

## 유기재배 배추포장 내 파밤나방에 대한 곤충병원성 미생물의 방제 효과\*

박종호\*\*\* · 홍성준\*\* · 한은정\*\* · 심창기\*\* · 김민정\*\* · 김용기\*\*

### Control Efficacy of Entomopathogenic Microagent against *Spodoptera exigua* on Organic Chinese Cabbage

Park, Jong-Ho · Hong, Sung-Jun · Han, Eun-Jung ·  
Shim, Chang-Ki · Kim, Min-Jeong · Kim, Yong-Ki

This study was carried out to identify the control effect of entomopathogenic microagent against *Spodoptera exigua* on organic chinese cabbage. In laboratory condition, insecticidal activity of 4 commercial BT pesticides against *S. exigua* were lower than 10% against second instar *S. exigua*. The insecticidal activity of entomopathogenic nematode were 33.3%, 83.3% and 100% at the concentration of  $1 \times 10^2$ ,  $3 \times 10^2$ ,  $1 \times 10^3$  nematodes/ml, respectively. Mixture of BT and nematode showed growth inhibition against *S. exigua* larvae. *S. exigua* nucleopolyhedrovirus (SeNPV) of  $10^5$  PIBs/ml showed more than 70% insecticidal activity. The yield of SeNPV was increased as in higher initial inoculation concentration of NPV, food supply, and growth temperature increased. In greenhouse experiment, the control value of BT and nematode mixture treatment was higher than BT and nematode treatment alone against *S. exigua*. In treatment of  $10^7$  PIBs/ml of SeNPV, *S. exigua* was controlled completely. In farm condition, mixture of microbial agent and organic agricultural material showed higher control value against lepidopteran pest including *S. exigua* than BT single treatment.

Key words : *bacillus thuringiensis*, *chinese cabbage*, *SeNPV*, *spodoptera exigua*

\* 본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ0100262015)의 지원에 의해 이루어진 것임.

\*\* 국립농업과학원 유기농업과

\*\*\* Corresponding author, 국립농업과학원 유기농업과(jhpark75@korea.kr)

## I. 서 론

파밤나방(*Spodoptera exigua*)은 나비목(Lepidoptera), 밤나방과(Noctuide), Spodoptera속에 속하는 광식성의 해충으로 국내에는 채소를 비롯해 42종의 기주가 알려져 있으며 난방제 해충으로 주요 농작물의 피해가 심한 해충이다(Ahn et al., 1989; Goh et al., 1991). 특히 배추에서 파밤나방이 발생할 경우 피해가 빠르게 나타나며(Kim et al., 2009), 발생세대가 혼재되고 노령 유충은 약제에 대한 저항성이 높아 방제가 어렵다(Luo et al., 2000). 더욱이 유기농업에서는 파밤나방에 대하여 효과적인 약제가 부족하여 방제에 어려움이 더 큰 상황이다. 현재 배추 유기재배농가에서는 식물유래 유기농업자재와 비티제와 같은 미생물제제를 해충방제제로 이용하고 있다. 해충방제를 위한 식물유래 유기농업자재는 주로 고삼(*oxymatrin*), 제충국(*pyrethrin*), 님(*azadiractrin*) 등의 식물추출물이 주재료로 사용되고 있다(Kim and Kim, 2009). 식물추출물 유기농업자재의 경우 판매자의 입장에서 개발 및 등록에 비용이 저렴하고 농가의 입장에서 사용상의 불편함이 없는 장점이 있다. 그러나 최근 식물추출물을 주재료로한 유기농업자재가 유용한 곤충에도 살충력을 보이는 등 환경과 안전성의 문제가 지적되고 있는 점을 고려한다면 미생물 살충제의 확대가 필요하다 하겠다.

현재 국내에서 미생물 살충제는 생물농약의 범주에 들어가는 해충 방제제로 구분되어 있다. 해충방제에 사용되는 곤충병원성 미생물(*entomopathogens*)은 크게 *Bacillus thuringiensis*, *B. sphaericus*와 같은 곤충병원성 세균과 *Beuveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii* 등과 같은 진균 그리고 baculovirus와 같은 곤충병원성 바이러스가 대표적이다(Kim, 2014). 또한 *Steinernema carpocapsae*와 같은 곤충병원성 선충 또한 미생물농약의 범주에 포함될 수 있을 것이다. 현재 국내에서 사용되는 주요 살충성 미생물은 *B. thuringiensis*이나 파밤나방에 방제효과가 낮게 나타나고 방제대상이 한정되므로 유기재배농가에서의 사용이 저조한 실정이다(Seo and Kim, 2011).

외국의 경우 미국, 캐나다, 스위스 등 다국적 기업에서는 살충미생물 세균인 비티(*B. thuringiensis*), 병원성 선충, 병원성 바이러스를 이용한 미생물 살충제를 산업화하여 친환경 재배 농가를 대상으로 시판중이며, 주요한 미생물제인 비티제로 방제가 어려운 파밤나방과 같은 농업 해충에 대해서는 살충효과가 높은 새로운 균주를 개발하고 있다. 국내에서도 비티의 효능을 높이기 위해 *B. thuringiensis aizawai*에 탄닌과 같은 증진효과를 나타내는 물질을 첨가하여 일부 해충에 대한 살충력을 높이는 연구가 진행되었다(Jin et al., 2009). 또한 농업해충에 효과가 있는 곤충병원성 선충(*Xenorhabdus nematophilla*)에서 추출한 물질인 Benzyl ideneacetone을 이용하여 비티제와 병원성 곰팡이의 살충효과를 증가시키는 연구가 진행되었으며 곤충병원성 선충의 항면역물질을 비티와 혼합하여 난방제 해충을 방제하는 기술을 개발하여 제품화까지 성공하였다(Seo and Kim, 2011). 이와 같이 국내에서도 선진 외국과 비교하여 동등한 수준의 곤충병원성 미생물선발, 활용기술 연구가 진행되고 있으나

