

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32 (3), 2012, and formerly Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25 (1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26 (2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea founded in 1981 and 1987, respectively.

골프장에서 지렁이 분변토 발생의 계절적 변화

신종창^{1,2} · 김종경³ · 홍 용⁴ · 김영섭² · 김진호⁵ · 박대섭¹ · 이동운^{2*}

¹삼성물산(주) 식물환경연구소, ²경북대학교 생태과학과, ³동래베네스트골프장,
⁴전북대학교 농생물학과, ⁵경북대학교 생태환경시스템학부

Seasonal Earthworm Casting Activity on Korean Golf Courses

Chong Chang Shin^{1,2}, Jong Kyung Kim³, Yong Hong⁴, Young Sub Kim², Jin Ho Kim⁵,
Dae Sup Park¹, and Dong Woon Lee^{2*}

¹Plant Environment R&D Center, Samsung C&T, Gunpo 15877, Korea

²Department of Ecological Science, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

³Dongrae Benest Golf Club, Samsung C & T, Busan 46212, Korea

⁴Department of Agricultural Biology, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

⁵School of Ecology and Environmental System, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

ABSTRACT. Earthworm cast occurred in surface of turfgrass in golf courses which affect turfgrass maintenance and golf play. In this study several survey of seasonal fluctuation of earthworm cast in different golf courses (Anseong, Gapyeong, Gunpo and Yongin in Gyeonggi province, and Geumjeong in Busan) was done. A number of earthworm, soil temperature and moisture of detection site of earthworm cast in each golf course were also done. Cast occurred in different golf courses are found mostly from April to November on turf surface and the cast number varied in different month as well as in golf courses. In the same golf courses, a number of detected cast was difference from individual sites. A number of cast and earthworm was correlated. Also, in higher soil moisture showed the higher cast density in different golf courses. Soil temperature and moisture of detecting cast ranging from 2.1°C to 33.1°C and 4.9 to 44.1%, respectively. In case of cast, soil temperature level lies in between 10-15°C where the highest soil moisture was 25%.

Key words: Earthworm cast, Insect pest, Soil moisture, Soil temperature, Turfgrass

Received on November 7, 2015; Revised on November 17, 2015; Accepted on December 4, 2015

*Corresponding author: Phone) +82-54-530-1212, Fax) +82-54-530-1218; E-mail) whitegrub@knu.ac.kr

© 2015 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

지렁이는 토양 내에서 입단구조의 변화나 통기성 및 물리성 개선, 유기물의 분해와 식물의 양분 흡수 조장 등을 통해 토양비옥도를 증가시킨다(Darwin, 1881). 또한 골프장에서 지렁이는 북더기잔디(thatch)의 분해를 촉진시켜 유기물화를 조장한다(Potter et al., 1990). 골프장에서 지렁이가 토양의 전전도를 높이는데 기여하고 있는 것은 분명하지만 지렁이가 잔디표면위로 내어놓는 분변토는 많은 문제를 일으키고 있다. 티잉그라운드, 그린칼라, 그린 및 페

어웨이와 같이 잔디의 예고가 낮은 곳에 발생하는 분변토는 잔디의 균일성을 떨어뜨려 공의 구름을 방해하거나 정상적인 경기를 방해한다(Potter, 1998). 특히 점질토의 비율이 높은 분변토에 골프공이 박히게 되면 샷의 정확도를 떨어뜨리고, 잔디관리를 위해 사용되는 각종 장비의 바퀴에 진흙층이 붙어 코스 곳곳에 떨어지게 되면 코스의 장애물로 남게 된다. 아울러 점토가 많은 분변토들이 밀집되어 있는 곳은 배수가 불량해져서 잔디의 통기성이 나빠지고, 이런 지역에서 깎기작업을 하게 되면 균일하게 잔디가 깎이지 않고, 칼날의 손상도 오게 된다(Kirby and Baker, 1995;

Potter et al., 1990; Williamson and Hong, 2005). 지렁이가 발생시키는 분변토의 양에 대한 여러 연구들이 수행되었는데, 특히 Schread (1952)는 465 m² 크기의 골프장 그린에 1년에 축적되는 분변토의 양을 2톤으로 추정하였다. 골프장에서 다량의 지렁이 분변토가 발생함에 따라 골프장이나 운동장의 잔디를 전문적으로 관리하는 그린키퍼나 관리자들은 지렁이를 중요한 해로운 생물군의 하나로 인식하고 있다(Raikers et al., 1994a, b).

다양한 지렁이류가 일반 생태계 내에 서식하고 있지만 골프장에서 분변토 문제를 일으키는 지렁이류는 소수로 알려져 있다. 미국의 Michigan과 Minnesota의 경우 각각 20종과 15종의 지렁이가 알려져 있지만 잔디에서 분변토를 형성하는 종은 *Lumbricus terrestris*나 *Aporrectodea longa*, 장미줄지렁이(*A. caliginosa*) 등이 알려져 있다(Kirby and Baker, 1995; Reynolds et al., 2002; Snider, 1991). 현재까지 이 3종 중에서 우리나라에서는 장미줄지렁이만 서식하는 것으로 기록되어 있다. 특히 유럽이 원산지인 이 종은 농생태계에 광범위하게 분포하는 종으로 서식력이 매우 뛰어난 종으로 알려져 있으며, 일부 단일 경작지 지렁이 개체군집에서 최우점종으로 보고 된 바 있다(Hong, 2014). 한편 지렁이에 의해 발생하는 분변토에 관한 연구들은 분변토 발생을 줄일 수 있는 방법의 강구와 관련 된 연구들이 주로 수행되었는데(Backman et al., 2001; Kirby and Baker, 1995; Williamson and Hong, 2005), Redmond et al. (2014)는 지렁이와 지렁이 분변토의 월별 발생을 연구한바 있다.

