



현수, 배관 내 혼합 폭기방식 적용이 돼지분뇨 슬러리의 액상 비료화에 미치는 영향

정광화[†], 김중곤, Modabber Ahmed Khan, 곽정훈, 한덕우

농촌진흥청 국립축산과학원

(2014년 11월 14일 접수, 2014년 12월 17일 수정, 2014년 12월 18일 채택)

Effect of the Application of a Suspended and a Mixing-in- Pipe Type Aerator on the Liquid Fertilization of Pig Manure Slurry

Kwang Hwa-Jeong[†], Jung-Kon Kim, Modabber Ahmed Khan, Han Duk-Woo, Kwag Jung-Hoon

National Institute of Animal Science, RDA, Suwon, Korea.

ABSTRACT

Three types of diffuser systems were manufactured and applied to investigate the effect of liquid fertilization of pig manure slurry by application of aeration processes. In the first type reactor, commonly used diffuser system, which diffuse air upward by diffusing aerator fixed at the bottom of the reactor is installed. In case of the second type, air diffuser is installed 10 cm above of the bottom of a reactor. In the third type reactor, the venturi-type air diffuser is installed at circulation pipe, which return pig slurry in the reactor(mixing-in-pipe process). The pig manure slurry separated to solid / liquid was flowed into the experimental reactor, and left as it for one week to precipitate solids. The concentration of organic matter, T-N, T-P and BOD in the raw pig manure slurry flowed into the reactor of bottom-fixed type aeration process were 1.82%, 4,400 mg/L, 360 mg/L and 13,542 mg/L, respectively. After aeration the concentration of organic matters, T-N, T-P and BOD in the slurry were 2.01%, 4,400 mg/L, 420 mg/L and 16,824 mg/L, respectively. The concentration of organic matter, T-N, T-P and BOD in the mixing-in-pipe type changed from 1.58%, 3,700 mg/L, 260 mg/L and 15,735 mg/L to 1.96%, 4,000 mg/L, 340 mg/L, and 18,098 mg/L, respectively. Changes of the concentration of organic matter, T-N, T-P and BOD of the pig manure slurry collected from the middle layers of two aeration reactors; bottom aeration process and the mixing-in-pipe process, were 10.4%, 0%, 16.7% and 24.2% and 24.0%, 8.1%, 30.8% and 15.0%, respectively. The thickness of foam layer

[†]Corresponding author(gwhaju@korea.kr)

generated on the surface of pig manure slurry in aeration tank was thinner in mixing-in-pipe reactor than bottom-fixed type aeration reactor.

Keywords : Aeration, Liquid fertilization, Livestock manure, Slurry

초 록

폭기방식에 따른 돼지분뇨 슬러리의 액비화 효과를 분석하기 위하여 3 가지 형태의 산기방식을 적용하였다. 첫 번째 형태는 기존에 일반적으로 사용되는 산기방식으로서 바닥부분에 고정식으로 설치된 산기장치를 통해 공기를 상향식으로 공급하는 방식이다. 두 번째 방식은 기존 바닥부분 고정 설치식 산기장치를 현수식으로 적용하여 시험용 반응조 바닥으로부터 약 10 cm 정도 띄워서 설치하였다. 세 번째 방식은 액비조 내의 돼지분뇨 슬러리를 펌프로 흡입하여 다시 액비조로 보내는 순환용 배관에 벤추리 방식의 공기 공급부를 설치하여 배관 내를 흐르는 액비에 공기를 혼합하는 방식의 반응조이다. 고액분리한 돈분뇨 슬러리를 시험용 반응조에 주입 후 1 주일간 정치시켜 고형물을 침전시킨 다음에 폭기 시험을 개시하였다. 바닥 고정식 폭기방식의 반응조에 투입된 원 슬러리 중의 유기물과 T-N, T-P, BOD 농도는 각각 1.82%, 4,400 mg/L, 360 mg/L, 13,542 mg/L 이었으며 폭기 실시 후 채취한 슬러 중의 유기물과 T-N, T-P, BOD 농도는 2.01%, 4,400 mg/L, 420 mg/L, 16,824 mg/L 수준이었다. 본 연구에서 시험용으로 제작, 사용된 배관 내 혼합방식의 시험구에서의 상기 수질분석 항목의 농도는 각각 1.58%, 3,700 mg/L, 260 mg/L, 15,735 mg/L 에서 1.96%, 4,000 mg/L, 340 mg/L, 18,098 mg/L 수준으로 변화하였다. 바닥 폭기방식과 배관 내 혼합방식의 두 가지 폭기조의 중층 부분에서의 측정된 상기 수질분석 항목의 농도는 변화정도는 각각 10.4%, 0%, 16.7%, 24.2%와 24.0%, 8.1%, 30.8%, 15.0% 인 것으로 분석되어 배관 내 혼합방식에서의 혼합효과와 액비조 내 액비성분의 균질도 정도가 상대적으로 더 높은 것으로 분석되었다. 폭기조 표면에 생성되는 거품 층의 두께는 배관 내 혼합방식이 더 얇게 형성되는 결과를 보였다.

