

골프장에서 잔디의 예고와 통기작업이 곤충병원성선충의 굼벵이 방제효과에 미치는 영향

이동운¹ · 최우근² · 이상명³ · 추호렬^{4*} · 권태웅⁵

¹상주대학교 생물응용학과, ²서원밸리골프장, ³국립산림과학원 남부산림연구소, ⁴경상대학교 응용생물환경학과, 농업생명과학연구원, ⁵동래베네스트골프장

Effect of Turfgrass Height and Aeration on Pathogenicity of Entomopathogenic Nematodes to White Grubs in Golf Courses

Dong Woon Lee¹, Woo Geun Choi², Sang Myeong Lee³, Ho Yul Choo^{4*} and Tae Woong Kweon⁵

¹Department of Applied Biology, Sangju National University, Sangju, Gyeongbuk, 742-711, Republic of Korea.

²Seowon Valley Golf Club, Paju, Gyeonggi, 413-852, Republic of Korea.

³Southern Forest Research Center, National Forest Science Institute, Jinju, Gyeongnam, 660-300, Republic of Korea.

⁴Department of Applied Biology and Environmental Sciences, Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam, 660-701, Republic of Korea.

⁵Dongrae Benest Golf Club, Geumjung, Busan, 609-730. Republic of Korea.

ABSTRACT : Korean entomopathogenic nematodes were introduced into cultural management of turfgrasses to enhance white grub control in golf courses for saving labour and expenses and contribution to giving safe playing and working places for golfers and superintendents by environmentally friendly control strategy. The turfgrass height influenced efficacy of entomopathogenic nematodes. Efficacy was higher at short turfgrass both in pot using *Galleria mellonella* larvae and in golf courses using 2nd instar of *Exomala orientalis* and *Ectinohoplia rufipes* as baits. Aeration increased the efficacy of entomopathogenic nematodes which were lower virulent. Pre-aeration was more effective than post-aeration. *Exomala orientalis* larval population was reduced 80.4 and 66.0% in the pre-aeration and post-aeration with entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain compared to 35.4% in the no aeration treatment.

KEY WORDS : Biological control, *Exomala orientalis*, *Ectinohoplia rufipes*, *Steinernema*, *Heterorhabditis*

초 록 : 본 연구는 골프장 잔디 해충의 종합적 관리를 위하여 잔디의 관리 과정 중에 곤충병원성 선충을 투입함으로써 굼벵이 방제의 효율을 향상시키고, 작업 공정을 축소시킴으로서 노동력과 경비를 절감시키며, 환경친화적 방제를 통해 골프장 잔디의 관리자나 이용자들에게 쾌적한 환경을 제공하기 위한 목적으로 수행하였다. 잔디의 예고는 곤충병원성선충의 병원성에 영향을 미쳤는데 꿀벌부채 명나방 유충을 이용한 pot 실험과 등얼룩풍뎠이와 주황긴다리풍뎠이를 이용한 야외실험 모두에서 잔디의 예고가 짧을수록 선충의 방제 효과가 높았다. 통기작업은 곤충병원성 선충의 종에 따라 굼벵이에 대한 병원성에 차이를 보였다. 굼벵이에 대한 병원성이 낮은 곤충병원성 선충은 통기작업과 병행하여 처리하면 병원성이 높아졌으나 병원성이 높은 선충은 큰 차이를 보이지 않았다. 통기작업의 수행시기도 곤충병원성 선충의 병원성에 영향을 미쳤는데 곤충병원성 선충의 처리 전에 잔디에 대한

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

통기작업을 하는 것이 굼벵이의 방제효과를 높였다. *Steinernema carpocapsae* 포천 계통 처리 시 등얼룩풍뎠이 유충 밀도 감소율은 선충 처리 전 통기와 선충 처리 후 통기 처리에서 각각 80.4%와 66%를 보여 무통기 처리의 35.4%에 비하여 높았다.

검색어 : 생물적 방제, 등얼룩풍뎠이, 주황긴다리풍뎠이, *Steinernema*, *Heterorhabditis*

우리나라의 골프장은 경제 성장과 소득 증대로 인하여 과 활동의 증대와 건강에 대한 관심이 증가하면서 그 수가 꾸준히 증가하고 있는 추세로서, 1983년도에 24개이던 골프장이 2003년에는 129개로 20년 동안 5.4배가 증가하였고, 내장객 수도 1983년도에는 1,152,405명이던 것이 2003년에는 11,733,670명으로 10배 이상 증가하였다(www.kgba.co.kr). 이로 인하여 골프장에서는 잔디의 품질에 대한 내장객들의 요구가 날로 까다로워지고 있다.

