

가정용 소형 퇴비화 용기에 의한 부엌 쓰레기의 분산식 퇴비화 IV. 이중벽 퇴비화 용기사용시 미생물상 변동

이연* · 주우홍* · 서정윤**

Decentralized Composting of Garbage in a Small Composter for Dwelling House

IV. Changes in Microbial Flora in Laboratory Composting of the Household Garbage in a Small Bin with the Double Layer Walls

Youn Lee* · Woo Hong Joo* · Jeoung-Yoon Seo**

Abstract

Another two different small composters with the double layer walls (Type 3 and Type 4) were made for dwelling house. One was insulated (Type 4) but the other uninsulated (Type 3). The change in microbial flora has been investigated through laboratory composting using these composters. The results were summarized as follows.

1. While the number of mesophilic bacteria decreased, that of thermophilic bacteria increased in winter. But thermophilic bacteria and mesophilic bacteria showed a tendency to increase in winter. But thermophilic bacteria and mesophilic bacteria showed a tendency to increase and decrease simultaneously in spring and summer at the early stage of composting.

2. The number of mesophilic actinomycetes and thermophilic actinomycetes were decreased after 1 week in winter, while thermophilic actinomycetes rapidly increased in spring and mildly increased in summer.

3. The number of mesophilic fungi and thermophilic fungi had a tendency to increase and decrease simultaneously at an early stage of composting except after 1 week in winter.

4. Mesophilic bacteria, actinomycetes and fungi showed no difference in the number of microbes, but the number of fungi in spring was smaller than in other seasons.

5. At the late stage of composting process, the number of mesophilic fungi was decreased in winter and summer but increased in spring.

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

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

서 론

현재 우리나라의 생활 쓰레기의 발생량을 다른 나라보다 많은 편인데, 생활쓰레기의 40%를 음식쓰레기가 차지하고 있다. 이러한 생활쓰레기처리율은 95.2%가 매립에 의존하고 있으나 매립에는 침출수에 의한 지하수의 오염, 매립장의 확보난 때문에 도시에서 떨어진 새로운 매립지 선정으로 인한 수송비의 추가부담, 그리고 매립지 확보로 인한 경작지의 감소 등 문제점이 많으므로 매립에 의한 쓰레기처리율은 전세계적으로 감소하고 있는 실정이다. 한편 매립장을 줄이기 위한 소각법은 막대한 건설과 운용 경비 지출, 유해 gas의 방출, 재의 독성, 장기적인 처리에 대한 불안 등 사회 경제적 및 환경적인 이유로 다수의 반대에 봉착하여 미래가 불확실하다. 생활쓰레기의 처리에는 우선 쓰레기를 최소한으로 줄이는 노력과 자원 재활용이 선행되어야 하며, 우리나라에서도 쓰레기의 종량제와 분별수집을 실시하고 있어 이러한 방향으로 정착될 것으로 기대되고 있다. 생활 쓰레기 중의 음식 쓰레기는 가정에서의 분별과정에서 퇴비화되면 처리되어야 할 쓰레기 양도 줄일 수 있고, 자원 재활용이라는 측면에서도 좋은 효과가 있으며 이물질이 포함되지 않은 균일한 유기질 비료로 사용가능하고 퇴비화 과정을 통한 양과 부피의 감소로 수송비의 절감 효과도 얻을 수 있다.

본 논문에서는 가정용으로 퇴비화 용기의 제작과 신속한 퇴비화를 위한 기초 자료를 얻고자 음식 쓰레기를 이중벽 소형 퇴비화 용기에서 발효하도록 하는 과정에서 관여하는 미생물상을 검토한 바 그 결과를 정리 보고하고자 한다.

실험방법

1. 사용배지

세균의 계수에는 nutrient agar, 방선균은 sucrose nitrate agar, 진균류는 2% malt agar를 사용하였다. 고온균의 평판은 agar 대신 gelrite를 사용하였다.

2. 평판배지에서 미생물수의 계수

퇴비화 용기에 투입하기 위하여 채집된 부엌 음식쓰레기 시료와 이를 전보¹⁾에서와 같이 설계된 퇴비화 용기에서 일정기간 퇴비화한 후 채취된 젖은 분석용 시료(수분 함량 전보¹⁾ 참조) 각각 50g을 0.18% sodium pyrophosphate 함유 멸균수 450ml에 현탁후 30분간 진탕하여 토양미생물 실험법²⁾에 따라 현탁액을 1:10으로 연속 희석, 배지에 혼합하여 평판을 만들었다. 증온균은 25°C, 고온균은 50°C에서 증온균은 7일간, 고온균은 3~4일간 배양후 colony수를 계산하여 시료 1g당 미생물수를 산정하였다.

