

파밤나방(*Spodoptera exigua*)의 환경친화적 방제를 위한 작물보호제의 선발

김대용 · 조민수 · 최수연 · 백승경 · 김진수 · 윤영남 · 황인천¹ · 유용만*

충남대학교 농업생명과학대학 응용생물학과, ¹(주)경농 중앙연구소

Selection of Crop Protectant for Friendly Environmental Control of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae)

Da-Yong Jin, Min-Su Cho, Su-Yeon Choi, Seung-Kyoung Paek, Jin-Su Kim, Young-Nam Youn, In-Cheon Hwang¹ and Yong-Man Yu*

Dept. Applied Biology, Coll. Agricul. and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

¹Central Research Institute, Kyung Nong Co., Gyeong-ju 780-110, Koera

ABSTRACT : For the development of friendly environmental control of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* that is too hard to control in the field, 25 insecticides were chosen from 58 registered to the beet armyworm, and bioassayed. There are 12 insecticides with neurotoxic activities, 10 with insect growth regulators and 3 *Bacillus thuringiensis* products. Among 12 insecticides with neurotoxic activities, mortality of *S. exigua* was 100% with emamectin benzoate (EC) and indoxacarb (WP) within 3 and 5 days after application, respectively. Otherwise, WG and SC of indoxacarb, Indoxacarb + etofenprox (WP) and pyridalyl (EW) were showed up to 91%. Methoxyfenozide + spinosad (SC) was better than any other insect growth regulator as 100% mortality within 3 days after application. And methoxyfenozide (WP), tebufenozide (WP) and methoxyfenozide (SC) were 92% by 5 days. However, 3 kinds of *B. thuringiensis* products were showed under 35% mortality within 5 days from first spray.

KEY WORDS : Beet armyworm, *Spodoptera exigua*, Insecticide, *Bacillus thuringiensis*, Bioassay

초 록 : 생리, 생태적 특성 때문에 난방제 해충으로 알려져 있는 파밤나방에 대한 친환경적인 방제방법을 개발하기 위하여 국내 등록/판매 중인 화학농약과 생물농약에 대해 생물검정을 실시했다. 국내 파밤나방에 등록되어 있는 총 58개 약제 중에서 선발된 25종의 살충제에 대하여 약효시험을 실시하였으며, 그중 신경독(Neurotoxin)작용으로 해충을 치사시키는 살충제(12종)와 해충의 성장을 저해하는 성장조절제(IGR) 및 혼합제(10종) 그리고 생물농약 Bt제(3종)로 구분하여 살충효과를 검정 하였다. 신경독작용을 하는 12종의 약제 중 가장 속효성이며 살충성이 좋은 것은 Avermectin계인 Emamectin benzoate (EC)가 처리 3일 후에 100%의 효과를 나타냈었고, 다음으로 Oxadiazine계인 Indoxacarb (WP)가 처리 5일 후에 100%의 사망율을, Indoxacarb (WG), Indoxacarb (SC), Indoxacarb + Etofenprox (WP), Pyridalyl (EW) 등 4종 약제가 91%이상의 약효를 나타내었다. 한편, 처리된 10종의 곤충성장조절제 중 Diacylhydrazine계인 Methoxyfenozide + spinosad (SC) 혼합제는 처리 3일 후에 100%의 빠른 살충률을 보였고, Methoxyfenozide (WP), Tebufenozide (WP), Methoxyfenozide (SC) 등 3종 약제는 처리 5일 후에 92%이상의 살충률을 나타냈다. 생물농약인 3종류의 *Bacillus thuringiensis*제는 모두 파밤나방에 35%이하의 살충률을 나타내었다.

