

곤충병원성선충을 이용한 잔디밤나방 (*Spodoptera depravata* (Butler))의 생물적 방제

이동운¹, 추호렬², 이상명³, 권태웅⁴, 최우근⁵, 신홍균⁶

¹상주대학교 농업과학연구소, ²경상대학교 응용생명과학부, 농업생명과학원, ³국립산림과학원 남부산림연구소, ⁴동래베네스트골프장, ⁵울산골프장, ⁶삼성에버랜드 잔디, 환경 연구소.

서 론

잔디밤나방(*Spodoptera depravata*)은 화본과 목초의 중요해충으로(Iwano, 1987), 특히 *Agrostis capillaris*, *A. tenuis*, *Cynodon dactylon*, *Festuca arundinacea*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, 금잔디(*Zoysia matrella*), 들잔디(*Z. japonica*)(Guo *et al.*, 1993; Choo *et al.*, 2000; Masahico *et al.*, 2000; Qian *et al.*, 2003)와 같은 잔디류의 잎을 가해하여 골프장에서 가장 문제시되는 나방류 해충의 하나이다.

잔디밤나방은 동북아시아 지역에 분포하는데(Mochida and Okada, 1974) 년 발생횟수는 지역에 따라 상이하여 일본의 경우, 년 1~3세대 발생하는데(Oku *et al.*, 1978; Kono *et al.*, 1999; Saito, 2000) Kanto지역에서는 년 3회 발생한다(Iwano, 1987). 중국의 천진에서는 년 4~5회 발생하고(Guo *et al.*, 1993), 상해에서는 5회 발생한다(Qian *et al.*, 2003). 우리나라에서는 7월과 9월에 잔디밤나방에 의한 피해가 심하게 나타나고 있으나(Choo *et al.*, 2000; Lee, D.W. observation data), 우리나라와 비슷한 위도상에 위치하고 있는 일본 Saitama현에서 년 3회 발생하는 것으로 미루어 볼 때(Iwano, 1987), 우리나라에서도 년 3회 발생하는 것으로 추정된다.

잔디밤나방의 방제는 chlorfenapyr SC, chlorpyrifos EC, chlorfluazuron EC, flufenoxunon EC, tebufenozide SC 등의 살충제가 효과적인 것으로 알려져 있고(Qian *et al.*, 2003), 우리나라에서는 fenitrothion EC가 등록(Anonymous, 2003)되어 있으나 화학살충제 사용에 따른 저항성 출현과 수원지나 지하수의 보호 및 각종의 환경오염에 대한 우려 등(Saigusa *et al.*, 2000)으로 인해 대체 방법의 요구가 증대되고 있다. 특히 우리나라의 골프장은 산림지역에 위치하여 해충뿐만 아니라 천적의 활동도 활발한 편이다.

잔디밤나방의 천적으로는 *Apantelia* 기생봉이나 *Pseudogonia* 기생파리, 병원미생물, 포식성천적류 등(Iwano, 1987; Guo *et al.*, 1993; Miyasono *et al.*, 1998)이 알려져 있는데 곤충병원성선충도 생물적 방제인자로 이용되고 있다(Hatsukade, 1994; 1996).

곤충병원성선충(*Steinernema* spp.와 *Heterorhabditis* spp.)은 넓은 기주범위와 높은 병원성, 빠른 기주 치사력을 가지면서 *in vitro*에서 쉽게 배양되고, 인축에 안전한 생물적 방제 인자로 특히 토양해충에 효과적이다(Kaya and Gaugler, 1993). 이로 인하여 시설재배지나 잔디밭의 해충 방제에 활용이 많은 편이다(Choo *et al.*, 1996).

본 연구는 토착 천적자원인 한국산 곤충병원성선충을 이용하여 잔디의 문제 해충의 하나인 잔디밤나방 방제 가능성을 실내와 야외에서 조사하였으며 잔디 관리 상태에 따른 곤충병원성선충의 효과를 알아보기 위하여 잔디 예고에 따른 곤충병원성선충의 병원성 차이를 조사하였다.

