

농생태계 지렁이 생물지표종 선발

김 태 흥* · 홍 용 · 최 낙 중

전북대학교 생물자원과학부

Selection of Earthworm for Bioindicators in Agroecosystem

Tae Heung Kim*, Yong Hong and Nak Jung Choi

Faculty of Biological Resources Science, College of Agriculture and Life Science,
Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

Abstract – Heavy reliance on organosynthetic chemical methods to control agricultural pest tends to deteriorate and lower fertility of soil. We studied annual occurrence of earthworm in environment-friendly agroecosystem and attempted to determine the degree of soil contamination. Candidate bioindicators of earthworm in agroecosystem were selected through analysis of earthworm diversities. Depending on the degree of pesticide use, the fields were divided into conventional, less-pesticide, pesticide free, and organic fields. A nearby field not in agricultural use was chosen as a control. This study was carried out in the greenhouses (lettuce and grape) in 2006 and in orchards (apple, pear, peach, citrus and grape) in 2007. Earthworm was collected from 50 × 50 × 10 cm³ of respective soil. We found 11 species from 5 genera and 3 families, and 12 species from 4 genera and 3 families in the greenhouses and in orchards, respectively. The contents of organic matter in soil in the greenhouses were variable but quite less so in orchards. *Amyntas heteropodus* occurred most frequently in both sites suggesting that it could be adopted as a bioindicator in agroecosystem in Korea.

Key words : bioindicator, agroecosystem, earthworm

서 론

작물을 재배하는 토양 내에는 다양한 토양 동물군이 서식하고 있다. 이들 토양 동물은 서로 유기적인 관계를 맺으면서 생태 피라미드를 형성하고 있는데, 이 중 지렁이(earthworm)는 개체수가 적지만, 생체량이 커서 상대적으로 비중이 높다. 토양 속 지렁이 개체군의 역할은 주로 성장과 활동을 위한 토양수분과 온도의 적절함에 달려 있다. 온대지역에 속하는 우리나라의 지렁이는 봄, 가을

에 가장 활동적인데 이는 작물의 생육시기와 밀접한 관련이 있다. 겨울동안 낮은 온도를 피하기 위해 토양 속 깊은 층으로 이동하고, 봄에 표토층 가까이 이동해서 난낭(coccoyl, 알집)을 생산하고 부화하게 된다. 지렁이의 많은 종류가 토양 비옥과 농작물 생산의 유지와 향상에 관련이 있다. 즉, 지렁이의 활동은 보통 영양분의 효용을 증가시키고, 유기물질을 빠르게 분해시키고 토양의 입자 구조를 향상시킨다(Darwin 1881; Lee 1985). 지렁이의 활동으로 인한 토양 내에서의 또 다른 이점으로는 특정 병해충이나 유기체를 억제하고, 유용한 미생물 숫자를 증가시킨다(Edwards 1988). 이와 같이 토양 내 역할의 중요성에 비하여 국내에서의 연구는 최근 들어서 활발

* Corresponding author: Tae Heung Kim, Tel. 063-270-2526, Fax. 063-270-2531, E-mail. bandy@chonbuk.ac.kr

하게 이루어지고 있는 실정이다. 특히 농생태계에서 작물재배 지역에 있어서 건전성을 측정할 수 있는 생물지표종으로 활용할 수 있는 종을 개발하려는 분야가 주목을 받고 있다.

국내 농생태계에서 서식하는 종들은 3과 5속 15종이 보고되었다(Hong and Kim 2007a; Kim *et al.* 2008). 이는 지금까지 국내에서 기록된 106종 지렁이 가운데 14.2%에 해당된다(Hong 2007). 또한 시설재배지의 특정 작물의 한정된 공간에서 조사된 개체군에 대한 보고에서는 4속 7종이 서식하고 있는 것으로 확인되었다(Hong and Kim 2007b). 최근 친환경 농산물에 대한 일반인들의 관심 증대와 정책적인 지원으로 친환경 농경지가 증가함에 따라 지렁이의 개체군도 점차 증가하고 있다. 지렁이는 농경지와 관련해서 퇴비를 사용한 경작지에서 사용하지 않은 경작지보다 지렁이 서식밀도가 높다(Edwards and Lofty 1977). 그러나 이와 같은 연구는 친환경 농경지의 토양 생물환경 조사와 생물진단 수단 개발에 대한 접근은 미흡하다. 따라서 토양 내 생물학적인 에너지 흐름을 파악하기 위해서는 지렁이에 대한 생물학적 지표종으로 활용하기 위한 이해가 필요하다.

