

농업 부산물을 이용한 돼지 사체 퇴비화

Composting Dead Swine by Using Agricultural Residues

홍 지 형* (순천대) · 최 병 민 (순천대)

Hong, Ji Hyung · Choi, Byoung Min

Abstract

Dead animals amended with agricultural residues are utilized as a compost to promote soil fertility and reduce environmental pollution by traditional methods of livestock mortalities. The full-scale bin composting swine mortality in roofed system with three amendments was very successful in reaching sufficient temperature above 55°C long enough for pathogen kill. The average temperature of the compost material in dead swine amended with corn stover increased rapidly to 64°C on the 2nd day after primary composting and dropped to near ambient temperature on the 140th day of composting.

The composting temperature of corn stover and wheat straw is more efficient for swine carcass composting than that of sawdust.

I. 서 론

우리나라는 지금까지 양계와 양돈산업에서 자연 폐사되는 동물 사체 수가 그다지 많지 않아서 단순매립, 소각 등으로 처리 하여 왔으나, 양축 산업의 대규모 전업화 및 가축의 질병과 주위 환경 영향으로 인하여 생육과정에서 자연 폐사되는 동물 사체량이 급증하여 대기, 지하수 등의 환경 오염을 크게 악화 시키고 있다.

따라서, 이러한 동물 사체를 공해없이 대량처리 하고, 동시에 지역농업의 지력증강 자재로서 활용 가능한 퇴비화 공법의 개발이 필요한 실정이다.

퇴비화 처리는 유기성 폐기물을 호기성 처리하에서 미생물의 분해(1차 퇴비화) 과정 및 안정화(2차 퇴비화) 과정에서 이뤄지며 분해 과정은 적정 수분, 공기, 탄질비, 온도 등의 환경 요인에 따라서 결정되며 이때에 탄산가스, 수증기, 암모니아가스 및 분해열 등을 발생한다^{4,6)}. 안정화 과정은 이러한 분해 부산물의 저감화와 미숙퇴비의 해독성분을 완화 함과 동시에 부숙을 촉진하는 단계로서 퇴비온도가 상온으로 유지되고 수소이온농도와 탄질비가 소정의 범위를 유지해야 경지환원 이용이 가능하다^{5,7)}.

동물 사체퇴비화 처리에 미치는 환경요인과 퇴비화 처리와 기본원리는 고풍 및 액상 퇴비화 처리와 같으나, 처리 시스템이 서로 상이하다. 동물 사체 퇴비화에 있어서 탄질비는 25-40(부자재와 사체 3 : 1의 혼합 중량비), 부자재 초기 수분 50-60%, 부자재 밀도: 530-600 kg/m³, 퇴비온도: 40-65°C, 부자재 수소이온농도: 7-8, 퇴적재료 높이는 2 m 이내가 좋다^{2,3,5,8)}. 동물 사체는 탄질비가 5-12, 수분이 70-80%로서 동물 사체 주위에 고탄소와 적정 수분의 왕겨, 벚짳, 옥수수 줄기(탄질비:50-90, 수분: 50-60%, 공극율:35-50%) 등의 농업 부산물이 적합하다^{8,10)}.

1998년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (1998년 10월 24일)

동물사체와 부자재의 퇴적퇴비화처리에서 동물사체 주위의 분해과정은 혐기성처리로서 여기서 발생된 가스 및 액상성분 등은 부자재에 흡수되어 저서 탄산가스와 수증기로 분해 됨과 동시에 부자재는 미생물에 의해 생물학적 탈취 기능을 갖게 한다^{5,8,9)}. 동물 사체가 분해되어지는 1차 퇴비화 기간은 돼지가 3개월이며 1차 퇴비화 기간 종료후, 퇴비재료 혼합교반 뒤의 2차 퇴비화 기간은 부자재의 탄질비에 따라 큰 차이가 있으나, 길어도 3개월내에 안정화 되어진다^{3,8)}.

따라서, 본 연구는 보다 저렴하고 간편한 동물 사체 퇴비화 시스템을 개발하여 축산경영의 생산성 향상과 축산 환경을 보전할 수 있는 돼지사체 퇴비화 처리 공법을 실용화 하는데 가장 중요한 부자재의 이화학적 특성이 퇴비화 안정화 성능에 미치는 영향을 평가 하는 것이 목적이다.

