Weed Turf. Sci. 2(3):312~317, 2013
DOI:dx.doi.org/10.5660/WTS.2013.2.3.312
Print ISSN 2287-7924, Online ISSN 2288-3312

Weed & Turfgrass Science
The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea

Research Note | Open Access

톨페스큐에서 곤충병원성선충의 멸강나방에 대한 효과 검정

정영학[1] · 김종주[1] · 유은주[1] · 이채민[2] · 추호렬[1] · 이동운[2]
[1]경상대학교 생물응용학과, 농업생명과학연구원 [2]경북대학교 생태과학과

Evaluation of Entomopathogenic Nematodes against Armyworm, *Pseudaletia separata* on Tall Fescue, *Festuca arundinacea*

Young Hak Jung[1], Jong Ju Kim[1], Eun Ju You[1], Chae Min Lee[2], Ho Yul Choo[1], and Dong Woon Lee[2,*]
[1]Department of Applied Biology, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam, 660-701, Republic of Korea
[2]Department of Ecological Science, Kyungpook National University, Sangju, Gyeongbuk, 742-711, Republic of Korea
(Received on August 27, 2013; Revised on September 03, 2013; Accepted on September 05, 2013)

ABSTRACT. The armyworm, *Pseudaletia separata* was occurred suddenly in a golf club in Namhae, Gyeongnam province in 2013. Thus, pathogenicity of seven species of entomopathogenic nematodes (*Steinernema carpocapsae* GSN1 strain, *S. glaseri* Dongrae strain, *S. longicaudum* Nonsan strain, *S. monticolum* Jiri strain and *S. siamkayai*, *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain, and *H. bacteriophora* Hamyang strain) was evaluated against armyworm on tall fescue in pot and golf course to control this pest environmentally friendly. The pathogenicity against *P. separata* larvae was significantly different depending on nematode species. The corrected mortality of fifth instar of *P. separata* was 100% in the treatment with *S. carpocapsae* GSN1 in 7 days in tall fescue pot. However, there was not different in the mortality of fifth instar of *P. separata* (80 to 100%) at the rate of 385 to 6,160 infective juveniles (Ijs) (=2.5×10^2 to 4×10^5 Ijs/m^2) of *S. carpocapsae* GSN1 strain in each pot. Corrected mortality of *P. separata* was 65 and 60% at the rate of 10^5 Ijs/m^2 of *S. carpocapsae* GSN1 and *S. longicaudum* Nonsan strain, respectively in the tall fescue of golf course.

***Key words*:** Armyworm, Entomopathogenic nematode, Environmentally friendly control, *Pseudaletia separata*, Tall fescue

멸강나방(*Pseudaletia separata*)은 곡류와 잔디의 주요 돌발성 해충으로 벼, 조, 수수, 기장, 옥수수, 맥류, 오차드그라스, 라이그라스, 훼스큐, 리드카나리그라스, 바랭이, 잔디, 피 등 광범위한 기주 범위를 가지고 있다(Choi and Cho, 1975; Choi, 1981; Kim et al., 2010). 잔디는 다른 작물에 비하여 상대적으로 선호성이 떨어지는 기주이지만 광식성 해충이기 때문에 골프장이나 잔디밭에 발생하게 되면 폭식하는 식성으로 그 피해가 심각하게 된다. 특히, 예고가 높은 잔디를 선호하기 때문에 티나 그린과 같은 곳에서는 초기에 피해가 확인되지 않아(Gorsuch and Hale, 2012) 문제를 크게 일으키는 해충이다.

멸강나방은 비래해충으로 우리나라에서는 월동하지 못하고, 5월에서 7월 중국으로부터 비래하여 온 것이 해에 따라 크게 발생하여 피해를 주고 있다(Choi and Cho, 1975; Choi, 1981). 조선시대에도 피해에 대한 기록이 있어(Park et al., 2010) 예전부터 그 피해가 있었음을 알 수 있다.

