

유기성 슬러지의 Vermistabilization

손희정 · 김형석* · 김수생 · 김용관**

동아대학교 환경공학과
*부산여자대학교 환경학과
**부산전문대학 환경화학계열

Vermistabilization of Organic Sludge

Hee-Jeong Son, Hyeong-Seok Kim*, Soo-Saeng Kim and Yong-Gwan Kim**

Department of Environmental Engineering, Dong-A University

**Department of Environmental Science, Pusan Women's University*

***Department of Environmental and Chemical, Pusan Junior College*

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the effect of bulking agents including cow manure, saw dust and rice straw in the ripening of leather sludge for vermistabilization. The changes of the waste properties for ripening time for 50 days were observed according to the various mixture ratios of leather sludge and bulking agents. The pH values of the mixture wastes were decreased from 7.5~8.0 to 6.4~7.3 with the ripening time for 50 days, and it was indifferent of the mixture ratio and type of the bulking agent. The initial value of oxidation-reduction potential(Eh) of the mixture waste was a negative(-) value indicating an unfavorable condition for earthworm life, but the values of Eh were increased with the ripening time. The increase rate of Eh value was proportional to the mixture ratio of bulking agents, but the increase rate for saw dust was higher than that of the cow manure and the rice straw. The value of alkalinity was also changed into the favorable range for earthworm after 50 days except for 10% of the mixture ratio of the bulking agents. When the mixture ratios of the bulking agents were increased from 10% to 40%, the growth characteristics of earthworms were increased from 31.7% to 95% for the survival rate, 103% to 225% for the live-weight increase rate and 32% to 91% for hatching rate of the cocoons. It can be concluded that the proper content of the bulking agents in the leather sludge to ensure effective vermistabilization was over 30%, when the mixture was ripened during 50 days. The contents of heavy metals in the ripened sludge were lower than the other regulatory standards for compost.

Keywords : Vermistabilization, Earthworm, Survival rate, Liveweight rate, Hatching rate

I. 서 론

도시하수시설의 확충, 방류수 수질기준의 강화 및 산업시설의 증가 등으로 재활용이 가능한 유기성 슬러지 발생량은 계속적인 증가가 예상된다.¹⁾

실제로 폐기물처리는 토양이 소화해 낼 수 있는 범위내에서 활용 가능한 형태로 변형 또는 축소하여 토양에 환원하는 것이 가장 합리적인 방법인 것으로 보고 세계 각국은 이런 방향으로 연구를 진행하고 있다. 이와 같이 폐기물의 토양환원은 폐기물 처리

와 자원 활용이라는 일거양득의 이점을 지니고 있으며, 특히 유기성 폐기물을 적절하게 토양에施用하면 토양의 이화학성이 개선되어 생산성을 증진시키는 것으로 알려져 있다.²⁾

오늘날 질적으로 더욱 다양화되고 양적으로 팽창하고 있는 유기성 산업폐기물의 처리·처분방법의 일환으로 번식력이 강하고 유기성 물질이면 먹이로서 거의 제한을 받지 않는 지렁이를 이용하여 유기성 폐기물을 분해·안정화시켜 양질의 유기자원인 분변토를 생산하여 활용하고 있다.^{3,4)}

그러나 지렁이는 유기물을 자체적으로 소화하거나 양분을 분해·흡수하는 소화기능이 덜 발달되어 있어 어느 정도 부숙이 진행된 유기물을 선호한다. 따라서 생슬러지가거나 소화가 덜된 혐기성 상태의 슬러지는 지렁이가 소화할 수 있을 정도의 부숙과정과 호기성 상태의 먹이조건이 요구된다.³⁾ 또한 유기성 폐기물을 지렁이를 이용하여 처리하고자 할 때는 폐기물의 이화학적 조건이 지렁이 생존에 적합해야 하며, 이와 같은 이화학적 조건 중 중요한 지표는 산화환원전위, 알카리도, pH, 중금속 등이다. 지렁이 먹이로 이용되는 슬러지의 성장과 성분은 하·폐수 처리장에서 발생하는 슬러지의 농축방법, 슬러지의 혐기성 소화여부 등에 따라 달라진다. 또한, 유기성 슬러지는 미생물의 작용에 의해 변화하는데 이 과정에서 일어나는 여러 가지의 변화는 지렁이의 생육에 많은 영향을 주게된다.⁶⁾

Nomura와 Usuki⁷⁾는 지렁이 생육에 적당한 Eh는 양(+)의 값이라고 보고하였고, Neuhauser 등⁸⁾은 Eh가 양(+)의 값을 나타내는 당근, 호박은 지렁이가 먹어서 소화가 되었고, 음(-)의 값을 나타낸 햄, 스테이크 등은 섭취하기 어려운 것을 관찰하였다.

