

온도조건에 따른 담배거세미나방핵다각체병바이러스의 병원성 검정

김선곤* · 김도익 · 박종대 · 최형국 · 유용만¹

전남농업기술원 식물환경연구과, ¹(주)경농중앙연구소

Pathogenicity of *Spodoptera litura* Nucleopolyhedrovirus with Different Temperatures

Seon-Gon Kim*, Do-Ik Kim, Jong-Dae Park, Hyeong-Gug Choi and Yong-Man Yu¹

Division of Plant Environ. Res., Jeonnam Agricultural Research and Extension Services, Naju 520-715, Republic of Korea

¹Central Research Institute, Kyungnong Co. 226, Guhwangdong Kyongju Kyongbuk 780-119, Republic of Korea

ABSTRACT : This experiment was conducted to investigate pathogenicity of *Spodoptera litura* nucleopolyhedrovirus (SINPV) with different temperatures to mass production. In laboratory, LC₅₀ values of SINPV were 5.534×10^3 PIBs/ml and 4.10×10^2 PIBs/ml in 1st instar larvae at 20°C and 28°C, respectively, but those were increased at 32°C. LC₅₀ at 3rd and 5th instar larvae were showed the lowest value at 28°C. LT₅₀ values of SINPV in $1.0 \times 10^{5-7}$ PIBs/ml were determined at various temperature conditions (20-32°C). The result showed that treatments at 28°C and 32°C shortened LT₅₀ values, but treatments at 20°C and 24°C was relatively longer. Also LT₅₀ values was shortened in high concentration and young larva. LT₅₀ values are dependent on the temperature, viral concentration and larval instar.

KEY WORDS : Tobacco cutworm, *Spodoptera litura*, Nucleopolyhedrovirus, Pathogenicity, Temperature

초 록 : 담배거세미나방 핵다각체병바이러스의 온도별, 농도별로 병원성 검정결과는 다음과 같다. SINPV의 온도에 따른 담배거세미나방 유충 영기별 LC₅₀은 20-28°C 범위에서는 1, 3, 5령에서 온도가 높아질수록 낮아졌으나 32°C에서는 높아졌다. LT₅₀은 핵다각체병바이러스 $1.0 \times 10^{5-7}$ Polyhedral inclusion bodies (PIBs)/ml에서 온도조건(20-32°C)이 20°C와 24°C에 비하여 28°C와 32°C에서 짧았다. 또한 바이러스 농도가 높고, 유충의 영기가 어릴수록 짧아져 LT₅₀은 온도조건, 바이러스 농도, 유충 영기에 의존하였다.

검색어 : 담배거세미나방, 핵다각체병바이러스, 병원성, 온도

담배거세미나방은 발생기의 고온과 맑은 날씨가 지속되면 매우 높은 증식력을 나타내어 짧은 기간 동안 그 밀도가 폭발적으로 증가하게 된다(Kim and Shin, 1987). 발생시기는 대체로 8월부터 노지에서 재배되고 있는 전작물에서 유충과 성충이 발견되기 시작하여 9월에 최고의 발생량을 보이다가 그 이후에는 점차 발생량이 줄어들기 시작하여 11월 중순 이후에는 노숙

유충 및 번데기 상태로 월동에 들어가게 된다(Bae and Cho, 1998). 우리나라 남부지방에서 연간 5세대를 경과하고 1,2세대의 발생량은 극히 적지만 그 이후 세대는 많고, 시설채소와 원예작물에 피해를 주고 있으며 해마다 발생 면적이 확대되어 문제가 되고 있다(Shin *et al.*, 1987).

