

농림해충에 대한 곤충병원성 선충의 병원성

이상명¹ · 이동운² · 추호렬² · 김도완³ · 김준범⁴

(1. 임업연구원 남부임업시험장, 2. 경상대학교 농대 농생물학과, 3. 계명대학교 공대 화공학과, 4. 임업연구원)

Pathogenicity of Entomopathogenic Nematodes to Some Agro-Forest Insect Pests

Lee, Sang-Myeong¹ · Dong-Woon Lee² · Ho-Yul Choo²
Do-Wan Kim³ and Joon-Bum Kim⁴

(1. Nambu Forestry Experiment Station, Forestry Research Institute, Chinju, Gyeongnam, 660-300.
2. Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju,
Gyeongnam, 660-701. 3. Department of Chemical Engineering, College of Engineering, Keimyung
University, Darsue, Taegu, 704-701. 4. Forest Research Institute, Dongdaemoon, Seoul, 130-012 Korea.)

ABSTRACT

Mortality of some agro-forest insect pests, *Agrotis segetum*, *Blitopertha orientalis*, *Agerastica coerulea*, *Glyphodes perspectalis* and *Acantholyda parki* caused by entomopathogenic nematodes was investigated in laboratory and in pot. *Steinernema carpocapsae* All and Pocheon strain were effective against 2nd or 3rd instar larvae of *A. segetum* showing 100% mortalities at the concentration of 10Ijs/larva but not effective against 4th inster larvae. Mortality of *B. orientalis* was 100% after 26 days in *H. bacteriophora* NC 1, *H. bacteriophora* Hamyang and *S. glaseri* NC strain treatment. *S. monticulum* also showed 100% mortalities against *A. coerulea* and *G. perspectalis* at the concentration of 80 and 40 Ijs/larva. However, *H. bacteriophora* Cheju and *S. glaseri* Cheju strain were not effective against *A. parki*, i.e., showing 23,3 and 20,0% mortalities, respectively at the concentration of 160Ijs/larva. *S. glaseri* Hanrim strain was more effective than *H. bacteriophora* Cheju strain against *Pryeria sinica*.

Key words : Entomopathogenic nematode, biological control, pathogenicity, *Agrotis segetum*, *Blitopertha orientalis*, *Agerastica coerulea*, *Glyphodes perspectalis*, *Acantholyda parki*.

서 론

최근 Green round 협정등으로 환경과의 조화가 모든 생활에 필요불가결해지면서 농림생태계의 해충관리에 있어서도 환경친화적인 관리기법이 연구·도입되고 있다. 이러한 환경친화적 해충방

제수단으로 곤충병원성 선충을 이용한 생물적 방제법이 모든 중요 곤충을 대상으로 행하여지고 있다. 즉, 곤충병원성 선충은 기주에 따라 높은 병원성과 48시간 이내에 기주를 치사시키는 신속한 효과와 함께 넓은 기주범위, 대량증식의 가능성을 가지면서 인축에 대하여는 안전하기 때문에 각종

해충방제에 널리 활용되고 있다(Gaguler와 Kaya 1993). 그리고 몇몇 종은 상업화되기도 하였다(Akhurst와 Dunphy 1993). 특히, 농약의 효력이 미치지 힘든 굼벵이를 비롯한 토양서식 해충에 대해서는 아주 효과가 뛰어난 천적으로 알려져 있다(Villani와 Weight 1988, Klein 1990, Forschler와 Gardner 1991, Alm등 1992, Selvan등 1993, 藤家등 1993). 우리나라의 경우도 곤충병원성 선충의 연구는 분리(추등 1996b, 이등1996a) 및 생태와 방제(추등 1996a, 추등 1996c, 이등 1996b, 허진 1996) 등에서 활발하게 이루어지고 있다. 본 연구도 한국산 곤충병원성 선충과 미국산 곤충병원성 선충을 문제시 되는 몇몇 해충방제에 이용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

