

돈분의 퇴비화에 있어 원보조재의 혼합비에 따른 최종산물의 화학적인 조성 연구

이상환 · 김인호* · 홍종욱 · 권오석 · 김정우
단국대학교 생명자원환경대학 동물자원과학과

Study of Chemical Parameters on Butchery Wastes 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

I. 서 언

II. 재료 및 방법

III. 결과 및 고찰

IV. 적 요

V. 사 사

참고문헌

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate chemical parameters on butchery wastes as a bulking agent in composting of swine manure. Treatments included T1 ; Swine manure + Rice hull, T2 ; Swine manure + Rice hull + Vermiculite, T3 ; Swine manure + Rice hull + Perlite, T4 ; Swine manure + Vermiculite, T5 ; Swine manure + Vermiculite + Perlite, T6 ; Swine manure + Perlite, T7 ; Swine manure + Rice hull + Vermiculite +

* Corresponding Author : I. H. Kim

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

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

Perlite. During the composting period, changes of temperature and pH were showed traditionally composting trend. Moisture, organic matter, total nitrogen and C/N ratio were higher rice hull than vermiculite and perlite treatments. Ammonia-N and EC were not differences among the treatments. In heavy metal, Cd and Cr were showed higher in vermiculite treatments than other treatments. Rice hull treatments were decreased volatile fatty acids compared to that of other treatments. In conclusion, rice hull containing high organic content was greater composting effects than vermiculite and perlite containing low organic content.

Key Words : chemical parameters, composting, swine manure

1. 서 언

최근 가축분뇨에 대한 환경오염 규제가 점차 강화되는 추세에 따라 해결 방안으로 실용적인 가축분뇨의 처리 기술 개발이 양돈 산업의 가장 큰 당면 과제라 볼 수 있다. 이에 따라 대두된 것이 환경보전형 축산, 혹은 유기 축산인데 그 중에서도 축산 폐기물의 처리 기술인 퇴비화는 분뇨에 다량 함유된 유기물질을 적절한 조건을 유지시켜 무기물질로 변화시켜 주는 공정으로 (Iannotti 등, 1993), 가축분뇨에 다량 함유되어 있는 유기질 비료원을 적절히 활용할 경우 화학비료 과다 사용에 의한 토양의 산성화를 방지하여 지력을 향상시키고 작물의 생육 증진과 병충해에 대한 저항력을 키울 수 있다는 측면에서 그 필요성은 절실하다고 본다.

예전부터 축분중에서도 돈분은 N, P, K 등의 비료성분이 다량 포함되어 있기 때문에 토양의 지력 증진용으로 사용되어져 왔으며(김 등, 1997), 다량의 화학비료 대체에 따른 경영비 절감뿐만 아니라, 토양의 산성화를 지연시킬 수 있다는 측면에서도 그 효용가치가 매우 컸다(정 등, 1997). 또한, 국내의 대규모 기업형 축사 또는 돈사에서 발생하는 축분은 수집이 양호하기 때문에 부숙 또는 특수가공처리 기술이 뒤따른다면 배양토 조제에서도 효율적이고 기능적인 자원으로 활용할 수 있을 것으로 평가되고 있다(이 등, 2000). 일반적으로 퇴비화 공정에서 수분 조절재로 사용되고 있는 것으로는 톱밥, 왕겨, 볏짚 등이 있으며, 신문지 등의 폐지류도 그 이용 가능성이 보고되고 있다(정 등, 1996). 하지만, 톱밥 같은 자원은 제한되어 구입가격이 비싸고 또 풀귀현상마저 일어남에 따라 톱밥의 대체 소재를 개발하는 것이 현안으로 등장하였다.

