

양돈장 분뇨의 혐기성 부숙 과정에서 첨가제에 따른 오염물질 및 악취 저감 효과

강 경 호·감 상 규·허 철 구·이 민 규*
제주대학교 토목환경공학전공, *부경대학교 응용화학공학부
(2005년 11월 30일 접수; 2006년 2월 23일 채택)

The Effect of Reduction of Contaminants and Odor according to the Additives in the Anaerobic Maturation Process of Piggery Slurry

Kyung-Ho Kang, Sang-Kyu Kam, Chul-Goo Hu and Min-Gyu Lee*

Division of Civil & Environmental Engineering, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

*Division of Applied Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan 608-739, Korea

(Manuscript received 30 November, 2005; accepted 23 February, 2006)

The changes of contaminants and odor corresponding to anaerobic maturation process of piggery slurry were investigated by applying the additives, such as different kinds of complex microorganism products and deodorants containing microorganism activating agents. The pHs during 20-day anaerobic maturation were operated stably without great change regardless of the additives, although they were rather lower in the case that the additives were contained than the case that they were not contained. The effects of removing COD_{Cr}, NH₃-N, T-N, and T-S in case that the additives were not contained, were not so great during the 20-day operation and so it would be difficult to remove the organic materials and nitrogen ingredients simply with anaerobic maturation process. However, in case of anaerobic maturation process that the additives were contained, their average removal rates were improved with the values of 49%, 63.5%, 48.5%, and 30.7% for above each of items, even if the 20-day of short-term maturation period was applied. Especially, odor intensity with the additives was lowered continuously during the operation period and it had more than two times of lowering effect compared to that without those.

Key Words : Piggery slurry, Additives, Maturation, Anaerobic, Organic materials, Odor

1. 서 론

양돈분뇨는 다른 축산분뇨 보다도 유기물과 질소, 인 등의 영양염을 고농도로 함유하고 있고 악취물질을 내포하고 있어 자연에 방치될 경우 수질오염, 위생악화 및 악취발생 등 심각한 환경문제를 일으킬 수 있다. 현재 국내에서의 양돈분뇨의 처리방법으로는 정화처리, 퇴비화, 액비화 등이 대표적으로 사용되고 있으나 양돈농가 입장에서 볼 때 양돈분

뇨를 슬러리 액비형태로 농경지에 이용하는 것이 정화처리방법 또는 퇴비화방법에 비해 보다 경제적이고 실용적인 처리수단으로 평가되고 있다.

액비화는 축산 분뇨를 대형 액비조에서 약 6개월 간 부숙시켜 초지나 농경지에 액비로서 사용하게 되는데, 양돈농가에서는 주로 혐기성 액비화에 의해 분뇨를 처리하고 있다. 그러나 현재 농가에서 사용 중인 액비시설의 대부분이 3개월-4개월 미만의 저장용량을 가지고 있어 장기간의 혐기성 액비화에 의해 분뇨를 발효시키는데 어려움이 있다. 액비화 과정에 있어서의 또 다른 문제점중의 하나는 처리 과정 중 발생하는 각종 악취문제¹⁾로서 최근 주요

Corresponding Author : Min-Gyu Lee, Division of Applied Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan 608-739, Korea
Phone: +82-51-620-1468
E-mail: mglee@pknu.ac.kr

민원의 대상이 되고 있다. 양돈분뇨는 질소, 인 등의 영양염과 악취물질 등이 고농도로 함유하고 있어 액비화 저장기간에도 유화수소 등의 악취물질이 발생하고, 또한 액비화 과정을 통해 생성된 액비도 어느 정도 악취물질을 함유한 상태로 생산되기 때문에 역시 악취문제를 유발하고 있는 실정이다.

양돈농가와 액비화 과정에서 발생하는 악취를 억제 또는 감소하기 위해서는 여러 가지 방법이 응용될 수 있으나 크게는 분뇨내 악취 원인물질의 생성량을 근원적으로 감소시키는 up stream 방법과 생성된 악취를 감소시키는 down stream 방법으로 구분할 수 있다. 분뇨내 악취 원인물질의 생성량을 생성단계 이전에 감소시키는 방안으로는 불필요한 사료의 급여를 최소화하거나 사료에 첨가제를 넣어 악취발생을 줄이는 것으로, Hartung과 Phillips²⁾는 사료의 조성에 기초한 균형적이고 함축된 아미노산 첨가로 분뇨의 질소배설을 감소시키는 방법을 제시하였으며, Kreuzer와 Machmuller³⁾는 사료 중에 박테리아 발효 대체물을 첨가함으로써 돼지의 체내 질소축적 감소 및 뇨중 질소배설량이 감소하였다고 보고하였다. 이외에도 사료중 첨가제에 의한 악취발생의 감소에 관한 많은 연구가 보고되고 있다⁴⁻⁶⁾.