주제어 : 가축분뇨, 슬러리, 액비화, 폭기

1. 서론

근래 30여 년간에 걸쳐 국내 축산농가는 농가당 사육두수가 지속적으로 늘어나고 있으며 축산업을 통해서 농가 소득의 대부분을 충당하는 전업농가 방식으로 변화해 왔다. 이에 따라 가축 사육농가에서 발생하는 분뇨의 양도 많아지게 되었다. 우리나라 축산의 주요 축종인 소와 돼지, 닭과 오리 등의 가금류를 사육하는 농가 중에서 액상 분뇨가 발생하는 농가는 젓소와 돼지 사육 농가이다. 액상분뇨란 분과 뇨 그리고 세척수 등

이 혼합되어 있는 슬러리 형태의 분뇨를 의미하는데 이 액상분뇨는 정화처리 방법이나 액비화 방법에 의해 처리된다. 일부는 혐기성소화 시설에 유입되어 바이오가스화 되기도 하지만 현재 국내에서 가동되고 있는 가축분뇨 바이오가스화 시설은 약 20여 개소에 지나지 않으므로 혐기소화에 의한 처리량은 아주 적은 실정이다. 2013년 기준 통계자료에 의하면 연간 전체 가축분뇨 발생량 47,235천 톤 중에서 돼지분뇨가 그중의 38.9%인 18,373천 톤을 차지하였다¹⁾. 돼지분뇨의 경우 고형 상태인 분은 퇴비화 방법에 의해

처리되고 액상분뇨는 액비화나 정화 그리고 혐기성소화 되는데 2013년에는 액비화에 의해 처리된 분뇨가 3,997천 톤에 달하였다. 액비화로 처리되는 분뇨의 양은 해가 지남에 따라 점차 늘어나고 있는 추세이고 액비화 처리대상 분뇨의 대부분은 돼지분뇨 슬러리아다. 돼지분뇨 슬러리의 액비화는 폭기에 의한 호기적 처리 후 액비 저장조에 저장하였다가 필요시 농경지에 유기질 비료자원으로서 사용되어 진다. 현재 전국에 설치된 액비조 폭기시설 형태는 거의 모두가 바닥 산기부를 고정 부착하는 방식으로 설치되어 있다. 따라서 액비조 내에 설치된 침전물에 의해 산기부가 막히거나 산기부가 고장나게 되면 폭기효율이 낮아지는 문제점을 안고 있다. 액비는 관련법에 따라 경작지에 사용할 수 있는 시기와 조건이 정해져 있으므로²⁾ 액비를 이용하지 않는 시기에는 액비조에 액비가 채워져 있기 때문에 산기설비가 고장 나더라도 수리가 어려운 실정이다. 이로 인해 가축분뇨 액비화 산업현장에서는 액비화조의 운영 조건과 상태에 무관하게 설치 및 유지관리가 가능한 실용적 특성을 지닌 폭기 설비의 개발보급에 대한 수요가 높은 상황이다.

따라서 본 연구에서는 산기설비를 현수식으로 설치하는 방식의 폭기설비와 배관 내에서 공기를 혼합하는 폭기장치를 설계, 제작하여 시험용 반응조에 적용함으로써 본 연구에서 개발한 폭기 방식의 적용이 호기적 액비부숙 과정에 미치는 영향을 기존의 바닥 설치식 산기방식과 비교, 분석하였다.