곤충병원성선충 : 곤충병원성선충은 <표 1>과 같이 추등(1995)이 우리나라에서 분리한 *Heterorhabditis bacteriophora* 함양과 제주 계통 그리고 *Steinernema carpocapsae* 포천 계통, *S. glaseri* 동래와 한림 계통, *S. monticolum* 및 미국산 *H. bacteriophora* NC 1, *S. carpocapsae* All, *S. glaseri* NC 계통이었다. 선충은 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*) 노숙유충을 이용하여 Dutky등(1964)의 방법에 따라 증식시킨 후 white trap을 설치하여 수확하였으며, 수확한 뒤 10°C 냉장고에 보관하였고(Woodring과 Kaya 1988) 한달 이내에 사용하였다.

거세미나방(*Agrotis segetum*) 유충에 대한 병원성 검정 : 거세미나방 유충에 대한 병원성을 알아보기 위하여 경남 농촌진흥원의 야외 포장에서 거세미나방 유충을 채집하여 실험실로 가져왔다. 그리고 9cm petri dish에 여과지(Whatman #2)를 한장 깔고는 2~3령충과 4령충으로 구분하여 각각 10마리씩을 넣었다. 여기에 *H. bacteriophora* 함양, *S. carpocapsae* 포천과 All, *S. glaseri* 한림 계통을 100, 200, 400마리/ml 농도로 1ml씩 접종한 후 polyethylene film으로 싸서 25±2°C의 항온기에 보관하였다. 7일 후에 해부현미경 하에서 선충에 의한 치사유무를 조사하였다. 대조구는 살균수 1ml를 주입하였고 처리는 각 3반복으로 하였다.

등얼룩풍뎡이(*Blitopertha orientalis*)에 대한 병원성 검정 : 등얼룩풍뎡이 유충에 대한 선충의 병원성을 알아보기 위하여 실내 pot에서 실험하였는데 200ml 플라스틱 컵에 경북 경산의 대구 골프장에서 채집한 등얼룩풍뎡이 3령 유충을 10마리씩 넣고 살균한 사양토 180ml를 수분 13%로 맞추어 넣은 뒤, *H. bacteriophora* 함양과 제주 및 NC 1, *S. glaseri* 동래와 한림 그리고 NC, *S. carpocapsae* All 계통을 토양 1g당 25마리 농도로 1ml씩 접종하여 실내에 두면서 7일 후와 26일 후에 선충에 의한 치사유무를 해부 현미경 하에서 조사하였다. 대조구는 살균수 1ml만을 접종하였다. 처리는 3반복으로 하였다.

오리나무잎벌레(*Agelastica coerulea*)에 대한 병원성 검정 : 오리나무잎벌레 유충에 대한 병원성은 경상대학교 뒷산의 오리나무를 가해하던 오리나무잎벌레 유충을 채집하여 실험실로 가져와 오

Table 1. Species and strain of entomopathogenic nematodes used in this study

Species	Strain/isolate	Locality	Source/reference
<i>H. bacteriophora</i>	Cheju	Cheju	Choo et al(1995)
	Hamyang	Hamyang	Choo et al(1995)
	NCI	U. S. A.	
<i>S. carpocapsae</i>	All	U. S. A.	
	Pocheon	Pocheon	Choo et al(1995)
<i>S. glaseri</i>	Dongrae	Pusan	Choo et al(1995)
	Hanlim	Cheju	Lee et al(1996)
	NC	U. S. A.	
<i>S. Monticolum</i>	Jiri Mt.	Sanchung	Choo et al(1995)

리나무잎을 먹이로 하여 사육한 뒤 9cm petri dish에 여과지(Whatman #2) 1장을 깔고 사육한 3령 유충 10마리씩을 넣었다. 여기에 오리나무잎벌레 유충 1마리당 *S. monticolum*을 10, 20, 40, 80마리/ml 농도로 접종한 뒤 신선한 오리나무잎을 먹이로 잘라 넣어 가정용 랩으로 싸고는 $25\pm 2^\circ\text{C}$ 항온기에 보관하였다. 그리고 4일 후 선충에 의한 치사여부를 조사하였다. 대조구는 살균수만 1ml 접종하였으며 3반복으로 처리하였다.

