

미세기포와 교반을 이용한 호기성 액비특성에 관한 연구

구본우¹, 오대민¹, 이영신^{1*}
¹한서대학교 환경공학과

A Study on Characteristics of Aerobic Liquid-Composting using a Micro Air Diffusion and a Mixer System

Bon-Woo Gu¹, Dae-Min Oh¹ and Young Shin Lee^{1*}

¹Department of Environmental Engineering Hanseo University

요약 본 연구는 양돈축사에서 발생하는 슬러리형의 폐수를 원수로 하여 미세기포(M.A)와 교반기(Mixer)를 통한 호기성 조건으로 액비화 처리시 특성을 분석하고자 한다. 실험초기 pH는 7.6으로 액비의 적정 pH 범위보다 조금 상회하는 것으로 나타났으며, pH상승은 VFAs와 연관성이 있는 것으로 나타났다. 호기성 조건으로 액비처리를 수행하였을 경우 BOD와 COD제거효율에 있어서 혐기성 조건에 비해 효과적으로 나타났으며, BOD의 경우 호기성조건에서 M.A+Mix는 70.9%, M.A는 67.8%로 나타났으며, COD는 M.A+Mix가 39%, M.A가 19%의 제거효율이 나타났다. NH₃-N의 경우 모든 조건에서 시간 경과에 따라 점차 낮아지는 경향을 보였으며, 이는 질소의 특성과 pH상승에 따른 것으로 판단된다. NO₃-N에서는 모든 조건에 증가추세로 나타나 반응조 내에 NO₃-N이 축적되어 탈질율이 낮아지는 것으로 판단된다. 또한, 돈분뇨 액비의 비료성분 분석결과, 혐기성 조건에 비해 호기성 조건인 M.A+Mix에서 비료성분 함유율이 높은 것으로 나타났다.

Abstract The purpose of this study is to analyze the behavior of swine slurry wastewater from bogen, in the treatment of Aerobic Liquid-Composting treatment by Aerobic Liquid-Composting using a mixer and Micro Air Diffusion pH level was at the beginning and its rise was seemingly related to VFA. It appears that removal of BOD and COD are more effective by Aerobic than by Anaerobic. In terms of removal efficiency, it shows 70.9% of BOD and 39% of COD in M.A+Mix and 67.8% of BOD and 19% of COD in M.A. NH₃-N decreases in all conditions, which is caused by both the characteristic of nitrogen and the rise of pH. NO₃-N increases in all conditions. It is judged that the accumulation of NO₃-N affects the reduction of the ratio of denitrification. In the result of the analysis of Manure in swine slurry of liquified fertilizer ingredients, content of Manure in swine slurry of liquified fertilizer ingredients in aerobic conditions (M.A+Mix) is higher than anaerobic conditions.

Key Words : Aerobic, Liquid-Composting, Micro Air Diffusion, Organic Matters, Swine Slurry

1. 서론

과거 축산업은 경작농업에서 노동력 확보를 위한 보조 수단과 농가 부업형태로 이루어져 왔으나, 육류의 급속한 소비증가와 정책적 지원에 힘입어 소규모 부업형태에서 전 기업형 사육규모로의 구조적인 변화를 가져오는 등 가축 사육의 지역집중과 편중현상을 초래하고 있다. 하지만 가

축사육으로 인한 부산물인 축산분뇨의 무단방류로 인해 토양 및 수질오염 등의 문제가 제기되고 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 축산분뇨 처리에 많은 비용을 투입하였으며, 보다 효율적이고 안정적인 처리방안을 모색해 왔다[1,2].

본 연구는 2008년 한서대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

*교신저자 : 이영신(leeys@hanseo.ac.kr)

접수일 09년 12월 30일

수정일 10년 04월 02일

게재확정일 10년 04월 09일

법이 대두되어 왔다. 액비를 자원화하는 것은 자연유기비료로 사용하는 동시에 축산폐수를 처리할 수 있는 친환경적인 기술이다. 또한, 축산분뇨로 만든 액비는 각종 영양분이 풍부하기 때문에 화학비료를 대체할 수 있을 뿐만 아니라 부식물질은 토양의 성질을 작물생산에 유리하도록 개량하는 장점도 있다[3,4].