검색어 : 파밤나방, 살충제, 생물농약, 생물검정, *Bacillus thuringiensis*

* Corresponding Author. E-mal: ymyu@cnu.ac.kr

우리나라의 농작물에 대표적인 난방제 해충으로 알려진 파밤나방(*Spodoptera exigua* (Hubner))은 동남아시아가 원산지로서 주로 열대, 아열대, 온대지방에 널리 분포하고 있다(Mochida and Okada, 1974). 우리나라에서는 1986년에 전남 진도에서 피해가 확인된 이후(Goh *et al.*, 1993a, b; Park *et al.*, 1991), 1988년부터 전국적으로 대량 발생하여 피해가 심각하며 기주범위는 광범하여 채소, 화훼, 과수, 특용작물 등 40과 200여종에 달하여 거의 모든 식물을 가해하는 잡식성 해충으로 알려져 있다(Minamikawa, 1937; Mochida and Okada, 1974). 파밤나방은 최근의 기온상승과 시설재배지의 증가로 인해 발생세대수가 증가할 뿐만 아니라 내한성기작을 이용한 월동 가능성을 증폭시켜 해마다 발생이 증가되고 있다(Goh *et al.*, 1991; Kim and Kim, 1997). 따라서 이 해충의 방제는 화학 살충제 외에 별다른 뚜렷한 방제방법이 알려져 있지 않았고, 또한 약제에 대한 감수성 저하 및 생태적 특성 때문에 방제가 어려운 난방제 해충으로 알려져 있다(Aldosari *et al.*, 1996; Choi *et al.*, 1996b; Kim and Kim, 1997). 또한 파밤나방 유충은 3령기 이후에는 유기합성 살충제에 대한 높은 저항성 출현으로 방제가 어려울 뿐만 아니라(Meinke and Ware, 1978), 최근 생물농약인 *Bacillus thuringiensis*에 대해서도 저항성이 문제가 되고 있다(MacIntosh *et al.*, 1990). 최근 우리나라에서는 친환경 농업의 점진적인 확산과 시설재배 면적의 증가와 더불어 난방제 해충인 파밤나방의 발생이 증가되고 있어 그에 대한 친환경적인 방제 방법의 개발이 요구되고 있는 실정이다. 이러한 파밤나방의 생물적 방제의 시도는 곤충병원성 핵다각체바이러스, 선충 그리고 합성 성페르몬을 사용하여 시도되었다(Goh *et al.*, 1991; Kim *et al.*, 1995. Choi *et al.*, 1996a; Han *et al.*, 1999; Bae *et al.*, 2007).

Choi *et al.* (1996b)는 우수한 특성을 가지고 있는 약제라 하더라도 사용량이나 사용횟수가 많아지면 해충에 대한 도태압이 높아져 저항성 해충의 발생은 필연적이라는 연구 결과와 해충방제를 위한 약제의 사용은 살충력과 작용특성에 대한 정확한 정보를 토대로 하여야 한다고 보고하였다.

따라서 본 연구는 우리나라에 현재 시판되고 있는 25종의 살충제로 파밤나방 유충의 살충 효과를 알아보고 효과가 높은 농약을 선발하여 약제 살포회수를 줄이고 농약잔류에 안전한 천연물 유래의 농약을 추천하여 친환경 농업에 적절히 이용하고자 하였다. 또한 미생물농약의 방제효과를 시험하여 파밤나방의 환경친화적인 종합방제 방법을 개발하는데 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험곤충

본 실험에 사용된 파밤나방(*Spodoptera exigua*)은 농촌진흥청 농업생물부 유용곤충과에서 분양받아 실험실에서 인공사료(Gho *et al.*, 1990)로 1년간 누대 사육한 것을 이용하였다. 사육 조건은 온도 25±1°C, 광주기 16:8 h (L:D)이었다. 성충의 먹이로는 10% 설탕물을 산란상자(직경: 20 cm, 높이: 15 cm의 플라스틱)에 공급하였다.

