Kor. Turfgrass Sci. 24(1):1~8, 2010

골프장에서 지렁이의 발생과 식물체 추출물이 지렁이에 미치는 영향

이동운 · 홍용[1] · 정영학[2] · 최성환[2] · 추호렬[3] · 윤재수*
경북대학교 생물응용학과, [1]전북대학교 농생물학과, [2]KCP(주) 농업기술연구소, [3]경상대학교 응용생물환경학과

Occurrence of Earthworm and Effect of Plant Extracts on Earthworm in Golf Courses

Dong Woon Lee, Yong Hong[1], Young Hack Jung[3], Sung-Hwan Choi[2], Ho Yul Choo[3], and Jae Su Yun*
Department of Applied Biology, Kyungpook National University, Sangju, Gyeongbuk, Korea,
[1]Department of Agricultural Biology, Chonbuk National University, Junju, Chonbuk, Korea,
[2]KCP Agrotechnology Research Institute, Haman, Gyeongnam, Korea
[3]Dept. of Applied Biology and Environmental Sciences, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam, Korea

ABSTRACT. Occurrence of earthworms for turfgrass growing seasons and effect of earthworms by some plant extracts and plant oils in golf courses were investigated at the three locations golf courses in Korea 2005 to 2006. There were no differences in monthly occurrence of earthworm except Anseong Benest Golf Club, namely, Anseong Benest Golf Club was highly occurred in July in 2006. Density of earthworm was not different between fairway and rough in Dongrae Benest Golf Club (opened in 1971) while density was higher in rough than fairway in Anseong Benest Golf Club (opened in 1999) and Gapyeong Benest Golf Club (opened in 2000). In case of Gapyeong Benest Golf Club, earthworm density was higher in old courses than recently opened courses. Effect of plant extracts such as mustard oil, wintergreen oil, *Quisqualis indica*, *Daphne genkwa*, *Pharbitis nil*, *Zingiber officinale*, *Xanthium strumarium*, and *Camellia sinensis* on earthworm, mustard oil, wintergreen oil and tea saponin were highly toxic to earthworm, *Eisenia andrei*. In the pot experiment, 100% of *Eisenia andrei* was dead at the treatment of 500-fold of aquatic solution of tea saponin (12.4% a.i.).

Key words: Golf courses, constructed year, rough, earthworm, tea saponin, fairway

서 론

지렁이는 생태계에서 토양 내 유기물의 분해와 양분의 순환을 촉진하고, 토양구조, 통기성, 배수를 원활하게 하는 등 토양 물리성을 향상시켜 토양비옥도를 증대시킨다. 또한 지렁이는 산성토양의 개량, 다양한 미생물과의 상호작용, 영양물질의 효율성 증가, 토양내의 유용한 물질의 재순환에 중요한 역할을 한다. 이로 인해 지렁이의 서식밀도는 토양생태계의 건전성 및 다양성 유지에 매우 중요하다(Darwin, 1881; Edwards, 1988). 골프장에서 지렁이의 역활은 잔디 예지물의 분해와 이들의 양분화 및 통기 촉진 효과, 북더기잔디층(thatch)과 토양과의 혼합을 조장하며(Potter 등, 1990a; Christians, 1998; Potter, 1998; Fermanian 등, 2003), 목초지에서는 목초 생산량을 증가시키기도 한다(Stockdill, 1966). 특히, 북더기잔디층의 분해능력이 높은 지렁이는(Potter 등, 1990a) 북더기잔디의 축적량이 많은 Zoysia 잔디(Fermanian 등, 2003)가 주종을 이루고 있는 우리나라 골프장에서는 매우 중요한 분해자의 역할을 할 수 있다.

토양 내에서 지렁이의 유용성이 많음에도 불구하고, 북더기잔디층의 축적이나 유기물량이 증가함에 따라 과도한 밀도의 지렁이가 서식함으로 인하여 배수불량지에서 지렁이들이 잔디 표면으로 자주 나타나거나 여름철 장마기 때의 대량 출현은 골퍼들에게는 혐오의 대상이 되고 있다. 그리고 잔디 지표면에 내어 놓는 토사나 분변토는 그린과 같은 곳에서는 공의 흐름을 방해하고, 페어웨이나 러프지역에서는 표면의 균일성을 떨어트려 경기에 장애를 초래하고(Potter, 1998; 추 등, 1999; Fermanian 등, 2003), 잔디의 생육에도 장해가 된다.

지렁이가 토양 생태계 내에서 '지구의 장'으로서 불리어 질 정도로 유용한 동물이지만(Darwin, 1881) 골프장에

*Corresponding author; Tel: +82-54-530-1213
E-mail : jsyun45@knu.ac.kr
Received : March 2, 2010, Revised : March 10, 2010, Accepted : March 20, 2010

서는 이와 같이 그 존재의 양면성을 지니고 있다. 이로 인하여 골프장에서는 지렁이의 과도한 밀도 증가를 억제할 수 있는 방안을 강구하고 있으나, 지금까지 지렁이 방제를 목적으로 등록되어 있는 약제는 없는 실정이다(한국작물보호협회, 2009). 오히려 유럽이나 OECD 국가에서는 농약 사용 전 지렁이에 대한 생태독성을 평가하도록 요구하고 있으며(OECD, 1993) 우리나라에서도 농약이나 유해화학물질 등에 대한 토양오염 방지를 위하여 지렁이에 대한 독성 시험을 요구하고 있다(환경부, 1996; 농촌진흥청, 2000).

국내에서의 지렁이 연구는 주로 분류학적 측면에서 다소 이루어졌으나(Hong and James, 2009) 최근에는 농생태계에서의 지렁이 조사가 활발하다. 농생태계에서의 지렁이 조사는 주로 작물 재배지를 중심으로 하고 있으나 (김 등 2007; 홍 과 김, 2007a, b, 2009), 골프장에서의 조사는 전무한 실정이다. 한편, 외국 골프장에서의 지렁이 연구는 지렁이를 보호하기 위한 측면에서 농약이 지렁이에 미치는 영향 등을 연구 한 바 있다(Potter 등, 1990b, 1994; Potter, 1994).