발생된 악취를 제거하는 방법으로는 약액처리법, 흡착법, 마스크킹법, 생물학적탈취장치 이용법 등이 있으며, 다른 한편으로는 오염원에 탈취제 또는 미생물제를 직접 살포하여 악취가스의 발생량을 감소시키는 방법은 비용이 저렴하기 때문에 외국의 경우 祭蘇와 小島⁷⁾에 의한 우분 슬러리의 악취를 경감하기 위한 미생물제제에 관한 연구, 中崎⁸⁾의 미생물균을 이용한 퇴비화 과정에서의 악취제거, Kana-gawa와 Mikami⁹⁾의 *Thiobacillus sp.*를 이용한 황화합물의 발생억제에 관한 연구들이 수행된 바 있으며, 최근 이 분야에 대한 연구들이 활성화 되고 있다^{10,11)}. 이러한 첨가제를 이용한 연구로 이 등¹²⁾과 고 등¹³⁾은 유효 미생물을 이용하여 음식폐기물의 효율적인 처리 및 퇴비화에 관한 연구를 수행한바 있으며, 이 등¹⁴⁾은 유용미생물을 이용한 하수의 고도 처리에 관한 연구 결과를 발표하였다. 이 외에도 각종 오·폐수에 적용한 연구^{15,16)}, 그리고 유효 미생물을 첨가하여 각종 쓰레기의 분해 및 퇴비화를 촉진시키는 연구¹⁷⁾ 등이 있다. 그러나 이들 연구는 주로 음식물 쓰레기 및 각종 오·폐수의 적용에 대한 연구나 퇴비화 과정에서 첨가제의 영향을 검토한 것으로 양돈 분뇨의 액비화 공정에 적용한 연구는 미미한 실정이다.

따라서 본 연구는 현재 국내에서 시판되고 있는 미생물제중에서 다른 미생물보다 단순하고 혐기 및 호기 등의 어떤 환경 조건에서도 산소의 확산 속도

에 관계없이 활발히 생육할 수 있으며, 편모를 가지고 있어 기질의 섭취 속도가 높은 특성을 가지고 있는 광합성세균이 중심으로 이루어진 제품 2종류, 호기성 및 혐기성 등의 복합미생물로 이루어진 제품 1종류, 그리고 미생물 활성제가 포함된 탈취제 1종류를 선별하여 양돈분뇨의 혐기성 부숙 과정중의 상태변화를 분석함으로써 고농도의 양돈분뇨를 빠른 시간 내에 처리하는 방안과 악취감소효과를 비교 평가하기 위하여 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

본 연구에 사용된 분뇨는 양돈장에서 주로 많이 발생되고 있는 슬러리 형태의 분뇨를 수거하여 이용하였으며, 수거된 분뇨는 35 mesh체로 걸러 이물질을 제거한 후 시험용 재료로 사용하였다. 본 연구에 사용된 원 시료의 성상은 Table 1에 나타내었다.

본 연구에 사용된 첨가제로는 제품 A(EM, Effective Microorganims), 제품 B 및 제품 C 등 3가지 종류의 미생물제제와 1종류의 탈취제 제품 D

Table 1. Characteristics of piggery slurry used in this study

Items	Concentration
pH	8.416
CODcr	14,000 mg/ℓ
NH ₃ -N	438.6 mg/ℓ
T-N	923.5 mg/ℓ
T-S	60.6 mg/ℓ
Odor intensity	≥ 999

Table 2. Characteristics of additives used in this study

Additives	Components
Product A	Lactic acid bacteria, Yeasts, <i>Actinomyces</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Filamentous fungi</i> , Photosynthetic bacteria, etc
Product B	<i>Lactobacillus casei</i> , <i>Streptococcus lactis</i> , Yeasts, <i>Actinomyces</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Filamentous fungi</i> , <i>Rhodobacter sphaeroides</i> , etc
Product C	<i>Enterococcus faecalis</i> , Yeasts, <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> , <i>Bifidobacterium longum</i> , <i>Bifidobacterium bifidum</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactobacillus salivarius</i> , etc
Product D	Microbial activator, Magnesium, Boron, Molybdenum, Copper, Zinc, Amino acid, etc

