

# 기계교반 퇴비화시설에서의 구간별 발효온도에 따른 수분 증발량 및 특성 변화 연구

곽정훈 · 최동윤 · 박치호 · 정광화 · 김재환 · 강희설 · 양창범 · 라창식\*  
농촌진흥청 축산연구소

## A Study on the Moisture Evaporation and Property Change Depending on the Composting Temperature for the Escalator Reversing Composting System

Kwag, J. H., Choi, D. Y., Park, C. H., Jeong, K. H., Kim, J. H., Kang, H. S., Yang, C. B. and La, C. S\*

National Livestock Research Institute, R.D.A., Suwon 441-350, Korea

### Summary

This research was carried out to investigate the moisture evaporation and property change depending on the composting temperature for the escalator reversing composting system.

The system was supported by the Y livestock cooperative composting factory. According to the test, the composting temperature was varied in the range of 65 ~ 80 °C. The water content was decreased to 75 % and became about 60 % at the end of the phase. Total nitrogen became 0.58 %, total phosphoric acid 1.47 % and potassium 0.49 % at the end of the phase.

(Key words : Pig manure, Temperature, Water content, Organic matter)

### 서 론

우리나라의 양돈 산업은 1990년대부터 급속한 발전을 하여 왔으며, 이에 따른 돼지분뇨의 효율적인 처리문제가 크게 대두되었다. 양돈농가에서 돼지분뇨를 처리하는 방법은 주로 퇴비화 및 액비화방법이며, 특히 액비화방법은 저장탱크 및 농경지면적의 확보 등에 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다. 반대로 퇴비화 등은 톱밥 등 수분조절재의 가격에 대한 부담을 가지고 있어 돼지분뇨의 퇴비화에 어려움

을 겪고 있다. 퇴비화란 미생물의 활동결과 분뇨에 다량 함유된 유기물질을 적절한 조건을 유지시켜 신속히 무기물질로 변화시키는 과정이다(Iannotti 등, 1993; 김 등, 1996). 퇴비화의 진행정도는 축분 별 , 수분조절재의 종류, 투입량 및 환경조건 등에 따라 달라질 수 있다(Bagstam, 1979). 퇴비화에는 pH, 발효온도, 공기공급량 및 교반방법 등 여러 가지 요인이 작용하며 축분 퇴비화처리의 최적 부숙 조건은 퇴비더미 내 온도가 최소 3일간 55 ~ 60 °C 정도를 유지하여야 하며 통기량은 퇴비더미

\* 강원대학교(Kangwon Nat. Univ.)

Corresponding author : Kwag, J. H., National Livestock Research Institute, RDA, Suwon, Korea 441-350.  
E-mail : kwagjh@rda.go.kr.

1 m<sup>3</sup>당 0.05 ~ 1.0 m<sup>3</sup>/min가 바람직하며 C/N 비는 25 ~ 30, 수분 함량은 퇴비원료물의 입경에 따라 다르나 65 ~ 70 % 수준이 적정하다(Sweeten, 1998). 따라서 돼지분뇨를 퇴비하는데 있어서 현재 운영되고 있는 퇴비화시설의 적정운영 조사로서 발효온도, 수분 증발량 및 비료성분 등을 조사하였다

## 재료 및 방법

경기도 Y축협퇴비공장에서 시험을 수행하였으며 돈분은 조합원 양돈농가 118호와 계약하여 양돈농가에서 분리 수거된 돈분을 압눌박스(5톤)를 이용하여 일일 평균 8대 분량을 수거하여 퇴비화하고 있다. 퇴비화시설은 에스커레이터식 교반발효시설(길이 75 m, 폭 5 m, 깊이 1.5 m)로 발효조 입구에서 축분과 톱밥을 혼합하여 수분 함량을 조절한 후 발효조에 투입하여 14 일정도 1차 발효시킨 후, 2차 후숙을 약 2개월 정도 실시한 후 포장판매 하고 있다. 퇴비화물질의 이동거리는 기계가 전진하면서 에스커레이터가 1회전하면 재료는 약 150 cm 정도 후방으로 이동되며 1일 운전은 발효조를 3구간으로 구분하여 한 구간 당 3회씩 교반하고 있다. 시료의 채취는 월 1회 간격으로 발효조 구간별 6 m 씩으로 하여 12점과 축분과 톱밥의 시료를 채취하였으며 발효조 온도조사는 3 m 간격으로 한 단면에 12개 지점을 조사하였으며 구간별 4개 지점 즉, 폭을 4등분(조사지점 1 m 간격)하였으며, 깊이별로는 3개 지점(30 cm, 50, 100)의 온도를 철봉온도계를 이용하여 조사하였다.