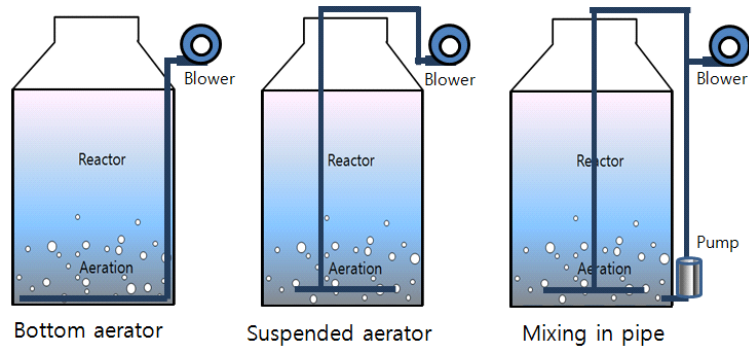
2. 시험 방법 및 재료

시험 수행을 위하여 돼지 사육시설의 슬러리 분뇨 저장조에서 수거한 돼지분뇨 슬러리를 액상 비료화 원료로 사용하였다. 수거용 차량으로 이송되어 온 돼지분뇨 슬러리를 데칸터 방식의 고액분리기에 유입시켜서 분리된 액상물을 시험용 반응조에 투입하였다. 본 시험에서는 슬러리 상태의 돼지분뇨를 액상 비료화 하는 시험을 실시하기 위하여 3 가지 형태의 공기공급 방식을 지

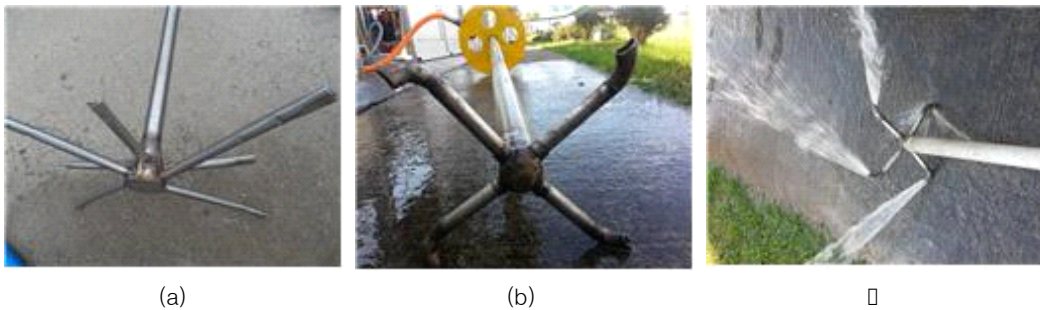
닌 반응조를 제작하였다. 각 반응조의 총 용량은 25 m³ 로 하였으며 높이는 산업 현장에 일반적으로 보급되어 있는 액비 저장조의 높이를 고려하여 3.5 m로 하였다. 각 액비화 반응조에는 공기를 공급하는 산기부를 설치하였다. 첫 번째 반응조의 산기방식은 바닥에 산기부를 고정식으로 설치한 일반적인 산기 방식이다. 두 번째 반응조는 공기가 하방 방향으로만 배출되는 산기부를 반응조 상단으로부터 매달아 늘어뜨려 액비조 바닥으로부터 10 cm 되는 부분에 산기부가 위치하도록 설치한 현수식 산기방식이 적용되었다. 그리고 세 번째 반응조는 펌프를 사용하여 시험용 반응조의 하층 부분의 돼지분뇨 슬러리를 흡입하여 다시 반응조 하단으로 반송하는 방식의 배관을 설치하였다. 이 반송용 배관의 상단 부분에 본 시험을 위해 설계, 제작한 벤추리형 공기 주입부를 부착하여 배관 내를 흐르는 슬러리에 공기가 혼합되는 방식이다. 이 세 가지 형태의 산기방식 적용에 따른 돼지분뇨 슬러리의 특성변화를 비교, 분석하였다. 폭기시 공기 공급량은 2009년에 농림식품부, 환경부 등이 공동으로 작성한 가축분뇨 자원화시설 표준설계도 해설서³⁾에 제시된 액비화시 공기 공급량 수준으로 조절하였다. 시험용 반응조의 구성은 [Fig. 1]에 나타난 바와 같다.