본 연구는 친환경 재배방식의 작물 서식지에서 토양동물의 군집구성이 점차 달라지고 있으며 작물 경작지의 토양 동물 다양성에 대한 논의가 활발하게 이루어지는 시점에서 시설 재배지와 과수원 재배지의 친환경 재배 단계별로 지렁이 개체군을 조사하여 친환경 농업을 위한 생물학적 토양 환경을 측정하는 “지렁이 생물지표종” 선발을 목적으로 실시하였다.

재료 및 방법

1. 채 집

본 연구를 위해 조사한 지역은 크게 시설 재배지와 과수원으로 구분하였다. 시설 재배지는 포도와 상추 포장에서 2006년 4월부터 10월까지 매월 총 7회, 과수원의 경우 사과, 배, 복숭아, 감귤, 포도 포장 등 5개 과수에서 2007년 4월, 6월, 8월, 10월 격월로 총 4회 조사하였다. 채집 횟수의 경우 2006년도에는 매월 채집을 실시하였으나 채집되는 지렁이의 종 변화가 두드러지지 않고 연구의 효율성을 높이기 위해서 2007년에는 격월로 채집하였다. 친환경 단계별 구분으로 관행(Conventional), 저농약(Less-pesticide), 무농약(No-pesticide), 유기농(Organic) 등 4단계와 비경작지(Field not in use)를 대조구로 설정하였다. 조사지역에 대한 상세한 정보는 Table 1에 기재하였다.

2. Sample 채취 및 보관

토양 샘플 크기는 25,000 cc ($50 \times 50 \times 10 \text{ cm}^3$)이고 토양분석은 수분(soil water, %), 유기물 함량(OM, %), pH, EC (ds m^{-1}), 양이온(Ca, K, Mg), T-N을 분석하였다. 채집 방법은 삽을 이용하여 토양 샘플 크기로 땅을 판 후에 손이나 핀셋으로 직접 채집하였으며, 채집된 지렁이는 75% 알코올에서 죽인 뒤, 10% 포르말린 용액에서 고정하였으며, 96시간 지난 후 밀봉된 vial에서 보관하였다.

3. 동정 및 분류

종의 동정에 사용한 형질은 수정낭구멍(spermathecal pore)의 위치와 수, 생식돌기(genital tumescences), 생식결절(tubercula pubertatis), 생식표지(genital marking)의 위치와 모양 등에 의해서 이루어졌으며, 종 기재는 Hong (2000)과 Hong and Kim (2007a) 등을 참고하였다.

결과 및 고찰

조사지역 내 토양의 물리적 환경을 알아보기 위하여 수분(soil water, %), 유기물 함량(OM, %), pH, EC (ds m^{-1}), 양이온(Ca, K, Mg), T-N을 등 8가지의 요인을 조사하였다. 시설 재배지의 경우 폐쇄적 환경에서 인위적인 경작 활동으로 토양 수분이 일정하게 유지되었다. 시설 재배지는 4월부터 10월까지 매월 채집한 토양을, 과수원의 경우는 4월, 6월, 8월, 10월까지 격월로 채집한 토양을 검정 시료로 사용하였다(Table 2, 3).

성분 분석 결과를 보면 토양 내 지렁이 분포에 가장 큰 영향을 끼치는 것으로 알려진 유기물 함량(OM, %)은 과수원보다 시설 재배지에서 단계별로 많은 차이를 보였다. 시설 재배지에서는 특히 저농약 재배지에서 유기물 함량이 최저를 나타냈으며, 관행 재배지와 무농약 재배지의 유기물 함량이 상대적으로 낮았다. 과수원에서는 단계별로 큰 차이는 없었지만 관행 재배지의 유기물 함량이 상대적으로 낮았으며 그 외 저농약, 무농약, 유기농 재배지의 유기물 함량은 비슷한 수준으로 나타났다. 시설 재배지에서의 경작지별 유기물 함량은 저농약, 관행, 무농약, 유기농, 비경작지 순으로 높게 나타났으며, 유기농과 비경작지만 평균 이상으로 나타났다. 과수원에서는 비경작지, 관행, 무농약, 저농약, 유기농 순으로 높게 나타났으며, 유기농, 저농약, 무농약에서 평균 이상으로 나타났다.

