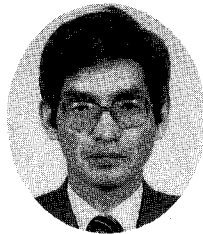


토양생물의 유효이용 기술

〈중〉



송준상

(국립환경연구원 일반폐기물 연구담당관)

목 차

- 1. Vermicomposting의 기원과 발전
- 2. 지렁이의 생태적 특성
 - 2.1 지렁이 분류와 종류
 - 2.2 지렁이 생장과 증식
 - 2.3 지렁이 생리특성
- 3. 지렁이를 이용한 유기성 오니 처리방법
 - 3.1 지렁이 인공사육
 - 3.1.1 지렁이 사육조건
 - 3.1.2 지렁이의 먹이
 - 3.1.3 지렁이 사육상
 - 3.2 지렁이 사육시설에 관한 법령
- 4. 지렁이와 분변토의 유효이용
 - 4.1 지렁이 유효이용
 - 4.1.1 농업에의 이용
 - 4.1.2 환경에의 이용
 - 4.1.3 사료와 의약에의 이용
 - 4.2 분변토의 유효이용
- 5. Vermicomposting의 전망

2.2.2 생장과 수명

지렁이의 대부분은 난포에서 부화되는 시점으로부터 성체까지 성장되기까지 체질이 같으나 어느종에 있어서는 생장과 더불어 체질이 증가하는 것도 있다고 한다. 일반적으로 생장은 성체가 되어 생식이 가능하게 될때까지 급속히 체중이 증가되고 이후는 환대가 감소하기 까지 조금씩 증가한다. 그림 8는 일정온도 조건하에서 지렁이의 생장특성을 나타낸 것이다.

지렁이의 life cycle은 그림 9과 같다.

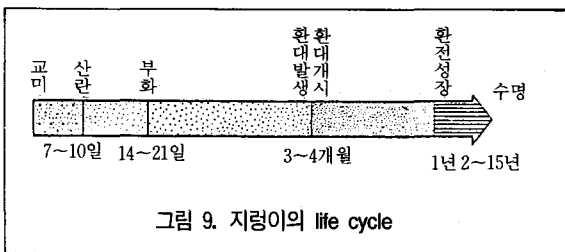
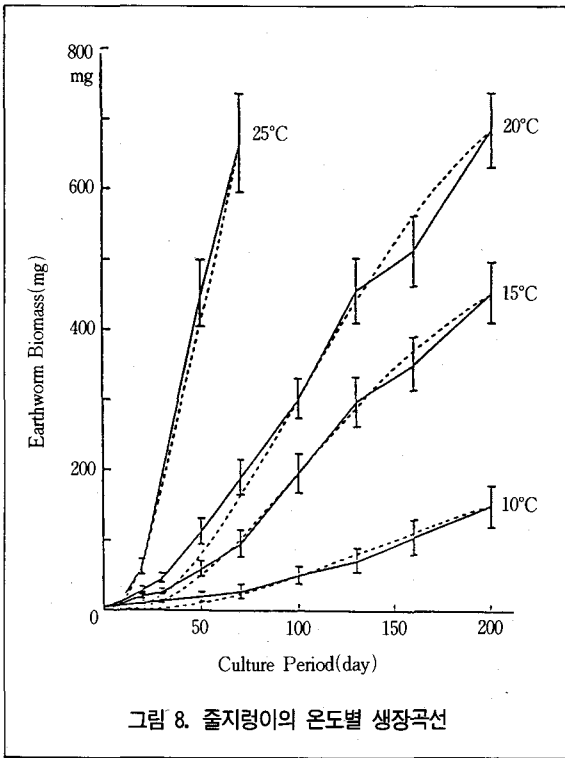
지렁이는 교미한 후 약 7-10일이면, 2-3mm의 타원형 난포를 산란한다. 이 난포는 14-21일후에 부화되는데 한개의 알에서 여러개체가 나온다. 부화된 지렁이는 적당한 조건하에서는 60-90일 후에는 산란이 가능한 상태를 나타내는 환대가 생기기 시작한다. 생식이 가능하다 해서 완전성장에 이른 것은 아니다. 완전성장까지는 약 1년미만의 기간을 요하며 보통 붉은 지렁이나 줄지렁이는 그 수명이 15년까지 간다는 보고도 있다.