잔디의 품질을 결정하는 중요한 요인 중의 하나인 해충의 발생은 운영 기간이 누적될수록 증가되는 경향을 보인다. 우리나라의 골프장에는 다양한 해충들이 발생하고 있는데 6목 10과 28종의 해충이 확인되었고(Choo *et al.*, 2000), 이들 중 풍뎠이류의 유충인 굼벵이에 의한 피해가 가장 심하게 일어나고 있다(Choo *et al.*, 1998; 1999; 2000; 2002, Lee *et al.*, 2002a, b). 이들은 잔디의 뿌리를 가해하여 잔디의 활력을 저하시키거나 고사시킨다(Choo *et al.*, 1998; Potter, 1998; Lee *et al.*, 2002a; Choo *et al.*, 2002). 또한 까치와 같은 조류나 두더지와 같은 야생동물들이 토양 속에 있는 굼벵이를 잡아먹기 위해 잔디를 파헤치는 간접적인 피해도 유발시키고 있는데(Potter, 1998; Choo *et al.*, 2002), green과 같이 집약적인 관리가 필요한 곳에서는 이들이 잔디를 파 헤쳐서 경기를 할 수 없는 상태로 만들기도 한다. 이러한 다양한 해충들에 의한 잔디의 피해가 심각함에도 불구하고, 골프장에서 이들 해충을 위한 방제는 일반 농경지에 비해 매우 제한적이다. 즉, 우리나라에서는 일반 농경지에 비하여 골프장에 사용할 수 있는 등록된 농약의 수가 적고(Anonymous, 2004), 골프장의 경우 수질환경보전법이나 체육시설의 설치·이용에 관한 법률 및 농약관리법에 의하여 농약 사용에 제한적인 부분들이 많다(www.gcsak.co.kr). 이외에도 골프장을 이용하는 골퍼들이나 일반인들은 농약에 대한 반감을 가지고 있는데 이러한 것은 살충제 사용으로 인한 수질 및 토양오

염과 사람에게 대한 잠재적 위협에 대한 불안감 등에 근거한 것이다(Potter, 1994). 따라서 골프장 잔디 해충의 농약일변도에 의한 방제법의 개선과 대체 방제법의 개발에 대한 요구와 연구가 수행되고 있는데 특히 골프장에서도 종합적 방제의 개념이 시도되고 있다.

종합방제(IPM)의 개념은 1950년대 사과원을 중심으로 발전해 왔지만 골프장에서도 잔디 해충 방제를 위한 농약 일변도의 대체 방법으로 근래에 연구되고 있는 해충방제법이다. 잔디해충의 종합방제는 경종적 방제법과 생물적 방제법을 위주로 해충을 관리하는 방법으로(Mc-Carty and Elliott, 1994) 굼벵이류의 방제를 위하여 활용되는 생물적 방제인자로는 곤충병원미생물과 포식성 천적 및 기생성 천적류 등이 있다(Potter, 1998; Choo *et al.*, 2000). 이들 생물적 방제인자들 중 곤충병원성 선충은 기주범위가 넓고, 일반적인 살포도구로서 처리가 가능하기 때문에 골프장 해충 방제용으로 적합한 천적이다(Grewal and Georgis, 1998). 이외에도 곤충병원성 선충은 인축에 무해하고, 서식처가 토양이기 때문에 적응성이 높고, 토양에서 지속성도 오래가며 재생산도 가능하다. 아울러 대량생산이 가능하며 살포된 선충이 자발적으로 기주를 탐색하는 능력이 있어 타 생물적 방제인자에 비하여 토양서식 해충의 방제에 유망하다(Kaya and Gaugler, 1993).

골프장에서는 잔디의 해충방제를 위해 곤충병원성 선충을 다양하게 이용하고 있지만 잔디해충의 종합적 방제 개념으로서의 곤충병원성 선충의 이용에 관한 연구는 소수에 불과하다. 골프장은 일반 농경지와는 다른 생태환경을 가지고 있고, 잔디라는 영년생 초본류가 년 중 지속적으로 관리되고 있는 곳이다. 또한 골프장의 잔디는 생육 중에 예취와 관수, 갱신 작업등과 같은 일반적인 작물 재배와는 다른 관리방법이 이용되고 있다(Kim, 1991).

따라서 본 연구는 골프장 잔디 해충의 종합적 관리를

위하여 잔디를 관리하는 과정에 곤충병원성 선충을 투입하기 위하여 다양한 잔디예고 수준과 통기작업이 곤충병원성선충의 굼벵이의 방제효과에 미치는 영향을 구명하고, 그 결과를 실제 골프장 잔디관리에 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

곤충병원성 선충: 곤충병원성 선충은 우리나라에서 분리한 종이나 계통을 이용하였는데 풍덩이류 방제를 위하여 실험을 수행하였거나 상업적으로 이용되고 있는 것들을 선택하여 실험하였다. *Steinernema glaseri* 동래 계통과 문경 계통, *S. carpocapsae* 포천, *S. longicaudum* 공주, *S. longicaudum* 논산 계통과 *Heterorhabditis* sp. KCTC 0991BP 계통 등을 이용하였다. 각각의 곤충병원성 선충들은 Dutky et al. (1964)의 방법으로 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*) 노숙유충에서 증식시켜 White trap을 이용하여 수확하고, 10°C 냉장고에 보관하면서 수확 후 3주 이내의 것을 실험에 사용하였다(Woodring and Kaya, 1988).