우리나라에서는 농산물의 고부가가치 창출과 안전농산물의 생산을 위하여 1997년 12월에 환경농업육성법을 제정하였고, 2007년부터는 친환경 작물 재배를 위해 친환경유기농자재를 등록 관리하고 있다(http://www.rda.go.kr). 이로 인하여 많은 친환경농자재들이 등록되고 있고, 골프장에서도 농약 대체 방제제로 이용되고 있다. 친환경농자재들 중 2009년 4월 현재 16.9%가 식물체 유래 물질을 이용한 자재이다(http://www.rda.go.kr). 이러한 자재들이나 원료물질들은 농약과 달리 비표적 생물에 대한 정보가 매우 빈약한 편이다(이 등, 2009).

따라서 본 연구에서는 우리나라의 골프장에서 지렁이의 발생 경과와 공간적 분포를 알아보고, 친환경자재로 이용되거나 이용 가능성이 높은 식물체 유래 물질들이 지렁이에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

골프장의 지렁이 발생 생태

조사 골프장

골프장의 지렁이 발생 생태를 알아보기 위하여 부산의 동래베네스트골프장과 경기도 가평의 가평베네스트골프장 그리고 경기도 안성의 안성베네스트골프장 등 세 골프장에서 2005년과 2006년에 조사를 수행하였다. 부산 동래베네스트골프장은 1971년에 개장한 18홀 골프장으로 해발 100 m 내외의 산지에 위치해 있는 골프장으로서 페어웨이와 러프지역은 금잔디(*Zoysia matellia*)와 들잔디(*Z. japonica*)로 조성되어 있다. 상층 식생은 소나무(*Pinus densiflora*)와 곰솔(*P. thunbergii*)이 우점하고 있고(이 등, 1998), 조경수도 곰솔이 우점하고 있다. 경기도 가평의 가평베네스트골프장은 27홀 골프장으로 Pine과 Maple 코스의 경우 2000년 개장하였고, Birch 코스는 2004년 개장하였다. 골프장은 해발 295-428 m의 산지 중턱에 위치해 있다. 티 지역은 켄터키블루그라스(*Poa pratensis*)로 조성되어 있으며 페어웨이 지역은 금잔디로 조성되어 있고, 그린은 크리핑벤트그라스(*Agrotis palustris*)로 조성되어 있다. 조경수로는 소나무(*Pinus densiflora*)가 주로 식재되어 있다. 경기도 안성의 안성베네스트골프장은 36홀 골프장으로 북코스와 서코스는 1999년에 개장하였고, 동코스는 2000년, 남코스는 2003년에 개장하였는데, 해발 250-400 m의 산지 중턱에 위치해 있다. 티와 페어웨이에는 들잔디가 식재되어 있으며 그린은 크리핑벤트그라스로 조성되어 있다. 우점하는 조경수는 소나무이다.

지렁이 발생 생태 조사

부산 동래베네스트골프장에서는 8번과 11번, 18번 홀에서 페어웨이와 러프 지역으로 나누어 각 홀별로 페어웨이와 러프 각각 20곳에서 직경 10.5 cm의 홀 커트를 이용하여 조사하였다. 조사는 각 홀에서 페어웨이와 러프 지역의 경계 지점을 사이에 두고 2 m 이내에서 sampling하였는데, 10 m 간격으로 조사를 하였다. 2005년에는 5월 13일, 6월 24일, 7월 22일, 8월 26일, 9월 23일, 10월 20일, 11월 15일 등 7회 조사를 하였으며, 2006년에는 4월 14일, 6월 1일, 7월 3일, 7월 24일, 8월 26일, 9월 25일, 10월 30일, 12월 1일 등 8회 조사를 하였다. 조사 방법은 손으로 잡기와 파기 방법을 활용하여(Butt, 2000) 수행하였는데 홀 커트를 이용하여 잔디의 땟장을 15~20 cm 깊이로 떼어 내어 서식하는 지렁이의 수를 조사하였다.

가평베네스트골프장에서는 2000년 개장한 Maple 2번 홀과 4번 홀 및 2004년 개장한 Birch 1번과 9번 홀에서 조사를 수행하였는데, 2005년에는 5월 27일, 6월 23일, 8월 2일, 8월 29일, 9월 25일, 10월 30일, 12월 2일 등 7회 조사를 하였다. 그리고 2006년에는 4월 24일, 5월 25일, 6월 24일, 7월 31일, 8월 28일, 10월 2일, 10월 30일, 11월 27일 등 8회를 동래베네스트골프장에서의 조사와 같은 방법으로 하였다.

안성베네스트골프장에서는 1999년 개장한 북코스 1번과 6번 홀 및 2003년 개장한 남코스 7번과 9번 홀에서 조사를 수행하였다. 2005년에는 6월 23일, 8월 2일, 8월 29일, 9월 26일, 11월 4일, 12월 1일 등 6회 조사를 하였으며, 2006년에는 4월 25일과 5월 31일, 6월 28일, 7월 24일, 8월 28일, 10월 2일, 11월 3일, 11월 27일 등 8회를 동래베네스트골프장에서와 동일한 방법으로 조사하였다.

식물체 유래 물질의 지렁이에 대한 영향

공시재료 및 조성물

실험에 이용한 식물체는 살충 또는 살선충 활성이 있는 한약재(사군자, 원화, 흑축, 건강, 창이자)와 mustard oil, wintergreen oil, 차나무 추출물을 이용하였다. 사군자(*Quisqualis indica*)는 종자를 이용하였고, 원화는 팥꽃나무(*Daphne genkwa*)의 꽃봉오리, 흑축은 나팔꽃(*Pharbitis nil*)의 씨, 건강은 생강(*Zingiber officinale*)의 뿌리줄기, 창이자는 도꼬마리(*Xanthium strumarium*)의 열매를 이용하였다. 이들 중 사군자와 원화, 흑축, 창이자는 핵산 추출법으로 추출하여 이용하였으며 건강은 methyl alcohol 추출법으로 추출하여 실험에 이용하였다. 시료의 조제는 이 등(2009)의 방법으로 하였는데, 준비된 한약재들을 실험실 실내에서 1~2주 동안 음건하여 건조시킨 뒤, 가정용 믹서기(Hanil HMF-370, Korea)를 이용하여 고운 분말이 될 때까지 분쇄하여 3 mm 체로 체질하여 추출하였다.

