

우영몽뚝날개나방(*Tebenna issikii*)에 대한 *Steinernema carpocapsae* GSN1 계통의 병원성김형환<sup>1</sup> · 한건영<sup>2</sup> · 추호렬<sup>2</sup> · 이상명<sup>3</sup> · 이동운\*상주대학교 생물응용학과, 농업과학연구소, <sup>1</sup>원예연구소 원예환경과, <sup>2</sup>경상대학교 응용생물환경학과, 농업생명과학연구원, <sup>3</sup>국립산림과학원 남부산림연구소Pathogenicity of Entomopathogenic Nematode, *Steinernema carpocapsae* GSN1 Strain (Rhabditida: Steinernematidae) against *Tebenna issikii* (Lepidoptera: Choreutidae)Hyeong Hwan Kim<sup>1</sup>, Gun Yeong Han<sup>2</sup>, Ho Yul Choo<sup>2</sup>, Sang Myeong Lee<sup>3</sup> and Dong Woon Lee\*

Department of Applied Biology, Institute of Agricultural Sciences, Sangju National University, Sangju 742-711, Republic of Korea

<sup>1</sup>Horticultural Environment Division, National Horticultural Research Institute, Suwon 441-440, Republic of Korea<sup>2</sup>Department of Applied Biology and Environmental Sciences, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Republic of Korea<sup>3</sup>Southern Forest Research Center, National Forest Science Institute, Jinju 660-300, Republic of Korea

**ABSTRACT** : Entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* GSN1 strain was evaluated for the environmentally sound control of *Tebenna issikii* (Lepidoptera: Choreutidae) in the laboratory. The corrected mortality of *Tebenna issikii* larvae was 100% at the 40 infective juveniles (Ijs)/larva 3 days after treatment with *S. carpocapsae* GSN1 strain in Petri dish. LC<sub>50</sub> value of *S. carpocapsae* GSN1 strain against *Tebenna issikii* was 5.7 Ijs. The mean penetration numbers of Ijs of *S. carpocapsae* GSN1 strain at the 5, 10, 20, 40 and 80 Ijs/larva in a *Tebenna issikii* larva were 1.4, 1.4, 3.2, 5.6 and 11.9 Ijs/larva, respectively. However penetration rate of Ijs of *S. carpocapsae* GSN1 strain at 5 Ijs/larva was the highest among other nematode concentrations. Progeny of *S. carpocapsae* GSN1 strain in a *Tebenna issikii* larva was higher with increasing nematode concentration.

**KEY WORDS** : Entomopathogenic nematode, *Arctium lappa*, Mortality, Penetration, Progeny, Biological control

**초 록** : 곤충병원성 선충을 이용하여 우영몽뚝날개나방(*Tebenna issikii*)에 대한 생물적 방제 가능성을 알아보기 위하여 *Steinernema carpocapsae* GSN1 계통을 이용하여 실내에서 실험을 수행하였다. 우영몽뚝날개나방 유충 당 40마리 이상의 *S. carpocapsae* GSN1 계통 처리 시 우영몽뚝날개나방 유충은 100% 치사되었으며 반수치사농도(LC<sub>50</sub>)는 5.7마리였다. 우영몽뚝날개나방의 유충 한 마리에 *S. carpocapsae* GSN1 계통 감염태 유충을 5, 10, 20, 40 및 80마리로 접종한 결과 1.4, 1.4, 3.2, 5.6 및 11.9마리의 선충이 침입하였는데 침입율은 5마리 처리에서 가장 높았다. 접종 농도가 높아짐에 따라 우영몽뚝날개나방 유충에서 *S. carpocapsae* GSN1 계통의 증식수는 증가하였다.