Colony수의 계산시 각 배지에서의 배양학적 특성, colony의 형태 색깔 등으로 세균, 방선균, 진균류로 판정하였으며 의심이 되는 것은 현미경으로 직접 형태를 관찰하여 결정하였다. 특히 진균류의 경우에는 매일 colony를 관찰하여 증복되지 않도록 유의하여 계수하였다.

결과 및 고찰

퇴비의 원재료인 부엌 쓰레기는 식생활 습관, 경제적, 조건, 주거 형태에 따라 상이하므로 가장 표준적인 가정의 집단주거 형태인 한 아파트에서 부엌 쓰레기를 수집하여 계절별 용기별로 퇴비화 실험을 하였다.

퇴비화 과정에 따른 미생물상의 변화를 보면 먼저 Fig. 1과 Fig. 2에 각각 증온성 세균, 고온성 세균 flora변화를 pH 7로 조정된 평판배지에서 계수한 결과를 나타내었다. 퇴비화 시료에는 호기성 증온 세균이 말리지 않는 시료 1g당 10⁹개 까지 존재하였다. 여름 시료의 pH가 특히 낮으므로 pH 7 평판배지에서는 증온성 세균이 계수되지 않으나 pH 5 평판에서는 10⁶개 정도가 계수되었다. 증온성 세균은 퇴비화 용이 type 3에서는 겨울철 퇴비화에서 계속 감소하여 퇴비화 4주째 증가 후 감소하였다. 퇴비화 용기 type 4에서도 경향은 유사하였으나 다소 균수가 적게 계수되었다. 봄철과 여름철 퇴비화에서는 증온성 세균이 증가 후 감소하였으나 봄철이 여름철보다 균수가 많았다. 또한 봄철에는 퇴비화 1주까지 증가하여 감소하였으나 여름철에는 2주까지 증가 후 감소하였다.

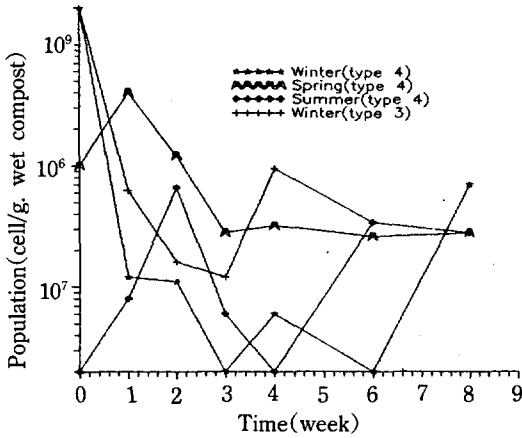


Fig. 1 Changes in mesophilic bacterial population during laboratory composting

고온성 세균에서는 퇴비화 용기 type 3와 type 4에서 겨울철 퇴비화 실험시 경향이 유사하였으나 퇴비화 용기 type 4에서 변화가 다소 심하였다. 봄과 여름철 퇴비화를 비교하면 봄보다 여름철이 변화가 심한 편으로 퇴비화 2주 제까지 증가한 뒤 감소하며 또다시 서서히 증가 후 감소하였다. 고온성 세균의 출현이 type 4용기에서 여름이 봄철보다 많은 것이 전보의 보고³⁾와는 다른 점이 었다. 퇴비화 과정에서 일반적으로 관찰되는 현상인 중온균과 고온균의 교대현상⁴⁾이 겨울철에는 관찰되어 전반적으로 중온균이 감소하면 고온균은 증가하였다. 그러나 봄철에서는 퇴비화 초기 중온균과 고온균이 동시에 증가한 다음 동시에 감소하였으나 이후에는 고온균만 증가하였다. 여름에도 퇴비화 초기 중온균과 고온균이 동시에 증가하였으나 이후 감소하였으며 다시 다소 증가 후 안정되었다. 이러한 현상의 원인은 현재 불분명하며 추후 검토하여야 할 것이다. 쓰레기중에 있는 유기물의 분해에는 세균이 크게 공헌하므로 퇴비화 용기별로 중온성 세균, 고온성 세균의 변화에서 type 4가 다소 용기 type 1과 type 3보다 좋고 그 다음이 type 2 순으로 퇴비화 효율이 있는 것이 확인되었다. 한편 가축분뇨와 도시 쓰레기의 경우 처음 시료에 세균수가 많고 퇴비화 초기 고온기에 방선균보다 세균수가 상대적으로 많으며, 이는 퇴비발열에 주로 호기성 고온 세