회양목명나방(*Glyphodes perspectalis*)에 대한 병원성 검정 : 조경수인 회양목의 잎을 식해하여 경제적 손실을 입히고 있는 회양목명나방유충의 방제를 위하여 경남 진주시 정촌면 예하리 소재 농가 묘포장에 대발생한 회양목명나방유충을 실험실로 가져와 3령까지 사육한 뒤 9cm petri dish에 여과지(Whatman #2) 1장을 깔고 3령 유충 1마리씩을 넣었다. 그리고 10, 20, 40마리/ml 농도의 *S. monticolum*을 1ml씩 접종한 뒤 회양목 가지를 5cm 크기로 잘라 넣은 다음 가정용 랩으로 싸서 $25\pm 2^\circ\text{C}$ 항온기에 보관하면서 4일 후 선충에 의한 치사여부를 조사하였다. 대조구는 살균수만 1ml 접종하였으며 10개의 petri 접시를 1반복 단위로 3반복으로 처리하였다.

노랑털알라나방(*Pryeria sinica*)에 대한 병원성 검정 : 노랑털알라나방 유충에 대한 병원성을 검정하기 위하여 남부임업시험장 구내의 사철나무를 식해하고 있던 노랑털알라나방 유충을 채집하여 실험실에서 4령충으로 사육하였다. 그리고 9cm petri dish에 여과지(Whatman #2) 1장을 깔고 10마리씩 넣었으며, 병원성 선충을 유충 1마리당 *S. glaseri* 한립은 5, 10, 20마리 농도로, *H. bacteriophora* 제주는 5, 10, 20, 40마리 농도로 1ml씩 접종하였다. 접종후 위와 같이 가정용 랩으로 싸서 $25\pm 2^\circ\text{C}$ 항온기에 4일간 보관 하였고, 해부 현미경하에서 선충에 의한 치사여부를 조사하였다. 대조구는 살균수만 1ml 접종하였고 5반복으로 처리하였다.

잣나무넓적잎벌(*Acantholyda parki*)에 대한 병원성 검정 : 전북 무주의 잣나무림에서 월동중인 잣나무넓적잎벌 유충을 채집하여 실험에 이용하였는데, 채집한 잣나무넓적잎벌 유충을 여과지(Whatman #2) 1장을 깔 9cm petri 접시에 10마

리씩을 넣었으며 병원성 선충은 *S. monticolum* 과 *H. bacteriophora* 제주를 이용하였다. 농도는 *S. monticolum*은 80, 160, 240마리/ml 농도로, *H. bacteriophora*는 40, 80, 160마리/ml 농도로 접종하였다. 보관은 선충을 처리한 petri dish를 가정용 랩으로 싸서 $25\pm 2^\circ\text{C}$ 항온기에 하였으며 7일 후 선충에 의한 치사여부를 조사하였다. 대조구는 살균수 1ml만 접종하였고 3반복으로 처리하였다.

결과 및 고찰

거세미나방 유충에 대한 병원성 : 거세미나방 유충에 대한 곤충병원성 선충의 효과는 <표 2>와 같다. 거세미나방 2-3령충은 *S. carpocapsae* All 계통 100마리 농도에서 100% 치사되어 아주 감수적이었고, *S. carpocapsae* 포천과 *S. glaseri* 한립 계통의 200마리와 400마리 농도에서 100%의 치사율을 보였다. 반면, *H. bacteriophora* 함양 계통은 각

Table 2. Effect of entomopathogenic nematodes on the mortality of cutworm, *Agrotis segetum* larvae in petri dish

