

市場廢棄物의 效率的인 堆肥化 研究

朴瑄燾 · 金錫井* · 申洪均

三星에버랜드(株) 잔디 · 環境研究所, * B & G 스포츠잔디 研究所

Composting of Wastes from Agricultural Products

Park, J. H. and S. J. Kim* and H. K. Shin

Turfgrass & Environment Research Institute, Samsung Everland

**B & G Sports Turf Research Institute*

ABSTRACT

This experiment was conducted to investigate the active composting process with wastes from agricultural products. This was decomposed by active composting process for 28 days. Temperature of active aeration period was maintained at 60~68°C for 6 days, and then 55°C~40°C for 11 days. After turnover, composting temperature raised to 55~58°C for 5 days and was maintained at air temperature condition from 6 days. And then, compost was stabilized in the non-aerated depository for 2 months. The C/N ratios of these composts were 18.5, 19.7 and 18.5 on the depths which were 5 cm, 10 cm and 20 cm, respectively. The pH of compost was changed from 6.5 to 7.2.

Key words: Agricultural products, Wastes, C/N ratios.

序 論

우리 나라 골프코스의 管理는 지금까지 대부분 化學肥料로써 코스를 管理해 왔다. 그 結果 골프코스는 地力이 저하될 수 있으며 또한 과도한 질소施肥는 발병 증가를 초래할 수 있다(韓國잔디研究所, 1992). 토양의 유기물은 식물의 양분을 저장하고 수분을 흡수, 유지하며 토양의 물리 화학성을 개선하는 등 식물의 성장에 지대한 영향을 미친다(임선욱, 1995; 임제신, 1995). 따라서 코스의 地力을 증대시키기 위해서는 적당한 有機質堆肥의 개발이 무엇보다도 선행되어야 할 필요가 있다. 퇴비의 역할로는 토양의 물리성 改良, 지효성 효과의 化學體를 형성, 토양에서 醱酵을 하게 될 때 생기는 유해한 화학성분을 없애고 유기산 형성을 하지 않게 한다. 이에 따라 미생물에 의해 토양 중에서 발효가 일어나면 미생물의 산소이용으로 토양산소가 枯渴(미발효 퇴비는 토양을 혐기성 상태로 만들)되고 고온효과로 우점종이 바뀌는 역할이 있다. 또한 형성된 퇴비는 분해력이 늦어져 토양의 保肥力이 증가하며 吸濕性이 뛰어나게 되어 질 좋은 퇴비형성이 유도된다. 또한 이러한 퇴비화 연구는 환경보호와 有機質原이 부족한 국내 골프코스의 문제점을

동시에 해결하는 하나의 해결책으로 인식될 수 있을 것이다(김 등, 1993; 신 등, 1993; 임선옥, 1995; 임재신, 1995; Riffaldi, 1986). 이 두 가지 측면에서 볼 때, 농가폐기물의 퇴비화에 대한 연구가 수행될 필요가 있다. 따라서 본 실험 재료는 우리나라 농산시장 유기성 폐기물인 배추잎, 무우잎 등 다양한 종류의 식물 폐기물과 농가의 폐기물로서는 벗짚을 사용하였다. 이에 따른 농산물 시장 및 농가의 폐기물은 재생산의 가능성을 갖추고 있으나 수송비, 처리비 등을 투여하며 매우 무용하게 처리되고 있고 환경보호적인 측면에서도 유용하게 접근되지 못하는 실정이다. 이에 따라 이 농산물의 재생산을 고려하기 위하여 기존의 방법들을 이용한 여러 가지 형태의 퇴비를 조사해 볼 필요가 있다. 따라서 기존의 방법 중 시장 폐기물의 화학상태를 고려한 후 적합한 방법을 선택하여 퇴비를 조성하고 화학 및 안정화를 조사해 볼 필요가 있다. 퇴비화는 적당한 수분에 여러 가지 호기성 미생물에 의해서 고온분해되어 안정된 퇴비로 변하는 공업이다(김 등, 1993; 신 등, 1993; 임재신, 1995). 퇴비화의 간단한 정의는 세 가지로 간단히 요약할 수 있다. 첫째, 안정화(stabilization), 둘째, 병원균의 사멸, 셋째, 퇴비의 건조(drying) 등이다. 병원균의 사멸은 퇴비화 중 발생하는 고온에 의하여 유발될 수 있다. 퇴비화제품의 시용은 재배작물의 적합한 양분 균형화, 작물생육 장애를 주지 않고 중금속 및 유해유기물이 적어야 하며 난분해성 협잡물이 없어야 하고 미부숙된 퇴비화 제품을 토양에 시비하였을 때 근권토양의 혐기성 상태, 질소기아, 토양의 이상환원에 의한 작물의 생육 저하 등의 생육 장애를 가져올 수 있으므로 정확한 부숙도를 판정하여 완숙퇴비를 생산하여야 할 것이다(임재신, 1995). 이에 따라 본 연구는 농가 및 시장폐기물을 이용한 양호한 퇴비형성의 가능성을 조사하였다.