시료의 수분 함량은 72 °C로 조정된 강제송풍건조기에서 2일간 건조한 후 조사하였으며 유기물 함량은 시료 2g을 400 °C의 건조로에서 8시간 연소시키고 방냉한 후 평량하여 감량을 총유기물로 하였다. 인산과 가리의 측정 은 분쇄시료 2g를 1:1로 염산으로 분해하여 시료액을 제조한 후 여과하여 적정량을 희석한 후 인산은 발색제로 발생시킨 후 470 nm에서 Spectrotometer로 측정하였으며 카리는 원자

흡광광도계를 이용하여 766.5 nm에서 측정하여 농도로 환산하였다.

## 결과 및 고찰

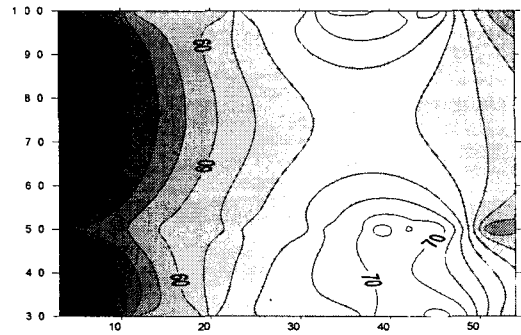
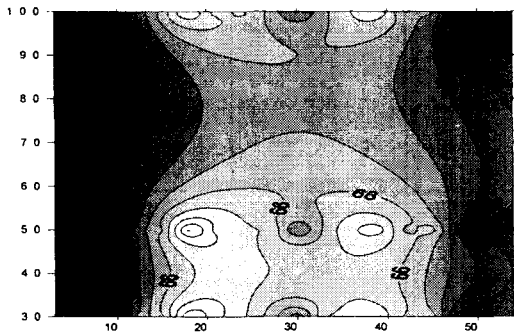
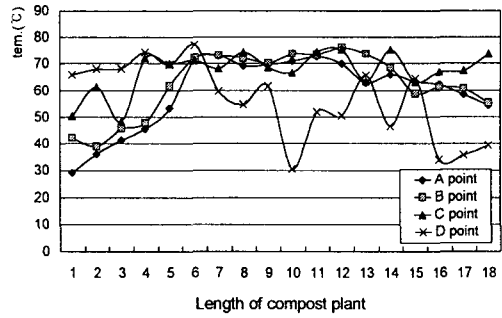
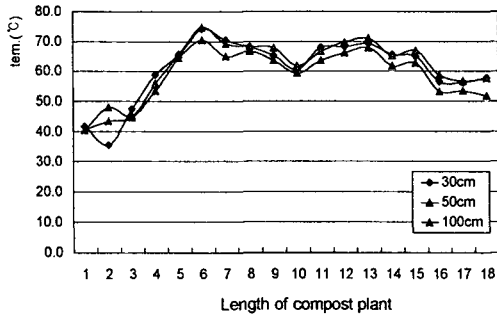
### 1. 구간별, 깊이별 발효온도 변화

발효조의 구간별 퇴비화 과정중은 온도변화를 Fig 1에 나타내었다. 발효초기 즉, 2 ~ 3 일경까지는 투입되는 돈분과 톱밥 혼합물의 수분 함량이 높음에 따른 정상적인 호기성 발효가 진행되지 않아 발효온도가 30 °C ~ 40 °C 정도를 유지하였으나, 4일경인 발효조 15 m 구간부터 발효조의 깊이(30, 50, 100 cm)에 상관없이 발효온도가 70 °C 이상 상승하여 발효조 끝부분까지 유지되었으며, 발효조의 구간별 4개 지점에서의 발효온도의 경우에는 D 지점을 제외하고는 비슷한 경향을 보였으나 D 지점의 경우에는 공기공급 브로와가 설치된 지역으로 타 지역보다 빠른 건조상태를 보여 발효온도가 떨어지는 것으로 조사되었다.

이는 발효조 조사지점에서도 같은 현상을 보였으며 이는 발효조 내에서 계속적인 유기물 분해현상이 나타나고 있으므로 2차 후숙 발효가 필요함을 보여주고 있다.

