

급속액상부숙기술(TAO system)을 이용한 양돈분뇨의 연속처리

이원일 · 이명규

상지대학교 환경공학과

Continuous Treatment of Piggery Slurry using the Thermophilic Aerobic Oxidation (TAO) System

Lee Won-Il and Lee Myung-Gyu

Department of Environmental Engineering, Sangi University

Summary

TAO system was applied to treatment of piggery slurry. In the experiments, the volume of influx was differentiated in four types. The features of operation, evaporation rate, and efficiency of successive treatment were drawn. The results are;

1. During the operation, the inside temperature was maintained at over 60°C with the highest 70.2°C.
2. The evaporation rate of influx volume was 31.4%. And the evaporation volume of per square meter was 108 l/m²; slightly different from 120 l/m² of batch type.
3. The VFAs was decreased by 95% (from 1,538mg/l in influx to 72.9mg/l in Efflux). Thus, successive operation of TAO system is considered to be possible.

(Key words : Slurry, Thermophilic Aerobic Oxidation System, Evaporation ration, Temperature)

서 론

가축분뇨로 인한 환경오염 문제는 어제오늘의 문제가 아니며, 향후 사회문제로까지 표면화될 수 있는 시급한 과제이다. 과거 농업용 관개수, 상수원 수질보호를 위한 가축분뇨의 관리는 수질오염원으로서의 차원을 떠나 이제는 토양오염, 악취민원까지 그 범

위가 확대되면서 그 동안의 정화처리기술과 퇴비화 방법을 축으로 한 관리방법에 한계성을 인식하게 되었고, 이에 따른 새로운 국내 가축분뇨 관리방안을 모색할 시점인 것이다 (이명규, 1998).

국내 가축분뇨 발생원 중 가장 환경오염과 밀접한 관계를 가지고 있는 축종은 양돈분뇨로서, 양돈농가가 충분한 농지환원 면적을

보유하고 있지 못한 것은 분뇨관리에 있어서 최대 걸림돌로 지적할 수 있다(정광용, 1998, 이명규, 1998). 국내 양돈농가가 충분한 정화 처리기술이나, 수분조절제, 농지환원 면적을 확보하고 있지 못한 상태에서 취할 수 있는 대책이라면, 앞서 지적한 이러한 한계성이 있는 요건을 필요로 하지 않는 새로운 관리 기술의 개발과 개발된 기술을 영속적으로 현장에서 적용할 수 있는 행정 제도상의 체계 구축이 필요하다고 하였다(이명규, 1998). 이러한 새로운 관리기술에서 급속액상부숙기술은 축산분뇨와 같은 고농도 유기성폐기물을 단기간에 새로운 자원인 액상비료로의 자원화와 감량 효과를 얻을 수 있는 기술로써, 지금까지의 연구는 회분식으로 처리하였을 때의 운전특성과 증발효율에 대하여 보고되어졌다(농림부, 2001).

본 연구에서는 급속액상부숙기술을 이용한 양돈분뇨의 연속처리에 대한 가능성을 알아보고자 하였으며, 이때의 운전특성과 감량효율을 도출하여 그 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 장치

실험에 사용된 시료는 양돈농가에서 채취하였고, 28mesh → 200mesh의 망을 가진 진동스크린을 이용하여 스크린처리한 액을 시료로 이용하였다. 실험에 사용된 시료의 이화학적 성상은 Table 1에 제시하였다. Fig. 1과 Fig. 2는 급속액상부숙기술 반응기의 개략도와 사진을 나타낸 것이다. 실험장치(TAO system-Pilot scale)의 크기는 내용적이 약 1.1m³[0.89(W)×0.89(H)×1.39(L)], 면적 1.24m²이며, 내부에 공기를 공급하는 수중폭기장치(Air input pump)와 공기주입으로 인해 발생된 거품을 소포할 수 있는 수분증발장치(Foam cutter)를 설치하였다. 운전기간 중의

pH와 온도변화를 살펴보기 위해서 바닥으로부터 각각 30cm, 50cm의 높이에 센서를 부착하여 연속으로 측정하였다.