세 가지 형태의 시험용 반응조는 동일 장소에 나란히 설치하여 온도 습도, 강우 등의 외부 요인에 의한 차이를 최대한 줄일 수 있도록 하였다. [Fig. 2]는 본 시험에서 적용된 배관 내 혼합방식에 적용된 산기구 형태를 나타낸 것이다.

[Fig. 2]의 a는 배관 내에서 배출되는 돼지분뇨 슬러리를 각 방향으로 토출할 수 있도록 하였으며 [Fig. 2]의 b는 슬러리의 토출 압력에 의해 산기 배출구가 회전할 수 있도록 제작하였다. [Fig. 2]의 c는 산기 배출구에서 공기와 혼합된 액체가 분사되는 모습을 나타낸 것이다. [Fig. 2]의 토출 산기구는 수직 방향으로 설치되어 토출 부위가 시험용 반응조 하단에 위치하도록 설계 제작하여 시험에 사용하였다. 각 반응조의 시험과정에서 채취한 분석용 시료는 냉장상태로 실



[Fig. 1] Schematic diagram of the experimental reactors.



[Fig. 2] Shape of the experimental diffuser.

험실로 이송한 후 표준분석법에(AOAC, APHA) 준하여 성분분석을 실시하였다^{4,5)}.

3. 결과 및 고찰

바닥 고정식 산기설비를 설치한 시험용 반응조와 현수식 반응조, 그리고 벤추리형 공기혼합 장치를 부착한 배관 내 공기혼합 방식의 시험용 반응조에 돼지 분뇨 슬러리를 채워 넣었다. 이 후 1 주일간 정치시켜 고형물을 침전시킨 다음에 폭기 시험을 개시하였다.

3.1 폭기 방법별 돼지분뇨 슬러리 일반 화학성분 변화

본 시험을 수행하기 위하여 제작한 각 반응조에 투입한 돼지분뇨 슬러리의 성분을 조사하였다. 시험 개시시에 채취한 돼지분뇨 슬러리의 특성을 분석한 결과는 [Table 1]에 나타난 바와 같다.

시험에 사용된 돼지분뇨 슬러리의 수분함량은 약 97% 수준으로서 일반적인 돼지분뇨 슬러리와 비슷한 수준을 가지고 있다. 가축사료에 첨가된 미량의 염분으로 인해 약 0.11~0.12% 수준의 염분이 존재하였다. 이는 액상비료(액비)의 규격이 속해 있는 비료공정규격⁶⁾에서 정한 가축분뇨 발효액(액비)중의 염분허용 기준인 0.3% 이하보다 낮게 나타났다. 질소와 인을 비롯한 일반적인 수질성분 함량도 보통의 돼지분뇨 슬러리와 비슷한 함량인 것으로 분석되었다. 본 시험에서 액비원료로 사용된 돼지분뇨 슬러리에는

[Table 1]에 나타난 바와 같이 E.coli O157:H7 이나 Salmonella spp. 등의 미생물이 검출되지 않았다. **[Table 1]**의 특성을 가진 돼지분뇨 슬러리를 세 가지 방식의 시험용 반응조에서 폭기 시험을 수행한 뒤에 성분변화를 분석한 결과는 **[Table 2]**에 나타난 바와 같다.

폭기시험을 거친 후의 돼지분뇨 슬러리중의 수분함량은 각 시험조에서 약간씩 낮아지는 결과를 보였는데 이는 폭기시험을 거치는 동안 수분이 대기 증으로 이전된데 기인한 것으로 판단된다. 폭기 전의 바닥고정식 폭기방식의 반응조에서의 슬러리에 함유된 유기물과 T-N, T-P, BOD 농