**검색어** : 곤충병원성 선충, 우영, 치사율, 침입, 증식수, 생물적 방제

\*Corresponding author. E-mail: dwlee@sangju.ac.kr

우엉(*Arctium lappa* L.)은 상추(*Lactuca sativa* L.), 쑥갓(*Chrysanthemum coronarium* L.), 및 머위(*Petasites japonicus* M.)와 함께 우리나라에서 재배하고 있는 국화과(Compositae)에 속하는 대표적인 채소작물이다. 우엉의 원산지는 지중해연안으로부터 서부아시아에 이르는 유럽지역으로 우리나라에서는 전역에서 재배되고 있다. 현재 1종만이 식용으로 재배되고 있으며, 야생종은 유럽, 시베리아, 중국동북부에 6종이 분포하고 있다(Bae, 1999; Tanaka, 2004; www.nhri.go.kr).

우엉의 주산지로는 진주, 의령, 안동 등지로 재배면적과 생산량은 2005년 현재 292 ha, 5,131톤으로 1996년에 68 ha, 1,198톤으로 크게 줄어들었던 것이 최근에는 뿌리와 함께 외식산업의 증가로 씀용으로 이용되는 우엉 잎의 소비가 많아 재배면적과 생산량은 증가 추세에 있다(www.knrda.go.kr).

국화과에 속하는 작물에 피해를 주는 해충으로는 섬서구메뚜기(*Atractomorpha lata*), 우영잎말이나방붙이(=우영뚝날개나방), 명주달팽이(*Acusta despecta*), 우영수염진딧물(*Uroleucon gobonis*), 복숭아혹진딧물(*Myzus persicae*), 거세미나방(*Agrotis segetum*), 통마디알락명나방(*Calguia defiguralis*) 등이 보고되어 있다(Choi et al., 1990). 이들 해충들 중에서 우영뚝날개나방(*Tebenna issikii* M.)은 뚝날개나방과(Choreutidae)에 속하며, 우리나라의 우영 재배지에 발생하는 대표적인 나비목 해충이다(Choi et al., 1990). 우영뚝날개나방은 광식성 해충으로 목향(*Inula helenium* L.)뿐만 아니라 우엉, 톱풀(*Achillea sibirica* L.), 쑥갓, 영경귀(*Cirsium japonicum* var. *ussuriense* K.), 쑥(*Artemisia princeps* var. *orientalis* H.) 등과 화훼류에도 발생하여 피해를 한다(Lee et al., 1994). 우엉에서 유충은 주로 잎 뒷면에서 엽육을 갉아먹으며, 자세한 상태는 밝혀져 있지 않지만 유충이 6-9월에 보이며, 년 6-7세대 발생하는 것으로 추정하고 있다(Lee et al., 1994). 특히 우영뚝날개나방이 우영 재배지에 발생하기 시작하면 급속히 피해가 확산되는 양상을 보이며, 담배겨세미나방과 파밤나방 등과 유사한 시기에 발생하여 피해를 주지만, 발생밀도나 피해에 있어서 우영뚝날개나방이 가장 문제가 되고 있다(H.H. Kim, personal communication). 그러나 우엉의 재배면적이 소면적이고, 가식부위인 뿌리에 영향을 주는 것이 아니기 때문에 해충으로서의 인식이 낮아 최근까지 연구가 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 또한 방제방법은 농약에만 의존하고 있는데 현재 우엉에서 고시된 농약이 흰가루병 방제용으로 4종의 약제만이 고시

