

밭토양에서 지렁이 서식에 영향을 주는 토양특성에 관한 연구

나영은 · 이상범 · 한민수 · 김세근 · 최동로

(농업과학기술원 환경생태과)

Soil Properties Influencing on Earthworm Habitation in Upland

Na, Young-Eun, Sang-Beom Lee, Min-Su Han, Sae-Geun Kim and Dong-Ro Choi

(Division of Agricultural Environment and Ecology, National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Republic of Korea)

ABSTRACT

The earthworm was investigated for knowing about that he inhabits in grassland, orchard field, organic farming land, greenhouse land, and ordinary farming land according to use of upland. The earthworm lives all in grassland and orchard field where was investigated, in 6 among 8 sites of organic farming land, in 5 among 12 sites of greenhouse land, in 5 among 25 sites of ordinary farming land. The earthworms that were shown are the Lumbricidae and the Megascolecidae. The number of the earthworm was 14 in orchard field, 12 in grassland, 10 in organic farming land, 7 in greenhouse land and 3 in ordinary farming land. The weight of the earthworms was declined in order of 12.3 g in orchard field, 11.6 g in organic farming land, 10.6 g in grassland, 4.2 g in greenhouse land and 2.9 g/0.25 m² in ordinary farming land. If the water content of soil is not below 5% or over 35%, earthworm was no problem to live in. It was examined that the earthworm could live if pH values was not just strong acid or alkali. And if the organic matter is below 1%, the earthworm do not live but move another place.

Key words : Earthworm, Upland, pH, Water content, Organic matter

서 론

과거에 농경지를 경운하면 쉽게 볼 수 있는 것이 지렁이였으나 요즘에는 농경지에서 지렁이를 관찰하기 어려워지며, 토양이 오염되어 지렁이가 사라져 가고 있다고 생각된다.

지렁이는 단순히 토양으로부터 서식처를 얻는 것 뿐만 아니라 그들 생활에 필요한 여러 가지 활동이 토양에 대단히 중요한 영향을 끼친다. 토양이 생성되고, 성장 발달하여 비옥한 상태를 유지하는 것은 토양 중의 미생물과 토양 동물, 특히 지렁이의 역할이 없이는 생각할 수 없는 일이다. 토양미생물의 역할은 주로 화학적이고 지렁이의 역할은 물리적이다. 이 두 가지의 작용이 함께 이루어질 때 비로소 토양은 살아있는 토양의 역할을 할 수가 있다(최 1996). 渡邊(1973)은 지렁이의 역할을 두가지로 나누었는데, 하나는 지표와 지중의 유기물을 분해하는 역할이고 또 하나는 토양을 먹어 유기물과 무기물을 혼합하면서 경운하는 작용이다. 이 두가지의 작용은 토양의 이화학적 성질을 여러 가지로 변화시켜 토양에 뿌리를 내리고 사는 식

물의 생장에 큰 영향을 주며 동시에 토양 중에 서식하는 동·식물의 질적·양적 변화에도 관계하고 그들은 다시 서로에게 영향을 미치게 된다.

지렁이는 세계 어느 지역에서나 서식할 수 있지만 지렁이가 살 수 없는 조건 즉, 습기가 없는 사막, 영구히 눈과 얼음으로 덮인 지역, 휴과 식물체가 없이 바위만으로 이루어진 산, 소금기가 많은 해변가 등에서는 지렁이를 발견하기 어렵다(Edwards and Bohlen 1996). 그러나 앞에 언급한 열악한 조건이 아닌데도 지렁이가 서식하지 않는다면 어떤 원인에 의한 것인지 구명할 필요가 있다.

농경지에서 지렁이 서식에 나쁜 영향을 줄 수 있는 물질에는 농약, 중금속, 산성비, PCBs (polychlorinated biphenyls), PAHs (polynuclear aromatic hydrocarbons), 비료, 토양개량제, 유기성폐기물 등이 있다. 이들 외에도 토양특성, 기상조건, 지렁이의 종, 종의 생태 등 다양한 요인들에 따라 다르다고 알려져 있다(Edwards and Bohlen 1992).

