

미국흰불나방(*Hyphantria cunea*)에 대한 곤충병원성선충 *Steinernema carpocapsae*의 병원성

박형순 · 김형환^{*1} · 정현관 · 조윤진 · 전홍용¹ · 장한익¹ · 김동수² · 추호렬³

국립산림과학원 산림유전자원부, ¹원예연구소 원예환경과, ²국립산림과학원 남부산림연구소,

³경상대학교 농업생명과학대학 응용생물환경학과, 농업생명과학연구원

Pathogenicity of Entomopathogenic Nematode, *Steinernema carpocapsae* against Fall Webworm, *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae)

Hyung Soon Park, Hyeong Hwan Kim^{1*}, Hun Gwan Chung, Yoon Jin Cho,
Heung Yong Jeon¹, Han Ik Jang¹, Dong Soo Kim² and Ho Yul Choo³

Korea Forest Research Institute, ¹Horticultural Environment Division,

²Southern Forest Research Center, Korea Forest Research Institute, ³Department of Applied Biology and Environmental Sciences

ABSTRACT

Environmentally sound control of fall webworm, *Hyphantria cunea* (Drury) with entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain was evaluated in the laboratory and pot. Pathogenicity of *S. carpocapsae* Pocheon strain was different depending on larval stage, i.e., mortality of the 2nd instar and the 3~4th instar was 100% with >20 infective juveniles (Ijs)/larva in 3 days, but the 5th instar was 34% with 80Ijs/larva in 3 days. Pathogenicity of *S. carpocapsae* Pocheon strain was higher with increasing nematode concentration. Mortality of *Hyphantria cunea* larva by *S. carpocapsae* Pocheon strain was not significantly different (more than 70%) between nematode concentration on treated trees (*Malus alba* and *Platanus orientalis*) and in pot.

Key words: biological control, ornamental tree, larval stage, natural enemy

* Corresponding author. Tel. 031-290-6240
E-mail : nema8753@rda.go.kr

서 론

미국흰불나방 (*Hyphantria cunea* Drury)은 나비목 (Lepidoptera) 불나방과 (Arctiidae)에 속하는 잡식성 해충으로 미국과 멕시코 원산으로 유럽과 아시아 등에 분포하며 피해를 주고 있다 (Johnson and Lyon, 1991). 미국에서는 88종 이상의 수종을 가해하는 것으로 알려져 있고, 유럽에서는 230여종의 각종 조경수와 가로수 등에 피해를 주는 것으로 알려져 있으며, 일본에서는 317종의 수종이 기주 식물로 알려져 있다 (Johnson and Lyon, 1991). 우리나라에서는 1958년 서울에서 발생이 처음 보고되어 현재는 제주도를 제외한 전국에 발생하여 가로수나 정원수, 자두 등과 같은 각종 과수 및 뽕나무 등 160여종 이상의 경제적 가치가 높은 수목이나 과수에 막대한 피해를 주고 있다 (이와 정, 1997). 이 해충은 침엽수보다 활엽수림을 선호하고 최근에는 다양한 품종의 수목이 서식하는 산림보다는 몇 종류의 수종만이 인공 조림 된 도심주변의 가로수나 정원수로 식재되어 있는 활엽수에 특히 피해가 심각하다.

방제방법은 어린 유충이 집단생활을 하기 때문에 분산하기 전 지엽을 직접 제거하는 물리적 방법이 있고, 벌레집 제거가 곤란하거나 유충이 분산한 경우에는 주론 수화제 (diflubenzuron WP, 25%) 등을 이용한 화학적 방제와 Bt (*Bacillus thuringiensis*)와 같은 생물농약과 무늬수중다리좀벌 (*Brachymeria obscurata*) 등의 천적을 이용한 생물적 방제법이 있다 (이와 정, 1997). 그러나 이러한 방제법들은 고독성 살충제 살포로 인한 인축 및 환경에 대한 부작용, 천적 대량생산의 어려움과 효과에 대한 인식 부족 등의 이유로 방제에 많은 어려움이 있다. 그러므로 지난 50여년 동안 초여름이면 우리와 가장 가까운 곳에서 피해를 쉽게 확인할 수 있고 직접적인 피해와 더불어 육안상 혐

오감과 불쾌함을 유발하는 미국흰불나방을 보다 신속하고 손쉽게 방제할 수 있는 기술 개발이 시급한 실정에 있다. 이에 부합하는 것이 곤충의 체내에 기생하는 곤충병원성 선충이다.