되어 있을 뿐 해충에는 고시된 농약이 없다(Anonymous, 2006). 따라서 실제로 농가에서 우영뚝날개나방의 방제는 타 작물에 고시된 담배겨세미나방 또는 파밤나방 방제용 약제를 살포하여 3종의 해충을 동시에 방제하고 있는 실정이다(H.H. Kim, personal communication). 비록 우엉에서 농약의 연용 및 과다사용에 따른 피해나 부작용에 대한 사례나 연구는 없으나, 최근에는 뿌리 뿐만아니라 씀용으로 잎의 이용이 증가함에 따라 우영뚝날개나방과 같은 잎을 가해하는 해충에 대한 환경친화적 방제 방법의 개발이 필요하게 되었다. 이에 부합되는 생물적 방제인자가 곤충병원성 선충인데 넓은 기주범위와 높은 병원성, 빠른 기주 치사력을 가지면서 기내(in vitro)에서 쉽게 배양되고, 인축이나 유용동물에는 안전 할 뿐만아니라(Kaya and Gaugler, 1993) 화학살충제와도 혼합이 가능하며(Hara and Kaya, 1983), 기존의 농약 살포기로도 살포할 수 있는 장점을 지니고 있다(Georgis, 1990).

현재 세계적으로 *Steinernema carpocapsae*, *S. feltiae*, *S. glaseri*, *S. kushidai*, *Heterorhabditis bacteriophora*, *H. heliothis*, *H. megidis* 등 7종의 곤충병원성 선충이 상업화 되어 채소, 화훼, 수도 및 산림해충 방제에 널리 이용되고 있으며(Thomson, 1992), 국내에서도 *S. carpocapsae*, *S. glaseri*, *S. longicaudum*, *S. monticolum*, *H. bacteriophora* (Choo et al., 1995), *H. megidis* (Kang, 2003) 등 6종의 병원성이 우수한 종들이 탐색되어 그 중에서 *S. carpocapsae* GSN1 계통과 *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan 계통이 상업화 되어 이용되고 있다. 특히 *S. carpocapsae* GSN1 계통은 국내에서 탐색된 곤충병원성 선충 중에서도 대부분의 나비목 해충에 우수한 살충력을 지닌 선충이다(Choo et al., 1998). *S. carpocapsae*는 세계적으로 75과 250여종의 기주곤충에 기생할 만큼 기주범위가 광범위한 선충으로(Poinar, 1979), 2004년 현재 미국과 유럽에서만 9개 회사에서 생산되어지고 있는데(Kaya et al., 2006) 국내에서는 1995년에 최초로 기록되어(Choo et al., 1995), 최근까지 수도, 채소, 화훼, 과수 및 수목류를 가해하는 39종의 나비목 해충에 병원성을 보였다고 하였다(Kim et al., 2003).

따라서 본 실험은 환경친화적인 방제 인자로서 나방류에 효과가 우수한 *S. carpocapsae* GSN1 계통이 우엉의 주요 해충인 우영뚝날개나방에 대한 병원성 검정과 침입수 및 증식수를 조사하여 생물적 방제의 기초 자료로 활용하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 곤충병원성 선충과 우영뚱뚱날개나방

실험에 사용한 곤충병원성 선충은 *S. carpocapsae* GSN1 계통(Choo et al., 1995)으로 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella* L.) 노숙 유충에서 Dutky et al. (1964)의 방법으로 대량 증식시켰으며, 증식된 선충은 White trap을 이용하여 수확하였다. 그리고 10°C 냉장고에 보관하면서 수확 후 21일 이내의 것을 실험에 사용하였다(Kaya and Stock, 1997).

실험에 이용한 우영뚱뚱날개나방 유충은 진주시 대곡면 소재 경상대학교 농업생명과학대학 부속 농장의 우영재배지와 인근의 일반 우영재배 농가에서 우영을 가해하고 있던 유충들을 채집하여 실험에 이용하였다. 채집한 유충들은 실험실로 가져와 기생봉과 기타 병원성 미생물에 자연기생 혹은 감염된 유충을 배제하기 위하여 건전한 우영 잎이 들어있는 곤충사육상자(30×30×28.5 cm)에 각 200마리씩 넣고, 2일 동안 관찰한 후 건강한 유충만을 실험에 사용하였다.

