

농가의 돈분액비 저장형태가 악취발생과 액비품질에 미치는 영향

박무언^{*} · 강안석 · 김시창

강원도농업기술원 북부시험장

The Effect of Storage Container Types on Odor Emission and Quality of Piggery Liquid Slurry Fertilizer in the farms

Moo-Eon Park^{*}, An-Seok Kang and Si-Chang Kim

Northern Part Agricultural Experiment Station, Gangwon Agricultural Research & Extension Services, Cheorwon 269-833, Korea

The study was carried out to evaluate odor emission during storage time and quality of liquid slurry fertilizer along with three storage container types installed at farmer's fields in Cheorwon. Liquid slurry manure stored in the liquid-circulated or the air-injected tank was very homogeneous in concentration of nutritional elements because of well mixing operation, while nutritional concentration of the manure stored in the non-treated tank was significantly different from top to bottom in the tank, which may bring about partially irregular growth of plant after its application. The potential capacity of offensive odor emitted from liquid slurry manure stored in the liquid-circulated or the air-injected tank was much lower than that emitted from manure stored in the non-treated tank. Low potential capacity may less emit offensive odor after application of piggery liquid slurry on the field. The efficiency in order to reduce odor emission from liquid manure was slightly higher in the liquid-circulated tank than the air-injected tank

Key words : Storage tank, Piggery liquid slurry, Odor emission, Fertilizer quality

서 언

우리나라에서 발생하는 가축분뇨는 연간 3천여만 톤 정도이며 그 중 돈분뇨가 1천여만 톤이다. 이들 가축분은 대부분 퇴비형태로 이용되지만 슬러리형태의 돈사에서 방출되는 축분뇨는 수분함량이 절대적으로 많아 액비형태로 처리되는 것이 좋으나 축산규모가 작은 대부분의 양돈농가가 충분한 사료작물재배지를 가지고 있지 않기 때문에 이용실적이 낮다. 그 동안 많은 양의 축분뇨가 무단 방류되거나 바다에 폐기되기도 하였지만 최근 법의 개정으로 해상 투기가 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 대

한 돈분뇨 이용기준 설정 (Park, 2004; Park et al., 2002), 주요작물에 대한 돈분뇨 이용기준 설정 (Shin, 2004) 등 작물별 최적이용기준 설정에 노력하는 한편, 돈분뇨(액비)저장 및 악취저감연구 (Choi, 2004), 가축분뇨(액비) 저장조 및 살포기 개발 (Choi, 2004) 등에 관한 연구도 실시하여 액비사용을 활성화 하려는 연구를 수행하였다.

우리나라 축산농가는 농장규모가 큰 선진 외국에 비하여 축산규모가 영세하기 때문에 자체 생산된 가축분뇨를 처리할 충분한 사료작물 재배지를 가지고 있지 않다. 따라서 대부분의 양돈농가는 돈분처리에 많은 애로를 겪고 있으며, 이러한 문제를 가장 슬기롭게 극복한 곳이 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 133기의 액비저장조와 액비살포장비 58대, 액비운송장비 3대를 보급하는 한편 발효제 등 돈분의 액비화를 위한 발효 보조제를 보급함으로써 경종농가와 양돈농가를 연계한 우리나라 액

접 수 : 2006. 4. 11 수 리 : 2006. 5. 15

*연락처 : Phone: +82334584783,

E-mail: parkmekr43@naver.com

비화사업의 효시가 되었다 (CAESC, 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 저하되고 있다. 돈분액비 이용시 악취문제는 폐지를 기르는 축사는 물론 돈분저장조, 액비운반 차량, 액비시용 포장 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 분해 중이나 또는 포장에 시용시 NH₃, H₂S, VFA, 메칠메르캅탄 등이 방출되어 대기를 오염시키고 민원문제를 일으키게 된다 (Jung, 1998). 따라서 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 성장과 저장조의 조건과 축분을 분해하는 미생물의 종류와 밀도 등에 차이가 있고 또한 분해과정에 주어지는 환경조건에 따라 악취가스의 종류도 다양하며, 특히 양돈폐수는 질소함량이 높기 때문에 암모니아 가스의 발생량이 우분뇨에 비하여 높게 나타나며 (Bonmati and Flotats, 2003), 낮은 C/N율로 인하여 암모니아가스의 발생이 많아서 호기성 미생물의 성장에 큰 장애를 주게 된다. 따라서 발생하는 질소성분을 제거하는 다양한 공법도 연구·개발되고 있고 (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 소화조상부에 고온의 공기를 주입하면 소화조에서 다양으로 발생하는 암모니아가스의 확산을 억제할 수 있는 것으로 밝혀지고 있다 (Arogo et al., 1999). 이러한 연구결과를 정리하면 돈분뇨 중에 함유된 암모니아의 탈기는 매질의 온도, 공급되는 공기의 온도, 매질의 pH, 공기공급속도에 큰 영향을 받는다고 볼 수 있다.

