

<Note>

뽕나무 경작지의 남방계지렁이 분포

홍 용*

전북대학교 농업생명과학대학 농생물학과

Distribution of Southern Earthworm Race in Mulberry Tree Cultivation Area

Yong Hong*

Department of Agricultural Biology, College of Agriculture & Life Science,
Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

Abstract - In this study, I investigated the species composition in the Mulberry tree cultivation area from April 2013 to March 2014 at Busan. Five genera and nine species found are as follows: *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826), *Bimastos parvus* (Eisen, 1874), *Eisenia fetida* (Savigny, 1826), *Drawida japonica* (Michaelsen, 1892), *Amyntas heteropodus* (Goto & Hatai, 1898), *Amyntas agrestis* (Goto & Hatai, 1899), *Amyntas corticis* (Kinberg, 1867), *Amyntas hilgendorfi* (Michaelsen, 1895), and *Amyntas* sp. A total of 317 individuals of *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826) was collected. *Ap. caliginosa* and *A. heteropodus* were found to be the most dominant species during the study period. Interestingly, the maximum population density of *Ap. caliginosa* was recorded to be in the month of October. Further details analysis indicated that, its population increased rapidly during the breeding season between summer and autumn and thereafter gradually decreased through winter toward the following February. Three growth stages of *Ap. caliginosa* occurred almost simultaneously with abundance composition of 76% in acitellum, 12.6% in semi-clitellum, and 11.4% in clitellum. Based on my study results, I suggest that this data could be useful for the scientific community to analyze the distribution of southern earthworm species in mulberry tree cultivation area.

Key words : earthworm, species composition, seasonal fluctuation, mulberry tree, Korea

서 론

지렁이는 토양내 다양한 활동을 통해서 그들의 토양 서식처를 변화시킬 수 있는 능력 때문에 '생태계기술자'로 알려져 있다(Brown 1995). 지렁이는 토양 입단 구조 형성의 역할, 토양 혼합 촉진, 유기물질의 분쇄 및 식물이 흡수할 수 있도록 돕는 작용, 토양 내 이동으로 만들

어진 굴에 의한 통기성 변화 및 빗물을 저장할 수 있는 역할 등을 한다(Darwin 1881). 그러나 이러한 지렁이 역할에 대해서는 명확히 밝혀지지 않고 있다. 농생태계에서 살충제, 제초제, 살균제 등, 화학 농약의 무분별한 사용으로 지렁이가 수행하는 이러한 역할을 할 수 없게 되고 있다(Lee 1985; Edwards 1988). 자연적인 회복이 가능한 일을 지렁이가 담당하는데, 인위적인 인간의 간섭으로 악순환의 고리를 만든 것이다. 즉 지렁이에 대한 관심이 토양 내에서 역할, 즉 물리·화학적 및 생물학적 역할이 연구자의 흥미뿐만 아니라, 농생태계의 생산성과

* Corresponding author: Yong Hong, Tel. 063-270-3919,
Fax. 063-270-2531, E-mail. geoworm@hanmail.net

환경적 측면에서 유용한 동물이자 건전한 토양생태계의 지표종으로서 설명이 필요하다.

국내에서 지렁이에 대한 생태학적인 연구는, 전국적인 지렁이 종 분포조사에서 3과 5속 15종이 조사되었으며 (Hong and Kim 2007a), 지리적으로 격리된 소규모 지역인 섬인 선유도 농생태계 조사에서 3과 5속 15종 (Hong and Kim 2009) 등이 있다. 또한 단일 경작지, 시설재배지(오이) 내에서 종 군집구성은 3과 4속 7종 (Hong and Kim 2007b) 과 제주도 감귤 친환경 재배지역 조사에서는 3과 5속 11종 (Kim *et al.* 2007), 친환경 포도 재배지에서는 3과 5속 11종 (Kim *et al.* 2009b) 등이 있다. 그러나 이와 같은 조사는 주로 장마후 지렁이가 성적으로 성숙하여 활동이 왕성한 시기를 집중적으로 조사하였고, 본 연구는 한정된 단일 경작지에서 개체군 소장을 파악하기 위한 연간 채집을 실시하였다는 점에서 차이가 있다. 남방계지렁이에 대한 분류학적 연구에 대한 조사 또한 미흡한 실정이다 (Hong 2000; Hong *et al.* 2001; Hong *et al.* 2006).