### 접종농도별 *Steinernema carpocapsae* GSN1 계통의 병원성 조사

*S. carpocapsae* GSN1 계통의 접종농도별 우영뚱뚱날개나방 유충의 치사율을 조사하기 위하여 55×15 mm 플라스틱 petri dish에 여과지 2장을 깔고 *S. carpocapsae* GSN1 계통의 침입태 유충을 0.5 ml에 각각 5, 10, 20, 40, 80마리 농도로 골고루 접종하였다. 그리고 우영뚱뚱날개나방 유충 한 마리씩을 각 petri dish에 넣었다. 처리된 petri dish는 수분 증발을 방지하기 위하여 랩으로 싸고, 통기를 위하여 4-5개의 구멍을 뚫은 다음 25°C의 항온기에 보관하였다. 무처리는 살균수 0.5 ml만을 처리하였으며 실험은 10개의 petri dish를 한 반복으로 하여 5반복으로 수행하였다. 처리 후 3일째까지 24시간 간격으로 우영뚱뚱날개나방 유충의 치사유무를 확인하였다.

### 접종농도별 *Steinernema carpocapsae* GSN1 계통의 기주체 내 정착 조사

접종농도별 *S. carpocapsae* GSN1 계통의 병원성 조사 후, 치사 3일 된 우영뚱뚱날개나방 유충 10마리씩을 임의

로 선택하여 에칠알콜로 표면을 부착된 선충을 제거한 뒤, 다시 살균수로 유충 표면을 2-3회 세척하였다. 표면세척 후 40배의 해부현미경하에서 치사된 유충을 해부하여 유충체내에 침입하여 살아있는 선충의 수를 조사하였다.

### 접종농도별 *Steinernema carpocapsae* GSN1 계통의 증식수 조사

*S. carpocapsae* GSN1 계통의 병원성 실험과 동일한 조건에서 치사된 우영뚱뚱날개나방 유충을 7일 후 임의로 10마리를 선택하여 White trap을 설치하였다. White trap은 100×15 mm 크기의 petri dish에 55×15 mm 크기의 petri dish 뚜껑을 그대로 넣고, 55 mm 여과지(Whatman No. 2)를 사다리꼴 모양으로 양쪽을 자른 후 반쯤 걸쳐 놓은 다음 피펫을 이용하여 살균수 8 ml를 넣었다. 그리고는 치사된 우영뚱뚱날개나방 유충 한 마리를 여과지 위에 걸쳐 놓았다. 처리가 끝난 White trap은 25°C 항온기에 보관하면서 7일 후 충체를 해부하여 증식된 선충과 White trap으로 탈출한 선충의 수를 해부현미경하에서 조사하였다.

### 통계분석

우영뚱뚱날개나방 유충에 대한 곤충병원성 선충 *S. carpocapsae* GSN1 계통의 병원성은 접종농도별로 치사율을 구하여 Tukey's HSD test로 처리평균간 유의성 차이를 검정하였으며, 반수치사농도(LC<sub>50</sub>)는 probit 분석하였다(Cho, 1996). 또한 GSN1 계통의 침입수와 증식수도 Tukey's HSD test로 처리평균간 유의성 차이를 검정하였다. 모든 유의성 검정은 p=0.05에서 검정하였으며 결과는 평균±표준오차로 표기하였다.

## 결과 및 고찰

### 접종농도별 *Steinernema carpocapsae* GSN1 계통의 병원성

곤충병원성 선충 *S. carpocapsae* GSN1 계통에 의한 우영뚱뚱날개나방의 치사율은 접종농도에 따라 차이가 있었다(F=236.1, df=5, 24, P<0.0001). 우영뚱뚱날개나방의 유충 한 마리당 감염태 선충을 5, 10, 20, 40 및 80마리를 접종했을 때 치사율은 각각 48, 70, 88, 100 및 100%로

서 선충의 접종수가 많을수록 치사율도 증가하였다(Fig. 1). 우영몽뚝날개나방에 대한 *S. carpocapsae* GSN1 계통의 반수치사농도는 5.7마리였고, 90% 치사농도는 18.9마리였다(Table 1).