우리나라에서는 Ha et al. (2010)이 골프장에 발생하는 지렁이의 종류조사를 한 바 있고, Lee et al. (2010)이 지렁이류의 월별 발생량을 골프장에서 연구한 바 있는데 실제 골프장에서 문제시 되고 있는 분변토에 관해서는 연구 된 바가 없다.

따라서 본 연구는 우리나라 골프장에서 지렁이 분변토가 실제 얼마나 발생하는지를 알아보기 위하여 5개 골프장에서 지렁이 분변토 발생 수를 조사하였으며 지렁이 분변토 수와 실제 지렁이 발생량과의 관계를 알아보기 위하여 지렁이 밀도를 동시에 조사하였다.

재료 및 방법

조사골프장

지렁이 분변토 발생 상황을 알아보기 위해 우리나라 중부권에 위치한 안양골프장과 가평베네스트골프장, 안성베네스트골프장 및 글렌로스골프장에서 실시하였으며 남부권은 동래베네스트골프장에서 조사하였다.

경기도 군포의 안양골프장은 1967년 개장한 회원제 18홀 골프장으로 페어웨이와 러프는 중지(*Zoysia japonica*)로

조성되어 있으며 그린은 크리핑벤트그래스(*Agrotis stolonifera*, 'Shark') 티잉그라운드는 켄터키블루그래스(*Poa pratensis*, 'Midnight II')로 조성되어 있다. 코스 내 조경수는 소나무(*Pinus densiflora*), 잣나무(*Pinus koraiensis*) 등이 식재되어 있다.

경기도 가평에 위치한 가평베네스트골프장은 2004년 개장 한 회원제 27홀 골프장으로 페어웨이와 러프는 중지로 조성되어 있으며 그린은 크리핑벤트그래스(*Agrotis stolonifera*, 'SR1020') 티잉그라운드는 켄터키블루그래스로 조성되었으며 주요 조경수는 소나무, 자작나무(*Betula platyphylla*), 잣나무, 단풍나무(*Acer palmatum*) 등이 식재되어 있다.

경기도 안성에 위치한 안성베네스트골프장은 1999년에 18홀(서, 북코스) 개장 후, 동코스는 2000년, 남코스는 2003년에 개장하였다. 페어웨이와 러프는 중지로 조성되었으며 그린은 크리핑벤트그래스(*A. stolonifera*, 'SR1020') 티잉그라운드는 켄터키블루그래스로 조성되었으며 주요 조경수는 소나무이다.

경기도 용인에 위치한 글렌로스골프장은 1999년 개장한 대중제 9홀 골프장으로 페어웨이와 러프는 중지, 그린은 크리핑벤트그래스(*A. stolonifera*, 'SR 1020') 티잉그라운드는 켄터키블루그래스로 조성되었으며 주요 조경수종은 소나무, 단풍나무 등이다.

부산시 금정구에 위치한 동래베네스트골프장은 1971년 개장한 회원제 18홀 골프장으로 페어웨이는 금잔디(*Z. matrella*), 러프는 중지로 조성되어 있으며 그린은 크리핑벤트그래스(*A. stolonifera*, 'Penncross') 티잉그라운드는 켄터키블루그래스로 조성되어 있다. 주요 조경 수종은 곰솔(*Pinus thunbergii*)이 우점하고 있다.

조사지역 선정과 조사방법

각 골프장에서 조사 지역은 골프장 별로 지렁이의 분변토가 많이 발생하는 페어웨이 3개 지역을 선정하여 실시하였으며(Table 1), 선정된 지역은 코스관리팀의 협조로 년 중 살충제를 처리하지 않고, 분변토 발생량을 조사하였다.

조사는 지렁이 분변토 수 조사와 토양 내 지렁이 발생량 조사를 병행하여 수행하였는데 지렁이 발생량 조사는 잔디의 뗏장을 들어내어 뗏장과 흙 속에 있는 지렁이를 직접 조사하는 방법과 토양 속의 지렁이를 지상부로 탈출 시키게 하는 티 사포닌 처리(Ha et al., 2010)로 나누어 조사하였다.

지렁이 분변토 조사와 잔디뗏장 내 지렁이 직접조사를 위하여 각 골프장에서 분변토 발생이 많은 한 곳의 페어웨이를 선정하여(Table 1) 직경 85 cm 홀라후프(0.567 m²)를 임의로 분변토 발생이 많은 4곳과 분변토 발생이 없는 4지점에 던진 다음 홀라후프 내에 있는 분변토 수를 조사하였다. 분변토 수 조사 후 토양 수분량(TRIM-FM, 독일)

Table 1. Survey site and date for number of earthworm and cast in each golf courses.

