

무궁화잎밤나방(*Anomis mesogona*)과 큰붉은잎밤나방(*Anomis commoda*)에 대한 *Steinernema carpocapsae* 포천 계통의 병원성

김형환¹ · 박형순² · 조윤진² · 이동운³ · 추호렬^{4*} · 구관호⁵

¹원예연구소 원예환경과, ²국립산림과학원 산림유전자원부, ³상주대학교 생물응용학과,

⁴경상대학교 응용생물환경학과, 농업생명과학연구원, ⁵경상남도 산림환경연구원

Pathogenicity of Entomopathogenic Nematode, *Steinernema carpocapsae* Pocheon Strain Against *Anomis mesogona* and *Anomis commoda*(Lepidoptera: Noctuidae)

Hyeong-Hwan Kim¹, Hyung-Soon Park², Yoon-Jin Cho²,

Dong-Woon Lee³, Ho-Yul Choo^{4*}, Kwan-Hyo Goo⁵

¹Horticultural Environment Division of National Horticultural Research Institute, RDA.

²Korea Forest Research Institute, Department of Tree Breeding.

³Department of Applied Biology, Sangju National University.

⁴Department of Applied Biology and Environmental Sciences, Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University.

⁵Gyeongsangnam-do Forest Research Institute.

ABSTRACT

Pathogenicity of entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain (ScP) was evaluated against different larval stages(2nd, 3-4th and 5th) of *Anomis commoda* and *Anomis mesogona*(Lepidoptera: Noctuidae) in petri dish and pot. The LC₅₀ values were increased in proportion to larval stage of *A. commoda* and *A. mesogona*. LC₅₀ value of ScP against 2nd instar of *A. commoda* and *A. mesogona* was 9.7 and 4.5, respectively. The 2nd instar of both species was also susceptible to ScP in pot test. That is, mortality of 2nd instar of *A. commoda* and *A. mesogona* was higher representing 72.5% and 87.5% 5 days later after treatment, respectively, when ScP was applied at the rate of 90,000 infective juveniles(Ijs) per pot(=1×10⁹ Ijs/ha). However,

* 본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의하여 이루어졌다.

*Corresponding author. Tel : 055-751-5444

E-mail : hyehoo@nongae.gsnu.ac.kr

susceptibility was decreased from 3rd instar. Mortality of 5th instar of *A. commoda* and *A. mesogona* was 5.0% and 10.0%, respectively, at the rate of 90,000 Ijs/pot. When ScP was applied into pot including mixed larval stages from 2nd to 5th instar(10 larvae for 2nd instar, 10 larvae for 3rd - 4th instars, and 10 larvae for 5th instar) at the rate of 90,000 Ijs/pot, mortality of *A. commoda* and *A. mesogona* was 69.2% and 50.0%, respectively.

Key words : *Hibiscus syriacus*, biological control, natural enemy, ornamental tree

서 론

무궁화(*Hibiscus syriacus* Linnaeus)에 발생하는 해충은 곤충류 5목 9과 12종, 응애류 1목 1종, 달팽이류 1목 1종 등 14종이 보고되어 있는데, 이들 중 목화진딧물(*Aphis gossypii*), 무궁화잎밤나방(*Anomis mesogona*), 점박이응애(*Tetranychus urticae*)가 직·간접으로 가장 많은 피해를 주는 주요 해충이다(박 등, 2004b). 무궁화잎밤나방과 큰붉은잎밤나방(=콤모다밤나방, *Anomis commoda*)은 나비목(Lepidoptera) 밤나방과(Noctuidae)에 속하는 무궁화의 주요 식엽성 해충이다. 가해수종으로는 무궁화잎밤나방이 무궁화, 복사나무, 자도나무, 사과, 배나무, 산돌배, 굴나무류 및 포도나무류를, 큰붉은잎밤나방은 무궁화, 부용, 복사나무, 자도나무, 사과 등을 가해한다. 이들은 1983년부터 시작된 정부 차원의 무궁화 보급으로 그 식재 면적이 늘어나면서 지역에 따라 크게 피해를 주고 있으며, 특히 1990년에는 큰붉은잎밤나방이 전국적으로 대발생하였고, 2004년에는 무궁화잎밤나방이 우점하였다(이와 정, 1997; 박 등, 2004b; 송, 2004).