담배거세미나방핵다각체병바이러스는 기준곤충에

*Corresponding author. E-mail: soung@jares.go.kr

대한 특이성이 높아(Oliver, 1964), 생물농약으로 이미 일부 선진국에서는 살충제가 상품화되고 있다(Kurstak, 1982). 이 바이러스의 대량증식 방법은 숙주곤충의 대량사육을 통한 생체증식 방법이 주로 이용되고 있으며 곤충배양세포계를 이용한 양산체계도 시도되고 있으나 경제적인 문제로 실용화 되지 못하고 있다(Kurstak, 1982). 생체증식에 의한 바이러스의 증식 목적은 숙주곤충의 조직을 최대한 이용하는 동시에 병원성이 높은 바이러스를 생산함에 있다. 따라서 본 시험은 1999년부터 2000년까지 담배거세미나방의 온도별, 영기별 병원성을 검정하여 대량생산 체계를 확립코자 실시하였다.

재료 및 방법

담배거세미나방 증식

담배거세미나방(*Spodoptera litura*)은 포장에서 유충을 채집하여 Im *et al.*(1988)이 사용한 인공사료 조성 중에서 강낭콩 분말 대신 국내에서 많이 재배되고 손쉽게 구입 할 수 있는 콩 분말로 변경(Table 1)하여 사용하였다. 채란을 위하여 암수 20-30개의 번데기를 유산지로 만든 삼각통(가로 50, 세로 30, 높이 30 cm)에 넣고 성충으로 우화시켰으며, 유산지 통안에 10% 설탕물을 공급하여 산란을 유도하였다. 교미한 암컷 성충이 산란한 부분의 유산지를 난과 함께 떼어내어 인공사료(5 ± 0.2 g) 위에 난피를 접종하여 플라스틱 용기($20 \times 12 \times 12$ cm)내에서 2령까지 사육하였다. 3령부터는 cannibalism을 막기 위하여 개체 사육용기($4 \times 4 \times 3$ cm)에 1마리씩 넣고 4-5일 간격으로 인공사료가 마르면 교체하면서 번데기가 될 때까지 사육하였다. 한편 사육곤충의 활력을 유지하고 퇴화를 막기 위해 10세대 이상 누대 사육한 개체는 wild type과 교미시

켰으며, 사육조건은 온도 $25 \pm 2^\circ\text{C}$, RH 65%, 광주기 16L:8D이었다.

핵다각체병바이러스 증식

담배거세미나방핵다각체병바이러스(SINPV)는 농업과학기술원 작물보호부 농업해충과 곤충병리연구실에서 분양 받아, 포르말린을 넣지 않은 인공사료(5 ± 0.2 g) 표면에 500 μl 의 바이러스를 처리한 후 1시간 정도 음건시켜 개체 사육용기($4 \times 4 \times 3$ cm)에 넣고 4령 유충이 완전히 섭식하게 한 후 사육하면서 죽은 유충을 수확하였다. Im *et al.* (1989)의 방법에 따라 수확한 이 병충에 10배(v/w)의 0.01% SDS 용액을 가하여 마쇄한 후 이중 거즈로 여과하고 1,000 rpm으로 5분 동안 원심분리하여 유충의 찌꺼기를 제거한 후 2-3회 3,000 rpm의 저속 원심분리와 40-65% 설탕 밀도구배 원심(25,000 rpm, 60 min.)으로 다각체를 순화시켜 바이러스 농도가 1.0×10^9 PIBs/ml 되도록 조제하였다. 이 바이러스 용액을 -20°C 냉동고에 보관하면서 사용하였다.

핵다각체병바이러스 병원성 검정

인공사료는 30 ml 용량의 뚜껑이 있는 투명 플라스틱 컵에 분주(5 ± 0.2 g)하여 4°C 냉장고에서 식혀 사용하였다. 바이러스 농도는 1령충은 $1.0 \times 10^{2-7}$ PIBs/ml, 3령과 5령은 $1.0 \times 10^{3-8}$ PIBs/ml 농도로 컵당 100 μl 씩을 전착제인 TritonX-100 (0.1%)과 함께 표면에 도포하고 1시간 정도 음건한 다음 영기별로 접종하여 식물생장상(FLI-301N, EYELA Co.)에 온도조건을 20, 24, 28, 32°C 에서 각각 개체 사육하면서 살충율 및 유충 체중 변화를 조사하였다. 처리당 10마리씩 5반복 3회 실시하였으며 검정의 결과는 Abbot식으로 살충율을 보정하여 Finney (1971)의 probit분석법에 의하여 LC_{50} 과 LT_{50} 을 산출하였다.