현재 국내에서는 축산분뇨를 이용한 액비화 연구가 활발히 진행되고 있으며, 그 가운데 박[3]은 양돈분뇨 슬러지를 이용한 고액분리 연구를 수행하였으며, 손[5]은 돈분뇨의 적합한 호기성 액비화를 위한 암모니아 탈기조건 설정에 대한 연구를 수행하였다. 오[6]는 저장액비화 방법의 정확효율 개선방안을 연구하는 등 여러 가지 형태로 축산분뇨의 액비화 연구가 이루어지고 있는 상태이다.

따라서 본 연구에서는 양돈농가에서 발생되고 있는 돈분뇨를 이용하여 기존 혐기성 액비와 미세기포와 교반을 이용한 호기성 액비를 비교하여 유기물 및 영양염 변화를 분석하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 실험장치

본 연구에 사용한 액비화 장치의 모식도를 그림 1에 나타내었다. 액비화 장치는 기존 양돈축사의 액비화시설에 착안하여 제작하였으며, 미세기포와 교반을 통한 액비화 특성을 연구하기 위해 실험구와 대조구로 나누어 연구하였다. 실험구인 호기성 조건에서는 (A)의 경우 미세기포를 발생시킬 수 있는 미세기포 발생장치(MAD)와 교반기(Mixer)를 설치하여 슬러리를 액비화하였으며, (B)에

서는 미세기포 발생장치만을 설치하여 액비화 특성을 분석하였다. 대조구인 혐기성 조건(C)에서는 무교반 상태로 슬러리형을 액비화하였다. 반응조는 직경 1.0m × 높이가 1.4m 크기의 플라스틱 재질로 제작하였으며, 액비화 장치는 우수침투 및 대기온도의 영향을 방지하기 위하여 상부를 밀폐하였고, 상부 유출부에 valve를 설치하여 배출되는 액비를 분석하였다.

[표 1] 반응조 설계인자

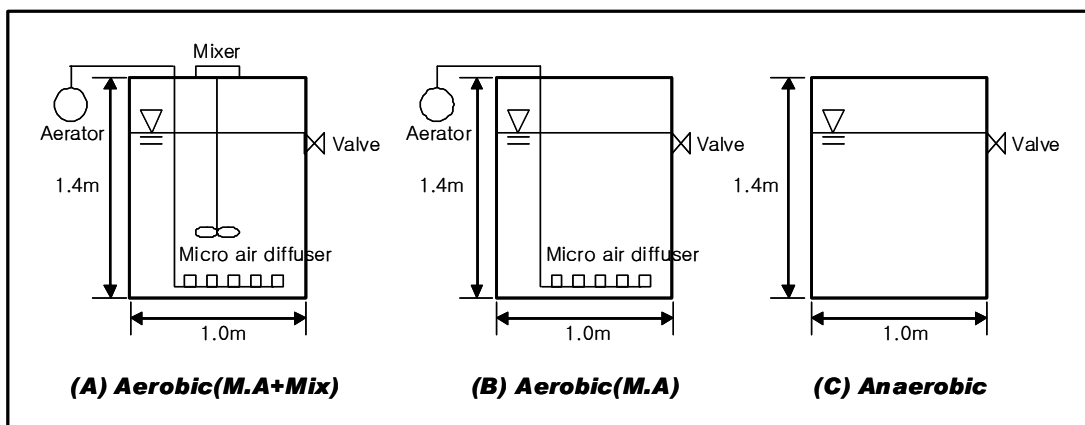
Composition	Parameter
Reactor size	H1.4m × Ø1.0m
Mixer system	50 RPM
Micro air diffuser	3~10 μ m (4~5 L/min)

2.2 실험방법

본 연구에 이용된 돈분뇨는 충남 서산시의 양돈농가를 대상으로 슬러리형태로 채취하여 실험에 이용하였다.

돈사는 269m²로 400두를 사육하였으며, 시료는 약 2000L 채취하여, 저장 시설의 높이가 각각 1.2m가 되도록 투입하였다.

