

사업구분 : 경상기본	Code 구분 : ES0105	농업환경(전반기)
연구과제 및 세부과제명	연구기간	연구책임자
축산분뇨 발효액비 활용연구	'03 ~ '05	강원도원 북부농업시험장 강안석
1) 저장조내 돈분액비 악취발생 경감연구	'03 ~ '05	강원도원 북부농업시험장 강안석
색인용어	돈분액비, 악취, 폭기식저장조, 분사식저장조	

ABSTRACT

The study was carried out to evaluate odor emission during storage time and quality of liquid slurry fertilizer along with storage container types, and finally to find the solutions much effectively digested piggery liquid slurry manure along with three types of liquid slurry tank, such as the liquid-circulated storage tank, the air-injected slurry storage tank and the non-treated storage tanks. The experimented tanks installed at farmer's fields was used for this study, which were made by PDF(Polyethylene Double Frame) with 200 tons of liquid storage capacity.

Liquid fertilizer quality of the liquid-circulated or the air-injected storage tank was superior to that of the non-treated tank. Dry matter content and organic matter of liquid slurry manure decreased with storage time in the non-treated tank.

The smelly gases like ammonia gas and methyl amine gas were more strongly emitted in the non-treated tank than the liquid-circulated or the air-injected storage tank, but odor smelled out from the tank frames, was weaker in the non-treated tank than the liquid-circulated or the air-injected storage tank. Because the smelly air blown out from the liquid-circulated or the air-injected tank working for 30 minutes per 4 times a day was stronger than the non-treated tank with thick and dense layer of organic materials covered on the surface of liquid slurry. The potential capacity of odor gases emitted from liquid slurry manure was higher in the liquid manure of the non-treated tank than those of the liquid-circulated or the air-injected storage tank.

The most important handicaps of the liquid circulated storage tank was that circulation system was frequently stuck by the coarse and durable materials of non-piggery slurry mixed in liquid manure and stoped the operation system. In order to improve the digestion effectiveness of slurry manure, the number of air-injecting pipe should be increased one to three in the air-injected tank. The non-treated tank was recommended to additionally equip with liquid-circulating or air-injecting facilities in order to decrease odor emission of the liquid slurry manure.

1. 연구목표

우리나라에서 발생하는 가축분뇨는 연간 3천여만 톤 정도이며 그중 돈분뇨가 1천여만 톤이다. 이들 가축분은 대부분 퇴비형태로 가공되어 이용되지만 슬러리형태의 돈사에서 방출되는 축분뇨는 수분함량이 절대적으로 많아 액비형태로 처리되어야 하지만 축산규모가 작은 대부분의 양돈농가가 충분한 사료포지를 가지고 있지 않기 때문에 이용실적이 낮다. 그 동안 많은 양의 축분뇨가 무단 방류되거나 바다에 폐기되기도 하였지만 최근 법의 개정으로 해상 폐기가 금지되고, 환경관련법이 강화됨에 따라 축분뇨의 처리가 축산농가의 가장 시급하게 해결하여야 할 중요한 현안사항이 되었다. 따라서 축분뇨의 농업적 재활용은 가장 실용적 대안으로 부각되었고 특히 물질순환적 농업자재의 이용을 강조하는 친환경농업 목적에도 부합되어 활성화하려는 노력이 계속되고 있다.

이러한 시대적 배경에 따라 2000-2003년간 농촌진흥청은 자체 대형연구프로젝트를 수행하여 수도작에 대한 돈분뇨이용기준설정(박백균, 2004; 박백균등, 2002), 주요작물에 대한 돈분뇨이용기준설정(신관용, 2004) 등 작물별 최적이용기준설정에 노력하는 한편, 돈분뇨(액비) 저장 및 악취저감연구(최동윤, 2004), 가축분뇨(액비)저장조 및 살포기 개발(최광재, 2004)등에 관한 연구도 실시하여 액비사용을 활성화하려는 연구도 수행하였다.

우리나라 축산농가는 농장규모가 큰 선진 외국에 비하여 축산규모가 영세하기 때문에 자체생산 가축분뇨를 처리할 충분한 사료포를 가지고 있지 않다. 따라서 대부분의 양돈농가는 돈분처리에 많은 애로를 겪고 있다. 이러한 문제를 가장 슬기롭게 극복한 곳은 철원군이다. 철원군은 이 문제를 경종농가와 양돈농가를 연계한 돈분액비화사업을 추진함으로써 해결하였으며, 이러한 모범적 해결로 철원군은 우리나라에서 선도적인 위치로 발돋움하게 되었다. 그 동안 철원군은 경종농가와 양돈농가를 연계한 액비화사업에 많은 노력을 기울여 134기의 분뇨액비저장조와 액비살포장비 58대, 액비운송장비 3대와 발효제 등을 보급함으로써 경종농가와 양돈농가를 연계한 우리나라 액비화사업의 효시가 되었다(철원군, 2004).

