Weed Turf. Sci. 5(3):155~164
http://dx.doi.org/10.5660/WTS.2016.5.3.155 Print ISSN 2287-7924, Online ISSN 2288-3312

Research Article Weed & Turfgrass Science

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.

우리나라 골프장의 지렁이 종 다양성 및 계절별 군집 구조

신종창[1,2] · 홍 용[3] · 이동운[2]*
[1]삼성물산㈜ 식물환경연구소, [2]경북대학교 생태과학과, [3]전북대학교 농생물학과

Earthworm Composition and Seasonal Population Structure in Different Korean Golf Courses

Chong Chang Shin[1,2], Yong Hong[3], and Dong Woon Lee[2]*
[1]Plant Environment R&D Center, Samsung C&T, Gunpo, 15877, Korea
[2]Department of Ecological Science, Kyungpook National University, Sangju, 37224, Korea
[3] Department of Agricultural Biology, Chonbuk National University, Jeonju, 54896, Korea

ABSTRACT. Earworm is very useful animal in soil ecosystem, however it is harmful for golf courses because they introduce many cast on turfgrass that reduces turf uniformity and play quality. However, no information has found on earthworm diversity and seasonal fluctuation in different Korean golf courses. In this study, we focused to carry out earthworm species composition and seasonal population structure in turfgrass of golf courses. During spring and fall season survey with direct digging and tea saponin drenching sampling in 5 different golf courses, 6 species under 3 families of earthworms were collected. Earthworm species composition and density was different among the golf courses. *Aporrectodea caliginosa* in Lumbricidae was dominant species in Anseong and Dongrae Benest Golf Club; however *Amynthas carnosus* in Megascolecidae was dominant species in Anyang and Glenrose Golf Club. *Ap. caliginosa* was collected only aclitellum in July and *Am. carnosus* was collected aclitellum and clitellum in August in golf courses. Seasonal population of earthworm was different depending on earthworm species (*Am. hupeiensis* was the highest in August and *Ap. caliginosa* was in April) however small number of collected earthworm species were not dominant trend in golf courses.

***Key words*:** Biodiversity, Earthworm, Species composition, Turfgrass

Received on July 06, 2016; Revised on August 12, 2016; Accepted on August 16, 2016
***Corresponding author:** Phone) +82-54-530-1212, Fax) +82-54-530-1218; E-mail) whitegrub@knu.ac.kr
© 2016 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

토양 속에 서식하는 지렁이는 환형동물문 빈모강(Oligochaeta) 지렁이목(Haplotaxida)에 속한다. 우리나라에는 염주위지렁이과(Moniligastridae), 낚시지렁이과(Lumbricidae), 지렁이과(Megascolecidae), 애지렁이과(Enchytraeidae)에 117종이 알려져 있고, 대부분의 종들은 지렁이과로 90여종이 알려져 있다(Hong, 2007, 2012; Dózsa-Farkas et al., 2015). 현재 추가로 기록되는 종들을 포함하면 전체 종 수와 지렁이과 종이 차지하는 비율은 더 높아질 것이다. 지렁이는 토양 내 이동과 유기물 분해 등을 통하여 토양구조와 비옥도를 개선하고, 식물로의 영양 순환에 기여하는 유용한 생물이다(Edwards and Bohlen, 1996). 이러한 지렁이들의 활동은 특정 병해충의 발생을 억제하거나 유용미생물의 밀도를 증가시켜 농생태계 내에서 농작물의 생산성을 높이거나 토양 내 처리 된 방제제의 효과를 증가시키는 부수적인 효과도 보여 준다(Edwards, 1988; Stockdill, 1966).

골프장에서 지렁이는 양면의 역할을 가지고 있다. 잔디 관리를 위하여 일상적으로 수행하는 깎기 작업 시 발생되는 예지물로 인하여 북더기잔디(thatch)가 누적되면 각종

병의 발생이 조장되고, 토양 병해충 방제를 위해 사용하는 방제제의 토양 내 이동에 장애가 발생되는데 이들 북더기 잔디의 분해에 가장 큰 기여를 하는 것 중의 하나가 지렁이이다(Potter et al., 1990). 반면 지렁이가 골프장 잔디 표면 위로 내어 놓는 분변토는 그 자체가 경기력을 저하시킬 수 있으며 균일한 잔디 관리에 있어서도 장해가 되고 있다(Bartlett et al., 2008; Kirby and Baker, 1995; Potter, 1998). 아울러 지렁이 자체도 경기자들에게 혐오감을 주기도 하고, 지렁이를 먹이로 하는 주변 야생동물들의 잔디 파헤침 피해가 발생되기도 한다(Lee et al., 2010).

일반 농경지와는 달리 골프장이나 공항 주변의 잔디밭에서는 지렁이의 발생량이 증가하고 있는데 이는 화학비료와 농약의 빈번한 사용과 토양 생태계의 교란이 지속적으로 발생하는 농생태계와는 달리, 한번 식재 되면 토양의 교란 없이 지속적으로 유지되는 잔디밭의 특성과 지렁이의 먹이인 유기물이 지속적으로 발생하는 서식지 특성, 지렁이에 영향이 적은 저독성 농약 사용의 증가 등에 기인하는 것으로 알려져 있다(Hong and Kim, 2009a; Potter et al., 1990; Redmond et al., 2014).

한편 최근 들어 골프장이나 비행장 주변에 다량으로 발생하고 있는 지렁이들이 기존에 서식하던 토착종이 아닌 외래종의 침입으로 이들은 산림 생태계뿐만 아니라 골프장에서도 문제를 유발시키고 있다(Bohlen et al., 2004a, b; Redmond et al., 2014). 우리나라에서도 농생태계에 서식하는 외래종 지렁이류가 많은 비율로 서식하고 있음이 확인되었는데 이들은 고유종보다 빠른 속도로 서식지를 확대하는 것으로 알려져 있다(Hong and Kim, 2009b).

국내 골프장에서 지렁이 분변토 발생에 따른 관리적 문제가 발생하고 있음에도 불구하고, 골프장에서 발생하고 있는 지렁이의 종류나 연중 발생 경과와 같은 생태학적 연구는 매우 미비한 실정으로 Ha et al. (2010)이 우리나라의 10개 골프장을 1회성으로 방문하여 발생하는 지렁이의 종류를 조사한 바 있고, Lee et al. (2010)이 지렁이의 종류와 관계없이 년 중 개체 수 변화만을 조사한 바 있다. 따라서 본 연구는 우리나라 골프장의 잔디밭에 발생하는 지렁이의 종 조성과 우점종의 개체군 발생 소장을 조사하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

조사골프장

골프장에 발생하는 지렁이 종류를 알아보기 위하여 중부지방 4개 골프장(경기도 군포 안양컨트리클럽, 경기도 가평 가평베네스트골프클럽, 경기도 안성 안성베네스트골프클럽, 경기도 용인 글렌로스골프클럽)과 남부지방 1개 골프장(부산 금정 동래베네스트골프클럽)에서 조사하였다.

