

지렁이에 의한 돈분 퇴비화용 유기성자원 연구

이주삼 · 최덕천*

연세대학교 생명과학기술학부

A Study on Organic Resources for Pig Manure Treatment by Vermicomposting

Lee, J. S. and Choi, D. C*

Division of Biological Science & Technology, Yonsei University

Summary

The effects of the processing mixture of pig manure and various organic wastes on the growth, cast production of earthworm, and conversion of organic matter to earthworm tissues by vermicomposting.

The substances used in this experiments were sawdust, rice hull, coffee waste, brewery waste, litters, turfgrass cutting residues, rice bran, vegetable wastes and rice straw and were mixed with pig manure at a ratios of 50:50 (v/v), and pig manure 100% (control), respectively. The highest values of growth parameters, cast production and conversion efficiency of organic matter to earthworm tissues were obtained at the mixtures of pig manure with coffee waste, it may due to the favourable diet conditions to process with pig manure by vermicomposting.

But, all of the earthworm died in the pig manure 100% (control) and pig manure with vegetable wastes treatments by vermicomposting was impossible in this experiment.

The vermicast contained a higher values of total nitrogen, available phosphorus, exchangeable cations and cation exchange capacity than their parent materials with increased availability of nutrients and improved physicochemical properties.

(Key words : Pig manure, Coffee waste, Conversion efficiency, Vermicast)

서 론

2007년도 말 현재 우리나라 가축분뇨 총 발생량은 3,542만 톤이며, 이 중에서 돈분뇨 발생량은 1,390만 톤으로 전체의 39.2%를 차지한다(농진청, 2008). 그러나 식물체 생육에 필요한 양분공급원으로 토양으로 환원되는

비율은 낮아서 아직도 상당량은 해양투기에 의존하는 등 환경오염원으로 작용하고 있는 실정이다. 이와 같이 돈분뇨의 재활용률이 낮은 원인은 물리적 성상이 액상상태이기 때문에 취급이 어렵고 쉽게 분해되어 악취와 병충해의 발생이 많아질 수 있다는 문제점을 갖고 있기 때문이다(이와 김, 2006). 일반적

* 상지대학교 국제친환경유기농센터(International Sustainable Organic Agriculture Center (ISOAC), Sangji University

Corresponding author : Lee, J. S., Division of Biological Science & Technology, Yonsei University, Wonju, Korea

Tel: 033-760-2249, E-mail: vermilee@hanmail.net

2009년 11월 25일 투고, 2009년 12월 30일 심사완료, 2010년 1월 5일 게재확정

으로 돈분뇨의 처리는 고액분리기를 통하여 고상과 액상을 분리한 후, 고상은 퇴비화에 이용하고 액상은 호기성 발효를 통한 액비로 사용되고 있고 있지만, 최근 들어 돈분뇨가 bio-gas 생산에 유용한 자원으로 이용되는 연구가 활발히 진행되고 있어 앞으로 환경오염원의 저감을 통하여 녹색성장에 크게 기여할 것으로 기대된다. 특히 돈분은 수분함량이 높고, 탄질 율이 낮으며, 무기염과 구리함량이 높다는 단점을 가지고 있지만 (Edwards 등, 1988; Wong과 Griffiths, 1991; 이와 김, 2006), 다른 유기성 자원과의 혼합을 통한 적정 수분조건의 유지와 탄질율의 교정을 통하여 vermicomposting을 위한 먹이로 조제할 경우, 최종산물인 지렁이 분립을 대량으로 생산할 수 있어 안전성이 높은 토양개량제 또는 상토와 같은 친환경 농자재로서의 활용 가능성은 매우 높다고 판단된다 (Atiyeh 등, 2001; 이와 김, 2008). Edwards (1988)는 돈분, 우분, 마분, 오리 분 및 80% 활성슬러지를 지렁이 먹이로 하였을 때, 사육기간에 따른 평균생체중의 증가는 돈분에서 가장 높았다고 하였고, 이 등 (2005)은 음식물 쓰레기와 다양한 유기성 자원과의 혼합처리에서 가축분 (우분과 돈분)과의 혼합처리에서 지렁이의 생존율과 체조직으로의 유기물 전환효율이 높았고 분립생산량이 많았다고 하였다. 또한 이와 김 (2006)은 돈분과 음식물 쓰레기와 혼합비율 실험에서 돈분 60% 이상 혼합하는 것이 지렁이의 생존율과 체조직으로 유기물 전환효율이 높았다고 보고하여 vermicomposting을 위한 돈분의 이용 가능성이 높다는 것을 시사하였다.

