

# 발효퇴비 첨가수준이 돈분퇴비화 초기과정에 미치는 영향

정광화 · 허미영 · 김재환 · 곽정훈 · 정만순 · 강희설

농촌진흥청 국립축산과학원

## Effects of Supplemental Levels of Fermented Compost on the Early Stage Composting Process of Pig Manure

Jeong, K. H., Heo, M. Y., Kim, J. H., Kwag, J. H., Jeong, M. S. and Kang, H. S.

National Institute of Animal Science, R.D.A., Suwon, Korea

### Summary

The best way to treat livestock manure is to recycle as much as possible. The composting of livestock manure is a safe and economical treatment process. This study was carried out to investigate decomposition effect of pig manure by adding fermented compost. The fermented compost was added in pig manure mixed with sawdust as an inoculator, and the mixture was fed to composting reactor. Supplemental levels of fermented compost on the pig manure mixed with sawdust were regulated at 5, 10, 15 and 20% (V/V) respectively.

The results were as follows ;

1. In all cases, pH range was between 7.6~9.05 during composting period.
2. The highest temperature and the long duration of thermophilic stage were observed in control treatment.
3. The number of microorganism reached at maximum on day 4, which recorded the highest temperature
4. Compost pile mixed with 10% of inoculator (fermented compost) showed the highest C/N ratio reduction.

(Key words : Composting, Fermented compost, Pig manure)

### 서 론

가축분뇨는 일반 산업폐수에 비해 유기물 질 함량이 높기 때문에 수거 방식에 따라 약 간식의 차이는 있지만 대부분의 가축분뇨에는 수거 후에도 약 70% 이상에 달하는 유기물이 함유되어 있다. 이 유기물을 발효시켜 토양과 작물에 유용한 형태로 안정화시키

는 것이 퇴비화나 액비화를 비롯한 현행 가축분뇨 처리과정에서의 주요한 관심사항이다. 그 중에서도 퇴비화는 현재 우리나라 가축분뇨처리의 근간을 이루는 방법으로서 농가들이 일반적으로 가장 많이 쉽게 접근할 수 있는 방법이면서도 기술적으로 고려해야 할 사항이 많기도 한 방법이다. 퇴비화과정에서 유기물 분해의 주체는 퇴비단에 서식하

Corresponding author : Kwanghwa Jeong, National Institute of Animal Science, R.D.A., Suwon 441-706, Korea; Tel : +82-31-290-1732, E-mail: gwhaju@korea.kr

2009년 11월 2일 투고, 2009년 12월 26일 심사완료, 2009년 12월 30일 게재확정

는 미생물이다. 가축분뇨 중의 유기물질이 분해되어 안정화되는 과정이 이 미생물에 의해 진행되어진다. 가축분뇨 처리에서 안정화라고 하는 것은 유기형태로 존재하고 있는 물질들의 상태를 무기형태로 전환시켜주는 것을 의미한다. 예를 들어 경작지에 시용된 질소가 유기형태인 암모니아 형태로 존재할 경우 가스상태로 대기 중에 휘산되어 악취를 유발하며, 식물(특히 어린식물)의 뿌리에 접촉할 경우 작물의 생육에 해를 입히는 원인 물질로 작용할 수 있다. 반면에 이 질소가 무기화된 형태인 질산성질소나 암모늄이온 등으로 존재할 경우에는 식물이 직접 흡수할 수 있는 영양원으로 그 모습이 달라지는 것이다. 퇴비화 개시단계에 있어 이들 미생물의 양호한 성장여부가 퇴비화 효율을 결정하므로 이들 미생물의 생활조건 조성을 위해 공기를 불어넣어주는 산기설비를 운영하기도 하고 퇴비화관련 미생물 제제를 혼합하기도 한다.

본 연구에서는 미생물 공급원으로서의 기존 발효퇴비를 신규 퇴비단에 혼합처리 하였을 경우가 퇴비화 개시 초기과정에 미치는 영향을 분석하기 위해서 기존퇴비 혼합수준

별로 처리구를 구분하여 퇴비화 시험을 실시하였다.

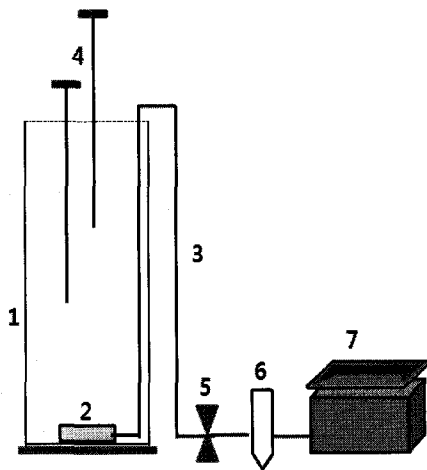
## 재료 및 방법

### 1. 퇴비화 재료

스크레퍼식 돈사로부터 수거된 신선한 양돈분뇨에 톱밥을 혼합한 재료를 대상으로 하여 퇴비화 시험을 수행하였다. 퇴비화 개시 전단계의 식종재료로는 경기도 Y시에 소재한 축협퇴비화 시설에서 발효 후 후속처리한 그린퇴비를 사용하였다. 식종용 발효퇴비의 첨가수준은 돈분과 톱밥을 혼합한 원재료 대비 5, 10, 15 그리고 20% 수준으로 하여 원물대비 V/V% 기준으로 혼합하였다.