완숙된 액비를 제조하기 위해 기존 호기성 액비는 약 2~3개월의 부숙기간이 소요되며, 혐기성 액비는 약 6개월 이상의 부숙기간이 필요함에 따라[6] 각각의 부숙기간을 기준으로 비교·분석하였다. 실험기간은 약 6개월간 수행하였으며, 실험횟수는 3(조건별)×19회/항목당 = 57회/항목당을 실시하였다.



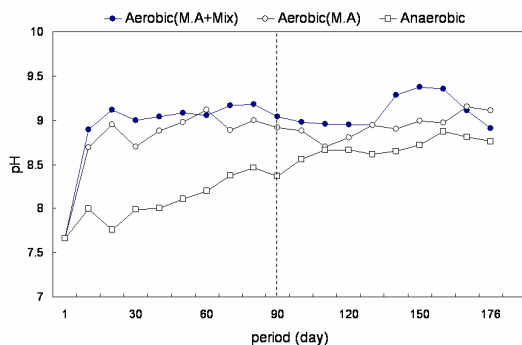
[그림 1] 액비화 실험장치 모식도

[표 2] 돈분뇨 수질분석

Items	Slurry	
	Mean	Range
Temperature, °C	14.8	12.8~18.7
pH	7.66	6.85~7.99
VFA, mg/L	6,235	3,610~8,520
BOD, mg/L	18,951	15,546~20,691
CODmn, mg/L	5,340	4,546~8,213
NH ₃ -N, mg/L	1,939.3	1,849~2,865
NO ₃ -N, mg/L	22.4	18.6~26.8
N, %	0.603	0.556~0.658
P ₂ O ₅ , %	1.053	0.957~1.118

한편, 표 2는 돈분뇨에 대한 수질성상을 나타내고 있으며, 시료분석항목은 pH, 휘발성지방산 VFA(mg/L), BOD(mg/L), CODmn(mg/L), NH₃-N(mg/L), NO₃-N(mg/L), N(%), P₂O₅(%)으로 총 8개 항목을 분석하였다. 특히 VFA는 20일 간격으로 액비의 발효(부숙)상태를 점검하기 위해 측정하였으며, 측정을 위해서 시료를 다음과 같이 처리를 하였다. 시료를 원심분리관에 20ml씩 넣은 뒤 HCl-1N을 각각 3ml넣었으며, 원심분리기를 이용하여 15,000rpm에서 10분 동안 원심분리한 후 그 상등액을 20ml 취하여 ether 20ml와 함께 70ml용 스쿠류시험관에 넣은 뒤 -20℃의 냉동실에 4시간 동안 동결처리한 후 ether층만을 분리하여 낸 다음, 그 상등액인 에테르층만을 10ml취하여 GC-14A분석의 시료로 이용하였다. 검출기는 flame ionization detector(FID)를 사용하였고, 주입 시료량은 2 μ l이었으며, 칼럼온도 175℃, 검출기 온도는 200℃이었다.

모든 분석은 수질오염공정시험법[7]와 Standard method[8]에 준하여 실시하였다.



[그림 2] 경과시간에 따른 pH변화

3. 결과 및 고찰

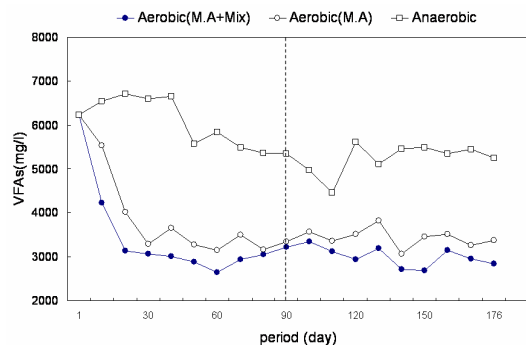
3.1 저장기간에 따른 액비화 특성

3.1.1 저장기간에 따른 pH, VFA변화

본 연구에서 사용한 돈분뇨의 성상은 슬러리형으로 그림 2는 양돈축사에서 발생하는 돈분뇨의 저장기간 중 처리형태에 따른 pH변화를 나타내고 있다. 이의[9] 보고에 의하면 혐기성 액비상태의 적정 pH는 6.5~7.5로 알려져 있으며, 6.0에 가까워질수록 혐기성 분해가 둔화된다고 알려져 있다.

pH분석결과, 모든 조건에서 실험초기 pH는 7.6으로 액비의 적정 pH 범위보다 상회하는 것으로 나타났다. 호기성 조건에서는 모든 조건에서 실험초기 약20일 동안 pH가 급격히 상승하는 경향을 보였으며, 이후 안정적인 경향을 보였다. 혐기성 조건에서 실험실시 이후 pH가 조금씩 상승하는 경향을 보였으며, 약160일 이후 소폭 감소하는 결과가 나타났다.

