

돈분뇨 액비의 악취저감을 위한 오존처리 효과

정중원 · 유용희 · 박규현 · 감동환 · 최혜주 · 김태일 · 조효석

농촌진흥청 축산과학원

Effects of Ozone Treatment to Pig Liquid Manure on Reduction of Odorous Gases

Jeong, J. W., Yoo, Y. H., Park, K. H., Kam, D. H., Choi, H. J., Kim, T. I and Cho, Y. S.
National Institute of Animal Science, R.D.A., Suwon, Korea

Summary

Ozone from a pilot-scale ozone generator was treated on fermented pig liquid manure stored in a storage tank in order to reduce odor substances during the process of fermented liquid manure production. The group of ozone treatment showed one less than the organic matter compared that of the control. The preferable condition for characteristic changes was when the ratio of BOD to COD was less than 1.5. Ozone treatment showed better oxidizing power than control as it removed more suspended solids and had less methyl isobutyl ketone($P<0.05$). Odor reduction measured by olfactory method was higher in ozone treatment than in control.

(Key words : Ozon, Pig liquid manure, Odorous gases)

서 론

현재 국내에서 발생하는 가축분뇨는 전체 오·폐수 발생량의 0.6%에 불과하나 고농도 폐수로 BOD 부하량은 25.8%에 달한다. 이용 방법에 따라 가축분뇨는 퇴비화, 액비화, 정화처리 및 해양배출 등으로 처리되어지고 있으며 처리규모를 보면 퇴비화가 83%, 액비화가 6%, 정화처리가 7% 및 해양투기가 4%로 처리되고 있다(축산연구소, 2004). 이러한 분뇨처리 방법 중 액비화 처리는 손쉽게 접근할 수 있는 가축분뇨의 이용방법중 하나이다. 비용 또한 매우 경제적이며(Charles와 Donald, 2002), 작물생육에 필요한 질소, 인

산, 칼리 및 나트륨 등과 같은 미량원소도 포함하고 있어 비료로서 가치가 높을 뿐만 아니라(최 등, 2004), 가축분뇨의 자원화 방법으로 점차 증가하고 있다. 그러나 축산에서 발생하는 악취관련 민원중 하나가 저장액비이며, 저장액비 자체에서도 사람에게 불쾌감을 주는 악취가 발생하지만 분뇨를 농경지에 살포할 때 더욱 심한 악취와 유해가스가 발생되며(Pain, 1995; Jacobson 등, 1998), 이때 고농도의 악취가 단기간에 방출되기 때문에 농경지에 살포전 악취를 효과적으로 줄일 수 있는 저감대책이 필요하다(농림부, 2000).

본 연구는 액비의 제조과정에서 발생하는 악취물질의 외부확산을 방지하기 위한 방법

Corresponding author : Jeong, J. W. Environment and Systems Division, National Institute of Animal Science, R.D.A. 564 Omokchundong, Suwon, Korea.
Tel : 031-290-1715, E-mail : cdy5760@rda.go.kr

을 구명하기 위해서 수행하였다. 축산농가가 밀집되어 있는 주위환경은 분뇨의 장기저장으로 인한 악취 및 유해가스가 발생으로 고질적인 민원다발지역이다 (Schiffman, 1998). 축산과 관련된 악취의 종류는 136종류이지만 양적으로 검지 될 수 있는 악취는 23종류 (Hartung, 1992 : Hartung and phillips, 1994)이며 악취의 형태는 복합악취로 종합적인 관리가 절실하다. 악취물질의 생성은 미생물의 산화-환원과 다양한 유기체가 관련된 발효작용으로 가축의 위 소화관에서 시작되며 (Zhu 등 1999), 배설 후 저장기간 중 혐기적 발효과정을 통하여 축분내 함유된 섬유소와 합질소 및 함유황 유기물질이 분해될 때 심한 악취가 발생한다 (CIGR, 1994). 휘발성지방산(VFA; volatile fatty acids)의 발현양상은 축분의 저장형태에 따라서 크게 달라지게 되며 혐기상태에서 장기간 저장시 축산분뇨 총탄소의 30% 이상이 VFA에 포함되어 있다 (Kirchmann과 Lundvall, 1993). 액비저장조에서 발생하는 악취에 관한 실태조사 결과 김등(2005)은 국내에 설치된 액비저장조 보유농가 중 21%가 악취로 인한 민원경험이 있었으며 악취를 줄이는 방법 중 미생물제제를 이용한 경우가 64%, 무기물제제의 이용이 29%로 나타나 악취저감 기술이 다양하지 못하고 매우 빈약한 것으로 보고하였다. 한편 오존은 특유의 자극적 냄새가 나는 기체로서 불소 다음으로 강력한 산화력이 있어서 살균, 악취 및 독소제거 등을 위해 최근 활발히 연구되어지고 있다. 난분해성 유기성폐수의 정화처리를 위해 고도산화기술인 오존을 이용한 돈분뇨 배출수의 정화처리 (최, 2003)와 대기 및 돈사에서 오존살균 효과를 이용한 악취제거 방법이 제시되었다 (김선태, 1998; 문승일, 2002; 산업자원부 보고서, 2000). 그러나 가축분뇨의 재활용을 위한 저장액비에 오존을 이용한 연구결과는 거의 없다. 따라서 본 연구는 돈분뇨 액비를 효율적으로 자

