

급속액상부숙기술(TAO system)을 이용한 가축분뇨 슬러리의 질소·인 저감기술

이원일 · 이명규

상지대학교 환경공학과

Reducing Technique for Nitrogen and Phosphorus in Piggery Slurry by the Thermophilic Aerobic Oxidation(TAO) System

Lee Won-Il and Lee Myung-Gyu

Department of Environmental Engineering, Sangji University

Summary

TAO system and solid-liquid separation (28mesh filter and 200mesh filter) were applied in processing piggery slurry to see the reduction of N and P and to draw the efficiency in reducing manure application area. The results are as follows;

1. The amount of N and P in slurry of 4.6m³/day was 22.5kg/day (4,893mg/ℓ) and 7.32kg/day (1,592mg/ℓ).
2. Reduction rate of N and P by TAO reactor was 9.9kg/day (46.0%) and 3.47kg/day (34.0%).
3. Reduction rate of N and P by Solid-liquid separation was 10.5kg/day (46.6%) and 5.12kg/day (69.8%).
4. On the basis of the amount of nitrogen composting, the square size of liquid manure sprinkled area was reduced from 74.6ha/y to 39.0ha/y in rice paddy, and from 63.2ha/y to 33.0ha/y by the treatment.

(Key words : Liquid livestock manure, TAO system, Solid-liquid separation, Piggery slurry, Nitrogen)

서 론

국내 축산농가의 분뇨처리시설 형태는 자원화시설 74%, 정화방류시설 26%로써, 자원화시설이 압도적으로 많은 수를 차지하고 있으며, 정부의 시책 또한, 2001년부터는 정화방류시설의 정부지원을 중지하고, 자원화시

설에 지원하는 방안이 추진되고 있으며, 특히 가축분뇨처리시스템은 경제성 비교를 통해 경제적인 축분의 자원화에 기본방향을 둔, 고도수처리방법의 개발과 개별농가, 지역 단위별 분뇨의 자원화 액비, 환경농업과 연계된 Recycle system에 중점적인 연구를 하고 있다.

가축분뇨의 자원화 방안이 추진됨에 따라서, 가축분뇨중에 함유된 비료성분량은 질소의 경우 355천톤, 인산 257천톤, 칼리 336천톤에 달하여 농촌진흥청에서 추천하는 시비기준인 260천톤, 114천톤, 168천톤 보다 월등히 높아 물량으로 볼 때, 우리나라 농경지의 시비량을 가축분뇨만으로도 충족시킬 수 있다고 하였다(농림부, 2001). 또한, 지역별 가축사육두수 및 분뇨중의 비료성분 부하량에서 경기 836kg/ha·년, 강원 328kg/ha·년, 충북 337kg/ha·년 등으로 가축사육밀도가 높은 경기도의 경우, 질소가 ha당 311kg, 인산 253.3kg, 칼리 271.4kg으로서 가축분만 활용하더라도 현재의 시비량을 초과하고 있다고 보고하였다(정광용, 1998). 해외에서 유입되는 질소의 양이 34만 5천톤에 달하며, 농경지에는 연간 화학비료의 현대로 48만 4천톤의 질소가 부하됨으로 국내의 국토에는 총 85만 7천톤의 질소부하가 발생하고 있다고 보고하였다(류종원, 1997).

액상분뇨 및 가축분뇨 퇴비의 농경지 살포가 활발히 진행됨에 따라 우리나라를 비롯한 대부분의 국가에서 가축분뇨를 퇴비화하여 농경지에 살포할 경우 질소와 인기준으로 시용량을 규제하고 있다. 우리나라의 경우, 환경부의 규정은 질소를 기준으로(110kg-N/ha/y) 돼지 1두당 초지 470m², 논 900m², 밭 580m²의 농경지를 확보하도록 하고 있으며, 독일의 경우 지역별로 차이가 있으나, 질소를 기준으로 160kg~240kgN/ha로 규정하며, 네델란드의 경우는 인산을 기준으로 175kgP/ha 살포하도록 하고 있다(서성배, 1998).

가축분뇨를 자원화하여 농지에 환원하는 방안으로 전환되고 있으나, 가축분뇨 중에 함유된 비료성분이 높기 때문에 가축분뇨 중에 함유된 고농도의 질소와 인의 함유량을 저감하게 되면, 가축분뇨를 자원화하는 것이 더욱 원활할 것으로 판단됨으로써, 본 연구는 고농도의 유기물과 질소, 인을 함유한 가

축분뇨의 처리에 있어서, 유기물과 질소·인의 부하를 저감할 수 있는 기술을 개발하고자 하였으며, 그 결과를 보고하고자 한다.