Golf courses	Direct observation site	Tea saponin drenching site	Turfgrass height (mm)	Survey date (day/month)
Anyang	No 10 hole	No 11 and 12	17~21 mm	4/29, 5/22, 6/14, 8/22, 9/16, 11/1
Anseong	West 6 hole	West 9 and North 8 hole	20~24 mm	4/22, 9/10
Dongrae	No 4 hole	No 6 and 7 hole	13~21 mm	4/8, 5/10, 6/9, 7/22, 8/26, 9/26, 10/28, 11/19
Gapyeong	Pine 7 hole	Pine 9 and Maple 12 hole	20~24 mm	5/8, 10/2
Glenrose	No 9 hole	No 2 and 5 hole	20~24 mm	4/17, 5/20, 6/13, 9/16, 11/1

과 지온을 지온측정기(Wet Sensor, 경도상사)를 이용하여 조사하였다.

지렁이 밀도는 가로 17.5 cm, 세로 22 cm 크기의 사각 삽을 이용하여 홀라후프 내 가로 30 cm, 세로 30 cm, 깊이 10 cm 크기로 뗏장을 떠 낸 후 뗏장과 토양 속의 지렁이 밀도를 조사하였으며 골프장 별 조사 시기는 2013년 4월부터 11월까지였다(Table 1).

골프장에서 지렁이나 해충을 조사하기 위하여 잔디의 뗏장을 들어내어 조사하는 것은 잔디의 생육에 지장을 초래하고, 특히 들잔디와 같은 난지형 잔디의 경우 뗏장의 활착 기간이 오래 걸려 골프장 관리자들이 매우 꺼려하는 방법이다. 따라서 이러한 단점을 극복하기 위하여 잔디 뗏장을 들어내지 않고, 토양 내 지렁이를 조사할 수 있는 방법의 하나가 티 사포닌 관주처리법이다(Ha et al., 2010). 따라서 본 조사에서도 잔디 뗏장을 들어내어 지렁이를 조사하는 방법과 더불어 티 사포닌 관주를 통한 지렁이 개체수 조사 방법을 병행하였다.

티 사포닌 관주 처리를 통한 지렁이 개체수 조사와 지렁이 분변토 조사는 각 골프장에서 두 곳의 조사지를 대상으로(Table 1) 직경 38 cm, 높이 20 cm 철제 링(0.11 m²)을 임의로 분변토 밀도가 높은 네 지점과 분변토가 없는 네 지점에 고정시킨 다음, 링 내에 있는 분변토 수를 조사하였다. 토양수분과 토양온도는 전술한 방법으로 수행하였으며 지렁이 밀도 조사를 위하여 티 사포닌(달용이, KCP(주)) 100 ml를 물 50 L에 희석한 후, 링 내에 2L씩 관주 한 뒤, 10분간 뗏장 위로 올라오는 지렁이를 채집하였다. 채집된 지렁이는 90% ethanol이 들어있는 50 ml 채집병에 넣어 즉시 시킨 후, 70% ethanol이 들어있는 50 ml 채집병에 넣어 실험실로 이송하였다.

통계분석

지렁이 수와 분변토의 발생 수 및 토양온도나 습도와 지렁이 분변토 수 및 지렁이 밀도와의 상관관계는 SAS프로그램(SAS 9.3 user's Guide, 2011)을 이용하여 상관분석(PROC CORR)하였다. 아울러 각 조사골프장에서 분변토 수가 많은 곳과 적은 곳으로 구분하여 조사한 자료는 t-test

를 통해 두 집단간 분변토 수, 토양 온도와 습도, 지렁이 밀도 차이를 SAS프로그램으로 분석하였다(PROC T TEST)(SAS 9.3 user's Guide, 2011).

지렁이와 분변토 발생의 골프장 별, 월 별 차이는 SAS프로그램(PROC ANOVA)을 이용하여 처리 평균간 차이를 Duncan의 다중검정으로 분석하였다(SAS 9.3 user's Guide, 2011).

결 과

지렁이 분변토와 뗏장 내 지렁이 조사

직경 85 cm 홀라후프를 이용하여 지렁이 분변토 수를 각 골프장에서 조사한 결과 조사골프장별에 따라 차이가 있었다(Table 2). 4월부터 11월까지 매달 조사를 한 동래베네스트골프장의 경우 8월과 11월에 분변토 수가 가장 많았으나 안양골프장에서는 4월과 11월에 분변토 수가 가장 많았다. 동일한 달에 서로 다른 골프장에서 지렁이 분변토 수는 8월을 제외하고는 골프장별로 차이가 없었다.

직접조사지에서 채집된 지렁이 수는 조사시기와 골프장별에 따라 차이를 보였다(Table 3). 동래베네스트골프장에서는 4월과 8월에 지렁이 수가 가장 많았으나 이후에는 밀도가 감소하였고, 안양골프장에서는 11월의 지렁이 밀도가 높았다. 4월과 9월 조사 시 안성베네스트골프장의 지렁이 밀도가 가장 높았다.