材料 및 方法

1. 농산 폐기물 입수

시험 사용된 폐기물은 서울특별시 가락동 농수산물시장에서 일일평균 약 100 ton씩 배출되고 수분함유량이 약 95%인 대부분의 폐기배추와 무우 등의 시장 쓰레기였고 벗짚은 일반미 벗짚으로서 안양페네스트골프클럽에서 보관 중인 벗짚을 사용했다.

2. 퇴비화 시설

온도, 수분, 적절한 양의 공기, 적당한 영양분 등을 조사하여 빠른 시간에 균질한 퇴비를 형성하기 위하여 C/N을 조절, 수분 조절, 통기성 조절이 필요하다. 따라서 퇴비화 시설의 형태는 크게 4단계로 구획하고 블록을 쌓아 만들었으며 바닥은 ILP (inter locking pavement, 30 cm×30 cm) 포장을 실시하였다. 재료수집소에는 폐기물을 모으고 건조시키는 장소로 이용했고, 혼합소는 폐기물을 넣고 첨가하여 잘 섞고 건조시키는 장소로 사용했다. 퇴비형성 장치는 가로 2 m, 세로 1.5 m, 높이 1.5 m의 블록벽, 한쪽벽은 지면에서 0.7 m의 높이에 0.5×0.5 m 크기로 벽을 제거하여 재료를 투입 및 배출시 이용하였다. 송풍장치는 퇴비형성 장치 내에 1 m×3 m 규모의 시설물에 송풍장치를 설치하였다. 퇴비후숙소는 3×2 m 크기로 설치하였다(Fig. 1). 이에 따른 전력은 2.5 kw를 사용하였으며 발효시 풍력은 1일당 1 HP (house power)으로 10분씩 16일간 투여했으며 뒤집기 후 발효는 11일 동안 매일 1분간씩 1 HP로 투여하였고 그 후 2개월간 후숙을 실시하였다.

3. C/N율 및 수분 함량

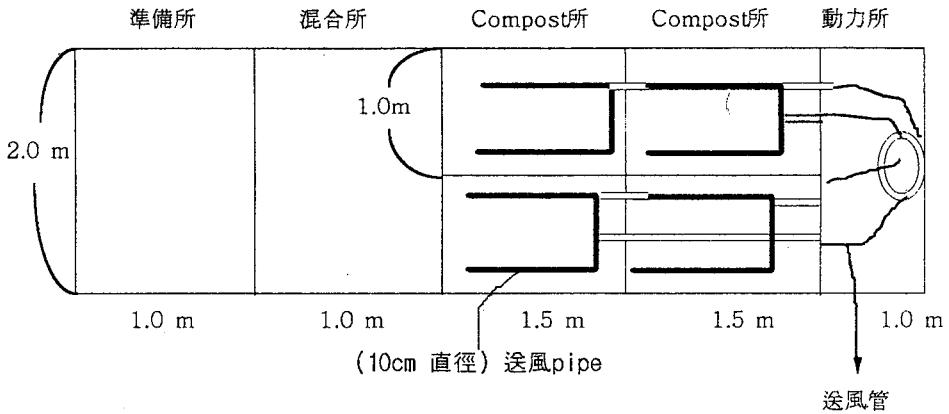


Fig. 1. Schematic of structure for composting of Chinese cabbage and rice straw.

