

◀ 주제 5 ▶

# 토양동물(지렁이)이 토양의 비옥도에 미치는 영향

이 주 삼

(연세대학교 문리대학 자연과학부)

## 1. 들어가면서

종의 기원(種의 起源)을 발표한 찰스 다윈(Charles Darwin, 1881)은 우리에게 잘 알려진 과학자지만 그가 평생 지렁이의 연구에 몰두하여 “토양형성과 지렁이의 역할”이라는 명저를 남겼다는 사실을 아는 사람은 매우 드물다고 생각된다. 그는 저서에서 특히 지렁이에 의한 유기물의 토양혼합과 그에 따른 토양구조의 개선을 강조하였다.

먼 옛날 우리 인간들이 수렵생활을 끝내고 한 장소에 정착하여 농경생활을 시작한 이래 인간이 발명한 가장 위대한 발명품은 쟁기라고 말하는 사람이 있다. 이는 그 옛날 먹을거리의 생산을 위하여 땅을 가는 일이 얼마나 중요한가를 단적으로 표현한 말이 아닐까? 그러나 인간이 쟁기를 만들기 훨씬 이전부터 지렁이는 땅속에서 묵묵히 땅을 갈아 유기물을 토양과 혼합해 왔으며 지금도 계속 땅을 갈면서 인간들이 먹거리로 하는 이용하는 작물이 건강하게 자랄 수 있도록 도와주고 있다. 지렁이의 학명인 *Lumbricus*는 그리스 말로 대지의 장(大地의 腸)을 의미한다. 즉, 지렁이는 토양 속의 모든 유기물을 섭취하여 분해하고, 토양과 혼합하며, 구멍을 파고, 분립(粉粒)을 생산하여 토양의 물리성과 화학성을 개선시켜 토양의 비옥도를

증진시키는데 공헌하고 있다.

다시 말하면 인간들의 먹을거리가 되는 작물은 생육을 위하여 양분과 수분을 표토층에 의존하고 있지만, 표토층은 오랜 기간동안 지렁이의 장을 몇 십번이나 통과하여 만들어진 토층이라고 할 수 있기 때문이다. 이를 입증하는 연구결과로 Graff (1971)는 연간 10cm 깊이까지의 표토층 25%가 지렁이의 장을 통과하는 것으로 추정된다고 하였다. 즉, 지렁이는 토양 → 식물 → 동물(인간포함)로 이어지는 먹이사슬의 고리 중에서 토양생태계의 건전한 유지와 보전을 위하여 지속적으로 그 기능을 다하고 있다.

1960년대 초부터 선진국을 중심으로 급격한 산업사회가 발전되면서 대량으로 배출되는 유기성 폐기물의 처리에 지렁이를 응용하려는 노력이 시작되었다. Macfadyen (1963)은 산업폐기물의 생물학적 처리방법의 하나로 지렁이에 의한 분해자 산업(decomposer industry)의 가능성을 시사하였고, Hartenstein(1978)은 지렁이에 의한 유기성 폐기물의 퇴비화 방법을 vermicomposting이라고 명명하였다. 최근에는 하수슬러지와 같은 유기성 폐기물을 급속히 안정화, 감량시키기 위하여 지렁이를 활용하는 방법을 vermistabilization(Loehr 등, 1988; 이 등, 1995)이라고 한다. 또한 중금속 함량이 높은 유기성 폐기물을 지렁이에게 농축시키는 생물학적 농축방법(박과 이, 1998), 지렁이를 이용한 가축분의 인의 제거(이 등, 1999) 등과 같은 환경분야 및 생태계 수복기술(bioremediation)을 위한 연구에도 지렁이를 폭 넓게 활용하고 있다.

그동안 농업부문에서는 전 세계적으로 지나치게 많이 사용되어 왔던 농약과 화학비료로 인하여 토양열화(土壤劣化)의 심각해진 결과, 저투입지속농업(LISA, low input sustainable agriculture)의 중요성이 강조되기에 이르렀다.

최근들어 우리 나라에서도 유기농법, 자연농법, 무경운농법(No-tillage method) 및 환경농업에 관한 관심이 높아지면서 땅 만들기가 얼마나 중요한 일인가를 깨닫게 되었다. 즉, 건강한 땅에서 건강한 식물과 동물이 살수 있으며 이를 먹이로 할

때 인간의 정신과 육체가 건강해 질 수 있다는 생태계 보전원칙이 국민들 사이에 인식되기에 이르렀고 사회적으로는 흙 살리기 캠페인 등이 벌어지고 있다.

