

수직 종형퇴비화시설에서의 산란계분 퇴비화 특성 조사 연구

곽정훈 · 김재환 · 조승희 · 정광화 · 최동윤 · 정의수 · 정만순 · 강희설 · 라창식*

농촌진흥청 국립축산과학원

Investigation on the Characteristics of Vertical Composting System Using Layer Manure

Kwag, J. H., Kim, J. H., Cho, S. H., Jeong, K. 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

Using a vertical composting system in layer farms, the composting process was characterized in terms of temperature variation, change of moisture contents, fertilizer ingredient and so on. In this study, two types of layer farms were examined. The layer manure was produced as 3,300 and 116,650 kg/day for Farm A and Farm B, respectively. Also, their average moisture contents were 74.4% (Farm A) and 65.6 % (Farm B).

The inside temperature of composting in Farm A was varied in the range of 50 to 70°C, and moisture content of it decreased from 59.5% to 20.6% at the edge of vertical composting system. While in Farm B, composting temperature was fluctuated between 50 and 65°C and moisture content declined from 34.0% to 13.4% at the end of vertical composting system.

The fertilizer ingredients such as T-N, P₂O₅ and K₂O were not significantly influenced by seasonal effect. Their values were changed in the range of 0.90% to 0.47% for T-N, 0.16% to 0.42% for P₂O₅, and 0.22% to 0.28 for K₂O, respectively. Also, OM/N ratio was varied from 36.8 to 84.4.

(Key words : Layer manure, Composting, Moisture content)

서 론

우리나라의 축산은 1970년대를 기점으로 하여 사육두수 및 사육수준 등이 눈부신 발전을 가져왔으며, 현재에는 가축분뇨 발생량 과다 및 악취발생 등으로 인하여 양축농가들이 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다. 특히

양돈농가의 경우에는 2012년부터 해양배출의 전면 금지 및 관련법의 규제강화에 따른 대책마련에 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다. 또한 우리나라의 가축분뇨 발생량은 2009년도를 기준으로 하여 약 43,702천톤 정도가 배출되는 것으로 조사보고(농식품부, 2009)되고 있으며, 가축분뇨의 자원화율은 자

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 10월 25일 투고, 2010년 12월 3일 심사완료, 2010년 12월 5일 게재확정

원화율은 년도가 진행됨에 따라 82.1%('05) → 82.4%('06) → 83.2%('07) → 84.3%('08) → 85.6%('09)로 점차적으로 높아지고 있는 것이 현실이다.

또한 지속가능한 환경을 위한 국내 환경규제가 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률(환경부, 2007) 시행과 악취방지법(환경부 2006) 강화에 따른 축산농가의 어려움이 그 어느 시기보다 크다고 할 수 있다

가축분뇨는 화학비료 사용이 일반화되기 이전, 부업규모의 축산이 주를 이루었던 시기에는 농촌에서 작물의 영양원 또는 토양개량제로 주요한 자원이었다. 그러나 국민소득증대와 식생활의 변화로 육류 소비량이 증가하여 가축사육두수가 늘어나고, 농업의 구조변화에 따라 급격히 규모화 됨으로써, 지역에 따라서는 농경지면적 대비 가축분뇨 이용량의 한계를 초과하는 경우도 발생되고 있다. 이에 따른 가축분뇨의 자원화를 위한 다양한 노력을 기울이고 있으나 돼지분뇨의 적정 자원화가 현실적인 문제로 대두되고 있는 것이 현실이다. 그러나 1980년대부터 지속적으로 성장하여 온 양계산업과 함께 발생하는 계분의 퇴비화 등에 대한 기술개발도 시급히 요구되어 지고 있다.

양계산업의 경우 사육수수가 40,130천수('80) → 74,463천수('90) → 102,546천수('00) → 138,767천수('09)로 1990년에 비하여 약 86.4%나 사육수수가 증가되었으며, 이에 따른 계분의 발생량도 1,611천톤('80) → 2,999천톤('90) → 4,117천톤('00) → 5,571천톤('09)로 되고 계분의 발생량(농림수산식품부, 2009)이 지속적인 증가현상을 가져오고 있다.