를 사용하였으며 사용한 첨가제의 특성을 Table 2에 나타내었다. 제품 A 및 제품 B는 광합성세균을 중심으로 유산균, 효모균, 방성균 등 주로 혐기성 또는 미호기성 미생물로 구성되어 서로 공존, 공생하면서 상승효과를 나타낸다. 광합성세균은 악취의 원인 물질인 황화수소, 암모니아 등의 유해가스를 유용물질로 생산·합성하여 악취의 방지효과를 나타내고, 유산균은 유산을 생성하여 발효초기에 pH를 급격히 강하시킴으로서 부패균의 성장을 억제하고 효모균은 생리활성물질을 합성하여 다른 세균의 성장을 촉진케 하며, 사상균은 고분자물질을 저분자화시켜 이용 가능케 하는 것으로 알려져 있다¹⁸⁾. 또한 제품 C는 호기성, 혐기성, 저온성 및 고온성 등 수십여 종의 복합미생물로 구성되어 있어 이러한 미생물 군들의 산화, 환원 및 탈질작용 등으로 양돈분뇨의 악취를 제거함은 물론 기생충이나 유해세균의 활동을 억제하는 효과를 지닌 것으로 알려져 있다. 제품 D는 미생물 활성화제 및 비료성분이 포함되어 있는 탈취제로서 축사, 도축장, 농수산물 가공공장, 공공시설 내 간이 화장실 등의 악취제거 및 부숙에 사용되고 있다.

2.2. 실험장치 및 방법

반응조는 Fig. 1에 보였듯이 용량 5 l의 삼각플라스크를 이용하여 제작하였다. 분뇨를 채운 반응조의 총 용량은 4 l이며, 반응조 상부에는 분뇨를 채취할 수 있는 시료 채취구를 설치하여 syringe를 이용하여 일정량의 시료를 채취할 수 있도록 하였다. 반응조는 공기의 유입을 차단하여 혐기조건으로 운전하였으며, 교반기를 이용하여 내부교반을 해줌으로써 반응조 내에 존재하는 분뇨 상태를 균일하게 하였다. 실험은 Table 3과 같이 첨가제를 투여하지 않고 운전한 R-N 반응조, 첨가제로 제품 A, B, C 및 D를 투여하여 운전한 R-A, R-B, R-C 및 R-D 반응조의 총 5가지 형태로 나누어 수행하였다. 첨가

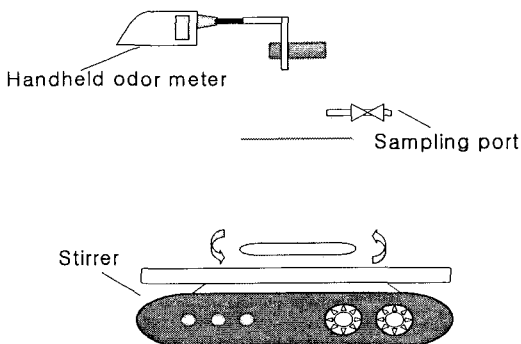


Fig. 1. Anaerobic reactor used in this study.

Table 3. Maturation conditions of piggery slurry

Run	Condition
R-N	No-addition of additive
R-A	Addition of product A
R-B	Addition of product B
R-C	Addition of product C
R-D	Addition of product D

제는 2일마다 1회 50 ml씩 각 반응조에 투여하였다.

시료는 운전 기간 동안 2일마다 채취하여 pH, CODcr, NH₃-N, T-N, T-S 및 악취강도 등의 실험 항목을 분석·측정하였다. 분석 시료는 1회 분석 시 20 ml씩 반응조의 상부에 위치한 시료 채취구에서 syringe를 이용하여 채취하였고, 이를 1,500 rpm으로 10분간 원심 분리하여 부유물질을 제거하고 난 후 분석에 사용하였다. 분석은 수질공정시험법, Standard method 및 일본위생법에 준하여 분석하였으며, pH는 채취한 분뇨를 pH-Meter(Orion 420A)를 이용하여 측정하였다. CODcr은 K₂Cr₂O₇에 의한 COD 분석방법에 의해 분석하였으며, NH₃-N와 T-N은 흡광 광도법(HP 8452A)에 의해 분석하였다. T-S는 N₂ 가스를 주입하여 반응시킨 후 요오드 적정법으로 분석하였으며, 악취강도는 Handheld Odor Meter(OMX-GR)를 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. pH의 변화

Fig. 2는 20일 동안의 혐기성 액비 운전 기간 중 pH를 변화를 나타낸 것으로, 원시료의 pH 8.4에서 첨가제를 함유하지 않은 R-N인 경우 8.1-8.2의 pH 변화를 보여 초기 2일 동안 pH가 감소하는 경향을 보이다가 그 이후부터는 큰 변화를 보이지 않았다.