방제법은 발생초기에 디프 수화제(trichlorfon WP, 80%), 메프 수화제(fenitrothion WP, 40%), 피레스 유제(cypermethrin EC, 5%)

등 접촉성 살충제를 살포하는 것이 일반적인 방법이다(이와 정, 1997). 그러나 무궁화가 골프장, 관공서, 학교, 도심 가로수, 일반 가정의 조경수 및 울타리 등에 많이 식재되어 있기 때문에, 계속적인 농약 살포는 환경뿐만 아니라 인간에게도 직접적인 악영향을 끼칠 우려가 매우 높다. 따라서 환경과 인·축에 안전하면서도 효과가 빠른 친환경적인 방제 방법의 개발이 절실하다. 이에 대체적인 방법이 될 수 있는 것이 무궁화 가해 밤나방에 자연 기생 및 감염하는 고치벌류(*Cotesia* spp.)나 나비세균인 Bt(*Bacillus thuringiensis*), 곤충병원성 곰팡이 *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*(박 등, 2004b), 그리고 곤충병원성 선충 *Steinernema*와 *Heterorhabditis* 등이 있다. 곤충병원성 선충 *Steinernema*와 *Heterorhabditis*는 광범위한 기주범위를 가지면서 높은 살충력을 지니고 있다(Kaya and Gaugler, 1993). 국내에서는 최근까지 담배거세미나방(추 등, 1988), 사철나무알락나방과 회양목명나방(추 등, 1991; 이 등, 1996), 배추좀나방, 이화명나방, 노랑털알락나방, 복숭아명나방(추 등, 1995; 이 등, 1997), 목화바둑명나방(김 등, 2001a), 밤애기잎말이나방(추 등, 2001), 잔디밤나방(강 등, 2004), 그리고 미국흰불나방(박 등, 2004a) 등 나비목에 속하는 해충에 대한 병원성 검정과 포장 방제

효과에 관한 연구가 활발하게 진행되어 왔다.

따라서 본 연구는 나비목 해충에 우수한 병원성을 발휘하여 높은 방제 효과를 나타내고 있는 우리나라산 곤충병원성 선충 *S. carpocapsae* 포천 계통을 이용하여 무궁화의 주요 식엽성 해충인 무궁화잎밤나방과 큰붉은잎밤나방에 대한 토착 곤충병원성 선충의 병원성을 검정하여 생물적 방제 인자로 활용하기 위한 기초자료를 얻기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

곤충병원성 선충

실험에 이용한 곤충병원성 선충 *S. carpocapsae* 포천 계통(ScP)은 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*) 유충을 미끼로 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 50ml씩 넣어 10℃ 냉장고에 보관하였다. 실험에는 수확한지 3주 이내의 선충을 이용하였다(Kaya and Stock, 1997).

무궁화잎밤나방과 큰붉은잎밤나방

무궁화잎밤나방과 큰붉은잎밤나방은 실내 사육이 어려워 경상대학교 주변과 국립산림과학원 산림유전자원부 품종육성 무궁화 포장, 그리고 홍천과 예산의 도로변의 무궁화를 가해하고 있던 유충을 6월부터 9월까지 계속 채집하여 실험에 이용하였다. 채집한 유충들은 실험실로 가져와 기생봉과 기타 병원성 미생물에 자연기생 혹은 감염된 유충을 배제하기 위하여 신선한 무궁화 잎이 깔려있는 곤충사

육용 아크릴케이지(30cm×30cm×28.5cm)에 100마리씩 넣고, 2일 동안 관찰한 후 활력이 좋은 유충만을 실험에 사용하였다.

접종농도와 령기별 ScP의 병원성

무궁화잎밤나방과 큰붉은잎밤나방에 대한 ScP의 병원성을 검정하기 위하여 채집한 유충을 2령과 3~4령, 5령 유충으로 구별하였다. 직경 5.5cm, 높이 1.5cm 플라스틱 petri dish에 직경 5.0cm의 여과지(Whatmann #2) 2장씩을 깔고, 그 위에 직경 5.0cm의 무궁화 잎을 올려놓았다. 그리고 유충 한 마리씩을 넣고 10, 20, 40, 80, 100마리/0.5ml 농도의 선충 현탁액을 만들어 마이크로 피펫으로 0.5ml씩 처리하였다. 무처리는 살균수 0.5ml만을 처리하였다. 선충 처리 후 petri dish는 랩으로 싼 다음 25℃, 상대습도 70%, 16L:8D 광조건의 항온기에 넣었다. 그리고 24시간 간격으로 5일 동안 선충에 의한 무궁화잎밤나방과 큰붉은잎밤나방 유충의 치사유무를 육안 및 해부 현미경으로 확인하였다. 48시간째부터는 밀폐에 의한 유충의 치사를 막기 위하여 치사유무 조사 후 신선한 무궁화 잎을 넣어주었다. 실험은 10마리 유충을 1반복으로 하여 4반복으로 실험을 수행하였다.