Table 1. Study sites and levels of pesticide use, 2006 ~ 2007

Crops	Level of pesticide use	Owner	Address
Greenhouse	Grape	Conventional	전라북도 익산시 부송동
		Less-pesticide	전라북도 김제시 백구면 부용리 27-36
		No-pesticide	전라북도 김제시 백구면 백구리 422
		Organic	전라북도 김제시 백구면 반월리 288-6
		Field not in use	전라북도 전주시 덕진구 연화마을
	Lettuce	Conventional	전라북도 완주군 용진면 용흥리
		Less-pesticide	전라북도 익산시 망성면 내촌리 1001
		No-pesticide	전라북도 완주군 봉동읍 구미리 상구미리
		Organic	전라북도 완주군 용진면 용흥리 637
		Field not in use	전라북도 전주시 덕진구 연화마을
Orchard	Apple	Conventional	경상북도 군위군 소부면 위성리 286
		Less-pesticide	경상북도 군위군 소부면 보현리
		No-pesticide	경상북도 의성군 다인면 달제리 90-1
		Organic	경상북도 의성군 다인면 달제리 90-1
		Field not in use	경상북도 군위군 소부면 위성리 286
	Pear	Conventional	전라남도 나주시 금천면 고동리 1034
		Less-pesticide	전라남도 나주시 금천면 고동리 1034
		No-pesticide	전라남도 나주시 왕곡면 신가리 200
		Organic	전라남도 곡성군 고달면 두가리 82-6
		Field not in use	전라남도 곡성군 고달면 두가리
Peach	Conventional	전라북도 전주시 덕진구 연화마을	
	Less-pesticide	충청북도 옥천군 이원면 진진리	
	No-pesticide	전라북도 익산시 황등면 황등리 383	
	Organic	충청북도 옥천군 이원면 진진리	
	Field not in use	전라북도 전주시 덕진구 연화마을	
Citrus	Conventional	제주도 서귀포시 신례리	
	Less-pesticide	제주도 서귀포시 신례리	
	No-pesticide	제주도 서귀포시 신례리	
	Organic	제주도 서귀포시 도순동 618	
	Field not in use	제주도 서귀포시 신희동 감귤박물관 부근	
Grape	Conventional	충청북도 영동군 황간면 서성원리 690	
	Less-pesticide	충청북도 영동군 황간면 서성원리 690	
	No-pesticide	충청북도 옥천군 이원면 진진리	
	Organic	충청북도 영동군 황간면 서성원리 690	
	Field not in use	충청북도 영동군 황간면 서성원리 690	

Table 2. Analysis of soil from various levels of environment-friendly greenhouses, Apr. ~ Oct., 2006, Jeonbuk Province

	Conventional	Less-pesticide	No-pesticide	Organic	Field not in use	Avg.
pH (1:5)	6.05	6.72	5.98	6.59	6.25	6.32
EC (dS m ⁻¹)	3.69	4.66	39.09	9.15	1.44	11.61
OM (%)	4.83	3.75	5.18	6.09	7.58	5.49
T-N (%)	0.43	0.30	0.43	0.68	0.53	0.47
P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	1364.42	671.59	706.62	1448.86	30.29	844.36
Ex. Cation (cmol-1 kg ⁻¹)Ca	6.27	7.16	6.70	12.37	14.55	9.41
Ex. Cation (cmol-1 kg ⁻¹)K	11.09	7.72	5.94	7.37	2.02	6.83
Ex. Cation (cmol-1 kg ⁻¹)Mg	22.68	16.50	17.21	24.51	8.06	17.79

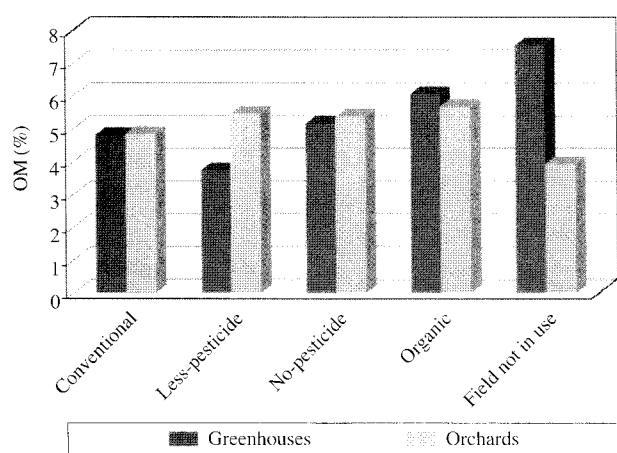
1. 시설 재배

시설 재배지 조사 포장에서 지렁이는 전체적으로 3과 5속 11종이 출현하였다. 이는 처음 농생태계를 대상으로 전국적으로 실시된 조사에서 확인된 3과 5속 15종과 비

슷한 경향을 보였다 (Hong and Kim 2007a). 조사 구분별로 보면 포도 포장에서 5속 11종, 상추 포장에서 4속 9종이 출현하여 포도 포장에서 좀 더 높은 종 다양성을 보였다. 이는 상추 포장에서 출현하지 않은 *Eisenia fetida* (줄지렁이), *Eisenia andrei* (붉은줄지렁이)가 포도