그림 3은 pH의 변화와 밀접한 관련이 있는 것으로 알려진 VFA(휘발성 지방산)의 농도 변화를 나타내었다. 모든 조건에서 반응물의 pH는 VFA의 양이 증가함에 따라 하락하였으며, VFA 양의 감소에 따라 상승하는 뚜렷한 변화 경향을 보였다. 따라서, 반응물의 pH 하락의 주요한 원인 물질은 VFA인 것으로 판단되며, 돈분뇨와 같이 고농도의 유기물질의 경우 혐기성 조건에서는 유기물질이 부패하게 되며, 유기물질이 부패하게 됨으로써 산(Acid)의 생성을 유발하게 된다. 이로 인하여 혐기성조건의 초기 pH는 위의 그래프와 같이 낮아지게 된다. 이러한 혐기성 조건에서는 증식이 잘되는 황산환원세균(SRB)의 증대를 가져오게 되며, 이러한 황산환원세균의 증식으로 인하여 이들이 탄소에너지원으로써 VFA가 이용되게 됨으로써 혐기적 상태에서 생성된 VFA의 감소를 가져와 이



[그림 3] 경과시간에 따른 VFA변화

[표 3] BOD와 VFA의 제거율

Section		BOD(mg/l)			VFA(mg/l)		
		0th day (mg/l)	176days (mg/l)	Removal rate(%)	0th day (mg/l)	176days (mg/l)	Removal rate(%)
Aerobic	M.A+Mix	18,951	5,500	70.9	6,235	2,846	54.3
	M.A	18,951	6,100	67.8	6,235	3,368	45.9
Anaerobic		18,951	10,940	42.2	6,235	5,246	15.8

후 pH가 증가하는 추세를 보이는 것으로 판단된다. 호기성 조건에서는, pH가 증가함에 따라서 기존의 VFA이외의 Acid의 발생이 억제되고 있으며 생성되었더라도 바로 생물학적 작용에 의하여 산화하게 된다. 이로 인해 호기성 조건에는 pH가 상승하는 것으로 판단된다.

3.1.2 저장기간에 따른 BOD, VFA변화

유기물의 지표로써 그림 4는 저장기간에 따른 BOD₅의 농도 변화를 나타내고 있다. BOD₅는 실험초기 18,951mg/L의 초기 농도를 나타내었다.

약 6개월간의 저장기간에 따른 돈분뇨의 슬러리형에 대한 유기물 처리효율 비교·분석결과, 초기 90일 까지 호기성 조건인 M.A+Mix는 7,410mg/L, M.A는 9,360mg/L로 나타났으며, 혐기성 조건에서는 12,750mg/L의 수치를 보여, M.A+Mix가 가장 낮은 수치를 나타내었다.

176일 이후 처리효율 분석결과, 호기성 조건에서는 M.A+Mix의 경우 70.9%, M.A에서는 67.8%로 나타났으며, 혐기성 조건에서는 42.2%의 제거효율을 보여 유기물 제거 효율에서 M.A+Mix가 가장 효과적인 것으로 나타났다.

모든 조건에서 BOD₅의 변화폭이 다양하게 나타나고 있는데 이는 유기물 분해과정이 불안정하여 나타나는 것으로 판단된다. 또한, 호기성 조건에서 시간경과에 따라

라 BOD농도가 감소하는 경향을 보이고 있는데, 이는 미생물 활성과 관련이 있는 것으로 호기성 조건에서 유기물 분해속도가 활발히 이루어져 미생물이 이용하기 용이한 당류 및 저급지방산등의 생성이 많은데 기인한 결과로 판단되며, 이는 휘발성지방산인 VFA와 BOD사이 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다.