포트 실험

실험은 곤충사육용 아크릴 상자에서 다음과 같은 두 가지 방법으로 수행하였다. 첫 번째는 두 종의 밤나방 각각에 대한 령기별 방제 효과 시험으로 무궁화(품종: 백단심계) 가지를 전정하여 실험실로 가져와, 상위 10엽만을 남기고 모두 제거한 후 가지를 250ml 물이 담긴 250ml 삼각플라스크에 솜으로 가지 1/3 부분을 싸서 삼각플라스크의 입구에 고정시켜 곤충사육용 아크릴 상자(가로 30cm, 세로

30cm, 높이 28.5cm)에 한 개씩 넣었다. 상자 당 밤나방의 종별로 2령과 3~4령, 5령 유충으로 구분하여 각각 10마리씩 앞에 부착시켰다. 유충이 완전히 정착할 수 있게 2시간 동안 그대로 두었다. 그리고 앞에 유충이 완전히 정착한 것을 확인한 다음, 각 상자에 ScP를 9×10^4 마리(1×10^9 마리/ha), 3×10^4 마리(3.3×10^8 마리/ha), 1×10^4 마리(1.1×10^8 마리/ha) 농도로 50ml의 물에 희석하여 가정용 소형분무기로 살포하였다. 무처리는 살균수 50 ml만 살포하였다. 선충 처리 후 곤충사육용 상자는 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $60 \pm 5\%$, 16L:8D 광주건의 성장상에 넣은 다음, 처리 5일 후 유충의 치사유무를 조사하였다. 실험은 한 개의 상자를 1반복으로 하여 4반복으로 수행하였다.

두 번째 실험은 밤나방 유충이 령기별로 혼재되어 있을 경우에 대한 동시 방제 효과를 알아보기 위하여 첫 번째 실험과 동일한 재료와 방법으로 수행하였는데, 다만 곤충사육용 아크릴 상자에 삼각플라스크를 3개 넣어 각 가지에 서로 다른 령기의 유충을 10마리씩 30마리씩을 부착시켰다. 이후 각 상자에 ScP를 2.7×10^5 마리(3×10^9 마리/ha), 9×10^4 마리(9.9×10^8 마리/ha), 3×10^4 마리(3.3×10^8 마리/ha) 농도로 150ml 물과 희석하여 가정용 소형분무기로 살포하였다. 무처리는 살균수 150 ml만 살포하였다. 그리고 첫 번째 실험과 동일한 조건으로 두고 조사하였다. 실험은 세 개

의 삼각플라스크가 든 한 개의 상자를 1반복으로 하여 4반복으로 수행하였다.

통계분석

실내 petri dish에서 ScP의 기주와 처리농도에 따른 유충 령기별 치사율 실험의 결과는 probit분석(PROC PROBIT)으로 반수치사농도(LC₅₀)를 구하였으며 pot실험의 결과는 arcsin변환하여 Tukey test로 처리평균간 차이를 분산분석(PROC ANOVA) 하였는데, 결과는 변환전의 값으로 표기하였다(조, 1996). 모든 자료의 결과는 평균 \pm 표준편차로 표기하였다.

결과 및 고찰

곤충병원성 선충 ScP는 실내 petri dish내에서 밤나방의 령기에 따라 상이한 병원성을 나타내었다($F=104.0$, $df=11, 36$, $P<0.0001$). 큰붉은잎밤나방에 대한 반수치사농도는 2령층에서 9.7마리였고, 3-4령층에서는 15.5마리, 5령층에서는 195.3마리로 유충의 령기가 높을수록 선충에 대한 감수성은 감소하였다(Table 1). 무궁화잎밤나방의 경우도 큰붉은잎밤나방과 같이 노령화 될수록 ScP에 대한 감수성은 감소하였다. 그리고 큰붉은잎밤나방보다는 무궁화밤나방에서 높은 병원성을 보였다(Table 1). Pot 실험에서도 실내실험과 유사한 결과를