### 2. 실험장치

본 연구의 수행을 위해 직경 35 cm, 높이 100 cm의 투명아크릴을 이용하여 호기적 발효장치를 구성하였으며 그 형태는 Fig. 1과 같다.



- |                |                |
|----------------|----------------|
| 1. Reactor     | 5. Valve       |
| 2. Diffuser    | 6. Distributor |
| 3. Air line    | 7. Air pump    |
| 4. Thermometer |                |



Fig. 1. Schematic diagram of experimental setup.

퇴비화 시험장치는 반응조 외부온도로부터의 영향을 최대한 감소시키기 위하여 온실에 설치하였고, 실내의 환기를 조절하여 주야간의 온도차이를 최소화 하였다. 실험 전 기간 동안 퇴비화는 공기공급시스템에 의해 호기적 상태에서 진행하였다. 퇴비화 기간 동안 퇴비단의 온도변화는 1일 3회 이상 측정하였으며, 이때 가스검지관을 사용하여 암모니아 발생량도 함께 측정하였다. 암모니아 농도 측정위치는 각 반응조의 퇴비단 상부 2cm 높이에서 측정함으로써 반응조간의 상호간섭을 최대한 배제토록 하였다. 퇴비화 기간동안 뒤집기는 총 4회에 걸쳐 실시하였으며 뒤집기 시기는 퇴비단의 온도변화를 기준으로 결정하였다. 뒤집기는 2×3.5 m 규격의 깨끗한 비닐 위에 반응조 내의 퇴비재료를 쏟은 다음 네 모퉁이 및 중앙부의 높이를 달리하면서 고르게 혼합되도록 하였다. 완전 혼합 후 각 처리별 퇴비가 오염되지 않도록 주의하면서 분석용 시료를 AOAC에 규정된 방법에 준해 채취한 후 혼합퇴비는 각 반응조에 주의 깊게 다시 채워 넣었다(AOAC, 2007). 혼합시 각 처리별 교차오염을 예방하기 위하여 혼합용 비닐은 매 반응조마다 새 비닐로 교체하여 사용하였다.

### 3. 분석방법

시료는 채취 즉시 실험실로 이송하여 분석에 임하였고 미생물 분석을 위한 시료는 무균용기에 채취하여 이송 즉시 분석하였으며 모든 시료는 표준분석법에 준하여 분석을 실시하였다(AOAC, 2007). 채취한 시료의 성분

분석을 위하여 Orion 920A+(pH), AA280FS(무기물), CARY 300(흡광광도분석) 등의 기기를 이용하였고 C/N 분석에는 자동원소분석기(Vario MACRO)를 사용하였다. 퇴비 중의 미생물 분석은 평판법을 이용하여 규정된 조건에서 배양한 후 생성된 Colony를 계수 하였다.

### 4. 시험 재료

시험수행을 위해서 돈분뇨와 톱밥을 혼합한 퇴비화 원재료를 조제한 후 식종 재료로서 기존퇴비를 처리 수준별로 첨가한 다음 고르게 교반하였다. 본 시험에 사용된 각 원재료의 특성은 Table 1에 나타난 바와 같다. 아래 Table의 분석수치는 건물상태를 기준으로 한 것이다.

돈사에서 스크래퍼에 의해 배출된 지 하루 이내의 신선한 상태의 분을 수거하여 톱밥과 혼합하였다. 톱밥은 혼합한 퇴비단의 수분이 65% 내외가 될 수 있는 양을 산정하여 혼합하였으며, 본 시험에 사용된 톱밥은 C/N가 약 690 정도로 분석되었다. 식종재료로 혼합된 발효퇴비의 C/N는 23 이었으며 수분 함량은 41% 수준이었다.

## 결과 및 고찰

### 1. 처리별 퇴비단 온도변화

퇴비화에 있어서 온도변화는 퇴비화 진행상태를 파악할 수 있는 주요 척도이다. 가축분뇨 등의 유기물이 존재할시 퇴비화 관련

Table 1 Chemical characteristics of raw material used in this study

Classification	pH	N (%)	P (%)	C/N
Pig manure	7.98	3.31	1.52	18
Sawdust (Bulking agent)	5.39	0.09	0.01	693
Compost (Inoculator)	9.06	1.64	0.62	23

미생물이 유기물을 분해하면서 열을 발생하며 부가적으로 NH<sub>3</sub>와 CO<sub>2</sub> 그리고 H<sub>2</sub>O가 생성되며 이 과정에서 더 많은 미생물이 증식하게 된다. 본 시험과정에서 퇴비화 진행과정에서 관측된 퇴비단의 온도변화를 Fig. 2에 도시하였다.

퇴비화 개시 2일 경과 후에 각 처리별 온도는 67~71℃ 내외로 상승하였다. 발효퇴비를 첨가하지 않은 대조구와 발효퇴비 5% 첨가수준의 두 개의 퇴비단에서 71℃ 까지 상승하였으며 발효퇴비 15% 첨가수준에서 67℃를 기록하여 온도 최고점이 제일 낮았다. 대조구에서의 초기발효온도는 Table 2에서 보여지듯이 타 처리구에 비해 상승개시 시점이 더 느렸지만 개시 2일째에 타 처리구와 함께 최고 온도에 도달하였다. 최고온도를 기록한 2일 째의 각 처리구별 온도는 통계적으로는 차이를 보이지는 않았다. 발효개시 3일 이후로는 퇴비단의 온도가 하강하였으며 하강속도는 발효퇴비 첨가구에서 빠른 경향을 보였으며 대조구가 가장 완만한 하강추세를 나타냈다. 퇴비화 후 4일 째에 퇴비단의 온도가 35℃ 내외까지 하강한 관계로 1차 뒤

