

하지 못하는 경우 혐기성 상태를 유발하므로 충분한 유효 공극을 유지하고 흡수·흡착능력이 있어야 한다. 그리고 가스 중에 포함되어 있는 황과 질소가 산화되는 과정에서 황산과 질산으로 변화하기 때문에 pH의 완충능력이 있어야 한다. 숙성 퇴비, 토양, 초목잔재 등의 바이오필터 재료는 수분 50-70%, 체류시간 120-180초, 온도 15-35℃(Haug,1993), 압력강하 400Pa이하, 산도 6.5-7.5, 가스유량 0.78-1.2m³/h 범위(Toffey, 1997)에서 탈취성능이 양호하다.

본 실험은 퇴비화 과정에서 배출된 암모니아가스를 제거하기 위해 탈취시스템을 제작하고 탈취재료로서 퇴비/대패밥의 혼합물을 이용하여 탈취실험을 수행하였다. 탈취에 영향을 미치는 인자로서 배출가스의 체류시간을 3단계로 변화시켜 각 체류시간별 탈취특성을 비교분석하였다.

2.재료 및 방법

가축분뇨 고품퇴비화 시설에서 발생하는 암모니아가스를 포집하기 위하여 그림 1에 나타난 바와 같이 1개의 발효조와 3개의 탈취조를 제작하여 포집된 퇴비화 배기가스를 미숙퇴비와 대패밥을 혼합한 바이오필터에 통과시켜 탈취효과를 구명하고자 하였다. 파이로트 퇴비화 반응조는 내경 108cm, 높이 70cm로 부피 655L의 크기이며, 취기탈취조는 내경 30cm, 높이 70cm로 부피63L크기이다. 바이오필터 재료는 탈취조에 각각 높이 20cm, 40cm, 60cm로 적재하여 배출가스의 체류시간을 3단계로 구성하였다(Fig. 1).

퇴비재료로는 본 대학 실험동물사육장의 우분과 인근 식품공장의 간장 슬러지, 왕겨, 톱밥을 중량비 우분(10): 간장박(1): 왕겨(1): 톱밥(1)이 되게 인력으로 혼합하여 296kg을 퇴비 반응조에 투입하였고 탈취재료는 미숙퇴비와 대패밥을 중량비 1:1로 혼합하여 퇴적고 20cm에는 3kg, 퇴적고 40cm에는 6kg, 퇴적고 60cm에는 9kg을 탈취조에 투입하였다.

퇴비화 반응조에 산소공급을 위해 블로우어를 사용하여 공기통기량을 0.4~0.5L/min.kgDm으로 연속적으로 공급하고, 내경 4.76cm의 PVC통기관을 사용하여 반응조 통기완충실을 통과하여 6mm의 구멍이 뚫린 바닥판을 이용하여 균등한 공기분산이 되도록 하였다.

실험 초기와 중기에서 각각의 반응조의 재료와 탈취조의 재료에서 임의로 800gr의 시료를 채취하여 재료에 대한 무게, 수분, 산도, 유기물량, 전탄소, 전질소, 탄질비 등을 농촌진흥청 토양화학분석법에 준하여 3반복 측정하여 평균치를 계산하였다. 공시재료의 실험초기와 중기에 있어서 주요 이화학적 성분특성은 Table 1, 2, 3에 나타난 바와 같다.

배기가스의 냉각에 의하여 발생하는 응축수는 발효조 상부의 배기관을 통하여 유입되게 하여 배기관의 T관을 통하여 흡수병으로 유도하여 매일 1회씩 측정하였다(Fig. 1).

K형 열전대를 사용하여 퇴비반응조의 온도는 재료의 상, 중, 하 3부분에서의 값을 측정하

였으며, 탈취조 바이오필터는 각각 재료의 중심부분에서 온도를 측정하였다. 21X 데이터 로거(BMP Int'l Co)를 통하여 컴퓨터에 15분 간격으로 계측 및 입력하였다.