꿀벌부채명나방과 굼벵이: 실험에 이용한 꿀벌부채명나방 유충은 Lee(2003)의 방법을 이용하여 인공사료를 이용하여 실험실에서 누대사육 하던 것을 이용하였으며 주황긴다리풍뎠이(*Ectinohoplia rufipes*)와 등얼룩풍뎠이(*Exomala orientalis*)는 골프장에서 채집하여 이용하였다. 골프장 잔디에서 채집한 굼벵이들은 직경 10.6 cm, 높이 6 cm의 플라스틱 통에 골프장 토양과 함께 30마리씩 나누어 실험 당일까지 보관하다 건강한 개체들만을 이용하여 실험에 사용하였다.

골프장에서 잔디깎기 작업이 곤충병원성 선충의 굼벵이 방제 효과에 미치는 영향

1) 실내실험: 발(양토)에서 재배하던 들잔디(*Zoysia japonica*)를 직경 11 cm 홀 커트를 이용하여 11 cm 깊이로 떼내어 높이 11 cm, 직경 11 cm 크기의 플라스틱 파이프에 채워 넣었다. 이를 실험실로 운반한 뒤, 각 파이프에 이식한 잔디에 포화 상태가 되게 물을 관주하였다. 잔디는 매일 물관리를 하면서 일주일간 25°C 내외의 실내에 보관하였다. 일주일 후 각 파이프 내 잔디를 가위를 이용하여 지표면으로부터 5, 14, 27, 45 mm 높이로 잘랐다. 이후 잔디의 지하부에 꿀벌부채명나방 유충을 투입하기 위하

여 파이프 속의 잔디를 들어내어 4 cm와 10 cm 깊이에 못을 이용하여 5 mm 크기의 구멍을 사방으로 10개를 낸 다음, 꿀벌부채명나방 노숙유충을 구멍 당 한 마리씩 투입하고는 모래로 구멍을 막았다. 꿀벌부채명나방 유충을 투입한 잔디코어는 파이프 속에 다시 넣고, 곤충병원성 선충 *Heterorhabditis* sp. KCTC 0991BP 계통을 950 마리(10⁹ 마리/ha) 농도로 34 ml씩 관주하였다. 1개의 파이프를 한 반복으로 3반복으로 실험을 수행하였으며, 무처리구는 물론 34 ml씩 관주하였다. 처리된 각 잔디들은 25°C 내외의 자연 채광이 되는 실내에 두었다. 그리고 일주일 후 각각의 잔디 코어 내에 있는 꿀벌부채명나방 유충을 들어내어 선충에 의한 감염여부를 현미경하에서 조사하였다.

2) 골프장 실험:

<실험 1> 금잔디(*Zoysia matrella*)가 식재되어 있는 동래베네스트골프장 예비포지에서 수행하였다. 9월 2일 잔디 포지를 tee mower(Tsuchiya, Japan)를 이용하여 각각 5, 14, 25, 45 mm로 깎았다. 각각의 예고 높이별로 0.5 × 0.5 m 크기로 시험구를 설정하였는데, 시험구와 시험구 사이는 0.5 m를 띄워 두었다. 각 시험구에 직경 11 cm 홀 커트를 이용하여 11 cm 깊이로 잔디를 들어 낸 뒤 높이 11 cm, 직경 11 cm 크기의 플라스틱 파이프를 박아 넣었다. 홀커트로 들어낸 잔디 코어는 굼벵이가 서식할 경우 모두 잡아내었고, 지표면으로부터 5 cm 깊이에 8월 25일 진해 용원골프장에서 채집하여 실내에 사육 중이던 건강한 주황긴다리풍뎠이 2령충 10마리씩을 넣고, 잔디를 파이프 속에 다시 채워 넣었다. 파이프 속의 잔디는 원 표면의 높이와 동일하게 되도록 하였다. 각 시험구에는 250 ml(ℓ/m^2)의 물을 물뿌리개를 이용하여 관주하였다. 관주 후, 각 구에는 곤충병원성 선충 *S. glaseri* 동래 계통과 *S. longicaudum* 공주 계통을 25,000마리(10⁹ 마리/ha) 농도로 750 ml씩 물뿌리개로 처리하였다. 무처리구는 물론 구당 750 ml씩 물뿌리개로 처리하였으며, 대조 약제로 fenitrothion EC를 1000배액으로 희석하여 750 ml씩 살포하였다. 실험은 3반복으로 수행하였으며 처리 4주 후 각 시험구에서 파이프를 들어내고, 파이프 속에 살아있는 굼벵이의 수를 조사하였다.

<실험 2> 첫 번째 시험지와 인접한 금잔디가 식재되어 있는 동래베네스트골프장 예비포지에서 수행하였다. 9월 11일 3.5 m × 3.5 m 크기로 구획화 되어 있는 잔디 포지를 tee mower(Tsuchiya, Japan)를 이용하여 각각 14, 27, 45 mm로 깎았다. 예고 높이별로 0.5 × 0.5 m 크기로 시험구를 설정하였는데, 시험구 사이는 0.5 m를 띄워 두었다. 각