함수율 또한 Vermistabilization공정의 물리적 영향인자중 중요한 요소로서 지렁이는 습윤한 환경을 좋아하기 때문에 먹이나 사육상의 함수율이 높아야 하지만 Loehr 등⁹⁾은 먹이의 수분함량이 과잉 또는 과부족시 지렁이 성장에 역효과를 가져옴을 관찰하였고, Reinecke 등¹⁰⁾은 55~80%에서 종에 따라 다소 차이는 있으나 생육에 큰 차이가 없었음을 보고하였다. 따라서 생육에 적합한 수분함량은 대략 70±10%범위로 유추할 수 있으며 본 실험에서도 분무기를 이용하여 적정범위를 유지하였다.

Madge¹¹⁾에 의하면 지렁이는 pH 5.6~8.3에서는 무반응이었으며, 4.8이하 8.4이상에서는 경련을 일으키는 것으로 보고하였고, Kaplan 등¹²⁾은 5이하 9이상에서는 1주일 안에 모두 사멸하였다고 보고하였다.

따라서, 이를 도입하기 위해서는 발효과정과 지렁이의 먹이로 잘 이용될 수 있도록 성분의 적절한 혼합이 필요하므로 산업폐기물의 종류에 따른 영양분의 균형과 공기공급의 효율증대를 위한 첨가제의 적정혼합비율에 대한 연구가 우선과제라 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 팽화제로 널리 이용되고 있는 톱밥과 타 폐기물과의 혼합처리 가능성을 알아보기 위해 축산 폐기물중 우분을 유기성 산업슬러지

중 피혁슬러지와 혼합하여 부숙기간에 따른 이화학적 성장변화를 살펴보고 이를 바탕으로 부숙시료에 대한 지렁이의 생존율, 증체율, 부화율 등을 조사하여 Vermistabilization에 의한 유기성 슬러지의 처리가능성을 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시료 및 운전

실험에 사용한 피혁슬러지는 C피혁공단 공동처리장에서 최종배출되는 함수율 78%의 슬러지이며, 1일 배합사료 12 kg, 청초 20 kg을 급여한 홀스타인 젖소의 뇨성분이 배제된 우분을 피혁슬러지와 혼합시 함수율 조절을 위해 강제통풍식으로 함수율 50% 이하로 건조후 사용하였다. 또한 함수율 35%의 톱밥의 분해도를 높이고 입자의 크기에 의한 영향을 최소화하기 위해 톱밥을 1.5 mm채로 걸러 그 이하의 것을 이용하였다.

피혁슬러지에 대한 각 혼합재료의 혼합비율(건물 기준)은 각각 40%, 30%, 20%, 10%로 실시하였다.

혼합된 재료의 pH 조절없이 수분 65±5% 조건으로 50일간 1일 1회 뒤집어 발효시키면서 부숙기간에 따른 혼합구별 이화학적 성장변화를 측정하여 적정 부숙기간을 도출하고 Vermistabilization으로 처리할 수 있는 지를 직접 평가하기 위해 부숙시료에 지렁이를 투입하여 생존율, 증체율, 부화율 등의 생육상태를 조사하였다.

2. 실험용 지렁이

실험에 사용된 지렁이는 H양식장에서 인공 양식 중인 붉은 지렁이(*Lumbricus rubellus*, red worm)로서, 가축분 퇴비를 먹이로 이용하여 실내온도 15~25°C, 상대습도 70±5%의 실험실에서 30×25×70 cm 크기의 통기와 배수가 잘되는 나무상자에서 사육시키면서 필요한 경우에 채취하여 사용하였다. 입식지렁이는 크기와 상태를 균등하게 하기 위하여 사육상에서 채취한 지렁이 알을 인공부화시켜 빛을 차단한 암흑조건에서 사육하면서 환대가 발생되기 전의 것을 실험에 이용하였다.

