

국화 포장에서 담배거세미나방 방제를 위한 핵다각체병바이러스 살포효과

김선곤* · 박종대 · 김도익 · 임대준¹ · 김규진² · 유용만³

전남농업기술원 식물환경연구과, ¹농업과학기술원 농업해충과, ²전남대학교 농생물학과, ³(주)경농중앙연구소

Effects of Field Application of *Spodoptera litura* Nucleopolyhedrovirus to Control *S. litura* in Chrysanthemum

Seon-Gon Kim*, Jong-Dae Park, Do-Ik Kim, Dae-Joon Im¹, Kyu-Chin Kim² and Yong-Man Yu³

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

¹Division of Agricultural Entomology, National Institute of Agricultural Science & Technology, Suwon, Republic of Korea

²Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Jeonnam National University, Gwangju 500-757, Republic of Korea

³Central Research Institute, Kyungnong Co. 226, Guhwangdong Kyongju Kyongbuk 780-119, Republic of Korea

ABSTRACT : This experiment was conducted to investigate control effect of *Spodoptera litura* using nucleopolyhedrovirus in chrysanthemum seedlings of open field and plastic house. Values of LT₅₀ of treatment $1.0 \times 10^{6-8}$ PIBs/ml were 6.2-5.1 days in open field and 6.9-5.4 days in plastic house. Values of LT₅₀ and LT₉₅ were shorter in open field than in plastic house. Cumulative mortality was 100% in $1.0 \times 10^{7-8}$ PIBs/ml and also higher in open field than in plastic house. In chrysanthemum field, organic synthetic insecticide (endosulfan EC) killed *S. litura* larvae in 2 days after application. Mortality of *S. litura* larva inoculated with *S. litura* nucleopolyhedrovirus (SINPV) $1.0 \times 10^{6-8}$ PIBs/ml was found out from 4 days after application and maintained during 14 days. Protection values of with SINPV 1.0×10^8 PIBs/ml after 16 days were 94.0% and 89.4% in open field and plastic house, respectively, and those of endosulfan 350 ppm were 91.4% and 88.6%, respectively.

KEY WORDS : Tobacco cutworm, *Spodoptera litura*, Nucleopolyhedrovirus, Chrysanthemum, Field application, Mortality

초 록 : 담배거세미나방 방제를 위한 핵다각체병바이러스의 병원성 검정결과는 다음과 같다. 국화 유묘에서 병원성 검정은 핵다각체병바이러스 $1.0 \times 10^{6-8}$ PIBs/ml에서 노지의 LT₅₀은 6.2-5.1일이 소요되어 비닐하우스의 6.9-5.4일 보다 짧았으며, 누적 살충율은 노지에서 10일째에 $1.0 \times 10^{7-8}$ PIBs/ml에서 100%의 살충율을 보였으나 비닐하우스에서는 95%였다. 포장의 살충력은 유기합성 농약(endosulfan)이 살포 2일 안에 효과가 나타나는 반면 바이러스에 의한 살충은 4일째부터 나타나기 시작하여 14일까지 지속되었다. 노지포장에서는 SINPV 1.0×10^8 PIBs/ml의 살충율이 94.0%로 대조약제인 endosulfan 350 ppm의 91.4%보다 높았으며, 비닐하우스에서는 1.0×10^7 PIBs/ml이 92.0%로 가장 높았으나 다른처리와 통계적인 유의차가 없었다. 이상의 결과로 보아 노지포장과 비닐하우스에서 1.0×10^7 PIBs/ml 이상의 농도로 처리하면 담배거세미나방을 방제할 수 있을 것으로 판단되었다.

검색어 : 담배거세미나방, 핵다각체병바이러스, 국화, 포장살포, 살충율

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

담배거세미나방은 고온에 대한 내성이 강하여(Rao *et al.*, 1989), 발생기에 고온과 맑은 날씨가 지속되면 증식력이 매우 높아 짧은 기간 동안에 밀도가 폭발적으로 증가하게 된다(Kim and Shin, 1987). 발생시기는 대체로 8월부터 노지에서 재배되고 있는 전작물에서 유충과 성충이 함께 발견되기 시작하여 9월에 최고의 발생량을 보이다가 그 이후에는 점차 발생량이 줄어들어 11월 중순 이후에는 노지에서 유충과 성충을 확인하기 어려우며 이때 노숙유충이 되면 땅속으로 들어가 번데기 상태로 월동하게 된다(Bae and Cho, 1998).