원화하기 위하여 액비저장조에서 액비발효시 오존처리에 의한 물질성상 변화를 구명하고, 악취물질 저감효과를 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

농장에서 발생하는 돈분뇨의 슬러지에서 발생하는 악취를 저감하기 위하여 이동형 오존발생기를 제작, 액비저장조에 설치하여 2006년 7월 10일부터 2007년 1월 9일까지 6개월간 수원에 위치한 축산과학원 퇴비장에서 수행하였다. 공시재료는 돈분뇨 슬러리를 액비저장조에 저장한 상태에서 폭기를 실시, 호기성 상태에서 제조하였고, 시험구는 2개처리(폭기와 오존 동시처리구와 폭기만 실시한 대조구)로 구분하여 각각 5톤을 주입하였다. 오존발생장치의 방전방법으로는 이미 여러방식이 있으나 에너지 효율면이나 성능의 안정성, 조작 및 제어의 편리성 때문에 무성방전방식이 가장 널리 사용됨에 따라 본시험에서도 고압무성방식 (silent discharge)을 적용하였다. 오존처리방식은 액비저장조의 슬러리를 오존발생기의 자이로펌프(3HP)로 순환시킴과 동시에 이젝트의 공기흡입량은 $12 \text{ m}^3/\text{hr}$, 오존발생량은 25 g/hr , 오존의 농도는 0.15 ppm 으로 일일 15분간 슬러리에 접촉시켰다. 오존처리에 따른 물질성상 변화를 알고자 7. 10일부터 11. 3일까지 총 9회에 걸쳐 종자의 발아율을 조사하였고, 돈분뇨 슬러리의 이화학적 성분 분석은 액비제조 후 116일, 악취 성분은 100일까지 시료채취후 분석을 실시하였다. 슬러리의 분석을 위해 pH는 Digital pH meter(DMP-600)을 이용하여 측정하였고, 생물학적산소요구량(Biochemical Oxygen Demand), 화학적산소요구량(Chemical Oxygen Demand), 부유물질(Suspended solid, SS) 등 수질분석은 수질오염공정시험법(환경부, 1992)에 의하여 분석하였다. 그 외 유기물, 질소 함량 및

NH₄-N의 분석은 축산과학원 분석기준(축산기술연구소, 1996)에 준하여 분석하였다. 또한 악취성분중 암모니아는 분산흡수액이 담긴 임핀저와 핸드샘플러를 이용, 0.5 l/min 기준으로 5분동안 시료를 채취한 후에 Agilent 8453E를 이용하여 640nm에서 흡광도를 측정하였다. 또한 휘발성지방산(Volatile fatty acid)과 휘발성유기화합물(Volatile Organic Compounds)은 진공상태의 캐니스터로 30분간 포집후 GC-MS(Varian saturn 2000)를 이용하여 분석하였다. 악취방지법(2005. 2월)에서는 악취의 배출허용기준을 측정하기 위하여 단일악취의 경우 기기분석법을 이용하고 복합악취의 경우 공기희석관능법을 이용하도록 규정하고 있다. 따라서 축산분뇨에서 발생하는 악취는 생활악취로 분류되며 공기희석관능법을 준용하여 다음과 같이 실시하였다. 보일러가 가동된 온실내에 저장액비와 오존발생기를 설치하여 외기의 온도를 실험이 가능하도록 15℃~16℃ 정도로 조절하여 2007년 1월 8~9일에 실시하였다. 악취공정시험법(환경부, 2005)에 따라 간접흡인방식으로 Tedlar bag을 이용하였고, Tedlar bag은 시료채취 전에 고순도 질소로 3회 세척하고 잔류냄새의 유무를 확인한 후 사용하였다. 관능시험은 환기장치가 설치되고 통풍과 배기가 원활한 공기희석관능 실험실에서 실시하였고, 악취분석 요원은 5인의 패널을 구성하여 사전에 흡연유무와 n-butanol 사용하여 악취를 감지하도록 하였다. 무취공기 제조장치(OA301, Top-trading ENG. co. korea)에서 제조된 무취공기를 3L 희석용 냄새주머니에 가득 채운 후 마개를 막아 시료를 제조하였다. 시료희석주머니의 희석배수가 낮은 것부터 높은 순으로 관능시험을 진행하였고 희석배율을 계산하였다. 본 시험에서 얻어진 자료는 SAS package(1998)와 Duncan의 다중검정을 이용하여 통계분석 하였다.

