

한국산 곤충병원성 선충(Steinernematidae와 Heterorhabditidae)의 지역농림해충에 대한 병원성

Pathogenicity of Korean Entomopathogenic Nematodes(Steinernematidae and Heterorhabditidae) against Local Agricultural and Forest Insect Pests

추호렬¹·이상명²·정부근³·박영도¹·김형환¹

Ho Yul Choo¹, Sang Myeong Lee², Bu Keun Chung³, Yeong Do Park¹ and Hyeong Hwan Kim¹

ABSTRACT Pathogenicity of Korean entomopathogenic nematodes against local insect pests was different depending on strains or target-insect pests. Mortalities of diamondback moth, *Plutella xylostella* larvae were 51.8%, 77.8%, 96.3%, or 100% in Hanrim *Steinernema* sp and 50.0%, 74.1%, 96.3%, or 98.1% in Hamyang *Heterorhabditis* sp on filter paper when larvae were exposed to 3, 6, 12, or 24 nematodes per larva. Mortalities of them on kale leaves at the same concentration were 44.4%, 63.0%, 76.1%, or 94.5% in Hanrim *Steinernema* sp. and 79.7%, 81.6%, 94.4%, or 100% in Hamyang *Heterorhabditis* sp, respectively. In field test, control value of Hanrim *Steinernema* sp. was 72.0% and that of Hamyang *Heterorhabditis* sp was 84.1% in 14 days when 300,000 nematodes were sprayed to each plot (1327 m²). Although mortalities of rice stem borer, *Chilo suppressalis* larvae showed no difference at high concentration, Hamyang *Heterorhabditis* sp (47.3~100%) was more effective than Hanrim *Steinernema* sp. (34.3~83.3%) at low concentration. 50~200 nematodes/ml. When chestnut curculio, *Curculio sikkimensis* larvae were treated with Sancheong *Steinernema* sp and Hamyang *Heterorhabditis* sp, mortalities were 50.0% or 80.0% at the concentration of 10 nematodes and 80.0% or 90.0% at that of 20 nematodes per larva, respectively. Mortalities of peach pyralid moth, *Dichocrocis punctiferalis* larvae were 70.0% or 90.0% at the concentration of 10 nematodes and 90.0% or 100% at that of 20 nematodes per larva in Sancheong *Steinernema* sp and Hamyang *Heterorhabditis* sp., respectively. When pellucid zygaenid, *Pryeria sinica* larvae were exposed to nematodes, Pocheon *Steinernema* sp. was effective ranging from 96.7% to 100% but mortalities of them were 63.3~76.7% in Dongrae *Steinernema* sp..

KEY WORDS entomopathogenic nematodes, *Steinernema*, *Heterorhabditis*

초 록 우리나라에서 분리된 곤충병원성선충들의 지역농림해충에 대한 병원성은 선충의 종류와 대상해충에 따라 차이가 있었다. 한림산 *Steinernema* sp와 함양산 *Heterorhabditis* sp.를 배추좀나방유충 한마리당 3, 6, 12, 24마리 처리한 결과, 여과지상에서 각각 51.8%, 77.8%, 96.3%, 100%와 50.0%, 74.1%, 96.3%, 98.1%의 치사율을 얻었고, 케일잎에서는 44.4%, 63.0%, 76.1%, 94.5%와 79.7%, 81.6%, 94.4%, 100%의 치사율을 얻었다. 구당(13.27m²) 300,000마리 농도로 배추밭에 처리한 결과 14일후 한림산 *Steinernema* sp.는 72.0%, 함양산 *Heterorhabditis* sp.는 84.1%의 방제기를 보였다. 이와평나방유충은 높은 농도에서는 차이가 없었으나 50~200마리/ml의 낮은 농도에서는 함양산 *Heterorhabditis* sp (47.3~100%)가 한림산 *Steinernema* sp.(34.3~83.3%) 보다 효과적이었다. 밤바구미와 북송아명나방유충에 대하여 유충 한 마리당 10, 20마리의 산칭산 *Steinernema* sp.와 함양산 *Heterorhabditis* sp를 처리하여서는 각각 50.0%와 80.0%, 80.0%와 90.0%, 70.0%와 90.0%, 90.0%와 100%의 치사율을 얻었다. 유충 한 마리당 10, 20마리의 선충을 처리하였을때 노랑털알라나방유충은 포천산 *Steinernema*

