

가정용 소형 퇴비화 용기를 이용한 부엌쓰레기의 퇴비화 과정중 미생물상 변동

김용창 · 조경옥 · 이 연 · 주우홍 · 서정윤¹⁾

창원대학교 자연과학대학 생물학과, ¹⁾창원대학교 공과대학 환경공학과

Composting of Garbage by Home Composter for Household Use : Changes in Microbial Flora
Yong-Chang Kim, Keung-Oak Joe, Yon Lee, Woo Hong Joo and Jeoung-Yoon Seo¹⁾(Dept. of Biology, College of Natural Science, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea ; ¹⁾Dept. of Environmental Engineering, College of engineering, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea)

Abstract : The change in microbial flora has been studied through dwelling house composting by the composter with double layer walls. The results are summarized as follows.

1. Mesophilic bacteria increased and decreased mildly, thermophilic bacteria showed a tendency to decrease except for spring, and the number of mesophilic bacteria and thermophilic bacteria had a tendency to increase and decrease simultaneously.

2. The number of mesophilic actinomycetes were increased at the early stage of composting in winter, mildly decreased in spring and slightly decreased in summer, and the number of thermophilic actinomycetes were decreased at the early stage of composting.

3. The decrease in the number of mesophilic fungi was observed at the middle stage in summer, but the mild increase was observed in spring and winter. The number of thermophilic fungi was generally decreased.

4. Ammonia oxidizer and nitrite oxidizer were observed in this field composting much more than in the other composting experiments.

서 론

공업화에 따른 도시 인구집중으로 인하여 발생하고 있는 대량의 생활쓰레기는 주요 환경오염원으로 이에 대한 효과적인 처리대책이 마련되어야 한다. 생활쓰레기의 처리방법으로는 매립법, 소각법 및 퇴비화법이 있으며 현재는 거의 대부분이 매립에 의존하고 있는 실정이다. 그러나 매립지 확보난과 매립시 발생하는 악취나 침출수에 의한 지하수 오염, 병원균의 전파 등의 문제가 있다. 소각장 건설에는 막대한 경비가 소요되며 특히 생활쓰레기는 수분함량이 높으므로 많은 열량을 필요로 하고 매연 등 대기오염의 문제가 있다. 그러므로 퇴비화하여 재활용하는 방법이 가장 이상적이라고 할 수 있다. 퇴비화 방법에는 일반적으로 집중식 및 분산식이 있으며, 집중식은 퇴비장 건설에 막대한 경비가 소요되며 퇴비중 중금속 및 불순물 함량증가를 초래하여 생산된 퇴비의 사용시 문제점이 발생할 수 있으나 분산식 퇴비화는 퇴비화할 수 있는 폐기물을 발생장소에서 분리하여 즉시 퇴비화하기 때문에 퇴비중의 오염물질 함량을 가급적 줄일 수 있고 또한 수거하여야 할 양을 퇴비화 과정을 통해 약 50% 줄일 수 있기 때문에 운반비의 절감등 이점이 상당히 많다. 한편 퇴비의 원재료인 생활 쓰레기도 식생활

pattern, 계절, 가족수, 가정의 사회경제적 수준 등에 따라 그 조성이 상이하므로 퇴비에서 활동하는 미생물상도 변화하고, 실험실에서의 조건과 실제로 현장에 적용시에는 상당한 차이가 있을 수 있다.

그러므로 본 실험은 가장 표준적인 가정인 가족수 5인의 일반 단독주택을 대상으로하여 퇴비화 용기의 현장에서의 적용성을 검토하고자 분산식 퇴비화과정에 따른 미생물상의 변화를 비교 분석하여 보고하고자 한다.

실험방법

퇴비화 용기, 용기 설치 및 시료 채취

실험실에 설치하여 퇴비화실험을 통하여 가장 실용성 있다고 확인된 용기벽이 이중으로 되어 있고 외부벽은 50mm 두께의 스티로폴로 보온된 용기를 현장실험에 사용하였다¹⁾. 용기는 가장 표준적인 가정이라고 생각되는 가족 구성원이 5인인 단독 주택의 한 가정을 선정하여 설치하였다. 실험기간은 각 계절별로 실시하였고 시료는 두달의 실험기간 동안 매 10일마다 채취하였다.

평판배지의 미생물의 계수

퇴비화 용기에서의 퇴비화에 따른 미생물의 변동은

전보²⁾에 준하여 Table 1의 조성을 가진 각종 미생물 배지에서 연속희석 평판법으로 일정시간 배양한 후 나타난 colony 수를 colony forming unit(CFU)로 산정하여 조사하였다. 암모늄 산화세균, 아질산 산화세균은 25°C에서 배양하여 2주째 이후에 나타난 colony 수를 암모늄 산화세균, 아질산 산화세균의 수로서 산정하였다.

