

로터리 교반식 퇴비화 시설의 운전 조건 개선

김은경* · 이택순* · 서정윤*

Improvement in the Operating Conditions of the Rotary Mixing Compost Plants

Eun-Kyoung Kim*, Taek-Soon Lee* and Jeoung-Yoon Seo*

Abstract

The Purpose of this study was to investigate the effect of the Change in the operating conditions on rotary turning compost plants. The major parameters investigated were moisture content and mixing of the sawdust and pig farm wastewater.

Pig farm scale composting plants with mixing rotary were used in this study. Wastes used for the study were sawdust, pig manure, urine and wastewater.

When the moisture content was 75%, the compost product obtained from the plants had better physical characteristics than that obtained from the plants with moisture contents of 70%, 80% and 85%.(two a day mixing).

When the turning was twice a day, the compost product obtained from the plants had better characteristics than that obtained from non-mixing.(moisture content 75%).

C/N ratio, pH value and coliform bacterial population were stable in the compost.

I. 서 론

1980년대에 들어서면서 사육규모가 커짐에 따라 배출되는 축산분뇨 및 오수의 양이 늘어나, 이전의

방법으로 전량을 처리하는 것이 불가능하게 되었다. 지금까지 개발된 축산폐수 처리 방법들도 처리 후에는 반드시 수계에 일정량의 오염물질이 방류되는 단점이 있다.^{1,2)}

*창원대학교 공과대학(College of Engineering, Changwon National University, Changwon, 641-773 Korea)

이러한 단점을 고려하여 비용이 적게 들고 운전이 쉬우며 축사형태의 문제점을 극복할 수 있는 분·노 혼합형 폐수 처리가 가능한 로터리 교반식 퇴비화 설비를 제작하여 농촌 축사에 시범적으로 설치하였다.²⁾ 그러나 운전조건 등에 대한 사전 연구가 없는 상태이다.

본 연구의 목적은 분뇨와 돈사 세정수가 혼합된 돈사 폐수에 톱밥을 첨가하여 로터리 교반식 퇴비화 시설로 퇴비화를 진행하면서 적정 운전조건을 결정하기 위하여 운전조건 변화와 퇴비화 시간 경과에 따른 퇴비의 성분변화를 비교, 검토하였다.

II. 실험장치 및 방법

1. 실험장치

본 실험에 사용된 퇴비화설비는 Fig. 1과 같다. 퇴비조는 두께 10 cm인 콘크리트벽으로 이루어진 개방형 퇴비조로서 폭 6m, 길이 32m, 높이 2m, 유효용적 384m³이다. 퇴비조 상부에는 시료를 골고루 섞고, 공기를 잘 유통시켜 주는 로터리 교반기가

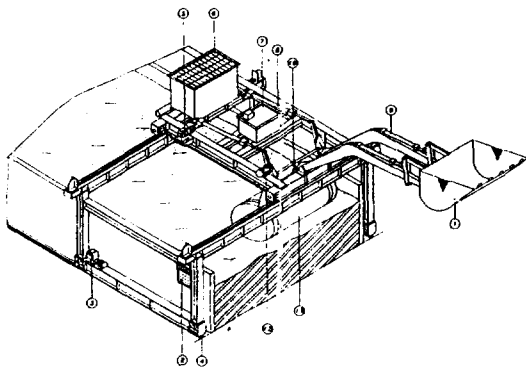


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental plants.

- ① Buket ② Control Box ③ Traveling Motor ④ Traveling Rail ⑤ Side Way's Transfer Motor ⑥ Urine Spraying Tank ⑦ HYD'Unit ⑧ Rotor Swing CYL' ⑨ Bucket CYL' ⑩ Boom Rise CYL' ⑪ Rotor ⑫ Rotor Operating Motor

설치되어 있다. 로터리 교반기 위에는 비를 막고, 햇빛을 어느 정도 투과시키며, 공기 유통이 원활하도록 틈이 있는 지붕이 설치되어 있다.

축사에서 발생하는 분뇨 및 세정수는 축사 아래에 있는 돼지분뇨 및 오수 수집조에 수집하고, 오수 수집조와 퇴비조 사이에 이송로를 설치하여 분, 노 및 오수가 퇴비조에 투입되도록 하였다. 톱밥은 톱밥저장조에 저장하여 필요한 양만큼 소형 포크레인을 사용하여 퇴비조에 투입하였다.