집기를 실시하였다. 뒤집기 실시 후 퇴비단의 온도가 다시 상승하였으며 그 상승 정도는 15~19℃ 사이를 보였다. 대조구에서 19℃의 상승폭을 나타내며 54℃까지 상승하였으며 10% 처리구가 47℃를 기록함으로써 온도 상승폭이 가장 적었다. 나머지 처리구의 온도 변화폭은 17±1℃로서 유사한 결과를 보였다. 2차 뒤집기를 실시한 후 온도변화는 다른 양상을 나타내서 대조구의 온도 재상승폭이 9℃로 각 퇴비단 중에서 가장 적었으나 온도 하강속도가 가장 느린 경향을 보임으로써 3차 뒤집기 전에는 다시 가장 높은 온도를 유지하였다. 퇴비화 개시 11일 후에 실시한 3차 뒤집기 이후로는 대조구를 포함한 각 처리구의 온도 상승폭이 5℃ 내외로 미미하였다. 발효퇴비 혼합구에서는 잠시 상승하였던 온도가 뒤집기 2일 후에 다시 하강하여 외기온과 비슷한 온도대를 형성하였다. 그러나 대조구는 퇴비단의 온도가 30℃ 이상을 유지하며 외기온보다 10℃ 이상 높은 상태를 지속하고 있었으며 4차 뒤집기를 실시한 15일째 이후에도 다른 처리구에 비해 높은 온도를 유지하는 경향을 보였다. 이 결과는 대

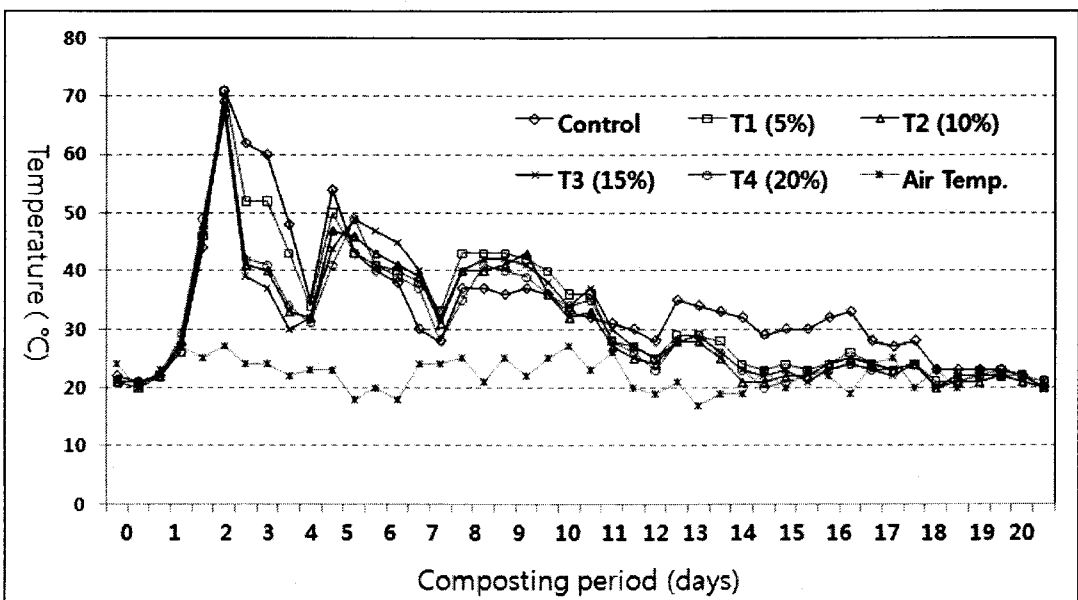


Fig. 2. Temperature variations of experimental compost piles during composting period.

Table 2. Temperature variation of compost piles during early stage of composting

Classification	Initiation	1st day	2nd day	3rd day	4th day	5th day	6th day	7th day
Control	21.5 <sup>a</sup>	43.5 <sup>c</sup>	71.0 <sup>a</sup>	46.0 <sup>a</sup>	34.5 <sup>a</sup>	53.5 <sup>a</sup>	38.0 <sup>a</sup>	28.0 <sup>b</sup>
T1	21.5 <sup>a</sup>	45.5 <sup>bc</sup>	70.5 <sup>a</sup>	43.0 <sup>ba</sup>	34.0 <sup>ba</sup>	50.0 <sup>ba</sup>	40.0 <sup>a</sup>	33.0 <sup>a</sup>
T2	22.0 <sup>a</sup>	48.0 <sup>ba</sup>	67.5 <sup>a</sup>	32.5 <sup>b</sup>	31.5 <sup>ba</sup>	46.5 <sup>bac</sup>	40.5 <sup>a</sup>	31.0 <sup>ba</sup>
T3	22.0 <sup>a</sup>	47.0 <sup>ba</sup>	67.0 <sup>a</sup>	30.0 <sup>b</sup>	31.5 <sup>ba</sup>	44.0 <sup>bc</sup>	45.0 <sup>a</sup>	32.0 <sup>ba</sup>
T4	21.5 <sup>a</sup>	49.0 <sup>a</sup>	69.0 <sup>a</sup>	33.5 <sup>b</sup>	31.0 <sup>b</sup>	41.0 <sup>c</sup>	39.0 <sup>a</sup>	28.0 <sup>b</sup>

조구가 다른 처리구에 비해 분해되어질 유기물이 상대적으로 더 많이 잔존함으로써 유기물 분해에 따른 열이 더 오래 지속되는 현상에 기인한 것으로 판단된다. 18일째 이후로는 전 퇴비단이 외기온과 비슷한 온도까지 하강하였다. 온도변화가 상대적으로 큰 퇴비화 초기의 각 처리구별 온도변화는 Table 2에 나타난 바와 같다.