Table 3. Analysis of soil from various levels of environment-friendly orchards, Apr. ~ Oct., 2007, Jeonbuk Province

	Conventional	Less-pesticide	No-pesticide	Organic	Field not in use	Avg.
Soil water (%)	28.57	32.23	30.85	33.06	27.31	30.40
pH (1 : 5)	6.50	6.96	6.32	6.55	6.12	6.49
EC (dS m ⁻¹)	0.57	1.01	0.66	0.74	0.30	0.66
OM (%)	4.86	5.48	5.39	5.70	3.94	5.08
T-N (%)	0.36	0.48	0.45	2.33	0.28	0.78
P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	634.56	1068.72	877.94	878.06	234.24	738.70
Ex. Cation (cmol-1 kg ⁻¹)Ca	13.55	24.96	21.58	25.32	19.70	22.12
Ex. Cation (cmol-1 kg ⁻¹)K	1.76	3.88	2.26	2.06	0.57	2.14
Ex. Cation (cmol-1 kg ⁻¹)Mg	4.77	6.66	4.31	5.75	2.56	4.81

**Fig. 1.** Comparison of organic matter contents in soil from greenhouses (2006) and orchards (2007).

포장에서 출현하였기 때문이다. 재배지역 친환경 농업 단계별로 살펴보면 포도 포장에서 관행 재배지는 5종, 저농약 재배지는 1종, 무농약 재배지는 7종, 유기농 재배지는 6종이 출현하여 경작 단계별 종수에서는 무농약 재배지에서 가장 많은 종이 나타났고, 저농약 포장에서 가장 낮은 종이 나타났다. 상추 포장에서 종 출현 다양도는 관행 재배지는 4종, 저농약 재배지는 3종, 무농약 재배지는 3종, 유기농 재배지는 4종이 출현하여 경작 단계별 종수에서는 관행, 유기농 재배지에서 좀 더 많은 종수가 출현하였으나 다른 재배지에서는 3종으로 같게 나타나 상추 포장의 종 다양성은 포도 재배지의 경작 단계별 차이와는 다른 결과를 보였다. 포도 포장에서는 *Aporrectodea tuberculata* (흑납시지렁이)와 *Amyntas agrestis* (밭지렁이)가 26개체씩 채집되었으며, 상추 포장에서는 *Amyntas heteropodus* (변이성지렁이)와 *Aporrectodea tuberculata*가 각각 53개체, 29개체가 채집되었다. 이를 시설재배지 전체적으로 살펴보면, 무농약에서 5속 8종, 유기농에서 3속 9종이 출현하여 경작 단계별 종수에서는 유기농 재배지에서 가장 많은 종이 나타났다. 개체수가 가장 많이 채집된 지역은 유기농 재배지역에서

100개체로 전체의 42%를 차지하였다.

시설 재배지 조사포장에서 지렁이 개체군 가운데 우점종은 75개체가 출현한 지렁이과의 *A. heteropodus*와 55개체가 출현한 납시지렁이과의 *A. tuberculata*이다. 두 종이 출현한 비율은 전체의 54.6%를 차지하여 이 두 종이 시설 재배 포장에서 우점종임이 확인되었다. *A. heteropodus*는 농생태계에서 주로 채집되는 종으로 4쌍의 저장낭을 가지는 소형종으로 가늘고 기다란 형태로 생식돌기가 저장낭구멍 주위에 비교적 안정적으로 나타나는 점이 다른 농생태계 종과 확연히 구별된다 (Hong and Kim 2007a). *A. tuberculata*는 전 세계적으로 분포하는 국제종으로, 지렁이 양식장, 정원 등 농생태계 다양한 서식지에서 발견되며, *Aporrectodea trapezoides* (갈색납시지렁이)와 유사하나 제33마디의 생식돌기의 유무 차이로 종이 구분된다 (Hong and Kim 2007a). 전국적인 농생태계 조사에서 20.9% 우점종인 *A. agrestis* (밭지렁이)는 본 조사에서 10.9%의 같은 비율로 출현하였다는 것을 확인하였다. 하지만 *Amyntas koreanus* (참지렁이)는 2.1% 비율로 출현하여, 전국적인 조사 비율 20.3%와 많은 차이를 보였다. 이는 조사지역, 작물 서식 상태에 따라 종 구성이 확연히 달라질 수 있음을 보여준다.