곤충병원성 선충은 곤충과 접촉하면 입, 기문, 항문 그리고 얇은 표피를 통하여 침입하며 침입 후 48시간 이내에 곤충에 폐혈증을 일으켜 죽이는 살충제에 비급가는 살충력을 지닌 생물농약의 일종이다 (Kaya와 Gaugler 1993). 곤충병원성 선충은 최근까지 우리나라에서 주로 원예작물 해충과 골프장 문제해충의 병원성 검정과 포장 방제효과에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 수목해충 중에서는 사철나무 알락나방 (*Pryeria sinica*), 회양목명나방 (*Glyphodes perspectalis*), 노랑털알락나방 (*Pryeria sinica*)을 대상으로 우리나라 토양에서 분리한 곤충병원성 선충을 이용한 병원성 검정 사례가 있다 (추 등 1991, 1995). 이와 같이 작물, 화훼, 수목에 피해를 주고 있는 나비목 해충에 특히 방제효과가 우수한 토착 토양서식성 생물농약인 곤충병원성 선충은 해충의 생물적 방제 인자로 매우 유용한 미생물 인자이다.

따라서 본 연구는 나비목 해충에 우수한 병원성을 나타내고 있는 우리나라 토양에서 분리하여 현재 시판되고 있는 곤충병원성 선충 *Steinernema carpocapsae*를 이용하여 각종 조경수와 과수 등에 많은 피해를 주고 있는 외래 유입해충인 미국흰불나방에 대한 토착 곤충병원성 선충의 병원성을 검정하여 생물적 방제 인자로 활용하기 위한 기초자료를 얻기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

곤충병원성 선충

실험에 이용한 곤충병원성선충은 *S. carpocapsae* 포천 계통으로 꿀벌부채명나방 (*Galleria*

mellonella) 유충을 미기로 하여 Bedding과 Akhurst (1975)의 방법으로 토양에서 분리한 것으로 순수 분리한 선충은 다시 꿀벌부채명나방 노숙유충에서 Dutky 등 (1964)의 방법으로 대량증식 하였다. 증식된 선충은 White trap을 이용하여 수확한 후 약 10,000마리/ml 농도로 500ml 용량의 tissue culture container에 50 ml씩 넣어 10°C 냉장고에 보관하였다. 실험에는 수확한지 14일 이내의 선충을 이용하였다 (Kaya와 Stock, 1997).

미국흰불나방

미국흰불나방은 유충의 1화기 발생기가 5월 중순에서 6월 중순이며 2화기 발생기는 7월 중순에서 10월 초순이다 (이와 정, 1997). 본 실험에 사용된 미국흰불나방 유충은 노숙유충이 분산하기 전인 2세대 유충을 채집하여 실험에 이용하였다. 유충 채집은 경기도 수원과 화성의 살구, 호두, 플라타너스 그리고 뽕나무 잎을 가해하고 있던 유충을 채집하여 실험에 이용하였다.

접종농도와 기주의 령기가 *S. carpocapsae* 포천 계통의 병원성에 미치는 영향

미국흰불나방 유충에 대한 *S. carpocapsae* 포천 계통의 병원성을 검정하기 위하여 채집한 유충을 2령, 3령~4령, 5령 유충으로 구별하였다. 각 유충은 직경 5.5cm 높이 1.5cm 플라스틱 페트리디쉬에 직경 5.0cm 필터페이퍼 2장을 깔고 그 위에 직경 5.0cm 뽕나무 잎을 올려놓았다. 시험해충이 올려져 있는 페트리디쉬에 20마리, 40마리, 80마리, 100마리/0.5ml 농도로 선충 현탁액을 만들어 마이크로피펫으로 0.5ml씩을 처리하였다. 무처리는 살균수 0.5ml을 처리하였다. 처리 후 페트리디쉬를 랩으로 싼 다음 25±2°C, 상대습도 60±5%, 16L:8D 광주기 조건의 항온기에 넣었다. 그리고 선충 처리 후 24시간간격으로 5일 동안 선충에 의한 미국흰

