ORIGINAL PAPER 원저

침출액을 이용한 지렁이 퇴비화지표 설정에 관한 연구

이창호†, 김종오*, 최석순**
양산대학 기업시스템계열†, 경상대학교 건설공학부(도시)/환경지역발전연구소*, 세명대학교 바이오환경공학과**
(2007년 2월 15일 접수, 2007년 3월 20일 채택)

A Study on Establishment of Vermicomposting Index Using Leakage Water

Chang-Ho Lee†, Jong-Oh Kim*, Suk Soon Choi**
Division of Industrial Management System, Yangsan College, Division of Construction Engineering/EDR, Gyeongsang National University*, Department of Biological and Environmental Engineering, Semyung University**

ABSTRACT

In the present work, the vermicomposting index was investigated using leakage water from sludge to develop the process of mechanization and automation in the earthworm-cast treatment. The in situ sewage sludge was used for batch and continuous experiments. Due to different treatment processes, the physico-chemical characteristics of liquid extracted from sludge was the similar change pattern. However, some items, such as Oxidation Reduction Potential (ORP), pH, Electrical Conductivity (EC) and NH_3-N, showed the distinct changes between pre- and post- vermicomposting. Also, The ORP and EC were the best parameters for the vermicomposting index. These results offered that the present vermicomposting technology was an actual earthworm-cast treatment.

Keywords : sewage sludge, vermicomposting, Oxidation Reduction Potential (ORP), Electrical Conductivity (EC)

초 록

분변토 처리의 기계화 및 자동화 공정 개발을 위하여, 본 연구에서는 슬러지 침출액을 이용한 지렁이 퇴비화 지표에 대하여 고찰하였다. 이 연구에서는 회분식 및 연속식 실험을 위하여 현장 하수 슬러지가 사용되었다. 슬러지 처리방법에 따른, 발생되는 침출수의 이화학적 특성 변화는 거의 유사함을 나타내었다. 그러나, 산화환원전위, pH, 전기전도도, NH_3-N 항목에서는 퇴비화 전후, 분명한 차이를 보였다. 또한, 지렁

†Corresponding author(hangmu3315@hanmail.net)

이 퇴비화 지표 설정에 가장 적합한 변수들은 ORP과 EC임을 알 수 있었다. 이러한 연구 결과들은 실제적으로 분변토 처리가 이루어지는 지렁이 퇴비화 기술로 사용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 하수슬러지, 지렁이 퇴비화, 산화환원전위, 전기전도도

1. 서론

국내 지렁이 이용기술은 대부분 1970년 후반 도입초기의 이용기술이 현재에도 적용되고 있다. 특히 넓은 부지의 이용과 인력에 의존하는 처리공정 및 사계절에 의존하는 지렁이 생육환경 등은 유기성 물질의 연속처리를 통한 지렁이 이용기술의 산업화 및 정착화에 많은 문제점을 나타내고 있다[1]. 이에 최근 지렁이 이용기술의 기계화 및 자동화 가능성에 대한 다양한 연구가 활발하게 수행중이다[2]. 지렁이 이용기술의 처리공정은 유기성폐기물 급이와 지렁이 생육환경 조절을 통한 처리 및 처리 후 발생되는 분변토 분리 등의 공정으로 구분 될 수 있으며, 최근에 인력에 의존하는 각 단위공정에서 일부분 기계화 시스템이 이루어지고 있다[3]. 그러나 처리 후 발생되는 분변토 분리의 단위 공정에서는 기계화 및 자동화 공정이 미흡한 상태로, 지렁이 이용기술의 기계화 및 자동화 공정 도입에 많은 어려움을 나타내는 부분으로 알려져 있다. 아울러 유기성 폐기물 처리 후 발생되는 분변토 분리의 연속적 배출을 위한 기계화 및 자동화 공정을 위해서는 유기성폐기물 처리 전과 처리 후 발생되는 분변토의 과학적 지표설정이 중요한 항목으로 판단된다.

