

Vermicomposting에 의한 유기성 폐기물의 처리*

조익환** · 이주삼*** · 전하준****

대구대학교 축산학과**, 연세대학교 생물자원공학과***, 대구대학교 원예학과****

Treatment of Organic Waste by Vermicomposting

Jo Ik-Hwan** · Lee Ju-Sam*** · Jun Ha-Joon****

*Dept. of Animal Science, Taegu University***

*Dept. of Biological Resources & Technology, Yonsei University****

*Dept. of Horticulture Science, Taegu University*****

SUMMARY

A study was made to investigate the possibility of treating various organic waste of cattle manure, swine manure, goat manure, apple pomace, chinese medicine residue and coffee lees by feeding these to earthworms and then by studying the growth and reproductive efficiency of earthworms, and the chemical composition of worm cast and its production. The results are summarized as follows.

1. When the feed for earthworms were in good condition which were cattle manure, swine manure and apple pomace, the reproductive efficiency of earthworms was improved however in worse condition the feed of which were goat manure and chinese medicine residue, the increasing rate(IR) became faster.

2. Despite the high content of organic matter(OM) in coffee lees, the earthworms fed coffee lees showed significantly lower reproductive efficiency and increasing rate(IR) than those fed other organic waste due mainly to its lower pH and lower

* 본 논문은 1995학년도 대구대학교 학술 연구비 지원에 의한 논문임.

total nitrogen(TN) content. Therefore, when coffee lees is considered to be fed to earthworms, it is believed necessary to be mixed with additives or other organic waste in order to improve the feed condition.

3. pH in swine manure, goat manure, apple pomace, chinese medicine residue and coffee lees became neutralized by being fed by earthworms.

4. Available P_2O_5 and exchangeable cation(EC) of earthworm cast were a little increased compared to those of feed.

5. The contents of Mn, Fe and Cu in earthworm cast were a little decreased to compared to those of feed.

6. Mean fresh weight of earthworm at final time(FW_2) was negatively correlated with number of young worms(NY)($P<0.01$), but positively with increasing rate(IR) ($P<0.001$) and C/N ratio($P<0.05$) respectively. Number of cocoons(NC) and fresh weight of cocoons(WC) were positively($P<0.01$) correlated with fresh weight of young worms(WY) and digested matter(DI) but negatively($P<0.001$) correlated with residual matter(RW). Number of young worms(NY) and fresh weight of young worms(WY) were negatively($P<0.001$) correlated with increasing rate(IR), however increasing rate(IR) of earthworm was positively($P<0.05$) correlated with C/N ratio.

I. 서 론

우리나라에서 발생하는 유기성 폐기물은 전체 폐기물 발생량의 절반 이상을 차지하고 있으며, 이들은 대부분이 분해되기 쉬운 유기물함량이 높고 수분함량이 높아서 부패에 따른 악취와 충해발생 및 오수누출등으로 심각한 사회문제로 대두되고 있다.

이러한 환경오염은 생물군집중 어느 생물군에 의하여 분해, 이용할 수 없는 물질의 다량 배출이며, 이들 물질의 대량축적은 생물군집의 양적평형을 저해하여 생태계를 파괴하기 때문에 유기성 폐기물을 안전한 물질로 전환하거나 감량시키기 위한 유효한 처리 및 처분방법이 강구되어야 한다고 생각된다.

지금까지 대부분의 유기성 폐기물 처리는 물리적·화학적인 방법에 의존하고 있으나, 중금속등 유해성분의 함량이 적고 유기물 함량이 많은 유기성 폐기물은 생물의 생산과 분해기능을 이용한 생물학적 처리방법이 재활용과 경제적인 면에서 가장 효율성이 높은 방법으로 사료된다(이 등, 1992b).

일찌기 Macfadyen(1963)은 Vermicomposting에 의한 “분해자 이용산업(decomposer industry)”의 가능성을 시사하였고 Hartenstein(1978과 1982)은 지렁이를 이용한 생물학적 방법에 의한 폐기물의 처리를 Vermicomposting이라고 명명하였으며 지렁이에 의한 하수슬러지의 처리가능성을 보고하였다.

