Korean J. Environ. Agric.
Vol. 15. No. 2. June 1996

가정용 소형 퇴비화용기에 의한 부엌쓰레기의 분산식 퇴비화 V. 현장조건에서 퇴비화

서정윤* · 주우홍**

Decentralized Composting of Garbage by a Small Composter for a Dwelling House V. Field experiment

Jeoung-Yoon Seo* and Woo-Hong Joo**

Abstract

This study was conducted to investigate the possibility of composting of household garbage. The composter with the double layer walls was operated for 60 days in each season. The following results were obtained at the end of the experiment, if the time was not specified.

1) The maximum temperature was 31℃ in spring, 36℃ in summer and 50℃ in winter.
2) The mass was reduced to an average of 58.5%.
3) pH values of the compost were 8.21 in spring, 8.29 in summer and 7.94 in winter.
4) The ash contents were 55.8% in spring, 57% in summer and 73.8% in winter.
5) The nitrogen contents were in the range of 0.2~5.8%. Its values were the highest in winter and the lowest in summer.
6) Inorganic contents of the compost were in the range of : P_2O_5 ; 1.5~4.41%, K_2O ; 0.02~1.31%, CaO 0.13~1.68% and MgO 0.05~1.22%.

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

** 창원대학교 자연과학대학(College of Natural Science, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea)

7) Heavy metal contents of the compost were in the range of : Zn ; 13~89mg/kg, Cu ; 4~62mg/kg, Cd ; 1~21mg/kg, Pb ; N.D.~97mg/kg, Cr ; N.D.~37 and Hg ; N.D.~1.38mg/kg.

서 론

1995년 1월1일부터 전국적으로 실시된 가정에서 발생되는 쓰레기의 종량제가 실시되어 초기에는 상당한 문제점들이 많아 어려움이 있었으나 점차적으로 분리 수거는 잘 정착되어가고 있다. 그러나 종량제 실시와 함께 발생되는 가장 큰 문제점은 재활용 가능한 쓰레기를 분리 수거하여도 이들을 보관하고 다시 재생하는 시설들이 부족하여 분리 수집이 이루어지더라도 쓰레기의 재활용에 별 도움이 되지 않았으며 또한 가정에서 발생되는 퇴비화 가능한 음식쓰레기 등은 분리수거되어 매립장으로 운반된 후 그대로 매립되고 있기 때문에 쓰레기의 재활용이나 매립으로 인한 2차적인 환경오염을 줄이는데 별다른 효과를 거두지 못하고 있다. 최근 가정에서 발생되는 생활쓰레기의 조사결과를 보면 음식쓰레기가 약 50% 이상을 차지하고 있다. 특히 이 음식쓰레기는 수분을 80% 이상 함유하고 있어 소각장에서 소각을 한다고 가정할 때 자체적으로 연소가 불가능하여 보조연료를 필요로 하게 될 것이다. 따라서 이러한 퇴비화 가능한 쓰레기는 퇴비화 하여 농업적으로 재활용하는 것이 가장 이상적인 폐기물 처리방법이 될 것이다. 또한 쓰레기가 발생되는 각 가정에서 퇴비화 가능한 쓰레기를 분리하도록 하면 다른 쓰레기 성분들과 사전에 혼합되는 것을 방지할 수 있어 타성분들과 혼합으로 인한 퇴비화 가능한 쓰레기의 중금속 등의 오염을 최대한 방지할 수 있다. 그럼에도 불구하고 단순히 각 가정에서 퇴비화 가능한 쓰레기를 분리하도록만 한다면 그 속에 퇴비화 불가능한 성분들이 포함될 가능성이 많다. 그러나 각 가정에 퇴비화 용기를 설치하여 쓰레기 발생장소에서 분리 및 퇴비화가 이루어진다면 각 개인의 개인주의를 충분히 이용하여 철저한 분리는 물론 오염을 차단할 수 있어 양질의 퇴비를 생산할 수 있고 또한 이로 인하여 매립되어질 쓰레기의 양이 줄어지게 됨으로서 가장 이상적인 생활쓰레기의 처리방법이 될 것이다. 따라서 본 연구에서는 실험실 실험을 통하여 우리 나라의 기후여건에 사용 가능한 것으로 판단된 소형 퇴비화용기를 개인주택의 한 가정에 설치하여 가정주부로 하여금 퇴비화 가능한 쓰레기를 분리, 투입하도록 하여 가정단위에서의 퇴비화 가능성을 검토하였다.