실험약제

Table 1에서 볼 수 있는 것 같이 실험에 사용된 신경독제와 IGR계의 약제는 대전광역시시의 농약사를 통하여 총 22종의 약제를 구입하였으며, 사용농도는 상품의 사용설명서에 있는 추천 농도에 의하여 살포 하였다. 생물농약도 동일한 방법으로 3종류를 구입하여 사용하였다.

살충제 생물검정

22종의 화학농약을 각각 제조사의 추천배수로 희석하여 배추잎의 디스크(5×5 cm)를 만들어 약액에 30초 침지한 후 꺼내어 충분히 음건한 다음 페트리디쉬(φ: 14 mm)에 넣고 파밤나방 3령 유충을 10마리씩 접종하였다. 처리 후 24 h 간격으로 5일간 사충수를 조사하였다(작은 붓으로 유충의 몸을 건들려 움직이지 않으면 사충으로 인정). 대조구는 물을 처리하여 유충 10마리씩 실험하였다. 모든 실험은 3반복 실시하였다.

3종의 *B.t.* 약제는 각각 추천배수로 인공사료에 처리하고 파밤나방 2령 유충을 페트리디쉬(φ: 14 mm)에 1마리씩 접종하였다. 처리 후 24 h 간격으로 5일간 사충수를 조사하였다. 물로 처리한 것을 대조구로하고 유충 20마리씩 2반복 실험하였다.

결과 및 고찰

최근 파밤나방 발생이 증가하면서 약제방제에 대한 어려움을 호소하는 농업인들이 증가하고 있다. 이러한 현상은 파밤나방이 약제에 대한 고유의 저항능력 및 일반 약제에 대한 무분별한 오남용으로 저항성이 나타나는 것으로 보고되고 있다(Yoshida and Paerrella, 1987). 따라서 본

실험은 우리나라에 등록되어 있는 화학농약의 약제별 감수성을 시험하고 효과적인 약제를 선발하여 환경친화적인 방제 방법을 개발하고자 시험을 시도하였다. 국내의 파밤나방에 등록되어 있는 화학 농약을 조사하여 대전광역시 인근에서 구입 가능한 약제 25종을 선발하였다 (Table 1). 선발된 약제를 신경독(Neurotoxin)제, 곤충생장조절제(IGRs) 및 생물농약으로 구분하여 실험하였다. 12종의 신경독제 중 접촉독 및 소화중독에 의하여 살충효과를 나타내는 Emamectin benzoate EC의 약효가 처리 1일 후 90%의 가장 높은 살충효과를 나타내었고, 처리 3일 후에는 100%의 살충효과가 관찰되었다. 그리고 다음으로 Indoxacarb WP, WG, SC, Indoxacarb + etofenprox WP, Pyridalyl EW 등 5종 약제는 처리 1일 후 낮은 살충효과를 보였으나, 처리 5일 후에 91%이상에 달하여 비교적 좋은 효과를 나타내었다. 이러한 속효성의 차이는 포장에서의 약제 살포시 작물의 피해정도와 상품성 측면을 고려

하여 방제 약제를 선정하는데 주요한 요인이 될 수 있다. 그 밖에 시험된 약제 중에서 나머지 6종류는 실험실에서도 방제효과가 많이 떨어지는 것으로 나타났다. 한편, Indoxacarb의 경우 WP, WG, SC 등 서로 다른 3종의 제형이지만 동일성분, 동일약량의 살포에서는 미세한 차이를 보이므로 향후 제형에 따른 효과 차이는 더 많은 시험이 필요하다고 판단된다. 파밤나방의 노령 유충인 경우 섭식량이 많고 약제에 대한 감수성차가 크게 나타나므로 약제 살포 시 가능한 한 속효성인 약제 선발이 바람직할 것으로 사료된다. 생물활성 검정시험에서 Emamectin benzoate은 처리 1일 후 빠른 약효로 90%이상의 방제가를 나타내 이번 시험된 약제 중 가장 효과가 좋은 것으로 나타났다(Fig. 1). 그러나 본 실험에 처리된 약제 중 대부분이 처리 1일 후 사망률이 30%정도로 관찰되었다. 본 실험에 사용된 파밤나방의 유충은 3령이므로 4, 5령이 혼재되어 있는 포장에서 방제 하고자 할 경우에는 많은

