyworm 1<sup>st</sup> larva against tested chemicals on 1, 3 and 4 days after treatment

Products	% of death rate in 1 day				% of death rate in 3 day				% of death rate in 4 day			
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.
Metaflumizone I	20.0	0.0	20.0	13.3a	100.0	40.0	100.0	80.0ab	100.0	100.0	100.0	100.0c
Metaflumizone II	0.0	0.0	0.0	0.0a	100.0	80.0	100.0	93.3ab	100.0	100.0	100.0	100.0c
Metaflumizone III	0.0	0.0	0.0	0.0a	40.0	40.0	40.0	40.0a	100.0	80.0	60.0	80.0b
Chlorfenapyr	100.0	100.0	100.0	100.0b	100.0	100.0	100.0	100.0b	100.0	100.0	100.0	100.0c
Indoxacarb	0.0	0.0	0.0	0.0a	80.0	60.0	40.0	60.0ab	100.0	100.0	100.0	100.0c
Flufenoxuron	0.0	80.0	0.0	26.7a	80.0	100.0	100.0	93.3ab	80.0	100.0	100.0	93.3bc
Emamectin benzoate	60.0	100.0	100.0	86.7b	100.0	100.0	100.0	100.0b	100.0	100.0	100.0	100.0c
Control	0.0	0.0	20.0	6.7a	0.0	0.0	0.0	0.0a	0.0	0.0	0.0	0.0a

\*Averages within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple-range test.

**Table 4.** Death ratio of the welsh onion beet armyworm 2<sup>nd</sup> larva against tested chemicals on 1, 3 and 5 days after treatment

Products	% of death rate in 1 day				% of death rate in 3 day				% of death rate in 5 day			
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.
Metaflumizone I	0.0	0.0	20.0	6.7a	80.0	100.0	20.0	66.7b	80.0	100.0	80.0	86.7c
Metaflumizone II	0.0	0.0	0.0	0.0a	0.0	20.0	40.0	20.0a	40.0	40.0	80.0	53.3b
Metaflumizone III	0.0	0.0	20.0	6.7a	20.0	20.0	20.0	20.0a	40.0	60.0	80.0	60.0b
Chlorfenapyr	100.0	100.0	100.0	100.0b	100.0	100.0	100.0	100.0b	100.0	100.0	100.0	100.0c
Indoxacarb	20.0	0.0	0.0	6.7a	60.0	100.0	100.0	86.7b	80.0	100.0	100.0	93.3c
Flufenoxuron	20.0	0.0	0.0	6.7a	20.0	0.0	40.0	20.0a	60.0	20.0	80.0	53.3b
Emamectin benzoate	100.0	100.0	100.0	100.0b	100.0	100.0	100.0	100.0b	100.0	100.0	100.0	100.0c
Control	20.0	0.0	0.0	6.7a	0.0	0.0	0.0	0.0a	0.0	0.0	0.0	0.0a

\*Averages within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple-range test.

독성을 나타내지는 못하였고, metaflumizone 1,000배액만이 처리 5일후 비슷한 수준의 독성이 관찰되었다( $F = 12.27$ ;  $df = 9,14$ ;  $P < 0.0001$ ). 3령 유충의 경우에도 약제 살포 후 24시간까지는 chlorfenapyr와 emamectin benzoate가 각각 60%와 53.3%로 가장 높은 독성이 나타났지만( $F = 4.13$ ;  $df = 9,14$ ;  $P = 0.0093$ ), 유충의 영기가 진행되어 노령 유충으로 발달되면서 사망률이 떨어지기 시작함을 알 수 있다(Table 5). 그러나 이들 2 약제는 5일이 경과한

후에는 86.7%와 100%의 치사율을 나타내었고, 그 다음이 flufenoxuron, indoxacarb, metaflumizone 순이었다( $F = 7.85$ ;  $df = 9,14$ ;  $P = 0.0004$ ). 4령 유충의 경우에도 chlorfenapyr와 emamectin benzoate가 각각 60%와 46.7%로 가장 독성이 높게 나타났지만 그 편차가 매우 높게 나타났으며( $F = 2.17$ ;  $df = 9,14$ ;  $P = 0.0935$ ), 5일이 경과한 후에는 emamectin benzoate와 flufenoxuron가 100%의 치사율을 나타내었다. 약령유충의 경우에는 flufenoxuron의