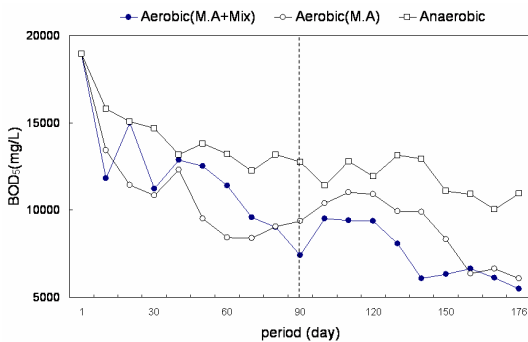
이에 표 3에 BOD와 VFA의 제거 효율을 나타내었으며, 호기성 조건이 혐기성 조건에 비해 높은 제거효율을 보였으며, 호기성 조건 중 M.A+Mix가 가장 높은 제거효율을 나타내었다.

3.1.3 저장기간에 따른 COD변화

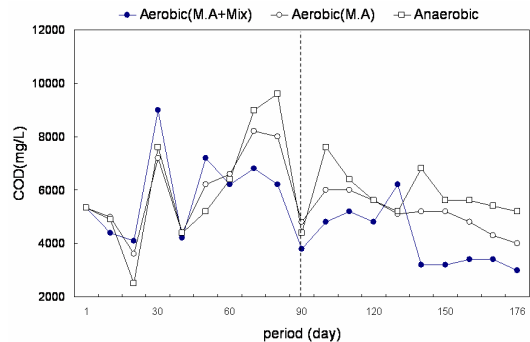
그림 5는 COD의 저장기간에 따른 농도변화를 나타내었으며, BOD₅의 농도변화와 비슷한 경향을 나타내고 있다.

모든 조건에서 초기 약 130일까지 변화폭이 크게 나타났으며, 140일 이후부터 변화폭이 감소하기 시작하였다. 이러한 변화폭은 다른 보고자료[8]에서도 나타나고 있으며, 이는 산화 불완전 및 반응 조건에 의한 영향으로 수치의 변동에 영향을 미친 것으로 판단된다.

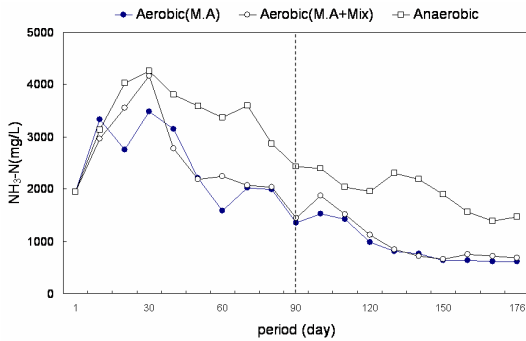
돈분뇨에 대한 COD의 농도변화에서 초기 90일까지 호기성 조건에서는 M.A+Mix가 3,800mg/L, M.A가 4,800mg/L로 조사되었으며, 혐기성 조건에서는 4,400mg/L로 나타났다. 전반적으로 M.A+Mix가 낮은 농



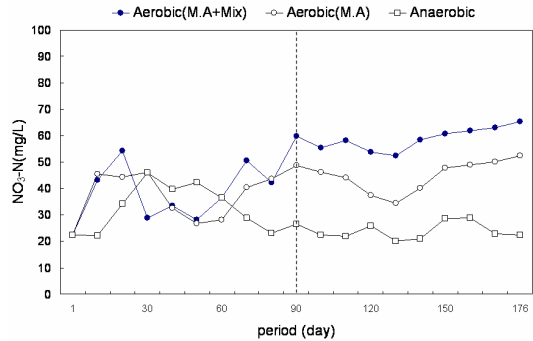
[그림 4] 경과시간에 따른 BOD₅ 변화



[그림 5] 경과시간에 따른 COD 변화



[그림 6] 경과시간에 따른 NH₃-N 변화



[그림 7] 경과시간에 따른 NO₃-N 변화

도를 보였다. 176일 이후 제거효율 분석결과, 호기성 조건에서 각각 M.A+Mix가 39%, M.A가 19%의 제거효율을 보였으며, 혐기성 조건에서는 2%로 나타났다. 전반적으로 혐기성 조건에 비해 호기성 조건인 M.A+Mix에서 높은 제거효율을 보였다.