[Table 1] Characteristics of Pig Slurry used in this Study

Classification	Initial		
	Bottom aerator	Suspended blower	Mixing in pipe
W.C (%)	97.29	97.32	97.63
Nacl (%)	0.12	0.11	0.11
OM (%)	1.82	1.77	1.58
T-N (mg/L)	4,400	4,200	3,700
T-P (mg/L)	360	370	260
T-K (mg/L)	250	230	210
BOD (mg/L)	13,542	17,985	15,735
SS (mg/L)	9,200	16,200	13,800
COD (mg/L)	8,630	9,550	9,830
pH	7.65	7.61	7.55
E.coli O157:H7	N.D	N.D	N.D
Salmonella spp.	N.D	N.D	N.D

[Table 2] Change of Characteristics of Pig Slurry by Aeration

Classification	After aeration		
	Bottom aerator	Suspended blower	Mixing in pipe
W.C (%)	96.97	97.03	97.18
Nacl (%)	0.11	0.12	0.11
OM (%)	2.01	1.97	1.96
T-N (mg/L)	4,400	4,200	4,000
T-P (mg/L)	420	430	340
T-K (mg/L)	250	240	220
BOD (mg/L)	16,824	19,555	18,098
SS (mg/L)	18,400	18,400	16,900
COD (mg/L)	10,250	11,150	10,330
pH	7.71	7.59	7.58
E.coli O157:H7	N.D	N.D	N.D
Salmonella spp.	N.D	N.D	N.D

도는 각각 1.82%, 4,400 mg/L, 360 mg/L, 13,542 mg/L 수준 이었는데 폭기 적용 후에는 각각 2.01%, 4,400 mg/L, 420 mg/L, 16,824 mg/L 수준으로 높아졌다. 배관 내 혼합방식의 시험구에서의 유기물과 T-N, T-P, BOD 농도는 각각 1.58%, 3,700 mg/L, 260 mg/L, 15,735 mg/L 수준에서 폭기 후에는 각각 1.96%, 4,000 mg/L, 340 mg/L, 18,098 mg/L 수준으로 변화하였다. 바닥 폭기방식과 배관 내 혼합방식의 두 가지 폭기조의 중층 부분에서의 측정된 상기 수질분석 항목의 농도는 변화정도는 각각 10.4%, 0%, 16.7%, 24.2%와 24.0%, 8.1%, 30.8%, 15.0% 인 것으로 분석되어 배관 내 혼합방식에 의한 혼합효과와 액비조 내 액비성분의 균질도 정도가 상대적으로 더 높은 것으로 분석되었다.

폭기 후의 돼지분뇨 슬러리에서도 [Table 2]에 나타난 바와 같이 E.coli O157:H7이나 Salmonella spp. 등의 미생물이 검출되지 않았다.

[Table 3]은 돼지 분뇨 슬러리 중에 함유된 중금속의 농도를 분석한 결과이다.

[Table 4]에 나타난 바와 같이 본 시험에 사용된 돼지분뇨 슬러리의 중금속 함량은 납이 2.93 mg/kg, 크롬이 6.00 mg/kg 구리가 17.09 ~ 21.00 mg/kg 그리고 니켈이 2.25 mg/kg 수준으로서 비료공정규격에서 정하고 있는 중금속 함량 기준을 충족하였다. 비소와 카드뮴, 수은은 검출한계 미만인 것으로 나타났다. 폭기 방식 적용 후에 돼지 분뇨 슬러리 중에 함유된 중금속 함량을 분석한 결과를 [Table 4]에 수록하였다.

폭기 처리를 한 후에 분석한 중금속 함량의 변

[Table 3] Heavy Metal Content of Pig Slurry

(Unit : mg/kg)

Classification	Initial		
	Bottom aerator	Suspended blower	Mixing in pipe
As	-	-	-
Cd	-	-	-
Hg	-	-	-
Pb	2.93	-	-
Cr	6.00	-	-
Cu	21.00	20.54	17.09
Ni	2.25	-	-

[Table 4] Heavy Metal Content of Pig Slurry After Aeration

(Unit : mg/kg)

Classification	After aeration		
	Bottom aerator	Suspended blower	Mixing in pipe
As	-	-	-
Cd	-	-	-
Hg	-	-	-
Pb	2.82	-	3.01
Cr	5.08	-	4.97
Cu	23.82	24.21	23.93
Ni	1.91	-	2.01