본 연구는 한국과학재단 지원에 의하여 연구된 일부임

¹경상대학교 농과대학 농생물학과(Department of Agricultural Biology, Gyeongsang Nat'l University, Chinju, Gyeongnam, 660-701)

²산림청 임업연구원 남부임업시험장(Nambu Forestry Experiment Station, Forestry Research Institute, Chinju, Gyeongnam, 660-300)

³경남농촌진흥원(Gyeongnam Provincial Rural Development Administration, Chinju, Gyeongnam, 660-370)

sp.에 대하여는 매우 감수적이었으나(96.7%~100%) 동래산 *Steinernema* sp.에서는 낮은 치사율을 보였다(63.3~76.7%).

검색어 곤충병원성선충, *Steinernema*, *Heterorhabditis*

해충의 생물적 방제를 위한 선충 연구중 Steinernematidae과와 Heterorhabditidae과가 가장 많은 관심을 일으키고 있으며 이들에 대한 정보가 급속도로 늘어나고 있다(Kaya와 Gaugler 1993). 이 선충들은 공생세균인 *Xenorhabdus*(*Steinernema* spp.: Steinernematidae)나 *Photorhabdus*(*Heterorhabditis* spp.: Heterorhabditidae)와 각각 작용하여 곤충에게 패혈증(septicemia)을 일으켜 24~48시간내에 기주를 치사시키는 높은 살충력을 지니고 있다. 뿐만 아니라, 다수의 *Steinernema*속 선충들(예. *S. carpocapsae*, *S. glaseri*, *S. riobravis*)이 현재 미국에서 대량생산되어 시판되고 있다. 그러나 선충의 종류에 따라서는 대상해충에 따라 서로다른 병원력을 나타내고 있는 경우가 허다하고, 외국산 곤충병원성선충을 도입하여 지역해충을 방제할 경우 비 대상 유기체에 대한 부정적 영향이 있을 가능성이 높다. 실제, 미국 하와이주의 경우 하와이 농업의 동식물상을 보호하기 위하여 외부로 부터의 유기체 수입을 검역법으로 통제하고 있다(Hara 등 1991)

한편, 특정지역에 분포하고 있는 고유 곤충병원성 선충일 경우는 이미 지역해충과 함께 생태적으로 공존해 왔을 뿐만아니라, 비 대상 곤충에 대한 심각한 영향을 줄일 수 있다는 측면에서 이용상의 장점이 있다(Blackshaw 1988). 우리나라에서도 한국산 해충의 효율적인 방제를 위한 천적발굴을 목적으로 동 일생태계에 적응되어온 한국산 곤충병원성 선충의 조사가 행하여진 바 있다(추 등 1995). 따라서, 발굴된 선충들을 대상해충에 적극적으로 활용하기 위하여는 선충의 종류에 따른 병원력 발현에 대한 기초 정보가 필요하다. 본 실험은 한국산 곤충병원성 선충을 조사하는 과정에서 분리된 여러 선충들중 증식력이 우수한 일부 선충들의 지역 농림해충에 대한 병원성을 확인함으로써, 국내에서 문제가 되고 있는 해충의 방제에 한국산 곤충병원성 선충을 효율적으로 이용하기 위한 정보를 얻고자 실시하였다.