이와 같은 생물학적 방법에 의한 폐기물의 처리는 2차 공해발생의 위험이 거의 없으며, 처리물질을 보다 많은 생물에게 무해의 상태로 이용시킬수 있다는 잇점이 있어 환경오염을 줄이는 것은 물론 효율적인 재활용이 가능하다.

즉, Vermicomposting은 유기성 폐기물을 지렁이 먹이로 이용, 처리하며 처리과정에서 생산되는 분립은 토양개량제와 유기질비료로서 토양의 이화학적 성질을 개선시키는데 효과가 크며(Macfadyen, 1963 ; 李 등, 1992b), 원예용 상토자재로서도 활용이 가능하고(한 등, 1994; 전과 조, 1995), 지렁이 대량증식을 통해 얻을수 있는 동물성 단백질은 가축과 어류의 단백질 사료원(Hilton, 1983 ; Taboga, 1980)으로서 이용가치가 높아서 부존자원이 부족한 우리나라 경제에 부가가치를 높힐 수 있는 유효한 폐기물 처리방법이라고 생각된다.

그러나 효율적인 Vermicomposting 공정을 운용하려면 발효를 통한 급속한 폐기물의 안정화와 물리적 성상 및 이료화를 고려한 각종 유기성 폐기물의 혼합비율의 설정 등, 지렁이 먹이로서의 활용가능성에 대한 종합적인 연구가 필요하다고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 축산농가에서 대량으로 배출되는 가축분(우분, 돈분, 염소분) 및 사과박, 한약박, 커피찌꺼기등과 같은 유기성 폐기물을 지렁이 먹이로 사용하였을 때, 지렁이의 생육과 증식 및 지렁이 분립의 생산량에 미치는 영향을 조사하여 Vermicomposting의 가능성을 추정하려고 한다.

II. 재료 및 방법

본 실험은 1995년 7월 부터 1996년 6월까지 대구대학교 부속 실험동물사육실에서 실시되었다.

공시 지렁이는 우리나라에 자생하는 줄무늬 지렁이(*Eisenia foetida*)를 사용하였다.

지렁이 먹이가 되는 유기성 폐기물 즉, 우분, 돈분, 염소분, 사과박, 한약박 및 커피찌꺼기등은 1~2개월 동안 호기성조건에서 퇴적발효시켰다. pH는 초자전극으로 측정하였고, 전질소는 Kjeldahl법, 전탄소는 (100-ash%)/1.8의 공식에 의한 California Univ., Berkeley method(1959)을 사용하였으며 유효인산함량, 치환성 염기용량, 망간, 철, 아연 및 동의 함량은 원자흡광분도계를 이용해서 토양화학분석법(1988)에 준하여 분석하였다(Table 1). 이들 유기성 폐기물은 건물함량을 기준으로 600g을 5반복의 스티로폴 사육상자(20×20×15cm)에 충전하였고 사육밀도는 25마리씩 방사하여 60일간 사육하였다.

실험기간 중 먹이의 수분 함량은 65+10%, 평균기온은 20~22℃를 유지하였다.

조사내용은 지렁이의 평균 개체중, 증체속도, 증식효율(난포수, 난포중, 산자수, 산자중) 등을 조사한 후, 사육상자중의 잔식량과 지렁이 분립은 60℃에서 48시간 건조하여 분립 (<2.0mm)과 잔식량(>2.0mm)을 분리하여 건물중을 구하였다. 또한 지렁이 분립의 효용성을 평가하기 위한 분립의 화학적 조성은 유기성 폐기물의 분석법과 동일하게 분석하였다.

Table 1. Chemical composition of organic wastes(DM basis)

	pH	OM (%)	TN (%)	C/N	Avail. P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangeable cation(me/100g)				Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
						K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺				
Cattle manure	7.0	49.0	0.96	19.2	6451.2	55.1	9.8	24.4	18.1	130.5	189.6	136.8	10.41
Swine manure	8.8	45.8	1.70	16.1	4366.3	14.4	8.7	26.6	4.3	94.3	188.7	162.0	5.35
Goat manure	8.5	58.8	1.89	22.1	12217.2	61.2	7.5	30.2	16.3	120.2	211.0	208.0	3.57
Apple pomace	8.8	54.8	2.62	19.6	4830.0	55.7	7.9	13.7	15.8	80.9	377.0	102.0	4.08
Chinese medicine residue	9.0	29.1	1.18	21.1	7872.0	31.7	6.1	25.4	15.6	117.2	459.0	116.0	7.20
Coffee lees	5.2	83.5	0.50	11.0	645.1	9.8	1.0	5.7	2.6	20.8	39.1	18.8	4.58

Note. OM : organic matter, TN : total nitrogen, C/N : ratio of carbon and nitrogen and Avail. P₂O₅ : available phosphorus.