그럼에도 불구하고 최근 액비화사업은 다시 침체하는 경향을 띄고 있는데 그 원인은 악취문제이다. 양돈농가가 많은 철원군도 예외는 아니기 때문에 일부 분뇨저장조의 가동이 중단되는 등 저장조의 가동율이 저하하고 있다. 돈분액비이용의 악취문제는 돼지를 기르는 축사는 물론 돈분저장조, 액비운반차량, 액비시용포장 등 액비의 사용경로의 매 단계마다 난제로 등장하여 축분액비의 사용확대를 막고 있으며, 특히 문제가 되는 것은 시용포장에서의 악취 확산으로 인한 주변 마을 주민들이 제기하는 집단민원일 것이다. 가축분뇨에는 질소와 인과 같은 영양염류의 함량이 많기 때문에 분해중이나 또는 포장시용시 NH_3 , H_2S , VFA, 메틸메르캅탄 등이 방출되어 대기를 오염시키고 민원문제를 일으키게 된다(정광용, 1998). 포장 시용시 악취를 저감하기 위해서는 먼저 분뇨저장조에서 액비의 발효가 충분히 진행되어 액비 속에 악취성분이 적게 함유되어야 할 것으로 생각된다.

저장 중 악취를 내는 가스는 액비의 성상과 저장조의 조건에 따라 축분을 분해하는 미생물의 종류와 밀도 등에 차이가 있고 또한 분해과정에 주어지는 환경조건에 따라 악취 가스의 종류도 다양하게 된다. 주로 발생하는 악취로는 메탄, 황화수소, 탄산가스, 암모니아, 휘발

성유기화합물이 발생하며, 특히 양돈폐수는 질소함량이 높기 때문에 암모니아 가스의 발생량이 우분뇨에 비하여 높게 나타난다(Bonmati and Flotats, 2003). 양돈폐수는 낮은 C/N율로 인하여 암모니아가스의 발생이 많으며 이로 인하여 호기성미생물의 생장에 큰 장애를 주게 된다. 따라서 발생하는 질소성분을 제거하는 다양한 공법도 연구·개발되고 있다(Liao et al., 1996; Clifford et al., 1992). 질소성분의 제거를 위해 각 공법들이 사용하는 기법들은 다양하다. 질소성분은 pH가 높고, 공기주입량이 많으며, 비교적 고온에서 질소의 탈기효율이 높은 것으로 밝혀지고 있다(Liao et al., 1995), Jin et al., 2000; Lee and Cho, 2002; Whang and Cho, 2004). 혐기성소화조의 경우 소화조 상부에 고온의 공기를 주입하면 소화조에서 다량으로 발생하는 암모니아가스의 확산을 억제할 수 있는 것으로 밝혀지고 있다(Arogo et al., 1999). 이러한 연구결과를 정리하면 돈분뇨중 에 함유된 암모니아의 탈기는 매질의 온도, 공급되는 공기의 온도, 매질의 pH, 공기공급속도에 큰 영향을 받는다고 볼 수 있다.

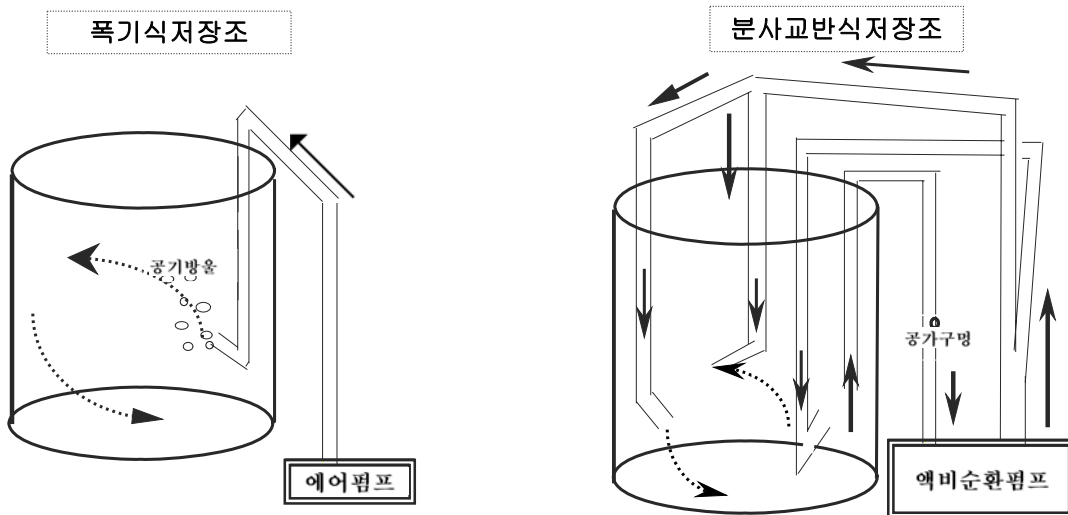
농가에 보급되고 있는 돈분액비저장조의 형태는 크게 나누어 아무 처리가 없이 그냥 저장만 하는 무처리저장조, 저장중 공기를 주입하는 폭기식저장조, 그리고 저장중 교반을 해주는 교반식저장조로 구분할 수 있다. 특히 철원군의 경우 대부분 액비폭기식저장조가 많고 일부 농가포장에 무처리저장조 또는 액비폭기식저장조를 더욱 개량하여 공기주입과 교반의 효과를 동시에 낼 수 있는 분사교반식저장조가 설치되어 있으며, 각 유형간의 장단점을 실제 설치 농가에서 비교분석한 연구는 없다. 본 연구는 액비화사업을 하고 있는 철원군을 비롯한 많은 지역에 보급되어 있는 대표적 액비저장조의 유형에 따라 악취발생유형을 파악하고 액비의 품질을 비교·검토하여 돈분액비저장조의 발전적 개선을 통하여 돈분 액비화사업의 활성화에 도움이 되고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시험용 액비저장조의 선정