재료 및 방법

곤충병원성 선충의 분리 및 증식

우리나라의 각 도를 田자형으로 구분하여 9개의 접합지점 지역을 중심으로 주변의 삼림, 농경지, 목초지, 잔디밭, 하천변, 강변, 해변등의 식생지에서 2-4 m²내의 토양 800 cc를 채취하였다. 채취된 토양은 잘 섞은후 300 cc들이 플라스틱통에 250 cc를 넣고 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*) 노숙유충 6마리를 넣어 25±3°C에서 7일간 보관하였다(Bedding과 Akhurst 1975). 나머지는 제확인을 위하여 10~15°C의 냉장고에 보관하였다. 7일후 곤충병원성 선충에 의하여 감염된 치사 유충중 일부는 해부하여 선충의 감염에 의한 치사를 확인하였고, 나머지는 White trap을 이용하여 선충을 수확하였다(White 1927). 수확된 선충은 꿀벌부채명나방 노숙유충을 이용하여 다시 증식시켜(Woodring과 Kaya 1988) 250 cc들이 tissue culture container에 넣어 10°C 냉장고에 보관하였다. 그리고 수확한지 1개월 이내의 선충을 실험에 이용하였다.

배추좀나방(*Plutella xylostella*)에 대한 병원성 검정

한국산 곤충병원성 선충의 배추좀나방유충에 대한 병원력검정은 실내와 포장에서 따로 실시하였다. 실내실험에서는 petri dish(100×15 mm)에 여과지를 깔고 한립산 *Steinernema* sp.와 함양산 *Heterorhabditis* sp.를 공히 0, 54, 108, 216, 432마리/m² 농도로 접종하고 실내에서 사육중이던 배추좀나방 3령유충 18마리씩을 각 petri dish에 넣어 3반복으로 수행하였다. 처리된 petri dish는 3일간 24±2°C의 실내에 보관하였다 그리고 다시 1 m²의 살균수로 여과지에 수분을 맞춘 새 petri dish에 옮겨 4일간 두었다가 각 유충을 꺼집어 내어 해부현미경하에서 선충에 의한 치사 유무를 확인하였다.

한편으로는 petri dish에 여과지를 칸후 1 m²의 살균수로 습도를 맞추고 직경 9 cm의 케일잎을 잘라 넣어 동일한 농도의 선충 현탁액을 접종한후 18마리씩의 배추좀나방 3령 유충을 넣었다. 그리고는

위와 같은 방법으로 치사원인을 조사함과 동시에 식해정도를 다음과 같은 지수로 조사하였다. 즉, 케일이 피해를 받지 않은것은 0, 피해구멍수가 1~10은 1, 11~20인 것은 2, 21~30인 것은 3, 31~40인 것은 4, 41이상 인 것은 5로 하였다. 각 처리는 3반복으로 하였다.

포장실험에서는 춘하왕배추 20일묘를 정식하여 배추좀나방 발생상황을 조사하면서 첫 발생된지 일주일만에 선충을 처리하였다. 선충살포전에 배추좀나방의 유충수를 조사하였고, 구당 한림산 *Steinernema* sp.와 함양산 *Heterorhabditis* sp.를 각각 300,000마리(22.4×10^7 마리/ha)씩 전 배추에 골고루 처리하였다. 그리고 처리 3일, 7일, 14일후 생존한 배추좀나방 유충의 수를 조사하였다. 대조구로서 prothiofos 50Ec를 처리하였으며, 시험구는 완전임의 배치법 3반복으로 하였다.

이화명나방(*Chilo suppressalis*)에 대한 살충효과

이화명나방유충에 선충을 처리하기 위하여 경남 농촌진흥원포장에서 2화기 이화명충이 가해한 추경벼를 채집하여 침입공을 중심으로 5 cm 크기로 잘라서 준비한 petri dish(100×15 mm)에 3개씩을 넣었다 그리고 한림산 *Steinernema* sp.와 함양산 *Heterorhabditis* sp.를 각각 0, 50, 100, 200, 500, 1,000 마리/ml 농도로 30초간 골고루 분무접종한 후 24 ± 2

°C실내에 보관하였다. 7일후 해부현미경하에서 선충에 의한 이화명충의 치사 유무를 확인하였다.