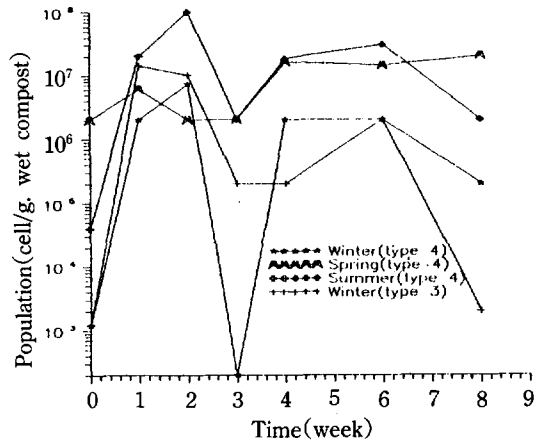


Fig. 2 Changes in thermophilic bacterial population during laboratory composting

균이 기여한다는 견해⁵⁾를 본 실험결과가 잘 뒷받침하고 있다.

Fig. 3과 Fig. 4에 방선균 군수의 퇴비화에 따른 경시적인 변화를 나타내었다. 중온성 방선균은 겨울철에 초기 시료에 10⁹개 이상으로 존재하여 퇴비화 1주 제 급속히 감소하며 다시 증가 후 감소하였다. 봄철에도 3주 제까지 감소하며 이후 다소 증가하였으나 여름철에는 다소 증가 후 감소하며 4주 제까지 증가하여 안정화 되었다. 고온성 방선균은 겨울철 퇴비화 실험에서 1주제 급격히 감소하여 중온성 방선균과 유사한 변동상을 보였다. pH 5 평판에서 계수시 겨울철에는 type 3, type 4 용기에서 각각 3주 또는 4주까지 감소하며 type 4 용기에서는 다시 4주까지 증가하였다. 봄철 퇴비화시는 1주 제까지 증가하며 다시 3주 제까지 감소하여 이후 증가하였다. 여름철은 3주 제까지 증가하여 4주 제 감소 후 다시 6주 제까지 증가하였다. 겨울철 퇴비화 초기에는 세균의 경우에서와 다르게 중온성 방선균과 고온성 방선균의 동시적인 감소를 관찰할 수 있었다. 그러나 퇴비용기별로는 뚜렷한 차이가 없었다. 본 퇴비화 실험에서는 형태학적 특징 및 배양학적 특징 등을 근거로 동정한 결과 역시 전보의 보고³⁾와 같이 *Nocardia*, *Streptomyces* 등 한정된 방선균만이 출현하였다.

사상균 flora의 경시적인 변동상은 Fig. 5와 Fig. 6에

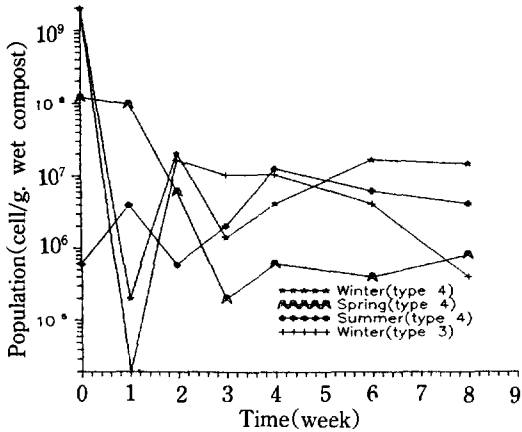


Fig. 3 Changes in mesophilic actinomycetes population during laboratory composting