Table 1. Lethal concentration at 50(LC₅₀) with 95% fiducial limits for the infective juveniles(Ijs) of *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain against *Anomis commoda* and *Anomis mesogona* in petri dish

Instar	LC ₅₀ (95% fiducial limits)(Ijs/larva)	
	<i>Anomis commoda</i>	<i>Anomis mesogona</i>
2nd	4.5(0.7-88)	9.7(3.3-15.8)
3-4th	10.7(4.1-16.8)	15.5(6.3-24.0)
5th	118.9(66.4-720.1)	195.3(105.8-1099)

Anomis commoda and *Anomis mesogona* were released into petri dish. Mortality was checked everyday for 5 days after treatment.

Table 2. Effect of *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain on *Anomis commoda* in pot

Concentration(Ijs/pot)	% mortality ± SD		
	2nd instar	3-4th instar	5th instar
90,000	72.5 ± 5.0 a*	62.5 ± 5.0 ab	5.0 ± 5.8 e
30,000	57.5 ± 5.0 ab	50.0 ± 8.2 bc	2.5 ± 5.0 e
10,000	32.5 ± 5.0 cd	22.5 ± 5.0 d	0 e
0	0 e	0 e	0 e

*Mean with the same lowercase letter are not significantly different at the 0.05% level, based on Tukey test.

Each instar of *Anomis commoda* was released into pot.

Mortality was checked everyday for 5 days after treatment.

Table 3. Effect of *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain on *Anomis mesogona* in pot

Concentration(Ijs/pot)	% mortality ± SD		
	2nd instar	3-4th instar	5th instar
90,000	87.5 ± 5.0 a*	75.0 ± 5.8 ab	10.0 ± 8.2 e
30,000	67.5 ± 5.0 b	55.0 ± 5.8 bc	5.0 ± 5.8 ef
10,000	40.0 ± 8.2 cd	32.5 ± 5.0 d	0 f
0	0 f	0 f	0 f

*Mean with the same lowercase letter are not significantly different at the 0.05% level, based on Tukey test.

Each instar of *Anomis mesogona* was released into pot.

Mortality was checked everyday for 5 days after treatment.

보였다. 큰붉은잎밤나방은 ScP의 접종농도가 증가할수록 높은 병원성을 보였으며, 유충이 노령화 될수록 감수성이 감소하였다. 특히, 5령충의 경우 ScP에 대한 감수성이 현저하게 떨어져 90,000마리/pot 처리에서도 5.0%만 치사되었으며, 10,000마리/pot 처리에서는 전혀 치사되지 않았다(Table 2). 무궁화잎밤나방도 큰붉은잎밤나방에 비하여 ScP에 대한 감수성이 높아 90,000마리/pot 농도 처리 시, 2령충은 87.5%, 3-4령충은 75.0%의 치사율을 보였다. 반면 5령충의 경우는 큰붉은잎밤나방과 같이 감수성이 크게 저하하였다.

큰붉은잎밤나방과 무궁화잎밤나방의 야외에서의 실제 발생양상을 보면 한 시기에 어느 특정령기의 유충만이 존재하는 것이 아니라 여러령기가 같이 발생하기 때문에, 서로 다른령기의 유충을 섞어 놓고 ScP를 처리한 결과,

두종 모두 처리한 선충의 농도가 높을수록 치사율이 증가하였다(Table 4). 특히, pot에서

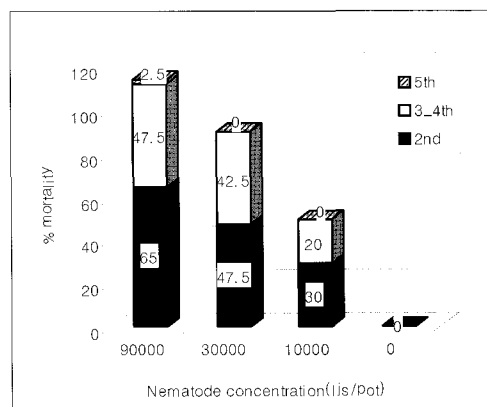


Fig. 1. Mortality of *Anomis commoda* by *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain in pot. 10 larvae of each instar of *Anomis commoda* were placed into each pot. Mortality was checked everyday for 5 days after treatment.