결과 및 고찰

핵다각체병바이러스 병원성 검정

핵다각체병바이러스의 병원성을 검정하기 위해 영기에 따라 온도별로 LC_{50} 을 조사하였다. 1령충의 20°C 에서는 5.534×10^3 PIBs/ml였으나, 24°C 는 $1.311 \times$

Table 1. Composition of artificial diet of *Spodoptera litura* larva for continuous rearing (modified Im *et al.*, 1988)

Ingredients	Amounts (g)	Ingredients	Amounts (g)
Soybean powder	134	Ascorbic acid	13.3
Wheat germ	134	Linseed oil	3.3 ml
Yeast dried	80	M.P.H.	8
Agar	27	Sorbic acid	2.7
Salt Mix.	13.3	Formalin 37%	2.7 ml
Vitamin Mix	27	Distilled water	1l

*M.P.H. : Methyl p-hydroxybenzoate.

Table 2. Values of lethal concentration (LC₅₀) of SINPV upon different temperature in 1st instar of *S. litura* larvae

Temperatures (°C)	LC ₅₀ (PIBs/ml)	Regression line	95% Fiducial limits		χ ²
			Lower	Upper	
20	5.534 × 10 ³	2.72+0.60X	1.003 × 10 ³	2.403 × 10 ⁴	2.809
24	1.311 × 10 ³	3.21+0.57X	9.070 × 10 ²	1.978 × 10 ³	1.457
28	4.100 × 10 ²	2.79+0.84X	2.770 × 10 ²	5.790 × 10 ²	4.501
32	3.460 × 10 ³	3.52+0.74X	1.380 × 10 ²	6.460 × 10 ⁴	3.241

Table 3. Values of lethal concentration (LC₅₀) of SINPV upon different temperature in 3rd instar of *S. litura* larvae

Temperatures (°C)	LC ₅₀ (PIBs/ml)	Regression line	95% Fiducial limits		χ ²
			Lower	Upper	
20	8.252 × 10 ⁵	2.03+0.60X	3.172 × 10 ⁵	1.969 × 10 ⁵	8.459
24	3.187 × 10 ⁴	1.91+0.65X	1.899 × 10 ⁴	4.944 × 10 ⁴	9.779
28	1.656 × 10 ⁴	2.91+0.49X	3.367 × 10 ³	5.329 × 10 ⁴	9.961
32	5.436 × 10 ⁴	2.68+0.66X	2.224 × 10 ⁴	1.231 × 10 ⁵	8.241

Table 4. Values of lethal concentration (LC₅₀) of SINPV upon different temperature in 5th instar of *S. litura* larvae

Temperatures (°C)	LC ₅₀ (PIBs/ml)	Regression line	95% Fiducial limits		χ ²
			Lower	Upper	
20	8.889 × 10 ⁵	0.79+0.70X	3.420 × 10 ⁵	2.476 × 10 ⁶	12.811
24	2.347 × 10 ⁴	2.34+0.61X	9.601 × 10 ³	5.066 × 10 ⁴	4.346
28	1.732 × 10 ⁴	2.66+0.55X	5.297 × 10 ³	4.448 × 10 ⁴	6.990
32	7.753 × 10 ⁴	3.00+0.51X	1.425 × 10 ⁴	2.460 × 10 ⁵	9.957

