

돈분 퇴비화 시 공기 흡입 강도에 따른 이화학적 특성변화

이동준, 김종곤, 정광화, 곽정훈, B. Ravindran, 이지웅*†

농촌진흥청 국립축산과학원,
전남대학교 농업생명과학대학 동물자원학부*

Changes of Physico-chemical Characteristic on Swine Manure Using Different Suction Strength in Composting System

Dong-Jun Lee, Jung Kon Kim, Kwang-Hwa Jeong, Jung-Hoon Kawg,
B. Ravindran, and Ji-Woong Lee*†

National Institute of Animal Science (NIAS), RDA. Jeonju-si, Jeollabuk-do South Korea
Division of Animal Science, Chonnam National University, Gwangju, South Korea*

(Received: May 2, 2017 / Revised: Jun. 7, 2017 / Accepted: Jun. 9, 2017)

ABSTRACT: The aim of this experiment was to investigate the effect of air suction rate (SR) during the composting process of swine manure mixed with sawdust used as a bulking agent. In the 25 L composting reactors, the suction rate (SR) was at four different treatment levels (100%, 200%, 300%, 400%), and were fixed on the based on constant aeration rate into the composting mixtures. The temperature reached to thermophilic phase within 2 days and it was maintained up to the 5th day of the composting process in all reactors and then gradually decreased to room temperature at the end of the composting process. The moisture content (MC, %) of the initial mixtures was 64.27%, and it was reduced to 38.4, 33.08, 14.59 and 11.93 in the different suction rate of 100%, 200%, 300%, 400% , respectively in the end process. During the composting, the level of pH was increased from 6.83 to 8.67 and it gradually decreased to 7.56 in 100% and 200%(SR) . At the same time, the pH values were reduced only up to 8.19 at 300%, and 8.08 at 400%(SR), showing that suction strengths of 100% and 200% were the better option for composting than those of 300% and 400%. The total Kjeldahl nitrogen (TKN) of initial composts mixtures was 2.3% and were changed in 3.3, 3.1, 2.5, and 2.3% at the end of the composting period from the 100%–400% (SR) variations respectively. These results also indicated that 100% and 200% (SR) were more affected by the dry mass loss as CO₂ and water evaporation. The initial value of C/N ratio was 25.17 and were significantly reduced to 11.88, 11.97, 14.31, and 14.72 at the end of the experiment, respectively from the 100%–400% (SR) variations. These results suggest that the suction rate (SR) of 100% and 200% relative to constant air supply would be the optimal conditions to produce high-quality compost.

Keywords: Air suction, Composting, Moisture Content (MC), Swine manure

초 록: 본 연구는 톱밥이 수분조절재로 혼합된 돈분 퇴비화 시 공기 흡입 강도의 효과를 조사하기 위해 실시하

† Corresponding author(e-mail : jwlee@jnu.ac.kr)

였다. 25 L 규모의 퇴비화 반응기에 일정하게 주입되는 공기 주입량을 기준으로 공기 흡입량을 4 단계 (100%, 200%, 300%, 400%)로 구분하여 실험을 수행하였다. 모든 반응기의 온도가 퇴비화 개시 후 2일 이내에 호열성 단계에 도달하였으며 퇴비화 5일 까지 이를 유지하는 것을 관찰할 수 있었다. 이후 반응기의 온도는 점차 감소하여 퇴비화 실험이 끝날 무렵에는 외기와 비슷한 온도를 나타냈다. 초기 혼합원료의 수분함량은 64.27% 로 측정되었으며, 점차 감소하여 100%에서 38.4, 200%에서 33.08%, 300%에서 14.59% 그리고 400%에서 11.93 로 나타났다. 퇴비화 기간 동안, pH는 6.83에서 8.67로 증가하였다가 점점 감소하여 100%, 200%에서 7.56, 300%에서 8.19, 400%에서 8.08로 관찰되었으며, 이는 100%와 200%의 공기 흡입강도가 타 처리구보다 퇴비화에 적합한 흡입조건인 것으로 사료된다. 퇴비화 초기 혼합 원료의 총 켈달질소 (TKN)는 2.3%로 측정되었으나, 점차 변화하여 퇴비화 종료 시점에 100%는 3.3%, 200%는 3.1%, 300%는 2.5%, 400%는 2.3%로 조사되었다. 이러한 결과는 100%, 200% 처리구가 타 처리구에 비해 CO₂ 발생 및 수증기 휘발로 인한 증량손실이 높기 때문인 것으로 사료된다. 퇴비화 초기 혼합원료의 C/N비는 25.17로 측정되었으며 급격히 감소하여 퇴비화 종료 시점에는 100%에서 11.88 200%에서 11.97, 300%에서 14.31, 400%에서 14.72로 조사되었으나 처리구 간 큰 차이는 발견되지 않았다. 이상의 연구 결과 양질 퇴비화를 위한 공기 주입량 대비 최적 공기 흡입 강도는 100%와 200% 처리구인 것으로 조사되었다.

