

한국산 곤충병원성 선충에 대한 알팔파바구미의 감수성 실내 검정

김형환* · 한건영¹ · 박정찬¹ · 추호렬¹ · 조성래² · 이홍수² · 이동운³ · 박정규¹

원예연구소 원예환경과, ¹경상대학교 응용생물환경학과 농업생명과학연구원, ²경남농업기술원, ³상주대학교 생물응용학과

Susceptibility of the Alfalfa Weevil, *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae) to Korean Entomopathogenic Nematodes in Laboratory Assays

Hyeong-Hwan Kim*, Gun-Yeong Han¹, Chung-Chan Park¹, Ho-Yul Choo¹, Sung-Rae Cho², Heung-Soo Lee², Dong-Woon Lee³ and Chung-Gyoo Park¹

Horticultural Environment Division, National Horticultural Research Institute, Suwon 441-440, Republic of Korea

¹Department of Applied Biology and Environmental Sciences, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Republic of Korea

²Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services, Jinju 660-360, Republic of Korea

³Department of Applied Biology, Sangju National University, Sangju 742-711, Republic of Korea

ABSTRACT : Laboratory tests were conducted to determine the susceptibility of the alfalfa weevil, *Hypera postica* to Korean entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae* GSN1 strain (ScG), *S. glaseri* Dongrae strain (SgD), *Heterorhabditis bacteriophora* Hamyang strain (HbH), and *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain (HeG) at the petri dish assay. The larval mortality of *H. postica* was significantly different depending on nematode species and treatment concentration. SgD and HeG strain were more effective against *H. postica* larva than ScG and HbH strain. When SgD and HeG strain were treated with the rate of >20 infective juveniles (ijs) per alfalfa weevil larva, mortality was ca. 77.5-100% at the late instars of *H. postica* in 3 days. The number of established nematode was significantly different depending on nematode species, whereas number of progeny was not significantly different. The mean number of established ijs of SgD strain in a host was the highest at 80 ijs by 30.2. The highest progeny number of HeG strain was 2,671.5 with 80 ijs. All nematode strains were not parasitic entirely to *H. postica* adults. These results show that alfalfa weevil late larva is highly susceptible to Korean entomopathogenic nematodes in the laboratory.

KEY WORDS : *Steinernema glaseri* Dongrae strain (SgD), *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain (HeG), Larval mortality, Progeny

초 록 : 한국산 곤충병원성 선충 *S. carpocapsae* GSN1 계통(ScG), *S. glaseri* Dongrae 계통(SgD), *Heterorhabditis bacteriophora* Hamyang 계통(HbH) 및 *Heterorhabditis* spp. Gyeongsan 계통(HeG)에 대한 알팔파바구미의 감수성을 실내 페트리디쉬 검정하였다. 알팔파바구미의 유충 치사율은 선충 종과 처리농도에 따라 유의적인 차이가 있었다. 알팔파바구미의 유충 한 마리당 각 선충 계통의 감염충(3령충)을 20마리 이상 접종했을 때 3일 후 77.5(HbH)-100(SgD)의 높은 치사율을 나타내었다. 선충의 침입수는 선충 종과 처리농도에 따라 차이가 있었으나, 증식수는 유의적인 차이가 없었다. 침입수에서는 SgD를 알팔파바구미 유충 한 마리당 80마리로 접종했을 때 30.2마리로 가장 많았다. 그리고 증식수는 HeG를

*Corresponding author. E-mail: hhkim8753@hanmail.net

알팔파바구미 유충 한 마리당 80마리로 집중했을 때 2,671.5로 가장 많았다. 한국산 곤충병원성 선충 4 계통은 알팔파바구미의 성충에는 전혀 기생하지 않았으나 노숙 유충에 대해서는 매우 감수성이었다.