2. 시료의 특성

시료의 특성은 Table 1에 나타내었다. 양돈장 폐수는 퇴비화 설비가 설치되어 있는 농가(사육규모 2,000두)의 폐수 저장조에서 직접 채취하였으며, 수분 조절제로 톱밥을 사용하였다. Table 1을 보면 이 실험에서 사용된 양돈장 폐수는 분뇨 및 청소 폐수까지 포함되어 있어 수분함량이 95% 전후로 돈분, 분뇨슬러지에 비해 매우 높은 것을 알 수 있다.

Table 1. Properties of samples

	Waster water	Sawdust	Pig manure ³⁾	Sludge ⁴⁾
Moisture content (%)	93-98	17-20	72	72-76
pH	7.9-8.2	5.4-5.7	8.3	7.2-7.3
T-C(%) ^a	18.3-19.8	32.9-33.5	40 ^b	48-50 ^b
T-N(%) ^a	3.7-3.8	0.03-0.10	3	3.5-5.7
C/N ratio ^a	4.8-5.3	329-1116	13	8-14

a: dry base, b: water soluble TOC

3. 실험방법

동일한 교반조건에서 수분함량 75% 및 80%로 조정하여 겨울철에 양돈폐수를 이용하여 시행하였다. 수분함량 75%는 폐수 : 톱밥비가 중량으로 1 :

0.36, 수분함량 80%는 1 : 0.25였으며 각각 PWR36 M, PWR25M으로 표기하였다.

(2) 교반조건 실험

수분함량 실험에서 조사된 적정 수분함량 75%에서 무교반과 하루 2회 교반을 비교하여 15일 동안 퇴비화를 진행하면서 시간 경과에 따른 성분함량 변화를 조사하였다. 이 실험은 봄철에 실시하였고, 1일 2회 교반조건은 PSR36M, 무교반조건은 PSR36으로 표기하였다.

(3) 후숙 실험

퇴비사에서 배출된 퇴비를 야적장에 쌓아놓고 12주 동안 후숙시키면서 시간 경과에 따라 성분을 분석하였다.

4. 분석방법

시료는 실험 시작 후 0, 2, 5, 9, 15일째에 각각 채취하여 분석에 사용하였으며, 건시료 분석은 시료를 105℃에서 24시간 건조시킨 후 1mm 크기 이하로 분쇄하여 각 성분은 서와 주³⁾(1994)의 방법과 동일하게 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 수분함량

초기 퇴비화 원료물질의 수분함량에 따른 퇴비화 과정 중 온도 및 수분변화를 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다. 80%일 때 초기온도 10℃에서 서서히 증가하여 퇴비화 7일째 최고 25℃까지 상승하였고, 그 후 점점 낮아져 퇴비조 배출시기인 15일째 10℃ 전후가 되었다. 온도상승에 따라 수분함량은 약간 감소되어 15일째 76%였다.

수분 75%에서는 퇴비화 6일째 최고 37℃를 기록하였고 그 후 35℃ 전후를 유지하였다. 수분함량은 15일째 66%가 되었다.

본 실험에서는 외기 온도가 -3~-10℃로 낮아

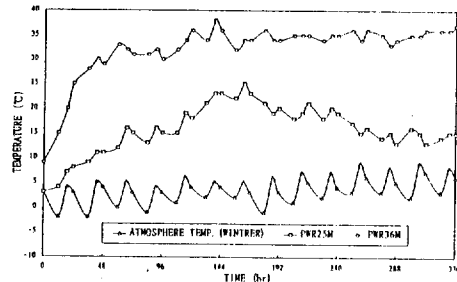


Fig. 2. Temperature evolution on the moisture content condition.

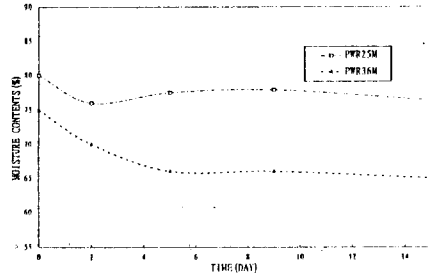


Fig. 3. Moisture content evolution on the moisture content condition.

교반시 통기에 의하여 열 손실이 발생할 것으로 추측되었다. 그리고 수분 75% 조건에서는 배출구에 이르렀음에도 온도가 낮아지지 않고 일정한 수준으로 유지되는 것으로 보아 퇴비화가 지속되고 있음을 알 수 있었다. 그러므로 퇴비화 기간을 더 늘려야 더욱 알맞은 퇴비가 배출될 것으로 추측되었다.