III. 결 과

1. 각종 유기성 폐기물이 지렁이 생육과 증식효율에 미치는 영향

각종 유기성 폐기물에 따른 지렁이 생육, 증식효율 및 분립량의 차이를 나타낸 것은 표 2이다.

Table 2. The mean values on the growth, reproductive efficiency and cast production of the earthworms in different feeds.

	FW ₁	FW ₂	NC	WC	NY	WY	IR	CW	DI	RW
Cattle manure	284.0 ^a	462.0 ^c	122.7 ^b	1.08 ^b	486.0 ^a	10.48 ^a	8.1 ^d	215.0 ^a	285.8 ^{ab}	99.2 ^d
Swine manure	245.3 ^{ab}	482.0 ^c	95.3 ^b	0.95 ^b	358.0 ^b	9.94 ^a	11.3 ^{cd}	198.6 ^b	219.4 ^b	182.0 ^c
Goat manure	196.0 ^c	789.0 ^b	21.0 ^c	0.20 ^d	130.0 ^d	7.10 ^b	23.2 ^a	177.5 ^b	210.2 ^b	212.3 ^c
Apple pomace	252.0 ^a	774.0 ^b	178.7 ^a	1.87 ^a	135.0 ^c	7.40 ^b	18.3 ^b	130.8 ^d	373.8 ^a	95.3 ^d
Chinese medicine residue	284.0 ^a	963.0 ^a	46.0 ^c	0.56 ^c	10.0 ^f	0.40 ^c	20.4 ^{ab}	112.0 ^e	169.5 ^c	318.5 ^b
Coffee lees	229.3 ^{bc}	514.0 ^c	13.0 ^c	0.13 ^d	40.0 ^e	1.94 ^c	13.5 ^c	143.2 ^c	75.5 ^d	381.3 ^a

Note. Means separation within a column by Duncan's Multiple Range Test, 5% level.

FW₁ : mean fresh weight(mg) of adult worm at initial time, FW₂ : mean fresh weight(mg) of adult worm at final time, NC : number of cocoons, WC : fresh weight of cocoons(g), NY : number of young worms, WY : fresh weight of young worms(g), IR : increasing rate of adult worms[(ln FW₂ - ln FW₁)/(t₂ - t₁)], CW : dry weight of cast(g, <2.0mm), DI : digested matter(g) and RW : residual matter(g, >2.0mm).

실험개시시의 지렁이 평균개체중(FW₁)은 196.0~284.0 mg의 범위를 나타내었는데, 우분과 한약박 처리구에서 284.0mg으로 가장 무거웠고, 염소분의 처리구에서는 196.0mg으로

가장 가벼웠다.

실험종료후의 평균개체중(FW₂)은 한약박 처리구에서 963.0mg으로 가장 무거웠고 염소분과 사과박 처리구에서 각각 789.0과 774.0mg을 나타내었으나, 돈분과 우분 처리구에서는 각각 482.0과 462.0mg을 나타내었다.

난포수(NC)는 사과박 처리구에서 평균 178.7개로 다른 처리구보다 유의하게 많았고 다음으로는 우분과 돈분처리구에서 각각 122.7과 95.3개를 나타내었으나 염소분과 커피찌꺼기구에서는 단지 21.0과 13.0개를 나타내었다. 난포중(WC)은 난포수와 유사한 경향을 나타내어, 사과박 처리구에서 1.87g으로 가장 무거웠고 염소분과 커피찌꺼기구에서 0.20과 0.13g으로 가장 가벼웠다. 한편, 산자수(NY)와 산자중(WY)은 우분과 돈분 처리구에서 각각 486.0개와 10.48g 및 358.0개와 9.94g을 나타내어 다른 처리구보다 현저하게 높았고 다음으로 사과박(135.0개와 7.40g) 그리고 염소분(130.0개와 7.10g) 순으로 낮았으며, 커피찌꺼기(40.0개와 1.94g)와 한약박 처리구(10.0개와 0.40g)은 현저하게 낮았다.