10³ PIBs/ml, 28°C는 4.10 × 10² PIBs/ml로 온도가 높아짐에 LC₅₀이 낮아졌다. 하지만 고온인 32°C에서는 3.46 × 10³ PIBs/ml로 LC₅₀이 높아졌다(Table 2). 3령에 있어서도 1령과 마찬가지로 28°C에서 LC₅₀이 1.656 × 10⁴ PIBs/ml로 가장 낮았다. 그러나 1령에 비하여 LC₅₀이 약 10배 정도 높아지고 그값의 범위도 3령에서 1령보다 좁게 나타났다(Table 3). Im et al. (1988)은 령기에 따른 LC₅₀ 값은 1, 3 및 5령 유충에 대하여 5.038 × 10², 4.484 × 10³ 및 4.518 × 10⁴ PIBs/ml로서 영기가 진전됨에 따라 LC₅₀이 약 10배 정도 높았다는 결과와 농도에 있어서 약간의 차를 보이거나 비슷한 경향을 나타냈다.

5령에서도 20°C에서 8.889 × 10⁵ PIBs/ml, 28°C는 1.732 × 10⁴ PIBs/ml, 32°C는 7.753 × 10⁴ PIBs/ml로 온도에 있어서는 다른 영기와 차이가 없었으나 값의 범위는 3령에 비하여 넓어졌는데(Table 4), 이는 같은 농도로 접종시킨 5령과 3령유충에서 뚜렷한 차이를 보이지 않거나 오히려 5령 때의 값이 작은 것은 유충체중에 대한 사료 섭취량이 상대적으로 5령때 훨씬 많아 바이러스를 먹는 양이 역시 많다는 Im et al. (1988)의 보고와 일치하는 결과를 보였다.

Table 5. Values of lethal time (LT₅₀) of SINPV in 1st, 3rd and 5th instar of *S. litura* at 20°C

Instars	Concentrations (PIBs/ml)	LT ₅₀ (95%CL)	LT ₉₅ (95%CL)
1st	1.0 × 10 ⁷	7.3 (7.1-7.4)	9.3 (9.0-9.6)
	1.0 × 10 ⁶	7.6 (7.3-7.9)	9.8 (9.2-10.5)
	1.0 × 10 ⁵	7.8 (7.7-8.0)	10.4 (10.1-10.8)
	1.0 × 10 ⁴	8.6 (8.2-9.1)	12.6 (11.6-14.3)
	1.0 × 10 ³	10.5 (10.3-10.8)	16.1 (15.1-17.3)
	1.0 × 10 ²	12.7 (12.2-13.2)	21.2 (19.3-24.0)
3rd	1.0 × 10 ⁸	6.8 (6.7-6.9)	8.6 (8.4-8.9)
	1.0 × 10 ⁷	7.3 (7.0-7.6)	9.2 (8.7-10.1)
	1.0 × 10 ⁶	8.3 (8.0-8.6)	11.4 (10.8-12.2)
	1.0 × 10 ⁵	9.6 (9.0-10.2)	15.7 (14.0-18.7)
	1.0 × 10 ⁴	11.2 (10.6-12.0)	19.8 (17.4-24.3)
	1.0 × 10 ³	12.4 (11.7-13.4)	21.2 (18.4-26.4)
5th	1.0 × 10 ⁸	7.4 (7.3-7.6)	9.2 (9.0-9.5)
	1.0 × 10 ⁷	8.0 (7.8-8.2)	10.3 (10.0-10.6)
	1.0 × 10 ⁶	9.1 (8.9-9.3)	12.8 (12.4-13.3)
	1.0 × 10 ⁵	11.0 (10.6-11.4)	16.5 (15.2-18.6)
	1.0 × 10 ⁴	12.3 (11.7-13.1)	19.3 (17.0-23.7)
	1.0 × 10 ³	15.9 (14.7-18.0)	27.9 (23.3-37.2)

해다각체병바이러스 농도별 LT₅₀은 20°C에서 1령은 1.0 × 10⁵ PIBs/ml 농도에서 7.8일이 소요되었으며 농도가 1.0 × 10³ PIBs/ml 이하에서는 10일 이상이 소요되었다. 3령과 5령은 1.0 × 10⁵ PIBs/ml에서는 각각