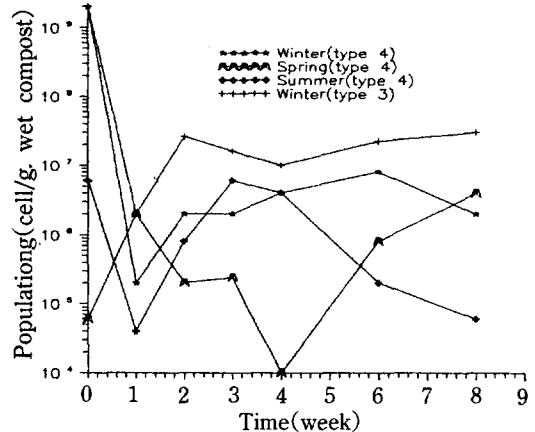


Fig. 5 Changes in mesophilic fungal population during laboratory composting

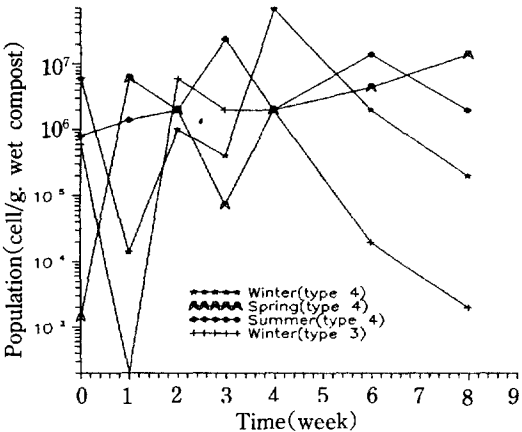


Fig. 4 Changes in thermophilic actinomycetes population during laboratory composting

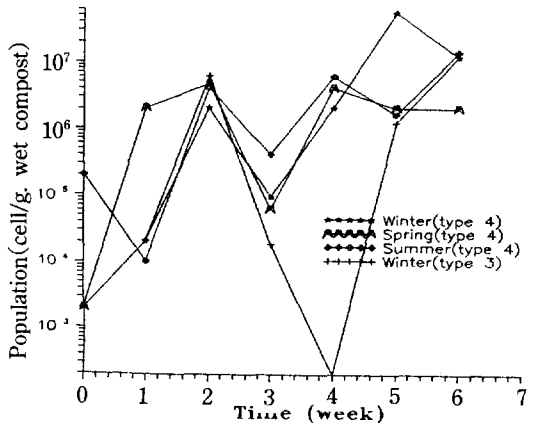


Fig. 6 Changes in thermophilic fungal population during laboratory composting

표시하였다. 중온성 사상균은 겨울철 퇴비화 용기 type 3에서 1주째 감소하며 다시 증가후 안정화되었다. 퇴비화 용기 type 4에서 겨울철 퇴비화시 type 3 용기에서와 같은 경향을 보였다. 봄철에는 1주째 증가 후 감소하며 여름철은 1주째 감소 후 증가하였다. 고온성 사상균은 겨울철 퇴비화시 용기 type 3, 4에서 1주째 까지 감소하며 2주째까지는 증가 후 type 3 용기에서는 4주째까지 감소 후 증가하나 type 4 용기에서는 3주

째까지 감소 후 다시 증가하였다. 봄철에는 2주째까지 증가 후 감소하였고 여름철에도 봄철과 같은 양상을 보였다. 퇴비화 말기에는 여름철을 제외하고는 증가하였다. 사상균에서도 겨울철에 type 4에서 1주째 고온성 사상균이 감소한 것을 제외하고는 용기 type과 관계없이 중온균과 고온균이 동시에 증가하고 감소하나 고온성 사상균이 퇴비화 중기 및 말기에 다소 변동이 심하였다. 밀짚의 퇴비화에서의 사상균의 변천은 Chang와 Hud-

son의 보고⁶⁾가 있다. 이들에 의하면 퇴비화에 관여하는 균종이 *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Absidia*, *Humicola*, *Chaetomium*, *Malbranchea*, *Talaromyces*, *Sporotrichum*, *Mycelia*, *Fusarium*, *Stysanus*, *Coprinus*, *Clitopilus* 등이 관찰되었다고 보고되나 본 퇴비화 실험에서는 형태학적 및 배양학적 특징에서 *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Absidia* 만이 관찰되었다.

