

유우분의 퇴비화 및 암모니아가스의 생물학적 탈취

- 코코넛 껍질의 이용 -

Dairy Manure Composting and Ammonia Gas Biofiltration

- Using Coconut Peels-

박금주	홍지형	최원춘
정회원	정회원	
K. J. Park	J. H. Hong	W. C. Choi

1. 서론

축산업의 규모가 커짐에 따라 가축분뇨의 발생이 집중화되고 있으며 이 축산폐기물은 올바르게 처리하지 않을 경우 대기 및 수질환경의 오염원이 될 수 있다. 축산농가에서는 분뇨 처리의 문제가 가축사육의 중요한 부분으로 대두되고 있다. 가축분뇨를 퇴비화 처리하는 과정에서 발생하는 암모니아가스는 악취의 주요성분을 이루고 있을 뿐만 아니라 퇴비 내에 존재하는 질소성분을 밖으로 유출하는 결과를 초래한다. 따라서 퇴비화하는 과정에서 악취발생의 저감과 또한 발생된 악취의 탈취는 퇴비 내에 포함되어 있는 질소 비료성분의 유출을 방지하고 작업장의 불쾌감과 환경오염을 방지한다는 측면에서 매우 중요한 과제이다.

가축분뇨의 퇴비화 과정에서 악취발생에 영향을 미치는 인자는 퇴비재료의 물리화학적 특성(산도, 수분함량, C/N, 공극률), 공기(산소)량 등이 있다(Ekinci 등(2002), Hong 등(1998)). 퇴비 내에 포함되어 있는 유기성 질소는 발효과정에서 휘발성의 암모니아가스로 무기화 되면서 악취를 발생시킨다. 가축분뇨는 수분함량이 높고 공극률이 낮아 축분 그대로 퇴비화할 수는 없으며 일반적으로 톱밥 또는 왕겨 등을 첨가하여 수분함량 60-70%, C/N 25-40의 적정값으로 조정하여 퇴비화 한다. 그러나 톱밥은 가공비가 비싸서 경제적 부담으로 작용하며, 왕겨는 분해율이 떨어지는 문제점을 가지고 있다.

퇴비화 탈취처리방법에는 물리적, 화학적 및 생물학적 탈취법이 있으나, 생물학적 탈취법이 탈취효과, 시설비 및 운영비의 측면에서 유리한 방법이다. 생물학적 탈취에 이용될 수 있는 재료는 토양, 퇴비, 수피, 톱밥 또는 대팻밥 등이 있다(Janni, 1999).

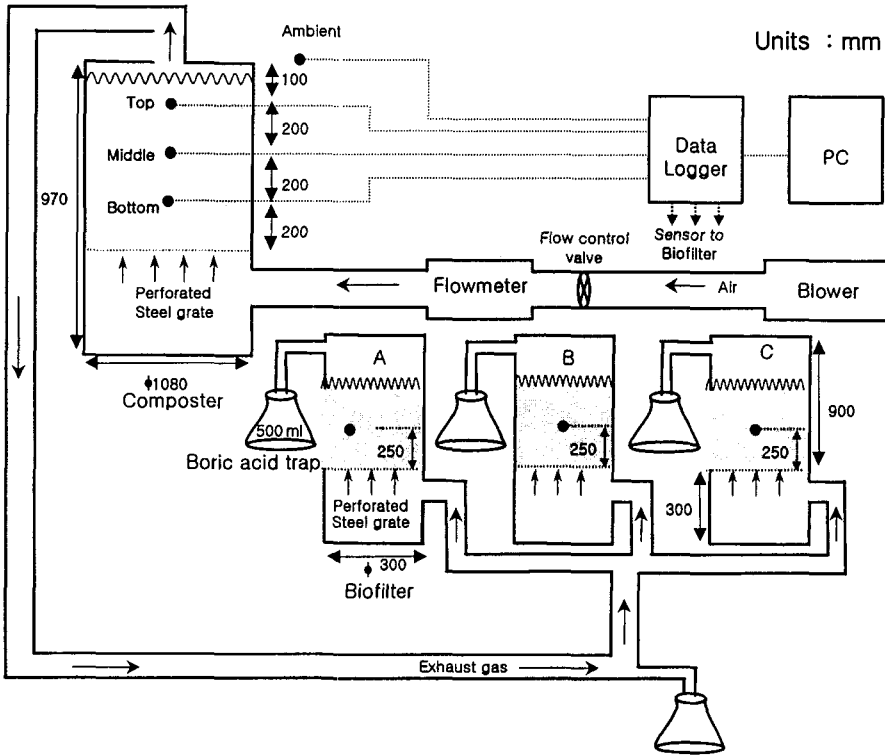
본 연구는 분뇨의 퇴비화 및 탈취처리기술 개발을 위해서 퇴비재료의 첨가제 및 탈취재료로서 코코넛 껍질을 사용하여 퇴비화 및 탈취시험을 수행하고 이의 사용에 의한 퇴비화 성능 및 탈취효율을 분석하고자 한다.