불나방 유충의 치사유무를 육안으로 조사하고, 이를 더욱 정확하게 관찰하기 위하여 해부현미경상에서 재확인 하였다. 실험은 10마리 유충을 1반복으로 5반복 실험하였다.

S. carpocapsae 포천 계통의 접종농도와 기주 령기별 침입수 조사

미국흰불나방 유충에 대한 *S. carpocapsae* 포천 계통의 침입수를 조사하기 위하여 병원성 조사와 동일한 방법으로 처리한 다음 선충 처리 후 72시간째 미국흰불나방 유충을 해부현미경상에서 유충의 치사유무를 조사하였고, 죽은 유충은 Ringer's 용액에서 해부하여 침입한 선충수를 조사하였다. 선충 침입수는 유충 1마리를 1반복으로 10반복하여 조사하였다.

Pot 실험

포장에서의 적정 처리농도를 구명하기 위하여 실내 pot 실험을 수행하였다. 잎이 2~3장 붙어 있는 뽕나무 (*Marus alba*)와 버즘나무 (*Platanus orientalis*) 가지를 전정하여 실험실로 가져와 상위 한 엽만을 남기고 모두 제거한 후 가지를 250ml 물이 가득 담긴 삼각플라스틱에 솜으로 가지 중간 부분을 싸서 삼각플라스틱의 입구에 고정시켜 곤충사육용 아크릴 상자 (가로 30cm, 세로 30cm, 높이 28.5cm)에 넣었다. 그리고 페트리디쉬 검정결과 치사율이 낮았던 5령충을 제외한 미국흰불나방 유충 3~4령충을 각각 10마리씩 잎에 부착시켰다. 유충이 완전히 잎에 정착할 수 있게 1시간 경과한 후 잎에 유충이 완전히 정착한 것을 확인하였다. 확인 후 각 상자에 *S. carpocapsae* 포천 계통을 농도가 9×10⁴Ijs (1×10⁹Ijs/ha), 3×10⁴Ijs (3.3×10⁸Ijs/ha), 1×10⁴Ijs (1.1×10⁸Ijs/ha)가 되게 하여 50ml 물량으로 조절하여 가정용 소형분무기로 살포하였다. 무처리는 살균수 50ml를 살포하였다. 선충 처리 후 곤충사육용 상자

는 $25\pm 3^{\circ}\text{C}$, $60\pm 5\%$ 상대습도, 16L:8D 광주기 조건의 항온기에 넣은 다음 처리 후 3일째 유충의 치사유무를 조사하였다. 실험은 다섯 개의 상자를 1반복으로 3반복하였다.

통계분석

실내 페트리디쉬와 pot에서 곤충병원성선충 처리농도와 유충령기별 치사율과 침입수에 대한 실험의 결과는 요인분석과 Tukey test로 처리평균간 차이를 분산분석하였다 (PROC ANOVA) (조, 1996). 결과는 평균±표준편차로 표기하였다.

결과 및 고찰

접종농도와 미국흰불나방 유충의령기는 접종 3일 후와 5일 후 *S. carpocapsae* 포천 계통의 병원성에 영향을 미쳤다 (3일째; $df=17, 72, F=297.71, P<0.0001$, 5일째; $df=17, 72, F=304.26, P<0.0001$)(Table 1). 미국흰불나방의 모든령기에서 *S. carpocapsae* 포천 계통의 접종농도가 증가할수록 치사율이 증가하는 경향을 보였다. 미국흰불나방 2령충과 3~4충은 흰불나방 유충 한 마리당 *S. carpocapsae* 포천 계통을

20마리 이상 접종했을 때 처리 3일째 100%의 높은 치사율을 나타내었다. 그러나 미국흰불나방 5령충은 유충 한 마리당 80마리 선충을 접종하더라도 처리 후 5일째까지 36.0%의 낮은 치사율을 보였다 (Fig. 1).