시험구에 직경 11 cm 홀 커트를 이용하여 11 cm 깊이로 잔디를 들어 낸 뒤 높이 11 cm, 직경 11 cm 크기의 플라스틱 파이프를 박았다. 홀 커트로 들어낸 잔디 코어는 굽뎀이가 서식할 경우 모두 잡아내었고, 지표면으로부터 5 cm 깊이에 4일전 동래베네스트골프장 18번 티에서 채집하여 실내에 사육 중이던 건강한 등얼룩풍뎀이 3령충 10 마리씩을 넣고, 잔디를 파이프 속에 채워 넣었다. 파이프 속의 잔디는 원 표면의 높이와 동일하게 되도록 하였다. 각 시험구에는 물뿌리개로 250 ml(l/m^2)의 물을 관주하였다. 관주 후, 각 구에는 곤충병원성 선충 *Heterorhabditis* sp. KCTC 0991BP 계통과 *S. carpocapsae* 포천 계통을 25,000마리(10^9 마리/ha) 농도로 750 ml씩 물뿌리개로 처리하였다. 무처리구는 물만 구당 750 ml씩 물뿌리개로 처리하였으며 대조 약제로 chlorpyrifos-methyl EC를 1000배액으로 희석하여 750 ml씩 살포하였다. 까치에 의한 피해를 막기 위하여 처리 후 각 시험구의 파이프 부분에 철사를 ㄷ자로 구부려 十형으로 박았다. 실험은 3반복으로 수행하였으며 처리 4주후 각 시험구에서 파이프를 들어내고, 파이프 속에 살아 있는 굽뎀이의 수를 조사하였다.

<실험 3> 진해 용원골프장 연습장 뒤 연습그린에서 8월 18일 수행하였다. 5 mm 길이로 잔디를 깎아 놓은 그린 부분과 27 mm 길이로 잔디를 깎아 놓은 그린칼라 부분에서 실험을 수행하였다. 그린 부분의 잔디는 크리핑베트그라스였으며, 그린칼라 부분은 크리핑베트그라스와 금잔디가 1:1로 혼재되어 있었다. 시험구는 그린과 그린칼라 부분이 서로 맞닿게 하여 0.5 m×0.5 m 크기로 구획을 정하고, 처리 간에는 0.5 m의 간격을 두었다. 선충 처리 전, 각 시험구의 구석 부분에서 직경 11 cm 홀 커트를 이용하여 15 cm 깊이로 잔디를 들어 낸 뒤 서식하는 굽뎀이의 사전 밀도를 조사하였다. 곤충병원성 선충은 *S. carpocapsae* 포천계통, *S. glaseri* 동래계통과 문경계통, *S. longicaudum* 공주계통과 논산계통을 이용하였는데, 25,000마리(10^9 마리/ha) 농도로 750 ml씩 물뿌리개로 처리하였다. 무처리구는 물만 구당 750 ml씩 물뿌리개로 처리하였으며 대조 약제로 fenitrothion EC를 1000배액으로 희석하여 750 ml씩 살포하였다. 실험은 3반복으로 수행하였으며, 4주 후 각 시험구의 가운데 부분을 직경 11 cm의 홀 커트를 이용하여 15 cm 깊이로 잔디를 들어 낸 뒤 살아 있는 굽뎀이의 밀도를 조사하였다.

잔디의 통기작업이 곤충병원성 선충의 병원성에 미치는 영향: 통기작업이 곤충병원성선충의 병원성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 울산골프장 6번 back tee에서

9월 1일 수행하였다. 잔디의 초종은 들잔디였으며, 예고는 35 mm내외였다. 시험구는 0.5 m×0.5 m 크기로 구획을 설정하였으며, 처리 간에는 0.5 m의 간격을 띄워 두었다. 실험구 설정 후 각 구의 구석 부분을 삽으로 20×20 cm 크기로 떼내어 서식하는 굽뎀이의 종류와 수를 조사하였다. 사전조사가 끝난 후 선충 처리 전 통기작업 처리구는 aerator를 이용하여(TORO, USA) 통기작업을 수행하였는데, aerator의 punch의 직경은 10 mm였고, 간격은 6 cm였으며 깊이는 6 cm였다. 선충 처리 전 통기작업 처리구에 대한 통기작업 후 곤충병원성 선충을 살포하였는데 *Heterorhabditis* sp. KCTC 0991BP 계통과 *S. carpocapsae* 포천 계통을 각 구당 62,000마리(2.48×10^9 마리/ha) 농도로 1 l씩 물뿌리개로 처리하였다. 무처리구는 물만 1 l씩 물뿌리개로 처리하였으며 대조 약제로 chlorpyrifos-methyl EC를 1000배액으로 희석하여 1 l씩 살포하였다. 선충 처리 후 통기작업 처리는 선충 살포가 끝난 직후 aerator를 이용하여 통기작업을 수행하였고, 무통기 작업은 선충만 처리하고는 통기작업은 하지 않았다. 9월 29일 각 시험구에서 굽뎀이 사전 밀도 조사와는 다른 쪽의 구석 부분에서 삽으로 잔디를 20×20 cm 크기로 떼내어 살아있는 굽뎀이의 종류와 수를 조사하였다.