**접종농도별 *Steinernema carpocapsae* GSN1 계통의 기주체내 침입수**

우영몽뚝날개나방 유충에 대한 *S. carpocapsae* GSN1 계통의 침입수는 접종 농도가 높아짐에 따라 증가하였다 ( $F=29.6, df=4, 45, P<0.0001$ ). 우영몽뚝날개나방의 유충 한 마리에 감염태 선충을 5, 10, 20, 40 및 80마리로 접종한 결과 1.4, 1.4, 3.2, 5.6 및 11.9마리의 선충이 침입하였다(Fig. 2).

**접종농도별 *Steinernema carpocapsae* GSN1 계통의 증식수**

*S. carpocapsae* GSN1 계통은 우영몽뚝날개나방 유충 체내에서 증식수는 접종밀도가 증가할수록 많아지는 경

향을 보였다( $F=13.3, df=4, 45, P<0.0001$ ). 증식수는 우영몽뚝날개나방 유충 한 마리에 감염태 선충을 5, 10, 20, 40 및 80마리로 접종한 결과, 384, 1,084, 1,460, 2,253, 3,113마리였다(Fig. 3).

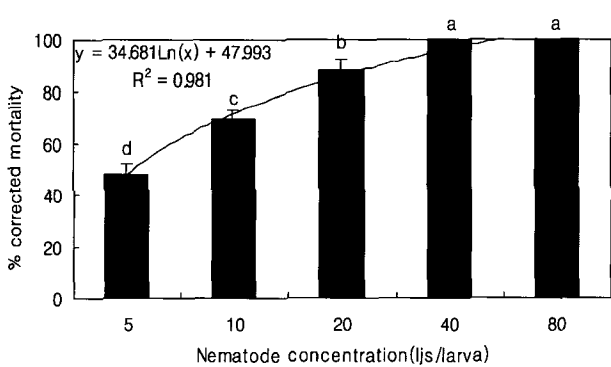
실험에 이용한 곤충병원성 선충, *S. carpocapsae* GSN1 계통은 우영몽뚝날개나방에 대한 병원성이 비교적 높았다. 우영몽뚝날개나방 유충에 대한  $LC_{50}$ 은 5.7마리로 채소류에 보편적으로 문제 시 되는 해충들인 담배거세미나방과 도둑나방, 파밤나방과 유사하였는데 담배거세미나방과 도둑나방, 파밤나방 4령충에 대한  $LC_{50}$ 값은 5.6, 5.6, 5.1마리였다(Kim et al., 2006b; Cho, 2006). 반면 노랑털알락나방(*Pryeria sinica*)이나 배추좀나방에 비해서는 병원성이 낮은 편이었고(Kang et al., 2004; Kim et al., 2006a), 큰붉은잎밤나방(*Anomis commoda*)이나 무궁화잎밤나방(*A. mesogona*)에 비해서는(Kim et al., 2005) 병원성이 높은 편이었다. 따라서 우영몽뚝날개나방 방제를 위하여 *S. carpocapsae* GSN1 계통을 활용하는 것은 실용성이 있을 것으로 생각된다.

*S. carpocapsae* GSN1 계통의 처리 농도가 증가 할수록 우영몽뚝날개나방의 치사율은 높아졌는데 처리 농도의

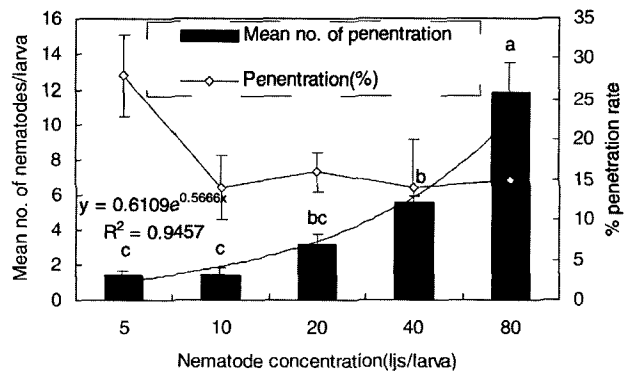
**Table 1.** Lethal concentration at 50 ( $LC_{50}$ ) and 90 ( $LC_{90}$ ) with 95% fiducial limits for the infective juveniles (Ijs) of *Steinernema carpocapsae* GSN1 strain against *Tebenna issikii* in petri dish