Table 1. Insecticides tested in this study

Types	Insecticide	Formul.	A.I. (%)	Group
Neurotoxin Insecticides	Emamectin benzoate	EC	2.15	Avermectin
	Indoxacarb	WP	10	Oxadiazine
	Indoxacarb	WG	30	Oxadiazine
	Indoxacarb	SC	5	Oxadiazine
	Indoxacarb + Etofenprox	WP	1.5+10	Oxadiazine + Pyrethroid
	Pyridalyl	EW	10	-
	Etofenprox	EC	20	Pyrethroid
	Bifenthrin	WP	2	Pyrethroid
	Cartap hydrochloride	SP	50	Cartap
	Bifenthrin	WG	8	Pyrethroid
	Ethofenprox + Diazinon	WP	8+25	Pyrethroid + Organophosphate
	Acetamiprid + Etofenprox	WP	2.5+8	Neonicotinoid + Pyrethroid
Insect Growth Regulators	Methoxyfenozide + Spinosad	SC	10+5	Diacylhydrazine + Spinosyn
	Methoxyfenozide	WP	4	Diacylhydrazine
	Tebufenozide	WP	8	Diacylhydrazine
	Methoxyfenozide	SC	21	Diacylhydrazine
	Chlorfluazuron	EC	5	Benzoylurea
	Trflubenzuron	SC	5	Benzoylurea
	Imidacloprid + Methoxyfenozide	WP	4+8	Oxadiazide + Diacylhydrazine
	Flufenoxuron	DC	5	Benzoylurea
	Lufenuron	EC	5	Benzoylurea
Indoxacarb + Teflubenzuron	WP	1+2	Oxadiazine + Benzoylurea	
<i>Bacillus thuringiensis</i>	<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> (S product)	SC	1×10^7 cfu/ml	Bacteria
	<i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> (K product)	WP	3×10^6 cfu/mg	Bacteria
	<i>B. thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> (T product)	WP	1×10^9 cfu/g	Bacteria