실험 및 분석방법

1. 소형 퇴비화용기

소형 퇴비화용기는 Fig. 1과 같이 제작하여 실험에

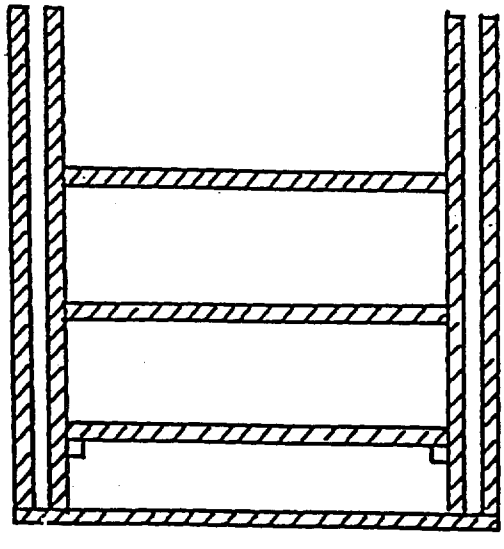

Fig. 1. Composter.

사용하였다. 퇴비화용기는 측면 벽을 이중으로 하였으며 내벽은 직경 10mm 구멍을 10mm 간격으로 뚫어 다공성으로 하여 퇴비 층의 내부에 산소공급이 원활하도록 하였다. 또한 외부 벽은 50mm 두께의 스치로폴로 보온하였다. 용기의 내부에는 사각형 다공판을 넣고 일정량의 쓰레기를 투입한 후 다시 사각형 다공판을 넣어 쓰레기를 투입하도록 하여 먼저 투입된 쓰레기 층과 분리가 되도록 하였다. 이렇게 일정간격으로 넣은 분리판이 퇴비물질과 함께 아래로 이동하여 용기의 바닥으로부터 200mm 상부 내벽에 설치된 턱에 걸려 더 이상 아래로 이동하지 못하도록 하였다. 필요시에 이 판을 앞쪽으로 당겨 빼내면 본 층의 퇴비는 바로 아래 공간에 모이고 그 바로 위층의 판이 중력에 의하여 아래로 이동하여 턱에 걸려 고정됨으로서 위층의 영향을 받지 않고 아래층의 퇴비를 제거하도록 하여 먼저 투입된 쓰레기로부터 생산된 퇴비가 먼저 회수될 수 있도록 용기를 제작하였다.

2. 퇴비원료물질의 투입방법

퇴비원료물질은 한 단독주택을 선정하여 마당 한 구석에 퇴비화용기를 비치하여 가정에서 분리된 퇴비화 가능한 쓰레기를 분리한 후 퇴비화용기에 투입하도록 하였다. 처음 투입할 때는 퇴비용기의 맨 아래에 왕겨 층을 만들어 그 바로 위층에 퇴비화물질을 약 15 cm 두께로 투입하므로서 처음 투입되는 층이 가급적이면 외부온도의 직접적인 영향을 받지 않도록 하였다. 또한 한 층에 10일 동안 가정에서 발생된 퇴비원료물질을 투입하여 그 상태에서 퇴비화를 진행시킨 후 그 위 층에 새로운 퇴비원료물질을 투입하였다. 퇴비원료물질은 10일 동안 투입 후 새 분리 판을 넣어 각 층을 분리하였으며 최초 층의 퇴비화 기간이 두달이 되었을 때 각 층으로부터 퇴비시료를 채취하였다.

3. 실험기간, 시료채취 및 조제

실험기간은 각 계절별 Table 1과 같이 실시하였고 시료는 매 10일마다 초기와 최초의 층의 퇴비원료물질이 두달 동안 퇴비화된 후 각 층으로부터 시료를 채취하였다. 채취된 시료는 건조 시에 변하는 성분은 건조하지 않고 젖은 상태로 채취 후 가위로 적당히 잘라서 분석하였으며 그 외의 성분은 시료를 105℃에서 건조시킨 후 1mm 이하의 크기로 분쇄하여 분석용 시료로 사용하였다.

Table 1. Experimental period.

Winter	Spring	Summer
1994.1.4.~1994.3.5.	1994.3.23.~1994.5.23.	1994.7.21.~1994.9.22.

