



미생물 첨가에 의한 소규모 정체식 퇴비화

장기운, 유영석
충남대학교 농화학과

Composting of Small Scale Static Pile by addition of Microorganism

Ki-Woon Chang, Young-Seok Yu

Dept. of Agricultural Chemistry, Chungnam National University,
220, Gung-dong, Yousung-ku, Daejeon, 305-764, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to survey the utilization possibility of composting system of small scale static pile with animal manure produced from cattle shed and the effect of addition of microorganism on the maturity of compost.

Microorganisms added in composting substrate were bacteria+lactobacillus(BL)+photo.(BLP). The composting practiced was a windrow system without aeration equipment and turning was practiced periodically.

The water content of substrate mixed with cow manure, rice husk, and sawdust was about 60%. The temperature during the composting process was increased at over 60°C within 3 days after composting starting. Increase of temperature at the early stage of composting was fasten in BLP and BL than Control. Because the pH of the raw material was high, the changes of pH during composting was little and stabilized in weak alkaline condition. EC value was high for accumulation of manure and urine excreted continuously by animal and the changes of those during composting occurred in 5-10% increase. Reduction rates of C/N ratio were the largest as the 22.7% in BLP and 19.2 and 17.5% in BL and Control respectively. In the evaluation of phytotoxicity, there was stabilized within the short time in BLP and not the difference between BL and Control.

Treatment of animal manure produced from small scale cattle shed was possible by using the small scale static pile composting system with reasonable water content and turning and the addition of microorganism in composting substrate was effected on the temperature increase at the early stage of composting and reduction of plant toxicity compounds but little on the maturity of compost.

Key Words : Cow manure, Bacteria, *Lactobacillus*, Photo., Composting

초 록

본 연구는 소규모의 축사에서 발생하는 축분을 합리적으로 처리하기 위해 소규모 정체식 퇴비화의 적용 가능성을 검토하였다. 이 때 미생물을 첨가하여 퇴비화에 미치는 영향을 조사하였다.

처리구는 무처리의 대조구, 일반 Bacteria와 Lactobacillus을 처리한 BL구, BL구에 Photo.를 첨가한 BLP구 등 3개를 두었으며, 별도의 퇴비화 장치 없이 퇴적시킨 후 간헐적인 뒤집기를 실시하였다. 원료의 수분함량은 60% 정도였으며, 우분, 왕겨, 톱밥이 혼합되었다.

퇴비화 과정 중 온도는 3일 이내에 60℃이상 상승하였으며, BLP와 BL구에서 Control구에 비해 초기 온도상승에 우세하였다. 원료의 초기 pH가 높아 퇴비화 과정중 pH 변화는 모든 처리구에서 크지 않았으며, 약알카리성에 머물렀다. EC는 노와 분의 계속적인 배출로 축적되어 초기에 높은 값을 보였으며, 퇴비화 과정중 5~10%의 상승을 보였다. C/N율의 감소는 BLP구에서 가장 높은 22.7%를 보였으며, BL과 Control구에서는 각각 19.2와 17.5%의 감소를 보였다. 식물독성평가에서는 BLP가 가장 짧은 시간에 안정되었으며, BL구와 Control구의 차이는 없었다.

소규모 축산농가에서 발생하는 축분의 처리는 적절한 뒤집기와 수분함량을 갖춘 소규모 정체식 퇴비화에 의해 가능하며, 미생물의 첨가는 초기 온도상승과 식물독성물질의 감소에 긍정적이었으나, 부숙도에 큰 영향은 미치지 못하였다.

핵심용어 : 우분, Bacteria, Lactobacillus, Photo., 정체식 퇴비화

1. 서론

축산부산물로 발생하고 있는 우분, 돈분, 계분 등은 퇴비화, 건조화, 단순퇴적 등 다양한 방법에 의해 재활용되어 왔다. 소규모로 운영되는 축산농가에서는 축분의 원활한 처리가 미흡하여 이를 합리적으로 해결하는 것이 시급하였다. 최근에 양질의 퇴비를 생산하기 위해 적합한 퇴비화 조건을 설정하거나 원료에 미생물을 첨가하여 부숙을 촉진하려는 노력을 시도하고 있다(황교열 등, 2001). 소규모의 축사에서 발생하는 축분은 분뇨 자체만 존재하는 것이 아니라, 축사의 것으로 사용되고 있는 짚, 왕겨, 톱밥 등이 혼합되어 있다. 또한 사육기간동안 과도한 수분은 증발되거나 하층으로 이동함으로써, 비교적 양호한 수분 상태를 유지하고 있다. 이들을 합리적으로 처리할 수 있는 방법은 일정한 장소에 소규모로 퇴적 및 정체시켜 안정화를 유도함으로써 농업적으로 재활용하는 것이다. 축분의 퇴비화에 미생물을 첨가하여 부숙을 촉진하거나 퇴비의 품질을 향상시켜려는 노력은 최근 많이 시도되는 연구 분야이지만 아직 연구 결과는 미흡한 실정이며, 부숙도 촉진은 미생물의 첨가보다는 원료의 조성비와 물리적인 퇴비터미의 특징, 그리고 퇴비화 과정 중 운전조건에 따라 좌우된다고 많은 연구자들이 언급하였다(장기운 등, 2002; Herrmann 등, 1996).