지렁이 평균개체중의 증체속도(IR)는 염소분과 한약박 처리구가 각각 23.2와 20.4로 가장 빨랐으나 돈분과 우분 처리구는 각각 11.3과 8.1로 다른 처리구보다 현저하게 느렸다.

분립생산량(CW)은 112.0~215.0g(74.6~143.3mg/일/마리)의 범위를 나타내었으나, 우분 처리구에서 215.0g으로 가장 많았고 다음으로 돈분과 염소분 처리구에서 각각 198.6과 177.5g이었지만, 한약박에서는 112.0g으로 현저하게 적었다.

먹이의 소화량(DI)은 사과박 처리구에서 373.8g으로 가장 높았고 우분(285.8g)>돈분(219.4g)>염소분(210.2g)>한약박(169.5g)>커피찌꺼기구(75.5g) 순으로 적어졌다.

잔식량(RW)은 사과박과 우분 처리구에서 각각 95.3과 99.2g으로 가장 적었고 한약박(318.5 g)과 커피찌꺼기구(381.3g)에서 현저하게 많았다.

2. 지렁이 분립의 화학적 조성

각종 유기성 폐기물을 먹이로 한 지렁이 분립의 화학적조성을 나타낸 것이 표 3이다.

Table 3. Chemical composition of earthworm casts in different feeds(DM basis)

	pH	OM (%)	TN (%)	C/N	Avail. P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangeable cation(me/100g)				Mn (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
						K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺				
Cattle manure	7.9	43.3	0.92	19.7	8473.6	21.4	14.1	19.9	13.3	80.8	121.2	140.0	7.18
Swine manure	8.4	41.6	1.90	16.3	4677.1	67.1	11.7	24.5	6.2	86.6	197.8	165.0	5.21
Goat manure	8.5	60.6	1.86	22.0	11799.6	74.8	9.6	34.6	17.1	118.5	212.0	249.0	2.92
Apple pomace	8.7	70.1	2.67	18.2	4830.0	49.6	13.0	16.0	17.9	88.1	361.0	153.0	4.44
Chinese medicine residue	8.8	33.5	1.27	24.3	9392.8	52.6	7.1	27.8	15.3	126.7	345.0	149.0	8.39
Coffee lees	5.5	82.8	0.59	16.2	603.1	6.6	0.9	5.4	3.4	22.6	60.6	18.0	3.99

Note. OM : organic matter, TN : total nitrogen, C/N : ratio of carbon and nitrogen, Avail. P₂O₅ : available phosphorus.

지렁이 분립의 수소이온농도(pH)는 돈분, 염소분, 사과박 및 한약박 처리구에서 8.4~

8.8의 범위를 나타내어 먹이(8.5~9.0)보다 약간 낮아졌으나, 우분과 커피찌꺼기구의 지렁이 분립에서는 각각 7.9와 5.5를 나타내어 먹이보다 pH가 상승하였다.

지렁이 분립의 유기물 함량(OM)은 먹이의 경우와 마찬가지로 커피찌꺼기구에서 82.8%로 가장 높았고 다음으로 사과박과 염소분 처리구에서 각각 70.1과 60.6%를 나타내었으며 돈분, 우분 및 한약박 처리구의 지렁이 분립에서는 33.5~43.3%를 나타내었는데, 사과박 처리구의 지렁이 분립은 먹이보다 15%정도 높은 유기물 함량을 나타내었다.

총 질소함량(TN)은 사과박 처리구의 지렁이 분립에서 2.67%로 가장 높았지만 먹이와는 별 차이가 없었고, 돈분과 커피찌꺼기구의 지렁이 분립에서는 각각 1.90과 0.59%로 먹이보다 약간 증가하는 경향을 나타내었다.