4. 측정 및 분석방법

측정 및 분석방법은 본 학회지 제13권 제3호[9]와 같음

결과 및 고찰

Fig. 2, 3 및 4에 계절별 퇴비화기간에 따른 퇴비중의 온도변화를 나타내었다. 일반적으로 퇴비원료물질을 퇴비더미로 쌓아 퇴비화할 때 옮겨 쌓기를 해주지 않으면 온도는 초기에 점점 상승하여 최고온도까지 도달하였다가 하강하는 경향이나[1] 본 퇴비화용기들에서는 상승, 하강이 반복되었다. 이러한 결과는 퇴비더미를 옮겨 쌓아준 직후에 온도가 상승하는 것과 같은 효과로 생각할 수 있어 본 실험에 사용된 용기에서는 퇴비화에 필요한 산소가 상당히 원활하게 공급될 수 있다는 것을 확인시켜주었다. 봄철보다 오히려 겨울철에 외기 온도의 영향을 적게 받았다. 이것은 실험기간 동안 봄철보다 겨울철에 음식쓰레기의 발생 량이 많아서 자연히 퇴비의 양도 많았기 때문으로 판단되었다. 최고온도를 보면 겨울철 36℃, 봄철 31℃ 그리고 여름철 50℃로 여름철을 제외하고 병원균의 완전한 사멸을 보장할 수 있는 온도[2,3]에는 도달하지 못하였다. 따라서 퇴비화에 필요한 온도를 유지하기 위해서는 가정에서 적어도 10명 정도로부터 발생되는 음식

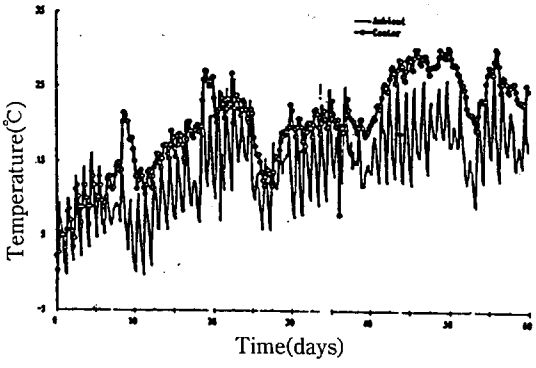

Fig. 2. Temperature evolution in spring.

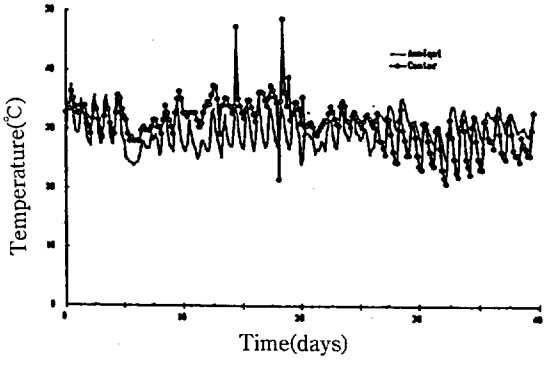

Fig. 3. Temperature evolution in summer.

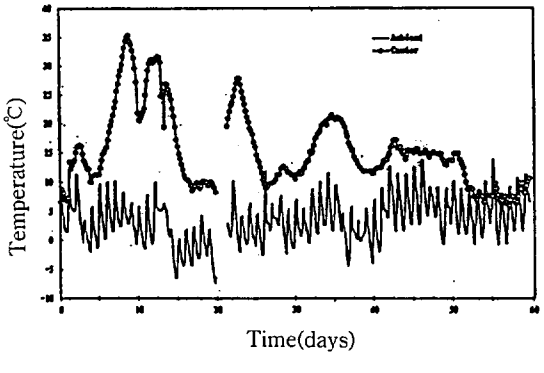

Fig. 4. Temperature evolution in winter.

쓰레기의 양이 퇴비화용기에 투입되어야 할 것으로 생각되었다.

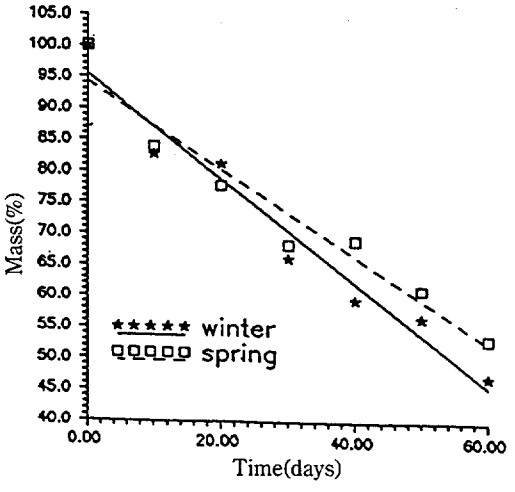

Fig. 5. Seasonal mass evolution of the compost.