검색어 : *Steinernema glaseri* 동래 계통(SgD), *Heterorhabditis* sp. 경산 계통(HeG), 유충 치사율, 증식

알팔파바구미(*Hypera postica*)는 구복구 종으로 유럽을 비롯하여 북아프리카, 중동, 인도 및 서아시아에 걸쳐 광범위하게 분포하고 있다(Clausen, 1977). 미국에서는 1904년 Utah에서 처음 발견된 이후 현재는 48개주에서 발생하여 피해를 주고 있다(Titus, 1910; www.ipm.uiuc.edu). 일본에서는 1982년 Okinawa와 Fukuoka 현에서 갈퀴류 *Vicia angustifolia*, 토끼풀(*Trifolium repens*), 개자리 일종 *Medicago polymorpha* 및 싸리 일종 *Melilotus officinalis* 등에서 처음 발견되었고(Baba, 1983), 중국에서는 1980년 후반이 지나서야 자운영(*Astragalus sinicus*)을 가해하였으며, 이전까지는 기주식물로 보고되어 있지 않았다(Morimoto, 1987). 우리나라에서는 1994년에 제주도에서 처음 발견되었으며, 이후 발생과 피해가 경미하였다가, 2005년 경남 사천과 하동의 자운영과 콩 재배지에서 대량발생 하였다(H.S. Lee, unpublished observation). 알팔파바구미는 유충과 성충이 동시에 작물체를 가해하지만, 유충이 피해의 주요한 원인을 제공한다. 알에서 부화한 어린유충인 1-2령충은 신초에 구멍을 뚫어 가해하며 3-4령충은 꽃, 신초 및 줄기를 가리지 않고 모든 부위를 폭식하여 결국 작물체를 고사하게 한다(Hoff *et al.*, 2002).

우리나라에서는 알팔파바구미 발생과 피해에 관한 연구는 물론 방제에 이용할 수 있는 대안이 없는 실정이다. 또한 최근에는 자운영이 친환경 녹비작물로 인식되어 살충제를 이용한 알팔파바구미의 방제는 많은 제약을 받고 있다(Kim *et al.*, 2001). 따라서 농업생태계와 인·축에 안전하고 치사력 발현이 빠른 방제 인자의 개발이 절실히 필요한데 이에 적합한 인자가 바로 곤충병원성 선충이다. 곤충병원성 선충 steinernematid와 heterorhabditid는 바구미과(Curculionidae)의 5속에 속하는 9종의 바구미류 외에 약 200종 이상의 곤충에 기생할 만큼 기주범위가 넓다(Poinar, 1979). 최근에는 이들 선충 중에서 몇몇 계통들이 바구미과(Shapiro-Ilan *et al.*, 2002) 등 딱정벌레목 해충에 높은 살충력을 나타내고 있다. 이와같은 효능으로 인하여 많은 딱정벌레류 방제에 *Steinernema carpocapsae*,

S. feltiae, *S. glaseri*, *S. kushidai*, *Heterorhabditis bacteriophora*, *H. heliotheis* 및 *H. megidis* 등이 상품화되어 활발하게 활용되고 있다(Thomson, 1992). 그러나 국내에서는 한국산 곤충병원성 선충을 이용하여 소뽕구리과(Scarabaeidae), 풍뎅이과(Rutelidae) 및 잎벌레과(Chrysomelidae)에 대한 방제 연구가 다수 수행되었지만, 바구미류에 대해서는 *S. carpocapsae* GSN1과 *H. bacteriophora* 함양 계통을 활용한 밤바구미(*Curculio sikkimensis*)의 생물적 방제 연구만이 보고되었다(Choo *et al.*, 2001).

따라서 본 연구는 외래해충인 알팔파바구미의 유충과 성충에 대한 곤충병원성 선충 *S. carpocapsae* GSN1, *S. glaseri* 동래, *H. bacteriophora* 함양 및 *Heterorhabditis* sp. 경산 계통의 병원성과 침입수를 조사하였다. 또한 곤충병원성 선충의 생태계 재순환 잠재력을 평가할 수 있는 증식수도 조사하였다.

