韓應昆誌 41(3): 217~223 (2002)
Korean J. Appl. Entomol.

주둥무늬차색풍뎅이(*Adoretus tenuimaculatus*)에 의한 퍼레니얼라이그라스(*Lolium perenne*) 피해와 한국산 곤충병원성 선충을 이용한 생물적 방제

이동운[1] · 추호렬[1,2]* · 신옥진[3] · 윤재수[4] · 김영섭[4]

[1]경상대학교 농업생명과학연구원, [2]경상대학교 응용생명과학부
[3]진주컨트리클럽, [4]상주대학교 잠사곤충자원학과

Damage of Perennial Ryegrass, *Lolium perenne* by Chestnut Brown Chafer, *Adoretus tenuimaculatus* (Coleoptera: Scarabaeidae) and Biological Control with Korean Isolate of Entomopathogenic Nematodes

Dong Woon Lee[1], Ho Yul Choo[1,2]*, Ok Jin Shin[3]**, Jae Su Yun[4] and Young Sub Kim[4]

[1]Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Republic of Korea
[2]Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Republic of Korea
[3]Jinju Country Club, Jinsung-Myun, Jinju 660-850, Republic of Korea
[4]Department of Sericulture and Entomology Resources, Sangju National University, Sangju 742-711, Republic of Korea
**Current address: Asiad Country Club, Ilgwang-Myun, Gijang-Gun, Busan 619-913, Republic of Korea

ABSTRACT : The chestnut brown chafer, *Adoretus tenuimaculatus* Waterhouse, is serious insect pests in golf courses. Adults feed on the leaves of latifoliate trees but larvae feed on roots of turfgrases such as bentgrass, *Agrostis* spp.. Damage of *A. tenuimaculatus* larvae was observed at the Jinju golf club which showed damage symptom on perennial ryegrass, *Lolium perenne* in tees and fairways in July, 2000. Damaged turf by *A. tenuimaculatus* larvae became yellowish and wilted. Symptom of larval damage of *A. tenuimaculatus* was similar to summer depression in warm season turfgrasses but not recovered by irrigation when Korean isolates of entomopathogenic nematodes were evaluated for the control of *A. tenuimaculatus* larvae in laboratory and field as a possible biological control agent. The nematodes used were *Heterorhabditis bacteriophora* Jeju strain, *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain, *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain, *S. glaseri* Dongrea strain, and *S. longicaudum* Nonsan strain. In the laboratory test *H. bacteriophora* Jeju strain and *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain were highly effective for 3rd instars with 95% mortality. In the field test reduction rates of *A. tenuimaculatus* larvae were higher by ranging from 28 to 57% by *H. bacteriophora* Jeju strain, *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan strain, and *S. carpocapsae* Pocheon strain compared to 7% by natural cause.

KEY WORDS : *Adoretus tenuimaculatus*, Ryegrass, Entomopathogenic nematode, Biological control, *Heterorhabditis*, *Steinernema*

초 록 : 주둥무늬차색풍뎅이는 성충이 각종 활엽수의 잎을 가해하여 피해를 주는 해충이지만 유충에 의한 피해도 벤트그라스에서 기록되어 있다. 그러나 진주골프장의 퍼레니얼라이그라스에서 7월에 잔디가 황화 현상을 보이면서 시들음 증상이 나타나 조사한 결과, 주둥무늬차색풍뎅이 유충에 의한 피해로 확인되었다. 피해는 한지형 잔디의 하고현상과 비슷하나 관수 후에도 잔디의 활력이 회복되지 않고, 부분적으로 고사가 일어나는 차이를 보였다. 한편, 주둥무늬차색풍뎅이 유충의 환경친화적 방제를 위하여 한국산 곤충병원성 선충의 효과를 실험실과 골프장에서 수행하였

*Corresponding author. E-mail: hychoo@nongae.gsnu.ac.kr

다. 실험실내에서 주둥무늬차색풍뎅이 3령충은 *Heterorhabditis bacteriophora* 제주 strain과 *Heterorhabditis* sp. 경산 strain, *Steinernema carpocapsae* 포천 strain, *S. glaseri* 동래 strain, *S. longicaudum* 논산 strain 중 *H. bacteriophora* 제주 strain과 *Heterorhabditis* sp. 경산 strain에 의한 치사율이 95%로 가장 높았다. 골프장 fairway에서의 야외실험에서는 *H. bacteriophora* 제주 strain과 *Heterorhabditis* sp. 경산 strain, *S. carpocapsae* 포천 strain에 의한 유충 감소율이 28-57%로 다양하였다.

