

## 공기공급량에 따른 산란계분의 퇴비화 특성변화에 관한 연구

곽정훈 · 조승희 · 정광화 · 김재환 · 최동운 · 정의수 · 정만순 · 강희설 · 라창식\*

농촌진흥청 국립축산과학원

## Investigation on the Characteristics Variation According to Air Supply Capacity in Layer Manure by Composting

Kwag, J. H., Cho, S. H., Jeong, K. H., Kim, J. H., Choi, D. Y., Jeong, Y. S., Jeong, M. S., Kang, H. S. and Ra, C. S.\*

National Institute of Animal Science, RDA., Suwon 441-350, Korea

### Summary

The composting of layer manure is economical and efficiently process. In this study, the variation of composting characteristics in layer manure was investigated according to air supply capacity.

The fermented compost was added in layer manure and mixed with sawdust inside composting reactors. The level of air supply capacity was varied in the range of 50~200 l/m<sup>3</sup>/min.

During composting the temperature variations of composting piles was different. the temperatures of composting piles for T-1 (50 l/m<sup>3</sup>/min) and T-2 (100 l/m<sup>3</sup>/min) were reached at 40°C and 50°C within 2 days, respectively. For T-3 (150 l/m<sup>3</sup>/min) and T-4 (200 l/m<sup>3</sup>/min), their temperatures was 60°C within same days and maintained during 8 days. Water contents decreased according to the air supply capacity; 8.9%, 15.4%, 18.0% and 18.6% for T-1, T-2, T-3 and T-4. The weight ratios of T-1, T-2, T-3 and T-4 were reduced to 12.8%, 15.6%, 18.1% and 17.9%, respectively. The decreasing volumetric ratios of T-1, T-2, T-3 and T-4 were 18.0%, 21.0%, 22.3% and 22.0%. The oxygen discharge concentrations during composting were 12 ppm for T-1, T-2 and 9 ppm for T-3 and T-4.

After composting, fertilizer components such as total nitrogen (TN) and phosphorous pentoxide (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) were examined at each air supply capacity. Nitrogen contents of the T-1, T-2, T-3 and T-4 were 0.75%, 0.74%, 0.72% and 0.64%. Also, The contents of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> were 0.35%, 0.40%, 0.38% and 0.42% for T-1, T-2, T-3 and T-4.

(Key words : Manure, Composting, Moisture content)

### 서 론

우리나라의 축산은 1970년대를 기점으로 하여 사육두수 및 사육수준 등이 눈부신 발전을 가져왔으나, 현재에는 가축분뇨 발생량

과다 및 악취발생 등으로 인하여 양축농가들이 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다. 우리나라의 가축분뇨 발생량은 2009년도를 기준으로 하여 약 43,702천톤 정도가 배출되는 것으로 조사보고 되고 있다(농식품부, 2009)

본 연구는 농촌진흥청 자연순환농업연구과제의 일환으로 수행되었습니다

\* 강원대학교 (Kangwon Nat. Univ.)

Corresponding author : Kwag, J H., National Institute of Animal Science, RDA, Suwon, Korea 441-350

E-mail: kwagjh@korea.kr

2010년 7월 23일 투고, 2010년 8월 3일 심사완료, 2010년 8월 6일 게재확정

또한 가축분뇨의 자원화율은 2004년도에 80.5%로 낮은 수준의 자원화율을 보이고 있다. 자원화율은 년도가 진행됨에 따라 82.1%('05) → 82.4%('06) → 83.2%('07) → 84.3%('08) → 85.6%('09)로 점차적으로 높은 자원화율을 보이고 있는 것으로 조사(농식품부, 2009)되었다. 또한 2008년도를 기준으로 하여 축종별 가축분뇨 발생량 현황을 살펴보면 축종별로는 젖소 및 한우가 44.1%로 가장 높았으며(농식품부, 2009), 돼지분뇨가 39.6%로 단일축종으로는 가장 많은 양이 배출되는 것으로 조사되었다. 한편 2009년도 년말을 기준으로 하여 축종별 가축분뇨 발생량 및 비료성분량을 계산하여 보면 질소, 인산,加里 성분이 각각 245.6천톤/년, 124.4천톤/년 및 145.0천톤/년이 배출되는 것으로 계산되며, 이 중에서 질소성분은 퇴비 및 액비화 과정을 거치면서 질소 휘산율(40%) 및 가축분뇨 자원화율 85.6%를 도입하여 계산하면 실제로 가축분뇨에 의해서 발생하는 비료성분량은 질소 126.1천톤/년, 인산 106.7천톤/년 및 칼리 124.1천톤이 생산되는 것으로 계산되어진다. 이렇게 발생하는 가축분뇨의 비료성분을 화학비료로 환산하여 보면 질소비료로 1,714억원/년, 인산 2,121억원/년 및 칼리 1,018억원/년 정도의 비료환산가치가 있는 것으로 조사 분석(곽정훈, 2010) 되었다. 따라서 가축분뇨 이용 양질의 퇴비를 생산하기 위한 노력이 필요한 시기이라고 생각된다.