농가수준에서 활용할 수 있는 기술 연구가 부족하여 곤충병원성 미생물제의 사용량이 외국에 비해 미미한 실정으로 유기농업자재와의 혼합 및 미생물간 활용 연구 등 유기농가에서 사용할 수 있는 다양한 활용 기술 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 현재 개발되어 활용되고 있는 곤충병원성 미생물을 이용하여 유기농경지에 더 효과적으로 적용할 수 있는 방법을 개발하고자 주요한 난방제해충인 과밤나방 방제를 위한 곤충병원성미생물의 활용방법에 대한 시험을 진행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험곤충 및 미생물

본 연구에 이용한 시험곤충인 과밤나방은 국립농업과학원 작물보호과에서 1령 유충으로 분양받은 뒤 유기농업과 곤충사육실에서 사육하여 시험에 사용하였다. 곤충 사육은  $25 \pm 1$  °C의 온도, 광주기 16L:8D, 상대습도  $60 \pm 10\%$ 의 조건에서 이루어졌다. 시험곤충의 유충은 인공사료(Bio serv, F9219B beet army worm diet)를 먹이로 공급하여 사육하였다.

연구에 이용한 미생물은 곤충병원성세균인 비티(*B. thuringiensis*), 곤충병원성선충인 *S. carpocapsae*, 그리고 과밤나방 핵다각체바이러스(SeNPV)였다. *S. carpocapsae*는 시중에 유통되는 유기농업자재를 구입하여 사용하였고 비티는 4종의 생물농약(*B. thuringiensis* subsp. *aizawai*, *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki*)을 구입하여 사용하였다. SeNPV는 서울대학교 응용생물화학부 곤충미생물연구실에서 분양받아 이용하였다. 핵다각체바이러스의 증식은 Im 등(1989)의 방법을 이용하였으며 사육중인 과밤나방 유충을 기주로 사용하였다. 과밤나방 3령충 10마리를 페트리디쉬에 넣은 후  $1.0 \times 10^5 \sim 1.0 \times 10^7$  다각체/ml 농도의 SeNPV 현탁액을 100 ul 정도 접종한 인공사료를 먹이로 공급하여 사육하였다. 이후 죽은 충체를 증류수를 이용하여 즉시 수거하였다. 이 방법을 통해 생산된 핵다각체바이러스는 냉동고에 보관하고 이 후 현탁액을 희석하여 실내실험과 포장시험에 사용하였다.

### 2. 실내시험

곤충병원성 미생물의 효과검정을 위해 실내실험을 다음과 같이 실시하였다. 과밤나방 2령 유충을 9.5 cm 크기의 페트리디쉬에 10마리씩 넣은 후 2 g의 인공사료를 먹이로 넣어주고 여기에 약 100 ul량의 곤충병원성 미생물들을 각각 처리한 뒤 유충의 생존율과 생육상태를 검정하였다. 4종 비티제의 비교 시험의 경우 제품에 표기된 권장농도를 기준으로 희석하여 처리하였으며 이중 비티제 1종을 선발하여  $10^5 \sim 10^7$  cfu/ml의 농도로 처리하였다. 병

원성선충은  $3 \times 10^3 \sim 3 \times 10^5$  마리/ml의 농도로 희석하여 시험에 사용하였다. 비티와 선충의 혼합시험에서는 비티는  $2 \times 10^5$  cfu/ml 병원성 선충은  $2 \times 10^2$  마리/ml의 농도로 사용하였다. SeNPV는 파밤나방 감염충에서 수거한 현탁액을  $10^5 \sim 10^7$  다각체/ml의 농도로 희석하여 처리하였다. 살충시험은 사육조건과 같은 온습도 및 광주기 조건에서 실시하였으나 온도에 따른 SeNPV 효과 검정을 위해서는  $20 \sim 32^\circ\text{C}$  조건의 인큐베이터에서 실험을 실시하였다. 각 시험은 3 또는 4반복 처리를 하였다. SeNPV 증식시험은 위의 살충시험과 동일하게 수행되었으며 파밤나방에 SeNPV 현탁액 처리후 죽은 충체를 증류수를 이용하여 즉시 수거하여 마쇄한 후 이중 거저로 여과한 뒤 헤모사이토미터로 그 양을 측정하였다. 일반적으로 핵다각체바이러스를 최대한 수거하기 위해 SDS용액과 triton X-100 등을 사용하나(Kim et al., 2003) 본 시험에서는 유기재배 포장에 활용하기 위해 화학첨가제를 사용하지 않았다.

### 3. 포장시험

모든 온실시험은 경기도 수원시 권선구에 위치한 국립농업과학원 구 시험포장 내  $100 \text{ m}^2$ 의 소규모 유기재배 온실에서 배추를 재식하고 처리별로 방충망을 씌운 후 파밤나방을 접종하고 미생물 처리 시험을 실시하였다. 비티와 병원성선충의 방제효과를 검정하기 위한 온실시험은 2013년에 이루어졌다. 9월 10일 배추에 파밤나방 1령을 10마리씩 접종한 뒤, 다음날 곤충병원성 미생물을 처리별로 살포하고 9월 24일 배추를 수거하여 생존해 있는 유충을 확인하였다. SeNPV의 방제효과를 검정하기 위한 온실시험은 2014년에 실시하였다. 5월 20일 배추별로 파밤나방 1령충을 10마리씩의 접종하고 2일 뒤 농도처리별로 SeNPV현탁액을 살포한 후 6월 2일 배추를 회수하여 실험실에서 배추에 생존해있는 유충을 확인하였다.