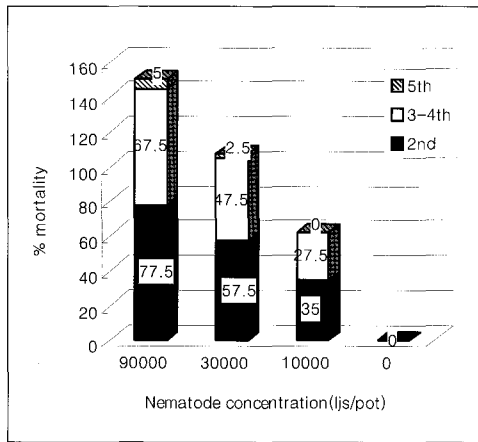


Fig. 2. Mortality of *Anomis mesogona* by *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain in pot. 10 larvae of each instar of *Anomis mesogona* were placed into each pot. Mortality was checked everyday for 5 days after treatment.

의 령기별 감수성 차이 실험에서와 마찬가지로 5령충은 소수만이 치사되었으며, 2령충의 치사율이 가장 높았다(Fig. 1, 2).

*S. carpocapsae*는 잠복해 있다가 이동하는 기주에 접촉하여 기생하는 잠복형의 기주탐색 특성을 가지고 있다(Lewis, 2002). 따라서 이동성이 큰 해충을 방제하는데 유리한 천적으로, 특히 ScP는 나비목 해충과 파리목 해충에 대해 높은 병원성을 지닌 선충이다(이 등,

1977; 추 등, 2001; 김 등, 2001a, 2001b). 곤충병원성 선충들의 원 서식처는 토양이기 때문에 지상부에서보다 토양에서의 지속성이 높지만 기주에 침입하는 속도가 빠르기 때문에 지상부 해충 방제에도 활용성이 높다(Gaguler and Kaya, 1990). 특히, ScP는 10분 만에 기주에 침입할 수 있기 때문에(추 등, 2002), 목화바둑명나방(*Palpita indica*)과 같은 지상부 해충에도 높은 방제효과를 보이고 있다(김 등, 2001a). 그러나 곤충병원성 선충은 기주의 종류나 발육단계, 온도 등에 따라 상이한 병원성을 보인다(추 등, 1995; Fujiie et al., 1995; Kondo and Ishibashi, 1987; 추 등, 2002). 본 실험에서는 무궁화의 가장 중요한 식엽성 해충인 큰붉은잎밤나방과 무궁화잎밤나방의 곤충병원성 선충을 이용한 방제 가능성을 알아보기 위하여 수행하였는데, 큰붉은잎밤나방에 비하여 무궁화잎밤나방이 ScP에 대하여 감수적이었고, 기주의 령기가 높을수록 저항성이 증가 하였다. ScP는 나비목 해충들 중에서도 명나방류나 알락나방, 잎말이나방에 비하여 밤나방류에서 상대적으로 낮은 병원성을 보인다(추 등, 1995; 2001; 이 등, 1997; 김 등, 2001a; 강 등, 2004). 비록 실험 조건에서 다소의 차이가 있긴 하였지만 무궁화밤

Table 4. Effect of *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain on mixed larvae of each *Anomis commoda* and *Anomis mesogona* in pot

Concentration(Ij/s/pot)	% mortality \pm SD	
	<i>Anomis commoda</i>	<i>Anomis mesogona</i>
90,000	39.2 \pm 1.7 a*	50.0 \pm 2.7 a
30,000	29.2 \pm 1.7 b	35.9 \pm 4.2 b
10,000	16.7 \pm 2.7 c	20.8 \pm 1.6 c
0	0 d	0 d

*Mean with the same lowercase letter within in each column are not significantly different at the 0.05% level, based on Tukey test.

10 larvae of 2nd, 10 larvae of 3rd-4th, and 10 larvae of 5th instar of *Anomis commoda* and *Anomis mesogona* were placed into each pot.

Mortality was checked everyday for 5 days after treatment.

