

담배거세미나방 (*Spodoptera litura*)에 대한 핵다각체병바이러스와 NeemAzal-T/S의 혼합 살포효과

Effect of Nuclear Polyhedrosis Virus and NeemAzal-T/S on *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae)

김선곤* · 김도익 · 박종대 · 박인진 · 임대준¹ · 김규진²
Seon-Gon Kim*, Do-Ik Kim, Jong-Dae Park, In-Jin Park,
Dae-Joon Im¹ and Kyu-Chin Kim²

Abstract – This experiment was conducted to investigate the control effect of nuclear polyhedrosis virus and NeemAzal-T/S on *Spodoptera litura* larvae. In laboratory test, values of LT₅₀ and LT₉₅ when treated with *S. litura* nuclear polyhedrosis virus (SINPV) 1×10^8 PIBs/ml plus NeemAzal-T/S 200 ppm were 1.94 and 8.33 days, respectively. Control effect of the combination of SINPV 1×10^8 plus NeemAzal-T/S 200 ppm was higher than the other concentrations. This mixed treatment could reduce LT₉₅ by 3 days. When SINPV alone was sprayed to the *S. litura* larvae reared on chinese cabbage seedling, the mortalities were 10.7~6.7% at 4 days after treatment. In combinations of SINPV plus NeemAzal-T/S at each level of concentration, the mortalities appeared faster and higher at 4 days after application than single treatment. Especially, the mortalities by combinations of SINPV 1×10^8 PIBs/ml plus NeemAzal-T/S at 75~200 ppm were 100% at 9 days after treatment. The body weight of untreated larvae was increased 9.4-folds from 235 mg to 2194 mg after 7 days. However, the increasing levels of larval weight were 4.8- and 7.0-folds in the separate treatments of NeemAzal-T/S and SINPV, respectively. Whereas in the combinations of SINPV 10^{4-8} PIBs/ml plus NeemAzal-T/S 75~200 ppm, larval weight was increased 3.9 to 2.9-folds. These results showed that the mortality and inhibition of larval weight in the combination of SINPV and NeemAzal-T/S were highly enforced by synergistic effect.

Key Words – Tobacco cutworm, *Spodoptera litura*, Nuclear polyhedrosis virus, NeemAzal-T/S, Mortality, Larval weight

초 록 – 담배거세미나방 방제를 위한 핵다각체병 바이러스와 NeemAzal-T/S의 혼합처리 효과는 다음과 같다. 인공사료에 혼합 처리하여 실내 검정한 결과 핵다각체병 바이러스 1×10^8 PIBs/ml과 NeemAzal-T/S 200 ppm 혼합한 경우에 LT₅₀과 LT₉₅가 각각 1.94일과 8.33일로 다른 처리구보다 빠르게 나타났다. 핵다각체병 바이러스 $1 \times 10^{6-8}$ PIBs/ml과 NeemAzal-T/S 200 ppm 혼합살포로 단독처리보다 LT₉₅에서 3일 정도의 살충기간을 단축할 수 있었다. 배추유묘에서의 병원성 검정 결과 바이러스 단독처리는 4일째의 살충율이 10.7~6.7%로 낮으나, 핵다각체병 바이러스와 NeemAzal-T/S 혼합 처리시에 살충효과가 빠르고 살충율도 높게 나타났다. 특히 핵다

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

전남농업기술원(Jeonnam Agricultural Research and Extension Services, Naju 520-715, Republic of Korea)

¹ 작물시험장(Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-100, Republic of Korea)

² 전남대학교 농과대학 농생물학과(Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Jeonnam National University, Gwangju 500-757, Republic of Korea)

각체병 바이러스 1×10^8 PIBs/ml과 NeemAzal-T/S 75~200 ppm 처리에서는 9일째에 100%의 살충율을 보였다. 핵다각체병 바이러스를 처리하지 않은 담배거세미나방 유충은 초기 235 mg에서 7일째에 2,194 mg으로 9.4배의 체중이 증가하였다. NeemAzal-T/S 단독처리시에는 200 ppm에서 1,120 mg으로 4.8배 체중이 증가하였으며 바이러스 단독처리에서는 1×10^8 PIBs/ml에서 7.0배 증가하였다. 그러나 두처리를 혼합하면 7일째에 SINPV $1 \times 10^{4-8}$ + NeemAzal-T/S 75~200 ppm에서 3.9~2.9배만이 증가하여 단독처리보다 체중증가가 둔화되어 혼합처리에 의한 상승효과가 있었다.