따라서 본 실험에서는 돈분과 다양한 유기성 자원과의 혼합이 지렁이 생육, 분립생산량, 분립생산량과 이화학적 특성 및 체조직으로의 유기물 전환효율에 미치는 영향을 조사하여, 지렁이에 의한 돈분의 퇴비화에 적합한 유기성 자원을 선별하고자 하였다.

재료 및 방법

공시 돈분은 생돈분을 사용하였고, 생돈분과 혼합한 유기성 자원은 톱밥, 왕겨, 커피박, 맥주박, 낙엽(참나무), 잔디 예초 물, 쌀겨, 채소찌꺼기, 볏짚의 9종류를 사용하였다.

돈분과의 혼합비율은 돈분 단독(100%), 돈분과 9가지 종류의 유기성 자원은 각각 50:50 (V/V) 비율로 혼합한 10 처리수준으로 하였고, 실험실 내에서 3개월간 발효시킨 후 지렁이 먹이로 사용하였다.

먹이량은 사육 상자 (20×20×24 cm)당 1,000 g (건물 중)을 충전한 후, 줄 지렁이 (*Eisenia foetida*)를 사육 상자 당 20마리 (평균 개체 중 565.3 mg)를 방사하여 40일간 사육하였다. 실험은 완전 임의배치법으로 한 3반복으로 수행되었다.

실험 전 혼합비율에 따른 먹이종류별 이화학적 특성과 실험 종료 후 지렁이 분립의 이화학적 특성을 조사하였고, 생육조사는 생존율, 증체량, 증체속도, 난포 수, 산자 수, 분립생산량을 조사하였다. 또한 사육기간 중 먹이의 유기물 감소율, 무기화율, 체조직으로의 유기물 전환율 및 전환효율은 이 등 (2005), 이와 김 (2006)의 공식을 인용하여 다음과 같이 구하였다.

Reduction rate (%) =

$$\frac{\text{volatile solids content of final time(mg)}}{\text{volatile solids content of initial time(mg)}} \times 100$$

Mineralization rate (%) =

$$\frac{\text{volatile solids content reduced by earthworm(mg)}}{\text{volatile solids content of initial time}} \times 100$$

Conversion rate (%) =

$$\frac{\text{mean dry weight of worm tissue of final time(mg)}}{\text{volatile solids content of initial time(mg)}} \times 100$$

Conversion efficiency (%) =

$$\frac{\text{increased dry weight of earthworm tissue of final time (mg)}}{\text{volatile solids content reduced by earthworm}} \times 100$$

결 과

10.13의 범위로 낮은 값이었다.

1. 돈분과 유기성 자원과의 혼합처리 한 먹이의 이화학적 특성

돈분과 유기성 자원과의 혼합처리 한 먹이의 이화학적 특성은 표 1과 같다.

돈분 100%와 돈분 혼합처리구의 pH는 6.12~6/80의 범위였고, 전기전도도(EC)는 2.0~4.5의 범위였는데, 돈분+채소찌꺼기와 돈분+벼짚에서 각각 4.5와 4.16으로 유의하게 높았다. 총 고형분(TS)은 33.06~48.27%의 범위였는데, 돈분+커피 박은 33.06%로 가장 낮았다. 휘발성 고형분(VS)은 55.67~76.75%의 범위였는데, 돈분+톱밥이 76.75로 가장 높았고, 돈분 100%구가 55.67로 가장 낮았다. 고정 고형분(FS)은 돈분 100%구에서 44.32%로 가장 높았다. 전 질소 함량(TN)은 3.68~5.92의 범위로 높은 함량이었고, 총 탄소 함량(TC)은 30.93~42.64% 범위였고, 탄질율은 8.31~

2. 돈분과 유기성자원과의 혼합처리가 지렁이의 생육에 미치는 영향

돈분과 유기성자원과의 혼합처리가 지렁이의 생육에 미치는 영향을 나타낸 것이 표 2이다.

생존율(SR)은 돈분+커피박이 84%로 유의하게 높았고 다음으로 돈분+톱밥에서 73%를 나타내었다. 그러나 돈분 100%구와 돈분+채소쓰레기 처리 구에서는 사육기간 중 지렁이 모두가 사멸하였다. 실험 종료 후 지렁이의 평균 생체 중(FW₂)은 돈분+커피 박에서 413.4 mg으로 가장 무거웠고 다음으로 돈분+왕겨 388 mg, 돈분+톱밥에서 385.2 mg이었다. 산자 중(YW)과 난포(NC)에서 돈분+커피 박이 유의하게 높은 값을 나타내었다. 분립 생산량(CW)은 돈분+톱밥, 돈분+커피 박에서 540g 이상으로 유의하게 많았다.