시설재배지에서 유기합성농약의 사용 유무에 따른 지렁이 출현을 살펴보면 *A. heteropodus*는 유기합성농약을 사용한 재배포장 (관행, 저농약지)에서 18개체, 유기합성농약을 사용하지 않은 재배포장에서 57개체가 출현하여 유기합성농약을 사용하지 않은 포장 (무농약, 유기농지)의 지표 후보종으로, *A. tuberculata*는 유기합성농약을 사용한 재배포장에서 36개체, 유기합성농약을 사용하지 않은 포장에서 19개체가 출현하여 유기합성농약을 사용한 포장의 지표 후보종으로 할 수 있겠다. *E. andrei*와 *A. agrestis*의 경우에는 유기합성농약을 사용하지 않은 포장에서만 23개체, 14개체가 채집되었는데 포도 포장에서만 출현하였다. *E. andrei*는 지렁이 양식 농가에서 사육 중인 종으로 토양 개량 시 사용되는 퇴비 등에 운반되어 인위적으로 주변 토양 포장에 번식하는 생태적 특징

Table 4. Occurrence of earthworm in various levels of environment-friendly grape fields, Apr. ~ Oct., 2006, Jeonbuk Province

	Conventional	Less-pesticide	No-pesticide	Organic	Field not in use	Total
Family Lumbricidae						
<i>Aporrectodea tuberculata</i>	4	3	1	18	0	26
<i>Bimastos parvus</i>	3	0	0	0	0	3
<i>Eisenia andrei</i>	0	0	0	23	0	23
<i>Eisenia fetida</i>	0	0	4	1	0	5
Family Megascolecidae						
<i>Amyntas agrestis</i>	0	0	4	10	12	26
<i>Amyntas heteropodus</i>	8	0	6	8	0	22
<i>Amyntas hilgendorfi</i>	0	0	1	1	2	4
<i>Amyntas hupeiensis</i>	0	0	3	0	0	3
<i>Amyntas koreanus</i>	0	0	0	0	4	4
<i>Amyntas</i> sp.	2	0	0	0	16	18
Family Moniligastidae						
<i>Drawida japonica</i>	1	0	1	0	0	2
No. of individuals	18	3	20	61	34	136
No. of species	5	1	7	6	4	11

Table 5. Occurrence of earthworm in various levels of environment-friendly lettuce fields, Apr. ~ Oct., 2006, Jeonbuk Province

	Conventional	Less-pesticide	No-pesticide	Organic	Field not in use	Total
Family Lumbricidae						
<i>Aporrectodea tuberculata</i>	12	17	0	0	0	29
<i>Bimastos parvus</i>	6	0	1	0	0	7
Family Megascolecidae						
<i>Amyntas agrestis</i>	0	0	0	0	12	12
<i>Amyntas heteropodus</i>	6	4	13	30	0	53
<i>Amyntas hilgendorfi</i>	0	0	0	0	2	2
<i>Amyntas hupeiensis</i>	2	0	0	1	0	3
<i>Amyntas koreanus</i>	0	0	0	1	4	5
<i>Amyntas</i> sp.	0	0	0	7	16	23
Family Moniligastridae						
<i>Drawida japonica</i>	0	1	1	0	0	2
No. of individuals	26	22	15	39	34	136
No. of species	4	3	3	4	4	9

Table 6. Occurrence of earthworm in various levels of environment-friendly greenhouses, Apr. ~ Oct., 2006, Jeonbuk Province

	Conventional	Less-pesticide	No-pesticide	Organic	Field not in use	Total
Family Lumbricidae						
<i>Aporrectodea tuberculata</i>	16	20	1	18	0	55
<i>Bimastos parvus</i>	9	0	1	0	0	10
<i>Eisenia andrei</i>	0	0	0	23	0	23
<i>Eisenia fetida</i>	0	0	4	1	0	5
Family Megascolecidae						
<i>Amyntas agrestis</i>	0	0	4	10	12	26
<i>Amyntas heteropodus</i>	14	4	19	38	0	75
<i>Amyntas hilgendorfi</i>	0	0	1	1	2	4
<i>Amyntas hupeiensis</i>	2	0	3	1	0	6
<i>Amyntas koreanus</i>	0	0	0	1	4	5
<i>Amyntas</i> sp.	2	0	0	7	16	25
Family Moniligastridae						
<i>Drawida japonica</i>	1	1	2	0	0	4
No. of individuals	44	25	35	100	34	238
No. of species	6	3	8	9	4	11

