

부자재 비용 저감을 위한 순환 퇴비화 시스템의 예비 연구

Preliminary Study on the Recycled Composting System for Reducing Bulking Agent Cost

홍지형* · 최명환 · 박금주(순천대)

Hong, Ji Hyung · Choi, Myung Hwan · Park, Keum Joo

Abstract

This study was performed to find the recycling performance and to provide design data during recycled solid composting system to reduce bulking agent cost. Dairy manure amended with rice hulls and recycled compost was composted in a laboratory-scale vessel by continuous aeration for 10 days. The temperature and ammonia emission variations according to the ratios of bulking agents during the primary aeration stage were surveyed. Also, the influence of fresh compost quality on the recycling performance were analyzed. While recycled composting system were operated, The temperature in compost was maintained in the range of 40~60°C needed for biodegradation and death of pathogenic organisms, but the ammonia emission was different by the ratios of recycled compost. The ammonia emission increased due to the low C/N ratio(17.6), high pH value(8.1) of the recycled compost.

I. 서론

축산업의 대규모 전업화로 인하여 가축분뇨 호기성 퇴비화 처리에 부자재로 사용되는 톱밥, 왕겨 및 수피 등의 농산물 잔사는 구입하기가 어렵고, 매입 가격이 고가이므로 축산 경영에 압박을 가하고 있고, 퇴비의 시판 가격에도 부담이 되어지고 있다.

따라서, 지속적인 축산물 생산활동을 위해서는 가축배설물 퇴비화처리에 소요되는 부자재 구입비용 절감에 대한 합리적인 기술도입이 필요하다.

일반적으로, 퇴비재료의 호기성 분해, 잡초종자 및 병원균 사멸을 위한 퇴비화 적정온도는 40~60°C이며, 특히 2~3일 동안의 55~60°C 온도유지가 필요하고, 호기성 미생물의 유기물 분해활동으로 발생된 암모니아 가스는 탈취처리하는 것이 중요하다.

따라서, 본 연구는 고행 퇴비화 처리에 사용되는 부자재 사용 비용절감과 퇴비화 취기 제어 및 퇴비를 조기에 안정화하여 품질을 향상하는 순환퇴비화 공법을 개발하는데 그 목적이 있다.

본 연구의 구체적 목적은 가축분뇨 등의 생물계 폐기물의 고형퇴비화 처리에 소요되는 부자재 비용 절감과 퇴비화 처리작업의 효율을 개선하기 위한 순환 퇴비화 시스템에서 재료의 퇴비화 특성을 분석하고 퇴비화 온도와 암모니아 가스 농도를 측정함으로써 고형퇴비화 시설에 부자재로 소요되는 적정 순환 퇴비량 파악 및 분해 단계에서 배출되는 암모니아 가스의 생물학적(퇴비) 탈취처리로서 대기오염을 방지할 수 있는 순환 퇴비화 시설의 기초 설계 자료를 얻는데 있다.

II. 재료 및 방법

퇴비화 재료는 순천대학교 낙농시설의 유우분과 왕겨를 부자재로 사용하였으며 유우분, 왕겨 및 순환퇴비 등의 퇴비재료 배합 중량은 Table 1과 같고, 이들 재료의 주요성분은 Table 2에 나타낸 바와 같다. 순환 퇴비화 처리 시스템은 1차는 유우분과 왕겨 혼합물(I), 2차는 유우분, 왕겨 및 1차 순환퇴비의 혼합물(II) 그리고 3차는 유우분과 2차 순환퇴비의 혼합물(III) 등의 3 수준으로 나누어 연속 실험하였다. 실험재료인 유우분, 왕겨 및 순환퇴비 등의 배합은 혼합물의 적정 초기재로 수분과 탄질비를 고려하여 실험실내의 콘크리트 바닥에서 인력으로 배합하여, 반응조 투입전과 퇴비화 종료후에 퇴비재료 입의의 6개소 위치에서 시료를 800gr씩 추출하여 이화화학적 성분을 분석하였다. 한편, 1, 2 및 3차 퇴비화 처리 수준별로 3개의 반응조에서 동시에 퇴비화 제 특성을 측정하였으며, 1, 2, 3차 처리 수준별 초기재료의 이화학적 성분은 Table 3과 같다. 퇴비화 초기 및 종기 재료의 이화학적 성질은 한국농촌진흥청(RDA, 1988)의 토양화학성질 표준분석법에 의하여 측정하였으며, 2반복 평균치를 이용하였다.