멸강나방은 2령충 때까지는 잔디의 잎 끝부분을 중심으로 엽맥만 남기고 가해하지만 3령충부터 6령충까지는 잎 전체를 가해한다(Choi et al., 1992; Gorsuch and Hale, 2012).

멸강나방의 방제는 주로 화학적인 방법을 권장하고 있지만(Choi et al., 1992) 노숙유충에는 효과가 떨어지고(Choi and Kim, 2004), 목초지와 같이 목초를 가축의 사료로 이용하는 곳에서는 사용에 한계가 있다(Choi, 1981). 한편으로는 핵다각체바이러스(Park and Muneo, 1989)나 기생봉(Suzuki and Tanaka, 2007)과 같은 천적, 페로몬(Clearwater, 1975)과 같은 유인물질, 그리고 섭식기피물질(Huang et al., 2003) 등과 같은 환경 친화적 방법 등이 알려져 있기도

*Corresponding author:
Phone) +82-54-530-1212, Fax) +82-54-530-1218
E-mail) whitegrub@knu.ac.kr

하다. 그러나 핵다각체바이러스는 기주의 피해가 심한 4령 이후부터는 효과가 적은 편이고, 기생봉은 대량증식과 활용성에 문제가 있으며 섭식기피물질은 피해가 나타난 후에는 적용하기에 부적절한 단점이 있다.

그러나 곤충병원성 선충은 자외선이나 건조에 약한 단점은 있으나 높은 병원성, 넓은 기주범위, 단시간의 치사력, 기주 탐색력, 지속성, 대량생산 가능성, 다양한 방제장비의 활용성 등 실용성이 높은 천적이다(Atwa, 2011; Choo et al., 2011). 특히 굼벵이나 잔디밤나방(*Spodoptera depravata*), 거세미나방(*Agrotis segetum*)과 같이 잔디에 많은 피해를 주고 있는 해충들에 대해 높은 병원성을 가지고 있으며 몇몇 종은 상용화되어 이용되고 있다(Lee et al., 1997; 2002; Choo et al., 1998; Kang et al., 2004; Choi et al., 2006). 그러나 우리나라에서는 멸강나방이 간헐적인 발생특성을 가지고 있기 때문에 본 종에 대한 효과가 검정된 바는 없다.

따라서 본 연구는 멸강나방에 대한 곤충병원성 선충의 병원성을 검정하여 생물적 방제의 기초 자료로 제공하고자 수행하였다.

곤충병원성선충과 멸강나방

실험에 이용한 곤충병원성 선충은 Steinernematidae과의 5종(*Steinernema carpocapsae* GSN1 strain, *S. glaseri* Dongrae strain, *S. longicaudum* Nonsan strain, *S. monticolum* Jiri strain, *S. siamkayai*)과 Heterorhabditidae과의 2종(*Heterorhabditis bacteriophora* Hamyang strain, *H*. sp. Gyeongsan strain)을 사용하였다. 각각의 선충들은 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*) 노숙유충에 증식시켜 사용하였는데(Dutky et al., 1964), White trap을 이용하여 수확한 뒤 9°C 냉장고에 보관하면서 수확한지 3주 이내의 것을 사용하였다(Woodring and Kaya, 1988).

멸강나방은 경남 남해군 창선면에 새로 건설한 사우스케이프오너스클럽골프장에서 법면 주변의 잡초를 가해하고 있던 유충을 채집하여 사용하였다. 주로 벌노랑이(*Lotus cornicalatus* var. *japonica* Regal)를 집단적으로 가해하고 있어 이곳에서 주로 채집하였다. 채집한 멸강나방은 통풍이 양호한 플라스틱 사육용기(직경 11.5 cm, 높이 8 cm)에 20-30마리씩 기주식물과 함께 넣어 실험실로 가져와 건강한 개체들만 실내 실험에 이용하였다. 그리고 야외실험을 위해서는 톨페스큐(*Festuca arundinacea* Schreb) 잔디 뗏장을 깐 플라스틱 통(30×36×26 cm)에 60마리씩 방사한 후 실험에 이용할 때까지 사육하였다.

