가축 폐수처리 시스템의 개선 및 자원화 개발 연구

맹원재 · 이상락* · 조남기

(건국대학교 축산대학 사료영양학과, *건국대학교 동물자원연구센터)

A Study for the Improvement of Treatment and Recycling of Animal Wastes

Maeng, Won-jai, Lee, Sang-rak*, Cho, Nam-kee

Dept. of Feed and Nutr. Sci., Coll. of Animal Husbandry, Kon-Kuk Univ., Seoul 93-1, Korea

* Animal Resource Research Center, Kon-Kuk Univ., Seoul 93-1, Korea

Abstract

In order to improve the techniques for recycling and complete treatment of animal waste, the optimum loading rate to the High Performance Automated Anaerobic Fermentation System(HiPAAFS) which have been operated since the last year and the methods for recovering the solids part of fermentation residue from the effluent of HiPAAFS and the effect of loading rate on the aerobic fermentation characteristic were studied. And pilot-scale of a solid-liquid separator and a aerobic fermentation system were constructed and operated. The performance of the whole system showed a 97.73% of BOD removal ratio and a 652 ℓ/kg · VS · fed/day of biogas production with the loading rate of 2.72kg VS of swine wastes /m^3/day, and seemed an excellent system to reutilize and to treat the animal waste.

KEY WORDS: Animal waste, Anaerobic-aerobic fermentation system, Solid recovery, Reutilization, BOD removal

Ⅰ. 서 론

혐기적 및 호기적 발효기법을 적용하여 BOD부하량이 높은 가축폐기물을 최대한 재활용하고 재활용이 불가능부분을 완전하게 처리할 수 있는 종합 시스템을 개발하기 위한 연구의 일환으로 본 연구팀이 이미 지난해(1992)에 개발하여 운용중인 Pilot-scale의 자동화된 고효율 혐기발효시스템(High Performance Automated Anaerobic Fermentation System : HiPAAFS)을 이용하여 혐기발효조에서의 최적 부하율을 modeling하고 발효잔류물의 회수방법을 조사하며 호기발효 시스템 설계를 위한 최적부하율을 조사하여 pilot-scale의 호기발효 시스템을 설계, 제작하여 혐기발효시스템과 연결하기 위한 일련의 실험을 실시하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 혐기발효조에서의 최적 부하율 조사

혐기발효시에 있어서 각 부하율에 따른 유기물제거율 및 biogas생성량을 조사하여 시스템의 운용목적별로 최적 부하율을 적용할 수 있도록 하기위하여 Pilot-scale의 혐기발효조에 돈사발생폐액을 이용하여 부하율을 1.39, 1.99, 2.72 및 4.27kg VS/m^3/day로 적용, 운용하였다.

2. 발효잔류물로 부터의 고형물질 회수방법의 조사

혐기발효 시스템에서 유출되는 발효 잔류물중에서 고형

물질을 회수하기 위한 방법을 조사하기 위하여 sieve size가 각각 0.04, 0.2, 0.5, 1.0 및 2.4mm의 표준체(Ssangye)를 사용하여 sieving하여 잔류 고형물을 회수하거나, 1,000, 2,000 및 3,000 rpm에서 5분간 원심분리, 또는 100m ℓ 의 mass-cylinder를 이용하여 0, 3, 6, 9, 12, 24 및 48시간동안 상온에서 침전시킨 후, 상등액을 제거하는 방법을 검토하였다.

3. 호기발효 시스템 설계를 위한 부하율 조사

혐기발효 유출물에서 고형물을 회수하고 남은 잔류액을 연속폭기에 의한 활성오니법으로 처리하기 위한 시스템을 설계하기 위하여 lab-scale의 호기발효시스템을 제작하여 최적부하율 도출실험을 실시하였다.

4. 고액분리장치의 제작

고형물질 회수방법 조사결과를 기초로 하여 내용량 50 ℓ 의 가정용 원심형 탈수기(rpm ; 2500)의 내부에 pore size 0.5mm의 polyethylene제 망사를 부착한 pilot scale의 고액분리장치를 제작하고, 장치 운용상황을 감시하고 제어하기 위하여 level sensor를 탈수 여액 배출구에 부착하여 HiPAAFS의 controller에 연결하였고, 감시 및 제어가 가능토록 운용 software를 추가, 수정하여 여러 부하 조건하에서 운용하였다.

