

지렁이를 활용한 유기농 퇴비 생산에 관한 연구

김용달*/솔피농장

연구 필요성

지렁이도 밟으면 꿈틀한다는 속담이 있다. 이는 지렁이가 하찮은 동물이라는 내용과 통하는 말이다. 하지만 속담에 내포된 뜻처럼 지렁이는 하찮은 동물이 아니다. 개체로서 한 마리 지렁이는 하찮을지 모르지만, 지렁이의 힘은 집단적 역량에서 비롯된다. 진화론의 아버지로 일컬어지는 다윈은 수십 년에 걸쳐 지렁이를 관찰하고 지렁이에 대한 책을 최초로 쓴 사람으로도 유명하다. 다윈은 자신의 저서에서 지렁이들이 수십 년, 수백 년에 걸쳐서 서서히 지질적 변화를 일으키는 능력을 갖추고 있다는 점을 인정했다. 우리가 여행을 통해 만나는 고대의 유적들을 땅속에 안전하게 보존한 일 또한 지렁이의 공이라고 그는 생각했다.

지렁이가 집단적 역량을 발휘해서 이룩해놓는 성과를 가장 잘 이용하는 사람은 어찌 보면 유기농업을 하는 농부일 것이다. 지렁이가 땅속에 굴을 파고 들어감으로써 통기성을 높이고, 수분 공급 및 뿌리 활착에 도움을 줄 뿐만 아니라 지렁이가 먹이로 쓰기 위해 끌어들이는 유기물과 그 유기물을 먹고 배설하는 분변토는 땅을 기름지게 만든다. 그리고 지렁이가 살아가기 위해 내놓는 분비물 중에 특정 물질들은 식물 병을 막아주기도 하기 때문이다.

그동안 이렇게 유용한 지렁이에 대한 평가나 연구가 실제 가장 많은 도움을 받는 농민 주도로 진행되지 못한 것은 안타까운 일이며, 지렁이의 가치를 모른채 농약이나 화학비료, 수입에 전적

* **김용달**: 유기농공동체 '솔피농장' 문화협력팀장. 중학교 교사로 있다가 귀농하여 충북 괴산에서 유기농업을 실천하고 있다. 지렁이 분변토의 유기농 퇴비 가능성을 찾기 위해 농가에서 지렁이를 쉽게 사육하는 방법과 지렁이 분변토의 퇴비 효과를 연구하고 있다.

으로 의지하는 자재를 돈 주고 사서 쓰는 쪽으로 농업의 방향이 잡혀가는 일은 슬프기까지 하다.

본 연구에서는 학술적 접근보다는 실제 유기농으로 농사를 짓는 사람의 입장에서 가장 효율적으로 지렁이를 키우는 데 필요한 것들이 무엇인지와 분변토 생산량을 정량화하는 작업을 했다.

연구 내용

농가에서 지렁이를 가장 쉽게 사육하는 방법과 지렁이 사육을 통해 얻을 수 있는 분변토의 양을 정량화하기 위해 붉은 줄지렁이를 노지와 하우스에서 키우는 방법을 비교 연구하였다.

연구를 진행하며 농가 주변에 있는 지렁이를 모으는 방법과 지렁이 사육에 가장 크게 해를 끼치는 두더지 퇴치에 대한 연구, 탄산칼슘 분비샘을 가진 지렁이 특징을 고려한 폐화석 연구 및 기후 조건에 대응하는 지렁이 사육 보완책 등도 연구하였다.

1. 지렁이

우리 농가에서 흔히 볼 수 있는 지렁이는 줄지렁이, 왕지렁이, 회색지렁이 등 세 종류다. 그중 갇힌 공간에서도 잘 살고 먹이 활동 및 번식이 왕성한 지렁이는 줄지렁이다. 집 근처에서 모은 줄지렁이를 번식시켜 실험 대상으로 사용하였다.