탄질율(C/N)은 염소분과 한약박 처리구의 지렁이 분립이 먹이의 경우(22.1과 21.1)와 마찬가지로 각각 22.0과 24.3으로 가장 높았고 또한 먹이보다 증가하는 경향을 나타내었지만 사과박 처리구의 지렁이 분립(18.2)에서는 먹이보다 약 1.4정도 감소하였다.

유효인산(Avail. P₂O₅)은 먹이의 경우와 같이(12217.2ppm) 염소분 처리구의 지렁이 분립이 11799.6ppm으로 가장 높았지만 먹이보다는 약간 감소하였으나, 한약박(9392.8ppm), 우분(8473.6ppm) 및 돈분 처리구의 지렁이 분립(4677.1ppm)은 먹이보다 약간 증가하는 경향을 나타내었다. 치환성 염기용량은 칼리(K)가 염소분(74.8ppm)과 돈분 처리구(67.1ppm), 나트륨(Na)은 우분 처리구(14.1ppm), 칼슘(Ca)은 염소분 처리구(34.6ppm), 마그네슘(Mg)은 사과박(17.9ppm)과 염소분 처리구의 지렁이 분립(17.1ppm)에서 가장 높았고 커피찌꺼기구의 지렁이 분립이 가장 낮았으며, 이들 치환성 염기용량은 대부분 먹이의 경우보다 지렁이 분립에서 증가하는 경향을 나타내었다.

한편, 망간(Mn), 철(Fe) 및 동(Cu)은 먹이의 경우보다 지렁이 분립에서 대부분 감소하는 경향을 나타내었지만, 아연(Zn)은 반대로 지렁이 분립에서 증가하였다.

3. 먹이조건에 따른 조사형질간의 상호관계

먹이조건에 따른 조사형질간의 상호관계를 나타낸 것이 표 4이다.

Table 4. Correlation coefficients among characteristics of earthworms in different feeds.

	FW ₁	FW ₂	NC	WC	NY	WY	IR	CW	DI	RW
FW ₂	0.0616									
NC	0.4574	-0.0545								
WC	0.4165	0.0113	0.9738***							
NY	0.2604	-0.6458**	0.4658	0.3709						
WY	-0.0185	-0.3475	0.6698**	0.6501**	0.7465***					
IR	-0.4277	0.8737***	-0.2685	-0.1941	-0.7146***	-0.6125**				
CW	0.7645***	-0.0854	0.1294	0.0896	0.4172	-0.1115	-0.4623			
DI	0.1561	0.2414	0.8482***	0.9136***	0.1701	0.6116**	0.1419	-0.1495		
RW	-0.4658	-0.2004	-0.8804***	-0.9279***	-0.3370	-0.5508*	0.0512	-0.2644	-0.9141***	
C/N	0.1173	0.5851*	0.1446	0.1634	0.0611	0.1663	0.4885*	0.1309	0.3255	-0.3711

Note. *, ** and *** are significant at 5, 1 and 0.1% level, respectively.

실험개시시의 지렁이 평균개체중(FW_1)은 분립생산량과 0.1%의 유의한 정상관이 인정되었다.

실험종료후의 평균개체중(FW_2)은 산자수와는 1% 수준의 유의한 부의 상관을, 증체속도와는 0.1% 그리고 탄질율(C/N)과는 5%의 정상관을 나타내었다.

난포수(NC)는 난포중, 소화량과 0.1%, 산자중과 1% 수준의 유의한 정상관 그리고 잔식량과는 0.1% 수준의 유의한 부의 상관성이 인정되었다.

또한 난포중(WC)은 산자중과 1%, 소화량과 0.1% 수준의 유의한 정상관을, 잔식량과는 0.1% 수준의 유의한 부의 상관을 나타내었다. 산자수(NY)는 산자중과는 0.1% 수준의 유의한 정상관 그리고 증체속도와는 0.1% 수준의 유의한 부의 상관을 나타내었고, 산자중(WY)은 소화량과 1% 수준의 유의한 정상관 그리고 증체속도, 잔식량과는 각각 1%와 5% 수준의 유의한 부의 상관성이 인정되었다.

증체속도(IR)는 탄질율과 5% 수준의 정상관이 인정되었으며, 소화량(DI)은 잔식량과 0.1% 수준의 유의한 부의 상관을 나타내었다.