Fig. 5에는 퇴비화기간에 따른 퇴비물질의 계절별 무게 감소경향을 나타내었다. 여기서의 무게는 수분이 포함된 무게지만 퇴비화 전기간을 통하여 계절별 큰 차이없이 꾸준하게 감소하였다. 여름철에는 유기물의 분해속도가 너무 빨라 무게를 측정할 정도의 양이 되지 않아 측정하지 못하였다. 퇴비화기간에 따른 퇴비물질의 중량감소값을 가지고 유기물 분해상수 $K(day^{-1})$ 값 및 R squared 값을 구한 결과는 Table 2와 같다. 유기물 분해상수 $k(day^{-1})$를 보면 겨울철의 분해상수가 봄철의 분해상수보다 크다는 것을 알 수 있었다. 봄철보다 겨울철에 퇴비물질의 분해상수가 컸던 것은 퇴비화 초기 겨울철의 퇴비 중 온도가 봄철보다 전반적으로 높았기 때문이었다. 60일 후 겨울철 약 53% 그리고 봄철 47% 정도 감소하였다.

Table 2. Seasonal coefficients of degradation rate of garbage during dwelling house composting.

	Winter		Spring		Summer	
Reaction order	1st	2nd	1st	2nd	1st	2nd
$k(day^{-1})$	0.01188	0.00018	0.00947	0.00013	–	–
R squared	0.9716	0.96786	0.96905	0.96758	–	–

– : not calculated

Table 3. Seasonal water content(%) evolution of the compost during dwelling house composting.

(unit : %)

Time(days)	Winter	Spring	Summer
0	81.8	79.2	85.6
10	79.7	76.3	66.2
20	88.9	75.0	70.7
30	83.5	74.6	51.7
40	71.8	72.1	65.9
50	75.3	73.4	71.4
60	75.3	74.6	59.9

Table 3에서 수분함량을 보면 퇴비화의 진행 시간과 무관하게 별 차이가 없음을 알 수 있었다. 그러나 겨울철과 봄철 보다 여름철에 수분이 약간 크게 감소하였다. 이것은 여름철 기온이 높아 수분의 증발량이 많았기 때문으로 여겨졌다. 60일 후 수분함량은 겨울철 75.3%, 봄철 74.6% 그리고 여름철 59.8%였다. 이와 같이 높은 수분함량은 소형 퇴비화용기로 실험실 실험에서와 마찬가지로 개인주택에서도 퇴비화할 때 어떻게 수분함량을 줄일 수 있을 것이냐 하는 것이 문제점으로 지적되었다.

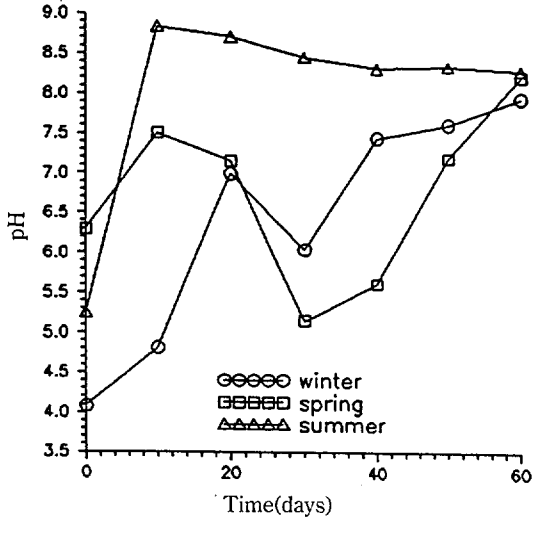

Fig. 6. Seasonal pH evolution of the compost.

Fig. 6에는 퇴비화과정 중 계절별 pH의 변화를 나타내었다. pH의 변화양상은 두 가지 유형으로 구분되었다. 첫째형은 초기에 증가했다가 다시 감소 후 증가하는 형으로 겨울 및 봄철에 볼 수 있었다. 두번째형은 초기부터 계속적으로 증가하여 거의 일정하게 유지되었다. 첫째형은 초기에 질산성 질소 및 아질산성 질소가 미생물에 의하여 질소원으로 이용됨에 따라 pH가 일시적으로 증가하였다가 유기물의 분해로 유기산이 생성되어 pH가 다시 감소한 후 다시 증가하는 것으로 유기물 분해속도가 빠르면 빠를수록 후반기에 빨리 증가하였다. 두번째형은 유기물 분해속도가 빠른 경우로 생성되는 유기산의 양보다 분해되는 양이 상대적으로 많고 회분의 발생량도 많아 계속적으로 상승하였다. 60일 후 pH는 겨울철 7.94, 봄철 8.21, 여름철 8.29였다.