총 탄소량은 두 조건에서 모두 큰 변화가 없었으며, 공정인자를 조절하기 위해 사용된 톱밥의 분해가 늦어서 이러한 결과가 나타난 것으로 생각되었다. 총 킬달질소함량은% 두 경우 모두 감소하는 경향을 보였다.

암모니아성, 질산성, 아질산성 질소함량 변화는 Fig. 4, Fig. 5 및 Fig. 6에 각각 나타내었다.

C/N비율에 있어 총 탄소함량은 거의 일정하나 총킬달질소함량의 감소로 인하여 C/N비율이 수분 80%(PWR25M) 조건에서는 16에서 22로, 수분 75%(PWR36M)조건에서는 14에서 20으로 증가하였다.

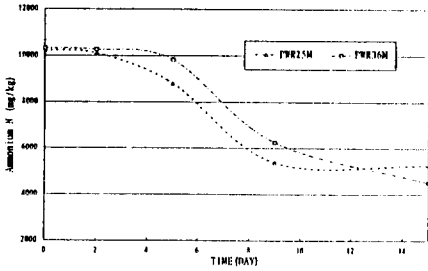


Fig. 4. Ammonium N content evolution on the moisture content condition.

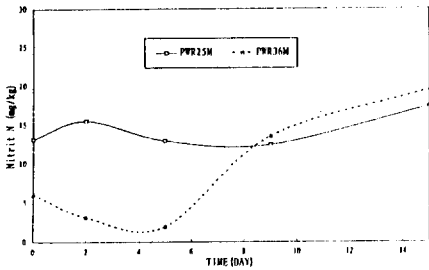


Fig. 5. Nitrite N content evolution on the moisture content condition.

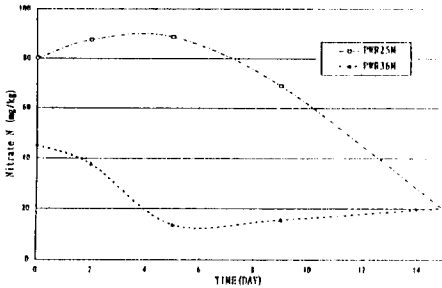


Fig. 6. Nitrate N content evolution on the moisture content condition.

C/N비는 20~25가 적절하며 너무 클때는 활발한 분해에 저해요인이 된다고 보고되고 있다.^{4,5)}

위의 사실로 보아 수분함량 80% 보다는 수분함량 75%에서 더욱 활발하게 퇴비화가 진행된 것으로 판단된다.

2. 교반조건

Fig. 7과 Fig. 8에 교반조건 비교시 퇴비화과정 중 온도와 수분함량 변화를 나타내었다. 무교반 시험구에서 퇴비화 5일째 최고 43℃를 기록하였다. 수분함량은 초기 75%에서 점점 감소하여 퇴비조 배출시 72%였다.

1일 2회 교반(PSR36M)한 시험구는 최고 45℃를 기록하였다. 수분함량은 초기 75%에서 배출시 65%까지 감소되었다. 총탄소함량은 무교반(PSR36M)시에 초기 26.8%에서 퇴비화 9일째부터 감소경향을 나타내었고 퇴비조 배출시 23.8%로 감소하였고, 1일 2회 교반(PSR36M)시에는 초기 26.8에서 퇴비조 배출시 26.1%가 되어 극히 소량이 분해된 것을 알 수 있다.

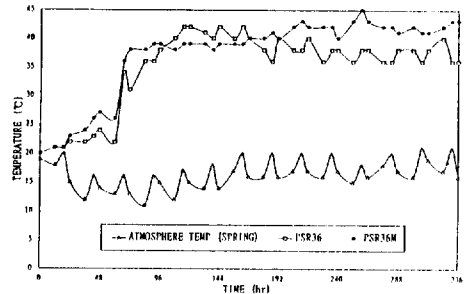


Fig. 7. Temperature evolution on the mixing condition.

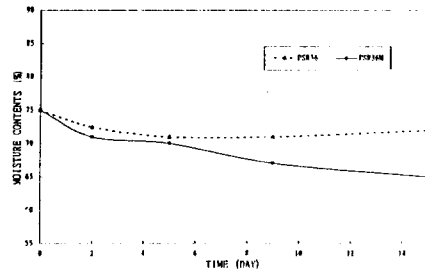


Fig. 8. Moisture content evolution on the mixing condition.

총킬달질소함량을 살펴보면 무교반(PSR36)시에 1.4%에서 1.0%로 감소되었고, 1일 2회 교반(PSR36 M)에는 1.4%에서 1.1%로 약간 감소하는 경향을 나타내었다.