배추 해충 방제를 위한 노지 시험은 충남 서산시 갈산면에 위치한 배추 유기재배인증 농가포장의 일부구획( $660 \text{ m}^2$ )에서 이루어졌다. 해당포장은 인근에 파재배지가 인접하여 파밤나방 발생 밀도가 매우 높은 지역이었다. 포장내 배추의 주요 피해 해충은 나비목 곤충이었으나 배추벼룩잎벌레와 좁은가슴잎벌레의 피해가 상당히 발생하고 있었다. 비티제로는 잎벌레류의 방제가 어렵기 때문에 잎벌레에 방제효과가 알려진 고삼추출물(Kim et al., 2013)을 재료로 한 유기농업자재를 미생물혼합 처리구에 추가하였다. 포장에 페로몬트랩을 설치하고 예찰 결과에 따라 미생물제와 유기농업자재를 혼용하여 살포하였다. 배추 모종은 9월 2일 정식하였고 첫 번째 약제 처리는 9월 7일에 실시하였으며 이후 9월 20일에 2차 처리를 실시하였다. 비티처리구는 2회 모두 비티를 처리하였고, 미생물혼합처리구에서는 1차 살포시기에 잎벌레류를 방제하기 위해 유기농업자재(고삼추출물)를 혼합 살포하였으며, 9월 10일 이후 페로몬 트랩에 파밤나방이 다수 포획되어 2차에서는 비티와 SeNPV 혼합제를 살포하였다. 10월 2일에 처리별로 80구의 배추를 육안 조사하여 생존한 유충을 확인하였다.

#### 4. 통계처리

처리조건에 따른 SeNPV의 생산량과 포장에서 미생물제의 살충효과에 대한 평가를 위해 시험결과를 일원분산분석으로 통계 분석을 수행하였다. 각 평균 간의 유의차는 Duncan의 다중검정(Duncan's Multiple Range Test)으로 비교하였고, 5%의 유의 수준으로 평가하였다. 모든 통계분석은 SAS 9.1 (SAS Institute, 2003)을 이용하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 실내 살충시험

현재 국내에 판매되는 비티제는 *B. thuringiensis* subsp. *aizawai*와 *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki*를 주원료로 사용하는데, 과밤나방의 경우 시험에 이용한 비티제는 그 종류에 상관 없이 2령 이상의 유충에 대하여 살충효과가 높지 않았다(Fig. 1). Fig. 1에 이용한 약제 중 하나(*B. thuringiensis* subsp. *aizawai* NT0423 powder)를 선택하여 농도별 살충력을 확인한 결과 제품의 권장 사용농도인  $2 \times 10^5$  cfu/ml 희석액보다 50배가량 높은 농도에서는 처리 7일 후 97.4%의 높은 방제율을 보였으나 그 외의 농도에서는 50% 미만으로 효과가 낮게 나타났다(Fig. 2). 일반적으로 유기농경지에 발생하는 해충을 방제하기 위해 가장 많이 사용되는 미생물제가 비티임을 고려할 때 과밤나방이 발생할 경우 단순 비티 처리 이외의 방법이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

곤충병원성 선충을 비티제와 같은 방법으로 처리했을 때 농도에 따른 살충효과의 차이를 보여주었는데 제품의 권장 사용농도인  $1 \times 10^2$  마리/ml에서 처리 7일 후 방제율이 33.3%인데 반해  $3 \times 10^2$  마리/ml에서 83.3%의 방제율을 보여 본 시험에서는 비티제보다 높은 효과를 확인할 수가 있었다(Fig. 3). 하지만 곤충병원성 선충 또한 과밤나방 방제를 위해서는 다소 높은 농도처리가 필요하다는 것을 알 수 있었다.

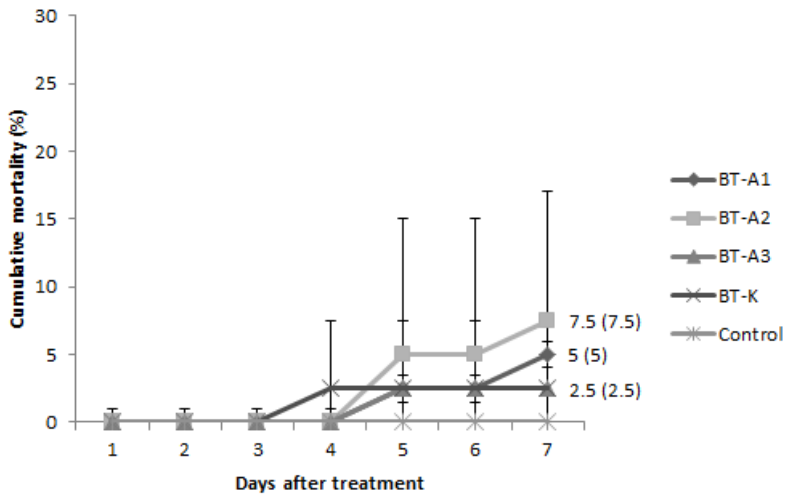


Fig. 1. Cumulative mortality of *Spodoptera exigua* by feeding of BT pesticide (*Bacillus thuringiensis*) at the recommend concentration. Each treatment was tested on 10 larvae by 4 replicates. Bars indicate standard deviations of means. Parenthesized number is convert mortality by Abbott’s formula.

\* BT-A1: *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* NT0423 powder ( $2 \times 10^5$  cfu/ml), BT-A2: *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* NT0423 liquid ( $5 \times 10^5$  cfu/ml), BT-A3: *B. thuringiensis* subsp. *aizawai* (35 dbmu/mg), BT-K: *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* (8 biu/g).