### 2. 발효조 내 단위면적당 수분증발량 추정

발효조 내 총 투입 매월 투입되는 돈분량은 Table 1에서와 같이 월평균 돈분 205 톤이며, 이때 수분 함량은 85 %로 돈분으로 투입되는 수분량은 평균 184.5 톤이 투입되었으며, 톱밥의 경우 월 평균투입량은 53.0 톤 정도이며 투입되며 톱밥의 수분 함량은 평균 25 %로 톱밥에서 투입되는 수분량은 15.9 톤으로 총 260.4 톤의 수분이 발효조에 투입되는 것으로 조사되었으며 이때 돈분과 톱밥이 혼합되어 투입시의 수분 함량은 평균 73.3 %로 조사되어 정상적인 수분 함량인 65 %에 비해 약 8.0 % 이상 높은 상태에서 투입되고 있으며 이때 마치



<Temperature variation depending on the depth>

<Temperature variation depending on the region>

Fig. 1. Temperature distribution on the surface of the temperature variation depending on the depth and region.

Table 1. Change of water contents by month

Items	pig manure volume (ton/mon)		Sawdust volume (ton/mon)		Total water content (t/mon.)	Water decrement(%)		
	Manure	W.C*	Sawdust	W.C*		Input	Output	Decrement
Jan	202.5	182.3	50	15.0	273.2	75.4	62.1	13.3
Apr.	205.6	184.5	55	16.5	261.0	70.2	58.2	12.0
May	210.5	189.5	55	16.5	266.0	72.8	60.2	12.6
July	205.5	189.0	50	15.0	264.0	74.8	62.1	12.4
Sept.	205.5	189.0	55	16.5	265.5	73.8	61.5	12.3
AV	205.9	184.5	53.0	15.9	260.4	73.3	60.8	12.5

W.C\* : Water content.

막 지점의 수분 함량은 평균 60.8%로 약 12.5% 정도 수분 함량이 감소되는 것으로 조사되었다.

### 3. 발효조 구간별 수분 함량 및 비료성분

발효조의 구간별 발효조 내의 수분 함량 변화를 Table 2에 나타냈다. 발효조 내 수분 함량은 전반기의 경우에는 농가에서 수거한 돈분과 혼합을 혼합하여 투입 시 수분 함량이

평균 75.4%로 매우 높았으며 발효조 끝부분에서는 수분 함량이 62.1%로 13.3% 정도 감소되었다. 이때 유기물량은 건물기준으로 93.9%에서 92.5%로 거의 감소가 없는 것으로 조사되었으며 아는 후반기에도 비슷한 경향을 보였다.

기계교반퇴비화시설에서의 발효조에 투입되는 돈분과 톱밥의 혼합물과 발효조 끝부분에서 시료를 채취하여 수분 함량 및 비료성분을 조사하여 Table 3에 표시하였으며 투입되는 원물은 수

분 함량이 71.4%이고 이때 열량가는 현물상태에서 평균 1,127.3 kcal/kg이고 질소, 인산 가리 성분은 각각 1.0%, 1.1, 및 0.38%로 조사되었으며 OM/N은 26.3로 조사되었으며 완제품의 수분 함량은 평균 65.3%였으며 열량가 및 질소, 인산, 카리 등 비료성분은 각각 1,348.8 Kcal/kg, 0.58%, 1.47%, 0.49%로 조사되었다.

기계교반퇴비화에서의 퇴비화 과정 중 중금속 함량은 Table 4와 같으며 Cu 58.9 ppm, Cr

Table 2. Change of water contents and organic matter by length of compost pile (unit : %)

Length of compost pile		3m	9	15	21	27	33	39	45	51	60
First half year	Water contenr	75.4	75.1	71.0	68.0	66.2	65.0	64.0	63.5	63.0	62.1
	Organic Matter	23.5 (93.9)	22.7 (89.9)	26.7 (89.3)	18.5 (89.6)	33.5 (88.6)	31.4 (88.9)	27.6 (91.7)	33.3 (90.9)	28.3 (97.8)	33.3 (92.5)
Second half year	Water contenr	70.2	69.8	69.1	65.0	63.2	62.9	62.5	62.1	61.0	58.2
	Organic Matter	25.6 (89.2)	25.9 (88.7)	28.5 (91.5)	32.1 (89.2)	36.8 (88.6)	32.3 (87.1)	30.5 (88.9)	34.1 (93.4)	31.9 (97.7)	33.3 (85.6)

\* ( ) is dry matter basis.

Table 3. Change of water contents and fertilizer content

Items	Water content (%)	Calorie (Cal/kg)	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	OM (%)	OM/N
Input	71.4	1,127.3 (3,942.6)	1.00 (1.80)	1.10 (3.85)	0.38 (1.35)	26.3 (91.9)	26.3
Output	65.3	1,348.8 (3,891.7)	0.58 (1.68)	1.47 (4.26)	0.49 (1.41)	31.3 (90.4)	54.9

\* ( ) is dry matter basis.