검색어 - 담배거세미나방, 핵다각체병 바이러스, 니마잘, 살충율, 유충체중

담배거세미나방(*Spodoptera litura*)은 두류, 채소류, 서류 및 사료작물 등 광범위한 기주식물을 갖는 돌발해충으로 주로 남부지방에서 피해가 크다(Kim and Shin, 1987). 최근 우리나라 남부지방에서 년 3회 발생하고 시설채소 원예하우스 농작물에 피해를 주고 있으며 해마다 그 발생이 확대되고 있다(Shin *et al.*, 1987). 담배거세미나방은 고온과 맑은 날씨에서 매우 높은 증식력을 나타내고, 유충 특성 중의 하나인 약제에 매우 높은 내성으로(Kim and Shin, 1987) 방제가 어려워 재배작물이 큰 피해를 입게 된다. 최근까지 담배거세미나방은 화학적 방제가 주를 이루고 있으나 화학적 방제에 의한 부작용을 줄이기 위해 생물적 방제 등 대체 방제 전략이 활발히 논의되고 있다. 이 중에서 미생물 바이러스는 기주곤충에 대한 특이성이 높고(Oliver, 1964), 목적해충만을 방제할 수 있다는 장점을 갖고 있어 원예해충을 중심으로 한 농작물이나 산림해충 방제에 효과적이며 이미 일부 선진국에서는 살충제가 상품화되고 있다(Kurstak, 1982). 곤충바이러스를 이용한 해충방제는 Ignoffo (1973)가 *Heliothis zea* 방제를 위해 처음 바이러스 살충제인 Elcar를 상품화한 이래 새로운 방제법으로 대두되고 있다.

담배거세미나방에 대한 핵다각체병 바이러스 살포시 위쪽 잎보다 아래쪽 잎에서 더 높은 살충율을 보이고, 잎 표면보다는 뒷면의 살충효과가 더 오래가며(Im *et al.*, 1990), 바이러스 감염peak는 살포후 2~3주이며, 2차 peak는 5~6주로 늦게 나타나지만 기생천적의 기생율에는 영향을 미치지 않으므로(Kunimi, 1987) 해충종합관리시 좋은 방제 수단일 수 있다. 바이러스에 의한 담배거세미나방 방제는 3령유충때 실시하며 실내에서 $0.85 \sim 1 \times 10^6$ 다각체의 약량이 요구되는데(Jiang *et al.*, 1999), 바이러스 단독 처리보다는 neem seed 추출물, boric acid 또는 tannic acid와 혼합 처리하였을 때 더 높은 살충율을 보인다(Sarode *et al.*, 1997; Kulkarni *et al.*, 1999). 그 중에서 NeemAzal-T/S는 neem종자에서 추출한 식물성농약으로 Azadirachtin이 주성분이다. azadirachtin은 섭식저해와 성장억제, 기피효과를 가

지고 있는데 neem추출물은 400종 이상의 해충에 살충효과가 있는 것으로 알려져 있다(Schmutterer, 1997). 또한 neem추출물은 천적에도 영향이 적은 것으로 알려져 있으므로(Kim *et al.*, 2000), 이들 두 처리제를 혼합하여 살포하면 담배거세미나방 방제시 상승효과를 기대할 수 있을 것이다.

따라서 본시험에서는 담배거세미나방의 핵다각체병 바이러스와 neem seed 추출물인 NeemAzal-T/S의 단독 또는 혼합살포에 의한 방제효과에 대한 검정을 실시하였다.