접종농도와 미국흰불나방 유충의령기는 *S. carpocapsae* 포천 계통의 기주 침입에 영향을 미쳤다 ($df=14, 135, F=34.28, P<0.0001$)(Table 2). *S. carpocapsae* 포천 계통의 접종농도가 증가할수록 미국흰불나방 유충에 침입하는 선충의 수는 증가하는 경향을 보였는데 2령충과 5령충에 비하여 3~4령충 혼합처리에서 침입 선충수가 많았다 (Fig. 2).

실내 Petri dish 실험에서 *S. carpocapsae* 포천 계통에 대해 감수성이 높았던 미국흰불나방 3~4령충을 대상으로 pot 실험을 수행한 결과 뽕나무와 버즘나무 모두에서 90,000마리/상자 처리에서 가장 높은 병원성을 보였으나 처리 농도간에 차이는 없었다 (Fig. 3).

S. carpocapsae 포천 계통은 미국흰불나방 유충에 대하여 높은 병원성을 보였다. 선충 접종 3일 후에 미국흰불나방 유충 1마리 당 20마리 선충을 접종하여도 100% 치사되었으며 5마

Table 1. Analysis of variance for main effects and interaction of nematode concentration and stage of *Hyphantria cunea* on pathogenicity of *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain in *Hyphantria cunea* larvae

Source of variance	df	Mean square	F value	Pr>F
3 days after treatment				
Nematode concentration(C)	6	10995.2	380.6	0.0001
Stage of <i>H. cunea</i> (S)	2	32162.2	1113.3	0.0001
C×S	9	1648.0	57.1	0.0001
Error	72	28.9	-	-
Corrected total	89	-	-	-
5 days after treatment				
Nematode concentration(C)	6	11378.7	426.7	0.0001
Stage of <i>H. cunea</i> (S)	2	27961.2	1048.5	0.0001
C×S	9	1450.1	54.4	0.0001
Error	72	1920.0	26.7	-
Corrected total	89	-	-	-

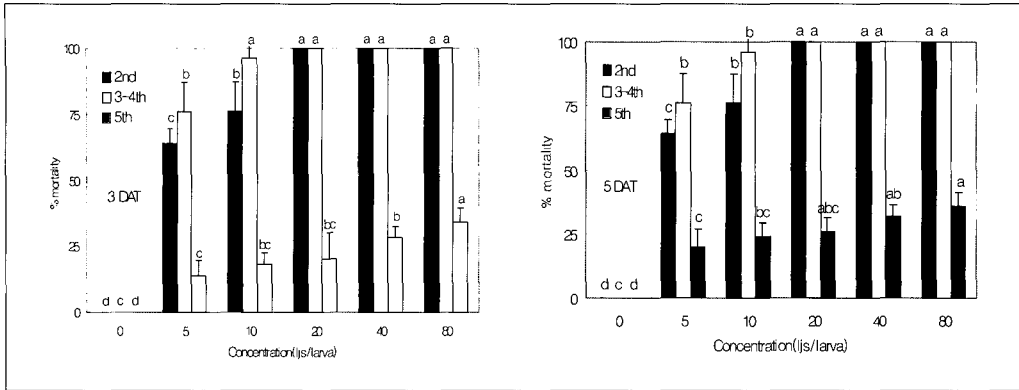


Fig. 1. Mortality of different stage of *Hyphantria cunea* at different nematode concentration exposed to *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain for 3 days(left) and 5 days(right) in 5.5cm plastic petri dish, means of 5 replicates. The same lowercase letter over the each same bars indicated that there is no significantly different among means($P>0.05$).