**Table 5.** Death ratio of the welsh onion beet armyworm 3<sup>rd</sup> larva against tested chemicals on 1, 3 and 5 days after treatment

Products	% of death rate in 1 day				% of death rate in 3 day				% of death rate in 5 day			
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.
Metaflumizone I	0.0	20.0	0.0	6.7a	0.0	20.0	0.0	6.7a	40.0	60.0	40.0	46.7bc
Metaflumizone II	20.0	0.0	0.0	6.7a	40.0	0.0	60.0	33.3a	40.0	20.0	80.0	46.7bc
Metaflumizone III	0.0	0.0	0.0	0.0a	20.0	0.0	40.0	20.0a	20.0	20.0	40.0	26.7ab
Chlorfenapyr	40.0	80.0	60.0	60.0b	60.0	100.0	100.0	86.7b	60.0	100.0	100.0	86.7de
Indoxacarb	0.0	0.0	0.0	0.0a	0.0	20.0	40.0	20.0a	60.0	40.0	80.0	60.0cd
Flufenoxuron	20.0	0.0	20.0	13.3a	40.0	0.0	40.0	26.7a	60.0	40.0	100.0	66.7de
Emamectin benzoate	40.0	20.0	100.0	53.3b	80.0	100.0	100.0	93.3b	100.0	100.0	100.0	100.0e
Control	0.0	0.0	20.0	6.7a	0.0	0.0	20.0	6.7a	0.0	20.0	20.0	13.3a

\*Averages within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple-range test.

치사율이 다른 약제보다 치사율이 떨어졌으나 4령 유충부터는 치사율이 매우 높은 것으로 나타나고 있다( $F = 12.09$ ;  $df = 9,14$ ;  $P < 0.0001$ ) (Table 6). Table 7의 경우에서 알 수 있듯이 5령 유충의 경우에도 chlorfenapyr와 emamectin benzoate가 각각 60%와 80.0%로 가장 높은 치사율을 나타내었고, flufenoxuron는 거의 독성을 보이지 않았으나( $F = 10.36$ ;  $df = 9,14$ ;  $P < 0.0001$ ), 5일 경과 후에는 93.3%의 높은 치사율을 나타내는 것을 알 수 있었

고, emamectin benzoate는 100%, chlorfenapyr가 86.7%의 높은 치사율을 나타내었고 metaflumizone 1,000배액이 그 다음 순위였다( $F = 17.20$ ;  $df = 9,14$ ;  $P < 0.0001$ ). 마지막 종령 유충인 6령 유충의 경우에는 24시간 뒤에 죽는 유충은 chlorfenapyr가 46.7%로 가장 높았으며( $F = 4.33$ ;  $df = 9,14$ ;  $P = 0.0074$ ), 5일이 경과된 후로는 chlorfenapyr와 flufenoxuron이 93.3%의 치사율을 나타내어 가장 독성이 강하게 나타났으며, emamectin benzoate와

**Table 6.** Death ratio of the welsh onion beet armyworm 4<sup>th</sup> larva against tested chemicals on 1, 3 and 5 days after treatment

Products	% of death rate in 1 day				% of death rate in 3 day				% of death rate in 5 day			
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.
Metaflumizone I	0.0	0.0	0.0	0.0a	20.0	0.0	0.0	6.7a	20.0	0.0	0.0	6.7a
Metaflumizone II	0.0	0.0	0.0	0.0a	0.0	0.0	0.0	0.0a	20.0	20.0	0.0	13.3a
Metaflumizone III	0.0	0.0	0.0	0.0a	0.0	0.0	0.0	0.0a	40.0	0.0	40.0	26.7a
Chlorfenapyr	0.0	100.0	80.0	60.0b	40.0	100.0	100.0	80.0b	40.0	100.0	100.0	80.0b
Indoxacarb	0.0	0.0	0.0	0.0a	0.0	0.0	0.0	0.0a	40.0	0.0	40.0	26.7a
Flufenoxuron	40.0	0.0	0.0	13.3ab	60.0	40.0	60.0	53.3b	100.0	100.0	100.0	100.0b
Emamectin benzoate	60.0	80.0	0.0	46.7ab	100.0	100.0	20.0	73.3b	100.0	100.0	100.0	100.0b
Control	0.0	0.0	0.0	0.0a	0.0	0.0	0.0	0.0a	0.0	0.0	0.0	0.0a

\*Averages within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple-range test.