가축분뇨 성분 중 환경오염과 관련된 영양소의 대부분이 질소(N)와 인(P)으로 알려져 있다(Nakasaki 등, 1993). 질소와 인의 오염은 가축산업에서 공통적으로 큰 관심사의 하나로서, 가축분뇨의 과다한 질소와 인의 함량은 강, 호수, 저수지의 부영양화의 원인이 되어 수질을 악화시키며, 공기를 오염시킨다(Cambell, 1985). 그리고 여러 연구 기관 등에서 시도중에 퇴비화과정에서의 부영양화의 원인이 되어 수질을 악화시키며 공기를 오염

시킨다(Falcon, 1987)고 하였으며, 강과 호수의 부영양화는 결과적으로 독성 조류의 확산과 물고기의 죽음을 가져온다(Haug, 1993)고 하였다. 따라서 가축분뇨의 적정 처리가 그 어느시기 보다도 중요성이 부각되고 있다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 계분을 퇴비화하는데 있어서 적정 공기 공급량 설정을 위한 연구와 공기 공급량에 따른 퇴비화 특성을 분석 제시함으로써 산란계 농가들이 계분의 효율적인 퇴비화로 양질의 비료를 생산하는데 자료로 활용하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 퇴비화재료

산란계분의 퇴비화 과정에서의 공기공급량에 따른 퇴비화 특성을 분석하기 위하여 본 연구를 실시하였으며(Fig. 1), 시험기간은 2009년 3월부터 4월까지 국립축산과학원 분뇨 실험실에서 실시하였다.

퇴비화원료로 사용된 계분은 축산원 실험계사에서 스크레퍼를 이용하여 수거한 산란계분을 사용하였으며, 톱밥은 2mm체를 이용하여 협잡물을 제거한 후 수분조절재로 활용하였다. 이때 계분 및 톱밥의 수분함량 등 특성은 각각 78% 및 35%였다. 따라서 본 시험에서는 계분에 톱밥을 혼합하여 퇴비화시험을 실시하였으며 이때 처리구별 계분과 톱밥 혼합물의 수분 함량은 Table 1과 같이 각각 71%, 69.3%, 69.4% 및 68.8%로 조사되었다.

### 2. 실험장치

본 연구를 위하여 25ℓ 아크릴통을 이용하여 퇴비화 시험장치를 제작 활용하였으며, 그 형태는 Fig. 1과 같다.