주제어: 공기흡입, 퇴비화, 함수율, 돼지분뇨

1. 서론

우리나라 축산업은 1980년대 이후로 개인농가에서 전업화·대규모화가 진행됨에 따라 급격하게 성장하였으며, 이는 2014년 기준으로 전체 농업 생산액 47조 2,922 억 원 중 39.9%로 가장 높은 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 특히 양돈의 경우 전체 농림업 생산품목에서 17.2%인 쌀 다음으로 높은 비중인 13.9%를 차지하고 있는데,¹⁾ 이는 축산물의 가격증가라는 단적인 예 이외에도 국민 식습관의 변화로 인해 점차 육류, 달걀 유제품 소비가 급격히 늘어난 것이 주요 원인으로 분석되고 있다.

이렇듯 양돈업은 우리나라 농업의 주요 산업으로 자리매김하고 꾸준히 성장하고 있지만, 이와 동시에 늘어나는 가축분뇨의 처리가 필수불가결한 문제로 대두되었다. 2015년을 기준으로 총 46,529 천톤의 가축분뇨가 발생하였으며, 이 중 양돈분뇨 발생량이 18,465 천 톤으로 전체 발생량 중 39.7%의 가장 높은 비중을 차지하고 있다.²⁾

현재, 우리나라에서 발생하는 가축분뇨는 공공처리시설, 공동자원화 시설 및 개별 농가에서 퇴비화, 액비화, 바이오 에너지화 및 정화처리를 통해 처리되고 있으며, 이중 약 90.2%가 가축분뇨 자원화방

법을 이용해 처리되고 있다.²⁾ 특히 가축분뇨의 퇴비화의 경우 친환경적인 자원순환 방안으로 가장 많이 이용되고 있으며, 윤 등 (2012)은 가축분뇨 퇴비화를 통해 병원성 미생물 및 잡초종자의 사멸, 악취 감소, 취급 부피의 감소 등을 기대할 수 있다고 보고한 바 있다³⁾ 또한 홍 (2001)은 가축분뇨 퇴비화가 생분해성 폐기물의 자원순환뿐만 아니라 토양개량의 효과적인 방법이라고 소개하였으며⁴⁾, Eghball (1999)은 가축분뇨 부숙퇴비가 작물 생육에 필요한 필수성분 (N, P, K) 및 미량 영양소 등을 함유하고 있다고 보고한 바 있다.⁵⁾

가축분뇨의 퇴비화에 영향을 미치는 주요 인자로는 온도, 습도, 수분조절제의 종류 등 다양한 요소가 작용하지만 미생물 활성을 위한 산소 공급이 중요한 인자로 평가받고 있다. 퇴비화 과정에서 산소가 부족할 경우, 혐기소화가 일어나고 이는 다량의 축산냄새가 발생할 수 있다. 반대로 산소 공급량이 과도할 경우 퇴비의 발효온도를 저하시키고 수분을 급격히 감소시켜 정상적인 퇴비 발효가 어렵게 된다. 국내에서 가축분뇨 퇴비의 발효를 위한 적정 공기 공급량으로 m³ 당 0.05~0.2 m³/m 을 권장하고 있으며,⁶⁾ 정 등 (2003)⁷⁾은 100~150 L/m, 곽 등 (2011)⁸⁾은 150 L/m이 가축분뇨 발효에 적절한 공기량인 것을 보고한 바 있다.

Table 1. The Composition of the Raw Materials used in this Study

Item	MC ¹⁾ (%)	Dry Matter base(%)				
		OM ²⁾	T-N	T-P	C/N	
Raw material	Swine manure	74.73	83.8	2.98	0.69	16.94
	sawdust	16.79	90.06	0.11	0.02	153
	Input material	64.27	89.43	2.3	0.48	25.17

1) MC : Moisture content, 2) OM : Organic matter

이와 같이 가축분뇨 퇴비화 관련 적정 산소 공급량에 대한 많은 연구가 진행되어 왔으며, 최근에는 퇴비 생산과 동시에 축산냄새를 저감하는 ‘공기흡입식 퇴비화 방법’ 연구되고 있다. 일본의 경우 돈분 퇴비화 시 발생하는 온실가스 물질의 특성을 조사하는 연구가 진행된 바 있으며, 국내에서도 밀폐식 반응기에서 공기흡입시스템을 적용한 퇴비화 모델 개발에 대한 연구 등이 이루어진 바 있으나,⁹⁾ 아직 이 분야에 대한 연구가 활발히 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구는 가축분뇨 퇴비화 관련 적정 산소 공급량에 대한 연구의 일환으로써, 가축분뇨 퇴비화 시 반응기에 주입되는 공기 공급량 대비 최적 공기 흡입량을 조사하기 위해 진행 되었다.