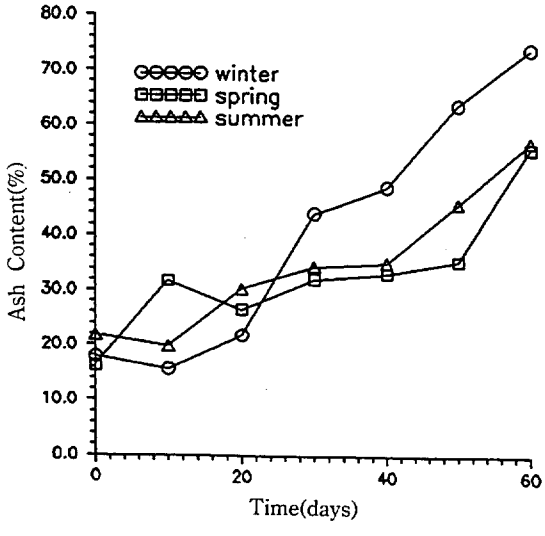

Fig. 7. Seasonal ash content evolution of the compost.

Fig. 7에서 퇴비화의 진행에 따른 회분함량 변화를 보면 봄철 및 여름철보다 겨울철에 회분함량이 오히려 크게 증가하였다. 봄과 여름철에 겨울철보다 증가가 작은 것은 유기물의 분해에 의하여 생성된 회분이 과도한 수분에 의하여 아래로 씻겨 내렸기 때문으로 생각

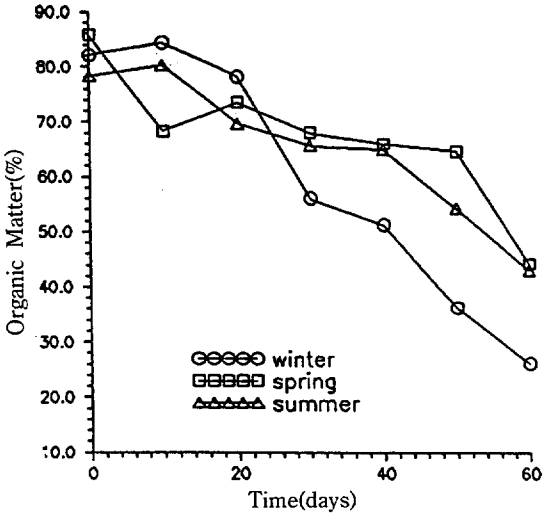

Fig. 8. Seasonal organic matter content evolution of the compost.

되었다[4]. 60일 후 회분함량은 겨울철 73.8%, 봄철 55.8 % 그리고 여름철 57.0%였다.

Fig. 8에는 퇴비화 기간의 경과에 따른 계절별 유기물함량 변화를 나타내었다. 유기물함량은 회분함량과 반대로 시간의 경과에 따라 감소하는 경향을 보이고 있으며 봄철 및 여름철보다는 겨울철에 더욱 크게 감소하였다. 일반적으로 온도가 높은 여름철에 유기물의 분해가 활발하여 유기물 함량이 크게 감소하여야 하나 반대현상을 보여준 원인은 밝힐 수가 없었다. 60일 후 퇴비 중 유기물함량은 겨울철 26.2%, 봄철 44.2% 그리고 여름철 43.0%였다.

Table 4에는 퇴비화기간에 따른 총 질소함량의 변화를 나타내었다. 질소함량에는 전 기간을 통하여 큰 차이가 없었다. 그러나 계절별로는 상당한 차이를 보였으며 겨울철에 다른 계절 보다 함량이 높았다. 이러한 원인은 계절별 쓰레기 중의 질소함량 차이에서 온 것으로 여겨진다. 또한 퇴비의 질소함량을 분석할 때는 시료 건조시 암모니아성 질소가 거의 유실되기 때문에 반듯이 젖은 시료로 분석을 해야 한다는 것을 본 실험결과 알 수 있었다. 질소함량이 0.2−5.8%로 최고 질소함량은 독일의 도시폐기물에서 생산된 퇴비의 최고

Table 4. Seasonal nitrogen(Kjeldahl) content evolution of the compost during dwelling house composting(unit : %).

