

복합세라믹 담체를 이용한 돈분 퇴비화 연구

황준영*, 이종은, 장기운

충남대학교 농업생명과학대학 생물환경화학과, 한국과학재단*

(2003년 5월 30일 접수, 2003년 6월 8일 채택)

Composting of the Pig Manure Used with the Ceramic Biocarrier

Joon-Young Hwang*, Jong-Eun Lee, Ki-Woon Chang

Dept. of Agricultural Chemistry, Chungnam National University., Taejeon, 305-764, Korea.,

KOSEF*

ABSTRACT

This study was executed to evaluate the utilization and efficiency of the ceramic biocarrier as the promoter of decomposing on the organic matters for the composting using with pig manure by analyzing of the physico-chemical properties during composting. The treatments of this experiment were consisted of the control(C), microorganism(M), M with natural zeolite(M+Z), M with synthesized zeolite(M+SZ), and M with ceramic biocarrier(M+CZ). The process term of composting was conducted for 30days in the rapidly fermented machine(as pilot system).

The results of the physico-chemical properties of the composts were as follows. The changes of temperature during composting was not relative with the microorganism and zeolite materials used in the composts. At all of the treatments were similar to changing of temp. from the initial stage to the final stage. But the added microorganism treatments were higher than control. And the entire pH value of treatments were appeared the same that above temperature result, also the M+CZ and M+SZ treatments among the treatments were higher. At the results of T-C, T-N and C/N ratio, in case of T-C value, the M+CZ treatment was highly more decreased than others. However at the T-N value, there were not the differences from the each treatment. And the C/N ratio was changed according to the changes of T-C and T-N value. Especially, at the M+CZ and M+SZ treatments were remarkably reduced by about 21.4-23.3 value. In the result of G.I for evaluating of the compost humidity, the M+CZ and M+SZ treatments were close up approximately 110 value compared with the control(G.I value 100).

Therefore, the examined ceramic biocarrier amended with compost-promoting-bacteria could be applied to the production of many high quality fertilizers. It is also expected that the results of this researches could be applied to the recycle of the organic wastes based on the experimental results of ceramic biocarrier and compost-promoting-bacteria application.

Key Words : Ceramic Biocarrier, Pig manure, Compost, Humidity etc.

초 록

본 연구는 부속촉진 미생물이 배양된 복합세라믹 담체를 처리하여 고속발효기를 통한 돈분 퇴비화 과정 중 퇴비 부속도와 품질안정성을 분석하여 그 이용성과 효용성을 평가하기 위해 수행하였다. 각 처리구는 대조구(C), 미생물 처리구(M), 미생물 및 천연 제올라이트 처리구(M+Z), 미생물 및 합성 제올라이트 처리구(M+SZ), 미생물 및 복합세라믹 담체 처리구(M+CZ) 등 5개의 처리구를 두고 실험을 실시하였다. 이에 대한 결과는 다음과 같았다.

온도 변화는 미생물제제 및 제올라이트의 첨가 유무와 종류에 상관없이 모든 처리구에서 유사한 온도변화를 보였으며, 미생물처리구가 대조구보다 약간 온도가 높은 결과를 나타냈다. pH 변화는 대조구보다 모든 처리구에서 높게 나타났으며, M+CZ와 M+SZ 처리구에서 다소 높았다. 그리고 T-C, T-N 및 C/N율의 결과를 보면 총탄소의 변화는 M+CZ 처리구가 가장 감소폭이 큰 것으로 나타났으며, M+Z 처리구도 대조구와 미생물 처리구보다 감소가 두드러졌다. 전질소는 각 처리구별로 1.4~1.8% 정도였으며, 처리구간의 큰 변화는 없었다. 또한 C/N비는 총탄소의 변화가 큰 M+CZ 처리구와 M+SZ 처리구에서 대조구와 미생물 처리구보다 다소 낮은 결과로 약 21.4~23.3의 결과를 보였다. 부속도 평가를 위한 식물독성시험 결과 역시 M+CZ 처리구와 M+SZ 처리구에서 가장 높은 약 110 정도의 G.I 값을 나타내었다.

결론적으로 복합세라믹 담체를 이용한 돈분 퇴비화 과정중 퇴비의 이화학적 특성변화와 부속 안정도의 측면에서 볼 때 그 효용성이 인정되었다고 판단된다.

