

# 등얼룩풍뎠이(*Exomala orientalis*)에 대한 한국산 곤충병원성 선충의 병원성

이동운<sup>1</sup> · 김형환<sup>2</sup> · 이상명<sup>3</sup> · 추호렬<sup>4\*</sup> · 최우근<sup>5</sup> · 권태웅<sup>6</sup>

<sup>1</sup>상주대학교 생물응용학과, <sup>2</sup>원예연구소 원예환경과, <sup>3</sup>국립산림연구원 남부산림연구소,  
<sup>4</sup>경상대학교 응용생물환경학과 농업과학연구원, <sup>5</sup>울산컨트리클럽, <sup>6</sup>부산 동래베네스트골프장.

## Pathogenicity of Korean Entomopathogenic Nematodes to *Exomala orientalis*(Coleoptera : Scarabaeidae)

Dong-Woon Lee<sup>1</sup>, Hyeong-Hwan Kim<sup>2</sup>, Sang-Myeong Lee<sup>3</sup>,  
Ho-Yul Choo<sup>4\*</sup>, Woo-Goun Choi<sup>5</sup> and Tae-Woong Kweon<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Department of Applied Biology, Sangju National University

<sup>2</sup>Horticultural Environment Division of National Horticultural Research Institute

<sup>3</sup>Southern Forest Research Center, National Forest Science Institute

<sup>4</sup>Department of Applied Biology and Environmental Sciences, Institute of Agriculture & Life Ulsan  
Sciences, Gyeongsang National University, <sup>5</sup>Ulsan Country Club, Uljugu

<sup>6</sup>Dongrae Benest Golf Club, Kumjeunggu, Busan

### ABSTRACT

The 21 strains of Korean entomopathogenic nematodes, {*Heterorhabditis bacteriophora* Hamyang strain(HbH), *Heterorhabditis* sp. 202, 205, 217, *Heterorhabditis* sp. KCTC 0991BP strain, *Steinernema carpocapsae* Pocheon(ScP), *S. longicaudum* Gongju, *S. longicaudum* Nonsan, *Steinernema* sp. 7, 24, 52, 55, 60, 64, 206, 207, 209, 210, 219, and 227 strain} were evaluated for the control of a turfgrass insect pest, *Exomala orientalis*. *Heterorhabditis* spp. showed higher pathogenicity than *Steinernema* spp. against 3rd instar larvae of *E. orientalis* with 55% mortality by *Heterorhabditis* sp. 202 strain and 50% by HbH and *Heterorhabditis* sp. 205 strain at the rate of 200 infective juveniles per larva 14 days later after treatment. The number of infective juveniles of Korean entomopathogenic nematodes in 3rd instar larvae of *E. orientalis* was higher in *Heterorhabditis* spp. than in *Steinernema* spp.. In general, numbers of produced infective juveniles of three species

※ 이 논문은 농림부 농림기술사업의 지원에 의하여 연구되었다.

\*Corresponding author. Tel : 055-751-5444

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

were much higher, i.e., *Heterorhabditis* sp. 202 strain produced 273,064 infective juveniles. *S. carpocapsae* Pocheon strain 273,043, and *Heterorhabditis* sp. 217 strain 248,887, respectively.