2. 재료 및 방법

유우분의 퇴비화 및 탈취시험을 수행하기 위하여 1조의 퇴비화 반응조와 3조의 탈취조를 제작하였다. 퇴비화 반응조는 내경 1080 mm, 높이 700 mm까지 재료를 적재할 수 있으며, 탈취조는 내경 300 mm, 높이 900 mm까지 탈취재료를 적재할 수 있는 파이롯트 규모이다.

퇴비재료는

본 대학 실험동 몰사육장의 유우분, 왕겨 및 코코넛 껍질을 혼합하여 312.7 kg을 퇴비화 반응조에 투입하였다. 코코넛 껍질은 스리랑카에서 코코넛을 가공한 후 남은 껍질을 실처럼 가늘게 쪼개어 직육면체 형태로 5kg씩 압착 가공한 상태로 수입한 재료가



다. 퇴비와의 혼합을 위하여 코코넛 껍질에 물을 가하여 압착상태를 해제하였다.

탈취는 3조의 탈취조에 퇴비와 코코넛 껍질의 혼합물을 각각 500 mm의 높이(가스의 탈취재 내 체류시간: 150초)로 투입하여 시험하였다. 탈취재는 돈분과 톱밥을 이용하여 개방식 퇴비사에서 제조한 상업용 퇴비와, 압착가공된 재료에 물을 가하여 압착상태를 해제시킨 코코넛 껍질을 중량비 1 : 1 로 혼합하여 사용하였다.

퇴비조에서 발생한 배출가스를 분기관을 이용하여 4등분하여 1등분은 탈취전 암모니아가스 농도측정을 위해 나머지 3등분은 3조의 탈취조로 각각 공급하였다. 퇴비화 반응조에 공기의 공급은 블로워를 사용하여 56 L/min (0.76 L/min · kgDM) 의 유량으로 연속공급하였다. 재료의 물리화학적 특성은 실험 시작 전과 종료 후에 각각의 반응조와 탈취조에서 임의로 800 g의 시료를 채취하여 농촌진흥청 토양화학분석법에 준하여 3반복 측정 평균치를 나타내었다.

퇴비화 및 탈취과정중 재료의 온도는 K형 열전대를 사용하여 측정하였으며 출력된 신호는 데이터로거(21X, Campbell)를 통하여 PC에 1시간 간격으로 저장되었다. 암모니아가스의

농도는 탈취조를 통과하기 전과 3개 탈취조를 통과한 후의 값을 측정하였으며, 배출가스를 500mL의 삼각플라스크의 봉산용액에 포집하여 염산적정법에 의하여 매일 1회씩 측정하였다.

퇴비화 과정에서 발생한 응축수는 배출파이프에 드레인 밸브를 설치하여 매일 1회씩 응축된 양을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

퇴비화를 위하여 사용된 원재료의 물리화학적 특성은 표 1에 나타내었다. 유우분은 수분 함량 82 %, pH 6.0, C/N 17.6 이었으며, 왕겨는 수분함량 8.2 %, pH 5.9, C/N 94.7 이었다. 코코넛 껍질은 원재료에 물을 혼합한 후에 수분함량 76.6 %, pH 6.2, C/N 80.1 의 값을 나타내었다.