티 사포닌 관주처리지에서 지렁이 분변토와 지렁이 조사

티 사포닌 관주처리 방법을 이용하여 지렁이 개체수를 조사한 처리구 내에서 지렁이 분변토 수는 직접조사지에서와 유사하게 조사시기나 골프장별에 따라 차이를 보였다(Table 4). 안양과 동래베네스트골프장 모두 11월 조사 시 분변토 수가 가장 많았으며 5월 조사에서는 가평베네스트골프장의 분변토 수가 가장 많이 조사되었다. 티 사포닌 관주처리에 의해 탈출하는 지렁이 수를 조사한 결과 안양골프장에서는 9월 조사에서 가장 많은 수가 채집되었고, 동래베네스트골프장에서는 5월 조사에서 가장 많은 개체수가 채집되었다(Table 5).

Table 2. Mean number of earthworm cast in soil digging survey site of each golf courses.

Golf courses	Mean number of earthworm cast in each month \pm SD							
	4	5	6	7	8	9	10	11
Anyang	9.1 \pm 3.6aA ^y	7.5 \pm 2.6bA	5.5 \pm 0.6bA	NT	1.5 \pm 0.6bA	3.3 \pm 0.5bA	NT	45.5 \pm 36.6aA
Anseong	10.3 \pm 3.3aA	NT ^z	NT	NT	NT	3.8 \pm 1.0aA	NT	NT
Dongrae	8.2 \pm 5.4abcA	5.8 \pm 1.3cA	4.8 \pm 1.3cA	6.8 \pm 2.5bc	12.5 \pm 2.5aB	3.3 \pm 3.5cA	5.5 \pm 0.5cA	11.5 \pm 3.1abA
Gapyeong	NT	7.5 \pm 4.4aA	NT	NT	NT	NT	6.8 \pm 1.0aA	NT
Glenrose	13.2 \pm 9.7aA	5.3 \pm 1.0aA	7.3 \pm 5.3aA	NT	NT	6.8 \pm 4.2aA	6.3 \pm 1.0aA	NT

^yThe same lowercase and uppercase letter in each row and column indicated that there is no significant difference among means (Duncan's multiple range test, $P < 0.05$).

^zNT; no survey.

Table 3. Mean number of earthworm in soil digging survey site of each golf courses.

Golf courses	Mean number of earthworm in each month \pm SD							
	4	5	6	7	8	9	10	11
Anyang	2.7 \pm 1.8abB ^y	1.5 \pm 1.9bA	0.5 \pm 0.6bA	NT	1.0 \pm 1.2bA	1.8 \pm 1.7bAB	NT	5.0 \pm 2.6aA
Anseong	9.6 \pm 6.1aA	NT ^z	NT	NT	NT	7.0 \pm 6.3aA	NT	NT
Dongrae	4.2 \pm 3.4aB	2.3 \pm 2.2abcA	1.0 \pm 1.4bcA	2.8 \pm 2.6abc	4.3 \pm 1.5abB	0.8 \pm 0.5cB	0.5 \pm 0.6cB	0.0 \pm 0.0cB
Gapyeong	NT	1.3 \pm 1.5A	NT	NT	NT	NT	2.0 \pm 0.8B	NT
Glenrose	2.8 \pm 2.0bB	1.8 \pm 0.5bA	1.5 \pm 1.0bA	NT	NT	3.5 \pm 2.6bAB	6.8 \pm 3.0aA	NT

^yThe same lowercase and uppercase letter in each row and column indicated that there is no significant difference among means (Duncan's multiple range test, $P < 0.05$).

^zNT; no survey.

Table 4. Mean number of earthworm cast in tea saponin drenching survey site of each golf courses.

Golf courses	Mean number of earthworm cast in each month \pm SD						
	5	6	7	8	9	10	11
Anyang	4.4 \pm 1.4cAB ^y	3.9 \pm 0.8bcA	NT	8.9 \pm 6.1aA	6.3 \pm 2.5abAB	NT	11.3 \pm 5.6dA
Anseong	NT ^z	NT	NT	NT	5.8 \pm 1.5AB	NT	NT
Dongrae	2.7 \pm 0.9bB	4.0 \pm 3.4bA	1.9 \pm 1.0b	1.8 \pm 1.0bB	8.5 \pm 1.0bA	11.1 \pm 6.9bA	22.4 \pm 14.5aA
Gapyeong	7.1 \pm 5.0aA	NT	NT	NT	NT	7.1 \pm 1.2aA	NT
Glenrose	3.1 \pm 1.1bB	5.3 \pm 1.8bA	NT	NT	3.1 \pm 1.8bB	14.7 \pm 10.6aA	NT

^yThe same lowercase and uppercase letter in each row and column indicated that there is no significant difference among means (Duncan's multiple range test, $P < 0.05$).

^zNT; no survey.

Table 5. Mean number of earthworm in tea saponin drenching survey site of each golf courses.

