

## 파밤나방 핵다각체병바이러스의 병원성과 곤충桿狀바이러스의 파밤나방에 대한 교차감염에 관한 연구

Pathogenicity of *Spodoptera exigua* Nuclear Polyhedrosis Virus and  
Cross Infection of Baculoviruses to the Beet Armyworm,  
*S. exigua* (Lepidoptera: Noctuidae)

임대준<sup>1</sup>·최귀문<sup>1</sup>·강석권<sup>2</sup>

Dae Joon Im<sup>1</sup>, Kui Moon Choi<sup>1</sup>, and Seok Kwon Kang<sup>2</sup>

**ABSTRACT** Pathogenicity of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus (SeMNPV) against the host insect and 8 species of lepidopterous insects and cross infection of baculoviruses to third instar of *S. exigua* larvae were studied to determine as a biocontrol agent for *S. exigua*. The median lethal concentrations(LC<sub>50</sub>) of the SeMNPV to egg mass was  $2.855 \times 10^5$  PIBs/ml and higher than that to the larvae of *S. exigua*. Mortality of the SeMNPV in third instar larvae was more increased than that in first and fifth instar of *S. exigua* larvae by 1.16 and 4.11 times, respectively. The median lethal times(LT<sub>50</sub>) to  $1.56 \times 10^6$  PIBs/ml was in the range of 4.25 to 5.04 days. Infectivity of the SeMNPV against eight species of lepidopterous insects was showed only in the host insect, *S. exigua*. *Autographa californica* MNPV, *Mamestra brassicae* MNPV, and *Trichoplusia ni* MNPV were cross-infected to third instar of *S. exigua* larvae among ten of baculoviruses tested.

**KEY WORDS** *Spodoptera exigua*, nuclear polyhedrosis virus, pathogenicity, baculoviruses, cross infection

**초 록** 파밤나방 핵다각체병바이러스의 기주곤충 및 나비목해충에 대한 병원성과 10종 baculovirus의 파밤나방 유충에 대한 교차감염을 조사하여 방제에 이용하고자 시험을 수행하였다. 난에 대한 중앙치사농도(LC<sub>50</sub>)는  $2.855 \times 10^5$  다각체/ml로 유충보다 높았다. 령별 LC<sub>50</sub>은 3령이  $1.422 \times 10^4$  다각체/ml로 1령보다 1.16배, 5령보다 4.11배의 높은 병원성을 나타냈다. 각 령의 중앙치사일수(LT<sub>50</sub>)은  $1.56 \times 10^6$  다각체/ml에서 4.26~5.04일이었다. 8종 나비목 해충에 대한 파밤나방 핵다각체병바이러스의 병원성은 기주곤충인 파밤나방에서만 인정되었고 10종의 곤충간상바이러스 중 *Autographa californica* MNPV, *Mamestra brassicae* MNPV 및 *Trichoplusia ni* MNPV 등 3종이 파밤나방 유충에 대해 교차감염을 일으켰다.

**검색어** 파밤나방, 핵다각체병바이러스, 병원성, baculovirus, 교차감염

파밤나방(*Spodoptera exigua* Hübner-Lepidoptera; Noctuidae)은 남미를 제외한 적도중심

40° 내외 지역에 널리 분포하고 있으며 (O.A. B. 1972) 우리나라는 1986년부터 전국적으로 발생이 확대되어 가고 있다. 본 해충은 pyrethroid계 살충제(高井 1987)나 비교적 효과가 높았던 성장조절제인 methomyl에 대한

1 농업기술연구소 곤충과(Entomology Division, Agricultural Sciences Institute, Suwon Korea, 441-707)

2 서울대학교 농과대학(College of Agriculture, Seoul Nat'l University, Suwon Korea, 441-707)