Treatment	Concentration (Ijs/ml)	% Mortality \pm SD	
		2-3rd instar	4th instar
<i>Heterorhabditis</i>	100	30.0 \pm 10.0d*	0.0 \pm 0.0f
<i>bacteriophora</i>	200	80.0 \pm 10.0b	0.0 \pm 0.0f
(Hamyang)	400	76.7 \pm 5.8b	0.0 \pm 0.0f
<i>Steinernema</i>	100	100.0 \pm 0.0a	53.3 \pm 5.8c
<i>carpocapsae</i>	200	100.0 \pm 0.0a	63.3 \pm 5.8bc
All	400	100.0 \pm 0.0a	83.3 \pm 5.8a
<i>S. carpocapsae</i>	100	76.7 \pm 5.8b	16.7 \pm 5.8de
(Pocheon)	200	100.0 \pm 0.0a	66.7 \pm 5.8b
	400	100.0 \pm 0.0a	73.3 \pm 11.6ab
<i>S. glaseri</i>	100	46.7 \pm 11.6c	20.0 \pm 0.0de
(Jaeju)	200	73.3 \pm 11.6b	10.0 \pm 10.0ef
	400	100.0 \pm 0.0a	23.3 \pm 15.3d
Control		0.0 \pm 0.0e	0.0 \pm 0.0f

* Numbers followed by the same letter are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test.

농도에서 30~80%만 치사시켜 *Steinernema*속 선충보다 병원성이 낮게 나타났다. 4령 유충에 대하여는 *H. bacteriophora* 함양 계통은 전혀 치사시키지 못하였으나, *S. carpocapsae* All 계통은 53.3-83.3%의 비교적 높은 치사율을 보였다. 한편, *S. glaseri* 한림 계통은 2~3령충에서는 효과가 우수하였으나 4령충에서는 효과가 미약하여 령기에 따라 감수성에서 많은 차이가 있었다. 곤충병원성 선충은 종이나 계통에 따라 서로 다른 병원성을 보이기도 하고(추등 1995) 기주의 령기나 농도에 따라서도 병원성의 차이가 있는데(Mullens 1985, 추등 1995, Stuart 1997), 본 실험에서도 이와 같은 차이가 인정되었다. 일반적으로 선충의 농도가 높을수록 병원성이 높게 나타났으며, 발육단계에 따라서도 서로 다른 병원성을 보였다. 따라서 선충을 이용하여 저세미나방을 방제할 경우 발생 초기에 처리하는 것이 효과적일 것으로 생각된다.

등얼룩풍뎠이에 대한 병원성 검정 : 곤충병원성 선충에 의한 등얼룩풍뎠이 유충의 방제가는 <표 3>과 같다. 처리 7일 후 모든 선충이 26.7-56.7%의 치사율을 나타내어 *S. glaseri* 한림 strain을 제외하고는 차이를 보이지 않았고, 처리 26일 후에는 *H. bacteriophora*와 *S. glaseri* NC 계통의 효과가 높게 나타났다. 처리 26일후 병원성이 높

게 나타난 것은 식엽성 해충과 달리 토양내에 서식하고 있는 굼벵이 자체의 특성에 의한 것 같으며, *H. bacteriophora*와 *S. glaseri* NC 계통의 효과가 높았던 것은 이들이 탐색형(cruiser) 행동 습성(Campbell 과 Gaugler 1993)을 가졌기 때문으로 생각된다. 선충의 병원성은 이동습성이나 운동성 및 토성과 토양 함수량등에 의하여 결정된다(Koppenhoper등 1995). 등얼룩풍뎠이는 우리나라의 골프장에서 가장 문제가 되는 해충중의 하나이며(이 1995) 골프장등의 잔디관리에 많은 장애를 일으키고 있다(Alm등 1995). 따라서 이들 해충을 방제하기 위하여 많은 노력을 하고 있으나 토양에서 식하는 관계로 방제에 어려움이 있는 실정인데, 본 실험에 이용한 병원성 선충이 Georgis (1992)가 권장량으로 추천한 ha당 2.5×10^6 마리(25마리/g 토양)에서 높은 방제효과를 보여 실질적 방제에 활용할 수 있을 것으로 기대된다. Selvan등(1993)은 *S. glaseri* NJ-43을 왜콩풍뎠이(*Popilla japonica*)에 처리하여 83.3%의 치사율을 얻었고, 藤家등(1993)은 *S. kushidai*를 구리풍뎠이(*Anomala cuprea*)에 처리하여 높은 치사율을 얻었으며, Alm등(1992)은 24.7×10^6 마리/ha 농도로 *S. glaseri*를 처리하여 66%의 방제효과를 거두는 등 병원성 선충을 풍뎠이류의 방제에 활용하고자 하는 연구들이 적극적으로 행하여 지고 있는 편이다.