우리나라 농경지는 논이 1,288천 ha, 밭이 878천 ha이다. 이 중에서 물에 서식하는 지렁이를 제외한다면, 대부분의 지렁이는 주로 밭토양에서 서식하고 있다. 이는 밭토양 특

성과 지렁이 서식이 밀접한 관계가 있음을 시사하고 있다. 우리나라 밭 토양의 일반적인 특성은 곡간지나 산록지와 같은 경사지에 많이 분포되어 있고 조립질과 자갈이 있는 토양이 많은 것이 특징이며 생산성이 비교적 낮고 토양화학성이 불량한 것이 특징이다. 전체 밭 면적 878천 ha 중 곡간지가 32.4%, 산록경사지가 24.5%로써 이들이 차지하는 비율이 57%에 달하여 가장 많고 다음은 구릉지가 16.6%이다. 평탄지는 불과 8.4%이며 선상지는 7.5%, 제주도 화산회토가 4.5% 정도 차지한다. 밭은 대부분 경사진 곳에 위치해 있기 때문에 강우량이 7-8월에 집중되어 있는 우리나라에서는 토양침식이 심하여 작토의 유실이 많고 지력 저하가 크다. 또한 우리나라 밭토양의 토성별 분포를 보면 양토 및 사양토가 전체 면적의 약 80%에 달해 조립질이고 자갈이 많은 특징을 가지고 있다(김 2000).

따라서 본 연구는 밭토양의 이용에 따라 초지, 과수원지, 비닐하우스지, 유기농업지, 노지에서 지렁이 서식 상태를 조사하였으며, 지렁이가 서식하는 토양을 채취하여 토양특성과 지렁이 서식상태와의 관계를 분석하였고, 이를 검증하기 위하여 지렁이가 선호하는 조건별로 실내실험을 실시하였다.

재료 및 방법

경기도 지역에서 밭토양의 이용에 따라 초지 6개, 과수원지 10개, 유기농업지 8개, 비닐하우스지 12개, 노지 25개로 구분하여 지렁이의 서식양상을 조사하였다. 조사지역에서 전체면적을 돌아다니면서 지렁이 배설물이 있는지를 확인한 다음, 지렁이 배설물이 있는 곳에서 50cm×50cm×30cm(가로×세로×깊이) 면적의 토양을 쇠스랑으로 파내면서 손으로 지렁이를 채집하였다. 채집된 지렁이는 과수원에서 분류하였고, 마리수와 생체량을 조사하였다.

토양분석은 총 61개 지역에서 지렁이 서식이 확인된 32개 지역의 토양을 채취하여, 토양수분, 토양산도, 유기물을 농촌진흥청 토양화학분석법(1988)에 준하여 분석하였고분



Fig. 1. Soil with earthworm in upland.

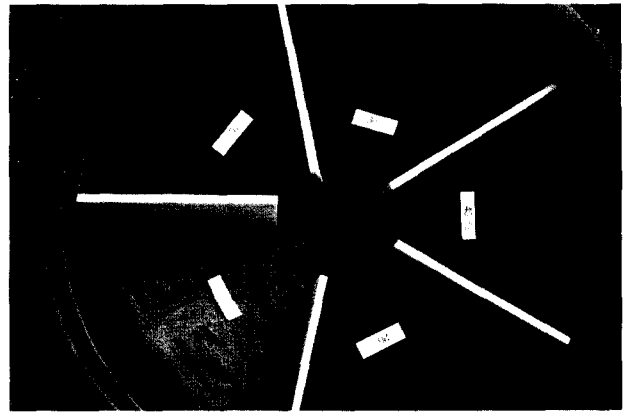


Fig. 2. Water contents adjusted in sandy loam soil.

석된 수치는 비슷한 것끼리 그룹화하여 어느 범위에서 지렁이가 서식하고, 어느 범위에서 지렁이가 없는 가를 구분하였다(Fig. 1). 또한 실내실험으로 건조된 사양토에 중량으로 증류수를 혼합(W/W)하여 토양수분을 조절하여 줄지렁이 50마리를 투입한 다음 7일 동안 검정천으로 덮은 후에 지렁이가 어느 범위에 분포하고 있는가를 조사하였다(Fig. 2). 토양산도는 탄산칼슘과 유기산으로 산도를 조절하였고, 유기물함량은 부숙화된 퇴비로 조절하여 토양수분과 같은 방법으로 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 밭 토양 이용에 따른 지렁이 서식 양상 조사

밭 토양의 이용에 따른 지렁이의 서식 양상을 조사하기 위하여 밭 토양의 이용에 따라 초지, 과수원지, 유기농업지, 비닐하우스지, 노지에서 지렁이를 조사하였다.