지렁이의 발생과 개체 풍부성은 생태계 기능과 생태계 서비스 측면에서 있어서 매우 가치 있는 정보를 제

공해 준다. 본 연구는 최근 안전한 농산물 생산, 지속 가능한 농업생태 환경 및 기온과 강수 변화에 의한 토양 동물 관리 방법에 대한 요구로, 단일 경작지의 지렁이 개체군 동태를 파악하기 위하여 뽕나무 경작지에서 지렁이 개체군 연간 소장을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 채집

조사는 전라북도 부안군 동진면 본덕리에 있는 뽕나무 경작지 (N 35° 46' 07.3" E 126° 43' 16.5" ~ N 35° 46' 11.5" E 126° 43' 15.1")에서 2013년 4월부터 2014년 3월까지 실시하였다 (Fig. 1). 2011년 3월 25일 1,742 m²에 뽕나무 500주를 식재한 경작지로, 종별 개체군 소장을 파악하기 위해서 월별로 총 12회 조사하였다. 표본의 크기는 경작지에서 임의적으로 10 m × 10 m 조사구를 설정하고, 1 m × 1 m 면적 크기에서 3반복 실시하였다.

채집방법은 손으로잡기 (handsorting)와 파기 (digging)



Fig. 1. Collection sites of found in the Mulberry tree cultivation, from April 2013 to March 2014, from Buan, Korea.

를 병행 사용하였다. 수집된 지렁이는 75% 알콜에서 죽인 뒤, 10% 포르말린 용액에서 고정하고 96시간 지난 후 5% 포르말린 용액에 옮긴 뒤 밀봉된 vial에서 보관하였다. 기온과 강수량 데이터는 기상청 부안 관측소의 1년간 월 평균 자료를 사용하였다.

2. 동정 및 분류

종의 동정에 사용한 형태적 형질은 생식돌기 (genital tumescences), 생식결절 (tubercula pubertatis), 생식표지 (genital marking)의 위치와 모양, 수정낭구멍 (spermathecal pore)의 위치와 수 등이다. 분류체계는 Sims and Easton (1972)를 적용하였다.

결과 및 고찰

1. 종 다양성

군집구조의 변화에 따른 종의 다양성 변화는 통합된 군집수준에서 일어나는 생태계내의 생물적, 미생물적 구성원의 안정성과 연관되기 때문에 (Whittaker 1972), 다양성을 확인하는 것은 서식처 분석에 중요한 지표로서 활용된다 (Magurran 1988).

뽕나무 경작지에서 2013년 4월부터 2014년 3월까지 수집된 지렁이는 총 3과 5속 9종으로 채집된 지렁이는 다음과 같다 (Table 1). *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826), *Bimastos parvus* (Eisen, 1874), *Eisenia fetida* (Savigny, 1826), *Drawida japonica* (Michaelsen, 1892), *Amyntas heteropodus* (Goto & Hatai, 1898), *Amyntas agrestis* (Goto & Hatai, 1899), *Amyntas corticis* (Kinberg,

1867), *Amyntas hilgendorfi* (Michaelsen, 1895), *Amyntas* sp. 등이다.

전체 채집된 개체수는 670개체로 변이성지렁이 (*A. heteropodus*)가 323개체, 전체의 약 48.2%를 차지하여 뽕나무 경작지에서 가장 많이 서식하는 우점종으로 확인되었다. 또한 장미줄지렁이 (*Ap. caliginosa*)는 317개체, 약 47.3%로 2종이 차지하는 비율이 약 95.5%로 절대 우점군이었다 (Table 1). 이전의 농생태계 지렁이 조사에서는 금번 조사와 같이 우점종 2종이 차지하는 비율이 절대적으로 우세하지는 않았다. 농생태계 분포조사 (Hong and Kim 2007a)는 밭지렁이 (*A. agrestis*) 20.9%와 참지렁이 (*A. koreanus*) 20.3%가 약 41.2%로 전체의 절반 수준을 넘지 않았고, 선유도 조사 (Hong and Kim 2009)는 장미줄지렁이 (*Ap. caliginosa*) 42.1%, 변이성지렁이 (*A. heteropodus*) 29.7%로 2종이 전체에서 차지하는 비율이 약 71.8%로 비교적 높았으나, 본 조사의 비율보다는 훨씬 낮았다. 이와 같은 결과는 조사 면적이 좁을수록 종 다양성이 떨어지는 결과를 보여준다. 특히 금번 조사 지역은 경작지에서 뽕나무라는 단일 품종으로 이루어진 제한된 생태계의 특성을 잘 보여준다. 기존의 전국적인 조사에서 우점종으로 기록된 밭지렁이 (*A. agrestis*)는 매우 미미하게, 그리고 참지렁이 (*A. koreanus*)는 전혀 채집되지 않았다. 이는 전 농생태계에 비교적 균등하게 우점적으로 분포하여도, 지리적 또는 경작지 특성이 종 다양성을 결정하는 것으로 사료된다.