검색어 : 주둥무늬차색풍뎅이, 퍼레니얼라이그라스, 곤충병원성선충, 생물적 방제, *Heterorhabditis*, *Steinernema*

주둥무늬차색풍뎅이(*Adoretus tenuimaculatus*)는 기주 식물이 48과 193종이나 되는 광식성 해충으로(Lee *et al.*, 1997a; Lee *et al.*, 1998) 성충은 사과나무(*Malus pumila*)나 배나무(*Pyrus sarotina*), 밀감(*Citrus unshiu*)과 같은 유실수와 단풍나무류(*Acer* spp.), 가시나무류(*Quercus* spp.)와 같은 조경수는 물론 산지의 각종 활엽수의 잎을 엽맥만 남기고 갉아먹는 피해를 주고 있다(Lee *et al.*, 1997a; Choo *et al.*, 1999). 뿐만 아니라 옥수수나 목화와 같은 농작물에도 피해를 입히고 있다. 유충은 잔디의 뿌리를 가해하는데, 특히 벤트그라스(*Agrostis* spp.)에서는 뿌리의 피해로 인하여 잔디가 고사되는 피해가 일어나기도 한다(Hatsukade *et al.*, 1978). 따라서 골프장에서는 조경수와 잔디 모두에 피해를 주기 때문에 주요한 해충이 되고 있다. 그러나 주둥무늬차색풍뎅이는 성충으로 월동(Lee, D.W., personal communication)하기 때문에 유충으로 월동하는 등얼룩풍뎅이(Choo *et al.*, 2002)에 비하여 유충에 의한 잔디 피해가 심각하지 않아 대부분의 골프장에서는 4월 하순이나 5월 초순부터 발생하는 성충에 의한 조경수의 피해를 방지하는데 역점을 두고 있다. 한편 야간에 산란을 위하여 토양 내로 잠입하는 성충은 잠입공 주변에 토양을 내어놓아 그린과 같이 정교한 관리가 필요한 곳에서는 골프공의 흐름을 방해하는 피해도 유발시키고 있다(Choo *et al.*, 1999). 그리고 주둥무늬차색풍뎅이의 유충시기는 일반적으로 6월에서 9월인데(Hatsukade *et al.*, 1978), 이 시기는 우리나라 골프장의 러프나 페어웨이 지역에 주로 식재되어 있는 한국잔디(*Zoysia* spp.)의 활력이 좋은 시기이기 때문에 피해가 있다 하더라도 잘 목격되지 않는다. 또한 한지형 잔디와는 달리 한국잔디는 완전 포복경으로 지하경이 왕성하게 뻗어 나가기 때문에 포복경을 형성하지 않는 한지형 잔디(Kim, 1991)에 비하여 여름철 피해가 적은 편이다. 그러나 최근 골프 코스 전체를 한지형 잔디로 식재하는 골프장들이 늘어나면서 한국잔디와는 달리 7월경에 잔디의 활력이 저하되고 고사하는 피해가 발생하여 그 원인을 조사한 결과 주둥무늬차색풍뎅이에 의한 피해로 확인되었다.

한편 곤충병원성 선충은 기주에 패혈증을 유발시켜 48시간 이내에 기주를 치사시킬 수 있는 생물적 방제 인자로 토양 서식 해충에 특히 효과가 있다(Kaya and Gaugler, 1993). 때문에 곤충병원성 선충은 잔디를 가해하는 굼벵이류의 방제에 다양하게 활용되고 있다. 그러나 곤충병원성 선충의 종류나 굼벵이의 종류, 골프장의 관리 방법, 살포 방법이나 시기 등에 따라 효과에서 차이를 보이고 있다(Forschler and Gardner, 1991; Smits *et al.*, 1994; Townsend *et al.*, 1994; Lee *et al.*, 1997b; Converse and Grewal, 1998; Choo *et al.*, 2002). 따라서 본 연구에서는 주둥무늬차색풍뎅이에 의한 라이그라스의 피해에 대한 정보를 제공하고, 곤충병원성 선충을 이용한 생물적 방제 가능성을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

골프장의 피해 조사

진주 골프장에서 주둥무늬차색풍뎅이 유충에 의한 잔디의 피해 유무조사를 2000년 7월 24일 수행하였다. 진주골프장은 18홀 규모로 1996년에 개장한 골프장으로서 낮은 야산(해발 약 100 m)에 건설되었으며, 코스 주변에 소나무와 오리나무 등이 우점하고 있었다. 코스내 조경수는 주로 소나무로 조성되어 있었다. 초종은 tee, fairway와 rough에서는 한지형 잔디인 퍼레니얼라이그라스(*Lolium perenne*)였고, 그린은 크리핑벤트그라스(*Agrostis palustris*)였다. 잔디가 갈변하여 활력이 없고 생육 상태가 좋지 못한 곳을 삽으로 떠낸 뒤 뿌리부분의 피해와 서식하는 굼벵이의 종류를 전 코스에서 알아보았다. 특히 5번 홀 lady tee에서는

tee 끝 부분의 잔디가 고사되었으나 일부는 건강하여 각각 1 m×30 cm 크기의 잔디를 삽으로 3지점에서 떠내어 Choo *et al.* (1998)의 방법에 따라 굼벵이의 종류를 동정하였고, 그 밀도를 비교하였다.