Time(days)	Winter	Spring	Summer
0	3.2	1.8	0.6
10	2.6	1.5	1.7
20	2.8	1.9	2.9
30	2.3	1.6	0.2
40	2.0	1.8	0.2
50	4.7	1.5	1.1
60	5.8	1.3	1.7

질소함량 3.1%[6] 보다 2배 정도 높았는데 이것은 독일의 경우 종이 등과 같이 질소함량이 낮은 성분들이 많이 함유되어 있는 반면 본 실험에서 사용된 것은 부엌쓰레기만 분리하여 퇴비화되었기 때문에 질소함량이 높았던 것으로 판단되었다. 생산된 퇴비의 질소함량 0.2−5.8%는 독일의 부엌쓰레기로 생산된 퇴비의 질소함량 2.2−3.1%[7] 보다도 범위는 넓었으나 중간값은 비슷하였다. Fig. 9의 암모니움태 질소함량의 변화를 보면 일정한 경향을 보이지 않았는데 이러한 원인은 퇴비내의 온도가 외기 온도의 영향을 많이 받아

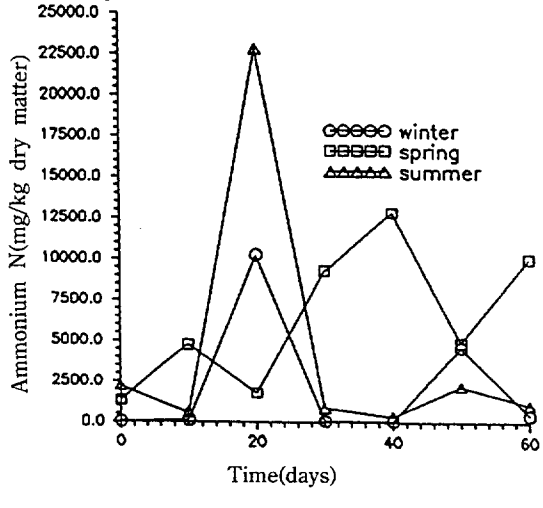

Fig. 9. Ammonium N content evolution of the compost.

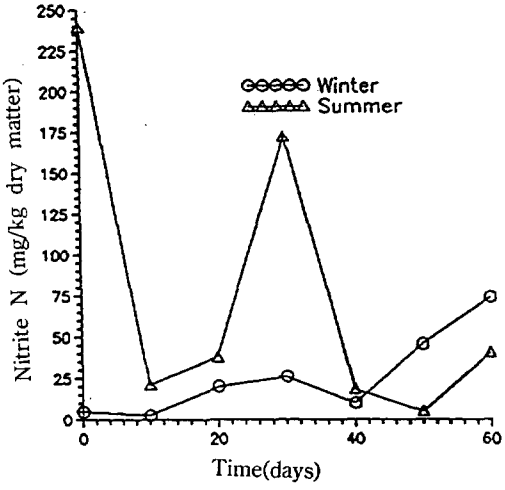

Fig. 10. Seasonal nitrite N content evolution of the compost.

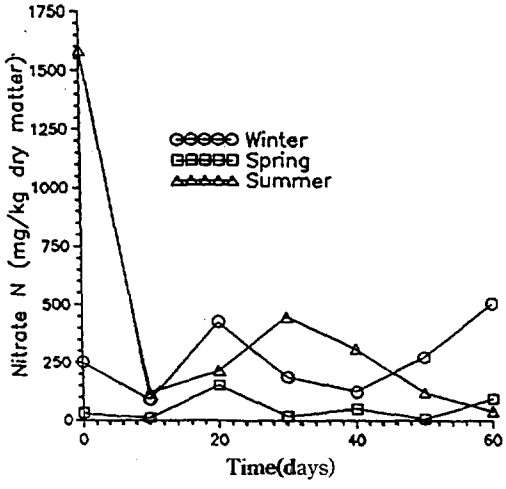

Fig. 11. Seasonal nitrate N content evolution of the compost.

유기물의 분해속도의 변동이 심하였기 때문으로 생각되었다. 가장 높은 암모니움태 질소함량은 겨울철 20일째 10,225mg/kg, 봄철 40일째 12,824mg/kg 그리고 여름철 20일째 22,808 mg/kg이였다. Fig. 10 및 11의 아질산태와 질산태 질소 함량변화에서 볼 수 있는 바와 같이 초기에 아질산화가 일어나지 않았고 후반으로 갈수록 약간 많이 일어났다. 그러나 질산화는 특히 여름철 초기에는 일어나지 않았다가 10일부터 30일까지 활발하게 일어난 후 다시 감소하였다. 겨울철에는 중간에 한번 증가하였다가 후반에 다시 증가하는 경향이었다. 그러나 봄철에는 별 차이를 보이지 않았다.