농가에 보급되고 있는 돈분액비 저장조의 형태는 크게 나누어 단순 저장만 하는 무처리저장조, 저장 중 공기를 주입하는 폭기식 저장조, 그리고 저장 중 교반을 해주는 교반식저장조로 구분할 수 있다. 특히 철원군의 경우 대부분 폭기식 저장조가 많고 일부 농가포장에 무처리저장조 또는 폭기식 저장조를 더욱 개량하여 공기주입과 교반의 효과를 동시에 낼 수 있는

분사교반식 저장조가 설치되어 있으나 각 유형간의 장단점을 실제 설치농가에서 비교 분석한 연구는 없다. 본 연구는 액비화사업을 하고 있는 철원군을 비롯한 많은 지역에 보급되어 있는 대표적 액비저장조의 유형에 따라 악취발생 유형을 파악하고 액비의 품질을 비교 검토하여 돈분액비 저장조의 발전적 개선을 통하여 돈분 액비화사업의 활성화에 도움이 되고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험은 철원군에 보급된 대표적 돈분 저장조가 무처리 저장조, 폭기식 저장조, 분사교반식 저장조로 유형이 구분됨에 따라 돈분액비 시험처리구는 실제 농가에 설치되어 있는 저장조를 선정하여 수행하였다. 시험구는 PDF (polyethylene double frame) 패넬을 소재로 한 200톤/개 용량의 저장조로서 무처리 저장조 설치농가, 분사교반식 저장조 설치농가 및 폭기식 저장조 설치농가를 각각 1개소씩 선정하여 조사하였다. 폭기식 저장조나 분사교반식 저장조의 에어펌프나 액비순환펌프는 회사마다 다르기 때문에 약간의 차이가 있을 수 있다. 본 시험에서 선정한 폭기식 저장조는 저장조 한 쪽 하단에 설치된 1개 파이프를 통하여 에어펌프로부터 공기가 주입되도록 설계되었고, 분사교반식 저장조는 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. 폭기식 저장조의 에어펌프나 분사교반식 저장조의 액비순환펌프는 모두 5마력의 용량을 가진 모터가 동력으로 채용되었다. 폭기식 저장조의 에어펌프와 분사교반식 저장조의 액비순환펌프는 5월25일부터 1일 1회, 2시간/회씩 수동으로 가동하다가 7월1일 10월30일간에는 타이머를 부착하여 매 6시간당 30분간 (4회/일) 자동으로 가동되도록 하였다. 폭기식 저장조와 분사교반식 저장조의 단면을 보면 Fig. 1과 같다.