이에 따라 본 연구에서는 돈분에 왕겨, 버미큘라이트, 펄라이트를 수분조절재로 사용하여, 돈분의 퇴비화에 있어 원보조재의 혼합비에 따른 최종산물의 화학적인 조성을 조사하였다. 또한, 악취 제거를 위해 기능성 물질인 펙티토를 첨가하여 퇴비 공정에서 나타나는 최종산물의 화학적인 성분 분석을 통하여 돈분의 퇴비화 특성을 규명하고자 하였으며, 아울러 축산 폐기물

의 발효 및 부숙 건조과정에서 직접적으로 유기질 퇴비와 원예용 배양토를 동시에 제조할 수 있는 효율적인 가축분뇨처리 시스템 개발을 위한 기초자료를 제시하기 위하여 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료

공시 돈분은 충남 전의면 소재 H농장에서 스크레파식으로 수집된 수분함유율이 81%인 것을 사용하였고, 수분조절재로 쓰인 왕겨, 버뮤클라이트, 펄라이트의 수분함유율은 각각 46%, 3.3%, 0.3%이었다. 이 수분조절재를 각 처리마다 수분 함유율을 60%로 조절하기 위하여 Table 1과 같이 첨가하였다. 발효를 촉진시키기 위해서 효소제(발효제 Vip(V), 한국유기농업 개발)를 1.5% 첨가하였으며, 악취제거를 위하여 기능성 물질인 펌키토를 1% 첨가하였다.

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

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Swine mature(kg)	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
Rice hull(kg)	37.00	18.50	18.50	-	-	-	18.50
Vermiculite(kg)	-	9.25	-	18.00	9.00	-	4.60
Perlite(kg)	-	-	9.25	-	9.00	17.00	4.60
Fermentation agent(%)	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Fermkito(%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

2. 발효조건

혼합된 처리구들은 발효조에서 퇴비의 초기온도가 30℃이상이 되도록 가온한 후, 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.

3. 조사항목

1) 온도와 pH 측정

퇴비화 과정중 시료의 온도는 발효조의 표면으로부터 20cm되는 지점에서 디지털 온도계(Thermo recorder, TD사, Japan)를 이용하여 온도를 측정하였다. pH의 측정은 시료 20g과 증류수 200ml을 혼합(1:10, wt/v)하여 희석한 후 5분간 실온에서 정치시킨 후에 pH

meter(DMP 600, Dongwon Medical)를 이용하여 측정하였다.

2) 수분 및 유기물 측정

시료 2g을 100℃에서 6시간동안 건조한 후에 방냉하여 건조 전후의 중량을 비교하여 감량분을 수분함량으로 측정하였고(AOAC, 1990), 유기물 함량 측정은 Ben Dor와 Banin(1989)의 방법에 준하여 시료 2g을 500℃의 회화기(muffle furnace)에서 5시간 동안 회화시킨 후에, 회화 전후의 중량을 비교하여 총 유기물 함량을 계산하였다.

3) 화학적 분석

질소(N) 분석은 켈달(Kjeldahl)방법에 의하여 측정하여 총 질소 함량 및 C/N비를 조사하였으며, 암모니아태 질소(NH₄-N)는 시료 2g을 2M KCl 50ml로 추출한 다음 여과액을 취해 MgO를 1g 가한 후 증류하여 증류액을 0.05N H₂SO₄로 적정하여 함량을 조사하였다.

4) 중금속 함량 및 휘발성 지방산 측정

퇴비의 유해 요소인 구리, 카드뮴은 원자흡광 광도계(Hitachi z-6000)로 측정하였다. 수은은 자동분석기(SP-1)로 분석하였다. 크롬, 비소 등의 중금속의 함량은 농촌진흥청의 표준분석법(1988)을 이용하여 시료를 분해한 후 원자흡광분석기(SP-9)로 분석하였다. 최종 산물의 휘발성 지방산 함량 측정은 GC를 이용하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 온도와 pH의 변화

퇴비화 과정 중 온도의 변화는 Figure 1에 잘 나타나 있다. 온도의 변화는 초기온도에서 3~4일 후 급격한 온도 상승 후 최고 온도에 도달하는 전형적인 퇴비화 온도 변화 양상을 볼 수 있었다. 이는 퇴비화 기간 및 수치의 차이는 있었지만 기존의 보고인 정 등(1996), 고 등(1997), 김(1997), 손 등(1997)의 결과와 유사한 경향을 보였다. Figure 2는 양돈분뇨와 원보조재의 혼합비에 따라 발효과정에서 일어나는 pH의 변화를 나타낸 것이다. Cardenas와 Wang(1989)에 의하면 기질 분해로 인한 암모니아 등의 영향으로 상승 후 점차 안정화를 거친다는 전형적인 퇴비화 양상을 볼 수 있었는데, 본 실험에서 사용한 원보조재들의 pH가 알칼리성 특성으로 퇴비화 기간 동안 큰 폭의 pH 변화는 볼 수 없었다.