종실해충에 대한 살충효과: 밤의 중요 종실해충인 밤바구미(*Curculio sikkimensis*)와 북송아명나방(*Dichocrocis punctiferalis*)유충에 대한 방제효과를 알아보기 위하여 유충 10마리가 들어 있는 각각의 petri dish에 산청산 *Steinernema* sp.와 함양산 *Heterorhabditis* sp.를 각각 0, 100, 200마리/ml 농도로 3반복 처리하고 앞에 언급한 방법과 동일하게 수행하였다.

노랑털알라나방(*Pryeria sinica*)에 대한 살충효과

공시충인 사철나무알라나방은 임업연구원 남부임업시험장에서 사철나무를 식해하고 있던 유충을 채집하여 사용하였다. petri dish에 여과지를 깔고 동래산 *Steinernema* sp., 포천산 *Steinernema* sp.를 유충 한 마리당 각각 0, 10, 20마리 농도로 선충현탁액 1 ml를 만들어 접종하고 10마리의 노랑털알라나방 4령유충을 5반복으로 접종하였다. 접종된 petri dish는 24 ± 2 °C의 실온에 3일간 보관하였으며, 3일 후 유충을 다시 1 ml의 살균수를 주입한 새 petri dish에 옮겼다. 그리고 4일후 해부현미경하에서 선충에 의한 유충의 치사 유무를 해부에 의하여 확인하였다.

결 과

Table 1. Effect of two Korean entomopathogenic nematodes on the diamondback moth, *Plutella xylostella* larvae in petri dish

Treatment	Nematodes /ml	% mortality± SE		Leaf damage* index
		Without kale leaf	With kale leaf	
<i>Steinernema</i> sp. (Hanrim)	0	0 a	0 a	5
	54	51.8±4.1 b	44.4±5.4 b	3
	108	77.8±2.7 b	63.0±5.6 b	4
	216	96.3±1.5 c	76.1±5.5 b	4
	432	100±0.0 c	94.5±0.1 c	4
<i>Heterorhabditis</i> sp. (Hamyang)	0	0 a	0 a	5
	54	50.0±2.7 b	79.7±4.1 b	4
	108	74.1±3.1 b	81.6±5.5 b	3
	216	96.3±1.5 c	94.4±2.7 c	3
	432	98.1±1.5 c	100±0.0 c	2

Percentages followed by different letters are significantly different($P < 0.05$) according to Duncan's multiple range test.

*: 0, no damage; 1, 1-10 holes on leaf; 2, 11-20 holes; 3, 21-30 holes; 4, 31-40; 5, >41 holes

Table 2. Effect of Korean entomopathogenic nematodes on the diamondback moth, *Plutella xylostella* larvae in Chinese cabbage field

Treatment	Days after treatment					
	3		7		14	
	No. of# insects	CM [§] (%)	No. of# insects	CM [§] (%)	No. of# insects	CM [§] (%)
Control	13.0±0.9	—	28.1±3.5	—	82.0±2.2	—
<i>Steinernema</i> sp (Hannam)	5.0±1.2	61.9 a	7.0±1.4	74.1 a	21.0±0.5	72.0 a
<i>Heterorhabditis</i> sp. (Hamyang)	4.3±0.4	63.3 a	4.6±0.4	81.3 a	11.5±1.2	84.1 a
Prothiofos 50 Ec	8.9±0.3	62.8 a	6.2±1.6	80.3 a	9.9±1.0	89.6 a

Percentages within a column followed by the same letters are not significantly different ($P < 0.05$) according to Duncan's multiple range test.