본 시험에서는 대조구를 포함한 각 처리구 공히 퇴비화가 진행될수록 뒤집기 이후의 온도 변화폭이 감소하였다. 본 시험에서 뒤집기 이후 하강하였던 온도가 단시간 내에 상승하는 경향을 보였는데 이는 류<sup>2)</sup> 등의 보고와 유사한 결과이다.

2. 처리별 퇴비단의 암모니아 발생정도

암모니아는 미생물이 유기물을 분해하는 과정에서 생성되는 악취성 기체로서 통상적으로 온도와 pH가 높은 경우에 많이 발생한다. 본 시험기간 동안 각 처리구별로 발생한 암모니아 농도를 Fig. 3에 도시하였다.

본 시험기간 동안 각 처리별 퇴비단에서의 암모니아 발생양태는 Fig. 2에서의 온도변화 패턴과 유사한 경향을 보여주고 있다. 즉 발효온도가 높은 시기에는 암모니아 발생농도가 높고 뒤집기 이후의 퇴비단 온도상승은 암모니아 발생정도의 증가추세를 수반하는 것으로 나타났다. 이는 이<sup>3)</sup> 등이 보고한 내

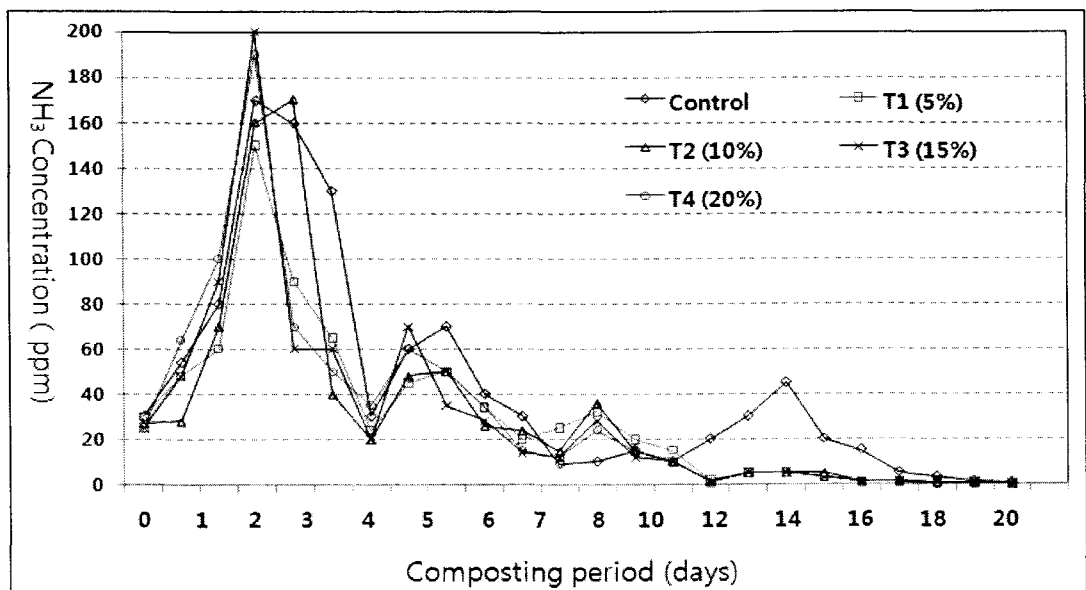


Fig. 3. Variations of ammonia emission from compost piles during composting period.

용과 유사한 결과이다. 각 처리구별 암모니아 발생농도는 거의 비슷한 모습을 보여 주고 있는데 퇴비화 개시 초기에 암모니아 발생은 최고조에 달하는 것으로 나타났다. 퇴비단의 온도가 최고치를 나타낸 퇴비화 2일째에 발생된 암모니아 농도는 150~200 ppm 을 기록하였으며 암모니아 발생 최고치는 발효퇴비 15% 첨가구에서 기록한 200 ppm 이었고 20% 첨가구, 대조구, 10%, 5% 첨가구가 각각 190, 170, 160, 150 ppm의 암모니아 발생농도를 기록함으로써 그 뒤를 이었다. 그러나 초기 최고치를 기록한 15%와 20% 첨가구에서는 시간이 경과함에 따라 암모니아 농도가 감소하여서 3일째부터는 타 처리구에 비해 전반적으로 낮은 경향치를 보였다. 퇴비화 초기의 각 처리구별 암모니아 발생량 변화는 Table 3에 나타난 바와 같다.

퇴비화 전 기간 동안을 기준하여 볼 때에는 대조구에서 암모니아 발생정도가 높은 반면에, 10% 첨가구가 타 처리구에 비해 상대적으로 양호한 것으로 판단된다.

아래의 Fig. 4는 공기 유출입이 차단된 공간에서 높이별로 암모니아 농도분포를 조사한 결과를 도시한 것이다.