오리나무잎벌레와 회양목명나방에 대한 병원성 : 주요 식엽성 입엽해충으로 오리나무나 버드나무, 밤나무, 뽕나무등에 많은 피해를 끼치고 있는 오리나무잎벌레와 회양목의 잎을 식해하여 조경수로서의 기능을 손상시키면서 심할 경우 가지를 고사케하는 회양목명나방유충(이와 정 1997)에 대한 병원성 검정의 결과는 <그림 1>과 같다. 오리나무잎벌레유충은 *S. monticolum* 80마리 처리에서 100% 치사되었고, 회양목명나방유충도 40마리 처리에서 100% 치사되어 두 해충 모두 *S. monticolum*에 감수적이었다. 오리나무잎벌레는 식해후에 토양속에 들어가 토와를 짓고 일정기간 생활하는데(이와 정 1997) 이러한 시기에 선충을 처리하면 효과를 증대시킬 수 있을 것으로 생각되나 야외조건에서의 효과에 대해서는 부가적인 연구가

Table 3. Effect of entomopathogenic nematodes on the mortality of oriental beetle, *Blitopertha orientalis* larvae in pot

Treatment	% Mortality ± SD	
	7days	26days
<i>H. bacteriophora</i> NC 1	40.0±26.5a*	100.0±0.0a
<i>H. bacteriophora</i> (Hamyang)	50.0±10.0a	100.0±0.0a
<i>H. bacteriophora</i> (Jaeju)	40.0±20.0a	90.0±17.3a
<i>S. carpocapsae</i> All	33.3±20.8a	50.0±30.0bc
<i>S. glaseri</i> NC	56.7±11.6a	100.0±0.0a
<i>S. glaseri</i> (Dongrae)	43.3±15.3a	50.0±10.0b
<i>S. glaseri</i> (Hanrim)	26.7±5.8ab	53.3±5.8b
Control	10.0±0.0b	20.0±0.0c

*Numbers followed by the same letter are not significantly different at the 5% level using Duncan's Multiple range test.

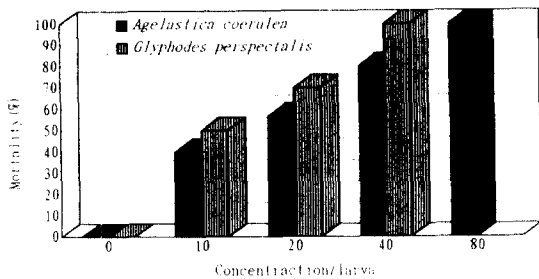


Fig. 1. Pathogenicity of entomopathogenic nematode, *S. monticolum*, on the larvae of *Agelastica coerulea* and *Glyphodes perspectalis*.

더 있어야 할 것으로 보인다. 한편 추등(1995)은 산정산 *Steinernema* sp.(=*S. monticolum*)와 함양산 *Heterorhabditis* sp.(*H. bacteriophora*)를 밤바구미 (*Curculio sikkimensis*)와 복숭아명나방 (*Dichocrosis funtiferalis*) 유충에 처리했을시 밤바구미보다 복숭아명나방에서 효과가 높게 나타나 딱정벌레목 해충보다 나비목 해충에 효과가 높은 것으로 보고하였는데 본 실험의 경향과 유사하였다.