경기도 군포시 부곡동에 위치한 안양컨트리클럽은 (37°20'22.7"N 126°56'31.4"E) 1967년 개장한 골프장으로 페어웨이와 러프는 중지로 조성되었고, 도심에 위치해 있다. 이 지역의 식물 내한성 지도(USDA Plant Hardiness Zone)로는 6C 지역(−20.6~17.8°C)으로 겨울은 춥고, 여름은 30°C 이상 더운 날이 많은 지역이다. 경기도 가평군 상동면에 위치한 가평베네스트골프클럽(37°47'49.6"N 127°18'20.3"E) 은 2004년 개장 한 골프장으로 페어웨이와 러프는 중지로 조성되어 있다. 식물 내한성 지도로는 6a 지역(−23.3~−20.6°C)이다. 경기도 안성시 금광면에 위치한 안성베네스트골프클럽은(37°01'15.2"N 127°23'06.3"E) 1999년에 18홀(서, 북코스) 개장 후 동코스는 2000년, 남코스는 2003년에 개장하였으며 페어웨이와 러프는 중지로 조성되었다. 식물 내한성 지도로는 7a (−17.8~−15.0°C)지역이다. 경기도 용인시 처인구

Table 1. Soil chemical and physical properties of different experimental site.

Golf course	Experimental site	pH	EC (mS cm^{-1})	OM (%)	CEC (me100 g^{-1})	Bulk density (g $cm^{3\ -1}$)	Particle density (g $cm^{3\ -1}$)	Porosity (%)	Water permeability (mm h^{-1})
Ansung	West 6 hole	7.1	0.35	3.24	10.5	1.1	2.6	58	18
	West 9 hole	7.0	0.32	4.10	10.6	1.0	2.5	60	179
Anyang	No 10 hole	6.9	0.34	2.81	10.5	1.1	2.8	61	39.7
	No 11 hole	6.6	0.21	3.79	11.1	0.9	2.6	66	66.9
Dongrae	No 4 hole	6.8	0.57	2.92	10.0	1.1	2.7	58	35
	No 6 hole	6.7	0.59	3.33	10.1	1.1	2.7	60	12
Gapyeong	Maple 2 hole	6.4	0.57	3.39	10.3	1.1	2.5	57	17
	Pine 9 hole	6.5	0.47	4.06	10.9	1.0	2.5	61	17
Glenrose	No 2 hole	6.3	0.65	2.75	10.3	1.0	2.6	60	73
	No 9 hole	6.3	0.43	1.85	10.4	1.2	2.6	52	39

에 위치한 글렌로스골프클럽은(37°17'40.5"N 127°11'09.1"E) 1999년 개장한 골프장으로 페어웨이와 러프는 중지로 조성 되었다. 식물 내한성 지도로는 6c (−20.6~−17.8°C)지역이다. 부산시 금정구에 위치한 동래베네스트골프클럽은(35°15'44.0"N 129°05'54.3"E) 1971년 개장한 골프장으로 페어웨이는 금잔디(*Zoysia matrella*), 러프는 중지로 조성 되었다. 식물 내한성 지도로는 8b (−12.2~−9.4°C)지역이다.

각 조사골프장 조사지역의 토양이화학성은 Table 1과 같았다.

조사지역 선정 및 지렁이 채집

각 골프장에서 조사 지역은 지렁이의 발생이 많은 곳을 대상으로 하였는데 골프장 코스에서 지렁이 분변토가 년 중 발생하는 페어웨이 지역을 선정하여 실시하였다. 조사지역과 방법은 Shin et al. (2015)이 지렁이 분변토와 밀도를 조사한 지역에서 채집 한 지렁이를 대상으로 분류 동정하였다. 지렁이 조사시기는 4월과 5월 사이 봄철에 1회 9월 또는 10월에 1회 총 2회로 실시 되었다. 골프장 조성이 40년 이상 된 동래와 안양 컨트리클럽에서는 년 중 지렁이 밀도변화를 알아보기 위하여 조사 횟수를 늘려 조사하였다. 안양컨트리클럽에서는 4/29, 5/22, 8/22, 9/16일 채집하였으며 안성베네스트골프클럽에서는 4/22, 9/10일 채집하였고, 동래베네스트골프클럽에서는 4/8, 5/10, 6/9, 7/22, 8/26, 9/26, 10/28일 채집하였다. 가평베네스트골프클럽에서는 5/8일, 10/7일 글렌로스골프장에서는 5/20, 10/17일 채집하였다.

지렁이의 채집은 땅을 파서 채집하는 방법과 포르말린과 같은 화학물질을 관주하여 지표면으로 탈출하는 지렁이를 잡는 방법, 전기충격기와 같이 토양에 전기를 흘려 보내 잡는 방법 등이 있는데(Butt, 2000) 본 조사에서는 잔디를 삽으로 들어내어 직접 조사하는 방법과 티 사포닌을 관주하여 지렁이를 채집하는 방법을 사용하였다.

잔디땟장 내 지렁이 직접조사를 위하여 각 골프장에서 분변토 발생이 많은 한 곳의 페어웨이(안양: 10번 홀, 안성: 서 6번 홀, 동래: 4번 홀, 가평: Maple 2번 홀, 글렌로스: 9번 홀)를 선정하여 직경 85 cm 훌라후프(0.567 m^2)를 임의로 분변토 발생이 많은 4곳에 던진 다음 토양 수분량(TRIM-FM, 독일)과 지온은 측정기(Wet Sensor, 경도상사)를 이용하여 동시에 조사하였다. 지렁이 밀도는 가로 17.5 cm, 세로 22 cm 크기의 사각삽을 이용하여 훌라후프 내 가로 30 cm, 세로 30 cm, 깊이 10 cm 크기로 땟장을 떠 낸 후 잔디와 토양 속의 지렁이 밀도를 조사하였다.

