

# 돈분의 퇴비화에 있어 악취 제거 기능성 물질의 첨가 효과

이상환 · 김인호\* · 홍종욱 · 권오석 · 김정우

단국대학교 생명자원환경대학 동물자원과학과

## Effects of Functional Ingredients Supplementation as a Bulking Agent in Composting of Swine Manure

S. H. Lee · I. H. Kim\* · J. W. Hong · O. S. Kwon · J. W. Kim

Department of Animal Resource & Science, Life Resource & Environment College, Dankook University

〈 목 차 〉

ABSTRACT	IV. 사 사
I. 서 언	V. 적 요
II. 재료 및 방법	참고문헌
III. 결과 및 고찰	

### ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effects of functional ingredients with supplementation as a bulking agent in composting of swine manure. Treatments were T1 & T5 ; Swine mature+Vermiculite, T2 & T6 ; Swine manure+Perlite, T3 & T7 ; Swine manure+Vermiculite+Perlite, T4 & T8 ; Swine manure+Bark. T1, T2, T3 and T4 were supplemented with functional ingredients on d 0 of composting. T5, T6, T7 and T8 were supplemented with functional ingredients on d 3 of composting. Functional ingredients were Fermkito and Yucca. During the composting period, changes of temperature were showed traditionally composting trend. Volatile fatty acids were

\* Corresponding Author : I. H. Kim

Department of Animal Resource & Science, Dankook University, 29, Anseodong, Cheonan, Choognam, 330-714, Korea.

Tel : 041-550-3652, Fax : 041-553-1618, E-mail : inhokim@anseo.dankook.ac.kr

decreased regardless of treatments in functional ingredients supplementation. Organic matter, T-N and C/N ratio were showed higher bark treatments than other treatments. pH and EC were not differences among the treatments.  $P_2O_5$  and  $K_2O$  were showed level of 1-3%. In heavy metal, Cr were showed higher in vermiculite treatment than other treatments. In conclusion, vermiculite and perlite treatments were greater composting effects than bark.

*Key Words* : chemical parameters, functional ingredients, composting, swine manure

## I. 서 언

최근 인류의 생존과 번영을 위해서 가장 절실히 요구되고 있는 것 중의 하나가 자연환경을 파괴하지 않고 보존하는 기술의 개발인데, 이러한 노력의 일환으로 유기농업의 중요성이 점차 강조되고 있다. 하지만, 이러한 유기농업운동은 사실 그 필요성에 비해 체계적인 실천 기술의 개발은 빈약한 실정이다. 이러한 현실에서 토양개량제의 역할을 하는 유기물 퇴비의 사용은 이 운동의 시발점인데, 유기물 퇴비의 효과로는 퇴비 중에 비료 성분을 함유하며 유기물이 분해되어 만들어지는 부식의 효과가 있다. 또한, 퇴비 중에는 질소, 인산 칼리를 비롯하여 작물 생육에 필수원소인 미량원소가 다량 함유되어 있어, 이를 이용할 경우 미량원소의 결핍에 따른 작물의 피해를 막을 수 있다(Robert, 1992).

이에 따라 축분, 특히 돈분의 퇴비화는 환경오염의 원인인 가축분뇨를 원예용 배양토 보조제로 재활용하여 환경오염을 방지함은 물론, 배양토 제조용 재료의 수급에 있어 수입 대체 효과를 가져오며, 경제적이며 부가가치가 높은 양질의 상품생산이 가능하게 된다(이 등, 2000). 하지만 양돈분뇨의 퇴비화를 위해서는 분 중에 수분 및 유기물 함량이 다량 함유되어 있으므로(김, 1997), 수분조절제 및 보조제의 첨가가 필수적이다. 퇴비화에 있어 이러한 기능으로 사용되고 있는 톱밥은 그 이용성면에서 자원의 제한 및 구입가격이 비싸 경쟁력이 떨어지며, 근래 들어 품귀현상에 따른 한계가 있어, 톱밥의 대체 물질 개발 기술이 현안으로 등장하였다(정 등, 1997). 또한, 불균일한 성분이나 미발효 축분의 무분별한 토양시용으로 암모니아 가스 발생, 염류장해, 산성화 또는 수질오염 등이 다발 가능성에 따라 장해규명의 필요성이 점증되고 있다(Iannotti 등, 1993).