2. 재료 및 방법

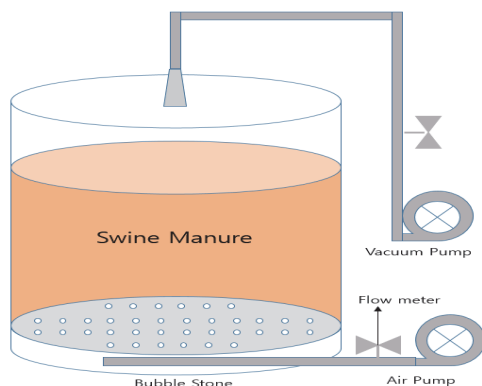
2.1. 퇴비화 재료

퇴비제조에 이용된 돼지분뇨는 전라북도 완주군 국립축산과학원 돈사에서 수거된 것이며, 수분조절

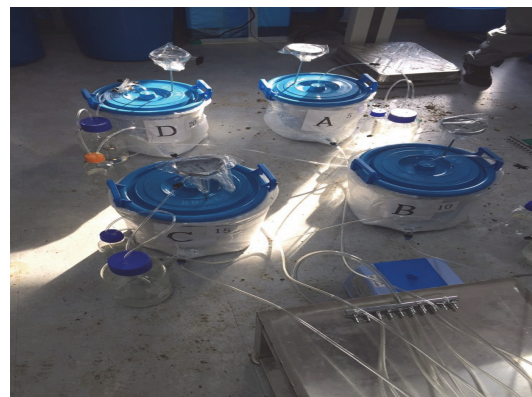
재인 톱밥은 시중에서 구입하였다. 돼지분의 수분함량은 약 75%였고, 톱밥의 수분함량은 약 17%였으며 퇴비화 개시 적정 수분함량을 맞추기 위해 가축분뇨와 톱밥을 2:1 (V:V)로 혼합하여 수분함량 64%인 원료를 제조하였다. 이들 원료의 특성은 Table 1에 나타내었다.

2.2. 실험장치

본 실험에 이용된 반응기 개요도 및 실제 사진을 Fig. 1에 제시하였다. 반응기는 플라스틱 재질의 원통형으로 제작하였다 (총 용적 25 L, 유효용적 23 L). 반응기 하부에는 에어펌프와 산기석을 설치하여 공기를 공급하였으며, 이때 가축분뇨 무게로 인한 산기석 막힘 현상을 방지하기 위해 산기석 위 5 cm 정도에 체눈의 크기가 5mm인 스테인리스 소재의 원형 타공판을 설치한 후, 그 위에 양파망을 덮었다. 반응기 상부에는 에어호스를 진공흡입펌프에 연결하여 공기를 흡입하였으며, 공기공급과 공기흡입 모두 공기유량계를 통해 적정 공기 공급량을 조절할 수 있게 하였다.



Schematic diagram



Swine manure composting reactor

Fig. 1. Schematic diagram and photograph of composting reactor.

Table 2. The conditions of composting experiment

	100%	200%	300%	400%
Volume (L)	20	20	20	20
Air Supply (L/min·m ³)	2	2	2	2
Air Suction (L/min·m ³)	2	4	6	8

2.3. 퇴비화 실험 조건

퇴비화 적정 공기 공급량은 ‘가축분뇨자원화시설 표준설계도 해설서’⁶⁾를 참고하여 반응기 하부에 약 2 L/min·m³의 공기를 주입하였으며 공기흡입량은 공기 공급량 대비 100%, 200%, 300%, 400% 수준으로 처리구를 설정하여 2 L/min·m³, 4 L/min·m³, 6 L/min·m³, 8 L/min·m³에 해당하는 공기를 24시간 흡입하도록 설비하였다. 이 때 처리구별 공기 흡입량은 반응기 상부에서 공기를 흡입하는 것을 고려하여 공기 공급량보다 유량을 높게 잡아 설비하였다. 퇴비화 반응기에 2 L/min·m³에 해당하는 공기를 주입한 것은 공기 흡입식 퇴비화 실험 도중 반응기에 가해지는 음압을 보완하기 위한 방안으로 이용되었으며, 전체적인 실험은 흡입 압력에 영향을 받아 실험이 진행되었다. (Table 2) 퇴비화 실험 중 뒤집기는 반응기의 온도가 하락한 25일 째 1회 실시하였다.

2.4. 분석방법

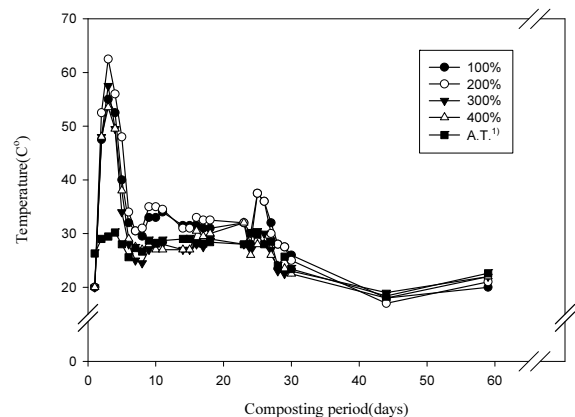
퇴비화 과정중의 온도변화, 이산화탄소(CO₂) 발생농도, 함유율(Moisture Content, MC), 유기물(Organic Matter, OM), pH, 전기전도도(Electric Conductivity, EC), 총 켈달질소(Total Kjeldahl Nitrogen, TKN), 암모늄태 질소(NH₄-N), 질산성 질소(NO₃-N), 탄질비(C/N ratio) 등을 조사하였다. 퇴비단 중심부에 아날로그 온도계를 설비하여 매일 2회(AM 9, PM 4) 측정된 값을 평균해 온도를 측정하였으며, 이산화탄소는 GASTEC(Kitagawa, AP-20, Japan)을 이용하여 매일 1회 측정하였다. 시료의 채취는 처음 일주일은 3일 간격으로 채취하고 이후에는 7일 간격으로 채취하여 분석을 실시하였다. 수분(MC)은 AOAC(Association of Official Analytical Chemists)에