Golf courses	Mean number of earthworm in each month \pm SD						
	5	6	7	8	9	10	11
Anyang	1.6 \pm 1.1bA ^y	5.1 \pm 5.9abA	NT	6.0 \pm 3.4abA	7.1 \pm 3.8aA	NT	2.3 \pm 1.8abA
Anseong	NT ^z	NT	NT	NT	4.5 \pm 5.4AB	NT	NT
Dongrae	4.3 \pm 4.5abcA	2.6 \pm 4.9bcA	2.7 \pm 1.0abc	0.0 \pm 0.0abB	1.4 \pm 1.1cB	0.3 \pm 0.5cA	1.5 \pm 2.4cA
Gapyeong	2.3 \pm 2.8aA	NT	NT	NT	NT	3.4 \pm 3.7aA	NT
Glenrose	3.1 \pm 1.2aA	2.0 \pm 0.8aA	NT	NT	2.3 \pm 1.4aB	3.8 \pm 3.3aA	NT

^yThe same lowercase and uppercase letter in each row and column indicated that there is no significant difference among means (Duncan's multiple range test, $P < 0.05$).

^zNT; no survey.

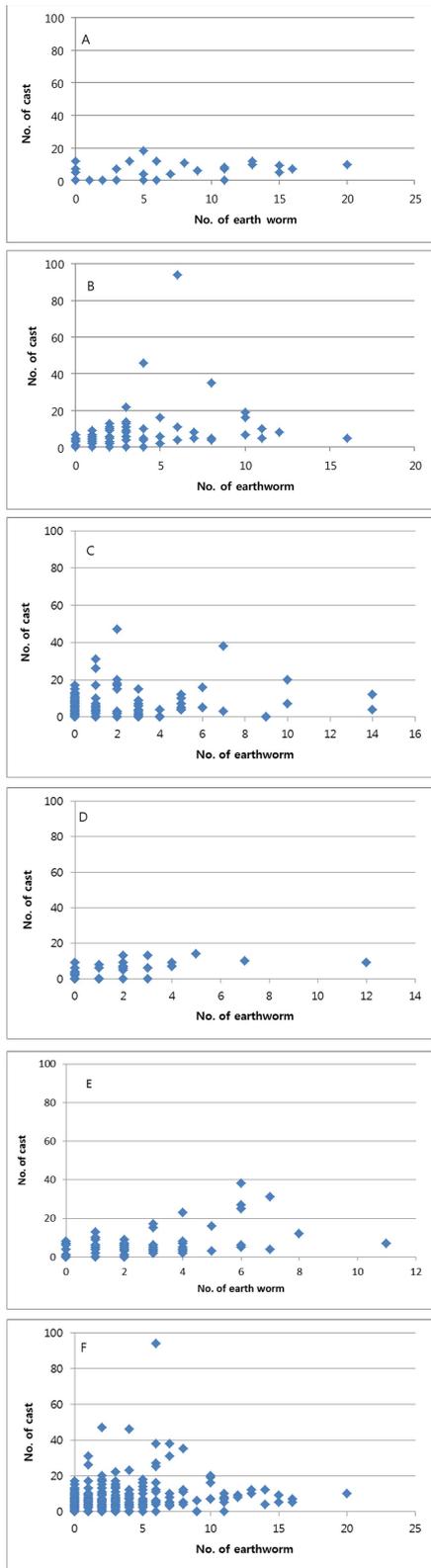


Fig. 1. Correlation between number of earthworm cast and earthworm in each sampled golf courses. A: Anyang Golf Club; B: Anseong Benest Golf Club; C: Dongrae Benest Golf Club; D: Gapyeong Benest Golf Club; E: Glenrose Golf Club; F: correlation of all survey golf courses.

지렁이 분변토 및 지렁이 발생과의 상관관계 및 지렁이 분변토 발생지 특성

각 골프장에서 지렁이 분변토 수와 지렁이 밀도와의 상관관계를 조사한 결과 모든 골프장에서 양의 상관관계를 나타내었다(가평: $p < 0.001$; 동래: $p = 0.0002$; 안양: $p < 0.001$; 안성: $p = 0.0012$; 용인: $p < 0.001$). 전체 골프장의 조사결과를

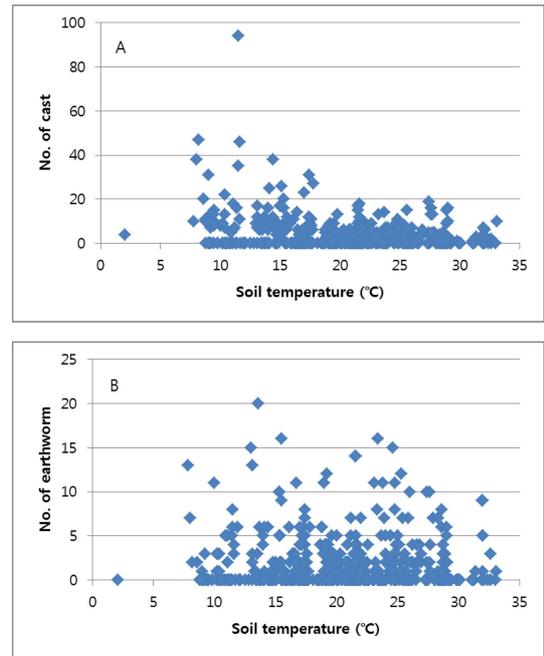


Fig. 2. Distribution map of soil temperature in cast (A) and earthworm (B) survey area in golf courses.