폐기물을 효율적으로 퇴비화하기 위하여 배추와 볏짚을 1:4(v/v)의 부피로 조절하여 수분을 60~70%로 맞추고 C/N을 20~25로 맞추었다.

4. 온도측정

퇴비화를 시작한 후 28일간 퇴비 바깥부분(上層에서 5 cm), 중간부분(上層에서 10 cm) 및 안쪽부분(上層에서 20 cm)의 온도를 매일 오전 10시 1회 온도를 측정하였다.

5. 화학분석

1) 수분, 탄소원 및 질소 측정

농촌진흥청 농업과학기술원 토양분석시험법의 토양화학분석법(농촌진흥청, 1988)에 의하였다.

2) Ca, Mg, K, 중금속, AA 등 측정

퇴비로 oven에서 60~80℃ 건조하여 말린 후 잘 갈아서 HNO₃:H₂SO₄:HClO₄=10:1:4 분해액을 조제한 후 100 ml 삼각 flask에 시료 0.5 g에 분해액 10 ml를 가한다. 그 후 약간 노란색으로 될 때까지 미열에서 5분간 가열하고 강열판에서 붉은색에서 연기가 계속하여 나며 흰색으로 변할 때까지 분해시킨다. 분해 후 1분간 방치하고 증류수 5~10 ml를 가한다. 그리고 30 ml 정도로 희석하여 메스실린더에 No. 6 여과지로 걸러 100 ml로 맞춘 후 흔들고 시험관에 각각 30 ml 정도 넣어 발광 분광도계(ICP, 8440 plasmalab, mineral analysis)로 control구와 비교하여 측정분석하였다.

3) P값 측정

퇴비를 고온건조기에서 60~80℃ 건조하여 말린 후 잘 갈아주고 HNO₃:H₂SO₄:HClO₄=10:1:4 분해액을 조제하여 10 ml flask에 시료 0.5 g과 분해액 10 ml를 가한다. 그 후 약간 노란색으로 될 때까지 미열에서 5분간 가열하고 강열판에서 흰색으로 변할 때까지 분해시킨다. 분해 후 1분간 방치하고 난 후 증류수 10 ml 가하고 No. 6 여과지에 걸러 30 ml 정도로 희석한 후 100 ml로

맞추어 분석한다. 그 후, 용액 5 ml와 증류수 5 ml를 첨가하여 P의 표준을 5, 15, 25 ppm 만들고 원액 5 ml와 2차 증류수 5 ml를 넣어 10 ml로 만든 후 발색시약(ammonium meta vanadate solution) 약 2.5 ml를 첨가하여 ICP로 분석하였다.

結果 및 考察

1. 폐기물 발생량 조사

가락동시장 폐기물은 1일 100 ton의 폐기량이 처리되므로 상업성으로 유용하고 재활용 가능성이 큰 폐자원이라고 생각되어 본 실험을 수행하였다. 퇴비화에는 적절한 온도, 수분, 적절한 양의 공기, 적당한 영양분 등이 필수적이다. 따라서 각각 재료의 조건을 조사하여 빠른 시간에 균질한 퇴비를 형성하려 한다. 그러나 배추와 무우의 수분 함유량을 파악해 본 결과, 무우, 배추는 90~95% 정도의 수분 함유량을 보이므로 충분한 수분조절을 위해, 통기성과 분해율이 비교적 용이한 농가에서 생산되어 폐기되는 볏짚을 이용하여 수분조절보조제 및 탄소원으로 사용하였다.