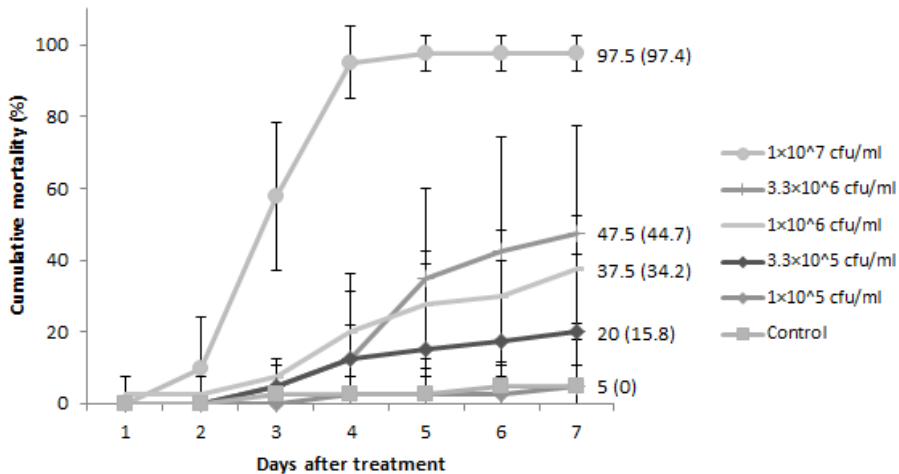


Fig. 2. Cumulative mortality of *Spodoptera exigua* by feeding of BT pesticide (*Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* NT0423) at the different concentration. Each treatment was tested on 10 larvae by 4 replicates. Bars indicate standard deviations of means. Parenthesized number is convert mortality by Abbott’s formula.

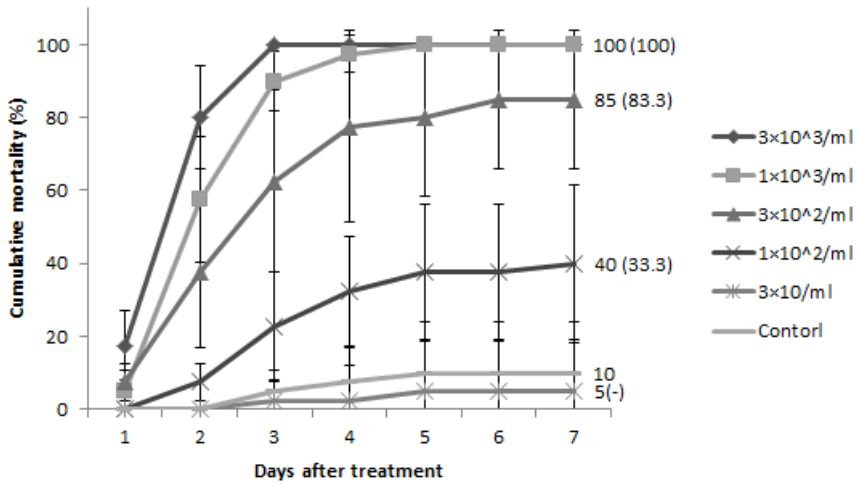


Fig. 3. Cumulative mortality of *Spodoptera exigua* by feeding of *Steinemema carpocapsae* at the different concentration. Each treatment was tested on 10 larvae by 4 replicates. Bars indicate standard deviations of means. Parenthesized number is convert mortality by Abbott's formula.

곤충병원성 미생물은 각각 곤충의 체내로 침입하는 기작을 가지고 있고 두 가지 미생물을 혼합할 경우 그 효과를 증진시키는 예가 다양한 연구에서 보고되었다(Kim et al., 2013; Seo and Kim, 2011). 곤충병원성선충의 경우 곤충의 면역에 영향을 끼치는 공생미생물을 가지고 있어 비티와의 혼합 시 비티의 살충력을 높여주는 사례가 보고되어 있는데(Kim et al., 2013), 이에 시중에 판매되는 미생물을 혼합하여 그 효과를 증진시키는 시험을 실시하였다.

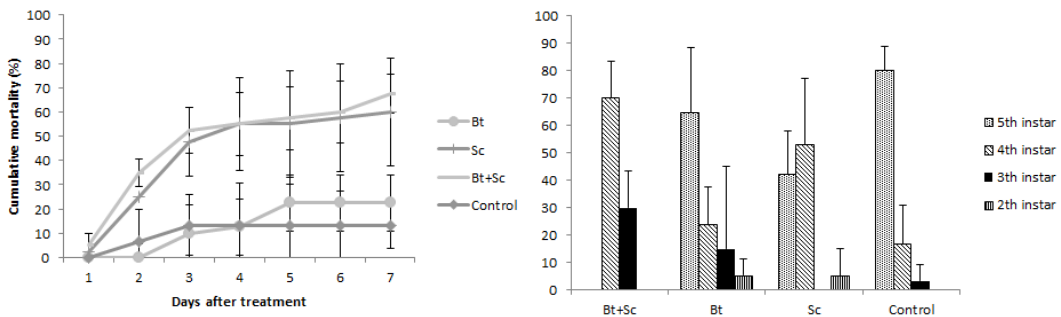


Fig. 4. Cumulative mortality (left) and development stage (right) of *Spodoptera exigua* by feeding of *Bacillus thuringiensis* and *Steinemema carpocapsae* mixture. Each treatment was tested on 10 larvae by replicates. Bars indicate standard deviations of means.