Methyl alcohol 추출은 식물체 분말 100 g을 계량하여 500 ml Erlenmeyer flask에 넣고, 시료가 잠길 때까지 methyl alcohol을 부었다. 그리고 실온에 48시간 동안 정치시키고, 여과지(Sanyo 90 mm ∅, No 2, Japan)를 이용하여 고형물을 걸러내고, 액상물은 500 ml 라운드 플라스크에 넣었다. 고형물은 다시 500 ml Erlenmeyer flask에 넣고, 메탄올이 잠길 때까지 넣은 다음 동일한 방법으로 액상물을 수집하였는데 3차례에 걸쳐 수행하였다. 액상물이 담긴 플라스크는 Rotary vacuum evaporator(EYELA, N-12, Japan)를 이용, 감압 농축하여 시료를 정제한 뒤 10 ml glass vials에 담아 수율을 계산하고, 4°C 냉장보관을 하였다.

Hexane 추출은 식물체 분말 100 g을 계량하여 500 ml Erlenmeyer flask에 넣고, 시료가 잠길 때까지 hexane을 부었다. 그리고 실온에 48시간 동안 정치시키고, 여과지(Sanyo 90 mm ∅, No 2, Japan)를 이용하여 고형물을 걸러내고, 액상물은 500 ml 라운드 플라스크에 넣었다. 고형물은 다시 500 ml Erlenmeyer flask에 넣고 hexane이 잠길 때까지 넣은 다음 동일한 방법으로 액상물을 수집하였는데 3차례에 걸쳐 수행 하였다. 액상물이 담긴 플라스크는 Rotary vacuum evaporator (EYELA, N-12, Japan)를 이용, 농축하여 시료를 정제하여 10 glass vials에 담아 수율을 계산하고, 4°C 냉장보관을 하였다.

살선충 활성을 가지는 물질로는 mustard oil(*Brassica* spp.)과 wintergreen oil(*Gaultheria procumbens*) 및 차나무(*Camellia sinensis*) 열매로부터 분리한 tea saponin을 사용하였는데 (주) KCP로부터 공급받아 이용하였다.

식물체 유래 물질들이 지렁이에 미치는 영향 실내실험

식물체 유래 물질들이 지렁이에 미치는 영향을 알아보기 위해 인공토양을 제조하였다. 인공토양은 500 g을 기준으로 하여 sphagnum peat 50 g, kaolin clay 100 g, 공업용 모래 348.5 g, $CaCO_3$ 1.5 g을 혼합한 것이었다. Sphagnum peat의 경우 수분을 잘 흡착하므로 만들기 전에 수분함량을 보정하였다. 각각의 조성비율로 재료를 저울로 단 다음 고루 혼합하였다. 시험 물질의 처리는 시험물질의 성질에 따라 시험약제를 처리하였는데 시험약제가 물에 잘 섞이게 하기 위하여 시험물질을 1 ml 메탄올에 1차로 희석시켜 살균수에 섞은 다음 인공토양에 넣었다. 인공토양 0.5 kg을 토양수분 40%에 맞추기 위하여 200 ml의 살균수에 각각 0.5, 0.25, 0.125, 0.0625, 0.03125 ml의 처리농도에 맞게 시험물질을 섞은 다음 인공토양에 혼합하였다. 혼합 30분 후 증류수가 스며들게 한 다음 스푼으로 잘 섞어 주었다. 그리고 실험실 내에서 하루 전에 분리하여 놓았던 지렁이를 10마리씩 무게를 잰 다음 각 처리 용기마다 10마리씩 넣은 후, 랩을 덮고, 환기용으로 핀을 이용하여 10개의 구멍을 뚫었다. 처리된 용기는 무게를 잰 후 인큐베이터에 넣었으며, 시험용 유리용기는 1 *l* 크기의 꿀병을 사용하였다. 항온기는 22±1°C의 온도로 조절하였고, 상대습도는 40% 이상이 유지되게 하였으며 광은 공급하지 않았다. 1차 실험은 각 처리농도에서 국내 농가에서 사육되고 있는 붉은줄지렁이(*Eisenia andrei*) 10마리를 대상으로 실험한 후, 독성이 높게 나타난 원화와 mustard oil, wintergreen oil 및 tea saponin은 3반복으로 재 실험하였다. Mustard oil과 wintergreen oil은 원액을 이용하여 실험하였으며 tea saponin은 사포닌 함량이 6.22%인 액상 형태를 이용하였다.

3차 실험은 tea saponin을 이용하여 수행하였는데, 직경 15 cm, 높이 2.5 cm의 유리 샤아레에 붉은줄지렁이 10마리를 넣고, 1차 실험에서와 동일한 방법으로 조제한 인공토양을 2 cm 높이로 넣었다. 여기에 tea tree 추출물(6.22% 사포닌 함유)을 500배와 1,000배, 2,000배로 희석하여 17.6 ml를 피펫으로 고루 처리한 후, 7일과 14일째에 치사된 지렁이의 수를 조사하였으며 3반복으로 실험 하였다.

4차 실험은 3차 실험을 변형하여 수행하였는데, 물과 섞은 인공토양을 직경 15 cm, 높이 2.5 cm의 유리 샤아레에 2 cm 높이로 넣은 후, 붉은줄지렁이 10마리를 표면에 넣었다. 여기에 3차 실험에서 이용한 것과 동일한 tea saponin을 500배와 1,000배, 2,000배로 희석하여 17.6 ml를 가정용 분무기를 이용하여 살포한 후 7일과 14일 후 치사된 개체 수를 조사하였다. 한 개의 샤아레를 한 반복으로 3반복 수행하였다.