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

액비 중 악취를 풍기는 가스에는 NH₃, H₂S, VFA, methylamine, 메칠메르캅탄 등 (Jung, 1998) 여러 가

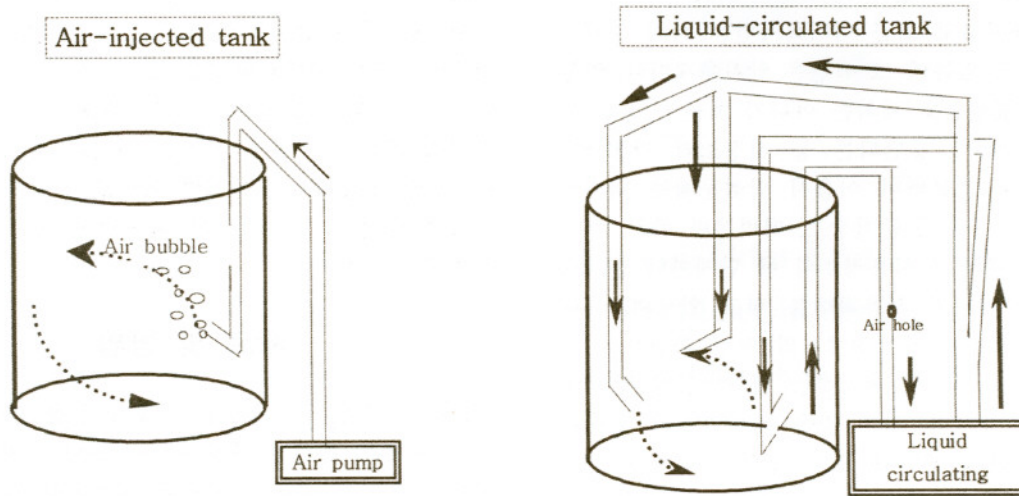


Fig. 1. Diagram of the air-injected storage tank and liquid circulated storage tank.

지가 있으나 본 시험에서는 예비측정에서 가장 많이 배출되는 가스로 판명된 NH₃ 과 methylamine을 조사 대상 악취가스로 선정하였다. 악취가스는 관능조사방법과 GASTEC (GV-100S) 검지관 조사방법을 병행하였다.

액비의 악취가스 잠재적 배출능은 저장조의 액비가 포장에 시용시 여름에 노출될 수 있는 평균 최고온도가 30°C를 넘지 못할 것으로 가정하고 30°C에서 악취가스가 잠재적으로 가장 많이 배출된다는 전제하에 실험실에서 액비시료를 30°C으로 향온 진탕하여 1시간동안 배출되는 가스량으로 실험을 수행하였다. 액비의 악취 잠재적 배출능은 250 mL-삼각후라스크에 액비시료 60 mL을 넣고 밀봉하여 30°C에서 60분간 진탕한 뒤 삼각후라스크내 가스농도를 GASTEC (GV-100S) 검지관으로 측정하여 다음과 같이 식을 유도하여 가스배출량을 환산하였다.

삼각후라스크 내 공기중 가스농도 측정값을 A ppm 이라하면 1 L 중 가스량이 A mg 배출된다는 의미임으로 측정량은 A mg L⁻¹이 되고 삼각후라스크 내 공기 250 mL (사용된 삼각후라스크 용적에서 시료 60 mL가 차지하고 남는 공기부분 체적이 약 250 mL였음) 중에 함유된 악취가스량은 다음 식(1)과 같이 계산될 수 있다.

$$\text{삼각후라스크내 악취가스량} = (250 \text{ mL} \times A \text{ mg L}^{-1}) \dots(1)$$

삼각후라스크내 악취가스량은 액비시료 60 mL에서 배출된 가스량임으로 1 L 액비당 배출가스량으로 환산하자면 다음 식(2)으로 계산된다.

$$\begin{aligned} &1 \text{ L 액비} \cdot 1 \text{ 시간 당 배출가스량} \\ &= (\text{삼각후라스크내 악취가스량} \times (\text{액비} 1 \text{ L}) / \\ &\quad \text{시료액비} 60 \text{ mL}) \dots(2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= (250 \text{ mL} \times A \text{ mg L}^{-1} \times \text{액비} 1 \text{ L}) / \text{시료액비} 60 \text{ mL} \\ &= 4.1667 \times A \text{ mg L}^{-1} \end{aligned}$$

식(1)을 식(2)에 대입하면

1 L 액비 · 1시간 당배출가스량

$$\begin{aligned} &= (250 \text{ mL} \times A \text{ mg L}^{-1}) \times (\text{액비} 1 \text{ L} / \text{시료액비} 60 \text{ mL}) \\ &\quad * \text{액비의 악취가스 잠재적 배출능} \\ &= 4.1667 \times A \text{ mg L}^{-1} \text{ 액비} \cdot \text{시간} \dots(3) \end{aligned}$$

배출 악취가스량은 곧 액비의 잠재적 악취가스배출능이 된다. 잠재적 악취가스 배출능의 계산은 식(3)을 사용하여 시료액 60 mL을 사용하여 30°C에서 매 1시간 간격으로 5회씩 측정하였고 각각 시료별 3반복으로 하여 시험하였다.