본 조사에서 우점종인 변이성지렁이는 전국 농생태계 다양한 지점에서 많은 개체가 채집되는 종이다. 또한 이 종은 재배지 특성에 따라서는 상당히 많은 개체가 동시에 발견 되는데, 금번 조사에서와 같이 재배 품종의 다양성이 단순한 지역에서 주로 서식하고 있는 것을 확인

Table 1. The earthworms collected from April 2013 to March 2014, Buan, Korea

Species	Month												Total
	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	
Family Lumbricidae													
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	10	9	1		3	11	188	51	23	5		16	317
<i>Bimastos parvus</i>		1					5						6
<i>Eisenia fetida</i>							1						1
Family Moniligastridae													
<i>Drawida japonica</i>		1										12	13
Family Megascolecidae													
<i>Amyntas heteropodus</i>		1		38	17	62	136	13	13	15	17	11	323
<i>Amyntas agrestis</i>				1			3						4
<i>Amyntas corticis</i>							3						3
<i>Amyntas hilgendorfi</i>				1									1
<i>Amyntas</i> sp.				2									2
Total	10	12	1	42	20	73	336	64	36	20	17	39	670

하였다. 종의 특성으로는 크기는 작지만 가늘고 긴 형태로 진한 갈색을 띠고 있다. 또한 행동습성도 농생태계의 다른 지렁이 종들보다 비교적 빠르게 움직이고, 왕지렁이속(Genus *Amyntas*) 종류 중 외부 형태의 생식표지(genital marking)와 저장낭구멍(spermathecal pore)의 수와 위치가 안정되어 있어서 변이의 폭이 적은 종이다(Hong and Kim 2007a).

또한 개체수가 미미하게 채집된 색다른지렁이(*A. corticis*)는 농생태계에 출현하는 종 가운데 크기가 가장 큰 종으로 알려져 있으며, 보통 한 서식지에서 개체수도 4~5개체 미만으로 채집되는 종이다(Hong and Kim 2007a). 염주위지렁이(*D. japonica*)도 농생태계에 광범위하게 분포하는 종으로, 경작지 토양에서 토양 비옥도에 기여하고 있는 종으로 알려져 있다(Hong and Kim 2007a). 안장띠늬지렁이(*B. parvus*) 종은 개체군 크기가 작지만, 다양한 농생태계 서식지에서 발견되는 종이며, 줄지렁이(*E. fetida*)는 퇴비 등 지렁이 분변토화(vermicomposting) 작업시 관여하는 종으로, 본 조사시 1개체가 채집되었다. 경작지에서 퇴비를 사용하지 않았는데, 우연히 유입된 것으로 추정된다. 외무늬지렁이(*A. hilgendorfi*)도 개체군 크기는 작지만 다양한 농생태계에서 분포하는 종이다. *Amyntas* sp.는 왕지렁이 종류로 미성숙 개체가 채집되어 명확히 종 동정을 할 수 없었다.

금번 조사에서 확인된 5속 9종은, 오이 시설재배지의 4속 7종(Hong and Kim 2007b), 감귤 재배지의 5속 11종(Kim *et al.* 2007), 포도 재배지의 3과 5속 11종(Kim *et al.* 2009b) 등과 비교적 유사하였다. 특정 종의 우점 현상을 제외하고는 7종에서 11종이 출현한다.