본 연구에서는 소규모의 우사에서 발생하는 축분을 합

리적인 방법으로 처리하기 위해 소규모 정체식 퇴비화를 적용함과 동시에 미생물을 첨가하여 퇴비화 과정 중 물리화학적 특성 변화 조사를 통해 퇴비화 기술 및 미생물 적용 가능성을 검토하기 위해 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 원료

본 실험에 사용한 원료는 축사에서 1~6개월 정도 정치되어 있는 우분과 이미 축사바닥에 깔아 놓은 왕겨와 톱밥이 혼합된 것을 이용하였다. 혼합된 원료의 이화학적 성질은 (Table 1)과 같다.

2.2 방법

2.2.1 처리구 설정

처리구는 대조구(미생물 무처리; Control)와 일반 bacteria, Lactobacillus를 첨가한 처리구(BL), Bacteria, Lactobacillus, Photo.를 처리한 처리구(BLP) 등 3개를 조성하였다.

2.2.2 퇴비화

본 연구는 공주시 우성면의 젖소농가에서 실시하였으며, 우사에서 배출된 퇴비원료는 수분함량이 60%이었기

[Table 1] Properties of physico-chemical in material used in experiment

Material	pH (1:5)	EC (dS/m)	T-N	T-C	C/N ratio	Ca	Mg	K	Na
			g kg ⁻¹			g kg ⁻¹			
Cow manure + Rice husk + Sawdust	8.9	60.5	12.7	462	39.5	0.6	2.0	14.4	5.1

때문에 별도의 수분 조절제는 필요하지 않았고 배양한 미생물을 원료와 골고루 혼합하여 비가림 시설의 우사 옆에 퇴적시켰다. 바닥은 콘크리트로 다져졌으며, 퇴비화 방법은 개방된 정제식으로 규모는 처리구당 2m³이었다. 특별한 통기시설이 없었으며, 주기적인 뒤집기(1회/주)로 퇴비더미에 공기를 공급하였다.

2.2.3 시료 채취

시료채취는 퇴비화를 시작한 날을 1일로 하여 1, 6, 13, 20, 35일째 총 5회에 걸쳐 실시하였으며, 뒤집기 후 골고루 혼합된 원료를 채취하여 음지에서 풍건 후 2mm체를 통과한 시료를 분석에 이용하였다.

2.3 분석 및 측정방법

퇴비화기간 중 온도 측정은 퇴비더미의 중심부에서 매일 측정하였다. pH는 시료와 증류수를 1:5(w/v)로 혼합하여 pH meter로 측정하였다. T-C는 회화법을 이용하였으며, T-N은 keijldahl법으로 분석하였다. 식물독성실험은 풍건된 시료와 증류수를 1:20(w/v)으로 혼합하여 환류냉각장치를 이용하여 70℃에서 2시간 환류추출하여 여과지(No. 41)로 여과하였다. 9cm여과지(No. 2)를 깔은 직경 9cm petri dish에 5ml씩 넣고 배추종자를 10개씩 파종하였다. 파종 후 5일 뒤에 발아상태와 유식물의 뿌리 길이를 측정하였다. 실험은 3반복으로 실시하였으며 Germination Index(G.I.)값은 대조구에서 얻어진 수치에 상대적인 수치로 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 온도 변화