〈그림 1〉 지렁이의 종류



줄지렁이



왕지렁이



회색 지렁이

2. 지렁이 사육환경

시설비, 인건비, 관리비 등을 고려할 때 농가에 가장 적합한 사육 환경을 알아보기 위해 노지 사육장과 시설 하우스 사육장 등 사육 환경을 조성하여 비교 실험하였으며 두 환경에서의 다른 모든 조건은 같게 하였다.

가. 노지 사육장

마당 앞 공터를 노지 사육장으로 활용하기 위하여 남북 방향으로 평탄 작업을 시행하고 길이 6,100mm, 넓이 1,830mm의 사육공간을 만들었다. 노지 사육장에는 급수 시설, 보온 덮개, 작업 도구를 준비하였다.

나. 시설하우스 사육장

집 옆 공터를 이용하여 가로 6,000mm, 세로 10,000mm의 하우스를 동서 방향으로 짓고 그 안에 노지 사육장과 같은 크기의 사육공간을 만들었다. 비닐하우스 사육공간에는 급수 시설, 보온 덮개, 작업 도구를 준비하였으며, 여름철에는 하우스 온도가 올라가는 것을 막기 위해 차광막을 준비했다. 차광 효율 75% 차광막을 두 겹으로 5월 말에 설치하여 9월 말에 철거하였다.

〈그림 2〉 지렁이 사육장



노지



비닐하우스

다. 사육상 설치

노지 및 시설 하우스 지렁이 사육장에서 지렁이를 키우던 중 두더지의 피해가 극심하여 두더지 피해를 방지하기 위해 노지와 비닐하우스에 사육상을 조성하였다. 사육상은 2×6 인치 방부목을 이용하여 만들었으며 기초 깊이는 50cm로 했다.

라. 덮개

사육상을 만들기 전, 사육장에는 보온 덮개를 사용하였으나, 지렁이가 보온 덮개 사이의 공간을 뚫고 나오기도 하고 보온 덮개 틈에 끼어 떼어내기가 어려운 점이 있었다. 사육상을 만들고 나서는 수분 증발을 억제하기 위해 덮개를 사용하였는데, 노지 사육상은 장마철 습도 조절 및 지렁이의 탈출 방지를 위해 사육상을 반만 덮었다.

3. 지렁이 사육 먹이

지렁이를 대량으로 사육하는 전문 사육장에서 먹이로 사용하는 각종 오니에 대한 중금속 잔류 여부 등에 따라 분변토를 농사에 사용하기에는 부적합하다는 주장과 폐기물 처리와 관련한 법규 때문에 자격요건을 갖추고 있지 않은 소규모 농가는 취급이 어렵다는 점 등 분변토의 활용에 따르는 논란을 고려하여 농가가 지렁이 먹이를 쉽게 구할 수 있어야 한다는 전제하에 부엽토, 생초, 갈대, 한우 축분, 농가부산물(말린 옥수수대, 말린 고춧대, 왕겨, 쌀겨) 등을 먹이로 공급하였다. 2012년 6월 한 달간 지렁이가 먹이에 반응하는 정도를 파악했으며, 지렁이가 먹이를 먹을 때까지 걸리는 시간을 조사하였다.

4. 지렁이 모으기

2012년 6월에 실험에 사용할 지렁이를 실험 장소 인근에서 모으기 위해 과채류(호박, 토마토, 수박, 참외 등), 골판지, 부식이 진행된 나무판자로 각각의 베이스를 만들고 위에 풀을 덮어두고 시간이 지난 후에 지렁이 수를 세어 비교하였다. 각 베이스는 가로 500mm×세로 500mm 크기로 제작했다. 베이스별 모인 지렁이 수 차이 실험은 7일간 진행하였다. 이렇게 모은 지렁이를 노지 사육상과 비닐 하우스 사육상에 크기와 나이를 고려하지 않고 같은 양(무게 기준)으로 입식하여 실험하였다.