화를 [Table 4]에 표기하였다. 폭기 후에 돼지분뇨 슬러리의 중금속 함량은 납, 크롬, 구리 그리고 니켈이 약간씩의 수치변화를 보이고 있지만 표시 단위가 mg/kg 이므로 큰 변화를 보이지는 않는 것으로 판단할 수 있다. 배관 내 혼합 폭기 방식의 경우 구리가 17.09 mg/kg에서 23.93 mg/kg으로 증가하였고 납과 크롬 니켈 등이 분석 되었지만 단위가 미량이고 비료공정규격에서 정하고 있는 값(구리 50 mg/kg, 납 15 mg/kg, 크롬 30 mg/kg, 니켈 5 mg/kg)에 비해 낮은 값이다. 이 결과에 의하면 배관 내 혼합방식을 적용하였을 경우가 고형물이 액비조 깊이별로 상대적으로 더 고르게 분포한다는 것을 알 수 있다.

3.2 폭기 방법별 돼지분뇨 슬러리 고형성분 변화

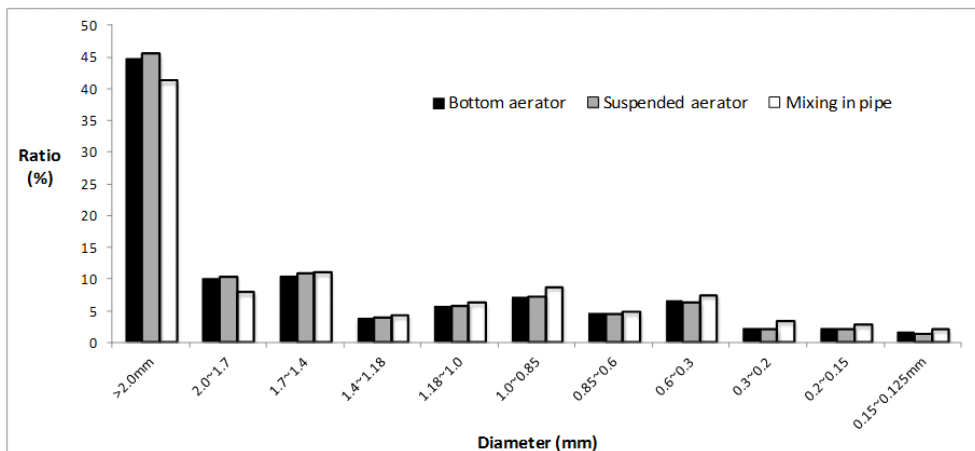
고형물은 액비저장조의 침전물 형성과 직접 연관되는 중요한 사항이다⁷⁾. 따라서 돼지 분뇨 슬러리 액비화 산업현장에서는 침전물 형성 억제에 대한 관심이 높다. 침전물이 많이 형성되면 액비의 부숙에 나쁜 영향을 미치고 액비조 용량 감소문제도 발생하기 때문이다. 폭기 방법별 적용에 따른 각 시험용 반응조 내 바닥 층과 중간층에서의 고형물 입자분포 비율을 [Fig. 3]

에 도시하였다.

폭기방식에 따른 각 반응조 바닥부분에서의 입자의 크기별 분포도를 조사한 결과 그림 3에 나타난 바와 같이 배관 내 혼합방식을 적용한 반응조에서 입경이 큰 입자의 분포정도가 상대적으로 낮게 나타났다. 반면에 입경이 작은 입자의 비율은 상대적으로 더 높게 나타나는 경향을 보였다. 바닥고정식 폭기방식과 현수식 폭기방법 적용구는 거의 비슷한 분포 경향을 보인다. 반응조 중간 깊이에서의 입경분포 경향은 바닥 층과는 다른 경향을 보였는데 배관 내 혼합방식을 적용한 반응조에서 입경이 큰 입자의 분포정도가 바닥 고정식 폭기방식이나 현수식 폭기방법에 비해 상대적으로 더 높게 나타나는 경향을 보였다. 이 결과에 의하면 배관 내 혼합방식에서의 돼지분뇨 슬러리 교반효과가 더 높은 것으로 판단된다.