Table 4. Variation of water contents and heavy metals

Items	Water content(%)	Cu (ppm)	Cr (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)
Input	71.4	36.0 (125.7)	1.24 (4.33)	1.55 (5.42)	0.05 (0.17)	0.30 (1.05)	0.002 (0.007)
Output	65.3	58.9 (169.9)	1.55 (4.46)	2.16 (6.23)	0.07 (0.20)	0.3 (1.09)8	0.003 (0.008)

\* ( ) is dry matter basic.

1.55 ppm, Pb 2.16 ppm, Cd 0.07 ppm, As 0.3 및 Hg 0,003 ppm으로 조사되었으며 6 성분의 중금속은 비료관리법 기준치 이하로 함유되어 있었다.

이 농장에서도 특히 축산분뇨 이용퇴비화시 주로 문제시 되는 Cu 성분의 경우에도 투입 시 약 35 ppm 정도 있으며 완숙퇴비의 경우 약간 증가하는 경향을 보였으나 비료공정규격에서 규정하고 있는 300 ppm 이하에는 크게 미치지 못하는 것으로 조사되었다.

## 적 요

에스커레이터식 기계교반 퇴비화시설의 적정관리를 위해 돈분 및 톱밥에 함유되어 있는 수분 투입량에 따른 발효온도 및 수분 함량 변화를 조사하여 적정 관리방안을 제시하고자 본 시험을 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 발효조 내 온도는 발효조 내 혼합물 투입 후 4일 이상 경과해야 발효온도가 70 °C 이상 유지되었으며, 발효조 내 투입되는 혼합물(돈분+톱밥)의 수분 함량은 평균 72.9%로 추천치보다 높게 조사되었으나, 적정수분 함량 조정은 발효조 27 m 지점 즉, 투입후 5 ~ 6일 후에나 적정수분 함량이 되었다.

2. 발효조 내 평균 수분 감소량은 12.5%였고, 유기물량은 건물기준으로 93.9%에서 92.5%로 거의 감소가 없는 것으로 조사되었으며 아는 후반기에도 비슷한 경향을 보였다

3. 투입되는 열량가는 현물상태에서 평균 1,127.3 kcal / kg이고 질소, 인산 가리성분은 각각 1.0%, 1.1, 및 0.38%로 조사되었으며 OM / N은 26.3로 조사되었으며 완제품의 수분 함량은 평균 65.3%였으며 열량가 및 질소, 인산, 카리 등 비료성분은 각각 1,348.8 Kcal / kg, 0.58%, 1.47%, 0.49%로 조사되었다.

4. 퇴비화 과정 중 중금속 함량은 Cu 58.9 ppm,

Cr 1.55 ppm, Pb 2.16 ppm, Cd 0.07 ppm, As 0.3 및 Hg 0,003 ppm으로 조사되었으며 6 성분의 중금속은 비료관리법 기준치 이하로 조사되었다.

## 인 용 문 헌

1. Bagstam, G. 1979. Population changes in microorganisms during composting of spruce bark. *J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 6:279-288.
2. MWPS, 1985. *Animal Waste Characteristics Livestock Waste Facilities handbook*. Second Edition. Ames, Iowa 50011:1 - 1.
3. ASAE, 1985. Data Adapted from Committee S & E-412, Report AW-D1.
4. Sweeten, J. M. 1988. Composting manure and sludge. p38-44. In proceedings of the national poultry waste management symposium. Ohio State University, Columbus, Ohio. 18-19. April.
5. Lannotti, D. L., Pang, T., Toth, B. L., Elwell, D. L., Keener, H. M. and Hoitink, H. A. J. 1993. A quantitative respirometric method for monitoring compost stability. *Compost Science & Utilization* 1(3):52-65.
6. 增垣繁光, “畜産公害 對策全書”, 鶏卵肉情報センター, 1978.
7. 中央畜産會, “家畜尿汚水の處理利用技術と事例”, 中央畜産會, 1989.
8. 축산기술연구소, 1996. 표준사료성분분석법.
9. 김은경, 이택순, 서정윤. 1996. 로터리교반식발효시설의 운전조건개선, 한국환경농화학회지 15(3):335-361.
10. 김태일, 정광화, 곽정훈, 전병수, 박치호, 1996, 돈분퇴비발효과정중 산소소모율이 퇴비부숙도에 미치는 영향, 농업과학논문 38(2): 632-636.

11. 오인환, 윤종만. 1997. 가축분뇨의 로타리 교반발효건조 기술분석. 한국농업기계학회지 22(4):451-458.
12. 한정대, 강희설, 최동운, 곽정훈, 최희철, 김형호, 이덕수. 2000. 가축분뇨 발생량 및 주요성분 파악. 농림기획과제 최종보고서.