II. 재료 및 방법

퇴비화 재료는 오하이오 대학 농업연구개발센터의 농업기술연구소 양돈시설에서 번식 수태지 사체 6 두와 부자재 (톱밥, 밀짚 및 옥수수 줄기)를 반응조 1기당 8.6 m³(5.2 ton) 씩 확보하였다. 1차 퇴비화 처리는 1997. 7. 8부터 10. 7 까지 3개월 동안 부자재별로 3개의 빈으로 나누어 실시 하였고, 90일째에 퇴비화 재료의 혼합교반 이후, 2차 퇴비화 처리는 1997. 10. 7부터 1998. 1. 22 까지 실시 하였다.

돼지 사체 퇴비화 방식은 퇴적형 빈(bin) 퇴비화 시스템으로 퇴비화 빈의 크기는 길이가 2.4 m, 너비가 2.4 m 그리고 퇴비 재료의 퇴적 높이는 1.2 m 였다. 퇴비화 재료가 비와 눈의 영향을 받지 않도록 하기 위해 상부에 지붕을 두었으며, 두께 3 cm의 베니어 합판재를 사용하여 퇴비화 반응조를 1차와 2차로 구분하였다.

이들 3개의 반응조(퇴비화 빈)에 넣은 톱밥(A), 밀짚(B), 옥수수 줄기(C) 등의 부자재는 최적 수준 수분을 유지하기 위하여 적정 가수량을 산정하여 가수처리 한 다음, 반응조 마다 40-50 cm 정도 깔고, 그위에 돼지 사체 2두를 투입한 뒤에 다시 부자재를 40-50 cm 가량 퇴적 하였다. 퇴비재료의 운반과 퇴적 및 혼합과 교반 작업 등은 2륜구동형 사벨로우더(10 PS)로 처리 하였다.

1, 2차 퇴비화 재료의 이화학적 성분 변화를 관측한 결과는 Table 1에 나타난 바와 같다. 1차 퇴비화 기간의 온도 측정은 반응조 내부의 돼지 사체 두마리의 머리, 몸통, 꼬리 등의 부분과 외부기온을 T형 열전대(model: HH-71T)의 마이크로 컴퓨터 온도계로 측정 하였다. 1차 퇴비화 기간의 첫날인 7월 8일부터 29일 까지는 매일 1회 측정하고, 7월 30일부터 9월 5일 까지는 2-3일 간격으로 1회 측정 하였으며, 9월 6일부터 10월 7일까지는 7일 마다 1회 관측 하였다. 1차 퇴비화 기간 종료후의 온도 변화는 2차 퇴비화 빈의 중간 위치(벽면에서 1.2 m; 바닥면 위에서 0.6 m)의 좌우에 온도 센서를 설치하여 온도 변화를 측정 하였다.

퇴비 재료혼합 교반후인 10월 8일부터 24 일 까지는 매일 1회 측정하고, 25일부터 끝날 까지는 3-5일 간격으로 1회 측정하였다.

퇴비화 재료의 이화학적 성분은 오하이오대학 농업연구개발센터의 연구분석실의 표준실험법에 준하여 측정 했으며, 조사항목은 수소이온농도, 전탄소, 회분, 전질소, 탄질비 및 수분 등이다. 이들 성분 분석치는 1차 퇴비화처리 재료로서 2회 반복 측정한 평균치 이다.