따라서 본 연구에서는 돈분의 퇴비화에 있어 악취 제거용 기능성 물질의 첨가 시기별로 부숙 처리에 따른 이화학적인 성상 변화를 규명하여, 배양토 조제에 효율적이고 기능적인 자원으로의 활용 가능성을 평가하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

시험에 사용한 돈분뇨는 충남 전의면 소재 H농장에서 스크레파식으로 수집된 것으로 수분함유율이 81%였으며, 수분조절재로 쓰인 버뮤클라이트, 펄라이트 및 바크의 수분함수율은 각각 3.3%, 0.3% 및 5%이었다. 발효를 촉진시키기 위해서 효소제(발효제 Vip(V), 한국유기농업개발)를 1.5% 첨가하였으며, 악취제거를 위하여 기능성 물질인 펴키토와 유카를 각각 1%와 200ppm 첨가하였다. 돈분과 각 수분조절재의 배합량은 각 처리마다 수분 함유율을 60%로 조절하기 위하여 Table 1과 같이 첨가하였다.

Table 1. Supplementation of Butchery Wastes and Functional Ingredients as Bulking agent.

Item	T1	T2	T3	T4	T5*	T6*	T7*	T8*
Swine mature(kg)	80	80	80	80	80	80	80	80
Vermiculite(kg)	25	-	12	-	25	-	12	-
Perlite(kg)	-	25	12	-	-	25	12	-
Bark	-	-	-	25	-	-	-	25
Fermentation agent(kg)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Fermkito(kg)	1	1	1	1	1	1	1	1
Yucca(g)	20	20	20	20	20	20	20	20

\* Supplementation of functional ingredients(fermkito and yucca) on medium phase of composting.

돈분과 수분조절재 혼합물의 수분 증발 방지 및 초기 발효열의 발산을 막기 위하여 48시간 동안 폴리비닐을 덮어두었다. 48시간이 지난 후 폴리비닐을 벗겨낸 후 발효가 종료될 때까지 1일 1회 교반하였다. T1, T2, T3과 T4 처리구는 시험 개시시 기능성 물질을 첨가하였고, T5, T6, T7과 T8 처리구는 최고 온도 도달시 기능성 물질을 첨가하여 암모니아 가스 및 퇴비화에 미치는 영향을 관찰하였다.

퇴비화 과정중 시료의 온도는 발효조의 표면으로부터 20cm되는 지점에서 디지털 온도계 (Thermo recorder, TD사, Japan)를 이용하여 온도를 측정하였고, 최종 산물에 대한 휘발성 지방산의 함량은 GC를 이용하여 측정하였다.

최종산물의 이화학적 성상 중 수분 측정은 AOAC(1990)의 방법을 이용하였으며, 유기물 함량 측정은 Ben Dor과 Banin(1989)의 방법을 사용하였고, 질소(N) 분석은 켈달(Kjeldahl)방법을 사용하여 측정하였으며, 암모니아태 질소(NH<sub>4</sub>-N)는 시료 2g을 2M KCl 50ml로 추출한 다음 여과액을 취해 MgO를 1g 가한 후 증류하여 증류액을 0.05N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 적정하여 함량을 측정하였다. 인산(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)과 칼리(K<sub>2</sub>O)의 함량은 회화한 분쇄 시료 2g을 1:1 염산으로 분해하여 시료액을 조제한 다음 여과하여 일정 비율로 희석한 후 발색제로 발색시킨 다음 Spectrophotometer로 흡광도를 측정하였다(농촌진흥청, 1988). pH와 전기전도도(EC)의 측정

은 증류수를 10배 희석한 후 pH meter와 EC meter로 각각 측정하였다. 최종산물의 중금속 중 구리와 카드뮴은 원자흡광 광도계(Hitachi z-6000)로 측정하였으며, 수은은 자동분석기(SP-1)로 분석하였다. 그리고, 크롬, 비소 등의 중금속의 함량은 시료를 분해한 후 원자흡광분석기(SP-9)로 분석하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 퇴비화 기간 중 온도 변화

본 실험의 경우 각기 다른 수분조절제와 기능성 물질의 첨가에 따른 퇴비화의 온도 변화 양상을 Figure 1에서 보여지고 있다. Chen과 Inbar(1993)에 의하면 퇴비화 기간 중 온도의 변화는 미생물 활동에 의해 상승되었다가 점차 안정화되는 양상을 보인다 하였고, 퇴비화의 최적 온도로 50~60℃인 것으로 보고되고 있다(김 등, 1997). 이에 따라 본 시험의 온도 변화 양상이 기존의 보고와 비교하여 전형적인 퇴비화 경향을 보인다고 사료된다.