돈분저장조 현장에서의 악취발생 농도는 저장조 액비수면위 10 cm 정도의 공기를 GASTEC(GV-100S) 검지관을 사용하여 측정하였다. 이와 병행하여 관능조사 방법으로 저장조 바로 옆에서 세 사람이 냄새를 맡아 악취강도를 측정하였다. 악취의 강도는 환경관련법에 준하여 관능조사 등급을 악취도 0(무취, none), 1(취기 감지가 매우 약함, threshold), 3(취기 보통, moderate), 4(취기 매우강함, very strong), 5(취기가 참기어렵도록 강함, over strong)로 구분 하였다.

결과 및 고찰

돈분 저장조설치 주변 악취배출 철원군은 축산농가와 경종농가의 협력체제를 구축하여 액비화 사업을 추진하고 있기 때문에 축산농가에서 배출된 돈분은 대부분 경지부근에 설치되어 있는 액비 저장조에서 일년간 자연발효를 거쳐 액비로 만들어 경지에 투입된다. 저장조 설치장소 주변의 악취정도를 알아보고

자 돈분저장조 바로 옆에서 취기정도를 조사한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1에서 일반적으로 악취는 무처리 저장조에서 더 많이 풍기는 것으로 예상되었으나 실제 액비폭기식 저장조나 분사교반식 저장조에서 더 많은 악취가 풍겼으며 그 강도는 취기가 보통에서 매우 강한 취기 사이를 나타냈다. 이러한 원인은 저장조 안에서 밖으로의 공기유통이 폭기식 저장조나 분사교반식 저장조는 펌프의 가동으로 공기를 밖으로 불어내어 악취가 빠져 나오기가 쉽지만 무처리 저장조는 자연풍에만 의지하기 때문에 흘러나오는 악취의 양이 적어 악취감지가 미약한 한 것으로 해석된다. 이처럼 악취 확산을 지연시키는 또 다른 원인은 무처리 저장조의 표면 피막형성도 일조하는 것으로 추정된다. 이러한 현상은 폭기식 저장조나 분사교반식 저장조의 가동전후와 가동중의 악취정도가 차이가 있음을 보여주는 것으로도 유추된다. Table 2는 폭기식 저장조나 분사교반식 저장조의 가동전후의 악취정도를 저장조내 액비표면 10cm 위에서 GASTEC(GV-100S) 검지관을 사용하여 조사한 것이다.

돈분저장조는 폭기나 분사교반처리 중에 악취비산은 처리전후에 비하여 약간 높은 경향을 보였다. 또 무처리저장조의 악취배출은 폭기나 분사교반식 저장조에 비하여 더 높은 농도로 나타났다. 이는 측정 액비표면의 피막에 의하여 표출되지 못하였던 액비 중 악취가 피막을 휘저은 후 휘산해 나온 결과로 해석된다. 메칠아민과 암모니아가스의 배출경향을 보기 위하여 7월4일, 8월30일, 10월5일 및 10월31일 배출가스 농도를 측정한 결과 기온이 높은 여름철에 가장 많은

것으로 조사되었다. Table 3은 돈분뇨저장조의 처리유형별 저장기간에 따른 암모니아가스(NH₃)와 메칠아민가스(R-NH₂)의 배출농도이다.

Table 3에서 여름철인 8월22일 측정치가 가장 높은 값을 나타냈고 기온이 떨어지는 10월 5일, 10월31일로 갈수록 악취배출 농도는 낮게 나타났다. 또 처리별로 보면 무처리저장조에서 가장 높았고 분사교반조가 가장 낮은 경향을 보였다.

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

잠재배출능은 무처리 액비가 배출량이 가장 많고, 분사교반처리액과 폭기처리 액비간에는 분사 교반처리 액비에서 다소 높은 경향을 나타냈는데 이는 분사 교반처리액비의 저장조의 순환펌프에 이물질이 많이 걸려 3회에 걸쳐 고장으로 가동이 중지된 사고로 인하여 나타난 결과로 해석된다. 그러나 1년간 처리한 액비의 경우 폭기처리 액비보다 분사 교반처리 액비에서 낮은 값을 나타냈다. 그러나 전체적으로 저장기간이 길어져도 잠재배출능이 급격히 감소되지 않았

Table 1. Offensive odor rating physically smelled by three men near the tanks.