재료 및 방법

곤충병원성 선충과 알팔파바구미

실험에 사용한 곤충병원성 선충은 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*) 유충을 미끼로(Bedding and Akhurst, 1975) 우리나라 토양에서 분리한 *Steinernema carpocapsae* GSN1 계통(ScG), *Heterorhabditis bacteriophora* 함양 계통(HbH)과 등얼룩풍뎅이(*Exomala orientalis*) 유충에서 분리한 *S. glaseri* 동래 계통(SgD), *Heterorhabditis* sp. 경산 계통(HeG)을 이용하였다(Choo *et al.*, 1995). 각 선충들은 꿀벌부채명나방 노숙 유충에서 Dutky *et al.* (1964)의 방법으로 대량 증식시켰으며, 증식된 선충은 White trap을 이용하여 수확하였다. 그리고 10°C 냉장고에 보관하면서 수확 후 21일 이내의 것을 실험에 사용하였다(Kaya and Stock, 1997).

대상해충인 알팔파바구미 유충과 성충은 경남 하동의 휴경지에 자라고 있던 자운영(*Astragalus sinicus*)에서 채집하였고, 채집한 직후 20×20×22 cm Cage에 자운영을 먹이로 하여 실험실로 가져왔다. 그리고 알팔파바구미의 노숙유충(3-4령충)만을 실험에 사용하였다.

접종농도별 *Steinernematid*와 *Heterorhabditid* 선충의 병원성, 침입수 및 증식수 조사

노숙유충에 대한 병원성 검정은 5.5×1.5 cm의 Petri dish에 습도를 유지하기 위하여 직경 5.0 cm Filter paper 두 장을 깔아 놓고, 그 위에 먹이로 자운영 3잎을 올려 놓은 후, 알팔파바구미 노숙유충을 한 마리씩 넣었다. 그리고 각각의 곤충병원성 선충 ScG, SgD, HbH, HeG을 노숙유충 한 마리당 5, 10, 20, 40, 80마리/0.5 ml 농도로 처리하였다. 무처리는 살균수만 0.5 ml 처리하였다. 성충은 multi well cell culture plates (24 well, SPL Labware)에서 병원성을 검정하였으며, 직경 1.5 cm Filter paper 두 장을 깔고 각각의 well에 성충을 한 마리씩 넣은 후 처리방법은 노숙유충 실험과 동일하였다. 처리가 끝난 Petri dish와 plates는 랩으로 싼 다음 25±5%, 16L : 8D 광조건의 향온기에 넣은 후 24시간 간격으로 3일 동안 선충에 의한 알팔파바구미 노숙유충과 성충의 치사유무를 육안과 해부현미경 하에서 조사하였다. 실험은 10마리의 알팔파바구미 노숙유충과 성충을 1반복으로 하여 4반복으로 수행하였다. 처리 후 3일째 치사한 노숙유충의 반은 정착수를 조사하기 위하여 해부현미경하에서 해부하여 *Steinernema* 계통은 암컷과 수컷으로 구분하여 조사하였고, *Heterorhabditis* 계통은 자동동체이므로 암컷과 수컷으로 구분하지 않고 조사하였다. 그리고 나머지 치사한 노숙유충의 반은 증식수를 조사하기 위하여 white trap을 이용하였다. White trap은 100×15 mm 크기의 petri dish에 55×15 mm 크기의 petri dish 뚜껑을 그대로 넣고, 55 mm 여과지(Whatman No. 2)를 사다리꼴 모양으로 양쪽을 자른 후 반쯤 걸쳐 놓은 다음 피펫을 이용하여 살균수 8 ml를 넣었다. 그런 후 치사된 노숙유충 한 마리를 여과지 위에 걸쳐 놓았다. 처리가 끝난 White trap은 25±5%, 16L : 8D 광조건의 향온기에 7일 동안 보관하면서 매일 탈출해 나오는 선충의 수를 해부현미경하에서 조사하였다. 알팔파바구미 노숙유충에 대한 곤충병원성 선충 *Steinernematid*와 *Heterorhabditid*의 접종농도에 따른 기주체내 정착수는 Student-Newman-Keuls test로 처리평균간 유의성 차이를 검정 하였다(Cho, 1996).