3. 분석

실험에 사용된 원시료와 입식시료의 pH, 온도, 함수율, C/N, As, Mg, Zn, Pb, Cd, Fe, Mn, Cr, Cu, 산화환원전위(Eh), 알카리도 등의 이화학적 성상은

환경오염공정시험법¹³⁾과 토양화학분석법¹⁴⁾에 준하여 분석하였으며, 입식시료에 대한 지렁이의 생존율, 증체율, 부화율 등은 다음과 같이 측정하였다.

생존율: 육안에 의한 관찰과 지렁이 앞부분에 물질을 접촉시켜 반응이 없는 경우는 죽은 것으로, 반응이 매우 약하거나 뒷 부분의 일부가 잘려나가도 반응을 하면 살아있는 것으로 판단하였다.

증체율: 지렁이를 사육용기에서 꺼낸후 증류수에 1분간 넣었다가 꺼내어 피부표면에 부착된 슬러지 제거와 5B여과지에 1분간 접촉시켜 체표면의 수분을 제거시킨후 무게를 측정하였다. 그러나 지렁이가 섭취하여 장내에 있는 슬러지에 대하여서는 고려하지 않았다.

부화율: 사육상에서 채취한 지렁이 알 20개씩을 나무상자에 넣은 후 사육시설에 보관하면서 5일 간격으로 50일간 지렁이 알의 부화율을 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 혼합구별 부숙전·후의 이화학적 성상

유기성 폐기물을 지렁이를 이용하여 처리하고자 할 때 폐기물의 이화학적 조건중 중요한 지표는 산화환원전위, 알칼리도, pH, 중금속 등이다.⁶⁾ 본 실험에 사용된 원시료 즉 피혁슬러지, 우분, 톱밥의 이화

학적 특성을 Table 1에 나타내었다.

표에서 보는 바와 같이 피혁슬러지 원시료의 산화환원전위, 알칼리도가 각각 -480 mV, 5,500 ppm, as CaCO₃로 Vermistabilization으로 처리하는 경우 원대상 슬러지 단독으로는 처리가 어려운 것으로 조사되었다. 그러나 우분과 톱밥을 첨가제로 혼합하여 부숙시킬 경우에는 양호한 이화학적 특성 및 중금속의 회석효과 또한 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 2는 첨가제를 피혁슬러지에 각각 40%, 30%, 20%, 10%비율로 혼합한 초기의 이화학적 성상을 나타낸 것이다.

혼합시료를 pH조절없이 수분함량을 65±5% 조건에서 50일간 호기성 조건에서 발효시킨 후 분석한 이화학적 성상은 Table 3과 같다.

Table 2, 3에서 보듯이 기존의 연구 결과^{7,12)}에 따르면 pH의 경우 대조구를 비롯한 전처리구에서 초기부터 생존 가능한 pH는 7.5~7.97의 약알칼리 값으로 지렁이 급이조건에 중요한 인자로 작용하지 않는 것으로 평가되었으나, 50일 부숙후 pH는 6.4~7.5로 점차 지렁이 생육을 위한 최적의 환경으로 변화되어감을 알 수 있었다. 그러나 산화환원전위와 알칼리도에서 대조구는 물론 전혼합구에서 초기에는 지렁이 생존이 불가능한 -65~-380 mV와 1,450~4500 ppm as CaCO₃의 값을 보였으나 Table 3에

Table 1. Physico-chemical properties of raw materials

Raw materials	pH	Water content (%)	Eh (mV)	Alkalinity (ppm, as CaCO ₃)	C/N ratio	Heavy metals(mg/kg)					
						As	Cu	Cd	Hg	Pb	Cr
Leather sludge	7.44	78	-480	5,500	6.2	-	75	-	-	147	425
Cow manure	7.97	77	-280	2,900	12	-	8.2	-	-	4.5	2.1
Saw dust	7.54	35	85	750	287	-	6.2	-	-	13.3	6.81