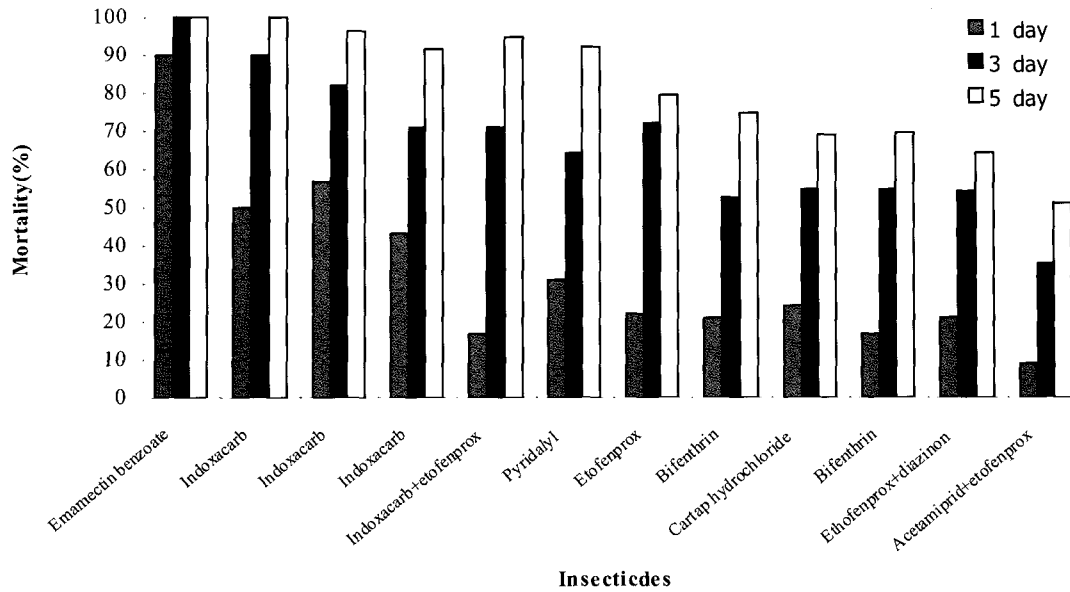


Fig. 1. Mortalities of *Spodoptera exigua* treated with neurotoxic insecticides.

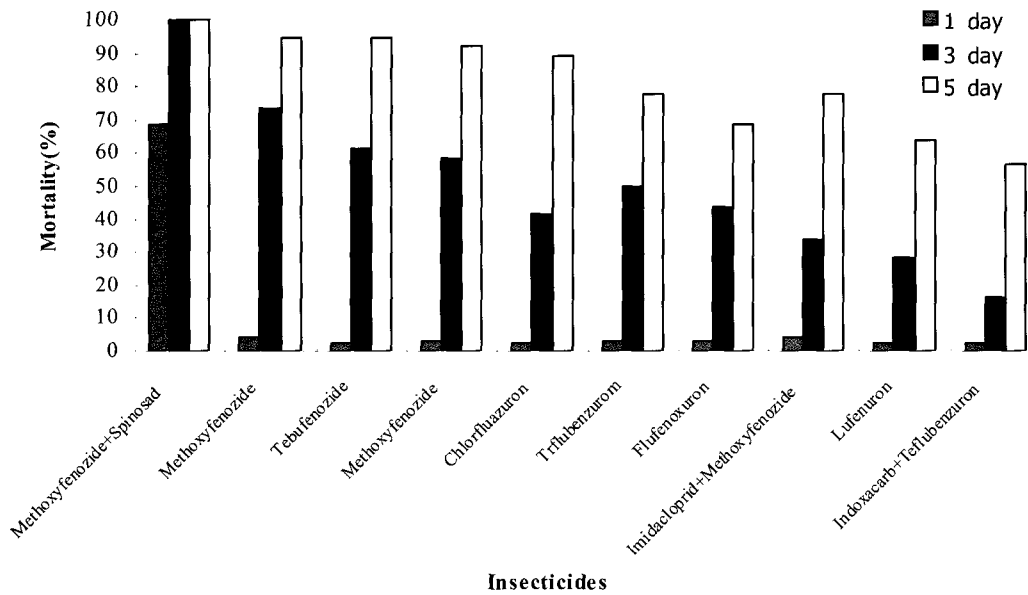


Fig. 2. Mortalities of *Spodoptera exigua* treated with insect growth regulators.

주의가 필요하다고 사료된다.

한편 나방류에 효과가 인정되면서 친환경 농업이 가능한 작물보호제로서 IGRs계가 파밤나방에는 10종류가 등록되어있다(Table 4). 본 시험에 사용된 IGRs계통의 농약 중에서는 해충의 탈피를 촉진하는 성분과 소화중독 및 접촉독에 의해 해충의 신경전달계를 마비시켜 살충효과를 나타내는 혼합제로 Methoxyfenozide + Spinosad SC

의 약효가 가장 높아 처리 1일 후에 약효가 68%이상에 달하여 신경독제 수준으로 빠른 효과가 관찰되었다. 그리고 IGRs 계통의 약제임에도 처리 3일 후 100% 방제효과가 관찰되어 신경독제 못지않은 속효성과 높은 효과를 보였다. 그리고 Methoxyfenozide WP, Tebufenozide WP, Methoxyfenozide SC 등 3종 약제의 약효도 처리 5일 후에는 92%이상에 달하는 비교적 높은 효과를 나타내었다.