결과 및 고찰

알팔파바구미 노숙유충에 대한 한국산 곤충병원성 선충의 일별 치사율은 선충의 계통과 처리농도에 따라 차이가 있었다(Fig. 1). 모든 선충은 처리 후 1일째부터 병원성을 보였으며, ScG가 0-40%로서 가장 치사율이 높았다. 2일째는 HeG가 57.5-100%, 3일째는 SgD가 95-100%로서 치사율이 가장 높았다. 그리고 선충 처리 후 3일째는 알팔파바구미 노숙유충 한 마리당 선충 10마리 이상 접종했을 때 77.5-100%의 높은 치사율을 나타내었다. 그러나 모든 한국산 곤충병원성 선충은 알팔파바구미 성충에는 병원성이 없었다.

알팔파바구미 노숙유충 한 마리당 선충의 침입수를 조사한 결과, 선충의 계통과 처리농도에 따라 차이를 보였다. 침입수가 가장 많았던 선충은 1.3-30.2마리가 침입한 SgD였다($F=32.7$, $df=4$, 89 , $P<0.0001$) (Table 1). HbH는 1.3-6.9마리로 침입수가 가장 적었다. 알팔파바구미 노숙유충 한 마리당 선충의 처리농도가 많아질수록 침입한 선충의 수도 증가하였고, 처리농도 중에서는 80마리 접종에서 모든 선충의 침입수가 가장 많았다.

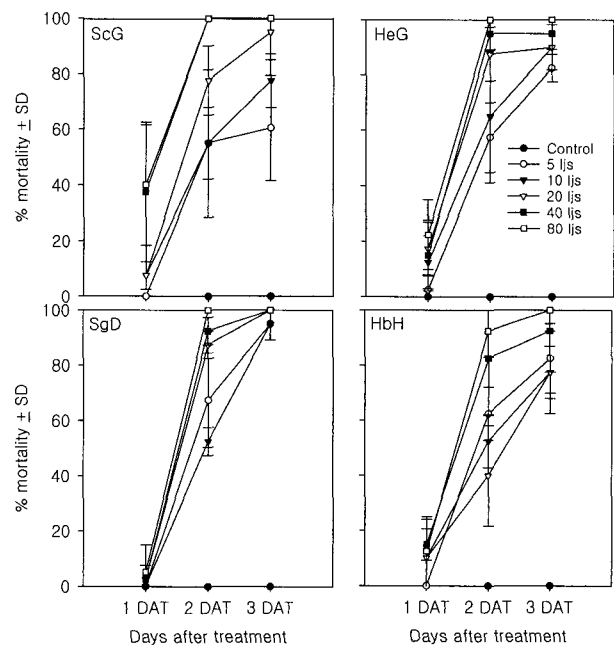


Fig. 1. Mortality of *Hypera postica* larvae exposed to entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae* GSNI strain (ScG), *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain (HeG), *S. glaeri* Dongrae strain (SgD), and *H. bacteriophora* Hamyang strain at the rate of 0, 5, 10, 20, 40, and 80 infective juveniles in petri dish.