Table 2. Physico-chemical properties of samples

Bulking agents	Mixture ratios of B.A*	pH	VS (%)	Eh (mV)	Alkalinity (ppm, as CaCO ₃)	C/N ratio	Heavy metals(mg/kg)					
							As	Cu	Cd	Hg	Pb	Cr
Control	0%	7.44	87	-380	4,500	6.2	-	75	-	-	147	245
Cow manure	40%	7.90	79	-250	2,550	14	-	55	-	-	27	78
	30%	7.71	80	-275	3,300	12	-	57	-	-	32	150
	20%	7.53	84	-320	3,700	12	-	56	-	-	51	175
	10%	7.53	86	-350	4,100	11	-	65	-	-	68	200
Saw dust	40%	7.30	81	-105	1,950	87	-	42	-	-	24	105
	30%	7.80	85	-145	2,700	60.9	-	44	-	-	34	125
	20%	7.65	86	-250	3,500	52.8	-	51	-	-	38	140
	10%	7.44	83	-305	4,500	40.4	-	68	-	-	64	175

B.A*: Bulking agents

Table 3. Physico-chemical properties of ripened waste for 50 days

Bulking agents	Mixture ratios of B.A*	pH	VS (%)	Eh (mV)	Alkalinity (ppm, as CaCO ₃)	C/N ratio	Heavy metals(mg/kg)					
							As	Cu	Cd	Hg	Pb	Cr
Control	0%	7.15	69	-145	1,350	5.9	-	81	-	-	156	267
Cow manure	40%	6.40	58	134	250	12	-	60	-	-	34	89
	30%	6.90	58	67	370	11	-	60	-	-	35	172
	20%	7.25	61	4	810	9	-	64	-	-	57	180
	10%	7.30	63	-27	1,150	8.5	-	69	-	-	72	211
Saw dust	40%	6.95	62	-168	400	47	-	45	-	-	30	132
	30%	7.10	62	105	450	32	-	47	-	-	39	130
	20%	7.30	65	20	870	30	-	52	-	-	40	149
	10%	7.20	68	-37	1,100	23	-	70	-	-	67	187

*B.A : Bulking agents

서와 같이 50일 부숙시료에서는 산화환원전위와 알카리도는 대조구와 10%혼합구를 제외한 전처리구에서 양의 값과 1,000 ppm as CaCO₃이하의 값을 보여 피혁슬러지의 경우 첨가제를 20%이상 혼합후 일정기간 부숙시킬 경우 이화학적 특성으로 보면 Vermistabilization처리가 가능할 것으로 판단된다.

한편 첨가제 종류별 이화학적 특성을 비교해보면 지렁이 생육에 톱밥이 우분보다 효율적인 역할을 할 것으로 판단된다.

2. 지렁이 생존율

50일 부숙시킨 대조구 및 혼합구별 입식시료를 대상으로 하여 3개의 나무상자(10×10×20 cm)에 지렁이 30마리씩을 각각 입식시켜 10일 간격으로 50일 동안 생존여부를 관찰한 입식실험 결과를 Fig.

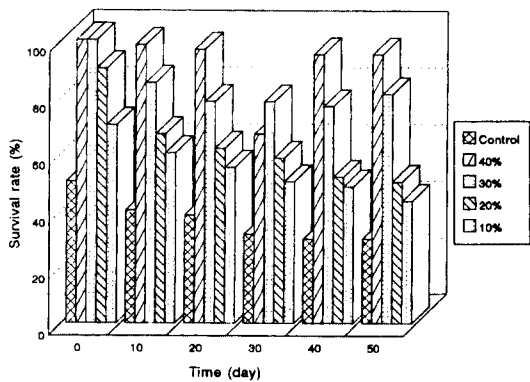


Fig. 1. Survival rate of earthworms in the ripened leather-cow manure waste with the experimental time.

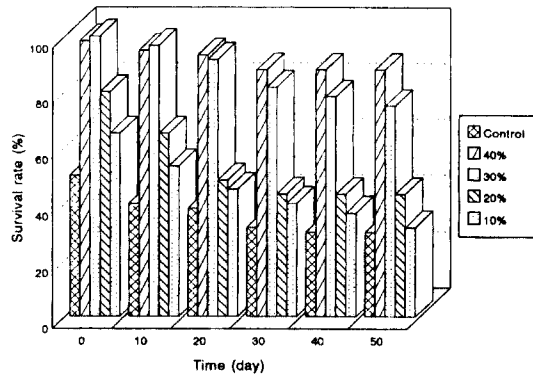


Fig. 2. Survival rate of earthworms in the ripened leather-saw dust waste with the experimental time.

1, 2에 나타내었다.