3.1.4 저장기간에 따른 NH₃-N, NO₃-N 농도변화

그림 6은 NH₃-N의 농도변화를 나타내고 있다. NH₃-N의 초기농도는 1939.3mg/L로 나타났으며, 초기 90일까지 호기성 조건에서는 M.A+Mix의 경우 1348.5mg/L, M.A에서는 1451.7mg/L로 나타났다. 혐기성 조건의 경우 2429.2mg/L로 나타나 호기성 조건인 M.A+Mix가 가장 낮은 농도를 보였다. 약 6개월 후, 호기성 조건에서는 M.A+Mix의 경우 608.64mg/L, M.A에서는 683.52mg/L로 나타났으며, 혐기성 조건의 경우 1064.48mg/L로 나타났다.

저장기간 동안 모든 조건에서는 약 30일까지 증가추세를 보이다가 그 이후부터 점차 감소하는 경향을 보였으며, 이는 질소의 경우 기체형 순환을 하는 성분으로 유기물 분해과정 중 NH₃형태로 전환이 되며, 퇴비화 과정에서 pH가 높으면 NH₃ 가스 형태로 전환되어 대기 중으로 휘산이 되기 때문인 것으로 판단된다.

그림 7은 NO₃-N의 농도변화를 나타내고 있으며, NO₃-N의 초기농도는 22.4mg/L로 나타났으며, 초기 90일까지 호기성 조건에서는 M.A+Mix의 경우 59.7mg/L, M.A에서는 48.8mg/L로 나타났으며, 혐기성 조건의 경우 26.48mg/L로 조사되었다.

176일 이후, 호기성 조건에서는 M.A+Mix의 경우 65.4mg/L, M.A에서는 52.5mg/L로 나타났으며, 혐기성 조건의 경우 22.3mg/L로 나타났다.

전반적으로 호기성 조건에서 저장기간동안 NO₃-N농도가 증가추세를 나타내고 있다. 그림 8에 나타난 질소함유율 결과와 비교해 보면, 전반적으로 질소함유율이 일정

하게 나타난 것으로 보아 반응조내에 NO₃-N가 축적되어 탈질율이 낮아진 것으로 판단된다. 이는 미세기포를 통한 산소공급으로 인한 것으로 일반적으로 용존산소가 풍부한 환경에서 대부분이 높은 산화상태의 NO₃-로 존재하므로, 질소성분이 N₂로 환원되어 공기중으로 빠져나가는 탈질반응이 일어나지 못해 나타난 것으로 사료된다.

3.2 비료성분 함유율

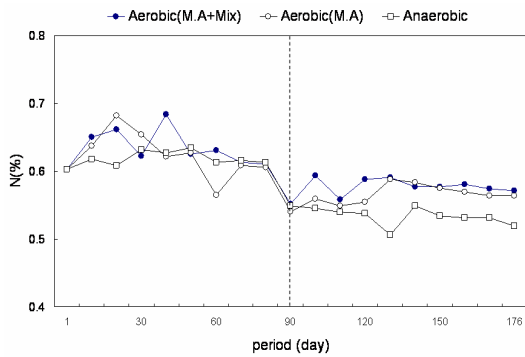
3.2.1 질소함유율의 변화

질소는 자연계에서 기체형 순환을 하는 성분[11]이며, 이와 같은 특성 때문에 돈분뇨의 저장전후 질소함량은 그림 8과 같이 처리간에 편차를 보이고 있다. 초기 80일까지 호기성 조건에서는 M.A+Mix는 0.61%, M.A에서는 0.60%로 나타났으며, 혐기성 조건에서는 0.61%로 조사되었다. 176일 이후에서는 호기성 조건에서는 M.A+Mix의 경우 0.57%, M.A에서는 0.56%로 나타났으며, 혐기성 조건에서는 0.51%로 조사되었다.