멸강나방에 대한 병원성

곤충병원성 선충 종별 병원성검정을 위하여 플라스틱 화분(직경 16 cm, 높이 15 cm)에 톨페스큐 뗏장(예고 5 cm)을 화분 6 cm 높이에 밀착시켜 넣었다. 그리고 물에 침지시켜 토양수분을 포화상태로 만들었다. 여기에 야외에서 채집한 멸강나방 5령충을 10마리씩 접종한 후 가정용 핸드스프레이로 각 화분당 곤충병원성 선충 1540마리(m^2당 10만 마리 농도)를 20 ml 살포하였다. 대조약제로는 멸강나방 방제용으로 등록되어 있는 클로르피리포스・디플루벤주론수화제를 1000배액으로 희석하여 잔디의 엽면에 충분히 묻도록 살포하였다. 무처리구는 물만 20 ml 살포 하였다. 살포 후 멸강나방이 탈출하는 것을 막기 위하여 그 물망으로 화분을 싼 뒤 28°C 내외의 실험실에 보관하였다. 그리고 처리 7일 후 생존 개체수를 조사하여 치사율을 산정하였다. 실험은 한 개의 화분을 한 반복으로 하여 3반복 처리하였다. 각각의 실험자료들 중 백분율 자료는 arcsin % 변환하여 Tukey test로 분산분석하였으며(Statistix 8, 2003) 결과는 변환전의 값을 표기하였고, 평균±표준오차로 나타내었다.

그 결과 병원성은 곤충병원성 선충의 종에 따라 차이가 많았다(df=8, 18, F=14.6, P<0.0001) (Fig. 1). *S. carpocapsae* GSN1 strain의 병원성이 가장 높았으나 *S. longicaudum*이나 *S. siamkayai*의 병원성도 높았다. 반면 *S. monticolum*과 대조약제로 사용한 클로르피리포스・디플루벤주론 수화제는 50%이하의 보정사충률을 보였다.

곤충병원성선충의 농도별 효과

실내 병원성 검정에서 병원성이 가장 높았던 *S. carpocapsae* GSN1 strain을 이용하여 멸강나방 5령충에 대한 농도별 병

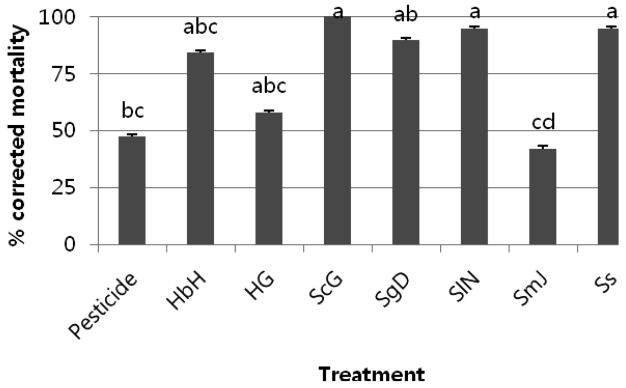

Fig. 1. Pathogenicity of entomopathogenic nematodes against fifth instar of *Pseudaletia separata.* Effectiveness was checked in tall fescue pot 7 days later after treatment. Pesticide: chlorpyrifos 20%+diflubenzuron 7% WP, HbH: *Heterorhabditis bacteriophora* Hamyang strain, HG: *H*. sp. Gyeongsan strain, ScG: *Steinernema carpocapsae* GSN1 strain, SgD: *S. glaseri* Dongrae strain, SlN: *S. longicaudum* Nonsan strain, SmJ: *S. monticolum* Jiri strain, Ss: *S. siamkayai*.

원성을 검정하였다. 실험은 곤충병원성 선충 종별 병원성 검정과 같은 방법으로 수행하였다. *S. carpocapsae* GSN1 strain의 처리 농도는 각각 0, 385, 770, 1,540, 3,080, 6,160 마리(0, 25,000, 50,000, 100,000, 200,000, 400,000마리/m^2)였고 각 화분에 살포하였다. 한 개의 화분을 한 반복으로 3반복 처리하였으며 7일 후 생충수를 조사하여 치사율을 구하였다.