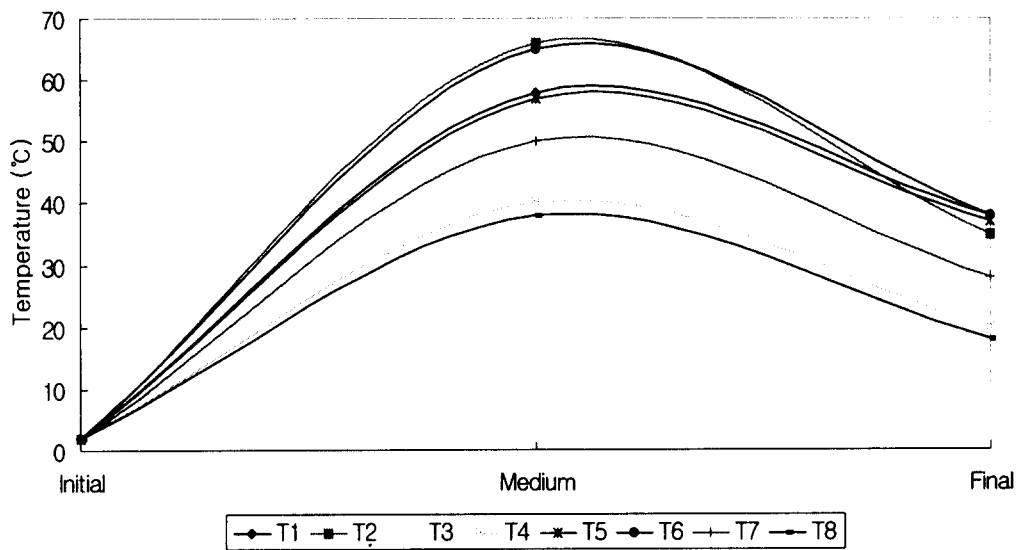


Figure 1. Changes of temperature during the composting period.

## 2. 최종산물의 휘발성 지방산

최종산물에서 수분조절재의 차이 및 기능성 물질의 첨가 시기에 따른 휘발성 지방산의 변화는 Table 2와 같다. 전반적으로 바크를 첨가한 처리구에서만 휘발성 지방산의 수준이 높게 나타나는 경향을 보였다. 또한, 기존의 보고와 비교하였을 때, 기능성 물질의 첨가 시기와는 상관없이 휘발성 지방산 함량이 많이 감소하고 있음을 알 수 있었다. 이에 따라, 기능성 물질의 첨가 시기와는 상관없이 퇴비화에 있어 휘발성 지방산을 감소시킨다고 사료되며, 이러한 기능성 물질의 첨가로 퇴비화시 악취 제거용으로 사용 가능하리라 본다.

Table 2. Volatile fatty acid of final compost(DM base).

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Acetic acid(mg/kg)	52.41	436.81	107.53	1,799.72	84.75	439.29	167.21	1,549.82
Propionic acid(mg/kg)	19.80	28.30	16.28	112.23	43.46	29.42	15.10	105.68
Butyric acid(mg/kg)	15.94	15.10	9.28	46.29	25.70	13.20	8.04	39.92

## 3. 최종산물의 이화학적 조성

### 1) 최종산물의 화학적 조성 함량

최종산물의 유기물, 총 질소 함량, C/N비, 암모니아태 질소, pH와 전기전도도는 Table 3에서 보여지는 바와 같다.

Table 3. Chemical properties in final compost byproduct(DM base).

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Organic matter(%)	28.03	29.31	27.79	83.42	27.19	31.74	29.22	82.18
T-N(%)	1.71	1.45	1.56	2.05	1.62	1.69	1.56	2.02
C/N ratio	16.39	20.21	17.81	40.69	16.78	18.78	18.73	40.68
NH <sub>4</sub> -N(ppm)	127.52	316.92	193.76	314.73	148.82	300.28	277.77	250.77
pH	8.18	7.54	8.07	6.20	8.17	7.28	7.64	6.35
EC(mS/cm)	3.58	5.20	4.49	5.31	3.77	4.97	4.18	5.18

유기물, 총 질소 함량 및 C/N비에서는 바크를 함유한 처리구에서만 버미큘라이트나 펄라이트 첨가구보다 높은 경향을 보였다. 이는 바크의 공극률이나 섬유소 함량으로 인하여 퇴비화의 수분조절재 역할을 못하고 있음을 보여주었다. 암모니아 태 질소에 있어서는 펄라이트나 바크의 처리구인 T2, T4, T6, T7, T8에서 버미큘라이트 처리구인 T1, T3, T5에 비해 높은 수치를 나타내었다. 하지만 기능성 물질의 첨가 시기별 차이는 나타나지 않았다. 특히, 퇴비화를