재료 및 방법

곤충병원성선충과 잔디밤나방

실험에 이용한 곤충병원성선충은 *Steinernema carpocapsae* GSN1 계통과 *S. glaseri* Dongrae 계통, *S. monticolum* Jiri 계통, *S. longicaudum* Nonsan 계통, *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan 계통(Choo *et al.*, 1995; Stock *et al.*, 1997a, b, 2001)을 이용하였는데 꿀벌부채명나방(*Galleria mellonella*) 노숙유충을 미끼로 하여 Dutky *et al.*(1964)의 방법으로 대량 증식시켜 이용하였다. 증식된 선충은 White trap을 이용하여 수확하였으며 9℃ 냉장고에 보관하면서 수확 후 3주 이내의 것을 사용하였다(Woodring and Kaya 1988). 잔디밤나방은 들잔디(*Zoysia japonica*)에 발생한 개체들을 채집하여 실험에 이용하였는데 7월 14일 경남 진주에 위치한 국립산림과학원 남부산림연구소 들잔디를 가해하던 1~6령충을 이용하여 실내 병원성 검정 실험을 수행하였으며, 7월 27일 2차로 채집한 3령충을 대상으로 pot실험을 수행하였다. 야외실험은 두 번에 걸쳐 수행하였는데 첫 번째 실험은 8월 12일 채집한 잔디밤나방 유충을 이용하였으며 두 번째 실험은 9월 18일 동래베네스트골프장 예비포지에서 잔디밤나방이 자연 발생한 것을 확인한 다음 실험을 수행하였다. 잔디밤나방의 령기구별은 Guo *et al.* (1993)의 자료를 근거로 체장과 두폭을 이용하여 구분하였다.

잔디밤나방 유충에 대한 곤충병원성선충의 실내 병원성 검정

1) 잔디밤나방 3령충에 대한 한국산 곤충병원성선충의 병원성

직경 8cm 높이 1.5cm 플라스틱 샐아래에 물에 적신 여과지(Whatman #2) 2장을 깔고, 곤충병원성선충을 200마리 감염된 유충(Infected juveniles: Ijs)/ml 농도로 1ml씩 고루 접종하였다. 여기에 남부산림연구소 들잔디에서 채집한 잔디밤나방 3령충 10마리씩을 각 샐아래에 넣고, 건전한 들잔디를 뿌리채 채취하여 5g씩 먹이로 공급하였다. 처리 한 샐아래는 통기를 위하여 뚜껑부분에 1~2mm 크기의 4~5개의 구멍을 뚫은 다음 25±3℃의 실온에 보관하였다. 대조구는 살균수 1ml만을 처리하였으며 실험은 3반복으로 수행하였다. 처리 3일과 5일 후 잔디밤나방 유충의 치사유무를 확인하였다. 실험에 이용한 곤충병원성선충은

Steinernema carpocapsae GSN1 계통과 *S. glaseri* Dongrae 계통, *S. monticolum* Jiri 계통, *S. longicaudum* Nonsan 계통, *Heterorhabditis* sp. Gyeongsan 계통이었다

2) *S. carpocapsae* GSN1 계통과 *S. monticolum* Jiri 계통의 잔디밤나방 3령충에 대한 반수치사농도

잔디밤나방 3령충에 대한 병원성 실험에서 병원성이 높게 나타난 *S. carpocapsae* GSN1 계통과 *S. monticolum* Jiri 계통을 이용하여 잔디밤나방 3령충에 대한 반수치사농도(LC₅₀)를 조사하였다. 직경 8cm 높이 1.5cm 플라스틱 사아래에 물에 적신 여과지(Whatman #2) 2장을 깔고, 곤충병원성선충 *S. carpocapsae* GSN1 계통은 잔디밤나방 유충 1마리 당 5, 10, 20, 40, 80Ijs 농도로 1ml씩 고루 접종하였으며 *S. monticolum* Jiri 계통은 잔디밤나방 유충 1마리 당 10, 20, 40, 80, 160Ijs 농도로 1ml씩 고루 접종하였다. 여기에 남부산립연구소 들잔디에서 채집한 잔디밤나방 3령충 10마리씩을 각 사아래에 넣고, 건전한 들잔디를 뿌리채 채취하여 5g씩 먹이로 공급하였는데 실험의 수행방법은 잔디밤나방 3령충에 대한 한국산 곤충병원성선충의 병원성 실험과 동일하게 수행하였다.

3) *S. carpocapsae* GSN1 계통의 잔디밤나방 령기별 병원성

직경 8cm 높이 1.5cm 플라스틱 사아래에 물에 적신 여과지(Whatman #2) 2장을 깔고, 곤충병원성선충을 200Ijs/ml 농도로 1ml씩 고루 접종하였다. 여기에 남부산립연구소 들잔디에서 채집한 잔디밤나방 1령충과 2령충, 3령충, 4령충, 5령충을 10마리씩을 각 사아래에 넣고, 건전한 들잔디를 뿌리채 채취하여 5g씩 먹이로 공급하였다. 처리 한 사아래는 전술한 방법과 동일하게 하여 25±3℃의 실온에 보관하였다. 대조구는 살균수 1ml만을 처리하였으며 실험은 3반복으로 수행하였다. 처리 3일과 5일 후 잔디밤나방 유충의 치사유무를 확인하였다.