Observed date	Stored days	Types of liquid slurry storage tank		
		Non-treated	Air-injected	Liquid-circulated
Jul.4	39	2.5	2.5	2.3
Aug.22	88	2.3	3.2	3.7
Oct.5	132	2.0	3.0	3.0
Oct.31	158	2.0	3.5	3.0
Thick films of solid organic matter on the liquid surface		Formed	Not formed	Not formed

Rating : 0(no odor) 5(over strong odor)

Table 2. Concentration of offensive odor gases emitted during operation and before, after and during pumping for air-injecting or liquid-circulating operation.

Treatment	NH ₃ (ppm)			R-NH ₂ (ppm)		
	Before	During	After	Before	During	After
Liquid-circulated	26-34	34	25-34	80-88	88	84-86
Air-injected	30-42	65	46-65	80-120	120	80-120
Non treated		44-90			132-160	

Observed date: Aug.30, 2005.

Table 3. Concentration(ppm) of offensive odor gases emitted from liquid surface in the tanks during storage period.

Gases	Treatment	Odor concentration at stored days(date)			
		39(Jul.4)	88(Aug.22)	132(Oct.5)	158(Oct.31)
NH ₃	Liquid-circulated	4	34	43	12
	Air-injected	8	65	48	15
	Non treated	10	90	71	18
R-NH ₃	Liquid-circulated	10	88	77	21
	Air-injected	23	120	117	37
	Non treated	30	132	129	47

Operation : manually operated for one time a day(two hours) during near one month(May 25-Jun.30), and automatically operated four times a day(30minites per time) during four months(Jul.1-Oct.30).

Table 4. Potential capacity of offensive odor gases emitted from liquid slurry stored in the tank(mg hr⁻¹ L⁻¹-manure).

Gases	Treatment	Potential capacity of odor gases emitted from stored liquid slurry(mg hr ⁻¹ L ⁻¹ -manure) for stored days(date)				
		39(Jul.4)	88(Aug.22)	132(Oct.5)	158(Oct.31)	365 [†] (Apr.18)
NH ₃	Liquid-circulated	1,108	1,319	1,542	1,271	1,029
	Air-injected	1,308	1,155	1,188	1,150	1,224
	Non treated	1,528	1,501	1,556	1,258	1,325
R-NH ₃	Liquid-circulated	422	323	656	504	439
	Air-injected	362	271	550	440	482
	Non treated	523	483	761	560	550

Remark: 365[†] was stored in previous year.

다. 따라서 액비는 1년 이상 처리한 액비라 할지라도 토양 속에 관주하든가 표면시용 후 묻어주는 작업이 병행되지 않는 한 액비의 포장시용으로 인한 악취문제를 완전히 해소하기는 어려울 것으로 생각되었다.

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

탄질비는 미생물에 의한 유기물 분해에 중요한 요소가 되며, 일반적으로 탄질비가 20:1이하인 경우 분해가 빨리 이루어진다. 그러나 액비에 대한 탄질비의 연구보고는 없어서 비교하기 어렵지만 본 액비 중에 함유된 질소와 탄소의 함량으로 계산한 결과 대체로 분해중인 액비는 2~3:1였고 1년 경과하여 어느 정도 분해가 이루어진 액비는 2:1이하로 나타나 분해가 진전될수록 탄질비가 낮아지는 경향을 보였다. 또 저장조에서 1년 이상 저장시킨 액비는 건물과 유기물의 함량도 현저히 낮은 값을 보였다. 무처리 액비의 경우 저장기간이 길어질수록 유기물과 건물이 감소하는 경향을 보여 기존성적에 부합하는 경향을 보였으나 유

Table 5. Dry matter and organic matter content of slurry stored in the tanks.