티 사포닌 관주 처리를 통한 지렁이 조사는 각 골프장에서 한 곳의 페어웨이를 대상으로(안양: 11번 홀, 안성: 서9번 홀, 동래: 6번 홀, 가평: Pine 9번 홀, 글렌로스: 2번 홀) 직경 38 cm, 높이 20 cm 철제 링을 임의로 분변토 밀도가 높은 네 지점에 고정시킨 다음, 토양수분과 토양온도는 전술한 방법으로 수행하였으며 지렁이 밀도 조사를 위하여 각 링에 티 사포닌(제품명: 달용이, 제조원: KCP(주))을 500배 희석하여 2 L 씩 관주 한 후 10분간 뗏장 위로 올라오는 지렁이를 채집하였다. 채집된 지렁이는 90% ethanol로 치사 시킨 뒤 70% ethanol이 들어있는 50 ml 채집병에 넣어 운반하였다.

각 조사지에서는 토양 온도와 수분함량을 조사하였는데 토양 수분함량은 토양수분측정기(TRIM-FM, 독일)를 이용하여 지중 10 cm 깊이에서 측정하였으며 지온은 지온측정기(Wet Sensor, 경도상사)를 이용하여 동일 깊이에서 조사하였다.

지렁이 분류 및 동정

지렁이 종 동정은 낚시 지렁이는 생식돌기, 생식결절, 염주위지렁이는 생식기와 생식표지의 위치, 왕지렁이는 생식표지의 위치와 모양, 수정낭 구멍의 위치와 수 등을 이용하였고, 분류체계는 Sims and Easton (1972)을 적용하였다. 각 골프장 지렁이 조사에서 채집 개체수가 가장 많았던 장미줄지렁이(*Aporrectodea caliginosa*)와 젖꼭지지렁이(*Amyanthas carnosus*)의 경우 환대가 완전히 성숙하여 짝짓기가 가능한 성체(clitellum)와 환대가 마디상에 나타난 모습을 보이지만 완전히 발육되지 않은 준성체(semiclitellum), 환대가 형성되지 않고, 마디에 나타나지 않은 미성체(aclitellum)로 구분하여 전체 골프장의 채집 된 모든 개체들을 채집시기별로 나누어 각 시기별 발육단계의 구성비율을 조사하였다.

자료분석

봄과 가을에 5개 골프장에서 채집 된 지렁이 종별 개체수를 이용하여 Simpson의 종 다양도 지수를 구하였다. Simpson의 다양도 지수는 한 군집으로부터 두 개체를 무작위로 추출하였을 때 두 개체가 다른 종에 포함 될 확률로 다음의 식으로 계산하였다.

$$1-\{\Sigma ni(ni-1)/N(N-1)\}$$ (ni = 각 종별 개체수의 합, N = 총 개체수)

직접 조사지와 티사포닌 관주 처리지에서 봄과 가을에 채집 된 지렁이의 종별 개체수의 골프장별 차이와 동래와 안양컨트리클럽에서 조사시기별 채집 지렁이 개체 수의 종별 차이 및 각각의 채집지 토양 온도와 습도는 SAS프로그램(PROC ANOVA)을 이용하여 처리 평균간 차이를 Duncan의 다중검정으로 분석하였다(SAS 9.3 user's guide, 2011).

결 과

5개 조사 골프장에서 봄과 가을에 채집 된 지렁이는 3과 6종 318개체였다(Table 2). 각 골프장별 우점종은 차이가 있

Table 2. List of earthworms found in turfgrass of different golf courses during spring and fall season, 2013.

Species	Individual at spring/fall				
	Anseong	Anyang	Dongrae	Gapyeong	Glenrose
Family Lumbricidae					
Aporrectodea caliginosa	65/23	0/4	9/3	0/5	0/0
Bimastos parvus	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0
Family Moniligastridae					
Drawida japonica	0/17	0/0	0/0	0/0	0/0
Family Megascolecidae					
Amynthas carnosus	0/0	10/32	0/3	9/1	18/54
Amynthas heteropodus	0/6	0/4	0/3	0/18	0/0
Amynthas hupeiensis	0/6	2/0	3/2	0/16	1/3
Simpson's Index of Diversity*	0.41	0.34	0.68	0.72	0.12

*Mean: probability that two individuals randomly sampled will belong to different species.

었는데 안성과 동래베네스트골프장에서는 장미줄지렁이가 우점종이었으며 안양컨트리클럽과 글렌로스골프장에서는 젖꼭지지렁이가 우점종이었다(Table 2). 똥지렁이(*Amynthas hupeiensis*)는 조사 한 모든 골프장에서 공통적으로 나타나는 종이었다.

각 골프장별 지렁이의 Simpson 다양도 지수는 가평이 0.72로 가장 높았고, 글렌로스골프장이 0.12로 가장 낮아 소수종의 상대적 비율이 가평에서 매우 높은 것으로 나타났다(Table 2).

조사 계절별 채집 지렁이는 염주위지렁이(*Drawida japonica*)와 변이성지렁이(*Amynthas heteropodus*)는 가을철에만 채집이 되었고, 안장띠낚시지렁이(*Bimastos parvus*)는 봄철 조사에서만 채집되었다(Table 2, 3, 4).

각 골프장별로 봄과 가을에 발생하는 지렁이의 밀도는 차이가 있었으며(Table 3, 4) 지렁이 채집 방법에 따라서도 채집 개체수에 차이를 보이는 경우가 있었으나 전체적으로 특정 채집방법으로만 채집 되는 종들은 없었다.

봄철 각 조사골프장 지온은 가장 이른 시기인 4월 22일에 조사가 수행 된 안성지역을 제외하고는 20°C내외의 온도를 나타내었으며 안성지역만 서로 다른 지렁이 채집방법을 사용 한 두 홀의 토양 내 온도차가 차이를 보였다(Fig. 1A). 가을철 조사에서는 글렌로스골프장이 다른 골프장에 비하여 낮은 지온을 보였으나 동일 골프장에서 조사지역에 따른 유의한 온도 차이는 없었다(Fig. 1C). 토양수분은 봄철 조사에서는 안성지역이 가장 높았고, 글렌로스골프장에서 가장 낮았으나(Fig. 1C) 가을철 조사에서는 안양골프