노랑털알락나방에 대한 병원성 검정 : 노랑털알락나방 유충에 대한 병원성은 <그림 2>에서 보는 바와 같이 *S. glaseri* 한림 계통의 경우 5마리 처리에서 96.7%의 치사율을 보여 매우 높은 병원성을 나타내었다. 반면 *H. bacteriophora* 제주 계통은 40마리 처리에서 83.3%의 치사율을 보여 *S. glaseri* 한림 계통보다 효과가 낮은 편이었다. 추등(1995)이 *S. glaseri* 동래 계통과 *S. carpocapsae* 포천 계통을 이용한 노랑털알락나방에 대한 병원

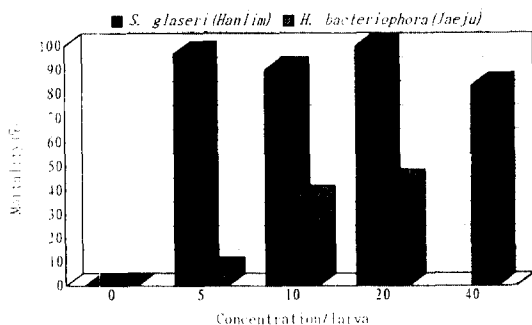


Fig. 2. Pathogenicity of entomopathogenic nematodes on *Pryeria sinica* larvae in petri dish.

성 검정에서 *S. carpocapsae* 포천 계통은 10마리 처리에서 96.7%의 치사율을 보였고, *S. glaseri* 동래 계통은 10마리와 20마리 처리에서 63.3%와 76.7%의 치사율을 나타내어 본 실험에 이용한 *H. bacteriophora* 제주 계통 20마리 처리구에서의 43.3%의 치사율과 비교해 볼 때 훨씬 높은 치사율을 보여 노랑털알락나방은 *Heterorhabditis*속 선충보다 *Steinernema*속 선충에 더 감수적인 것으로 생각된다. 따라서 본 실험에 이용한 *S. glaseri* 한림 계통의 경우 노랑털알락나방 유충방제에 적극 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

잣나무넓적잎벌에 대한 병원성 : 잣나무의 잎을 가해함으로써 성장감소는 물론 잣나무를 고사시키는 잣나무넓적잎벌(이와 정 1997)의 월동 유충에 대한 병원성 검정 결과는 <표 4>와 같다. 한림 계통 *S. glaseri*를 유충 1마리당 160마리 농도로 처리한 구에서 20.0%의 치사율을, 240마리 농도로 처리한 구에서는 53.3%의 치사율을, 제주 계통 *H. bacteriophora* 160마리 농도에서는 23.3%의 치사율을 나타내어 다른 대상해충에 비해 비교적 낮은 치사율을 보였다. 이는 처리 유충이 월동 중인 상태여서 선충의 침입이 활동기의 유충보다 어려웠기 때문으로 생각된다. 즉, 월동기의 유충이기 때문에 저온을 극복하기 위하여 상대적으로 표피층의

Table 4. Effect of entomopathogenic nematodes on the mortality of *Acantholyda parki* larvae in petri dish

Nematode	concentration/larva	% Mortality±SD	
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> (Jaeju)	0	0	a*
	400	6.7±3.3	ab
	800	13.3±6.7	bc
	1600	23.3±3.3	c
<i>Steinernema glaseri</i> (Jaeju)	0	0	a
	800	3.3±3.3	a
	1600	20.0±5.8	b
	2400	53.3±8.8	c

* Numbers followed by the same letter are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test.

물리적, 생리적 특성이 활동기때보다 선충의 침입에 불리하게 작용했을것으로 생각되나 본 원인에 관해서는 좀 더 연구가 있었으면 한다. 따라서 잣나무넓적잎벌의 방제를 위해서는 방제시기를 유충이 토양으로 이동하는 시기에 처리하는것이 더 효과적일 것으로 생각되며, 그외에도 잣나무넓적잎벌 유충의 월동시기는 낮은 온도로 인해 선충의 활동에 장애가 되기 때문에 저온에 강한 선충을 선발하여 이용하는 것도 고려해 볼직 하다.