Table 1. The physico-chemical characteristics of mixtures of pig manure with various organic wastes before vermicomposting

Treatment	pH	EC (dS/cm)	TS (%)	VS (%)	FS (%)	TN (%)	TC (%)	C/N
PM 100%	6.12 ^{de}	2.16 ^{cd}	48.27 ^a	55.67 ⁱ	44.32 ^a	4.20 ^c	30.93 ⁱ	7.37 ^f
PM+SD	6.60 ^{ab}	2.20 ^{cd}	46.10 ^{abc}	76.75 ^a	23.24 ^f	5.92 ^a	42.64 ^a	7.21 ^g
PM+RH	6.52 ^{abcd}	2.03 ^d	45.16 ^{abc}	66.84 ^c	33.15 ^d	5.44 ^b	37.13 ^c	6.83 ^h
PM+CW	6.30 ^{bc}	2.16 ^{cd}	33.06 ^d	67.96 ^c	32.04 ^{de}	5.23 ^c	37.75 ^c	7.21 ^g
PM+BW	6.57 ^{abc}	2.00 ^d	47.13 ^{ab}	64.53 ^f	35.46 ^c	3.68 ⁱ	35.85 ^f	9.73 ^b
PM+LT	6.15 ^{cde}	3.00 ^b	47.30 ^{ab}	67.53 ^d	32.46 ^{bc}	3.70 ⁱ	37.51 ^d	10.13 ^a
PM+TG	6.76 ^a	2.56 ^c	46.26 ^{abc}	63.30 ^g	36.69 ^c	4.12 ^f	35.17 ^g	8.54 ^d
PM+RB	5.79 ^e	2.23 ^{cd}	44.03 ^{bc}	67.49 ^d	32.50 ^{bc}	4.51 ^d	37.49 ^d	8.31 ^e
PM+VW	6.80 ^a	4.50 ^a	46.33 ^{abc}	61.11 ^h	38.89 ^b	3.91 ^h	33.95 ^h	8.68 ^a
PM+RS	6.52 ^{abcd}	4.16 ^a	43.56 ^c	68.58 ^b	31.42 ^b	4.02 ^g	38.09 ^b	9.47 ^c
L.S.D.(P≤0.05)	0.42	0.43	3.44	0.28	0.11	0.07	0.16	0.15

EC: electrolytic conductivity, TS: total solid, VS: volatile solid, FS: fixed solid, TN: total nitrogen, TC: total carbon, C/N: carbon and nitrogen ratio, PM: pig manure, SD: sawdust, RH: rice hull, CW: coffee wastes, BW: brewery wastes, LT: litters, TG: turfgrass cutting residue, RB: rice bran, VW: vegetable wastes, and RS: rice straw

Table 2. Effect of mixed treatment of pig manure with various organic resources on the growth and cast production of earthworm

Treatement	Growth characteristics					
	SR (%)	NE	FW ₁ (mg)	FW ₂ (mg)	DW (g)	NYE
PM 100%(control)	0.00 ^f	0.00 ^f	565.35 ^a	0.00 ^h	0.00 ^f	0.00 ^c
PM+SD	73.33 ^b	14.66 ^b	565.34 ^a	385.21 ^b	1.28 ^b	5.33 ^{bc}
PM+RH	24.00 ^c	8.80 ^c	565.32 ^a	388.00 ^b	0.27 ^c	4.00 ^{bcd}
PM+CW	84.00 ^a	16.80 ^a	565.35 ^a	413.39 ^a	1.79 ^a	11.66 ^a
PM+BW	46.66 ^c	13.45 ^c	565.35 ^a	344.21 ^c	0.71 ^c	4.33 ^{bcd}
PM+LT	28.00 ^{ed}	5.60 ^{de}	565.33 ^a	321.43 ^c	0.44 ^d	3.00 ^d
PM+TG	25.33 ^{ed}	6.48 ^{de}	565.33 ^a	263.81 ^b	0.25 ^e	5.33 ^{bc}
PM+RB	42.66 ^c	18.53 ^c	565.35 ^a	327.80 ^d	0.62 ^c	5.66 ^b
PM+VW	0.00 ^f	0.00 ^f	565.34 ^a	0.00 ^h	0.00 ^f	0.00 ^e
PM+RS	32.00 ^d	6.40 ^d	565.35 ^a	292.00 ^f	0.27 ^e	3.66 ^{cd}
L.S.D(P≤0.05)	7.86	1.96	0.05	5.61	1.15	1.70