최근까지 다른 해충과 마찬가지로 담배거세미나방도 화학적 방제가 주를 이루고 있었으나 약제에 대한 저항성으로(Kim and Shin, 1987)방제가 어려워 재배작물이 큰 피해를 입을 뿐 아니라 저항성해충의 출현, 인축이나 동식물에 대한 직·간접적인 피해와 잔류성으로 인한 환경오염 및 생태계 파괴 등의 심각한 문제를 야기 시키고 있다. 이를 해결하기 위한 방안중 하나로 생물적 방제법을 도입하여 화학적 방제의 보완 또는 대체수단으로서 종합적 해충방제 체계 확립에 연구의 초점을 집중시키고 있으며 그 중에서도 곤충 질병을 일으키는 세균, 바이러스, 사상균, 원생동물 등 해충의 방제에 큰 비중을 두고 있다. 이 중에서 미생물 바이러스는 기주곤충에 대한 특이성이 높아(Oliver, 1964), 농작물이나 산림해충 방제에 효과적이어서 이미 일부 선진국에서는 살충제가 상품화되고 있다(Kurstak, 1982).

국내에서는 담배거세미나방핵다각체병바이러스를 이용하여 실제 포장에 이용할 수 있는 방제체계가 이루어지고 있지 않은 실정이다. 따라서 본 시험은 1999년부터 2000년까지 전라남도 농업기술원에서 자체 생산한 담배거세미나방핵다각체병바이러스를 이용해서 가을재배 국화에 피해가 큰 담배거세미나방을 대상으로 유묘와 포장에서 이용 가능성을 검정코자 노지와 비닐하우스를 대상으로 실시하였다.

재료 및 방법

담배거세미나방 증식

담배거세미나방은 포장에서 유충을 채집하여 Im *et al.* (1988)이 사용한 인공사료 조성중에서 강낭콩 분말을 국내에서 재배량이 많아 손쉽게 구입할 수 있는

콩 분말로 변경하여 사용하였다. 난을 채취하기 위해서 번데기가 된 개체를 수거하여 유산지로 만든 삼각통(가로 50, 세로 30, 높이 30 cm)에 20-30개체의 암수를 넣고 우화시켰으며 유산지 통 안에 10% 설탕물을 공급하여 산란을 유도하였다. 우화한 성충이 산란한 부분의 유산지를 난과 함께 떼어내어 인공사료(5±0.2 g) 위에 난피를 접종하여 플라스틱 용기(20×12×12 cm)내에서 2령까지 사육하였다. 3령부터는 cannibalism을 막기 위하여 개체 사육용기(4×4×3 cm)에 1마리씩 넣고 4-5일 간격으로 인공사료가 말라 굳어지기 전에 교체하면서 번데기가 될 때까지 사육하였다. 충의 퇴화를 막기 위해 10세대 이상 누대 사육한 개체는 wild type과 교미시켜 충의 활력을 유지하였으며, 사육조건은 온도 25±2°C, RH 65%, 광주기 16L:8D이었다.

핵다각체병바이러스 시료증식

담배거세미나방핵다각체병바이러스(SINPV)는 농업과학기술원 작물보호부 농업해충과 곤충병리연구실에서 분양 받아 인공사료(5±0.2 g) 표면에 500 ml의 바이러스를 처리한 후 1시간 정도 음건시켜 개체 사육용기(4×4×3 cm)에 4령 유충을 넣고 완전히 섭식하게 하면서 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, 60 min.)으로 다각체를 순화시켜 바이러스 농도가 1.0×10⁹ PIBs/ml 되도록 조제하였다. 이 바이러스 용액을 -20°C 냉동고에 보관하면서 사용하였다.