본 시험에 사용된 IGRs계 농약에 대한 생물활성에서도 5종류는 방제가가 80%정도로 높았으나 Indoxacarb + Teflubenzuron 57%을 비롯한 나머지 4종류는 비교적 낮은 방제가를 보였다. 한편, IGRs계 농약에서는 처리 후 사망하는 시간 경과에 따라 작물의 경제적 피해가 발생하기 때문에 속효적인 약제가 필요할 것이라 판단된다. 처리된 10개의 약제 중에 Methoxyfenozide + Spinosad SC 약제만 1일 후 사망률이 68.9%이고 나머지는 모두 5%미만으로 IGRs계 농약의 특성을 잘 보여주고 있다. 그러나 처리 5일 후에는 높은 방제가를 보여주고 있다. 이러한 초기 약제 발현이 낮다하더라도 친환경 농산물 생산을 위한 농가를 위하여서는 이러한 천연물 유래의 저독성 약제이면서 잔류기간이 짧은 약제선발이 꼭 필요하다고 사료된다.

한편 친환경적 종합방제방법을 개발하기 위하여 시중에서 판매되고 있는 3종의 BT생물농약은 파밤나방 유충

에 약효가 낮아 처리 5일 후에 35%의 방제효과 밖에 되지 않아 실용성이 거의 없는 것으로 나타났다(Table 4).

이러한 결과로부터 신경독제 중에서 약효가 가장 높았던 Emamectin benzoate EC는 토양박테리아에서 추출한 천연성분의 유도체로 Avermectin계통에 속하였고, 약효가 90% 이상인 Indoxacarb WP, WG, SC, Indoxacarb + etofenprox WP 등 4종 약제는 모두가 Oxadiazine계통에 속하는 약제인 것으로 나타나 파밤나방 유충에는 Avermectin계통과 Oxadiazine계통이 보다 효과적인 것을 알 수가 있었고, 다른 한편으로 효과가 높았던 IGRs 약제와 토양방선균에서 유래된 Methoxyfenozide + Spinosad SC 과 Methoxyfenozide WP, SC, Tebufenozide WP 등 4종 약제가 모두 Diacylhydrazine계통에 속하는 것으로 보아 파밤나방 유충에는 이 계통의 탈피촉진작용이 다른 계통의 키틴형성저해로 인한 탈피억제작용보다 더욱 효과적인 것을 알 수가 있었다.

Table 2. Mortality of *Spodoptera exigua* against several insecticides

Insecticides	Formul.	A.I. (%)	Dilution	No. of insect tested	Mortality (%±S.E.) after application		
					1 day	3 days	5 days
Emamectin benzoate	EC	2.15	2000	90	90.0±12.0a	100.0±0.0a	100.0±0.0a
Indoxacarb	WP	10	2000	90	50.0±13.3bc	90.0±17.3ab	100.0±0.0a
Indoxacarb	WG	30	6000	90	56.7±16.9b	82.1±15.4abc	96.2±6.6a
Indoxacarb	SC	5	1000	90	43.3±17.4bcd	71.2±18.5bcd	91.4±9.7ab
Indoxacarb + Etofenprox	WP	1.5+10	1000	90	16.7±8.8e	71.2±13.2bcd	94.6±2.5ab
Pyridalyl	EW	10	1000	90	31.0±19.3cde	64.0±19.5bcd	92.1±7.7ab
Etofenprox	EC	20	1000	90	22.2±12.5de	71.9±13.2bc	79.5±19.2abc
Bifenthrin	WP	2	1000	90	21.1±13.9de	52.8±18.2de	75.0±19.0abcd
Cartap hydrochloride	SP	50	1000	90	24.4±12.6de	55.0±11.6cde	69.0±19.3bcd
Bifenthrin	WG	8	4000	90	16.7±13.4e	55.0±19.2cde	69.7±19.0bcd
Ethofenprox + Diazinon	WP	8+25	1000	90	21.1±1.9de	54.2±16.9cde	64.3±18.6cd
Acetamiprid + Etofenprox	WP	2.5+8	1000	90	8.9±1.9e	35.4±6.6e	51.3±12.7d