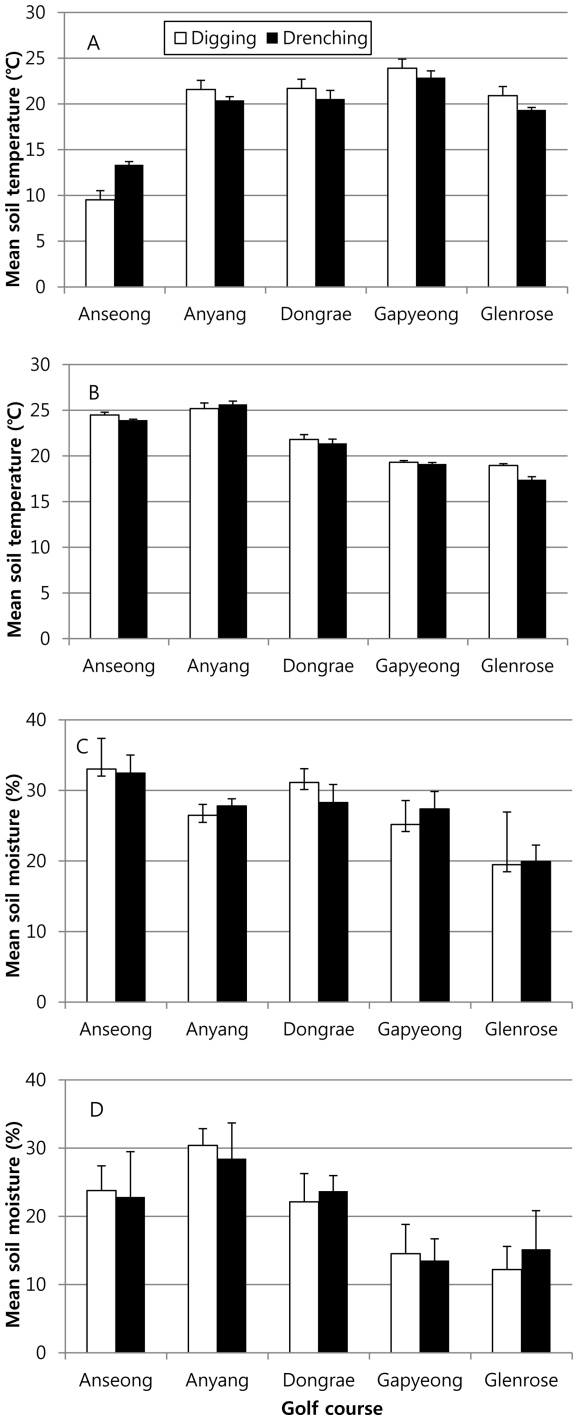

Fig. 1. Mean soil temperature (A and B) and moisture (C and D) in survey sites. A and C: spring season; B and D: fall season. Bars are standard deviation.

Table 3. Survey of earthworm population on Golf Club fairway, spring 2013.

Golf course	Mean number of earthworm ± SD							
	Am. carnosus		*Am. hupeiensis*		*Ap. caliginosa*		*Bimastos parvus*	
	Digging	Drenching	Digging	Drenching	Digging	Drenching	Digging	Drenching
Anseong	0b*	0c	0	0	4.5±1.9a	11.25±3.8a	0	0
Anyang	1.0±1.2ab	1.5±1.3b	0.5±1.0	0	0c	0b	0	0
Dongrae	0b	0c	0.5±1.0	0.25±0.5	1.75±1.5b	0.5±0.6b	0	0
Gapyeong	0b	2.25±0.5ab	0	0	0c	0b	0	0
Glenrose	1.5±1.0a	3.0±0.82a	0.25±0.25	0	0c	0b	0	0.25±0.5

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

Table 4. Survey of earthworm population on Golf Club fairway, fall 2013.

Golf course	Mean number of earthworm ± SD									
	Am. carnosus		*Am. heteropodus*		*Am. hupeiensis*		*Ap caliginosa*		*D. japonica*	
	Digging	Drenching	Digging	Drenching	Digging	Drenching	Digging	Drenching	Digging	Drenching
Anseong	0b*	0.25±0.5c	1.0±1.2ab	0.5±0.58ab	1.0±1.15ab	0.5±0.58ab	2.0±2.83a	3.75±4.79a	4.0±2.94a	0.25±0.5
Anyang	0.75±0.96b	8.0±1.4a	1.0±1.4ab	0b	0c	0b	0b	1.0±2.0a	0b	0a
Dongrae	0b	0c	0.25±0.5b	0.5±0.58ab	0.5±0.58bc	0b	0.5±0.58ab	0.25±0.5a	0b	0a
Gapyeong	0b	0.25±0.5c	2.0±0.82a	2.5±3.1a	1.5±0.58a	2.5±3.11a	0b	1.25±2.5a	0b	0a
Glenrose	6.75±2.99a	6.25±1.71b	0b	0b	0c	0.75±1.5ab	0b	0a	0b	0a

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

Table 5. Mean number of earthworm in Dongrae Benest Golf Club in 2013.

Date	Digging hole ± SD					Tea saponin drenching hole ± SD				
	Am. heteropodus	*Am. hupeiensis*	*Ap. caliginosa*	*Am. carnosus*	Total	*Am. heteropodus*	*Am. hupeiensis*	*Ap. caliginosa*	*B. parvus*	Total
4/8	0±0	0.3±0.5b*	3.5±2.6a	0.3±0.5	3.8±2.6ab	0±0	0.3±0.5	2.3±2.6	0±0	2.8±3.2
5/10	0±0	0.5±1.0b	1.8±1.5ab	0±0	2.3±2.2ab	0±0	0.3±0.5	0.5±0.6	0±0	0.8±0.5
6/9	0±0	0±0b	0.5±0.6b	0±0	0.5±0.6c	0±0	0±0	3.8±6.8	0±0	4.8±6.6
7/22	1.3±1.5	1.5±1.3b	0±0b	0±0	2.8±2.6ab	1.0±1.4	0±0	0±0	1.0±2.0	1.0±1.4
8/26	0±0	3.8±2.9a	0±0b	0±0	4.5±1.7a	0±0	0±0	0±0	0±0	0.0±0.0
9/26	0.3±0.5	0.5±0.6b	0.5±0.6b	0±0	1.3±1.0bc	0.5±0.6	0±0	0.5±0.6	0±0	0.8±0.5
10/28	0±0	0±0b	0.3±0.5b	0.3±0.5	0.3±0.5c	0±0	0±0	0.3±0.5	0±0	0.5±0.6

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

Table 6. Mean number of earthworm in Anyang Country Club in 2013.

Date	Digging hole ± SD					Tea saponin drenching hole ± SD					
	Am. carnosus	*Am. heteropodus*	*Am. hupeiensis*	*Ap. caliginosa*	Total	*Am. carnosus*	*Am. heteropodus*	*Ap. caliginosa*	*B. parvus*	*D. japonica*	Total
4/29	1.5±1.3	0±0	0±0	0.5±1.0	2.0±0.8	1.3±0.5	0±0	0±0	0±0	0±0	1.3±0.5
5/22	1.0±1.2	0±0	0.5±1.0	0±0	1.5±1.9	1.8±1.0	0±0	0±0	0±0	0±0	1.8±1.0
8/22	1.0±1.2	0.5±1.0	0±0	0±0	1.0±1.2	1.5±1.9	2.8±2.8	0±0	0±0	0.5±1.0	4.8±3.0
9/16	0.8±1.0	1.0±1.4	0±0	0±0	1.8±1.7	2.5±1.3	0.5±1.0	1.0±1.2	1.0±2.0	0±0	5.3±4.2

장의 수분함량이 가장 높았으며 가평과 글렌로스골프장의 수분함량이 낮았다(Fig. 1D).