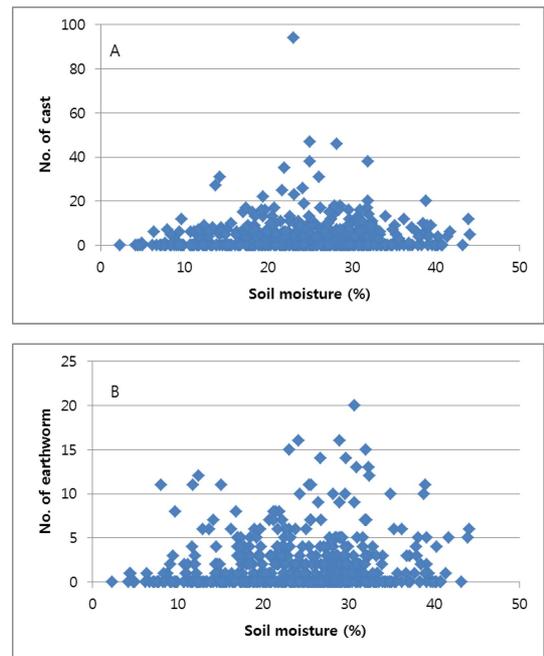


Fig. 3. Distribution map of soil moisture in cast (A) and earthworm (B) survey area in golf courses.

Table 6. Mean number of earthworm and cast, soil temperature and moisture depending on high and low density area of earthworm cast in golf courses.

Density of cast	Mean no. of cast ± SD	Mean no. of earthworm ± SD	Mean soil temperature (°C) ± SD	Mean soil moisture (%) ± SD
High density area	8.0±8.7	3.1±3.6	20.4±6.0	24.5±7.6
Low density area	0.0±0.0	0.5±1.4	20.5±5.7	23.1±8.6
Pr > [t]	0.0001	0.0001	0.5138	0.0442

종합하였을 경우 r값은 0.37215로 양의 상관관계($p < 0.001$)를 보였다(Fig. 1).

전체 지렁이 분변토 조사지역의 토양온도를 조사한 결과 2.1°C에서 33.1°C까지 다양한 온도대에서 지렁이 분변토가 확인되었는데 온도가 높을수록 지렁이 분변토 수는 감소하는 경향을 보였다($r = -0.25489$, $p < 0.001$)(Fig. 2). 지렁이가 채집된 토양온도는 7.8-33.1°C로 다양한 온도대에서 발생이 확인되었는데 분변토가 확인된 온도보다는 최저온도가 5.7°C 더 높았다(Fig. 2). 지렁이 발생수도 온도와는 음의 상관관계를 보였으나 통계적 유의성은 없었다($r = -0.02444$, $p = 0.5695$).

지렁이 분변토 발생지역의 토양수분량은 4.9-44.1%였으며 지렁이 채집지역의 토양수분량은 6.4-44.1%였다(Fig. 3). 분변토 발생과 토양수분과는 상관관계가 없었으나 지렁이 수와는 양의 상관관계를 보였다($r = 0.10904$, $p = 0.0109$).

전체 지렁이 분변토 조사지역을 분변토 발생량이 많은 지역과 적은 지역으로 구분하여 지렁이 밀도와 평균토양온도 및 수분량을 조사한 결과는 Table 6과 같았다. 지렁이 분변토가 잔디 표면에 없는 곳에서도 지렁이가 채집되거나 분변토가 많은 곳에서도 지렁이가 채집되지 않은 곳들이 있어 지렁이 분변토가 많았던 곳의 평균 분변토 수에 비하여 지렁이 수는 37.5%정도였고, 분변토 발생이 없었던 곳에서의 지렁이 수도 0.5마리가 확인되었다. 토양온도는 분변토가 많은 지역과 적은 지역간 차이가 없었으나 평균 토양수분량은 분변토가 많은 지역이 적은 지역에 비하여 통계적으로 유의하게 높았다(Table 6).

고 찰

골프장에서 지렁이 분변토는 연중 지속적으로 발생하였다. 분변토의 발생지역은 골프장이나 조사시기별로도 차이가 있었으며 동일골프장 내에서도 다발생 지역이 국지적으로 나타났다(Observation data). 본 조사에서도 동래베네스트골프장의 경우 지렁이의 밀도를 뗏장을 들어 내어 직접 조사한 홀과 티 사포닌을 관주하여 지렁이 밀도를 조사한 홀 간에 지렁이 분변토의 발생량과 월별 발생량에 차이를 보였다. 즉 4번 홀 페어웨이에서는 8월에 분변토 수가