잔디밤나방 유충에 대한 곤충병원성선충의 pot 병원성 검정

야외에서 재배하고 있는 들잔디를 직경 10.5cm hole cutter로 10cm 깊이까지 떼내었다. 떼낸 들잔디는 직경 11cm 높이 12cm PVC 파이프에 넣고, 가장자리 틈새는 모래로 충진시켜 막은 다음, 실험실에서 가위로 14mm와 45mm 높이로 잔디를 잘랐다. 각 PVC 파이프에 물을 100ml씩 관주하고, 전날 채집하여 실험실에서 사육 중이던 잔디밤나방 3령충을 10마리씩 방사하였다. 여기에 *S. carpocapsae* GSN1 계통을 각 파이프 당 2750 Ijs씩 26.7ml를 가정용 소형 sprayer로 살포하였다. 무처리구는 물만 26.7ml 살포하였으며, 대조약제로는 fenitrothion 50% EC를 1000배액으로 희석하여 150ml/m² (75μl a.i./m²)양으로 살포하였다. 처리 후 잔디밤나방 유충의 탈출을 막기 위하여 파이프 위쪽을 방충망으로 덮고, 30±5℃의 실내에 두면서 7일 후 생충수를 조사하였다. 한 개의 PVC 파이프를 한 반복으로 4반복 처리하였다.

잔디밤나방 유충에 대한 곤충병원성선충의 야외 병원성 검정

1) 개미 서식지에서 잔디밤나방 방제실험

잔디밤나방 야외 방제실험은 2회에 걸쳐 수행하였는데 첫 번째는 잔디밤나방을 포식 할

수 있는 개미가 서식하고 있는 경상대학교 전자도서관 뒤쪽의 들잔디 식재지에서 8월 8일 실험을 수행하였다. 시험지는 들잔디를 식재한지 4년 된 곳으로 관리를 하지 않고, 방치해 두는 곳으로 뗏취층은 전혀 발달되어 있지 않고, 관수도 하지 않아 자연 강우에만 의존하는 곳이었다. 시비와 농약의 처리는 전혀 이루어지지 않는 곳이었다. 시험구는 0.25m² 크기로 하였는데 완전임의배치법 4반복으로 배치하였으며, 시험구와 시험구는 50cm의 거리를 두었다. 시험구 설정후 각 구에 물뿌리개를 이용하여 2ℓ 씩의 물을 관주하였다. 여기에 야외에서 채집하여 실내에서 사육 중이던 건강한 잔디밤나방 5령충 15마리씩을 각 시험구에 방사하였다. 방사 30분 후 *S. carpocapsae* GSN1 계통과 *S. monticolum* Jiri 계통을 각 구당 5만 Ijs 농도로 1ℓ 살포하였다. 대조 약제로 fenitrothion 50% EC를 1000배액으로 희석하여 37.5ml/0.25m² (75μl a.i./m²) 양으로 살포하였다. 무처리구는 물만 1ℓ 살포하였다. 처리 후 각 시험구에서 잔디밤나방이 탈출하는 것을 막기 위하여 가로×세로×높이가 각각 50×50×10cm 방충망을 설치하고, 잔디의 지면과 닿는 부분을 5mm 두께의 철판으로 고정시켰다. 처리 6일 후 각 구에 생존하고 있는 잔디밤나방의 수를 조사하였다. 곤충병원성선충의 살포는 오후 7시경에 하였으며 처리 당일의 평균 온도는 24.9℃였고, 처리 전날 38mm의 강우가 있었으며 처리 2일과 3일 후에 각각 0.1mm와 23.5mm의 강우가 있었다.