저항성이 문제가 되어 방제에 어려움이 있다 (Meinke & Ware 1978). 또한 *Bacillus thuringiensis*(BT) subsp. HD-1과 HD-73에 대해서도 양배추금무늬나방 (*Trichoplusia ni*)보다 450배가 높은  $LC_{50}$ 값을 보여 (MacIntosh 등 1990) BT에 대해서도 저항성이 문제가 되고 있다. 이와 같이 유기합성살충제나 일부 BT살충제에 저항성을 나타내는 본 해충은 바이러스를 이용한 방제법이 가장 효과적인 것으로 알려져 있다(Smits & Vlask 1989). 과밤나방 바이러스병은 핵다각체병, 과립병 및 세포질다각체병이 보고되어 있으며(Hunter & Hall 1968, Gelernter & Federici 1986) 이 중 핵다각체병 바이러스(Baculoviridae subgroup A)는 이미 10여종의 바이러스살충제가 상품화되고 있으며 과밤나방 핵다각체병바이러스도 BIOTROL/VSE란 이름으로 방제에 이용되고 있다 (Chauthani & Reimborg 1971). 일반적으로 곤충 핵다각체병바이러스 기주특이성이 있어 타해충과의 교차감염을 잘 일으키지 않으나 (Vlask 등 1981) 몇몇 곤충 핵다각체병바이러스가 과밤나방 유충에 대해 병원성을 나타내고 있다(Vail & Hunter 1973, Hamm & Styer 1985). 대체곤충을 이용하여 증식된 일부 곤충 핵다각체병바이러스는 다각체 크기의 증대와 비리온 수의 증가로 병원성이 높아진다는 보고 (Tompkins 등 1981)가 있어 총체가 큰 곤충을 이용하여 과밤나방 핵다각체병바이러스를 증식할 수 있는 대상을 찾는 것도 필요할 것이다.

따라서 본 시험은 과밤나방 핵다각체병바이러스의 병원성과 기주범위, baculovirus의 교차감염 여부를 조사하여 최근 약제저항성으로 문제가 되는 과밤나방 방제에 이용가능성을 찾고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 바이러스

과밤나방 핵다각체병바이러스(*Spodoptera exigua* : SeMNPV - Multiply enveloped nuclear

polyhedrosis virus), 담배거세미나방 바이러스(*Hyphantria cunea* : HcMNPV), 배추좀나방 과립병바이러스(*Plutella xylostella* : PxGV-Granulosis virus)는 야외에서 채집하였고 도둑나방 바이러스(*Hamestra brassicae* : MbMNPV)는 실내사육 중 발병한 이병충에서 분리하였다. 집시나방 바이러스(*Lymantria dispar* : LdMNPV)는 서울 청량리 임업연구원에에 위치한 미농무성 아시아천적연구소에서 채집한 이병충을 분양받아 분리하였다. 밤나방 일종인 *Autographa californica*바이러스(AcMNPV), 양배추금무늬나방바이러스(*Trichoplusia ni* : TnMNPV) 그리고 왕담배나방 바이러스(*Heliothis armigera* : HaSNPV-Singly enveloped nuclear polyhedrosis virus)는 미국 농무성 Insect Biocontrol Lab. (Beltsville)의 J. L. Vaughn과 J. R. Adams 두 박사로부터, *H. zea*(HzMNPV)는 Insect Biocontrol Lab. (Missouri)의 C. M. Ignoffo 박사로부터 분양받았다. 바이러스의 증식은 각각의 기준곤충을 이용하였으나, AcMNPV와 TnMNPV는 담배거세미나방에서 증식하였으며 HaSNPV와 HzMNPV는 분양당시의 바이러스를 이용하였다. 바이러스 분리는 任 등(1989)의 방법을 변형하였다. 즉 이병유충을 0.01% SDS가 함유된 TE완충액(pH 7.0)에서 마쇄한 후 거즈로 여과한 다음 1,000 rpm에서 1~2분 원심분리하여 유충의 찌꺼기를 제거 후 2~3회 저속 원심분리(3,000 rpm, 25분)와 40~65% 실험 밀도구배 원심(25,000 rpm, 60분)로 다각체를 순화시켜 바이러스농도를  $10^9$  다각체/ml로 조제하였다. 조제한 바이러스 용액은  $-20^{\circ}\text{C}$  냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 곤충사육