철원군에 보급된 대표적 돈분저장조가 무처리저장조, 액비폭기식저장조, 분사교반식저장조로 유형이 구분됨에 따라 돈분액비시험처리구는 실제 농가에 설치되어 있는 저장조를 선정하여 시험하였다. 시험구는 PDF(Polyethylene Double Frame)패널을 소재로 한 200톤/개 용량의 저장조로서 무처리저장조 설치농가, 분사교반식저장조 설치농가 및 액비폭기식저장조 설치농가를 각각 1개소씩 선정하여 연구시험을 수행하였다. 액비폭기식저장조나 분사교반식저장조의 에어펌프나 액비순환펌프는 회사마다 다르기 때문에 약간의 차이가 있을 수 있다. 본 시험에서 선정한 액비폭기식저장조는 저장조 한 쪽 하단에 설치된 1개 파이프를 통하여 에어펌프로부터 공기가 주입되도록 설계되었고, 분사교반식저장조는 저장조 하단 3지점에 설치된 액비배출관의 배출구가 각각 시계반대방향으로 향하도록 배치하고 각 배출관은 액비순환펌프에 연결함으로써 순환펌프에서 순환되는 액비가 3개의 배출구를 통하여 분출됨에 따라 저장조의 액비가 같은 방향으로 밀리게 되어 저장조의 전체 액비가 순환·교반되도록 설계되었으며, 흡입과정에서 흡입관의 중앙에 미세한 구멍 1개를 뚫어 흡입시 공기도 같이

흡입되도록 하였다. 폭기식저장조의 에어펌프나 분사교반식저장조의 액비순환펌프는 모두 5마력의 용량을 가진 모터가 동력으로 채용되었다. 폭기식저장조의 에어펌프와 분사교반식저장조의 액비순환펌프는 5월25일부터 1일 1회, 2시간/회씩 수동으로 가동하다가 7월1-10월30일간에는 타이머를 부착하여 매 6시간당 30분간(4회/일) 자동으로 가동되도록 하였다. 폭기식저장조와 분사교반식저장조의 단면을 보면 그림 1과 같다.



[그림 1] 폭기식 및 분사교반식 액비저장조의 모형

나. 액비시료의 채취 및 이화학성 분석

저장조내 부위에 따라 성분함량이 서로 상이한 것을 감안하여 상층, 중층, 저층으로 구분하여 채취한 뒤 같은 양으로 3부위 액비를 섞어서 한 시료로 하였다. 액비의 이화학성분석은 비료관리법령 및 관련 규정집 별표 1 비료의 이화학적 검사방법에 준하여 분석하였다(농촌진흥청, 2004).

다. 악취가스 측정

악취를 풍기는 가스에는 NH₃, H₂S, VFA, Methylamine, 메틸메르캅탄 등(정광용, 1998) 여러 가지가 있으나 본 시험의 예비측정에서 가장 많이 배출되는 가스는 NH₃과 Methylamine을 조사대상 악취가스로 선정하였다. 악취가스는 관능조사방법과 GASTEC (GV-100S) 검지관조사방법을 병행하였다.

1) 액비의 악취가스 잠재적 배출능

잠재적 배출능은 저장조의 액비가 포장시용시 여름에 노출될 수 있는 평균 최고온도가 30℃를 넘지 못할 것으로 가정하고 30℃에서 악취가스가 잠재적으로 가장 많이 배출된다는 전제하에 실험실에서 액비시료를 30℃으로 향온 진탕하여 1시간동안 배출되는 가스량으로 정의하고 실험을 수행하였다. 액비의 악취 잠재적 배출능은 250ml-삼각후라스크에 액비시

료 60ml을 넣고 밀봉하여 30℃에서 60분간 진탕한 뒤 삼각후라스크내 가스농도를 GASTEC (GV-100S) 검지관으로 측정하여 다음과 같이 식을 유도하여 가스배출량을 환산하였다.