IV. 고 찰

효과적인 Vermicomposting의 운용은 지렁이 생육을 위해 양호한 사육환경과 먹이조건을 갖추어 증식효율을 높이고 증체속도를 빠르게 하여 분립의 생산량을 증가시키는 것이다(이 등, 1992b; 이 등, 1993).

특히 지렁이의 사육환경은 온도, 수분외에 pH가 중요한 요인으로 작용하고 있고 일반적으로 pH 5.0~9.0이 적정한 수준으로 알려져 있는데(Edwards, 1988), 본 실험에서도 지렁이 먹이로 사용되었던 유기성 폐기물은 이러한 범위에 속하였다. 즉, 돈분, 염소분, 사과박 및 한약박등의 pH는 8.5~9.0의 범위로 약 알칼리성질을 나타내었고 커피찌꺼기는 5.2로 강산성을 나타내었다. 그러나 이들을 먹이로 한 지렁이 분립에서는 pH가 감소되었거나 증가하여 중성으로 유지되는 경향을 나타내어(Table 3), 지렁이 사육으로 인해 유기성기물의 중성화 혹은 이들 지렁이 분립에 의한 토양개량제로서의 가능성을 시사하였다(김과 주, 1990). 또한 본실험에서 지렁이 먹이로 이용되었던 유기성 폐기물(우분, 돈분, 염소분, 사과박, 한약박 및 커피찌꺼기)등은 지렁이의 증식효율(난포수, 난포중, 산자수 및 산자중)과 증체속도를 향상시키고 분립생산량도 지렁이 마리당 1일 74.6~143.3mg을 나타내어(Table 2), 이 등(1993)의 적정 사육밀도 조건에서의 36.5~80.9mg/일/마리의 경우보다도 현저하게 높아 지렁이 먹이로서의 이용가능성이 높다는 것을 시사하였다.

그러나 지렁이의 분립생산량이 적고 잔식량이 많아 먹이조건이 양호하지 못한 것으로 생각되는 염소분과 한약박 처리구에서는 실험종료후의 지렁이 평균개체중(FW_2)과 증체속도는 다른 먹이조건보다 현저하게 높았지만 난포수, 난포중, 산자수 및 산자중등은 크게 감소되고, 분립량이 많고 잔식량이 적었던 우분과 돈분 처리구에서는 산자수와 산자

중이 다른 처리구보다 현저하게 많지만 실험종료후의 평균개체중과 증체속도는 크게 감소하였다. 또한 소화량이 많고 잔식량이 가장 적었던 사과박의 처리구에서는 난포수와 난포중이 가장 높았고 산자수와 산자중도 비교적 높았다(Table 2). 그리고 먹이조건에 따라 실험종료후의 지렁이 평균개체중은 증체속도, 탄질율과는 5% 이상의 정상관, 산자수와는 유의한 부의 상관관계를 나타내었고, 난포수와 난포중은 산자중 그리고 소화량과는 1%이상의 유의한 정상관, 잔식량과는 0.1% 수준의 유의한 부의 상관관계를 나타내었으며, 산자수와 산자중은 증체속도와는 1% 수준의 유의한 부의 상관관계를 나타내었고 증체속도는 탄질율과 5%의 정상관이 인정되었는데(Table 4), 이러한 결과는 먹이조건이 양호할 경우에는 증체속도보다 증식효율을 향상시키고 먹이조건이 불량할 때에는 증식효율은 낮으나 증체속도는 빨라진다고 보고한 이(1995)등의 결과와 일치하고 있다.

일반적으로 염소분은 염소가 먹이를 철저히 씹어서 넘기는 습관이 있어 다른 가축분보다도 입자가 극히 미세화되어 덩어리가 되기 쉬우므로 지렁이먹이로서의 섭취이용성이 떨어지기 때문에 적당하게 발효한 후 다른 유기성 첨가물을 혼합하면 더욱 양호한 지렁이먹이가 된다고 한다(이 등, 1992a). 또한 퇴비부숙도 판정법 중 사용되는 탄질율(C/N)은 20이하에서 유기물로 부터 무기태질소가 생성되고 20이상에서는 질소의 유기화가 일어나기 때문에 20이하에서 안정화가 이루어지는 것을 감안할 때, 본 실험의 염소분과 한약박을 먹이로 한 지렁이 분립에서 22.0과 24.3을 나타내므로(Table 3) 첨가물등을 혼합하여 먹이조건의 개선이 필요하리라 생각된다.