의거하여 105°C에서 24시간 건조 후 시료의 무게변화를 통해 측정하였으며, 유기물 역시 AOAC에 의거하여 550°C에서 6시간 강열한 후 측정을 실시하였다. pH와 전기전도도(YSI Environmental, YSI 3100, USA)는 습식시료 10g을 증류수 90 ml와 혼합하여 1시간 교반한 후 측정하였으며, 총 켈달질소, 암모늄태 질소, 질산성 질소 등은 켈달 질소/단백질 분석기(Gerhardt, Vapodest 50c, Germany)를 이용하여 측정하였다. 퇴비의 부속 지표 중 하나인 C/N 비는 원소 분석기(Elemental Analysensysteme, vario MACRO, Germany)를 이용해 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 퇴비화 처리구별 온도변화

퇴비 발효 진행상황에 따른 온도변화를 Fig. 2에 나타내었다. 초기 원료 배합 직후 퇴비단의 온도는 외기 온도와 같은 20°C로 조사되었으며 3일 째에 53.5~62.5°C의 범위로 급격히 상승하는 것을 관찰할 수 있었다. Zhu (2007)는 퇴비화는 일반적으로 온도를 기준으로 가열단계, 호열성 단계, 냉각단계로 구분할 수 있으며, 퇴비 내 온도의 상승은 퇴비화 초기 저온성균과 중온성균의 유기물 분해에 의한 것이라고 보고하였다.¹⁰⁾ 또한 Raymond (1975)



1) A.T. : Atmosphere Temperature

Fig. 2. Variations of temperature (Co) during swine manure composting period.

는 회분식 퇴비화 공정에서 55°C이상의 온도가 3일 이상 유지되어야 종자의 불활성화 및 병원성 미생물 사멸이 이루어진다고 보고하였다.¹¹⁾ 본 실험에서도 이와 유사한 결과를 관찰할 수 있었다. 전체 퇴비화 기간 동안 100%, 200% 처리구가 300%, 400% 처리구에 비해 높은 온도를 유지하고 있는 점과 뒤집기 작업 후 100%, 200% 처리구의 온도만 상승하는 분석 결과를 종합해 볼 때, 300%와 400%에 공급되는 다량의 산소가 신속한 유기물의 분해에 영향을 미친 것으로 판단된다.

3.2. 퇴비화 처리구별 수분 및 유기물 함량의 변화

퇴비 발효 진행상황에 따른 수분 및 유기물 함량의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 돈분 퇴비화 시 수분함량은 온도와 함께 퇴비 발효의 진행상황을 측정하는 중요한 요인이며, 본 실험에서는 돈분과 톱밥을 혼합하여 수분함량을 64%로 조절한 후 실험을 개시하였다. 퇴비화 진행과정에 따라 수분은 점차

감소하였으며, 특히 퇴비 개시 15일부터 종료시점까지 급격하게 하락되는 것은 서 등(1999)이 보고한 연구결과와 일치하였다.¹²⁾ 퇴비화 전체 기간 동안 처리구별 수분감소량은 100%에서 25.87%, 200%에서 31.19%, 300%에서 49.68%, 400%에서 52.34%으로 조사되었으며, 이는 100%와 200%의 수분감소량이 300%와 400%의 수분감소량보다 낮은 것으로 조사되었다. 이러한 수분 감소량은 현재 국내 비료 공정규격 중 가축분퇴비의 수분 조건 (55% 이하)은 충족시키지만, 홍 (2001)이 제시한 양질 퇴비의 적정 수분 감소량 기준과 비교하면¹³⁾ 300%와 400% 처리구의 수분 감소량이 양질 퇴비 조건에 적합하지 않는 것으로 사료된다.

퇴비화 초기 가축분뇨의 유기물함량은 83.8%, 돈분은 90%이었으며 이를 혼합한 퇴비단의 유기물 농도는 88.44%로 조사되었다. 유기물은 퇴비화 과정 중 미생물에 의해 분해되면서 점차 감소하는 것으로 조사되었다. 이 등 (2001)은 수분조절제로 톱밥과 왕겨를 비교분석한 연구결과를 통해 톱밥이 입자의 크기가 작아 단면적이 넓기 때문에 유기물 분해에 용이하게 이용될 수 있다고 보고하였다 (유기물 분해율 32%)¹⁴⁾. 본 연구에서는 400% 처리구가 15%로 가장 높은 분해율을 보였으며 처리구마다 큰 차이는 보이지 않았다.