외부와의 공기유통을 차단한 상태에서 퇴비단에서 발생된 암모니아가 실내 공간의 높이에 따라 존재하는 양상을 조사한 결과, 공기 흐름이 적은 실내의 경우 암모니아는 높은 위치에서 더 고 농도로 존재하는 경향을

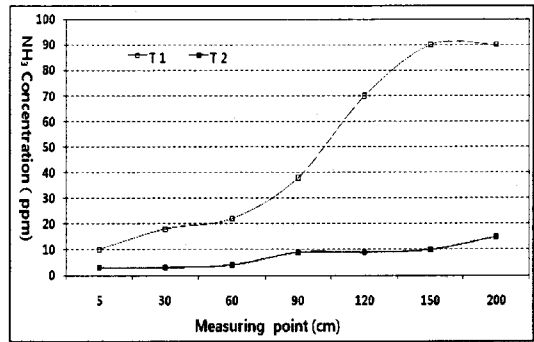


Fig. 4. Variations of ammonia concentration in accordance with height difference.

보였다. 본 시험에서는 실내 암모니아 최고 농도가 90 ppm일 경우(T1)나 15 ppm일 경우에도 결과는 유사하였다. 이는 공기와 암모니아의 비중차이 그리고 실내 공기의 대류현상에 의한 복합적 요인이 적용된 것으로 판단된다.

### 3. 처리별 퇴비단의 pH 변화

퇴비화시의 pH는 퇴비단 내에 서식하고 있는 미생물의 활력과 연관이 된다. 퇴비화를 위한 적정 pH는 6.5~9.5 사이인데 석회계열의 재료를 혼합하는 경우를 제외하고는 통상적으로 가축분뇨 퇴비화의 경우 이 범위를 벗어나는 경우는 드물다. 아래의 Fig. 5는 본 시험과정 중에 조사된 pH의 변화패턴을 도식화 한 것이다.

Table 3. Variations of ammonia emission from compost piles during early stage of composting

(Unit : ppm)

Classification	Initiation	1st day	2nd day	3rd day	4th day	5th day	6th day	7th day
Control	29.5 <sup>a</sup>	53.5 <sup>b</sup>	170.0 <sup>b</sup>	130.0 <sup>a</sup>	30.0 <sup>a</sup>	70.0 <sup>a</sup>	40.0 <sup>a</sup>	30.0 <sup>a</sup>
T1	30.0 <sup>a</sup>	47.5 <sup>c</sup>	149.5 <sup>c</sup>	66.0 <sup>b</sup>	23.5 <sup>b</sup>	49.5 <sup>b</sup>	34.0 <sup>ba</sup>	20.0 <sup>c</sup>
T2	26.5 <sup>b</sup>	28.5 <sup>d</sup>	160.0 <sup>cb</sup>	40.0 <sup>d</sup>	19.5 <sup>b</sup>	50.0 <sup>b</sup>	26.0 <sup>c</sup>	23.5 <sup>b</sup>
T3	24.5 <sup>c</sup>	48.0 <sup>c</sup>	200.0 <sup>a</sup>	59.5 <sup>cb</sup>	20.0 <sup>b</sup>	35.0 <sup>c</sup>	27.0 <sup>bc</sup>	13.5 <sup>d</sup>
T4	25.0 <sup>c</sup>	64.0 <sup>a</sup>	190.0 <sup>a</sup>	50.0 <sup>cd</sup>	35.0 <sup>a</sup>	50.0 <sup>b</sup>	33.5 <sup>bac</sup>	15.0 <sup>d</sup>

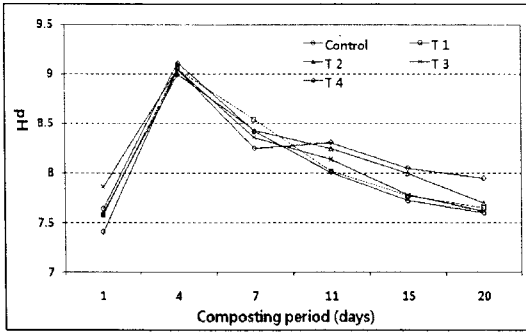


Fig. 5. pH variations of compost piles with time.

본 시험에서 수행된 퇴비화의 진행초기에는 pH가 상승하는 경향을 보였다. 이는 퇴비화 진행 초기단계에서 발생하였던 암모니아 농도 증가와 연관되어진 것으로 볼 수 있다. 이는 Cardenas<sup>10)</sup> 등이 보고한 내용과 유사한 결과이다. 가축 분은 질소 함량이 높으므로 호기적 조건에서의 퇴비화시에 암모니아 발생정도가 높은 경향이 있다. 암모니아는 온도와 pH가 높을 경우 더 많이 발생하는 특성이 있는데, 본 시험에서 관측된 온도 최고 상승기에 암모니아 발생량과 비례하여 pH도 상승하는 경향을 보이고 있고 대조구의 경우에 그 경향이 더 뚜렷하게 나타나고 있다. 이 결과는 고<sup>1)</sup> 등과 황과 조<sup>8)</sup> 등이 보고한 내용과 유사한 결과이다. 퇴비화가 진행되어짐에 따라 pH는 점차 낮아지는 경향을 보였지만 각 처리구간에 통계적으로 유의적인 차이는 보이지 않았다. 본 시험의 퇴비화 후기에는 각 처리별 pH가 약 7~8 사이로 낮아지는 추세를 나타냈다. 이 결과는 정<sup>6)</sup> 등이 보고한 내용과 유사한 결과이다.