퇴비화 방법은 25ℓ의 용기에 계분과 톱밥

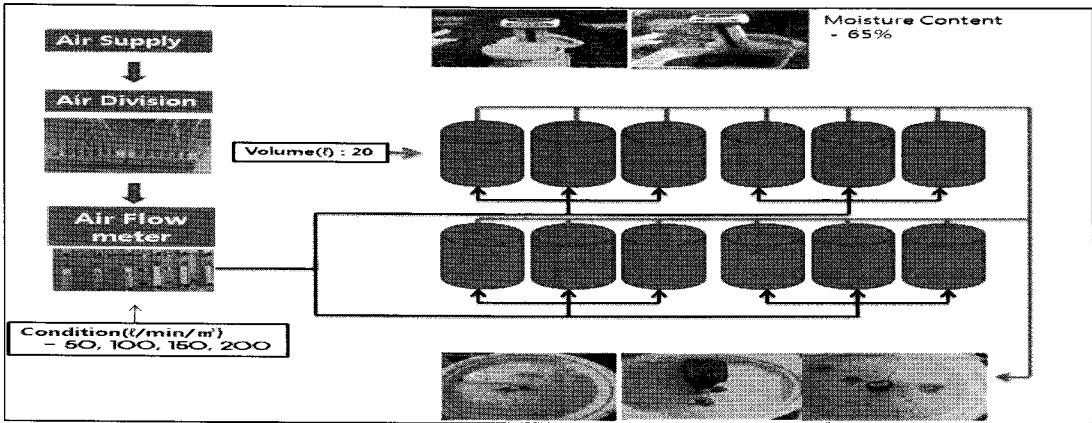


Fig. 1. Schematic layout and scenery of composting facility.

Table 1. Chemical characteristics of raw material used in this study

Classification	T-1	T-2	T-3	T-4
M.C* (%)	71.0	69.3	69.4	68.8
N (%)	0.85	0.88	0.84	0.85
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.34	0.38	0.34	0.37
K <sub>2</sub> O	0.25	0.24	0.24	0.25
A.S.V** (l/m <sup>3</sup> /min.)	50	100	150	200

\* M.C : Moisture Content.      \*\* A.S.P : Air Supply Volume.

이 혼합된 혼합물을 투입한 후 공기공급량을 퇴비더미 m<sup>3</sup>당으로 환산하여 T-1 처리구에는 50 l/m<sup>3</sup>/min, T-2 처리구에는 100 l/m<sup>3</sup>/min, T-3구 150 l/m<sup>3</sup>/min. 및 T-4구 200 l/m<sup>3</sup>/min.의 양으로 1차발효 15일간을 실시하였으며, 이때 퇴비화 과정에서의 공기공급량에 따른 특성을 조사하였다. 주요 조사항목은 계분 및 톱밥투입량, 수분, 온도, 중량 및 퇴적높이 변화 및 퇴비화 과정에서의 산소 소모량 등을 조사하였다.

에 무게를 잰 향량병에 10g 정도 채취하여 건조기 (Model : 14-LMC-135, 국제과학)에서 105 °C에서 5시간 정도 건조시켜 데시게이터에 옮겨 부계를 측정하였다. 그리고 비료성분인 질소성분은 A.O.A.C (1990)에 의거 켈달방법으로 분석하였고 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 습식분해 후 Lancaster 법으로 분석하였으며, K<sub>2</sub>O는 전처리 후 원자흡광도계 (Model AA280FS, Varian)에서 각성분의 용액으로 검량선을 작성한 후 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 3. 분석방법

퇴비화과정중 시료채취는 시험개시 1주일 및 2주일에 걸쳐 시료를 채취하였으며, 채취된 시료는 채취즉시 실험실로 이송하여 분석을 실시하였다. 이때 계분 및 톱밥 등의 시료의 수분함량은 채취한 시료를 건조하기 전

#### 1. 처리구별 온도변화

산란계분을 이용하여 퇴비화 하는 과정에서 공기공급량에 따른 처리구별 퇴비화 과정에서의 특성을 분석해본 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

먼저 퇴비화 기간중의 퇴비화 온도는 Fig. 2와 같았으며, 일일 온도변이를 살펴보면 퇴비화 시작단계에서는 처리구 모두 온도상승률이 큰 것으로 나타났는데, 이는 퇴비대상물 내에서 미생물의 활성이 시작됨에 따라 유기물 및 무기물을 전자공유체로 이용한 에너지 생산이 본격적으로 이루어지고 생산된 에너지의 90% 이상이 열에너지 형태로 방출되기 시작하였기 때문인 것으로 판단된다.

그러나 시험처리구 T-1에서의 발효온도가 다른처리구에 비해서 낮은 것으로 조사되었으며 이는 T-1 처리구에서는 정상적인 호기성 발효가 진행되지 않고 있음을 보여주고 있었다. 이는 퇴비화과정에서의 정상적인 공기공급의 주요성을 제시하고 있는 것이며, T-3 및 T-4 처리구에서와 같이 최고온도 도달시간이 다른 처리구에 비하여 짧은 것은 계분의 신속한 퇴비화 및 높은 수분증발량이 유지된다는 것을 의미한다고 할 수 있다 (Zucconi 등 1987, 황의영 등, 1995). 발효온도는 퇴비화과정 중에서 가장 중요한 indicator로서 최적의 퇴비화는 낮은 고온범위 (50~55