실내에서 누대사육한 과밤나방, 담배거세미나방, 도둑나방은 담배거세미나방 인공사료(任 등 1989), 화랑곡나방은 땅콩씨앗, 흰불나방은 누에용 인공사료(동방유량(주)), 집시나방은 고맥아성분사료(Bell 등 1981), 배추좀나방은 배추잎을 먹이로하여  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  항온기내에서

사육하였다. 공시충으로 선별할 때까지 유충은 각각의 먹이를 넣은 페트리디쉬(90 mm D×30 mm H)내에서 사육하였다. 생물검정으로 공시한 곤충의 먹이는 포르말린을 사용하지 않았다.

### SeMNPV의 병원성

냉동보관중인 SeMNPV는 0.01% Triton x-100을 첨가한 TE완충용액(pH 7.0)으로 희석하여 농도를  $1.56 \times 10^{10}$  다각체/ml로 만들었다. 바이러스 접종은 난의 경우 1% 차아연소산나트륨용액으로 난각표면의 강모를 제거하고 70% 에칠알코홀에 5분간 소독하고 멸균증류수로 세척후 각 바이러스 농도별로 침지하여 건조하였다. 각 난괴를 페트리 디쉬(55 mm×12 mm)에 넣어 부화한 유충에 대하여 병원성을 조사하였다. 각 령 유충은 30ml 플라스틱용기에 10ml 또는 2×2cm크기의 먹이를 넣은 후 먹이 표면에 100ul의 바이러스 희석농도별로 분주후 표면이 마른 다음 12~24시간 굶긴 유충을 접종시켰다. 무접종 난은 증류수를 이용하여 상기와 같은 방법으로 처리하였다. 사충수는 접종 2일후부터 매일 일정 조사하였으며 3회 또는 4회 반복수행후 Finney(1971)계산법에 따라  $LC_{50}$ 와  $LT_{50}$ 을 산출하였다.

### 기주범위와 교차감염

나비목 해충에 대한 기주곤충 범위조사에 공시된 멸강나방유충은 2, 3, 4, 령, 배추좀나방과 화랑곡나방유충은 2령, 담배거세미나방, 도둑나방, 흰불나방 및 집시나방유충은 4령에 SeMNPV( $1.56 \times 10^8$  다각체/ml) 100ul를 접종하였다. 접종방법은 SeMNPV병원성 검정에서와 같았으나 배추좀나방은 배추잎(3cm×4cm)에 100ul의 바이러스를 처리하였고 화랑곡나방

은 땅콩씨앗을 바이러스용액에 침지후 마른 다음 유충을 접종하였다. 공시곤충별로 3 또는 4 반복으로 25~55마리를 공시하였다. 사육은 파밤나방, 담배거세미나방, 멸강나방, 도둑나방은 30ml사육컵내에서 개체사육하고 흰불나방, 화랑곡나방, 집시나방, 배추좀나방은 페트리디쉬(55 mm×12 mm)에서 집단사육하면서 매일 이병충을 조사하였다. 한편 baculovirus의 파밤나방에 대한 교차감염은 각 바이러스농도를  $1.0 \times 10^8$  다각체/ml로 만들어 파밤나방 3령 유충에 경구접종하였으며 이병된 유충은 위상차현미경으로 다각체 유무를 검정하였다.

### 결과 및 고찰

#### SeMNPV농도와 살충율

파밤나방 난의 표면을 소독하여 SeMNPV를 접종후 부화한 유충의 살충율을 보면 표 1과 같다. 회귀직선  $Y=0.853+0.760 \times (x^2 \cdot 0.05=7.4, df=3)$ 에 의해 구한  $LC_{50}$ 값은  $2.855 \times 10^5$  다각체/ml였다. 난에 대한 SeMNPV는 대부분의 고농도와 일부 저농도에서도 100%의 살충효과를 보였으나 난각표면에 바이러스부착효과가 없는 반복에서는 살충효과가 나타나지 않았다(자료 생략). 따라서 SeMNPV의 파밤나방 난에 대한 살포효과는 난표면의 강모제거수단이나 강모를 침투시켜 바이러스입자를 난각표면에 부착시킬 수 있는 침투성 용매를 사용한다면 높은 살충효과를 얻을 수 있을 것이다.