#: Mean number±SE of diamondback moth larvae from eight Chinese cabbages

§: Corrected mortality = $\frac{\% \text{ test mortality} - \% \text{ control mortality}}{100\% - \% \text{ control mortality}} \times 100$

배추좀나방의 방제효과

실내에서 행한 제주 한림산 *Steinernema* sp와 경남 함양산 *Heterorhabditis* sp의 배추좀나방 유충에 대한 치사율은 선충의 접종농도에 따라 50%에서 100% 사이로 비교적 높게 나타났다. 기주식물없이 처리한 것에서는 양 선충간에 차이가 없었으나, 케일잎에 처리한 것에서는 낮은 농도에서 *Heterorhabditis* sp의 효과가 높게 나타났다(표 1) 즉, ml당 54, 108, 216마리를 접종한 구에서 *Steinernema* sp의 경우는 44.4, 63.0, 76.1%의 사충율을 보인데 비하여 *Heterorhabditis* sp의 경우는 79.7, 81.6, 94.4%로 현저하게 높은 사충율을 나타내었다. 피해엽지수도 다소 차이가 있어 *Heterorhabditis* sp의 효과가 높음이 인정되었다. 한편, 포장시험에서도 *Heterorhabditis* sp의 효과가 *Steinernema* sp에 비하여 처리 3, 7, 14일후의 조사시에 모두 높은 치사율을 나타내었다. 그리고 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 한편 이 선충들 모두 살충제 prothiofos를 처리한 것과 대등한 방제가를 보임으로써 생물적 방제인 자로서의 실용화 가능성이 입증되었다(표 2).

이화명나방의 방제효과

이화명나방유충의 침입공을 중심으로 비줄기를 5 cm 길이로 잘라 petri dish에 넣고 선충을 골고루 뿌렸던 경우, 한림산 *Steinernema* sp 50마리/ml에

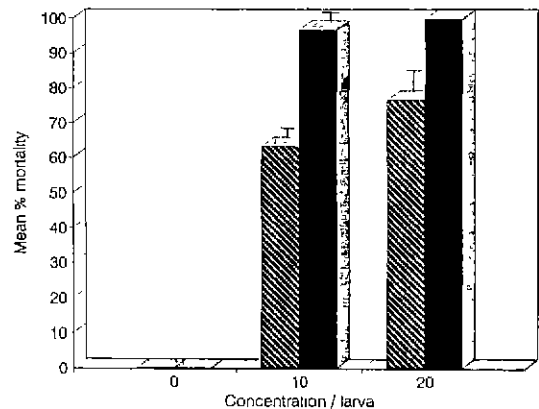


Fig. 1. Effect of Korean *Steinernema* spp on pellicud zygaid larvae in petri dish

▨, *Steinernema* Dongrae; ■, *Steinernema* Pocheon

서는 34.3%, 100마리구는 76.3%, 200마리구는 83.3%, 500마리와 1,000마리구는 각각 100%의 치사율을 나타내었다. 함양산 *Heterorhabditis* sp의 경우는 50마리 처리구에서는 47.3%, 100마리 처리구는 93.3%, 200마리 처리구는 100%, 500마리 처리구는 97.7%, 1,000마리 처리구는 100%로서 *Heterorhabditis*의 치사력이 높은 편이었다

종실해충의 방제효과

종실해충인 밤바구미유충과 복숭아명나방유충에

산청산 *Steinernema* sp.와 함양산 *Heterorhabditis* sp.를 처리하였을 때의 치사율은 밤바구미인 경우 산청산 *Steinernema* sp.를 유충 한마리당 10마리를 처리한 구에서는 50.0%, 20마리구에서는 80.0%였으며, *Heterorhabditis* sp.의 경우는 10마리 처리구는 80.0%, 20마리 처리구에서는 90.0%였다. 한편, 북송아명나방 유충은 *Steinernema* sp 10마리 처리구에서 70.0%, 20마리 처리구에서 90.0%의 치사율을 보였으며, *Heterorhabditis* sp.는 10마리 처리구에서 90.0%, 20마리 처리구에서 100%의 치사율을 나타내었다

노랑털알락나방의 방제효과

노랑털알락나방유충은 동래산 *Steinernema* sp 보다는 포천산 *Steinernema* sp에 대하여 감수적이었다(그림 1). 동래산 *Steinernema* sp의 경우 유충 한마리당 10마리 처리구에서 63.3%, 20마리 처리구에서 76.7%의 치사율을 나타내는데 비하여 포천산 *Steinernema* sp.는 각각 96.7%와 100%의 높은 치사율을 나타내었다.