적 요

채소해충인 거세미나방(*Agrotis segetum*)과 잔디해충인 등얼룩풍뎡이(*Blitopertha orientalis*), 산림해충인 오리나무잎벌레(*Agerastica coerulea*), 회양목명나방(*Glyphodes perspectalis*), 노랑털알락나방(*Pryeria sinica*), 잣나무넓적잎벌(*Acantholyda parki*)의 선충을 이용한 생물적 방제 가능성을 알아보기 위하여 우리나라에서 분리된 곤충병원성 선충과 미국산 곤충병원성 선충을 이용하여 실험한 결과는 다음과 같았다. 거세미나방 유충의 경우 2-3령충은 *Steinernema carpocapsae* All 계통과 포천 계통 10마리 농도 처리에서 100% 치사되었으나 4령충은 치사율이 떨어져 령기에 따라 감수성에서 차이가 있었다. 등얼룩풍뎡이 유충은 처리 26일 후에 *Heterorhabditis bacteriophora* NC 1 계통과 함양 계통, *S. glaseri* NC 계통에 의하여 100% 치사되었다. 오리나무잎벌레와 회양목명나방 유충에 대한 *Steinernema monticolum*의 병원성은 각각 80, 40마리 처리 농도에서 100%로 높게 나타났다. 병원성 선충은 잣나무넓적잎벌 월동 유충에 대해서는 높은 농도에서도 효과가 없었다. 그리고 노랑털알락나방에 대해서는 *S. glaseri* 한림 계통이 *H. bacteriophora* 제주 계통보다 효과적이었다.

검색어 : 곤충병원성 선충, 생물적 방제, 병원성.

인용문헌

- Akhurst, R. J. & G. B. Dunpy. 1993. Tripartite interactions between symbiotically associated entomopathogenic bacteria, nematodes, and their insect hosts. pp. 1-23. In N. E. Beckage., S. N. Thompson, B. A. Federici. Parasites and pathogens of insects, Vol. 2 : Pathogens. Academic Press, San Diego.
- Alm, S. R., M. G. Villani, & M. G. Klein. 1995. Oriental beetle. In Brandenburg, R. L. & M. G. Villani, Handbook of turfgrass insect pests. ESA Publications Department, Lanham, U.S.A.
- Alm, S. R., T. Yeh, J. L. Hanula, & R. Georgis. 1992. Biological control of Japanese, Oriental, and Black turfgrass atenius beetle(Coleoptera : Scarabaeidae) larvae with entomopathogenic nematodes(Nematoda : Steinernematidae, Heterorhabditidae). J. Econ. Entomol. 85(5) : 1660-1665
- Campbell, J. F. and R. Gaugler. 1993. Nictation behaviour and its ecological implications in the host search strategies of entomopathogenic nematodes(Heterorhabditidae and Steinernematidae). Behaviour. 126:155-169
- Choo, H. Y., H. K. Kaya, and S. Petricia Stock. 1995. Isolation of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) from Korea. Jpn. J. nematol. 25(1) : 44-51
- 추호렬, 김형환, 이동운, 박영도. 1996a. 곤충병원성 선충과 곰팡이를 이용한 농가화장실 파리의 미생물적 방제. 한용곤지. 35(1) : 80-84
- 추호렬, 김준범, 이동운. 1996b. 한국산 곤충병원성 선충과 *Steinernema*속의 검색표. 한토동지. 1(1) : 28-36
- 추호렬, 이동운, 허은영, 김준범. 1996c. Steinernematid와 Heterorhabditid선충의 쥐며느리에 대한 비효용적 결과. 한용곤지. 35(1) : 91-93
- 추호렬, 이상명, 정부근, 박영도, 김형환. 1995. 한국산 곤충병원성 선충(Steinernematidae와