℃)에서 일어나고 (Lo and Liao, 1993), 퇴비화온도가 70℃ 이상 상승하는 것은 영양분 손실이나 유효미생물의 감소로 퇴비화가 억제된다는 보고도 있으나 (Falcon 등, 1987) 반대로 발효는 퇴적 후 24시간에서 48시간이 지날 무렵부터 시작하여 이상적인 발효조건에서 55℃ 이상으로 온도가 올라가야 퇴비화가 성공적이라는 보고도 있다 (Nakasaki, 1996). 본시험에서 얻어진 처리구별 퇴비화 과정중의 온도의 변화는 T-1 처리구를 제외한 나머지 처리구에서는 정상적인 호기성 퇴비화가 진행되고 있음을 보여주고 있었다.

이는 곧 퇴비화 온도의 변이 값의 감소가 크다는 것은 그만큼 유기물 분해가 빨리 진행되었음을 의미하는 것이기 때문에 처리구별 온도감소율이 T-4> T-3> T-2 >T-1의 순인 것으로 미뤄 이후 퇴비화과정 중 유기물 분해율도 같은 경향을 띠 것으로 판단되어진다.

## 2. 처리구별 수분, 산소소모량, 용적중 및 중량변화

가축분뇨를 퇴비화 하는데 있어서 가장 중요하게 작용하는 인자가 수분 함량이라 할 수 있으며, 본 시험에서 공기공급량에 따른 퇴비화 과정에서의 수분감소량을 조사한 결과 Table 1과 같으며, 수분 함량을 분석해 본 결과 발효 초기의 경우에 공기 공급량을 T-1 처리구에서 1주일이 경과한 후 8.9%로 가장 낮게 조사되었으며, T-2, T-3 및 T-4 처리구에서는 각각 15.4%, 18.0% 및 18.6%로 높은 수분감소량을 보이는 것으로 조사되어 통계적으로 유의적인 처리가 있는 것으로 조사되었다 (p>0.05).

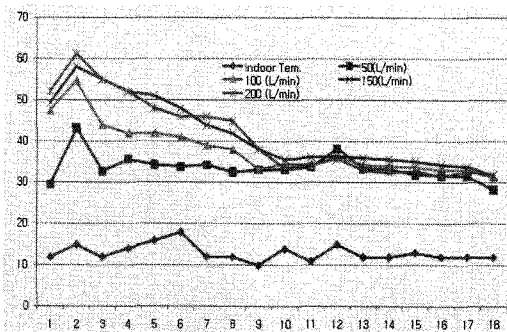


Fig. 2. Temperature variations of experimental composting piles during composting.

Table 2. Decrease ratio of moisture content during composting

(unit : %)

Items	T-1	T-2	T-3	T-4
After 1 Week	△ 8.9±0.81 <sup>c</sup>	△ 15.4±0.98 <sup>b</sup>	△ 18.0±0.88 <sup>a</sup>	△ 18.6±1.01 <sup>a</sup>
After 2 Weeks	△ 16.8±0.45 <sup>c</sup>	△ 30.8±0.77 <sup>b</sup>	△ 34.6±0.72 <sup>ab</sup>	△ 37.7±0.85 <sup>a</sup>

- Means in the same row with different super scripts are significantly different (p<0.05).

이러한 경향은 2주일이 경과한 후에도 같은 경향으로 조사되었으며 T-1 처리구에서 16.8%로 가장 낮게 조사되었으며, T-2, T-3 및 T-4 처리구에서는 각각 30.8%, 34.6% 및 37.7%로 높은 수분감소량을 보이는 것으로 분석 ( $p>0.05$ ) 되었다. 이는 계분의 호기성 퇴비화에 있어서 공기공급량이 추천치인(가축분뇨자원화표준설계도, 농식품부, '08) 150 l/m<sup>3</sup>/min. 보다 낮은 경우에는 정상적인 호기성 퇴비화가 이루어 지지 않음을 보여주고 있었다.