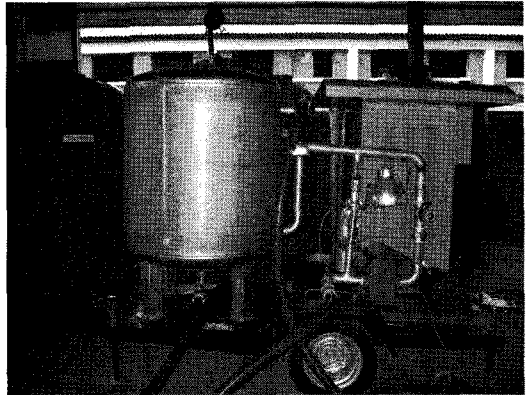


Fig. 1. Photograph of a pilot-scale ozonier.

결과 및 고찰

1. 시험전 악취발생 상황

파일럿규모의 오존발생기를 가동하기전 측정장소의 주변공기를 포집하여 악취발생 실태를 조사하였다. 시험장소는 주로 돈사에서 발생된 돼지분뇨를 쌓아두는 퇴비장으로 악취오염의 주된 성분들인 암모니아, 휘발성지방산 및 휘발성유기화합물 등이 발생되어 고농도로 존재할 가능성이 있어 액비저장조 주변의 2개지역을 3번 측정하여 시험전 퇴비장 주변의 발생악취를 조사하였다. Methyl isobutyl ketone, Butanol 및 Xylene은 각각 배출허용기준(환경부, 2005)인 1 ppm, 0.9 ppm, 1 ppm 보다 적은 저농도가 검출 되었고, 암모니아는 평균 0.46 ppm으로 배출허용기준인 1 ppm 보다 적었지만 점차 증가됨을 알 수 있었다. 대기온도가 상승하면 퇴비장안의 슬러리에서 발생하는 암모니아 등 악취농도도 상승할 수 있어 액비저장조에서 시료측정시 주변의 공기가 섞이지 않도록 주의하였다. VFA의 Methyl isobutyl ketone과 Butanol, VOC의 Xylene 및 암모니아의 발생농도는 표 1과 같다.

Table 1. Concentration of odor compounds in the air conditions nearby liquid manure tank before experiment

Item	1 st			2 nd			3 rd		
	1*	2	Av.	1	2	Av.	1	2	Av.
Methyl isobutyl ketone (ppm)	0.04	0.043	0.042	0	0.068	0.034	N.D**	N.D	—
Butanol (ppm)	N.D	N.D	—	N.D	N.D	—	0.091	0	0.046
Xylene (ppb)	2.435	3.777	3.106	0.53	0.687	0.608	1.367	1.671	1.52
Ammonia (ppm)	0.2	0.2	0.2	0.49	0.51	0.5	1.23	0.14	0.69

* : Experimental sites

** : Not Detected

2. 종자발아

비이커에 무종자 20립씩을 넣고 멸균한 3차증류수로 2시간 침전시킨 후 10배 희석된 시료를 20 ml 씩 넣고 120시간 후에 종자의 발아율을 비교하였다. 발아율 조사는 저장액비의 기간이 경과함에 따라 총 9번 조사하였다. 발아성적은 표 2에서와 같이 증류수가 가장 좋았고, 대조구와 오존처리구는 증류수 처리보다 발아율이 떨어졌다. 대조구는 처리 시간에 따른 발아율의 편차가 아주 심하였고, 오존처리구는 7차의 오존처리기계의 고장으로 처리를 못한 것을 제외하고 대조구

보다 발아율이 유의적으로 높았다($P < 0.05$). 이러한 결과는 김 등(2005)이 돈분뇨 액비의 배추발아율 연구에서 폭기조건의 액비처리에서 배추의 발아율이 47.8%로 조사된 자료와 비교하여 무종자의 경우는 대조구는 발아율이 31.0%로 다소 떨어지지만 오존처리할 경우는 발아율이 62.2%로 높아지는 것으로 보아 오존처리를 함으로써 어느 정도 발아율 향상에 영향을 미칠 수 있다고 사료되었다.

3. 액비저장조 오존처리후 물질성상 변화

저장기간의 경과에 따른 돈분뇨 슬러리의

Table 2. Change of germination rate during the experiment

Item	Distilled water	Control	Ozone
1 st (7. 10일)	100	66.0	81.6
2 nd	100	11.6	81.5
3 rd	100	15.8	50.0
4 th	100	27.5	45.8
5 th	100	8.3	41.6
6 th	100	65.0	85.8
7 th	100	22.5	—
8 th	100	42.5	52.5
9 th	100	20.0	59.1
Average	100 ^a	31.0±21.9 ^c	62.2±16.8 ^b

^{abc} Means with different superscripts in the same row are significantly different at $P < 0.05$.