그림에서와 같이 50일 부숙후 지렁이 주입시 생존 실험에서 40%의 경우 우분, 톱밥에서 각각 95%, 88% 이고, 30%에서는 각각 81%, 75%로 우분이 더 효율적임을 알 수 있었다. 이는 부숙기간에 따른 성장변화에서 톱밥에 비해 다소 늦었던 것과 대조되는 결과로서 톱밥은 공극율을 높여 원슬러지의 부숙을 촉진시켜주나 자신의 부숙정도는 늦어 50일 경과후에도 자신은 부숙이 완료되지 않아 지렁이가 소화하기에 어려운 상태인 것으로 판단할 수 있으며, 우분의 경우 어느 정도 시간이 지나면 부숙정도가 가속화되어 지렁이가 섭취하기에 쉬운 상태로 변환됨을 알 수 있다. 한편 20%, 10%에서는 절반이상이 탈출하거나, 생존이 불가능한 것으로 나타나 혼합비율에 따라 뚜렷한 차이를 보였으며, 비록 입식시료는 다르지만 Tsukamoto와 Watanabe¹³⁾가 보고한 결과치를 기준으로 했을 경

우 30% 이상의 혼합비율에서 Vermistabilization이 가능하며, 20%이하의 처리구에서는 50일 경과후 생존율이 50%이하로 Vermistabilization으로 처리하기 어려운 것을 알 수 있었다

3. 증체율

일반적으로 증체율이란 한 개체의 체중이 증가하는 비율로서 정의 되지만 지렁이의 크기가 워낙 작고 수많은 개체가 집단을 형성하기 때문에 본 연구에서는 그 집단이 일정기간에 증가한 증체율로 평가하였다. 입식기간에 따른 지렁이의 생체량 변화 양상을 파악하기 위하여 생존율 실험과 같은 크기의

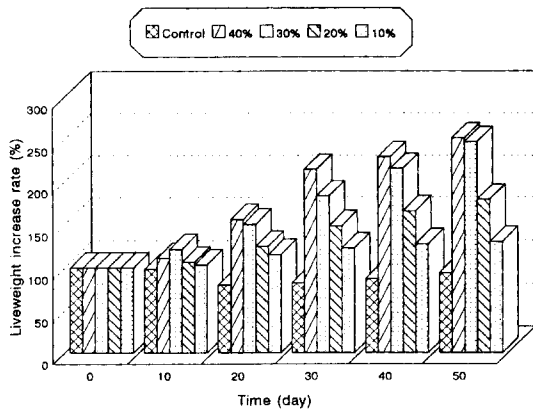


Fig. 3. Liveweight increase rate of earthworms in the riped leather-cow manure waste with the experimental time.

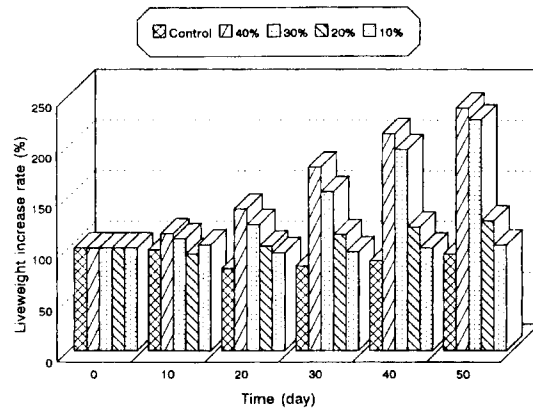


Fig. 4. Liveweight increase rate of earthworms in the riped leather-saw dust waste with the experimental time.

나무상자 3개에 지렁이 30마리씩 각각 입식시켜 10일 간격으로 50일동안 증체율을 평가하였으며 그 결과를 Fig. 3, 4에 도시하였다.

그림에서 보는 바와 같이 50일 부숙후 지렁이 주입시 증체율 실험에서 Control의 경우 초기부터 감소하여 50일 경과후에도 초기무게에 미치지 못하는 것으로 나타났다. 혼합비율별 비교에서 우분의 경우 40%, 30%는 50일 경과후 각각 255%, 247.5%의 증가율을 보였으나 20%, 10%는 각각 179%와 130%로 다소 낮은 증가율을 보였다.