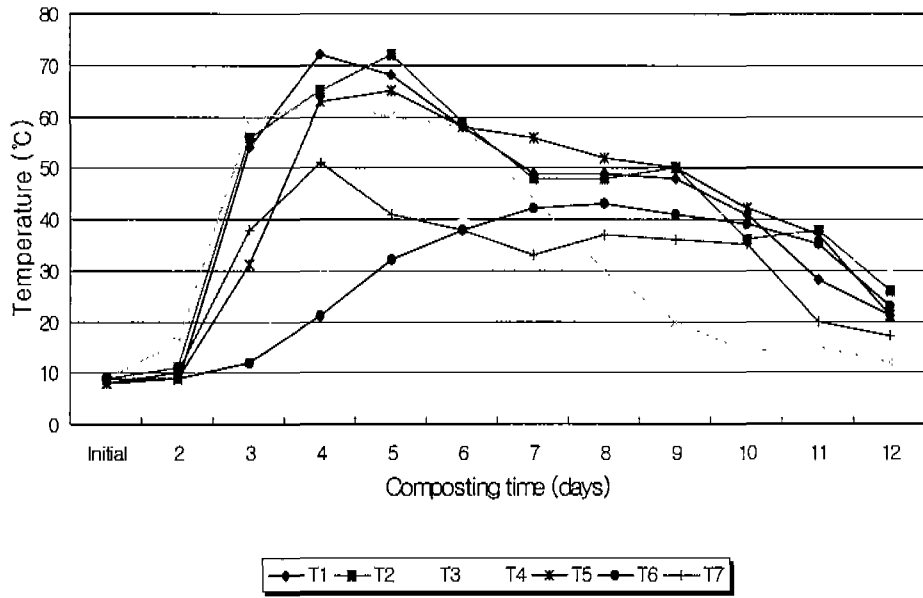


Figure 1. Changes of temperature during the composting period.

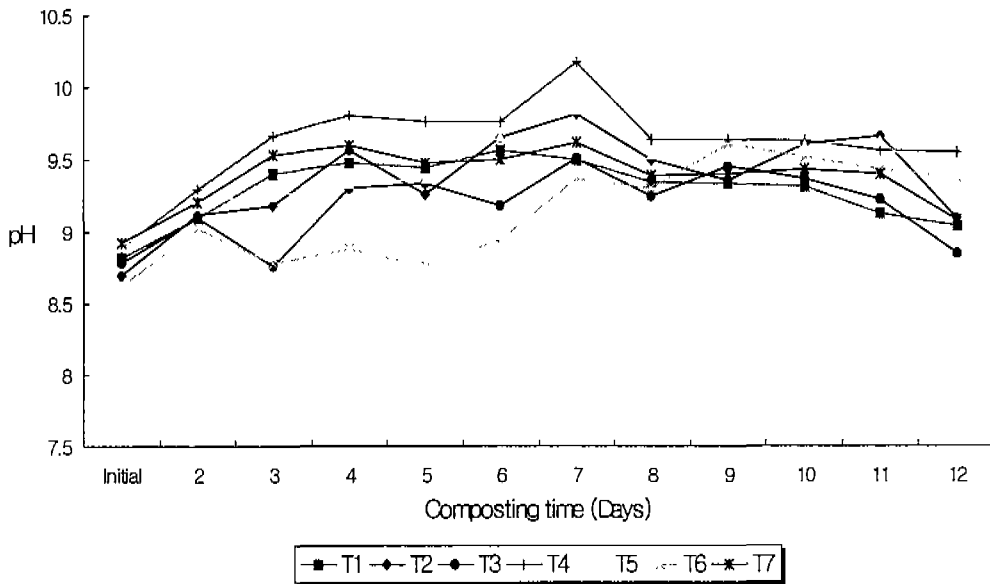


Figure 2. Changes of pH during the composting period.

2. 최종산물의 수분 및 화학적 성분 함량

양돈분뇨와 원보조재의 혼합비에 따른 최종산물의 수분, 유기물, 총 질소 함량, C/N비, 암모니아태 질소 및 전기전도도의 수치는 Table 2와 같다.

Table 2. Chemical properties in final compost byproduct(DM base).