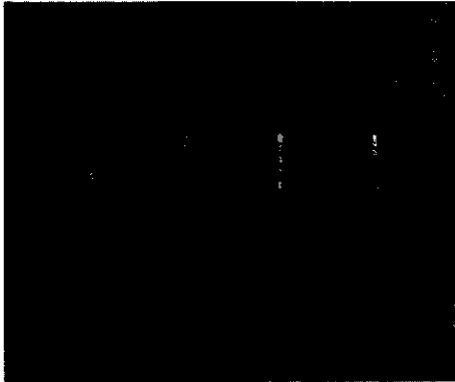
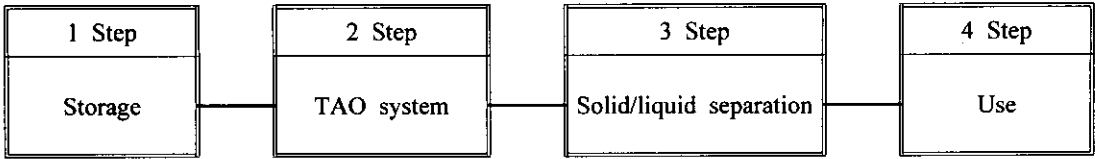
재료 및 방법

1. 실험장치 및 방법

질소·인 부하 저감기술은 ①저류 ②처리(감량, 안정화) ③고액분리 ④이용으로, 크게 4단계로 구분되어진다. 각각의 단계를 살펴보면, 저류는 양돈농가에서 발생하는 분뇨를 저장하는 것으로, 기존의 양돈농가에 설치된 저류조를 이용할 수 있다. 두 번째, 처리단계에서는 농림부에서 선정된 축산분뇨 처리장치의 하나인 급속액상부숙기술(TAO system)로써, 이 기술은 양돈분뇨 투입량의 30~70%를 감량화 할 수 있으며, 무취화가 가능하고, 처리온도가 50~65℃ 이상 유지됨으로써, 이용성과 안전성이 확보된 액비를 생산할 수 있는 특징이 있다고 발표하였다(이원일, 2001). 세 번째, 고액분리는 급속액상부숙기술에서 배출된 액비를 진동스크린으로 처리하여 고형물과 액상물을 분리한 후, 저장하여 액비로 이용하는 것으로서, 이러한 질소·인 저감기술의 처리 단계를 Table 1에 나타내었다.

본 실험에 사용된 실험장치는 Fig. 1에 제시하였으며, TAO system(a)의 크기는 8.63 m(L)×2.5m(W)×2.4(H), 면적 21.6m², 내용적 52m³이며, 공기를 주입할 수 있는 수중폭기장치(Air input pump : 5HP, 60m³/hr)가 3대, 공기주입으로 발생된 거품을 소포할 수 있는 수분중발장치(Foam cutter : 2HP, 1,200 rpm)를 4대 부착되어 있다. 고액분리를 위한 진동스크린(b)은 K사에서 판매하는 Model No : DSTS 1000로서 28mesh와 200 mesh의 망을 설치하여 고형물과 액상물을 분리하였다.

Table 1. Step of the reduction technology of Nitrogen and Phosphorus



(a)



(b)

Fig. 1. Picture of the reduction technique of Nitrogen and Phosphorus.

2 step : TAO system(a), 3 step : Solid/liquid separation(b)

결과 및 고찰

1. 이화학적 성상변화

양돈분뇨(Slurry)와 급속액상부숙기술 반응기로 처리되어 배출된 발효처리액(Efflux)과 발효처리액을 고액분리한 여과액(Efflux-PS)의 이화학적 성상을 수개월간의 연구자료를 정리하여 Table 2에 제시하였다. 각각의 처리에 따른 질소농도를 비교하였을 때, 분뇨(Slurry)와 발효처리액 그리고 고액분리액의

질소농도는 약 5,000mg/l로 큰 차이를 보이지 않았으나, 분뇨와 Efflux의 유기태 질소의 양을 살펴보면, Efflux의 경우, 70% 이상을 차지하고 있었다. 인과 칼륨의 농도는 각각 분뇨 1,592mg/l, 2,846mg/l, Efflux 1,397mg/l, 2,737mg/l, Efflux-PS 929mg/l, 223mg/l로 낮게 나타났다. 고형물 함량의 경우는 각각 5.10%, 5.44%, 3.43%로 고형물 함량을 감소시킴으로써, 양액재배, 수경재배 그리고 점적관수와 같은 시설재배에 액비를 이용할 수 있게 되었다.