곤충병원성 선충의 효과 검정

곤충병원성 선충의 주둥무늬차색풍뎅이 유충에 대한 병원성 검정은 Converse와 Grewal (1998)의 방법을 활용하여 수행하였다. 동래 골프장에서 채취한 토양을 4 mm체로 친 다음 120°C 1.5 kgf/cm^{2}에서 살균하여 건조시켰다. 건조시킨 토양을 살균수를 이용하여 수분을 20% (w/v)로 맞춘 다음 직경 4.5 cm, 높이 7.5 cm의 cap vial에 2.5 cm 높이로 채웠다. 굼벵이는 진주골프장에서 채집하여 5일간 순화시킨 것을 이용하였는데 건강한 개체만 실험에 이용하였다. 순화는 직경 6.5 cm, 높이 7.5 cm의 플라스틱 컵에 골프장에서 채취한 토양을 6 cm 높이로 채운 뒤 10마리씩 넣어 실온에 보관하였다. 그리고 cap vial에 주둥무늬차색풍뎅이 3령충을 1마리씩 넣고는 1일간 실내에 두면서 토양 내에 들어가도록 유도하였고, 여기에 10°C 냉장고에 보관 중이던 곤충병원성 선충을 150 감염태 유충(Infected juveniles: Ijs)/0.5 ml 농도로 고루 접종하였다. 실험에 이용한 곤충병원성 선충은 *Heterorhabditis bacteriophora* 제주 strain과 *Heterorhabditis* sp. 경산 strain, *Steinernema carpocapsae* 포천 strain, *S. glaseri* 동래 strain, *S. longicaudum* 논산 strain이었다. 곤충병원성 선충을 접종한 vial은 뚜껑을 느슨하게 잠근 다음 25°C 항온기에 보관하였다. 처리 9일 후 선충에 의한 치사 유무를 해부현미경하에서 확인하였다. 실험은 각 처리별로 5마리의 굼벵이를 한 반복으로 하여 4반복으로 수행하였다. 대조구는 살균수만 0.5 ml 처리하였다.

야외실험

주둥무늬차색풍뎅이 유충에 대한 곤충병원성 선충의 야외실험은 진주골프장의 11번 홀 green 앞쪽의 fairway에서 수행하였다. 실험지의 토양 성분은 점토 27.5%, 모래 4.3%, 유기물 1.35%, pH 7.4였으며 토양 경도는 26.4 (19.5-31.5) kg/cm^2 (Takemura electric works Ltd.. Japan)였다. 식재된 잔디의 초종은 라이그라스였으며 잔디의 깎은 높이는 13 mm였다. 처리 당일의 평균온도는 25.6°C (최고온도: 31.1°C, 최저온도: 19.9°C)였으며, 실험은 오전 10-12시 사이에 수행하였다. 실험구의 크기는 1×1 m였으며 난괴법 3반복으로 배치하였다. 시험구와 시험구의 간격은 30 cm였으며 선충을 처리하기 전 각 구에서 20×20×15 cm크기의 잔디를 삽으로 떠내어 주둥무늬차색풍뎅이 유충의 사전 밀도를 조사하였다. 유충의 사전 밀도는 3개 지점의 subsample을 채취하여 조사하였다. 무처리구 주둥무늬차색풍뎅이 3령 유충의 밀도는 105±45마리/m^{2}였으며 *H. bacteriophora* 제주 strain 처리구는 145±57.5마리/m^2, *Heterorhabditis* sp. 경산 strain 처리구는 72.5±47.5마리/m^2, *Steinernema carpocapsae* 포천 strain 처리구는 127.5±70.0마리/m^{2}였다. 실험에 이용한 곤충병원성 선충은 실내실험에서 병원성이 높았던 *H. bacteriophora* 제주 strain과 *Heterorhabditis* sp. 경산 strain, *Steinernema carpocapsae* 포천 strain을 이용하였는데, 각각 247,000 Ijs/m^2 (2.47×10^9 Ijs/ha) 농도의 61씩을 물조리로 고루 처리하였다. 무처리구는 물만 61 살포하였다. 처리 후 모든 구에 다시 물을 추가로 61 살포하였다. 실험 후 처리구의 관리는 골프장의 다른 부분과 동일하게 하였다. 처리 24일 후 20×20×15 cm크기의 sample을 사전 밀도 조사 지점과 다른 3개 지점에서 취하여 주둥무늬차색풍뎅이 유충의 밀도 감소로 효과를 비교하였다.

통계처리

주둥무늬차색풍뎅이 유충에 대한 곤충병원성 선충의 효과 분석은 실내 실험 결과는 Tukey test로 분산분석 하였으며, field 실험 결과는 arcsin 변환시켜 Tukey test로 분산분석 하였다(PROC GLM) (Cho, 1996). 모든 분석은 $P>0.05$ 범위 내에서 하였으며, 결과는 arcsin 변환전의 평균±표준편차(SD) 값으로 나타내었다.