핵다각체병바이러스 병원성

유묘검정

노지와 비닐하우스에서 한냉사로 망실을 만든 다음 국화(수방력)를 포트(23×16×18 cm)에 식재하고 초장이 30 cm 정도 된 뒤에 포트당 담배거세미나방 난피(난 20-30개)를 2개씩 접종하여 부화 후 7일째에 사전에 밀도 조사 후 바이러스 1.0×10⁴, 10⁶, 10⁸ PIBs/ml 농도와 전착제인 TritonX-100 (0.1%)를 혼합하여 농도별로 살포하여 매일 오전 10시에 사충율을 조사하였다. 처리당 10마리씩 10반복 실시하였으며

유묘검정 결과는 분산분석과 Duncan의 다중검정(SAS Institute, 1988)으로 비교하였다.

포장검정

바이러스의 살충효과 조사는 전라남도 나주에서 비닐하우스와 노지포장에서 국화를 대상으로 2000년 8월 15일부터 10월 15일에 걸쳐 수행하였다. 시험구(5 × 1.8 × 1.5 m)에 한냉사(300 mesh)로 망실을 만들어 유충의 이동을 방지하였고 대조구로는 무처리와 바이러스 현탁액 및 화학살충제(지오릭스 유제)를 살포 5반복으로 하였다. 망실당 담배거세미나방 난을 150개씩 접종한 후 부화 후 10일째에 바이러스 농도 1.0 × 10⁴, 10⁶, 10⁸ PIBs/ml가 되도록 10 a당 100 l양으로 희석한 후 전착제인 Triton X-100 (0.1%)를 첨가하여 1.5 l 용량의 분무기로 잎의 표면과 이면에 동시 살포하였으며 매일 오전 10시에 사충수를 조사하였다.

결과 및 고찰

유묘검정

비닐하우스와 노지에서 포트에 재배하고 있는 국화(초장 30 cm 이상) 잎에 식재하고 담배거세미나방 난(난 20-30개)를 주당 2개씩 접종하여 부화한 후 정착한 유충에 대하여 7일째에 NPV를 농도별로 살포한 결과, LT₅₀은 노지에서 6.2-5.1일이었고 비닐하우스는 6.9-5.4일로 농도가 높을수록 짧아지는 경향이었으나 LT₉₅는 노지에서 10⁷, 10⁸ PIBs/ml에서 7.9일, 7.9일로 10⁶ PIBs/ml의 10.6일보다 짧았으며, 비닐하우스에서는 10⁷, 10⁸ PIBs/ml에서 10.8일, 10.1일로 10⁶ PIBs/ml의 15.2일에 비하여 차이가 많았다. 또한 노지와 비닐하우스 등 재배환경에 따라서도 차이가 나는데(Table 1), 이는 50°C 이상의 고온에 바이러스가 장기간 노출되면 불활성화 되기 때문에(Jaques, 1977), 본 시험 기

Table 1. Values of lethal time of SINPV in *S. litura* larva on chrysanthemum seedling in different cultural pattern

Cultural pattern	Concentrations	LT ₅₀ (95%CL)	LT ₉₅ (95%CL)
Open field	NPV 1.0 × 10 ⁶ PIBs/ml	6.2 (5.7-6.6)	10.6 (10.0-12.4)
	NPV 1.0 × 10 ⁷ PIBs/ml	5.4 (5.1-5.7)	7.86 (7.3-8.7)
	NPV 1.0 × 10 ⁸ PIBs/ml	5.1 (4.8-5.5)	7.85 (7.2-8.8)
Plastic house	NPV 1.0 × 10 ⁶ PIBs/ml	6.9 (6.4-7.5)	15.2 (13.2-18.5)
	NPV 1.0 × 10 ⁷ PIBs/ml	6.0 (5.6-6.4)	10.8 (9.6-12.6)
	NPV 1.0 × 10 ⁸ PIBs/ml	5.4 (4.9-5.8)	10.1 (9.0-11.8)