건강한 땅을 만들기 위해서는 토양생물인 지렁이의 생산과 분해기능을 이해하여 최대한으로 활용할 수 있는 방법이 모색되어야 한다고 생각된다.

여기에서는 토양생물인 지렁이가 어떠한 방법으로 토양 비옥도의 증진에 공헌하고 있는가를 토양 물리성, 화학성, 및 생물성 측면에서 설명하고자 한다.

## 2. 토양동물의 정의

토양동물이란 토양권에 서식하는 동물의 총칭이다.

생활사의 전 기간을 토양 중에서 지내는 동물이라는 협의의 정의와 토양 중에 발견되는 모든 동물 즉, 일시적 또는 발육과정중의 한시대, 또는 수시대를 토양의 표면에 접촉하거나 토양 중에서 생활하는 동물로 광의로 정의하는 경우가 있다.

일정한 기간이라도 토양 중에서 생활하는 동물, 즉 월동을 위하여 알이나 어린시기를 토양에서 지내는 동물도 토양에 여러 가지 영향을 미치기 때문에 토양동물로서 취급하는 것이 일반적이다.

## 3. 토양동물의 분류(크기)

- 1) Macro fauna(> 2mm)
- 2) Meso fauna(0.2 - 2mm)
- 3) Micro fauna(< 0.2mm 이하)

## 4. 지렁이의 분류

지렁이는 환형동물(環形動物, Annelida) 중에서 빈모류(貧毛類, Oligochaeta)에 속하며, 서식환경에 따라서 다음과 같은 3 가지 종으로 분류된다.

- 1) Litter species(엽토종 또는 고사체종) : 주로 낙엽과 퇴비더미 등에 서식하는 종으로 *Eisenia foetida*, *Lumbricus rubellus* 등이 있으며, vermicomposting에 적합한 종이다.
- 2) Topsoil species(표토종) : 지표의 얇은 층에 서식하며 *Allolobophora* 속 등이 있다.
- 3) Subsoil species(심토종) : 깊은 구멍을 만드는 종으로 *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea caliginosa*, *Pheretima* 속 등이 있다.

## 5. 토양에서의 지렁이의 역할

### 1) 토양의 이화학적 성질에 미치는 영향

#### (1) 토양에서의 유기물의 분해와 혼합(Mixture and degradation of organic matters)

- ① 지렁이의 작용은 토양의 유기물을 섭취, 분해하여 토양과 혼합하는 과정에서의 양분증강과정(NEP; nutrient enrichment process)과
- ② 토양과 유기물이 지렁이의 장을 통과하는 과정(GAP; gut-associated process)에서 생화학적 반응, 효소의 생산, 혼합작용 등이 동시에 일어나 양분의 무기화(無機化)가 촉진된다.

## (2) 부식형성(Humification)

부식형성은 지렁이의 배설물(분립)의 퇴적과 병행하여 일어나는데, 이는 지렁이의 존재가 유기물의 분해와 미생물에 의한 부식형성을 촉진한다.

## (3) 입자조성의 변화(Changes in soil particle composition)

- ① 지렁이는 지표 토양을 지중 깊이까지 운반하여, 경운, 교반에 의하여 토양의 다른 입자를 혼합, 균일하게 하며
- ② 분립의 배설로 토양을 입단구조화 한다.

## (4) 공극량의 증가(Increase of pore space)

- ① 지렁이는 서식을 위하여 구멍을 만들고 이를 유지, 보강한다(Burrowing).
- ② 지렁이의 구멍은 기본적으로 2가지 기본형이 있다.
  - 가. 영구적인 구멍(Permanent burrows).
  - 나. 일시적인 구멍(Temporary burrows).
- ③ 토양에 대한 지렁이 구멍의 물리적인 효과는 토양 공극량에 미치는 영향, 투수성 그리고 토양으로 공기를 통하게 하는 작용이 크며, 지표면에 배설하는 분립층 역시 공극율에 중요한 영향을 미친다.
- ④ 지렁이 구멍의 크기와 공극량에 미치는 영향
  - 가. Kretzschmar(1982)에 의하면 1년반 동안에 형성된 지렁이 구멍의 길이는  $142-888\text{m}/\text{m}^2$ 로 용적으로는  $1.3-9.2\text{L}/\text{m}^2$ 였다. 이 구멍은 빗물을 신속하게 지하로 침투시키던지 일시적으로 저수하여 표토의 침식을 저하시키고 토양의 가스교환을 촉진하는데 공헌한다.
  - 나. Edwards 등(1990)은 지렁이 활동이 활발한 무경운 밭에서 강우량의 1-10%가 구멍에 침투하여 지렁이가 적은 경운토양에 비하여 빗물의 표면유실은 1/60에 불과하였다고 하였다.