5. 두더지 방지

지렁이 사육과정에서 두더지가 사육 공간에 침입하여 지렁이를 잡아먹는 피해가 발생했다. 이에 두더지 방지를 위해 가장 좋은 재료가 무엇인지를 알아보기 위한 실험을 병행하였다. 일반적으로 지렁이를 전문적으로 생산하는 곳에서는 시중에서 판매하는 전자 퇴치기를 쓰지만, 퇴치기에 두더지가 익숙해지면 효과가 별로 없다고 한다. 두더지 퇴치에 쓰인 재료는 장날에 생선 가게에서 얻어온 고등어 대가리(생선토막), 참웃나무 조각, 양파, 마늘이며, 두더지가 이용하는 굴의 한쪽을 파고 거기에 두더지 방지용 재료들을 넣어 두고 20일간 관찰하여 굴의 이용 여부를 확인하였다.

6. 패화석

달걀껍데기 대응으로 패화석을 이용할 수 있는지 실험했는데, 패화석을 먹이의 표면에 섞어주고 관찰하는 방식으로 실험을 진행했다.

연구결과의 현장 적용

1. 지렁이 사육 조건의 차이

6개월간의 실험을 통해 지렁이의 먹이 소비량을 비교해 본 결과 하우스 내에 설치한 사육장이나 노지에 설치한 사육장 조건에 따른 차이는 크게 나타나지 않는 것을 알 수 있다 <표 1, 2>. 다만, 여름철(7월과 8월)은 하우스보다 노지에서 먹이의 소비량이 많은 것으로 나타났다. 하우스 구조는 완전 개방이 아니지만 노지는 완전 개방형이어서, 햇빛을 잘 차단한다면 온도 조건 면에서 유리한 것으로 판단된다.

<표 1> 하우스 및 노지 사육상에서의 먹이 소비량

(단위: kg)

장소 \ 월	2013년			2012년			합계
	4월	5월	6월	7월	8월	9월	
하우스	467	653	606	373	606	644	3,349
노지	436	431	653	661	933	663	3,777

※ 사육상 크기: 6,100mm × 1,830mm

<표 2> 하우스 및 노지 사육상에서의 분변토 생산량

(단위: kg)

장소 \ 월	2013년			2012년			합계
	4월	5월	6월	7월	8월	9월	
하우스	80	111	103	63	103	109	569
노지	74	73	111	112	158	112	640

※ 사육상 크기: 6,100mm × 1,830mm

2. 먹이 반응도

2012년 6월 한 달간 제공한 먹이에 대해 지렁이가 반응하는 정도를 살펴본 결과는 다음과 같다.

〈그림 3〉 지는 해를 막아주는 사육상(차광막 이중 설치)



※ 사육상의 절반은 덮개를 덮어(오른쪽 절반) 수분 유지에 유리하도록 하고 나머지 절반은(왼쪽) 퇴비화 과정을 진행한다. 이렇게 하면 장마철 과습을 피해 지렁이가 덮개 밑으로 이동할 수 있으며, 반대로 습도가 낮아지면 지렁이들이 퇴비화 과정이 진행되는 쪽으로 이동할 수 있다.

가. 한우 축분

예상과는 다르게 지렁이들은 한우 축분에 거의 반응하지 않았다. 나중에 자세한 실험을 통해 지렁이들은 한우 축분과 바닥 흙의 경계면에 많이 모여 먹이 활동을 한다는 사실을 확인했다. 충북 괴산군농업기술센터에서 진행한 지렁이 분변토 생산 실험에서는 한우 축분과 흙을 3:1의 비율로 섞어 3개월간 발효 과정을 거쳐 먹이로 사용했음을 알게 되었다.

나. 갈대

농가가 주변에서 쉽게 구할 수 있는 갈대에 대한 지렁이의 반응은 왕겨, 쌀겨, 벼짚, 부엽토에 비해서는 적은 편이었으며, 생갈대를 베어 7일간 건조를 통해 완전히 말렸을 경우 처음 무게의 4분의 1 정도로 줄어든다.