초지와 과수원지는 조사지역 모두에서 지렁이가 서식하였으며, 유기농업지는 8개 조사지역 중에 6개 지역에서만 서식하였고, 비닐하우스지는 12개 지역중 5개, 노지는 25개 중 5개에서 지렁이 서식이 확인되었다(Table 1).

초지에는 비료와 농약은 거의 사용되지 않고, 표면이 목초로 덮여 있어 빛을 차단하여 토양수분을 적당하게 유지시켜 주기 때문에 모든 조사지역에서 지렁이가 서식하는 것으로 생각된다. 그러나 과수원지에서는 잡초를 방제하기 위해서 많은 량의 제초제를 살포하기 때문에 지렁이가 거의 서식하지 않을 것이라고 추측하였으나 조사지역 모두에서 지렁이가 서식하였다. 이와 같은 결과는 표면에 유기물이 많고, 수분이 항상 유지되기 때문이라고 생각된다.

유기농업지는 농약과 비료를 전혀 사용하지 않고 유기물이 많이 공급됨으로 다수의 지렁이가 서식 할 것으로 예측하였으나 지렁이가 서식하지 않는 곳이 25%나 되었다. 이런 지역은 대부분 재배하는 작물의 작기가 짧고 경운을 자주하는 엽채류 재배지역이었다. 또한 농약과 비료

Soil Properties Influencing on Earthworm Habitation in Upland

Table 1. Frequency of earthworm (Lumbricidae, Megascolecidae) appearance at different farming soils in Kyunggi Province

Sites	Ordinary farming	Greenhouse	Organic farming	Orchard field	Grassland	Total
Number of investigation	25	12	8	10	6	61
Number of habitat	5(20.0) ^a	5(41.7)	6(75.0)	10(100)	6(100)	32(52.5)

^a Number in parentheses means (No. of habitat /No. of investigation) × 100

Table 2. Individual numbers and weight of earthworms in 32 sites

	Ordinary farming	Greenhouse	Organic farming	Orchard field	Grassland	Total
Number of sites investigated	5	5	6	10	6	32
Lumbricidae						
-Individuals	1	5	4	6	5	21
-Biomass (g)	0.2	1.2	2.0	1.8	1.4	6.6
Megascolecidae						
-Individuals	2	2	6	8	7	25
-Biomass (g)	2.7	3.0	9.6	10.5	9.2	35.0
Total						
-Individuals	3	7	10	14	12	46
-Biomass (g)	2.9	2.9	11.6	12.3	10.6	41.6

Date represent mean of determinations

를 사용하고 유기물도 많이 투여하여 재배하는 비닐하우스지에 지렁이가 서식한 곳은 주로 토양에 비닐 피복을 한 곳이었으며, 지렁이가 서식하지 않은 곳은 특이한 점을 관찰하지 못했다.

경작노지의 지렁이가 서식은 주로 옥수수 밭이나 비닐 피복한 장소로 확인되었으며, 지렁이가 서식하지 않은 장소는 대부분 토양수분이 낮은 상태였다.

밭토양의 이용에 따라 과수원지, 초지, 유기농업지, 비닐하우스지, 노지에서 채집된 지렁이는 뉘시지렁이과(Lumbricidae)와 지렁이과(Megascolecidae)에 속하는 지렁이였다. 지렁이 개체수는 과수원지가 14마리, 초지가 12마리, 유기농업지가 10마리, 비닐하우스가 7마리, 노지가 3마리 순서로 적었으며, 생체량은 0.25 m² 당 과수원지가 12.3 g, 초지가 10.6 g, 유기농업지가 11.6 g, 비닐하우스가 4.2 g, 노지가 2.9 g 순서로 적었다 (Table 2).

밭토양의 이용에 따른 지렁이 개체수와 생체량을 비교한 문헌은 없으나, 배 등(1999)이 수원의 목초지에서 수작업법(Hand sorting)으로 조사한 결과를 보면 0.25 m² 당 개체수는 3.8 마리, 생체량은 3.25 g 나타나 본 조사결과와는 상당한 차이를 보였다.