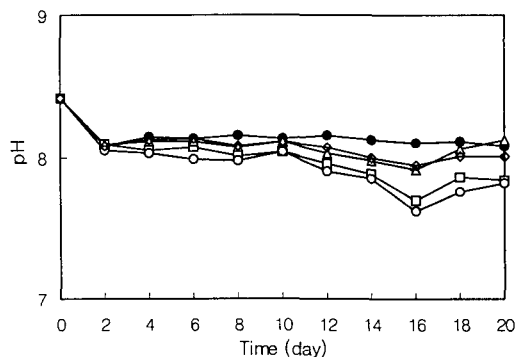


Fig. 2. pH changes during operation.(●: R-N, □:R-A, △: R-B, ◇: R-C, ○: R-D)

한편, 첨가제를 함유한 R-A ~ R-D 반응조의 경우는 초기 원시료의 pH 8.4에서 최저 7.6까지 감소하는 경향을 보였다. 김¹⁹⁾은 6개월간의 장기간 혐기성 액비공정을 운전 시 pH는 최종적으로 증가하는 값을 나타낸다고 하였으나, 본 연구에서는 다소 낮은 pH로 운전된 이유는 유기물의 혐기적 분해 과정에서 생성되는 acetic acid, propionic acid, butyric acid와 같은 유기산 생성²⁰⁾ 때문인 것으로 판단되고, 그리고 첨가제를 함유하지 않은 R-N의 경우보다 첨가제를 투여함으로써 다소 낮은 pH로 운전된 이유는 첨가제에 의해 혐기적 분해가 촉진되었기 때문으로 사료된다. 설²¹⁾은 effective microorganisms (EM)에 의한 음식 쓰레기의 처리에 관한 연구에서 EM 등과 같은 첨가제에 존재하는 유산균은 유산을 생성하여 pH를 급격히 강하시켜 부패균의 성장을 억제한다고 보고하였으며, 최 등²²⁾은 광합성 세균을 이용한 돈분 폐수 처리에 관한 연구에서 pH가 8.0-8.2사이로 운전될 때 효율적이라고 하였다.

3.2. CODcr의 변화

Fig. 3은 혐기조의 운전기간 중 CODcr의 변화를 나타낸 것으로, 초기 원시료의 CODcr의 농도 14,000 ppm에서 R-N은 9,500-15,500 ppm, R-A는 7,500-18,250 ppm, R-B는 7,000-16,500 ppm, R-C는 6,500-17,000 ppm, R-D는 6,000-15,500 ppm의 변화폭을 나타냈다. 20일 동안의 혐기성 액비 운전 결과를 살펴보면 첨가제가 함유되지 않은 R-N은 17.8%의 낮은 제거율을 보였는데, 이와 같이 낮은 COD의 감량은 분뇨에 함유된 셀룰로오스, 리그닌 등과 같이 생분해도가 낮은 입자성 유기물에 기인한 것으로 보여 진다²³⁾. 그러나 첨가제가 함유된 R-A, R-B, R-C 및 R-D는 최종적으로 CODcr의 제거율이 39.3, 46.4, 53.6 및 57.1%로 나타나 R-N에 비해 2-3

배 이상의 높은 제거효율을 나타내었다. 이¹⁵⁾에 의하면 EM 등과 같은 광합성 세균들을 포함한 미생물제제는 다양한 미생물 군으로 구성되어 있으며 함유된 미생물 중에서 유산균은 리그닌이나 셀룰로오스 등의 난분해성 유기물의 가용화 등 유기물을 발효 분해시키는 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 또한 탈취제인 제품 D를 첨가한 경우에도 높은 제거율을 보였는데, 제품 D에 있는 미생물 활성제에 의해 분뇨 내에 존재하는 미생물의 증식을 촉진시켜 유기물의 분해를 가속화하는 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서 분뇨의 혐기성 부숙 과정에 첨가제를 사용함으로써 유기물의 분해에 더 높은 효율을 나타내어 분뇨와 같은 고농도의 유기물을 함유한 오염물질에서도 충분히 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