Table 1. Properties of feedstock materials used in compost mixes

Materials	MC (%,wb)	pH (-)	Density (kg/m ³)	Ash (%,db)	EC (ds/m)	Mass (kg,ww)	T-C (%,db)	T-N (%,db)	C/N (-)
Dairy Manure	82.0	6.0	975	2.5	4.5	258.8	38.74	2.20	17.6
Rice Hulls	8.2	5.9	87	36.8	0.5	31.3	42.65	0.45	94.7
Coconut Peels	76.6	6.2	812	7.4	0.4	27.9	53.65	0.67	80.1

퇴비화를 위하여 유우분, 왕겨 및 코코넛 껍질을 혼합한 재료의 퇴비화 전후의 물리화학적 특성은 표 2에 나타내었다. 수분함량은 76.3 %로부터 72.8 %로 약간 감소하였으며, pH는 6.4로부터 7.5로 증가하였다. C/N은 19.6으로 변화가 없었다.

Table 2. Initial & final physicochemical properties of compost mixtures

Properties	MC (%,wb)	pH (-)	Density (kg/m ³)	Ash (%,db)	EC (ds/m)	Mass (kg,ww)	T-C (%,db)	T-N (%,db)	C/N (-)
Initial	76.3	6.4	779	9.97	14.5	312.7	50.99	2.60	19.6
Final	72.8	7.5	712	15.42	4.8	304.9	38.18	1.95	19.6

퇴비와 코코넛 껍질을 혼합한 탈취재료의 시험 전후의 성분특성은 표 3에 나타내었다. 표 3에서와 같이 수분함량, 밀도, 회분, EC 농도는 탈취 전후에 별다른 변화가 없었다. 산도는

7.1로부터 6.7로 약간 낮아졌으며, C/N은 88.0로부터 64.1로 낮아졌다. C/N이 낮아진 것은 암모니아가스의 분해흡착에 의하여 탈취재 내 질소성분의 증가에 따른 것으로 판단되었다.

Table 3. Initial and final physicochemical properties of biofilter materials

Properties	MC (%,wb)	pH (-)	Density (kg/m ³)	Ash (%,db)	EC (ds/m)	T-C (%,db)	T-N (%,db)	C/N (-)
Initial	64.8	7.1	346	4	10.1	53.65	0.61	88.0
Biofilter A	65.1	6.8	345	4	10.0	53.71	0.68	79.0
Final Biofilter B	63.9	6.7	340	4	10.0	53.04	0.99	53.6
Biofilter C	64.5	6.7	340	4	10.0	51.02	0.80	63.8
Average	64.5	6.7	342	4	10.0	52.59	0.82	64.1

그림 2는 시험기간중 퇴비화 온도변화를 나타내주고 있다. 발효조 상부 및 중부의 온도는 비슷한 변화를 보였으나 하부 온도가 공급공기의 냉각효과 때문에 전체적으로 낮은 온도를 유지하였다. 퇴비화 2일 후 상부의 온도가 73 °C 정도의 최고 온도에 다다른 후 점차 하강하기 시작하여 7.5일째부터는 45 °C 이하로 떨어졌다. 상부와 중부의 온도는 45~73 °C의 범

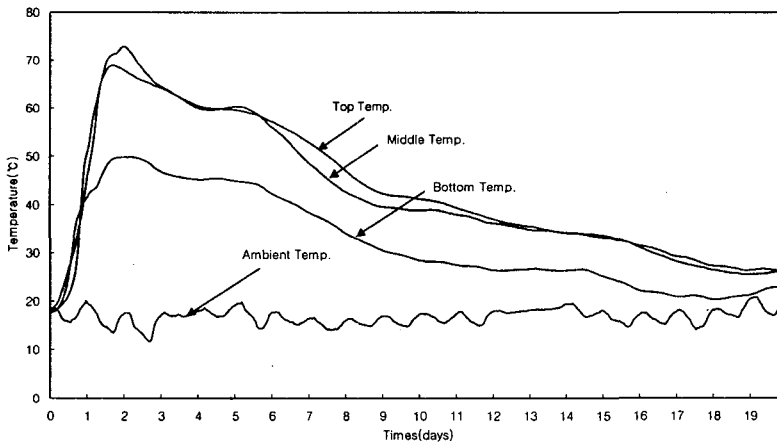


Fig. 2. Graphical record of the composting and the ambient temperature during composting.

