

제 목	국 문	분변토를 이용한 소멸식 퇴비화 효율 평가 및 속도 해석			
	영 문	Efficiency Estimation of the on-site Garbage Composting by Earthworm Cast			
저 자 및 소 속	국 문	배일상, 김은숙, 전은미, 강미혜, 오정대, 유병태, 김민영 서울특별시 보건환경연구원 폐기물공학팀			
	영 문	Il-Sang Bae, Kweon Jung, Eun-Sook Kim, Eun-Mi Jeon, Mi-Hye Kang, Jeung-Dae Oh, Byung-Tae Yoo, Min-Young Kim Research Institute of Public Health and Environment, Seoul Metropolitan Govern. Waste Engineering Team.			
분 야	폐기물관리 및 처리방법	발 표 자	배 일 상	발 표 형 식	포 스투
진 행 상 황	연구완료(○), 연구중() → 완료 예정 시기 : 년 월				
<p>1. 연구목적</p> <p>지렁이 분변토는 선진국에서 80여년 이상 꾸준한 연구가 진행되어 활용방안이 보편화되어 있으며, 양질의 유기질자재로 이용되고 있는데, 특히 병원성균에 강한 각종 미생물을 다량 함유하고 있어 토양개량제, 비료, 상토로서의 이용은 물론 탈취제 등 고부가가치성 생물학적 제제로 이용되고 있다. 국내에서 분변토의 활용과 개발은 비교적 외국에 비해 미흡한 실정이어서 본 연구는 각 가정에서 발생하는 소량의 음식물쓰레기를 발생원에서 직접 감량화 및 재이용하기 위하여 지렁이 분변토를 이용한 미생물제재로서의 활용가능성과 소멸화 가능성을 평가하고자 한다.</p> <p>2. 연구방법</p> <p>소멸화장치는 스티로폴로 제작되었으며, 용기의 크기는 길이 25cm, 폭 25cm, 높이 20cm이다. 별도로 기계적인 공기공급은 하지 않았으며, 반응조 상단에는 직경3.5cm의 구멍을 4개와 하단에는 1개를 만들어서 자연적인 공기공급이 되도록 하였다. 대상시료는 구내식당에서 발생하는 음식물쓰레기를 대상으로 했다. 실험에 이용한 미생물제제는 3종류로서, 분뇨소화탈수케익을 먹는 지렁이에서 배설되는 분변토와 대조군으로 흙누룩의 원리를 이용한 발효토, 공서 미생물을 첨가한 발효토 제품을 사용하였다. 각각의 반응조에는 미생물제제와 음식물쓰레기를 각각 2.85kg와 1.2kg을 넣어 혼합을 하였으며, 미생물제제는 초기에만 투입하였고, 계속적으로 일주일에 한번 씩 음식물쓰레기를 1.2kg씩 투입하였다. 회분식 실험은 주위의 온도변화에 의한 소멸화 정도를 파악하기 위하여 분변토만으로 10℃와 20℃에서 실험을 실시했으며, 연속식 실험은 상온(20℃±3)에서 계속적으로 49일간 실험을 실시했다. 시료채취는 1일에 한번을 원칙으로 했으며, pH, 함수율, 고형물함량, 유기물질, 염분, 전기전도도 등을 측정했다. 반응기내의 온도 및 가스상물질 등은 필요시 수시로 측정을 하였다.</p> <p>3. 결과 및 고찰</p> <p>(1) 회분식실험</p>					

Run 1과 Run 2는 미생물제제로 분변토를 넣었으며, 각각 10℃와 20℃의 외부온도조건 하에서 소멸화 정도를 파악하기 위해서 7일동안 실험을 하였다. 두 반응기에서 유기물 분해율(rd)에 따른 온도 및 CO₂의 변화를 살펴보았다. 유기물 분해율은 다음 식에 의하여 구했다.

$$rd = 1 - r_m, r_m = (1-V_0)/(1-V)$$

여기서 rd : 분해율, r_m : 잔존율, V : 강열감량

RUN 1에서는 7일 동안 유기물 분해율은 28%였으나 RUN2에서는 47%로 20℃에서 유기물 분해율이 약 1.7배정도 더 높았다. 이는 10℃보다 20℃에서 미생물의 물질대사속도가 높기 때문으로 사료된다. 온도와 CO₂ 발생량 또한 RUN 1 보다는 RUN 2가 더 높았으며, 최대값에서의 차이는 RUN 2가 RUN 1 각각 약 1.7배, 2.5배 더 높았다.