2. 온도변화

발효효과의 결과는, 물리성이 개량되며 지효성 효과의 화학체가 형성되어 발효시 생기는 암모니아와 CO₂를 없애고 유기산 형성이 제거되어진다. 또한 퇴비가 조성된 후는 분해력이 늦어져 보비력이 증가되고 吸濕性이 뛰어나 수분蓄積이 우수하게 된다. 본 실험에서 주발효는 6일간

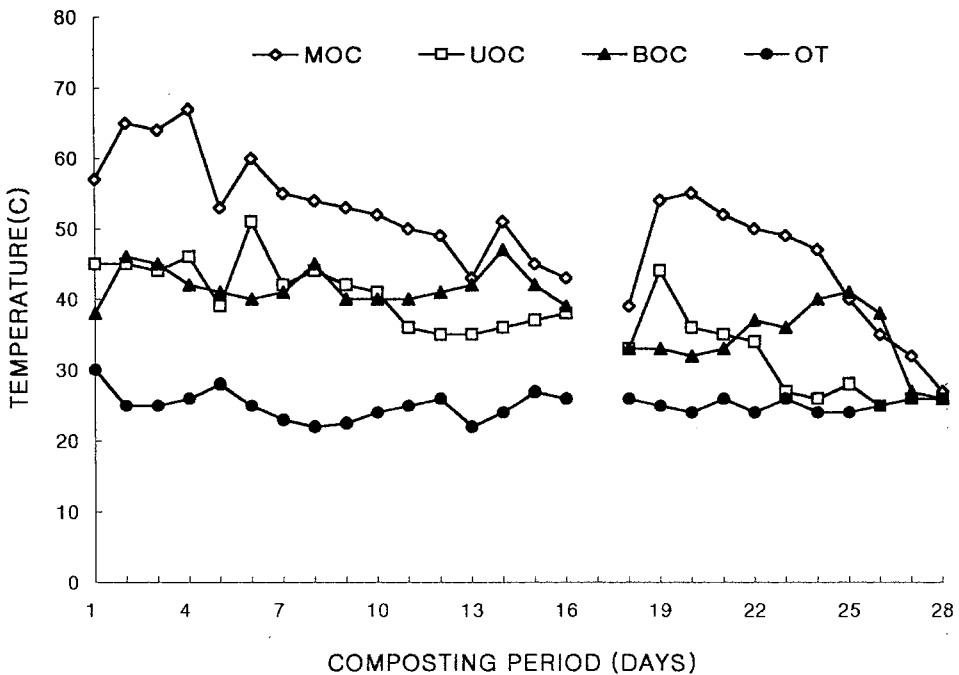


Fig. 2. Temperature change for the composting period of a mixture of Chinese cabbage and rice straw. UOC, MOC and BOC; upper, middle and below position of compost. OT; temperature of air condition

60~68℃로 온도유지를 했으며 그 후 11일간 55℃부터 40℃까지 발효온도가 유지되었다. 그 후, 뒤집기를 1회 실시 후 5일간 55~58℃로 유지되었으나 그 후 6일 후부터 외부온도와 동일하게 되었다(Fig. 2). 공기가 부족할 때는 발효기간이 길고 처리효율이 떨어진다고 하였으나 발효시 고온기는 본 실험의 고온 지속시간은 기타 연구자들과 거의 일치하였다. 탄소율이 낮을 경우 가스가 발생되고 pH가 증가되며 carbohydrate가 높을 경우는 미생물 생장이 늦고 퇴비화 속도가 늦다. 그러나 본 연구에서의 결과는 형성된 퇴비의 pH가 6.5에서 7.2까지 상승되므로 적당한 퇴비화법이라 생각된다(후속 후 측정치).

3. 원재료의 화학분석(Chemical analysis)

배추의 C/N율은 13.1이며 벚짚의 C/N율은 72.5였다(Table 1). 또한 미네랄의 경우, K₂O는 3배 가량 배추가 많고 CaO는 12.5배 많고 MgO의 경우 4배 가량 많았다. 그리고 철의 경우는 벚짚이 1.5배 많았고 Mn의 경우 3배 가량 배추가 많았다(Table 1). 이 결과로 compost 준비시의 C/N율을 측정하고 배추와 벚짚의 量別 처리를 조절하였다.