- Heterorhabditidae)의 지역농림해충에 대한 병원성. 한용근지. 34(4) : 314 - 320
- Dutky, S. R., Thompson, J. V., & Cantwell, G. E. 1964. A technique for the mass propagation of the DD-136 nematode. J. Insect Pathol. 6 : 417 - 422
- Forschler, B. T., & W. A. Gardner. 1991. Concentration-mortality response of *Phyllophaga hirticula*(Coleoptera : Scarabaeidae) to three entomogenous nematodes. J. Econ. Entomol. 84(3) : 841 - 843
- Fuxa, J. R. 1987. Ecological concentrations for the use of entomopathogens in IPM. Ann Rev. Entomol. 32 : 225 - 251
- Gaugler, R., and H. K. Kaya. 1990. Entomopathogenic nematodes in biological control. CRC Press, Boca Raton, FL. 365 pp.
- Georgis, R. 1992. Present and future prospects for entomopathogenic nematode products. Biocontrol Sci. Technol. 2:83-99
- 허진. 1996. 곤충병원성 선충 *Steinernema*와 Heterorhabditis 및 곤충병원성 곰팡이 *Beauveria brongniartii*를 이용한 골프장 굼벵이의 생물적 방제. 경상대 석사 학위 논문. 33 pp.
- 藤家 梓, 横山とき子, 藤方正活, 澤田正明, 長谷川 誠. 1993. 昆蟲寄生性線蟲 *Steinernema kushidai* Mamiya のドウガネブイブイに對する殺蟲性. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 37 : 53 - 60
- Klein, M. G. 1990. Efficacy against soil-inhabiting insect pests, pp. 195 - 214. In R. N. Gaugler, R., and H. K. Kaya. Entomopathogenic nematodes in biological control. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Koppenhöfer, A. M., H. K. Kaya, & S. P. Taormino. 1995. Infectivity of entomopathogenic nematodes(Rhabditidae : Steinernematidae) at different soil depths and moistures. J. Invertebr. Pathol. 65, 193 - 199
- 이범영, 정영진. 1997. 한국수목해충. 459 pp. 성안당. 서울.
- 이동운. 1995. 주둥무늬차색풍뎅이(*Adoretus tenuimaculatus*)의 생태에 관한 연구. 경상대 석사 학위 논문. 35 pp.
- 이상명, 이동운, 추호렬. 1996a. 남부지방에서 곤충병원성 선충과 곤충병원성 곰팡이의 분리. 산림과학논문집. 53 : 110 - 116
- 이상명, 이동운, 추호렬. 1996b. 남부지방 산림토양에서 분리된 곤충병원성선충 *Steinernema* spp.의 증식과 병원성. 산림과학논문집. 53 : 117 - 123.
- Mullens, B. A. 1985. Host age, sex, and pathogen exposure level as factors in the susceptibility of *Musca domestica* to *Entomophthora muscae*. Entomol. Exp. Appl. 37 : 33 - 39
- Selvan, S., R. Gaugler, & J. F. Compbell. 1993. Efficacy of entomopathogenic nematode strains against *Popilla japonica*(Coleoptera : Scarabaeidae) larvae. J. Econ. Entomol. 86(2) : 353-359
- Stuart, R. J., S. Polavarapu, E. E. Lewis, & R. Gaugler. 1997. Differential susceptibility of *Dysmicoccus vaccinii*(Homoptera : Pseudococcidae) to entomopathogenic nematodes(Rhabditida : Heterorhabditidae and Steinernematidae). J. Econ. Entomol. 90(4) : 925 - 932
- Tanada, Y., & H. K. Kaya. 1993. Insect pathology. pp459-491. Academic Press, San Diego.
- Villani, M. G., & R. J. Wright. 1988. Entomogenous nematodes as biological control agents of European chafer and Japanese beetle(Coleoptera : Scarabaeidae) larvae infesting turfgrass. J. Econ. Entomol. 81(2) : 484 - 487
- Zimmerman, R. J., & W. S. Cranshaw. 1991. Short-term movement of *Neoaplectana* spp. (Rhabditida : Steinernematidae) and Heterorhabditis "HP-88" Strain(Rhabditida : Heterorhabditidae) through turfgrass thatch. J. Econ. Entomol. 84(3) : 875 - 878

(1997년 8월 8일 접수)