특히, 산란계 농가에서 2000년대 초반까지는 계분을 퇴비원료로 판매하여 약간의 부수입을 얻을 수 있었으나, 현재에는 산란계 농가에서 계분의 판매 부진 등으로 계분의 처리에 어려움을 겪고 있으며, 또한 계분의 퇴비화 과정에서의 특성변화 및 수분증발량 등

에 대한 농가 현장 조사자료 부족으로 계분의 퇴비화에 어려움을 겪고 있는 것이 현실이라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 산란계 농가들이 주로 많이 사용하고 있는 수직종형 퇴비화시설의 운영효율을 향상시키기 위하여 퇴비화 과정별 투입량에 대비하여 수분감소량을 조사 분석 제시함으로써 산란계 농장에서의 계분의 효율적 퇴비화를 제시하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 조사 농가선정

산란계 농가 중에서 수직종형 퇴비화 시설의 설치 및 운영을 하고 있는 농가 2호를 선정하였으며, 계절별로 수직종형 퇴비화시설의 운영현황을 조사분석하였다.

조사농가의 산란계 사육형태는 A농가의 경우 계사형태가 A형 케이지로 시설되어 있었으며, 총 사육수수는 월 평균 39천수의 산란계를 사육하고 있었으며, 계분의 수거형태는 스크래퍼를 이용하여 매일 퇴비장으로 이송한 후 톱밥 등을 혼합한 후 수직종형 퇴비화시설을 이용하여 퇴비화를 실시하는 농가였으며, B농가의 경우에는 평균 사육수수가 11.6만수로 계사형태는 직립식 8단 케이지로써 계사내에서 예비건조 후 수직종형 퇴비화시설에서 퇴비화 하는 방법을 채택하고 있었다.

2. 조사농가의 퇴비화 특성 조사

산란계 농가에 설치된 수직종형 퇴비화시설의 환경조사(Fig. 1)는 온도 센서를 퇴비화시설에 부착한 후 컴퓨터를 이용하여 시간당 위로 발효조내 온도를 2단계로 나누어 자동 계측하였으며, 1일 계분 투입량과 톱밥 투입

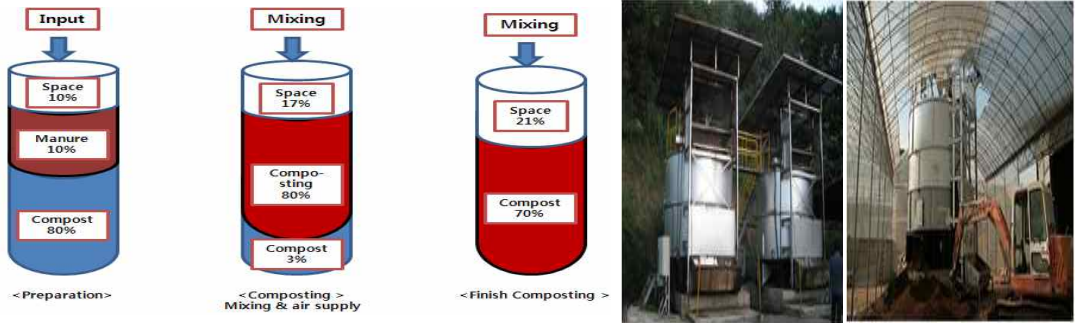


Fig. 1. Schematic diagram and scenery of vertical composting facility.

량은 농가에서 사용하는 기록장을 활용하여 주사하였다. 그리고 월 1회 농장을 방문하여 투입원료 및 퇴비화시설의 깊이별 시료를 채취한 후 수분함량·유기물 및 비료성분함량 등을 조사하였다.

3. 분석방법

조사농가의 퇴비화과정 중 퇴비 특성을 분석하기 위하여 월 1회에 걸쳐 시료를 채취하였으며, 채취된 시료는 채취 즉시 실험실로 이송하여 분석을 실시하였다. 이때 시료의 수분함량은 채취한 시료를 건조하기 전에 무게를 잰 향량병에 10g 정도 채취하여 건조기 (Model : 14-LMC-135, 국제과학)에서 105℃에서 5시간 정도 건조시켜 데시케이터에 옮겨 무게를 측정하였다. 그리고 비료성분인 질소 성분은 A.O.A.C (1990)에 의거 켈달방법으로 분석하였고 P₂O₅는 습식분해 후 Lancaster법으로 분석하였으며, K₂O는 전처리 후 원자흡광도계 (Model AA280FS, Varian)에서 각성분

의 용액으로 검량선을 작성한 후 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 조사농가의 일반현황

조사농가의 평균 산란계 사육수수 각각 39,971수 및 116,650수였으며 Table 1 조사계절별로 사육수수의 변동은 2% 이내로 일정한 사육수수를 사육하고 있는 것으로 조사되었다. 계사의 형태는 A농장의 경우 A형 케이지의 유창계사의 형태를 취하고 있었다.