오염물질 농도는 Fig. 2에 나타내었다. 액비 저장조의 대조구와 오존처리구를 비교하여 조사한 결과 오존처리구는 대조구보다 변화

의 폭이 큼에 따라 오존의 산화력에 의한 물질수지의 변화가 발생되고 있었다. 유기물함량은 저장기간이 경과할수록 산화되었고 처

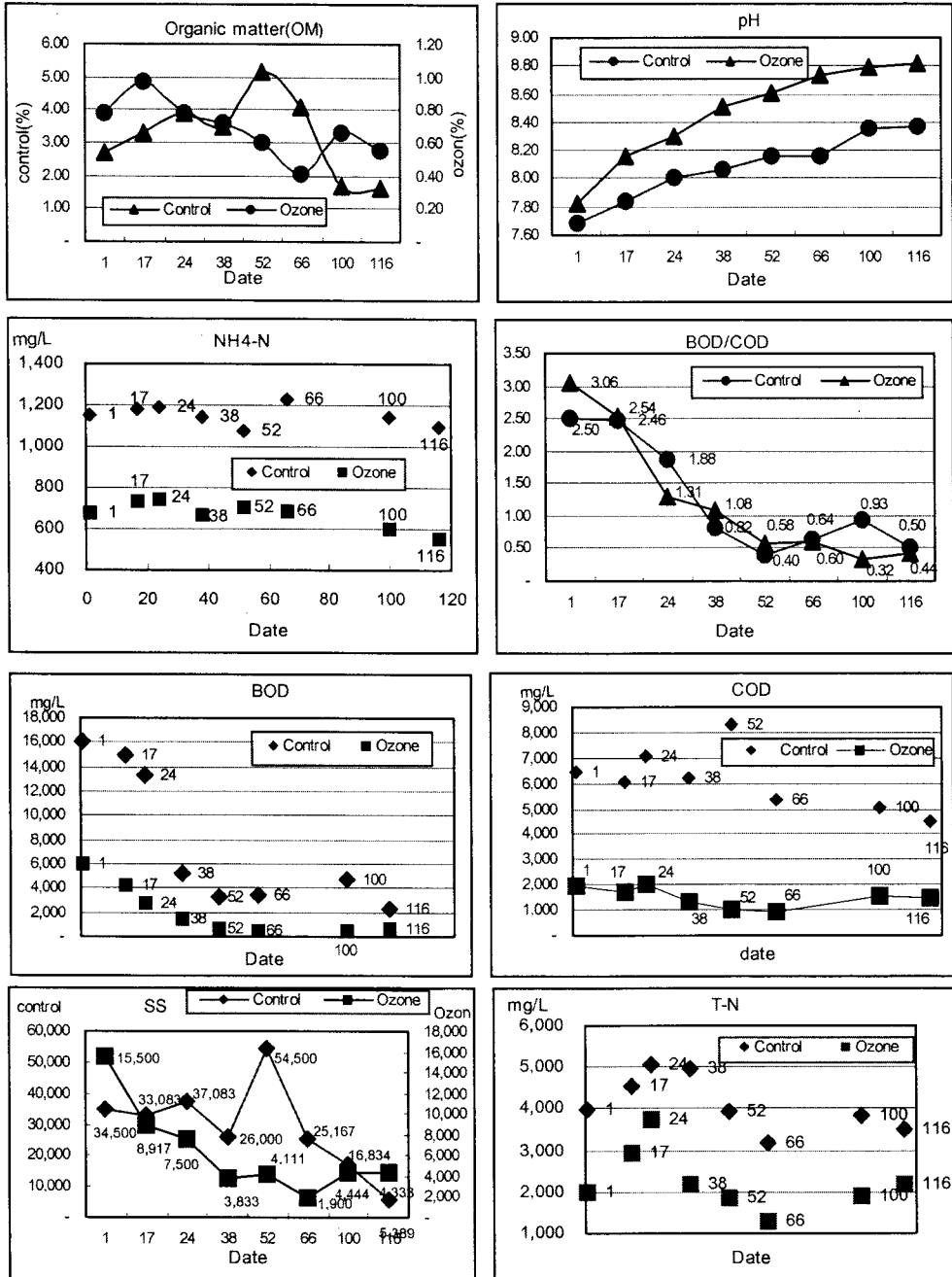


Fig. 2. The changes of OM, pH, NH₄-N, BOD/COD, SS and total nitrogen contents during the operation of ozonier.