결과 및 고찰

진주골프장에서 잔디 생육이 부진한 곳을 대상으로 굼벵이류에 의한 피해 유무를 조사한 결과 조사한 모든 지역에서 굼벵이가 발견되었는데 동정 결과 주둥무늬차색풍뎅이 유충에 의한 피해로 확인되었다. 특히 5번 lady tee에서는 tee 모서리 부분 폭 1 m 정도의 잔디가 황화 되면서 고사되었는데, 이 지역에서는 주둥무늬차색풍뎅이의 밀도가 624.3±97.9마리/m^{2}로 건전

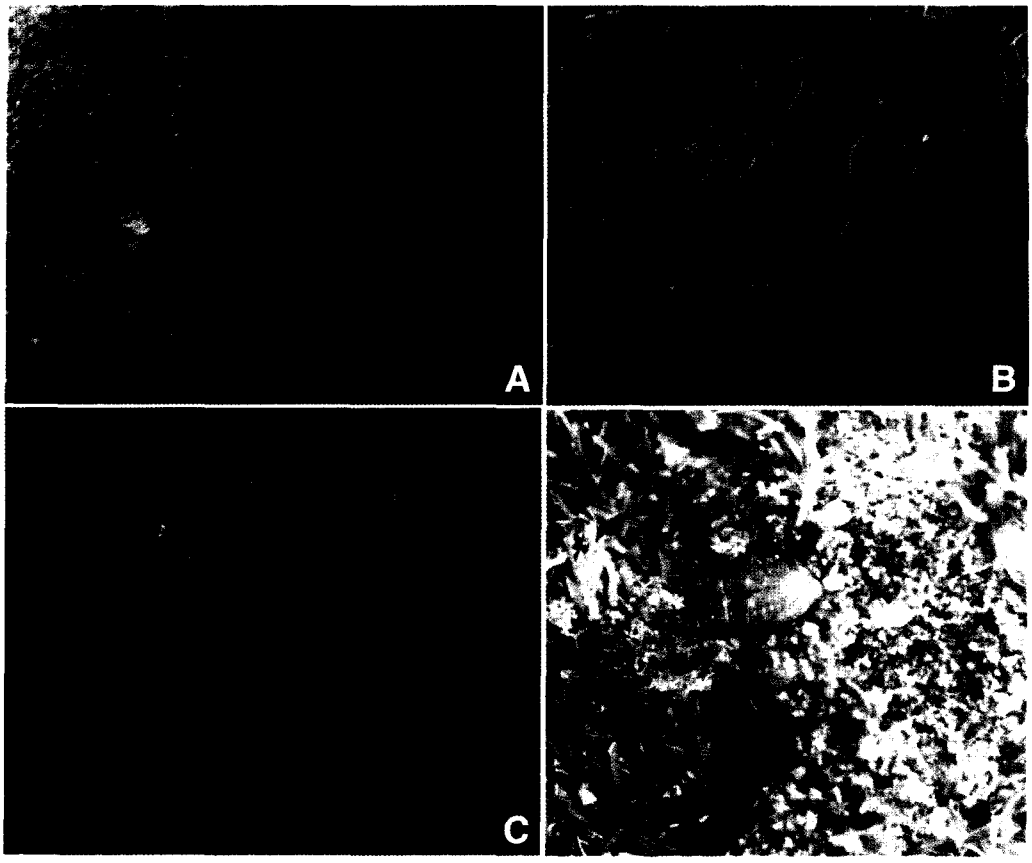

Fig. 1. *Adoretus tenuimaculatus* adult and damage of perennial ryegrass, *Lolium perenne*. A, Damage of perennial ryegrass by larvae of *A. tenuimaculatus*; B, Yellowing and dead perennial ryegrass by larvae of *A. tenuimaculatus*; C, Larvae of *A. tenuimaculatus* in soil; D, Adult of *A. tenuimaculatus* in soil for egg laying.

하게 보이는 부분의 25.9±23.1마리/m^2에 비하여 25배 이상 높은 밀도를 보였다(Fig. 1a, b, c). 이 지역이 다른 지역에 비하여 굼벵이의 밀도가 높은 이유에 대해서는 추후 더 많은 검토가 있어야 할 것으로 생각되나 일반적으로 풍뎅이들은 모래 함량이 많아 배수가 용이하면서도 수분이 충분한 곳을 산란지로 선호하는 경향이 있기 때문에 fairway나 rough 지역의 낮은 밀도에 비하여 상대적으로 매우 높은 밀도를 나타낸 것으로 보인다.