2. 온도 및 강수와 개체군소장

Fig. 2는 우점종인 장미줄지렁이(*Ap. caliginosa*)와 변이성지렁이(*A. heteropodus*) 2종에 대한 개체군의 월별 변화를 종별로 나타낸 것이다. 전체적으로 가을 한번의 밀도 정점을 보이고 있으며, 봄철에 밀도가 점차 상승하는 패턴을 보여준다. 이는 토양 절지동물의 월별 개체군 소장은 10월에 높고, 2월에 낮다는 결과와 비슷하다(Hong *et al.* 1997). 즉 겨울을 지나고 온도가 올라가면서 토양 상층부로 이동하여 활동을 하기 시작하고, 장마직 후 밀도 증가가 멈춘 다음, 8월에 밀도가 다시 회복하기 시작하여 10월에 밀도 정점을 보인다. 지렁이 밀도변동은 계절적 요인이 크게 좌우하고 있음을 보여주는 결과이다. 이중 우점종과 온도와 강수의 상관관계를 분석하였다. 장미줄지렁이와 변이성지렁이, 2종 모두 비슷한 밀도 변동 패턴을 보여주고 있는데, 특히 9월부터 밀도가 증가하다 10월에 가장 높은 밀도를 보인다. 이는 대기의 온도가 너무 높을 때는 토양 상층부 활동이 주춤하다가, 온도가 다소 낮아지면서 활동이 활발해지는 것으로 추측된다. 외국에서는 온도가 높은 여름철에 하면하는 모습이 관찰되기도 하지만, 아직까지 국내에서는 직접적으로 관찰한 보고는 없다. 또한 온도가 가장 낮은 1월과 2월은 토양 심층부로 내려가서 월동하는 지렁이의 일반적인 생활사와 일치한다.

한반도에서 육상 지렁이 우점 그룹은 왕지렁이 그룹이다. 이 종들은 월동 후 이른 봄이 되면 활동하기 시작하여, 장마 직후부터 활동이 더욱 증가하여 짝짓기 후, 난낭(cocoon)을 생산하고 부화하기 시작한다. 이때 부화한 개체들이 활동하는 시기가 8월부터 시작하고(Hong

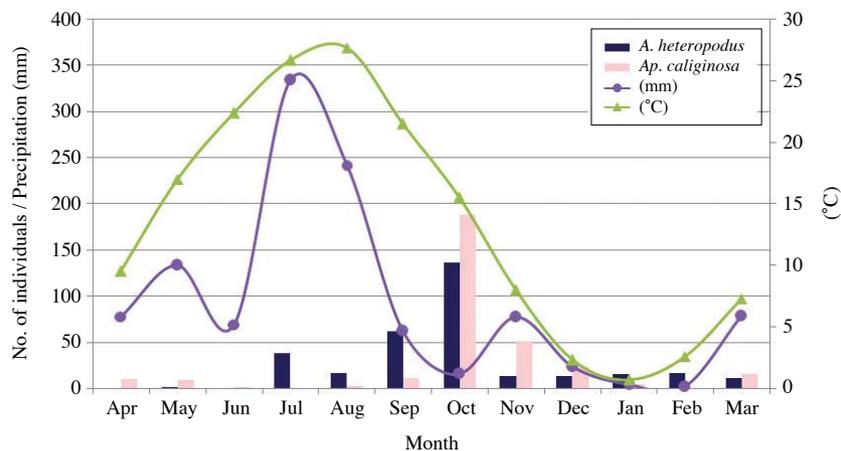


Fig. 2. Monthly occurrence of earthworms found in the Mulberry tree cultivation, from April 2013 to March 2014, from Buan, Korea.

et al. 2009), 본 조사의 2013년 온도 변화와 비교적 일치하는 경향을 보였다. 다만 조사 초기 4월과 5월, 봄철의 밀도가 낮았던 점은 일시적으로 많은 강수량과 어느 정도 상관성이 있을 것으로 추정된다. 집중적인 강수는 이들 개체군에 많은 영향을 미친다. 토양속에서 생활하는 특성상, 빗물에 의해서 토양속 공극이 막히게 되면 호흡을 할 수 없기 때문에 지표면으로 올라오게 되는데, 빗물에 쓸려가거나, 포식자에 쉽게 노출되어서 개체군 감소에 직접적인 영향을 주게 된다. 그러나 이듬해 조사부터는 밀도가 정상적인 수준으로 회복하고 있음을 보여주고 있다. 단일 경작지에서 온도 및 강수량과 개체군 분포 변화는 조사 시점에 따라서 상이한 결과를 보이기도 하기 때문에 장기간의 조사가 필요하다.