**Key Word** : Steinernematidae, Heterorhabditidae, turfgrass insect pests, biological control

## 서론

등얼룩풍뎡이(*Exomala orientalis*)는 우리나라의 골프장 잔디에 피해를 주고 있는 주요 해충의 하나로(추 등, 1999; 2000) 필리핀과 일본, 마이크로네시아, 하와이 및 미국 동부 지역에 분포하고 있다(Tashiro, 1987; Alm *et al.*, 1995; 김, 2001). 등얼룩풍뎡이는 성충에 비하여 유충에 의한 피해가 특히 심각한 편으로 성충의 경우 우리나라에서는 주로 암컷이 밤나무(*Castania crenata* Sieb.)와 사철나무(*Euonymus japonica* Thunberg), 장미(*Rosa hybridae* Hort), 남천(*Nandina domestica* Thunberg)의 꽃가루를 먹는 것이 관찰되었을 뿐(Choo *et al.*, 2002b), 녹색콩풍뎡이(*Popillia quadriguttata*)나 주둥무늬차색풍뎡이(*Adoretus tenuimaculatus*), 주황긴다리풍뎡이(*Ectinohoplia rufipes*) 등 식엽활동이 왕성한 풍뎡이처럼 피해를 주지는 않는다. 반면 유충은 잔디의 뿌리를 가해하여 활력을 저하시키거나 고사시키고, 까치와 같은 조류들이 이들을 잡아먹기 위하여 잔디를 파헤치는 2차적인 피해를 유발시킨다(추 등, 1998; Choo *et al.*, 2002b).

한편, 등얼룩풍뎡이를 방제하기 위하여 그로메 유제(chlorpyrifos-methyl), 에토펜프록스·다수진 수화제(ethofenprox + diazinon), 에토프 입제(ethoprophos), 이미다클로프리드 액상수화제(imidacloprid), 치아메톡삼 입제(thiamethoxam), 테부피림포스·싸이플루스

린 입제(tebupirimfos + cyfluthrin) 등의 농약이 등록되어 일반적으로 사용되고 있는데(농약공업협회, 2005), 농약의 잔류와 환경오염에 대한 우려 등으로 인하여 농약을 대체할 수 있는 환경친화적인 방법이 요구되고 있다. 환경친화적인 방제법 중의 하나가 곤충병원성 선충을 이용하는 것으로 우리나라에서도 다수의 연구가 수행되었으며(Choo *et al.*, 2002a; Lee *et al.*, 2002; 이 등, 2002), 일부 곤충병원성 선충은 상용화 되어 시판되고 있다.

곤충병원성 선충인 *Steinernema*속과 *Heterorhabditis*속 선충은 곤충의 자연개구부나 표피를 통해 기주에 침입하여 공생세균(*Xenorhabdus* = *Steinernema* spp., *Photorhabdus* = *Heterorhabditis* spp.)을 분비하고, 이는 곤충에 패혈증을 일으켜 기주를 24-48시간 이내에 치사시키는 높은 살충력을 가지고 있는 생물적 방제인자이다(Kaya and Gaugler, 1993). 특히 이들은 토양에서 장기간의 지속성과 재순환 등으로 인하여 토양서식 해충 방제에 유용한 천적으로 많이 활용되고 있다(Kaya and Gaugler, 1993).

곤충병원성선충은 동일 기주에 대해서도 종과 계통에 따라 상이한 병원성을 나타내고 있다(Mason and Hominick, 1995; Simões *et al.*, 2000). 때문에 외국산 곤충병원성 선충을 도입하여 지역해충을 방제할 경우 생태적 적응성과 비 대상 유기체에 대한 부정적 영양이 있을 가능성이 높아, 지역의 곤충병원성 선충으로 병원성이 높은 계통을 찾을 수 있고 이러한 부작용도 최소화 시킬 수 있다(Blackshaw,

1988). 뿐만 아니라 근래에는 자국의 생물자원에 대한 관심이 증대하면서 자국의 생물에 대한 자원화를 도모하고 있다. 따라서 우리나라 토착 해충의 방제를 위해서는 동일 생태계를 공유해 온 지역의 곤충병원성 선충을 활용하는 것이 바람직하다. 그리고 이들 병원성 선충의 활용성을 증대시키기 위해서는 병원성이 우수한 선충의 발굴이 지속적으로 수행되어야 한다. 따라서 본 연구는 우리나라에서 분리된 곤충병원성 선충들의 등얼룩풍뎡이 유충에 대한 병원성 정도를 알아보고, 생물적 방제인자로서의 활용가능성을 조사하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 등얼룩풍뎡이

등얼룩풍뎡이 유충은 4월 중순에 부산 동래 베네스트 골프장의 티에서 채집하였다. 채집한 유충은 실험실로 가져 와 직경 10.6 cm, 높이 6 cm의 플라스틱 통에 골프장 토양과 함께 30 마리씩 나누어 실내에 보관하였다. 실험은 채집 10일 후에 수행하였는데, 건강한 굼벵이만을 선발하여 이용하였다.