주둥무늬차색풍뎅이 유충에 의한 잔디의 피해는 실제 골프장에서 간과되고 있다. Hatsukade *et al.* (1978)도 직경 9cm 크기의 유리 용기에 벤트그라스를 이식하고 주둥무늬차색풍뎅이 유충을 3-4마리씩 접종하였을 때, 잔디 뿌리부분이 피해를 받아 고사되는 현상을 관찰하면서 광대한 면적의 골프장에서는 피해 실태를 알기가 어렵다고 하였는데, 본 조사 결과 실제로 피해를 주고 있음이 확인되었다.

한편 green의 벤트그라스에서 굼벵이에 의한 피해가 가시적으로 나타나지 않았던 것은 green의 경우 상대적으로 집약적 관리가 이루어지고 있으며, 골퍼들에 의하여 교란을 받고 있기 때문에 성충의 산란지 선호성과도 관련이 있을 것으로 생각된다. 주둥무늬차색풍뎅이 성충은 주간에는 기주 식물에서 식엽 활동을 하다가 오후 8시경부터 산란을 위하여 토양 내로 잠입을 하는데, 산란지 선호성은 한국잔디가 벤트그라스보다 높다(Lee *et al.*, 1999). 그러나 라이그라스를 이용한 실험이 수행되지 않아 벤트그라스와의 산란지 선호성을 직접 비교하기는 어렵지만 벤트그라스는 밀도가 높아 라이그라스보다는 성충이 산란을 위하여 잠입하기에는 상대적으로 부적합하였을 것으로 생각된다. 실제 green에서 성충은 직접 토양 속으로 잠입하기도 하지만 통기 작업시 뚫어 놓은 구멍(Fig. 1d)이나 거세미나방 유충의 이동로 등으로 잠입하는 것이 빈번하게 관찰된다(Lee, D.W. personal communica-

tion). 따라서 밀도가 높은 잔디에서의 잠입 행동은 밀도가 낮은 잔디에 비하여 다소 제약을 받았을 것으로 생각된다. 주둥무늬차색풍뎅이 유충에 의한 라이그라스의 피해 초기에는 하고현상과 매우 유사하여 오인하기 쉬우나 하고현상은 관수 후 잔디의 활력이 회복되는데 비하여 주둥무늬차색풍뎅이 유충에 의한 피해는 관수 후에도 회복되지 않고 잔디의 활력이 계속 떨어져 점차 황화되는 현상을 보인다. 따라서 관수 후에도 이와 같은 잔디의 피해가 나타나면 주둥무늬차색풍뎅이 유충에 의한 피해로 의심해 볼 만 하다. 뿐만 아니라 주둥무늬차색풍뎅이 유충이 하고현상을 더욱 높일 가능성도 배제할 수 없다. 그리고 최근에 우리나라에서는 골프장이나 경기장의 잔디 수요가 증가하면서 겨울철의 미적인 푸르름을 유지하기 위하여 한지형 잔디를 식재하는 경향이 있으며, 제주도의 골프장 대부분은 라이그라스를 식재하고 있기 때문에 이와 같은 지역에서는 우리나라 전역에 분포하고 있는 주둥무늬차색풍뎅이의 피해 가능성을 고려하여야 할 것이다.

곤충병원성 선충은 실내 실험에서 주둥무늬차색풍뎅이 3령충에 대하여 다양한 효과를 나타내었다(Fig. 2). *Heterorhabditis*속 선충이 *Steinernema*속 선충에 비하여 높은 치사율을 나타내었는데 *H. bacteriophora* 제주 strain과 *Heterorhabditis* sp. 경산 strain에 의한 치사율이 95%로 가장 높았다($F = 21.6$, $df = 5, 18$, $P = 0.0001$). 실내실험에서 병원성이 뛰어났던 *Heterorhabditis*속 두 선충과 *Steinernema*속에서 효과가 좋았던 *S. carpocapsae* 포천 strain을 이용한 fairway에서의 실험 결과도 실내 실험과 유사한 경향이었다($F = 16.7$, $df = 3, 8$, $P = 0.0008$) (Fig. 3). 그러나 실내실험의 결과와는 달리 유충 감소율은 *Heterorhabditis* sp. 경산 strain에 의한 것이 56.3%, *H. bacteriophora* 제주 strain에 의한 것이 40.8%로 무처리구의 6.8%보다 높았으나 실내실험에 비하여 병원성은 낮게 나타났다.