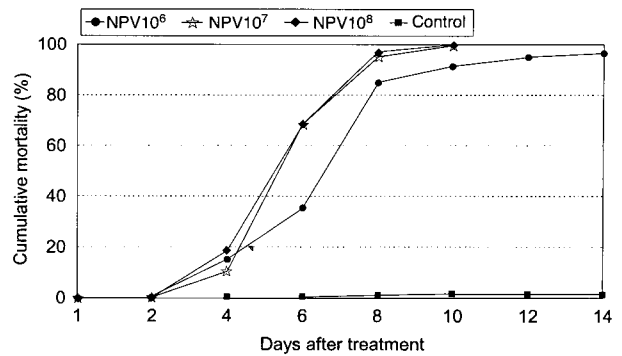


Fig. 1. Cumulative mortality of *S. litura* by feeding of SINPV sprayed on chrysanthemum seedling in open field.

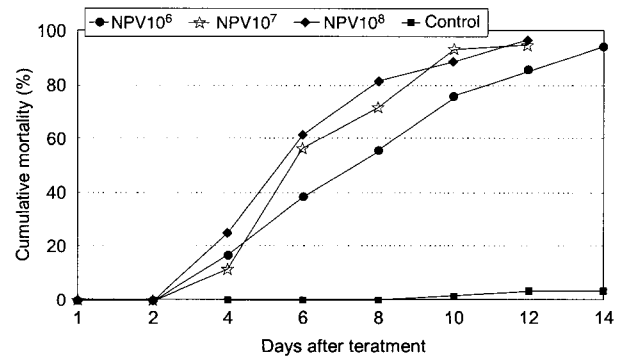


Fig. 2. Cumulative mortality of *S. litura* by feeding of SINPV sprayed on chrysanthemum seedling in plastic house.

간 중 낮 동안 비닐하우스의 최고온도가 40°C 이상 여러 날 지속된 결과로 고온이 바이러스 불활성화에 영향을 주었을 것으로 판단된다.

누적 살충율은 노지재배에서 1.0 × 10⁷, 10⁸ PIBs/ml 농도에서는 4일째부터 급격히 증가하기 시작하여 10일째에 100%였고 1.0 × 10⁶ PIBs/ml에서는 4일째부터 증가하기 시작하였으나 14일까지도 살아있는 개체가 있어 살충율이 96%로 약간 낮아져 처리농도에 따라서 담배거세미나방에 대한 바이러스의 이병율에 차이가 있었다(Fig. 1).

비닐하우스에서도 노지에서와 같이 4일째부터 살충율이 빠르게 증가하나 1.0 × 10⁷, 10⁸ PIBs/ml에서 12일에 97% 살충율을 보여 주고 있어 바이러스의 활성이 노지에 비해 떨어졌지만 1.0 × 10⁶ PIBs/ml에서 살충율은 노지와 비슷하였다(Fig. 2). 노지 포장에 비해 비닐하우스 포장의 병원성이 떨어지는 이유는 시험시기가 온도가 높은 7월 하순이었기 때문에 낮 온도가 바이러스의 활성에 영향을 미쳤을 것으로 생각되지

며, 포장에서 담배거세미나방을 방제하기 위해서는 노지나 비닐하우스에서 1.0×10^7 PIBs/ml 이상의 농도를 살포하고 살충력을 유지할 수 있는 첨가제를 넣어 제형화를 하면 담배거세미나방 방제를 위한 미생물 살충제로서 사용 가능성은 있었다.

포장검정

국화가 재배되고 있는 노지포장과 비닐하우스에 $5 \times 1.8 \times 1.5$ m 크기의 한냉사로 망실을 만들어 유충의 이동을 방지하였고 대조구로는 무처리와 화학살충제 (endosulfan) 2,000배를 살포하여 살충효과를 비교한 결과, 핵다각체병바이러스에 전착제인 Triton X-100을 0.1% 첨가하여 살포하였을 때 노지포장에서 LT_{50} 은 1.0×10^8 PIBs/ml에서 7.7일이고 1.0×10^6 PIBs/ml에서는 9.7일로 2일 정도 길어졌고, LT_{95} 도 15.5일과 21.9일을 보여 바이러스 농도가 높을수록 살충시간이 짧아졌다. 이러한 경향은 비닐하우스와 노지포장에서 비슷하였다(Table 2). 담배거세미나방의 효과적인 방제는 3령 유충이 바이러스에 감염되었을 때 이루어지고, 살충율은 핵다각체병바이러스의 농도가 높아짐에 따라 증가된다고 하였고(Jiang et al., 1999), *S. littoralis* 유충에서 LT_{50} 은 영기가 높을수록 또는 바이러스 농도가 낮을수록 길어지고, 유충 살충율은 바이러스 농도가 높아질수록 증가한다고 하였는데(Moawad et al., 1992), 본 시험에서도 이와 유사한 경향을 보였다.