본 연구에서는 분변토의 과학적 지표설정을 통하여, 분변토 분리공정의 기계화 및 자동화 가능성 검토를 위한 연구가 수행되었다. 이를 위하여, 여러가지 하수슬러지의 처리 전 후의 침출액을 이용한 이화학적 특성을 파악하였으며, 지렁이 퇴비화 지표 설정에 대한 고찰이 이루어졌다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 실험재료

본 연구에 사용된 지렁이는 김해시 Y양식장에서 인공 양식중인 붉은줄지렁이(Eisenia andrei)를 이용하였으며, 침출액을 이용한 지렁이 퇴비화 지표설정 실험에 사용한 하수슬러지는 하수 처리방법별 특성 조사를 위하여 각각 활성슬러지법, 회전원판법, 산화구법 및 1차처리 등의 공법으로 처리 후 발생된 각각의 하수슬러지를 실험실에 운반한 후 1일 경과된 하수슬러지를 이용하였다. 또한 실험에 사용된 처리장치는 〔Fig. 1〕과 같은 스테인레스로 제작된 850×550×1,000㎜ 크기의 처리장치에 온도조절기와 수분조절기를 부착하여 지렁이 사육환경 조건을 자동조절(온도 23±5℃, 함수율 70±5%) 하였으며 처리 장치의 하단 부분에는 침출수 수집을 위한 침출통을 설치하였다

〔Fig. 1〕 Photograph of vermicomposting experimental unit.

2.2 실험방법

하수슬러지 처리전 후의 침출액 특성조사를 통한

지렁이 퇴비화 지표설정을 목적으로 실험장치 하단부분에 분변토를 20㎝ 두께로 깔고 실험장치 상단 부분에 물을 살수시켜 1시간 경과 후 침출액을 분석하여 분변토 지표를 설정하였다. 또한 분변토 지표설정을 통하여 지렁이 5㎏를 입식 한 후 〔Table 1〕과 같이 하수슬러지를 발생원별로 각각 활성슬러지법, 산화구법, 회전원판법 및 1차처리 등으로 구분하여 10㎝ 두께로 3일간 투입하였다. 또한 실험이 진행되는 동안 하수슬러지 처리전 후 1일 간격으로 일정량의 물을 실험장치 상단부분에 살수하여 1시간 경과 후 침출액을 분변토 침출액과 비교하여 지렁이 퇴비화 지표를 설정하였다. 이때 pH, ORP, EC, NH_3-N, NO_3-N, T-N, T-P 등의 항목을 분석하였다.

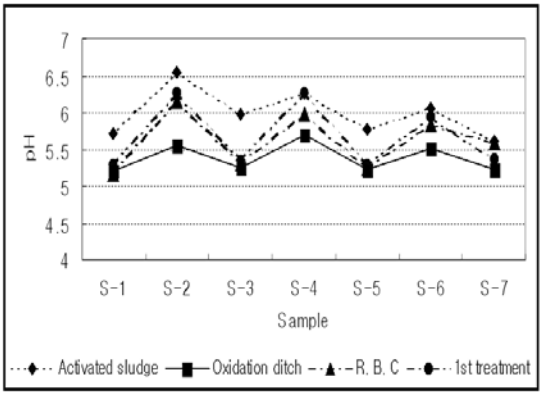
〔Table 1〕 Feeding Ratio of Sewage Sludge for the Vermicomposting Index

Phase	Feeding volume(㎝)	
	Cast	Sewage sludge
S-1	20	0
S-2	20	10
S-3	30	0
S-4	30	10
S-5	40	0
S-6	40	10
S-7	50	0