그 결과 *S. carpocapsae* GSN1 strain을 m^2당 25,000마리-400,000마리 처리하였을 때 멸강나방 5령충의 보정사충율은 80%이상이었다. 농도에 따른 병원성에서 통계적 유의성은 인정되지 않았다(df=5, 12, F=12.3, P<0.0002) (Fig. 2).

멸강나방에 대한 야외 방제 효과

멸강나방에 대한 곤충병원성 선충의 야외 효과시험은 2013년 8월 7일 경남 남해의 사우스케이프오너스클럽골프장 톨페스큐 포장에서 수행하였다. 톨페스큐 포장에 직경 38 cm, 높이 15 cm 철재 링을 2 cm 깊이로 박고는 채집해서 실내에 사육하던 멸강나방 5령충 10마리씩을 방사하였다. 여기에 실내 병원성 검정에서 병원성이 가장 높았던 *S. carpocapsae* GSN1 strain, *S. longcaudum* Nonsan strain과 병원성이 낮았던 *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain와 *S. monticolum* Jiri strain을 m^2당 100,000마리 농도로 각각의 구에 가정용 분무기로 150 ml씩 살포하였다. 선충 살포 전 선충의 토양 이동과 습도 보존을 위하여 모든 처리구에 m^2당 4 L씩의 물을 관수하였다. 대조약제로 클로르피리포스 · 디플루벤주론수화제를 권장량인 1000배액으로 희석하여 잔디 잎이 충분히 젖을 정도로 살포하였다. 처리 후 링의 위 3 cm부분을 바셀린으로 도포하여 멸강나방이 탈출하지 못하게 하였고, 조류에 의한 피해를 막기 위하여 곡물 망으로 링을 덮었다. 무처리구는 물만 처리하였고 한 개의 링을 한 반복으로 3반복 처리하였다. 처리

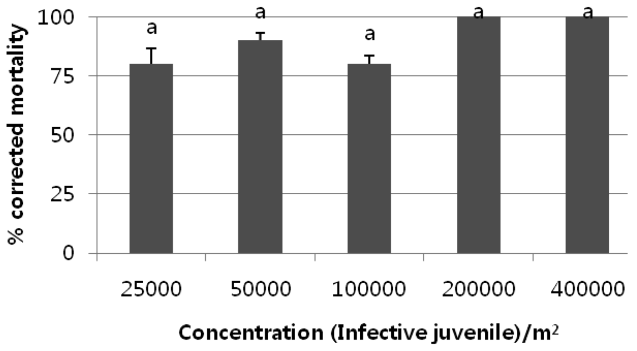

Fig. 2. Mortality of fifth instar of *Pseudaletia separata* exposed to entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* GSN1 strain. *Steinernema carpocapsae* GSN1 strain was treated at the rate of 0, 385, 770, 1,540, 3,080 and 6,060 infective juveniles. Effectiveness was checked in tall fescue pot 7 days later after treatment.

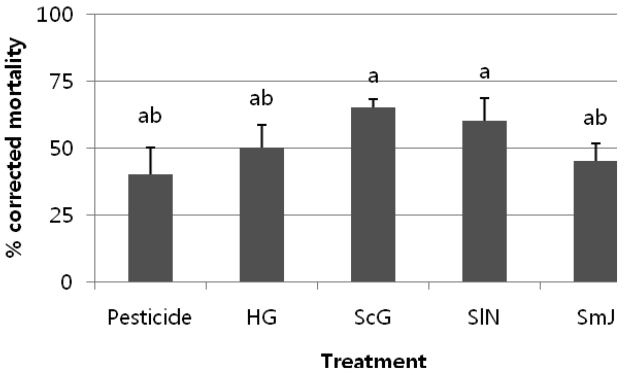

Fig. 3. Efficacy of entomopathogenic nematodes against fifth instar of *Pseudaletia separata* in the field. *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain (HG), *Steinernema carpocapsae* GSN1 strain (ScG), *S. longicaudum* Nonsan strain (SlN), and *S. monticolum* Jiri (SmJ) strain. The field was tall fescue in the courses of golf club in Namhae, Gyeongnam province. Release of *P. separata* and treated entomopathogenic nematodes was 7 August 2013 and checked 7 days later after treatment.