\* Bt: *B. thuringiensis* ( $2 \times 10^5$  cfu/ml), Sc: *S. carpocapsae* ( $2 \times 10^2$  nematodes/ml)

본 시험에서는 곤충병원성선충과 비티제는 혼합처리 시에도 파밤나방에 대하여 직접적인 살충력의 증진효과를 확인하지 못하였다(Fig. 4). 하지만 미생물제 처리에 따라 유충의 생장은 차이를 보여주었다. 2령 유충에 약제 처리를 한지 7일째에 무처리에서는 시험충의 80%가 5령까지 성장하였으며 비티와 선충을 단독 처리와 했을 때는 각각 64.8%와 42.1%만 5령으로 성장하였다. 반면 비티와 선충을 혼합처리한 경우 시험 충 모두 5령충 미만이었다. 7일간의 조사에서는 직접적인 살충효과의 증가를 보지는 못했지만 생육을 크게 억제하는 효과를 고려할 때 포장에서는 방제효과 증진을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

핵다각체바이러스는 파밤나방 방제에 가장 효과적인 살충성미생물로 알려져 있으며(Smits and Valk, 1988), 본 시험에서도 파밤나방 유충에 SeNPV는  $10^5$  다각체/ml의 농도에서부터 70% 이상의 높은 살충효과를 보여주었고  $10^7$  다각체/ml의 농도에서는 100%의 살충효과를 보여주었다(Fig. 5). 사육온도에 따른 SeNPV의 효과를 조사한 결과 처리 2일 후 20℃에서는 20%의 살충율을 24℃ 이상에서는 70% 이상의 살충율을 보여주었다. 이는 온도가 높을수록 SeNPV의 살충효과가 높아진다는 기존의 결과와 일치하였다(kim et al., 2004). SeNPV의 살충효과는 매우 뛰어나나 국내에 해당 미생물을 이용한 제품이 판매되고 있지 않으므로 SeNPV를 활용 및 보급을 위해서는 증식기술 또한 필요하다. 만약 효과적인 증식기술이 뒷받침된다면 핵다각체바이러스의 경우 기주 곤충의 사육시스템이 갖추어진 곳에서는 충분히 대량증식이 가능하다. 다행히 농업미생물을 직접 배양하여 농가에 보급하는 농업기술센터는 2014년 기준으로 123곳이었으며 매년 증가하고 있는 추세임으로 핵다각체바이러스 또한 이러한 기관을 통한 농가보급이 가능한 미생물원이라 판단된다.

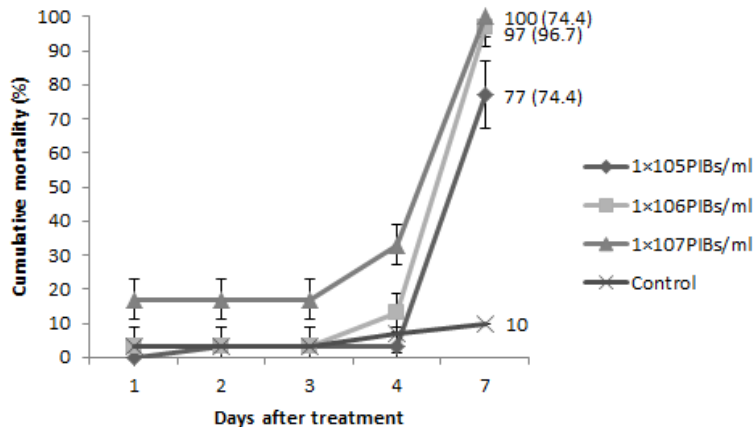


Fig. 5. Cumulative mortality of *Spodoptera exigua* by feeding of SeNPV at the different concentration. Each treatment was tested on 10 larvae by 3 replicates. Bars indicate standard deviations of means. Parenthesized number is convert mortality by Abbott's formula.



## 2. SeNPV 증식 시험

파밤나방 유충을 이용한 SeNPV의 최적의 증식조건을 찾기 위해 효율적인 사육 온도조건을 구명한 결과는 Table 1과 같다. 파밤나방 먹이에 SeNPV를 접종시키고 사육시켰을 때 온도가 높을수록 핵다각체 증식량은 더 높게 나타났다. 핵다각체바이러스의 경우 대개 온도가 20°C에서 높아질수록 LC50이 낮아지는 경향이 있으나 시험곤충 사육에는 30°C 이상의 조건에서는 자연 사망률이 높아 일반적으로 활용하지 않는 경우가 많다. 하지만 감염에 의한 파밤나방 유충에 대한 살충효과가 빨리 나타나 SeNPV 증식 및 수거 기간이 짧아졌다 (Fig. 6). Kim 등(2004)은 SeNPV가 파밤나방 유충에서 28°C에서 가장 높은 생산량을 보여준다고 보고하였으나 본 시험에서는 32°C가 더 높은 생산량을 보여 처리농도와 사육조건을 조절한다면 30°C 이상의 온도가 더 효율적이라 판단된다. Choi 등(1996)은 5령충을 20°C에서 사육하였을 때, SeNPV의 최대생산량을 얻을 수 있다고 하였으나 7일 이상 기간이 소요되는 것을 고려한다면 32°C의 고온에서 생산을 실시하는 것이 노동력과 시간을 줄일 수 있어 경제적 이점이 있다고 사료된다. 인공사료에 SeNPV 현탁액의 처리량은 농도가 높을수록 NPV감염에 의한 살충효과가 빨리 나타나 NPV 증식 및 수거 기간이 짧아졌다(Table 2). 이는 다른 연구에서도 유사한 결과를 보여주고 있다(Kim et al., 2004). 다만 농도 처리가 높을수록 생산 효율이 상대적으로 떨어지기 때문에 107 다각체/ml 이하로 접종하는 것이 적당할 것이다.