Megascolecidae류 중의 *Pheretima hlgendorfi*, *P. Communissima*, *P. vittata* 등은 봄에 부화되어 성장성숙되어 가을에 산란하고 사망한다. 수명은 7-8개월정도

되고, 이러한 것을 1년생 지렁이라 칭한다.

그러나 *P. divergens*, *P. hupeiensis*, *P. megascoli dioides* 등은 봄에 성체를 보게 되는데 봄에 산란하기 때문에 월년생(越年生)이라 하지만 대부분 수명이 1년으로 산란후 사망하는 것으로 생각된다. Lumbricidae류의 지렁이는 월년생으로 Megascolecidae류 지렁이보다 오래사는 것으로 알려져 있다.

즉 줄지렁이는 4년간 천연야행성 지렁이는 6년, *A. longa*는 5-10년정도 생존하였다는 보고도 있다. 많은 개체는 타동물에 포식되기도 하고 환경변화조건에 적응치 못하기도 하여 자연상태하에서는 사망율이 매우 높다.



2.3 지렁이의 생리특성

지렁이의 신진대사나 토양에서 어떠한 작용을 하는지를 이해하고 효율적인 사육을 위해서는 지렁이의 생리구조를 알 필요가 있다. 지렁이의 해부학적 구조는 거의 동일하며, 생물학자들은 세계의 어느 곳에서도 널리 분포하는 20-30cm크기의 *lumbricus terrestris*를 모델로 연구하고 있다. 레드웜이나 매뉴어웜도 이와 유사하다.

지렁이는 그림 10과 같이 모든 환형동물 가운데에서 어느 동물보다도 고도로 발달한 신경계, 폐쇄환상의 순환계, 배설계, 근육계 그리고 생식계통을 갖고 있다.

외피를 구성하는 환절은 약 150개로 이루어져 있는데 레드웜(붉은 지렁이)이나 매뉴어웜(줄지렁이)은 약 95개이다. 그러나 지렁이의 입이 있는 앞부위는 구전엽(口前葉)으로 환절이 아니다. 이는 지렁이가 땅속으로 파고 들어갈 때 구멍을 뚫고 입을 보호하는 작용을 한다.

각 환절사이에는 약 네 줄로 털이 나 있는데(이 때문에 빈모류라고 한다.) 굳은 강질로 환절사이로 뺏기도 하고 오므리기도 하여 지렁이의 전진을 돕는 발의 역할을 한다. 그래서 종이 위에 지렁이를 놓으면 이 강모가 움직이는 소리도 들을 수가 있다. 그리고 피부에는 여러가지 상피선(上皮腺)이 있어서 윤활성의 점액을 분비하여 피부를 보호하고 또 땅 속에서의 운동을 용이하게 만들어 준다.

지렁이는 격막(隔膜)을 통해서 영양분이나 노폐물을 순환시킬 수 있는 고도로 발달된 폐쇄환상의 순환계를 갖고 있다. 장(腸)위에 있는 혈관은 피를 전방으로, 장의 밑에 있는 혈관은 피를 후방으로 이동시킨다.

지렁이는 특수한 호흡기를 갖지 않고 피부를 통해 끊임없이 호흡하는데, 아가미 지렁이 등 물속에 사는 것은 몸의 뒤쪽에 특별한 아가미가 있다. 그리고, 수많은 빛을 감지하는 세포를 가지고 있어 빛으로부터 몸을 보호하는 역할을 해주고 있다. 체표에는 접촉과 진동 등을 감별하는 세포가 있어서 어떤 자극을 주면 신속하게 땅속으로 파고 드는 습성이 있다.

지렁이의 머리속에는 뇌도 가지고 있다. 그러나 이 뇌를 제거해도 운동이나 땅 속으로 잠복하는 것이나

생물체가 식물에 필요한 영양물질을 분해하여 공급하는 작용은 매우 독특한 것이다. 각국에서는 이러한 지렁이의 생태학적 기능을 활용한 처리법이 연구되고 있다.

3.1 인공사육방법

지렁이를 인공적으로 사육하기 위해서는 가급적 지렁이가 사는 생육조건이 자연상태와 유사하여야 효율적인 인공양식이 가능하다. 이렇게 하기 위해서는 첫째 지렁이를 키우기 위한 먹이와 지렁이를 양식하는 사육상 및 지렁이의 사육 조건 등에 대하여 각별한 관심을 기울여야 하며, 인공양식시 지렁이 사육조건에

맞는 환경을 유지할 필요가 있다. 즉 지렁이를 효율적으로 사육하기 위해서는 생육에 적합한 상태에서 사육상을 유지하여야 한다.