7일 후 치사 된 개체를 조사하였으며 관수는 일반 관리와 동일하게 매일 1회 스프링클러로 하였다. 처리 당일의 평균기온은 28.9ºC, 최고기온과 최저기온은 각각 34.7ºC와 24.1ºC였고 조사기간 동안 강수는 없었다.

야외에서 곤충병원성 선충의 멸강나방에 대한 치사율은 실내 실험에 비하여 낮았다(Fig. 3). 효과가 가장 좋았던 *S. carpocapsae* GSN1 strain의 멸강나방에 대한 보정사충율은 65%였다. 그리고 그 외의 선충도 대조약제보다는 높은 치사율을 나타내었다(df=5, 12, F=4.02, P<0.02).

곤충병원성선충은 멸강나방 5령충에 대하여 종별로 차이는 있지만 실내실험에서 높은 병원성을 나타내었다. 특히 *S. carpocapsae* GSN1 strain의 경우 일반적인 곤충병원성선충의 야외적용 농도인 m^2당 10만 마리 이하의 농도에서도 높은 병원성을 보였다. *S. carpocapsae* GSN1 strain은 다양한 종류의 해충들에 대하여 병원성을 보이고 있는데 특히 나비목 해충에 대한 병원성이 높은 편이다(Choo et al., 2002; Kang et al., 2004). 한편 본 실험에서는 노숙유충인 5령충을 이용하여 병원성을 검정하였는데 동일한 밤나방과 해충들인 잔디밤나방이나 거세미나방에 비하여 상대적으로 높은 병원성을 보였다(Lee et al., 1997; Kang et al., 2004). 잔디밤나방의 경우 2령충이 가장 감수적이며 이후 병원성이 감쇠하여 5령충의 경우 병원성이 현저히 감소하여 20%이하의 보정사충률을 보였는데(Kang et al., 2004) 멸강나방에 대해서는 100% 치사율을 보여 멸강나방이 곤충병원성선충에 상대적으로 감수적인 것으로 판단된다. 또한 곤충병원성선충의 농도별 처리시에도 야외

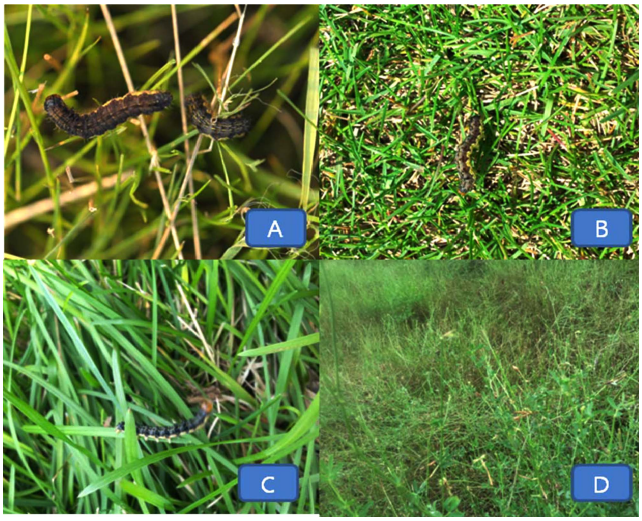

Fig. 4. *Pseudaletia separata* in golf courses. A: *Pseudaletia separata* on low height tall fescue (*Festuca arundinacea*), not damaged; B: *P. separata* on low height Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*), not damaged; C: Slight damage of Kentucky bluegrass by *P. separata*; D: Heavy damage of *Lotus cornicalatus* var. *japonica* by *P. separata*.