톱밥의 경우 40%, 30%, 20%, 10%에서 각각 238.3%, 226.7%, 126.7%, 103.3%로 이 또한 혼합비율에 따라 뚜렷한 차이를 보였으며 우분이 더 효율적임을 알 수 있다. 전체적으로 30% 이상의 혼합구에서는 첨가물의 종류에 관계없이 15일 후부터 30일 정도까지는 왕성한 성장을 보였으며, 그 이후에는 증가율이 다소 둔화되는 경향을 보였다. 이는 Muyima 등¹⁶⁾이 함수율 75%에서 10~15일간의 적응기간후 성장이 가속화된다는 보고와 일치하는 결과이며, 지렁이가 성체가 되면서 성장율이 떨어지는 것과 관련이 있는 것으로 사료된다.

4. 부화율

50일부숙시료에서 지렁이알의 부화율을 평가하기 위하여 사육상에서 채취한 지렁이알을 20개씩을 작은 원형 플라스틱통에 넣은 후 위 실험과 같은 환경에서 부화율을 조사하였으며 그 결과는 Fig. 5, 6에 도시하였다.

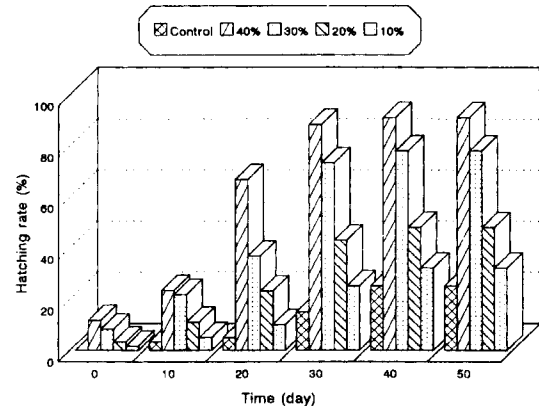


Fig. 5. Hatching rate of the cocoons of earthworm in the ripened leather-cow manure waste with the experimental time.

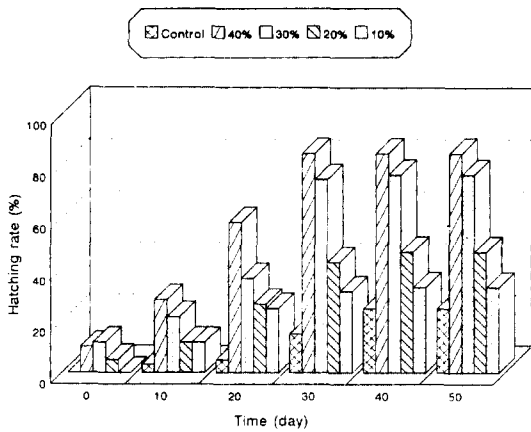


Fig. 6. Hatching rate of the cocoons of earthworm in the ripened leather-saw dust waste with the experimental time.

지렁이의 부화율 역시 개체유지 및 번식에 중요하며 지렁이를 이용한 슬러지 처리·처분에 중요한 요소라 볼 수 있는 이유는 지렁이의 개체수 증가는 처리율의 증대를 수반하기 때문이다. 50일 동안의 평균 부화율은 대조구가 25%, 혼합구에서 우분의 경우 40%, 30%, 20%, 10%에서 각각 91%, 78%, 48%, 32%이고 톱밥의 경우 각각 85%, 76.7%, 47%, 33.3%로 혼합비율에 따라 뚜렷한 차이를 보였으며 양호한 부화율을 보인 30%이상의 혼합구에서 20-30일 사이에 대부분 부화가 이루어졌다. 이와 같은 결과는 최¹⁷⁾의 연구결과와 비슷하나 고¹⁸⁾의 경우보다는 다소 늦은 것으로 나타났는데 이는 온도변화에 따른 부화율과의 관계를 언급한 Tsukamoto 등¹²⁾의 보고

와 같이 생존율과 증체율 변화에 비해 부화율은 온도에 현저하게 영향을 받으며 본 실험에서는 온도가 15-25°C 사이에서 약간의 유동성이 있었기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 15-25°C 사이에서 일률적으로 적용하기에는 다소 무리는 있겠으나 기존의 연구와 비교하여 큰 차이가 없었다.