핵심용어 : 복합세라믹 담체, 돈분, 퇴비, 부속도 등

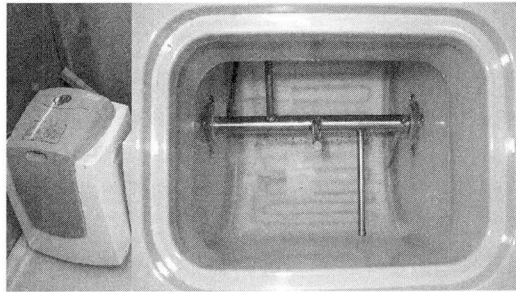
1. 서론

과거의 유기성 폐기물은 인축의 분뇨와 농업 부산물로서 모두 농업활동에 재활용되어 환경오염원으로서 문제는 제기되지 않았다. 그러나 현재는 농업에도 경제성과 생력화의 필요성이 대두됨에 따라 과거에 퇴비에 의존하던 작물영양원이 화학비료로 대체되고 있으며, 유기성 폐기물은 도시화와 산업화가 진전됨에 따라 지역적으로 편중될 뿐만 아니라 발생량도 대형화되는 추세이다. 축산농가의 사육형태가 집단화되어 양축규모가 증가하고 이에 따라 축산 폐기물인 분뇨 발생량이 매년 증가추세이며 환경오염을 수반하기 때문에 그 해결 방안으로 실용적 가축분뇨 처리기술 개발이 양돈 산업의 절실한 당면한 과제이다. 일반적으로 축산농가에서 발생하는 축산폐자원인 분뇨는 재활용이라는 차원에서 퇴비화 후 비료 등으로 재활용이 가장 선호되고 있으며, 퇴비화 처리기술은 점점 발달하고 있는 실정이다.

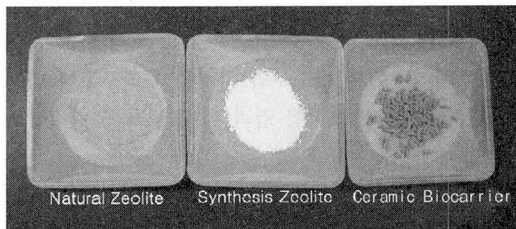
가축분뇨는 유기물이 많이 함유되어 있어 유기질

비료자원으로 활용할 경우 자원의 재활용과 환경오염을 경감시킬 수 있다는 두 가지 측면에서 바람직하다. 특히 토양 비옥도가 낮은 현실에서 가축분뇨를 양질의 유기질비료로 전환한다는 것은 그 의미가 크다고 할 수 있다. 퇴비화의 목표는 첫째 생화학적으로 분해가 가능한 유기물질의 안정화, 둘째 고온발효에 의한 병원균과 잡초씨앗 등의 사멸, 셋째 수분과 휘발성 물질의 제거에 의한 감량화, 넷째 토양의 이화학적 성질을 개선시키고 식물 영양자원으로서의 가치를 갖춘 유기물질을 생산하는 것이다.

이에 따라 본 연구의 목적은 축산업 현장에서 발생하는 가축분뇨의 효율적인 자원화를 위하여 복합세라믹 담체를 개발하여 부속을 촉진시키는 미생물을 선발한 후 복합세라믹 담체에 담지 후 이것들을 이용한 돈분의 퇴비화 과정 중 부속유기물의 완속화 과정에 대한 적합성을 구명하고, 각종 유기성분과 무기성분의 이화학적 특성변화 및 부속 안정성을 분석, 평가하여 효율적인 가축분뇨 처리를 위한 시스템 개발을 위한 기초자료로 제시하고자 한다.



[Fig. 1] Pilot machine for the composting



[Fig. 2] The adding materials of each treatments for the composting

2. 재료 및 방법

2.1 재료 및 퇴비화 시설

퇴비화 처리에 사용된 돈분은 충남 논산시 연무읍 안심리에 위치한 양돈단지에서 시료를 채취 후 돈분과 톱밥을 57:43비율로 혼합하여 최종적으로 55~60% 수준의 수분함량으로 조절하였다.