고찰

*Steinernematidae*과와 *Heterorhabditidae*과에 속하는 곤충병원성 선충들은 남극대륙을 제외한 많은 섬들과 전대륙에서 분리되고 있다(Kaya 1990). 이들 선충이 분포하고 있는 토양은 때로는 선충이 분포하지 않는 곳에 비하여 해충의 밀도에서 현저한 차이를 보이고 있기도 하고(Sexton과 Williams 1981), 분리된 선충들은 각각 다른 병원성을 지니고 있기도 하다. 예를들면, 우루과이의 *Scapteriscus vicinus*(땅강아지 일종)에서 분리·동정된 *Steinernema scapterisci*는 꿀벌부채명나방을 비롯한 비메뚜기목해충에 10% 정도의 치사율만 보였을 뿐이었으나(Nguyen과 Smart 1990), 남아프리카에서 새로 분리된 *Heterorhabditis* sp.나 *Steinernema* sp.는 사탕수수줄기 가해충인 *Eldana saccharina*를 이용한 생물검정에서 기존에 분리된 *Heterorhabditis* Hsp 1보다 효과가 있었던 편이었다(Spaul 1991). Baskaran 등(1994)도 인도에서 분리된 선충들인 *H. bacteriophora*와 또 다른 *Heterorhabditis* 및 *S. carpocapsae*를 *Amsacta albistriga*(흰불나방 일종)에 적용한 결과, 각 선충들

간에 서로다른 병원성이 있음을 확인하였으며, Cabanillas와 Raulston(1994)은 텍사스에서 *S. riobra-avis*를 분리하였는데, 이 선충은 아열대의 반건조지대에 잘 적응하여 비교적 낮은농도에서도 *Helicoverpa zea* 나방에 효과적이었다. 이와같이 곤충병원성 선충들간에는 대상해충이나 환경에 따라 병원성에서 차이를 보이고 있다.

한편, 한국산 곤충병원성 선충들간에도 지역농림해충들에 대하여 그 병원성에서 차이가 있었다. 배추좀나방 유충에 처리한 *Heterorhabditis* sp.와 *Steinernema* sp.는 실내실험에서는 차이가 없었으나 포장실험에서는 함양산 *Heterorhabditis* sp.의 효과가 높게 나타나는 경향을 보였다 그러나 이들 모두 prothiofos와 차이가 없어서 실용화 가능성이 인정되었다. 곤충병원성 선충종 배추좀나방에는 *S. carpocapsae* All 계통이 높은 병원력을 지니고 있는 편이며(Rasak 등 1933, Baur 등 1995). *Heterorhabditis* spp.는 *H. bacteriophora* Hercules 계통이 효과가 있는 편이다(Baur 등 1995) Baur 등(1995)은 배추좀나방유충방제에 이용할 목적으로 선충을 선발하는 과정에서 함양산 *Heterorhabditis* sp.를 무우잎에 실내 처리한 결과 효과가 다른 선충들에 비하여 다소 떨어졌던 것으로 나타나 본 실험과는 차이가 있었는데, 이는 선충을 장기간 보관(3개월 이상)함에 따른 활력저하나 실험조건의 차이가 그 원인이었던 것으로 추정된다. 선충의 병원력은 선충의 종류, 저장온도나 저장기간에 따라 차이가 있을 수 있다(Klinger 1990, Westermann 1992, Lewis 1995). Klinger(1990)는 네델란드산 *Heterorhabditis* sp.(HW79)를 6.0±0.4°C에 보관하였을때, 선충의 자연폐사수와 병원성이 오랫동안 감소되지 않았다고 하였으나, Lewis 등(1995)은 25°C에 보관하였던 *H. bacteriophora*는 저장초기의 병원력이 40% 이던것이 3주후는 28.4±2.11%, 6주후는 3.3±1.28%까지 감소하였다고 보고하고 있다. 또한 Griffin(1994)은 *Heterorhabditis* sp. (북서유럽그룹)를 20°C에 보관한 결과, 2~3주에서 병원성이 절정을 이루었고 그후는 감소하였다고 하였고, 9°C에 보관하였을때는 최적병원성이 8~10주 보관한 것에서 발휘되었다고 하였다. 이와같은 선충의 종류와 저장이 병원성발현에 미치는 이와같은 결과에 관하여는 앞으로 좀더 연구의 진전이 있어야겠다 이화명나방 유충의 경우, 벼 줄기를 친공하여