동래베네스트골프장에서 연중 발생지렁이 밀도 변화를 조사한 결과(Table 5) 직접조사지역에서는 월별 밀도차이가 있었으나(df=6,21, F=1.38, P<0.0237) 관주처리 채집지에서는 차이가 없었다(df=6,21, F=1.38, P<0.2685). 동래베네스트골프장 직접 조사지에서 채집 된 지렁이 3종들 중 똥지렁이와 장미줄지렁이는 월별 발생밀도 차이를 보여 똥지렁이는 8월에 가장 많은 개체수가 채집되었으며 장미줄지렁이는 4월에 가장 많은 개체수가 채집되었다.

안양컨트리클럽에서 연중 지렁이 발생량을 조사한 결과 직접 조사지나 관주처리지 모두 조사시기별 밀도 차이는 없었다(Table 6).

연중 지렁이 밀도 조사를 수행한 동래와 안양컨트리클럽의 조사지 토양 온도는 직접조사지와 관주처리지 간에 차이가 없었으나(Fig. 2A, B) 토양 수분량은 차이를 보였다(Fig. 2C, D). 두 조사골프장 모두 봄에 비하여 가을 조사 시에 토양 수분량이 낮았으며 동래베네스트골프장의 관주처리 조사지의 경우 10월 28일 조사 시 가장 낮은 토양수분량을 보였다(Fig. 2C).

글렌로스골프장을 제외한 4개 조사골프장에서 채집되고, 안성과 동래베네스트골프장의 우점종이었던 장미줄지렁이의 생육단계별 밀도 조성은 Fig. 3과 같았다. 4월부터 6월까지는 성체의 비율이 높게 나타났으며 7월에는 미성체만 채집되었다. 반면 안양과 글렌로스골프장의 우점종이었던 젖꼭지지렁이의 경우 5월에 성체의 비율이 가장 높았으며 8월이후와 4월에는 성체도 채집되었으나 미성체의 비율이 가장 높았다.

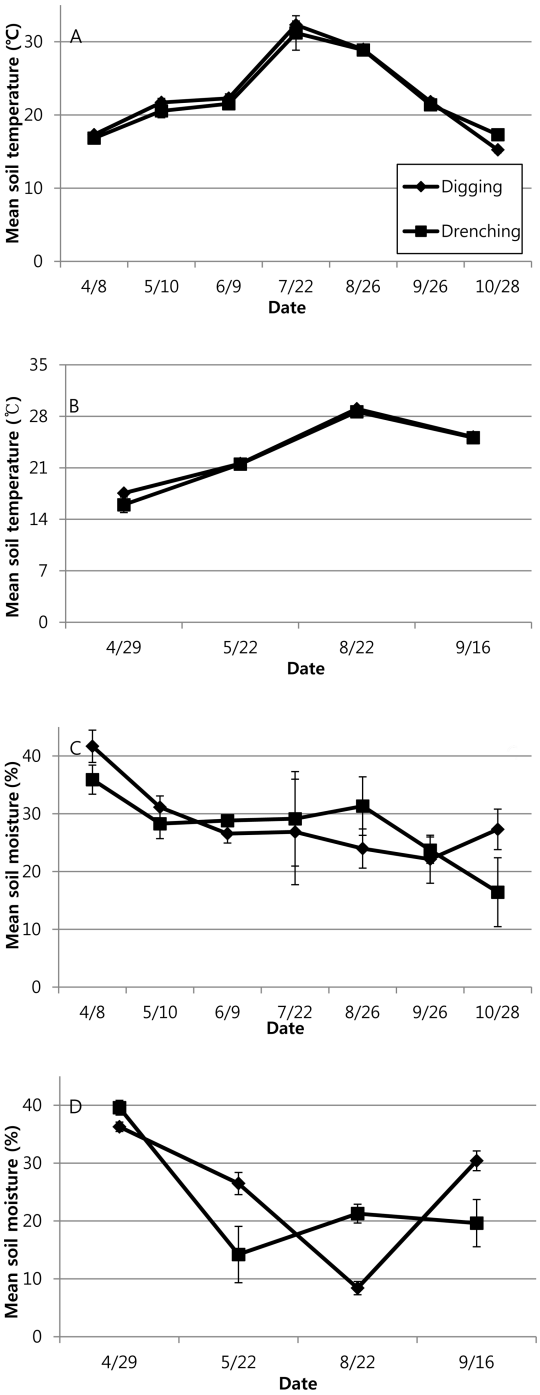

Fig. 2. Mean soil temperature (A and B) and moisture (C and D) at survey date in Dongrae (A and C) and Anyang (B and D) Benest Golf Clubs. Bars are standard deviation.

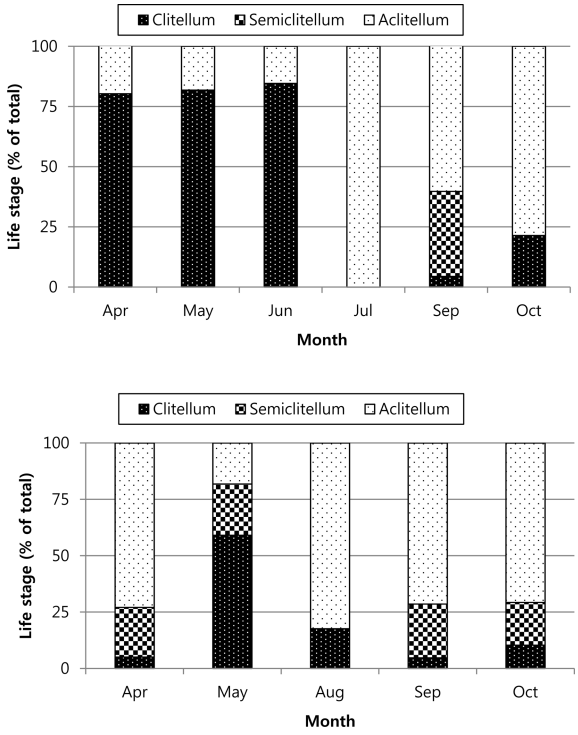

Fig. 3. Changes in the population structure of *Aporrectodea caliginosa* (upper graph) and *Amynthas carnosus* (lower graph) in zoysiagrass fairway in Korea during 2013 (Dates were collected from 5 golf courses in figure 1).