**Table 7.** Death ratio of the welsh onion beet armyworm 5<sup>th</sup> larva against tested chemicals on 1, 3 and 5 days after treatment

Products	% of death rate in 1 day				% of death rate in 3 day				% of death rate in 5 day			
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.
Metaflumizone I	0.0	0.0	0.0	0.0a	20.0	40.0	60.0	40.0bc	80.0	60.0	60.0	66.7c
Metaflumizone II	0.0	0.0	0.0	0.0a	20.0	20.0	20.0	20.0ab	60.0	40.0	20.0	40.0c
Metaflumizone III	0.0	0.0	0.0	0.0a	20.0	0.0	20.0	13.3ab	20.0	20.0	20.0	20.0ab
Chlorfenapyr	80.0	60.0	40.0	60.0b	100.0	60.0	40.0	66.7c	100.0	80.0	80.0	86.7cd
Indoxacarb	0.0	0.0	0.0	0.0a	0.0	0.0	0.0	0.0a	20.0	20.0	60.0	33.3ab
Flufenoxuron	0.0	0.0	20.0	6.7a	80.0	80.0	40.0	66.7c	100.0	80.0	100.0	93.3cd
Emamectin benzoate	40.0	100.0	100.0	80.0b	100.0	100.0	100.0	100.0d	100.0	100.0	100.0	100.0d
Control	0.0	0.0	0.0	0.0a	20.0	0.0	20.0	13.3ab	20.0	0.0	20.0	13.3a

\*Averages within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple-range test.

**Table 8.** Death ratio of the welsh onion beet armyworm 6<sup>th</sup> larva against tested chemicals on 1, 3 and 5 days after treatment

Products	% of death rate in 1 day				% of death rate in 3 day				% of death rate in 5 day			
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.
Metaflumizone I	0.0	0.0	20.0	6.7a	20.0	20.0	40.0	26.7a	80.0	80.0	60.0	73.3b
Metaflumizone II	0.0	0.0	0.0	0.0a	20.0	0.0	0.0	6.7a	20.0	20.0	20.0	20.0a
Metaflumizone III	0.0	0.0	0.0	0.0a	0.0	0.0	20.0	6.7a	0.0	0.0	20.0	6.7a
Chlorfenapyr	20.0	60.0	60.0	46.7b	100.0	100.0	80.0	93.3b	100.0	100.0	80.0	93.3b
Indoxacarb	0.0	20.0	0.0	6.7a	40.0	20.0	40.0	33.3a	40.0	20.0	40.0	33.3a
Flufenoxuron	20.0	0.0	0.0	6.7a	80.0	80.0	100.0	86.7b	100.0	80.0	100.0	93.3b
Emamectin benzoate	0.0	20.0	0.0	6.7a	40.0	100.0	60.0	66.7b	40.0	100.0	80.0	73.3b
Control	0.0	0.0	0.0	0.0a	20.0	20.0	0.0	13.3a	20.0	20.0	20.0	20.0a

\*Averages within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple-range test.

**Table 9.** Non-emergence ratio of the welsh onion beet armyworm pupa against tested chemicals on 1 and 2 days after treatment

Products	Non-emergence rate of pupa			
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.
Metaflumizone I	0.0	0.0	20.0	6.7a
Metaflumizone II	0.0	20.0	0.0	6.7a
Metaflumizone III	20.0	20.0	0.0	13.3a
Chlorfenapyr	0.0	0.0	0.0	0.0a
Indoxacarb	0.0	0.0	0.0	0.0a
Flufenoxuron	20.0	20.0	0.0	13.3a
Emamectin benzoate	0.0	0.0	0.0	0.0a
Control	0.0	20.0	0.0	6.7a

\*Averages within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple-range test.

metaflumizone 1,000배액이 그 다음으로 73.3%의 치사율을 나타내었다. 한편, 유충이 번데기로 용화되었을 때에 약제를 처리한 경우에는 Table 9에서 볼 수 있는 바와 같이, 약제에 대한 독성이 관찰되지 않았다( $F = 17.20$ ;  $df = 9,14$ ;  $P < 0.0001$ ).