리간에 있어서 오존처리의 경우 1% 이하에서 대조구는 2% 이상 5% 이하에서 유기물 함량이 검지됨에 따라 오존처리구가 대조구보다 산화력이 높았음을 보여주었다. 유기물의 감소변화와는 다르게 두 처리 모두 pH는 증가하였는데 VFA의 형성은 pH에 큰 영향을 받으며 낮은 pH에서 휘발성이 더 크므로(김 등, 2006) 대조구에서 더욱 VFA의 휘산이 커 악취농도가 높을 것으로 판단된다. 돈분뇨 슬러리의 4개월간 저장에서 유기물함량이 감소하고 pH가 증가되었다는 최 등(2002)의 보고와 유사한 결과를 보였다. BOD₅와 COD_{Mn}도 저장기간에 따라 급속히 감소하는 것으로 나타났으며 오존처리구에서 유의적으로 높았다(P<0.05). BOD/COD 비율도 그래프 수치상에서 물질성상의 변화를 호조건으로 만들어 주고 있었고, 또한 SS와 총질소 함량도 점차 감소하였고 처리간에는 오존처리구가 대조구보다 부유물질과 질소제거 효과가 있었으며(P<0.05), 슬러지에서 가용화된 용존성 유기물들이 탈질을 위한 탄소원으로 매우 유용하게 이용되었다(송 등, 2003). 따라서 유기물의 산화력이 더 좋은 것으로 판단된다. 이러한 결과는 액비사용으로 인한 농작물의 피해여부를 조사한 결과 24.6%가 농작물에 피해를 입었다는 최 등(2006)의 보고를 미루어 향후 오존처리된 발효액비를 농경지에 살포할 경우 토양오염 및 작물피해를 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

4. 액비저장조 오존처리후 악취 변화

돈분뇨 액비의 제조시 악취발생으로 인한 액비에 대한 악취발생을 최소화하기 위해서는 폭기처리로 액비를 처리하는 것이 합리적으로 보고되어 왔다. 류(1995)는 폭기시 호기성미생물의 번식과 활동으로 질소 및 황화합물 등 악취물질이 분해된다고 보고하였다. 그러나 일반적인 폭기처리에서는 악취발생이

많이 나기 때문에 민원이 발생할 수 있으며 이때 고도처리방식이 필요하다. 그 중 오존처리 방식은 강한 산화제인 오존으로 악취물질을 산화처리하여 제거하는 방식으로 오존이 유해가스와 혼합되었을때 그것들을 무취, 무해로 산화시키는 것으로 알려져 있고 다시 산소로 전환되기 때문에 악취 등 환경문제를 해결하는 물질로서 축산농가에서도 이용이 증가하고 있다. 오존의 처리효과를 조사하기 위하여 액비저장조에 있는 돈분뇨 슬러리의 액비화기간중 100일까지 발생하는 VFA과 VOC의 악취발생농도를 조사하였다. 유해가스중 알데히드류인 Valeraldehyde는 악취방지법에서 정한 규제농도는 0.009 ppm으로 초기 발생 농도는 규제농도 범위를 초과하여 발생하고 있으나 중기까지 꾸준히 감소하다가 66일 이후부터는 두 처리 모두 발생되지 않았다. 이는 저장기간중 악취물질이 호기성미생물의 산화과정에서 탄산가스의 무취성분으로 분해되어 악취가 감소한 보고와 유사한 결과를 나타내었다(김 등, 2005; Ohta와 Kuwada, 1998). 그러나 처리간 발생농도는 오존처리구와 대조구간에 유의차가 없었다(P<0.05). 저급지방산인 Propionic acid은 대조구에서 규제농도인 0.03 ppm을 초과하다가 38일 이후부터 발생되지 않았고 오존처리구는 거의 발생되지 않았으며 처리간에 유의차는 없었다. Methyl isobutyl ketone은 규제농도인 1000 ppb보다 낮은 농도에서 검출되었고 오존처리구가 대조구보다 유의적으로 낮게 검출되었다(P<0.05). Butanol은 900 ppb 보다 낮은 농도에서 검출되었으나 두 처리간에는 유의차(P<0.05)가 없었다. Xylene은 불규칙한 발생농도를 보였고 규제농도 보다 높게 나타나는 경향을 보였고 유의차도 없었다. Ammonia는 오존처리구에서 대조구 보다 높은 농도를 보였으나 유의차는 없었다(P<0.05). Ammonia의 최소감지농도는 150 ppb로 알려져 있고 저장기간중 처리에 관계없이 규제농도인 1 ppm

보다 높게 검출되어 Ammonia 저감을 위한 별도의 기술 접목이 필요한 것으로 판단된다. 향후 현재 12종의 악취규제 물질이 2008년 17종, 2010년 22종으로 악취방지법이 강화됨에 따라 다양한 악취저감 방법이 필요하며 그 중 오존처리도 좋은 방법이라고 판단된다. 그러나 본 시험의 결과로 미루어 오존처리 후 슬러리에서 강력한 악취가 없어지는 관능적인 느낌을 받았지만 실제 기기분석법에서는 Methyl isobutyl ketone을 제외하고 악취저감에 대한 오존의 뚜렷한 효과가 없는 것을 미루어 봤을 때 미생물의 생존력을 유지한 상태에서 현재 처리된 0.15 ppm인 오존처리농도와 오존접촉시간 15분/일에 대

한 좀 더 깊은 연구가 필요하다고 판단되었다.