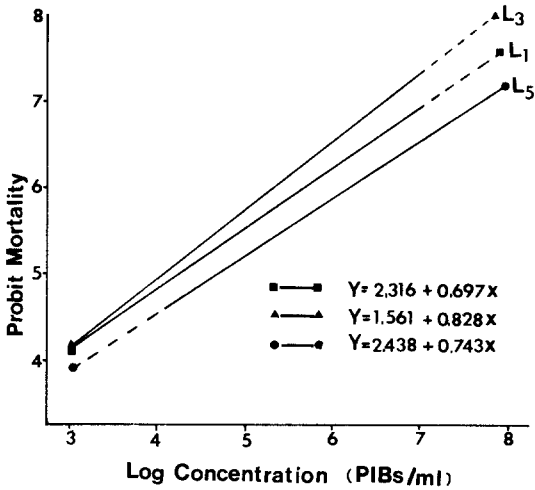
파밤나방 유충에 대한 SeMNPV 농도와 살충율과의 관계는 표 2에서와 같이 3령 유충의  $LC_{50}$ 값은  $1.422 \times 10^4$  다각체/ml로 1령보다 감수성이 높아 Smits & Vlask(1988)과 같은 결과였다. 5령유충은 3령유충에 비해 약 5배의 낮은 병원성을 보였다. 이를 병원성과 비례하는

Table 1. Dosage-mortality data for *Spodoptera exigua* eggs treated with different concentrations of *S. exigua* nuclear polyhedrosis virus

Dosage (PIBs/ml)	Slope(b)	Intercept	Heterogeneity ( $x^2=0.05$ )	df	$LC_{50}$ (PIBs/ml)
$1.560 \times 10^{10}$	0.760	0.853	7.408	3	$2.855 \times 10^5$

**Table 2. Analysis of dosage-mortality data for first, third, and fifth instar of *Spodoptera exigua* larvae treated with different concentrations of *S. exigua* nuclear polyhedrosis virus**

Larval Instar	Dosage (PIBs/ml)	Slope(b)	Intercept	Heterogeneity ( $x^2=0.05$ )	df	LC <sub>50</sub> (PIB/s/ml)
I	$1.560 \times 10^{3-7}$	0.679	2.136	4.348	3	$1.646 \times 10^4$
III	$1.560 \times 10^{4-8}$	0.828	1.561	5.115	3	$1.422 \times 10^4$
V	$1.560 \times 10^{4-8}$	0.743	1.460	2.438	3	$5.845 \times 10^4$



**Fig. 1.** The linear regression of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus on mortality probits in first, third, and fifth instar of *S. exigua* larvae.

회귀직선의 기울기로 보면 그림 1과 같이 3령 유충은  $Y = 1.561 + 0.828x$  ( $x^2=0.05 = 5.115$   $df=3$ )로 1령이나 5령유충보다 높아 곤충의 발육이

진행됨에 따라 기울기는 낮아졌다. 1령의 병원성이 낮은 것은 접종후 먹이의 기피현상 때문인 것으로 보며 앞으로 보다 정밀하고 오차가 적은 접종 방법이 개선될 필요가 있다. 병원성은 바이러스의 접종방법에 따라 차이가 있으나 국내에서 분리한 파밤나방 핵다각체병바이러스는 이미 보고된 SeMNPV(Hunter & Hall 1968, Chauthani & Rehnberg 1971, Smits & Vlask 1988)보다 회귀직선의 기울기가 낮은 것으로 보아 지역적으로 많은 유전적인 변화가 일어난 것으로 생각된다. 또한 같은 속(屬)종 *S. litura* (Im 등 1988)보다도 병원성이 낮았다. 표 3에서와 같이 각 령에 따른 95%살충율의 바이러스농도는 3령유충  $1.361 \times 10^6$ 다각체/ml로 1령유충에서보다 0.25배가 낮았고, 5령유충의 경우 3령보다 8000배가 높았으며 신뢰한계범위도 넓게 나타나 Smits & Vlask(1988)의 결과와 같았다. 이와 같이 파밤나방 5령 유충은 SeMNPV에 대해 가장 감수성이 낮은 것으로