재료 및 방법

담배거세미나방 및 바이러스 증식

담배거세미나방은 포장에서 유충을 채집하여 Im *et al.* (1988)의 인공사료 조성에서 강남콩 분말을 국내에서 많이 재배되고 있는 노란콩 분말로 변형하여 사용하였으며 번데기가 된 개체를 수거하여 유산지로 만든 삼각통(가로 50, 세로 30, 높이 30 cm)에 넣고 우화시켰으며 우화한 성충이 산란한 부분의 유산지를 난과 함께 떼어내어 인공사료(5 ± 0.2 g)위에 난괴를 접종하여 플라스틱 사레($20 \times 12 \times 12$ cm)내에서 사육하였다. 충의 퇴화를 막기 위해 10세대 이상 누대 사육한 개체는 가능한 wild type을 교미시켜 충의 활력을 유지하였으며, 실내 사육조건은 온도 $25 \pm 2^\circ\text{C}$, RH 65%, 광주기 16L:8D이었다.

담배거세미나방 핵다각체병 바이러스(SINPV)는 작물시험장에서 분양받아 포르말린을 넣지 않은 인공사료(5 ± 0.2 g) 표면에 500 μl 의 바이러스를 처리한 후 4령 유충 10마리가 완전히 섭식하게한 후 사육하면서 죽은 유충을 수확하였다. Im *et al.* (1989)의 방법에 따라 수확한 이병충에 10배(v/w)의 0.01% SDS 용액을 가하여 마쇄한 후 이중 거즈로 여과하고 1000 rpm으로 5분 원심분리하여 유충의 찌꺼기를 제거한 후 2~3회 3000 rpm의 저속 원심분리와 40~65% 설탕 밀도구배 원심(25,000 rpm, 60분)으로 다각체를 순화시켜 바이러스 농도가 1.0×10^9

PIBs/ml 되도록 조제하였다. 이 바이러스 용액을 -20°C 냉동고에 보관하면서 사용하였다.

병원성 검정

실내검정은 인공사료(5 ± 0.2 g) 표면에 바이러스를 1.0×10^4 , 10^6 , 10^8 polyhedral inclusion bodies (PIBs)/ml 농도로 전착제인 TritonX-100 (0.1%)과 함께 도포한 후 부화 7일된 유충(2령) 1마리씩을 artificial cup (Im et al., 1989)에 접종하여 사육하면서 살충율 및 유충 체중 변화를 조사하였다. 식물성 농약의 살충 효과도 위와 같이 NeemAzal-T/S 1% 유제를 75, 100, 200 ppm 농도로 바이러스와 혼합하거나 단독 처리하여 처리당 10마리씩 5반복 3회 실시하였다.

유묘검정은 포트에 식재되어 있는 7엽된 배추에 포트당 담배거세미나방 난을 10개 이상씩 접종하여 부화후 7일째에 실내검정과 같은 방법으로 처리후 4, 7, 9일에 살충율을 조사하였으며 처리당 10마리씩 10반복 실시하였다.

실내검정의 결과는 Abbot식으로 살충율을 보정하여 Finney (1971)의 probit분석법에 의하여 반수치사 일수(LT₅₀)를 산출하였고, 유묘검정 결과는 분산분석과 Duncan의 다중검정(SAS Institute, 1988)으로 비교하였다.