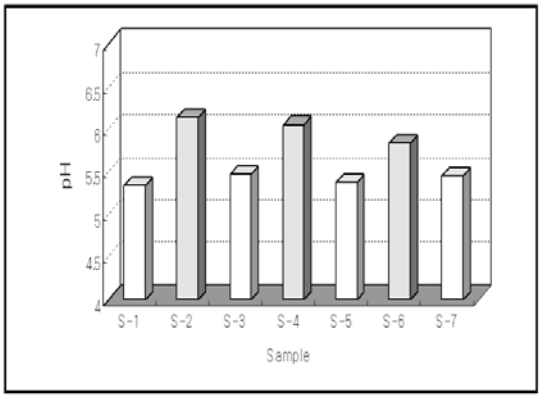
3. 결과 및 고찰

3.1 pH의 변화

지렁이를 이용하여 유기성폐기물의 처리 전 후의 이화학적 특성은 큰 차이를 나타내고 있는 것으로 알려져 있다.[4] 그러나 현장에서 유기성폐기물 처리 후 분변토 분리시 이러한 이화학적 특성 보다는 물리적 방법인 입자의 크기를 기준으로 활용하고 있다. 이러한 방법은 일반노지에서 연속적으로 분변토를 분리하지 않고 처리 후 수개월의 시간 경과 후 분변토를 분리하는 기존의 운영방법에서는 적용이 가능하다[5]. 그러나 처리장치를 이용하여 하수슬러지를 연속적으로 처리 할 때는 처리 후 분변토 분리가 연속적으로 이루어져야 한다. 이때 지렁이가 하수슬러지를 처리 한 후 발생되는 분변토를 물리적인 방법으로 설정하여 분리하면 처리장치의 기계화 및 자동화 공정에 많은 어려움을 미친다. 이에 퇴비화 장치를 이용하여 하수슬러지 처리전 후의 이화학적 특성 파악을 통하여 지렁이 퇴비화 지표 설정을 목적으로 하수슬러지 처리 전 후 침출액의 pH 특성을 살펴본 결과를 〔Fig. 2〕에 나타내었다. 발생원에 따라서 뚜렷한 차이는 나타나지 않았지만, 각각의 하수슬러지 처리 전후 pH 값 차이는 뚜렷한 경향을 보였다. 또한 하수슬러지 처리 전 후의 평균 pH 변화는 〔Fig. 3〕에 나타난 바와 같이, 하수슬러지 처리전(S-2, S-4, S-6)



〔Fig. 2〕 Variation of the pH in vermicomposting. according to various sewage sludges.



〔Fig. 3〕 pH variation of vermicomposting for sewage sludge.

5.83~6.13에서 처리 후(S-3, S-5, S-7) 5.38~5.47으로서 하수 슬러지 처리후 pH 값이 낮게 나타났으며 하수슬러지 처리 후 pH와 분변토의 pH가 유사한 경향을 나타내어 지렁이 퇴비화 지표 설정에 가능한 항목으로 판단된다.

한편, pH는 퇴비의 원료에 따라 큰 차이가 있으나, 퇴비화 초기에는 유기산이 발생되어서 산성화가 이루어지며, 퇴비화가 진행되면서 암모니아 발생으로 인하여 알카리성으로 되고 퇴비화 말기에는 암모니아가 질산으로 변화하기 때문에 일반적으로 pH가 낮아지는 경향이 있다[6].

3.2 산화환원전위의 변화

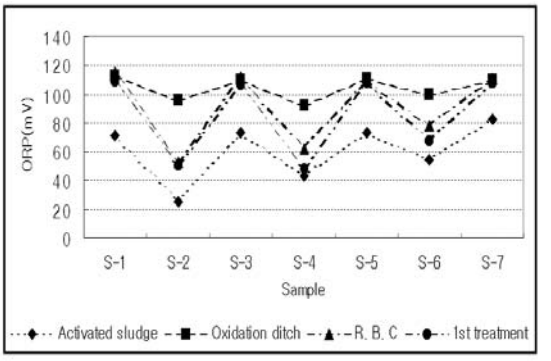
하수슬러지 발생원별에 따른 처리 전 후의 ORP는 〔Fig. 4〕에 나타난 바와 같이 발생원별에 따라 뚜렷한 차이는 나타나지 않았지만 S-2 (분변토 20㎝: 하수슬러지 10㎝)에서 하수슬러지 발생원별에 따라 약간의 차이가 보였다. 이는 지렁이 안전층의 높이가 낮은 것에 의한 것으로 판단된다. 또한 하수슬러지 처리 전 후의 평균 ORP는 〔Fig. 5〕에 나타난 바와 같이 하수슬러지 처리 전 S-2, S-4, S-6에서 56.37~74.7mV 범위의 값이 나타났으나, 처리 후 S-3, S-5, S-7의 값이 분변토(S-1)의 102.5mV와 유사한 100.5~1003mV의 값으로 나타났다. 따라서 ORP는는 하수슬러지 처리 전 후 값의 차이가 높게 나타나, 퇴비화 장치에 적용시 측정이 간단하여 지렁이 퇴비화 지표 설정에 가능한 항목으로 판단된다.