이는 또한 가축분뇨의 퇴비화에 있어서 수분은 매우 중요한 인자중 하나이며 퇴비더미내 생물학적으로 물이 필요함은 물론 물리학적으로도 기질의 용액과 염류, 가스교환시 수분에 영향을 받으며 (Griffin, 1981b; Harris, 1981), 퇴비화 과정에서 퇴비화물질의 최종 수분 함량이 20~30% 감소할 수 있다(Miller 등 1980)는 성적보다도 수분증발량이 높은 것으로 조사되었으며 이의 원인은 공기공급량이 적정하게 투입된 것이 원인으로 작용된 것이라 생각된다.

또한 계분의 퇴비화 과정에서의 공기공급량에 따른 산소소모량을 조사한 결과 Fig. 3, 4와 같으며, 이때 대기중의 산소농도는 20.9%로 조사되었으며 이를 시험구별로 공기공급량에 따른 산소 투입량 및 배출량을 조사하였다. 이때 배출되는 가스성분 중에서 산소농도를 측정된 결과 T-3 및 T-4구에서 퇴비화시험 2일째 9 ppm으로 낮은 수치로 조사되었으나 T-1 및 T-2 처리구에서는 12 ppm으로 상대적으로 높은 수치로 조사되었다. 이의 원인은 처리구별 퇴비화과정에서 계분내 함유된 분해가 되기 쉬운 물질이 적절한 산소공급으로 인하여 활발하게 유기물이 분해되고 있음을 보여주고 있는 것으로 판단되었으며, T-1 처리구의 경우에는 타처리구에 비해서 조사기간 동안 지속적으로 낮은 산소배출농도를 보여주고 있었으며, 이는 퇴비더미

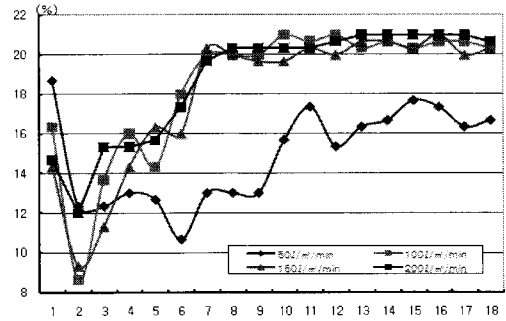


Fig. 3. Variations of Oxygen discharge concentration from composting period.

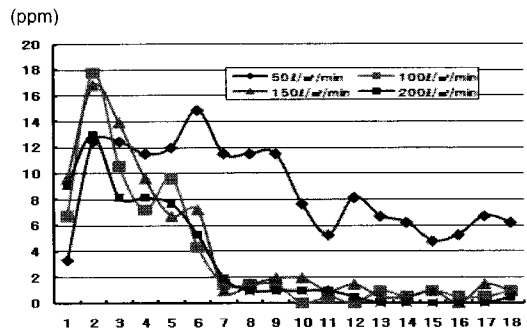


Fig. 4. Variations of oxygen exhaustion quantity from composting period.

내 유기물분해가 산소공급량이 적은 것이 원인이 되어 지속적으로 분해되고 있음을 보여주고 있다.

또한 퇴비화 과정을 거치면서 산소배출농도 및 산소소모량이 퇴비화실시 7일이 경과한 후 T-1 처리를 제외하고는 비슷한 경향으로 조사되었으며, 이는 계분에 분해가 되기 쉬운 물질이 분해된 후 2차 난분해성 3일차부터 급격하게 소모되는 것으로 조사되었다. 이러한 현상은 퇴비화 개시 8일차까지 진행되다가 9일차부터는 처리구에 톱밥내 쉬운물질이 1차적으로 분해가 끝난 것으로 보여지고 있다. 이는 산소 소모량으로 계산한 결과에서도 같은 현상을 보여주고 있다. 따라서 퇴비더미내 산소농도의 유지는 매우 중요한 요인이며, 퇴비더미내 산소공급에 영향을 주는 요인은 퇴비더미내 공극의 크기, 공극의

연속성 및 수분 함량 등에 영향을 받으며 (Campbell 1985, 광정훈 2004), 퇴비더미내 산소 공급량의 증가는 발효온도가 70℃ 이상까지 상승이 가능하다는 성적 (Miller 등 1984, 홍지형 1998, 오인환 1997)과도 비슷한 경향으로 조사되었다.