삼각플라스크내 공기중 가스농도 측정값을 A ppm이라하면 1ℓ 중 가스량이 A mg 배출된다는 의미임으로 측정량은 A mg/ℓ이 되고 삼각플라스크내 공기 250ml(사용된 삼각플라스크 용적에서 시료 60ml가 차지하고 남는 공기부분 체적이 약 250ml였음)중에 함유된 악취가스량은 다음식(1)과 같이 계산될 수 있다.

$$\text{삼각플라스크내 악취가스량} = 250\text{ml} \times A \text{ mg}/\ell \dots (1)$$

삼각플라스크내 악취가스량은 액비시료 60ml에서 배출된 가스량임으로 1ℓ 액비당 배출가스량으로 환산하자면 다음 식(2)으로 계산된다.

$$\begin{aligned} 1\ell \text{ 액비}\cdot 1\text{시간 당 배출가스량} &= (\text{삼각플라스크내 악취가스량} \times (\text{액비 } 1\ell) / \text{시료액비 } 60\text{ml}) \dots (2) \\ &= [250\text{ml} \times A \text{ mg}/\ell \times \text{액비 } 1\ell] / \text{시료액비 } 60\text{ml} \\ &= 4.1167 \times A \text{ mg}/\ell \end{aligned}$$

식(1)을 식(2)에 대입하면

$$\begin{aligned} 1\ell \text{ 액비}\cdot 1\text{시간 당 배출가스량} &= (250\text{ml} \times A \text{ mg}/\ell) \times (\text{액비 } 1\ell / \text{시료액비 } 60\text{ml}) \\ \therefore \text{액비의 악취가스 잠재적 배출능} &= 4.1167 \times A \text{ mg}/\ell \text{ 액비}\cdot \text{시간} \dots (3) \end{aligned}$$

배출악취가스량은 곧 액비의 잠재적 악취가스배출능이 된다. 잠재적 악취가스배출능의 계산은 식(3)을 사용하여 시료액 60ml을 사용하여 30℃에서 매 1시간 간격으로 5회씩 측정하였고 각각 시료별 3반복으로 하여 시험하였다.

2) 돈분저장조 현장에서의 악취 조사

액비저장조 현지 악취발생 농도는 저장조 액비표면위 10cm 정도의 공기를 GASTEC (GV-100S) 검지관을 사용하여 측정하였다. 이와 병행하여 관능조사방법으로 저장조 바로 옆에서 3사람이 냄새를 맡아 악취강도를 측정하였다. 악취의 강도는 환경관련법에 준하여 관능조사 등급을 악취도 0(무취, None), 1(취기 감지가 매우 약함, Threshold), 3(취기보통, Moderate), 4(취기 매우강함, Very strong), 5(취기가 참기어렵도록 강함, Over strong)로 구분하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 돈분 저장조설치 주변 악취조사

철원군은 축산농가와 경종농가의 협력체제를 구축하여 액비화사업을 추진하고 있기 때문에 축산농가에서 배출된 돈분은 대부분 경지부근에 설치되어 있는 액비저장조에서 일년간 자연발효를 거쳐 액비로 만들어 경지에 투입된다. 저장조설치 장소 주변의 악취정도를 알아보고자 돈분저장조 바로 옆에서 취기정도를 조사한 결과는 표 1과 같다.

<표 1> 돈분저장조설치 주변의 악취조사(관능조사)

조사일자	저장이후 경과일수	무처리저장조	액비폭기식저장조	분사교반식저장조
7월 4일	39일	2.5	2.5	2.3
8월22일	88일	2.3	3.2	3.7
10월 5일	132일	2.0	3.0	3.0
10월31일	158일	2.0	3.5	3.0
특기사항		뚜꺼운 피막형성	피막 없음	피막 없음

표 1에서 일반적으로 악취는 무처리저장조에서 더 많이 풍기는 것으로 예상되었으나 실제 액비폭기식저장조나 분사교반식저장조에서 더 많은 악취가 풍겼으며 그 강도는 취기가 보통에서 매우 강한 취기사이를 나타냈다. 이러한 원인은 저장조 안에서 밖으로의 공기유통이 폭기식저장조나 분사교반식저장조는 펌프의 가동으로 공기를 밖으로 불어내어 악취가 빠져 나오기가 쉽지만 무처리저장조는 자연풍에만 의지하기 때문에 흘러나오는 악취의 양이 적어 악취감지가 미약한 한 것으로 해석된다. 이처럼 악취 확산을 지연시키는 또 다른 원인은 무처리저장조의 표면피막형성도 일조하는 것으로 추정된다. 이러한 현상은 폭기식저장조나 분사교반식저장조의 가동전후와 가동중의 악취정도가 차이가 있음을 보여주는 것으로도 유추된다. 표 2는 폭기식저장조나 분사교반식저장조의 가동전후의 악취정도를 저장조내 액비표면 10cm위에서 GASTEC(GV-100S) 검지관을 사용하여 조사한 것이다.