3.3. NH₃-N 및 T-N의 변화

양돈분뇨의 악취의 주성분으로 알려지고 있는 암모니아는 폐수내에 암모늄 이온(NH₄)과 용존 암모니아(NH₃) 가스의 평형상태로 존재하며²⁴⁾, 과잉의 암모니아는 혐기성 미생물의 메탄 생성균의 활성을 저해하는 것으로 보고되고 있다^{25,26)}. Fig. 4는 혐기조의 운전 기간 중 NH₃-N의 변화를 나타낸 것으로, 원시료의 NH₃-N 438.6 ppm에서 R-N은 295.9-428.4 ppm, R-A는 153.1-353.8 ppm, R-B는 167.8-363.6 ppm, R-C는 183.5-410.9 ppm, R-D는 131.7-390.5 ppm의 변화폭을 나타냈다. 결과에서 보듯이 모든 반응조에서 운전 10일 동안은 NH₃-N의 감소가 급격히 일어나고, 그 이후 다시 큰 폭으로 증가하고 다시 감소하는 불안정한 경향을 보였다. 그러나 운전 10일 이후부터는 첨가제를 함유하지 않은 R-N보다 첨가제를 함유한 R-A, R-B, R-C 및 R-D에서 뚜렷한 NH₃-N의 감소가 일어나 최종적으로 2배 이상의 제

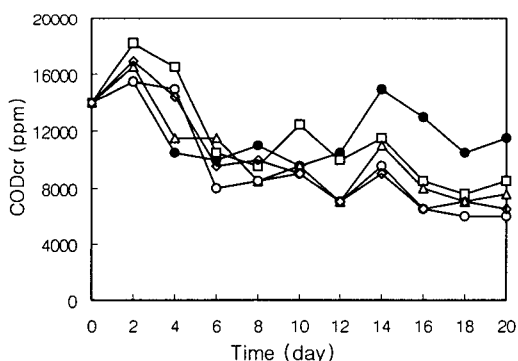


Fig. 3. Changes of CODcr concentration during operation. (●: R-N, □: R-A, △: R-B, ◇: R-C, ○: R-D)

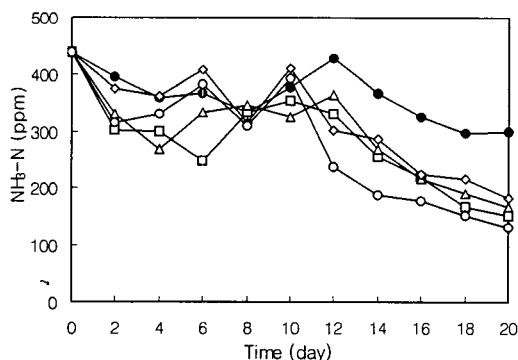


Fig. 4. Changes of NH₃-N concentration during operation. (●: R-N, □: R-A, △: R-B, ◇: R-C, ○: R-D)

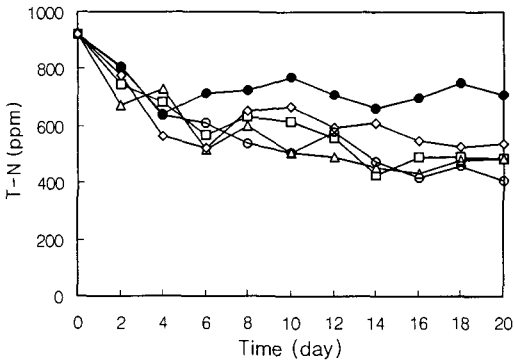


Fig. 5. Changes of T-N concentration during operation. (●: R-N, □: R-A, △: R-B, ◇: R-C, ○: R-D)

거효율을 나타냈다. 이처럼 첨가제를 함유함으로써 제거율이 높은 이유로는 광합성세균 등과 같은 미생물들의 활동에 의해 암모니아 등의 유해가스를 기질로 하여 유용한 물질을 생산, 합성하기 때문인 것으로 사료된다.