통계분석: 잔디의 예고와 통기작업에 따른 곤충병원성 선충의 꿀벌부채명나방과 굽뎀이에 대한 치사율을 arcsin root로 변환시켜 Student-Newman-Keul test로 처리평균간 차이를 분산분석 하였는데(PROC ANOVA)(Cho, 1996), 결과는 변환전의 평균±표준편차로 표기하였다. 유의성 정도는 $P < 0.05$ 범위에서 검정하였다. 방제 효과는 통기작업의 시기별에 따른 선충의 병원성을 비교한 울산골프장에서 야외 실험을 제외하고, 보정사출율로 계산하였는데 {처리구의 치사율(=밀도감소율)-무처리구의 치사율(=밀도감소율)} / {100-무처리구의 치사율(=밀도감소율)} 로 계산하였다.

결 과

실내에서 잔디의 예고에 따른 곤충병원성 선충의 병원성은 잔디의 예고가 짧을수록 높아지는 경향이었지만 유의성은 없었다(Table 1).

잔디의 예고에 따른 곤충병원성 선충의 굽뎀이에 대한 병원성을 야외에서 조사한 결과, 대상 해충의 종류와 실험 대상지별로 다소 차이는 있었지만 예고에 따른 차이가 있었다. 금잔디가 식재되어 있는 동래베네스트골프장 예

Table 1. Effect of turfgrass height on pathogenicity of *Heterorhabditis* sp. KCTC 0981BP and *Steinernema carpocapsae* Pocheon strains against larvae of *Galleria mellonella* in pot

Turfgrass height (mm)	Nematode infection rate(%)±SD			
	<i>Heterorhabditis</i> sp. KCTC 0981BP		<i>S. carpocapsae</i> Pocheon strain	
	4 cm ^{a)}	10 cm	4 cm	10 cm
5	100 a ^{b)}	100 a	100 a	100 a
14	100 a	100 a	100 a	100 a
27	96.7 ± 5.8 a	100 a	93.3 ± 5.8 a	100 a
45	93.3 ± 5.8 a	93.3 ± 5.8 a	96.7 ± 5.8 a	96.7 ± 5.8 a

^{a)}Soil depth.

^{b)}The same letters within a column indicate no significant difference between treatments (Student-Newman-Keul's test, $P < 0.05$).

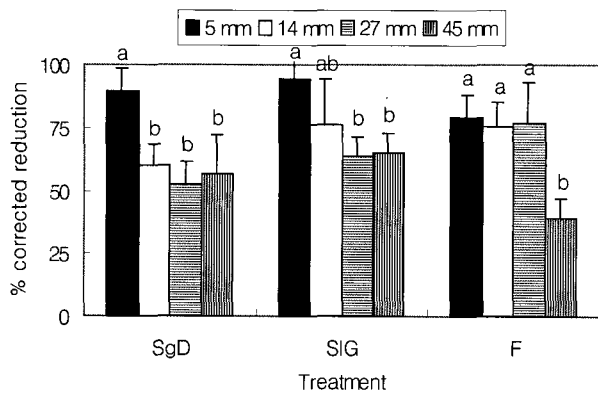


Fig. 1. Effect of turfgrass height on pathogenicity of entomopathogenic nematodes against 2nd instar of *Ectinohoplia rupifex*. Experiment was done at the Dongae Benest Golf Club. Bars indicate standard deviations of means (n=3). The same lowercase letter over the bars in each treatment indicates that there is no significant difference among means ($P < 0.05$). SgD; *Steinernema glaseri* Dongrae strain, SIG; *Steinernema longicaudum* Gongju strain, F; Fenitrothion EC.

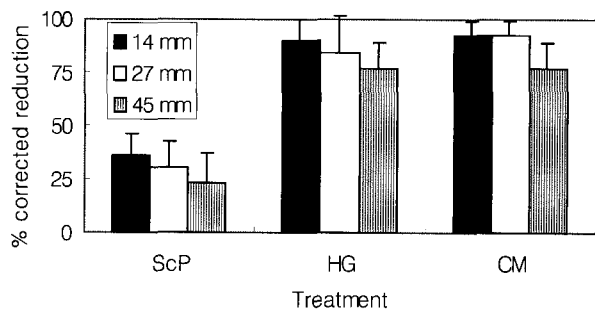


Fig. 2. Effect of turfgrass height on pathogenicity of entomopathogenic nematodes against 2nd instar of *Exomala orientalis*. Experiment was done at the Dongae Benest Golf Club. Bars indicate standard deviations of means (n=3). ScP; *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain, HG; *Heterorhabditis* sp. KCTC 0991B strain, CM; Chlorpyrifos-methyl.

비포지에서 주황긴다리풍뎅이 2령충을 대상으로 수행한 실험의 결과 처리 및 예고 높이는 선충의 병원성에 영향을 미쳤다($F=16.28$, $df=19, 15$, $P=0.0001$).

잔디의 예고가 낮을수록 곤충병원성 선충의 병원성은 모든 처리에서 높게 나타나는 경향이였다. Fenitrothion 처리는 5~27 mm 예고에서 치사율이 78.8~75.6%로 차이가 없었으나 45 mm 예고에서는 39.4%의 낮은 치사율을 보였고, 곤충병원성선충 처리에서도 45mm의 예고보다 5 mm의 예고에서 방제 효과가 높았다(Fig. 1).