Table 3. Mortality of *Spodoptera exigua* against several insect growth regulators

Insecticide	Formul.	A.I. (%)	Dilution	No. of insect tested	Mortality (%±S.E.) after application		
					1 day	3 days	5 days
Methoxyfenozide + Spinosad	SC	10+5	2000	90	68.9±12.3a	100.0±0.0a	100.0±0.0a
Methoxyfenozide	WP	4	1000	90	4.4±5.1b	73.2±17.6b	94.4±9.6a
Tebufenozide	WP	8	1000	90	2.2±1.9b	61.7±20.5bc	94.4±9.6a
Methoxyfenozide	SC	21	4000	90	3.3±5.8b	58.4±19.1bcd	92.0±6.9ab
Chlorfluzuron	EC	5	2000	90	2.2±1.9b	41.4±11.3cdef	89.2±10.4ab
Trflubenzuron	SC	5	2000	90	3.3±3.4b	49.8±17.5bcde	77.7±13.1abc
Imidacloprid + Methoxyfenozide	WP	4+8	1000	90	4.4±2.0b	33.5±13.6def	77.9±17.0abc
Flufenoxuron	DC	5	2000	90	3.3±3.4b	44.0±13.4cde	68.6±19.8bc
Lufenuron	EC	5	1000	90	2.2±3.9b	28.3±7.3ef	63.6±14.7c
Indoxacarb + Teflubenzuron	WP	1+2	1000	90	2.2±1.9b	16.1±7.5f	56.4±11.9c

Table 4. Bioactivity of *Spodoptera exigua* against three *Bacillus thuringiensis*

Insecticide	Formul.	A.I.	Dilution	No. of insect tested	Mortality (%±S.E.) after application		
					1 day	3 days	5 days
<i>B.t</i> subsp. <i>aizawai</i> (S product)	SC	1×10 ⁷ cfu/ml	400	40	0±0.0	12.5±10.6	35.0±7.1
<i>B.t</i> var. <i>kurstaki</i> (K product)	WP	3×10 ⁶ cfu/mg	1000	40	0±0.0	12.5±3.5	27.5±3.5
<i>B.t</i> subsp. <i>aizawai</i> (T product)	WP	1×10 ⁹ cfu/g	2000	40	0±0.0	5.0±0.0	20.0±0.0

이러한 결과 친환경 농업에 사용되는 주요 농자재의 선별에서는 천연물유래의 생물농약의 종류로서 속효성이면서 방제가가 높게 나타나는 약제를 적절하게 사용하면 보다 안전한 농산물을 생산할 수 있을 것으로 판단된다. 본 실험에서 나타난 약제에 대한 단점으로 지효성 및 낮은 방제가를 나타내는 문제점은 나노 형태와 같은 특수한 제형 개발로 보다 효과 높고 유용하게 연구를 진행 할 계획이다. 이러한 실내 시험을 통하여 파밤나방의 친환경적 종합 방제 방법을 농가 포장에서 확인하여 보급할 수 있는 실험이 필요하게 되었다.

사 사

본 연구는 2007/2008년도 농림기술센터의 농림기술개발 연구비지원에 의하여 수행되었습니다.