<표 2> 돈분액비저장조별 폭기 또는 분사교반처리 전후의 악취가스농도(ppm)

처리명	NH ₃			R-NH ₂		
	가동전	폭기/교반가동중	가동후	가동전	폭기/교반가동중	가동후
분사교반	26-34	34	25-34	80-88	88	84-86
폭기	30-42	65	46-65	80-120	120	80-120
무처리		44-90			132-160	

비고: 조사일자: 8월 30일

돈분저장조내의 악취비산은 처리전후에 비하여 폭기나 분사교반처리중의 경우가 약간 높은 경향을 보였다. 또 무처리저장조의 악취배출은 폭기나 분사교반식저장조에 비하여 더 높은 농도로 나타났다. 이는 측정액비 표면부위의 피막을 휘저은 후 측정하였기 생긴 결과로 피막에 의하여 표출되지 못하였던 액비중 악취가 휘산해 나온 결과로 해석된다. 메칠아민과 암모니아가스의 배출경향을 보기 위하여 7월 4일, 8월 30일, 10월 5일 및 10월 31일 배출가스농도를 측정한 결과 기온이 높은 여름철에 가장 많은 것으로 조사되었다. 표 3은 돈분뇨저장조의 처리유형별 저장기간에 따른 암모니아가스(NH₃)와 메칠아민가스(R-NH₂)의 배출농도이다.

<표 3> 돈분뇨의 저장기간에 따른 저장조 내부의 악취 배출농도(ppm)

악취가스	처리방법	저장기간에 따른 저장조 내부의 악취농도			
		39일 7월4일	88일 8월22일	132일 10월5일	158일 10월31
NH ₃	분사교반식저장조	4	34	43	12
	폭기식저장조	8	65	48	15
	무처리저장조	10	90	71	18
R-NH ₂	분사교반식저장조	10	88	77	21
	폭기식저장조	23	120	117	37
	무처리저장조	30	132	129	47
저장조운전조건		폭기/분사교반저장조가동: ¹⁾ 수동(5.25-6.30): 1일 1회, 2시간/회 ²⁾ 자동(7.1-10.30): 1일 4회, 30분/회			

표 3에서 여름철인 8월 22일 측정치가 가장 높은 값을 나타냈고 기온이 떨어지는 10월 5일, 10월 31일로 갈수록 악취배출농도는 낮게 나타났다. 또 처리별로 보면 무처리저장조에서 가장 높았고 분사교반조가 가장 낮은 경향을 보였다.

나. 돈분 저장기간별 액비의 잠재적 악취배출능

돈분액비의 포장사용에서 가장 걸림돌은 시용포장에서 악취가 주변 마을에 퍼지게 됨에 따라 민원이 생긴다. 따라서 시용당시 액비의 악취배출 정도는 매우 중요하다. 액비에서 배출될 수 있는 악취는 온도에 비례하여 많이 발생함으로 여름철 시용을 가정할 때 자연상태에서는 30℃에서 액비가 배출할 수 있는 악취량이 가장 많을 것으로 추정하고 이때 배출되는 배출량을 잠재적 악취배출능으로 정의하고 시험을 수행하였다. 표 4는 저장기간에 따른 처리별 액비의 잠재배출능을 분석한 결과이다.

<표 4> 돈분뇨 저장조별 처리후 액비중 악취 잠재배출능(mg/hr·ℓ-manure)

악취종류	처리구분	액비저장기간에 따른 잠재배출능(mg/hr·ℓ-manure)				
		39일 (7월4일)	88일 (8월22일)	132일 (10월5일)	158일 (10월30일)	365일 (4월18일)
NH ₃	분사교반처리액비	1,108	1,319	1,542	1,271	1,029
	폭기처리액비	1,308	1,155	1,188	1,150	1,224
	무처리액비	1,528	1,501	1,556	1,258	1,325
R-NH ₂	분사교반처리액비	422	323	656	521	439
	폭기처리액비	362	271	550	440	482
	무처리액비	523	483	761	560	550

비고 : 365일 저장액비는 전년도 처리액비임.

잠재배출능은 무처리액비가 배출량이 가장 많고, 분사교반처리액과 폭기처리액비간에는 분사교반처리액비에서 다소 높은 경향을 나타냈는데 이는 분사교반처리액비의 저장조의

순환펌프에 이물질이 많이 걸려 3회에 걸쳐 고장으로 가동이 중지된 사고로 인하여 나타난 결과로 해석된다. 그러나 1년간 처리한 액비의 경우 폭기처리액비보다 분사교반처리액비에서 낮은 값을 나타냈다. 그러나 전체적으로 저장기간이 길어져도 잠재배출능이 급격히 감소되지 않았다. 따라서 액비는 1년 이상 처리한 액비라 할지라도 토양 속에 관주하든가 표면시용 후 묻어주는 작업이 병행되지 않는 한 액비의 포장시용으로 인한 악취문제는 완전히 해결할 수 없을 것으로 생각되었다.

다. 돈분 저장기간별 액비의 품질

돈분액비는 저장기간에 따라 유기물이 분해되는 과정에 의하여 액비가 부숙되기 때문에 이론적으로는 유기물함량이 감소하고 수분함량이 증가하여 건물함량이 감소하게 된다(농촌진흥청, 2002). 표 5는 돈분뇨 저장조별 저장기간에 따른 액비중 건물(DM)과 유기물(OM) 함량율을 조사한 것이다.