퇴비화 반응조에서 발생한 배기가스는 각각 3개의 탈취조에 공급하였다. 퇴비화 반응조에서 발생한 배출가스의 암모니아 농도는 바이오필터 입구와 바이오필터를 통과한 출구에서 500ml 삼각플라스크에 포집하여 봉산 트랩과 염산적정법으로 매일 1회씩 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

암모니아가스를 발생시키기 위해 퇴비화 작업을 수행하였으며, 사용한 퇴비재료의 이화학적 성분은 Table 1에 나타난 바와 같이 주재료인 우분은 탄질비 20.2, 수분 80%이고 부재료들의 탄질비는 간장박 8.9, 왕겨 82.3, 톱밥 441.5이며, 수분은 간장박 59.9%, 왕겨 8.8%, 톱밥 9.9%이다. Table 2는 이들 재료들을 혼합교반하여 반응조 투입전과 퇴비화 종료후의 이화학적 성분을 나타낸 것이다. 수소이온농도, 수분, 유기물량, 전기전도도, 탄질비 등은 실험기간 동안에 뚜렷한 변화는 없었다. 수분은 71.2%(wb)에서 68.9%(wb)로, 밀도는 406.5kg/m³에서 358kg/m³로, 중량은 296kg에서 248.5kg로 감소하였다. 유기물량은 3.19%(db)에서 4%(db)로, 전기전도도는 3.4ds/m에서 5ds/m로 증가하였으며, 수소이온농도는 7.4로 변화가 없었다. 전탄소는 42.78%(db)에서 41.8%(db)로, 전질소는 1.96%(db)에서 1.92%(db)로 감소하였으나, 탄질비는 21.8로 변화가 없었다. Table 3은 대폐밥과 미숙퇴비를 혼합한 바이오필터의 탈취 전후의 이화학적 성분이다. 수분(49.3%,wb), 수소이온농도(6.5), 밀도(212.8kg/m³), 유기물량(2.3%,db), 전기전도도(1.2ds/m), 중량(A:3kg, B:6kg, C:9kg), 전탄소(46.16%,db)는 탈취기간 동안 변화량이 없거나 미미하였다. 그러나 전질소와 탄질비의 변화량은 크게 변화하였다. 전질소는 0.68%(db)에서 0.81~0.99%(db)로 증가하였으며, 탄질비는 67.9에서 46.5~56.8로 감소하였다. 이것은 암모니아가스가 바이오필터 내에 흡착되어 나타나는 현상이라 판단된다.

Fig. 2는 퇴비화 진행중에 발생한 암모니아가스를 퇴비화 반응조(바이오필터 입구), 바이오필터 A(퇴적고 20cm), 바이오필터 B(퇴적고 40cm), 바이오필터 C(퇴적고 60cm)의 출구에서 측정한 암모니아가스의 발생농도를 일별로 기록한 것이다. 퇴비 반응조에서의 발생하는 암모니아가스는 퇴비화 2일째에 136.5ppm이었으며, 3일째에 최고 농도인 304ppm을 나타내다, 4일째에 90ppm으로 급격히 감소하다, 이후 6일째에 40ppm이하로 감소하였다. 그리고 9일째에 25ppm이하로 저감되었다. 바이오필터 A에서는 퇴비화 9일째에 30ppm이 발생하였으며, 11일째에는 최고농도인 129ppm을 나타내었고, 14일째에 25ppm이하로 저감되었다. 퇴비화반응조 출구에서 누적 암모니아가스 농도는 초기에는 급격히 증가하나 11일째부터는 7ppm이하로 소량 증가하였다. 바이오필터 B 와 C에서는 암모니아가스가 전혀 나타나지 않았다. 퇴비화 9일째부터는 퇴비화 반응조 출구에서보다 바이오필터 A에서 더 많은 농도의 암모니아가 발생됨을 알 수 있다.