Table 1. Effect of dosage on the establishment of Korean entomopathogenic nematodes in *Hypera postica* larvae

Concentration (Ijs/larva)	Number of nematode±SD ^{a)}			
	ScG ^{b)}	SgD	HbH	HeG
5	1.0±0.7b(16) ^{c)}	1.3±0.8c(16)	1.3±1.9b(15)	0.6±0.8b(15)
10	1.7±0.9b(15)	2.1±2.0c(4)	0.7±1.2b(19)	1.0±0.8b(16)
20	2.2±2.0b(19)	4.4±2.1c(19)	0.9±0.8b(21)	2.1±1.8b(14)
40	11.0±5.6a(24)	10.8±8.2b(18)	1.8±1.9b(16)	6.2±4.0b(18)
80	10.1±5.5a(20)	30.2±18.0a(20)	6.9±5.3a(20)	11.7±9.8a(20)

^{a)} The same letters within a column indicate no significant difference between treatments (Student-Newman-Keul's test, $P < 0.05$).
^{b)} ScG; *Steinernema carpocapsae* GSN1 strain, SgD; *S. glaseri* Dongrae strain, HbH; *Heterorhabditis bacteriophora* Hamyang strain, HeG; *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain.
^{c)} Number of *H. postica* larvae

증식수는 선충의 계통과 처리농도간에 일정한 경향이 없었으나, HeG가 662.3-2,671.6마리로 가장 많은 증식수를 보였다. 그리고 알팔파바구미 노숙유충 한 마리당 20마리의 선충을 접종한 결과, 모든 선충에서 572.7마리 이상의 증식수를 보였다.

딱정벌레류에서 곤충병원성 선충은 종이나 계통에 따라 서로 다른 병원성을 보이기도 하고 기주의 령기나 농도에 따라 서로 다른 병원성의 차이가 있는데(Glazer, 1992), 본 실험에서도 알팔파바구미의 령기, 선충의 종 및 처리농도 간에는 병원성의 차이가 있었다. 그러나 선충의 속간에는 차이가 없었다. 일반적으로 선충의 처리농도가 높을수록 병원성이 높게 나타났으며, 기주곤충의 발육단계에 따라서도 서로 다른 병원성을 보였다. 즉, 알팔파바구미 유충에는 높은 병원성을 나타내었지만, 성충에는 전혀 병원성을 나타내지 못했다. 이와 같이 Bélair and Boivin (1985)은 당근 가해 바구미 *Listronotus oregonensis*의 3령충이 번데기와 성충보다 *S. feltiae*, *S. bibionis* 및 *H. heliothidis* 계통에 감수성이 높았다고 하였다. Loya and Hower (2003)는 들바구미 유충과 번데기가 성충보다 *H. bacteriophora* Oswego 계통에 더 감수성이었다고 하였다. 그리고 들바구미 유충의 령기 중에서는 3령충이 1령충과 2령충보다 *S. feltiae*, *S. bibionis* 및 *H. bacteriophora*에 더 감수성이었다(Jaworska and Wiech, 1988). 그러나 *S. carpocapsae*에 속하는 All, Agri, Bret, DD136, Ital, Kap, Mex 및 Sal 등 8계통의 병원성은 호두나무류 가해 바구미 *Curculio caryae*의 유충보다 성충에서 더 높았고(Shapiro-Ilan et al., 2003), *H. bacteriophora* Oswego 계통들도 들바구미의 번데기와 성충에서 병원성이 높았다(Shapiro-Ilan, 2001). 한편 당근을 가해하는 바구미 *Listronotus oregonensis* 유충에 *S. feltiae*와 *S. bibionis* 계통을 접종한 결과 24-48시간 이내에 유충이 치사하기 시작하였으며, 4일째 100%의

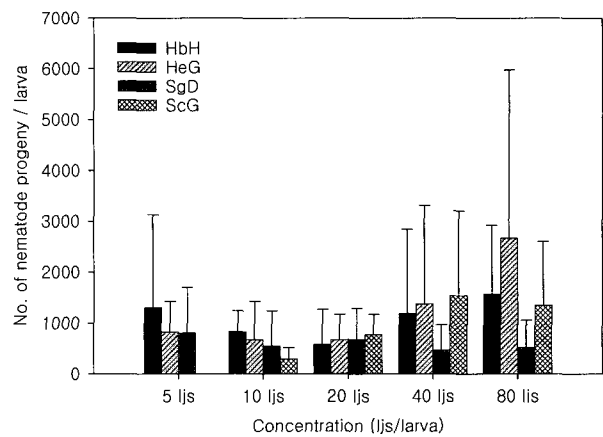


Fig. 2. Effect of dosage on reproduction of entomopathogenic nematodes, *H. bacteriophora* Hamyang strain (HbH), *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain (HeG), *S. glaeeri* Dongrae strain (SgD) and *Steinernema carpocapsae* GSN1 strain (ScG) in *Hypera postica* larvae.