### 곤충병원성 선충

곤충병원성 선충은 우리나라에서 분리한 22 계통을 이용하였다. *Steinernema glaseri* 동래 계통과 *Heterorhabditis* sp. KCTC 0991BP 계통(HG)은 등얼룩풍뎡이 유충의 치사충에서 분리하였고(Choo et al., 1995; Stock et al., 1997), *Heterorhabditis bacteriophora* 함양 계통과 *Heterorhabditis* sp. 202, 205, 217, *S. carpocapsae* 포천, *S. longicaudum* 공주, *S. longicaudum* 논산, *Steinernema* sp. 7, 24, 52, 55, 60, 64, 206, 207, 209, 210, 219, 227

계통은 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*) 노숙유충을 미끼로 이용하여 토양에서 분리한 것을 이용하였다. 분리한 선충은 꿀벌부채명나방 노숙 유충에 재접종하여 Dutky 등(1964)의 방법으로 증식시켰으며, 증식된 선충은 White trap을 이용하여 수확하였다. 그리고 10℃ 냉장고에 보관하면서 수확 후 3주 이내의 것을 실험에 사용하였다(Woodring and Kaya 1988).

### 선충의 병원성 검정과 증식수 조사

곤충병원성 선충의 등얼룩풍뎡이 3령충에 대한 실내 병원성 검정을 위하여 동래베네스트 골프장의 티에서 채취한 토양을 4mm체로 친 다음, 120℃, 1.5kgf/cm<sup>2</sup>에서 살균하여 건조시켰다. 건조시킨 토양을 살균수로 수분을 13%(w/v)로 맞춘 다음 sweet heart cup에 20g씩 넣었다. 여기에 건강한 3령충을 1마리씩 넣고, 토양 속으로 완전히 들어간 것을 확인한 다음, 10℃ 냉장고에 보관 중이던 곤충병원성 선충을 200마리/0.5 ml 농도로 0.5 ml씩 피펫을 이용하여 고루 접종하였다. 선충 접종 후 발아시킨 벤투그라스 종자를 4-6립 뿌려주었다. 대조구에는 살균수만 0.5 ml씩 처리하였다. 접종 후 25 ± 3℃의 실내에 보관하면서 2주후에 선충에 의한 치사유무를 현미경하에서 조사하였다. 실험은 10개의 sweet heart cup을 한 반복으로 각 처리별로 4반복으로 수행하였다. 등얼룩풍뎡이 3령충 내에서 증식된 선충의 수는 치사율 조사가 끝난 뒤 유충을 해부하여 현미경하에서 선충의 수를 조사하였다.

### 통계분석

등얼룩풍뎡이 유충에 대한 한국산 곤충병원성선충의 치사율은 arcsin 변환시켜 Student-Newman-Keul test로 처리평균간 차이를 분

산분석 하였는데(PROC ANOVA)(조, 1996), 결과는 변환전의 평균  $\pm$  표준편차로 표기하였다. 등얼룩풍뎡이 총채 내에서 증식된 선충의 수는  $\log(X+1)$ 로 대수변환하여 Student-Newman-Keul test로 처리평균간 차이를 분산분석 하였는데(PROC ANOVA)(조, 1996), 결과는 변환전의 평균  $\pm$  표준오차로 표기하였다. 실험결과 유의성 정도는  $P<0.05$  범위에서 수행하였다.