폭기방법별 액비화조 내의 상층부와 중층부 그리고 하층부에서 채취한 시료를 혼합하여 침전 정도를 조사하였다. 폭기 방법별 돼지분뇨 슬러리를 임호프 콘에 담아서 침전 정도를 상대적으로 비교한 결과를 [Fig. 4]에 도시하였다.

폭기 방법별 반응조 전 층의 시료에서의 침전물 형성은 바닥 고정 설치식 산기방식에 비해서 배관 내 혼합방식에서 약간 적었으며 현수식 폭



[Fig. 3] Distribution of particles in bottom layer of reactors.

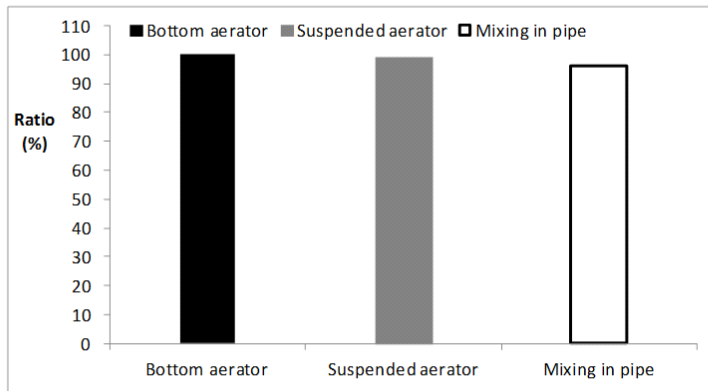
기방식과 바닥 고정 설치식 산기방식 간에는 비슷한 것으로 나타났다.

3.3 폭기 방법별 돼지분뇨 슬러리의 거품형성과 용존산소 농도

폭기 방식에 따른 돼지분뇨 슬러리 표면 층의 거품형성 정도를 상대적으로 비교 하였다. 거품형성 높이는 폭기 상황에 따라 다양하게 달라지므로 수치화 하기는 어렵기 때문에 측정시의 상대적 비율을 측정하였다. 폭기방식에 따라 각 반응조의 돼지 분뇨 슬러리의 상층부에 함유된 용존산소 농도 역시 차이를 보였다. 액비의 부속여부 및 발효가스 종류 및 농도는 액비조 내에 함유되는 산소농도와 깊은 연관을 가진다^{8,9)}. 본

시험에서 용존산소 농도는 폭기 시간이 경과할수록 아주 미소하게 증가하는 경향을 보였지만 시간대 별로 폭기조 상황별로 변이가 있었다. 시험용 반응조에서 측정된 이 두 가지 항목의 측정값 평균치를 현재 국내에서 통상적으로 사용되고 있는 폭기 형태인 바닥 고정식 배관방식 형태의 시험조를 기준으로 하여 상대적 비율 값으로 [Table 5]와 [Table 6]에 표기 하였다.

폭기를 수행함에 따라 각 폭기방식별 반응조 내의 돼지 분뇨 슬러리 상층부에 형성되는 거품층은 배관 내 혼합 방식에서 상대적으로 적은 것으로 나타났다. 바닥 폭기방식에서 형성된 거품층의 두께를 기준하여 볼 때 현수방식은 약 98% 수준으로서 큰 차이가 발생하지 않았지만



[Fig. 4] Difference of sedimentation of each reactors.

[Table 5] Difference of Formation of Foam Layer on Surface of pig Manure Slurry in Each Reactors

Classification	Bottom aerator	Suspended blower	Mixing in pipe
Ratio (%)	100	98	86

[Table 6] Difference of Dissolved Oxygen Concentration of Pig Manure Slurry in Each Reactors

Classification	Bottom aerator	Suspended blower	Mixing in pipe
Ratio (%)	100	102	105

배관혼합식에서는 거품 층의 두께가 약 14% 정도 줄어드는 결과를 보였다.

폭기 방식에 따른 돼지분뇨 슬러리 상층부의 용존산소 농도는 배관 내 혼합방식에서 상대적으로 높게 나타났다. 바닥 고정식 폭기방식과 현수식 폭기방식은 약 2% 정도의 차이를 보였다.