**Table 3. Calculated concentration of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus of 95 percent fiducial limits for 50, 75, and 95 percent mortality of *S. exigua* larvae**

Larval Instar	Percent Mortality	PIBs/ml	95% Fiducial Limits (PIBs/ml)	
			Lower	Upper
I	50	$1.646 \times 10^4$	$1.435 \times 10^4$	$1.884 \times 10^4$
	75	$1.648 \times 10^5$	$1.413 \times 10^5$	$1.854 \times 10^5$
	95	$4.335 \times 10^6$	$3.784 \times 10^6$	$4.977 \times 10^6$
III	50	$1.422 \times 10^4$	$9.803 \times 10^3$	$2.051 \times 10^4$
	75	$9.183 \times 10^4$	$6.081 \times 10^4$	$1.327 \times 10^5$
	95	$1.361 \times 10^6$	$9.950 \times 10^5$	$1.963 \times 10^6$
V	50	$5.845 \times 10^4$	$4.966 \times 10^4$	$6.855 \times 10^4$
	75	$4.721 \times 10^5$	$4.027 \times 10^5$	$5.534 \times 10^5$
	95	$8.851 \times 10^9$	$7.534 \times 10^9$	$1.038 \times 10^{10}$

**Table 4. The  $LT_{50}$  values for first-, third-, and fifth-instar *Spodoptera exigua* larvae treated with different concentrations of *S. exigua* nuclear polyhedrosis virus**

Larval Instar	Dosage (PIBs/ml)	Slope(b)	Intercept	$X^2(0.05)$	df	$LT_{50}$ (Days)
I	$1.560 \times 10^4$	5.018	0.396	0.810	3	8.26
	$\times 10^5$	5.916	0.960	13.254	4	4.82
	$\times 10^7$	5.797	1.940	6.799	4	3.37
III	$1.560 \times 10^3$	2.616	1.677	1.197	2	8.64
	$\times 10^5$	8.998	-1.648	1.099	2	5.48
	$\times 10^7$	11.868	-2.393	0.788	2	4.55
V	$1.560 \times 10^3$	3.049	1.780	0.361	3	11.38
	$\times 10^5$	5.693	0.465	4.610	4	6.26
	$\times 10^7$	10.491	-0.698	8.890	2	3.49

생각된다.

**SeMNPV와 살충일수**

각유충의 령에 따른 SeMNPV의 살충일수는 유충 발육의 진행과 바이러스의 농도가 높아짐에 따라 짧아지는 경향이였다(표 4). SeMNPV에 대한 각령의  $LT_{50}$ 은 저농도에서는 8.26~11.38일 고농도에서는 3.37~4.55일로 이미 보고된 결과(Hunter & Hall 1968, Smits & Vlask 1988)와 같은 경향이였다.

파밤나방 유충에 대해 SeMNPV는 광범위 기주곤충을 갖는 AcMNPV보다 병원성이 빠르게 나타난다는 보고도 있다(Gelernter & Federici 1986). 한편 회귀직선 방정식에 의한 기울기는 1령의 경우 농도에 큰 차이를 보이지 않았으나 3령과 5령 유충은 농도가 많아짐에 따라 높게 나타났다.