Fig. 3은 일별 누적 암모니아가스 농도를 나타낸 것이다. 누적 암모니아가스 농도는 퇴비

화 반응조 출구에서 657ppm, 바이오필터 A에서 515ppm, 바이오 필터 B와 C는 0ppm이었다. 암모니아가스 제거율은 바이오필터 A에서 21%, 바이오 필터 B와 C는 100%을 나타내고 있다. 그리고 체류시간은 바이오필터 A가 80초, B가 160초, C가 240초이며 다음의 식에 의해 계산되었다.

$$S = \frac{AH}{Q}$$

여기서 S : 체류시간(s)

A : 면적(m²)

H : 높이(m)

Q : 공기량(m³/s)

Fig. 4는 퇴비화 반응조의 온도변화를 나타내고 있다. 온도는 퇴비의 상부, 중심부, 하부에서 각각 측정하였다. 온도는우분과 부자재를 혼합하여 퇴비화 반응조에 투입한 후 급격히 상승하여 1일 동안에 최고온도인 상부에서는 79.9℃, 중심부에서는 73.9℃, 하부에서는 56.1℃에 도달하고 있었다. 최적 퇴비화 온도 55℃와 60℃사이의 온도는 상부와 중심부에서는 1일 이상 지속되었으나 하부에서는 도달하지 못하였다. 퇴비화 온도는 퇴비화 1일 후 최고점에 도달한 다음 점차 하강하기 시작하였으나 5일째부터 일정한 온도를 유지하였다. 일정한 온도가 유지된 이유는 퇴비화 진행중 재료의 공극률이 적어짐에 따라 블로우어 압력손실에 따른 유량감소(0.4L/min.KgDm)에 의한 것으로 추정되었다. 이때 유량을 다시 초기값(0.5L/min.KgDm)으로 조정한 결과 다시 온도가 하강하기 시작하였다.

Fig. 5는 탈취조인 바이오필터의 온도이다. 온도는 바이오필터 C, B, A의 순서로 높게 나타났으며, 외부온도에 따라 낮에는 높고, 밤에는 낮으며, 실내온도보다 대체적으로 높게 나타났다.

4. 요약 및 결론

농축산물의 퇴비화중 발생하는 암모니아가스의 생물학적 탈취방법으로 많은 재료들이 바이오필터로 이용될수 있겠지만 미숙퇴비와 대패밥을 혼합한 필터가 매우 효과적인 것을 알 수 있었다. 이것은 유기물 함량이 많은 미숙퇴비에 공극률이 높은 대패밥을 첨가함으로써 바이오필터의 능력을 극대화 시킬수 있기 때문인 것으로 판단된다. 퇴적고 40cm, 60cm인 바이오필터 B와 C에서는 암모니아 가스가 전혀 검출되지 않았다. 그러나 퇴적고 20cm인 바이오필터 A에서는 최고농도 129ppm, 누적농도 515ppm의 암모니아가스가 검출되었다. 미숙퇴비와 대패밥을 혼합한 바이오필터를 이용하기 위해서는 퇴적고를 40cm이상으로 제작하는 것이 바람직하며, 가스의 체류시간을 160초에서 240초 범위로 하는 것이 효과적인 것으로 나타났다.

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	80.8	6.1	953.0	2.4	3.5	260.0	42.77	2.12	20.2
Soy Sludge	59.9	4.6	706.0	5.0	15.0	26.0	50.71	5.71	8.9
Rice Hulls	8.8	6.2	94.0	32.5	0.4	26.0	40.00	0.49	82.3
Sawdust	9.9	5.0	170.0	0.3	0.2	26.0	47.68	0.11	441.5

Table 2. Initial & final physicochemical properties of compost mixes

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	71.2	7.4	406.5	3.19	3.4	296	42.78	1.96	21.8
Final	68.9	7.4	358	4	5	248.5	41.8	1.92	21.8

Table 3. Initial & final physicochemical properties of compost amended with woodchip

Properties	MC (%, wb)	pH (-)	Density (kg/m ³)	Ash (%, dg)	EC (ds/m)	Mass (kg, ww)	T-C (%, db)	T-N (%, db)	C/N (-)
Initial	49.3	6.5	212.8	2.3	1.2	A:3 B:6 C:9	46.16	0.68	67.9
Biofilter A	45.7	5.8	225	2.3	1.5	3	46.71	0.91	51.3
Final Biofilter B	48.4	6	236	2.3	1.3	6	46.04	0.81	56.8
Biofilter C	46.7	6.2	231	2.3	1.5	9	46.02	0.99	46.5