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Moisture(%)	3.44	2.63	2.45	1.75	1.78	1.95	2.38
Organic matter(%)	72.53	47.84	49.38	31.30	29.41	32.54	52.40
T-N(%)	1.49	1.66	1.47	1.65	1.50	1.42	1.54
C/N ratio	48.67	28.81	33.59	18.96	19.60	22.91	34.62
NH ₄ -N(ppm)	0.010	0.005	0.007	0.004	0.004	0.008	0.013
EC(mS/cm)	4.43	4.43	3.34	4.80	4.46	4.02	4.19

최종산물의 수분, 유기물 및 총 질소 함량의 경우 왕겨를 함유한 처리구에서 버미큘라이트나 펄라이트 첨가구보다 높은 경향을 보였다. C/N비 역시 왕겨의 첨가에 따라 높아지는 경향을 보였다. 암모니아 태 질소나 전기전도도의 경우 처리간의 차이는 보여주지 않았다. 이 결과로 보아, 유기물을 다량 함유한 왕겨의 첨가구에서 최종산물의 수분 및 화학적 수치가 상승하는 결과를 관찰할 수 있었다. Chen과 Inbar(1993)에 의하면 퇴비화에 있어 미생물의 영양원으로 쓰이는 탄소와 질소의 함량 및 C/N비의 관찰이 중요하다 하였고, C/N비가 20 이하 수준을 일반적인 적정 퇴비화 조건이라 하였다. 하지만 본 결과에서 보면, 유기물이 다량 함유된 왕겨의 화학적 특성상 적정 C/N비 보다는 높은 수준을 나타내었는데, 이는 미생물의 활동에 의하여 암모니아 질소의 소실과 부자재의 화학적 특성에 따라 차이를 보일 수 있다는 Robert(1992)의 보고와 유사하다고 사료된다.

3. 최종산물의 중금속 함량

퇴비의 품질을 평가하는 항목 중 공중보건학적 안전성과 비효성 측면에서 퇴비내의 병원성 세균문제와 중금속 함량 그리고 악취 문제를 들 수 있는데, 이 중 중금속은 미량 존재시에도 퇴비화에 영향을 미칠 수 있어 그 잔량을 규명하는 것이 중요하다(정 등, 1996). Table 3은 퇴비화 저해 산물인 중금속 함량이 제시되어 있다. 중금속 중 카드뮴과 크롬의 경우엔 다른 처리구에 비해 버미큘라이트의 첨가구에서 높은 농도를 보여주고 있는데, 이는 버미큘라이트내 카드뮴의 농도가 높은 것으로 사료된다. 그 외 중금속들의 수준은 처리간의 차이를 보이지 않고 유사한 경향을 보였으며, 이 결과들은 퇴비 중 중금속 기준치(장과 임, 1994)를 크게 벗어나지 않는 결과를 보여주고 있다.

Table 3. Heavy metal contents in final compost byproduct.

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Pb(mg/kg)	11.8	14.41	27.34	25.25	31.10	23.95	16.65
Cd(mg/kg)	0.23	0.77	0.46	0.81	0.83	0.25	0.96
Cu(mg/kg)	355.92	372.84	331.64	348.24	348.78	355.08	344.56
Cr(mg/kg)	44.86	898.55	32.81	1308.06	670.84	90.33	912.88
AS(mg/kg)	0.53	0.52	0.46	0.50	0.23	0.48	0.35
Hg(mg/kg)	0.01	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01

4. 최종산물의 휘발성 지방산 함량

원보조재의 혼합비에 따른 휘발성 지방산의 변화는 Table 4와 같다. 전반적으로 왕겨를 첨가한 처리에서 휘발성 지방산의 수준이 낮은 경향을 보였다. 원보조재의 혼합비에 대해서는 특별한 영향을 주지 않은 것으로 사료되나 식물의 성장 반응정도에 대한 차이는 나타낼 수 있는 것으로 사료된다. 이에 따라 식물성장 등 물리적인 특성의 변화 조사가 필요하리라 사료된다.

Table 4. Volatile fatty acid in final compost byproduct.