노지포장과 비닐하우스에 재배되고 있는 국화에 핵다각체병바이러스 농도별로 살포하였을 때 유기합성 농약(endosulfan)은 살포 2일 안에 효과가 나타나는 반면 바이러스에 의한 사충은 처리후 4일째부터 나타나기 시작하여 16일까지 계속되었다(Figs. 3, 4). *S. frugiperda* 방제에서 화학살충제는 즉각적인 방제효과를 보인 반면 바이러스 살포구는 더 늦은 효과가 나타나지만 살포 후 17일에 화학살충제와 생물적인 방제인자 사이에 방제효과는 차이가 없었는데 이것은

Table 2. Values of lethal time of *Spodoptera litura* on chrysanthemum applied NPV in open field and plastic house

Cultural pattern	Concentration	LT_{50} (95%FL)	LT_{95} (95%FL)
Open field	1.0×10^6 PIBs/ml	9.7 (8.9-10.7)	21.9 (18.1-25.7)
	1.0×10^7 PIBs/ml	8.1 (7.7-8.5)	18.0 (16.4-20.1)
	1.0×10^8 PIBs/ml	7.7 (7.4-8.0)	15.5 (14.4-16.9)
Plastic house	1.0×10^6 PIBs/ml	9.5 (8.5-10.6)	21.0 (17.0-26.2)
	1.0×10^7 PIBs/ml	7.8 (6.7-8.8)	15.7 (12.6-18.1)
	1.0×10^8 PIBs/ml	8.1 (7.0-9.3)	15.8 (14.5-20.9)

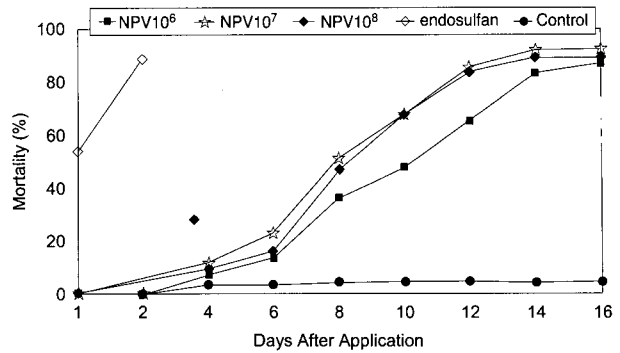


Fig. 3. Cumulation mortality of *S. litura* by SINPV on chrysanthemum in plastic house.

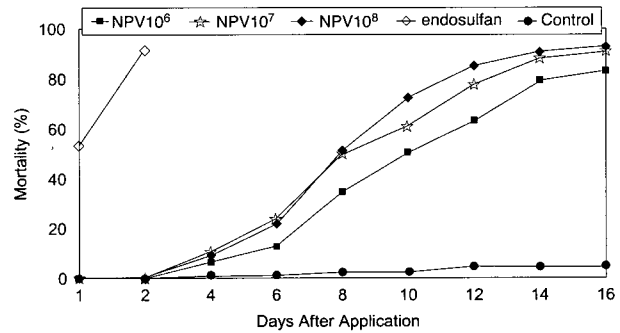


Fig. 4. Cumulation mortality of *S. litura* by SINPV on chrysanthemum in open field.