가장 많았고, 11월과 4월에 많았지만 6번홀과 7번 홀 조사에서는 11월에 가장 많은 분변토가 관찰되었다. 이러한 차이는 지렁이 분변토를 배출하는 지렁이 서식이 골프장에서 국지성을 보이기 때문으로 생각되며 지렁이가 서식하더라도 토성이나 유기물량 등에 따라 분변토의 배출량이 차이가 있기 때문으로 생각된다. 지렁이의 수평적 분포에는 토양온도나 수분, pH, 무기염류, 토성과 같은 물리-화학적 인자나 낙엽이나 유기물 영양원 등과 같은 지렁이의 먹이원, 종별 생식 능력이나 분산 능력에 따라 영향을 받는다(Kirby and Baker, 1995). Lee et al. (2010)에 의하면 경기도 가평과 안성의 골프장에서는 코스 뗏장 내에서 4월 달에는 지렁이가 채집되지 않았으나 본 조사에서는 동래베네스트골프장을 제외하고 4월 중순 이후에 조사를 한 중부지방 3개 골프장에서 지렁이 분변토와 지렁이가 채집되었다. 따라서 우리나라 골프장에서 지렁이 분변토 발생은 4월의 잔디 그린 업 시기부터 월동 전까지 지속적으로 발생하는 것으로 나타나 Lee et al. (2010)의 결과를 종합적으로 고려할 때 년 중 관심을 가지고 관리하여야 할 것으로 생각된다. 특히 가평이나 안성의 조사지와 같이 산지에 위치한 골프장의 경우 10월이후에 코스 표면이나 뗏장 내 지렁이 밀도가 높아질 경우 두더지나 멧돼지와 같은 야생동물의 표적이 될 수 있기에 지렁이의 밀도가 높을 가능성이 높은 분변토 발생이 많은 지역들을 중점적으로 관리하여야 할 것으로 생각된다.

지렁이 분변토 수와 지렁이 수와의 상관관계는 정의 상관관계를 나타내었지만 상관관계는 높지 않았다. 이는 분변토 수를 조사할 때 새로이 형성된 분변토 뿐만 아니라 조사구역 내에 있는 모든 분변토 수를 조사하여 한 마리가 여러 개의 분변토를 형성하거나 분변토 형성 후 다른 곳으로 이동한 지렁이가 있는 경우 지렁이는 서식하고 있지만 분변토를 내어 놓지 않은 경우 등이 있었기 때문으로 생각된다.

지렁이 분변토가 발생하고 있는 곳과 지렁이 서식처의 토양온도와 수분량은 다양하였다. 토양온도나 수분량 모두 지렁이가 채집된 곳 보다는 지렁이 분변토가 배출된 곳들의 범위가 넓었다. 한편 지렁이 분변토가 많은 곳과 적거나 없는 곳을 대상으로 토양 온도와 수분량을 조사비교한 결과 평균 토양수분이 분변토가 많은 지역이 높게 나타

났으며 토양 온도는 비슷하였다. 이는 토양 내 분변토의 발생이 토양 온도보다는 수분에 더 영향을 받는 것으로 추정할 수 있는데 Lalthanzara et al. (2011)이 인도북서부의 농산림지역에서 토양의 물리·화학적 특성과 기상 조건에 따른 지렁이 발생 개체수와 생체량 조사에서도 강수와 토양수분이 토양온도보다는 더 많은 영향을 미쳤다.

지렁이의 분변토 발생지역과 지렁이 발생지역의 토양 온도 범위는 비슷하였으나 분변토 발생지의 최저 토양온도가 2.1°C로 지렁이 발생지의 7.8°C보다 낮았는데 이는 낮은 온도로 인하여 토양 속 깊이 이동하여 분변토는 배출이 되었지만 지렁이가 발견되지 않아서 인 것으로 추정된다. Kollmannsperger (1955)는 지렁이의 가장 활동이 활발한 온도가 10.5°C라고 하였지만 Jefferson (1958)은 토양 10 cm의 온도가 3°C여도 분변토를 배출한다고 하여 지렁이의 종류에 따라 활동 적온에 차이가 있고, 비교적 낮은 온도대에서도 분변토 발생을 하는 것으로 본 조사와 유사한 결과를 보였다.

분변토 다발생지가 미발생지에 비하여 토양 수분이 높게 나타났고, 분변토나 지렁이 발생지의 토양수분이 5-45%내외로 넓은 폭을 보였는데 일반적으로 지렁이는 토양 수분에 매우 민감하지만 특히 극단적인 건조조건에서는 생존할 수 없다(Kirby and Baker, 1995). 또한 분변토의 발생도 건조조건에서는 감소한다(Jefferson, 1958). 따라서 토양수분이 5%이내인 건조 조건이나 45%이상의 과습 조건에서는 지렁이나 지렁이 분변토 발생이 제한적일 것으로 생각된다. 한편 지렁이 분변토나 지렁이의 발생이 많은 토양수분 범위는 각각 25%와 30% 내외였다. 따라서 강우 후 토양의 수분량이 포화상태에서 점차 낮아져 30% 내외의 수준이 되면 지렁이의 활동이 증가 될 것으로 예상되어 지렁이 분변토 관리를 위해서는 강우 후의 수분량 예측이 필요할 것으로 생각된다.

골프장에서는 지렁이 자체로 인한 문제와 더불어 분변토 문제가 관리에 중요한 제한 요인이 되고 있기 때문에 분변토 양을 줄이기 위한 다양한 방법들이 강구되고 있다(Backman et al., 2001; Kirby and Baker, 1995; Williamson and Hong, 2005). 따라서 우리나라에 적용 할 수 있는 분변토 저감 방법에 관한 연구들이 수행되어야 할 것으로 생각된다.