Gases	Treatment	Days for storage				
		39(Jul.4)	88(Aug.22)	132(Oct.5)	158(Oct.30)	365 [†] (Apr.18)
Dry matter (g/100g)	Liquid-circulated	2.4	2.0	2.1	2.1	1.6
	Air-injected	2.5	4.5	4.7	5.4	2.1
	Non treated	3.5	2.9	3.0	2.9	2.0
OM [†] (g/100g)	Liquid-circulated	1.2	1.4	1.4	1.3	0.44
	Air-injected	1.8	2.0	2.0	2.0	0.80
	Non treated	2.4	2.2	1.9	1.9	0.85
Ratio (C/N)	Liquid-circulated	1.75	2.70	2.31	2.69	1.06
	Air-injected	2.36	1.93	2.64	2.76	1.37
	Non treated	2.54	3.20	3.24	3.24	1.97

Remark: 365[†] was stored in previous year. OM[†] is organic matter

기물함량이 0.85%로 기존 성적에 비하여 낮은 값을 나타내고 있어 충분히 부숙이 진행된 것으로 생각된다 (RDA, 2002). 그러나 분사교반처리액비나 폭기처리 액비는 저장기간에 따라 일정하게 감소하는 경향을 볼 수 없는데 이는 탱크 내 상, 중, 저층의 균일도가 다른 액비를 폭기나 교반시 시료를 채취함으로써 충분히 균일하게 섞이지 않았거나 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 있으며 퇴비제조시 질소나 인산 등 성분함량은 부숙기간이 길수록 감소된다. 이는 질소나 인산은 미생물에 동화되거나 암모니아가스 등으로 휘산되어 유실되기 때문이다. Table 6은 돈분저장조의 액비저장기간에 따른 비료성분의 변화를 나타낸 것이다.

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

돈분 액비는 저장조 내에서 액비의 불균질성 정도를 알기 위하여 상층과 중층 및 저층으로 구분하여

시료를 채취하여 분석한 결과는 Table 7과 같다.

Table 7에서 무처리 저장조의 액비는 하층으로 내려갈수록 농도가 짙어지는 경향을 나타내어 기존 결과와 같았다 (Choi, 2004). 그러나 분사교반 저장조나 폭기 교반처리 저장조의 액비는 액비의 상하층이 교반/폭기처리 시 섞이는 효과를 나타내어 무처리 저장조의 액비처럼 뚜렷한 분리현상이 보이지 않았다. 이러한 결과를 해석해 보면 분사교반 저장조나 폭기교반처리 저장조의 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 폭기처리 한 직후에 사용하거나 살포기의 탑재탱크에 흡입시 상·중·하층의 액비가 고루 섞이도록 하여 사용하여야 포장의 지역간 성장차이가 나지 않고 작물의 생육이 정상적으로 균일하게 될 것으로 생각된다. 특히 무처리 저장조의 액비를 사용할 때는 액비가 가급적 균일하게 살포기에 탑재되도록 주의가 더욱 필요할 것으로 생각된다.

돈분뇨 저장처리방법에 따른 장단점 돈분저장조의 처리방법에 따른 장단점을 알기 위하여 일년 저장한 액비의 슬러지침전율을 조사한 결과는 Table 8과 같다.

분사교반 저장조나 폭기 저장조는 침전율이 낮지만 무처리조는 굳어진 침전층이 두꺼워 액비시용을 위하여 분뇨시비탱크에 흡입시 작업이 어려울 것으로 생각되었다. 각 처리탱크별 문제점을 조사하였다. 흡입 분사교반 저장조는 액비를 흡입하여 다시 3개의 배관

Table 6. Concentration of nutritional components of slurry produced from three storage treatments of piggery liquid slurry.

Stored days (Date)	Concentration(g/100g) of nutritional components of slurry								
	Liquid-circulated			Air-injected			Non treated		
	T-N	T-P	K ₂ O	T-N	T-P	K ₂ O	T-N	T-P	K ₂ O
39(Jul.4)	0.40	0.41	0.16	0.41	0.19	0.30	0.59	0.38	0.40
88(Aug.22)	0.30	0.30	0.27	0.60	0.28	0.32	0.40	0.65	0.36
132(Oct.5)	0.35	0.22	0.20	0.44	0.21	0.21	0.34	0.18	0.28
158(Oct.30)	0.28	0.30	0.22	0.42	0.25	0.25	0.34	0.18	0.30
365(Apr.8) [†]	0.23	0.27	0.40	0.34	0.10	0.36	0.32	0.17	0.36

Remark: 365[†] was stored in previous year.