Lethal concentration at	Lethal concentration (95% fiducial limits) (Ijs/larva)*
50	5.7 (4.1-7.1)
90	18.9 (14.9-27.2)

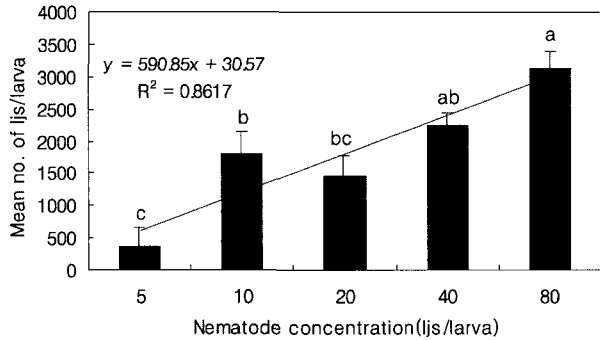
\* $LC_{50}$  and  $LC_{90}$  were expressed as number of infective juveniles per larva. Mortality was checked everyday for 3 days after nematode inoculation.



**Fig. 1.** Mortality of *Tebenna issikii* larva by *Steinernema carpocapsae* GSN1 strain in petri dish. Data are expressed as mean±SE. The same letters above bars are significantly different by Tukey's HSD test ( $P<0.05$ ).



**Fig. 2.** Effect of nematode concentration on the mean number of penetration and penetration rate of infective juveniles (Ijs) of *Steinernema carpocapsae* GSN1 strain against *Tebenna issikii* in petri dish. Data are expressed as mean±SE. The same letters above bars are significantly different by Tukey's HSD test ( $P<0.05$ ).



**Fig. 3.** Effect of nematode concentration on progeny of *Steinernema carpocapsae* GSN1 strain against *Tebenna issikii* in petri dish. Data are expressed as mean±SE. The same letters above bars are significantly different by Tukey's HSD test ( $P<0.05$ ).

직선적 증가에도 불구하고, 치사율의 증가는 로그형으로 증가하여 40마리/유충 이상의 농도에서는 우영뚱뚱개나방 유충이 100% 치사되었다. 이러한 경향은 곤충병원성 선충에 대한 감수성이 낮은 해충들에서 나타나는 현상으로 꿀벌부채명나방과 노랑털알락나방, *Heliothis armigera* 담배나방 유충에서도 동일한 경향을 보였다(Glazer and Navon, 1990; Choo et al., 2002; Lee et al., 2006).

우영뚱뚱개나방 유충에 대한 *S. carpocapsae* GSN1 계통의 병원성이 로그형 증가를 보임에도 불구하고, 우영뚱뚱개나방 유충에 침입한 선충의 수는 지수형 증가를 보였다. 즉 저농도인 10, 20마리/유충 처리에서는 유충에 침입한 선충의 수가 차이를 보이지 않다가 80마리/유충 처리 시에는 침입한 선충의 수가 급격히 증가하는 양상을 보였다. *S. carpocapsae* GSN1 계통은 꿀벌부채명나방이나 파밤나방, 담배겨세미나방 유충에서도 동일한 양상을 보이는데(Glazer and Navon, 1990; Han et al., 1999) 이는 곤충병원성 선충의 기주 내 침입수가 적어도 기주의 치사가 유발되기 때문에 선충의 기주 내 침입과 병원성과의 관계가 일치하지 않는 것으로 생각된다. 한편 우영뚱뚱개나방 유충에 침입한 선충의 침입율은 5마리 처리에 비하여 10-80마리 처리에서 오히려 감소하였다. Selvan et al. (1993)은 이러한 기주침입 선충수와 침입율의 불일치는 기주체로의 선충 이동량에 비하여 기주가 수용할 수 있는 양의 불일치에 기인한 것이라고 하였다. 선충의 접종 농도별에 따른 증식수와 기주에 정착한 선충의 수가 불일치하는 것도 이러한 원인에 의한 것으로 생각된다.

