

돈분뇨 슬러리 액비저장조내 침전물 특성 연구

이승훈¹ · 정광화^{2*} · 김종곤² · Modabber Ahmed Khan² ·곽정훈² · 한덕우²

¹충남대학교, ²농촌진흥청 국립축산과학원

A Study on Characteristics of Sediment from Pig Manure Slurry in Liquid Fertilizer Storage Tank

Seung-Hun Lee¹, Kwang-Hwa Jeong^{2*}, Jung-Gon Kim², Modabber ahmerd Khan²,
Jung-Hun Kwag², Deug-Woo Han²

¹Department of Animal Biosystem Science, Chungnam national University,

²National Institute of Animal Science, R.D.A., Suwon, Korea

ABSTRACT

Liquid fertilization of pig manure slurry is very useful treatment method to recycle organic waste matter as a valuable fertilizer. The solids precipitate and accumulated at the bottom of liquid fertilization tank. The content of nitrogen and phosphate are higher in sediment than pig manure slurry. The pH of sediment was 7.53. S-COD/T-COD ratio of pig manure slurry and sediment were 0.477, 0.29, respectively. The moisture content of sediment of pig manure slurry and sediment were 80.45~83.82%, 97%, respectively. The content of organic matter of sediment was 8.79~10.56%. The content of nitrogen and phosphate of sediment and pig manure slurry were 9,000~11,100 mg/L, 9,100~11,100 mg/L, respectively. The particle size of pig manure slurry was distributed from 2 mm to 0.125 mm. On the other hand. the particle size of sediment was under 0.125 mm.

(Key words : Liquid fertilization, Pig manure slurry, Sediment)

서 론

양돈농가에서 발생하는 돼지분뇨를 축사 밖으로 배출하는 방법은 인력에 의한 돈분 수거 방식, 스크레퍼 등의 분뇨 분리 수거장치를 이용한 돈분과 뇨를 별도로 수거하는 분리수거 방식 그리고 슬러리 돈사 방식을 적용한 분뇨혼합 상태의 슬러리 분뇨 수거

방식 등으로 대별된다. 국내 양돈농가의 경우 돈분뇨 수거에 필요한 노동력 절감과 배출된 분뇨 처리의 안정성 확보 등의 필요에 의해 슬러리 돈사형태를 선택하는 비율이 높다. 특히 사육규모가 커질수록 슬러리 돈사가 가지는 분뇨 수거 및 분뇨처리 과정에서 상대적 간편성 등의 사유로 인해 슬러리 돈사를 채택하는 비율이 높아지는 경향이 있

*Corresponding author : Kwang-hwa Jeong, National Institute of Animal Science, R.D.A., Suwon 441-706, Korea Tel : +82-31-290-1732, E-mail: gwhaju@korea.kr

2014년 10월 15일 투고, 2014년 10월 30일 심사완료, 2014년 11월 5일 게재확정

다. 슬러리 형태의 돈분뇨는 분과 뇨 그리고 세정수가 혼합된 액상 형태로서 수분 함량이 통상적으로 97% 내외에 이른다. 이런 고 수분 상태의 분뇨를 처리하는 방법은 액상분뇨 처리방법인 정화처리와 액비화(액상비료화) 등이 주를 이루고 근래 들어서는 혐기소화 방식에 의한 바이오가스화 방법도 일부 적용되고 있지만 현재 국내에서 실제로 가동되고 있는 돼지분뇨 바이오가스화 시설이 약 20여 개소에 지나지 않으므로 아직은 퇴비화나 액비화가 주를 이룬다고 할 수 있다⁽¹⁾. 현재 우리나라 가축분뇨 처리 관련 주요 정책방향은 퇴비화나 액비화에 의한 처리 후 경작지에 환원하는 자원화이다. 따라서 액상분뇨를 처리하는 방안으로서 액비화 방법의 적용이 점차 늘고 있는 추세로서 '07년에 1,794천 톤에서 '11년에는 3,003천 톤 그리고 '13년에는 3,997천 톤에 달하였다. 이 증가경향을 가축분뇨 총발생량 중에서 액비화가 차지하는 비율로 환산할 경우에도 '07년 4.3% '11년 7.0% 그리고 '13년 8.5%로 액비화에 의한 처리량과 처리비율이 모두 높아지고 있는 추세이다. 돼지분뇨 처리에서 액비화가 차지하는 비율이 높아짐에 따라 전국에 설치된 액비화 시설의 수도 많이 늘어나게 되었다. 그 중에 사용기간이 길어진 액비화 시설의 경우 액비조 바닥에 침전물이 형성되는 현상이 발생하는 사례가 늘고 있다. 액비조에 침전물을 처리하지 않고 돼지분뇨 슬러리를 반입하게 되면 퇴적층이 해마다 높아져 저장용량이 줄어들 뿐 아니라 저장조를 사용하는데 어려움을 겪게 된다⁽²⁾. 침전물 관리문제는 분뇨처리 분야뿐만 아니라 하수와 상수처리 등 액상물 처리관련 분야에서는 공통적인 관심사항이다. 하수처리 분야 등에서는 액상물 처리시 발생하는 침전슬러지의 배출이나 침전물의 특성분석 등에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있지만 가축분뇨 액상처리 분야에서는 아직 침전물 형성과 그 특성에 관한 연구사례