Table 7. Concentration(g/100g) of nutritional components at top, middle and bottom parts of the piggery liquid slurry manure stored for 12 months.

Sampled position	Liquid-circulated slurry				Air-injected slurry				Non treated slurry			
	OM	T-N	T-P	K ₂ O	OM	T-N	T-P	K ₂ O	OM	T-N	T-P	K ₂ O
Top	0.62	0.27	0.20	0.40	0.60	0.37	0.10	0.21	0.65	0.12	0.1	0.21
Middle	0.36	0.21	0.30	0.39	0.80	0.30	0.10	0.37	0.81	0.30	0.1	0.37
Bottom	0.32	0.21	0.30	0.41	0.99	0.35	0.10	0.50	1.08	0.54	0.3	0.50
Average	0.43	0.23	0.27	0.40	0.80	0.34	0.10	0.36	0.85	0.32	0.17	0.36

Table 8. Ratio of organic matter severely consolidated at bottom of the container tanks after one year stored.

Containers	Ratio [†] of organic matters consolidated at bottom(%)
Liquid-circulated tank	15
Air-injected tank	39
Non treated tank	46

Ratio[†] was percent of height of organic matter consolidated at bottom to total height of liquid slurry in the tank

을 통하여 분사하는 원리를 가진 순환펌프로 가동되며, 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 시험 중에도 3회에 걸쳐 가동이 중지된 경우가 생겨 어려움을 겪었다. 따라서 흡입배관입구를 기름망 등 이물질의 흡입을 막을 수 있는 보조장치를 부착하여야 원활한 가동이 될 것으로 생각된다. 폭기식 저장조는 공기주입배관이 1개 곳에만 편중되어 액비전체가 주입된 공기의 혜택을 고루 받을 수 없는 결점이 있었다. 따라서 공기주입구를 3개 정도로 추가하여야 액비의 균일한 부숙이 가능할 것으로 생각되었다. 무처리 저장조는 분사교반이나 폭기교반에 비하여 부숙상태가 낮아 액비의 악취발생 잠재능이 크고, 또한 부위간 액비의 불균질성 높아 작물의 생육 불균형의 원인이 될 수 있고 탱크 바닥에 침전 슬러지가 많은 것으로(Choi, 2004) 시험결과 밝혀짐에 따라 가급적 분사교반이나 폭기교반이 가능하도록 개선될 필요가 있음을 알 수 있다.

적 요

철원군의 모범적 사례로 평가받고 있는 돈분 액비화 사업이 전국으로 확산되고 있으나 최근 액비의 악취문제로 민원이 발생함에 따라 일부 돈분액비 저장조가 가동되지 못하는 사례가 생기고 있다. 따라서 본 시험연구는 대표적 액비저장조의 유형에 따라 악취발생 정도와 액비의 품질을 비교·검토하고 각 저장형태에 따른 장단점을 분석하여 돈분저장조의 발전적 개선을 통하여 돈분 액비화사업의 활성화에 도움이 되고자 수행하였다.

액비 표면상으로 배출되는 악취가스농도는 무처리 저장조가 분사교반식/폭기식 저장조보다 높았으나 밖으로 풍겨 나오는 악취 감지정도는 분사교반식/폭기식 저장조가 무처리 저장조보다 높았다. 분사교반 또는 폭기처리한 액비는 액비품질의 균질도가 높은 반면 무처리 저장조의 액비는 상층, 중층, 및 저층 간의 성분함량 차이가 많아 무처리 액비는 시용시 작물의

균일한 생육이 어려울 것으로 생각되었다.