이때 계사에서 발생하는 계분의 수분 함량은 평균 70% 정도였으며, 1일 계분 발생량은 평균 3.3톤/일인 것으로 조사되었다. 그리고 B농장은 직립식 케이지를 8단으로 설치하고 무창계사 형태를 취하고 있었으며, 1일 계분 발생량은 약 13톤/일 정도가 발생하는 것으로 조사되었다.

Table 1. Amount of raising layer and volume of vertical composting facility in Farm A and Farm B

Items	Raising layer (birds/house hold)					Vertical composting facility volume (m ³)
	Spring	Summer	Autumn	Winter	A.V	
Farm A	40,250	38,850	40,120	40,450	39,917	25 m ³
Farm B	112,500	112,100	121,000	121,000	116,650	66 m ³

2. 조사농가별 퇴비화기간 동안의 발효 온도 변화

조사농가에 설치된 수직종형 퇴비화시설의 용량은 A농장의 경우 발효조 전체 용량이 25 m³로 조사되었으며, 퇴비화 조건은 송풍부로와 5kw의 용량으로 공기를 공급하고 있었다, B농가의 경우에는 평균 사육수수가 116,650수로 수직종형 발효조 용량은 66 m³로써 공기공급량은 공기부로와 2개가 설치되어 있었으며, 하부쪽의 부로와 용량은 11.6 kw, 상부쪽은 3.3 kw의 공기 브로와를 이용하여 공기를 24시간 계속적으로 공급하고 있었다.

퇴비화 시설의 운영형태는 계분 투입을 일

주일에 2회 또는 3~4일에 한 번씩 농가의 여건에 맞게 투입 및 배출을 하고 있었으며, 퇴비화 시설내 환경조사는 주위온도, 탱크내 온도(상, 하)을 자동기록장치에 의하여 기록된 결과를 조사분석한 결과 발효조내 온도는 <Fig 2, 3>과 같았다.

퇴비화 과정에서의 조사농가의 발효조내, 평균 발효온도는 60℃ 정도를 유지되어 정상적인 퇴비화가 이루어 지고 있음을 보여주고 있었다. 그러나 겨울철에는 조사농가 발효조내 온도가 50℃ 정도로 유지되는 것으로 조사되어 수직종형 퇴비화시설의 설치 운영 시 동절기에 특히 관심을 가지고 있어야 한다는 것을 보여주고 있다.

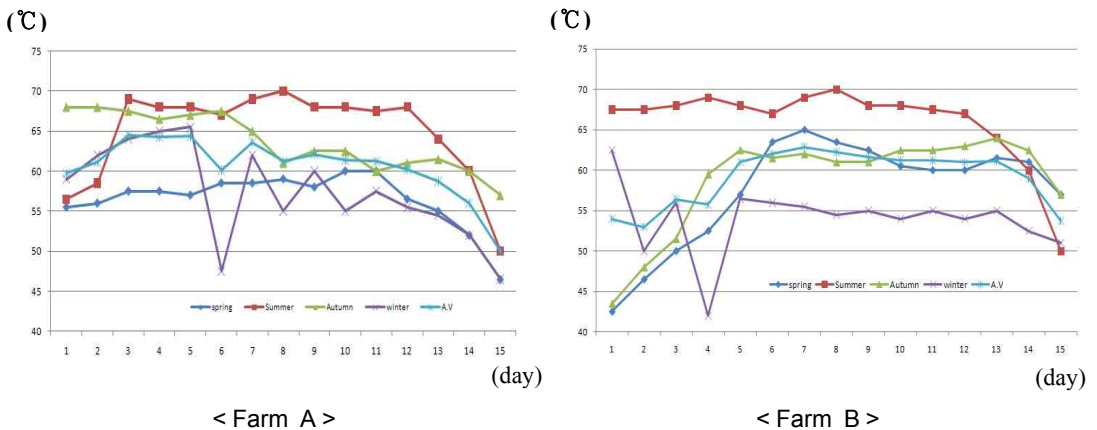


Fig. 2. Temperature variations on vertical composting system in Farm A and Farm B according to the seasonal effect.