4. 형성퇴비 화학분석

본 실험결과와 퇴비분석을 위해 상층부, 중층부, 하층부의 일부를 선택하여 chemical analysis 를 하였다(Table 2). 그 결과 C/N율은 부분별 큰 차이가 없었고 18.5~19.7이었다. 숙성도판정 법에는 물리적 방법(냄새, 온도, 색), 미생물 검정(호열성 미생물 감소), 화학적 방법(최종 C/N율 / 초기 C/N율 평가), 원형크로마토그래프(chromatograph)에 의한 판정 등이 있고, 생물학적 실험으로는 종자를 파종하여 판정한다. 화학적 판정은 C/N 율가 20 이하이면 질소의 유기화 가능성이 없기 때문에 부숙의 기준은 20 이하의 값이면 되는 것으로 알려져 있다. 본 실험의 결과는 18.5~19.7의 비율을 나타내므로 본 실험결과와 퇴비는 C/N율로써는 국가검정시험법에 의한 공정한 퇴비라고 할 수 있다.

Table 1. Chemical composition of Chinese cabbage and rice strew

	O(%)	C	N	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
Chinese cabbage	90.0	49.9	3.8	0.06	6.9	3.3	0.52	221	7.1	159	467
Rice straw	78.4	45.5	0.63	0.04	1.95	0.26	0.16	316	6.6	45	617

Table 2. Chemical composition of composting product

	N	C	C/N	Ca	Cu (ppm)	Fe (ppm)	K	Mg	Mn	Na	Zn (ppm)
High	2.02	37.3	18.5	0.30	8.5	0.00	0.72	0.078	0.070	0.020	230
Middle	1.97	38.7	19.7	0.39	1.7	0.01	0.88	0.099	0.65	0.023	230
Low	2.12	39.8	18.8	0.28	1.5	0.02	0.83	0.083	0.063	0.026	200

* High, Middle, Low: High(5 cm below), middle (10 cm below) and low position(20 cm below) of compost

摘 要

일반농가에서 많이 관찰되는 일반적 혐기성 발효퇴비의 경우, 암모니아 발생으로 질소원 감축이 되고 메탄과 저분자유기산 형성, 에너지가 감축되며 퇴비형성 시간이 오래 걸린다. 그러나 본 호기적 고온발효실험에서는 이와 같은 문제점 없이, 퇴비화는 짧은 시간 고온발효로 진행되었으며 퇴비형성 후 퇴비의 C/N율은 퇴비검정실험법(농촌진흥청, 1988; Riffaldi, 1986)에 적용되는 적당한 퇴비가 되었음을 나타낸다. 또한 부차적으로 골프장에서의 유용성을 검정하기 위해 형성퇴비의 필드검정을 실시하여 잔디 생육 및 내병성 검정을 실시할 필요가 있다.

引用文獻

1. 김수생, 신항식. 1993. 유기성폐기물의 자원화기술. 한국유기성폐기물의 자원화학회지 1: 5-9.
2. 농촌진흥청. 1988. 농업과학기술원 토양분석시험법의 토양화분석법.
3. 신재성, 정이근, 한기학. 1993. 산업폐기자원의 활용현황과 전망. 환경보전형 농업을 위한 토양관리 심포지움.
4. 임선옥. 1995. 토양학통론 §5. 토양구조의 관리. p. 63-64.
5. 임재신. 1995. 도시하수슬러지와 제지슬러지를 이용한 퇴비화과정 중 이화학성 변화에 관한 연구. 충남대학교 대학원 석사학위논문
6. Blaqck, P.L. 1976. Method of soil analysis.
7. Riffaldi, R., Levi-Minzi, R., et al. 1986. Evaluation of compost maturity by means of chemical and microbial analyses, Wast Management 4:387-396.
8. 한국잔디연구소. 1992. 개정 GOLF장 잔디관리의 기본과 실제, 한국잔디연구소, p. 397-404.