방선균과 함께 고온성 사상균이 고온과정의 말기 후 숙과정에서 cellulose, hemicellulose 등 식물질 원료의 난분해성 물질 분해에 관여한다는 보고⁵⁾와는 다르게 본 퇴비화 실험에서 사상균 *Aspergillus* 속에서만 미비한 cellulose 분해가 관찰되어 대부분의 cellulose의 분해는 혐기적 세균에 의해 이루어졌다고 추정된다. pH가 4 이하로 내려가면 일반적인 미생물 증식에 불리하여 퇴비화를 방해하나 본 실험에서는 겨울철에도 pH 4.5 이하로는 내려가지 않아 별도의 관리의 필요치 않았다. 또한 퇴비화에 앞서 pH 조정외에도 전처리 및 조정이 필요하나 본 퇴비화 실험에서는 이러한 전처리과정도 특별히 필요치 않았다. 한편 병원성 미생물에 대하여 별도의 분리과 측정은 하지 않았으나 type 3에서 겨울철에 최고 온도가 38°C, type 4에서 43°C, type 4에서는 봄철 55°C, 여름철 56°C로 보온된 type 4 용기에서의 퇴비화를 제작비를 고려할 때 위생상 사용시 문제가 없다고 생각된다. 도시생활 쓰레기에서는 세균이 우점적이고 사상균과 방선균은 적고 특히 방선균이 하수오니 퇴비화에서보다 적은 경향이라는 보고¹⁾가 있으나 본 퇴비화 실험에서는 중온성 세균, 방선균, 사상균에서의 균수의 차이가 없었으나 봄철에만 균류가 적었다. 고온성 방선균은 겨울에 고온성 세균과 고온성 사상균보다 퇴비화시료에 많았으나 퇴비화 말기에는 고온성 세균과 유사하게 되었고 고온성 사상균이 다소 많게 되었다. 숙성 초기에 사상균수가 증가하며 숙성이 진행되면 감소하는 현상을 일반적으로 보이나 퇴비화 말기 중온성 사상균이 겨울철, 여름철에는 감소하고 봄철에는 증가하여 봄철 퇴비화에서 사상균이 증가하는 요인을 파악하여 감소하게 할 필요가 있다고 사료된다.

감사의 말

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

요 약

주택용 소형 퇴비화용기(type 3과 type 4)를 제작하였다. 두 가지 용기의 구조는 다같이 용기의 벽을 이중으로 하였으며 type 4는 보온을 하였고 type 3은 보온을 하지 않았다. 실험실 실험을 통하여 퇴비화하는 과정에서 다음과 같은 미생물의 변동상이 조사되었다.

1. 겨울철에는 중온성 세균이 감소하면, 고온성 세균이 증가하였으나 봄철과 여름철에는 퇴비화 초기 중온성 세균과 고온성 세균이 동시에 증가와 감소를 하는 경향이 있었다.
2. 겨울철에는 중온성 방선균과 고온성 방선균이 퇴비화 1주째 함께 감소하였다. 봄철에는 고온성 방선균은 급격하게 증가하였으나 여름철에는 고온성 방선균이 완전한 증가를 보였다.
3. 사상균에서도 겨울 1주 째 까지를 제외하고는 퇴비화 초기에 중온성 사상균과 고온성 사상균이 동시에 증가와 감소를 하였다.
4. 중온성 세균, 방선균, 사상균은 균수에서 차이가 없었으나 봄철에만 사상균의 균수가 적었다.
5. 퇴비화 말기 중온성 균류가 겨울철, 여름철에는 감소하였으나 봄철에는 증가하였다.

참고문헌

1. 서정윤, 주우홍 (1995). 가정용 소형 퇴비화 용기에 의한 부엌 쓰레기의 분산식 퇴비화 III. 실험실에서의 이중벽 소형 퇴비화 용기에 의한 부엌 쓰레기의 퇴비화에 관한 연구. 한국환경농학회지, 14권 3호 투고중.
2. v. Rheinbaben W., (1979). Abbau der organischen

- substanz von siedlungsabfällen bei verschiedenen temperaturen im laborversuch, Müll und Abfal, **2**, pp. 25-31.
3. 이연, 주우홍, 서정윤. (1994). 가정용 소형 퇴비화 용기에 의한 부엌 쓰레기의 분산식 퇴비화 II. 실험실 조건에 있어서 미생물상의 변동, 한국환경농학회지, **13** : 338-345.
 4. Poincelot, R.P., (1974). A scientific examination of the principles and practice of composting, Compost Sci., **15**(1) : 24-31.
 5. 山里一英, 宇田川俊, 兒玉徹, 森地敏樹, (1986) 微生物の分離法, R & D プランニング 東京, pp. 193-198.
 6. Chang, Y. and H. J. Hudson, (1967). The fungi of wheat straw compost. I. Ecological studies, Trans. Br. Mycol. Soc., **50** : 694-666.
 7. 都留信地 (1980). 環境と微生物, 共立出版, 東京, pp. 123.