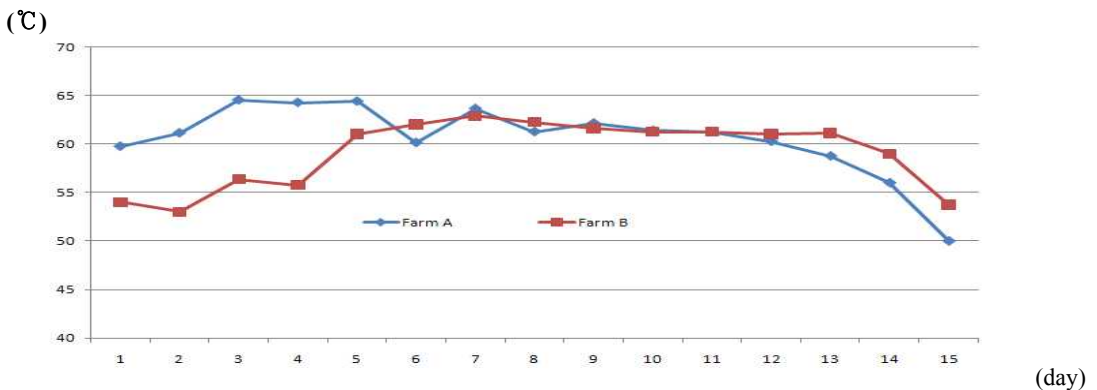


Fig. 3. Comparison of average temperature variations on vertical composting system in Farm A and Farm B.

그러나 조사농가의 계절별 평균 발효조내 온도를 비교 분석 해보면 <Fig. 3>과 같으며, 조사한 A, B 농가 모두 발효조내 온도가 발효초기에는 각각 60℃, 54℃로 농가 간에 약간의 차이가 있었으나, 퇴비화과정중에는 평균 발효온도가 60℃ 이상을 지속적으로 유지하고 있는 것으로 조사되었다. 이는 수직중형 퇴비화시설을 이용하여 퇴비화시 발효조내 투입된 계분이 호기성 상태로 정상적인 퇴비화가 진행되고 있는 것으로 판단되어진다.

이는 발효온도가 퇴비화과정 중에서 가장 중요한 indicator로서 최적의 퇴비화는 낮은 고온범위 (50~55℃)에서 일어나고 (Haug, R. T, 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, 오인환, 1997). 또한 Golueke (1972)은 퇴비화의 활력도나 효율은 주위온도가 35℃ 이상되면 퇴비화 속도는 가속된다고 보고하였다. 퇴비화과정은 35℃~55℃ 사이에서 최고의 효율을 가지며, 부숙물의 온도가 55℃를 넘어서면, 효율은 갑자기 떨어지게 되고, 70℃를 넘게 되면 반응은 급격히 감소된다. 65℃ 이상이 되면, 포자생성균은 생장 활력을 잃고 포자를 생성하게 되어 매우 미미한 활동만을 하게 된다. 온도가 65℃이나 70℃에서 40℃나 그 이하로 떨어지면, 많은 중온 미생물은 다시 활발한 활동을 한다고 보고하였다.

즉, 호기성 미생물이 유기물을 분해하기 위한 최적 환경을 유지시켜 주는 것이 중요하며 (Hirai 등, 1983) 퇴비화 온도는 40~60℃ 정도로 유지 (홍지형, 1998)하는 것이 퇴비화 효율을 높게 할 수 있다고 하였다. 따

라서 본 조사연구에서 얻어진 처리구별 퇴비화 과정중의 온도의 변화는 조사 B농가의 동절기를 제외하고는 정상적인 호기성 퇴비화가 진행되고 있음을 보여주고 있는 것으로 분석되었다.