다. 생초

밭이나 집주변에서 흔히 볼 수 있는 모든 풀을 생초라 부르기로 했는데, 생초에 대한 반응은 갈대보다 높은 편이지만 왕겨, 벼짚, 부엽토, 쌀겨보다는 낮은 편이었다. 7일간 건조

를 통해 완전히 말리면 처음 무게의 6분의 1 정도로 줄어든다.

라. 농가 부산물

(1) 말린 옥수수대

말린 옥수수대에 대한 지렁이의 반응은 갈대 수준이었으며, 줄기보다는 뿌리 쪽을 더 선호했다. 생 옥수수대를 완전히 말리면 처음 무게의 60% 정도로 줄어든다.

(2) 말린 고춧대

말린 옥수수대 정도의 반응을 나타내며, 완전히 말리면 처음 무게의 40% 정도로 줄어든다.

(3) 왕겨

왕겨에 대한 반응은 당초 예상과 많이 달랐다. 실험 전에는 지렁이들이 왕겨를 기피할 것으로 생각했고, 볏짚에 비해서 선호도가 떨어질 것으로 예상했는데 의외로 지렁이들은 왕겨에 대해 왕성한 반응을 나타냈다.

(4) 쌀겨

지렁이가 가장 선호하는 먹이는 쌀겨라는 것을 실험을 통해 알 수 있었다. 이후 지렁이 먹이를 배합할 때는 반드시 쌀겨를 섞어 쓰게 되었고, 분변토를 수거할 때 혹시라도 분변토에 지렁이가 남아 있을 우려가 있을 때에는 수거하려는 분변토 옆에 쌀겨를 배합한 먹이를 주어 지렁이가 그쪽으로 이동하도록 하고 수거하면 될 정도였다.

(5) 볏짚

볶짚은 지렁이가 가장 선호하는 먹이일 것으로 예상했으나, 실험 결과는 왕겨나 부엽토, 쌀겨에 비해 떨어지는 것으로 나타났다.

(6) 부엽토

부엽토는 부숙 시간이 필요 없는 장점을 가지고 있으며 지렁이의 먹이 반응도 높은 편이다. 하지만 부엽토를 먹이로 쓰면 왕지렁이가 발생하는 것을 볼 수가 있다.

〈표 3〉 각 먹이에 대한 지렁이의 반응도

먹이종류	한우축분	갈대	생초	옥수수대	고춧대	왕겨	쌀겨	볶짚	부엽토
반응도		+	++	++	++	++++	++++++	+++	+++++

※ 반응도는 각 먹이 속에 사는 지렁이를 육안 관찰하여 많고 적은 상태를 나타낸 것임. +가 많을수록 먹이 반응도가 높음.

3. 지렁이 모으기

가. 과채류 베이스(호박, 수박, 토마토, 등)

집 근처에서 지렁이를 모으려고 설치한 과채류 베이스에 지렁이가 가장 많이 모인 사실을 볼 때 지렁이가 가장 선호하는 먹이는 물기가 많으며 당도가 높은 과채류임을 알 수 있다.

〈그림 4〉 과채류 베이스



나. 골판지 베이스

골판지는 재질이 종이이라 지렁이가 가장 많이 모일 것으로 생각했지만 과채류에 비해서는 떨어지는 편이었다. 시간을 충분히 길게 줄 경우 골판지를 먹이로 삼아 생기는 분변토에 지렁이들이 많이 모이는 것을 볼 수 있다.

〈그림 5〉 골판지 베이스



다. 나무판자 베이스

나무판자를 베이스로 쓴 것은 집에 놓아둔 통나무 밑 땅과 만나는 면에 지렁이가 많이 모이는 것을 봤기 때문이다. 나무판자 베이스의 경우 골판지 베이스와 비슷한 정도의 지렁이가 모이는 것을 볼 수 있지만 시간이 지나면 골판지 베이스 쪽에 더 많은 지렁이가 모이는 것을 볼 수 있다.