#### 4. 처리별 퇴비단의 수분 함량 변화

퇴비단의 수분 함량은 퇴비화 개시 및 진행에 있어 매우 중요한 요소이다. 통상적으로 퇴비화개시를 위한 적정수분 함량은 65%로 알려져 있다. 본 시험에서는 수분조절재로서 톱밥을 혼합하여 퇴비단의 초기 수분함량을  $65 \pm 3\%$ 의 범위내로 조절하여 퇴비화 시험을 실시하였다. 아래 Table 4는 퇴비화 진행에 따른 각 처리별 수분 함량의 변화정도를 나타낸 것이다.

돈분과 톱밥을 혼합한 퇴비화 원료의 수분 함량은 67.64% 수준으로 조절되었다. 이 원료를 대조구로 하여 식종원으로 사용된 기준 발효퇴비를 각 처리수준별로 혼합하여 퇴비화 시험을 개시하였다. 식종원으로 사용된 발효퇴비의 수분 함량은 41.4% 수준이었다. 혼합 처리구의 수분 함량은 63.7~65.8% 범위로 조절되었다. 각 처리별로 퇴비화 개시시의 수분 함량이 약간씩 다른 이유는 발효퇴비와 퇴비화 원료의 수분차이에 기인한 것이다. 퇴비화 진행에 따라 각 처리구 공히 수분함량이 감소하였는데 본 시험의 퇴비화 기간 동안 각 처리구별 수분감소 정도는 10% 혼합구, 20%, 5% 그리고 15% 혼합구에서 각각 15.8%, 15.1, 14.9 그리고 14.6%의 수준을 나타냈다. 동 기간동안 대조구의 수분 감소율은 약 12.7%로서 시험구에 비해 낮은 수분감소율을 나타냈다. 수분감소 정도는 퇴비화 초기에 높았으며 퇴비화 중반기에 들어서 약간 낮아지는 경향을 보이다 후반기에 들어서 다시 높아지는 추세를 보였다. 퇴비화

Table 4. Variations of moisture content of compost piles during composting process

(Unit : %)

Classification	Initiation	4th day	7th day	11th day	15th day	20th day
Control	67.64 <sup>a</sup>	64.65 <sup>a</sup>	63.76 <sup>a</sup>	63.40 <sup>a</sup>	61.12 <sup>a</sup>	59.17 <sup>a</sup>
T1	65.80 <sup>ba</sup>	64.47 <sup>a</sup>	63.81 <sup>a</sup>	61.50 <sup>b</sup>	59.95 <sup>b</sup>	56.00 <sup>b</sup>
T2	65.65 <sup>ba</sup>	62.64 <sup>a</sup>	62.63 <sup>a</sup>	60.00 <sup>cb</sup>	58.38 <sup>c</sup>	55.32 <sup>b</sup>
T3	63.70 <sup>b</sup>	61.94 <sup>a</sup>	60.01 <sup>b</sup>	58.60 <sup>c</sup>	57.37 <sup>c</sup>	54.38 <sup>b</sup>
T4	65.02 <sup>ba</sup>	62.21 <sup>a</sup>	61.00 <sup>b</sup>	60.00 <sup>cb</sup>	58.02 <sup>c</sup>	55.20 <sup>b</sup>

기간 동안 퇴비단의 수분 함량 변화는 퇴비화 중후반기에 다소간의 차이를 보이지만 퇴비화 말기를 포함한 전 기간 동안 각 처리구의 수분 함량변화 패턴은 일정한 추세를 보였다. 본시험 기간동안 발효온도와 C/N의 변화정도 그리고 pH 수준 등을 고려하여 볼 때 전반적인 퇴비화 진행정도는 양호한 것으로 판단되나 퇴비화 완료 후 각 처리구별 수분함량이 55% 내외 수준인 것을 감안하면 별도의 후숙처리 과정이 추가로 필요한 것으로 판단된다.

5. 처리별 퇴비단의 C/N을 변화

퇴비화 과정에서 C/N율은 퇴비화 관련 미생물의 활력과 관계가 된다. 탄소는 미생물의 에너지원이 되고 질소는 미생물의 구성원이 되기 때문에 이 비율이 적절히 조절되면 퇴비화 촉진에 긍정적인 효과를 가진다. 본 시험과정에서 퇴비화 진행시기에 따른 각 처리별 퇴비단의 C/N 변화 추세를 Table 5에 수록하였다.

퇴비화 기간이 경과함에 따라 각 처리별 퇴비단의 C/N는 공히 감소하는 결과를 보였

다. 각 처리구별 C/N 감소정도는 퇴비화 초기에 더 높게 나타났고 이러한 경향은 각 처리구에서 비슷한 추세를 보였다. 퇴비화 완료 후 탄질비율을 기준으로 볼 때 본 시험에서 수행된 각 퇴비화 처리구의 최종 퇴비 C/N는 퇴비화 분야에서 통상적으로 인정되는 발효퇴비의 수준에 부합하는 것으로 판단된다.

6. 처리별 퇴비단의 미생물상 변화

가축분의 퇴비화는 퇴비화관련 미생물의 활동에 의해 이루어진다. 최근에는 퇴비화 촉진을 위해서 유용미생물을 첨가하는 연구 결과가 홍<sup>7)</sup> 등에 의해 보고되어진 바 있다. 본 시험에서는 기존 부숙퇴비를 퇴비화 미생물 식종원으로서 활용할 경우가 퇴비화 진행에 미치는 효과를 분석하기 위한 시험을 실시하였다. 본 시험에 식종원으로 사용된 기존 부숙퇴비의 미생물 분포를 분석한 결과 방선균은  $8.8 \times 10^7$  수준이었고 진균이  $3.6 \times 10^6$  그리고 총 세균은  $2.2 \times 10^8$ 의 수준으로 존재하였다. 퇴비화 기간의 경과에 따라 각 혼합수준별 Acinotomyces 분포 변화를 Table 6에 수록하였다.