퇴비화 실험을 위하여 경북 구미에 위치한 아일인텍(주)에 의뢰하여 퇴비화 장치를 제작하였다. Pilot 퇴비화장치(760 × 575 × 773mm)에 20kg의 퇴비화 시료를 넣은 후 퇴비화 실험을 수행하였다(Fig. 1). Pilot 퇴비화 장치의 공기는 강제 송풍방식으로 10 L/min/m³ 내외의 풍량으로 오전과 오후 각 1회씩 송풍하였으며, 퇴비화 장치내에 2rpm 속도의 교반기를 정회전 및 역회전이 되도록 장착하여 운전하였으며, 별도의 뒤집기는 실시하지 않았다.

2.2 처리구 설정, 시료채취 및 보관

처리구별 미생물 및 담체 처리량은 처리구별 무게중량에 대비하여 처리하였으며, 미생물은 1%, 무기 복합세라믹 담체 및 제올라이트는 무게중량 대비

4.5%로 처리하였다. 각각의 처리내용은 대조구(C), 미생물 처리구(M), 미생물 및 천연 제올라이트 처리구(M+Z), 미생물 및 합성 제올라이트 처리구(M+SZ), 미생물 및 복합세라믹 담체 처리구(M+CZ)등 5개의 처리구를 두고 실험을 실시하였다. 또한 퇴비화 과정 중 시료는 총 8회에 걸쳐 채취하였으며, 시료는 미생물분석 및 이화학성 분석을 위하여 사용되었고 잔여시료는 -80℃의 냉동고에 보관하였다.

2.3 이화학적 특성분석

2.3.1 퇴비 온도 측정

퇴비화 기간 중의 퇴비의 온도를 측정하기 위해 digital thermometer (HY-550)를 이용하였으며, 조사된 퇴적터미의 온도는 1일 간격으로 중심부(약 30cm)의 온도를 측정하였다.

2.3.2 화학성 분석

화학성 분석은 농촌진흥청의 토양화학 분석법(1998)에 의거하여 총탄소는 dry-ash법, 질소는 Kjeldahl법, pH는 1:10법(Jackson, 1958)을 이용하여 측정하였다. 또한 무기 성분(K, Ca, Mg)은 HClO₄로 분해한 후 Atomic Absorption Spectrophotometer(AA)로 측정하였다.

2.4 식물독성시험

퇴비 부숙도를 알아보기 위하여 약 60℃에서 2시간 동안 증류수로 환류냉각 추출하여 얻은 용액을 여과한 후, 여과지(Watman No. 42, φ 9cm)가 깔린 petri dish에 여과액 5ml를 넣고 건실한 배추종자를 침중하여 배양기(상대습도 50%, 온도 28℃)에서 5일간 생육시켜 발아된 종자의 생육조사를 통하여 G.I(Germination Index)값을 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 원료의 이화학성 조사

퇴비화 과정중 퇴비의 이화학성 특성조사를 위하

[Table 1] Physico-chemical properties of the raw material for compost

Materials	pH (1:10)	EC (ds/m)	T-P	T-K	T-N	T-C	C/N ratio	CEC
			%					cmole/kg
Saw dust	4.8	1.59	0.009	0.08	0.07	55.3	789.50	14.5
Pig manure	8.1	48.9	1.22	1.49	2.21	45.3	20.48	23.5

여 돈분과 톱밥이 잘 혼합된 퇴비를 분석 시료로 하였으며 원료의 이화학성 분석 결과는 [Table 1]과 같다.