결과 및 고찰

실내검정

담배거세미나방 부화 7일된 유충에 핵다각체병 바이러스와 식물성 농약인 NeemAzal-T/S을 농도별로 혼합하여 인공사료 표면에 처리한 후 LT₅₀ 및 LT₉₅ 값으로 조사하였다(Table 1). 바이러스 1×10^4

PIBs/ml 단독 처리는 LT₅₀이 7.35일, LT₉₅는 17.7일이 걸리는 반면 NeemAzal-T/S 200 ppm와 혼합한 경우는 3.19일과 10.28일로 살충기간이 각각 단축되었다. 또한 바이러스 1×10^6 PIBs/ml 바이러스 단독처리에서는 LT₅₀이 5.81일, LT₉₅는 12.51로 1×10^4 PIBs/ml보다는 살충기간이 약간 짧아졌지만, NeemAzal-T/S 200 ppm과 혼합할 경우는 LT₅₀이 2.1일과 LT₉₅는 8.47일로 살충기간이 더 단축이 됨을 알수 있었다. 핵다각체병 바이러스 1×10^8 PIBs/ml 농도에서도 같은 경향을 나타냈으며, NeemAzal-T/S 200 ppm와의 혼합할 경우 LT₅₀과 LT₉₅는 1.94와 8.33일로, 단독처리보다 LT₉₅에서 3일 정도의 살충기간이 단축되었다. 바이러스와 NeemAzal-T/S을 혼합하고 농도가 높아질수록 살충기간이 단축되었다. 목화잎에서 왕담배나방에 대하여 실험실 조건에서 neem seed kernel 2.5% 추출물은 10^2 PIBs/ml 핵다각체병 바이러스와 *Bacillus thuringiensis* subsp. 50 mg/ml에서 활성을 증가시켜 생식 및 생존을 억제한다고 (Murugan et al., 1998) 하였는데, 본 시험에서도 이런 원인에 의해 바이러스의 활성이 증가된 것으로 판단된다.

그러나 NeemAzal-T/S 단독처리의 LT₅₀은 바이러스 단독처리보다는 짧은 경향이었지만 LT₉₅에 있어서는 바이러스와 NeemAzal-T/S 혼합보다 더 길어지는 경향을 보여 바이러스와 neem seed 추출물은 단독으로 살포될 때보다 조합으로 사용될 때가 효과적(Sarode et al., 1997)이라는 결과와 일치하였다.

유묘 검정

포트에 식재되어 있는 7엽된 배추에 난을 10개씩 접종하여 부화후 7일째에 처리한 결과(Table 2), 처리 4일째에 바이러스 단독처리 농도에 관계없이

Table 1. Values for lethal time of *Spodoptera litura* NPV and NeemAzal-T/S against *S. litura*¹⁾ larvae on artificial diet

Treatment	LT ₅₀ (95% CL)	LT ₉₅ (95% CL)
SINPV 1×10^4 PIBs/ml	7.37 (5.60~9.50)	17.69 (12.51~28.28)
SINPV 1×10^6 PIBs/ml	5.81 (4.18~7.30)	12.51 (11.68~20.41)
SINPV 1×10^8 PIBs/ml	5.94 (4.24~7.53)	11.16 (8.85~18.51)
NeemAzal-T/S 200 ppm	3.45 (1.97~5.80)	12.98 (8.87~16.40)
NeemAzal-T/S 100 ppm	5.34 (3.53~7.45)	18.58 (12.57~26.27)
NeemAzal-T/S 75 ppm	5.93 (3.74~7.99)	30.35 (19.92~49.17)
SINPV 1×10^4 + NeemAzal-T/S 200 ppm	3.19 (1.39~4.96)	10.28 (7.91~16.72)
SINPV 1×10^4 + NeemAzal-T/S 100 ppm	3.99 (1.27~5.53)	11.93 (7.86~20.11)
SINPV 1×10^4 + NeemAzal-T/S 75 ppm	3.98 (2.90~4.95)	16.05 (9.07~20.08)
SINPV 1×10^6 + NeemAzal-T/S 200 ppm	2.10 (0.69~3.47)	8.47 (4.31~13.46)
SINPV 1×10^6 + NeemAzal-T/S 100 ppm	2.99 (1.72~4.21)	11.12 (7.26~20.41)
SINPV 1×10^6 + NeemAzal-T/S 75 ppm	3.17 (2.62~8.17)	14.31 (11.37~26.38)
SINPV 1×10^8 + NeemAzal-T/S 200 ppm	1.94 (0.62~3.08)	8.33 (4.64~12.89)
SINPV 1×10^8 + NeemAzal-T/S 100 ppm	2.98 (1.68~4.78)	9.87 (5.70~15.16)
SINPV 1×10^8 + NeemAzal-T/S 75 ppm	2.27 (1.38~3.12)	10.92 (7.50~21.64)