고 찰

많은 종류의 지렁이가 토양 비옥도와 농작물 생산 유지와 향상에 관계가 있기 때문에 농생태계 작물재배지에서 농생태계의 건전성을 측정하는 지표종으로 활용할 수 있는 지렁이 종 선발에 대한 분야에 대한 관심이 증대되고 있다(Kim et al., 2009). 우리나라 농생태계에 서식하는 지렁이 종은 3과 5속 15종이 보고되었는데 밭지렁이(*Amynthas agrestis*)가 우점종이었다(Hong and Kim, 2007a). 이후 시설재배지와 과수원 토양에서는 각각 3과 5속 11종과 3과 4속 12종이 조사되었으며 두 지역 모두 변이성지렁이가 우점종이었다(Kim et al., 2009). 본 골프장 조사에서 출현한 4속 6종은 기존 생태계의 종 다양성에 비해서는 상당히 떨어지는 결과이다. 이는 관리된 생태계의 특성이라고 할 수 있다.

우리나라 골프장에서 지렁이의 다양성에 관한 연구는 10개의 골프장을 대상으로 가을철에 종류 조사 연구만 수행된 바 있는데(Ha et al., 2010) 8종의 지렁이가 기록된 바 있다. 당시 조사에서는 변이성지렁이가 5개 골프장의 우점종으로 나타났으며 외무늬지렁이(*Amynthas hilgendorfi*)가 1개 골프장의 우점종으로 나타났었다.

본 조사에서는 각 골프장의 우점종 뿐만 아니라 지렁이 개체군의 년간 변동에 대한 자료를 얻기 위하여 조사를 수행하였다. 지렁이는 골프장에서 년간 지속적으로 발생하는 것으로 나타났으며 시기와 골프장에 따라 우점종 및 각 단계별 발달 단계가 다르게 나타났다. 지렁이 우점종은 골프장별로 차이를 보였는데 이는 지렁이의 이동이 제한적인 특성상 골프장 조성 시 기존 지역에 있던 토착 지렁이 종의 차이에 의한 것이거나 들잔디류의 외부로부터 이식 시 기존 상이한 잔디 재배지에 서식하던 지렁이가 유입되어 정착되어 서로 다른 원서식지의 차이에 의한 것으로 추정된다. 한편 골프장에 발생하는 전체 지렁이 종다양성은 일반 농경지 조사 시에 비하여 상대적으로 낮게 나타났는데 이는 본 조사의 경우 골프장 코스에서 분변토 발생 피해를 유발하는 지렁이 조사를 주 목적으로 수행하여 코스 내에서 분변토의 발생이 많은 홀의 페어웨이만을 대상으로 수행하여 다양한 작물이 재배되고 있는 일반농경지와는 환경 이질성이 단순하여 상대적으로 적은 종 수가 조사된 것으로 생각된다.

영국의 다섯 개 골프장에서 머스타드 관주법으로 지렁이 다양성을 조사한 결과 7종 753개체가 채집되었는데 *Aporrectodea rosea*가 우점종이었으며(Bartlett et al., 2008) Redmond et al. (2014)이 미국 Kentucky주 6개 골프장에서 직접조사법으로 지렁이 다양성을 조사한 바에 의하면 6종이 채집되었고, 우점종은 *Aporrectodea trapezoides*였다. 따라서 6종이 채집된 이번 조사의 결과는 국외에서 수행 된 이들 선행연구들과 비교할 때 지렁이의 다양성은 차이가 없는 것으로 생각되며 우점종의 경우 본 조사에서는 영국과 미국의 골프장에서 조사한 결과와 유사하게 *Aporrectodea*속의 장미줄지렁이가 우점하는 골프장이 많았으나 종 조성에 있어서는 우리나라의 경우 *Amynthas*속에 속하는 지렁이 종들이 많아 차이를 보였다.

우리나라 농생태계에서는 왕지렁이속(*Amynthas*)의 밭지렁이와 참지렁이(*Am. koreanus*), 변이성지렁이가 전체의 56.7%를 차지하고, 이 속이 포함되는 왕지렁이과의 경우 77.3%를 차지하여 낚시지렁이과의 비율이 높은 외국과는 차이를 보였는데(Hong and Kim, 2007a) 이러한 전체적인 지렁이 종조성의 차이 때문에 골프장에 서식하는 지렁이의 종조성도 낚시지렁이과가 많은 유럽이나 미국과 차이가 있는 것으로 생각된다. 한편 우리나라 농생태계 전반에서 왕지렁이과의 종들이 주로 서식하고 있음에도 불구하고, 낚시지렁이과의 장미줄지렁이가 4개 골프장에서 채집이 되었고, 특히 안성과 동래베네스트골프장의 우점종으로 나타났는데 이 *Aporrectodea*속의 경우 외국의 농생태계는 물론 골프장에서 많이 발견되는 것으로 한번 침입하여 정착되면 빠른 속도로 서식처를 확대하는 것으로 알려져 있다(Hong and Kim, 2007a; Bartlett et al., 2008; Redmond et al., 2014).

골프장에서도 이들 침입종 지렁이에 의한 피해가 우려되는 실정으로 Redmond et al. (2014)은 Kentucky주 골프장에서 분변토 배출문제를 일으키는 6종 중 한 종을 제외하고, 모두 외래종으로 골프장에서 기존 고유종에 비하여 빠른 증식과 확산으로 다양한 문제를 유발시킨다고 하였다. 아울러 공항 잔디밭에 발생하는 외래종 지렁이 다발생에 의한 조류들의 출현으로 항공기와의 충돌 사고와 같은 대형 인명사고를 유발할 수 있는 위험성도 상존하고 있다(Seamans et al., 2015). 우리나라 농생태계에서도 이러한 외래종 지렁이의 잠식비율이 높아지고 있는데 Hong and Kim (2009b)이 선유도에서 지렁이 밀도 변이를 조사한 바에 의하면 2006년도에는 낚시지렁이과에 속하는 종들의 조성이 14.7%였다가 2007년 조사에서는 47.2%로 점유율이 높았는데 이는 매우 빠른 속도로 서식지를 확대하였기 때문으로 추정하였다. 아울러 기존의 농생태계 조사에서 전체의 56.7%를 차지하였던 지렁이과의 참지렁이와 밭지렁이, 변이성지렁이의 비율이 선유도 농생태계 조사에서는 35.5%밖에 되지 않았는데 이러한 차이도 외래종의 침입에 의해 그들의 정착 비율이 높아지면서 고유종의 비율이 감소하기 때문으로 추정하였다(Hong and Kim, 2009b). 따라서 우리나라 골프장에서도 다양한 문제를 일으키고 있는 지렁이의 경우 고유종보다는 낚시지렁이과에 속하는 외래종 지렁이의 밀도 증가가 주요 원인의 하나로 생각된다.