위의 결과에서 알 수 있듯이 emamectin benzoate의 경우에는 어린 유충에서 노령의 유충에 이르기까지 고른 사망률을 나타내고 있었고, chlorfenapyr 또한, 곤충 체내에 있는 다양한 MFO에 활성이 되어 미토콘드리아를 공격함으로써 어린 유충에서부터 노령의 유충에 이르기까지 다른 약제들에 비하여 높은 치사율을 나타내고 있는 것을 알 수 있었다. metaflumizone 1,000배액의 경우에는 어린 유충에 높은 사망률을 나타내고 있지만 노령 유충으로 갈수록 독성이 점차 약해지는 현상을 알 수 있었다. 반면에 키틴합성 저해제인 flufenoxuron의 경우에는 다른 약제들에 비하여 어린 유충에는 다소 치사율이 낮게 평가되었으나, 노령 유충으로 성장하면 할수록 치사율이 높게 나타나고 있었다.

### 야외 포장시험

야외포장에서 주어진 약제의 파밤나방에 대한 방제효과를 측정하기 위하여 피해엽율을 가지고 산정하였다. 약제 살포 후 7일이 경과한 후의 방제효과를 보면 flufenoxuron과 emamectin benzoate가 90% 내외의 방제효과를 기록하였으며, metaflumizone 2,000배액의 방제가 가장 낮았다( $F = 59.73$ ;  $df = 9,14$ ;  $P < 0.0001$ ) (Table 10). 한편 약제 살포 후 10일 후의 피해엽율을 중심으로 방제가를 계산하여 본 결과 metaflumizone 1,500배액과 2,000배액을 제외하고는 거의 비슷한 방제 효과를 보이는 것을 알 수 있었다( $F = 47.83$ ;  $df = 9,14$ ;  $P < 0.0001$ ).

본 실험은 야외의 파 재배포장에 자연적으로 개체군 밀도가 증가되지 않은 상태에서 추가로 성충을 방사하여 인위적인 발생을 조장한 만큼, 일반 농가에서 발생하는 파밤나방과는 개체군 발생 상태가 많이 차이가 날 수 있을 것으로 판단된다. 일반 포장의 경우, 성충을 비롯하여 각 단계별 유충이 혼합되어 존재하고 있으나 본 시험 포장의 경우 대체적으로 비슷한 영기의 유충들이 분포하고 있었고, 약제를 살포한 시점도 어린 유충들이 주로 분포하고

**Table 10.** Control effects against the welsh onion beet armyworms with tested chemicals on 7 and 10 days after treatment in the welsh onion field (14, 17 Sep. 2004)

Products	% of damaged leaf				Control Effect (%)	% of damaged leaf				Control Effect (%)
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.		1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	Ave.	
Metaflumizone I	6.2	3.3	5.8	5.1	86.6ab	7.0	3.7	4.8	5.2	87.2a
Metaflumizone II	6.3	4.4	7.5	6.1	84.2ab	6.6	5.6	9.3	7.2	82.3b
Metaflumizone III	8.0	8.8	9.7	8.8	76.9b	10.2	9.6	12.3	10.7	73.5b
Chlorfenapyr	4.8	4.6	7.2	5.5	85.5ab	5.0	4.6	6.7	5.4	86.6a
Indoxacarb	3.6	4.4	5.7	4.5	88.1ab	4.8	4.7	6.8	5.4	86.5a
Flufenoxuron	4.4	3.5	4.6	4.2	89.1a	5.7	3.5	5.9	5.0	87.6a
Emamectin benzoate	3.5	4.6	2.8	3.6	90.6a	3.7	5.1	2.8	3.8	90.5a
Control	32.4	37.2	45.3	38.3	-	33.3	39.8	48.1	40.4	-