¹⁾ 2nd instar larvae

살충율이 10.7~6.7%로 낮으나 9일째에는 90% 이상의 살충율을 나타내었다. NeemAzal-T/S 단독 처리구는 4일째에 12.5~41.3%로 낮았으며 이후 9일째에도 14.0~50.2%로 낮은 살충력을 보였다. 그러나 SINPV $1 \times 10^{4-8}$ PIBs/ml + NeemAzal-T/S 200 ppm 혼

합한 경우 4일째에 70.7~76.8%의 높은 살충력을 나타냈으며, 9일째에는 95% 이상의 살충율을 보였다. NeemAzal-T/S나 SINPV 단독으로 처리하는 경우도 효과가 있지만, 혼합 살포 처리시 3일째 ($F = 11.65$)나 9일째 ($F = 120.53$)에 혼합살충효과가 인정되었다. 이는 왕담배나방에서 500 LE/ha 왕담배나방 NPV와 neem extract 6%의 살포에서 유충수가 최대 감소를 나타내고(Sarode *et al.*, 1995), 짚시나방 2령 유충에 Azadirachtin과 짚시나방NPV를 인공사료 표면과 Oak종자에 복합처리했을 때 단독처리보다 유충 살충이 훨씬 빨라지고 사충율도 높아졌으며 (Cook *et al.*, 1996), 또한 Neem 종자 추출물은 짚시나방 NPV와 혼합하면 LC_{50} 은 차이가 없으나 살충력은 더 빨라진다는 보고(Shapiro *et al.*, 1994)와 유사한 경향이어서 NeemAzal-T/S와 담배거세미나방 핵다각체병 바이러스를 혼합처리 함으로써 살충력을 높이면서 더 빠른 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

유충의 체중변화

유충의 체중변화(Table 3)는 무처리의 경우 초기 235 mg에서 7일째에 2,194 mg으로 초기에 비해 9.4배 증가하였으나 NeemAzal-T/S 단독처리시 무처리보다 감소하여 75, 100, 200 ppm에서 각각 1,345, 1,203, 1,120 mg으로 neem 200 ppm에서는 4.8배 체중 증가가 있었다. SINPV 단독처리시에는 1×10^4 농도에서 1,879 mg, 10^8 농도에서는 1,660 mg으로 7.0배 증가하여 무처리보다는 체중 증가폭이 적었으나 NeemAzal-T/S 단독보다는 높아 NeemAzal-T/S 보다 체중변화에 대한 영향이 적었다. 그러나 두처리를

Table 2. Corrected mortality of *Spodoptera litura* NPV and NeemAzal-T/S against *S. litura* larvae¹⁾ on chinese cabbage seedling

Treatment	Corrected mortality (%)		
	4 DAT ²⁾	7 DAT	9 DAT
Control	0.0	0.0	3.3j ³⁾
SINPV 1×10^4 PIBs/ml	6.7	56.7	92.9de
SINPV 1×10^6 PIBs/ml	6.7	70.0	93.2de
SINPV 1×10^8 PIBs/ml	10.7	76.7	96.5bc
NeemAzal-T/S 200 ppm	41.3	45.6	50.2g
NeemAzal-T/S 100 ppm	30.9	33.9	33.9h
NeemAzal-T/S 75 ppm	12.5	13.8	14.0i
SINPV 1×10^4 + NeemAzal-T/S 200 ppm	70.7	78.3	94.7cd
SINPV 1×10^4 + NeemAzal-T/S 100 ppm	50.0	68.6	93.0de
SINPV 1×10^4 + NeemAzal-T/S 75 ppm	23.3	65.0	91.5e
SINPV 1×10^6 + NeemAzal-T/S 200 ppm	73.9	89.7	97.1b
SINPV 1×10^6 + NeemAzal-T/S 100 ppm	66.6	77.3	96.4bc
SINPV 1×10^6 + NeemAzal-T/S 75 ppm	50.0	69.3	85.5f
SINPV 1×10^8 + NeemAzal-T/S 200 ppm	76.8	91.1	100.0a
SINPV 1×10^8 + NeemAzal-T/S 100 ppm	63.3	88.2	100.0a
SINPV 1×10^8 + NeemAzal-T/S 75 ppm	50.0	87.5	100.0a