한편, 본 실험에서 강산성을 띠고 있고 총 질소함량, 유효인산 및 치환염기용량등이 다른 처리구보다 현저하게 적었던(Table 1) 커피찌꺼기는 지렁이 먹이로 이용되었을 경우에도 다른 처리구보다 증체속도와 증식효율이 크게 감소하고 잔식량이 많았지만 유기물 함량이 다른 유기성 폐기물보다는 높고 분립생산량이 사과박과 한약박 처리구보다 훨씬 많아서(Table 2), 지렁이 먹이로서의 활용가능성이 크다. 따라서 지렁이 먹이로서 커피찌꺼기를 이용할 때에는 알칼리성질을 띠고 총 질소함량이 높은 유기성 폐기물과 일정한 비율로 혼합한다면 먹이조건이 향상되어 Vermicomposting의 공정을 크게 단축시킬 것으로 사료된다(이 등, 1992b).

유기성 폐기물을 먹이로하여 생산된 지렁이 분립의 치환성 염기용량은 먹이의 경우보다 증가되어(Table 3) 초지토양의 생산력 등급기준치(三井, 1968)와 토양양분의 진단기준치(昌中 등, 1983)이상이었으며, 우리나라 토양에서 부족하기 쉬운 유효인산은 커피찌꺼기구를 제외하고 4670~11800ppm를 나타내었고(Table 3), 특히 K, Ca와 같은 양이온 함량이 높으며 pH가 약알칼리성을 나타낸 것으로 보아서 분립을 토양에 환원할 경우 유기질 비료 자원 또는 다른자재와 혼합할 경우, 상토로서의 유용성이 매우 높을 것으로 판단된다.

또한 본 실험에서는 먹이가 되는 우분, 돈분, 사과박 및 한약박등의 경우보다 지렁이 분립에서 망간, 철, 동등의 중금속이 감소되어 지렁이에 의한 중금속농축의 가능성을 시사하고 있어(Table 3) 중금속농도가 높은 산업폐기물의 지렁이에 의한 생물적 고정화 처리가 기대된다(Morgan & Morgan, 1988).

V. 적 요

본 실험에서는 각종 유기성 폐기물 즉, 우분, 돈분, 염소분, 사과박, 한약박 및 커피찌꺼기등을 지렁이 먹이로 이용 하였을 때, 지렁이 생육과 증식, 분립의 생산량 및 화학적 조성을 조사하여, 이들의 Vermicomposting에 의한 처리가능성을 검토하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 지렁이의 먹이조건이 양호한 경우(우분, 돈분, 사과박)에는 지렁이의 증식효율이 향상되었고, 먹이조건이 불량한 경우(염소분, 한약박)에는 지렁이의 증체속도가 빨라졌다.
2. 커피찌꺼기는 유기물함량은 많지만 강산성을 띠고 총 질소함량이 현저하게 낮아 지렁이의 증식효율 및 증체속도가 다른 유기성 폐기물의 경우보다 현저하게 낮았으나 첨가물등의 첨가 혹은 다른 유기성 폐기물과의 혼합에 의한 먹이조건의 향상이 필요하였다.
3. 돈분, 염소분, 사과박, 한약박 및 커피찌꺼기등의 pH는 지렁이 사육으로 인하여 중성이 유지되도록 pH가 상승하거나 감소하였다.
4. 지렁이 분립의 유효인산 함량과 치환성 염기용량은 먹이의 경우보다 약간 증가하는 경향을 나타내었다.
5. 지렁이 분립은 먹이의 경우보다 망간, 철 및 동등의 함량이 감소하였다.
6. 지렁이 평균개체중은 산자수와 1% 수준의 유의한 부의 상관, 증체속도 그리고 탄질율과는 5% 이상의 정상관을 나타내었고, 난포수와 난포중은 산자중 그리고 소화량과는 1%이상 유의한 정상관, 잔식량과는 0.1% 수준의 유의한 부의 상관을 나타내었으며 산자수와 산자중은 증체속도와는 1% 수준의 유의한 부의 상관을 나타내었다. 또한 지렁이의 증체속도는 탄질율과 5%의 정상관이 인정되었다.