치사율을 보였다(Bélair and Boivin, 1985). 또한 Jaworska and Wiech (1988)는 *S. feltiae*를 들바구미(*Sitona hispidulus*)의 유충에 접종한 결과 24시간부터 치사하기 시작하여 6일째 100%의 치사율을 보였다. 따라서 선충, 기주곤충의 종 및 기주곤충의 령기에 따라 치사시간도 차이가 있었는데 본 실험에서 알팔파바구미 노숙유충에 대한 선충의 치사시간은 다른 바구미류 유충과 성충보다 12-24시간 빠른 것을 알 수 있었다. 최근까지 대부분의 곤충병원성 선충을 이용한 바구미류 방제에서는 토양내에서 작물을 가해하는 유충과 성충을 대상으로 하였으나, 알팔파바구미는 유충과 성충이 작물체의 지상부를 주로 가해하기 때문에 빠른 시간에 병원성이 발현된다는 것은 방제 가능성이 높음을 반영하는 것이라 생각된다.

한편 곤충병원성 선충의 생물적 방제 인자로서의 척도 중 하나인 기주체내로의 침입, 정착 및 증식도 알팔파바구

미 노숙유충에서 관찰되었다. 본 실험에서 한국산 HeG와 HbH 계통은 노숙유충 한 마리당 5-80마리를 처리하여 825.0-2,671.5마리가 증식되어 들바구미 노숙유충 한 마리당 15-100마리의 *H. bacteriophora* Oswego 계통을 접종하여 4823.2-7039.7마리가 증식된 것(Loya and Hower, 2003) 보다는 적었으나, 서양자두 가해 바구미 *Conotrachelus nenuphar* 유충 한 마리당 500마리의 *H. marelatus*, *H. bacteriophora*, *H. megidis* UK211, *S. riobrave* 355, *S. carpocapsae* All 및 *S. feltiae* SN 계통을 접종하여 1,000-10,000마리가 증식된 것(Shapiro-Ilan et al., 2002) 보다는 다소 많았다. 그리고 *C. nunuphar*의 성충에서는 모든 계통의 선충들이 침입하여 증식이 이루어졌지만, 한국산 계통들은 알팔파바구미의 성충에서 침입과 증식이 전혀 이루어지지 않았다. 이와같이 곤충병원성 선충의 증식수도 선충의 종, 계통, 기주곤충의 령기 및 종에 따라 차이가 있음을 알 수 있었다.

이상의 결과를 통해 한국산 곤충병원성 선충 SgD와 HeG는 알팔파바구미의 노숙유충에 대하여 병원성이 높고, 기주곤충에 대한 치사시간이 빠르며, 침입수와 증식수도 많아 외래해충인 알팔파바구미의 방제에 효과적인 생물적 방제 인자로 활용할 가능성이 높다는 결론을 얻을 수 있었고, 향후 유충의 령기별과 번데기에 대한 보다 상세한 실험이 뒤따라야 할 것으로 생각된다. 또한 이러한 정밀한 실험의 결과를 토대로 포장실험에서 선충의 적정 처리시기 및 농도를 밝히는 실용화 연구도 뒤따라야 할 것으로 생각된다.