3.3. 퇴비화 처리구별 pH와 전기전도도 (EC)의 변화

퇴비화 진행상황에 따른 pH와 전기전도도 (EC)의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 본 연구에서 가축분뇨의 pH는 7.13, 톱밥은 5.77이고 이를 혼합한 퇴비는 6.83으로 조사되었다. Cardenas 등 (1989)은 pH가 퇴비화 초기 암모니아 발생으로 인해 상승하였다가 안정화 되면서 7~8 수준으로 하락한다고 보고하였으며,¹⁵⁾ Mori 등 (1981)은 퇴비화 시 유기물의 분해과정에서 발생하는 질산과 유기산에 의해 pH가 감소하여 최종적으로 6~7 수준이 된다고 보고하였다.¹⁶⁾ 본 연구에서도 pH가 퇴비화 개시 후 7일 째에 8.67로 가장 높게 상승하였다가 점진적으로 감소하여 100%에서 7.56, 200%에서 7.56, 300%에서 8.19, 400%에서 8.08로 조사되었다. 발

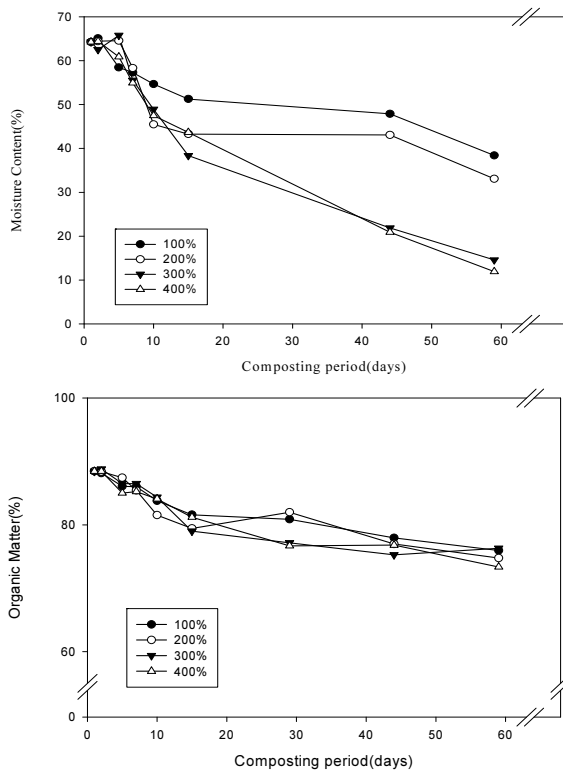


Fig. 3. Variations of moisture content(%) and Organic Matter(%) during swine manure composting period.

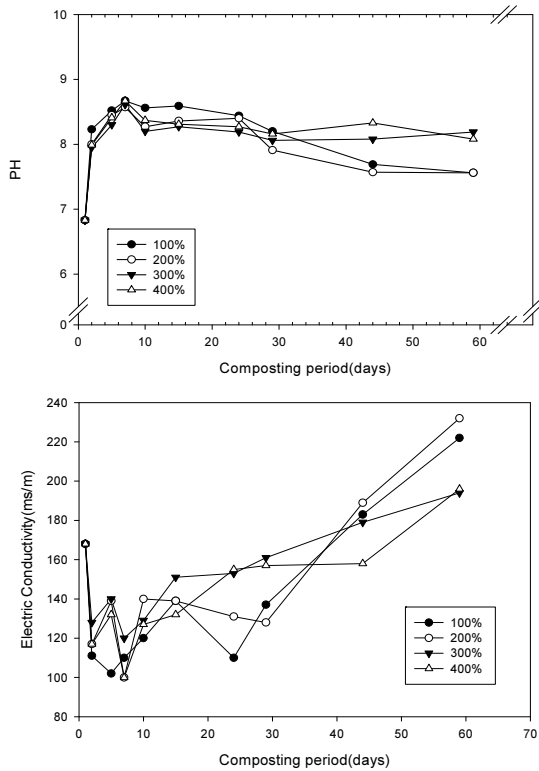


Fig. 4. Variations of pH and EC (us/cm) during swine manure composting period.

효 퇴비의 pH 적정수준에 대한 다양한 연구가 진행되고 있지만, 본 실험에서는 100%, 200% 처리구가 상대적으로 발효에 유리한 조건임을 알 수 있었다.