리 농도에서도 64% 이상의 치사율을 보였다. 곤충병원성선충에 감수적인 꿀벌부채명나방 유충에서는 *S. carpocapsae* 포천 계통이 24℃에서 10마리 농도로 접종하여도 100% 치사되어 미국흰불나방 유충에 비해서 꿀벌부채명나방 유충에서 병원성이 높지만 (추 등, 2002) 잔디밤나방 (*Spodoptera depravata*)(강 등, 2004)이나 작은뿌리파리 (*Bradysia agrestis*)(Kim et al., 2004), 긴수염버섯파리 (*Lycoriella mali*)(김 등, 2001)는 미국흰불나방에 비하여 감수성이 낮다. 반면 복숭아명나방 (*Dichrocrocis puntiferalis*)이나 밤애기잎말이나방 (*Cydia kurokoi*)에 대한 *S. carpocapsae* 포천 계통의 병원성은 미국흰불나방 유충과 유사한 경향을 보인다 (추 등, 2001). 한편 미국흰불나방에 대

한 *S. carpocapsae* 포천 계통의 병원성은 령기에 따라 큰 차이를 보였다. 2~4령층까지는 높은 병원성을 유지하는데 비하여 노숙유충인 5령층에서는 병원성이 급감하였다. 곤충병원성선충의 병원성은 대상해충의 종류나 선충의 종류, 령기 등에 따라 상이하다 (Kondo and Ishibashi, 1987). 작은뿌리파리 (Kim et al., 2004)나 긴수염버섯파리 (김 등, 2001)와 같이 노숙화 될수록 감수성이 증가하는 경우가 있는 가하면 본 실험의 결과와 같이 노숙화 되면 감수성이 감소하는 경우도 있다. 강 등 (2004)은 *S. carpocapsae* 포천 계통을 잔디밤나방에 처리하였을 때 2령층과 3령층에서는 70% 내외의 보정사충율을 보인 반면 5령층에서는 10% 내외의 낮은 치사율을 보인다고 하여 본 실험의

Table 2. Analysis of variance for main effects and interaction of nematode concentration and stage of *Hyphantria cunea* on establishment of *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain in *Hyphantria cunea* larvae

Source of variance	df	Mean square	F value	Pr>F
Nematode concentration(C)	4	88.2	85.5	0.0001
Stage of <i>H. cunea</i> (S)	2	34.9	33.8	0.0001
C×S	8	9.1	8.8	0.0001
Error	135	1.0	-	-
Corrected total	149	-	-	-

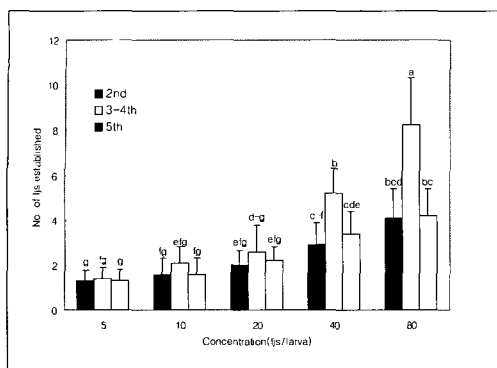


Fig. 2. Effect of nematode concentration and stage of *Hyphantria cunea* on establishment of *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain for 3 days in 5.5cm plastic petri dish, means of 5 replicates. The same lowercase letter over the bars indicated that there is no significantly different among means ($P > 0.05$).

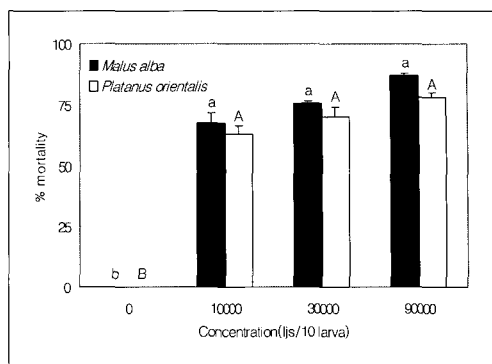


Fig. 3. Effect of *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain on pathogenicity of *Hyphantria cunea* in *Malus alba* and *Platanus orientalis*. The same lowercase letter (*Malus alba*) and the uppercase letter (*Platanus orientalis*) over the bars indicated that there is no significantly different among means ($P > 0.05$).