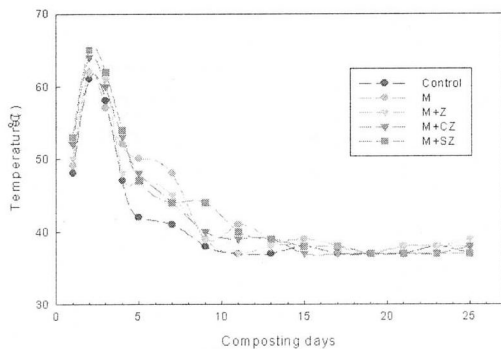
3.2 온도

돈분에 수분조절제로 톱밥과 천연 제올라이트 그리고 미생물을 첨가하여 부숙시킨 본 실험에서의 온도변화 양상은 [Fig. 3]에서 보는 바와 같다. 미생물 제재 및 제올라이트의 첨가 유무와 종류에 상관없이 모든 처리구에서 실험개시 후 2~3일까지 온도의 급격한 상승으로 60℃ 정도까지 도달하였으며, 그 이후에는 낮아져 25일에는 37~39℃까지 하강하였다. 미생물 처리구는 대조구보다 온도는 높았지만 다른 처리구와 비슷한 양상을 보였다. 퇴비화 2일경에 61~65℃까지 상승한 것은 퇴비화가 급속히 이루어지고 있음을 증명해 준다. 고열이 나타나는 것은 유기물질의 산화와 더불어 미생물로부터 기인된 산화효소 작용에 의한 발열반응이 진행된 결과로서 이는 기질 중의 수분증발을 촉진시키고 병원성 미생물을 사멸시키고 잡초씨앗을 불활성화시킨다. 최적의 퇴비화는 50~55℃에서 일어난다고 하였고, 퇴비온도

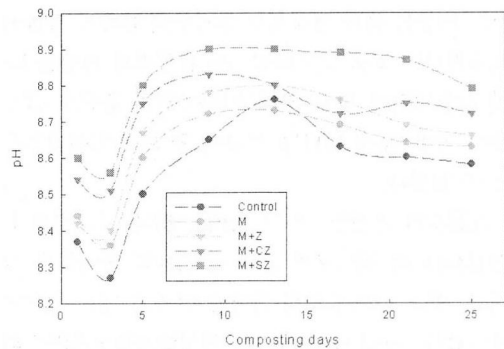
가 70℃ 이상이 되면 영양분의 손실이나, 유효미생물의 감소(thermal kill of microorganisms)로 퇴비화가 억제된다고 하였다⁴⁾.

3.3 pH의 변화

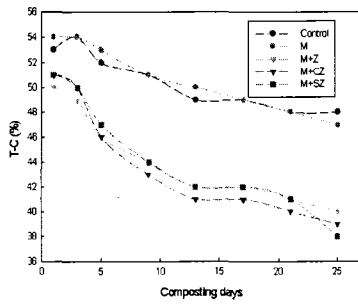
퇴비화 과정중 pH의 변화는 [Fig. 4]와 같이 모든 처리구가 큰 변화의 폭 없이 유사한 양상을 보였다. 퇴비화 과정중 초기에는 pH가 다소 감소하는 경향을 보였으며, 3일이 경과하면서 서서히 pH가 증가하였다. 퇴비화 10일 후 pH의 변화는 8.7~8.9 부근에서 13일 후부터 pH가 8.6~8.8로 다소 줄어드는 경향을 보였다. 이와 같은 경향은 퇴비화 초기에는 유기물질 분해에 의하여 중간생성물인 유기산이 생성되어 pH가 약간 낮아진다고 하는데⁵⁾ 본 실험 결과도 같은 경향을 보였으며, 퇴비화 과정이 진행되면서 기질의 분해로 인한 암모니아 등의 영향으로 pH가 상승 후 점차 안정화를 거치는 전형적인 퇴비화 양상으로 볼 수 있다. 본 실험결과에서 얻어진 퇴비는 pH 7.0~8.0의 약알칼리성 퇴비로 화학비료의 사용으로 산성화된 토양에 적용하면 토양을 중화시켜 완충능력을 증대시킬 것으로 판단된다.



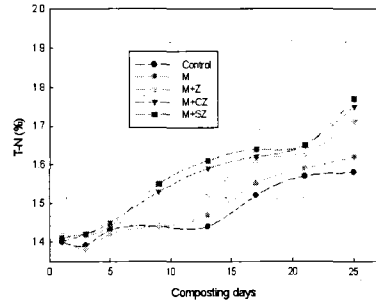
[Fig. 3] Changes of temperature during composting process