곤충병원성 선충은 종이나 계통에 따라 굼벵이에 대한 병원성에서 차이가 있다. *Cotinis nitida* 굼벵이의 치사율은 *S. feltiae*에 비하여 *S. carpocapsae*나 *S. glaseri*, *H. bacteriophora*가 높았다(Townsend *et al.*, 1994), Smith *et al.* (1994)도 *Phyllopertha horticola*에 대한 곤충병원성 선충의 효과가 종과 계통에 따라 다르다고 하였다. 또한 굼벵이의 종류에 따라서도 곤충병원성 선충은 병원성을 달리 나타내고 있다(Alm *et al.*, 1992). 본 실험에 이용한 선충들 중 *Heterorhabditis* sp. 경산 strain은 등얼룩풍뎅이 2령충에 대하여 병원성이 높은 선충(Lee *et al.*, 2002)이며, *H. bacteriophora* 함양 strain은 등얼룩풍뎅이와 주황긴다리풍뎅이에 대하여 높은 병원성을 나타내는 선충이다(Choo *et al.*, 2002). *S. glaseri* 동래 strain은 등얼룩풍뎅이 유충에서 분리된 것임에도 불구하고(Stock *et al.*, 1997), 등얼룩풍뎅이 유충에 대한 병원성은 *Heterorhabditis* sp. 경산 strain에 비하여 떨어진다(Lee *et al.*, 2002). *S. longicaudum* 논산 strain은 등얼룩풍뎅이 유충에 대한 병원성이 *S.*

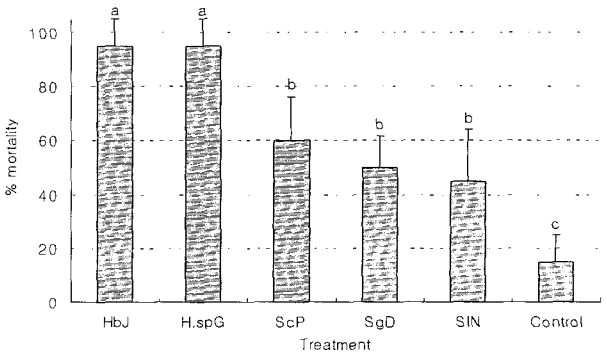

Fig. 2. Efficacy of Korean isolated entomopathogenic nematodes against third instar of *Adoretus tenuimaculatus* larvae in laboratory. The same lowercase letter over the bars indicate that there is no significance difference among mean ($P > 0.05$). Nematode species are abbreviated as follows: HbJ, *Heterorhabditis bacteriophora* Jeju; H.spG, *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan; ScP, *Steinernema carpocapsae* Pocheon; SgD, *S. glaseri* Dongrae; and SlN, *S. longicaudum* Nonsan. Strain designation follows nematode species name. Each treatment was replicated 4 times with 5 cap vials/ replicate (20 cap vials/ treatment).

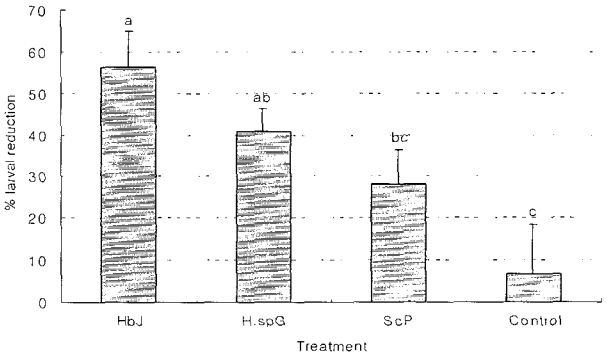

Fig. 3. Effect of Korean isolated entomopathogenic nematodes against third instar of *Adoretus tenuimaculatus* larvae in the field. The same lowercase letter over the bars indicate that there is no significance difference among mean ($P > 0.05$). Nematode species are abbreviated as follows: HbJ, *Heterorhabditis bacteriophora* Jeju; H.spG, *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan; and ScP, *Steinernema carpocapsae* Pocheon. Strain designation follows nematode species name. The pre-treatment *A. tenuimaculatus* counts for the control were 105 ± 45 grubs/m^2.