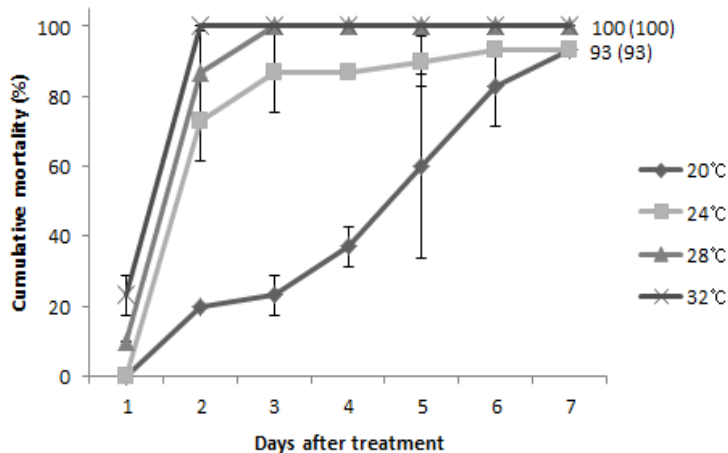


Fig. 6. Cumulative mortality of *Spodoptera exigua* by feeding of SeNPV at the different temperature. SeNPV was treated at the concentration of  $1 \times 10^7$  PIBs/ml. Each treatment was tested on 10 larvae by 3 replicates. Bars indicate standard deviations of means. Parenthesized number is convert mortality by Abbott's formula.

Table 1. Yields of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus at different temperature

Temperature (°C)	PIBs / larva
20	1.5×10 <sup>8d</sup>
24	4.4×10 <sup>8c</sup>
28	5.7×10 <sup>8b</sup>
32	9.7×10 <sup>8a</sup>

\* SeNPV was treated at the concentration of 1×10<sup>7</sup> PIBs/ml. Means followed by the same letter within a column are not significantly different (p<0.05).

Table 2. Yields of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus at different inoculum concentration

Inoculum (PIBs / ml)	PIBs / larva
1.0×10 <sup>7</sup>	2.8×10 <sup>8a</sup>
3.3×10 <sup>6</sup>	1.6×10 <sup>8b</sup>
1.0×10 <sup>6</sup>	1.2×10 <sup>8bc</sup>
3.3×10 <sup>5</sup>	6.2×10 <sup>7c</sup>
1.0×10 <sup>5</sup>	4.4×10 <sup>7c</sup>

\* Means followed by the same letter within a column are not significantly different (p<0.05).

### 3. 온실 시험

온실조건에서 곤충병원성선충과 비티로 방제시험을 했을 때 단독처리보다 혼합 처리에서 파밤나방 유충에 대한 방제효과가 가장 높게 나타났다(Fig. 7). 실내 페트리디쉬 실험에서는 비티와 병원성 선충의 혼합처리가 두 미생물의 단독처리와 살충효과에서 차이를 보이지 않았지만 유충의 생육을 저해하는 것을 확인하였고 유충의 기간이 길었던 포장환경에서는 이러한 생육저해효과가 파밤나방의 생존율을 떨어트리는 요인이 된 것으로 사료된다. 포장에서 단순 비티제만으로 방제가 어려운 파밤나방을 두 미생물제의 혼합으로 밀도를 억제할 수 있을 것으로 판단된다. 온실에서 곤충병원성바이러스인 SeNPV는 파밤나방유충에 대해 10<sup>6</sup> 다각체/ml농도에서 87.5%, 10<sup>7</sup> 다각체/ml농도에서 100%의 높은 방제효과를 보여주었다(Fig. 8). SeNPV와 같은 핵다각체바이러스의 경우 30°C 이상의 고온에서도 효과가 높다고 알려져 있어(Kim et al., 2003), 온도가 높을 때 살충효과가 급격히 떨어지는 병원성선충과 비교하였을 때 큰 장점이라 할 수 있다(Kim et al., 2006).

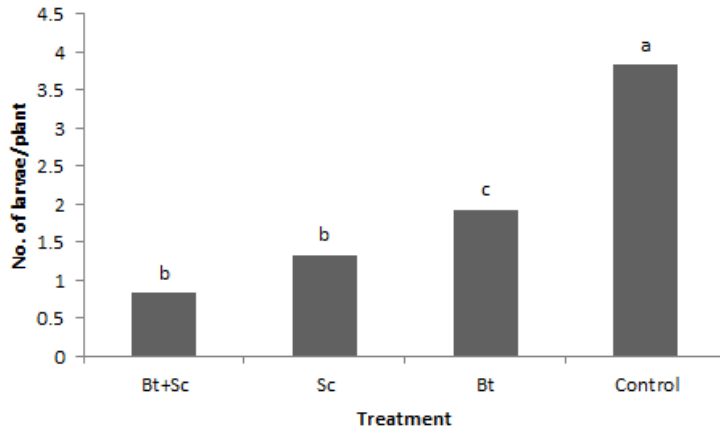


Fig. 7. Control efficacy of *Bacillus thuringiensis* and *Steinemema carpocapsae* mixture against *Spodoptera exigua* of chinese cabbage on plastic house. The same letter over the bars in each treatment indicates that there is no significant difference among means ( $p < 0.05$ ).