적용 농도의 ¼농도부터 4배 농도까지 통계적 유의성이 없이 높은 병원성을 나타내어 이러한 요인도 멸강나방이 곤충병원성선충에 대해 감수성이 높기 때문으로 생각된다.

곤충병원성선충의 종이나 계통, 기주의 종류와 발육단계는 곤충병원성선충의 병원성에 영향을 미치는 주요 인자들이며 이들은 기주의 면역반응이나 곤충병원성선충 공생세균의 독성과 관련이 있다(Dowds and Peters, 2001; Han et al., 2012).

실내실험에서 곤충병원성선충이 멸강나방에 대하여 높은 병원성을 보였음에도 불구하고 야외실험에서는 낮은 치사율을 보였다. 이는 실내실험의 경우 충분한 관수로 토양 수분이 충분하고, 자외선이 차단되는 실내였으며 26ºC 내외로 온도가 유지되어 상대적으로 낮은 토양수분과 자외선 노출, 평균온도는 29ºC 내외이나 35ºC에 이르는 고온에 노출되어 있는 야외 환경조건으로 인하여 낮은 병원성을 보인 것으로 판단된다. 토양수분이 많을수록 곤충병원성선충의 병원성은 높아지며 직사광선이나 자외선 조사시간이 짧을수록 병원성에 영향을 적게 받는다(Lee et al., 2006a, 2010). *S. carpocapsae* GSN1 strain의 경우 30ºC까지는 병원성이 높아지나 35ºC에서는 감소하였다(Choo et al., 2002).

본 실험은 멸강나방이 골프장 코스 내에 예고가 짧은 잔디보다 예고가 긴 법면 주변의 톨페스큐 주변에서 활동이 많고, 기주의 식이 활동도 법면지역에서 많아(Fig. 4) 코스 내의 잔디보다 예고가 높은 톨페스큐 포지에서 실험을 수행하였는데 이러한 요인도 곤충병원성선충의 효과에 영향을 미쳤을 것으로 추정된다. 잔디의 예고는 곤충병원성선충이나 살충제의 효과에 영향을 미치는데 잔디의 길이가 길수록 효과가 감소된다(Kang et al., 2004; Lee et al., 2006b). 실험을 수행한 포지의 톨페스큐 잔디 높이는 10 cm내외로 일반적으로 골프장에서 관리되고 있는 잔디의 예고에 비하여 현저히 높은 편이었다. 또한 톨페스큐 잔디 자체가 라이그라스나 켄터키블루그라스에 비하여 긴 세엽들이 많이 엉켜 있어 곤충병원성선충의 기주 접촉이나 침입에 장애가 되었을 것으로 생각된다.

비록 멸강나방의 령기별에 따른 곤충병원성선충의 병원성에 대한 연구를 수행하지 못하였지만 노숙유충인 5령충에 대하여 다른 밤나방류에 비하여 높은 병원성을 가지고 있음이 확인되어 환경친화적 방제가 필요한 곳에서 곤충병원성선충의 활용이 가능할 것으로 생각된다.

요 약

2013년 경남 남해에 소재하고 있는 골프장의 톨페스큐(*Festuca arundinacea*)에서 돌발적으로 발생한 멸강나방(*Pseudaletia separata*)의 친환경 방제를 위하여 톨페스큐에서 7종의 곤충병원성 선충(*Steinernema carpocapsae* GSN1 strain, *S. glaseri* Dongrae strain, *S. longicaudum* Nonsan strain, *S. monticolum* Jiri strain, *S. siamkayai* ,*Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain, *H. bacteriophora* Hamyang strain)을 이용한 효과를 실내 pot와 야외의 발생 골프장에서 검정하였다. 그 결과, 멸강나방에 대한 효과는 곤충병원성 선충의 종에 따라 차이가 있었다. Pot에서 *S. carpocapsae* GSN1 계통은 멸강나방 5령충에 대하여 100%의 치사율을 보였다. 그리고 각 pot에 처리한 385마리-6,160마리 농도(=2.5×10^2-4×10^5 마리/m^2)에서는 농도에 따른 차이가 없었다(치사율 80-100%). 골프장의 톨페스큐 포장에서는 *S. carpocapsae* GSN1 계통과 *S. longicaudum* Nonsan 계통 처리에서 각각 65%와 60%의 보정사충율을 나타내었다.