암모니아성, 질산성 및 아질산성 질소함량 변화는 Fig. 9, Fig. 10 및 Fig. 11에 나타내었는데 1일 2회 교반(PSR36M) 시험구보다 무교반(PSR36) 시험구에서 암모니아성 질소의 현저한 감소를 보인 반면 질산성 질소 및 아질산성 질소의 증가경향을 나타내어 혐기성 조건으로 인한 탈질 현상이 나타난 것으로 추측된다.

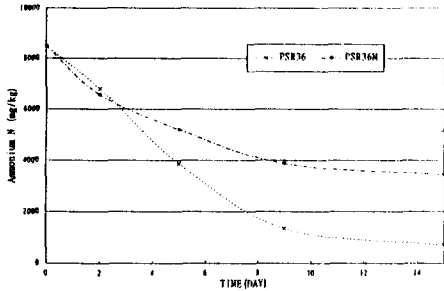


Fig. 9. Ammonium N content evolution on the mixing condition.

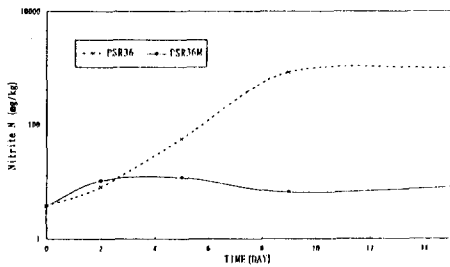


Fig. 10. Nitrite N content evolution on the mixing condition.

C/N을 변화는 무교반(PSR36)시 초기 19.1에서 퇴비조 배출시 25.8이었고, 1일 2회 교반(PSR36M) 시에는 초기 19.1에서 배출시 23.7로 증가하였다.

위의 사실 등을 고려할 때 무교반시에 비교하여 1일 2회 교반시에 더욱 활발한 반응이 일어난 것으

로 판단되었다.

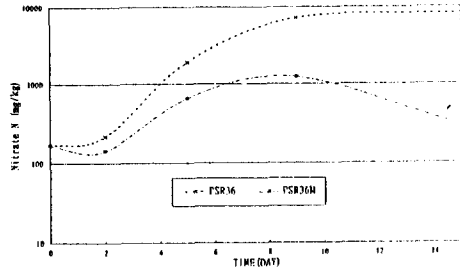


Fig. 11. Nitrate N content evolution on the mixing condition.

3. 후숙시간에 따른 퇴비성분의 변화

Fig. 12와 Fig. 13에서 후숙시간에 따른 온도변화와 수분함량변화를 보면 온도는 후숙을 시작할 때 35°C에서 감소하여 후숙 종료시기까지 약 30°C 전후를 유지하였고, 수분함량은 66%에서 64%로 약간 감소하였다.

총탄소함량은 27.0%에서 15.9%로, 그리고 총킬달질소함량은 1.3%에서 0.91%로 감소하였다.

C/N을 변화에서는 초기 20.7에서 49일째까지 감소하여 17.45가 되었다.

위의 결과로 보아 퇴비조에서 배출된 시료를 후숙시킴으로 인하여 탄소성분을 더욱 분해시킬 수 있다고 판단된다.

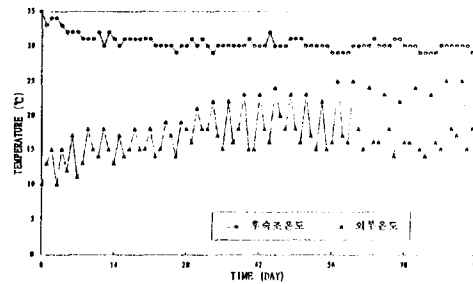


Fig. 12. Temperature evolution on the curing time.

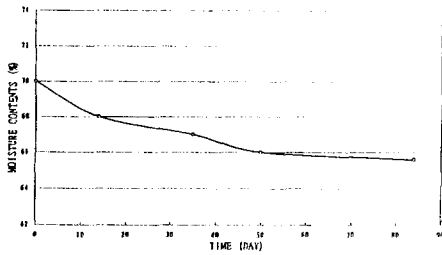


Fig. 13. Moisture content evolution on the mixing condition.

연구기간동안 사용된 톱밥과 퇴비조 투입시 시료와 퇴비조에서 배출된 퇴비 및 후숙한 후의 퇴비의 성분을 농림수산부에서 정한 비료규격과 비교 검토하여 Table 2에 나타내었다. 비료공정규격중 본 실험에서 사용된 시료의 주성분이 분뇨와 톱밥이므로 톱밥퇴비에 대한 규격을 적용하였다.