3.3 전기전도도의 변화

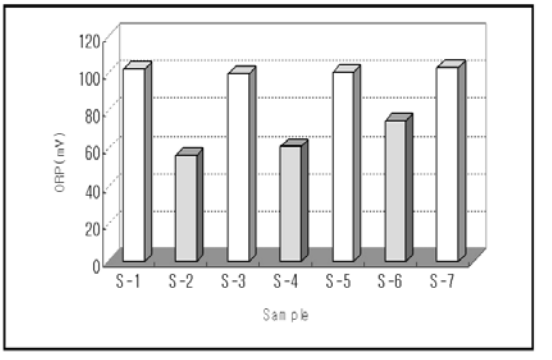
일반적으로 퇴비화 진행 중에 EC는 일정한 경향이 나타나고 있으나 원료에 따라 큰 차이가 있는 것으로 알려져 있다[7]. 하수슬러지 발생원별에 따른 처리 전 후의 전기전도도는 〔Fig. 6〕에 나타난 바와 같이 활성슬러지법에서 발생된 하수슬러지가 낮은 값을 나타내고 있으나 전체적으로 비슷한 경향이 나타났다. 또한 하수슬러지 처리 전 후의 평균 EC는 〔Fig. 7〕에 나타난 바와 같이 하수슬러지 처리 전(S-2, S-4, S-6) 0.97~1.08ms/㎝에서 처리 후(S-3, S-5, S-7) 분변토(S-1)의 1.23ms/㎝과 유사한 1.14~1.23ms/㎝의 값으로 나타났다. 따라서 전기전도도는 하수슬러지 처리 전후 값의 차이가 높게 나타나 지렁이 퇴비화 지표 설정이 가능한 항목으로 판단된다.

3.4 암모니성 질소의 변화

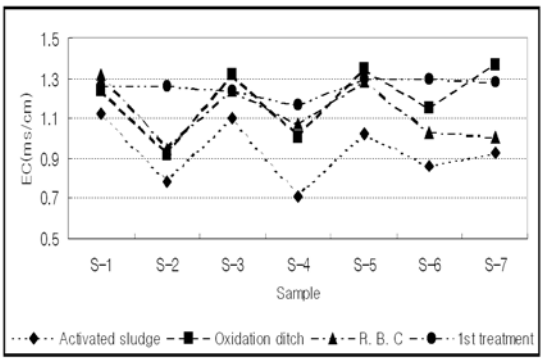
NH_3-N는 하수슬러지 발생원별에 따른 처리 전 후의 특성이 〔Fig. 8〕에 나타난 바와 같이 각각의 하수슬러지에서 비슷한 경향이 나타났다. 또한 처리 전 후에도 〔Fig. 9〕에 나타난 바와 같이 처리 전(S-2, S-4, S-6)과 처리 후(S-3, S-5, S-7) 후의 차이는 뚜렷하게 나타나지 않았으며, 처리 후



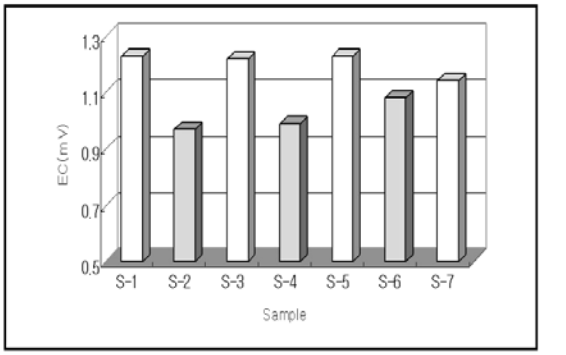
〔Fig. 4〕 Variation of the ORP in vermicomposting according to various sewage sludges.



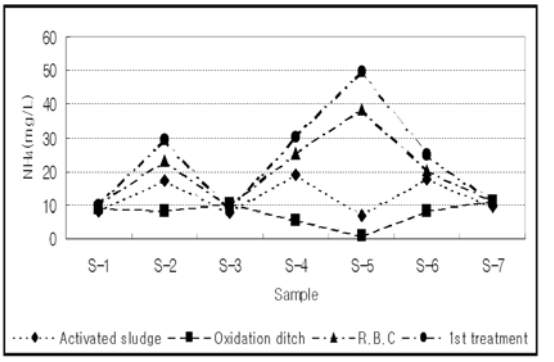
〔Fig. 5〕 ORP variation of vermicomposting for sewage sludge.



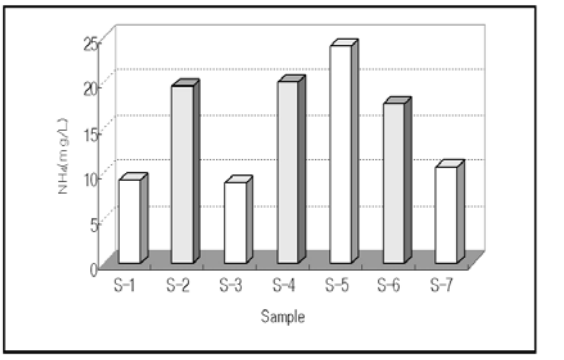
〔Fig. 6〕 Variation of the EC in vermicomposting according to various sewage sludges.



〔Fig. 7〕 EC variation of vermicomposting for sewage sludge.