주요어: 멸강나방, 친환경 방제, 곤충병원성선충, *Pseudaletia separata*, 톨페스큐

Acknowledgements

We thank J. Y. Choi, S. H. Lee, O. G. Kweon for their technical assistance and superintendents of golf clubs H. W. Kim and S. B. Kim for their cooperation. This research was supported by the Kyungpook National University Research Fund, 2012.

Reference

Atwa, A.A. 2011. Mode of action and field efficacy of entomopathogenic nematodes. pp. 211-236. In; Borgio, J.F., Sahayaraj, K. and Susurluk, I.A. (Eds.). Microbial insecticides principles and applications. Nova Science Publishers, Inc. USA.

Choi, G.M. 1981. Ecology and occurrence pattern of armyworm, *Mythimna separata* and control measure. J. Korean Soc. Grassland Forage Sci. 2:29-34. (In Korean)

Choi, G.M., Han, M.J., Ahn, S.B., Lee, S.H. and Choi, D.R. 1992. Ecology and control of insece pests in flowering plant. Sammi Press, Korea. (In Korean)

Choi, K.M. and Cho, E.H. 1975. On the seasonal fluctuation of the oriental rice armyworm, *Mythimna separata* Walker and its artificial diet development. Exp. Res. Rept. RDA. pp. 103-135. (In Korean)

Choi, W.G., Ha, P.J., Lee, S.M., Choo, H.Y. and Lee, D.W. 2006. Pathogenicity of Korean entomopathogenic nematodes on larva of *Popillia quadriguttata*, *Ectinohoplia rufipes* and *Phyllopertha diversa* (Coleoptera: Rutelidae) and persistence in golf courses. Korean J. Pesticide Sci. 10:107-116. (In Korean)

Choi, Y.M. and Kim, G.H. 2004. Insecticidal activity of thiodicarb on lepidopterous pests. Korean J. Pesticide Sci. 8:16-21. (In Korean)

Choo, H.Y., Lee, D.W., Yoon, H.S., Lee, S.M. and Hang, D.T. 2002. Effects of temperature and nematode concentration on pathogenicity and reproduction of entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain (Nematoda: Steinernematidae). Korean J. Appl. Entomol. 41:269-277. (In Korean)

Choo, H.Y., Kaya, H.K., Lee, S.M., Kim, H.H. and Lee, D.W. 1998. Biocontrol research with nematodes against insect pests in Korea. Jap. J. Nematol. 28:29-41.

Choo, H.Y., Lee, S.M., Lee, D.W. and Kim, H.H. 2011. Ecology of entomopathogenic nematodes. pp. 151-192. In; Borgio, J.F., Sahayaraj, K., and Susurluk, I.A. (Eds.). Microbial insecticides principles and applications. Nova Science Publishers, Inc. USA.

Clearwater, J.R. 1975. Pheromone metabolism in male *Pseudaletia separata* (Walk.) and *Mamestra configurata* (Walk.)(Lepidoptera: Noctuidae). Comp. Biochem. Physiol. 50B: 77-82.

Dowds, B.C.A., and Peters, A. 2001. Virulence mechanisms. pp. 79-98, In: Gaugler, R. (Ed.). Entomopathogenic nematology, CABI Publishing, USA.

Dutky, S.R., Thompson, J.V., and Cantwell, G.E. 1964. A technique for the mass propagation of the DD-136 nematode. J. Insect Pathol. 6:417-422.

Gorsuch, C.S. and Hale, F.A. 2012. Armyworm. pp. 11-13, In: Brandenburg, R.L., and Freeman, C.P. (Eds.). Handbook of turfgrass insects. The Entomological Society of America. USA.