Item	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Acetic acid(mg/kg)	43.38	81.09	52.26	91.50	77.06	92.75	75.76
Propionic acid(mg/kg)	3.68	12.21	3.23	10.03	5.40	17.15	13.95
Butyric acid(mg/kg)	5.45	16.54	4.26	8.49	4.71	8.86	5.44

IV. 적 요

본 시험은 돈분의 퇴비화에 있어 원보조재의 혼합비에 따른 최종산물의 화학적인 조성을 조사하였다. 처리구는 T1; 돈분뇨 + 왕겨, T2; 돈분뇨 + 왕겨 + 버미큘라이트, T3; 돈분뇨 + 왕겨 + 펠라이트, T4; 돈분뇨 + 버미큘라이트, T5; 돈분뇨 + 버미큘라이트 + 펠라이트, T6; 돈분뇨 + 펠라이트, T7; 돈분뇨 + 왕겨 + 버미큘라이트 + 펠라이트로 혼합하였다. 발효 촉진을 위해 발효제 1.5%, 악취 제거를 위해 퓌키토 1%를 혼합하였다. 온도의 변화는 초기온도에서 3~4일 후 급격한 온도 상승 후 최고 온도에 도달하는 전형적인 퇴비화 온도 변화 양상을 볼 수 있었다. pH는 상승 후 점차 안정화를 거치는 전형적인 퇴비화 양상을 볼 수 있다. 최종산물의 수분, 유기물 및 총 질소 함량의 경우 왕겨를 함유한 처리구에서 버미큘라이트나 펠라이트 첨가구보다 높은 경향을 보였다. C/N비 역시 왕겨의 첨가에 따라 높아지는 경향을 보였다. 암모니아 태 질소나 전기전도도의 경우 처리간의 차이는 보여주지 않았다. 중금속 중 카드

늪과 크롬의 경우엔 다른 처리구에 비해 버미큘라이트의 첨가구에서 높은 농도를 보여주고 있는데, 이는 버미큘라이트내 카드뮴의 농도가 높은 것으로 사료된다. 그 외 중금속들의 수준은 처리간의 차이를 보이지 않고 유사한 경향을 보였으며, 왕겨를 첨가한 처리에서 휘발성 지방산의 수준이 낮은 경향을 보였다. 결론적으로, 퇴비화 동안 유기물의 함량이 높은 왕겨에서 퇴비화의 효과가 양호한 것으로 보였다.

V. 사 사

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

참고문헌

1. AOAC (1990): Official method of analysis(15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
2. Ben-Dor, E. and A. Banin. 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. Cardenas, R. R. and Wang, L. K. (cited by Jimenez, E. I. and Garcia, V. P. 1989. Evaluation of city refuse compost maturity : A review. Biological Wastes, 2 7 : 115-142).
4. 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.
5. 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.
6. Robert, R. 1992. On farm composting handbook. NRAES.
7. 고병구, 정이근, 정광용, 소규호, 하호성. 1997. 가축분 퇴비제조를 위한 톱밥의 대체물질 선별. 농업환경논문집. 39(1) : 37-42.

8. 김두환. 1997. 산업폐기물의 수분조절재 대체가 양돈분뇨의 퇴비화에 미치는 영향. 축산시설환경. 3(1) : 19-26.
9. 김태일, 정광화, 최기춘, 류병희, 광경훈, 전영수, 박치호, 김형호, 한정대. 1997. 돈분의 호기성 퇴비화 단계별 물리·화학적 성상 변화. 축산시설환경, 3(1) : 13-18.
10. 농촌진흥청 농업과학기술원. 1988. 토양화학분석법.
11. 손현석, 양원호, 정문식. 1997. 퇴비화를 이용한 하수슬러지 처리에 있어서 적정 수분함량과 C/N비에 관한 연구. 한국환경위생학회지. 23(2) : 44-56.
12. 이정철, 이시래, 이원희, 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.
13. 장기운, 임재신. 1994. 유기성 폐자원을 이용한 퇴비제품화 요건. 유기성폐기물학회지. 1(1) : 41.
14. 정광화, 김태일, 최기춘, 한정대, 김원호. 1997. 계분의 호기성 퇴비화 과정중 성분 변화. 한국축산학회지. 39(6) : 731-738.
15. 정문식, 박석환, 최경호, 양원호, 강주원, 손현석, 김성균, 박지영. 1996. 돈분과 폐지류의 혼합물 퇴비화에 있어서 공기공급량이 퇴비화 효율에 미치는 영향. 한국환경위생학회지. 22(2) : 58-68.