**기주범위와 baculovirus의 교차감염**

나비목 해충에 대한 교차감염을 구명하여 SeMNPV의 대량증식을 위한 대체곤충의 범위를 조사하기 위하여 실내 누대 사육충 또는 야외 채집 해충에 접종한 결과는 표 5와 같다. 공시된 멸강나방, 흰불나방, 짚시나방, 도둑나방, 배추좀나방, 화랑곡나방 및 담배거세미나방 등 7종의 유충 모두 SeMNPV에 감염되지 않았고 기주곤충인 파밤나방에서만 감염을 일으켜 Vlask등(1981)과 Smits(1987)가 보고한 것과 같이 기주곤충에 대해 특이성이 나타났다.

한편 공시한 8종의 baculovirus중 파밤나방 3령 유충에 감염성이 있는 바이러스는 기주에서 분리한 SeMNPV를 비롯한 AcMNPV, MbMNPV, TnMNPV등 4종이었으며 HaSNPV, SIMNPV, HzMNPV, HcMNPV, LdMNPV,

**Table 5. Cross infectivity of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus against lepidopterous larvae**

Family	Scientific name	Korean name	Infectivity <sup>a</sup>
Yponomeutidae(집나방과)	<i>Plutella xylostella</i> (Linnaeus)	배추좀나방	-
Pyalidae(명나방과)	<i>Plodia interpunctella</i> (Hübner)	화랑곡나방	-
Lymantriidae(독나방과)	<i>Lymantria dispar</i> (Linnaeus)	짚시나방	-
Actiidae(불나방과)	<i>Hyphantria cunea</i> (Drury)	흰불나방	-
Noctuidae(밤나방과)	<i>Mamestra brassicae</i> (Linnaeus)	도둑나방	-
	<i>Mythimana separata</i> (Walker)	멸강나방	-
	<i>Spodoptera exigua</i> (Hübner)	파밤나방	+
	<i>S. litura</i> (Fabricius)	담배거세미나방	-

<sup>a</sup> The positive(+) showed infection to the insect and the negative(-) did not.

**Table 6. Infectivity of baculoviruses against third instar of *Spodoptera exigua* larvae**

Virus origin <sup>a</sup>	Infectivity <sup>a</sup>
<i>Autographa californica</i> MNPV	+
<i>Heliothis amigera</i> SNPV	-
<i>H. zea</i> MNPV	-
<i>Hyphantria cunea</i> MNPV	-
<i>Lymantria cunea</i> MNPV	-
<i>Mamestra brassicae</i> MNPV	+
<i>Plutella xylostella</i> MNPV	-
<i>Spodoptera exigua</i> MNPV	+
<i>S. litura</i> MNPV	-
<i>Trichoplusia ni</i> MNPV	+

<sup>a</sup> The positive (+) showed infection to *S. exigua* larvae and the negative (-) did not.

PxGV 등 6종은 교차감염을 나타내지 않았다 (표 6). 파밤나방에 감염을 일으키는 곤충바이러스는 AcMNPV(Vail 등 1973), TnMNPV(Tompkins 등 1981), *Mamestra brassicae* MNPV(Wiegers & Vlak 1984), *S. frugiperda* MNPV(Hamm & Styler 1985)가 알려져 있으며 본 결과에서도 같았다. 그러나 담배거세미나방 핵다각체병바이러스와 지역적인 차이가 있는 *S. littoralis* MNPV가 파밤나방 유충에 교차감염을 일으킨다는 보고(Harpaz & Raccach 1981)와는 차이가 있었다. 본 실험에서는 고농도의 바이러스를 사료표면에 살포하여 각 공시충을 개별 또는 집단 사육하여 얻은 결과이나 곤충바이러스의 교차 감염성은 바이러스의 진화, 바이러스단백질과 DNA 특성과 유전자 지도 작성, 혈청학적인 연구등을 이용하여 비교 검토할 수 있는 방법개선이 필요할 것으로 본다.

상기한 바와 같이 파밤나방은 이미 약제저항성이 문제가 되고 있어 핵다각체병 바이러스를 해충방제에 이용할 경우 살포시기, 살포방법 및 바이러스 대량증식법 등을 연구보완한다면 매우 효과적인 대체방제법이라고 본다.