가 미약한 실정이다^(3,4). 따라서 본 연구에서는 돼지 분뇨 슬러리의 액비화시 생성되는 침전물의 특성을 분석하였다.

재료 및 방법

돼지분뇨 슬러리의 액비화시 발생하는 침전물의 특성을 분석하기 위하여 내용량 3m³ 규모의 반응조에 돼지분뇨 슬러리를 투입하였다. 이후 공기를 불어 넣어주는 호기적 액비화 방식을 적용하였다. 폭기시 공기공급량은 가축분뇨 자원화시설 표준설계도 해설서⁽⁵⁾에 제시된 액비화시 공기 공급량 수준으로 조절하였다. 현장에서 실제로 운영되는 시설에서의 침전슬러지 특성을 분석하기 위하여 실처리 규모 (200 m³)의 액비조에서 침전슬러지를 채취하여 그 특성을 분석하였다. 실처리 규모 시설에서의 시료채취는 액비사용에 따라 액비조가 비어있는 시기에 액비조 내에서 직접 채취하였다. 시험과정에서 채취한 분석용 시료는 냉장상태로 실험실로 이송한 후 표준분석법에(AOAC, APHA) 준하여 성분 분석을 실시하였다^(6,7).

결과 및 고찰

폭기가 진행 중인 액비화조에서 채취한 돈분뇨 슬러리 액비 층의 시료를 채취하여 성분을 분석하였다. 이후 돈분뇨 슬러리 액비 층을 제거하고 바닥에 남은 슬러리 층을 채취하여 성분 분석을 실시하였다. 상기 두 가지 시료의 성분 분석 결과는 Table 1에 나타난 바와 같다.

Table 1에 나타난 바와 같이 돈분뇨 슬러리 층에 비해 침전슬러지 층에서 질소와 인 그리고 고형성 성분 등의 농도가 더 높았다. pH는 돈분뇨 슬러리 층에서 더 높은 값을 보였으며 침전 층의 pH도 7.53으로 낮지 않은 값을 보였다. 이는 침전 층의 알칼리도가

Table 1. Characteristics of pig manure slurry and sediment in the experimental reactor.

Items	Concentration	
	Pig manure slurry	Sediment
pH	7.84	7.53
T-N (mg/L)	4,900	6,600
T-P (mg/L)	1,000	5,700
T-COD (mg/L)	30,122	66,950
S-COD (mg/L)	15,689	19,575
SS (mg/L)	32,889	145,333

돈 분뇨 슬러리 층에 비해 약 3.12 배 높은 것과 연관되는 것으로 판단된다. 질소와 인의 농도도 침전 층에서 더 높게 나타났다. 특히 인의 경우 두 층간의 농도 차이가 매우 크게 나타난 것과는 다르게 질소의 경우는 두 층간의 농도 차이가 인에 비해 상대적으로 적었다. 이 결과는 액비저장조 내 돼지분뇨 슬러리 층의 깊이에 따라 질소농도 변화에 비해 인의 농도변화가 현저하게 크게 난다고 보고한 정 등의 연구 결과와 유사한 결과이다(8). 또한 COD와 SS 농도도 두 층간에 차이가 크게 차이가 난다. 두 층간의 COO 농도 값의 차이를 분석한 결과, S-COD / T-COD 값이 돼지분뇨 슬러리 층의 경우 0.477 인데 비해 침전 층은 0.29 수준으로 더 낮게 나타났다. 이 결과는 침전 층에서의 가용 유기물 함량이 돼지분뇨 슬러리 층보다 낮다는 것을 의미한다.

농업 현장에서 운영되고 있는 4개 지점의 실험 규모 액비화조에에서 채취한 침전 층의 성분을 분석한 결과는 Table 2에 나타난 바와 같다.