¹⁾ 2nd instar larvae

²⁾ DAT: Days After Treatment

³⁾ Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$, Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1988]).

Table 3. Body weight changes of *S. litura* larvae treated with NeemAzal-T/S and SINPV on artificial diet

Treatment	Body weight changes (mg)				
	0 DAT ¹⁾	1 DAT	3 DAT	5 DAT	7 DAT
Control	235	300	642	1,078	2,194a ²⁾
SINPV 1×10^4 PIBs/ml	235	282	600	882	980e
SINPV 1×10^6 PIBs/ml	235	290	549	748	850g
SINPV 1×10^8 PIBs/ml	235	294	551	634	723h
NeemAzal-T/S 200 ppm	235	298	467	686	1,120d
NeemAzal-T/S 100 ppm	235	254	490	742	1,203c
NeemAzal-T/S 75 ppm	235	252	560	830	1,345b
SINPV 1×10^4 + NeemAzal-T/S 200 ppm	235	294	640	858	890f
SINPV 1×10^4 + NeemAzal-T/S 100 ppm	235	288	632	860	900f
SINPV 1×10^4 + NeemAzal-T/S 75 ppm	235	280	630	852	905f
SINPV 1×10^6 + NeemAzal-T/S 200 ppm	235	289	542	588	688i
SINPV 1×10^6 + NeemAzal-T/S 100 ppm	235	284	533	599	690i
SINPV 1×10^6 + NeemAzal-T/S 75 ppm	235	281	526	614	694i
SINPV 1×10^8 + NeemAzal-T/S 200 ppm	235	272	524	626	680i
SINPV 1×10^8 + NeemAzal-T/S 100 ppm	235	298	538	628	680i
SINPV 1×10^8 + NeemAzal-T/S 75 ppm	235	310	530	618	682i

¹⁾ DAT : Days After Treatment

²⁾ Means within a column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$, Duncan's multiple range test [SAS Institute, 1988]).

혼합할 경우 단독처리보다 급격히 낮아져 7일째에 $1 \times 10^4 + \text{NeemAzal } 75 \sim 200 \text{ ppm}$ 에서 890~905 mg으로 약 3.9배, $1 \times 10^6 + \text{NeemAzal } 75 \sim 200 \text{ ppm}$ 에서 688~694 mg으로 약 2.9배, $1 \times 10^8 + \text{NeemAzal } 75 \sim 200 \text{ ppm}$ 에서 682~680 mg으로 약 2.9배만이 증가하여 혼합처리에 의한 체중 증가폭의 둔화를 보였다. 유충무게와 성장률은 핵다각체병 바이러스와 neem bitter 조합에서 훨씬 줄어들고(Rabindra et al., 1997), 왕담배나방의 8일된 유충이 바이러스를 섭식하면 섭식하지 않은 유충과 마찬가지로 3일까지는 체중이 증가하나 그후 체중이 감소한다(Galande et al., 1997)는 보고와 일치하였다. 7일째 이후에는 혼합처리의 살충율이 높아 충수가 적어 더이상 조사하지 못하였다.

이상의 결과로 경제성을 고려하여 핵다각체 병바이러스 $1 \times 10^6 \text{ PIBs/ml}$ 에 NeemAzal-T/S 100 ppm 정도 혼합하여 살포한다면 핵다각체병 바이러스의 살충력을 증가시킬수 있을 것으로 생각된다.