## 결과 및 고찰

한국산 곤충병원성선충은 등얼룩풍뎡이 3령충에 대하여 다양한 병원성을 나타내었다

( $F=5.5$ ,  $df=21$ ,  $66$ ,  $P<0.0001$ )(Table 1). *Heterorhabditis* sp. 202 계통이 55%의 치사율을 보여 병원성이 가장 높은 것으로 나타났으며, *Heterorhabditis* sp. 205 계통과 *Heterorhabditis bacteriophora* 함양 계통이 50%의 치사율을 나타내었고, *Heterorhabditis* sp. 경산 계통이 47.5%, *Heterorhabditis* sp. 217 계통이 45%의 치사율을 나타내어 *Heterorhabditis*속 선충들의 병원성이 32.5%이하의 병원성을 나타낸 *Steinernema*속 선충보다 높았다.

등얼룩풍뎡이 3령충에서 증식된 선충의 수도 선충의 종과 계통에 따라 다양하게 나타났는데 병원성과 유사하게 *Heterorhabditis*속 선충들에서 증식수가 대체적으로 많게 나타났다.

**Table 1.** Pathogenicity of Korean entomopathogenic nematodes against 3rd instar of *Exomala orientalis* in laboratory

Nematode species and strain	% mortality $\pm$ SE
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> Hamyang	50 $\pm$ 4.1 ab
<i>Heterorhabditis</i> sp. KCTC 0981BP	47.5 $\pm$ 6.3 abc
<i>Heterorhabditis</i> sp. 202	55.0 $\pm$ 6.4 a
<i>Heterorhabditis</i> sp. 205	50.0 $\pm$ 7.1 ab
<i>Heterorhabditis</i> sp. 217	45.0 $\pm$ 8.7 abc
<i>Steinernema carpocapsae</i> Pocheon	17.5 $\pm$ 10.3 cd
<i>S. glaseri</i> Dongrae	17.5 $\pm$ 2.5 abcd
<i>S. longicaudum</i> Gongju	32.5 $\pm$ 6.3 abcd
<i>S. longicaudum</i> Nonsan	20.0 $\pm$ 5.8 abcd
<i>Steinernema</i> sp. 7	20.0 $\pm$ 7.1 abcd
<i>Steinernema</i> sp. 24	12.5 $\pm$ 2.5 bcd
<i>Steinernema</i> sp. 52	27.5 $\pm$ 4.8 abcd
<i>Steinernema</i> sp. 55	22.5 $\pm$ 6.3 abcd
<i>Steinernema</i> sp. 60	12.5 $\pm$ 4.8 cd
<i>Steinernema</i> sp. 64	7.5 $\pm$ 4.8 d
<i>Steinernema</i> sp. 206	12.5 $\pm$ 2.5 bcd
<i>Steinernema</i> sp. 207	12.5 $\pm$ 6.3 cd
<i>Steinernema</i> sp. 209	12.5 $\pm$ 2.5 bcd
<i>Steinernema</i> sp. 210	15.0 $\pm$ 5.0 bcd
<i>Steinernema</i> sp. 219	10.0 $\pm$ 4.1 d
<i>Steinernema</i> sp. 227	20.0 $\pm$ 4.1 abcd
Control	5.0 $\pm$ 2.9 d

The same lowercase letters within a columns are not significantly different(Student-Newman-Keul's test,  $P<0.05$ ).

**Table 2.** Number of produced infective juveniles(Ijs) of Korean entomopathogenic nematodes in 3rd instar of *Exomala orientalis*