2. 지렁이 서식과 토양특성

1) 토양수분

지렁이는 체중의 75~90%가 물로 되어 있으며 피부 호흡에 의존한다(Grant 1955). 그래서 지렁이는 몸이 건조해지면 죽게 되며, 먹이보다는 서식지의 토양수분 조건이 더

Table 3. Favorable water content to earthworms

	Water content of soil (% w/w)				
	<5	5-15	15-25	25-35	>35
Field investigation	0	9(28.1) ^b	9(28.1)	14(43.8)	0
Laboratory trial ^a	0	4(8.0)	33(66.0)	13(26.0)	0

^a For each experiment, 50 earthworms were introduced on sandy loam soil of which water content has been adjusted.

^b % of total earthworms

중요하다. 따라서 지렁이가 서식한 지역에 토양을 채취하여 수분함량을 조사하여 본 결과, 수분함량이 5-15%가 9개 지역, 15-25%가 9개 지역, 25-35%가 14개 지역으로 조사되었다. 또한 토양에 수분함량을 조절하여 줄지렁이 50마리를 투여한 결과 수분함량이 5% 미만과 35% 이상인 곳에서는 지렁이가 존재하지 않았고, 5-15%에 8마리, 15-25%에 33마리, 25-35%에 14개마리가 존재하였다 (Table 3).

Buckerfield (1992)은 오스트레일리아 남부 경작지에서 토양수분이 10% 미만인 경우에도 지렁이가 서식이 활발하다고 보고하였으나, Baltzer (1956)은 유럽지역 초지에서 토양수분함량이 25-30%에서는 지렁이가 서식하였지만, 25% 미만에서는 지렁이가 살기 어렵다고 보고하였다. 또한 Madge (1969)는 토양에 수분함량을 조절하여 실험한 결과, 12.5-17.2%의 수분함량을 지렁이가 가장 선호한다고 보고하였다.

이상의 결과를 종합해 보면 우리나라 밭토양의 토양수분이 5% 미만이거나 35% 이상인 경우를 제외하고는 지렁이가 서식하는데 큰 문제가 없는 것으로 사료된다.

2) 토양 산도

지렁이는 각질화된 표피가 없어서 토양에 쉽게 노출되어 영향을 받기 때문에 토양산도는 지렁이 서식과 밀접한 관계가 있다. 따라서 지렁이가 서식한 지역에 토양을 채취하여 토양산도를 조사하였다. 그 결과, pH 4.5-5.5가 5개 지역, 5.5-6.5가 11개 지역, 6.5-7.5가 16개 지역으로 조사되었다. 또한 토양산도를 임의로 조절하여 줄지렁이 50마리를 투여한 결과, pH 4.5 미만은 지렁이가 존재하지 않았고, 4.5-5.5에 8마리, 5.5-6.5에 23마리, 6.5-7.5에 16마리, 7.5 이상은 3마리가 존재하였다 (Table 4).

지렁이는 pH가 중성인 토양을 선호한다고 많은 연구자들은 보고하였다 (Bodenheimer, 1935; Petrov, 1946). 그러나 Rivero-Hernandez (1991)는 줄지렁이가 pH 7.0-8.0인 토양을 선호한다고 하였지만, Edwards (1988)는 pH 4.0-7.0 이면 지렁이가 견딜 수 있다고 보고하였다.

이상의 결과를 종합해 보면 지렁이는 강산성이나 강알칼리 토양이 아니면 토양에 적응해 가며 서식하는 것으로 판단된다.

3) 유기물

토양환경이 지렁이 서식에 적합하다라도 지렁이 먹이가 되는 유기물이 없다면 지렁이는 서식하지 못한다. 지렁이가 서식하는 지역에 토양을 채취하여 유기물함량을 조사하여 본 결과, 유기물함량이 1-3%가 2개 지역, 4-5%가 9개 지역, 6-7%가 14개 지역, 8-10%가 5개 지역, 10% 이상은 2개 지역으로 조사되었다. 또한 유기물을 토양에 임의로 조절하여 줄지렁이 50마리를 투여한 결과, 유기물함량 1-3%에 4마리, 4-5%에 30마리, 6-7%에 13마리, 8-10%에 2마리, 10% 이상은 1마리가 존재하였다 (Table 5).

Satchell (1955)은 초지에서 거름을 준 토양이 안 준 토양보다 지렁이 서식밀도가 약 3배 정도 높았다고 했으며, Edwards 등 (1977)은 경작지에서 거름을 준 토양이 안준 토양보다 서식밀도가 약 15.5배 차이가 있다고 보고하였다.

결과적으로 유기물함량이 1% 미만이면 지렁이가 서식하지 못하는 것으로 생각된다.