Table 2. Chemical components of slurry, Efflux and Efflux-PS

(unit : mg/l)

	Slurry	Efflux	Efflux-PS
pH	6.86	8.46	9.05
TS	5.10	5.44	3.43
T-N	4,893	4,862	5,000
T-P	1,592	1,397	929
K	2,846	2,737	223

2. 질소·인 저감효과

Table 3은 각각의 처리 단계별 질소와 인의 농도를 기초로 하여 질소와 인의 저감효과를 나타낸 것으로써, 양돈 800두를 사육하는 농가를 기준으로 제시하였다. 양돈농가에서 발생하는 분뇨를 4.6m³으로 하였을 경우, 분뇨에 포함된 질소와 인의 양은 각각 22.5kg, 7.32kg이었으나, 급속액상부숙기술로 1차 처리하였을 경우, 30~70%의 감량화 효율을 가지고 있으나, 평균 40%라고 가정하면 Efflux로 2.76 m³이 발생하게 되며, 2.76m³에 포함된 질소와 인의 양은 13.4kg, 3.85kg으로 처리전 분뇨에 포함된 양의 질소는 40%, 인은 47% 저감된 것을 알 수 가 있었다. 2차 처리로써, 고액분

Table 3. Effect of the reduction technique on the Nitrogen and Phosphorus of piggery slurry

Storage	Excretion volume : 4.6T/day	
	N : 4,893mg/ℓ	22.5kgN/4.6T
	P : 1,592mg/ℓ	7.32kgN/4.6T
TAO system	Reduction volume rate (Field scale 30~70%)	
Efflux	Efflux volume : 2.76T/day	
	N = 4,862mg/ℓ	12.6kgN/2.76T
	P = 1,397mg/ℓ	3.85kgP/2.76T
	N(46%), P(34%)	
Solid/liquid separation	Efflux-PS volume : 2.4T/day	
	N = 5,000mg/ℓ	12.0kgN/2.4T
	P = 929mg/ℓ	2.2kgP/2.4T
	N(46.6%), P(69.8%)	

* 양돈800두를 사육하는 실험농가의 자료임.
 ** 돼지 1두당 발생하는 분뇨에 포함된 N, P의 양분 1.8kg(N : 13.86g, P : 9.0g)
 뇨 2.8kg(N : 23.4g, P : 1.96g)

리를 하였을 경우, Efflux-PS에 포함된 질소와 인의 양은 각각 12.0kg, 2.2kg으로 질소 46.6%, 인 69.8%의 저감효과를 도출할 수 있었다.

3. 농지환원 면적비교

가축분뇨를 자원화하여 경지에 살포할 수 있는 경지가용면적을 살펴보았을 때, 미국과 독일의 경우, 3.18ha, 0.74ha이나 우리나라의 가용경지면적은 0.43ha로서 네덜란드의 0.21 ha 다음으로 적은 수준이며, 인산성분을 고려할 경우 가축분뇨의 환원부담은 더욱 크다고 보고하였다(정광용, 1998).

Table 4는 급속액상부숙기술을 이용한 양돈분뇨의 질소·인 농도저감에 따른 토양환원면적을 계산한 것으로서, 양돈농가에서 발생하는 질소·인의 총량을 기준으로 하여 액비살포면적을 산출하였다. '98농림통계연보와 '99 주요작물 지역별 재배동향을 통하여 우리나라의 작물에 대한 재배면적은 약 220십만ha인 것으로 나타났다. 논농사지역만을 살펴보았을 때, 논농사의 면적은 1백만ha로써, 질소시비량(110kg/ha/y)을 기준으로 11만 ton에 달하는 양을 살포할 수 있는 것으로 나타났다.