꿀벌부채명나방 유충에 대한 *S. carpocapsae* GSN1 계통의 증식수가 10만 마리 내외(Choo et al., 2002)임을 감안할 때 비록 조사방법에 차이는 있지만 우영뚱뚱개나방 유충에서의 증식수는 매우 적었다. 기주체에 정착된

선충의 수는 두 해충 간에 비슷함에도 불구하고 증식수에 많은 차이를 보이는 것은 우영뚱뚱개나방 유충이 선충의 증식에 부적합한 기주임을 내포한다.

*S. carpocapsae* GSN1 계통이 우영뚱뚱개나방 유충에 대하여 비록 기주체내에서 증식된 선충의 수가 적기는 하지만 파밤나방이나 담배겨세미나방에 대한 병원성과 유사한 효과를 가져 우영뚱뚱개나방 방제를 위한 생물적 방제 인자로 활용되어 질 수 있을 것으로 생각된다.

## Literated Cited

- Anonymous. 2006. Agrochemicals use guide book. Korea Crop Protection Association. 1023pp. Samchung. Seoul.
- Bae, K.H. 2004. The medicinal plants of Korea (ed). Kyo-Hak. Seoul. 654pp.
- Cho, I.H. 1996. Practice and application of SAS (ed). Sungandang. Seoul. 665pp.
- Choi, K.M., S.C. Han, M.H. Lee, W.S. Cho, S.B. Ann and S.H. Lee. 1990. Ecology and control of vegetable pest in colors. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA. Sammi. Suwon. 224pp.
- Choo, H.Y., H.K. Kaya and S.P. Stock. 1995. Isolation of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) from Korea. Jpn. J. Nematol. 25: 44-51.
- Choo, H.Y., H.K. Kaya, S.M. Lee, H.H. Kim and D.W. Lee. 1998. Biocontrol research with nematodes against insect pests in Korea. Jap. J. Nematol. 28: 29-41.
- Choo, H.Y., D.W. Lee, H.S. Yoon, S.M. Lee and D.T. Hang. 2002. Effects of temperature and nematode concentration on pathogenicity and reproduction of entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain (Nematoda: Steinernematidae). Kor. J. Appl. Entomol. 41: 269-277.
- Dutky, S.R., J.V. Thompson and G.E. Cantwell. 1964. A technique for the mass propagation of the DD-136 nematode. J. Insect Pathol. 6: 417-422.
- Georgis, R. 1990. Commercialization of steinernematidae and heterorhabditidae entomopathogenic nematodes. Brighton Crop Prot. Conf. Insectic. Fungic. 1: 275-280.
- Glazer, I. and A. Navon. 1990. Activity and persistence of entomopathogenic nematodes tested against *Heliothis armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 83: 1795-1800.
- Hara, A.H. and H.K. Kaya. 1983. Toxicity of selected organophosphate and carbamate pesticides to infective juveniles of the entomogenous nematode *Neoplectana carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae). Environ. Entomol. 12: 496-501.
- Han, S.C., S.S. Lee and Y.G. Kim. 1999. Pathogenicity and multiplication of entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* Weiser, on beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) and tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (fabricius). Kor. J. Appl. Entomol. 38: 255-260.
- Kang, S.J. 2003. Identification of an entomopathogenic nematode, *Heterorhabditis megidis*, and its symbiotic bacterium, *Photorhabdus temperata* subsp. *temperata*. M.S. Thesis. Andong National University, Andong. Korea.