적 요

발토양에 지렁이가 서식하는지를 알기 위하여 발토양 이용에 따라 초지, 과수원지, 유기농업지, 비닐하우스지, 노지에서 지렁이를 조사하였다.

초지와 과수원지는 조사지역 모두에서 지렁이가 서식하였으며, 유기농업지는 8개 조사지역 중에 6개 지역에서만 서식하였고, 비닐하우스지에서는 12개 지역중 5개, 노지는 25개중 5개에서 지렁이 서식이 확인되었으며, 지렁이는 낚시지렁이과 (Lumbricidae)와 지렁이과 (Megascolecidae)에 속하는 지렁이였다. 지렁이 개체수는 과수원지가 14마리, 초지가 12마리, 유기농업지가 10마리, 비닐하우스가 7마리, 노지가 3마리 순서로 적었으며, 생체량은 0.25 m²당 과수원지가 12.3 g, 유기농업지가 11.6 g, 초지가 10.6 g, 비닐하우스지가 4.2 g, 노지가 2.9 g 순서로 적었다.

발토양의 토양수분이 5% 미만이거나 35% 이상인 경우가 아니면 서식하는 데는 문제가 없었으며, 토양산도는 강산성이나 강알칼리성 토양이 아니면 토양에 적응해 가며 서식하는 것으로 조사되었다. 그리고 유기물은 1%미만 정도로 적으면 지렁이가 서식하지 않고 다른 곳으로 이동하는 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

김이열. 2000. 실용토양학. 삼부문화. pp. 284-286.
 배윤환, 나영은. 1999. 수작업, 기피제처리, 수작업과 기피제 혼합처리에 의한 지렁이 채집효율 비교. 한국토양동물학회지 4(2) : 81-85.
 최성식. 1996. 토양동물학. 원광대학교출판국. p. 488.
 渡邊弘之. 1973. 土壤動物의 生態と觀察. 築地書館. p. 142.
 Baltzer, R. 1956. Die Regenwürmer Westfalens. Eine tiergeographische, ökologische und sinnesphysiologische Untersuchung. *Zool. Jahrb. syst.* 85 : 355-414.
 Bodenheimer, F.S. 1935. Soil conditions which limit earthworm distribution. *Zoogeographica.* 2 : 572-578.
 Buckerfield, J.C. 1992. Earthworm populations in dryland cropping soils under conservation-tillage in South Australia. *Soil Biol. Biochem.* 24 : 1667-1672.
 Edwards, C.A. 1988. Breakdown of animal, vegetable, and industrial organic wastes by earthworms. *Agric. Ecosyst. Environ.* 24 : 21-31.
 Edwards, C.A. and J.R. Lofty. 1977. Biology of Earthworms, end edn. Chapman & Hall, London.
 Edwards, P.J. and P.J. Bohlen. 1996. Biology and ecology of earthworms. Chapman & Hall.
 Edwards, P.J. and P.J. Bohlen. 1992. The effects of toxic chemical on earthworms. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 125 : 23-99.
 Madge, D.S. 1966. How leaf litter disappears. *New Scientist.* 32 : 113-115.
 Petrov, B.C. 1946. The active reaction of soil (pH) as a factor in the distribution of earthworms. *Zoo. J.* 25(1) : 107-110.
 Rivero-Hernandez, R. 1991. Influence of pH on the production of *Eisenia foetida*. *Avanc. Aliment. Anim.* 31(5) : 215-217.
 Satchell, J.E. 1955. Some aspects of earthworm ecology, in *Soil Zoology* (ed. D.K. Mc. E. Kevan), Butterworths, London. pp. 180-201.

Table 4. Favorable pH values to earthworms

Items	pH values				
	< 4.5	4.5-5.5	5.5-6.5	6.5-7.5	> 7.5
Field investigation	0	5(15.6) ^b	11(34.4)	16(50.0)	0
Laboratory trial ^a	0	8(16.0)	23(46.0)	16(32.0)	3(6.0)

^{a, b}. For explanation, see Table 3.

Table 5. Favorable organic matter to earthworms

Items	Organic Matter (%)					
	< 1	1-3	4-5	6-7	8-10	> 10
Field investigation	0	2(6.3) ^b	9(28.1)	14(43.8)	5(15.6)	2(6.3)
Laboratory trial ^a	0	4(8.0)	30(60.0)	13(26.0)	2(4)	1(2.0)

^{a, b}. For explanation, see Table 3.