Table 1. Chemical components of applied slurry

Concentration (mg/ℓ)		Concentration (mg/ℓ)	
CODcr	52,216	T-P	1,592
T-N	4,140	PO ₄ -P	724.19
NH ₄ -N	1,884	VFAs	1,538

2. 실험방법 및 분석

실험에 따른 반응기의 운전조건을 Table 2에 제시하였으며, 운전조건 및 특성을 알아보기 위하여 분뇨 투입량을 처리구 별로 50ℓ/2hr(Run-1), 50ℓ/3hr(Run-2), 120ℓ/2hr(Run-3), 60ℓ/4hr(Run-4)로 설정하여 실험하였으며, 이때의 온도 및 수위변화, 투입량, 배출량을 측정하였고, 처리에 따른 투입시료와 배출액, 내부액의 이화학적 성상을 비교하기 위하여 CODcr, T-N, NH₄-N, T-P, PO₄-P, VFAs를 분석하였다. 휘발성 저급지방산(VFAs)의 측정을 위해서 가스크로마토그래피(Shimadzu GC-14B)를 사용하였으며, 운전방법은 Table 3과 같다. 분석을 위해서 각 대상 시료는 회석하여 원심분리관에 20ml씩 넣은 후, 1N HCl을 각각 3ml씩 가하여 pH1~2로 맞춘후 10,000rpm에서 10분 동안 교반한 다음, 상등액 15ml를 취하여 Ethyl-ether 15ml와 함께 스크류시험관(35ml용)에 넣어 냉동실(-6~-12℃)에 4시간 동안 보관하였다. 분석 시에는 Ethyl-ether층만을 10ml 취하여 분석용 시료로 이용하였다. 그 외의 항목은 공정시험법(Standard method, 1996)에 따라 분석하였다.

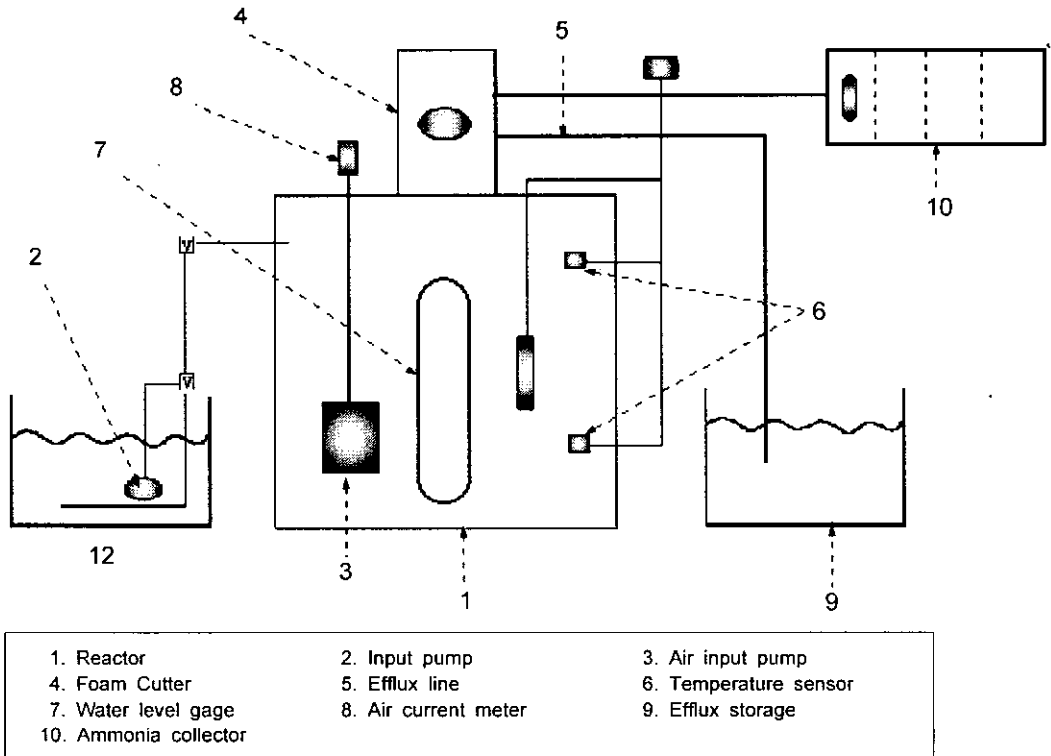


Fig. 1. Scheme of the TAO System.