- 다. 또한 Lee(1983)는 지렁이 구멍은 식물생장에 최소한으로 필요한 토양 공극의 10.4-18.8%에 달한다고 추정하였다.
- 라. 지렁이에 의한 구멍 만들기는  $m^2$  당 100-300개로, 토양 공극량의 2/3를 차지한다.
- 마. 심토층은 2-3m 깊이까지 구멍을 만들며, 토양 중의 식물체 뿌리 잔사를 섭취하므로 공극을 조성한다.
- 바. 일반적인 경지에서는  $m^2$  당 100-150 개체의 지렁이가 서식하는데, 그 이상의 밀도를 높일 필요가 있다.

#### (5) 보수성(Water holding capacity)

토양 중에 조성된 공극이나 입단구조 중에 수분을 축적할 수 있어 보수성을 높인다.

#### (6) Colloid 물질의 증가

보수력의 증가는 유기물과 광물질 토양의 혼합으로 만들어진 colloid 물질의 증가에도 원인이 있으며, 특히 지렁이의 분립은 보수력이 큰 colloid로 전환된다.

#### (7) 투수성(Infiltration rate)

토양 중에 만들어진 공극과 지렁이 구멍 등으로 물이 흐르기 때문에 배수를 좋게 한다.

지렁이가 있는 토양에서는 15토간에 약 50mm의 강우량을 흡수하지만, 지렁이가 없는 토양에서는 같은 량의 강우량을 흡수하는데 약 2시간이 걸린다.

#### (8) 양분의 축적(Nutrient accumulation)

- ① 지렁이의 체단백질 함량은 약 54-72%의 범위를 나타내며, 마리 당 10mg의 질산태 질소를 함유하고 있다.

② 지렁이에 의한 토양질소의 증가는 죽은 조직, 오줌, 점액 단백질의 형태로 토양으로 환원된다. 즉, 오줌은 암모니아와 뇨소로 배설되는데,  $m^2$  당 50-150g, 연간 오줌유래 질소는  $ha$  당 18-50kg 정도 배설되는 것으로 추정되며, 거의 같은 량의 질소가 점액 단백질의 형태로 배설된다.

③ 분립의 생산(Cast production)

가. 분립 중에는 식물체의 생육에 필요한 무기양분 함량과 양분보전능(CEC)이 높다.

나. 분립 중에는 식물생장촉진물질(Plant growth substances or Yield influencing substances)이 함유되어 있다.

다. 지렁이 체내의 석회선에서 분비되는 탄산칼슘에 의하여 분립은 중성 또는 약 알칼리성을 나타낸다.

라. 분립 중에는 urease, saccharase, phosphatase, cellulase 등과 같은 활성효소를 가지고 있다.

④ Drilosphere

가. 유기물 함량과 점액 단백질 함량이 높고

나. 미생물이 많이 서식하고

다. 식물에게 유용한 양분을 많이 축적하고 있어 특히 뿌리의 이상적인 증식 장소이다.

## 2) 토양 생물성에 미치는 영향

### (1) 서식환경에 미치는 영향

① 토양생물이나 토양미생물의 서식장소

② 식물뿌리가 신장할 수 있는 공간을 제공

- ③ 지렁이 분립은 토양미생물의 호적한 번식장소(유기물함량, 탄산칼슘, 전질소함량)

## (2) 지렁이의 섭식활동이 토양생물의 밀도에 미치는 영향

- ① 균식성 토양동물의 섭식활동이 증가된다.
- ② 작물 병원균의 밀도를 저하시킨다.

## (3) 지렁이의 이동이 토양미생물을 분산시킨다

# 6. 나가면서

이상과 같이 지렁이는 토양의 이화학적 성질의 변화, 토층의 변환, 환경의 형성 및 생물조절 기능을 강화하여 토양의 비옥도 증진에 밀접히 관여한다. 따라서 유기농업을 통하여 안전성이 높고 질 좋은 농산물의 생산을 위해서는 단위 면적 당 지렁이의 개체밀도를 높힐 수 있는 유기물의 토양환원이 중요하다고 생각된다.