화학방제구에서 해충이 재발생 때문(Willink et al., 1995)이라고 하였다. 또한 Im et al. (1990)은 야외 콩포장에서 바이러스 살충제의 살포효과는 3종의 제제 모두 90% 이상의 살충율이 있으며 유기합성농약보다 7일 늦게 효과가 나타난 반면 2주 이상의 효과가 지속되었다고 하였다. 이와같이 유기합성농약에 비하여 살충효과가 느리기 때문에 포장에서 사용하여 담배거세미나방의 피해를 최소화하기 위해서는 살충기간을 단축하는 방법을 개발하는 것과 조기예찰 방법 개발이 시급한 실정이다.

위의 결과를 기초로 처리 후 16일째의 방제기는 노지 포장에서 1.0×10^8 PIBs/ml이 94%로 대조약제인 endosulfan의 91.4%보다 높았으며, 비닐하우스에서는 1.0×10^7 PIBs/ml이 92%로 가장 높았으나 다른 처리와 통계적인 유의차가 없었다(Table 3). Geissler (1995)는 NPV에 의한 *Mamestra brassicae*의 방제는 유리온실내의 장미와 고추에서 100%였고, 포장에서 재배되는 배추에서는 68.9-100%의 결과를 보였다고 하였다.

Table 3. Protection value of viral insecticides sprayed on chrysanthemum in open field and plastic house

Treatment ^{a)}	Protection value (%)	
	Field	Plastic house
1.0 × 10 ⁶ PIBs/ml	83.4b ^{b)}	87.4a ^{b)}
1.0 × 10 ⁷ PIBs/ml	91.4ab	92.0a
1.0 × 10 ⁸ PIBs/ml	94.0a	89.4a
Endosulfan 1000 ×	91.4ab	88.6a

^{a)} Investigation period : 30th Sep.-15th Oct.

^{b)} Means with each column followed by the same letter are not significantly different ($p=0.05$, [SAS Institute, 1991]).

이러한 경향으로 보아 노지포장나 비닐하우스에서 1.0 × 10⁷ PIBs/ml 이상의 농도로 처리하면 담배거세미나방을 방제할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 담배거세미나방핵다각체병바이러스(SINPV)는 살포 후 4일째부터 살충효과가 나타나고 죽기 직전까지 섭식 활동을 계속하므로 바이러스 살포 후에 초기 살충율을 높이는 방법과 자외선에 의해 병원활성이 파괴되기 때문에 바이러스의 활성을 지속시키는 것이 중요하다. 이를 위해서는 핵다각체병바이러스의 병원성에 영향을 미치지 않고 초기 살충율을 높이고 활성을 장기간 유지시킬수 있는 첨가제를 개발하여 제형화하여야 할 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.
- Finney, D.J. 1971. Probit analysis 3rd ed., 333pp. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Geissler, K. 1995. Application and importance of entomopathogenic viruses with respect to integrated pest management. Archives of Phytopathology and Plant Protection 29: 479-483.
- Im, D.J., B.R. Jin, K.M. Choi and S.K. Kang. 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.
- 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.
- Jaques, R.P. 1977. Stability of entomopathogenic viruses. Misc. Publ. Entomol. Soc. Am. 10:99-116.
- Jiang, J.X., G.W. 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.
- Kurstak, E. 1982. In microbial and viral pesticides. pp. 335-507. Dekker. New York.
- Moawad, G.M., G.B. El-Saadany and S. Tantawy. 1992. Transmission of nuclear polyhedrosis virus to larval instars of the cotton leafworm *Spodoptera littoralis* Bois. Egyptian J. Agri. Res. 70: 87-96.
- Oliver, A.D. 1964. Studies on the biological control of the fall webworm, *Hyphantria cunea*, in Louisiana. J. Econ. Entomol. 57: 314-318.
- Rao G.V., J.A. Wightman and D.V. Ranga Rao. 1989. Threshold temperatures and thermal requirements for the development of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). Environ. Entomol. 18: 548-551.
- SAS Institute. 1991. SAS/STAT user's guide: Statistics, version 6.04. SAS Institute, Cary, N.C.
- Willink, E., M.Y. Romero, V.M. Osorio, J.C. Ramallo and M.Y. De-Romero. 1995. Baculovirus for the biological control of the maize worm. Advance-Agroindustrial. 16: 18-23.

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