Treatement	Growth characteristics					
	YW (g)	IR (mg/hr)	NC	NCW (g)	CW (g)	·CW (%)
PM 100%(control)	0.00 ^d	-0.59 ^g	3.00 ^{bc}	0.031 ^b	0.00 ^c	0.00 ^c
PM+SD	0.28 ^b	-0.19 ^b	5.66 ^{abc}	0.060 ^{ab}	544.43 ^a	90.74 ^a
PM+RH	0.20 ^{bc}	-0.19 ^b	3.66 ^{abc}	0.034 ^b	358.27 ^b	59.71 ^b
PM+CW	0.84 ^a	-0.16 ^a	9.00 ^a	0.089 ^{ab}	545.37 ^a	90.89 ^a
PM+BW	0.24 ^{bc}	-0.23 ^c	2.66 ^{bc}	0.024 ^b	355.53 ^b	59.25 ^b
PM+LT	0.15 ^c	-0.25 ^d	9.33 ^a	0.072 ^{ab}	285.47 ^c	47.58 ^c
PM+TG	0.26 ^b	-0.31 ^f	1.33 ^c	0.012 ^b	213.63 ^d	35.60 ^d
PM+RB	0.26 ^b	-0.25 ^d	5.33 ^{abc}	0.259 ^a	274.57 ^c	45.76 ^c
PM+VW	0.00 ^d	-0.59 ^g	3.00 ^{bc}	0.032 ^b	0.00 ^c	0.00 ^e
PM+RS	0.20 ^{bc}	-0.29 ^e	8.33 ^{ab}	0.081 ^{ab}	207.93 ^d	34.65 ^d
L.S.D(P≤0.05)	0.08	0.007	5.73	0.21	52.21	8.70

SR: survival rate, NE: number of earthworms, FW₁: mean fresh weight of earthworm at initial time(mg), FW₂: mean fresh weight of earthworm at final time(mg), DW: dry weight of earthworm at final time(g), NYE: number of young earthworms, YW: fresh weight of young earthworm, IR: increasing rate, NC: number of cocoons, NCW: fresh weight of cocoons(g), CW(g): cast production(g, <2.0mm), CW(%): rate of cast production, and RM: residual matter(g. >2.0)

PM: pig manure, SD: sawdust, RH: rice hull, CW: coffee wastes, BW: brewery wastes, LT: litters, TG: turfgrass cutting residue, RB: rice bran, VW: vegetable wastes, and RS: rice straw

3. 먹이의 유기물 감소율과 무기화를 및 지렁이 체조직으로 유기물 전환율과 전환효율

생육기간 중 먹이의 유기물 감소율과 무기화율 및 지렁이 체조직으로 유기물 전환율과 전환효율을 나타낸 것이 표 3이다.

생육기간 중 유기물 감소율(RD)은 돈분+잔디 예초 물에서 0.88로 가장 높았지만 돈

분+커피 박을 제외한 다른 처리구와는 유의한 차이가 인정되지 않았다. 무기화율(MR)은 돈분+낙엽, 돈분+뽕잎에서 각각 24.49와 25.05%를 나타내어 다른 처리구보다 유의하게 높았다. 지렁이 체조직으로 유기물 전환율(CR)은 돈분+왕겨, 돈분+커피 박에서 0.59로 유의하게 높았고, 전환효율(CE)은 돈분+커피 박에서 6.66으로 유의하게 높았다.

Table 3. Reduction rate, mineralization rate, conversion rate and conversion efficiency of organic matter to earthworm tissues during the experimental periods

Treatment	RD (%)	MR (%)	CR (%)	CE (%)
PM 100% (control)	0.45 ^{ab}	6.82 ^c	0.00 ^f	0.00 ^d
PM+SD	0.47 ^{ab}	15.04 ^{cd}	0.50 ^{abc}	1.36 ^{bc}
PM+RH	0.20 ^{ab}	13.41 ^d	0.59 ^a	1.81 ^b
PM+CW	0.10 ^c	4.11 ^f	0.59 ^a	6.66 ^a
PM+BW	0.70 ^{ab}	16.10 ^c	0.53 ^{ab}	1.08 ^{bc}
PM+LT	0.67 ^{ab}	24.49 ^a	0.49 ^{bc}	0.57 ^{cd}
PM+TG	0.88 ^a	18.90 ^b	0.43 ^c	0.34 ^{cd}
PM+RB	0.63 ^{ab}	15.85 ^c	0.52 ^{abc}	1.07 ^{bc}
PM+VW	0.23 ^{ab}	15.05 ^{cd}	0.00 ^f	0.00 ^d
PM+RS	0.63 ^{ab}	25.05 ^a	0.43 ^c	0.35 ^{cd}
L.S.D($P \leq 0.05$)	0.69	2.29	0.09	1.07