결정하는 데 있어 중요한 요소 중의 하나인 C/N비에 있어서 바크 처리구를 제외하고 20 이하의 적정 수치를 나타내었는데, 이는 기존 문헌(Golueke ; 1977, Wong ; 1985, 김 등 ; 1997)과 비교하였을 때 거의 유사한 수치를 보여주었다. 이 결과들은 퇴비화 과정을 거치면서 질소가 미생물 등에 의해 에너지원으로 쓰여 최종산물의 질소 함량을 감소시킨다는 Finstin와 Morris(1975)의 보고와 일치하였고, 결과적으로 유기물과 총 질소 함량 및 C/N비의 감소를 초래하였다고 보여지며, 또한 Overcash 등(1983)에 의하면 퇴비화 과정이 진행될수록 암모니아태 질소의 증발이 보여지므로, 본 실험에서는 기능성 물질의 첨가로 악취제거의 효과까지 나타날 수 있다고 사료된다.

pH와 전기전도도에 있어서도 처리간의 차이는 없었으나, pH의 경우 전체적으로 약알칼리성을 나타내었다. 이는 약알칼리성 퇴비는 화학비료의 사용으로 산성화된 토양에 적용하였을 때 토양을 중화시켜 완충능력을 증대시킬 수 있다(김, 1997)는 보고로 보았을 때, 적정 퇴비화의 기준이라 볼 수 있다. 퇴비의 사용량을 결정하는데 있어 주요한 원인이 되는 전기전도도에 있어서는 3.5~5mS/cm의 수치를 나타내었는데, 이는 농림부(2000)의 결과와 비슷한 수치를 나타내었다.

## 2) 비료성분

Table 4에 나타나 있는 비료성분을 결정요인인 인산( $P_2O_5$ )과 칼리( $K_2O$ )의 함량은 김 등(1997)의 성장과 거의 유사한 1~3% 수준의 수치를 보여, 이는 퇴비의 여건을 충족시킬 수 있는 수준이라 볼 수 없지만, 유기축산의 활용도 면에서는 우수한 수치라고 사료된다.

Table 4. Contents of P and K in final compost byproduct(DM base).

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
$P_2O_5$ (%)	2.06	2.50	2.15	1.83	2.13	2.36	1.99	2.06
$K_2O$ (%)	3.00	0.36	1.83	1.39	3.07	0.34	1.59	1.16

## 3) 최종산물의 중금속 함량

Table 5에는 최종산물의 중금속 함량이 보여지는데, 퇴비화의 유해산물인 중금속 중 Pb, Cd, As와 Hg의 경우는 흔적조차 나타나지 않았으며, Cr은 원보조제인 버미큘라이트의 화학적 성상에 영향을 받은 T1, T3, T5, T7에서 높은 수치를 나타내었다. 하지만, 장과 임(1994)이 제시한 기준치와 비교하였을 때 대체로 만족할 만한 수치를 보였다.

Table 5. Heavy metal contents in final compost byproduct(DM base).

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Pb(mg/kg)	- <sup>1</sup>	1.50	2.63	3.20	-	-	-	2.43
Cd(mg/kg)	-	0.07	-	-	-	-	-	-
Cu(mg/kg)	297.32	221.45	257.25	207.66	231.05	187.14	184.98	249.69
Cr(mg/kg)	651.98	25.86	232.50	30.73	611.94	20.30	198.80	30.83
AS(mg/kg)	0.05	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	0.03	-
Hg(mg/kg)	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> : not detected

이상의 결과로 보아, 기능성 물질의 첨가에 있어 시험 개시시 첨가구와 최고 온도 도달시 기능성 물질의 첨가 효과에 따른 차이는 나타나지 않았으며, 최종산물의 암모니아태 질소 등에 있어서 기준치와 비교하였을 때 악취 제거 효과를 규명할 수 있었다. 또한, 좀 더 보완 연구가 되어 식물의 생장에 필요한 배양토로서의 가치를 규명해야 하겠지만 버미큘라이트와 펄라이트의 첨가로 퇴비화의 적정 수치를 만족시킬 수 있었다고 사료되며, 바크 처리구에서는 바크의 공극률이나 섬유소 함량으로 인하여 퇴비화의 수분조절재 역할을 못하고 있음을 보여준다.