현장에서 실제 운영되고 있는 규모의 액비 저장조 4개소에서 채취한 침전 슬러리의 성분을 분석한 결과 pH는 8.54~8.71의 수준이었다. 이는 Table 1에 기록된 바와 같이 침전 층에서의 알칼리도 축적과 연관되어진다고 볼 수 있다. 침전 층에서의 수분 함량은 80.45~83.82% 수준이었는데 이는 돼지분뇨 슬러리의 수분 함량이 97% 내외인 것에 비하면 큰 차이를 보인다. 유기물 함량은 8.79~10.56% 수준이었다. 침전 층에서의 질소와 인의 함량은 각각 9,000~11,100 mg/L와 9,100~11,100 mg/L 수준으로서 두 성분 간의 함량 차이가 거의 없는 것으로 분석되었다. 이 결과 역시 정 등의 연구 보고(8)와 유사한 결과이다.

Fig. 1은 본 시험에서 시료를 채취한 실험 규모 돼지분뇨 슬러리 액비화조에 형성된 침전 층의 외관을 나타낸 것이다.

Fig. 1은 저장되어 있던 액비를 농경지에 사용한 뒤 남은 침전 층의 모습이다. 본 시험에서 조사 대상으로 선정한 상기의 액비 저장조는 사용기간이 오래 경과한 저장조로서

Table 2. Characteristics of sediment of pig manure slurry in field scale the liquid fertilizer storage tank.

Items	Concentration			
	Storage tank 1	Storage tank 2	Storage tank 3	Storage tank 4
pH	8.54	8.71	8.62	8.67
Moisture content (%)	83.05	80.45	83.85	82.16
Organic matter (%)	9.33	10.56	8.79	9.70
Organic matter / Nitrogen	9.49	9.51	9.81	1.03
T-N (mg/L)	9,800	11,100	9,000	10,300
T-P (mg/L)	9,300	11,100	9,100	11,000



Fig. 1. Surface of sediment layer in liquid fertilizer storage tank.

보통의 다른 저장조에 비해서는 침전 층이 더 많이 형성된 경우이다. Table 3은 침전 슬러지 층의 하층부에서 채취한 고형물중의 휘발성분 함량과 폭기 중인 액비조 내에서 채취한 돼지분뇨 슬러지 층의 휘발성 고형물의 함량을 비교한 결과이다.

침전 층의 하층부에서의 채취한 고형물에서의 총고형물 함량은 14.9~19.6% 수준으로 폭기과정에서 채취한 돼지분뇨 슬러지중의 총 고형물 2.9~5.3%에 비해 매우 높은 수준을 보였다. 반면에 총 고형물중의 휘발성 고형물 함량은 7.3~9.5% 수준으로 돼지분뇨 슬러지의 31.5~38.3%에 비해 상대적으로 낮은 값을 나타냈다. 이 결과는 침전슬러지가 액비조 내에 오랜 기간 체류하면서 가용성 유기물의 분해가 많이 이루어진데 기인한 것으로 판단된다.

돼지분뇨 슬러리를 3 m³ 크기의 저장용 탱크에 수표면 높이가 약 1.7m 높이에 해당하는 정도로 투입하고 비치식으로 운전하며 폭

기과정을 거친 후 침전되는 슬러지의 양을 조사하였다. 그 결과 반복처리구 간에 약 40~80 mm 높이의 침전 층이 형성되었는데 침전물 형성 높이는 투입되는 분뇨의 특성 및 고형물 함량과 운전 조건과 운전 기간 등 제반 여건에 큰 영향을 받는 것으로 판단된다.

액비를 반출한 후 상당 기간이 경과하여 침전물이 건조된 상태로 되어있는 액비조에서 건조된 침전 슬러지의 상부와 하부로 분리 채취하여 건조하였을 때 밀도와 고형물 함량을 측정된 결과는 Table 4에 나타난 바와 같다.

Table 4는 습윤 상태의 침전슬러지와 액비조내에서 자연 건조된 상태의 침전슬러지의 밀도와 고형물 함량을 나타낸 값이다. 자연 건조된 슬러지의 경우 상층부보다는 하층부 슬러지의 밀도가 약간 더 무겁고 총고형물 함량의 비율도 상대적으로 높게 나타났다. 반면에 휘발성 고형물의 비율은 더 낮게 나타났다는데 이는 침전시 무기성 고형성분의 무

Table 3. VS/TS ratio of a deep sediment and a pig manure slurry.

Items	Sediment		Pig manure slurry	
	TS (%)	VS (%)	TS (%)	VS (%)
Sampling site 1	14.9	7.3	4.9	31.7
Sampling site 2	17.9	8.5	2.9	38.3
Sampling site 3	16.1	7.7	5.3	31.9
Sampling site 4	19.6	9.5	4.8	31.5

Table 4. Density and VS/TS ratio of dried sediment.