결과와 일치하는 경향이였다.

미국흰불나방의 경우 5령충에서 *S. carpocapsae* 포천 계통에 대한 감수성이 낮기 때문에 2~3령충의 어린 시기에 방제를 하는 것이 바람직 할 것으로 생각된다. 즉, 미국흰불나방은 3령충까지는 고치를 짓고, 군서하며 생활하지만 이후에는 분산하여 개별적으로 기주식물을 가해한다(백, 1995). 따라서 분산기 이전인 3령충 이전에 방제를 하는 것이 효율적일 것으로 생각된다. 아울러 미국흰불나방은 2화기의 번데기로 10월부터 월동하는데(백, 1995) 월동기의 번데기를 대상으로 하는 방제방법의 연구도 부가적으로 연구가 되어야 할 것으로 생각된다. 등열록풍뎅이 (*Exomala orientalis*)의 경우 유충기에 비하여 번데기 기간이 곤충병원성선충에 감수적이다(Lee et al., 2002).

S. carpocapsae 포천 계통의 미국흰불나방 유충에 대한 기주 침입수는 병원성과는 달리 2령충과 5령충간에 차이를 보이지 않았으며 20마리 이하의 처리 농도간에도 령기별로 침입수에 차이를 보이지 않았다. 반면 40마리와 80마리 농도에서는 3~4령충 혼재 처리구에서 침입

수가 많았다. 최대 침입선충수는 80마리 처리구에서 8.2마리였으나 꿀벌부채명나방에서 30여 마리에 비해 현저히 적은 수였다(추 등, 2002). Kondo와 Ishibashi(1987)도 꿀벌부채명나방과 담배거세미나방(*Spodoptera litura*)에 *Steinernema feltiae*와 *S. bibionis*, *S. glaseri*를 접종하였을 때 *S. feltiae*와 *S. bibionis*의 경우 침입수가 꿀벌부채명나방과 담배거세미나방에서 차이를 보인다고 하여 본 실험의 결과와 유사한 경향을 보였다. Pot 실험에서 미국흰불나방은 *S. carpocapsae* 포천 계통의 처리 농도가 높아짐에 따라 치사율이 증가하였으나, 농도간에 유의성은 없었다. Jaques(1967)는 사과나무 잎에 DD136 선충을 살포한 후 미국흰불나방 3령충을 접종하였을 때, 94마리 처리 농도에서는 미국흰불나방 유충이 38% 치사되었으나 940마리와 4,700마리 처리 시에는 93%와 98%의 치사율을 보인다고 하여 본 실험의 결과보다 비교적 높은 병원성을 보였다. 본 실험의 결과를 바탕으로 곤충병원성선충을 이용한 미국흰불나방의 환경친화적 방제가 가능할 것으로 생각되며 추후 야

의 실험이 수행되어야 할 것으로 보인다.

요 약

곤충병원성선충 *Steinernema carpocapsae* 포천 계통을 이용하여 미국흰불나방 (*Hyphantria cunea*)의 환경친화적 방제 가능성을 알아보기 위하여 실내와 포트에서 실험을 수행하였다. *Steinernema carpocapsae* 포천 계통의 병원성은 미국흰불나방의 령기에 따라 병원성의 차이가 있어 2령충과 3~4령 혼재 처리에서는 미국흰불나방 유충 당 20마리 이상 선충 처리에서는 100% 치사하였으나, 5령충에서는 80마리 선충 접종 시에도 처리 3일 후 34%의 치사율을 보였다. *Steinernema carpocapsae* 포천 계통의 접종농도가 높을수록 미국흰불나방의 치사율은 증가하였다. Pot 실험에서 수종 (뽕나무와 버즘나무)간이나 선충 농도간에 미국흰불나방 유충에 대한 치사율은 차이가 없어 70% 이상의 치사율을 보였다.