가해하는 해충임에도 불구하고 비 줄기위에 한국산 곤충병원성 선충을 살포하였을 때 선충이 비 줄기속의 유충을 용이하게 치사시켰다. 그리고 한림산 *Steinernema* sp. 보다는 함양산 *Heterorhabditis* sp.의 효과가 높은편이었는데, 추 등(1991)이 *S. carpocapsae*와 *H. bacteriophora*를 이화명나방유충에 처리하여 얻은 각각의 68.6~94.9%, 91.4~100%의 결과와 별 차이가 없었다. 곤충병원성 선충은 기주의 침입행동에 따라 잠복형(ambusher)과 탐색형(cruiser)으로 구분된다(Kaya와 Gaugler 1993). 잠복형인 한림산 *Steinernema* sp.보다 함양산 *Heterorhabditis* sp.가 낮은 농도에서 비줄기속에 은신하면서 가해하고 있던 이화명나방유충에 효과가 있었던 것은 탐색형이었기 때문으로 생각된다.

천공성해충인 밤바구미유충과 복숭아명나방유충의 경우 실내처리에서 효과가 비교적 높게 나타났다. 그러나 곤충병원성 선충을 이용한 이들의 생물적 방제는 이 해충들의 가해처와 선충의 선호하는 환경이 서로 다르기 때문에 이용상 어려움이 있으리라 생각되나, 밤바구미와 복숭아명나방은 각각 노숙유충으로 9월에 월동하여 이듬해 4월에서 6월까지 토양에 있기때문에(이 등 1991), 이시기에 선충을 처리하면 상당한 방제 효과를 기대할 수 있으리라 생각된다.

노랑털알락나방유충은 *S. carpocapsae*에 대해서는 감수성이었으나 *H. bacteriophora*에 대하여는 그렇지 못한편이었다(추 등 1991). 한국산 곤충병원성 선충 중 포천산 *Steinernema* sp.는 *S. carpocapsae*로 확인되었는데(추 등 1995). 본 실험에서도 병원성이 높게 나타났다. 곤충병원성 선충은 토양속에 널리 분포하고 있고, 토양이 원식처이기 때문에 토양서식해충방제에 적합하나 현재, 식엽성해충방제에도 많은 연구가 진행되어 효과적인 방제법이 계속적으로 개발되고 있다. 한편, 산림생태계내의 미기상은 일반 농업생태계보다 선충에게 유리한 환경을 제공하기 때문에 수목의 식엽성해충방제에도 적극적으로 선충을 활용함이 바람직하다고 생각된다.