5. 오존처리 후 악취의 관능시험

가. 배출허용기준

악취를 측정하는 방법은 크게 기기분석법과 관능법으로 구분할 수 있다. 그 중 관능법은 사람의 후각을 사용하는 기법으로 악취물질의 측정은 공기희석관능법을 원칙으로 한다고 되어있다(환경부, 2005). 환경부의 악취공정시험방법중 공기희석관능법에 의하면 배출허용기준의 측정은 복합악취를 측정하는 것을 원칙으로 축산악취는 기타지역의 배출

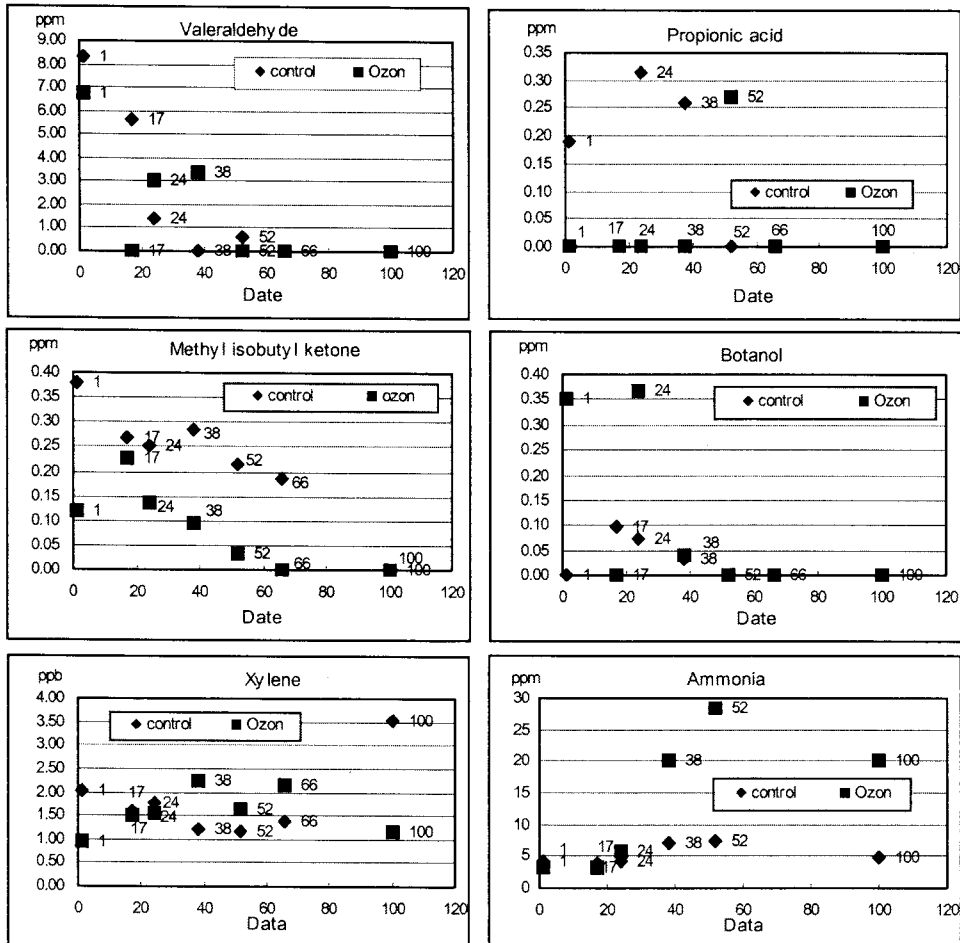


Fig. 3. The changes of odor compounds during the operation of ozonier.

허용 기준에 속하며 공기희석관능법 기준으로 배출구는 희석배율 500 이하, 부지경계선에서 15 이하로 규정하고 있다. 아래의 표 3은 공기희석관능법에 의한 현행 복합악취의 배출허용 기준을 나타낸다.

이때 희석배수(dilution to threshold)라 함은 채취한 시료를 냄새가 없는 공기로 단계적으로 희석시켜 냄새를 느낄 수 없을 때까지 최대 희석한 배수를 말한다.