Table 2. Experimental design for work

	Run-1	Run-2	Run-3	Run-4
Influx volume (l /day)	50 l /2hr	50 l /3hr	120 l /2hr	60 l /4hr
	600	400	480	360
Water level(cm)	35~40	40~45	50~55	50~55

Table 3. GC operating conditions for VFAs analysis

GC Model	Shimadzu GC-14B
Colume	Shimalite TPA 60-80
Detector	FID
Flow rate	Air : 0.5ml/kg, N ₂ : 40ml/kg H ₂ : 0.5ml/kg
Temperature	Detector Temp : 110℃, Injector Temp : 180℃ Oven Temp : 125℃

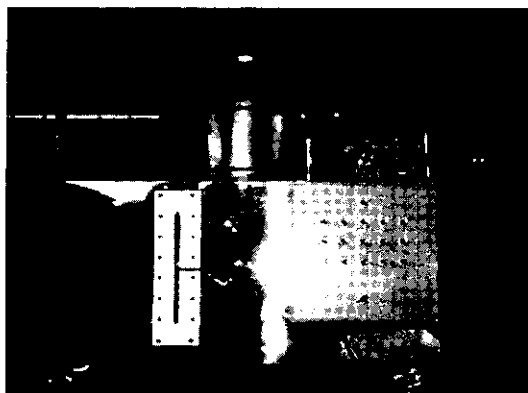


Fig. 2. Picture of the TAO system.

결과 및 고찰

1. 온도변화

Fig. 3은 연속식 급속액상부숙기술의 투입량, 수위, 투입시간을 달리하여 실험하였을 때, 반응기의 내부온도변화를 나타낸 것이다. 반응기의 온도는 31.6℃에서 최고 70.2℃까지 상승하였으며, 연속투입이 이루어진 시점에서는 56.0~62.0℃의 온도를 유지하였다. 회분식 급속액상부숙기술에서의 온도는 약 45.0~55.0℃로 보고되었는데(농림부 2001), 본 실험에서는 약 7.0~11.0℃정도 높은 온도로 가동되고 있었다. 또한, 반응기의 내부에 설치되어진 수증폭기장치의 자체발열이 온도상승에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수도수만을 넣고 운전한 결과, 약 45℃ 이상의 온도를 유지하는 것으로 나타남으로써, 반응기의 운전 중 온도상승에 있어서, 부착된 수증폭기장치가 발열에 기여하는 것으로 판단되었다.

2. 고온유지 효과

액상비료의 경우, 퇴비화 처리시의 온도가 56℃ 이상으로 처리되어야만 유해미생물 및 잡초종자의 사멸을 유도하여 안전한 액비로

사용할 수 있다고 보고되고 있는데(홍지영, 1995), 본 실험의 경우는 약 4℃정도 높은 60℃ 이상으로 운전됨으로써, 안전성이 확보된 액비를 생산할 수 있었다. 더불어, 지금까지 알려진 돼지에서 발생하는 바이러스의 사멸 온도를 살펴보면, 콜레라, 수포병, 일본뇌염은 56℃에서 30분이며, 로타바이러스 감염증과 파보바이러스 감염증은 60℃에서 최소 2시간으로 되어 있으나, 본 연구에서 반응기의 처리 중 내부온도는 56~62℃의 범위를 유지함으로써, 유해미생물 및 양돈농가 및 축산농가에 많은 경제적 피해를 끼치는 바이러스를 제거할 수 있을 것으로 판단되어진다.

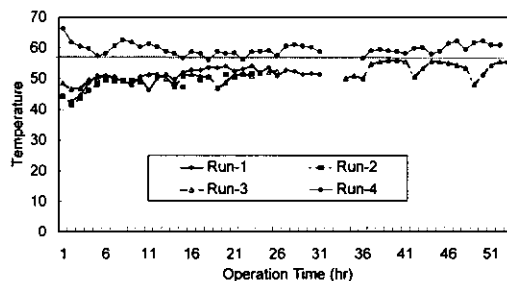


Fig. 3. Change of Temperature during the treatment period.