등얼룩풍뎅이 2령충을 대상으로 잔디 예고별 따른 선충의 병원성을 조사한 결과도 주황긴다리풍뎅이에 대한 병원성 결과와 유사한 경향을 보였지만 유의성은 없었다($F=23.12$, $df=11, 24$, $P=0.0001$)(Fig. 2).

모든 처리에서 등얼룩풍뎅이 유충의 보정감소율은 잔디의 예고가 짧을수록 높았고, 처리별로는 *Heterorhabditis* sp. KCTC 0981BP 계통과 chlorpyrifos-methyl 처리에 비하여 *S. carpocapsae* 포천 계통 처리에서는 낮게 나타났다.

진해 용원골프장 연습그린에서 예고에 따른 곤충병원성 선충의 병원성을 조사한 결과, *S. carpocapsae* 포천 계통과 *S. glaseri* 동래 계통을 제외하고는 그린칼라와 그린 간에 차이를 보이지 않았다(Fig. 3).

그린에서는 선충 처리가 무처리에 비하여 유의한 유충 감소율을 보였으나 선충 간에는 차이를 보이지 않았고($F=15.52$, $df=6, 14$, $P=0.0001$), 그린칼라에서는 *S. glaseri* 동래 계통의 병원성이 다른 선충들에 비하여 유의하게 높았다($F=30.52$, $df=6, 14$, $P=0.0001$).

통기작업이 곤충병원성 선충의 병원성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 울산골프장에서 실험한 결과는 Fig. 4와 같았다.

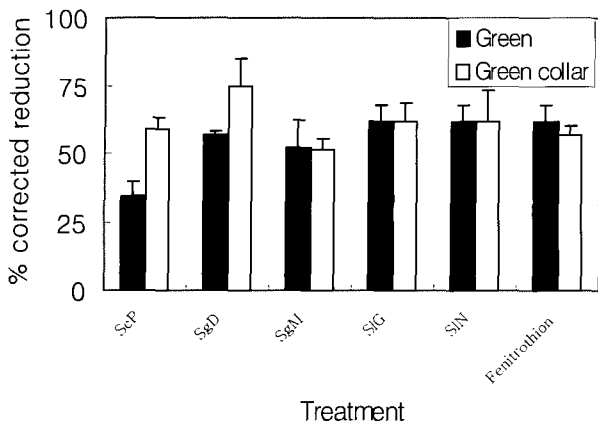


Fig. 3. Effect of turfgrass height on the pathogenicity of entomopathogenic nematodes to 2nd instar of *Exomala orientalis*. Experiment was done at the Youngwon Golf Club. Bars indicate standard deviations of means(n=3). ScP; *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain, SgD; *Steinernema glaseri* Dongrae strain, SgM; *Steinernema glaseri* Mungyeong strain, SIG; *Steinernema longicaudum* Gongju strain, SIN; *Steinernema longicaudum* Nonsan strain.

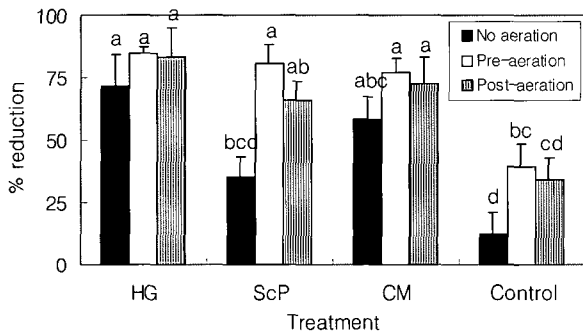


Fig. 4. Effect of aeration and application time on entomopathogenic nematode pathogenicity against 3rd instar of *Exomala orientalis*. Experiment was made at the Ulsan Golf Club. The same lowercase letter over the bars indicates that there is no significant difference among means ($P < 0.05$). ScP; *Steinernema carpocapsae* Pocheon strain, HG; *Heterorhabditis* sp. KCTC 0991B strain, CM; Chlorpyrifos-methyl.

Heterorhabditis sp. KCTC 0981BP 계통을 제외한 모든 처리에서 통기작업을 수행한 경우 곤충병원성 선충의 병원성이 증가하였다($F=17.42, df=11, 24, P<0.0001$). 통기작업과의 상관관계는 선충을 살포하기 전에 하는 것이 선충의 효과를 다소 향상시켰으나 통계적 유의성은 없었다.