유기물함량과 유기물/질소비는 비료공정규격이 각각 30% 이상과 70이하인데 퇴비조 배출시료의

Table 2. Organic compound(Qc), TKN and Heavy metal content evolution of the compost during the experimental period.

	Oc and TKN			Heavy metal(mg/kg) ^a			
	Oc (%)	TKN (%)	Oc/TKN	As	Hg	Cd	Pb
Sawdust	93.75	0.10	937.5	0.72	0.00	0.20	20.6
A	71.68	1.41	50.83	0.08	0.00	0.31	23.4
B	67.75	1.20	56.46	0.08	0.00	0.30	23.3
C	38.60	0.91	42.42	0.06	0.00	0.20	21.1
D	30	70	50	2	5	150	
	More	Less	Less	Less	Less	Less	Less

a : Dry base

A : Unit Input Sample

B : Unit Output Sample

C : Post-humification Sample

D : 94. 8. 12개정, 농림수산부 비료공정규격, 부숙 왕겨 및 톱밥에 대한 조항.

측정치는 각각 71.68%, 67.75%, 56.46%로서 적절하였다. 중금속인 비소, 수은, 카드뮴, 납의 함량은 비료규격이 각각 50(mg/kg)이하, 2(mg/kg)이하, 5(mg/kg)이하, 150(mg/kg)이하였는데 퇴비조에서 배출된 시료의 함유량은 각각 0.08(mg/kg), 0.002(mg/kg), 0.30(mg/kg), 23.3(mg/kg)으로 기준에 적합하였다.

Table 3에는 톱밥, 퇴비조 투입구, 퇴비조 배출구 및 후숙시킨 후 시료의 Cellulose, Hemicellulose 및 Lignin과 P₂O₅, MgO 및 K₂O, CaO함량을 나타내었다.

Table 3. Inorganic and Organic compound evolution of the compost during the experimental period.

	Organic compound (%) ^a			In Organic compound(%) ^a			
	Cellulose	Hemi-cellulose	Lignin	P ₂ O ₅	MgO	K ₂ O	CaO
Sawdust	57.6	26.3	18.5	0.28	0.63	0.92	1.13
A	36.4	23.5	20.9	0.29	0.20	0.47	0.46
B	35.2	21.9	23.0	0.33	0.22	0.46	0.41
C	33.6	20.5	28.6	0.25	0.94	0.87	0.78

a : Dry base

A : Unit Input Sample

B : Unit Output Sample

C : Post-humification Sample

결론

회전 교반식 퇴비화 설비를 이용한 축산폐수의 처리를 위한 운전조건을 결정하기 위하여 수분, 교반횟수 및 후숙기간에 따른 퇴비화 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 초기 수분함량 75% 그리고 1일 2회 교반이 적절하였다.
2. 수분함량 75%, 1일 2회 교반조건에서 최고온도는 45°C까지 상승하였다.
3. 적정조건에서 퇴비조에서 배출된 퇴비의 수분

함량은 65%까지 감소되었다.

4. 총탄소함량은 퇴비조 투입시 25~26%에서 퇴비조 배출시 23~26%였으며, 84일간 후숙시킨 후에는 16%로 감소되었고, C/N비는 20전후로서 비교규격에 적정하였다.
5. 중금속 중 비소, 수은, 카드뮴은 불검출에 가까운 미량 그리고 납함량은 21~23mg/kg이었다.
6. 퇴비화 기간이 15일로는 부족하며 퇴비조에서 배출된 뒤 후숙기간을 통해 더욱 완숙시키는 것이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 최홍림, 손재호, 이지현, 김현(1995). "가축분뇨의 퇴비화처리기술에 관한 연구", 서울대학교 농생대 동물자원학과.
2. 김두환 등(1994). 사단법인 양돈산학협동연구회, "자연발효건조기 개발에 관한 보고서".
3. 서정윤, 주우홍(1994). "가정용 소형 퇴비화용기에 의한 부엌쓰레기의 분산식 퇴비화", *Korean J. Environ. Agric.* Vol. 13, No. 3, December. pp. 321-337.
4. 황은주(1993). "주방폐기물 퇴비화에서 Bulking Agent의 효과연구", 한국과학기술원 토목공학과.
5. Clarence G. Glueke, ph. D.(1973). "Composting (A Study of the process and its principle)".