나방과 큰붉은잎밤나방은 거세미나방(*Agrotis segetum*)(이 등, 1997)이나 잔디밤나방(*Spodoptera depravata*)(강 등, 2004)에 비하여 감수성이 높았다. 해충의 동일 분류군 내 또는 발육정도에 따른 선충의 병원성 차이는 기주의 물리적 특성과 선충의 병원성, 기주의 방어력의 차이에서 기인될 수 있다(Gaugler *et al.*, 1997; Dowds and Peter, 2002). 본 실험에서 ScP에 대한 두 밤나방 간 감수성의 차이나 령기에 따른 감수성의 차이는 이와 같은 원인에 의한 것으로 생각된다. 한편, 두 해충 모두 5령충에서 감수성이 급격히 감소하는 경향을 보였는데, 이는 미국흰불나방(*Hyphantria cunea*)(박 등, 2004a)이나 잔디밤나방(강 등, 2004)에서도 같은 경향을 보였다. 반면 Fuxa *et al.*(1988)은 *S. feltiae*를 *Spodoptera frugiperda*에 처리하였을 때, 3령충과 5령충에서 유사한 치사율을 보였다고 하여 본 연구의 결과와는 차이가 있었다.

큰붉은잎밤나방과 무궁화잎밤나방은 유충이 6월에서 9월까지 활동하기 때문에(이와 정, 1997) 실재는 야외에서 여러 령기의 유충이 혼재하고 있다. 따라서 이러한 특성을 감안하여 실험을 수행한 결과, 각 령기별 병원성 검정의 결과와 같이 선충의 처리 농도를 증가시킬수록 치사율은 증가하였으나 3-4령충 이하의 유충에서만 치사율이 높게 나타났고, 5령충에서는 매우 낮은 치사율을 보였다. 따라서 박 등(2004a)이 곤충병원성 선충을 이용한 미국흰불나방의 방제 실험에서 지적인 바와 같이 노령화되기 전에 곤충병원성 선충을 처리하여 방제효과를 극대화 시켜야 할 것으로 판단된다. 또한 곤충병원성 선충의 효율적 활용을 위해서는 이들 두 해충의 생활사를 규명하여 해충의 생활사에 따라 적합한 선충의 처리 방법을 강구하여야 할 것으로 생각된다. 그리고 *Spodoptera frugiperda* 밤나방의 경우 번데기도 선충에 감염이 되는데(Fuxa *et al.*,

1988), 큰붉은잎밤나방의 경우 무궁화의 잎을 말고 그 속에 있기 때문에(이와 정, 1997), 이 점에 대해서는 금후 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

무궁화의 중요한 식엽성 해충인 무궁화잎밤나방(*Anomis mesogona*)과 큰붉은잎밤나방(*Anomis commoda*)에 대한 곤충병원성 선충 *Steinernema carpocapsae* 포천 계통(ScP)의 병원성을 실내 petri dish와 pot에서 령기별(2령, 3-4령, 5령)로 검정하였다. 큰붉은잎밤나방과 무궁화잎밤나방에 대한 반수치사농도(LC₅₀)는 령기가 높아질수록 증가하여 선충에 대한 감수성이 감소하였는데, 2령충의 경우 각각 9.7과 4.5였다. 그리고 pot에서도 ScP의 병원성은 령기에 따라 차이를 보였다. ScP는 큰붉은잎밤나방과 무궁화잎밤나방의 2령충에 대하여 가장 높은 치사율을 보였는데, 90,000마리/pot(=1×10⁹ 마리/ha) 처리 시 각각 72.5%와 87.5%의 치사율을 보였다. 반면 3-4령충부터는 병원성이 감소하여 큰붉은잎밤나방과 무궁화잎밤나방 5령충에 대해서는 처리 5일 후, 90,000마리/pot 처리 시 각각 5.0%와 10.0%의 치사율만 나타내었다. Pot에 2령충과 3-4령충, 5령충을 각각 10마리씩 접종한 후, ScP를 90,000마리/pot 농도로 처리하였을 때, 큰붉은잎밤나방과 무궁화잎밤나방의 치사율은 각각 69.2%와 50.0%였다.