3. 장미줄지렁이 (*Ap. caliginosa*) 생육단계별 밀도조성

Fig. 3은 채집기간 동안 출현한 장미줄지렁이 (*Ap. caliginosa*) 전 개체를 생육단계별로 표시를 한 것이다. 성체 (clitellum)는 36개체로 전체의 11.4%, 준성체 (semiclitellum)는 40개체로 12.6%, 미성체 (aclitellum)는 241개체로 76%이었다. 이는 모든 생활사에 걸쳐 채집된 결과이지만, 미성체의 비율이 성체의 비율보다 훨씬 많았다. 특히 장미줄지렁이 (*Ap. caliginosa*)의 밀도 정점을 보인 10월의 전체 출현 개체수는 188개체로 약 59.3%, 이중 미성체의 비율은 전체의 약 41.6%에 달한다.

성체는 환대가 완전히 성숙하여 성적으로 짝짓기가 가능한 개체를 말하며, 준성체는 환대가 완전히 발육이 되지 않은 중간형태, 즉 환대가 마디상에 나타나기 시작한 모습을 보이지만 완전히 발육이 되지 않은 개체이다.

미성체는 환대가 형성되지 않고, 마디에 전혀 나타나지 않은 개체를 의미한다. 성체와 미성체 뿐 아니라 준성체도 형태적으로 구분이 되기 때문에 일반적으로 3단계로 구분한다.

Fig. 4는 장미줄지렁이 (*Ap. caliginosa*) 개체군의 채집 밀도 월별 변화를 보여주고 있다. 전체적으로 가을 한번의 밀도 정점을 보이는데 이는 토양 미소절지동물의 월별 개체군 소장이 10월에 높고 2월에 낮다는 결과와 일치한다 (Hong et al. 1997; Hong and Kim 1998). 즉 겨울을 지나고 온도가 올라가면서 토양상층부로 이동하여 활동하기 시작하고, 장마직후 밀도의 증가가 멈춘 다음, 9월부터 밀도가 회복하기 시작하여 10월에 밀도 정점을 보이는데, 장미줄지렁이 (*Ap. caliginosa*) 밀도변동은 계절적 요인이 크게 좌우하고 있음을 보여준다. 특히, 장마직후부터 성적으로 성숙하여 짝짓기가 활발히 진행되고, 온도가 내려가기 전, 난당을 생산하여 월동 직전 부화하

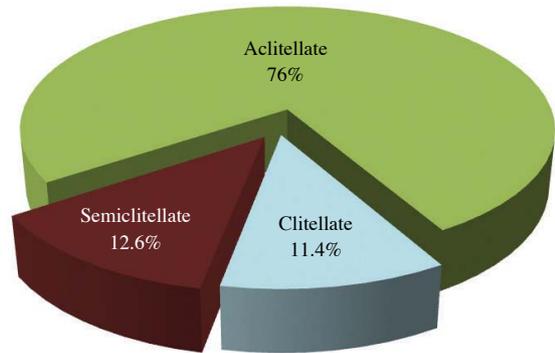


Fig. 3. Abundance of *Ap. caliginosa* by the clitellate, semiclitellate and aclitellate stages in the Mulberry tree cultivation, Buan, Korea.

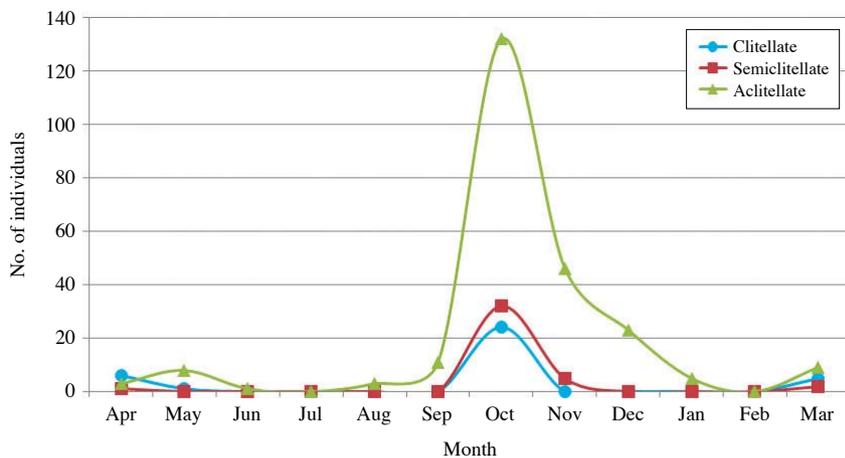


Fig. 4. Monthly occurrence of *Ap. caliginosa* found in the Mulberry tree cultivation from April 2013 to March 2014, from Buan, Korea.