참고문헌

1. 강영진, 이동운, 추호렬, 이상명, 권태웅, 신홍균. 2004. 곤충병원성선충을 이용한 잔디밤나방, *Spodoptera depravata* (Butler) (나비목: 밤나방과)의 생물적 방제. 한국응용곤충학회지 43: 61-70.
2. 김형환, 추호렬, 이동운, 이상명, 전홍용, 조명래, 임명순. 2003. 작은뿌리파리에 대한 한국산 곤충병원성선충의 방제 효과와 상토에서의 지속성. 한국원예학회지 44: 393-401.
3. 김형환, 추호렬, 이홍수, 박정규, 이동운, 진병래, 추영무. 2001. 곤충병원성선충을 이용한 느타리버섯해충, 긴수염버섯파리 (*Lycoriella mali*)의 생물적 방제. 한국응용곤충학회지

- 40: 59-67.
4. 백운하. 신고 해충학. 1995. 향문사. 서울. 475pp.
5. 이범영, 정영진. 1997. 한국수목해충. 성안당. 서울. 459pp.
6. 조인호. 1996. SAS의 이해와 활용. 성안당. 서울. 665pp.
7. 조재명. 1995. 한국수목해충목록집. (주)계문사. 서울. 360pp.
8. 추호렬, 김형환, 이동운, 이상명, 박선호, 추영무, 김종갑. 2001. 밤 종실해충 방제를 위한 곤충병원성선충, *Steinernema carpocapsae* 포천 계통과 *Heterorhabditis bacteriophora* 함양 계통의 실용적 활용. 한국응용곤충학회지 40: 69-76.
9. 추호렬, 이동운, 윤희숙, 이상명, 항다오씨. 2002. 온도 및 농도가 곤충병원성선충, *Steinernema carpocapsae* 포천 계통 (Nematoda: Steinernematidae)의 병원성과 증식에 미치는 영향. 한국응용곤충학회지 41: 269-277.
10. 추호렬, 이상명, 정부근, 박영도, 김형환. 1995. 한국산 곤충병원성선충의 지역 농림해충에 대한 병원성. 한국응용곤충학회지 34: 314-320.
11. 추호렬, H.K. Kaya, 이상명, 김태욱, 김준범. 1991. 곤충병원성선충 *Steinernema carpocapsae*와 *Heterorhabditis bacteriophora*를 이용한 삼림해충의 방제. 한국응용곤충학회지 30: 227-232.
12. Bedding, R. A. and R. J. Akhurst. 1975. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. Nematologica 21: 109-110.
13. 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.
14. Kaya, H. K. and R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic nematodes. Annu. Rev. Entomol. 38: 181-206.
 15. Kaya, H. K. and S. P. Stock. 1997. Technique in insect pathology, p.281-324. In: L.A. Lacey (eds.). Manual of techniques in insect pathology. Academic Press, San Diego, CA, USA.
 16. Kim, H. H., H. Y. Choo, H. K. Kaya, D. W. Lee, S. M. Lee, and H. Y. Jeon. 2004. *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) as a biological control agent against the fungus gnat *Bradysia agrestis* (Diptera: Sciaridae) in propagation houses. Biocontrol Science and Technology 14: 171-183.
 17. Kondo, E., and N. Ishibashi. 1987. Comparative infectivity and development of the entomogenous nematodes, *Steinernema* spp., on the lepidopterous insect larvae, *Spodoptera litura* (Noctuidae) and *Galleria mellonella* (Galleridae). Japanese Journal of Nematology 17: 35-41.
 18. Jaques, R. P. 1967. Mortality of five apple insects induced by the nematode DD136. J. Econ. Entomol. 60: 741-743.
 19. Johnson, W. T., and H. H. Lyon. 1991. Insect that feed on trees and shrubs. Comstock Publishing Associated, Cornell University Press. pp. 166-167.
 20. Lee, D. W., H. Y. Choo, H. K. Kaya, S. M. Lee, D. R. Smitley, H. K. Shin and C. G. Park. 2002. Laboratory and field evaluation of Korean entomopathogenic nematode isolates againsts the oriental beetle *Exomala orientalis* (Coleoptera: Scarabaeidae). J. Econ. Entomol. 95: 918-926.