[Fig. 4] Changes of pH during composting



[Fig. 5] Changes of T-C during composting process



[Fig. 6] Changes of T-N during composting process

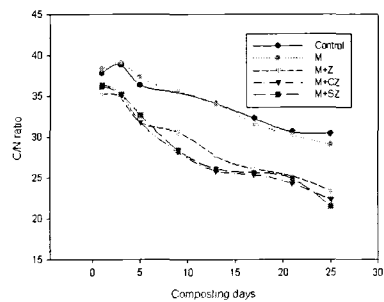
3.3 T-C, T-N 및 C/N을

미생물의 생육에 가장 중요한 성분은 탄소와 질소이다. 유기탄소물질은 유기물의 분해과정 중에 미생물이 필요로 하는 주요 에너지원이다. 퇴비화 과정 중 총탄소는 [Fig. 5]에서 보듯이 점점 감소하는 경향을 보였으며, 각 처리구마다 탄소량의 차이는 온도변화와 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. 미생물 및 천연 제올라이트 처리구(M+Z), 미생물 및 합성 제올라이트 처리구(M+SZ)와 미생물 및 복합세라믹 담체처리구(M+CZ)는 총탄소 함량이 초기 50~51% 정도이었던 것이 퇴비화 25일 이후에 38~40%로 감소하여 감소율이 20~25% 범위를 보였고, 대조구(C)와 미생물 처리구(M)도 총탄소 함량이 초기 53~54% 정도이었던 것이 퇴비화 25일 이후에 47~48%로 감소하는 경향을 보였다.

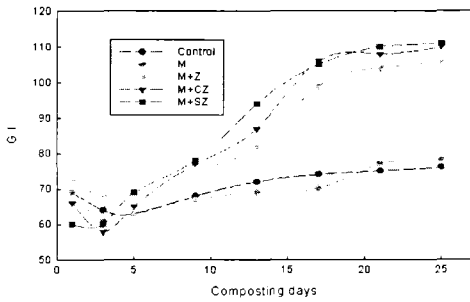
미생물 및 복합세라믹 담체 처리구(M+CZ)가 가장 감소폭이 큰 것으로 나타났으며, 천연 및 합성 제올라이트 처리구도 대조구(C)와 미생물처리구(M)보다 총탄소 함량의 감소가 두드러졌다. 총탄소의 감소는 미생물 등의 영향으로 유기물의 분해가 활발히 이뤄진다는 것을 의미하며, 본 실험결과 미생물(M) 및 복합세라믹 담체 처리구(M+CZ)의 총탄소 감소율이 가장 높게 나타나 부숙이 활발히 이뤄졌음을 알 수 있었다.

전질소의 측정된 결과는 [Fig. 6]에 나타내었다. 전질소는 각 처리구가 1.40~1.77%의 변이폭을 가지고, 평균 1.6%정도의 함량을 가지고 있는 것으로 나타났다. 특히 대조구(C)와 미생물처리구(M)의 퇴비화 25일 이후에 전질소 함량은 1.58~1.62%로 가

장 낮게 나타났으며, 미생물 및 천연 제올라이트 처리구(M+Z)와 미생물 및 합성 제올라이트 처리구(M+SZ), 미생물 및 복합세라믹 담체 처리구(M+CZ)는 퇴비화 25일 이후에 1.71~1.77%로 대조구(C)와 미생물 처리구(M)보다 높게 나타났다. 또한 C/N율에 대한 결과는 [Fig. 7]에 나타내었으며, 수분함량을 55~60%로 조절하여 배합한 결과 혼합구의 C/N율이 대조구(C)와 미생물 처리구(M)가 37.8~38.2로 높았고, 다른 미생물 및 천연 제올라이트 처리구(M+Z)와 미생물 및 합성 제올라이트 처리구(M+SZ), 미생물 및 복합세라믹 담체 처리구(M+CZ)는 35.2~36.4 정도로 다소 낮았다. 부숙이 진행됨에 따라 처리구의 C/N비가 초기에 약간 증가하다가 감소하여 25일쯤에는 C/N비가 21.4~30.3으로 감소하였다. 미생물 및 천연 제올라이트 처리구(M+Z)와 미생물 및 합성 제올라이트 처리구(M+SZ), 미생물 및 복합세라믹 담체 처리구(M+CZ)는 최종 C/N비가 21.4~23.3으로 대조구(C)와 미생물 처리구(M)의 최종 C/N비 29.0~30.3



[Fig. 7] Changes of C/N ratio during composting



(Fig. 8) Changes of G.I during composting process

보다 낮게 나타났다. 미생물 및 천연 제올라이트 처리구(M+Z)와 미생물 및 합성 제올라이트 처리구(M+SZ), 미생물 및 복합세라믹 담체처리구(M+CZ)의 C/N율이 감소폭이 두드러지게 나타난 이유는 탄소함량의 감소와 질소함량의 증가가 다른 대조구(C)와 미생물 처리구(M)보다 크게 나타났기 때문인 것으로 보인다.