5. 분변토의 이화학적 특성

지렁이가 슬러지를 섭취하고 소화한 후 배설물의 형태로서 배출한 것을 분변토라 하는데 다른 동물과 특이하게 거꾸로 분을 배설하는 습성이 있어 먹이 표면에 분립층이 생기면서 축적된다. 지렁이 생체내 소화과정에서 미생물의 작용으로, 먹이로 섭취한 슬러지와는 다른 이화학적 성상을 나타내고 있으며, 입단구조로 되어 있어 공극량이 커서 통기성과 보수성을 높여 토양의 물리성을 개선시키는 효과가 크고, 양분보전능력이 높으며, 특히 유효인산함량과 치환성양이온 함량이 높아서 지렁이 자체를 양식하여 수확하는 일보다 오히려 분변토의 유효이용이 더 비중을 차지하는 추세이며 유기질 비료 또는 토양개량제, 흙착제로써의 활용이 크게 기대된다.¹⁷⁾

사육기간중 지렁이 소화에 의해 배출되는 분변토의 이화학적 특성을 Table 4에 나타내었다.

표에서 보는 바와 같이 유기물함량은 혼합비에 관계없이 대체적으로 일정한 값을 보였으나 C/N비는 다소 차이를 보인 것은 먹이조건의 차이가 지렁이의 소화흡수에 영향을 미침을 알수 있었다. 또한 입식 시료에 비하여 분변토의 pH가 낮아지는 것은 지렁이가 호흡시 배출하는 CO₂의 영향과 미생물의 작용으로 일부 유기물질이 유기산으로 전환되었기 때문

Table 4. Physico-chemical properties of product casts

Bulking agents	Mixture ratios of B.A*	pH	VS (%)	CEC (mg/100g)	C/N ratio	Heavy metals(mg/kg)					
						As	Cu	Cd	Hg	Pb	Cr
Control	0%	6.65	49	25.6	5.1	68	-	-	-	132	211
Cow manure	40%	6.9	40	86	11	-	36	-	-	132	64
	30%	6.8	41	75.8	8.2	-	33	-	-	20	97
	20%	6.8	41	65.5	7.6	-	43	-	-	47	144
	10%	6.7	42	58.5	7.5	-	50	-	-	51	178
Saw dust	40%	6.6	46	76	22	-	22	-	-	13	78
	30%	6.3	47	67	27	-	23	-	-	22	94
	20%	6.3	48	66	27	-	31	-	-	27	109
	10%	6.4	41	45	31	-	45	-	-	49	137

*B.A. : Bulking agents

인 것으로 판단된다.

한편 분변토내 중금속은 입식시료에 비해 낮은 값을 보였는데 이는 지령이 소화시 체내 농축으로 인한 것으로 Harris 등¹⁰⁾이 Vermistabilization으로 중금속의 경감효과가 있었다는 보고와 일치하는 경향이다. 또한 분변토는 입단구조이고 양이온 교환능력은 25.6~86 me/100 g으로서 일반적인 활성탄의 185 me/100 g에는 못미치나 토양의 6.27~13.06이나 연탄재의 2.53~2.87보다는 월등하여 통기성과 보수성을 높여 토양의 물리성을 개선시키는 효과가 크고, 양분보전능력이 높아 토양개량제, 탈취제 등으로 활용가능하리라 사료된다.

IV. 결 론

지령이를 이용한 유기성 폐기물의 처리·처분에 있어서 첨가제 효과와 타 폐기물과의 혼합처리 가능성을 고찰하기 위해 피혁 슬러지를 대상으로 톱밥, 우분을 혼합비율에 따라 첨가후 부숙에 의한 이화학적 성상변화를 측정하고 이를 바탕으로 생분해, 증체율, 부화율 등을 조사하여 첨가제로서의 효과와 적정 혼합비율을 알아본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 50일 부숙후 이화학적 성상은 pH 6.4~7.5, 산화 환원전위는 -145~168 mV, 알카리도는 250~1,350 ppm.as CaCO₃였으며, 20%이상 첨가제를 혼합하였을 경우에는 Vermistabilization처리가 가능할 것으로 판단되었다.

2. 50일 부숙시료에 지령이를 입식시켜 50일 동안의 생육상태를 관찰해 본 결과 생존율은 40%의 혼합구에서 우분, 톱밥에서 각각 95%, 88%였고, 30%에서는 각각 81%, 75%, 로 우분이 더 효율적으로 나타났다. 그러나 20%, 10% 혼합구에서는 절반이상이 탈출 하거나 생존이 불가능한 것으로 나타나 혼합비율에 따라 뚜렷한 차이를 보였다.