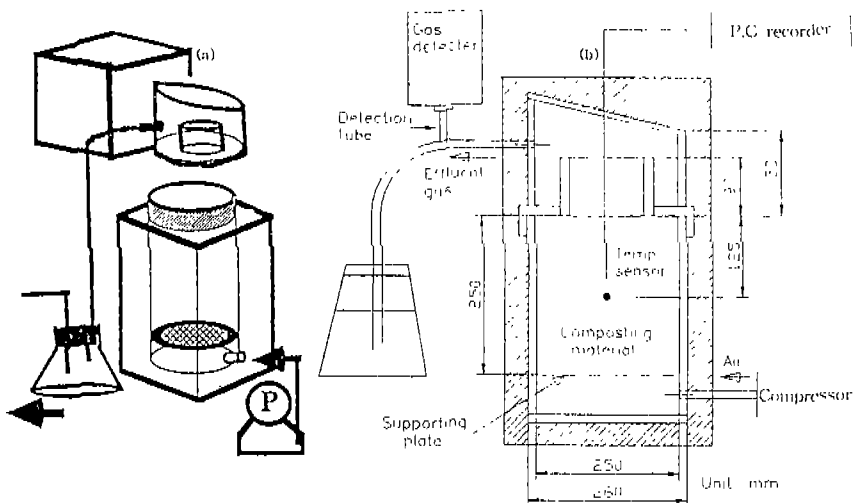


Fig. 1 Schematic representation of 12.3 L vessel(a) and a sectional diagram of the laboratory scale unit(b)

Fig. 1과 같은 12.3 L의 회전식 원통형 반응조 3개에 동일한 수준에 같은 성질의 실험재료를 넣어 10일 동안에 적정 통기량 0.3~0.6L/min.kg.dm 범위로 통기하면서 퇴비화 처리하였다.

본 실험에 사용된 퇴비화 장치는 반응조 및 반응조 상부 뚜껑의 응축수 집수, 공기압축기 및 공기유량계, 온도계측장치, 컴퓨터 데이터수집 및 저장 장치 등으로 구성되었다.

강제통기식 퇴비화처리 과정에서 호기성 분해반응 단계의 퇴비화 온도는 반응조별로 컴퓨터로 15분 간격으로 연속측정 저장되었고, 암모니아 가스 농도는 가스탐지기(GASTEC 801)로, 1일 2회 측정된 평균치를 사용하였다. 한편, 순환퇴비화 시스템의 전체 실험기간은 1999년 6월 23일부터 8월 3일까지 6주간 수행하였다.

III. 결과 및 고찰

퇴비화 실험의 주요 성분인 수분, 탄질비 및 산도는 퇴비 재료의 주원료인 유우분이 각각 81.9%, 18.1 및 6.4이며, 부자재인 왕겨는 각각 9.3%, 58.7 및 6.3이고, 순환퇴비는 각각 48.4%,

Table 1. Ratios of feedstock materials used in compost mixes

Test Series	Wet weight, kg		
	Dairy Manure	Rice Hulls	Recycled Compost
I	15.0	2.5	-
II	16.3	1.8	1.8
III	15.5	-	5.2

Table 2. Properties of feedstock materials used in compost mixes

Property	Dairy Manure	Rice Hulls	Recycled Compost
pH(-)	6.4	6.3	8.1
MC(% ,wb)	81.9	9.3	48.4
Ash(% ,wb)	2.3	14.1	9.1
T-C(% ,db)	41.57	38.77	38.64
T-N(% ,db)	2.30	0.66	2.20
C/N(-)	18.1	58.7	17.6

Table 3. Initial chemical and physical properties of compost mixtures

Test Series	MC (% ,wb)	T-C (% ,db)	T-N (% ,db)	C/N (-)	pH (-)	Ash (% ,db)	Density (kg/m ³)
I	71.2	40.94	1.60	25.6	6.6	4.6	463
II	74.0	41.23	1.69	24.4	6.1	4.0	514
III	74.2	40.02	2.44	16.4	7.9	4.3	540

탄질비는 25.6, 산도는 6.6이고, 유우분, 왕겨 및 순환퇴비 혼합물(처리 II)의 초기 수분은 74% 이고 탄질비는 24.4, 산도는 6.1이며, 유우분과 순환퇴비 혼합물(처리 III)은 초기재료 수분이 74%, 탄질비는 16.4, 산도는 7.9를 나타내었다(Table 3).