Table 5. C/N variations of compost piles during composting period

Classification	Initiation	7th day	11th day	Finish
Control	26.8 <sup>b</sup>	21.3 <sup>b</sup>	19.5 <sup>bc</sup>	19.0 <sup>a</sup>
T1 (mixing ratio 5%)	28.4 <sup>ba</sup>	24.8 <sup>a</sup>	20.3 <sup>a</sup>	18.9 <sup>a</sup>
T2 (mixing ratio 10%)	28.8 <sup>a</sup>	24.3 <sup>a</sup>	19.2 <sup>c</sup>	18.5 <sup>b</sup>
T3 (mixing ratio 15%)	28.1 <sup>ba</sup>	24.6 <sup>a</sup>	19.4 <sup>bc</sup>	18.4 <sup>b</sup>
T4 (mixing ratio 20%)	26.9 <sup>b</sup>	23.5 <sup>a</sup>	20.1 <sup>ba</sup>	18.2 <sup>b</sup>

Table 6 Changes of Acinotomyces counts during composting period

(Unit : cfu/mL)

Classification	1st day	4th day	7th day	11th day
Control	$3.0 \times 10^7$	$9.9 \times 10^7$	$7.5 \times 10^6$	$3.8 \times 10^6$
T1 (mixing ratio 5%)	$2.5 \times 10^7$	$4.3 \times 10^7$	$1.8 \times 10^7$	$5.8 \times 10^6$
T1 (mixing ratio 10%)	$1.3 \times 10^7$	$4.1 \times 10^7$	$2.3 \times 10^7$	$8.4 \times 10^6$
T1 (mixing ratio 15%)	$1.3 \times 10^7$	$2.2 \times 10^7$	$3.5 \times 10^7$	$2.6 \times 10^7$
T1 (mixing ratio 20%)	$8.4 \times 10^7$	$3.4 \times 10^6$	$1.8 \times 10^7$	$2.2 \times 10^6$



본 시험개시 초기의 방선균은 각 처리구별로 다소의 차이는 있었지만 전반적인 추세를 살펴보면 퇴비단의 온도가 올라가는 퇴비화 초기에 증가하는 경향을 보였다. 이는 퇴비화 초기의 중온성 진균과 세균들의 분해활동에 의해 온도가 상승함으로써 고온성 균인 방선균의 밀도가 높아진다는 Pancholy<sup>11)</sup> 등의 보고와 유사한 결과를 보이는 것으로 판단된다.

본 시험에서 가축분뇨의 퇴비화 과정초기엔 방선균은 퇴비온도가 올라가면 증가하는데 퇴비화 기간이 경과하고 온도가 낮아짐에 따라 감소하는 경향을 보였다. 이는 이<sup>4)</sup> 등이 보고한 내용과 유사한 결과이다. 반면에 기준퇴비 20% 혼합구에서는 초기증가가 상대적으로 느린 경향을 보였다. 퇴비화 과정에 따른 진균의 변화추세는 아래 Table 7에 수록하였다.

본 시험에서 혼합 처리구의 경우 진균의 수는 퇴비화 진행에 따라 증가 후 감소하는

경향을 보이고 있다. 이는 신<sup>3)</sup> 등의 보고와 유사한 결과이다. 대조구의 경우에는 퇴비화 기간의 경과에 따라 감소하다가 다시 증가하는 경향을 보이고 있다. 퇴비화진행 과정에 따른 총 세균수는 Table 8에 수록한 바와 같다.

퇴비화에 따른 총세균수도 퇴비와 개시 후 증가하다가 퇴비단의 온도 감소와 함께 감소하는 경향을 보이고 있고 이러한 추세는 전 처리구에서 공히 관찰되었다. 이는 퇴비화 진행에 따라 미생물들이 기질로 이용하는 유기물이 감소하는 것과 연관이 있는 것으로 사료된다. 본 시험에서 조사한 퇴비단의 온도변화와 pH 변화, 암모니아 발생량 그리고 미생물의 수와 C/N의 변화율 등을 종합적으로 연관지어볼 때 상기 요소들이 퇴비단 내의 유기물 감소정도와 상호 연관관계를 가지는 것으로 판단되어진다.

Table 7. Changes of Fungi counts during composting period

(Unit : cfu/mL)

Classification	1st day	4th day	7th day	11th day
Control	2.2×10 <sup>6</sup>	3.9×10 <sup>5</sup>	2.8×10 <sup>5</sup>	2.9×10 <sup>6</sup>
T1 (mixing ratio 5%)	3.1×10 <sup>5</sup>	1.4×10 <sup>6</sup>	2.0×10 <sup>5</sup>	9.4×10 <sup>4</sup>
T1 (mixing ratio 10%)	2.4×10 <sup>6</sup>	5.4×10 <sup>5</sup>	2.5×10 <sup>5</sup>	7.2×10 <sup>4</sup>
T1 (mixing ratio 15%)	2.3×10 <sup>6</sup>	6.2×10 <sup>5</sup>	3.9×10 <sup>5</sup>	2.8×10 <sup>5</sup>
T1 (mixing ratio 20%)	1.2×10 <sup>6</sup>	9.2×10 <sup>5</sup>	8.5×10 <sup>5</sup>	1.2×10 <sup>5</sup>