3. 계절별 수분 함량 변화

조사농가의 계절별 수직중형 퇴비화 시설의 운영현황을 조사한 결과 1일 평균 계분 투입량은 약 5,029.5 kg/일 이었으며, 이때 수분함량은 78%에서 80%인 것으로 조사되었다. 이것을 기준으로 하여 계절별 수분증발량 및 퇴비생산량을 환산해본 결과 봄철의 경우 1일 계분 투입량이 5,040 kg/일 (수분 3,931, 고형물 1,109) 였으며 1차 퇴비화 기간 7일 경과 총 감소량은 2,016 kg/일 (수분 1,795, 고형물 221)이 감소되는 것으로 계산되었다. 여름철의 경우에는 계사에서 수거되는 계분의 수분 함량이 80%로 타계절에 비하여 높은 것으로 조사되었으며, 1일 계분 투입량이 4,980 kg/일 (수분 3,984, 고형물 996)였으며, 1차 퇴비화 기간 7일 경과 총 감소량은 1,992 kg/일 (수분 1,793, 고형물 199)이 감소되는 것으로 계산되었다. 조사농가(A)에서 보면 여름철에는 계분의 수분 함량이 80%로 높아 처리에 특히 관심이 필요한 것으로 조사되었으며 겨울철에는 외기온도 저하 등에 따른 수분 함량이 낮은 것으로 조사되었다.

산란계 A농가에서 채취한 시료의 비료성분을 분석한 결과 전반기 투입되는 계분의 수분 함량은 평균 74.9%였으며 1차 발효 후 59.6%로 감소되는 것으로 조사되었으며, 후반기에서도 투입계분의 수분 함량이 73.8%임에도 불구하고 1차 발효된 퇴비는 58.4%로 수분감소량의 변화가 비슷한 경향을 보였다. 또한 산란계 B농가에서 채취한 시료의 비료성분을 분석한 결과 전반기 투입되는 계분의 수분 함량은 평균 66.8%였으며 1차 발효 후

Table 2. Changes of weight and volume in vertical composting system for Farm A and Farm B according to the seasonal effect

Items		Total Input quantity			Total Decrease quantity			Total Compost productive quantity		
		Total	M.C ¹⁾	Solid	Total	M.C	Solid	Total	M.C	Solid
Farm A	Spring	5,040 ±230	3,931 ±185	1,109 ±55	2,016 ±120	1,795 ±85	221 ±12	3,024 ±375	2,136 ^a ±162	888 ^a ±65
	Summer	4,980 ±220	3,984 ±165	996 ±65	1,992 ±115	1,793 ±86	199 ±16	2,980 ±285	2,283 ^b ±285	797 ^b ±86
	Autumn	5,058 ±250	3,945 ±125	1,208 ±125	2,073 ±125	1,820 ±79	253 ±15	2,985 ±296	2,030 ^b ±125	955 ^b ±67
	Winter	5,040 ±210	3,931 ±125	1,109 ±85	1,915 ±135	1,693 ±89	222 ±14	3,125 ±325	2,238 ^a ±165	887 ^a ±75
	A.V	5,029 ±220	3,931 ±145	1,105 ±75	1,999 ±125	1,775 ±82	224 ±14	3,028 ±315	2,171 ±185	881 ±72
Farm B	Spring	12,276 ±560	8,347 ±450	3,929 ±110	5,487 ±250	5,904 ±225	393 ±13	6,789 ±658	3,253 ^a ±325	3,536 ^a ±136
	Summer	12,696 ±650	8,887 ±485	3,809 ±165	5,977 ±225	5,596 ±215	381 ±22	6,719 ±589	3,291 ^a ±289	3,428 ^a ±263
	Autumn	11,664 ±450	7,814 ±420	3,850 ±30	4,942 ±325	4,557 ±262	385 ±18	6,722 ±495	3,257 ^a ±228	3,465 ^a ±227
	Winter	12,164 ±560	8,271 ±425	3,893 ±135	5,297 ±225	4,908 ±225	389 ±16	6,867 ±486	3,364 ^a ±327	3,504 ^a ±325
	A.V	12,200 ±585	8,329 ±446	3,870 ±139	5,425 ±255	5,241 ±219	387 ±17	6,774 ±523	3,291 ±267	3,483 ±238

¹⁾ M.C. : Moisture Content

^{a,b} : Means significantly in the treatment ($p < 0.05$).