식물체 유래 물질이 지렁이에 미치는 영향 pot 실험

식물체 유래 물질이 지렁이에 미치는 영향을 알아보기 위한 pot 실험은 12.44%의 사포닌이 함유된 tea saponin을

1,000배와 500배로 희석하여 사용하였다. 동래베네스트골프장 잔디밭의 토양을 10×20×10 cm 크기의 플라스틱 화분에 넣고, 붉은줄지렁이 10마리를 접종하였다. 접종 후 각각의 희석배율로 희석한 tea saponin을 m^2당 1 *l* 양으로 살포하였다. 대조약제로는 ethoprophos 5% 입제를 m^2당 6 g씩 살포하였고, 무처리구는 물만 당 1 *l* 살포하였다. 처리한 pot는 조류의 공격을 막기 위하여 방충망으로 싼 후, 잔디포지에 10 cm 깊이로 땅을 파고 두었다. 처리 5일 후 생존여부를 조사하였다.

통계처리

골프장에서 지렁이의 월별 밀도는 Duncan's multiple range test로 처리평균간 차이를 분산분석 하였으며(PROC ANOVA), 골프장별 페어웨이와 러프 또는 조성년도의 차이에 따른 지렁이 밀도 차이는 t-test(PROC TTEST)를 수행하였다(조, 2006). 식물체 유래 물질들이 지렁이에 미치는 영향은 치사율을 arcsin√ 변환하여 Tukey's Studentized Range Test로 처리평균간 차이를 분산분석 하였으며(PROC ANOVA) 표기는 변환전의 평균±표준편차로 나타내었다.

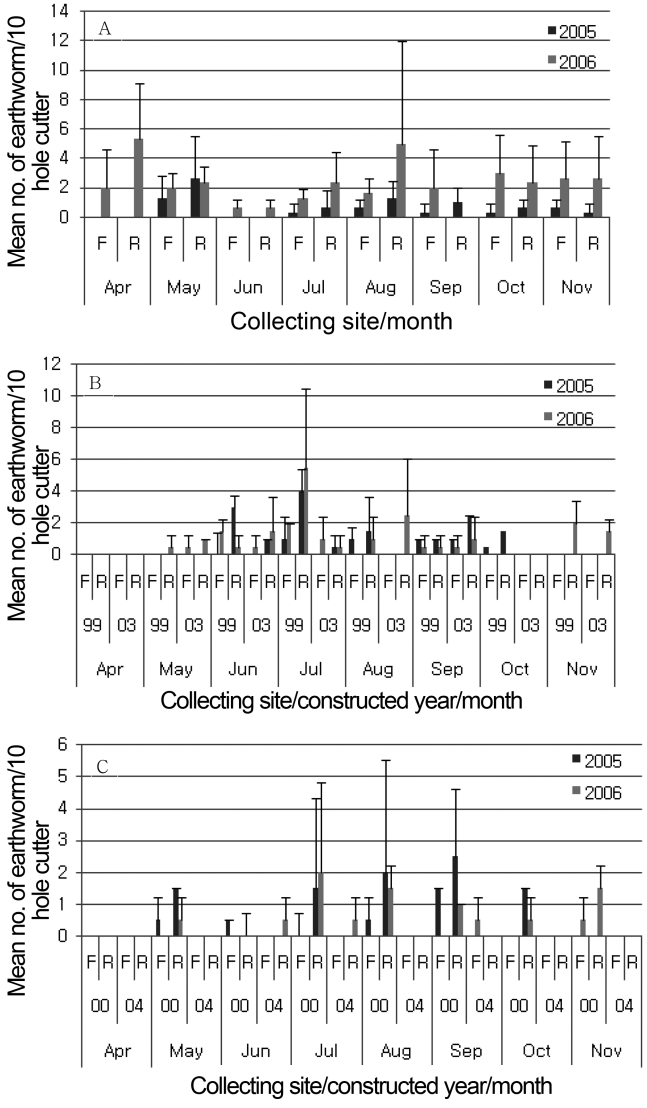

Fig. 1. Mean number of earthworm occurrence in golf courses in 2005 and 2006. F: fairway, R: rough. A: Dongrae Benest Golf Club in Busan, B: Anseung Beneat Golf Club in Anseung, and C: Gapyeong Benest Golf Club in Gapyeong.

결 과

골프장에서 지렁이의 발생 생태

골프장에서 지렁이의 서식 밀도는 2006년 안성지역(df=7, 56, F=2.20, P<0.0479)을 제외하고는 월별에 따른 통계적 유의성의 차이는 없었다(Fig. 1). 2006년 안성베네스트골프장에서는 7월의 지렁이 밀도가 가장 높았으며 4월과 11월에는 채집된 개체가 없었다(Fig. 1B). 부산의 동래베네스트골프장에서는 4월부터 11월까지 10개 hole cutter 조사 잔디에서 1마리이상의 발생을 보였으나(Fig. 1A) 가평베네스트골프장에서는 평균밀도가 상대적으로 적었고, 4월에는 안성베네스트골프장과 같이 채집된 지렁이가 없었다(Fig. 1C).

골프장 부분별 지렁이 밀도는 페어웨이지역이 러프지역에 비하여 낮은 밀도를 보였는데, 개장년도가 30년 이상된 동래베네스트골프장에서는 2005년과 2006년 모두 통계적 유의성의 차이는 없었다. 반면, 가평베네스트골프장에서는 2006년에만 통계적 유의성의 차이를 보였고(Pr>|t|=0.0103), 안성베네스트골프장에서는 2005년(Pr>|t|=0.025)과 2006년(Pr>|t|=0.0481)에 모두 통계적으로 유의성을 보였다(Table 1). 동일골프장에서 코스의 조성 기간에 따른 지렁이 밀도는 가평베네스트골프장에서는 2005년(Pr>|t|=0.002)과 2006년(Pr>|t|=0.0279) 모두 조성년도가 오랜 된 코스에서 유의성 있게 높았으며 안성베네스트골프장에서는 2005년도(Pr>|t|=0.0424)에만 통계적 유의성의 차이를 보였다(Table 1).

식물체 유래 물질의 지렁이에 대한 영향

식물체 유래 물질들의 지렁이에 대한 독성은 처리 물질들에 따라 다양하게 나타났다. 1차 실험 결과 한약재 추출물들 중에서는 원화처리에서만 독성이 높게 나타났고, mustard oil, wintergreen oil 및 tea saponin에서도 높은 독성을 보였다(Table 2).