3. 증발효율

급속액상부숙기술에 있어서 가장 중요한 특징은 본 반응기로 유기성폐기물을 처리할 경우, 최적의 운전조건 하에서 투입량의 약 50%~70%를 증발·감량할 수 있다는 것이다. Fig. 4는 연속식 반응기의 운전기간 중 총 투입량 및 총 배출량 그리고 내부 잔존량을 나타낸 것으로서, 운전기간동안 투입과 배출이 이루어짐에 따라 반응기의 내부에 잔존하는 양이 일정하게 유지되었다.

분뇨의 투입과 배출을 4시간마다 60 l/회, 40 l/회씩 14회 행한 Run-4의 운전결과를 토대로 하여 살펴보았을 때, 반응기에 투입된

분뇨의 투입량과 배출량은 각각 840 l, 515 l 이었으며, 반응조내 최종 수위변화량은 61 l 이었다. 총 투입량에 대한 증발율은 31.4% 로써, 회분식 방법에서의 증발율인 50~70% 보다 낮게 나타났으나, 이에 대한 연구는 보완되어져야 할 것으로 판단된다.

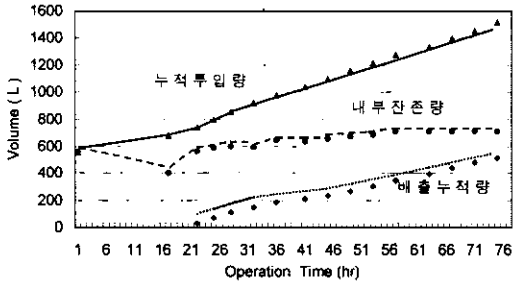


Fig. 4. Comparison of the reduction volume and input-output volume by operation condition.

회분식과 연속식의 증발을 차이를 비교하기 위하여 면적당 투입량을 기준으로 비교하였을 때, 회분식 166 l/m², 연속식 291 l/m² 로써, 연속식에서 125 l/m²(1.75배) 많았으나, 면적당 증발량은 회분식 120 l/m², 연속식 108.0 l/m²로 두 방법의 증발량 차이는 12 l/m²로 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서, 연속식은 동일한 증발량을 나타내면서 투입량(일일 처리량)을 늘릴 수 있을 것으로 판단된다.

4. 내부액과 Efflux 성상비교

Fig. 5는 반응기의 내부액과 Efflux의 CODcr 농도를 나타낸 것으로써, 투입시료의 CODcr 농도는 52,216mg/l이었으며, 운전 중 반응기의 내부액과 Efflux의 평균농도는 각각 40,452mg/l, 37,134mg/l로써 처리 후 배출물인 Efflux의 CODcr 농도가 약 3,000mg/l 정도 낮게 측정되었다. 평균 T-N의 농도는

6,243mg/l, 6,194mg/l이었으며, 평균 T-P의 농도는 1,204mg/l, 1,114mg/l로써 연속식 급속액상부숙기술의 운전 중 T-N과 T-P의 농도는 반응기의 내부액이 Efflux보다 약간 높은 농도로 나타났다.

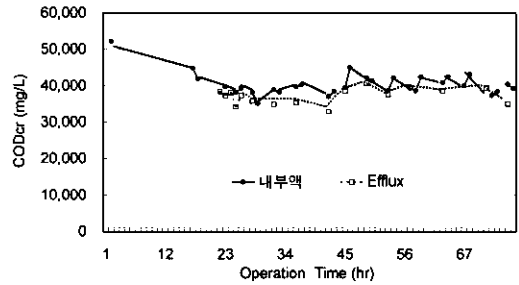


Fig. 5. Change of CODcr concentration for inside matter of reactor and Efflux during the treatment period:

5. VFAs 제거

가축분뇨가 부패되면 NH₃, H₂S, VFA, Mercaptans, Cabonyls 등 인체에 해로운 물질이 방출되며, 이러한 휘발성 물질들은 악취를 유발함으로써, 인근 주민과의 마찰을 일으키고 있다(정광용 1998). 또한, 부숙된 액상퇴비는 악취가 소멸되어야 한다고 보고함으로써(류종원 1998), 분뇨와 Efflux에서의 VFAs의 농도를 측정함으로써, 액상비료의 안정화를 알아보려고 하였다. 운전기간 중 반응기의 내부액과 Efflux의 VFAs의 농도변화를 Fig. 6에 나타내었다.