나. 오존처리 후 공기희석 관능검사

박민수(2007)는 악취평가방법중 악취피해 실태나 상황을 조사하는 목적에는 GC나 GC-MS와 같은 분석기기 대신 복합취기에 대한 객관적인 평가에는 냄새감지한계 희석배수를 산정하는 간접관능법이 우수하다고 하였다. 취기시료를 냄새가 없는 무취공기를 활용하여 단계적으로 희석하고 냄새를 감지할 수 없는 수준에서 얻어지는 냄새감지한계 희석배수를 산정하는 공기희석관능법을 이용하여 액비저장조의 대조구와 오존처리구를 비교하

여 악취를 평가하였다. 판정인 관능시험 결과 희석배수 산정방법에 따라 유효 자리수는 소수점 첫째자리까지 계산하고 결과의 표시는 정수로 표시하며 또한 배출허용기준에 따른 적합, 부적합으로 표기하였다. 최종 희석배수는 panel 5인의 악취감지한계 희석배수중 최대감지희석배수와 최소감지희석배수를 제외한 희석배수를 기하평균하여 최종희석배수를 계산하였다. 관능시험 결과 표 4와 표 5에서 보는바와 같이 대조구에서는 1차(300배 희석)에서 3차(700배 희석)까지 냄새를 감지하였고 최종 희석배율값은 471.76 였다. 그러나 오존처리구에서는 300배 희석에서만 냄새를 감지할 수 있었다. 이러한 결과는 돼지 분뇨를 오존처리하여 공기희석관능법으로 분석한 결과 강력한 산화력으로 단순 폭기보다는 오존의 탈취효과가 있었다는 보고(울산대학교, 2004)와 유사한 결과를 보였다. 따라서 오존이 공기보다 산화력이 뛰어나고 오존의 주입으로 인해 오존자체가 악취로 감지되기 때문으로 오존을 주입하여 폭기하면 악취도를 낮출 수 있는 것으로 사료된다. 그러나

Table 3. Detection to threshold in korea

Item	Industrial area		Residential area	
	Permissible limit	Strict permissible limit	Permissible limit	Strict permissible limit
Outlet	<1000	500 ~ 1000	<500	300 ~ 500
Boundary area	<20	15~20	<15	10~15

Table 4. Procedure of dilution to threshold in control

Panel	1 st		2 nd (×500)	3 rd (×700)	Result	D/T ratio
	×300	×300				
A	○	○	○	○	700 (excluded max.)	$\sqrt[3]{(700 \times 500 \times 300)}$ $= 471.76$
B	○	○	×		300 (excluded min.)	
C	○	○	○	○	700 times (calculation)	
D	○	○	○	×	500 times (calculation)	
E	○	○	×		300 times (calculation)	

Table 5. Procedure of dilution to threshold in ozon treatment

Panel	1 st		2 nd (×500)	3 rd (×700)	Result	D/T ratio
	×300	×300				
A	○	○	○	×	500 (excluded max.)	$\sqrt[3]{(300 \times 300 \times 300)}$ $= 300$
B	○	○	×		300 (excluded min.)	
C	○	○	×		300 times (calculation)	
D	○	○	×		300 times (calculation)	
E	○	○	×		300 times (calculation)	

현재 배출구에서 발생하는 악취의 희석배율은 500 이하로 규정하고 있고 본 시험에서는 대조구와 오존처리구 모두 배출구에서 500 이하로 나타났다. 따라서 향후 패널선정의 적합에 따라 나타나는 결과값의 유동성이 있는 만큼 오차를 없애기 위한 반복적인 분석이 필요한 것으로 사료되었다.

적 요

액비제조과정에 발생하는 악취물질을 감소시키기 위하여 파일럿 규모의 오존발생기를 제작하여 저장탱크에 있는 호기성 액비에 오존처리와 대조구를 두고 종자발아상태, 액비의 물질성상 변화 및 악취 저감효과를 구명하고자 본 시험을 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 각각의 처리에 대한 무씨의 발아성적은 오존처리구에서 발아율이 좋았다.
2. 액비저장조내의 분뇨성분 분석 결과 모든 처리구에서 pH는 상승하였고, 오존처리구는 모든 성분 함량에서 감소하는 경향을 보였다.
3. 액비저장조의 물질성상 변화에 대한 대조구와 오존처리구를 비교한 결과, 오존처리구는 대조구 보다 유기물 함량은 오존처리의 경우 1% 이하에서 검지됨에 따라 오존의 산화력이 높았고, 암모니아태 질소 함량은 대조

구보다 낮은 수준에서 검지되었으며, BOD/COD 비율은 1.5 이하에서 물질성상의 변화를 호조건으로 만들어지고 있었다. 또한 부유물질(SS)의 경우 제거효과가 컸고, 총질소 함량은 대조구에 비해 낮게 검출되어 산화력이 좋은것으로 판단된다.

4. 유해가스중 Methyl isobutyl ketone만 오존의 저감효과가 있었고 공기 희석관능법에서는 대조구와 오존처리구 모두 배출구에서 500 이하로 나타나 적합하였지만 대조구 보다 오존처리구의 악취가 더 감소한 것을 알 수 있었다. 그러나 오존발생기를 이용한 오존처리농도(0.15 ppm)와 액비에 오존접촉시간(15분/일)에 대한 좀 더 깊은 연구가 필요하다고 사료된다.