1차 실험 결과를 바탕으로 반복수를 늘려 2차 실험을 수행한 결과, mustard oil은 0.03125 mg/kg 농도에서도 지렁이가 100% 치사되었으며 tea saponin과 wintergreen oil 처리에서는 0.25 mg/kg 농도까지 100% 치사되었다. 반면,

Table 1. Earthworm density on sites (fairway and rough) and age of each golf course in 2005 and 2006.

Golf club	Mean number of earthworm/10 hole cutter			
	2005		2006	
	Fairway and rough	Age**	Fairway and Rough	Age
Anseong	F: 0.38*	6 years: 1.20*	F: 0.41*	7 years: 0.88
	R: 1.25	2 years: 0.42	R: 1.13	3 years: 0.66
Dongrae	F: 0.53	-	F: 1.92	-
	R: 0.95	-	R: 2.58	-
Gapyeong	F: 0.21	5 years: 0.86*	F: 0.06*	6 years: 0.47*
	R: 0.64	1 year: 0.0	R: 0.5	2 years: 0.09

*In each compared factor has significant difference among the means (Pr>|t|was less than 0.05). F; Fairway, R; Rough
**Age of course.

Table 2. Effect of plant extracts and essential oils on earthworm, *Eisenia andrei* in artificial soil.

Con. (ml/kg)	Number of dead earthworm at 14th days after treatment							
	Daphne genkwa	*Pharbitis nil*	*Quisqualis indica*	*Xanthium strumarium*	*Zingiber officinale*	Mustard oil	Tea saponin	Wintergreen oil
0.5	8	0	0	2	1	10	10	9
0.25	3	1	1	0	2	9	10	4
0.125	4	0	0	2	0	3	10	8
0.0625	0	2	0	3	2	3	10	6
0.03125	1	0	1	2	3	0	10	9
0	1	1	1	1	1	1	1	1

Ten earthworms in each bottom were released on the artificial soil.

원화 처리구에서는 낮은 치사율을 보였다(Fig. 2).

토양 내에 지렁이가 있을 때 식물체추출물 처리가 지렁이에 미치는 영향을 알아보기 위하여 1차와 2차 실험에서 독성이 높으면서 식물체에 약해가 발생하지 않은 tea saponin을 이용하여 실험한 결과, 2주 후에 500배와 1,000배 농도 처리에서 21.8%와 26.1%의 보정사충율을 보였다(df=3,8, F=6.96, P<0.0128)(Fig. 3).

한편, 지표면으로 지렁이가 올라 왔을 때를 가정하여 인공토양 위에 지렁이를 접종하고, tea saponin 추출물을 표면 살포 한 결과, 2주후에는 토양 내 지렁이를 대상으로 한 실험에 비하여 높은 보정사충율을 보였다(df=3,8, F=7.31, P<0.0111)(Fig. 3).

Pot에서 지렁이에 대한 tea saponin의 영향을 조사한 결

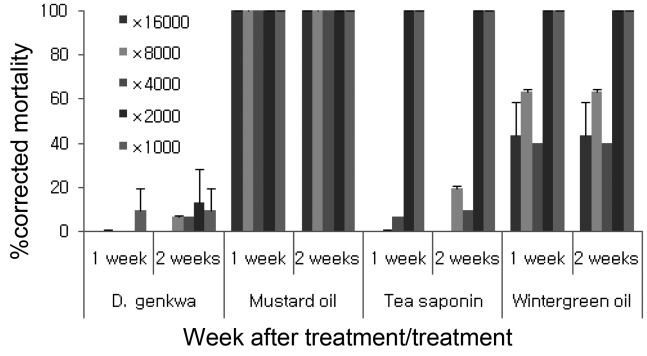

Fig. 2. Effect of plant extracts and essential oils on earthworm, *Eisenia andrei* in artificial soil.

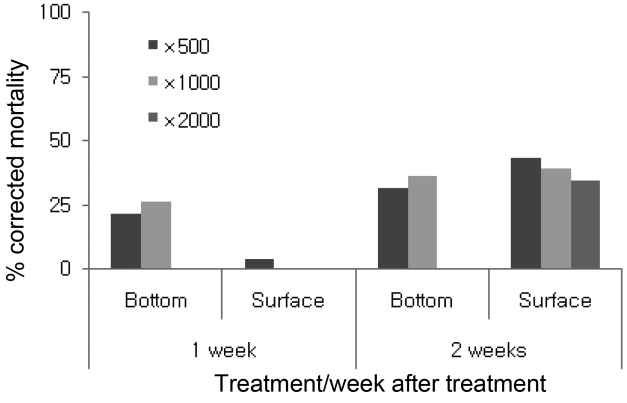

Fig. 3. Effect of tea saponin on earthworm, *Eisenia andrei*. Bottom; Earthworm was placed at 2 cm deep of artificial soil. Surface; Earthworm was placed on the surface of artificial soil.

과, 500배 처리구는 대조약제로 사용한 ethoprophos 5% 입제와 동일하게 7일 후에 모든 지렁이가 치사하였고, 1,000배 처리에서는 73.3±11.5%가 치사되었다. 무처리구에서 치사된 개체는 없었다(df=3,8, F=408.2, P<0.0001).