퇴비화를 시작한 후 3일이 지나면서 온도가 60℃이상까지 급격히 상승하였으며, 15일간 계속 그 온도를 유지하다가 퇴비화 27일째 50℃이하로 하강하였다. 퇴비화 초기에 대조구에 비해 미생물을 처리한 처리구에서 온도 상승이 보다 빨랐으나, 퇴비화가 진행될수록 처리구간의 온도차이는 크지 않았다(Fig 1). 미생물 첨가는 퇴비화 초기의 온도 상승에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 해석되지만 초반 이후 퇴비화 과정에서 미생물의 첨가 효과는 뚜렷하지 않았다. 모든 처리구가 퇴비화 기간중 온도 변화 폭이 심한 시기에는 뒤집기 전·후에 공기공급의 차이에 의한 것이며, 비교적 퇴비더미가 높지 않고 뒤집기가 주기적으로 실행되었기 때문에 효과적인 퇴비화가 진행되었다. 또

한 우분, 톱밥, 왕겨의 혼합이 바람직한 물리성을 보였으며, 수분함량과 공극율의 조건이 미생물의 분해작용을 활발히 할 수 있도록 긍정적인 영향을 미쳤다.

3.2 pH와 EC

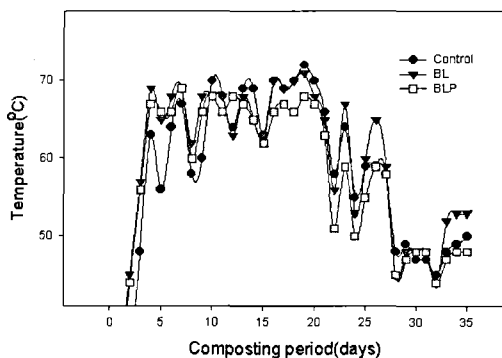
퇴비화 과정 중 pH 변화는 산을 형성하는 미생물에 의해 이분해성 물질이 분해되어 유기산이 형성되면서 감소하고, 단백질의 가수분해에 의한 암모니아의 발생으로 pH가 상승된다(Viel et al., 1986; Sikora, 1983; Bertoldi, 1982).

원료 자체가 초기에 pH 8.5이상으로 비교적 높았으며, 퇴비화가 진행될수록 pH는 8.5이하로 낮아지지 않았다. 이와 같이 초기의 pH가 높은 것은 측사에 오랫동안 있으면서 뇨의 계속적인 공급으로 암모니아태 질소의 증가와 이분해성 물질의 분해에 의해 pH가 높아진 것으로 추정되며, 퇴비화 과정 중 pH에 영향을 미칠 정도의 다량의 유기산 생성은 없었던 것으로 판단된다.

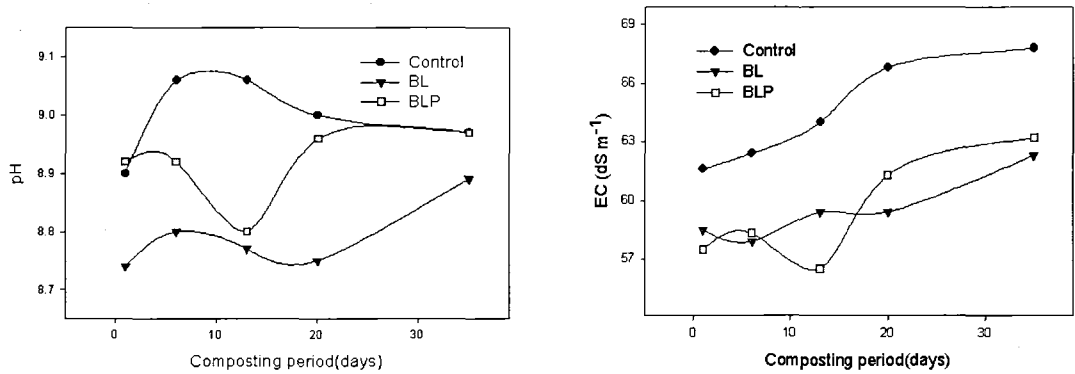
퇴비화 과정 중 EC는 보통 증가하는 경향을 보이는데, 본 연구에서도 비슷한 경향을 보였다. 일반적인 퇴비의 EC값은 25~50 정도를 유지하는 데(유영석 등, 1998) 비해 60 전·후의 초기 값은 다른 원료에 비해 높았으며, 이는 소의 뇨와 분의 지속적인 배설에 의한 결과로 보인다. EC의 변화는 처리구간 약간의 차이가 있으며, 5~10%의 증가를 보였다(Fig 2).

3.3 T-C, T-N, C/N을

퇴비화 과정 중 유기물의 분해는 곧 탄소의 감소를 의미하는 데, 온도가 고온으로 상승하는 시기에 탄소의 감소율이 두드러진다. 탄소의 감소율은 Control, BL, BLP구가 각각 1.6, 1.8, 2.5%로 BLP구가 가장 큰 감소율을 보였으



[Fig. 1] Changes of temperature during the composting.