Table 6. Values of lethal time (LT₅₀) of SINPV in 1st, 3rd and 5th instar *S. litura* at 24°C

Instars	Concentrations (PIBs/ml)	LT ₅₀ (95% CL)	LT ₉₅ (95% CL)
1st	1.0 × 10 ⁷	6.7 (5.7-7.6)	8.5 (7.4-13.8)
	1.0 × 10 ⁶	7.0 (6.3-7.6)	9.1 (8.2-11.4)
	1.0 × 10 ⁵	7.6 (7.4-7.7)	10.0 (9.7-10.3)
	1.0 × 10 ⁴	8.5 (8.1-8.8)	12.4 (11.6-13.7)
	1.0 × 10 ³	10.2 (10.0-10.4)	15.3 (14.6-16.1)
	1.0 × 10 ²	12.2 (11.8-12.7)	19.8 (18.3-22.1)
3rd	1.0 × 10 ⁸	6.4 (6.1-6.7)	8.5 (8.0-9.3)
	1.0 × 10 ⁷	6.7 (6.4-7.0)	8.9 (8.4-9.7)
	1.0 × 10 ⁶	7.8 (7.5-8.0)	11.4 (10.8-12.2)
	1.0 × 10 ⁵	10.2 (10.0-10.5)	15.5 (14.8-16.4)
	1.0 × 10 ⁴	10.8 (10.5-11.1)	18.1 (17.0-19.6)
	1.0 × 10 ³	12.7 (12.2-13.3)	23.1 (20.8-26.6)
5th	1.0 × 10 ⁸	6.3 (6.2-6.4)	7.7 (7.5-8.0)
	1.0 × 10 ⁷	6.7 (6.6-6.9)	8.7 (8.4-9.0)
	1.0 × 10 ⁶	7.6 (7.3-7.9)	10.7 (10.2-11.5)
	1.0 × 10 ⁵	8.8 (8.3-9.5)	13.8 (12.1-17.5)
	1.0 × 10 ⁴	10.4 (9.7-11.6)	19.1 (15.8-27.2)
	1.0 × 10 ³	13.9 (12.9-15.4)	29.6 (24.5-38.8)

Table 7. Values of lethal time (LT₅₀) of SINPV in 1st, 3rd and 5th instar *S. litura* at 28°C

Instars	Concentrations (PIBs/ml)	LT ₅₀ (95% CL)	LT ₉₅ (95% CL)
1st	1.0 × 10 ⁷	5.4 (5.3-5.5)	6.7 (6.5-6.9)
	1.0 × 10 ⁶	5.7 (5.6-5.8)	7.2 (7.0-7.5)
	1.0 × 10 ⁵	5.9 (5.7-6.1)	7.5 (7.1-8.1)
	1.0 × 10 ⁴	6.2 (5.9-6.5)	8.6 (8.1-9.5)
	1.0 × 10 ³	6.8 (6.5-7.1)	9.7 (9.0-10.7)
	1.0 × 10 ²	8.6 (8.3-8.8)	14.2 (13.3-15.3)
3rd	1.0 × 10 ⁸	5.7 (5.4-6.0)	7.3 (6.9-8.0)
	1.0 × 10 ⁷	6.1 (5.7-6.4)	7.8 (7.3-8.7)
	1.0 × 10 ⁶	6.7 (6.3-7.1)	8.8 (8.1-9.9)
	1.0 × 10 ⁵	7.6 (7.4-7.7)	10.5 (10.2-10.9)
	1.0 × 10 ⁴	8.4 (8.2-8.6)	12.7 (12.1-13.4)
	1.0 × 10 ³	9.9 (9.7-10.2)	15.8 (14.9-17.1)
5th	1.0 × 10 ⁸	6.1 (6.0-6.2)	7.3 (7.1-7.5)
	1.0 × 10 ⁷	6.5 (6.4-6.6)	8.3 (8.0-8.5)
	1.0 × 10 ⁶	7.5 (7.2-7.8)	10.9 (10.2-11.8)
	1.0 × 10 ⁵	8.3 (7.8-8.7)	13.3 (12.0-15.7)
	1.0 × 10 ⁴	9.1 (8.5-9.9)	15.1 (13.0-20.1)
	1.0 × 10 ³	11.1 (10.2-12.5)	20.9 (16.9-31.5)