고 찰

골프장에서 채집된 지렁이는 낚시지렁이과(family Lumbricidae)의 갈색낚시지렁이(*Aporrectodea trapezoides*)가 모든 골프장에서 출현하였으며, 장미줄지렁이(*A. caliginosa*)는 일부 골프장에서만 발생하는 것이 확인되었다. 이외에 지렁이과(family Megascolecidae)에 속하는 똥지렁이(*Amynthas hupeiensis*)를 비롯한 왕지렁이속(genus *Amynthas*)에 속하는 지렁이들이 채집되었다. 우리나라에 서식하는 지렁이는 농생태계에서 주로 발견되는 낚시지렁이과 종류와 삼림생태계에 주로 서식은 하지만 일부가 농생태계에서 동시에 발생하는 지렁이과 종류로 크게 구분된다. 낚시지렁이과 종류의 대부분은 유럽이 원산지인 외래종이다 (Hong, 2000). 이들 낚시지렁이는 개체수가 많이 출현하지 않지만, 서식처 적응능력이 뛰어나 한번 정착하게 되면 오랜 기간 서식하게 된다(홍과 김, 2009). 똥지렁이는 작물재배지에서 개체수는 많지 않지만 광범위하게 서식하는 것으로 알려져 있다(홍과 김, 2007a, b, 2009). 특히, 서식지에 따라서는 많은 개체수가 동시에 관찰되기도 한다. 이 종은 국내에서 Song과 Paik(1969)에 의해서 울릉도에서 처음 기록되었고, 최근에는 Hong 등(2006)에 의해서 재기재 및 DNA 바코딩 정보가 확인되었다. 똥지렁이가 골프장에서 서식이 확인된 것은 이 종의 생물학적 특성을 이해하는데 주목할 만한 성과라고 할 수 있다. 또한 왕지렁이속의 1종이 추가로 확인되었지만, 약체만 채집되어 종의 동정은 할 수 없었다. 본 조사에서는 지렁이의 밀도 조사에 국한된 조사를 수행하여 전체적인 종의 분포를 확인하지 못하였다. 조사과정에서 개체의 일부분이 잘리거나 약체상태로 채집되어 동정이 불가능하였다. 향후 추가적인 조사를 통하여 골프장에 서식하는 지렁이 종을 확인하고 이를 분석할 예정이다. 또한 이들 골프장 주변 야산 등에서의 광범위한 서식 환경 조사를 통하여 이들 유입된 지렁이의 분포 범위를 조금 더 확실하게 규명할 수 있으리라 사료된다.

지렁이의 월별 발생량은 안성지역에서 7월에 많았던 것을 제외하면 월별 차이는 적었는데 안성이나 가평지역에서는 4월 조사 시 채집 된 개체가 없었다. 농생태계 서식 지렁이의 연간 분포소장은 대기 중의 온도가 올라가기 시작하는 3월말이나 4월초부터 출현하기 시작하여 장마 직후 개체수가 증가하여 7월 중순부터 8월까지 밀도 정점을 보이다가 9월 중순 이후 그 개체수가 급감하는 패턴을 보인다. 이는 일반적인 분포소장이지만 서식처의 유기물 등 환경조건에 따라서 달라지기도 한다. 본 조사에서는 골프장 지역별, 또한 출현한 종 별로 연간소장이 확인되지 않았지만 대체로 이와 같은 밀도 패턴을 보인 것으로 추정된다.

골프장 코스의 조성년도와 코스 위치(페어웨이와 러프)에 따라 지렁이의 밀도는 차이를 보였다. 전반적으로 페어웨이 지역에 비하여 러프지역의 지렁이 밀도가 높았고, 동일 골프장에서는 개장 년도가 오래되지 않은 신규 조성지의 지렁이 밀도가 낮았다. 이는 안정된 서식환경에서 많은 개체수가 출현하는 경향과 일치한다. 토양 내에서 지렁이는 식물체의 잔재물 등을 분해하는데 특히 골프장에서는 잔디의 예지물이나 고사된 잔디가 쌓여져 형성되는 북더기잔디층의 분해에 크게 기여하는 것으로 알려져 있다(Potter 등, 1990a). 따라서 본 조사의 결과에서 러프지역이 페어웨이 지역에 비하여 상대적 밀도가 높고, 조성년도가 오래된 코스에서 밀도가 높은 것은 지렁이의 이러한 역할과 관련이 있을 것으로 생각된다. 골프장에서 유기물의 집적은 북더기잔디층 발달이 주요한 원인으로 북더기잔디층의 형성은 시비나 잔디 깎기 작업의 주기 및 잔디 깎는 높이(예고), 각종 농약의 시용, 예지물의 제거 여부, 답압의 정도, 라지패취병과 같은 병원균 감염, 관리의 집약도 등이 관여 한다(Arnold and Potter, 1987; 이 등, 1987; 윤과 이, 1990; 이와 윤, 1991; 박 등, 1995; 황과 최, 1999). 러프 지역은 페어웨이 지역에 비하여 잔디깍기 높이(mowing height)는 낮고, 잔디깍기 작업의 주기는 길다. 잔디 깎기 주기가 짧을수록 잔디의 지상부와 지하부의 생장량이 증가한다(황과 최, 1999). 그리고 예지물을 제거하지 않을 경우 예고가 높을수록(잔디를 길게 깎을수록) 북더기잔디의 축적은 많이 되지만(이와 윤, 1991) 골프장에서는 예지물을 제거하고 있다. 따라서 상대적으로 러프지역이 페어웨이에 비하여 북더기잔디층이 발달할 수 있고, 잦은 깎기 작업과 긴 예고로 인하여 잔디의 밀도가 페어웨이 지역이 상대적으로 높다(황과 최, 1999). 따라서 러프지역에서 페어웨이지역에 비하여 상대적으로 지렁이 밀도가 높았던 것으로 생각된다. 또한 러프지역은 주변의 자연 생태계와 인접해 있고, 각종 수목들이 식재되어 있어 외부로부터의 유입이 상대적으로 용이하기 때문에 지렁이의 서식이 많았을 가능성이 높았을 것으로 추정된다. 또한 북더기잔디의 축적은 시간의 경과에 따라 집적도가 높아지기 때문에(윤과 이, 1992) 조성년도가 오래될수록 지렁이 밀도가 증가한 것으로 생각된다. 한편, 유기물의 함량은 지렁이와 같은 토양 소동물의 분포에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로 알려져 있다. 본 조사에서는 조사지역의 유기물 함량을 조사하지는 않았으나 이(1994)에 의하면 골프장에 따라 페어웨이

지역이 유기물 함량이 높은 곳도 있었고, 반대의 경우도 있었으며 김 등(2007)에 의하면 유기물 함량이 많은 관행 재배지에 비하여 유기물 함량이 적은 비경작지에 서식하는 지렁이 개체수가 많은 것으로 나타나 유기물 함량과 다른 관리적 요인들이 지렁이의 발생에 영향을 미칠 수도 있을 것으로 생각된다.