요 약

골프장 잔디위로 배출되는 지렁이 분변토는 잔디관리와 경기진행에 있어 피해를 주고 있다. 본 연구는 골프장에서 지렁이 분변토의 발생변화를 시기별, 지역별(경기도 가평, 군포, 안성, 용인, 부산 금정)로 조사하였으며 분변토 발생량이 많은 지역과 없는 지역을 구분하여 토양 수분과 토양

온도 및 지렁이 개체수를 조사하였다. 지렁이 분변토는 4월부터 11월까지 년 중 골프장 잔디에 발생하고 있었으며 골프장 별 및 시기별에 따라 차이가 있었다. 동일골프장에서 조사 지역에 따라 차이를 보였다. 분변토 발생량과 지렁이 수는 양의 상관관계가 있었으며 분변토 발생이 많은 지역과 없는 지역간의 토양 온도는 차이가 없었으나 토양수분은 분변토 수가 많은 지역에서 높았다. 지렁이 분변토는 토양온도 2.1°C에서 33.1°C의 범위에서 확인되었는데 주로 10-15°C 사이에 발생하였다. 또한 토양수분은 4.9-44.1% 범위 내에서 발생하였는데 주로 25% 내외에서 발생량이 많았다.

주요어: 잔디, 지렁이 분변토, 토양 수분, 토양 온도, 해충

Acknowledgements

We appreciate for technical assistance of superintendents in each golf courses and Kweon, O.G., Shin, J.H., Lee, G.Y. and Jung, M.G. in turfgrass insect pest and nematology laboratory in Kyungpook National University.

References

- Backman, P.A., Miltner, E.D., Stahnke, G.K. and Cook, T.W. 2001. Effects of cultural practices on earthworm casting on golf course fairway. *Int. Turfgrass Soc. Res. J.* 9:823-827.
- Darwin, C.R. 1881. The formation of vegetable mould through the action of worms, with observation on their habits. Murray, London, UK.
- Ha, J.W., Hong, Y., Lee, S.M., Choo, H.Y., Kim, J.H., et al. 2010. Sampling of earthworm using tea tree (*Camellia sinensis*) extract and occurrence of earthworm in turfgrass of golf courses. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(2):191-198. (In Korean)
- Hong, Y. 2014. Distribution of southern earthworm race in mulberry tree cultivation area. *Korean J. Environ. Biol.* 32(3):263-269. (In Korean)
- Jefferson, P. 1958. Studies on the earthworms of turf. C. Earthworms and casting. *J. Sports Turf Res. Inst.* 9(34):437-452.
- Kirby, E.C. and Baker, S.W. 1995. Earthworm populations, casting and control in sports turf areas: a review. *J. Sports Turf Res. Inst.* 71:84-98.
- Kollmannsperger, F. 1955. Über rhythmien bei Lumbriciden. *Decheniana* 180:81-92. (In German)
- Lalthanzara, H., Ramanujam, S.N. and Jha, L.K. 2011. Population dynamics of earthworms in relation to soil physic-chemical parameters in agroforestry of Mizoram, India. *J. Environ. Biol.*

- 32:599-605.
- Lee, D.W., Hong, Y., Jung, Y.H., Choi, S.H., Choo, H.Y., et al. 2010. Occurrence of earthworm and effect of plant extracts on earthworm in golf courses. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(1):1-8. (In Korean)
- Potter, D.A. 1998. Destructive turfgrass insect biology, diagnosis, and control. Ann Arbor Press, Inc. Michigan, USA.
- Potter, D.A., Buxton, M.C., Redmond, C.T. and Powell, A.J. 1990. Toxicity of pesticides to earthworms and effect on thatch degradation in Kentucky bluegrass turf. *J. Economic Entomol.* 83(6):2362-2369.
- Raikes, C., Lepp, N.W. and Canaway, P.M. 1994a. Major disease, pests and weeds of winter sports turf. I. Results of a questionnaire survey of professional football clubs. *J. Sport Turf Res. Inst.* 70:55-82.
- Raikes, C., Lepp, N.W. and Canaway, P.M. 1994b. Major disease, pests and weeds of winter sports turf. II. Results of a questionnaire survey of local authorities. *J. Sport Turf Res. Inst.* 70:83-99.
- Redmond, C.T., Kesheimer, A. and Potter, D.A. 2014. Earthworm community composition, seasonal population structure, and casting activity on Kentucky golf courses. *Applied Soil Ecol.* 75:116-123.
- Reynolds, J.W., Jones, A.G., Gaston, K.J. and Chown, S.L. 2002. The earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) of Gough Island, South Atlantic Ocean. *Megadrilogica* 9(2):5-15.
- SAS/STAT® 9.3 user's guide. 2011. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Schread, J.C. 1952. Habits and control of the Oriental earthworm. *Bull. Connecticut Agric. Exp. Stn.* 556:5-15.
- Snider, R.M. 1991. Checklist and distribution of Michigan earthworms. *Michigan Academician* 24:105-114.
- Williamson, R.C. and Hong, S.C. 2005. Alternative, non-pesticide management of earthworm casts in golf courses turf. *Int. Turfgrass Soc. Res. J.* 10:797-802.