젖꼭지지렁이의 경우 기존 농생태계 지렁이 조사에서는 발견되지 않은 종들이었지만 이번 조사에서 4곳의 골프장에서 많은 개체수가 채집이 되었다. 참지렁이나 색다른지렁이(*Am. corticis*)와 같이 왕지렁이속(*Amynthas*)에 속하는 지렁이들의 일부는 형태적 형질변이가 매우 심한 종들이 많다(Hong and Kim, 2007a). 골프장 조사에서 이 종의 생육단계별 조성은 8월에 성체와 미성체만 혼재되어 있어 다른 왕지렁이속 지렁이와 마찬가지로 장마 이후 주로 부화가 이루어지는 것으로 추정된다.

변이성지렁이(*Am. heteropodus*)는 글렌로스골프장을 제외한 4곳의 골프장에서 채집되었는데 특이하게 가을철 조사에만 모두 채집되었으나 Kim et al. (2009)에 의하면 4월과 6월의 농경지 조사에서 채집 된 바 있어 계절적으로 특정 시기에만 발생하지는 않고, 발생 개체수가 적어 채집이 되지 않았던 것으로 생각된다. 한편 똥지렁이(*Am. hupeiensis*)는 특정 골프장에서 우점종은 아니었지만 모든 골프장에서 발생하고 있었는데 전세계적으로 분포하면서 산림보다는 농생태계에서 주로 채집되는 종이다(Hong and Kim, 2007b). 또한 이 종은 골프장에서 사계절 주야간 모두 잔디 위로 분변토를 배출하는 것으로 알려져 있는데(Redmond et al., 2014) 우리나라 농생태계에 보편적으로 존재하는 이 종의 경우 농경지에 골프장을 조성 하거나 농경지에서 재배한 잔디를 이식 할 경우 골프장으로 유입 될 개연성이 높은 종으로 생각된다.

골프장에서 지렁이의 년 중 밀도 변화는 동래베네스트골프장 직접조사지에서 8월에 지렁이 밀도가 높은 것을 제외하고는 차이가 없었으며 년 중 밀도가 지속적으로 증감하는 경향성을 보이지 않았다. 4월부터 10월까지 사과, 배, 복숭아, 감귤, 포도 등 5개 과수 포장에서 지렁이상을 조사한 결과는 4월에서 10월로 갈수록 채집되는 지렁이 개체수가 증가하는 양상을 보였으나(Kim et al., 2009) 전북 부안의 뽕나무 밭에서 년 중 지렁이상을 조사한 결과에서는 8월에 가장 많은 개체수가 채집되었으나 월별 경향성은 보이지 않았다(Hong, 2014).

장미줄지렁이는 동래베네스트골프장의 직접조사지에서는 4월 8일 조사 시 가장 밀도가 높았으나 tea saponin관주처리지에서는 6월 9일 조사에서 가장 높은 밀도를 보였는데 전북 부안의 뽕나무 밭에서는 10월에 가장 많은 개체가 채집되어(Hong, 2014) 본 조사와는 차이를 보였다. 한편 장미줄지렁이의 경우 7월에는 미성체만 채집이 되었는데 이는 알에서 우화한지 많은 시간이 경과하지 않은 것으로 예상되며 지렁이가 알을 낳는 시기를 추정할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 직접 채집지에서 지렁이 알이 발견된 시기가 5~6월인 것으로 볼 때 장미줄지렁이가 알을 많이 낳는 시기는 7월 전 즉 5~6월인 것으로 추정된다. 성체 비율은 8~9월부터 높아지기 시작하여 이듬해 5~6월까지 높은 비율을 유지하는 것을 알 수 있었다. 이는 골프장에서 지렁이 분변토가 문제되는 가을부터 봄철까지 분변토 발생량이 많아 골프장별로 분변토 발생을 억제하기 위해 많은 방제 작업을 하고 있는데 장미줄지렁이의 경우 월동 이후 4~6월까지 성체의 비율이 높아 분변토의 발생도 이 시기에 많이 내어놓을 것으로 생각된다. 한편 Hong (2014)은 장미줄지렁이가 장마 직후부터 성적으로 성숙하여 짝짓기를 활발히 하고, 월동직전까지 부화하는 것으로 추정하였는데 본 조사의 결과와는 차이가 있었다. 이러한 차이가 서식지 환경이나 식물상의 차이에 기인한 것인지 지역적 차이에 의한 것인지는 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 아울러 다른 왕지렁이속에 속하는 대부분의 종들은 장마 직후부터 활동이 증가하여 부화한 개체가 8월부터 주로 활동한다고 하여(Hong, 2014) 본 조사의 결과와 유사하였다.

지렁이 분변토 발생은 토양수분이 밀접하게 관련이 있는 것으로 알려져 있는데(Shin et al., 2015) 골프장에서 장미줄지렁이나 젖꼭지지렁이의 분변토 발생을 관리하기 위해서는 장마기 이후 7~8월에 수분량이 25% 내외일 때가 적기일 것으로 생각되지만 봄이나 가을철에 강우가 많아 토양 수분량이 높은 경우에도 분변토 발생이 많아질 수 있음으로 코스 내 원활한 배수가 되게 관리하는 것도 지렁이의 분변토 발생을 줄이는 중요한 방법으로 생각된다.

골프장에서 지렁이의 발생과 개체 풍부성은 생태계 기능과 관리된 생태계 서비스 측면에서 있어서 매우 가치 있는 정보를 제공해 주는 것으로 확인 된다. 특히 지속적이고 안정된 잔디 상태를 유지하는데 있어서는 지렁이 연간소장에 대한 더 큰 규모의 샘플링과 그에 대한 이해가 필요하다. 기존의 농생태계 지렁이 조사와 금번 조사를 통해서 관리된 생태계내 지렁이가 어느 정도는 파악되었다고 볼 수 있다. 본 조사에서 확인된 장미줄지렁이는 다른 지렁이에 비해서 개체가 크고, 개체수도 많기 때문에 다른 지렁이에 비해서 더 많은 활동을 통해서 많은 분변토를 잔디 위에 내놓는 종으로, 향후 정밀한 모니터링이 필요하다. 변이성지렁이와 똥지렁이도 개체 활동량을 감안했을 때 골프장에서 관리가 필요한 종으로 사료된다.