Nematode species and strain	No. of Ijs/cadaver $\pm$ SE
<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> Hamyang	93188 $\pm$ 36784 b
<i>Heterorhabditis</i> sp. KCTC 0981BP	43679 $\pm$ 15144 b
<i>Heterorhabditis</i> sp. 202	273064 $\pm$ 103911 a
<i>Heterorhabditis</i> sp. 205	33642 $\pm$ 11074 ab
<i>Heterorhabditis</i> sp. 217	248887 $\pm$ 84240 a
<i>Steinernema carpocapsae</i> Pocheon	273043 $\pm$ 115396 b
<i>S. glaseri</i> Dongrae	277 $\pm$ 242 b
<i>S. longicaudum</i> Gongju	12219 $\pm$ 7355 b
<i>S. longicaudum</i> Nonsan	8877 $\pm$ 8696 b
<i>Steinernema</i> sp. 7	14640 $\pm$ 14121 b
<i>Steinernema</i> sp. 24	6432 $\pm$ 6421 b
<i>Steinernema</i> sp. 52	9558 $\pm$ 9556 b
<i>Steinernema</i> sp. 55	29256 $\pm$ 16310 b
<i>Steinernema</i> sp. 60	3608 $\pm$ 1878 b
<i>Steinernema</i> sp. 64	724 $\pm$ 725 b
<i>Steinernema</i> sp. 206	78126 $\pm$ 78126 b
<i>Steinernema</i> sp. 207	0 b
<i>Steinernema</i> sp. 209	0 b
<i>Steinernema</i> sp. 210	3924 $\pm$ 3399 b
<i>Steinernema</i> sp. 219	2360 $\pm$ 1643 b
<i>Steinernema</i> sp. 227	10101 $\pm$ 10085 b

The same lowercase letters within a columns are not significantly different(Student-Newman-Keul's test,  $P < 0.05$ ).

*Heterorhabditis* sp. 202 계통이 273,064마리로 가장 증식이 많이 되었으며, *S. carpocapsae* 포천 계통이 273,043마리, *Heterorhabditis* sp. 217 계통이 248,887마리가 증식되었다( $F=4.13$ ,  $df=20, 114$ ,  $P < 0.0001$ )(Table 2).

*Heterorhabditis*속 선충들은 등얼룩풍뎡이 3령충에 대하여 45% 이상의 치사율을 보인 반면 *Steinernema*속 선충들은 *S. longicaudum* 공주 계통의 32.5%를 제외하고는 20% 내외의 낮은 병원성을 보였다. Lee *et al*(2002)이 등얼룩풍뎡이 3령충을 이용하여 실험한 결과에서도 본 실험의 결과와 동일한 경향을 보여주고 있는데, 굼벵이의 종류와 선충의 종 및 계통에 따라 *Heterorhabditis*속 선충의 병원성이 높은 경우도 있고(Villani and Wright, 1988; Forschler

and Gardner, 1991), 반대의 경우도 있다(Converse and Grewal, 1998). 한편, Lee *et al*(2002)의 연구에서 등얼룩풍뎡이에 대하여 본 실험에 이용한 HG선충의 병원성이 가장 높았고, 3령충에 대하여 처리 2주와 4주 후에 36.1%와 38.9%의 치사율을 보였다. 본 연구에서는 47.5%의 치사율을 보여 무처리구의 치사율을 감안하더라도 본 선충의 병원성이 다소 높은 것으로 나타났다. Converse 와 Grewal(1998)은 실험실 내에서 곤충병원성 선충을 오랫동안 누대사육 할 경우 병원성의 저하를 보고하고 있는데, 본 실험에 이용한 HG계통은 1997년 이후 계속하여 실험실에서 꿀벌부채명나방 유충에서 증식시켜 이용하고 있는대도 불구하고(Lee *et al.*, 2002) 병원성에서는 큰 변화가 없는 것으로 나타나 병원

성의 지속성과 안정성이 높은 계통으로 생각된다. 한편 경북 예천의 상수리림 토양에서 분리한 *Heterorhabditis* sp. 202 계통이나 경북 봉화의 아카시아림 토양에서 분리된 *Heterorhabditis* sp. 205 계통(unpublished data)의 경우 기존 우리나라에서 발굴된 선충들 중 등얼룩풍뎠이에 가장 효과가 높은 것으로 알려져 있는 HG계통(Lee et al., 2002)에 비하여 병원성이 우수하였다. 따라서 포장실험을 보완하여 실용화 할 수 있을 것으로 생각된다. 특히, *Heterorhabditis* sp. 202 계통은 등얼룩풍뎠이 3령충 내에서 증식량도 다른 선충들에 비하여 높게 나타나 토양 내에서 장기간 생존하는데 유리할 것으로 생각된다. 실제 이 선충은 최초 검출지역에서 2년 후에도 토양 내의 선충이 확인되어(unpublished data) 토양 지속성이 높은 것으로 확인되었다.