III. 결과 및 고찰

부자재인 톱밥 밀짚 및 옥수수 줄기 등을 각각 1차 퇴비화 반응조 빈(bin) A, B, C에 40-50 cm 정도 넣고, 동시에 같은 크기의 돼지 사체 2두를 빈 3개소에 각각 투입후에 같은 재료의 부자재를 40-50 cm 정도 퇴적 하였다. 각 반응조의 돼지 사체는 톱밥 빈에서 #1과 #2, 밀짚 빈에서 #3와 #4 및 옥수수 줄기 빈에서 #5와 #6으로 구분하였으며 1차 퇴비화 처리 기간 중의 돼지 사체의 머리, 몸통, 꼬리 등의 부위별 온도 변동과 2차 퇴비화 처리 기간의 반응조 중심부 좌우측 온도 변동 및 반응조 빈 외부기온 변화를 측정하여 톱밥재료에서 분해 단계의 퇴비온도는 7일째에 55°C를 이루고, 13일째에 최고 60°C를 나타내고 있었으며 13일 이후 부터는 안정화 단계에 들어서고 있었다. 1차 퇴비화 35일째에는 55°C이하로 감소되기 시작하여 1차 퇴비화 기간 말기(90일경)의 온도는 43°C로서 외부기온(14°C) 보다 29°C가 높게 나타나 퇴비화가 지속되고 있었다. 이러한 현상은 부자재의 수소이온농도가 낮고, 탄질비가 현저히 높기 때문이라고 판단 되었다. 한편, 퇴비화 기간 90일째에 퇴비재료의 혼합교반 처리시에 돼지 사체의 흔적은 두 개골 일부가 잔존하고 있었고, 1차 퇴비화 처리 과정에서 쥐, 침출수 및 파리 등의 오염 발생원은 문제가 되지 않았다. 100일째에는 최고 68-69°C의 퇴비온도 상태에서 점차 감소하여 124일째에 55°C이하로서 서서히 감소되기 시작하였다. 이러한 퇴비화 온도가 일정한 상태로 오래동안 유지되는 것은 수소이온농도가 4.6 으로 낮고, 탄질비가 198로 높아서 유기물 분해 소요기간이 다른 부자재에 비하여 상대적으로 많게 되었다.

밀짚재료에서 1차 퇴비화 기간의 퇴비 온도 변동은 3일째에 최고 61°C를 나타내고 8일째 이후부터는 55°C이하로 감소되기 시작 하였다. 1차 퇴비화 기간 말기에는 43°C로서 외부 기온(14°C)과 29°C의 차이를 나타내 보였다. 3개월째에 재료 혼합교반후의 최고온도는 65-67°C (93일째)로서 52-56°C (98일째)의 55°C 부근에서 점차 감소되기 시작하여 136-142 일째에 7-9°C로 대기온도 이하 상태로 접근 하였다.

옥수수 줄기 재료에서 1차 퇴비화 기간의 퇴비화 온도 변동은 2일째에 최고 64°C를 나타내고 9일째부터 55°C이하로 감소되기 시작하여 1차 기간 말기에는 39°C로서 외부기온(14°C)과 25°C차이를 보였다. 2차 퇴비화 기간에서(Fig. 1) 최고 온도는 93일째에 44-48°C로서 외기온도 수준과 거의 20°C 차이를 나타내고 있었으며, 110일째의 퇴비온도는 외기온도와 비슷한 수준을 유지하고 있었으며, 130일째 이후는 외기온도 이하 수준으로 되어 안정화 되었음을 알 수 있었다.

3종류의 부자재의 2차 퇴비화 온도 변동을 통하여 부자재의 초기 수소이온농도가 4.6 이하로 낮거나, 탄질비가 150-290범위로 높게 되면 분해와 안정화 등의 퇴비화 기간이 140일 이상이 되어 퇴비화 작업 능률이 떨어짐을 알 수 있었다.

1차 퇴비화 처리 시작전과 후에 있어서 퇴비화 재료의 수소이온농도, 전탄소, 회분, 전질소, 탄질비, 수분 및 퇴비화를 위해 가수조정된 퇴비재료의 퇴비화 전, 후에 있어서 수분은 Table1와 같다.

퇴비화 90일째의 밀짚과 옥수수 줄기 등의 부자재 퇴비는 탄질비가 34-54의 범위로서 2차 퇴비화기간에 20이하 수준으로 더 낮게 처리할 안정화 단계가 필요 하였다. 그러나, 2차 퇴비화 50일째에 상온(10°C전후)에 도달 되었다 것은 매우 안정화된 완숙 퇴비상태를 나타 내 보 였다. 이 사실은 숙성 퇴비화 온도 기준¹⁾에 도달 하여 완숙 상태와 동일하다 .

밀짚과 옥수수 줄기 등은 초기재료의 수소이온농도가 6.8-7.4의 범위이고, 탄질비가 44-45 정도로서 최적 범위에 가까운 상태값을 이루고 있어 소요 퇴비화 기간이 톱밥에 보다는 훨씬 단축되어 안정화가 촉진 되었다.

IV. 결론

대규모 전업화 양돈산업에서 자연폐사되는 돼지 사체로 인하여 발생하는 공해 방지 대책과 돼지 사체 퇴비화 시스템의 실용화 기술 보급을 위한 전체 및 하위 시스템의 정성적, 정량적인 기술평가가 필요하다.