\* Bt: *B. thuringiensis* ( $2 \times 10^5$  cfu/ml), Sc: *S. carpocapsae* ( $2 \times 10^2$  nematodes/ml)

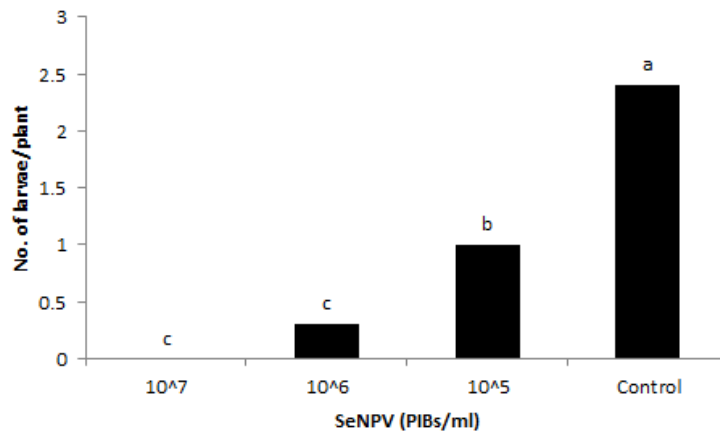


Fig. 8. Control efficacy of SeNPV against *Spodoptera exigua* of chinese cabbage on plastic house. The same letter over the bars in each treatment indicates that there is no significant difference among means ( $p < 0.05$ ).

#### 4. 농가 포장 시험

유기농경지 배추포장에서는 다양한 해충이 발생되기 때문에 환경에 따라 다양한 방제

방법이 필요하다(Kim et al., 2013). 미생물제를 이용한 농가 포장시험에서는 미생물 혼합처리구에서 해충의 발생이 비티 단독처리구와 무처리구보다 낮게 나타났다. 비티제 단독처리구와 미생물 혼합처리구 모두 나비목 전체 밀도는 각각 배추포기당 0.25마리와 0.28마리로 무처리 0.75보다 상당히 낮았으나, 파밤나방은 미생물 혼합처리구에서 포기당 0.08마리로 비티단독처리구(0.2마리)나 무처리(0.25마리)에 비해 발생이 상당히 낮았다(Fig. 9). 실내시험과 마찬가지로 비티 단독처리만으로는 파밤나방을 방제하기 어렵다는 것과 파밤나방의 발생인 높은 포장의 경우 파밤나방을 방제할 수 있는 혼합처리가 필요하다는 것을 확인할 수 있었다. 포장내 배추벼룩잎벌레와 좁은가슴잎벌레의 밀도가 상당히 높았는데, 이러한 잎벌레류의 밀도도 미생물 혼합처리구에서 포기당 0.05마리로 비티제 단독처리구 0.37마리보다 훨씬 낮게 나타났다. 이는 고삼추출물을 주재료로 한 유기농업자재를 처리했기 때문으로 판단된다. 일부 배추 유기재배농가에서는 해충방제를 위해 비티제만 처리하기도 하나, 본 시험결과를 고찰해볼 때 잎벌레의 피해를 줄이기 위해서는 식물추출물 처리가 필요할 것으로 판단된다.

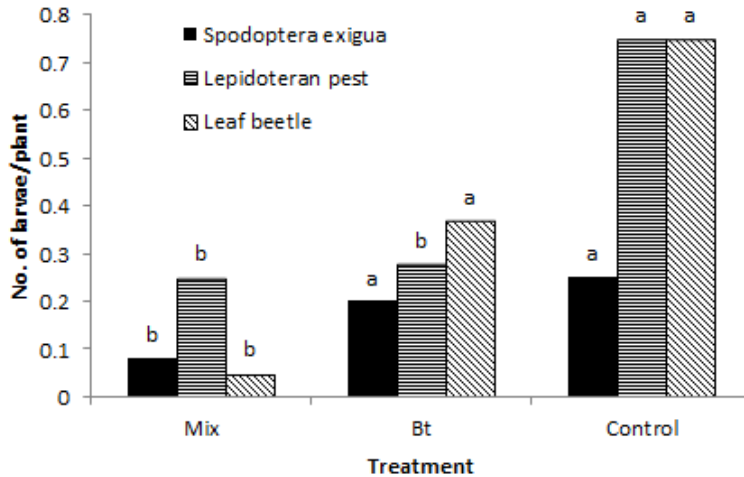


Fig. 9. Control efficacy of microbial agent against pest of chinese cabbage on organic farm. The same letter over the bars in each treatment indicates that there is no significant difference among means ( $p < 0.05$ ).

\* Mix: *Bacillus thuringiensis* + oxymatrin (1st treatment), *B. thuringiensis* + SeNPV (2nd treatment), Bt: *B. thuringiensis* treatment.

파밤나방과 같은 난방제 해충을 방제하기 위해서는 비티, 병원성선충, 핵다각체바이러스 등 다양한 미생물을 활용하는 것이 효과적이라 생각되며 이를 위해서는 향후 재배장소와 재배시기에 따른 미생물의 활용연구가 추가적으로 필요할 것이다. 많은 유기재배농가가 해

충방제를 위해 식물추출물유래 유기농업자재에만 의지하고 있으나 발생 해충을 확인하고 그에 맞추어 곤충병원성 미생물제를 사용한다면 환경에 대한 우려를 줄이고 보다 안전한 농산물을 생산할 수 있을 것으로 생각된다. 유기농업 발전을 위해서는 해충방제분야에서 식물유래 유기농업자재에 대한 과도한 사용을 줄이고 농업환경에 대한 우려가 적은 미생물에 대한 활용연구가 더욱 필요할 것으로 사료된다.