무처리 저장조는 배출액비의 악취발생 잠재능이 분사교반식 또는 폭기식 저장조의 액비보다 높아 실제 시용시 악취발생이 더 많을 것으로 추정되었다. 분사교반식 저장조는 액비에 이물질 혼입시 액비순환장치에 이상을 가져와 고장이 잦은 것으로 나타났고, 폭기식 저장조는 공기주입배관이 하나밖에 없어 전체액비에 폭기효과가 나타나지 못하는 것으로 추정되었다. 액비의 저장기간에 따른 유기물 및 건물중의 감소경향은 무처리 저장조에서는 뚜렷하였으나 분사교반/폭기처리 저장조의 감소경향은 일관성이 없었다. 무처리 저장조는 액비의 악취저감을 위하여 폭기 또는 교반시설을 추가하여야 할 것으로 생각되었다.

인 용 문 헌

- Arogo, J., R.H. Zhang, G.L. Riskowski, and D.L. Day. 2000. Hydrogen sulfide production from stored liquid swine manure: a laboratory study. *Transactions of the ASAE*. 43:1241-1245.
- Arogo, J., R.H. Zhang, G.L. Riskowski, L.L. Christianson, and 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: characterization and feasibility as pre- or post-treatment to mesophilic anaerobic digestion. *Waste Management* 23:261-272.
- CAESC. 2004. Complemental plan of piggery liquid slurry project for Cheorwon. Management plan for livestock and forest resources(unpublished data). Cheorwon Agricultural Technology Extension Service Cent., Cheorwon, Korea.
- Choi, D.Y. 2004. Study on storage and deodorization technique of piggery slurry. Final Report of development of application techniques of liquid pig manure, RDA. p. 22-71.
- Choi, G.J. 2004. Development of tractor attachable animal slurry manure tank spreader. Final Report of development of application techniques of liquid pig manure, RDA. p.72-111.
- Clifford, W.R., L.B. James, and H. D. Stensel. 1992. Design and retrofit of wastewater treatment plants for biological nutrient removal. *Water Qual. Management Library* 5:1-23.
- Evans, M.R., and E.A. Dean. 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, and S.C. Park. 2000. Removal of ammonium nitrogen containing swine wastewater. *J. Kor. Solid Wastes Eng.*

- Soc. 17:856-861.
- Jung, G.Y. 1998. Stimulation strategy on wide use of liquid slurry manure. Symposium on Environmental-Friendly Treatment Technique of Animal manure. p. 85-102. The National Livestock Research Institute, Suwon, Korea.
- Kim, S.D. 2004. Effect of photolitho-bacteria inoculation on pig liquid slurry quality. Agricultural research report for 2004. Gangwon Agricultural Research and Extension Service, Chunchon, Korea
- Lee, B.J., and S.H. Cho. 2002. Ammonia stripping for the pre-treatment of piggery wastewater. J. Kor. Solid Wastes Eng. Soc. 16:252-260.
- Liao, C.M., and T. Maekawa. 1996. Nitrification/denitrification in an intermittent aeration process for swine waste-water. 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. Biores. Tech. 54:17-20.
- NIAS. 1999. Environmental-friendly production and utilization of compost and liquid slurry fertilizer from animal manure. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Park, B.K. 2004. Establishment of utility technique of liquid pig manure on growth of rice in paddy land of different drainage condition. Final report of the development of application techniques of liquid pig manure, p. 112-161. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Park, B.K., J.S. Lee, N.J. Cho, K.Y. Jung. 2001. Effect of application time and amount of liquid pig manure on growth of rice and infiltration water quality. Korean J. Soil Sci. Fert. 34:153-157.
- Park, B.K., J.S. Lee, N.J. Cho, and K.Y. Jung. 2001. Effect of liquid pig manure on growth of rice and infiltration water quality. Korean J. Soil Sci. Fert. 34:147-152.
- RDA. 2002. Application method of animal liquid manure. Guidance book of agricultural technology p. 44-175. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- RDA. 2004. Standard method of physico-chemical analysis on fertilizer. Fertilizer management law and its corresponding regulation(special table 1), p. 143-233. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Shin, G.Y. 2004. Establishment on the criteria of liquid pig manure application in upland. Final Report of development of application techniques of liquid pig manure, RDA, p. 162-419. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- 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 20:86-92.
- Zhu, J., G.L. Riskowski, and M. Torremorell. 1999. Volatile fatty acids as odor indicators in swine manure-a critical review. American Soc. of Agri. Engineers 42:175-182.