전기전도도 (EC)는 퇴비 내 식물생장에 영향을 미치는 염 (salinity)을 측정하는 지표로서, 일반적으로 퇴비화 초기 급격히 감소하였다가 질산성 질소 ($\text{NO}_3\text{-N}$)가 다량으로 발생하는 퇴비화 후기에 상승한다고 보고된 바 있다.¹⁷⁾ 본 실험에서도 퇴비화 개시 전기전도도 (EC)는 $1685 \mu\text{s/cm}$ 에서 $1000\sim 1200 \mu\text{s/cm}$ 으로 급격히 감소하였으며, 이후 질산태 질소의 발생으로 인해 최고 $2321 \mu\text{s/cm}$ 까지 상승하였다. 한 (2008)의 보고에 의하면, 가축분뇨의 전기전도도 (EC)는 타 유기물에 비해 높아 영양성분이 많은 장점이 있지만 토양에 환원될 때 문제점으로 작용할 수 있다고 보고하였다.¹⁸⁾

3.4. 퇴비화 처리구별 총 켈달 질소 및 무기성 질소 함량변화

퇴비화 진행상황에 따른 TKN, 이산화탄소 발생량, 무기성 질소의 변화를 Fig. 5에 제시하였다. 일반적으로 돼지 분뇨의 TKN은 1~5% 범위에 해당하

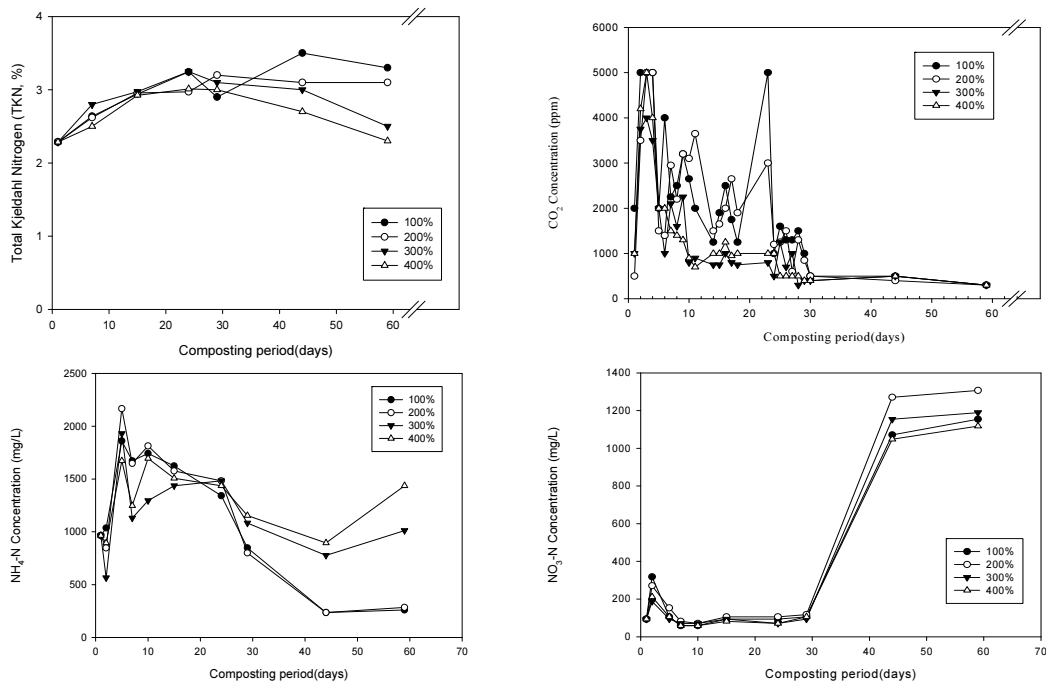


Fig. 5. Variations of TKN (Total Kjeldahl Nitrogen, %), CO_2 , $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ concentration (mg/L) during swine manure composting period.

며, 본 실험에서도 2.98%로 조사되었다. 톱밥의 TKN은 0.11%였으며 혼합된 실험개시 퇴비의 TKN은 2.3%로 조사되었다. Nada (2015)의 보고에 의하면, 유기물 분해 시 초기 호열성 구간에서 발생하는 암모니아 휘발로 인하여 TKN이 감소할 수 있으나, 퇴비화 전 기간 동안 CO₂의 휘발과 수증기 발생으로 인하여 결과적으로 TKN이 상승한다고 보고하였다.¹⁹⁾ 본 연구결과에서도 퇴비화 초기 TKN이 점차 증가하여 최종적으로 100%에서 3.3%, 200%에서 3.1%, 300%에서 2.5%, 400% 2.3%로 조사되었다. 100%과 200% 처리구의 총 켈달질소가 타 처리구에 비해 증가세가 높은 것을 관찰할 수 있었는데, 이는 퇴비화 전 기간 동안 100%과 200% 처리구에서 발생한 이산화탄소가 300%와 400%처리구의 발생량보다 높기 때문이며, 이는 Nada (2015)의 연구결과와 일치하였다.