는 것으로 추정된다. 월동 직후 미성체는 봄철 대기 온도가 상승하면서 점차 지표면으로 이동하여 활발하게 활동한다. 그러나 본 조사에서 확인된 장미줄지렁이(*Ap. caliginosa*) 개체군의 이러한 변화는 다른 지렁이 종들에게 똑같이 적용하기는 힘들다. 종들은 각각의 특이성 때문에 서식처에서 분포하는 양상이 다르기 때문이다. 그러나 한반도에서 장미줄지렁이(*Ap. caliginosa*) 개체군 뿐만 아니라, 다른 출현 종에 대한 계절별 출현시기와 밀접한 연관을 갖고 있음을 시사하며 이들 종들의 최적 생육시기와 관련이 있는 것으로 추정된다.

친환경 농산물에 대한 관심과 수요가 지속적으로 증가하고 있으나, 경작지에서 생물학적인 요인에 대한 연구는 미미하다. 유기합성 농약 대신 생물학적인 방식에 의한 지력 증진을 추구하면서 경작 토양에서 지렁이 개체군 규모도 많이 증가하였다. 그러나 이와 같은 현상은 특정 지역 및 일부 경작지를 중심으로 나타나고 있으며, 아직도 많은 농생태계는 지렁이 개체군을 포함한 토양 생물에 대한 뚜렷한 증가현상은 보이지 않고 있는 실정이다.

금번 조사에서 확인된 중요한 결과중의 일부는 지금까지 알려진 뉘시지렁이과의 뉘시지렁이속(Genus *Aporrectodea* Orley 1885)에 분류학적인 고찰이다. 국내 농생태계에는 장미줄지렁이(*Ap. caliginosa*), 갈색뉘시지렁이(*Ap. trapezoides*), 흑뉘시지렁이(*Ap. tuberculata*) 등, 3종이 혼재해 있는 것으로 보고되었다. 그러나 이 3종의 뉘시지렁이속의 종들은 형태적으로 매우 유사하고, 서식처, 생활사 등이 복잡하게 연관되어 있어서 각각 별개의 종으로 인식하는데 많은 어려움이 있다. 특히 단성생식을 하는 종으로 여겨지는 3종은 발생 시기에 따라서는 각각의 형(morph)으로 나타나는 경우도 있다. 즉 같은 종도, 서식처와 시기에 따라서는 크기 차이가 뚜렷하게 나는 경우가 있어서 오동정의 오류를 쉽게 반복한다.

본 연구를 통해서 한반도 농생태계, 단일경작지에서 서식하는 뉘시지렁이속의 종은 장미줄지렁이(*Ap. caliginosa*)의 1종으로 확인 하였다. 즉 형태적 형질의 외부 변이의 범위가 이 종의 특징 범주에 포함되는 것이다. 유럽의 원산지인 이 종들은 지리적 분포 범위에 따라서 남유럽과 북유럽의 지리적 구분에 의해서 구분되어지는 특징을 보이기도 한다. 따라서 일부 학자에 의해서는 *Ap. caliginosa*-complex 그룹으로 총칭되어 사용되기도 한다.

단일 경작지, 오이 시설재배지(Hong and Kim 2007b)에서 기술한 농생태계에 매우 흔한 줄지렁이(*E. fetida*)는, 금번 조사에서도 농촌의 두엄자리, 하수구 인근 등지에

서식하면서 유기물을 분해하면서 살아가는 특징을 갖고 있지만, 특정 작물 경작지에 인위적으로 퇴비를 사용하지 않으면, 이들 개체군은 자연적으로는 서식하지 않는 것으로 확인 하였다. 또한 농생태계에 광범위하게 분포하는 개체군이라도 서식처의 특정 환경에 의해서 종의 서식이 제한되는 것을 확인하였지만, 어떤 요인에 의한 서식처 한정인지는 불명확하다(Hong and Kim 2007b). 광범위하게 분포하는 특정 종들이 단일 경작지에서 채집되지 않은 사실에 대해서는 향후 미세서식처 환경에 대한 지속적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