Fig. 5는 본 연구에서 혐기조의 운전 기간 중 T-N의 변화를 나타낸 것이다. 일반적으로 혐기성 액비화는 호기성 액비화에 비해 질소성분의 제거에는 큰 효과를 보이지 못하는 것으로 알려져 있다. 정²⁷⁾의 연구에 의하면 30일간의 혐기적 액비화 과정에서 T-N의 제거율이 20%내외이고, 김¹⁹⁾의 6개월간의 혐기성 액비조를 운전한 결과에서도 T-N의 제거율이 36.2%로써 장기간의 운전에도 불구하고 크게 개선되지 않았다. Fig. 5에서 보는바와 같이 본 연구에서도 첨가제를 함유하지 않은 R-N인 경우는 최종적으로 23.3%의 T-N 제거율을 보였으나 초기 운전 4일간 T-N의 감소 이후 운전 20일까지 더 이상의 뚜렷한 감소 경향을 보이지 않아 장기간의 혐기성 액비를 운전함에도 큰 감소 효과를 기대하기 어려울 것으로 판단된다. 그러나 첨가제를 함유한 R-A, R-B, R-C 및 R-D인 경우에는 운전 기간 내 내 완만한 감소를 보여 최종적으로 47.8, 47.5, 42.1 및 55.8%의 제거율을 나타냈다. 이에 첨가제를 혐기성 액비 공정에 사용함으로써 질소 등의 고농도의 영양염을 함유한 분뇨의 T-N의 제거에 어느 정도의 효과를 기대할 수 있으리라 사료된다.

3.4. T-S 및 악취강도의 변화

악취는 유기물이 분해되는 과정에서 생성되는 중간 분해산물이며, 이와 같은 악취물질은 주로 혐기성 조건에서 더 많이 생성되는 특성이 있다^{28,29)}. O'Neill과 Phillips³⁰⁾는 가축분의 주요 악취원이 168개의 합성물로 되어있으며 그중 30여개가 악취로 감지될 수 있고, 이들은 대개 sulfur를 함유하고 있으며 여건에

따라 악취성분에 큰 차이가 있다고 하였다.

Fig. 6은 양돈분뇨의 혐기성 액비화시에는 악취물질을 생성하는 황화합물이 발생하는 것으로 알려져 있어 혐기조의 운전 기간 중 T-S의 상태변화를 조사하여 나타낸 것이다. 첨가제를 함유하지 않은 R-N은 운전 12일까지 T-S의 농도가 증가와 감소를 반복하다가 그 이후부터는 안정한 상태로 변화되었고 최종적으로 5% 미만의 제거율을 보였다. 그리고 미생물제제인 EM, 제품 B 및 제품 C를 첨가한 경우에는 30-40%의 제거율을 보인 반면, 탈취제인 제품 D를 첨가한 R-D에서는 제거율이 16.3%를 나타내 미생물제제를 첨가한 R-A, R-B 및 R-C보다 다소 낮은 제거율을 보였다.

20일간 혐기조의 운전 기간 동안 악취강도의 변화를 Fig. 7에 나타내었다. R-N의 악취강도는 운전 10일 동안 900이상의 높은 강도를 보이다가 10일 이후부터 운전 18일 이후까지는 감소를 하다가 그 이후에서는 더 이상의 감소를 하지 않고 최종적으로 악취강도 365를 나타내었다. 그러나 첨가제를 함유한 R-A, R-B, R-C 및 R-D인 경우에는 악취강도가 운전 6일 이후부터 급격한 감소를 보였으며, 최종적으로

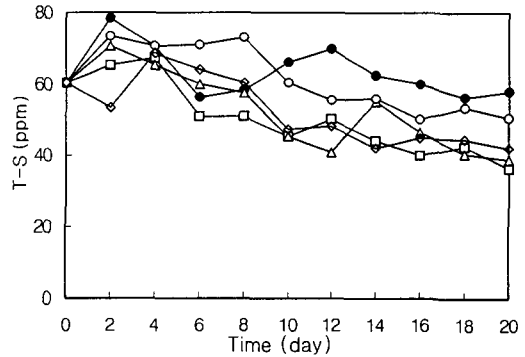


Fig. 6. Changes of T-S concentration during operation. (●: R-N, □: R-A, △: R-B, ◇: R-C, ○: R-D)

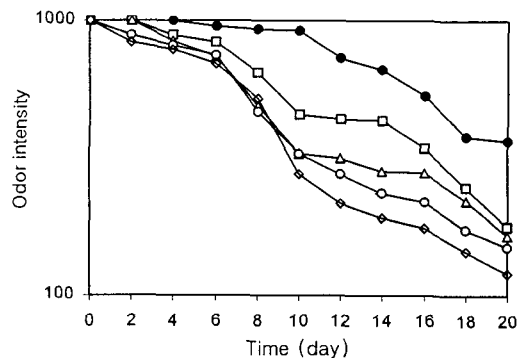


Fig. 7. Changes of odor intensity during operation. (●: R-N, □: R-A, △: R-B, ◇: R-C, ○: R-D)