9.6일과 11.0일이 소요되었으며 1.0 × 10⁴ PIBs/ml 이하의 낮은 농도에서는 10일 이상이 소요되어 저농도로 갈수록 LT₅₀은 길어졌다, 또한 영기에 있어서도 유충이 어릴수록 LT₅₀은 농도에 관계없이 길어지는 경향이였다(Table 5).

24°C에서는 20°C보다 기간이 단축되어 1령은 1.0 × 10⁵ PIBs/ml 농도에서 7.6일이 소요되었으며 3령과 5령에서는 각각 10.2일, 8.8일이었고, 영기가 어릴수록 LT₅₀값이 대체로 짧았는데 이는 영기가 어릴수록 바

Table 8. Values of lethal time (LT₅₀) of SINPV in 1st, 3rd and 5th instar *S. litura* at 32°C

Instars	Concentrations (PIBs/ml)	LT ₅₀ (95% CL)	LT ₉₅ (95% CL)
1st	1.0 × 10 ⁷	5.6 (5.3-5.9)	7.2 (6.7-8.2)
	1.0 × 10 ⁶	5.8 (5.6-6.1)	7.5 (7.0-8.2)
	1.0 × 10 ⁵	6.4 (6.2-6.5)	8.4 (8.1-8.7)
	1.0 × 10 ⁴	7.1 (6.7-7.5)	10.2 (9.5-11.3)
	1.0 × 10 ³	9.1 (8.7-9.5)	15.0 (13.7-17.1)
	1.0 × 10 ²	12.4 (11.2-14.7)	26.6 (20.3-45.9)
3rd	1.0 × 10 ⁸	5.9 (5.6-6.2)	7.8 (7.4-8.6)
	1.0 × 10 ⁷	6.5 (6.2-6.7)	8.8 (8.3-9.5)
	1.0 × 10 ⁶	7.6 (7.1-8.0)	11.6 (10.6-13.3)
	1.0 × 10 ⁵	9.2 (8.7-9.7)	16.3 (14.6-19.1)
	1.0 × 10 ⁴	10.0 (9.7-10.3)	18.2 (16.8-20.1)
	1.0 × 10 ³	11.5 (10.7-12.6)	20.9 (17.6-27.9)
5th	1.0 × 10 ⁸	5.7 (5.6-5.8)	7.2 (7.0-7.4)
	1.0 × 10 ⁷	6.8 (6.6-6.9)	8.8 (8.6-9.1)
	1.0 × 10 ⁶	8.5 (8.1-8.9)	12.2 (11.3-13.7)
	1.0 × 10 ⁵	9.6 (8.7-10.8)	15.8 (13.1-26.6)
	1.0 × 10 ⁴	10.9 (9.9-12.9)	19.6 (15.5-36.0)
	1.0 × 10 ³	13.4 (12.2-15.9)	25.8 (20.1-42.5)

이러스에 대한 저항성이 낮음을 알 수 있었다. 이는 Im *et al.* (1988)의 같은 농도로 접종된 경우 어릴수록 LT₅₀ 값이 작아진다는 결과와 일치하였다. 또한 1.0 × 10⁷ PIBs/ml 이상에서는 7일 이내로 바이러스의 활성이 높음을 알 수 있었다(Table 6).