Table 8 Changes of Total bacteria counts during composting period

(Unit : cfu/mL)

Classification	1st day	4th day	7th day	11th day
Control	7.0×10 <sup>6</sup>	6.8×10 <sup>8</sup>	1.7×10 <sup>8</sup>	3.2×10 <sup>7</sup>
T1 (mixing ratio 5%)	1.8×10 <sup>8</sup>	1.2×10 <sup>8</sup>	9.5×10 <sup>8</sup>	1.6×10 <sup>8</sup>
T1 (mixing ratio 10%)	1.2×10 <sup>8</sup>	4.0×10 <sup>8</sup>	5.2×10 <sup>8</sup>	1.1×10 <sup>8</sup>
T1 (mixing ratio 15%)	1.1×10 <sup>7</sup>	4.0×10 <sup>8</sup>	1.1×10 <sup>9</sup>	2.5×10 <sup>7</sup>
T1 (mixing ratio 20%)	3.4×10 <sup>7</sup>	8.6×10 <sup>8</sup>	2.3×10 <sup>9</sup>	7.9×10 <sup>7</sup>

요 약

인 용 문 헌

본 연구는 기존 발효퇴비의 첨가 수준이 퇴비화 진행과정에 주는 영향을 분석하기 위하여 실시하였다. 본 과제 수행에 있어 지금까지 도출된 주요 결과는 다음과 같다.

1. 퇴비화 개시 2일 경과 후에 각 처리별 온도는 67~71℃ 내외로 상승하였다. 발효퇴비를 첨가하지 않은 대조구와 발효퇴비 5% 첨가수준의 두 개의 퇴비단에서 71℃까지 상승하였으며 발효퇴비 15% 첨가수준에서 67℃를 기록하여 온도 최고점이 제일 낮았다. 온도변화를 기준으로 볼 때 퇴비화 전 기간 동안 대조구의 발효속도가 타 처리구에 비해 느린 것으로 판단할 수 있다.

2. 암모니아 발생양태는 온도변화 패턴과 유사한 경향을 보인다. 즉 발효온도가 높은 시기에는 암모니아 발생농도가 높고 뒤집기 이후의 퇴비단 온도상승은 암모니아 발생정도의 증가추세를 수반하는 것으로 나타났다.

3. 퇴비화의 진행초기에는 pH가 상승하는 경향을 보였다. 이는 퇴비화진행 초기단계에서 발생하였던 암모니아 농도 증가와 연관되어진 것으로 볼 수 있다. 퇴비화가 진행되어짐에 따라 pH는 점차 낮아져서 본 시험의 퇴비화 후기에는 pH가 각 처리구별로 다소간의 차이는 있지만 약 7~8 사이로 낮아지는 추세를 나타냈다.

4. 퇴비화 기간이 경과함에 따라 각 처리별 퇴비단의 C/N은 감소하는 결과를 보였다. 각 처리구별 C/N 감소정도는 퇴비화 초기에 더 높게 나타났고 이러한 경향은 각 처리구에서 비슷한 추세를 보였다.

5. 퇴비화에 따른 미생물 수는 퇴비와 개시 후 증가하다가 퇴비단의 온도 감소와 함께 감소하는 경향을 보이고 있고 이러한 추세는 전 처리구에서 공히 관찰되었다.

1. 고광백, 김영관, 운주환, 임재명, 한무영, 강선홍, 김동진, 김진호, 독고석, 박철휘, 송장수, 조옥상. 2004. 폐수처리공학. 동화기술. 65-67.
2. 류종원. 2008. 고수분 돈분 슬러리의 톱밥여과 퇴비화 현장적용 연구. 축산시설환경학회지 14(2):129-138.
3. 신완식, 이규승. 1996. 돈분 및 계분의 초기 퇴비화과정중 이화학적 특성과 미생물 활성변화. 축산시설환경학회지 2(2): 135-145.
4. 이은경, 정재춘. 1994. 첨가제를 달리한 음식쓰레기의 퇴비화 연구. 대한환경공학회지 16(8):953-962.
5. 이성현, 윤남규, 김경원, 이인복, 김태일, 장진택. 2006. 양돈 슬러리의 암모니아 발생특성에 관한 연구. 축산시설환경학회지 12(1):7-12.
6. 정준오, 안정희. 2001. 공기공급량이 음식 폐기물의 퇴비화 반응에 미치는 영향. 대한환경공학회지 23(6):1013-1021.
7. 홍지형, 박금주. 2009. 유용미생물 처리 음식물 쓰레기와 계분혼합물 퇴비화 특성. 축산시설환경학회지 15(1):59-68.
8. 황규대, 조영무. 2004. 축산폐수 전처리를 위한 암모니아 탈기공정의 운전조건이 암모니아 제거에 미치는 영향. 한국물환경학회지 20(1):86-92.
9. AOAC. 2007. Official Methods of Analysis. AOAC INTERNATIONAL.
10. Cardenas, R. R. and L. K. Wang, [cited by E. I. Jimenez and V. P. Garcia. 1989. Evaluation of city refuse compost maturity : A review. Biological wastes., 27:115-142.
11. Pancholy, S. K. and E. L. Rice. 1973. Soil enzymes in relation to old field succession: amylase, cellulase, invertase, dehydrogenase and urase. Soil Science society of America proceedings., 37, 47-50.