Literature Cited

- Cook, S.P., R.E. Webb and K.W. Thorpe. 1996. Potential enhancement of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) nuclear polyhedrosis virus with the triterpene azadirachtin. *Environ. Entomol.* 25: 1209~1214.
- Finney, D.J. 1971. Probit analysis (3rd ed.). Cambridge Univ. Press, Cambridge 333 pp.
- Galande, S.M. and D.S. Ajri. 1997. Consumption, digestion and utilization of sunflower leaves by *Helioverpa armigera* (Hubner) treated with nuclear polyhedrosis virus. *J. Bio. Con.* 11: 11~16.
- Ignoffo, C.M. 1973. Development of a viral insecticides: Concept to commercialization. *Experimental Parasitology* 33: 380~406.
- 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.
- Im, D.J., B.R. Jin, K.M. Choi and S.K. Kong. 1990. Microbial control of the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Fab.), using *S. litura* nuclear polyhedrosis virus. III. Field evaluation of the viral insecticides. *Korean J. Appl. Entomol.* 29: 252~256.
- 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.
- Jiang, JieXian, GuangWen Liang, Z.X. Jiang and G.W. Liang. 1999. Efficacy of a nuclear polyhedrosis virus for control of an experimental population of *Spodoptera litura*. *Natural Enemies of Insects* 21: 13~17.
- 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.
- Kim, D.I., C.H. Paik, J.D. Park, S.S. Kim and S.G. Kim. 2000. Relative toxicity of NeemAzal-T/S to predacious mite, *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae) and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 39: 53~58.
- Kulkarni, G.G., S.S.R. Kumar, P.S. Hugar and K.A. Kulkarni. 1999. Persistence of NPV against *Spodoptera litura* Fab. on strawberry in transitional tract of Karnataka. *Annals of Agri. Bio. Res.* 4: 45~47.
- Kunimi, Y. 1987. The use of nuclear polyhedrosis virus for the control of the mulberry tiger moth, *Spilosoma imparilis*. *Exten. Bull. ASPAC Food and Ferti. Tech. Center for the Asian and Pacific Region, Taiwan.* No. 257, 35~36.
- Kurstak, E. 1982. *In [Microbial and viral pesticides]* pp. 335~507. Dekker. New York.
- Murugan, K. and D. Jeyabalan. 1998. Neem enhances the activity of microbial pesticides. *Insect Environ.* 4: 3~4.
- Oliver, A.D. 1964. Studies on the biological control of the fall webworm, *Hyphantria cunea*, in Louisiana. *J. Econ. Entomol.* 57: 314~318.
- Rabindra, R.J., B. Rajasekaran and S. Jayaraj. 1997. Combined action of nuclear polyhedrosis virus and neem bitter against *Spodoptera litura* (Fabricius) larvae. *J. Bio. Con.* 11: 5~9.
- Sarode, S.V., P.P. Patil and S.L. Borkar. 1995. Evaluation of neem seed kernel extract in combinations with *Heliothis* nuclear polyhedrosis virus against cotton bollworms. *J. Entomol. Res.* 19: 219~222.
- Sarode, S.V., Y.S. Jumade and S.L. Borkar. 1997. Efficacy of *Heliothis* nuclear polyhedrosis virus and neem seed kernel extract combinations against *Helicoverpa armigera* (Hb) on pigeonpea. *PKV Res. J.* 21: 227~229.
- SAS Institute. 1988. SAS/STAT user's guide. release 6.03. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC.
- Schmutterer, H. 1997. Side-effects of neem (*Azadirachta indica*) products on insect pathogens and natural enemies of spider mites and insects. *J. Appl. Entomol.* 121: 121~128.
- Shapiro, M., L. Jacqueline, Robertson and R.E. Webb. 1994. Effect of neem seed extract upon the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) and its nuclear polyhedrosis virus. *Biological and Microbial Control* 87: 356~360.
- 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 Korean 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 26 December 2000; accepted 5 March 2001)