Table 5에서 볼 수 있는 바와 같이 퇴비화시간의 경과에 따른 무기성분함량은 외국의 도시폐기물에서 생산된 퇴비[6]와 비교하여 약간 낮은 함량을 나타내었다. 생산된 퇴비 중의 함량에서와 마찬가지로 계절적으로도 별 차이가 없었고 시간의 경과에 따라 축적도 되지 않았다. 겨울철에 P_2O_5 1.50~3.05%, K_2O 0.03~0.06%, CaO 0.13~1.68%, MgO 0.13~0.53%, 봄철 P_2O_5 1.18~4.41%, K_2O 0.02~0.11%, CaO 0.13~0.51%, MgO 0.05~0.20% 그리고 여름철 P_2O_5 2.12~4.05%, K_2O 0.59~1.31%, CaO 0.18~0.32%, MgO 0.48~1.22%였다.

Table 5. Seasonal inorganic compound evolution of the compost during dwelling house composting(unit : %).

Season	Time(days)	0	10	20	30	40	50	60
Winter	P_2O_5	2.07	1.50	2.30	2.26	2.48	1.67	3.05
	K_2O	0.04	0.04	0.05	0.06	0.03	0.05	0.04
	CaO	0.86	0.48	1.68	0.14	0.20	0.13	0.52
	MgO	0.15	0.13	0.26	0.26	0.20	0.53	0.19
Spring	P_2O_5	2.56	3.36	3.38	4.41	1.18	3.11	1.42
	K_2O	0.03	0.03	0.03	0.11	0.02	0.02	0.02
	CaO	0.12	0.22	0.18	0.44	0.13	0.13	0.51
	MgO	0.05	0.06	0.08	0.13	0.05	0.20	0.18
Summer	P_2O_5	2.56	3.67	2.79	2.12	4.05	2.83	–
	K_2O	1.31	1.12	0.59	1.14	0.79	0.82	–
	CaO	0.18	0.18	0.26	0.32	0.31	0.20	–
	MgO	0.58	0.48	0.64	0.71	0.78	1.22	–

Table 6에는 용출실험을 통하여 분석한 퇴비 중의 CN 함량을 나타낸 것으로 생산된 퇴비 모두에서 비슷하게 용출됨을 확인할 수 있었으나 계절별 뚜렷한 차이는 없었다. CN의 출처는 밝혀지지 않았다. 계절별 구분없이 함량은 N.D.~4.25mg/kg dry matter 였다.

Table 6. Seasonal CN^- content evolution of the compost during dwelling house composting.

(unit : mg/kg)

Time(days)	Winter	Spring	Summer
0	2.04	0.81	2.30
10	0.37	1.91	4.25
20	2.61	0.52	0.40
30	N.D.	1.26	1.33
40	N.D.	0.83	0.47
50	1.73	N.D.	1.73
60	1.82	2.46	0.73

N.D. : not detected

Table 7. Seasonal heavy metal evolution of the compost during dwelling house composting.

Season	Time(days)	0	10	20	30	40	50	60
Winter	Zn(mg/kg)	21	53	35	13	86	29	13
	Cu(〃)	36	36	41	41	40	62	45
	Cd(〃)	13	16	21	13	14	14	20
	Pb(〃)	3	6	10	3	1	2	2
	Cr(〃)	26	37	37	25	33	23	26
	Hg(〃)	0.25	0.11	0.32	1.38	0.86	N.D.	1.03
Spring	Zn(mg/kg)	61	89	66	55	79	25	51
	Cu(〃)	8	9	8	8	8	8	8
	Cd(〃)	3	1	3	2	4	7	11
	Pb(〃)	70	85	97	N.D.	N.D.	N.D.	13
	Cr(〃)	14	N.D.	N.D.	N.D.	5	20	13
	Hg(〃)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Summer	Zn(mg/kg)	40	43	42	46	48	48	−
	Cu(〃)	6	4	6	14	5	9	−
	Cd(〃)	3	3	3	3	3	2	
	Pb(〃)	21	21	22	24	18	18	−
	Cr(〃)	18	0.4	0.2	5	27	20	−
	Hg(〃)	0.14	0.2	N.D.	0.9	N.D.	N.D.	−