퇴비화 분해과정의 미생물의 활동으로 발생하는 열이 퇴비재료의 온도를 상승하게 되는데 이것은 퇴비재료 내부의 잡초 종자 및 병원균 사멸과 퇴비 안정성 등의 퇴비화 성능 지표가 된다. Fig. 2는 순환 퇴비화 시스템의 처리 I, II 및 III에서 동일한 초기재료의 수분의 3개 반응조에 대한 퇴비화 온도 변화 및 실내온도와 습도 변동을 나타낸 것이다. Fig. 2에서 퇴비화 실험

17.6 및 8.1로서(Table 2) 왕겨는 낮은 수분과 높은 탄질비를 나타내어 적정 범위(25~30)의 탄질비 유지에 좋으나, 입질이 균일하여 혼합재료 내부의 공극률과 표면적이 적어 수분 흡수율이 낮아 Table 3에서 보는 바와 같이 혼합물 수분이 71~74%를 나타내고 있었다. 순환퇴비는 탄질비(17.6)가 낮아서 Fig. 3의 처리II 및 III에서 알 수 있는 바와 같이 암모니아 가스 휘산 농도가 실험I의 결과 보다 높게 나타나고 있었다.

본 실험에서 유우분과 왕겨 혼합물(처리 I)의 초기재료의 수분은 71%,

험에서 3처리별 3개 반응조의 온도 변화는 거의 동일한 형상을 나타냈으며 퇴비화 처리후 1.5 일째 전후에서 최고온도(63~72℃)를 나타내고 8일째 부터 거의 30℃를 유지하면서 안정화 단계에 진입하였다.

일반적으로 분해과정에서 퇴비 재료의 온도는 40~60℃가 적정범위이며 최고온도를 지난후 숙성과정에서 20~30℃가 되면 비교적 안정화 상태로 되어지며, 상온과 같게되면 안정된 퇴비가 되고, 건조, 선별, 저장 등의 후숙처리 조치가 가능하게 된다.

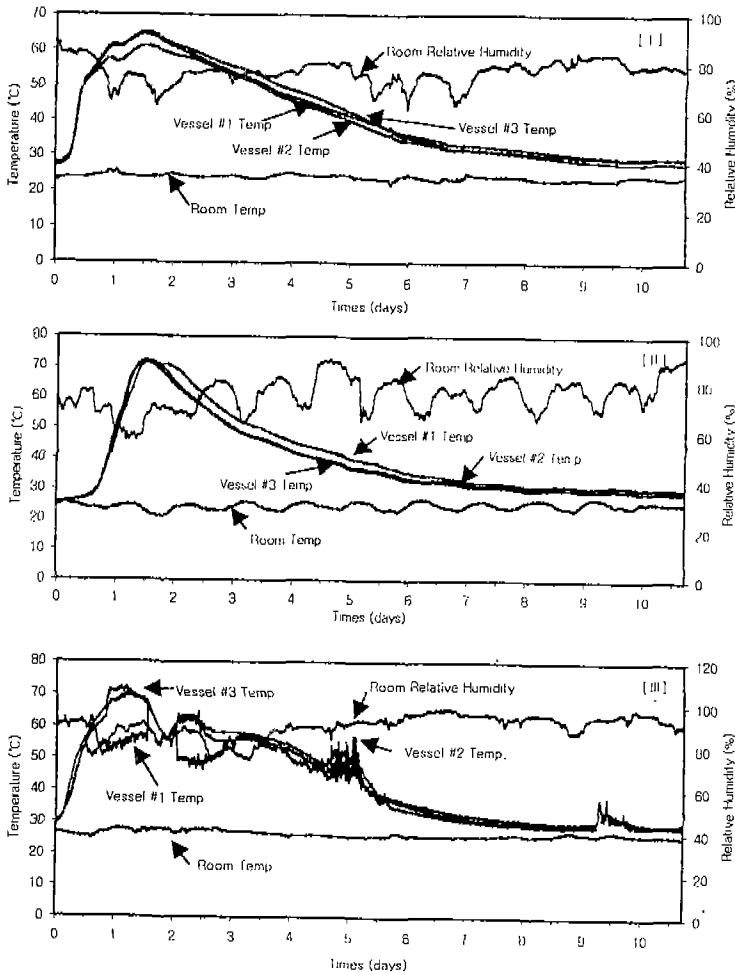


Fig. 2 Temperature and relative humidity variations

퇴비화 분해 단계 전후의 질량감소 및 응축수 발생은 Table 5와 같으며 질량 감소율은 1.1~12.2% 범위에 있었으며, 응축수 발생은 0 ~ 60gr 정도였다.