RD: reduction rate of organic matter in natural condition, MR: mineralization rate of organic matter by earthworm, CR: conversion rate of organic matter to earthworm tissues, and CE; conversion efficiency of organic matter to earthworm tissues, PM: pig manure, SD: sawdust, RH: rice hull, CW: coffee wastes, BW: brewery wastes, LT: litters, TG: turfgrass cutting residue, RB: rice bran, VW: vegetable wastes, and RS: rice straw.

Table 4. Physico-chemical properties of vermicast in mixed with various organic wastes

Treatment	pH	TN (%)	TC (%)	C/N	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	CEC (cmol ⁺ /kg)	Ex.Cations(cmol ⁺ /kg)		
							K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
PM 100%(Control)	9.59 ^a	4.03 ^{de}	28.87 ^f	7.16 ^e	587.65 ^d	40.70 ^a	24.03 ^a	3.25 ^{cd}	3.74 ^{ab}
PM+SD	7.39 ^f	5.50 ^a	36.32 ^b	6.61 ^f	346.47 ^e	33.13 ^f	8.50 ^d	2.64 ^d	2.21 ^c
PM+RH	7.73 ^c	5.18 ^b	32.18 ^c	6.22 ^g	301.30 ^e	27.96 ^g	14.57 ^c	2.54 ^d	0.68 ^d
PM+CW	6.11 ^g	5.01 ^c	37.43 ^a	7.47 ^d	192.10 ^e	33.49 ^{ef}	19.47 ^b	9.64 ^a	1.66 ^c
PM+BW	8.14 ^d	3.24 ^h	31.34 ^c	9.35 ^a	1025.90 ^b	35.43 ^{de}	20.55 ^b	2.91 ^{cd}	0.44 ^d
PM+LT	7.84 ^e	3.28 ^h	28.42 ⁱ	8.66 ^b	1350.50 ^a	34.45 ^{ef}	18.68 ^b	3.28 ^{cd}	3.15 ^b
PM+TG	8.57 ^c	3.97 ^e	28.80 ^g	7.25 ^e	806.37 ^c	38.20 ^{bc}	7.27 ^d	3.67 ^c	4.19 ^a
PM+RB	8.17 ^d	4.05 ^d	31.71 ^d	7.82 ^c	1042.0 ^b	39.32 ^{abc}	12.60 ^c	3.50 ^{cd}	0.53 ^d
PM+VW	9.33 ^b	3.71 ^g	28.85 ^{fg}	7.78 ^c	804.47 ^c	39.98 ^{ab}	12.77 ^c	3.11 ^{cd}	2.12 ^c
PM+RS	8.52 ^c	3.86 ^f	28.59 ^h	7.41 ^d	1257.97 ^a	37.42 ^{cd}	8.07 ^d	5.68 ^b	0.72 ^d
L.S.D($P \leq 0.05$)	0.11	0.07	0.07	0.15	187.89	2.00	2.94	0.98	0.62

EC: electrolytic conductivity, TN; total nitrogen, TC: total carbon, C/N: carbon and nitrogen ratio, Av. P₂O₅; available phosphorus, CEC; cation exchange capacity, and Ex. cations: Exchangeable cations

4. 돈분 혼합처리에서 분립의 이화학적 특성

돈분 혼합처리에서 분립의 이화학적 특성을 나타낸 것이 표 4이다.

돈분 혼합처리에서 분립의 pH는 7.39~9.59

의 범위로 약-중 알칼리성을 나타내었는데, 돈분 100%구에서 9.59로 가장 높았다. 분립의 전 질소 함량(TN)은 돈분+톱밥에서 5.50%로 가장 높았고, 돈분+맥주박, 돈분+낙엽에서 각각 3.24%와 3.28%로 유의하게 낮았다.