인용문헌

Bell, R.A., C.D. Owens, M. Shapiro & J.R. Tardif.

1981. Mass rearing and virus production *In* Doane, C.C. and M.L. McManus(ed.), "The Gypsy moth : Research toward integrated pests management", USDA Tech. Bull. 1584, 599~655.

C. A. B. 1972. Distribution maps of pests. Ser. A. (Agricultural Maps No.) 302~303.

Chauthani, A.R. & C.S. Rehnberg. 1971. Dosage mortality data on the nuclear polyhedrosis viruses of *Spodoptera exigua*, *Trichoplusia ni* and *Prodenia ornithogalli*. J. Invertebr. Pathol. 17 : 234~237.

Finney, D.J. 1971. Probit analysis. Cambridge Univ. Press. Cambridge. pp. 333.

Gelernter, W.D. & 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.

Harpaz. I. & B. Raccach. 1978. Nucleo polyhedrosis virus(NPV) of the Egyptian cottonworm, *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera, Noctuidae). Temperature and pH relations, host range, and synergism. J. Invertebr. Pathol. 32:368~372.

Hamm, J.J. & E.L. Styler. 1985. Comparative pathology of isolates of *Spodoptera frugiperda* nuclear polyhedrosis virus in *S. frugiperda* and *S. exigua*. J. Gen. Virol. 66 : 1249~1261.

Hunter, D.K. & I.M. Hall. 1968. Pathogenicity of a nuclear polyhedrosis virus of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*. J. Invertebr. pathol. 12 : 83~85.

Im, D.J., B.M. Shepard & R.M. Aguda. 1988. Pathogenicity and histopathology of a nuclear polyhedrosis virus of *Spodoptera litura*(Fab.). Insect Sci. Applic. 9(4) : 539~542.

任大準, 朴範錫, 최귀문, 姜錫權, David K. Reed. 1989. 담배거세미나방 핵다각체병바이러스分離 및 形態의 觀察. 韓昆誌. 19 : 69~77.

MacIntosh, S.C., T.B. Stone, S.R. Sims, P.L. Hunst, J. T. Greenplate, P.G. Marrone, F.J. Periak, D.A. Fischhoff & 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. & G.W. Ware. 1978. Tolerance of three beet armyworm strains in Arizona to methomyl. J. Econ. Ent. 71 : 645~646.

Smits, P.H. 1987. Nuclear polyhedrosis virus as biological control agent of *Spodoptera exigua*. Ph. D. thesis, Agricultural University, Wageningn, The Netherland.

Smits, P.H. & J.M. Vlak. 1988. Biological activity of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus

- against *S. exigua* larvae. J. Invertebr. Pathol. 51 : 107~114.
- 高井幹夫. 1987. 高知縣におけるシロイチモジヨトウの生態と防除. 農藥研究. 34(1) : 23~30.
- Tompkins, G.J., J.L. Vaughn, J.R. Adams & C.F. Reichelderfer. 1981. Effects of propagating *Autographa californica* nuclear polyhedrosis virus and its *Trichoplusia ni* variant in different hosts. Environ. Entomol. 10 : 801~806.
- Vail, P.V., D.L. Jay & D.K. Hunter. 1973. Infectivity of a nuclear polyhedrosis virus from the alfalfa looper, *Autographa californica* after passage through alternate hosts. J. Invertebr. Pathol. 21 : 16~20.
- Vlak, J.M., K. van Frankenhuyzen, D. Peters & A. Groner. 1981. Identification of a new nuclear polyhedrosis virus from *Spodoptera exigua*. J. Invertebr. Pathol. 38 : 297~298.
- Wieggers, F.P. & J.M. Vlak. 1984. Physical map of the DNA of a *Mamestra brassicae* nuclear polyhedrosis virus variant isolated from *Spodoptera exigua*. J. Gen. Virol. 65 : 2011~2019.

(1991년 6월 4일 접수)