계분을 이용하여 퇴비화 하는 과정에서 처리구별 퇴비더미내의 중량변화는 Fig. 5에서와 같다. 퇴비화 시험 1주일 후의 중량감소율은 T-1 처리구에서 5.5%로 가장 낮았으며, T-3 및 T-4구에서는 12.0% 및 12.3%로 비슷한 경향을 조사했으며 이러한 경향은 퇴비화 2주일이 경과한 후에도 같은 경향으로 조사되었다. 따라서 전체 시험기간중의 수분 함량 감소율을 보면 T-3 및 T-4구에서 각각 18.1 및 17.6%의 높은 감소율을 보이는 것으로 조사되어 계분의 호기성 퇴비화에 있어서 공기 공급량이 최소 150 ℓ/m<sup>3</sup>/min. 이상이 적절한 것으로 조사되었다

이러한 경향은 용적변화에서도 같은 경향으로 조사 (Fig. 6) 되었으며 T-1 처리구에서 총용적 감소량이 18.0%로 T-2, T-3 및 T-4 처리구에 비해서 호기성 퇴비화가 정상적으로 이루어지지 않았음을 보여주고 있었다. 따라서 계분의 퇴비화 과정에서의 공기 공급이 중요한 요인인 것으로 조사되었다. 이는 퇴비화기간 동안의 용적증은 수분의 감소량에 크게 영향을 받는 것으로 분석되었으며, 2주간의 퇴비화시 중량감소율은 약 22% 정도인 것으로 보고 (Wysong 1976; Zucconi 등, 1987) 된 성적과 비슷한 경향으로 조사되었다.

### 3. 처리별 비료성분 변화

퇴비화기간의 경과에 따른 비료성분 및 유기물량은 처리구간에 큰 차이를 보이지 않았으며, 발효조에 투입되는 계분 및 톱밥의 혼합물과 발효조 끝부분에서 시료를 채취하여 수분 함량 및 비료성분을 분석한 결과 (Table

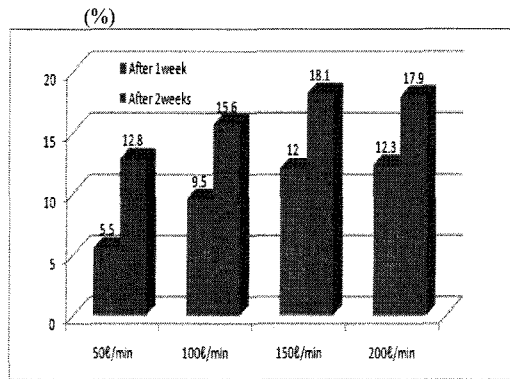


Fig. 5. Changes of weight during composting.

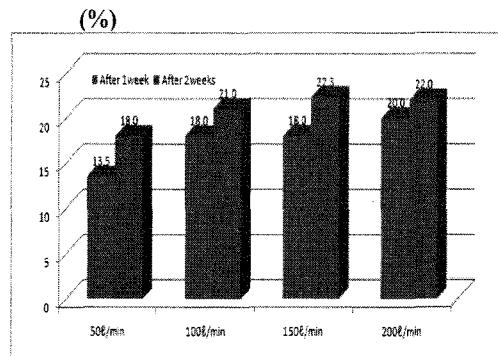


Fig. 6. Changes of volume during compost file.

3) 투입되는 원물의 평균 질소, 인산, 가리성분은 각각 0.84~0.88, 0.34~0.38 및 0.24~0.25%로 조사되었으며 OM/N도 27.6~30.6로 조사되었다.

1차 발효후 비료성분 함량은 처리구별로는 T-1 처리구에서 질소, 인산, 가리성분이 각각 0.75, 0.35, 0.32%로 조사되었으며, T-2 처리구에서는 0.74, 0.40, 0.32%, T-3 처리구에서는 0.72, 0.38, 0.34% 및 T-4 처리구에서 각각 0.64, 0.42, 0.35%로 처리구간에 약간의 차이가 있는 것으로 조사되었으며 이는 퇴비화 과정에서의 수분 함량 변화에 따라 비료성분의 함량에 차이를 보이는 것으로 조사되었다.