총 탄소 함량(TC)은 돈분+커피 박에서 37.43으로 가장 높았고, 돈분+뵈짚에서 가장 낮은 28.59를 나타내었다. 탄질율(C/N)은 6.22~9.35의 범위였는데, 돈분+맥주박이 가장 높은 9.35를 나타내었다, 유효인산함량은 돈분+낙엽에서 1350.5 ppm, 돈분+뵈짚에서 1257.9 ppm으로 유의하게 높았다. 양분보전능(CEC)은 27.96~40.7의 범위였는데, 돈분 100%구에서 유의하게 높았다. 치환성양이온 함량은 칼리(K⁺)는 돈분 100%구에서 24.03으로 가장 높았고, 칼슘(Ca⁺)은 돈분+커피 박에서 유의하게 높은 9.64였고, 마그네슘(Mg⁺⁺)은 돈분+잔디에초 물에서 4.19로 가장 높았다.

고 찰

지렁이의 먹이는 탄소원(식물성), 질소원(동물성), 무기원(광물성)으로 구분할 수 있지만, 줄 지렁이(*Eisenia foetida*)와 같이 퇴비층에 서식하는 엽토종(litter species)의 적절한 먹이조건은 탄소원과 질소원이 되는 다양한 유기자원의 혼합조건에서 발효과정의 이화학적 특성의 변화와 밀접한 관련이 있다고 생각된다(이, 1998). 일반적으로 지렁이 먹이에 알맞은 pH는 5-9 범위로 알려져 있지만(Edwards, 1988), pH 5 이하 또는 pH 9 이상에서는 일주일 내에 사멸한다(Kaplan 등, 1980). Rivero-Herandez (1991)는 줄 지렁이(*Eisenia foetida*)의 최적 pH 조건은 7.0~8.0 범위라고 하였지만, 대부분의 지렁이는 중성을 선호한다. 본 실험에서 지렁이 먹이의 pH는 모든 처리 구에서 6.12-6.76의 범위로 약 산성이었지만, 지렁이의 생육조건에 맞는 pH 범위였다고 판단된다(표 1).

전기전도도(EC)는 먹이 중의 염류농도를 나타내어 지렁이의 생존율에 관여하며 발효가 진행됨에 따라 낮아진다. 본 실험에서 EC는 2.0-4.50의 범위를 나타내어, Kaplan 등(1980)은 먹이의 EC가 1.5~3 dS/cm의 범위일 때, *Eisenia foetida* 종의 생체 중 증가가 인정

되었다고 한 범위보다는 약간 초과하였다. 그러나 Rivero-Hernandez(1991)은 EC에 대한 지렁이의 내성은 0.75~15dS/cm의 범위와 최(1992)의 0.75~4.89 dS/cm 범위 내에 존재하여 생육에 적당한 EC 였다고 판단된다. 이 등(2005)은 음식물쓰레기와 돈분을 50:50으로 혼합하였을 EC는 13이었고, 이와 김(2006)은 돈분 혼합비율 60-100% 처리 구에서 EC는 3.5-7.1의 범위였지만, 지렁이의 생육은 양호하였다고 보고하였다.

총고형분 함량(TS) 중 휘발성 고형분(VS) 함량은 먹이 중의 유기물 함량을 나타낸다. 먹이 중의 유기물 함량은 미생물에 의한 유기물 분해에 따른 무기화율과 지렁이 체조직으로의 전환율과 전환효율을 결정하는데 중요한 요인이 되므로(Neuhauser 등, 1988; 이 등 2005; 이와 김, 2006), 휘발성 고형분 함량의 차이는 지렁이 생육과 분립생산에 밀접한 영향을 미친다고 할 수 있다. 또한 먹이의 탄질율(C/N)은 6.83~10.13의 낮은 범위였는데, 이와 김(2006)은 돈분 60~80% 처리 구에서 탄질율은 10.1~12.8의 범위에서 지렁이의 생육이 좋았다고 보고하여 본 실험의 결과와 거의 일치한다. 그러나 이(1995)는 우분에서 탄질율 25 전후에서 지렁이의 생육이 좋았다고 하였고, EPA(1980)은 탄질율 15~30의 범위에서, 이와 이(2008)는 우분과 왕겨의 혼합 처리에서 탄질율 30.2~33.6의 범위에서 지렁이의 생육이 가장 좋았다고 보고하여 먹이조건에 따라서 적정 탄질율이 변화된다는 것을 시사한다.