3.1.1 지렁이 사육조건

일반적으로 널리 사육되는 인공양식 지렁이의 생육 조건은 아래와 같다.

○pH

양식지렁이는 pH에 민감한데 이의 적응가능 범위는 pH5-8이며 이상적인 범위는 중성임.

○온도

양식지렁이의 적정온도 범위는 종류에 따라 광범위 하지만 대체로 10-25°C이며 이상적인 온도는 20°C ± 5°C 범위임.

○함수율

지렁이는 습윤한 환경을 좋아하기 때문에 먹이나 사육상의 함수율이 높은 것이 좋는데 대략 60-80% 정도이다. 먹이의 경우는 함수율이 70 ± 10%의 범위내에 있는 것이 좋다.

○용해성 무기염류의 농도

지렁이는 담수성에 속하는 생물이므로 NaCl, Na₂SO₄ 등의 염류에 특히 약하다. 따라서 5,000ppm 이하로 무기염류농도가 낮아야 지렁이 사육에 적합하다.

○광도

지렁이는 야행성 동물이기 때문에 일상적으로 야간에 활동을 한다. 따라서 직사일광에 약하고 자외선이 강한 빛에 노출되면 단시간에 사망하는 수도 있으므로 되도록 햇빛에 노출되지 않도록 하여 사육하는 것이 바람직함.

3.1.2 지렁이의 먹이

○우분

우분에는 미네랄이나 유기물질이 풍부하게 함유되어 있어서 먹이로는 물론이고, 사육상재료로도 첨가물만 잘 혼합시키면 훌륭한 것이 된다. 특히, 우분은 목장 등 다량 사육장이 많아 손쉽게 구할 수 있다는 데에 지렁이 양식사료의 대중을 이룰 수 있다. 우유의 분은 육우의 분보다 농후하여 사육상재료는 물론 일반 사료를 만들 때 일지라도 섬유성 사료의 배합비를 조금 높이는 것이 좋다.

○돈분

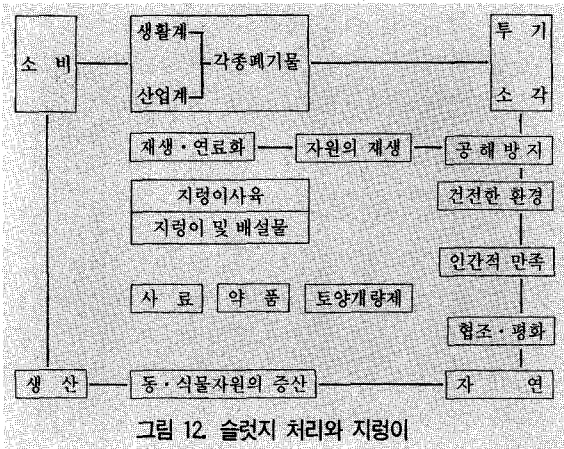


그림 12 슬러지 처리와 지렁이

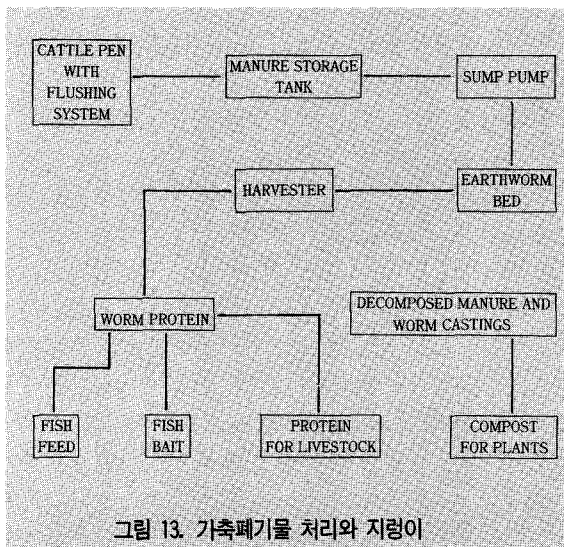


그림 13 가축폐기물 처리와 지렁이

돈분 단백질의 함유량이 많지를 알아 지렁이의 먹이 그 자체는 합당하다. 그러나 흔히 쓰는 돼지의 사료로 잔반을 많이 이용하는데 염분의 함유량이 많아 이를 철저히 세척하여 주지 않으면 지렁이가 염분의 피해를 입게 된다. 그러므로 돈분은 충분한 세척과 완전한 부식을 시킨 후에 사용해야 한다.