있었던 점에 비추어 일반 농가 포장보다는 방제효과가 높게 나왔을 것으로 판단된다. 위의 실내 검정에서 살펴본 듯이 emamectin benzoate와 chlorfenapyr를 제외한 metaflumizone, indoxacarb, flufenoxuron 등의 약제들은 어린 유충들에게는 효과적인 독성을 보이지만, 노령유충으로 갈수록 치사율이 낮아지는 것을 감안하여 알 상태와 어린 유충들이 주로 분포하고 있는 시점에서 약제를 살포하고 이를 반복적으로 2-3회 약제를 바꾸어 가면서 살포하는 것이 포장에서 파밤나방의 피해를 최소화하는 최선의 방법이라고 생각되며, 또한, 약제들이 서로 다른 작용기작을 가지고 있는 약제들로서 유의차가 없는 수준의 방제효과를 보이고 있기 때문에 이들 약제들의 연용을 피하고 사용하게 되면 목적하는 방제효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

### Literature Cited

- Black, B.C., Hollingworth, R.M., Ahammadsahib, K.I., Kukul, C.D. and Donovan, S., 1994. Insecticidal action and mitochondrial uncoupling activity of AC-303,630 and related halogenated pyrroles. *Pestic. Biochem. Physiol.* 50, pp. 115-128.
- EMA. 2006. Committee for medicinal products for veterinary use summary of opinion ProMeris. <http://www.emea.eu.int/pdfs/vet/opinion/38221906.pdf>.
- Goh, H.G., J.D. Park, Y.M. Choi, G.M. Choi, & I.S. Park. 1991. The host plants of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner), (Lepidoptera: Noctuidae) and its occurrence. *Kor. J. Appl. Entomol.* 30(2): 111-116.
- Goh, H.G., J.S. Choi, G.B. Uhm, K.M. Choi, & J.W. Kim. 1993. Seasonal fluctuation of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner), adult and larva. *Kor. J. Appl. Entomol.* 32(4): 389-394.
- Goh, H.G., S.G. Lee, K.M. Choi & J.H. Kim. 1991. The larval development of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner), (Lepidoptera: Noctuidae) by the widths of the head capsule. *Kor. J. Appl. Entomol.* 30(1): 54-55.
- Harder, H.H., Riley, S.L., McCann, S.F., Irving, S.N., 1996. DPX-MP062: a novel, broad-spectrum, environmentally soft insect control compound. Proceedings of the 1996 Brighton Conference, Brighton, UK.
- Kim, G.J., J.D. Park & D.S. Choi. 1995. Seasonal occurrence of *Spodoptera exigua* in Chonnam Province and a possibility of their control in vinyl house with pheromone traps. *Kor. J. Appl. Entomol.* 34(2): 106-111.
- Kwon, M., C.S. Park & Y.I. Ham. 1997. Occurrence pattern of insect pests on several varieties of potato. *Kor. J. Appl. Entomol.* 36(2): 145-149.
- Lee, J.H. & K.S. Boo. 1993. Comparative effects of nicotine and diazinon on larval mortality and activity of cytochrome P-450 monooxygenases in *Helicoverpa assulta* and *Spodoptera exigua*. *Kor. J. Appl. Entomol.* 32(2): 225-235.
- Park, J.D. & K.J. Kim. 1995. Control of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae), using synthetic sex pheromone. II. Control using mating disruption dispensers in field. *Kor. J. Appl. Entomol.* 34(3): 169-173.
- Park, J.D., H.G. Goh, J.H. Lee, U.J. Lee & K.J. Kim. 1991. flight activity and injury characteristics of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner), (Lepidoptera: Noctuidae) in southern region of Korea. *Kor. J. Appl. Entomol.* 30(2): 124-129.
- Pimprale, S.S., Besco, C.L., Bryson, P.K. and Brown, T.M., 1997. Increased susceptibility of pyrethroid-resistant tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) to chlorfenapyr. *J. Econ. Entomol.* 90, pp. 49-54.
- Tomlin, C.D.S. 2003. A World Compendium The Pesticide Manual. 13th ed. BCPC. 1.344pp. Yen, T.H. & J.L. Lin. 2004. Acute poisoning with emamectin benzoate. *J. Toxicol: Clin. Toxicol.* 42(5): 657-661.
- Wing, K.D., Schnee, M.E., Sacher, M. and Connair, M., 1998. A novel oxadiazine insecticide is bioactivated in lepidopteran larvae. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 37, pp. 91-103.

(Received for publication March 17 2008;  
revised June 2 2008; accepted June 23 2008)