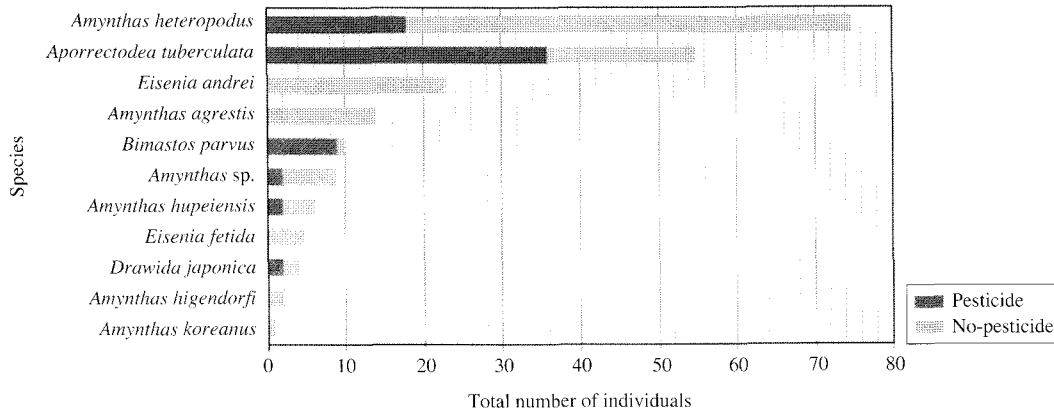


Fig. 2. Number of earthworm found in conjunction with the use of pesticide in greenhouses (2006).

을 가지고 있기 때문에 자연적인 토양 지표종으로 사용하기에는 더 많은 연구가 필요로 한다.

2. 과수원

과수원 조사포장에서 지렁이는 전체적으로 3과 4속 12종이 출현하였다. 재배지역별로 살펴보면, 6종에서 최대 10종까지 출현하였다. 경작 단계별 종수에서는 무농약 재배지에서 전체 37.6% 비율로 좀 더 높은 종 다양성을 보였다(Table 8). 월별 개체수 중 출현 빈도는 4월부터 10월에 갈수록 개체수가 증가하였다(Table 7). 이러한 결과는 지렁이가 봄에 토양 지표면 가까이 이동하여 활발하게 활동하기 시작하다 점차 성장하고 장마 후 본격적으로 성적으로 성숙되어 짝짓기를 통하여 그 개체수가 점차 증가함을 알 수 있다. 대기의 기온이 낮아지면 월동을 위해 토양 속으로 내려가기 때문으로 사료된다.

개체수가 가장 많이 채집된 조사지역은 무농약 재배 지역의 103개체, 그 다음 유기농 재배지역의 45개체이었으며, 가장 적은 조사지역은 관행 재배지역의 27개체이었다. 가장 많이 출현한 종은 116개체가 출현한 지렁이과의 *A. heteropodus*, 그 다음으로 51개체의 *A. koreanus*였다. 두 종이 출현한 비율은 전체의 약 60.9%를 차지하였다. 전국적인 조사에서 이 두종이 전체에서 차지하는 비율은 35.8%였다. 본 조사에서 이 두 종은 절대적인 우점군이었다. 반하여 두 종이 차지하는 비율보다 광범위한 서식처에서 작물 다양성이 떨어지는 경작지에서 우점종과 다양성이 감소하는 것을 알 수 있다. 그 가운데 유기합성농약을 사용한 관행과 저농약 포장에서 *E. andrei*와 *Amyntas sp.*가 많이 출현하였고 유기합성농약을 사용하지 않은 무농약, 유기농 포장에서는 *A. heteropodus*, *A. koreanus*, *Drawida japonica*가 많이 출현하였

Table 7. Bimonthly occurrence of soil-dwelling earthworm in orchard, Apr. ~ Oct., 2007, Jeonbuk Province

	07. Apr.	Jun.	Aug.	Oct.	Total
Family Lumbricidae					
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	0	0	2	0	2
<i>Aporrectodea tuberculata</i>	1	0	1	11	13
<i>Eisenia andrei</i>	1	1	0	0	2
<i>Eisenia fetida</i>	2	1	0	0	3
Family Megascolecidae					
<i>Amyntas agrestis</i>	2	0	4	1	7
<i>Amyntas corticis</i>	0	2	4	6	12
<i>Amyntas heteropodus</i>	7	8	17	84	116
<i>Amyntas hilgendorfi</i>	5	6	3	4	18
<i>Amyntas hupeiensis</i>	0	0	1	0	1
<i>Amyntas koreanus</i>	0	15	28	8	51
<i>Amyntas sp.</i>	0	3	8	21	32
Family Moniligastridae					
<i>Drawida japonica</i>	0	1	4	12	17
No. of individuals	18	37	72	147	274
No. of species	6	8	10	8	12

다. *Amyntas corticis*의 출현 개체수는 토양 내 유기물 함량, 수분 함량과 정의 상관관계에서 유의성(Pearson correlation coefficient)을 보였다.