[Fig. 2] Changes of pH(left) and EC(right) during the composting.

나, 전반적으로 탄소 감소율이 큰 편은 아니었다.

질소량은 퇴비화 과정에서 점점 증가하는 경향을 보였으며, BLP구에서 질소 증가율이 가장 큰 반면 Control구에서 가장 낮았다(Fig 3).

퇴비화 과정 중 C/N율은 부숙도를 평가하는데 이용되는 중요한 척도의 하나로써 최종퇴비의 C/N율이 20이하로 알려져 있지만(Golueke, 1981) 질소가 풍부한 원료는 초기부터 낮은 C/N율을 보이기 때문에 최초 C/N율에 대한 최종 C/N율의 비로 퇴비의 부숙도를 판정하는 것이 타당하다고 보고하였다(Zucconi 등, 1987). 원료에 대한 C/N율의 중요성은 C/N율이 너무 낮거나 높으면 퇴비화의 진행속도가 느리거나 원만한 퇴비화가 완성되지 않고 중단되는 결과를 초래하기 때문이다. 우분 자체의 C/N율이 보통 20이하로 낮은 편인 데, 혼합물의 C/N율이 38~40으로 높은 것은 C/N율이 높은 왕겨나 톱밥이 우분에 비해 상대적으로 많이 혼합되어 있기 때문이다. 축사에서 이미 혼합된 퇴비원료는 함유율이 적절한 함량이었기 때문에 수분 조절제의 공급이 필요 없었으며, 인위적으로

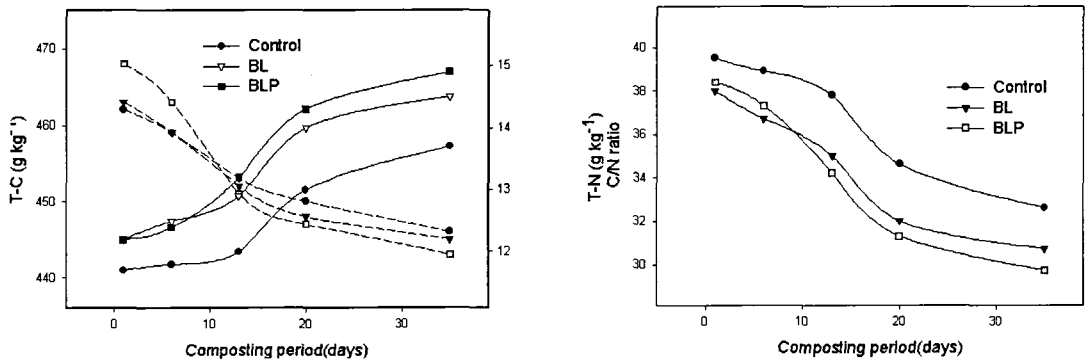
C/N율이 조절되지 않았다.

초기의 C/N율에 대한 최종 C/N율을 비교해보면 탄소의 감소가 크고 질소증가가 컸던 BLP구가 22.7%로 가장 큰 감소를 보였고, BL과 Control구는 각각 19.2와 17.5%이었다(Fig 3).

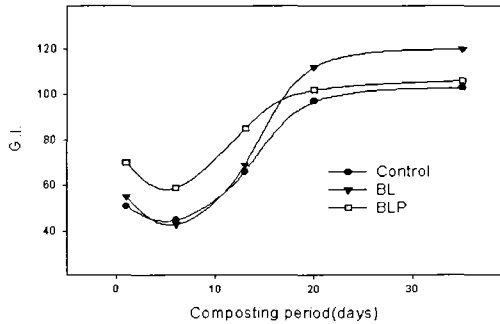
3.4 식물독성평가

식물독성은 중금속, 다른 무기원소, 수용성 염류 그리고 유기화합물로부터 기인된다. 그 중 부족한 통기나 과도한 수분함량 때문에 조성되는 혐기적인 상태에서 acetic, propionic, 및 butyric acids 등과 같은 작은 분자량의 유기산들이 생성된다.

장 등(1997)이 실험한 결과에서 보면 유기산이 식물의 뿌리에 심한 장애를 일으키는 주 원인이라고 설명하고 있으나, 본 연구에서는 다른 결과를 보였다. 식물독성평가의 실험방법에 의해 배추의 G.I.값을 측정하였을 때(여기에는 정리해 놓지 않았음) 모든 결과가 아주 낮은 값을 보였기 때문에 추출액을 두배로 희석하여 얻은 G.I.값을



[Fig. 3] Changes of T-C(dot line in left) and T-N(left) and C/N ratios(right) during the composting.