암모늄태 질소 (NH₄-N)는 퇴비 내 유기물의 분해과정에서 발생하는 암모니아화 작용 (Ammonification)에 의해 생성되며, pH 정도에 따라 기체인 암모니아 (NH₃) 혹은 무기이온인 암모늄태 질소 (NH₄)형태로 생성된다. 생성된 암모늄태 질소는 퇴비의 부숙이 진행됨에 따라 아질화세균과 질화세균에 의해 최종적으로 질산태 질소 (NO₃-N)로 전환된다. 따라서 암모늄태 질소와 질산성 질소의 변화과정을 추적하면 퇴비의 부숙 정도를 판단할 수 있으며, Pare 등 (1998)은 암모늄태질소와 질산태 질소의 비율이 1이하일 때, 이를 부숙 퇴비로 볼 수 있다고 하였다.²⁰⁾ 본 연구에서도 퇴비화 개시 시 암모니아태 질소의 함량은 965 mg/kg 이었으며 점차 상승하여 10일차에 100%에서 1742 mg/kg, 200%에서 1813 mg/kg, 300%에서 1295 mg/kg, 400%에서 1695 mg/kg로 가장 높은 수치를 나타냈다. 이후 질산태 질소의 상승과 함께 점차 감소하여 최종적으로 100%에서 259 mg/kg, 200%에서 283 mg/kg, 300%에서 1012 mg/kg, 400%에서 1436 mg/kg으로 조사되었다. 질산태 질소의 경우, 퇴비개시 시 94 mg/kg였으며, 퇴비화 44일 이후 급격히 증가하여 최종적으로 100%에서 1154 mg/kg, 200%에서 1307 mg/kg, 300%에서 1189 mg/kg, 400%에서 1118 mg/kg로 조사되었다. 최종 퇴비의

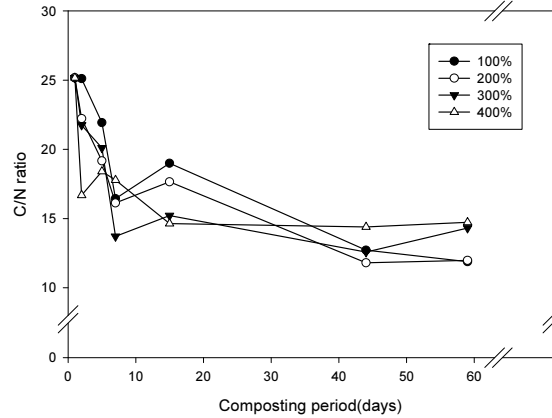


Fig. 6. Variations of C/N ratio during swine manure composting period.

NH₄-N : NO₃-N 비율은 100%에서 0.22, 200%에서 0.21, 300%에서 0.85, 400%에서 1.28로 조사되어 대부분 1이하였지만, 100%과 200%가 타 처리구에 비해 차이를 보여 100%과 200%에 이용된 공기흡입강도가 퇴비화에 이상적인 방법인 것으로 조사되었다.

3.5. 퇴비화 처리구별 C/N 비의 변화

Fig. 6은 퇴비화 진행 중 C/N비의 변화를 나타낸 것이다. 일반적으로 C/N비는 퇴비의 부숙 지표 중 하나이며, 퇴비 개시 시 적정 C/N비는 25~35사이로 알려져 있다. Bernal 등 (2009)은 퇴비화가 진행되면서 C/N비는 점차 감소하며 이상적인 부숙 조건이 C/N비 12 이하라고 발표하였다.²¹⁾ 본 연구에서도 퇴비 개시 시 C/N비는 25.17이었으며, 퇴비화 진행과 함께 점차 감소하여 최종적으로 100%에서 11.8, 200%에서 11.9, 300%에서 14.3, 400%에서 14.7로 조사되었다. 결과적으로 100%과 200% 처리구가 부숙 퇴비에 해당하는 것으로 조사되었다.

4. 결론

이상의 돈분 퇴비화 실험으로부터 얻은 연구결과는 다음과 같다.

1. 퇴비화 3일째 온도가 53.5~62.5°C로 상승하였으며 전체 기간 동안 100%, 200% 처리구가 타

처리구에 비해 높은 온도를 유지하고 있는 점과 뒤집기 작업 후 100%, 200% 처리구의 온도만 상승하는 것을 볼 때, 300% 와 400%에 공급되는 다량의 산소가 신속한 유기물의 분해에 영향을 미친 것으로 관찰되었다.

2. 실험 개시 시 혼합 퇴비의 수분은 64%였으며, 전체 기간 동안 처리구별 수분 감소량은 100% 25.87%, 200% 31.19%, 300% 49.68%, 400% 52.34%로 조사되었다. 선행연구결과를 보았을 때, 300%와 400%의 수분 감소량은 양질 퇴비 기준에 적합하지 않은 것으로 조사되었다.

3. 퇴비화 개시 시 pH는 6.83로 조사되었으며 암모니아 발생에 의해 점차 증가하여 7일차에 8.57~8.67로 가장 높게 관측되었다. 최종 pH는 100% 7.56, 200% 7.56 300% 8.19 400% 8.08로 조사되었으며 이는, 100%, 200% 처리구가 타 처리구에 비해 발효에 유리한 조건으로 조사되었다.

4. 퇴비 내 TKN의 증가는 CO₂와 수증기 발생에 기인하며 본 연구에서 100%과 200% 역시 높은 이산화탄소 발생으로 인해 TKN이 높게 상승하는 것을 관찰할 수 있었다 (100% 3.3, 200% 3.1%). NH₄-N : NO₃-N의 비율은 100% 0.22, 200% 0.21 300% 0.85, 400% 1.28로 조사되어 100%와 200%의 공기흡입강도가 퇴비화에 적합한 것으로 사료된다.