투입시료의 VFAs 농도는 약 1,538mg/l이었으며, 운전 중 반응기의 내부평균 VFAs는 103.0mg/l이었다. 회분식의 경우 Efflux의 배출조건을 VFAs가 검출되지 않는 분뇨투입 후 16시간 뒤에 배출하도록 하였으나(농림부 2001), 본 실험에서는 시료투입 후, 2시간이 경과한 후에 배출함으로써 인하여 Efflux의 평균 VFAs 농도가 72.9mg/l으로 나타났다. 이

는 반응기의 내부액 VFAs 농도인 103.0 mg/l 보다 약간 낮은 농도로써, 이는 일일투입량을 6회에 걸쳐 조금씩 투입하고, 계속하여 배출액을 배출하였기 때문에 Efflux에서 VFAs가 검출된 것으로 판단된다. 향후, VFAs가 검출되지 않는 Efflux의 배출에 대한 연구는 보완되어야 할 것으로 판단된다.

2. 투입량에 대한 증발을 31.4%, 평방미터 당 증발량은 108 l/m²로써, 회분식의 120 l/m²와 비교하여 차이가 크지 않았다.

3. 악취물질인 VFAs는 투입시료 1,538mg/l, 배출액 72.9mg/l로 95% 감소함으로써, 급속액상부숙기술의 연속운전이 가능한 것으로 판단되었다.

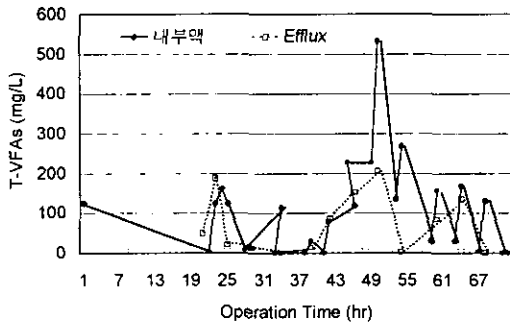


Fig. 6. Change of VFAs concentration for inside matter of reactor and Efflux during the treatment period.

적 요

급속액상부숙기술(TAO system)을 이용하여 양돈분뇨의 처리에 따른 반응기의 운전특성 및 연속처리효율과 증발율을 파악하기 위하여 양돈분뇨를 스크린 처리 한 후, 투입량을 각각 50 l/3hr, 50 l/3hr, 120 l/2hr, 60 l/4hr으로 실험한 결과, 연속처리 효율과 증발율, VFAs 감소는 60 l/4hr(Run-4)가 가장 좋은 것으로 나타났으며, Run-4의 운전결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 반응기의 운전 중 최고온도는 70.2℃이 었으며 내부 평균온도는 60℃ 이상을 유지하였다.

감사의 글

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

인 용 문 헌

1. 농림부. 2001. 가축분뇨 자원화 및 이용기술 개발보고서.
2. 류종원. 1998. 저장액비화를 위한 효율적 분뇨처리 방안. 가축분뇨의 합리적인 자원화방안 심포지움. 41-50.
3. 이명규. 1998. 가축분뇨 발효증발 처리 시설의 발전방향. 환경친화형 가축분뇨처리 기술 심포지움:69-84.
4. 정광용. 1998. 저장액비 살포면적 확보방안. 가축분뇨의 합리적인 자원화방안 심포지움. 51-83.
5. 홍지영, 최병민. 1995. 액상 콤포스트화 처리에 있어서 유우분뇨의 화학적 특성. 축산시설환경학회지. 1(2):165-171.