위를 6일 이상 유지하여 병원균 사멸과 완숙퇴비에 필요한 충분한 온도를 유지하였다. 하부의 온도는 2일 후 50 °C를 정점으로 서서히 내려가 6일 후에는 45 °C 이하로 내려가 45~50 °C의 범위를 4일 정도 유지한 것으로 나타났으며, 이 온도는 완전발효를 위해서는 약간 미달된 온도이다. 이러한 온도상승의 부족은 간헐통기 또는 통기량 저하 등을 통하여 해결해야 할 것으로 판단된다. 탈취조 바이오필터 재료온도는 30°C내외에서 변화하였다.

퇴비화 과정에서 발생한 응축수는 주발효기간중 퇴비화 3일째에는 최고값 160 mL/일 발

생하였으나 점차 감소하여 주발효기간이 종료되는 11째부터는 5 mL/일 이하로 떨어졌다. 응축수는 퇴비재료의 발효온도가 높은 단계에서 많이 발생하는 것으로 나타났다(데이터는 지면관계상 생략).

그림 3은 퇴비화 과정에서 발생한 암모니아가스를 탈취전과 탈취후(A, B, C)의 경시적 암모니아가스 발생량(상)과 일별 누적발생량(하)을 나타내주고 있다. 퇴비화 과정중 암모니아 가스 발생량은 퇴비화 6일 후 121 mg/h (190 ppm) 을 정점으로 점차 감소하여 퇴비화 종료단계에서는 20.8 mg/h (32ppm)으로 낮아졌다. 암모니아가스 발생 최대값(190 ppm)은 톱밥, 간장박 및 왕겨를 첨가제로 넣은 시험(230-384 ppm)에서보다 낮게 나타났다(Hong 등, 2002).

탈취전 20일간 누적 암모니아가스 발생량은 22.7 g 이었다. 탈취 후에는 A, B, C 탈취조 모든 경우에 전 시험기간에 걸쳐서 암모니아가스가 전혀 검출되지 않아 완전한 탈취가 이루어진 것으로 나타났다.