○양과 염소의 분

양이나 염소의 분도 단백질과 미네랄이 많이 함유되어 있어서 훌륭한 지렁이의 먹이가 된다. 그리고 적당히 발효를 시켜 필요한 첨가물을 가하면 사육상 재료로도 손색이 없다. 그런데 양은 먹이를 철저히 씹어서 넘기는 습성이 있으므로 다른 동물분보다 극히 세분되어 있다. 그렇기 때문에 다른 것보다 엉켜붙기가 쉬우므로 다공성이나 보수성을 유지해 주기 위해 첨가물을 필요로 한다.

○토끼분

토끼를 기르는 양식가들은 토끼장 밑에 지렁이의 양식상을 만들어 공간 사용의 집약화를 기하고 있다. 이것은 바로 토끼분이 지렁이의 먹이가 된다는 사실과 또 지렁이의 배설물은 이 사육상을 위생적으로 다스려 준다는 상호보완적인 요소를 갖기 때문이다. 토끼분은 단백질과 질소 함유량이 많고 또 다른 동물의 분보다 오줌을 많이 갖고 있기 때문에 세척과 발효가 되지 않은 토끼분을 사료로 사용해서는 안된다. 토끼의 먹이는 보통 15-20%의 단백질과 많은 치환성 섬유소 및 비타민 미네랄 등을 고루 함유하고 있으며, 자기가 누똥을 다시 먹기 때문에 탄수화물과 단백질의 분해에 필요한 박테리아의 활동을 활발히 하여 지렁이의 먹이로 영양가를 증가시킨다.

○판지

판지나 마분지의 재료는 벚짚이나 나무다. 이 재료들이 바로 지렁이의 훌륭한 사료도 되면서 사육상재료도 된다. 이 판지의 사육상에서 자란 지렁이는 다른 사육상에서 자란 지렁이보다 성장율과 번식율이 좋다는 기록도 있다. 판지는 나무나 짚의 섬유와 전분으로 되어 있다. 그리고 이 나무의 섬유질은 본질적으로 셀룰로오스로 가수분해에 의해 포도당(글루코오스)으로 변할 수 있는 탄수화물이다. 그런데 지렁이의 소화관에서는 이 셀룰로오스를 단백질보다 더 빨리 영양소로 변화시킨다. 그밖에 판지는 소량이나마 인과 칼륨 등

지렁이는 입을 통해 꽤 큰 먹이의 덩어리도 삼킬 수 있다. 이 사료가 입을 통해 인두(咽頭)로 들어가면 인두의 근육질 작용으로 식도를 통해 소낭(嚙囊)으로 보내어진다.

인두에서는 산성의 점액(粘液)이 분비되는데 이 점액에는 아밀라제와 전분이나 글리코오겐을 가수분해(加水分解)하는 효소(酵素)가 들어 있다. 그리고 이 산성 점액은 단백질을 물에 용해되는 물질로 만드는 전화(轉化)작용도 한다. 식도에는 탄산석회(炭酸石灰)를 분비하는 선(腺)이 있어서 먹이에 포함되어 있는 산(酸)을 중화시킨다.

의 건강에 필요한 무기물을 함유하고 있다.

그리고 종이류는 중성이다. 사육상재료로 사용할 때도 단백질이나 질소분이 많지 않고 다공성 때문에 수분을 많이 보유하여 열이 거의 발생하지 않는다. 그러나 이 판지류는 셀룰로오스의 함유량이 많기 때문에 포도당으로 변하는 가수분해의 과정에서 발효도 되며 산화되기도 한다. 그러므로 산도 측정을 철저히 하여 탄산칼슘으로 이를 조절해 주어야 한다.

○목재 및 종이 펄프 슬러지

목재나 종이 펄프는 판지보다는 못하지만 이도 역시 우수한 사육상재료의 먹이가 된다. 즉 이들 재료는 판지보다 다공성이 못되어 빨리 엉켜붙지만 그래도 다른 재료보다는 우수하다.