44.3%로 감소되는 것으로 조사되었다. 그러나 후반기에서도 투입계분의 수분함량이 64.3%임에도 불구하고 1차 발효된 퇴비는 49.9%로 높은 수치를 보였다. 이러한 경향의 원인은 겨울철 수분증발량 감소에 영향을 받는 것으로 판단되어 졌다.

이는 대체로 퇴비화의 경우 발효조 온도가 계절적인 영향을 받을 수 있으며, 퇴비더미 내 수분증발이 높게 유지하기 위해서는 최고 온도 도달시간이 짧아야 하며, 이는 곧 높은 수분증발량이 유지된다는 것을 의미한다고 할 수 있다 (Zucconi 등 1987, 황의영 등, 1995, 김은경 등, 1996). 즉, 발효온도는 퇴비 화과정 중에서 가장 중요한 indicator로서 최적의 퇴비화는 낮은 고온범위 (50~55℃)에서

일어나고 (Lo and Liao, 1993), 퇴비화온도가 70℃이상 상승하는 것은 영양분 손실이나 유 효미생물의 감소로 퇴비화가 억제된다는 보고도 있으나 (Hirai, N, 등, 1983) 반대로 발효는 퇴적 후 24시간에서 48시간이 지날 무렵부터 시작하여 이상적인 발효조건에서 60℃ 이상으로 온도가 올라가야 퇴비화가 성공적이라는 보고 (홍지형, 1998, 광정훈, 2004)와 비슷한 경향을 보였다. 따라서 기계교반 퇴비화 시설에는 정상적인 퇴비화과정이 진행되고 있는 것으로 조사되었다.

4. 처리별 비료성분 변화

수직종형 퇴비화시설을 설치하여 운영중인

Table 3. Changes of fertilizer ingredient in vertical composting system for Farm A and Farm B.

(FM base, %)

Items		M.C* (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	OM (%)	OM/N	
Farm -A	First half	raw material	74.9±2.3	0.93±0.08	0.18±0.02	0.27±0.01	17.9±1.5	19.2±1.5
		after 2weeks	59.6±3.5	0.90±0.07	0.33±0.01	0.28±0.02	28.5±1.2	31.7±1.6
	Latter half	raw material	73.8±3.2	0.78±0.06	0.24±0.01	0.15±0.02	18.9±1.6	24.2±1.3
		after 2weeks	58.4±2.8	0.70±0.08	0.16±0.02	0.22±0.02	29.3±2.3	41.9±1.5
Farm -B	First half	raw material	66.8±3.3	0.70±0.09	0.40±0.02	0.25±0.02	27.8±1.8	39.7±1.3
		Latter half	44.3±4.5	0.56±0.07	0.41±0.02	0.26±0.02	44.6±1.6	79.6±1.4
	Latter half	raw material	64.3±3.8	0.56±0.08	0.40±0.02	0.27±0.01	30.2±1.7	53.9±1.2
		after 2weeks	49.9±5.2	0.47±0.07	0.42±0.02	0.28±0.01	41.9±1.6	89.1±3.5

M.C* : Moisture Content.

산란계 농가의 1차발효 퇴비의 비료성분함량을 분석해 본 결과 <Table 3>과 같다. 1차 발효 후 비료성분 함량은 조사농가별로 차이가 높은 것으로 조사되었으며, 질소성분의 경우 조사농가 A에서는 질소성분이 0.8%로 높은 반면에 B농가에서는 0.52%로 약 35% 정도 질소성분이 낮은 것으로 조사되었으나 이는 농가에서 급여하는 사료의 종류에 기인한 것으로 판단되어 진다.

그러나 인산 (P₂O₅)나 칼리 (K₂O) 성분은 조사농가 간에 큰 차이를 보이지 않는 것으로 조사되었다. 반면에 1차발효 퇴비의 OM/N비는 조사농가 A의 경우 전반기 및 하반기 각각 31.7, 41.9로 조사되어 B농가의 79.6 및 89.1에 비해서 매우 낮은 수치를 보였으나 이는 원물인 산란계분에 함유되어 있는 질소성분의 차이에 의한 것으로 판단되어 졌다

적 요

산란계농가에서 설치되어 운영되고 있는 수직중형 퇴비화시설에 대한 수분증발량에 대한 조사결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 수직중형 퇴비화 시설 설치농가 2호를

선정하여 사육규모 등 일반현황과 운영실태를 조사한 결과, 조사농가의 평균 산란계 사육수수 각각 39,971수 및 116,650수 였으며, 조사계절별로 사육수수의 변동은 2% 이내로 일정한 사육수수를 사육하고 있는 것으로 조사되었다.