소멸화 반응에 대한 분변토의 효율과 미생물의 활성도는 퇴비화 반응속도상수로부터 평가될 수 있다. 그러므로 반응속도상수와 pH 그리고 수분함량과의 관계를 살펴보았다. 소멸화속도상수가 점점 증가할수록 수분은 점차적으로 감소했으며, pH는 약산성에서 약 알칼리성으로 변화했다. 소멸화 반응은 여러 가지 속도식으로 표현이 가능하나 본 연구에서는 다음 식을 적용하였다.

$$-d[A]/dt = k[A]^n$$

본 연구의 소멸화속도에 가장 가까운 반응을 찾기 위해 1차 반응과 2차 반응을 비교한 결과 상관 계수(r²)가 1차 반응에서 RUN 1과 RUN 2가 각각 0.976과 0.960이었으며, 2차반응에서는 각각 0.972와 0.926 이었다. 1,2차 반응이 거의 비슷한 결과를 나타냈으나, 1차 반응이 다소 높은 결과를 보였다. 그러므로 1차반응을 이용한 소멸화 속도상수를 살펴보면 다음과 같다. 회분식 실험의 마지막날 인 7일째에 RUN 1과 RUN 2의 k1(1차 반응 속도상수)은 각각 0.50 g⁻¹·day⁻¹와 0.87 g⁻¹·day⁻¹였다. 그러므로 음식물 소멸화를 위해서는 20℃ 이상에서 실험을 해야 좋은 소멸화 반응을 얻을 수 있다고 판단된다.

(2) 연속식 실험

연속식 실험에 사용한 RUN 3, RUN 4, RUN 5는 각각 미생물제제로서 발효토 A와 발효토 B 그리고 분변토를 사용하였다. 1차 반응에서 소멸화속도상수를 비교해 보면 최종 7일째 RUN 5인 분변토를 투입한 반응기는 5.99 g⁻¹·day⁻¹인데 비해 RUN 3과 RUN 4는 각각 2.59g⁻¹·day⁻¹ 와 2.35로g⁻¹·day⁻¹ 로서 분변토를 투입한 반응기가 훨씬 소멸화반응이 우수한 것으로 나타났다.

한편 소멸화에 의한 유기물질의 감소를 간접적으로 평가하기 위하여 습중량 무게변화를 연속운전 조건별로 평가하였다. 무게감소는 초기에 RUN 4 반응조인 발효토B가 가장 우수하였다. 이는 발효토 자체에 유기물이 많이 함유되어 있어 자체의 유기물감소 때문인 것으로 사료된다. 시간이 경과될수록 3개의 반응조 모두 총습무게 감소는 비슷한 경향을 나타냈다. 따라서 분변토는 토양미생물 제제인 발효토와 비슷한 효과를 나타냄을 알 수 있다.

한편 암모니아 가스의 방출을 살펴보면 분변토를 첨가한 RUN 5 반응조의 경우 음식물을 투입한 이후 7일까지는 암모니아가 거의 발생하지 않았으며, 3개의 반응조 중 제일 높은 수분을 유지하고 있었다. 이는 유기물분해에 의하여 발생된 암모니아가 수분에 흡수되어서 배기가스 중에 발생하지 않았을 가능성과 분변토 자체가 바이오필터 개념의 탈취기능을 갖고 있기 때문으로 사료된다. 3번째로 음식물을 투입한 시점은 14일로서, 3개의 반응기 모두 투입 하루만에 암모니아 발생이 최대가 되었는데 이는 활성화된 미생물의 유기물분해로 인한 암모니아발생이 통기성개량재의 흡착 및 수분에 의한 흡수보다 더 크기 때문인 것으로 판단된다.