<표 5> 돈분뇨 저장조별 저장기간에 따른 액비중 건물(DM)과 유기물(OM)함량변화(%)

구분	처리구분	39일	88일	132일	158일	365일
		(7월4일)	(8월22일)	(10월5일)	(10월30일)	(4월18일)
건물 (%)	분사교반처리액비	2.4	2.0	2.1	2.1	1.6
	폭기처리액비	2.5	4.5	4.7	5.4	2.1
	무처리액비	3.5	2.9	3.0	2.9	2.0
유기물 (%)	분사교반처리액비	1.2	1.4	1.4	1.3	0.44
	폭기처리액비	1.8	2.0	2.0	2.0	0.80
	무처리액비	2.4	2.2	1.9	1.9	0.85

비고: 365일 저장액비는 전년도 처리액비임.

저장조에서 1년이상 저장시킨 액비는 건물, 유기물 및 탄질율이 1년미만으로 저장한 액비에 비하여 현저히 낮은 값을 보였다. 또 무처리액비의 경우 저장기간이 길어질수록 유기물과 건물이 감소하는 경향을 보여 기존성적에 부합하는 경향을 보였으나 유기물함량이 0.85%로 기존 성적에 비하여 낮은 값을 나타내고 있어 충분히 부숙이 진행된 것으로 생각된다(농촌진흥청, 2002). 그러나 분사교반처리액비나 폭기처리액비는 저장기간에 따라 일정하게 감소하는 경향을 볼 수 없는데 이는 탱크내 상, 중, 저층의 균일도가 틀리는 액비를 폭기나 교반시 시료를 채취함으로써 충분히 균일하게 섞이지 않은 상태에서 시료를 채취함으로써 생기는 실험오차와 아울러 저장조 천정의 일부가 개방되어 있어 빗물이 들어가서 일관된 경향을 얻지 못한 것으로 짐작된다.

액비의 품질은 작물이 필요로 하는 성분함량이 높을수록, 그리고 유해물질이 적을수록 좋다. 일반적으로 N,P,K 성분함량은 시기별, 계절별, 지역별 차이가 있다. 일반적으로 퇴비제조시 질소나 인산 등 성분함량은 부숙기간이 길수록 감소된다. 이는 질소나 인산은 미생물에 동화되거나 암모니아가스 등으로 휘산되어 유실되기 때문이다. 표 6은 돈분저장조의 액비 저장기간에 따른 비료성분의 변화를 나타낸 것이다.

<표 6> 돈분저장조의 액비저장기간에 따른 비료성분의 변화

일 자	분사교반저장조액비			폭기처리저장조액비			무처리저장조액비		
	T-N	T-P	K ₂ O	T-N	T-P	K ₂ O	T-N	T-P	K ₂ O
39일(7월 4일)	0.40	0.41	0.16	0.41	0.19	0.30	0.59	0.38	0.40
88일(8월22일)	0.30	0.30	0.27	0.60	0.28	0.32	0.40	0.65	0.36
132일(10월 5일)	0.35	0.22	0.20	0.44	0.21	0.21	0.34	0.18	0.28
158일(10월30일)	0.28	0.30	0.22	0.42	0.25	0.25	0.34	0.18	0.30
365일(4월18일)	0.23	0.27	0.40	0.34	0.10	0.36	0.32	0.17	0.36

전체적으로 볼 때 액비의 처리에 관계없이 질소 인산 및 칼리성분이 저장기간에 따라 일관성 있게 감소되지는 않았는데 기존 성적과 같은 경향이다(농촌진흥청, 2002). 이와 같이 이론과의 차이가 생기는 것은 액비자체가 불균질성이 강하기 때문에 분석시료의 채취과정이나 분석시 시료 평량오차 등 시험오차가 심하게 일어나기 때문으로 짐작된다. 액비의 성분량을 비교하면 인산함량이 가장 낮고 전질소는 칼리함량과 비슷하거나 다소 높은 경향을 나타내 기존 성적과 유사한 결과를 보였다(농촌진흥청,2002).

저장조 내에서 돈분액비의 불균일성 정도를 알기 위하여 상층과 중층 및 저층으로 구분하여 시료를 채취하여 분석한 결과는 표 7과 같다.

<표 7> 돈분뇨 저장조내 부위별 액비(12개월 저장처리)의 품질

구분	분사교반저장조액비				폭기처리저장조액비				무처리저장조액비			
	OM	T-N	T-P	K ₂ O	OM	T-N	T-P	K ₂ O	OM	T-N	T-P	K ₂ O
표층	0.62	0.27	0.20	0.40	0.60	0.37	0.10	0.21	0.65	0.12	0.1	0.21
중층	0.36	0.21	0.30	0.39	0.80	0.30	0.10	0.37	0.81	0.30	0.1	0.37
기층	0.32	0.21	0.30	0.41	0.99	0.35	0.10	0.50	1.08	0.54	0.3	0.50
평균	0.43	0.23	0.27	0.40	0.80	0.34	0.10	0.36	0.85	0.32	0.17	0.36