N.D. : not detected, − : not analyzed

Table 7에는 퇴비화시간의 경과에 따른 퇴비 중의 중금속함량을 나타내었다. 계절별 구분없이 생산된 퇴비 중에 모든 종류의 중금속이 함유되어 있었으나 Cd 함량을 제외하고는 외국의 도시폐기물에서 생산된 퇴비 중의 중금속함량 기준치[7,8] 이하였다. 본 실험을 통하여 이러한 중금속들이 실제 음식물쓰레기 자체에 함유되어 있다는 것이 확인되었으나 음식물쓰레기 중에서도 어느 성분에서 유래되었는지는 밝혀지지 않았다. 또한 Hg는 봄철에는 함유되어있지 않았으며 여름철에 퇴비화원료물질에는 함유되어 있었는데 그 이후로 분석되지 않았다. 각 계절별로 보면 겨울철에 Cu, Cr와 Hg 그리고 봄철에 Zn, Cd와 Pb의 함량이 높았다. 각종 중금속함량은 Zn13~89mg/kg, Cu 4~62mg/kg, Cd 1~21mg/kg, Pb N.D.~97mg/kg, Cr N.D.~37mg/kg, Hg N.D.~1,38mg/kg의 범위였으며 중금속 역시 다른 무기성분들과 마찬가지로 퇴비화가 진행되면서 축적되지는 않았다.

요 약

실험실에서 주택용 소형 퇴비화용기로 사용 가능성이 확인된 이중 벽으로 만든 퇴비화용기를 단독주택의 가족이 4인인 한 가정에 설치하여 적용 가능성을 실험하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다 :

1) 계절별 실험한 결과 퇴비 내에서 상승한 최고온도는 봄철 31℃, 여름철 36℃, 겨울철 50℃였다.
2) 60일 후 생산된 퇴비의 pH는 겨울철 7.94, 봄철 8.21 그리고 여름철 8.29였다. 퇴비화기간의 경과에 따라 퇴비중 유기물함량은 감소 그리고 회분함량은 증가하였음에도 불구하고 퇴비 중 각종 무기성분 및 중금속은 축적되지 않았다. 60일 후 회분함량은 겨울철 73.8%, 봄철 55.8% 그리고 여름철 57.0%였다. 질소함량은 0.2−5.8%의 범위였으며 겨울철에 가장 높았고 그리고 여름철에 가장 낮았다. 특히 높은 수분과 Cd의 함량은 퇴비화 가능한 가정쓰레기의 퇴비화에 문제점으로 지적되었다. 60일 후 계절 평균 약 58.5%의 무게

가 감소하였다. 퇴비화과정 중 무기성분들의 함량범위는 3 계절 P_2O_5 1.50~4.41%, K_2O 0.02~1.31%, CaO 0.13~1.68%, MgO 0.05~1.22%였다. 또한 중금속성분들의 함량은 Zn 13~89mg/kg, Cu 4~62mg/kg, Cd 1~21mg/kg, Pb N.D.~97mg/kg, Cr N.D.~37mg/kg, Hg N.D.~1,38mg/kg의 범위였다.

사 의

이 논문은 한국과학재단의 1992년도 특정기초과제 연구비 지원에 의하여 연구되었으므로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Ralf Gottschall(1985). Kompostierung, Verlag C. F. Mueller Karlsruhe
2. 황응주(1993). 주방폐기물 퇴비화에 Bulking Agent의 효과 연구, 석사학위논문
3. Golueke, C. G.(1975). Composting, A study of the process and its principles, Rodale Press, Inc., Emmaus
4. 서정윤(1993). 소형 퇴비화용기에 의한 부엌쓰레기의 겨울철 퇴비화 실험, 창원대학 환경문제 연구소, 환경연구논문집 제 2 집 : 117－128
5. G. Giovannozzi-Sermanni(1987). Lignin Metabolism in the Soils ammended with Compost, Compost : Production, Quality and Use, Elseviser Applied Science, London and New York : 101－197
6. Merkblatt 10(1984). Qualitaetskriterien und Anwendungsempfehlungen fuer Kompost aus Muell und Muell/Klaerschlamm, in G. Hoesel, W. Schenkel and H. Schnurer, Muell-Handbuch, Erich Schmidt Verlag : KZ 6856
7. B. Jaeger(1986). Dezentrale Kompostierung von Kuechen- und Gartenabfaellen in dichtbesiedelten Wohngebieten
8. 남궁 완, 최정영(1993). 유기성폐기물 자원화기술, 유기성폐기물 자원화 제 1 권 제 1 호 : 33－47
9. 서정윤, 주우홍(1994). 가정용 소형 퇴비화용기에 의한 부엌쓰레기의 분산식 퇴비화 Ⅰ. 실험실 조건에서 퇴비화 연구, 한국환경농학회지, **13**(3) : 321~337.