고 찰

골프장의 잔디는 코스 내 위치에 따라 관리의 방법을 달라하고 있다. 특히, 잔디의 높이는 골프 경기를 수행하는데 가장 중요한 요소의 하나로 경기장의 선과 같이 규정

화되어 있다(Kim, 1991). 한편, 잔디의 예고는 잔디에 발생하는 해충의 재배적 방제에도 활용되는 방법의 하나이다. Potter *et al.* (1996)은 잔디의 예고를 18 mm 이상으로 할 경우 굽벥이의 밀도를 줄일 수 있다고 하였다. 또한 잔디의 예고는 해충이나 천적의 발생에도 영향을 미친다(Rothwell and Smitley, 1999). 본 연구에서는 이러한 잔디의 예고가 곤충병원성 선충에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실내와 pot, 야외에서 실험을 수행하였다. 실험결과 잔디의 예고는 곤충병원성 선충의 효과에 영향을 미쳤는데, 예고가 높을수록 곤충병원성 선충의 효과가 감소하였다. 이것은 잔디의 예고가 낮을 경우 지표면으로 유입되는 선충 현탁액의 양이 예고가 높은 잔디에 비하여 많아 토양중으로 유입되는 선충의 양이 많아질 수 있기 때문으로 생각된다. 또한 잔디의 예고가 높을 경우, 잔디 앞부분에 살포된 선충이 부착되어 지표면으로 선충의 현탁액이 골고루 확산되는 것을 방해하였기 때문으로 생각된다. Selvan *et al.* (1994)은 곤충병원성 선충 살포 후 추가적인 물을 살포하여 잔디 옆면에 묻어 있는 선충을 씻어줌으로써 토양내 대상해충으로의 이동을 높일 수 있다고 하였다.

통기작업은 잔디 뿌리로의 산소공급과 토양의 물리성 개선, 물과 비료 및 농약의 이탈 방지, 잔디 뿌리의 확산과 이동 조장 및 북더기 잔디의 제거와 잔디 밀도 조절 등을 위해서 수행되고 있다(Kim, 1991). 특히, 통기 작업은 골프장에서 토양서식 굽벥이의 밀도를 경감시킬 수 있는 활용 가능한 기계적 해충 방제법의 하나로 연구된 바 있다(Blanco-Montero and Hernandez, 1995). 벤트그라스에서 통기작업은 봄이나 장마기 이전, 가을에 수행되고 있는데, 봄이나 가을은 우리나라의 골프장에서 굽벥이의 발생과 피해가 많은 계절이다. 따라서 이 시기에 굽벥이류의 방제를 위하여 곤충병원성 선충을 처리 할 경우 통기작업과 병행하면 방제효율을 증대시킬 수 있을 것이다. 특히, 병원성이 상대적으로 낮은 선충의 경우 통기작업과 병행하여 처리하면 높은 방제효과를 나타내어 골프장에서 적극적으로 활용하여야 할 것으로 생각된다. 실제 일부 골프장의 전문 관리자들은 토양 병의 방제효과를 높이기 위하여 통기작업과 함께 농약을 살포하고 있다. 통기작업은 굽벥이가 서식하고 있는 토양 내부에 선충을 운반하는데 기여를 하기 때문에 방제효과가 높아지는 것으로 생각된다. 즉, *Heterorhabditis* sp. KCTC 0981BP 계통에 비하여 *S. carpocapsae* Pocheon 계통에서의 통기작업이 효과적이었는데, 이는 후자의 선충은 잠복형 특성을 가지고 있어, 탐색형 특성을 지니고 있는 전자 선충(Grewal *et al.*, 1994; Wang *et al.*, 1994; Lewis, 2002)에 비하여 기주에의 인위적 접근이 용이하였기 때문으로 생각된다. 그리고

통기작업 이후에 곤충병원성 선충을 살포하면 엽면에 바로 선충을 살포하는 것에 비하여 태양광에 노출될 위험성이 적고, 건조에 대한 위험성도 줄어들기 때문에 상대적으로 높은 병원성을 보일 수 있을 것으로 생각된다. Cabanillas and Raulston(1996)도 지표 밑 선충 처리가 건조와 태양광선의 악영향으로부터 선충을 보호할 수 있어 표면 처리에 비하여 *Helicoverpa zea*의 방제에 유리하다고 하였다. 한편, 크리핑벤트그라스나 켄터키블루그라스, 버뮤다그라스, 들잔디 등은 북더기잔디의 발생이 많은 초종들이다(Kim, 1991). 이들 중 크리핑벤트그라스나, 켄터키블루그라스, 들잔디는 우리나라의 그린이나 티, 페어웨이, 러프 등에 많이 이용하고 있는 초종들이다. 따라서 이들이 식재되어 있는 곳에 선충을 처리 할 경우 북더기잔디로 인해 수분의 이동에 큰 장애가 발생하고 있다. 때문에 이러한 상황에서 선충을 처리 할 경우, 통기작업은 물 빠짐과 토양 내로의 흡수를 조장할 수 있을 것이다. 한편, 통기작업 처리구는 무통기작업 처리구에 비하여 30% 내외의 굽벙이 방제효과를 보였다. 이는 Blanco-Montero and Hernandez(1995)의 연구결과와 유사한 결과로서 굽벙이의 밀도가 높은 곳에서는 aerator를 이용한 통기작업 만으로도 방제효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 골프장에서 곤충병원성선충을 굽벙이 방제를 목적으로 사용할 때는 잔디의 예고를 짧게 하고, 통기작업 시에 곤충병원성선충을 병행하여 처리하는 것을 권장한다.

감사의 글

실내 및 포장 실험 수행에 도움을 준 경상대학교 농업생명과학대학 응용생물환경학과 선충실험실 실원들과 동래 베네스트골프장, 진해용원골프장, 울산 골프장 코스관리 팀원들에게 감사한다.