표 7에서 무처리저장조의 액비는 하층으로 내려갈수록 농도가 짙어지는 경향을 나타내어 기존 결과와 같았다(최동윤, 2004). 그러나 분사교반저장조나 폭기교반처리저장조의 액비는 액비의 상하층이 교반/폭기처리시 섞이는 효과를 나타내어 무처리저장조의 액비처럼 뚜렷한 분리현상이 보이지 않았다. 이러한 결과를 해석해 보면 분사교반저장조나 폭기교반처리저장조의 액비도 겨울동안 장기간 폭기나 교반을 하지 않은 상태로 방치할시 농도층위가 생길 수 있음을 시사한다. 따라서 액비를 작물에 사용할 때는 사용하기 전 충분한 시간을 두고 교반이나 폭기처리한 직후에 사용하거나 살포기의 탑재탱크에 흡입시 상·중·하층의 액비가 고루 섞이도록 흡입하여 사용하여야 포장의 지역간 생장차이가 나지 않고 작물의 생육이 정상적으로 균일하게 될 것으로 생각된다. 특히 무처리저장조의 액비를 사용할 때는 액비가 가끔씩 균일하게 살포기에 탑재되도록 주의가 더욱 필요할 것으로 생각된다.

라. 돈분저장처리방법에 따른 장단점.

돈분저장조의 처리방법에 따른 장단점을 알기 위하여 액비의 슬러지침전율, 저장조별 운영상태를 조사한 결과는 표 8과 같다.

< 8> 분뇨처리 시설 종류별 가동시 문제점 및 개선방안

구 분	침전슬러지율(%)	저장조 운영상태		
		고장회수(4개월중)	고장원인	개선방안
분사교반	15	3회	펌프내 이물질이 걸림	액비흡입구 걸름망
폭기교반	39	1회	폭우로 누전	폭기배관 3개로 증설
무처리	46	없음	-	폭기/교반 시설 추가

분사교반저장조는 액비를 흡입하여 다시 3개의 배관을 통하여 분사하는 원리를 가진 순환펌프로 가동된다. 이 장치는 교반장치를 부착한 것과 같은 효과를 발휘하여 액비가 교반되는 장점이 있지만 분뇨에 이물질이 많을 경우 흡입과 분출모터에 이물질이 끼어 모터가 고장을 일으키기 쉬운 단점이 있는 것으로 파악되었다. 본 시험중에도 3회에 걸쳐 가동이 중지된 경우가 생겨 어려움을 겪었다. 따라서 흡입배관입구를 걸름망 등 이물질흡입을 막을 수 있는 보조장치를 부착하여야 원활한 가동이 될 것으로 생각된다. 또 폭기식저장조는 공기 주입배관이 1개 곳에만 편중되어 액비전체가 주입 공기의 혜택을 고루 받을 수 없는 결점이 있었다. 따라서 공기주입구를 3개 정도로 추가하여야 액비의 균일한 부숙이 가능할 것으로 생각되었다. 무처리저장조는 분사교반이나 폭기교반에 비하여 부숙상태가 낮아 액비의 악취발생 잠재능이 크고, 또한 부위간 액비의 불균질성 높아 작물의 생육불균형의 원인이 될 수 있고 탱크 바닥에 침전 슬러지가 많은 것으로(최광재, 2004) 시험결과 밝혀짐에 따라 가급적 분사교반이나 폭기교반이 가능하도록 개선될 필요가 있음을 알 수 있다.

4. 적 요

철원군의 모범적 사례로 평가받고 있는 돈분 액비화사업이 전국으로 확산되고 있으나 최근 액비의 악취문제로 민원이 발생함에 따라 일부 돈분액비저장조가 가동되지 못하는 사례가 생기고 있다. 따라서 본 시험연구는 대표적 액비저장조의 유형에 따라 악취발생정도와 액비의 품질을 비교·검토하고 각 저장형태에 따른 장단점을 분석하여 돈분저장조의 발전적 개선을 통하여 돈분 액비화사업의 활성화에 도움이 되고자 수행한 연구결과는 다음과 같다.

- 가. 액비 표면상으로 배출되는 악취가스농도는 무처리저장조가 분사교반식/폭기식저장조보다 높았으나 밖으로 풍겨 나오는 악취감지정도는 무처리액비 표면에 두꺼운 피막형성으로 인한 악취 비산이 방해받는 반면에 분사교반식/폭기식저장조는 가동 중 공기를 강제로 품어내는 원인 때문에 분사교반식/폭기식저장조가 무처리저장조보다 높았다.
- 나. 분사교반/폭기처리한 액비는 액비품질의 균질도가 높은 반면 무처리저장조의 액비는 상

층, 증층, 및 저층간의 성분함량차이가 많아 불균질성이 높았음.

- 다. 액비의 저장기간에 따른 유기물 및 건물중의 감소경향은 무처리저장조에서는 뚜렷하였으나 분사교반/폭기처리저장조의 감소경향은 일관성이 없었다.
- 라. 분사교반식저장조는 액비에 이물질 혼입시 액비순환장치에 이상을 가져와 고장이 잦은 것으로 나타났고, 폭기식저장조는 공기주입배관이 하나밖에 없어 전체액비에 폭기 효과가 나타나지 못하는 것으로 추정되었다.
- 마. 무처리저장조는 배출액비의 악취발생 잠재능이 분사교반식/폭기식저장조의 액비보다 높아 실제 시용시 악취발생이 더 많을 것으로 추정되었다.
- 바. 무처리저장조는 액비의 악취저감을 위하여 폭기 또는 교반시설을 추가하여야 할 것으로 생각되었다.