4. 결론

폭기방식에 따른 돼지분뇨 슬러리의 액비화 효과를 분석하기 위하여 바닥부분에 고정식으로 설치된 산기장치와 현수식 산기장치 그리고 배관 내 혼합방식의 산기장치를 설치한 반응조를 제작 운영하였다. 본 시험을 수행한 결과를 바탕으로 하여 분석한 결론을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 폭기시험을 거친 후의 돼지분뇨 슬러리층의 수분 함량은 각 시험조에서 약간씩 낮아지는 결과를 보였는데 이는 폭기시험을 거치는 동안 수분이 대기 중으로 이전된데 기인한 것으로 판단된다.
- 2) 폭기 전의 바닥고정식 폭기방식의 반응조에서의 슬러리에 함유된 유기물과 T-N, T-P, BOD 농도는 각각 1.82%, 4,400 mg/L, 360 mg/L, 13,542 mg/L 수준 이었는데 폭기 적용 후에는 각각 2.01%, 4,400 mg/L, 420 mg/L, 16,824 mg/L 수준으로 높아졌다.
- 3) 바닥 폭기방식과 배관 내 혼합방식의 두 가지 폭기조의 중층 부분에서의 측정된 유기물과 T-N, T-P, BOD 농도의 변화정도는 각각 10.4%, 0%, 16.7%, 24.2%와 24.0%, 8.1%, 30.8%, 15.0% 인 것으로 분석되어 배관 내 혼합방식에서의 혼합효과와 액비조 내 액비성분의 균질도 정도가 상대적으로 더 높은 것으로 분석되었다.
- 4) 폭기 후의 돼지분뇨 슬러리에서 E.coli O157:H7이나 Salmonella spp. 등의 미생물이 검출되지 않았다.
- 5) 폭기방식에 따라 반응조 바닥부분에서의 입자의 크기별 분포도는 배관 내 혼합방법을 적용한 반응조에서 입경이 큰 입자의 분포정도가

상대적으로 낮게 나타났다.

- 6) 폭기를 수행함에 따라 각 폭기방식별 반응조 내의 돼지 분뇨 슬러리 상층부에 형성되는 거품 층은 배관 내 혼합 방식에서 상대적으로 적은 것으로 나타났다. 폭기방식에 따른 돼지분뇨 슬러리 상층부의 용존산소 농도는 배관 내 혼합방식에서 상대적으로 높게 나타났다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 기관과제인 가축분뇨 액비 부숙기간 단축 및 성분균일도 향상기술 개발(PJ008744)과정에 의해 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Korean Statistical Information Service(KOSIS), "Statistical Information of Livestock Farming in Korea", (2014).
2. 환경부, 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 시행규칙, "액비 사용기준", (2014).
3. 농림식품부, 환경부, 농협중앙회, "가축분뇨 자원화시설 표준설계도(해설서)", (2009).
4. William, H. and George, W. L., AOAC: Official Methods of Analysis of AOAC International, The Scientific Association, (2007).
5. Rice, E. W. and Bridgewater, L., APHA: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th ed., American Public Health Association, (2005).
6. 농촌진흥청 법령, 비료공정규격, (2014).
7. Jeong, K. H., Khan, M. A., Kim, C. H., Lee, D. H., Choi, D. Y. and Yu, Y. H., "Effect of Aeration Mechanism on Livestock Manure Liquid Fertilization", Korean J. Organic Agri, 20(4), pp. 703~713. (2012).
8. Choi, D. Y., Park, K. H., Cho, S. B., Yang, S.

- H., Hwang, O. H., Kwag, J. H., Ahn, H. K. and Yoo, Y. H., "Comparison of Greenhouse Gas Emission from Liquid Swine Manure according to Aeration Levels in Summer", *Journal of Livestock Housing and Environment*, 17(3), pp. 163~170. (2011).
9. Kwag, J. H., Cho, S. H., Jeong, K. H., Kim, J. H., Choi, D. Y., Jeong, Y. S., Jeong, M. S., Kang, H. S. and Ra, C. S., "Investigation on the Characteristics Variation according to Air Supply Capacity in Layer Manure by Composting", *Journal of Livestock Housing and Environment*, 16(2), pp. 135~142. (2010). 