3. 증체율에서도 50일 경과후 40%, 30%, 20%, 10%에서 우분의 경우 각각 255%, 247.5%, 179%, 130%로 이 또한 혼합비율에 따라 뚜렷한 차이를 보였다.

4. 부화율 또한 30%이상의 혼합구에서는 안정적 결과를 얻었으며 20~30일 사이에 대부분 부화가 이루어졌다.

5. 분변토의 경우 부숙시료에 비해 pH는 다소 낮아졌으나 중성 범위를 벗어나지 않았고, 지령이 소화시 체내 농축 등에 의해 중금속은 35~45% 정도

감소하였으며, 양이온교환 능력이 양호하여 토양개량제, 탈취제 등으로 활용가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) 김수생, 신항식: 유기성 폐기물의 자원화와 폐기물관리, 한국유기성폐기물학회, 1(1), 5-19, 1993.
- 2) 환경처: 부패성 쓰레기 분리수거 및 적정처리 방안 조사연구 보고서, 1996.
- 3) 岡田光正, 森 忠洋, 須藤隆一: マミミズによる汚泥処理可能性に關する研究, - ミミズ個體群の動態に關する simulationと 汚泥處理 ための最適條件の推定, 國立公害研究所研究報告, 14, 233-246, 1980
- 4) Mitchell, M. J., Hornor, G. and Abrams, B. I.: Decomposition of Sewage Sludge in Dring Beds and Potential Role of the Earthworm *Eisenia foetida*. J. Environ. Qual., 9(3), 373-378, 1980.
- 5) Neuhauser, E. F., Kaplan, D.L., Malecki, M.B. and Harteinstein, R.: Material Supporting Weight Gain by the Earthworm *Eisenia foetida* in Waste conversion System, 1984.
- 6) Fostage, O. T. and Babb, M. R.: Biodegradation of animal waste by *Lumbricus terrestris*, J.Dairy Sci., 55, 87-872, 1972.
- 7) Nomura, S. and Usuki, I.: Oxidation-reduction potential and pH in the soil of the habitat of earthworms. Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser.4 (BioL), 19, 104-112, 1951.
- 8) Neuhauser, E. F., Loehr, R. C. and Malecki, M. R.: Methods for evaluating the biological impact of potentially toxic waste applied to soils. Presented at the Fourth Hazardous and Industrial Solid Waste Testing Symposium, ASTM Committee D-34 on Waste Disposal, Arlington, VA, 1984.
- 9) Loehr, R. C., Martein, J. H. and Neuhauser, Jr. E. F.: Liquid sludge Stabilization Using Vermistabilization, J.WPCF, 57(7), 817-826, 1985.
- 10) Reinecke, A. J. and Venter, J. M.: Moisture preference, growth and reproduction of the compost worm *Eisenia fetida*(*Oligochaeta*), Biology and Fertility of Soils 3, 135-141, 1987.
- 11) Madge, D. S.: Field and laboratory studies on the activities of two species of tropical earthworm, pedobiologia, 9, 188-214, 1969.
- 12) Barley, K. P.: The Influence of Earthworms on Soil Fertility, Australian Jour. of Agri. Res. 10, 175-178, 1958.
- 13) 동화기술: 폐기물공정시험방법, 1995.
- 14) 농업기술연구소: 토양화학분석법, 1988.
- 15) Tsukamoto, J. and Watanabe, H.: Influence of temperature on hatching and growth of *Eisenia foetida*, pedobiologia, 17, 338-342, 1977.
- 16) Muyima, N. Y. O., Reinecke, A. J. and Viljoen-

- Reinecke, S. A. : Moisture require-ments of den-drobaena veneta coligochae a.a candidate for Vermicomposting, *Soil Biol. Biochem.* **26**(8), 973-976, 1994.
- 17) 최훈근: 유기성슬러지 처리에 있어서 지렁이를 이용한 퇴비화의 슬러지 급이와 사육조건에 관한 연구, 서울시립대학교 박사학위논문, 1992.
- 18) 고재경: 지렁이를 이용한 환경문제의 농업적 해결, 서원출판사, 서울, 1992.
- 19) Harris, G. D., Weldon, L. P. and Benton, C. P.: Vermicomposting in a rural community, *Biocycle*, **31**(1). U.S.A, 1990.