로 177, 165, 120 및 150의 강도를 나타내 첨가제가 함유되지 않은 반응조와 비교하여 상대적으로 빠른 악취강도의 감소를 보여주어 효과적으로 악취를 저감하는 것으로 보인다. 이렇게 혐기조건하에서 총 20일 간의 운전 기간 동안 첨가제를 함유한 경우 악취강도를 크게 감소시키는 효과를 얻었으나, 여전히 분뇨의 자극적인 냄새가 발생하고 있어 혐기조건에서는 좀 더 장기간의 연구가 필요하다고 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 양돈 분뇨의 혐기성 부숙화 과정에 다른 종류의 미생물 복합제제 및 미생물 활성제를 포함한 탈취제 등의 첨가제를 가하여 부숙 기간에 따른 오염물질의 변화와 악취제거효과를 연구하였고, 그 결과는 다음과 같다.

1) 20일간의 혐기성 액비 운전 기간 중 pH는 R-N은 8.1-8.2의 변화를 보였으나 첨가제를 함유한 R-A, R-B, R-C 및 R-D는 R-N비해 다소 낮은 pH로 운전 되었지만 전체적으로 큰 변화없이 안정적으로 운전되었다. R-N에서 COD_{Cr}의 제거율은 17.8%로 나타나 단순한 혐기성 액비화만으로는 유기물을 분해하는데 낮은 효율을 보여 주었으나 첨가제를 함유한 반응조에서는 COD_{Cr}의 제거율이 첨가제가 함유되지 않은 혐기조에 비해 2-3배 이상의 제거 효과를 보였다.

2) NH₃-N은 첨가제를 함유한 R-A, R-B, R-C 및 R-D에서 평균 63.5%의 제거율을 보여 첨가제를 함유하지 않은 R-N에 비해 2배 이상의 제거효율을 나타내 첨가제를 함유함으로써 양돈분뇨의 악취의 주요 원인 물질중의 하나인 암모니아 등의 제거에 효과적인 것으로 나타났다. T-N의 경우 R-N에서 23.3%의 낮은 제거효율을 보인 반면, R-A, R-B, R-C 및 R-D에서는 평균 48.3%의 제거율을 보여 고농도의 영양염을 함유한 분뇨의 제거에 어느 정도의 효과를 나타냄을 보였다.

3) T-S를 분석하여 황화합물의 농도를 측정할 결과 R-N은 5%, R-A, R-B, R-C 및 R-D는 각각 40, 36, 30.7, 16.3%의 제거율을 보였다. 악취강도는 20일간의 운전으로 최종 처리한 액비에서 여전히 분뇨의 자극적인 냄새가 발생하지만, 첨가제를 함유한 경우 상당한 악취 저감 효과를 보여 좀 더 장기간의 혐기성 액비화 시 큰 효과를 볼 수 있을 것을 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 제주지역환경기술개발센터의 지원에 의해 수행되었으며, 이의 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) Chen, Y. and Y. Inbar, 1993, Chemical and spectroscopical analysis of organic matter transformation during composting in relation to compost maturity, In: H. Holtink and H. Keener(eds.) Sciences and Engineering of Composting, Renaissance Pub. Washington, Ohio, pp. 551-600.
- 2) Hartung, J. and V. R. Phillips, 1994, Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores. J. Agric. Eng. Res., 57, 173-189.
- 3) Kreuzer, M. and A. Machmuller, 1993, Reduction of gaseous nitrogen emission from pig manure by increasing the level of bacterially fermentable substrate in the ratio. Proc. First Inter. Symp. Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences, Wageningen, Netherlands, June 8-11, pp. 151-156.
- 4) 송영한, 1998, 열수추출 흑염소 중탄부산물의 돈분 악취저감 효과에 관한 연구, 韓營飼誌, 22(1), 21-30.
- 5) Canh, T. T., M. W. A. Verstegen, A. J. A. Aarink and J. W. Schrama, 1997, Influence of dietary factors on nitrogen partitioning and composition of urine and feces of fattening pigs, J. Anim. Sci., 75, 700-706.
- 6) Schulze, H., H. S. Saini, J. Huisman, M. Hessing, W. vanden Berg and M. W. A. Verstegen, 1995, Increased nitrogen secretion by inclusion of soya lectin in the diets of pigs, J. Sci. Agr., 69(4), 501-510.
- 7) 祭蘇雅典, 小島知子, 1996, 液肥における臭氣發生機構の解明と關聯微生物の選抜, 農業環境試験研究成績, 計劃概要集, 172-173.
- 8) 中騎清彦, 1996, コンポスト化處理過程における臭氣問題と對策, 臭氣の研究, 27(1), 18-24.
- 9) Kanagawa, T. and E. Mikami, 1989, Removal of methanethiol, dimethyl sulfide, dimethyl disulfide and hydrogen sulfide from contaminated air by TK-m, Appl. Environ. Microbiol., 55(3), 555-558.
- 10) 서명철, 黑田和孝, 花島大, 羽賀清典, 1998, 돈분 퇴비화 과정중 악취물질에 대한 고온성 암모니아 내성균 접종 효과, 韓土肥誌, 31(1), 77-84.
- 11) 윤세영, 이상규, 1992, 가축분뇨 발효시 악취가스 생성억제제 사용효과에 관한 연구, 韓土肥