적 요

농생태계의 뽕나무 경작지에서 서식하고 있는 지렁이상을 확인하기 위하여, 2013년 4월부터 2014년 3월까지 조사를 하였다. 분류된 남방계지렁이는 총 5속 9종으로 다음과 같다. *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826), *Bimastos parvus* (Eisen, 1874), *Eisenia fetida* (Savigny, 1826), *Drawida japonica* (Michaelsen, 1892), *Amyntas heteropodus* (Goto & Hatai, 1898), *Amyntas agrestis* (Goto & Hatai, 1899), *Amyntas corticis* (Kinberg, 1867), *Amyntas hilgendorfi* (Michaelsen, 1895), *Amyntas* sp. 등이다. 장미줄지렁이(*Ap. caliginosa*) 개체군 밀도 소장은 10월에 정점을 보이고 다음해 2월까지 감소하고, 성체와 미성체는 동시에 출현하며, 그들의 조성 비율은 성체 11.4%, 준성체 12.6 11%, 미성체 76% 이었다.

사 사

본 연구는 2014년도 농촌진흥청, 농업공동연구(국책 기술개발, 신진연구자사업), “온도 및 강수 변화와 남방계 지렁이 분포 연구(과제번호: PJ009778)”로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Brown GG. 1995. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? *Plant Soil*. 170:209-231.
- Darwin C. 1881. The formation of vegetable mould, through the action of worms. John Murray, London.
- Edwards CA. 1988. Breakdown of animal, vegetable, and industrial organic wastes by earthworms. pp. 21-31. In *Earthw-*

- orms in waste and environmental management (Edwards CA and E F Neuhauser eds.). SPB, Hague, Netherlands.
- Hong Y and TH Kim. 1998. Bionomics of *Allochthonius buanensis* Lee (Pseudoscorpionida: Chthoniidae) at the Piagol, Mt. Chiri. Korean J. Entomol. 28:1-6.
- Hong Y and TH Kim. 2007a. Occurrence of earthworm in agroecosystem. Korean J. Environ. Biol. 25:88-93.
- Hong Y and TH Kim. 2007b. The earthworm composition in plastic greenhouse bed for cucumber cultivation. Korean J. Environ. Biol. 25:100-106.
- Hong Y and TH Kim. 2009. The earthworm composition in agroecosystem of Sunyu Island, Korea. Korean J. Environ. Biol. 27:135-139.
- Hong Y, CH Ahn and TH Kim. 2006. Redescription of *Amyntas hupeiensis* (Michaelsen, 1895) with DNA barcoding data. Korean J. Soil Zool. 11:106-109.
- Hong Y, NJ Choi and IY Choi. 2009. Distributions of soil organisms in Ginseng cultivation fields. Korean J. Environ. Biol. 27:272-278.
- Hong Y, TH Kim and CH Kim. 1997. Altitudinal distribution and monthly fluctuation of soil pseudoscorpions (Arachnida: Pseudoscorpionida) at the Piagol, Mt. Chiri. Korean J. Ecol. 20:347-354.
- Hong Y, TH Kim and YE Na. 2001. Identity of two earthworms used in vermiculture and vermicomposting in Korea: *Eisenia andrei* and *Perionyx excavatus*. Korean J. Syst. Zool. 17: 185-190.
- Hong Y. 2000. Taxonomic review of the family Lumbricidae (Oligochaeta) in Korea. Korean J. Syst. Zool. 16:1-13.
- Kim TH, SH Jung, Y Hong and NJ Choi. 2007. Earthworm, springtail, and mite fauna in environment-friendly citrus orchards in Jeju Island. Korean J. Soil Zool. 12:23-27.
- Kim TH, Y Hong and NJ Choi. 2009a. Selection of earthworm for bioindicators in agroecosystem. Korean J. Environ. Biol. 27:40-47.
- Kim TH, Y Hong and NJ Choi. 2009b. Earthworm fauna in environment-friendly managed vineyards with various levels of pesticide use. Korean J. Soil Zool. 13:1-5.
- Lee KE. 1985. Earthworms; their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, New York. pp. 411.
- Magurran AE. 1988. Ecological diversity and its measurement. Croom Helm. 179 p.
- Sims RW and EG Easton. 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.
- Whittaker RH. 1972. Evolution and measurement of species diversity. Taxon. 21:213-251.

Received: 19 May 2014

Revised: 11 August 2014

Revision accepted: 18 August 2014