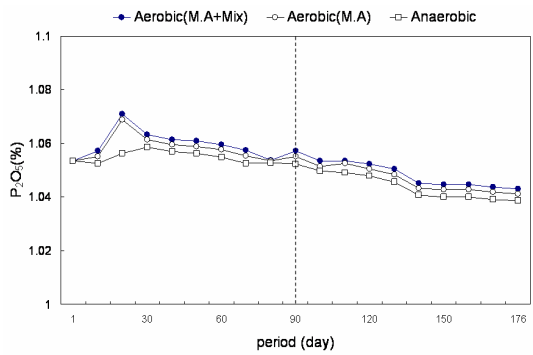
모든 조건에서 시간경과에 따라 질소함량이 소폭 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 80일 이후 돈분뇨액비의 비료성분 함유율 기준인 0.61%[12]하회하는 것으로 나타났다. 이에 방류수를 목적으로 질소제거효율을 판단할 경우, 혐기성 조건이 효과적이라 판단되나, 액비의 저장목적에 토양 비료를 전제로 하는 경우 질소 손실이 적은 80일 이전의 호기성 조건(M.A+Mix)의 액비가 효과적이라 판단되며, 80일 이후의 액비 사용시 질소손실에 대한 대책이 필요할 것으로 사료된다.

3.2.2 인산함유율의 변화

그림 9는 비료성분으로서 인산에 대한 함유율을 나타내고 있으며, 질소의 경우와 비슷한 결과를 나타내고 있다. 인산 함량은 모든 조건에서 저장기간에 따라 소폭 감소하는 경향을 보이고 있으나, 돈분뇨액비 비료성분 함유



[그림 8] 경과시간에 따른 N함유율 변화



[그림 9] 경과시간에 따른 P₂O₅함유율 변화

을 기준인 1.05%[12]와의 차이는 미미한 것으로 나타났다. 초기 90일까지 모든 조건에서 1.05%로 나타났으며, 176일 이후 호기성 조건에서는 M.A+Mix와 M.A에서는 1.04%로 나타났으며, 혐기성 조건에서는 1.03%로 조사되었다.

초기 함유율과 176일 후 함유율 비교결과 모든 조건에서 1~2%의 손실을 나타내었으며, 전반적으로 시간경과에 따라 일정한 농도변화율을 보였다. 인산의 경우 침전형 순환을[11]하는 특성 때문에 저장전후에 인산함량에 소폭 감소하는 경향이 있었으며, 전반적으로 농도변화율은 유사하게 나타났으며, 액비의 목적을 토양 비료를 전제로 하는 경우 비료로서의 가치는 충분할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 돈분뇨를 이용하여 약 6개월 간에 걸쳐 미세기포와 교반을 이용하여 돈분뇨를 액비화할 경우의 수질 변화 및 비료성분상태를 기존 혐기성 액비화와 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 두 조건에서 실험초기 pH는 7.6으로 액비의 적정 pH 범위를 나타내었다. 호기성 조건에서는 실험실시 약 20일 동안 급격히 상승하는 경향을 보였으나, 약 160일 이후 점차 감소하는 경향을 보였다. 혐기성 조건에서는 실험실시 이후 pH가 조금씩 상승하는 경향을 나타내었으며, 약 160일 이후 소폭 감소하는 결과가 나타났다.

2. 유기물 지표로서 BOD분석 결과, 호기성 조건에서 유기물 제거 효율이 크게 나타났다. 호기성 조건에서는 M.A+Mix의 경우 70.9%, M.A는 67.8%로 조사되었으며, 혐기성 조건에서는 42.2%로 나타났다. BOD와 VFA와는 비례관계를 나타내었다.

3. COD분석결과 BOD와 비슷한 농도변화가 나타났으며, 호기성 조건에서는 각각 M.A+Mix가 39%, M.A가 19%의 제거효율을 보여 혐기성 조건에 비해 높은 제거효율을 나타내었다.

4. NH₃-N의 농도를 비교하였을 때, 호기성 조건에서는 M.A+Mix의 경우 608.64mg/L, M.A에서는 683.52mg/L로 나타났으며, 혐기성 조건의 경우 1064.48mg/L로 나타나, M.A+Mix가 NH₃-N 제거효율에서는 효과적인 것으로 나타났다. NO₃-N농도변화에서는 호기성 조건에서 증가추세를 보였으며, 이에 반응조내에 NO₃-N가 축적됨에 따라 탈질효율이 낮아질 것으로 판단된다.

5. 질소함유율은 초기 80일까지 모든 조건에서 돈분뇨 액비의 비료성분 함유율 기준인 0.61%을 상회하는 것으로 나타났으나, 80일 이후 감소하기 시작하여 176일에서는 호기성 조건에서는 M.A+Mix의 경우 0.57%, M.A에서는 0.56%로 나타났으며, 혐기성 조건에서는 0.51%로 조사되었다.