반면에 OM/N도 투입시 T-1 처리구 27.6, T-2 28.1, T-3 30.6 및 T-4 29.1로 처리구간에

Table 3. Changes of composition during compost file

		(FM base, %)					
	Items	M.C* (%)	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	OM (%)	OM/N
T-1	raw material	71.0±0.96	0.85±0.08	0.34±0.17	0.25±0.03	23.5±3.96	27.6
	after 2weeks	64.6±0.97	0.75±0.07	0.35±0.18	0.32±0.02	31.5±2.95	42.0
T-2	raw material	69.3±2.11	0.88±0.20	0.38±0.03	0.24±0.09	24.7±2.95	28.1
	after 2weeks	61.1±0.85	0.74±0.15	0.40±0.07	0.32±0.07	32.7±1.85	44.2
T-3	raw material	69.4±2.15	0.84±0.03	0.34±0.15	0.24±0.07	25.7±3.41	30.6
	after 2weeks	60.5±0.49	0.72±0.08	0.38±0.15	0.34±0.08	33.9±1.57	47.1
T-4	raw material	68.8±2.21	0.85±0.02	0.37±0.17	0.25±0.08	24.7±3.14	29.1
	after 2weeks	59.5±0.78	0.64±0.01	0.42±0.12	0.35±0.08	35.7±3.12	55.8

M.C\* : Moisture Content

- Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

큰 차이를 보이지 않았으나, 1차 퇴비화 후에는 42.0, T-2 44.2, T-3 47.1 및 T-4 55.8로 공기공급량이 높아짐에 따라 OM/N의 비가 점차 높아지는 경향으로 조사되었으며 이에 대한 연구는 앞으로 지속적으로 연구를 실시하여야 할 것으로 판단되어 진다.

### 적 요

산란계분을 퇴비화 하는데 있어서 공기공급량을 다르게 하여 퇴비화기간동안의 퇴비 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 퇴비화기간동안의 발효온도를 조사한 결과 T-1 처리구에서 발효온도가 다른 처리구에 비해서 낮은 것으로 조사되었으며 이는 T-1 처리구에서는 정상적인 호기성 발효가 진행되지 않고 있음을 보여주고 있었다. 반면에 T-3 및 T-4 처리구에서는 최고온도 도달시간이 다른 처리구에 비하여 짧은 것은 계분의 신속한 퇴비화 및 높은 수분증발량이 조사되었다.

2. 공기공급량에 따른 퇴비화 과정에서의 처리구별 수분함량을 분석해 본 결과 발효 초기의 경우에 공기 공급량을 T-1 처리구에서 1주일 이 경과한 후 8.9%로 가장 낮게 조사되었으며, T-2, T-3 및 T-4 처리구에서는 각각 15.4%, 18.0% 및 18.6%로 높은 수분감소량을 보이는 것으로 조사되어 통계적으로 유의적인 차이가 있는 것으로 조사되었다(p>0.05).

3. 계분의 퇴비화 과정에서의 공기공급량에 따른 산소소모량을 조사한 결과 T-3 및 T-4구에서 퇴비화시험 2일째 9 ppm으로 낮은 수치로 조사되었으나 T-1 및 T-2 처리구에서는 12 ppm으로 상대적으로 높은 수치로 조사되었다.

4. 처리구별 퇴비더미내의 중량변화는 시험 1주일 후의 중량감소율은 T-1 처리구에서 5.5%로 가장 낮았으며, T-3 및 T-4구에서는 12.0% 및 12.3%로 비슷한 경향을 조사되었으며 이러한 경향은 퇴비화 2주일 이 경과한 후에도 같은 경향으로 조사되었다.

5. 퇴비화기간의 경과에 따른 비료성분 및 유기물량은 처리구간에 큰 차이를 보이지 않았으나, 1차 발효후 비료성분 함량은 처리구별로는 T-4 처리구에서 질소성분이 타 처리구에 비하여 낮아진 것으로 조사되었다. 이는 퇴비화 과정에서의 수분함량 변화에 따라 비료성분의 함량에 차이를 보이는 것으로 조사되었다.

6. 반면에 OM/N도 투입시 처리구간에 큰 차이를 보이지 않았으나 1차 퇴비화 후에는 42.0, T-2 44.2, T-3 47.1 및 T-4 55.8로 공기공급량이 높아짐에 따라 OM/N의 비가 점차 높아지는 경향으로 조사되었다.