퇴비화 분해 단계의 암모니아 가스 확산농도 변화는 Fig. 3과 같으며, 실험 I처리에서는 퇴비화 3일째에 최고 90~150 ppm를 나타낸 후에 7일째 35~47ppm으로 최대허용 농도 50ppm 이하로 수준에 도달하였으나, 실험 II처리는 4일째에 최고 95~195ppm이며, 10일째는 100~

퇴비화 실험 3처리별 각 반응조의 최종 성분은 Table 4와 같으며 각 처리별 3개 반응조의 주요 성분은 거의 동일한 값을 나타내고 있었다. 특히 수분은 모두 70%이상이며, 처리 I를 제외한 처리 II와 III은 탄질비가 20이하를 유지하고, 산도는 8.2를 나타내고 있었다.

Table 4에 나타난 퇴비의 최종 처리 III의 성분은 비교적 안정화된 상태의 온도(30℃)에서 얻은 측정치로 수분은 퇴비 품질 판정 기준의 최적 수분 30~40%를 초과한 73%로서 건조가 필요하였으며, 탄질비는 16~17로서 적정수준인 20이하를 유지하고 있었다. 한편, 퇴비화 분해단계 온도는 55~60℃의 범위가 연 2~3일이상을 유지하여 병원균 및 잡초종자 등을 사멸할 수 있었으며, 산도는 적정치인 6~8보다 약간 높은 8.2를 나타내고 있었다.

105ppm으로 되고, 실험 III 처리는 7일째에 최고 250~300ppm이며, 10일째는 90~170ppm로서 높게 나타내고 있었다. 이러한 암모니아 가스농도가 증가하는 원인은 순환퇴비의 산도가 8.1로서 높은 값을 나타내어 질소손실이 많고, 탄질비가 17.6으로 낮기 때문에 일어난 현상이다. 따라서, 퇴비화 분해 단계의 발생취기의 퇴비탈취처리로서 질소손실을 방지함과 동시에 대기오염 방지가 필요하였다.

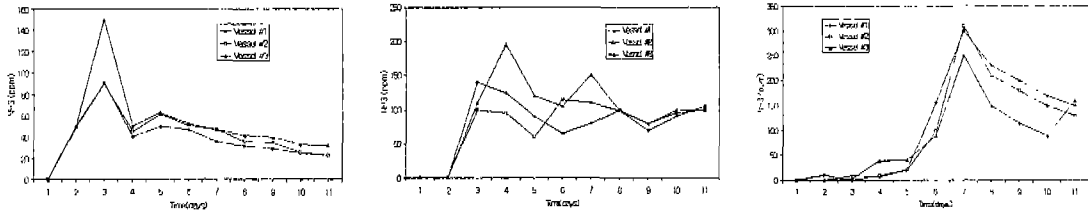


Fig. 3 Ammonia emission variations for laboratory vessel with treatment I, II and III.

요컨대, 부자재 비용 절감을 위한 유우분과 왕겨 혼합물의 순환퇴비화 처리시스템은 분해 단계의 배기가스의 생물학적 탈취처리(퇴비탈취) 및 분해단계 이후의 안정화 퇴비의 수분 저하를 위해서 자연 건조가 필요하였다.

Table 4. Final chemical and physical properties of composted mixtures

Test Series	Description	MC (%wb)	T-C (% db)	T-N (% db)	C/N (-)	pH (-)	Ash (% db)	Density (kg/m ³)
I	Vessel #1	70.6	39.29	1.88	20.9	7.9	4.9	432
	Vessel #2	71.6	39.38	1.92	20.5	7.9	4.2	389
	Vessel #3	71.1	39.16	1.80	21.7	7.9	4.7	419
II	Vessel #1	74.4	38.52	2.07	18.6	8.2	4.2	491
	Vessel #2	71.2	38.51	1.96	19.6	8.2	4.7	452
	Vessel #3	72.9	39.38	1.91	20.6	8.2	4.6	441
III	Vessel #1	73.7	38.99	2.30	17.0	8.2	5.0	518
	Vessel #2	73.2	38.74	2.42	16.0	8.2	4.9	455
	Vessel #3	73.3	38.65	2.37	16.3	8.2	5.1	468