3.4 식물독성시험

(Fig. 8)은 퇴비화 과정중 G.I 값의 변화를 나타낸 것이다. 지금까지 보고된 바로는 G.I 값은 80 이상일 때 식물독성이 없는 것으로 판단하며, 50 이상일 때 퇴비로 사용이 가능한 것으로 알려져 있다³⁾. 미생물 및 천연 제올라이트 처리구(M+Z), 미생물 및 합성 제올라이트 처리구(M+SZ) 및 미생물 및 복합세라믹 담체 처리구(M+CZ)는 퇴비화 25일 이후에 G.I값이 100 이상으로 나타나 식물독성이 없을 것으로 판단되며, 대조구(C)와 미생물 처리구(M)는 G.I 값이 76~78 정도로 식물독성의 가능성이 있기 때문에 후발효 과정을 갖는다면 부산물비료 퇴비로서는 사용 가능할 것으로 판단되었다.

3. 결론

본 연구는 부숙촉진 미생물이 배양된 복합세라믹 담체를 이용하여 돈분 퇴비화 과정 중 퇴비 부숙도와 품질안정성을 분석하여 그 이용성과 효용성을 평가하기 위해 수행하였으며, 본 연구 결과는 아래와 같이 함축하여 기술하였다.

(1) 퇴비화 과정 중 처리구별 온도변화는 모든 처리구에서 유사한 온도변화를 보였으며, 미생물처리구가 대조구보다 약간 온도가 높은 결과를 나타냈지만 처리구간은 유사하였다.

(2) pH의 변화는 대조구보다 모든 처리구에서 높게 나타났으며, M+CZ 처리구와 M+SZ 처리구에서 다소 높은 결과를 보였다.

(3) T-C, T-N 및 C/N비의 결과를 보면, 총탄소의 변화는 M+CZ 처리구가 가장 감소폭이 큰 것으로 나타났으며, M+SZ 처리구가 대조구(C)와 미생물 처리구(M)보다 감소가 두드러졌다. 그리고 전질소는 각 처리구별로 1.4~1.8%의 변이폭을 갖았으며, 처리구간의 큰 변화는 없었다. 또한 C/N비는 총탄소의 변화가 컸던 M+CZ 처리구와 M+SZ 처리구에서 대조구와 미생물 처리구보다 다소 낮은 결과로 약 21.4~23.3의 결과를 보였다.

(4) 퇴비화 과정 중 부숙도 평가를 위한 식물독성시험 결과 역시 M+CZ 처리구와 M+SZ 처리구에서 가장 높은 약 110 정도의 G.I 값을 나타내었다.

결론적으로 복합세라믹 담체를 이용한 돈분 퇴비화 과정중 퇴비의 이화학적 특성변화와 부숙 안정도의 측면에서 볼 때 그 효용성이 인정되었으며, 유기물분해 촉진을 도모하는 복합세라믹 담체를 이용시 작업공정의 시간단축과 경제성 향상뿐만 아니라 고품질 부산물비료를 생산하는데 효과적일 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김원호, 정광화, 서성, 백광수, 신동은, 유성오, 김원영. 돈분의 수분조절 및 부숙기간이 퇴비화에 미치는 영향. 축산시설환경. 4(1):47-53, (1998).
2. 이주삼, 정재춘, 김남천. 가정 및 축산폐기물의 퇴비화. 동화기술, (1995).
3. 장기운, 이인복, 임재신. 음식물찌꺼기를 이용한 퇴비의 부숙과정 중 이화학적 특성 변화. 유기성폐자원학회지 3(1):3-11, (1995).
4. Falcon, M., A.E. Corominas, M.L. Perez

and F. Perestelo. Aerobic bacterial populations and environmental factors involved in the composting of agricultural and forest wastes of the canary islands. *Biological wastes*, 20:89-99, (1987).

5. Saviozzi, A., R. Levi-Minzi, R. Fiffal and A. Benetti. Evaluating garbage compost: Part II. Biological transformation. *Biocycle*, pp. 72-75, (1992). 