시설 재배지와 마찬가지로 *A. heteropodus*는 유기합성농약을 사용하지 않은 포장에서 65개체가 출현하였고 유기합성농약을 사용한 포장에서는 26개체가 출현하여 유기합성농약을 사용하지 않은 포장의 지표 후보종이 될 수 있다. 시설 재배지에서 두번째로 많이 채집된 *A. tuberculata*는 비교적 적은 13개체가 채집되어서 시설 재배지와 다른 양상을 보였다. 과수원에서 채집된 지렁이 대부분의 종이 유기합성농약을 사용하지 않은 포장에서 지렁이가 많이 채집되었지만 개체수 부족으로 인하여 지표 후보종으로 하기엔 더 많은 연구가 필요하다.

Table 8. Occurrence of earthworm in various levels of environment-friendly orchard, Apr. ~ Oct., 2007, Jeonbuk Province

	Conventional	Less-pesticide	No-pesticide	Organic	Field not in use	Total
Family Lumbricidae						
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	0	0	0	2	0	2
<i>Aporrectodea tuberculata</i>	0	3	6	3	1	13
<i>Eisenia andrei</i>	1	1	0	0	0	2
<i>Eisenia fetida</i>	0	0	3	0	0	3
Family Megascolecidae						
<i>Amyntas agrestis</i>	0	1	3	3	0	7
<i>Amyntas corticis</i>	1	4	5	2	0	12
<i>Amyntas heteropodus</i>	6	20	45	20	25	116
<i>Amyntas hilgendorfi</i>	2	1	2	4	9	18
<i>Amyntas hupeiensis</i>	0	0	1	0	0	1
<i>Amyntas koreanus</i>	5	2	23	3	18	51
<i>Amyntas sp.</i>	12	1	1	8	10	32
Family Moniligastridae						
<i>Drawida japonica</i>	0	1	14	0	2	17
No. of individuals	27	34	103	45	65	274
No. of species	6	9	10	8	6	12

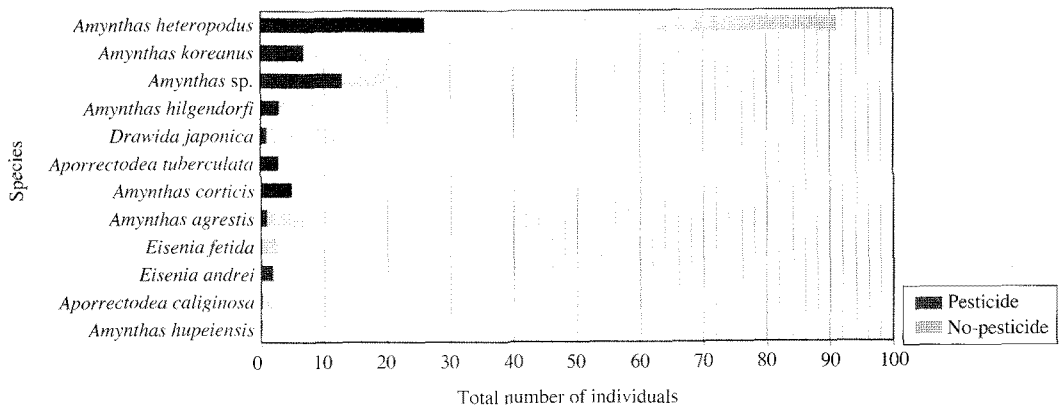


Fig. 3. Number of earthworm found in conjunction with the use of pesticide in orchards (2007).

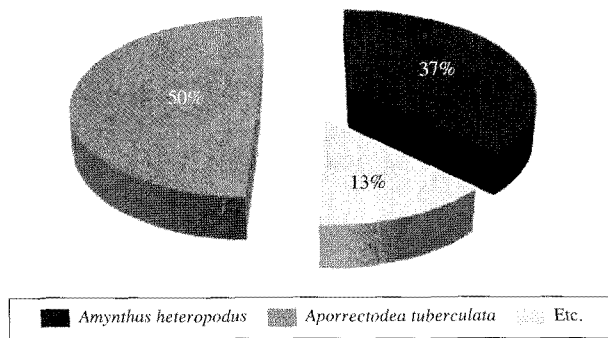


Fig. 4. Comparison of individual earthworm occurred in study sites in 2006 and 2007.