인 용 문 헌

1. Charles D. Fulhage and Donald L. 2002. Fertilizer nutrients in livestock and poultry manure. Nutrients and Bacterial Waste. MU Guide EQ351.
2. CIGR. International Commission of Agricultural Engineering. 1994. Aerial environmental in animal housing. Concentration in and emissions from farm buildings. Working Group Report Series No. 94.1.
3. Hartung, J. 1992. Emission and control of gases and odorous substances from animal

- housing and manure store. Zbl. Hyg. 192, 389-418.
4. Hartung, J. and Phillips, V. R. 1994. Control of gaseous emissions from livestock building and manure stores. J. Agric. Engng. Res. 57, 173-189.
 5. Jacobson, L., Schmidt, D., Nicolai, R. and Bicudo, J. 1998. Odor control for animal agriculture. BAEU-17. Minnesota State Univ. Ext. Serv., MN.
 6. Kirchmann, H. and Lundvall, A. 1993. Relationship between N immobilization and volatile fatty acids in soil after application of pig and cattle slurry. Biology and Fertility of Soils 15:161-164.
 7. Ohta, Y. and Kuwada, Y. 1998. Rapid deodorization of cattle feces by micro-organism. Biol. Wastes. 24:227-240.
 8. Pain, B. F. 1995. Odours from application of livestock wastes to land. In New Knowledge in Livestock odor Conference, Ames, Iowa. pp. 125-126.
 9. Schiffman, S. S. 1998. Livestock odors: implications for human health and well-being. J. Animal Sci. 76:1343-1355.
 10. Zhu, J., Riskowski, G. L. and Torremorell, M. 1999. Volatile fatty acids as odor indicators in swine manure - A critical review. American Society of Agriculture Engineers 42(1):175-182.
 11. 김동수. 2004. 액비저장조 침전물 처리방안. 농협중앙회.
 12. 김선태, 김학민. 1998. 오존발생장치의 국내 개발과 오존발생량 평가. 한국대기보전학회 춘계학술대회.
 13. 김정웅, Kweku Sekyama, 이도원, 김현욱. 2006. 하수 및 하수처리장에서 발생하는 악취에 대한 고찰. 한국냄새환경학회지. 5(3):180-192.
 14. 김태일, 송준익, 정 선, 정종원, 정의수, Antonia J. Barroga. 2005. 축분뇨 액비 저장조의 운영실태 및 악취물질 발생량 조사. 한국축산시설환경학회지. 11(3):189-196.
 15. 농림부. 2000. 가축분뇨 자원화 및 이용 기술 개발.
 16. 류종원. 1995. 가축분뇨의 액비화 처리. 가축분뇨의 자원화에 관한 국제심포지엄. 한국축산학회. p.61-84.
 17. 문승일, 채재우, 이대엽, 장기현. 2002. 돈사적용용 DC 전압을 이용한 오존발생장치 개발에 관한 연구. 한국대기환경학회지. 19(1):77-84.
 18. 박민수. 2007. 악취 관능분석법 평가에 관한 연구. 박사학위논문.
 19. 산업자원부. 2000. 오존과 촉매에 의한 유기물 및 질소의 고도처리장치, 최종보고서.
 20. 송경근, 안규홍, 정연규. 2003. 하수고도처리시스템에서 슬러지 오존분해가 잉여슬러지 생성과 질소제거에 미치는 영향. 대한환경공학회 추계학술연구발표회 논문집.
 21. 울산대학교. 2004. 축산분뇨 오존탈취. 산학연 과제개발 결과보고서.
 22. 최동윤. 2004. 축산분뇨 발생 및 처리실태 동향분석.
 23. 최동윤, 노재승, 이상철, 김해녕, 안규정, 조인기. 2006. 양돈분뇨 액비를 이용한 경종농가의 작물재배 실태조사. 한국축산시설환경학회지. 12(3):141-150.
 24. 최동윤, 전병수, 곽정훈, 박치호, 정광화, 김태일, 김형호, 이덕수, 양창범. 2002. 돈슬러리 저장기간 및 깊이에 따른 성분특성 변화. 한국축산시설환경학회지. 8(3):129-134.
 25. 최희철. 2003. 오존과 TiO₂를 이용한 축산배출수의 정화처리에 관한 연구. 박사학위논문.
 26. 축산기술연구소. 1996. 표준사료 성분분석법.
 27. 축산연구소. 2004. 축산분뇨 발생 및 처리실태 동향분석.
 28. 환경부. 1992. 수질오염공정시험법.
 29. 환경부, 국립환경연구원. 2005. 악취공정시험방법.