#### IV. 사 사

본 연구는 '98년 농림부의 농림기술개발사업 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### V. 적 요

본 연구는 돈분의 퇴비화에 있어서 악취 제거 기능성 물질의 첨가 효과를 조사하였다. 처리구는 T1와 T5; 돈분+버미큘라이트, T2와 T6; 돈분+펄라이트, T3와 T7; 돈분+버미큘라이트+펄라이트, T4와 T8; 돈분+바크를 혼합하였으며, T1, T2, T3과 T4 처리구에는 시험 개시시 기능성 물질을 첨가하였고, T5, T6, T7과 T8 처리구는 최고 온도 도달시 기능성 물질을 첨가하여 암모니아 가스 및 퇴비화에 미치는 영향을 관찰하였다. 시험 기간동안 퇴비화의 최고 온도가 50~60℃까지 상승하였다가 감소하였다. 휘발성 지방산은 기능성 물질의 첨가 시기와는 상관없이 줄어들었다. 유기물과 총 질소 함량 및 C/N비에서는 바크를 함유한 처리구에서만 버미큘라이트나 펄라이트 첨가구보다 높은 경향을 보였다. pH와 전기전도도에 있어서도

처리간의 차이는 없었으나, pH의 경우 전체적으로 약알칼리성을 나타내었다. 인산( $P_2O_5$ )과 칼리( $K_2O$ )의 함량은 1~3% 수준의 수치를 보였고, 퇴비화의 유해산물인 중금속 중 Pb, Cd, As와 Hg의 경우는 흔적조차 나타나지 않았으며, Cr은 원보조재인 버미큘라이트의 화학적 성상에 영향을 받은 T1, T3, T5, T7에서 높은 수치를 나타내었다. 이상의 결과로 보아, 버미큘라이트와 펄라이트의 첨가로 퇴비화의 적정 수치를 만족시킬 수 있었다고 사료된다.

### 참고문헌

1. AOAC. 1990. Official method of analysis(15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
2. Ben-Dor, E. and Banin, A. 1989. Determinations of organic matter content in arid-zone soils using a simple "loss on ignition" methods. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 20 : 1675-1695.
3. Chen, Y. and Inbar, Y. 1993. Chemical and spectroscopical analyses of organic matter transformations during composting in relation to compost maturity. p.551-600. In H. Holtink and H. Keener(eds.) *Science and engineering of composting*. Renaissance Publications, Washington, Ohio State University.
4. Finstin, M. S. and Morris, M. L. 1975. Microbiology of municipal solid waste composting. *Adv. appl. Microbiol.*, 19 : 113-151.
5. Golueke, C. G. 1977. *Biological reclamation of solid wastes*. Redale Press, Emmaus, Pennsylvania.
6. Iannotti, D. A., Pang, T., Toth, B. L., Elwell, D. L., Keener, H. M. and Hoitink, A. J. 1993. A quantitative respirometric method for monitoring compost stability. *Compost Science & Utilization*. 1(3) : 52-65.
7. Overcash, M. R., Humenick, F. I. and Miner, J. R. 1983. *Livestock waste management*. 1(2). CRC.
8. Robert, R. 1992. *On farm composting handbook*. NRAES.
9. Wong, M. H. 1985. Phytotoxicity of refuse compost during the process of maturation. *Environ. Pollut. Ser.*, 37(2) : 159-174.
10. 김두환. 1997. 산업폐기물의 수분조절재 대체가 양돈분뇨의 퇴비화에 미치는 영향. *축산시설환경*. 3(1) : 19-26.
11. 김성균, 최경호, 정문식. 1997. 충전재의 생분해도가 돈분 퇴비화 효율에 미치는 영향에 관한 연구. *한국환경위생학회지*. 23(2) : 35-43.



12. 김태일, 정광화, 최기춘, 류병희, 광경훈, 전영수, 박치호, 김형호, 한정대. 1997. 돈분의 호기성 퇴비화 단계별 물리·화학적 성상 변화. 축산시설환경, 3(1) : 13-18.
13. 농촌진흥청 농업과학기술원. 1988. 토양화학분석법.
14. 이정철, 이시래, 이완희, 서정근, 김정우. 2000. 가축분뇨를 이용한 기능성 원예 배양토 개발 - 배양토의 혼합비율이 Tagetes 'Orange Boy'와 Brassica 'Jeung-II-Poom'의 plug seedling의 생장에 미치는 영향-. 한국생물환경조절학회 2000년 학술발표논문집. pp.51~57.
15. 농림부. 2000. 부산물비료의 물리성 품질관리 기준설정. 고려대학교 최종연구보고서.
16. 장기운, 임재신. 1994. 유기성 폐자원을 이용한 퇴비제품화 요건. 유기성폐기물자원화. 2(1) : 121-124.
17. 정광화, 김태일, 최기춘, 한정대, 김원호. 1997. 계분의 호기성 퇴비화 과정중 성분 변화. 한국축산학회지. 39(6) : 731-738.