또한 골프장 조성 당시 인근의 야산이나 농경지 등을 추가로 조사한다면, 현재 발견되고 있는 종들과의 상관관계를 추가적으로 확인할 수 있을 것이다. 아울러 골프장에서는 전혀 조사가 되지 않은 애지렁이과 종의 경우도 상당수 포함되어 있을 것으로 추정된다. 크기는 작지만 많은 개체수를 가지는 분류 군으로 향후 종 조성과 에너지 흐름을 이해하는 차원에서 이 그룹에 대한 조사가 필요하다.

요 약

지렁이는 농생태계의 주요 지표생물의 하나이다. 지렁이는 토양생태계 내에서 유용한 생물이지만 골프장에서는 잔디 위로 배출하는 분변토로 인하여 잔디의 균일성과 경기력을 저하시키는 문제를 유발하고 있다. 그러나 우리나라 골프장에서 발생하는 지렁이의 종 다양성이나 계절적 밀도 변화에 대한 연구는 수행 된 바 없다. 따라서 본 연구는 골프장 잔디에서 지렁이의 종조성과 계절적 밀도변동을 알아보기 위하여 수행하였다. 5개 골프장에서 봄과 가을철에 직접 조사법과 티사포닌 관주처리법으로 지렁이 종류를 조사한 결과 3과 6종(*Aporrectodea caliginosa*, *Bimastos parvus*, *Drawida japonica*, *Amyanthas carnosus*, *Am. heteropodus*, *Am. hupeiensis*)이 채집되었다. 지렁이 종조성과 밀도는 골프장별로 차이가 있었으며 낚시지렁이과(Lumbricidae)의 장미줄지렁이(*Ap. caliginosa*)가 안성과 동래베네스트골프장의 우점종이었으며 왕지렁이과(Megascolecidae)의 젖꼭지지렁이(*Am. carnosus*)가 안양과 글렌로스골프장의 우점종이었다. 장미줄지렁이는 7월에는 미성체만 채집되었고, 젖꼭지지렁이는 8월에 미성체와 성체가 채집되었다. 지렁이 밀도의 계절적 변화는 종별로 차이를 보여 똥지렁이(*Am. hupeiensis*)는 8월에 밀도가 가장 높았으며 장미줄지렁이는 4월에 가장 밀도가 높았으나 소수 개체가 채집 된 종들은 시기별 밀도의 우점 경향성이 없었다.

주요어: 생물다양성, 지렁이, 종 조성, 잔디

Acknowledgements

We appreciate for the technical assistance of superintendents of each golf courses and also thankful to Kwon, O.H., Shin, J.H., Lee, G.Y. and Faisal MD. Kabir of turfgrass insect pest and nematode laboratory of Kyungpook National University.

Reference

Bartlett, M., James, I., Harris, J. and Ritz, K. 2008. Earthworm community structure on five English golf courses. Appl. Soil Ecol. 39:336-341.

Bohlen, P.J., Groffman, P.M., Fahey, T.J., Fisk, M.C., Suarez, E., et al. 2004a. Ecosystem consequences of exotic earthworm invasion of north temperature forests. Ecosystems 7:1-12.

Bohlen, P.J., Scheu, S., Hale, C.M., McLean, M.A., Migge, S., et al. 2004b. Non-native invasive earthworms as agents of change in northern temperature forests. Frontiers in Ecology and the Environment 2:427-435.

Butt, K.R. 2000. Earthworms of the Malham Tarn Estate (Yorkshire Dales national park). Field Studies 9:701-710.

Dózsa-Farkas, K., Felföldi, T. and Hong, Y. 2015. New enchytraeid species (Enchytraeidae, Oligochaeta) from Korea. Zootaxa. 4006:171-197.

Edwards, C.A. 1988. Breakdown of animal, vegetable, and industrial organic wastes by earthworms. pp. 21-31. In: Edwards, C.A. and Neuhauser, E.F. (Eds.). Earthworms in waste and environmental management. SPB, Hague, The Netherlands.

Edwards, C.A. and Bohlen, P.J. 1996. Biology and ecology of earthworm, 3rd edition, Chapman and Hall, 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. 2007. Some new earthworms of the genus *Amynthas* (Oligochaeta: Megascolecidae) with male discs from Bogildo Island, Korea. Rev. Suisse Zool. 114:721-728.

Hong, Y. 2012. Invertebrate fauna of Korea. Annelida: Clitellata: Megascolecidae. Earthworms. Flora and Fauna of Korea 20(1):1-82.

Hong, Y. 2014. Distribution of Southern earthworm race in mulberry tree cultivation area. Korean J. Environ. Biol. 32:263-269. (In Korean)

Hong, Y. and Kim, T.H. 2007a. Occurrence of earthworm in agro-ecosystem. Korean J. Environ. Biol. 25:88-93. (In Korean)

Hong, Y. and Kim, T.H. 2007b. The earthworm composition in plastic greenhouse bed for cucumber cultivation. Korean J. Environ. Biol. 25:100-106. (In Korean)

Hong, Y. and Kim, T.H. 2009a. Selection of earthworm for bioindicators in agroecosystem. Korean J. Environ. Biol. 27:40-47. (In Korean)

Hong, Y. and Kim, T.H. 2009b. The earthworm composition in agroecosystem of Sunyu Island, Korea. Korean J. Environ. Biol. 27:135-139. (In Korean)

Kim, T.H., Hong, Y. and Choi, N.J. 2009. Selection of earthworm for bioindicators in agroecosystem. Korean J. Environ. Biol. 27(1):40-47. (In Korean)

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.

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 insects 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 Entomology 83(6):2362-2369.

Redmond, C.T., Kesheimer, A. and Potter, D.A. 2014. Earthworm community composition, seasonal population structure, and casting activity on Kentucky golf courses. Appl. Soil Ecol. 75:116-123.

SAS/STAT® 9.3 user's guide. 2011. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Seamans, T.W., Blackwell, B.F., Bernhardt, G.E. and Potter, D.A. 2015. Assessing chemical control of earthworms at airports. Wildlife Society Bulletin 39:434-442.

Shin, C.C., Kim, J.K., Hong, Y., Kim, Y.S., Kim, J.H., et al., 2015. Seasonal earthworm casting activity on Korean golf courses. Weed Turf. Sci. 4:368-375. (In Korean)

Sims, R.W. and Easton, E.G. 1972. A numerical revision of the earthworm genus *Pheretima* auct. (Megascolecidae: Oligochaeta) with the recognition of new genera and an appendix on the earthworms collected by the Royal Society North Borneo Expedition. Biol. J. Linn. Soc. 4:169-268.

Stockdill, S.M.J. 1966. The effect of earthworms on pastures. Proc. New Zealand Ecol. Soc. 13:68-75.