Literature Cited

- Aldosari, S.A., T.F. Watson, S. Sivasupramaniam and A.A. Osman. 1996. Susceptibility of field populations of beet armyworm (*Lepidoptera*: Noctuidae) to cyfluthrin, methomyl, and profenofos, and selection for resistance to cyfluthrin. *J. Econ. Entomol.* 89: 1359-1363.
- Bae. S.D., H.J. Kim., G.H. Lee and S.T. Park. 2007. Seasonal occurrence of tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Fabricius and beet armyworm, *Spodoptera exigua* hubner using sex pheromone traps at different locations and regions in Yeongnam district. *Korean J. Appl. Entomol.* 46(1): 27-35.
- Choi, J.R., W.R. Song, S.Y. Hwang, H.S. Kim and J.O. Lee. 1996b. Age-related susceptibility of *Spodoptera litura* larvae to some insecticides. *Korean J. Appl. Entomol.* 35(3): 249-253.
- Choi, J.Y., H.S. Kim., B.R. Jin., K.Y. Seol, H.Y. Park and S.K. Kang. 1996a. Pathogenicity and production of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus. *Korean J. Appl. Entomol.* 35(3): 228-231.
- Goh, H.G., J.D. Park, Y.M. Choi, K.M. Choi and I.S. Park. 1991. The host plants of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner), (*Lepidoptera*; Noctuidae) and its occurrence. *Korean J. Appl. Entomol.* 30(2): 111-116.
- Goh, H.G., J.S. Choi, K.B. Uhm, K.M. Choi and J.H. Kim. 1993a. Spatial distribution pattern of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner), larvae in the welsh onion field. *Korean J. Appl. Entomol.* 32(2): 134-138.
- Goh, H.G., J.S. Choi, K.B. Uhm, K.M. Choi and J.H. Kim. 1993b. Seasonal fluctuation of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner). *Korean J. Appl. Entomol.* 32(4): 389-394.
- Goh, H.G., S.G. Lee, B.P. Lee, K.M. Choi and J.H. Kim. 1990. Simple mass-rearing of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (*Lepidoptera*: Noctuidae), on an artificial diet. *Korean J. Appl. Entomol.* 29: 180-183.
- Goh, H.G., S.G. Lee, K.M. Choi and J.H. Kim. 1991. The larval development of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner), (*Lepidoptera*; Noctuidae) by the widths of the head capsule. *Korean J. Appl. Entomol.* 30(1): 54-57.
- Han, S.C., S.S. Lee and Y.G. Kim. 1999. Pathogenicity and multiplication of entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* Weiser, on been armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner) and tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius). *Korean J. Appl. Entomol.* 38(3): 255-260.
- Kim, Y. and N. Kim. 1997. Cold hardiness of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Noctuidae: Lepidoptera). *Environ Entomol.* 26: 1117-1123.
- Kim, K.C., J.D. Park and D.S. Choi. 1995. Seasonal occurrence of *Spodoptera exigua* in chonnam province and a possibility of their control in vinyl house with pheromone traps. *Korean J. Appl. Entomol.* 34(2): 106-111.
- MacIntosh, S.C., T.B. Stone, S.R. Sims, P.L. Hunst, J.T. Greenplate, P.G. Marrone, F.J. Periak, D.A. Fischhoff and R.L. Fuchs. 1990. Specificity and efficacy of purified *Bacillus thuringiensis* proteins against agronomically important insects. *J. Invertebr. Pathol.* 56: 258-266.
- Meinke, L.J. and G.W. Ware. 1978. Tolerance of three beet armyworm strains in Arizona to methomyl. *J. Econ. Entomol.* 71: 645-646.
- Minamikawa, H. 1937. Survey on the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* Favrcius. *Taiwan Central Res. Inst. Agr. Report.* 70: 1-66.
- Mochida, O. and T. Okada. 1974. A bibliography of *Spodoptera* spp. (*Lepidoptera*: Noctuidae). *Misc. Bull. Kyushu Nat. Agr. Expt. Sta.* 49: 1-110.
- Park, J.D., H.G. Goh., J.H. Lee., W.J. Lee and K.J. Kim. 1991. Flight activity and injury characteristics of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner), (*Lepidoptera*: Noctuidae) in southern region of Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 30(2): 124-129.
- Yoshida, H.A and M.P. Paerrella. 1987. The beet armyworm in floricultural crops. *Calif. Agric.* 41: 13-15.

(Received for publication March 15 2008;
accepted March 21 2008)