Literature Cited

- Anonymous. 2004. Manual of pesticides use in Korea. 991 pp. Korean Agricultural Chemicals Industrial Association.
- Blanco-Montero, C.A. and G. Hernandez. 1995. Mechanical control of white grubs (Coleoptera : Scarabaeidae) in turfgrass using aerators. *Environ. Entomol.* 24: 243-245.
- Cabanillas, H.E. and J.R. Raulston. 1996. Effects of furrow irrigation on the distribution and infectivity of *Steinernema riobravisi* against corn earworm in corn. *Fundam. appl. Nematol.* 19: 273-281.
- Cho, I.H. 1996. Practice and application of SAS. 665pp. Sung-undang Pub. Co. Seoul.
- 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, J.W. Park, H.K. Kaya, D.R. Smitly, S.M. Lee and Y.M. Choo. 2002. Life history and spatial distribution of oriental beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) in golf courses in Korea. *J. Econ. Entomol.* 95: 72-80.
- Choo, H.Y., D.W. Lee, S.M. Lee, T.W. Kweon, Y.T. Sung and P.Y. Sung. 1998. White grubs in turfgrasses of golf courses and their seasonal density. *Kor. Turfgrass Sci.* 12: 225-236.
- Choo, H.Y., D.W. Lee, S.M. Lee, T.W. Lee, W.G. Choi, Y.K. Chung and Y.T. Sung. 2000. Turfgrass insect pests and natural enemies in golf courses. *Korean J. Appl. Entomol.* 39: 171-179.
- 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.
- Grewal, P.S. and Georgis, R. 1998. Entomopathogenic nematodes. pp. 271-299. *In Methods in biotechnology*, Vol. 5: Biopesticides: Use and delivery. F.R. Hall and J.J. Menn. (eds.). Humana Press, Totowa, NJ.
- Grewal, P.S., E.E. Lewis, R. Gaugler, and J.F. Campbell. 1994. Host-finding behaviour as a predictor of foraging strategy in entomopathogenic nematodes. *Parasitol.* 108: 207-215.
- Kaya, H.K. and R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic nematodes. *Annu. Rev. Entomol.* 38: 181-206.
- Kim, H.K. 1991. Turfgrass science. Sunjinmunhwasa. Seoul. pp. 545.
- Lee, D.W., H.Y. Choo, J.M. Chung, S.M. Lee and Y.B. Sagong. 2002a. Host plants of *Popillia quadriguttata* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Korean J. Appl. Entomol.* 41: 15-19.
- Lee, D.W., H.Y. Choo, O.J. Shin, J.S. Yun and Y.S. Kim. 2002b. Damage of perennial ryegrass, *Lolium perenne* by chestnut brown chafer, *Adoretus tenuimaculatus* (Coleoptera: Scarabaeidae) and biological control with Korean isolate of entomopathogenic nematodes. *Korean J. Appl. Entomol.* 41: 217-223.
- Lee, S.W. 2003. Development of economic artificial diets for great wax moth, *Galleria mellonella*. Gyeongsang Nat. Univ. Ms. Thesis. 28 pp.
- Lewis, E.E. 2002. Behaviour ecology. pp. 205-223. *In Entomopathogenic nematology*, ed. by R. Gaugler. 388 pp. CABI publishing, Oxon.
- MacCarty, L.B. and M.L. Elliott. 1994. Pest management strategies for golf courses. pp. 193-202. *In Integrated pest management for turf and ornamentals*, Leslie, A.R. (ed.). Lewis Publishers. Boca Raton.
- Potter, D.A. 1994. Effect of pesticides on beneficial invertebrates in turf. pp. 59-69. *In Integrated pest management for turf and ornamentals*, Leslie, A.R. (ed.). Lewis Publishers. Boca Raton.
- Potter, D.A. 1998. Destructive turfgrass insects: biology, diagnosis, and control. Ann Arbor Press. 344 pp. Michigan.
- Potter, D.A., A.J. Powell, P.G. Spicer and D.W. Williams. 1996. Cultural practices affect root-feeding white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae) in turfgrass. *J. Econ. Entomol.* 89: 156-164.
- Rothwell, N.L. and D.R. Smitley. 1999. Impact of golf course mowing practices on *Ataenius spretulus* (Coleoptera: Scarabaeidae) and its natural enemies. *Environ. Entomol.* 28: 358-366.
- Selvan, S., P.S. Grewal, R. Gaugler, and M. Tomalak. 1994.

- Evaluation of Steinernematid nematodes against *Popillia japonica* (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae: species, strain, and rinse after application. *J. Econ. Entomol.* 87: 605-609.
- Wang, Y., R. Gaugler, and L. Cui. 1994. Variations in immune response of *Popillia japonica* and *Acheta domesticus* to *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema* species. *J. Nematol.* 26: 11-18.
- Woodring, J.L. and H.K. Kaya. 1988. Steinernematidae and heterorhabditid nematodes: a handbook of techniques. Southern Coop. Ser. Bull. 331, Arkansas Agri. Exp. Stn. Fayetteville, AR. 29 pp.

(Received for publication 2 March 2006;
accepted 18 April 2006)