〔Fig. 8〕 Variation of the NH3-N in vermicomposting according to various sewage sludges.



〔Fig. 9〕 NH_3-N variation of vermicomposting for sewage sludge.

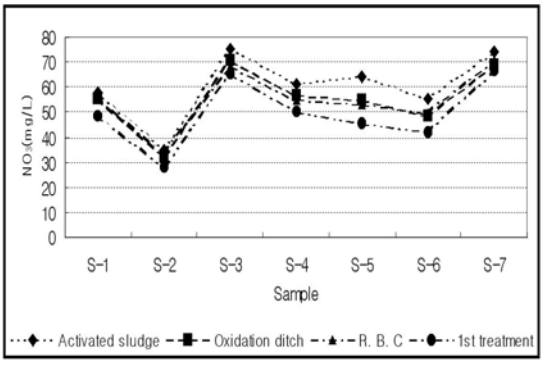
(S-5)에도 분변토(S-1)의 값과 유사하지 않아 지렁이 퇴비화 지표 설정항목으로 불가능한 것으로 판단된다.

3.5 질산성 질소의 변화

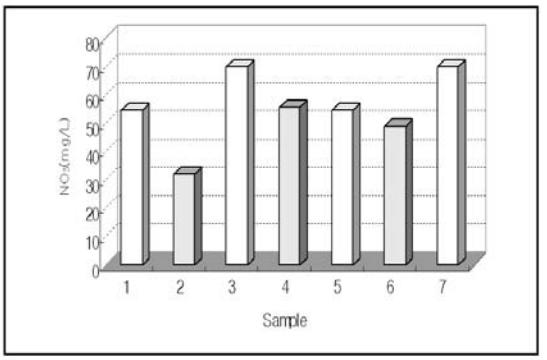
NO_3-N는 〔Fig. 10〕에 나타난 바와 같이 하수슬러지 처리 방법별로 비슷한 경향을 보였으며, 하수슬러지 처리 전 후의 평균 NO_3-N는 〔Fig. 11〕에 나타난 바와 같이 하수슬러지 처리 전(S-2, S-4, S-6) 40~62㎎/L 범위의 값에서 처리 후(S-3, S-5, S-7) 42~86㎎/L로 나타나 분변토(S-1)의 특성(51㎎/L)과 유사하지 않고 또한 처리 전 후의 특성 차이가 나타나지 않아 지렁이 퇴비화 지표 설정항목으로 불가능한 것으로 판단된다.

3.6 총질소와 총인의 변화

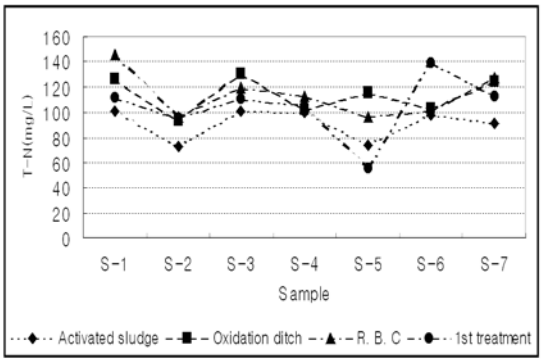
T-N과 T-P는 〔Fig. 12〕〔Fig. 14〕에 나타난 바와 같이 하수슬러지 처리 방법별에서 각각 비슷한 경향이 나타났으며, 하수슬러지 처리 전 후의 특성에서는 〔Fig. 13〕, 〔Fig. 15〕에 나타난 바와 같이 T-N은 처리 전(S-2, S-4, S-6) 89.72~110.72㎎/L범위에서 처리 후 (S-3, S-5, S-7) 85.69~115.65㎎/L의 값과 T-P는 처리 전(S-2, S-4, S-6) 9.87~11.78㎎/L에서 처리 후(S-3, S-5, S-7)8.99~18.43㎎/L으로



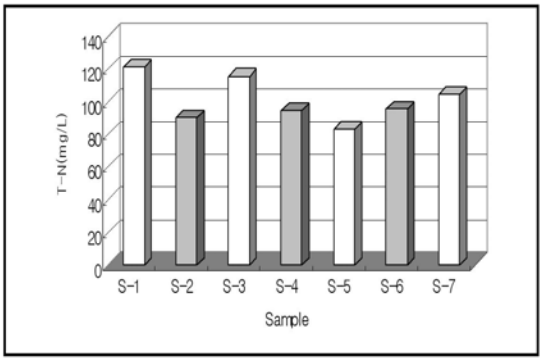
〔Fig. 10〕 Variation of the NO_3-N in vermicomposting according to various sewage sludge.