인 용 문 헌

- Akhurst, R. J. and R. A. Bedding. 1986 Natural occurrence of insect pathogenic nematodes(Steinernematidae and Heterorhabditidae) in soil in Australia. *J. Aust Entomol Soc.* **25**: 241-244
- Baskaran, R. K. M., C. V. Sivakumar and M. S. Venugopal. 1994. Biocontrol potential of native entomopathogenic nematodes in controlling red hairy caterpillar(*Amsacta albistriga*)(Lepidoptera: Arctiidae) of groundnut(*Arachis hypogaea*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* **64**(9): 655-657.
- Baur, M. E., H. K. Kaya, and G. S. Thurston. 1995. Factors affecting entomopathogenic nematode infection *Plutella xylostella*(L) on a leaf surface *Entomol Exp. Appl.* **73**(in press)
- 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.
- Blackshaw, R. P. 1988 A survey of insect parasitic nematodes in Northern Ireland. *Ann. Appl. Biol.* **113**: 561-565
- Cabanillas, H. E. and J. R. Raulston. 1994 Pathogenicity of *Steinernema tiobravis* against corn earworm, *Helicoverpa zea*(Boddie) *Fundam. appl. Nematol.* **17**(3): 219-223
- Choo, H. Y., H. K. Kaya, and P. Stock. 1995. Isolation of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) from Korea *Jpn J Nematol.* **25**(1)(인쇄중).
- 추호열, H. K. Kaya, 김준범, 박영도. 1991. 이화명나방 유충에 대한 곤충병원성 *Steinernema carpocapsae* (Steinernematidae)와 *Heterorhabditis bacteriophora* (Heterorhabditidae)의 살충효과. *한용곤지* **30**(1): 50-53.
- 추호열, H. K. Kaya, 이상명, 심태욱, 김준범. 1991. 곤충병원성 *Steinernema carpocapsae*와 *Heterorhabditis bacteriophora*를 이용한 삼림해충의 방제. *한용곤지* **30**(4): 227-232.
- Griffin, C. T. 1994. Peaks and troughs in the infectivity of stored *Heterorhabditis* sp. 6th International Colloquium on Invertebrate Pathology and Microbial Control Abstracts 2(CP 3): 14. Montpellier, France
- Hara, A. H., R. Gaugler, H. K. Kaya, and L. M. Lebeck. 1991. Natural populations of entomopathogenic nematodes(Rhabditida:Heterorhabditidae, Steinernematidae) from the Hawaiian islands *Environ. Entomol.* **20**(1): 211-216.
- Kaya, H. K. 1990. Soil ecology. In *Entomopathogenic nematodes in biological control*. R. Gaugler and H. K. Kaya(eds) pp93-115. CRC Press, Boca Raton, Florida
- Kaya, H. K. and R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic
- Akhurst, R. J. and R. A. Bedding. 1986 Natural occurrence of insect pathogenic nematodes(Steinernematidae and Heterorhabditidae) in soil in Australia. *J. Aust Entomol Soc.* **25**: 241-244

- nematodes *Annu. Rev. Entomol.* **38**: 181-206
- 이용대 등. 1991 수목병해충도감. 산림청 임업연구원 서울. 422pp.
- Lewis, E. E., S. Selvan, J. F. Campbell, and R. Gaugler. 1995. Changes in foraging behaviour during the infective stage of entomopathogenic nematodes. *Parasitology*(인쇄중)
- Nauyen, K. B. and G. C. Smart, Jr. 1990. *Steinernema scapterisci* n. sp (Rhabditida: Steinernematidae) *Journal of Nematology* **22**(2). 187-199.
- Razak, A. R., E. Kondo, and N. Ishibashi. 1993 Potential of *Steinernema carpocapsae* for biological control two major insect pests in Malaysia. Proc. Intl. Sym. on the "Use of Biological Control Agents under Integrated Pest Management" Fukuoka.
- Sexton, S. B. and P. Williams. 1981 A natural occurrence of parasitism of *Graphognathus leucoloma*(Borheman) by the nematode *Heterorhabditis* sp. *J. Aust. ent. Soc.* **20**: 253-255.
- Spaull, V. W. 1991 *Heterorhabditis Steinernema* species(Nematoda: Rhabditida) for the control of a sugar cane stalk borer in South Africa. *Phytophylactica* **23**: 213-215.
- Takashi, S. and A. Hara. 1962. Early stages of Japanese butterflies in color. Vol. II Hoikusha Publishing Co., Ltd. Japan. 139pp Osaka
- White, G. F. 1927 A method for obtaining infective nematode larvae from cultures. *Science* **66**: 302-303.
- Wooding, J. L., and H. K. Kaya. 1988. Steinernematid and Heterorhabditid nematodes: a handbook of techniques. *South Coop. Ser. Bull. Arkans. Agric. Exp. Stn Fayetteville.* **331**: 1-30

(1995년 6월 29일 접수)