#### IV. 적 요

곤충병원성 미생물을 이용한 배추 파밤나방을 방제하기 위한 시험을 실시한 결과, 실내 실험의 경우 시중에 판매되는 4종의 비티제는 그 파밤나방 유충에 대해 10% 이하의 살충 효과를 보여주었다. 곤충병원성 선충의 경우 파밤나방에 대해  $1 \times 10^2$ ,  $3 \times 10^2$ ,  $1 \times 10^3$  마리/ml에서 살충효과가 각각 33.3, 83.3, 100%로 나타났다. 비티와 곤충병원성 선충의 혼합처리에 의한 파밤나방 유충의 발육억제 효과가 크게 나타났다. 파밤나방핵다각체 바이러스(SeNPV)는  $10^5$  다각체/ml의 농도에서 70% 이상의 높은 살충효과를 보여주었다. SeNPV 생산량은 초기접종농도, 사료 공급량 및 사육온도가 높을수록 증가하였다. 온실시험에서는 비티와 선충 혼합처리가 단독처리보다 파밤나방에 방제효과가 높았으며 SeNPV는  $10^7$  다각체/ml에서 100% 방제효과를 보여주었다. 유기배추재배 포장에서는 미생물제와 유기농업자재 혼합처리에서 파밤나방을 비롯한 나방류해충 발생이 무처리구나 비티단독처리구 보다 낮게 나타났다.

[Submitted, September. 3, 2015; Revised, October. 8, 2015; Accepted, October. 26, 2015]

#### References

1. Ahn, S. B., I. S. Kim, W. S. Cho, M. H. Lee and K. M. Choi. 1989. The Occurrence of the Crop Insect Pests from Korea in 1988. Kor. J. Appl. Entomol 28: 246-53.
2. Choi J. Y., H. S. Kim, W. J. Kim, B. R. Jin, G. Y. Seol and S. G. kang. 1996. Biological Activity and Mess product of *Spodoptera exigua* Nuclear Polyhedrosis Virus. p52. Proceedings Annual Conference Korean Society of Applied Entomology. May. 18. Seoul. Korea.
3. 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.

- Kor. J. Appl. Entomol. 30: 111-116.
4. Im, D. J., K. M. Choi, M. H. Lee, B. R. Lee and S. K. Kang. 1889. In Vivo Mass Production of *Spodoptera Litura* Nuclear Polyhedrosis Virus. Korean J. App. Entomol. 28: 82-87.
  5. Jin, N. Y., C. Park, M. J. Seo, Y. N. Youn and Y. M. Yu. 2009. The Synergy Effects of Mixed Treatment with Tannic Acid and *Bacillus thuringiensis* Subsp. *Kurstaki* Kb100 against *Spodoptera Exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). Kor. J. Appl. Entomol. 48: 519-526.
  6. Kim, H. H., S. R. Cho, D. W. Lee, H. Y. Jeon, C. G. Park and H. Y. Choo. 2006. Biological Control of Diamondback Moth, *Plutella xylostella* with Korean Isolates of Entomopathogenic Nematodes (steinernematid and heterorhabditid) in Greenhouse. Kor. J. Appl. Entomol. 45: 201-209.
  7. Kim, J. S. 2014. Development and Prospects of Microbial Pesticide. J. Golf Course Management. 11: 4-9.
  8. Kim, I. S. and I. S. Kim. 2009. Status and Future Prospects of Pest Control Agents in Environmentally-Friendly Agriculture, and Importance of their Commercialization. Kor. J. Environ. Agri. 28: 301-309.
  9. Kim, M. J., C. K. Shim, Y. K. Kim, H. J. Jee, J. C. Yun, S. J. Hong, J. H. Park and E. J. Han. 2013. Insecticidal Effect of Organic Materials of Bt, Neem and Matrine Alone and its Mixture Against Major Insect Pests of organic Chinese Cabbage. Kor. J. Pestic. Sci.. 17: 213-219.
  10. Kim, S. G., D. I. Kim, S. J. Ko, B. R. Kang, H. J. Kim and K. J. Choi. 2009. Determination of Economic Injury Levels and Control Thresholds for *Spodoptera exigua* on Chinese Cabbage. Kor. J. Appl. Entomol. 48: 81-86.
  11. Kim, S. G., S. S. Kim, I. C. Hwang, J. D. Park, D. I. Kim and H. G. Choi. 2004. Effects of Different Temperatures on Pathogenicity of *Spodoptera exigua* Nucleopolyhedrovirus (Senpv). Kor. J. Appl. Entomol. 43: 329-332.
  12. Kim, S. G., J. D. Park, D. I. Kim, D. J. Im, K. C. Kim and Y. M. Yu. 2003. Effects of Field Application of *Spodoptera litura* Nucleopolyhedrovirus to Control *S. litura* in Chrysanthemum. Kor. J. Appl. Entomol. 42: 153-157.
  13. Kim, Y. G., K. S. Kim, H. Kim, Y. U. Park and G. H. Kim, 2013. An Integrated Biological Control Using an Endoparasitoid Wasp (*Cotesia plutellae*) and a Microbial Insecticide (*Bacillus thuringiensis*) Against the Diamondback Moth, *Plutella xylostella*. Kor. J. Appl. Entomol. 52: 0-43.
  14. Luo, L. Z., Y. Z. Cao and X. F. Jiang. 2000. Damaging Characteristics of *Spodoptera*

- exigua* and Analysis of Its Outbreak Trand in 2000. Plant Protec. Bejing. 26: 37-38.
15. SAS Institute. 2003. SAS OnlineDoc, version 9.1 SAS Institute. Cary. NC.
  16. Seo, S. Y. and Y. G. Kim. 2011. Development of “Bt-Plus” Biopesticide Using Entomopathogenic Bacterial (*Xenorhabdus nmatophila*, *Photorhabdus tmperata* Ssp. *Temperata*) Metabolites. Kor. J. Appl. Entomol. 50: 171-178.
  17. Smits, P. H. and J. M. Vlak. 1988. Biological Activity of *Spodoptera exigua* Nuclear Polyhedrosis Virus against *S. exigua* Larvae. J. Invert. Pathol. 51: 107-114.