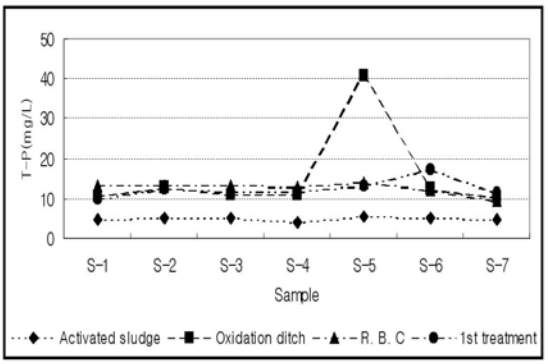
〔Fig. 11〕 NO_3-N variation of vermicomposting for sewage sludge.



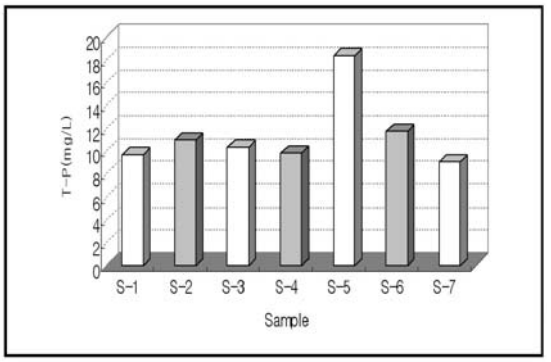
〔Fig. 12〕 Variation of the T-N in vermicomposting according to various sewage sludges.



〔Fig. 13〕 T-N variation of vermicomposting for sewage sludge.



〔Fig. 14〕 Variation of the T-P in vermicomposting according to various sewage sludges.



〔Fig. 15〕 T-P variation of vermicomposting for sewage sludge.

나타나 처리 전 후의 특성변화가 작을 뿐 아니라, 처리 후의 값이 분변토(S-1)와 값도 유사한 관계가 나타나지 않아 지렁이 퇴비화 지표 설정항목으로 불가능한 것으로 판단된다.

4. 결론

분변토의 과학적 지표설정을 통하여 분변토 분리 공정의 기계화 및 자동화 가능성 검토한 결과, 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 지렁이를 이용한 하수슬러지 처리시 하수처리 방법에 따라 발생되는 하수슬러지의 이화학적 특성변화는 작게 나타나 지렁이 이용기술의 기계화 및 자동화 적용시 하수처리 방법에 관계없이 공통적 이화학적 지표 설정이 가능한 것으로 판단된다.
2. 항목별 처리전 후의 차이는 ORP>pH>EC> NH_3-N 등의 순으로 높게 나타났다. 따라서 침출액을 이용한 지렁이 퇴비화 장치의 퇴비화 지표 설정에 적합한 항목은 측정 장치의 현장 설치 및 측정이 용이한 ORP 와 EC 항목으로 판단되었다.
3. 향 후 현장 적용 후 처리용량의 증대에 따른 지속적인 실험이 필요한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김종오, 이창호, "지렁이 퇴비화 운영사례 및 개선방향", 폐기물자원화, 9(4), pp. 89~98 (2001).
2. 이창호, "지렁이 이용기술의 자동화 가능성 연구(Ⅱ), 이창호, 제 4회 지렁이를 이용한 폐기물 처리와 환경보전 심포지움, pp. 64~67 (2001).
3. J. O. Kim, C.H. Lee, and H. G. Choi. "Recent trends of vermicomposting technology for treating organic wastes in Korea", Proceedings of The Vermilennium-Interantional Conference on Vermiculture and Vermicomposting, Kalamazoo MI., USA. (2000).
4. Tri-Tech Laboratories, "worm treatment produces class-A biosolids. Bio-Cycle (1996).
5. J. O. Kim, and C. H. Lee, "A comparative study of manure worms and redworms to treat sewage sludg",. Proceedings of The Vermilennium - Interantional Conference on Vermiculture and Vermicomposting. Kalamazoo, MI., USA. pp. 2~7 (2000).
6. 오과칠, "지렁이를 이용한 유기성 폐기물 처 리 시스템", 제2회 지렁이를 이용한 폐기물 처리와 환경보전 심포지움, pp. 75~80 (2000).
7. 이창호, "지렁이 이용기술의 자동화 가능성 연구(1), 제3회 지렁이를 이용한 폐기물 처리와 환경보전 심포지움, pp. 33~42 (2001).