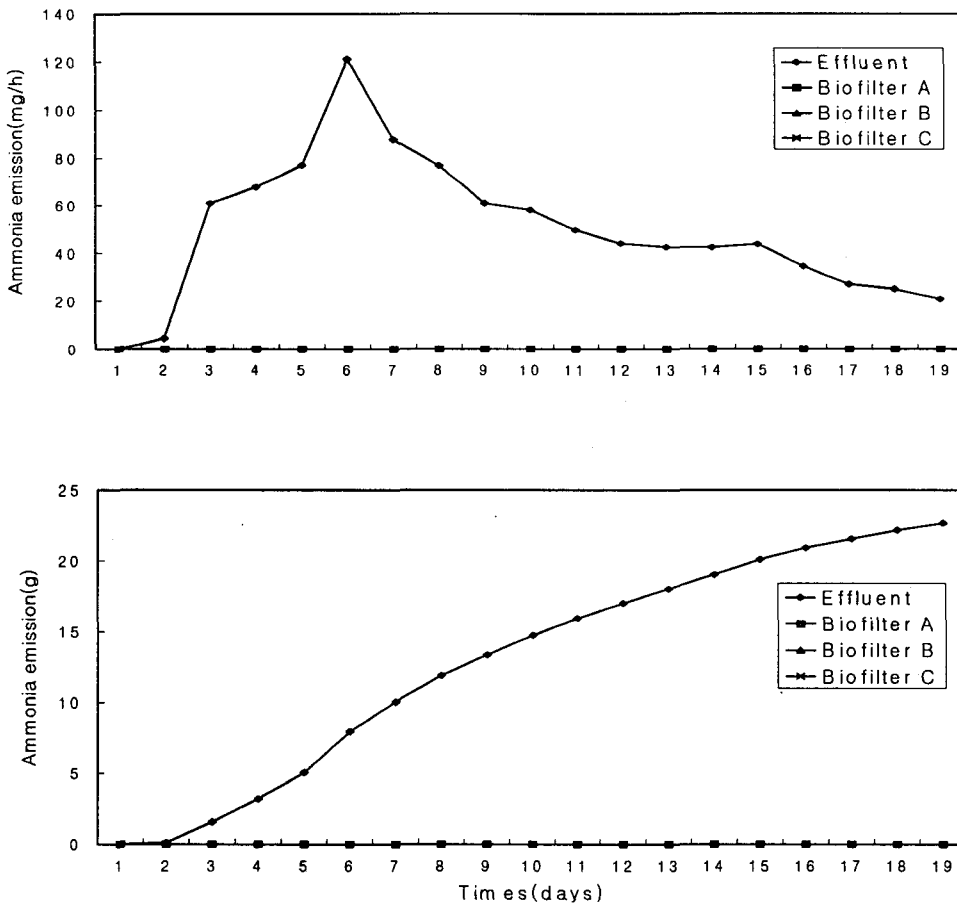


Fig. 3. Daily(Upper) and cumulative(Lower) ammonia emission during composting and biofiltration process.

4. 요약 및 결론

코코넛 껍질이 가축분뇨 퇴비화 재료의 첨가제 및 탈취재료의 혼합재로서 활용될 수 있는지를 구명하기 위하여 분뇨의 퇴비화 및 탈취시험을 수행하였다. 퇴비재료는 유우분에 왕겨와 코코넛 껍질을 첨가제로 사용하여 초기조건을 조성하였으며, 탈취재료는 상업용 퇴비와 코코넛 껍질의 혼합물을 사용하였다. 퇴비화 반응조에 0.76 L/min · kgDM의 공기량을 공급하였으며, 탈취재료의 높이는 500 mm로 하였다.

퇴비화 과정에서 퇴비재료의 수분함량은 76.3%로부터 72.8%로 약간 감소하였으며, pH는 6.4로부터 7.5로 증가하였다. C/N은 19.6으로 변화가 없었다.

발효조 상부 및 중부의 온도는 45~73°C의 범위를 6일 이상 유지하여 병원균 사멸과 완숙 퇴비에 필요한 충분한 온도를 유지하였으나 발효조 하부 온도가 공급공기의 냉각효과 때문에 전체적으로 낮은 온도를 나타내었다. 발효조 전체의 완전발효를 위해서는 간헐통기를 하거나 통기량을 낮추어야 할 것으로 판단되었다.

퇴비화 과정중 암모니아가스 발생량은 최고값 121 mg/h (190 ppm)을 정점으로 점차 감소하였으며 전반적으로 톱밥을 첨가제로 시험한 경우보다 낮게 나타났다.

퇴비화 배출 암모니아가스를 3개 탈취조에서 반복 시험한 결과 전 시험기간에 걸쳐서 암모니아가스가 전혀 검출되지 않아 완전한 탈취가 이루어졌다.

탈취재료의 수분함량, 밀도, 회분, EC 농도는 탈취 전후에 큰 변화가 없었다. 산도는 7.1로부터 6.7로 약간 낮아졌으며, C/N은 88.0로부터 64.1로 낮아졌다. C/N이 낮아진 것은 암모니아가스의 분해흡착으로 탈취재 내의 질소성분이 증가되었기 때문인 것으로 판단되었다.

5. 참고문헌

1. 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법.
2. 홍 지형, 박 금주 외 2인. 1999. 탈취처리시스템 p.155-167. 축산폐기물 자원화, 동화기술.
3. Ekinci, K. H. M. Keener and D. L. Elwell. 2002. Composting short paper fiber with broiler litter and additives-Effects of initial pH and carbon/nitrogen ratio on ammonia emission. *Compost Science and Utilization*, 8(2):160-172.
4. Hong, J. H., H. M. Keener and D. L. Elwell. 1998. Preliminary study of the effect of continuous and intermittent aeration on composting hog manure amended with sawdust. *Compost Science and Utilization* 6(3):74-88.
5. Hong, J. H., K. J. Park, W. C. Choi. 2002. Biofiltration for Ammonia Removal from Dairy Manure Composting. *Proceedings of 2002 International Symposium. Presented on May 6, 2002. Columbus, Ohio, USA, Compost Science and Utilization*
6. Janni, K. A. and R. Nicolai. 1999. Designing biofilters for livestock facilities. *Livestock and poultry odor workshop II. Department of Biosystems and Agricultural Engineering. Univ. of Minnesota. St. Paul, MN.*