2) 집게벌레와 먼지벌레 서식지에서 잔디 예고별에 따른 잔디밤나방 방제실험

두 번째 잔디밤나방 야외 방제실험은 집게벌레와 먼지벌레가 서식하는 부산시 금정구 소재의 동래베네스트골프장 예비포지에서 9월 18일 실험을 수행하였다. 시험지는 들잔디가 식재되어 있는 곳으로 필요에 따라 비정규적으로 잔디깎기 작업을 하면서 매일 관수를 하는 곳으로 뗏취층은 1cm 내외로 형성되어 있었다. 년 2회 시비를 하고, 살충제의 살포는 이루어지지 않는 포장이었다. 시험구는 예초기를 이용하여 지표면에서 3~4cm, 6~8cm, 12~14cm 높이로 잔디를 깎은 후, 0.25m² 크기로 시험구를 완전임의배치법 3반복으로 배치하였는데, 시험구와 시험구는 50cm의 거리를 두었다. 각 시험구에는 물뿌리개를 이용하여 1ℓ 씩의 물을 살포하였다. 여기에 전날 야외에서 채집하여 실내에서 사육 중이던 건강한 잔디밤나방 2령충 5마리, 3령충 5마리, 4령충 5마리씩을 각 시험구에 방사하였다. 방사 후, *S. carpocapsae* GSN1 계통을 25000Ijs/0.25m² (1억Ijs/ha) 농도로 0.75ℓ 씩 물뿌리개로 살포하였다. 대조 약제로는 fenitrothion 50% EC 1.5ml를 물 0.75ℓ (75μl a.i./m²)와 혼합하여 각 구에 물뿌리개로 살포하였다. 무처리구는 물만 0.75ℓ 살포하였다. 처리 후 각 시험구에서 잔디밤나방이 탈출하는 것을 막기 위하여 가로×세로×높이가 각각 50×50×10cm 방충망을 설치하고, 잔디의 지면과 닿는 부분을 5mm 두께의 철판으로 고정시켰다. 처리 7일 후 각 구에 생존하고 있는 잔디밤나방의 수를 조사하였으며 각 시험구 내에 있는 집게벌레와 먼지벌레의 수도 조사하였다. 곤충병원성선충의 살포는 오후 7시경에 하였으며 처리 당일의 평균 온도는 20.3℃였고, 처리 4일후 0.4mm의 강우가 있었다.

통계처리

잔디밤나방 유충에 대한 한국산 곤충병원성선충의 병원성은 arcsin 변환시켜 Tukey test

로 처리평균간 차이를 분산분석 하였는데(PROC ANOVA)(SAS Institute, 1988) 결과는 변환전의 평균 \pm 표준오차로 표기하였다. 반수치사농도는 probit분석하였다(PROC PROBIT)(SAS Institute, 1988). 모든 실험결과와 유의성 정도는 $P < 0.05$ 범위에서 수행하였다.

결 과

잔디밤나방 유충에 대한 곤충병원성선충의 실내 병원성 검정

1) 잔디밤나방 3령충에 대한 한국산 곤충병원성선충의 병원성: 한국산 곤충병원성선충은 잔디밤나방 3령충에 대하여 비교적 낮은 병원성을 보였다. 처리 5일째 53.3%에서 70.0%의 치사율을 나타내었는데 *S. monticolum* Jiri 계통이 70.0%의 가장 높은 병원성을 보였으나 처리 선충 중간 차이는 없었다.

2) *S. carpocapsae* GSN1 계통과 *S. monticolum* Jiri 계통의 잔디밤나방 3령충에 대한 반수치사농도: 잔디밤나방 3령충에 대한 반수치사농도는 *S. carpocapsae* GSN1 계통에 비하여 *S. monticolum* Jiri 계통이 높았다.

3) *S. carpocapsae* GSN1 계통의 잔디밤나방 령기별 병원성: 잔디밤나방의 령기는 *S. carpocapsae* GSN1 계통의 병원성에 영향을 미쳤다. 2령과 3령 시기에 73.0%와 67.0%의 치사율을 보여 가장 감수적이었으나 5령기에는 10%의 낮은 치사율을 나타내었다.

잔디밤나방 유충에 대한 곤충병원성선충의 pot 병원성 검정

S. carpocapsae GSN1 계통이나 *S. monticolum* Jiri 계통 모두 pot에서의 잔디밤나방 3령충에 대한 병원성은 50.0%이하로 나타났다.

잔디밤나방 유충에 대한 곤충병원성선충의 야외 병원성 검정

1) 개미 서식지에서 잔디밤나방 방제실험: 개미 서식지에서 곤충병원성선충에 의한 잔디밤나방 실험 결과도 낮은 병원성을 보였으나 농약 처리구에 비하여 개미의 서식은 많았으며 특히 무처리구에서도 개미에 의한 포식이 확인되었다.

2) 집게벌레와 먼지벌레 서식지에서 잔디 예고벌에 따른 잔디밤나방 방제실험: 잔디의 예고는 잔디밤나방 방제 효과에 영향을 미쳤다. 즉 잔디의 예고가 6cm 이상인 처리구에서는 곤충병원성선충의 병원성이 현저히 감소하였으며 12~14cm 예고에서는 fenitrothion의 효과도 감소하였다. Fenitrothion 처리구의 경우 잔디밤나방의 방제 효과는 높았으나 집게벌레나 먼지벌레와 같은 포식성 천적류의 생존에 영향을 미쳤다.