지렁이의 생육결과를 보면(표 2), 돈분 100%구와 돈분+채소쓰레기에서는 실험 개시 후 3일 이내에 지렁이가 모두 사멸하였는데, 돈분 100%구에서는 높은 염류농도 그리고 채소쓰레기 혼합 구에서는 발효과정 중 액상화되어 유기물 혼합효과가 인정되지 않았기 때문으로 추정된다. Chan과 Griffiths(1988)는 돈분 100% 처리 구에서는 24시간 내에 모든 지렁이가 사멸하였다고 하였고, 돈분을 지렁이 먹이로 이용하기 위해서는 4% calcium

sulphate를 첨가한 후 물로 씻어 먹이로 하는 것이 좋다고 하였다. 또한 이와 김 (2006)은 2개월간 발효시킨 돈분 100% 처리 구에서 높은 생존율과 좋은 생육결과를 얻었다 보고하여, 실험 전 먹이조건에 따라서 생존율에 영향을 미친다는 것을 의미한다.

모든 유기물 혼합 중에서도 돈 분+커피 박 혼합에서 생존율이 가장 높았고, 실험 종료 후 평균 생체 중, 건물 중, 산자중이 유의하게 무거웠고, 산자수와 난포수가 많았으며, 분립생산량이 유의하게 많아서 돈 분을 지렁이 먹이로 이용할 경우 커피 박과의 혼합처리가 지렁이 생육을 촉진하고 증식효율 및 분립생산량을 증가시키는데 유리하였다는 것을 시사한다(표 2). 특히 돈분+커피 박은 지렁이 사육기간 중 유기물 감소율(RD)과 무기화율(MR)이 유의하게 낮았지만, 지렁이 체조직으로의 전환율(CR)과 전환효율(CE)이 다른 처리구보다 유의하게 높았다(표 3), 이는 돈분+커피 박의 먹이조건이 낮은 EC, 적절한 휘발성 고형분 함량, 높은 전 질소 함량 등이 지렁이 생육에 좋은 먹이환경을 제공하였고(표 1, 2), 휘발성 고형 분 중에서도 쉽게 분해되지 않는 유기물 함량이 높아서 먹이의 물리성이 개선되었기 때문으로 추정되며, 톱밥과 왕겨에서도 거의 같은 경향을 나타내었다. 황과 조(2005)는 순수한 우분보다 우분에 톱밥을 혼합하여 지렁이 먹이로 하였을 때 증체량이 높았던 것은 먹이의 물리적 성상이 개선되었기 때문이라고 하였고, 이와 이(2008)는 우분 단독처리보다 우분에 왕겨의 혼합비율을 용적중의 2배와 3배 혼합한 먹이조건에서 지렁이의 생육이 좋았다고 보고하여 먹이의 물리성 개선이 지렁이 생육에 중요한 요인이 될 수 있다는 것을 시사한다. 또한 이 등(2005)은 휘발성 고형분 함량이 높은 유기성자원과의 혼합처리를 통하여 지렁이 체조직으로의 유기물 전환효율이 높은 먹이조건을 만드는 것이 중요하다고 하였고, 이와 김(2006)은 돈분과 음식물쓰레기와 의 혼합처리에서 지렁이 체조직으로의 유기

물 전환효율은 4.61~10.85% 범위였다고 보고하였는데, 본 실험의 돈분+커피 박에서 체조직으로의 유기물 전환효율은 6.66을 나타내어 다른 처리 구에 비하여 유의하게 높아서(표 3). 따라서 지렁이 사육을 위한 먹이조제에서 휘발성 고형분을 분해되기 쉬운 부분과 분해되기 어려운 부분으로 성분을 분획하여 지렁이의 생육과 분립생산량 및 체조직으로의 유기물 전환효율에 미치는 영향을 검토할 필요가 있다고 판단된다.

돈분을 다양한 유기성 자원과 혼합하여 지렁이 먹이로 이용하는 것은 vermicomposting 과정에서 대량으로 생산 가능한 분립을 얻는데 목적이 있다. 본 실험의 결과, 분립의 pH는 약산성-알칼리성을 나타내었고, 전 질소 함량, 유효인산함량, 양분보전능 및 치환성 양이온 함량이 높아서(표 4), 친환경 농업에서 요구하는 유용한 유기자재로서 앞으로의 활용 가능성이 매우 높다고 판단된다. 즉, 지렁이 분립을 상토나 토양개량제로 이용할 경우, 식물체 생육을 위한 양분공급, 산성토양 개량, 토양비옥도 증진 및 토양 물리성 개선을 통하여 토양생태계 보전과 식량생산 환경을 개선하는데 크게 기여할 것으로 예상된다(Syers 등, 1979; Atiyeh 등, 2001; 이와 김, 2008).