본 연구에서는 퇴비화 공정에서 부자재가 미치는 작업 효율과 퇴비의 안정성을 동일한 돼지 사체와 3가지의 서로 다른 부자재를 사용하여 실제 규모의 실용화 실험을 통하여 정량적으로 비교 분석하였다.

같은 크기의 돼지 사체 2두를 톱밥, 밀짚, 옥수수 줄기 등의 3개 부자재별 퇴비화 반응조에서 1, 2차 퇴적 퇴비화 처리시에 발생된 퇴비온도 변동과 1차 퇴비화 과정의 성분 변화에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 톱밥, 밀짚 및 옥수수 줄기 등의 부자재를 퇴적한 돼지 사체 1차 퇴비화 90일간의 퇴비화 성능은, 적정 퇴비화 온도 55°C 수준을 통하여 볼때에, 옥수수 줄기와 밀짚의 경우가 톱밥보다 양호 하였다. 또한, 1차 퇴비화 (분해)종료 시점인 90일째의 퇴비화 재료 혼합교반시에 돼지 사체는 두 개골을 제외한 모든 형체가 알수 없도록 분해 되었으며, 퇴비화 취기와 침출수, 파리 등의 발생도 전혀 없었다.

2. 돼지 사체 2차 퇴비화(안정화) 기간의 퇴비온도 변동은, 상온(대기온도)에 도달 수준을 통하여 볼때에, 옥수수 줄기, 밀짚, 톱밥 등의 순서로 안정화 작업 효율에 큰 차이를 보였으며 옥수수 줄기와 밀짚은 140일 정도에서 안정화 상태를 나타내고 있었으며 2차 퇴비화 정상적인 소요 기간을 약 40일간 단축하고 있었다. 이와 같은 현상은 부자재의 수소이온농도와 탄질비가 적정수준 범위 근처에서 일어나고 있었음을 알수 있었다.

참고문헌

1. Brinton, W. F., E. Evans, M. L. Droffiner and R. B. Brinton, 1995, Standardized test for evaluation of compost self-heating, BioCycle, Nov. pp. 64-69.
2. Fulhage, C. D., 1997, Management of livestock mortalities through composting, Proc. of the Fifth International Symposium on Livestock Environment, ASAE., pp. 355-362.
3. Fulhage, C. D., 1996, Composting dead swine, University of Missouri, Coop. Ext. Service.

4. Hansen, R. C., K. M. Mancl, H. M. Keener and H. A. J. Hoitink, 1995, The composting process - A natural way to recycle waste - OSUE, Bulletin 792, The Ohio State University, Columbus, OH.
5. Hog Composting Development Team, 1996, Composting swine mortality in Ohio: Participants Training Manual. Ohio State University Extension.
6. Hong, J. H. 1994, Controlling factors in open composting process, Proc. of the 12th World Congress on Agricultural Engineering, Vol.2 pp.1533-59.
7. Hong, J. H., H. M. Keener and D. L. Elwell, 1998, Preliminary study of the effect of the continuous and intermittent aeration on composting hog manure, Compost Sci. and Utilization, Vol. 6(2), pp. 71-83.
8. Keener, H. M. D. L. Elwell and T. Mescher, 1997, Composting swine mortality - Principles and Operation - OSUE., Fact sheet, AEX 711-97, The Ohio State University, OH.
9. Morris, J., T. O. Connor and F. Kains, 1995, A method for the biodegradation of dead pigs. Proc. of the 7th International Symposium on Agricultural Processing Waste, ASAE., pp. 373-82.
10. Rynk, R.(Ed.), 1992, On-farm Composting Handbook, NRAES -54, Ithaca, N.Y.: Northeast Regional Agricultural Engineering Service.

Table 1. Initial(I) and final(F) physicochemical properties in compost materials during primary composting.