참 고 문 헌

1. 김성필, 주영희, 1990, 빨간지렁이(*Lumbricus rubellus*)를 이용한 산업폐유기물의 분해물질이 시설원예 상토특성에 미치는 영향(I), 빨간지렁이가 우분분해에 미치는 영향, 韓土肥誌 23(2):140-145.
2. 이길철, 송준상, 이홍재, 이유원, 배우근, 전성환, 이민도, 김성수, 김기현, 조경희, 김선일, 1992a, 토양생물을 이용한 유기성 슬러지 처리기술개발에 관한 연구(I), pp.67-81, 과학기술처.
3. 이주삼, 정재춘, 조익환, 1992b, 제지 sludge와 우분의 혼합비율이 붉은지렁이의 생육과 분립의 화학적 조성에 미치는 영향, 한국폐기물학회지 9(2):19-26.
4. 이주삼, 김성진, 조고영, 1993, Vermicomposting에 의한 우분의 처리(I), 사육밀도가 지렁이의 생육과 증식에 미치는 영향, 한국유기성폐기물자원화협의회학회지 1(2):259-266.
5. 이주삼, 1995, Vermicomposting에 의한 우분의 처리 - 먹이의 탄질율과 사육밀도가 지렁이의 생육과 분립의 생산에 미치는 영향 - 한국축산시설환경학회지, 1(1):65-75.
6. 전하준, 조익환, 1995, 지렁이 분립의 혼합상토가 고추유묘의 생육에 미치는 영향, 한국유기농업학회지 4(1):75-84.
7. 토양화학분석법, 1988. 농촌진흥청 농업기술연구소.
8. 한정아, 전하준, 조익환, 1994, 원예용 육묘상토로서의 지렁이 분립의 이용에 관한 연구 - 지렁이 분립의 혼합비율이 고추묘의 생육에 미치는 영향 - 한국유기성폐기물자원화협의회학회지 2(1):65-73.
9. 三井計夫, 196, 飼料作物草地ハンドブック, 養賢堂 pp.214-222
10. 呂中哲哉, 創島健次, 木村 或, 1983, 家畜糞尿試用土壤の土壤管理に關する研究, I, 化學性からみた草地飼料畑土壤の實態と問題點. 草地試驗場研究報告 25:48-59.
11. Edwards, C. A. 1988. Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. Earthworms in waste and environmental management. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands. pp.21-31.
12. Hartenstein, R. 1978. Utilization of soil organisms in sludge management. Natl. Tech. Inf. services. Springfield, Virginia PB 286932.
13. Hartenstein, R. 1982. Metabolic parameters of the earthworms *Eisenia foetida* in relation to temperature. Biotechnology and Bioengineering. Vol. XXIV pp.1803-1871.
14. Hartenstein, R. and Amico, L. 1983: Production and carrying capacity for the earthworm *Lumbricus terrestris* in culture. Soil Biol. & Biochem. 15:51-54.
15. Macfadyen, A. 1963. The contribution of the fauna to totad soil metabolism. North Holland Pub. Co. Amsterdam. pp.3-17.

16. Hilton, J. W. 1983. Potential of free dried worm meal as a replacement for fish mead in trout diet formulations. *Aquaculture* 32:277-283.
17. Morgan, J.E. and Morgan, A.J. 1988. Earthworms as biological monitors of cadmium, copper, lead and zinc in metalliferous soils. *Environmental Pollution* 54:123-138.
18. Puh, P.C. 1963. Beneficial influence of earthworms on some chemical properties of the soil. *Sci. Soc. China, Biol. Lab. Contrib., Zool. Ser.* 15:147-155.
19. Toboga, L. 1980. The nutritional value of earthworm for chickens. *Br. Poultry Sci.* 21(5) ; 405-410.
20. University of california at Berkeley. 1953. Reclamation of municipal Refuse by composting. *Tech. Bull. No. 9. Sanitary Engineering Research Project.*