5. 인용문헌

- Arogo, J., R.H. Zhang, G.L. Riskowski, D.L. Day. 2000. Hydrogen sulfide production from stored liquid swine manure: a laboratory study. Transactions of the American Soc. of agricultural Engineers. 43:1241-1245.
- Arogo, J., R.H. Zhang, G.L. Riskowski, L.L. Christianson, D.L. Day. 1999. Mass transfer coefficient of ammonia in liquid swine manure and aqueous solution. J. Agric. Engin. Res. 73:77-86.
- Bonmati, A., and X. Flotats. 2003. Air stripping of ammonia from pig slurry:characterisation and feasibility as pre- or post-treatment to mesophilic anaerobic digestion. Waste Management 23:261-272.
- Clifford, W.R., L.B. James and H. david Stensel. 1992. Design and retrofit of wastewater treatment plants for biological nutrient removal. Water Quality Management Library Vol. 5:1-23.
- Evans, M.R., E.A. Dean et al. 1983. The effect of temperature and residence time on aerobic treatment of piggery slurry degradation of carbonaceous compounds. Agr.Wastes 5:25.
- Hartung, J. 1992. Emission and control of gases and odorous substances from animal housing and manure store. Zbl.Hyg. 192:389-418.
- Hartung, J. and V.R.Phillips. 1994. Control of gaseous emission from livestock building and manure stores. J. Agri.Enging.Res. 57:173-189.
- Heck, A.F. 1931. Conservation and availability of the nitrogen in farm manure. J. Soil Sci. 31:335-363.
- Jin, Y.O., N.C. Shin, S.C. Park. 2000. Removal of ammonium nitrogen containing swine wastewater. J. Korean Solid Wastes Engineering Society 17(7):856-861.
- Lee,B.J. and S.H. Cho. 2002. Ammonia stripping for the pre-treatment of piggery

wastewater. J. of Korean Society of Waste and Wastewater 16(3):252-260.

Liao, C.M., and T. Maekawa. 1996. Nitrification/Denitrification in an intermittent aeration process for swine wastewater. J. Envir. Sci. Health. B29.

Liao, P.H., A. Chen and K.V.Lo. 1995. Removal of nitrogen from swine manure wastewater by ammonia stripping. Bioresource Technology 54:17-20.

Whang , K.D., and Y.M. Cho. 2004. Effect of operating condition of stripping process on ammonia removal for pre-treatment of swine wastewater. J. of Korean Soc. on Water Quality 20(1):86-92.

Zhu,J., G.L.Riskowski and M.Torremorell. 1999. Volatile fatty acids as odor indicators in swine manure-a critical review. Americal Soc. of Agri. Engineers 42(1):175-182.

김시창. 2004. 미생물제제 투여에 의한 축산분뇨 액비화연구. 강원도농업기술원 2004년도 시험연구결과보고서

농업과학기술원. 1999. 친환경농업을 위한 가축분뇨 퇴비·액비제조와 이용.

농촌진흥청. 2002. 가축분뇨 액비 사용기술. 농진흥청 기술지도지침 p44, p136,p175

농촌진흥청. 2004. 비료의 이화학적 검사방법. 비료관리법 및 관련 규정집(별표 1): 143-233

정광용. 1998. 가축분뇨 액비이용의 활성화 방안. 환경친화형 가축분뇨 처리기술 심포지엄:p85-102. 축산기술연구소.

최동윤. 2004. 돈분뇨(액비)저장 및 약취저감기술 연구. 농촌진흥청 공동연구개발과제 제4차년도 완결보고서:22-71.

최광재. 2004. 가축분뇨(액비) 저장조 및 살포기 개발. 농촌진흥청 공동연구개발과제 제4차년도 완결보고서:72-111.

박백균. 2004. 논토양특성별 돈분뇨(액비) 이용기준설정. 농촌진흥청 공동연구개발과제 제4차년도 완결보고서:112-161.

박백균, 이종식, 조남준, 정광용. 2001. 벼에 대한 돈분뇨 액비의 시용량 및 시용시기구명. 한토비지 34(3):147-152.

박백균, 이종식, 조남준, 정광용. 2001. 돈분뇨 액비시용이 벼생육 및 침투수질에 미치는 영향. 한토비지 34(3):153-157.

신관용. 2004. 담리작 및 주요 작물에 대한 돈분뇨(액비)이용기준 설정.농촌진흥청 공동연구개발과제 제4차년도 완결보고서:162-419.

철원군. 2004. 축산분뇨자원화(액비화)사업 보완대책. 철원군 축산산림과자료

6. 연구결과 활용제목

- 액비저장조 유형별 액비특성 구명 ----- (2005. 영농활용)