〈그림 6〉 나무판자 베이스



〈표 4〉 베이스별 지렁이 수집량

(단위 : 마리)

베이스	과채류	골판지	나무판자
지렁이의 수	97	64	59

4. 두더지 방지

두더지 방지를 위해서 사용할 수 있는 가장 좋은 재료는 양파와 마늘인 것으로 나타났다. 두더지가 사육장에 침입해 지렁이를 잡아먹는 것을 방지하기 위해서는 양파 또는 마늘의 식재 시기에는 지렁이 사육장 주변에 마늘과 양파를 심거나, 마늘 양파의 식재가 어려운 시기에는 두더지 굴에 마늘 조각이나 양파 조각을 넣어주면 될 것이라고 판단하며, 이는 두더지 때문에 많은 어려움을 겪는 유기농업 농가에서도 충분히 응용할 수 있는 방법이다.

가. 생선토막

생선토막을 사용한 결과 며칠 정도는 굴 사용을 안 하는 것 같았지만, 다시 사용하는 것을 볼 수 있었다. 또한 생선토막은 들고양이가 물어가는 경우가 있어 두더지 방지에 좋은

재료로 보기 힘들다.

나. 참옷나무 조각

옷나무의 알레르기 성분이 두더지와 접촉할 때 두더지에게 영향을 미칠 것으로 예상하여 참옷나무 조각을 이용했다. 처음 참옷나무 조각을 굴 입구에 넣었을 때는 굴을 이용하지 않았으나 시간이 지나자 다시 이용하는 것을 볼 수 있었다.

다. 양파

양파조각을 두더지가 다니는 굴 입구에 넣었을 경우는 두더지가 그 굴을 다시 이용하지 않는 것을 볼 수 있었다.

라. 마늘

마늘을 넣었을때도 양파와 마찬가지로의 효과를 볼 수 있었다.

〈그림 7〉 지렁이 사육장 근처에서 발견된 두더지 굴



〈그림 8〉 두더지 방지를 위해 심은 양파와 마늘



5. 폐화석의 이용

실험 결과 폐화석을 사용했을 때와 달걀껍데기를 사용했을 때에 별 차이를 느낄 수 없었다.

지렁이에 대한 기존 연구를 보면 줄지렁이는 탄산칼슘을 활발히 분비하는 새를 가지고 있어서 먹이 속에 든 칼슘 성분을 잘 처리하며 그 여분을 똥으로 배설한다고 한다. 가정에서 남은 음식물 처리에 지렁이를 이용할 경우 달걀껍데기를 믹서에 갈아서 줄 것을 권하며 실제로 지렁이가 잘 먹는 것을 볼 수 있다. 이러한 점으로 미루어볼 때 지렁이 사육

에 칼슘을 포함한 먹이가 있어야 할 것으로 판단된다. 하지만 농가에서 달걀껍데기를 대량으로 구하기는 어려우므로 달걀껍데기 대용으로 폐화석을 이용하는 방법이 좋을 것으로 본다.

현장 적용 사례

1. 교육 현장

서울시 교육연수원 초·중등 교원 연수 시 지렁이 사육에 대한 내용을 소개하여 연수에 참가한 교원들이 지렁이 분양을 요청했고, 상주시 상주여자고등학교 환경동아리인 '살림과 돌림' 학생들에게 지렁이 분양 및 지렁이 사육과 관련한 코멘트를 해주었다. 경북 농업사관학교 강의를 통해 지렁이 사육과 관련한 내용을 전달하였다.