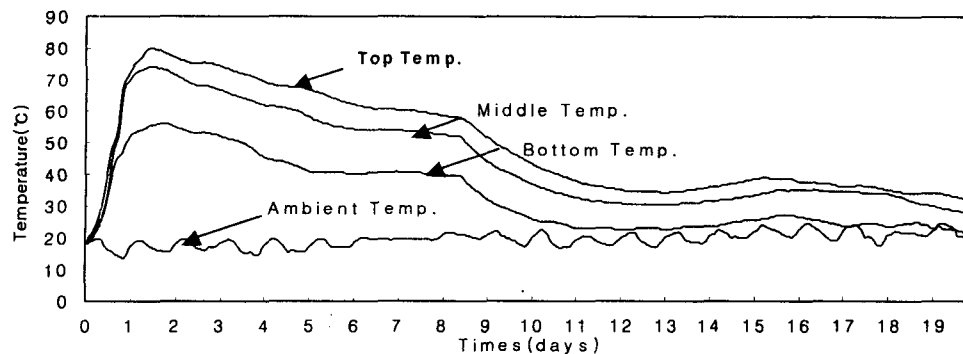


Fig. 4. Graphical records of daily compost and ambient temperatures during composting

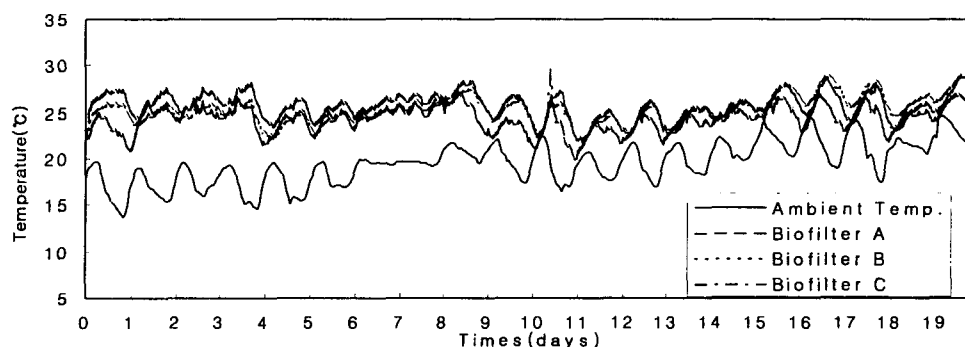


Fig. 5. Graphical records of biofilter and ambient temperature during filtration

5. 참고문헌

- Classen, J. J., J. S. Young, R. W. Bottcher and P. W. Westerman. 2000. Design and analysis of a pilot scale biofiltration system for odorous air. *Transactions of the ASAE* 43(1):111-118
- Epstein, E. 1997. Biofiltration, pp.431-446. In: *The Science of Composting*, Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster, PENN. USA.
- Hong, J. H., K. J. Park, M. H. Choi, W. C. Choi, J. S. Cho and B. H. Kang. 2001. Wood chips biofilter performance of manure. *Compost Science and Utilization*, submitted.
- Hong, J. H., H. M. Keener and D. L. Elwell. 2000. Biofiltration using partially stabilized hog manure compost. Paper No. 004095. ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, MI. USA.
- Janni, K. A. and R. E. Nicolai. 2000. Designing biofilters for livestock facilities. *Livestock and Poultry Odor Workshop H*. Department of Biosystems and Agricultural Engineering, Univ. of Minnesota. St. Paul, MN. USA
- Williams, Y. O. and F. C. Miller. 1992. Odor control using biofilters. *Biocycle* 33(10): 72-77
- Williams, T. O. and F. C. Miller. 1992. Odor control using biofilters. pp.262-281. In: H. A. J. Hoitink and H. M. Keener(eds.) *Science and Engineering of Composting*, Renaissance Publishing Co. Inc., Worthington OH. USA