Literature Cited

- Baba, K. 1983. The discovery of the alfalfa weevil, *Hypera postica* (Gyll.) in Japan. Plant Prot. Kyushu 469: 2 (in Japanese).
- Bedding, R.A. and R.J. Akhurst. 1975. A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. Nematol. 21: 109-110.
- Bélaïr G. and G. Boivin. 1985. Susceptibility of the carrot weevil (Coleoptera: Curculionidae) to *Steinernema feltiae*, *S. bibionis*, and *Heterorhabditis heliothidis*. J. Nematol. 17: 363-366.
- Cho, I.H. 1996. Practice and application of SAS. Sungandang Pub. Co. 665 pp.
- Choo, H.Y., H.K. Kaya and S.P. Stock. 1995. Isolation of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) from Korea. Japanese J. Nematol. 25: 44-51.
- Choo, H.Y., H.H. Kim, D.W. Lee, S.M. Lee, S.H. Park, Y.M. Choo and J.K. Kim. 2001. Practical utilization of entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae* P ocheon strain and *Heterorhabditis bacteriophora* Hamyang strain for control of chestnut insect pests. Korean J. Appl. Entomol. 40: 69-76.
- Clausen, C.P. 1977. Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds-alfalfa weevil. US Dep. Agric. Handbook No. 480, pp. 266-271.
- 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.
- Glazer, I. 1992. Invasion rate as a measure of infectivity of steinernematid and heterorhabditid nematodes to insects. J. Inverte. Pathol. 59: 90-94.
- Hoff, K.M., M.J. Brewer and S.L. Blodgett. 2002. Alfalfa weevil (Coleoptera: Curculionidae) larval sampling comparison of shake-bucket and sweep-net methods and effect of training. J. Econ. Entomol. 95: 748-753.
- Jaworska, M. and K. Wiczech. 1988. susceptibility of the clover root weevil, *Sitona hispidulus* F. (Col., Curculionidae) to *Steinernema feltiae*, *St. bibionis*, and *Heterorhabditis bacteriophora*. J. Appl. Entomol. 106: 372-376.
- Kaya, H.K. and S.P. Stock. 1997. Techniques in insect pathology, p. 281-324. In: L.A. Lacey (ed.). Manual of techniques in insect pathology. Academic Press, San Diego.
- Kim, Y.G., K.P. Hong, W.K. Joung, Y.J. Choi, G.W. Song and J.H. Kang. 2001. Rice cropping methods for natural reestablishment of Chinese milk vetch. Korean J. Crop Sci. 46: 473-477.
- Loya, L.J. and A.A. Hower, Jr. 2003. Infectivity and reproductive potential of the Oswego strain of *Heterorhabditis bacteriophora* associated with life stages of the clover root curculio, *Sitona hispidulus*. J. Invert. Pathol. 83: 63-72.
- Morimoto, K. 1987. Establishment of the alfalfa weevil in Japan. Honeybee Sci. 5: 257-259 (in Japanese).
- Poinar, G.O., Jr. 1979. Nematodes for biological control of insects. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Shapiro-Ilan, D.I. 2001. virulence of entomopathogenic nematodes to pecan weevil adults (Coleoptera: Curculionidae). J. Entomol. Sci. 36: 325-328.
- Shapiro-Ilan, D.I., R.F. Mizell, III and J.F. Campbell. 2002. Susceptibility of the plum curculio, *Conotrachelus nenuphar*, to entomopathogenic nematodes. J. Nematol. 34: 246-249.
- Shapiro-Ilan, D.I., R. Stuart and C.W. McCoy. 2003. Comparison of beneficial traits among strains of the entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*, for control of *Curculio caryae* (Coleoptera: Curculionidae). Biol. Control. 28: 129-136.
- Thomson, W.T. 1992. A worldwide guide to beneficial animals used for pest control purposes. Thomason publications, Fresno, USA. 92 pp.
- Titus, E.G. 1910. The alfalfa weevil. Utah Agric. Exp. Stn. Bull. No. 110.

(Received for publication January 9 2007;
accepted March 7 2007)