2000년 국내의 양돈 사육규모는 780만두로 발생하는 분뇨는 약 1,300만 ton으로 총 질소량은 평균 5,000mg/ℓ로 가정하였을 경우, 65,000ton으로 59.1%의 면적이 필요하지만, 급속액상부숙기술로 1차 처리하여 분뇨발생량의 40%(1일 4.6 ton 투입시 1.8 ton 감량조건)를 감량하였을 경우, 연간 질소 발생량의 46%를 저감함으로써, 실제 환원면적의 32.0%만이 필요한 것으로 나타났다. 또한, 2차 고액분리를 하였을 경우, 연간 질소 발생량은 34,710ton으로 27.6%의 환원면적만이 필요하였다. 위의 결과를 기초로 하여 가축분뇨에 고농도로 함유된 질소농도를 저감시킴

Table 4. Comparison of Liquid livestock manure application area by reducing technique of nitrogen and phosphorus

		Storage	TAO system	Solid/liquid separation
Total production (ton · N/year)		65,000	35,100	34,710
Application Area (ha)	Rise field	590,909 ha	319,090 ha	276,000 ha
	Field	325,000 ha	175,500 ha	173,500 ha

- The Ministry of Agriculture and Forestry(2001)

* N - Rise field : 110kgN/ha · y, Field : 200kgN/ha · y

로써, 한정되어있는 농경지에 살포할 수 있는 분뇨의 양을 증가시킬 수 있음을 알 수 있었다.

특히, Table 3에서 인(P)의 저감효율이 69.8%로 46.6%의 질소저감보다 높은 효과를 보임으로 향후, 토양의 액비살포기준을 인(P) 기준으로 규제하는 방안으로 전환되었을 경우 질소를 기준으로 하였을 때보다 살포 소요면적을 감소할 수 있는 것으로 판단된다.

적 요

돈분뇨에 함유된 질소·인의 부하저감과 액비살포면적 감소에 대하여 급속액상부숙기술 반응기(TAO system)과 28mesh, 200mesh의 막을 가진 고액분리기를 적용하여 연구한 결과는 다음과 같다.

1. 농가에서 발생하는 분뇨 4.6m³/day에 함유된 질소와 인의 양은 22.5kg · N/day(4,893 mg/ℓ), 7.32kg · P/day(1,592mg/ℓ)이었다.
2. 감량화 단계에서는 질소와 인이 각각 12.6kg · N/day(4,862mg/ℓ), 3.85kg · P/day(1,397 mg/ℓ)로 46.0%, 34.0% 감소하였다.
3. 고액분리단계에서는 질소와 인이 각각 12.0kg · N/day(5,000mg/ℓ), 2.2kg · P/day(929 mg/ℓ)로 일일 발생량의 46.6%, 69.8% 감소하였다.
4. 질소시비량을 기준으로 처리 전·후의 액비 살포면적은 논외의 경우, 74.7ha/y에서

39.0ha/y, 밭의 경우, 63.2ha/y에서 33.0ha/y로 감소하였다.

감사의 글

본 연구는 농림부 “가축분뇨 자원화 및 이용기술 개발”과제의 연구비의 지원으로 수행된 연구결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

인 용 문 헌

1. Mynug-Gyu Lee. 1995. Evaluation of efflux of swine waste stablized in continuous aerated bio-reactor (CABR) as an organic fertilizer. J. Environmental Sci. 제 1권 제 1호 43-60.
2. Takashi Osada, Kiyonori Haga and Yusuo Harada. 1991. Removal of nitrogen and phosphorus from swine wastewater by the activated sludge unit with the intermittent aeration process. Wat. Res. 25(11). 1377-1388.
3. 농림부. 2001. 가축분뇨 자원화 및 이용기술개발 보고서.
4. 류종원. 1997. 한국 국토의 질소부하와 질소오염 방지대책. 축산시설환경학회. 제 3권 제 2호 125-131.
5. 류종원. 1998. 저장액비화를 위한 효율적 분뇨처리방안. 가축분뇨의 합리적 자원화

- 방안. 41-50.
6. 류종원. 1998. 환경친화적인 가축분뇨 처리 기술. 제 4회 학술심포지움 가축분뇨 처리 기술 개발동향. 84-86.
 7. 서성배. 1998. 가축분뇨 처리에 따른 문제점과 대책. 가축분뇨의 합리적 자원화 방안. 5-21.
 8. 이명규. 1998. 가축분뇨의 발효증발처리 시설의 발전방향. 환경친화형 가축분뇨처리기술 심포지움. 71-84.
 9. 정광용. 1998. 저장액비 살포면적 확보 방안. 가축분뇨의 합리적 자원화방안. 51-83.
 10. 정광용. 1998. 가축분뇨 액비이용의 활성화 방안. 환경친화형 가축분뇨처리기술 심포지움. 87-102.