- 誌. 25(1), 62-69.
- 12) 이장훈, 정준오, 박승호, 2000, 음식폐기물 퇴비화에서 유효 미생물 분리 및 첨가에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 26(3), 1-10.
 - 13) 고성철, 송영채, 김인수, 1997, 유효미생물(Effective Microorganisms; EM)에 의한 음식물 쓰레기의 효율적 처리 및 자원화, 한국폐기물학회지, 14(7), 729-740.
 - 14) 이재복, 이훈용, 2003, 유용미생물을 이용한 하수의 고도처리에 관한 연구, 경성대학교 환경연구 논문집, 13(1), 121-130.
 - 15) 이영희, 2004, 유용미생물을 이용한 환경정화에 관한 연구, 경성대학교 교육대학원, 교육학석사학위논문, 56pp.
 - 16) 노성희, 윤영재, 김선일, 2001, 유효미생물에 의한 폐수 중 질소 및 인의 제거, 응용화학, 5(2), 180-183.
 - 17) Nakasaki, K., M. M. Sasaki, M. Shoda and H. Kubota, 1985, Effect of seeding during thermophilic composting of sewage sludge, Appl. Environ. Microbiol., 724-726.
 - 18) 히가데루오, 1991, 미생물의 농업이용과 환경보전, 민경희 역, 형설출판사, 서울.
 - 19) 김완주, 2003, 양돈 슬러리의 액비화에 관한 연구, 한밭대학교 산업대학원 석사학위논문, 56pp.
 - 20) Marteen, A. S. and T. U. Long, 1991, Modelling of UASB reactor, International Course on Anaerobic Waste Treatment, IHE. Wageningen Univ., pp. 11-35.
 - 21) 설효정, 1997, Effective Microorganisms에 의한 음식 쓰레기의 물리화학적 변화, 부산대학교 대학원, 석사학위논문, 65pp.
 - 22) 최경민, 박용로, 주홍신, 양재경, 1996, 광합성 세균을 이용한 돈분 폐수 처리에 관한 연구, 폐기물자원화, 4(2), 11-17.
 - 23) 이재원, 송영채, 우정희, 박홍석, 김종오, 2004, 축산폐수의 혐기성 생분해도 증진을 위한 펜톤 산화 전처리, 대한환경공학회 2004 춘계학술연구발표회 논문집, pp. 462-469.
 - 24) 신항식, 1996, 가축분뇨의 자원화 추진 과제와 대책, 월간양돈 12월호, 70-75.
 - 25) Koster, L. W. and G. Lettinga, 1988, Anaerobic digester at extreme ammonia concentrations, Biol. Wastes., 25, 51-59.
 - 26) McCarty, P. L. and R. E. McKinny, 1961, Salt toxicity in anaerobic digestion, J. WPCF., 33(4).
 - 27) 정광화, 2000, 축분퇴비화에 미치는 영향인자 연구, 충남대학교 대학원, 석사학위논문, 85pp.
 - 28) Huh, M., 1994, Characteristics and evaluation of odor offensiveness, J. Environ. Hi-Tech., 1(6), 6-14.
 - 29) Willians, A. G., 1984, Indicators of piggery slurry odor offensiveness, Agricultural Wastes, 10, 15-36.
 - 30) O'Neill, D. H. and V. R. Phillips, 1992, A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 3, properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them, J. Agric. Eng. Res., 53, 23-50.