본 연구의 결과는 실내 실험의 결과로서 실제 골프장에서의 방제 효과를 예측기는 어렵지만 하지만, 실내 생물검정을 통해 기존에 상품화되어 골프장 굼벵이 방제에 이용되고 있는 곤충병원성 선충보다 우수한 병원성을 가지는 새로운 계통의 발굴에 의의가 있으며, 추후 본 자료를 토대로 야외생물 검정과 생태실험의 보완이 이루어지면 매우 유용하게 활용될 것으로 생각된다.

## 요 약

골프장의 문제해충들 중 등얼룩풍뎠이(*Exomala orientalis*) 3령충의 방제를 위하여 21계통의 한국산 곤충병원성 선충 [*Heterorhabditis bacteriophora* 함양 계통과 *Heterorhabditis* sp. 202, 205, 217, *Heterorhabditis* sp. KCTC 0991BP 계통, *Steinernema carpocapsae* 포천, *S. longicaudum* 공주, *S. longicaudum* 논산,

*Steinernema* sp. 7, 24, 52, 55, 60, 64, 206, 207, 209, 210, 219, 227 계통]을 이용하여 실험을 수행하였다. 등얼룩풍뎠이 유충 한 마리 당 200마리의 선충을 처리하였을 때, 14일 후 치사율은 *Heterorhabditis* sp. 202 계통이 55%, *Heterorhabditis* sp. 205 계통과 *H. bacteriophora* 함양 계통이 각각 50%의 치사율을 나타내어 *Heterorhabditis*속 선충들의 병원성이 32.5%이하의 치사율을 나타낸 *Steinernema*속 선충에 비하여 높았다. 등얼룩풍뎠이 3령충 내에서 증식된 선충수는 *Heterorhabditis* sp. 202 계통이 273,064마리, *S. carpocapsae* 포천 계통이 273,043마리, *Heterorhabditis* sp. 217 계통이 248,887마리 로 이들 선충들의 증식수가 일반적으로 많았다.

## 참고문헌

1. Alm, S. R., M. G. Villani and M. G. Klein. 1995. Oriental beetle. pp. 81-83. In R. L. Brandenburg and M. G. Villani(eds). Handbook of turfgrass insect pest. Entomological Society of America, Lanham, MD.
2. Blackshaw, R. P. 1988. A survey of insect parasitic nematodes in Northern Ireland. Ann. Appl. Biol. 113: 561-565.
3. 조인호. 1996. SAS의 이용과 실제. 665pp. 성안당. 서울.
4. 추호렬, 이동운, 이상명, 권태웅, 성영탁, 조팔용. 1998. 골프장 코스 내 잔디 가해 굼벵이 종류와 계절별 밀도. 한국잔디학회지 12: 225-236.
5. 추호렬, 이동운, 박지웅, 이종원. 1999. 골프장 발생 주요 풍뎠이 4종, 주황긴다리풍