○퇴비

퇴비는 생초가 부패된 것이다. 이 부식된 퇴비는 많은 경우 사육상재료로 잘 쓰인다. 이 재료는 마른 나뭇잎, 마른 풀, 잡초나 꽃나무의 줄기, 벚짚, 산풀 등으로 이들을 채취하여 쌓아 놓고는 충분한 물을 주어 썩힌다. 퇴비가 썩을 때는 발효열이 70-80°C까지 오른다.

이 퇴비를 사육상재료로 사용할 때는 일단 건조시켜

서 적당히 자른 후 자체로써 다공성을 만들고 인공으로 습도를 유지시켜 주어야 한다. 그러면 특별히 다른 첨가물을 가하지 않아도 훌륭한 사육상재료가 된다. 그러나 부식 과정에서 생겨난 산성을 억제하기 위해 산도를 측정해서 다량의 탄산칼슘을 투여해야 한다.

이 퇴비는 주성분이 섬유성이기도 하지만 그 밖에 여러가지 양분들이 고루 섞여 있다. 그러므로 사료로서도 훌륭한 몫을 한다. 단지 이를 부패시켜 퇴비를 만드는 시간이 오래 걸린다는 것이 흠이다.

○산업폐기물

산업폐기물은 다양하다. 제과 공장, 식품공장, 제면공장, 라면공장, 미원공장, 식료품점, 도살장, 오니처리장 등 여러 공장에서 나오는 폐기물들은 공해면에서도 사회문제화되고 있는 형편이다. 그러므로 이들 각종 폐기물을 지렁이의 사료로 활용한다는 것은 공해처리 산업을 위해 유익하다. 이상의 폐기물은 수거는 쉬우나 운송비와 부속장이나 부속주 시설이 문제가 된다. 그리고 이들의 부패 과정에서 나오는 악취가 또한 공해 요소가 되므로 인가 가까이 있는 양식장에서는 이에 대한 대책도 강구해야 한다.

○하수슬러지

도시의 하수구에서 발생하는 슬러지는 이를 탈수해서 소각 또는 매립시키는 방법으로 처리하고 있다. 이

러한 슬러지도 세척제나 화학약품 등에 오염만 되지 않았다면 지렁이의 사료로 이용할 수가 있다.

3.1.3 지렁이의 사육상

지렁이는 원칙적으로 관리만 철저히 하여주면 차고, 창고, 지하실, 정원 등의 어느 장소에서도 사육이 가능하고 어느 재료로 만들어도 무방하며 크기도 필요에 따라 다양하게 설치할 수 있다.

그러나 지렁이 양식상을 지렁이가 서식하면서 생장과 증식이 이루어 지도록 인위적으로 만든 환경이므로 지렁이가 살 수 있는 환경조건을 충족시켜 줄 수 있어야 한다. 즉,

○지렁이 사육상은 온도가 너무 높거나 낮거나하여 생장에 영향을 주지 않도록 유지될 수 있어야 한다.

○사육상은 지렁이 생육에 적합하게 습도가 유지될 수 있는 구조가 되어야 하며 과습되거나 건조되지 않아야 한다.

○사육상 구조는 먹이 공급과 분변토의 채취 등의 작업이 원활히 진행할 수 있는 공간이 확보되어야 한다.

○사육상은 지렁이에게 유해한 두더지, 뱀, 쥐 등이 출입을 할 수 없도록 하여야 하며 땅밑으로 파고들어 오는 두더지가 침입되지 않도록 하여야 한다.

(다음호에 계속)

중앙환경신문창간식 및 '93환경인 신년하례회

1. 일 시 : 1993. 1. 11(월) 18:00~22:00
2. 장 소 : 서울시 마포구 서교동 서교호텔(4층전관) - 홍대전철역 앞
3. 참가내빈 : 환경처장관, 각지방 환경청장, 국회보사분과위원장 및 위원, 국회환경특위위원장 및 (예상) 위원, 환경처산하단체, 학회, 협회장, 교수, 임원, 환경관리공단이사장, 자원재생공사 사장, 환경관련기관장, 환경관련사업체장 등 다수(초청인사 5백명)
4. 참가대상 : 환경관련 종사자전원
5. 부폐식사, 칵테일 파티 및 연회

- 주 최 : (주)중앙환경신문사
- 문의처 : (02)326-0161~5 총무과