glaseri 동래 strain과 유사하다(Lee *et al.*, 2002). 한편, Lee *et al.* (2002)의 등얼룩풍뎅이 3령충에 대한 곤충병원성 선충의 실내 병원성 검정에서 가장 높은 효과를 보인 것이 *Heterorhabditis* sp. 경산 strain의 처리 4주 후 40% 내외였으나 본 실험에서는 95%의 치사율을 보여(Fig. 2) 주둥무늬차색풍뎅이 유충이 등얼룩풍뎅이 유충보다는 선충에 대하여 더 감수적이었다. 그러나 야외에서의 실험 결과는 비슷하였다. 실내실험에서 등얼룩풍뎅이 유충에 비하여 2배 이상의 감수성을 보인 주둥무늬차색풍뎅이 유충이 야외 실험에서는 비슷한 감수성을 보였던 것은 처리 시기나 시간 및 실험을 수행하였던 골프장의 토양 조건 등에 기인한 것으로 생각된다. 등얼룩풍뎅이 유충의 실험 때에는 4월의 오후 4시에서 5시 사이에 선충을 처리한 반면, 본 실험 때에는 8월의 오전 10시에서 12시 사이에 처리하였는데 선충이 직사광선에 많이 노출되었을 것으로 생각된다. 실제로 곤충병원성 선충은 자외선과 건조에 약한 편이다(Gaugler and Boush, 1978; Womersley, 1990). 그리고 토성과 식물의 뿌리도 선충의 기주침입에 영향을 미친다(Choo and Kaya, 1991). 등얼룩풍뎅이 유충의 야외 실험을 행한 동래골프장의 토성은 모래가 82.6%, 점토가 3%인데 비하여 본 실험지의 토성은 점토가 27.5%, 모래가 4.3%로 차이가 있었다. 또한 등얼룩풍뎅이는 한국잔디에서 행하였고, 본 실험에서는 라이그라스에서 행하여 뿌리의 밀도에서 차이가 있었다. Lössbroek and Theunissen (1985)도 양토에 비하여 사토에서 곤충병원성 선충의 효과가 높다고 하였으며, Molyneux and Bedding (1984)도 모래의 함량이 많을수록 *S. glaseri*의 기생율이 높아진다고 하였다. 따라서 토양 중 모래의 비율차이가 본 실험의 결과에 영향을 끼쳤을 것으로 생각된다. 그리고, Fischer and Führer (1990)는 토양 산도가 곤충병원성 선충의 감염력에 영향을 미친다고 하였으나 본 실험지의 pH는 7.4로 Lee *et al.* (2002)이 행하였던 실험지의 7.2와 비슷하여 토양 산도는 영향을 미치지 않았을 것으로 생각된다. 그리고, 일반적으로 굼벵이는 3령충 때에 섭식 활동이 활발하여 피해를 많이 주기 때문에(Tashiro, 1987) 본 실험에서 3령충을 대상으로 실험을 수행하였는데 이러한 굼벵이의 령기는 곤충병원성 선충의 효과에 영향을 준다. 등얼룩풍뎅이는 3령충에 비하여 2령충이 감수적이다(Lee *et al.*, 2002). 따라서 주둥무늬차색풍뎅이도 야외에서 방제시기를 보다 더 어린 유충기에 수행해 볼 만하다. 한편 골프장에서 발생하고 있는 풍뎅이 유충의 방제를 위하여 여러 가지 방법이 이용되고 있다. 즉, 농약과 혼용(Koppenhöfer and Kaya, 1998; Koppenhöfer *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2002)하거나 다른 병원미생물과 혼용(Koppenhöfer and Kaya, 1997; Koppenhöfer *et al.*, 1999; Choo *et al.*, 2002)하기도 하며 관수나 통기작업 등과 같은 골프장 잔디 관리 작업을 병행(Choo *et al.*, unpublished observation)하여 곤충병원성 선충의 효과를 증진시키고 있다. 따라서 주둥무늬차색풍뎅이 유충의 방제를 위해서 본 실험에 이용한 곤충병원성 선충 자체의 이용뿐만 아니라 이와 같은 방법들의 적용을 검토해 볼 가치가 있다고 생각된다.

사 사

이 논문은 2000년도 두뇌한국21 사업에 의하여 지원되었다. 굼벵이 채집과 야외실험 수행에 도움을 준 정혜진, 이승욱, 윤희숙, 정옥련 등과 진주골프장 관계자들에게 감사 드린다.

Literature Cited

Alm, S.R., T. Yeh, J.L. Hanula and 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: 1660~1665.

Cho, I.H. 1996. Practice and application of SAS. 665 pp. Sungandang Pub. Co. Seoul.

Choo, H.Y. and H.K. Kaya. 1991. Influence of soil texture and presence of roots on host finding by *Heterorhabditis bacteriophora*. J. Invertebr. Pathol. 58: 279~280.

Choo, H.Y., H.K. Kaya, J. Huh, D.W. Lee, H.H. Kim, S.M. Lee and Y.M. Choo. 2002. 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.

Choo, H.Y., D.W. Lee, J.W. Park and J.W. Lee. 1999. Comparison of four major scarab beetles, *Ectinohoplia rufipes, Adoretus tenuimaculatus*, *Exomala orientalis* and *Popillia quadriguttata* in golf courses. Kor. Turfgrass Sci. 13: 101~112.

Choo, H.Y., D.W. Lee, S.M. Lee, T.W. Kweon, Y.T. Sung and P.Y. Cho. 1998. White grubs in turfgrasses of golf courses and their seasonal density. Kor. Turfgrass Sci. 12: 225~236.

Choo, H.Y., H.H. Kim, D.W. Lee, S.M. Lee, S.H. Park, Y.M. Choo and J.G. Kim. 2001. Practical utilization of entomopathogenic nematodes, *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain and *Heterorhabditis bacteriophora* Hamyang strain for control of chestnut insect pests. Korean J. Appl. Entomol. 40: 69~79.