결 론

본 실험은 다양으로 발생하는 돈분을 다양한 유기성 자원과의 혼합처리를 통하여 vermicomposting에 알맞은 먹이조건을 구명하기 위하여 실시되었다. 돈분과 다양한 유기성 자원과의 혼합처리구 중에서 돈분+커피 박(50:50) 처리구가 다른 처리구에 비하여 지렁이의 생육이 좋았고, 증식효율이 높았으며, 분립 생산량이 많았고, 체조직으로의 유기물 전환효율이 높았는데, 이는 커피 박의 혼합이 먹이의 물리성을 개선하는데 효과적이었기 때문으로 추정된다. 또한 돈분과 모든 유기성 자원과의 혼합처리구에서 생산된

지렁이 분립은 pH가 높고, 식물체 생육에 필요한 양분함량과 양분보전능이 높아서 상토 또는 토양개량제로서 활용 가능성이 매우 높다고 판단된다.

인 용 문 헌

1. 농촌진흥청. 2008. 2007년도 가축사육두 수 현황 및 가축분뇨발생량
2. 이주삼. 1995. Vermicomposting에 의한 우분의 처리-먹이의 탄질율과 사육밀도가 지렁이의 생육과 분립생산에 미치는 영향. 한국축산시설환경학회지 1(1):65-75.
3. 이주삼. 1998. 지렁이 생태와 토양 및 토지이용과의 관계. pp. 91. 두솔
4. 이주삼, 김만중, 김남천. 2005. Vermicomposting에 의한 음식물 쓰레기의 처리. 한국유기성자원학회지 13(3):51-62.
5. 이주삼, 김만중. 2006. Vermicomposting에 의한 돈분의 처리. 한국축산시설환경학회지 12(2):75-84.
6. 이주삼, 김인수. 2008. 지렁이 분립을 첨가한 유기상토가 벼의 유식물체 생육에 미치는 영향 - 톱밥발효 돈분으로 생산한 분립의 첨가- 한국유기농업학회지 16(3):299-308.
7. 이지영, 이주삼. 2008. 먹이조건의 차이가 지렁이 생육, 분립생산량 및 체조직으로의 유기물 전환효율에 미치는 영향. 한국유기농업학회지 16(3):287-298.
8. 최훈근. 1992. 유기성슬러지 처리에 있어서 지렁이를 이용한 퇴비화와 슬러지 급이와 사육조건에 관한 연구. 서울시립대학교 박사학위 논문 p. 106.
9. 황보순, 조익환. 2005. 우분에 톱밥 혼합수준이 지렁이의 생육과 분립생산에 미치는 영향. 한국유기농업학회지 13(4): 423-433.
10. Atiyeh, R. M., Edwards, C. A., Subler, S. and Metzger, J. D. 2001. Pig manure vermicomposting as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresources Technology* 78:11-20.
11. Chan, P. I. S. and Griffiths, D. A. 1988. The vermicomposting of pre-treated pig manure. *Biological Wastes* 24:57-69.
12. Edwards, C. A. 1988. Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworm. In *Earthworm in waste and environmental management* ed. by C. A. Edwards, and E. F. Neuhauser, pp. 21-31. SPB Academic Publishing. The Hague, The Netherlands.
13. EPA. 1980. Compendium on soil waste management by vermicomposting. Municipal Environmental Research Laboratory, Cincinnati OH 45268, EPA-600/8-80-033.
14. Kaplan, D. L., Hartenstein, R., Neuhauser, E. F. and Maleki, M. R. 1980. Physicochemical requirements in the environment of the earthworm *Eisenia foetida*. *Soil Bio. & Biochem* 12(4):347-352.
15. Neuhauser, E. F., Loehr, R. C. and Malecki, M. R. 1988. The potential of earthworm for managing sewage sludge. In *Earthworm and Waste Management*. (eds.) by C. A. Edwards and E. F. Neuhauser. SPB Academic Publishing. The Netherlands. pp. 9-20.
16. Rivero-Hernandez, R., 1991. Influence of pH on the production of *Eisenia foetida*. *Adv. Aliment. Anim.* 31(5):215-217.
17. Syers, J. K. A., Shapley, N. and Keeney, D. R. 1979. Cycling of nitrogen by surface casting earthworm in a pasture ecosystem. *Soil Bio & Biochem.* 11: 181-185.
18. Wong, S. H. and Griffiths, D. A. 1991. Vermicomposting in the management of pig waste in Hong Kong. *World J. of Micro. Biotech.* 7(6):593-595.