7. 따라서 산란계분의 퇴비화시 공기공급량을 최소 퇴비화물질 1m<sup>3</sup>당 150 ℓ/min 이상 공급하는 것이 계분이 정상적으로 호기성 퇴비화가 가능하다고 판단되어 진다.

인 용 문 헌

1. AOAC, 2007. Official Methods of Analysis. AOAC international.
2. Campbell, G. S. 1985. Soil Physics with Basic Transport Models for Soil-Plant Systems, Elsevier Science Publishers, Amsterdam., p. 49-57.
3. Falcon, M. a., Corominas, E., Perez, M. L. and Perestelo, f. 1987. Aerobic bacterial populations and environmental factors involved in the composting of agricultural and forest of the Canary Islands. *Biological Wastes*. 20:89-99.
4. Griffin, D. M. 1981b. Water potential as a selective factor in the micrology of solids. In *Water Potential Relations Soil Microbiology*, SSSA special publication no. 9, eds. Parr, J.F., Gardner, W.R. and Elliott, L.F. Soil Science Society of America, Madison, WI., p. 141-151.
5. Harris, R. F. 1981. In *Water Potential Relations in Soil Microbiology*, SSSA special publication no.9, eds. Parr, J.F., Gardner, W. R. and Elliott, L.F. Soil Science Society of America, Madison, WI., p. 23-33.
6. Haug, R. T. 1993. The practical handbook of composting engineering Lewis publishers. Inc. Ann. Arbor.
7. Hirai, N. F., V. Chanyasak and H. Kubota. 1983. A standed measurement for compost maturity. *Biocycle*. 24(6):54-56.
8. Lo, K. V. and Liao, A. K. 1993. Composting of separated solid swine wastes. *J. Agri. Engng. Res*. 54:307-317.
9. Miller, F. C., MacGregor, S. T., Finstein, M. S. and Cirello, J. 1980. Proceedings of the ASCE Environmental Engineering Division Specialty Conference, American Society of Civil Engineering, New York., p. 40-46.
10. Miller, F. C. 1984. Therdynamic and matric water potential analysis in field and laboratory scale composting ecosystems, Ph. D dissertation, Rutgers University, University Microfilms, Ann Arbor, MI.
11. Nakasaki, K., Yaguchi, H., Sasaki, Y. and Kubota, H. 1993. Effects of Ph conrol on composting of garbage. *Waste Mange. Res*. 11:117-125.
12. Nakasaki, K., Aoki, N. and Kubota, H. 1996. Accelerated composting of gress clippings by controlling moisture level. *Waste mange, Res*. 12:12-20.
13. Wysong, M. L. 1976. Czech's solid waste problems at Wauna are reduced by composting. *Pulp and Paper.*, p. 112-113.
14. Zucconi, f., De Bertoldi, M. 1987. Compost specificaltion for the Production and characterization of compost from Municipal solid waste, *Compost: Production Quality and use*, Elsevier Applied Science., pp. 30-50.
15. 광정훈, 최동운, 박치호, 정광화, 전병수, 김형호, 2004. 기계교반퇴비화시설에서의 구간별 발효온도에 따른 수분증발량 및 특성변화 연구 (한국축산시설환경학회지 10 (3):163-168.
16. 광정훈, 2010. 축산분뇨 자원화 추진성과 및 향후과제 (퇴비·액비 자원화기술), 제 15회 한국축산시설환경학회. p17-44.
17. 김은경, 이택순, 서정운, 1996. 로터리교반식발효시설의 운전조건개선, 한국환경농화학회지 15(3):335-361.
18. 농림수산식품부, 2010, 축산공무원 연찬회 교재, p1-14.
19. 농림부, 2008. 가축분뇨자원화 표준설계도 해설서.
20. 오인환, 윤종만, 1997. 가축분뇨의 로터리교반발효건조 기술분석. 한국농업기계학회지 22(4):451-458.
21. 홍지형, 1998. 호기성 발효퇴비에 의한 농축산물의 녹농지 환원이용, 한국농업기계학회지. 13(3):81-90.
22. 황의영, 황선숙, 남궁완. 1995. 공정조절 인자가 분뇨슬러지 퇴비화에 미치는 영향. 한국폐기물학회지. 12(5):588-594.