실험에 이용한 한약재들 중 원화는 곤충병원성선충과 누에에 독성이 강하고, 정향과 사군자는 곤충병원성선충, *Heterorhabditis* sp. 경산 계통에 독성이 강한 한약제인데(이 등, 2009), 실험 결과 모든 한약제는 지렁이에 대하여 낮은 치사활성을 보였다. 1차 실험에서 상대적으로 높은 독성을 보였던 원화 처리에서도 2차 실험에서는 낮은 독성을 보였다. 원화는 지표서식 곤충인 먼지벌레에 대해서도 낮은 독성을 보여 식물기생선충의 방제를 위해 이들을 이용할 때 지렁이와 같은 토양 서식 비표적 생물에 영향이 적을 것으로 생각된다.

Mustard oil이나 mustard oil cake는 뿌리혹선충(*Meloidogyne* sp.)이나 위축선충과 같은 식물기생선충에 활성이 있는 물질로 알려져 있다(Prakash and Rao, 1997). 그리고 곤충병원성선충에도 살선충 활성이 높은 물질이다(하 등, 2010). 그러나 토마토에서는 발아지연 현상이나 생육저해와 같은 약해가 발생하는 문제를 유발하고 있다(하, 2008). 따라서 본 연구의 결과와 같이 mustard oil은 지렁이에 대한 독성이 높아 골프장에서 이용하기 위해서는 잔디나 다른 식물에 대한 약해유무를 검정하여야 할 것으로 생각된다. Tea saponin을 포함한 차나무 유래물질들은 뿌리혹선충에 대한 살선충활성과 살충활성 및 일부 곤충류에 대한 섭식기피 물질을 함유하고 있는 것으로 알려져 있다(Prakash and Rao, 1997). 실험결과 지렁이에 대한 독성도 높은 것으로 나타났다. 특히, 이 물질은 잔디나 토마토와 같은 식물에 약해를 유발하지 않아(unpublished data) 골프장에서 지렁이의 밀도 억제용으로 사용이 가능할 것으로 생각된다.

한편, bendiocarb나 ethoprop, carbaryl 등의 농약은 처리 1주일 후 Kentucky bluegrass 잔디의 지렁이 감소율을 99%, 96.8%, 89.8% 감소시키고, 처리 20주 후에도 지렁이의 밀도를 무처리구에 비하여 현저히 낮게 한다(Potter 등, 1990b). 농약이나 비료를 주기적으로 사용하는 곳은 잔디깎기 작업만 하는 곳에 비하여 지렁이 발생은 적고, 북더기잔디의 축적은 심하다(Arnold and Potter, 1987).

북더기잔디의 축적량이 많은 zoysia 잔디가 많이 식재되어 있는 우리나라의 골프장에서는 북더기잔디 감소에 지렁이의 역할이 매우 클 것으로 생각은 되지만 지렁이의 발생량은 많을 것으로 생각된다. 따라서 북더기잔디의 축적량과 지렁이 발생과의 관계나 골프장의 잔디 관리 방법이 지렁이의 발생에 미치는 연구를 수행하여 토양 생태계의 균형을 통한 밀도 조절이 가능한 방법도 연구하여야 할 것으로 생각된다. 또한 tea saponin과 같은 천연물의 처리가 골프장 생태계에 미치는 영향을 면밀히 연구하여 친환경방제제로서 실용성을 재고하여야 할 것으로 생각된다.

요 약

골프장에서 지렁이의 발생생태와 식물체 유래 물질이 지렁이의 발생에 미치는 영향을 경기도 가평베네스트골프장과 안성베네스트골프장, 부산의 동래베네스트골프장에서 알아보았다. 지렁이의 밀도를 월별로 조사한 결과, 안성베네스트골프장에서만 차이를 보여 2006년 7월에 가장 밀도가 높았다. 1971년에 개장한 동래베네스트골프장에서는 페어웨이와 러프 지역 간에 지렁이의 밀도는 차이가 없었으나 1999년 이후에 개장한 가평베네스트골프장과 안성베네스트골프장에서는 페어웨이에 비하여 러프의 지렁이 밀도가 높았다. 동일 골프장에서는 코스의 조성 년도가 오래된 곳일수록 지렁이의 밀도가 높았다. 식물 정유인 mustard oil(*Brassica* spp.)과 wintergreen oil(*Gaultheria procumbens*) 및 한약재 추출물(사군자: *Quisqualis indica*, 원화: *Daphne genkwa*, 흑축: *Pharbitis nil*, 건강: *Zingiber officinale*, 창이자: *Xanthium strumarium*), 차나무(*Camellia sinensis*) saponin을 이용하여 지렁이에 대한 독성을 조사한 결과, mustard oil과 wintergreen oil 및 tea saponin의 독성이 높았다. Pot 실험결과 12.4% 유효성분량 tea saponin 분말 500배 살포 시에 대조약제인 ethoprophos와 동일한 100%의 치사율을 보였다.

주요어: 골프장, 개장년도, 러프, 지렁이, 차나무 사포닌, 페어웨이

감사의 글

이 논문의 일부는 2009년도 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었으며 일부의 결과는 농림수산식품부의 농림기술개발사업과 지식경제부의 지역산업기술개발사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었음. 골프장 현지 조사에 도움을 주신 골프장 관계자분들께 사의를 표합니다.

참고문헌

1. 김태홍, 정세호, 홍용, 최낙중. 2007. 제주 친환경 재배지의 지렁이, 톡토기 및 응애상. 한국토양동물학회지 12:23-27.
2. 농촌진흥청. 2000. 환경생물독성 시험기준과 방법. 농진청고시 제 2000-1호.