2. 농사 현장

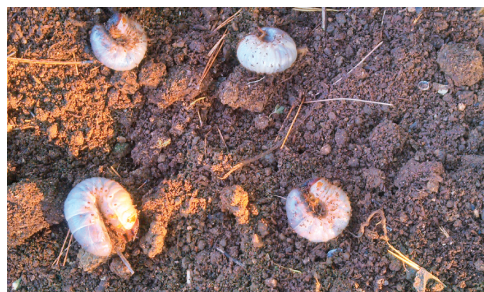
연구 과정에서 얻어진 분변토를 이용하여 과채류 육묘용 상토와 혼합하여 사용하였으며, 연구자가 속한 슬피농장 공동 못자리 설치 시 바닥에 분변토를 5cm 두께로 깔고 그 위에 모판을 설치하게 하여 그간 육묘 과정에서의 비분 부족 현상을 완전히 해결할 수 있었다.

자가 퇴비 제조 시 퇴비 더미 뒤집기를 통해 고온 발효를 하지 않을 경우 장수풍뎅이 애벌레와 같은 유충이 발생할 수 있음을 자가 퇴비 제조 농가에 알려 저온 발효 때문에 식물 뿌리 가해와 관련해 발생하는 병을 줄일 수 있었다.

〈그림 9〉 못자리 육묘용 분변토 비료



〈그림 10〉 고온 발효로 장수풍뎅이 유충 발생 방지



기대효과

1. 손쉬운 지렁이 사육 방법 제시

국내에서 판매 목적으로 지렁이를 생산하는 곳 대부분은 시설하우스를 이용해 지렁이를 사육하고 있다. 시설하우스는 설치비용 및 관리 면에서 많은 비용이 필요해 일반 농가에서는 쉽사리 지렁이 사육의 엄두를 내기가 쉽지 않을 것이다. 그러나 연구를 통해 얻은 결과를 보면 지렁이 사육에 있어서 굳이 하우스 시설이 있어야 하는 것이 아니라 약간의 채광과 사육상만 있으면 하우스와 큰 차이 없이 사육이 가능하다는 것을 알 수 있었다. 따라서 일반 농가에서 노지 지렁이 사육상을 설치하여 지렁이를 사육하는 길이 열렸다고 판단된다.

2. 유기농가의 자재비 절감 효과 및 고품질 퇴비 생산

국내 유기농업 농가 중 자가 퇴비를 생산하여 이용하는 농가는 소수에 그치고 대부분은 원료를 수입에 의존하는 유박이나 균 배양체 등을 구매해 사용함에 따라 유기농업 농가가 부담해야 하는 생산비 부담이 크다. 하지만 농가 부산물과 주변에서 얻을 수 있는 가축 분뇨, 부엽토, 생초 등을 적절히 섞어 발효시켜 지렁이 먹이로 주게 되면, 양질의 분변토를 얻을 수 있어 유기농업을 하는 농가의 자재비를 줄일 수 있다. 또한 중금속 오염이나 분변토 원재료에 대한 오해가 없는 양질의 분변토 생산이 가능하여 유기농업 생산품에 대한 소비자들의 불만이나 불필요한 오해를 줄일 수 있는 효과가 있다.

3. 산성 토양 개량 효과

우리나라 지형은 노년기 지형으로 대부분 지역에서는 지하 깊은 곳에서 마그마가 굳어서 생성된 암석인 심성암이 지표면에 노출되어 있다. 그러니까 우리나라 농경지 대부분 토양은 이 심성암의 풍화, 침식, 퇴적의 결과로 만들어졌다고 해도 과언이 아니다. 이러한 토양의 특징은 산성도가 매우 높다. 대부분의 농작물이 약산성이나 중성 토양에서 잘 자라는 점을 고려할 때 우리나라 토양은 농사에 매우 불리한 조건이다. 여기에 1970년대부터 본격화한 화학농법의 영향으로 토양의 산성화가 매우 심각한 지경이다. 이러한 우리나라 토양 문제에서 산도 7~8의 약 알칼리성인 분변토는 매우 좋은 토양 개량제가 될 수 있으며, 분변토에 함유된 유기물은 토양의 유기물 함량도 높이는 효과를 볼 수 있다.