5. 호기발효 시스템의 제작 및 운용

부하율 설정실험의 결과를 기초로 하여 저장조, 폭기조, 침전조, compressor, 기질투입펌프, 오니반송펌프 및 level sensor등으로 구성한 pilot scale의 호기발효시스템을 설계(Fig 1), 제작하고 HiPAAFS에 연결하여 여러 부하조건으로 운용하였다(Picture 1).

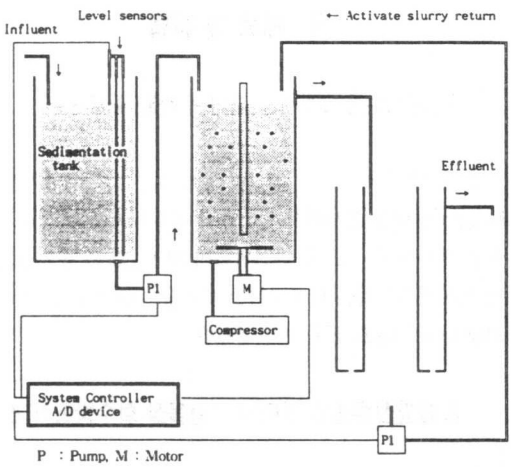
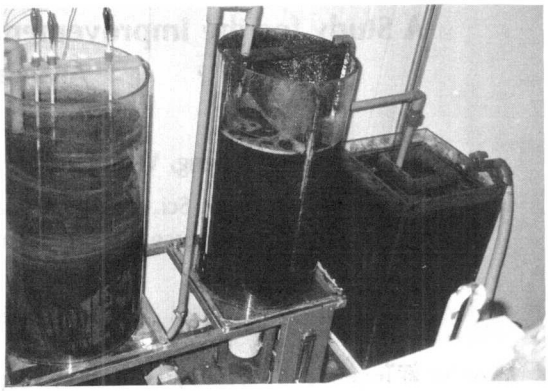


Fig. 1. Schematic diagram of pilot scale aerobic digestion system.



Picture 1. Pilot scale aerobic fermentation system

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 혐기발효조에서의 최적 부하율

HiPAAFS에 부하율을 1.39, 1.99, 2.72 및 4.27kg · VS/m^3/day로 운용하였을 경우의 total solids(TS)의 제거율은 각각 55.12, 55.75, 56.71 및 64.97%, volatile solids(VS)의 제거율은 각각 59.00, 59.89, 60.49 및 68.60%로 나타나 부하율이 높을 수록 증가하였다. 그러나 이때의 Biogas 생성율은 각각 535, 631, 652 및 557 ℓ /kg · VS · fed/m^3/day로 나타나 부하율이 2.72kg · VS/m^3/day일때 까지는 biogas 생성율이 증가하였으나 그 이후는 오히려 감소하였다. 따라서 혐기발효시스템의 운용의 목적, 즉, biogas의 생산 혹은 유기물의 제거등에 따라 그 적정 부하율을 선택하여야 할 것이며, 본 연구의 결과는 부하율의 선택에 좋은 지표로 활용할 수 있을 것이다.

2. 발효잔류물로 부터의 고형물질 회수방법

HiPAAFS로 부터 유출되는 혐기발효 잔류물중에서 고형물질의 건물 회수율은 sieve를 이용한 회수방법에서는 pore size가 작을수록, 침전을 통한 회수방법에서는 침전시간이

길수록 증가하였으나, 원심분리 방법에서는 rpm에 따른 차이가 나타나지 않았다. Sieving법(pore size 0.5mm)과 원심분리(2500 rpm)법은 건물회수율은 다소 낮아지나 건조부하가 극히 낮고 내구성 및 운용의 편이성등에서 가장 우수한 것으로 판단되어 pilot-scale의 고액분리기로 채택되어 HiPAAFS와 연결 운용하고 있다.

3. Lab-scale 호기발효 시스템의 운용

Lab-scale의 호기발효 시스템을 여러 부하조건에서 운용하였을 때의 부유물질의 제거율은 부하율 중과 고의 조건에서 각각 23.11 및 55.76%로 나타났으며, 총질소의 제거율은 부하율 저, 중 및 고의 조건에서 각각 18. 22, 47. 89 및 57.08%로 나타나 부하율이 높을 수록 높게 나타났다.

4. Pilot-scale의 호기발효 시스템의 운용

제작된 pilot-scale의 호기발효시스템을 부하율 0.73, 0.89, 1.10 및 2.61kg · VS/m^3/day로 운용하였을 경우의 VS제거율은 각각 42.97, 48.97, 22.16 및 67.97%, 총질소 제거율은 각각 45.16, 46.91, 49.50 및 55.65%로 나타나 부하율이 높을 수록 증가하였다.