3. 생물지표종 선발

본 연구를 위해 조사한 시설 재배지와 과수원에서 채

집된 지렁이는 5속 13종 총 512개체가 채집되었다. 두 지역에서 공통적으로 채집된 종은 10종이었고 시설 재배지에서만 채집된 종은 1종 (*Bimastos parvus*), 과수원에서만 채집된 종은 2종 (*Aporrectodea caliginosa*, *A. corticis*)이었다. 그 중 *A. heteropodus*는 두 지역에서 공통적으로 가장 많이 채집되었는데 총 191개체로 전체의 37%를 차지하였다. 그 다음으로는 *A. tuberculata*가 68개체로 13%를 차지하여 이 두 종이 전체적으로 채집된 지렁이의 절반을 점유, 특히, *A. heteropodus*는 다양한 농생태계 서식지에서도 15.4% 비율로 출현하여 오염, 독성, 온도 등의 요인에 대한 민감도 분석을 전제로 향후 이 종을 토양 건전성을 확인하는데 생물지표종으로 사용할 수 있을 것이다(Fig. 4). 이 종의 생물학적 특성도 비교적 다른 종들에 비해서 안정된 모습을 보이는 것으로 확인된 바 있으나(Hong and Kim 2007a) 서식처 특성

과 더불어서 이 종에 대한 생물학적 연구가 병행이 이루어져야 한다. 또한 Hong and Kim (2007a)의 연구에서 언급된 일반 토양에서 여러 가지 퇴비 등을 사용하여 유기농 토양으로 전환되는 과정에서 출현한 *Bimastos parvus* (안장띠 낚시지렁이)는 시설 재배지에서는 출현하였으나 과수 재배지에서는 전혀 출현하지 않아 비교하지 못한 점은 향후 서식처 특성과 함께 상세히 연구할 필요성이 있다.

적 요

농생태계 시설 재배지와 과수원에서 서식하고 있는 지렁이상을 확인하였는데 채집된 지렁이는 시설 재배지에서 3과 5속 11종, 과수원에서 채집된 지렁이는 3과 4속 12종으로 다음과 같다. 공통적으로 채집된 종은 *Aporrectodea tuberculata*, *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Amyntas hupeiensis*, *Amyntas heteropodus*, *Amyntas koreanus*, *Amyntas agrestis*, *Amyntas hilgendorfi*, *Amyntas* sp., *Drawida japonica*이다. 시설 재배지에서만 채집된 종은 *Bimastos parvus*이고, 과수원에서만 채집된 종은 *Aporrectodea caliginosa*, *Amyntas corticis*이다. 조사지역 내 토양의 물리적 환경에서 유기물 함량은 시설 재배지에서 많은 편차를 보였으나 과수원에서는 비교적 비슷한 경향을 보였다. 경작 단계별에서 채집된 종수와 개체수는 유기합성농약을 사용하지 않은 무농약과 유기농 단계에서 가장 많이 나타났다. 전국적인 농생태계 지렁이 개체군 조사에서 우점군으로 밝혀진 *Amyntas agrestis*보다 두 지역 모두 *Amyntas heteropodus*가 가장 많이 출현하였는데 유기합성농약을 사용한 재배지보다 사용하지 않은 재배지에서 많이 출현하였다. 본 연구 결과 *Amyntas heteropodus*가 작물재배지의 농생태계 생물지표 후보종으로 사용할 수 있음을 확인하였는데, 비교적 이 종은 외부 형태적 형질로 안정되게 나타난다.

사 사

본 연구는 2006년, 2007년도 농촌진흥청 농업특정연구비 지원 중, “농업토양 지렁이 생물지표종 확립” 일환으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- Darwin C. 1881. The formation of vegetable mould, through the action of worms, with observations on their habits. Murray, London.
- Edwards CA and JR Lofty. 1977. Biology of earthworm, 2nd edn. Chapman & Hall.
- Edwards CA. 1988. Breakdown of animal, vegetable, and industrial organic wastes by earthworms. pp.21-31. In Earthworms in Waste and Environmental Management (Edwards, CA and EF Neuhauser eds.), SPB, Hague, Netherlands.
- Hong Y. 2000. Taxonomic review of the family Lumbricidae (Oligochaeta) in Korea. Korean J. Syst. Zool. 16:1-13.
- Hong Y. 2007. Some new earthworm of the genus *Amyntas* (Oligochaeta: Megascolecidae) with male discs from Bogildo Island, Korea. Rev. Suisse Zool. 114:721-728.
- Hong Y and TH Kim. 2007a. Occurrence of earthworm in agro-ecosystem. 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.
- Kim TH, SH Jung, Y Hong and NJ Choi. 2008. Earthworm, springtail and mite fauna environment-friendly citrus orchards in Jeju Island. Korean J. Soil Zool. 12:23-27.
- Lee KE. 1985. Earthworms : Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, New York. 411pp.

Manuscript Received: November 7, 2008

Revision Accepted: January 23, 2009

Responsible Editor: Hak Young Lee