4. 관행 농업을 유기 농업으로 전환하기 용이함

화학 비료 및 농약을 사용하는 농업을 관행 농업이라고 부르며, 화학적으로 생산된 비료 및 농약을 일절 사용하지 않는 농업을 유기농업이라 부른다. 그동안 관행 농업을 하는 사람들이 유기농업으로 전환하고자 할 때 가장 어려운 점이 생산량의 절감과 병해충 관리였다. 그 이유는 유기농업에 이용할 수 있는 적절한 자재의 부족도 있었지만 상당히 긴 시간 관행농업을 하면서 산성화되고 유기물 함량이 낮아진 토양의 문제가 더 심각했다고 본다. 농가가 직접 지렁이를 사육해 분변토를 얻게 되면 이 문제를 해결할 수 있어 관행농업을 유기농업으로 전환하기가 용이할 것으로 기대한다. 토양의 문제가 농작물 재배에 어떤 영향을 미치는지 알 수 있는 가장 쉬운 예가 과수원일 것이다. 자연 상태를 잘 관찰하여 보면 인간에 의해 황폐해진 땅에 과수 정도의 큰 나무가 자라기까지는 적어도 10년 이상의 상당히 긴 세월이 필요함을 알 수가 있다. 즉 큰 나무들이 자라려면 토양 내에 일정정도의 유기물이 축적되어야 한다는 것을 암시하는 예이다. 그런데 대부분의 과수원 조성 과정을 보면 산을 깎거나 밭을 개간하여 과수를 심는 경우가 많아서 과수 농사는 유기농업이 어렵다는 말들을 하게 된다고 본다. 이러한 과수 농가에 양질의 분변토를 공급할 수 있다면 충분히 유기농업이 될 것이라고 확신한다.

[참고문헌]

1. Amy Stewart, 이한중 역, 「지렁이, 소리 없이 땅을 일구는 일꾼」, 달팽이, 2005.
2. Yvonne Baskin, 최세민 역, 「땅 속 생태계」, 창조문화, 2007.
3. 김경환 · 이철범 · 최훈근 · 배재근, 'N하수처리장 정화조, 분뇨케익의 재활용을 위한 지렁이 사육 조건 검토', 유기물자원화 제8권 제2호, 2000.
4. 이지영 · 이주삼, '먹이조건의 차이가 지렁이 생육 분립 생산량 및 체조직으로의 유기물 전환 효율에 미치는 영향', 한국유기농업학회지 제16권 제3호, 2008.
5. 박경훈 · 박연기 · 주진복 · 경기성 · 신진섭 · 김찬섭 · 박병준 · 엄재열, '농약의 지렁이에 대한 위해성 평가', 한국농약과학회지 제7권 제4호, 2003.
6. 김종오 · 이창호 · 최훈근, '지렁이 퇴비화 운영사례 및 개선방향', 유기성자원학회지 제9권 제4호, 2001.
7. 김영구 · 박상준 · 최훈근 · 배재근, '지렁이 사육에 있어서 음식물쓰레기의 부숙정도와 분변토 혼합비의 영향', 유기물자원화 제12권 제2호, 2004.
8. 김병우 · 배운환, '하수 슬러지와 음식물쓰레기 침출수 슬러지 또는 제지 슬러지를 혼합하여 부숙시킨 먹이에 대한 줄지렁이 개체군의 섭식률 및 성장률', 유기물자원화 제16권, 제3호, 2008.
9. 배운환 · 박광일, '줄지렁이 입식 밀도 및 먹이 급이량에 따른 지렁이 개체군 성장 및 먹이 섭식 효율', 유기물자원화 제14권 제4호, 2006.
10. 나영은 · 한민수 · 이상범 · 홍용, '국내 지렁이 종 분포와 분류', 농촌진흥청, 2001.