Table 5. Loss in mass and condensed water generated

Test Series	Description	Mass (kg)			Percent loss (%)	Condensed water (gr)
		Initial	Final	Loss		
I	Vessel #1	6.0	5.3	0.7	11.9	20
	Vessel #2	5.7	4.8	0.9	15.6	20
	Vessel #3	5.4	5.2	0.2	4.1	60
II	Vessel #1	6.7	6.0	0.7	9.9	20
	Vessel #2	6.3	5.6	0.7	11.8	0
	Vessel #3	6.0	5.4	0.6	9.4	20
III	Vessel #1	7.2	6.4	0.8	11.2	0
	Vessel #2	6.4	5.6	0.8	12.2	0
	Vessel #3	6.4	5.8	0.6	9.8	20

IV. 결론

본 연구는 가축분뇨 고품 퇴비화처리에 사용되는 부자재(톱밥, 왕겨, 수피 등의 농산물 폐기물)의 구입 비용 절감과 퇴비화처리 작업 성능 개선을 위해서 안정화 퇴비를 부자재로서 일부 리사이클하는 순환 퇴비화 시스템 개발을 목적으로 실험용 원통형 회전식 반응조를 설계, 제작하여 3처리의 실험별로 구분하여 3개의 반응조에서 일어나는 통기퇴적식 퇴비화 반응의 이화학적 특성, 분해단계의 퇴비화 온도 변동 및 암모니아 가스 농도 변화 등이 퇴비 품질과 대기 오염에 미치는 영향을 분석하였다.

유우분에 왕겨를 혼합하여 최적 수준의 통기량 범위에서 초기재료의 수분, 탄질비, 산도 등이 같은 재료로서 3개의 실험수준에서 3개의 반응조에서 퇴비화 처리하는 동안에 분해 단계의 퇴비온도, 암모니아 가스 농도, 퇴비 품질 등을 측정하여 퇴비화 성능과 안정화 정도를 비교하였다.

본 연구에서는 유우분에 왕겨와 순환퇴비 혼합 정도가 퇴비 품질과 암모니아 휘산에 미치는 영향을 파악하기 위하여 퇴비의 이화학적 성질, 퇴비온도 및 암모니아 가스 농도 등을 비교 분석한 것으로서 주요결과는 다음과 같다.

1. 퇴비화 기간의 암모니아 휘산은 순환퇴비의 혼합량이 많을수록 크게 나타 났으며 이것은 산도가 8.1, 수분이 48%로서 높고, 탄질비가 17.6으로 낮기 때문이다.
2. 퇴비화 분해단계의 온도변동은 거의 동일한 패턴을 나타 냈으며 퇴비품질 기준에 적은 영역인 40~60℃를 유지하였고, 병원균과 잡초종자 등의 사멸온도(55~60℃)를 2~3일 이상 유지하였다.
3. 퇴비화 분해 단계 말미에서 발생된 암모니아 가스농도는 유우분과 왕겨 혼합물의 경우는 최대허용 범위(50ppm)이하를 유지하였으나, 유우분에 순환퇴비가 혼합된 경우는 100ppm 이상을 나타내어 탈취가 필요했다.
4. 퇴비화 품질은 수분이 모두 71~74%로서 40%이하(적정 수분)로 건조가 필요하였고, 산도는 8.0~8.2로서 적정 값(8이하)보다 약간 높았다. 탄질비는 유우분과 순환퇴비 혼합물은 20이하로서 적정수준을 나타냈으나, 왕겨 혼합물에서 20이상으로서 약간의 안정화 기간이 필요하였다.

참고문헌

1. ASAE, 1997, EP470 DEC96. Manure storage safety, ASAE St Joseph, MI 49085 U.S.A, pp.713-717.
2. Hong, J. H., K. J. Park and B. K. Sohn, 1999, Ammonia emission during positive aeration on composting dairy manure amended with rice hulls, Jour. of the Korean Soc. of Agricultural Engineers, 41(2) pp. 55-60.
3. Hong, J. H., H. M. Keener and D. L. Elwell, 1998, Preliminary study of the effect of the continuous and intermittent aeration on composting hog manure, Compost Science & Utilization Vol. 6(3) pp.74-83.