- Kang, Y.J., D.W. Lee, H.Y. Choo, S.M. Lee, T.W. Kweon and H.K. Shin. 2004. Biological control of *Spodoptera depravata* (Butler) (Lepidoptera: Noctuidae) using entomopathogenic nematodes. Kor. J. Appl. Entomol. 43: 61-70.
- Kaya, H.K., M.M. Aguilera, A. Alumai, H.Y. Choo, M. de la Torre, A. Fodor, S. Ganguly, S. hazir, T. Lakatos, A. Pye, M. Wilson, S. Yamanaka, H. Yang and R.-U. Ehlers. 2006. Status of entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria from selected countries or regions of the world. Biol. Con. 38: 134-155.
- Kaya, H.K. and R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic nematodes. Ann. Rev. Entomol. 38: 181-206.
- Kaya, H.K. and S.P. Stock. 1997. Techniques in insect pathology, p.281-324. In: L.A. Lacey (ed.). Manual of techniques in insect pathology. Academic Press, San Diego.
- Kim, H.H. H.S. Park, Y.J. Cho, D.W. Lee, H.Y. Choo and K.H. Goo. 2005. Pathogenicity of entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain against *Anomis mesogona* and *Anomis commoda* (Lepidoptera: Noctuidae). Kor. Turfgrass Sci. 19: 17-25.
- Kim, H.H., H.Y. Choo, D.W. Lee, H.Y. Jeon, M.R. Cho, C.Y. Yang, H.I. Jang and M.S. Yiem. 2003. Host range, specificity, and virulence of *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain and *Heterorhabditis bacteriophora* Hamyang strain on 39 lepidopteran pests. Proc. Kor. Soc. Appl. Entomol. p.158.
- Kim, H.H. S.R. Cho, D.W. Lee, H.Y. Jeon, C.G. Park and H.Y. Choo. 2006a. Biological control of diamondback moth, *Plutella xylostella* with Korean isolates entomopathogenic nematodes (Steinernematid and Heterorhabditid) in greenhouse. Kor. J. of Appl. Entomol. 45: 201-209.
- Kim, H.H. S.R. Cho, D.W. Lee, S.M. Lee and H.Y. Choo. 2006b. Biological control of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) with entomopathogenic nematodes (Steinernematid and Heterorhabditid) in greenhouse. Kor. J. Pesticide Sci. 10: 237-245.
- Lee, M.H., K.M. Choi, M.J. Han, S.B. Ann, S.H. Lee, J.Y. Choi and D.R. Choi. 1994. Insect pest picture book of medicinal plant in colors. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA. Sammi. Suwon. 214pp.
- Lee, D.W., J.Y. Yang, G.Y. Han, H.Y. Choo, S.M. Lee, H.H. Kim, C.G. Park and Y.M. Choo. 2006. Entomopathogenic nematodes for biological control of *Pryeria sinica* Moore (Lepidoptera: Zygaenidae) and persistence on *Euonymus japonica* Thunberg foliage. J. Asia-Pacific Entomol. 9: 165-172.
- Poinar, G.O. Jr. 1979. Nematodes for biological control of insects. CRC Press, Boca Raton, Florida, 227pp.
- Selvan, S., J.F. Campbell, and R. Gaugler. 1993. Density-dependent effects on entomopathogenic nematodes (Heterorhabditidae and Steinernematidae) within an insect host. J. of Invertebr. Pathol. 62: 278-284.
- Tanaka, G. 2004. Dictionary of medicinal plant for easily using in home. Donhak Pub. Seoul. 287pp.
- Thomson, W.T. 1992. A worldwide guide to beneficial animals used for pest control purposes. Thomason publications. Fresno, USA. 92pp.

(Received for publication January 10 2007;  
accepted May 30 2007)