[Fig. 4] Changes of G.I. during the composting.

(Fig 4)에 나타냈다. 추출액의 G.I.값이 낮은 이유는 다른 원료에 비해 높은 EC값이 원인으로 판단되었다. 희석으로 인해 수용성 염류는 식물독성물질로써 영향을 크게 미치지 못하였으며, 다른 식물독성물질이 영향을 미친 것으로 보인다.

Zucconi 등(1981)은 G.I 값이 80이상이면 식물에 독성이 없다고 하였고 때문에 전 처리구에서 발효기간이 15일 정도면 식물에 영향을 주지 않을 것으로 판단된다. 처리구 사이에 뚜렷한 차이를 보이지 않지만 BLP구가 다른 처리구에 비해 짧은 시일 내에 안정화되었다. 퇴비화 15일째 이전의 G.I.값도 크게 낮지 않아 2배 희석액에서 식물독성물질의 함량은 크지 않았던 것으로 판단된다. 퇴비화 20일쯤에는 G.I.값의 기준에서 평가해 보면 식물독성물질의 생성이 거의 없다.

4. 결론

본 연구는 소규모 축사에서 발생하는 축분을 합리적으로 처리하기 위해 미생물을 첨가한 소규모 정체식 퇴비화를 적용시켰다. 온도 변화는 처리구간의 큰 차이가 없었으며, 미생물 첨가는 초기 온도 상승에 긍정적인 영향을 미쳤다. 모든 처리구에서 탄소의 감소는 크지 않았고 C/N율의 감소율은 BLP구가 22.7%로 가장 높았으며, BL과 Control구는 각각 19.2와 17.5%이었다. 퇴비의 열수 추출물에 염류농도가 높아 G.I.값이 매우 낮았으며, 이는 퇴비의 사용량의 중요성을 암시하는 결과로 보인다. G.I.값은 15일 이후 3처리구가 80이상이었으나, 처리구간의 차이는 보이지 않았다. BLP구가 비교적 빠르게 안정되었으며, BL과 Control구는 거의 차이가 없었다. 최종적으로 소규모 축사농가에서 발생하는 분뇨의 처리는 소규모 정체식 퇴비화 시스템에 의해 가능할 것으로 보이며, 미생물 첨가

는 퇴비화 과정에서 초기 온도 상승과 식물독성물질의 생성에 긍정적인 효과를 보였지만 퇴비의 부숙도에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 황교열, 이재연, 김근, 성수일, 한승호 “신규 통성협 기성 세균으로 제조한 발효 흙에 의한 음식물 쓰레기의 퇴비화”, 유기성폐자원학회 (9)1, pp65~72(2001).
2. Herrmann, R.F., J.F. Shann “Microbial community Changes During the Composting of Municipal Soil Waste”, Microb. Ecol. 33, pp78~85(1997).
3. Viel, M., S. Daniel and A. Louis “Optimum of agriculture industrial wastes management through in-vessel composting Compost”, Production, Quality and use. Directorate-General Science, Research and Development. pp230~237(1986).
4. Sikora, L. J. and M. A. Sowers “Factors affecting the composting process in proceeding of the international conference on composting of solids wastes and slurries”, Leeds, U.K. 1983.
5. de Bertoldi, M., G. Vallini, A. Pera and F. Zucconi “Comparison of three windrow compost system”, BioCycle 23(2), pp45~50(1982).
6. 유영석, 장기운 “공극개선제의 혼합비율에 따른 제지·하수슬러지의 퇴비화과정 중 이화학성 변화”, 유기성폐자원학회 (6)2, pp45~57(1998).
7. Golueke, C. G. “Principles of biological resource recovery”, Biocycle 22, pp36~40(1981).
8. Zucconi, F. and M. de Bertoldi “Compost specification for the production and characterization of compost from municipal solid waste”, pp30~35(1987).
9. 장기운, 이인복, 임현택 “Aerated static pile을 이용한 제지 및 하수슬러지의 혼합 퇴비화”, 한국폐기물학회 14(1), pp76~86(1997).
10. Zucconi, F., A. Pera, M. Forte and M. de Bertoldi “Evaluating toxicity of immature compost”, Biocycle 22, pp54~57(1981). ☐