3. 박규진, 김영호, 박은경, 김동성. 1995. 미생물제에 의한 잔디의 토양전염병 방제 효과. 식물병과 농업 1:19-29.
4. 윤용범, 이주삼. 1990. 질소시비가 한국잔디의 생육과 thatch 축적에 미치는 영향. 한국잔디학회지 4:125-131.
5. 윤용범, 이주삼. 1992. 예초관리에 따른 Kentucky bluegrass의 품종 간 생육과 thatch축적 I. 예초잔여물의 제거 하에서의 품종 간 차이. 한국잔디학회지 6:29-37.
6. 이동운, 추호렬, 정재민, 이상명, 허진, 성영탁. 1998. 골프장 식생과 주둥무늬차색풍뎅이(*Adoretus tenuimaculatus* Waterhouse) 가해 기주식물의 지역적 차이. 한국잔디학회지 123:1-16.
7. 이동운, 최현철, 김태수, 박종균, 박정찬, 유황빈, 이상명, 추호렬. 2009. 몇 가지 한약재 추출물이 곤충병원성선충과 누에 및 먼지벌레에 미치는 영향. 한국응용곤충학회지 48:335-345.
8. 이인숙. 1994. 경기도 골프장의 코스별 토양의 화학적 특성. 한국잔디학회지 8:25-28.
9. 이주삼, 윤용범. 1991. 예초고가 *Zoysia japonica*의 생육과 thatch축적에 미치는 영양. 한국잔디학회지 5:75-80.
10. 이주삼, 윤용범, 이경구, 윤익석. 1987. Tall fescue의 생육과 thatch축적에 미치는 압력요인의 영향. 한국잔디학회지 1:37-41.
11. 조인호. 2006. SAS 강좌와 통계 컨설팅. 영진닷컴.
12. 추호렬, 이동운, 박지웅, 이종원. 1999. 골프장 발생 주요 풍뎅이 4종, 주황긴다리풍뎅이, 주둥무늬차색풍뎅이, 등얼룩풍뎅이, 녹색콩풍뎅이의 비교. 한국잔디학회지 13:101-112.
13. 하판정. 2008. 살선충 활성을 가지는 식물정유가 곤충병원성 선충과 누에 및 참외와 토마토의 발아와 유묘생장에 미치는 영향. 경상대학교 석사학위논문.
14. 하판정, 김태수, 이신혜, 추호렬, 최성환, 김영섭, 이동운. 2010. Neem과 mustard oil이 곤충병원성 선충과 누에에 미치는 영향. 농약과학회지 14:54-64.
15. 한국작물보호협회. 2009. 농약사용지침서. 삼정인쇄.
16. 홍용, 김태흥. 2007a. 농생태계 서식하는 지렁이 종 분포조사. 환경생물학회지 25:88-93.
17. 홍용, 김태흥. 2007b. 시설재배지(오이 비닐하우스)의 지렁이 개체군. 환경생물학회지 25:100-106.
18. 홍용, 김태흥. 2009. 선유도 농생태계 지렁이상. 환경생물학회지 27:135-139.
19. 환경부. 1996. 화학물질 유해성시험방법.
20. 황연성, 최준수. 1999. 깎기주기, 통기작업, 시비수준 및 비료종류가 한국잔디의 품질 및 생육에 미치는 영향. 한국잔디학회지 13:79-90.
21. Arnold, T.B. and D.A. Potter. 1987. Impact of a high-maintenance lawn-care program on nontarget invertebrates in Kentucky bluegrass turf. Environ. Entomol. 16:100-105.
22. Butt, K. R. 2000. Earthworms of the Malham Tarn Estate (Yorkshire Dales national park). Field Studies 9:701-710.
23. Christians, N. 1998. Fundamentals of turfgrass management. Ann Arbor Press. MI.
24. Darwin, C. 1881. The formation of vegetable mould through the action of worms. Murray, London.
25. Edwards, C.A. 1988. Breakdown of animal, vegetable, and industrial organic wastes by earthworms, p. 21-31. In: C.A. Edwards and E.F. Neuhauser (eds.), Earthworms in waste and environmental management. SPB, Hague.
26. Fermanian, T.W., M.C. Shurtleff, R. Randell, H.T. Wilkinson, and P.L. Nixon. 2003. Controlling turfgrass pests. Pearson Education, Inc. NJ.
27. Hong, Y. 2000. Taxonomic review of the family Lumbricidae (Oligochaeta) in Korea. Korean J. Syst. Zool. 16:1-13.
28. Hong, Y., C.H. Ahn, and T.H. Kim. 2006. Redescription of *Amynthas hupeiensis* (Michaelsen, 1895) with DNA barcoding data. Korean J. Soil. Zool. 11:106-109.
29. Hong, Y. and S.W. James. 2009. Some new Korean megascolecoid earthworms (Oligochaeta). J. Nat. Hist. 43:21-24.
30. OECD. 1993. Earthworm acute toxicity test, 207, OECD guidelines for testing of chemical, OECD, Paris.
31. Potter, D.A. 1994. Effects of pesticides on beneficial invertebrates in turf, p. 59-70. In: A.N. Leslie (ed.), Handbook of integrated pest management for turf and ornamentals. Lewis Publishers. Boca raton, FL.
32. Potter, D.A. 1998. Destructive turfgrass insects biology, diagnosis, and control. Ann Arbor Press, Inc. MI.
33. Potter, D.A., A.J. Powell, and M.S. Smith. 1990a. Degradation of turfgrass thatch by earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) and other soil invertebrates. J. Econ. Entomol. 83:205-211.
34. Potter, D.A., M.C. Buxton, C.T. Redmond, C.G. Patterson, and A.J. Powell. 1990b. Toxicity of pesticides to earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) and effect on thatch degradation in Kentucky bluegrass turf. J. Econ. Entomol. 83:2362-2369.
35. Potter, D.A., P.G. Spicer, C.T. Redmond, and A.J. Powell. 1994. Toxicity of pesticides to earthworms in Kentucky bluegrass turf. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 52:176-181.
36. Prakash, A. and J. Rao. 1997. Botanical pesticides in agriculture. CRC Press, Inc. Boca Raton. FL.
37. Song, M.J. and K.Y. Paik. 1969. Preliminary survey of the earthworms from Dagelet Isl., Korea. Korean J. Zool. 12:13-21.
38. Stockdill, S.M.J. 1966. The effect of earthworms on pastures. Proc. N. Z. Ecol. Soc. 13:68-75.