28°C에서 1령은 1.0 × 10⁵ PIBs/ml 농도에서 5.9일이 소요되었고, 3령과 5령은 각각 7.6일, 8.3일로 처리 온도중 LT₅₀이 가장 짧았으며 5령 유충은 24°C와 28°C의 1.0 × 10⁶ PIBs/ml에서 7일 정도가 소요되어 온도가 낮거나 높은 경우보다 LT₅₀이 단축되었다(Table 7). Gelernter and Federici (1986)는 SeMNPV를 사용하여 막 부화한 유충만을 사용하여 LT₅₀이 30°C에서 2.5일, 25°C에서 3.2일로 온도에 의존한다고 한 결과와 일치하였다.

32°C에서 1령은 1.0 × 10⁵ PIBs/ml 농도에서 6.4일이 소요되었고, 3령과 5령은 각각 9.2일, 9.6일로 28°C보다 LT₅₀이 길어졌다(Table 8). 이는 El-Saadany *et al.* (1992)은 NPV에 의한 *S. littoralis* 유충 사육율은 온도가 25°C에서 30°C로 증가함으로 높아지고, LT₅₀도 낮은 온도에서 더 길어진다고 한 결과와 일부 비슷한 경향이였다. 또한 파밤나방에서 5령 유충에 바이러스를 접종 후 사육온도를 25°C에서 20°C로 낮출 경우, 25°C에서 계속 사육하였을 때 보다 1.0 × 10⁷ PIBs/ml에서 1일 정도 길어진다고 한 결과(Choi *et al.*, 1996)와는 일치하였다. 이상의 결과에서와 같이 바이러스의 활성은 28°C에서 가장 높았는데 담배거세미나방이

고온성 해충이므로 포장에서 미생물 살충제로 사용이 가능하며 본 시험이 실내검정임을 감안하면 포장에서는 최소한 1.0×10^7 PIBs/ml 이상의 농도가 필요할 것으로 생각되어진다.

Literature Cited

- 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 Agric. Expt. Sta. RDA. pp. 877~907.
- Choi, J.Y., H.S. Kim, B.R. Jin, K.Y. Seol, H.Y. Park and S.K. Kang. 1996. Pathogenicity and production of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus. Korean. J. Appl. Entomol. 35: 228~231.
- El-Saadany, G.B., G.M. Moaward, M.A. Rizk and S. Tantawy. 1992. The complex interaction between temperature and bioactivity of nuclear polyhedrosis virus infecting *Spodoptera littoralis* (Boisd.) larva. Egy. J. of Agri. Res. 70: 117~127.
- Finney, D.J. 1971. Probit analysis (3rd Ed.). Cambridge Univ. Press, Cambridge 333pp.
- Gelernter, W.D. and B.A. Federici. 1986. Isolation, identification and determination of virulence of a nuclear polyhedrosis virus from the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). Environ. Entomol. 15: 240~245.
- Im, D.J., K.M. Choi, M.H. Lee, B.R. Jin and S.K. Kang. 1989. In vitro mass production of *Spodoptera litura* nuclear polyhedrosis virus. Korean J. Appl. Entomol. 28: 82~87.
- Im, D.J., B.S. Park, B.R. Jin, K.M. Choi and S.K. Kang. 1988. Pathogenicity of nuclear polyhedrosis virus isolated from the tobacco cutworm, *Spodoptera litura*. Korean. J. Appl. Entomol. 27: 219~224.
- 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. Insect. Sci. 5: 33~36.
- Kurstak, E. 1982. In microbial and viral pesticides. pp. 335~507. Dekker. New York.
- Oliver, A.D. 1964. Studies on the biological control of the fall webworm, *Hyphantria cunea*, in Louisiana. J. Econ. Entomol. 57: 314~318.
- SAS Institute. 1991. SAS/STAT user's guide: Statistics, version 6.04. SAS Institute, Cary, N.C.
- Shin, H.Y., C.H. Kim, C.G. Park and Y.S. Lee. 1987. Biology of Tobacco Cutworm, *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae), 1. 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.

(Received for publication 15 April 2003;
accepted 22 May 2003)