참고문헌

1. 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.
2. Dowds, B. C. A., and A. Peter. 2002. Virulence mechanisms. pp. 79-98. In Entomopathogenic nematology, ed. by R. Gaugler. 388 pp. CABI publishing, Oxon.
 3. 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.
 4. Fugie, A., M. Tachibana, Y. Takata, T. Yokoyama, N. Suzuki and T. Uechi. 1995. Effects of temperature on insecticidal activity of an entomopathogenic nematode, *Steinernema kushidai*(Nematoda: Steinernematidae), against *Anomala cuprea*(Coleoptera: Scarabaeidae) larvae. Appl. Entomol. Zool. 30: 23-30.
 5. Fuxa, J. R., A. R. Richter, and F. Agudelo-Silva. 1988. Effect of host age and nematode strain on susceptibility of *Spodoptera frugiperda* to *Steinernema feltiae*. Journal of Nematology 20: 91-95.
 6. Gaugler, R., E. Lewis, and R. J. Stuart. 1997. Ecology in the service of biological control: the case of entomopathogenic nematodes. Oecologia 109: 483-489.
 7. Gaugler, R., and H. K. Kaya. 1990. Entomopathogenic nematodes in biological control. CRC Press. Boca Raton, FL. pp. 365.
 8. Kaya, H. K. and R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic nematodes. Ann. Rev. Entomol. 38: 181-206.
 9. 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.
 10. 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.
 11. Lewis, E. E. 2002. Behaviour ecology. pp. 205-223. In Entomopathogenic nematology, ed. by R. Gaugler. 388 pp. CABI publishing, Oxon.
 12. 강영진, 이동운, 추호렬, 이상명, 권태웅, 신흥균. 2004. 곤충병원성 선충을 이용한 잔디밤나방, *Spodoptera depravata* (Butler)(나비목: 밤나방과)의 생물적 방제. 한응곤지. 43: 61-70.
 13. 김형환, 추호렬, 박정규, 이상명, 추영무. 2001a. 곤충병원성 선충을 이용한 목화바둑명나방(*Palpita indica* Saunder)의 생물적 방제. 한응곤지. 40: 245-252.
 14. 김형환, 추호렬, 이홍수, 박정규, 이동운, 진병래, 추영무. 2001b. 곤충병원성선충을 이용한 느타리버섯 해충, 긴수염버섯과리(*Lycoriella mali*)의 생물적 방제. 한응곤지. 40: 59-67.
 15. 박형순, 김형환, 정현관, 조운진, 전홍용, 장한익, 김동수, 추호렬. 2004a. 미국흰불나방(*Hyphantria cunea*)에 대한 곤충병원

- 성 선충 *Steinernema carpocapsae*의 병원성. 한국잔디학회지 18: 193-2000.
16. 박형순, 정현관, 조윤진, 김세현, 김형환, 김지수. 2004b. 무궁화 해충과 천적의 종류. 한토동지. 9: 1-5.
 17. 송원섭. 2004. 무궁화. 무궁화란 어떤 꽃인가?. 세명서관. 서울. 490pp.
 18. 이범영, 정영진. 1997. 한국수목해충. 성안당. 서울. 459pp.
 19. 이상명, 이동운, 추호렬. 1996. 남부지방 산림토양에서 분리된 곤충병원성 선충 *Steinernema* spp.의 증식과 병원성. 산림과학논문집 53: 117-123.
 20. 이상명, 이동운, 추호렬, 김도완, 김준범. 1997. 농림해충에 대한 곤충병원성 선충의 병원성. 한토동지. 2: 76-82.
 21. 조인호. 1996. SAS의 이해와 활용. 성안당. 서울. 665pp.
 22. 추호렬, 김형환, 이동운, 이상명, 박선호, 추영무, 김종갑. 2001. 밤 종실해충 방제를 위한 곤충병원성 선충, *Steinernema carpocapsae* 포천 계통과 *Heterorhabditis bacteriophora* 함양 계통의 실용적 활용. 한응곤지. 40: 69-76.
 23. 추호렬, 이동운, 윤희숙, 이상명, 함다오씨. 2002. 온도 및 농도가 곤충병원성 선충, *Steinernema carpocapsae* 포천 계통 (Nematoda: Steinernematidae)의 병원성과 증식에 미치는 영향. 한응곤지. 41: 269-277.
 24. 추호렬, 이상명, 정부근, 박영도, 김형환. 1995. 한국산 곤충병원성 선충 (Steinernematidae와 Heterorhabditidae)의 지역 농림해충에 대한 병원성. 한응곤지. 34: 314-320.
 25. 추호렬, H. K. Kaya, 이상명, 김태옥, 김준범. 1991. 곤충병원성 선충 *Steinernema carpocapsae*와 *Heterorhabditis bacteriophora*를 이용한 삼림해충의 방제. 한응곤지. 30: 227-232.
 26. 추호렬, H. K. Kaya, D. K. Reed. 1988. 곤충기생성 선충, *Steinernema feltiae*와 *Heterorhabditis heliothidis*를 이용한 고자리파리 및 담배거세미나방의 생물적 방제. 한응곤지. 27: 185-189.