Items		Density (kg/m ³)	TS (%)	VS (%)
Dried sediment	Upper layer	698	17.2	11.2
	Bottom layer	702	19.8	9.8
Wet sediment	Mixture	957	16.1	7.7

게 차이에 의한 침전특성에 기인한 것으로 판단된다. Fig. 2는 돼지 분뇨 슬러리와 침전 슬러리의 입자 분포 정도를 조사한 결과이다.

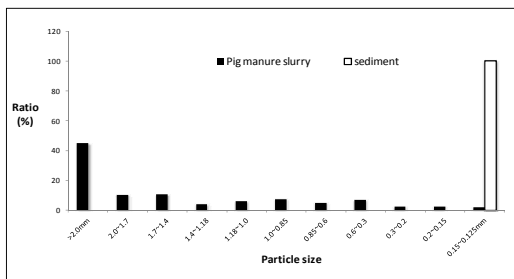


Fig. 2. Difference of distribution of particle between sediment and pig manure slurry.

Fig. 2는 돼지분뇨 슬러리와 침전 슬러리의 입자크기별 분포 정도를 나타낸 결과이다. 돼지분뇨 슬러리는 2 mm~0.125 mm 사이 크기의 입자가 크기별로 분포해 있는데 비해 침전 슬러리의 경우 전체 입자가 모두 0.125 mm 이하의 크기로 존재하는 것으로 나타났다. 이 결과는 침전 슬러리가 액비화 과정과 침전 시간을 거치는 동안 분해되어서 미립자화 되었다는 것을 의미한다.

결론

돈분뇨 슬러리를 저장하는 액비저장조 내에서의 침전슬러리의 형성과 특성에 대한 분석을 실시하였다. 실험결과를 요약 주요 내용은 다음과 같다.

돈분뇨 슬러리 층에 비해 침전슬러지 층에서 질소와 인 그리고 고형성 성분 등의 농도

가 더 높았다. pH는 돈분뇨 슬러리 층에서 더 높은 값을 보였다.

또한, 질소와 인의 농도도 침전 층에서 더 높게 나타났다. 특히 인의 경우 두 층간의 농도 차이가 매우 크게 나타난 것과는 다르게 질소의 경우는 두 층간의 농도 차이가 인에 비해 상대적으로 적었다.

두 층간의 COO 농도 값의 차이를 분석한 결과, S-COD/T-COD 값이 돼지분뇨 슬러리 층의 경우 0.477 인데 비해 침전 층은 0.29 수준으로 더 낮게 나타났다.

침전 층의 하층부에서의 채취한 고형물에서의 총고형물 함량은 14.9~19.6% 수준으로 폭기과정에서 채취한 돼지분뇨 슬러리층의 총 고형물 2.9~5.3%에 비해 매우 높은 수준을 보였다.

입자크기별 분포 정도를 조사한 결과 돼지분뇨 슬러리는 2 mm~0.125 mm 사이 크기의 입자가 크기별로 분포해 있는데 비해 침전 슬러리의 경우 전체 입자가 모두 0.125 mm 이하의 크기로 존재하는 것으로 나타났다.

사 사

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

인용문헌

- Jeong, K.H., Kim, J.K., Han, D.W., Kwag, J.H., 2014. Status of anaerobic digestion

- facility for pig slurry in korea. J. lives. hous. & Env. 20 (1), 27-34.
2. Rural development administration. 2012. livestock compost, liquid fertilizer quality management and utilization. 61-62.
 3. Oh, S.Y., Byun, D.K., 2005. Study on effective way of settling sludge emission. J. KSFM. 8(2), 16-22.
 4. Lee, H.G., Kim, Y.C., Choi, E.S., 2009. Study on settling characteristics of activated sludge in domestic sewage treatment disposal plant. J. Korea society of water env. 25(6), 964-971.
 5. Ministry for food, agriculture, Ministry of environment, nonghyup. 2009. Livestock manure resource facility standard design. 78.
 6. AOAC. 2007. Official Methods of Analysis. AOAC INTERNATIONAL.
 7. APHA. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th Edition.
 8. Jeong, K.H., Jeong, E.S., Park, C.H., Gawg, J.H., Choi, D.Y., Yoo, Y.H., 2006. The Changes of Solid, Nitrogen and Phosphorus Concentrations in Pig Slurry Stored at Various Depth of Slurry Storage Tank. J. lives. hous. & Env. 12(3), 161-168.