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.
Fischer, P. and E. Führer. 1990. Effect of soil acidity on the entomophilic nematode *Steinernema kraussei* Steiner. Biology and Fertility of Soils 9: 174~177.
Forschler, B.T. and W.A. Gardner. 1991. Concentration-mortality response of *Phyllophaga hirticula* (Coleoptera: Scarabaeidae) to three entomogenous nematodes. J. Econ. Entomol. 84: 841~843.
Gaugler, R. and G.M. Boush. 1978. Effects of ultraviolet radiation and sunlight on the entomogenous nematode, *Neoaplectana carpocapsae*. J. Invertebr. Pathol. 32: 291~296.
Hatsukade, M., Y. Kono and M. Yoshida. 1978. Studies on may beetles injurious to the turfgrass IX. Damage and seasonal prevalence of the chestnut brown chafer, *Adoretus tenuimaculatus* Waterhouse. Turfgrass Research 7: 55~61.
Kaya, H.K. and R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic nematodes. Annu. Rev. Entomol. 38: 181~206.
Kim, H.K. 1991. Turfgrass science. 545 pp. Sunjinmunhwasa, Seoul.
Koppenhöfer, A.M. and H.K. Kaya. 1997. Additive and synergistic interaction between entomopathogenic nematodes and *Bacillus thuringiensis* for scarb grub control. Biol. Contr. 8: 131~137.
Koppenhöfer, A.M. and H.K. Kaya. 1998. Synergism of imidacloprid and an entomopathogenic nematode: a novel approach to white grub (Coleoptera: Scarabaeidae) control in turfgrass. J. Econ. Entomol. 91: 618~623.
Koppenhöfer, A.M., H.Y. Choo, H.K. Kaya, D.W. Lee and W.D. Gelernter. 1999. Increase field and greenhouse efficacy against scarab grubs with a combination of an entomopathogenic nematode and *Bacillus thuringiensis*. Biol. Contr. 14: 37~44.
Koppenhöfer, A.M., R.S. Cowles, E.A. Cowles, E.M. Fuzy and L. Baumgartner. 2002. Comparison of neonicotinoid insecticide as synergists for entomopathogenic nematodes. Biol. Contr. (In press).
Lee, D.W., H.Y. Choo, H.K. Kaya, S.M. Lee, D.R. Smitly, H.K. Shin and C.G. Park. 2002. Laboratory and field evaluation of Korean entomopathogenic nematode isolates against the oriental beetle, *Exomala orientalis*. J. Econ. Entomol. (In press).
Lee, D.W., H.Y. Choo, J.M. Chung, S.M. Lee, J. Huh and Y.T. Sung. 1998. Vegetation of golf courses and local difference of feeding host plant to *Adoretus tenuimaculatus* Waterhouse (Coleoptera: Scarabaeidae). Kor. Turfgrass Sci. 12: 1~16.
Lee, D.W., H.Y. Choo, J.M. Chung, S.M. Lee, T.W. Lee and Y.D. Park. 1997a. Host plants and preference of brown chafer, *Adoretus tenuimaculatus* Waterhouse (Coleoptera: Scarabaeidae). Korean J. Appl. Entomol. 36: 156~165.
Lee, D.W., H.Y. Choo, T.W. Lee, J.W. Park and T.W. Kweon. 1999. Spatial and temporal distribution of chestnut brown chafer, *Adoretus tenuimaculatus* (Coleoptera: Scarabaeidae) in golf courses. Kor. Turfgrass Sci. 13: 113~124.
Lee, S.M., D.W. Lee, H.Y. Choo, D.W. Kim and J.B. Kim. 1997b. Pathogenicity of entomopathogenic nematodes to some agroforest insect pests. Korean J. Soil Zoology. 2: 76~82.
Lössbroek, T.G. and J. Theunissen. 1985. The entomogenous nematode *Neoaplectana bibionis* as a biological control agent of *Agrotis segetum* in lettuce. Entomolo. exp. appl. 39: 261~264.
Molyneux, A.S. and R.A. Bedding. 1984. Influence of soil texture and moisture on the infectivity of *Heterorhabditis* sp. D1 and *Steinernema glaseri* for larvae of the sheep blowfly, *Lucilia cuprina*. Nematologica 30: 358~365.
Smits, P.H., G.L. Wiegers and H.J. Vlug. 1994. Selection of the parasitic nematodes for biological control of the garden chafer, *Phyllopertha horticola*. Entomol. exp. app. 70: 77~82.
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.
Tashiro, H. 1987. Turfgrass insects of the United States and Canada. 391 pp. Cornell University Press, Ithaca.
Townsend, M.L., D.C. Steinkraus and D.T. Johnson. 1994. Mortality response of green June beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) to four species of entomopathogenic nematodes. J. Entomol. Sci. 29: 268~275.
Womersley, C.Z. 1990. Dehydration survival and anhydrobiotic potential. pp. 117~137. *In* Entomopathogenic nematodes in biological control, eds. by R. Gaugler and H.K. Kaya. 365 pp. CRC Press, Boca Raton.

(Received for publication 15 July 2002;
accepted 29 July 2002)