- 뎠이(*Ectinohoplia rufipes*), 주둥무늬차색  
풍뎠이(*Adoretus tenuimaculatus*), 등얼  
룩풍뎠이(*Exomala orientalis*), 녹색콩풍  
뎠이(*Popillia quadriguttata*)의 비교. 한  
국잔디학회지 13: 101-112.
6. 추호렬, 이동운, 이상명, 이태우, 최우근,  
정영기, 성영탁. 2000. 골프장 잔디해충과  
천적의 종류. 39: 171-179.
  7. Choo, H. Y., H. K. Kaya, J. Huh, D.  
W. Lee, H. H. Kim, S. M. Lee and  
Y.M . Choo. 2002a. Entomopathogenic  
nematodes (*Steinernema* spp. and  
*Heterorhabditis bacteriophora*) and a  
fungus *Beauveria brongniartii* for  
biological control of the white grubs,  
*Ectinohoplia rufipes* and *Exomala*  
*orientalis*, in Korean golf courses.  
BioControl 47: 177-192.
  8. Choo, H. Y., H. K. Kaya and S. P.  
Stock. 1995. Isolation of  
entomopathogenic nematodes(Steiner-  
nematidae and Heterorhabditidae)  
from Korea. Japanese J. Nematol. 25:  
44-51.
  9. Choo, H. Y., D. W. Lee, J. W. Park,  
H. K. Kaya, D. R. Smitly, S. M. Lee  
and Y. M. Choo. 2002b. Life history  
and spatial distribution of oriental  
beetle(Coleoptera: Scarabaeidae) in  
golf courses in Korea. J. Econ.  
Entomol. 95: 72-80.
  10. Converse, V., and P. S. Grewal. 1998.  
Virulence of entomopathogenic  
nematodes to the western masked  
chafer *Cyclocephala hirta*(Coleoptera:  
Scarabaeidae). J. Econ. Entomol. 91:  
428-432.
  11. Dutky, S. R., J. V. Thompson and G.  
E. Cantwell. 1964. A technique for  
the mass production of the DD-136  
nematode. J. Insect Pathol. 6:  
417-422.
  12. Forshler, B. T., and W. A. Gardner.  
1991. Field efficacy and persistence of  
entomogenous nematodes in the  
management of whitegrubs(Coleoptera:  
Scarabaeidae). J. Econ. Entomol. 84:  
1454-1459.
  13. Kaya, H. K. and R. Gaugler. 1993.  
Entomopathogenic nematodes. Annu.  
Rev. Entomol. 38: 181-206.
  14. 김진일. 2001. 한국의 경제곤충 10. 딱정  
벌레목(Scarabaeidae II). pp. 110-111.  
정향사. 서울.
  15. 이동운, 추호렬, 신옥진, 윤재수, 김영섭.  
2002. 주둥무늬차색풍뎠이(*Adoretus*  
*tenuimaculatus*)에 의한 퍼레니얼라이그  
라스(*Lolium prene*) 피해와 한국산 곤충  
병원성선충을 이용한 생물적 방제. 한응곤  
지. 41: 217-223.
  16. Lee, D. W., H. Y. Choo, H. K. Kaya,  
S. M. Lee, D. R. Smitly, S. K. Shin  
and C. G. Park. 2002. Laboratory and  
field evaluation of Korean  
entomopathogenic nematode isolates  
against the oriental beetle, *Exomala*  
*orientalis*(Coleoptera: Scarabaeidae). J.  
Econ. Entomol. 95: 918-926.
  17. Mason, J. M., and W. M. Hominick.  
1995. The effect of temperature on  
infection, development and  
reproduction of heterorhabditids.

- Journal of Helminthology 69: 337-345.
18. 농약공업협회. 2005. 2005 농약사용지침서. 1015pp. 삼정인쇄. 서울.
  19. Simões, N., C. Caldas, J. S. Rosa, E. Bonifassi, and C. Laumond. 2000. Pathogenicity caused by high virulent and low virulent strains of *Steinernema carpocapsae* to *Galleria mellonella*. J. of Invertebr. Pathol. 75: 47-54.
  20. Stock, S. P., H. Y. Choo and H. K. Kaya. 1997. First record of *Steinernema glaseri* Steiner, 1929(Nematoda: Steinernematidae) in Asia, with notes on intraspecific variation. Nematologica 43: 377-381.
  21. Tashiro, H. 1987. Thrfgrass insects of the United States and Canada. 391 pp. Cornell University Press, Ithaca.
  22. Villani, M. G., and R. J. Wright. 1988. Entomopathogenic nematodes as biological control agents of European chafer and Japanese beetle(Coleoptera: Scarabaeidae) larvae infesting turfgrass. J. Econ. Entomol. 81: 484-487.
  23. Woodring, J.L. and H.K. Kaya. 1988. Steinernematidae and heterorhabditid nematodes: a handbook of techniques. Southern Coop. Ser. Bull. 331, Alkansas Agri. Exp. Stn. Fayetteville, AR. 29pp.