5. 최종 퇴비의 C/N비는 100% 11.8, 200% 11.9, 300% 14.3, 400% 14.7로 조사되어 12이하의 100%과 200%가 퇴비에 적합한 처리구임을 관찰할 수 있었다.

6. 결과적으로 밀폐식 반응기 퇴비화 시 공기주입 강도에 따른 적정 공기흡입량은 100%~200%로 조사되었다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 기관고유과제인 공기흡입에 의한 퇴비화 방법 연구(PJ01084201)과정에 의해 이루어 졌으며, 이에 감사드립니다.

References

1. Korean Ministry of Agriculture, Food and Rural Affair, "Amount of Agricultural Production in 2014", (2015).
2. Korean Ministry of Agriculture, Food and Rural Affair, "Yield of livestock manure in South Korea", (2016).
3. Yun, H. B., Lee, Y. J., Kim, M. S., Lee, S. M., Lee, Y., Lee, Y. B., "Composting of Pig Manure Affected by Mixed Ratio of Sawdust and Rice Hull", Korean J. Soil Sci. Fert., 45(6), pp. 1032-1036. (2012).
4. Hong, J. H., "Characteristics of Biodegradation during Recycled Composting Process", J. of Korea Society of Urb. Environ., 1(1), pp. 17-24. (2001).
5. Egball, B., Power, J. F., "Phosphorus and Nitrogen based Manure and Compost application : corn production and soil phosphorus", Soil sci. soc. of Am. J. 63, pp. 895-901. (1999).
6. The Department of Environment of South Korea, "Standard Design for Livestock Manure Treatment Facility", (2009).
7. Jeong, K. H., Kang, H., Kim, T. I., Park, C. H., Yang, C. B., "Effect of aeration on the Physicochemical Characteristics of Livestock Feces Compost during composting period", J. Korea Org. Res. Rec., 11(4), pp. 57-65. (2003).
8. Kwag, J. H., Kim, J. H., Jeong, K. H., Cho, S. H., Ahn, H. K., Choi, D. Y., Jeong, M. S., Lee, S. C., Kang, H. S., Ra, C. S., "A Study on the Characteristics Using Pig Manure Under Aerobic Air Flow Rate During Composting" J. Lives. Hous. & Emv. 17(2), pp. 131-138. (2011).
9. Lee, D. J., Kim, J. K., Jeong, K. H., Cho, W. M., Ravindran, B., "Characteristic Changes of Swine Manure by Air Suction Composting System", J. Kor. Org. Res. Rec., 24(3), pp. 63-74 (2016).
10. Zhu, N., "Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw", J. Bio. Tech. 98, pp. 9-13. (2007).
11. Poincelot, R. P., "The Biochemistry and Methodology of composting", The Connecticut Agricultural

- Experiment Station, pp. 9 (1975)
12. Seo, M. C., So, K. H., Park, W. M., "Assays of Maturity and Antifungal Activity against Plant Pathogen during the Animal Manure Composting Process", *J. Kor. Soil Sci. and Fert.*, 32(3), pp. 285-294. (1999).
 13. Hong, J. H., "Composting Agricultural Waste", *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery*, 26(1), pp. 67-73. (2001).
 14. Lee, J. T., Nam, Y. G., Lee, J. I., "Change of Physico-chemical Properties and Microflora of Pig Manure due to composting with some Bulking Agents", *Korean journal of Soil Science and Fertilizer*, 34(2), pp. 134-144. (2001).
 15. Cardenas, R. R. and Wang, L. K., "Evaluation of city refuse compost maturity : A review", *Biological Wastes*, 27, pp. 115-142 (1989).
 16. Mori, T., Narita, A., Amimoto, T. and Chino, M., "Composting of municipal sewage sludge mixed with rice hull," *J. Soil Sci. Plant Nutr*, 27(4), pp. 477-486. (1981)
 17. Kim, T. I., Crag, I. P., Jung, J. W., Hong, E. C., Bang, W. R., Yoom Y. H. and Yang, C. B., "Effects of Rice Hull Addition and Bin Wall Characteristics on Pig Slurry Composting Properties", *J. Lives. Hous. & Emv.*, 10(1) pp. 47-58. (2004).
 18. Ko, H. J., Kim, K. Y., Kim, H. T., Kim, C. N., Umada, M., "Evaluation of maturity parameters and heavy metal contents in composts made from animal manure", *J. Waste Manage.*, 28, pp. 813-820 (2008).
 19. Nada, W. M., "Stability and maturity of maize stalks compost as affected by aeration rate, C/N ratio and moisture content", *J. Soil sci. and Plan nutr.*, 15(3), pp. 751-764. (2015).
 20. Pare, T., Dinel, H., Schnitzer, M., Dumontet, S., "Transformations of carbon and nitrogen during composting of animal manure and shredded paper," *Biol. Fertil. Soils*. 26, pp. 173-178. (1998)
 21. Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., Moral, R., "Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review", *Bio. Tech.*, 100(22), pp. 5444-5453. (2009).