5. 혐호기 2단계 전발효시스템에서의 성적

상기 실험의 결과들을 바탕으로 시스템의 효율성이 가장 좋을 것으로 분석된 각 단계별 부하조건을 적용하여 약 2개월간 연속적으로 전 시스템을 운용한 결과 HiPAAFS에서의 유기물 제거율은 60.49% 였고, 이 때 biogas생성량은 652 ℓ /kg·VS·fed/m^3/day로 나타났다. 이는 지난해까지의 HiPAAFS의 성적인 유기물제거율 58.33%, biogas생성량 430 ℓ /kg · VS · fed/m^3/day보다 크게 증가한 것이며, 비슷한 기질을 사용하는 국외의 고효율 혐기발효조의 그것보다도 뛰어난 성적이다. 고액분리장치를 이용한 HiPAAFS의 발효유출물로부터의 유기물 회수율은 약 14.7%였으며 이때 유기질 비료의 생산량은 3.4g/kg VS · fed/day였다. 호기발효를 통한 유기물과 총질소의 제거율은 각각 67.97과 55.70%로 나타났다.

따라서 전시스템을 통한 유기물과 단백질의 제거율은 각각 94.60과 72.88%로 제거효율이 매우 높았고, BOD의 제거율은 혐기발효시 75.61%, 고액분리시 21.04%, 호기발효시 76.45%로 나타남으로써, 최종적으로 97.73%가 제거되어 높은 제거율을 나타내었다(Table 1).

Ⅳ. 결 론

일반적인 활성오니법만으로는 처리가 매우 어려운 고부하 가축폐기물을 혐기발효과정을 도입함으로써 자원의 재활용을 꾀하고 호기발효를 통한 정화처리 부하를 경감시키는 방안에 대하여 일련의 실험을 진행하여 좋은 결과를 얻었으며, 이를 시스템화하는 데도 성공하였다. 따라서 이 방법은 축산폐기물 처리에 널리 활용될 수 있을 것이다.

적 요

혐기적 및 호기적 발효기법을 적용하여 BOD부하량이 높은 가축폐기물을 최대한 재활용하고 재활용이 불가능부분을 완전하게 처리할 수 있는 종합 시스템을 개발하기 위한 연구의 일환으로, 이미 제작하여 운용중에 있는 Pilot-scale의 자동화된 고효율 혐기발효시스템(High Performance Automated Anaerobic Fermentation System : HiPAAFS)을 이용하여 Pilot-scale의 혐기발효조에서의 최적 부하율을 modeling하고 발효잔류물의 회수방법 조사하였고, 호기발효 시스템 설계를 위한 최적 부하율 조사하여 pilot-scale의 호기발효 시스템의 설계, 제작하여 혐기발효 시스템과 연결한 후 이 시스템을 장기간 운용하였다. 전 시스템에서의 성적은 HiPAAFS에 대한 유기물 부하율을 2.72kg VS /m^3 /day(VS 5.82%)로 적용하였을 경우, 유기물 제거율 94.60%, BOD 제거율 97.73%, biogas생성량은 652 ℓ /kg · VS · fed /day 로 나타나 이 시스템은 고부하 가축폐기물의 재활용과 처리에 매우 효과적인 시스템으로 판단되었다.

Table 1. Performance of anaerobic and aerobic fermentaion system on the removal ratio of volatile solids, total nitrogen and BOD in swine wastes.

	Volatile solid (%)	Total nitrogen (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)
Anaerobic digestion			
Influent	5.82	1125	8,050
Effluent	2.30	1377	1,963
Removal ratio, %	60.49	—	75.61
Solid seperation			
Influent	2.30		1,963
Effluent	1.96		1,550
Recovery rate, %	14.66	—	21.04
Sub total, %	75.15	—	80.75
Aerobic digestion			
Influent	0.98	689	775
Effluent	0.31	305	182
Removal ratio, %	67.97	55.70	76.45
Total removal ratio, %	94.60	72.88	97.73

Gas production , ℓ /kg · VS · fed/m^3/day 652

Fertilizer production, g/kg · VS · fed/day 3.4

참고문헌

1. Kameoka, T., Y. Inno and M. Sakimoto. 1988. Methane fermentation system for swine waster-water treatment. Japan. J. Zootech. Sci., **59**(8):675-681.

2. 맹원재, 이상락, 1993. 가축 BIOMASS의 효과적인 이용과 환경 보전에 관한 연구. 2년차 연구 보고서. 동물자원연구센터