Han, G.Y., Lee, D.W., Choo, Y.M. and Choo, H.Y. 2012. Effect of harvest time and infective juvenile size of the entomopathogenic nematode, *Steinernema arenarium*, on pathogenicity, development, and propagation. Korean J. Appl. Entomol. 51:9-18. (In Korean)

Huang, Q., Qian, X., Song, G. and Cao, S. 2003. The toxic and anti-feedant activity of 2H-pyridazin-3-one-substituted 1,3,4-oxadiazoles against the armyworm *Pseudaletia separata* (Walker) and other insects and mites. Pest Manag. Sci. 59:933-939.

Kang, Y.J., Lee, D.W., Choo, H.Y., Lee, S.M., Kweon, T.W., et al. 2004. Bioloigical control of *Spodoptera depravata* (Butler) (Lepidoptera: Noctuidae) using entomopathogenic nematodes. Korean J. Appl. Entomol. 43:61-70. (In Korean)

Kim, J.S., Ko, H.C., Yoon, S.T., Cho, Y.H., Kim, J.G., et al. 2010. Occurrence of insect pest from organic seed producing field of minor grain germplasms. Korean J. Crop Sci. 55:58-64. (In Korean)

Lee, D.W., Choi, W.G., Lee, S.M., Kim, H.H. and Choo, H.Y. 2006a. Effect of soil moisture and irrigation on pathogenicity of entomopathogenic nematodes. Kor. J. Agri. For. Meteoro. 8:77-85. (In Korean)

Lee, D.W., Choi, W.G., Lee, S.M., Choo, H.Y. and Kweon, T.W. 2006b. Effect of turfgrass height and aeration on pathogenicity of entomopathogenic nematodes to white grubs in golf courses. Kor. J. Appl. Entomol. 45:67-74. (In Korean)

Lee, D.W., Choo, H.Y., Shin, O.J., Yun, J.S. and Kim, Y.S. 2002. Damage of perennial ryegrass, *Lolium perenne* by chestnut brown chafer, *Adoretus tenuimaculatus* (Coleoptera: Scarabaeidae) and biological control with Korean isolate of entomopathogenic nematodes. Kor. J. Appl. Entomol. 41:217-223. (In Korean)

Lee, D.W., Kim, Y.S., Kim, P.G. and Choo, H.Y. 2010. Effect of ultraviolet light on survival and pathogenicity of entomopathogenic nematodes against an alternative host silk worm, *Bombyx mori*. J. Agri. Life Sci. 45:115-124. (In Korean)

Lee, S.M., Lee, D.W., Choo, H.Y., Kim, D.W., Kim, et al. J.B. 1997. Pathogenicity of entomopathogenic nematodes to some argo-forest insect pests. Korean J. Soil Zoology. 2:76-82. (In Korean)

Park, H.C., Han, M.J., Lee, Y.B., Lee, G.S., Kang, T.H., et al. 2010. Biological identity of Hwangchung and history on the control

of Hwangchung outbreaks in Joseon dynasty analyzed through the database program on the annals of the Joseon dynasty and the enrollment of Haegoeje. Kor. J. Appl. Entomol. 49:375-384. (In Korean)

Park, S.D. and Muneo, O. 1989. Cross infectivity of nuclear polyhedrosis viruses to the common armyworm, *Pseudaletia separata*. Korean J. Appl. Entomol. 28:10-15.

Statistix 8. 2003. User's manual. pp. 396. Analytical Software. Tallahassee, USA.

Suzuki, M. and Tanaka, T. 2007. Development of *Meteorus pulchricornis* and regulation of its noctuid host, *Pseudaletia separata*. J. Insect Physiol. 53:1072-1078.

Woodring, J.L. and Kaya, H.K. 1988. Steinernematidae and Heterorhabditae nematodes: a handbook of techniques. Southern Coop. Ser. Bull. 331, Alkansas Agri. Exp. Stn. USA.