6. 인산함유율은 초기 90일까지 모든 조건에서 1.05%로 나타났으며, 176일 이후 호기성 조건에서는 M.A+Mix와 M.A에서는 1.04%로 나타났으며, 혐기성 조건에서는 1.03%로 조사되었다. 전반적으로 돈분뇨액비 비료성분 함유율 기준인 1.05와의 차이는 미미한 것으로 나타났다.

참고문헌

[1] Kennedy, K. J., Sanchez, W. A., Hamoda, M. F., Droste, R. L., "Performance of Anaerobic Sludge Blanket Sequencing Batch Reactor" Res. J. Water Pollut. Contr. Fed, 63(1), 75-83, 1991.

- [2] Barrington, S.F., S.Kaoser, M. Shin, and J.B.Gelinas “Precipitating swine manure phosphorous using fine limetone dust” Canadian Society for Engineering in Agriculture, Food, and Biological Systems, 46(6.1-6.6), 609, 2004.
- [3] Park, S. K., Choi, J. G., Chung, Y. Jin., “ A Practical Study on the Solid-Liquid Separation of the Swine Wastewater from Slurry Feedlot”, Journal of The Korea Society of Waste Management, 8(2), 60-70, 2000.
- [4] Cha, G. C., Hwang, M. G., Jeong , T. Y., Chung, H. K., Lee M. G., Tae, M. Ho., Kim, D. J., “Characteristics of MF/RO Membrane Permeability in the Separation and Accumulation of Liquid Livestock Fertilizer” Journal of Korean Society on Water Quality, 18(5), 509-518, 2002.
- [5] Sohn, B. K., Kang S. G., Cho., E. J., Kim , S. D., Lee C. J., Kim, J. H., “Estimation of Ammonia Stripping Condition for Adequate Aerobic Liquid-Composting of Swine Manure” Journal of Korean Society of Soil Science and Fertilizer, 39(2), 73-79, 2006.
- [6] Oh, I. H., "Improvement of the purification efficiency of 3-step septic tank" Journal of Konkuk university, 8, 51-59, 1997.
- [7] 편집부, 수질오염공정시험방법. 동화기술, 2001.
- [8] APHA(1998) Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 20th ed, APHA, Washington.
- [9] Korea Swine Association. Available from “<http://www.koreapork.or.kr/index.html>” Accessed February 11, 2004.
- [10] Lee, Y. D., Shin, W. Suk., Kim, S. H., kim, C. Y., “The Characteristic of Treatment of Swine Wastewater on the Liquefied Fertilizer Tank” Journal of Korea Technological Society of Water and Waste Water Treatment, 12(1), 31-38, 2004.
- [11] Jung, K. Y., Cho, N. J., Jeong, Yee. Geun., “ Comparison of Liquid Composting Efficiency using Liquid Pig Manure In Different Condition” Korean Journal of Environmental Agriculture, 17(4), 301-305, 1998.
- [12] National Institute of Animal Science. Available from “<http://www.nlri.go.kr/>” Accessed January, 2002.
- [13] Yoo, K. Y., “Comparing Night Soil Treatment Processes in Aspects of Cost and Energy Consumption” Journal of The Korea Organic Resource Recycling Association, 16(3), 38-45, 2008.

구 본 우(Bon-Woo Gu)

[정회원]



- 2008년 2월 : 한서대학교 환경공학과 (공학사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 환경공학과 석사과정

<관심분야>

상·하수도처리, 하·폐수처리

오 대 민(Dae-Min Oh)

[정회원]



- 2003년 2월 : 한서대학교 환경공학과 (공학석사)
- 2009년 8월 : 한서대학교 환경공학과 (공학박사)

<관심분야>

상·하수도처리, 하·폐수처리

이 영 신(Young-Shin Lee)

[정회원]



- 1986년 8월 : 서울대학교 보건대학원 환경과 (보건학석사)
- 1994년 8월 : 서울시립대학교 환경공학과 (공학박사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 환경공학과 정교수

<관심분야>

상·하수도처리, 하·폐수처리