2. 조사농가의 계절별 평균 발효조내 온도는 조사농가 모두 발효조내 온도가 발효초기에는 각각 60℃, 54℃로 농가 간에 약간의 차이가 있었으나, 퇴비화과정중에는 평균 발효온도가 60℃ 이상을 지속적으로 유지하고 있는 것으로 조사되었다.

3. 계절별로는 동절기에 발효조내 발효온도가 조사 농가 모두 타계절에 비하여 낮은 것으로 조사되었다.

4. 농가별로 계분의 수분 함량을 분석한 결과 A농장의 경우 전반기 평균 74.9%, 후반기 73.8%로 약간의 차이를 보였으며, 조사농가 B의 경우에는 전·후반기 평균 수분함량은 각각 66.8%, 64.3%로 A 농장에 비해서 수분함량이 10.8%~12.8%정도 낮은 것으로 조사되었다.

5. 농가별 수분 감소량은 A농장의 경우 평균 수분 감소량이 20.6%로 조사되었으며, B

농장은 34.0%로 B농장이 A 농장에 비하여 약 13.4% 정도 수분증발량이 높은 것으로 조사되었다.

6. 비료성분 함량중 질소성분의 경우 A농가에서는 질소성분이 0.8%로 높은 반면에 B농가에서는 0.52%로 약 35% 정도 질소성분이 낮은 것으로 조사되었으며, 이에 따른 OM/N비도 조사 A, B농가 각각 36.8, 84.4의 농가별로 차이를 보이는 것으로 조사되었다.

인 용 문 헌

1. AOAC. 2007. Official Methods of Analysis. AOAC international.
2. 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 Cannary Islands. *Biological Wastes*. 20:89-99.
3. Golueke, C. G. 1972. Composting: a study of the process and its principles. Rodale Press, Emmaus, Pa.
4. Haug, R. T. 1993. The practical handbook of composting engineering Lewis publishers. Inc. Ann. Arbor.
5. Hirai, N. F., V. Chanyasak and H. Kubota. 1983. A standed measurement for compost maturity. *Biocycle*. 24(6):54-56.
6. Lo, K.V. and Liao, A.K. 1993. Composting of separated solid swine wastes. *J. Agri. Engng. Res.* 54:307-317.
7. Nakasaki, K., Aoki, N. and Kubota, H. 1996. Accelerated composting of gress clippings by controlling moisture level. *Waste manage, Res.* 12:12-20.
8. Zucconi, f., De Bertoldi, M. 1987. Compost specification for the Production and characterization of compost from Municipal solid waste, *Compost : Production Quality and use*, Elsevier Applied Science., pp. 30-50.
9. 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률(환경부, 2007).
10. 광정훈, 최동윤, 박치호, 정광화, 전병수, 김형호, 2004. 기계교반퇴비화시설에서의 구간별 발효온도에 따른 수분증발량 및 특성변화 연구. *한국축산시설환경학회지* 10(3):163-168.
11. 김은경, 이택순, 서정운. 1996. 로타리교반식발효시설의 운전조건개선, *한국환경농화학회지* 15(3):335-361.
12. 농림수산식품부, 2010, 축산공무원 연찬회 교재, p1-14.
13. 농림부. 2008. 가축분뇨자원화 표준설계도 해설서.
14. 악취방지법 (환경부, 2006)
15. 오인환, 윤종만. 1997. 가축분뇨의 로타리교반발효건조 기술분석. *한국농업기계학회지* 22(4):451-458.
16. 홍지형. 1998. 호기성 발효퇴비에 의한 농축산물의 녹농지 환원이용, *한국농업기계학회지*. 13(3):81-90.
17. 황의영, 황선숙, 남공완. 1995. 공정조절 인자가 분뇨슬러지 퇴비화에 미치는 영향. *한국폐기물학회지*. 12(5):588-594.