Amendments	pH(-)		T-C(%db)		ash(%TS)		T-N(%db)		C/N(-)		Moisture(%wb)	
	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F
A)Sawdust Fresh	4.6	5.8	47.41	46.55	<1.0	<1.0	0.24	0.13	198	358	36.8	
Sawdust Wet											61.1	51.1
B)Wheat Straw Fresh	6.9	7.3	44.89	45.58	5.5	5.9	1.41	1.07	32	43	12.8	
Wheat Straw Wet											58.0	22.7
C)Corn Stover Fresh	7.2	7.5	43.89	44.37	7.0	5.0	1.01	1.06	44	42	14.9	
Corn Stover Wet											63.5	34.2

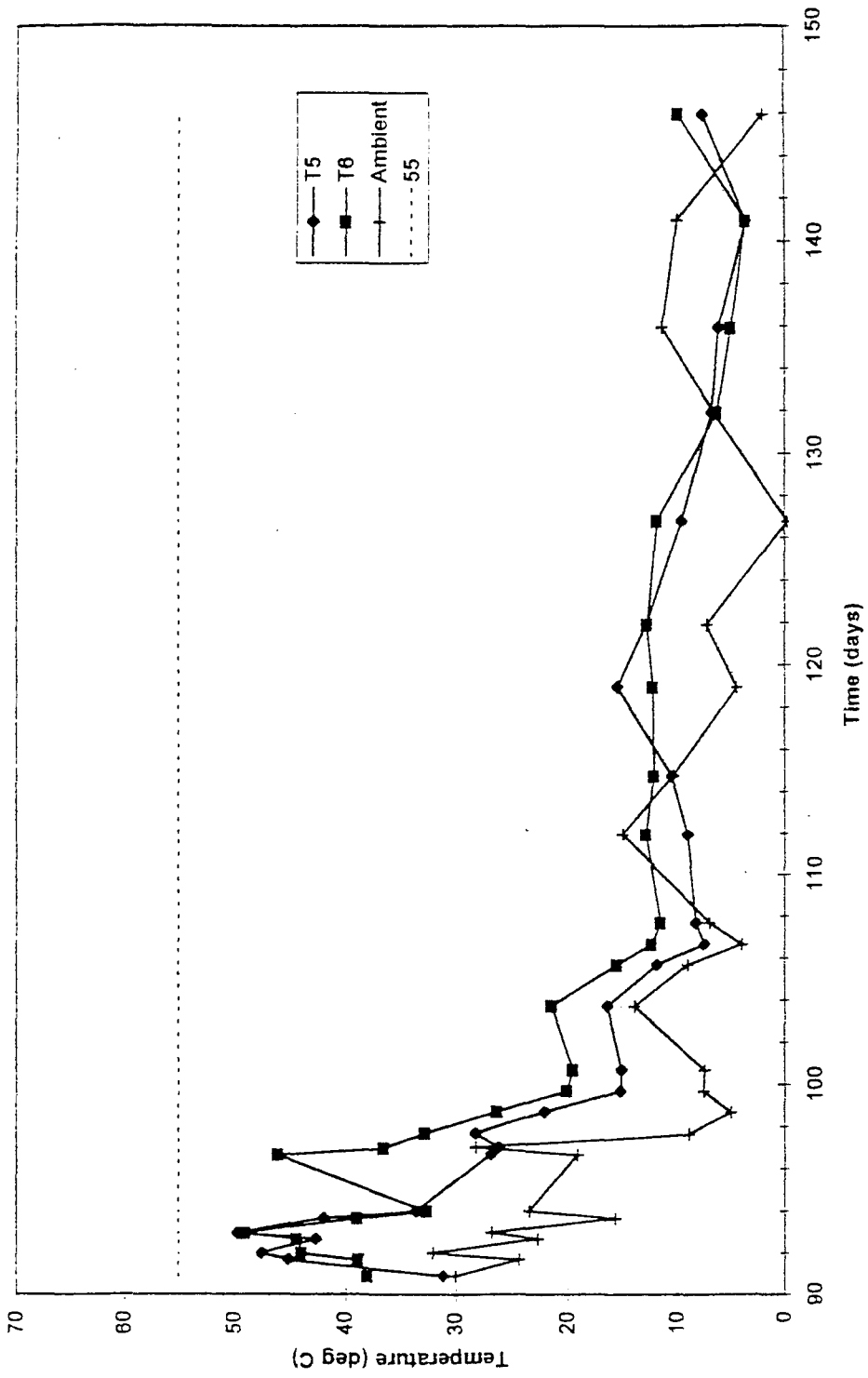


Fig. 1. Temperature histories of dead swine amended with corn stover during secondary composting.