Table 1. Composition of isolation media

Microbial Group	Composition of media (gram per liter)
Bacteria	Nutrient Agar Medium Nutrient broth : 8, Agar : 15
Actinomycetes	Sucrose Nitrate Medium Sucrose : 30, NaNO ₃ : 2, K ₂ HPO ₄ : 1, MgSO ₄ ·7H ₂ O : 0.5, KCl : 0.5, FeSO ₄ ·7H ₂ O : 0.01, Agar : 15
Fungi	2% Malt Agar Medium Malt extract : 20, Agar : 15
Ammonia oxidizing bacteria	NH ₄ Cl : 0.54, NaCl : 0.58, MgSO ₄ ·7H ₂ O : 0.049, CaCl ₂ ·7H ₂ O : 0.15, KH ₂ PO ₄ : 0.108, KCl : 0.074, FeSO ₄ ·7H ₂ O : 973.1μg, (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O : 37.1μg, MnSO ₄ ·4H ₂ O : 44.6μg, CuSO ₄ ·5H ₂ O : 25μg, ZnSO ₄ ·7H ₂ O : 43.1μg, H ₃ BO ₃ : 49.4μg, Phenol red(0.5%) : 1ml, Agar : 15
Nitrite oxidizing bacteria	NaNO ₂ : 2, MgSO ₄ ·7H ₂ O : 0.05, KH ₂ PO ₄ : 0.15, K ₂ HPO ₄ : 0.75mg, FeSO ₄ ·7H ₂ O : 0.15, NaCl : 0.5, CaCO ₃ : 0.003, (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O : 100μg, Agar : 15

결과 및 고찰

세균 flora의 경시적인 변화는 Fig. 1에 각각 중온성세균, 고온성세균으로 나누어 나타내었다. 퇴비화시료에는 호기성 중온성세균이 10⁸CFU/g이상 존재하며, 퇴비화 10일째 겨울, 봄, 여름철 모두 10⁸CFU/g전후로 감소하였고 이후 증감을 되풀이하였으며, 퇴비화 40일째 봄철 퇴비화에서는 10⁷CFU/g 가까이 감소하였다. 퇴비화 말기에는 중온성 세균은 퇴비화 전의 시료와 그 수가 유사하게 되거나 다소 감소하였다. 실험실 조건에서의 실험²⁾에서는 겨울철 퇴비화시 중온성세균의 변화가 큰 폭으로 관찰되었으나 본 현장 실험에서는 다소 완만한 변화가 관

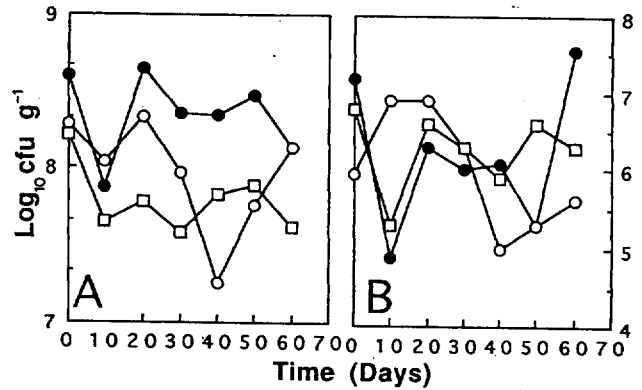


Fig. 1. Changes in mesophilic bacterial population(A) and thermophilic bacterial population(B) during dwelling house composting : ●, winter ; ○, spring ; □, summer.

찰되었으나 오히려 균수에서는 많이 관찰되었다. 고온성 세균은 시료 투입시 겨울에는 10⁷CFU/g 정도 존재하며, 봄과 여름철에는 10⁶CFU/g정도 존재하나, 퇴비화 10일째 여름과 겨울철 퇴비화 과정에서는 10⁵CFU/g전후로 감소하였으나 봄철의 경우에는 10⁷CFU/g까지 증가하였다가 퇴비화 40일째 10⁵CFU/g까지 감소하였으며, 퇴비화 말기에는 고온성세균이 여름과 봄철에 10⁶CFU/g전후로, 겨울에는 10⁷CFU/g이상으로 나타났다. 가축분뇨와 도시쓰레기의 경우 세균수가 매우 많아 중온성 세균수는 퇴비습중량 1g당 10⁸~10⁹개가, 고온성 세균수는 10⁵~10⁷개가 존재한다고 보고되고 있으나⁵⁾ 실험실 조건에서의 실험에서는 고온성 세균에서는 유사하였으나 중온성 세균수에 있어서 10⁶~10⁸개 전후로 다소 낮게 나타났다. 그러나 본 현장 실험에서는 유사한 균수가 관찰되었다. 실험실 조건에서의 실험에서는 퇴비화 초기 고온성 세균수가 증가하였으나 현장 실험에서 초기에는 봄철을 제외하고는 감소하는 경향을 보여 차이를 보였다. 역시 실험실 조건에서와 같이 현장 실험에서도 세균의 교대현상 즉 중온균의 감소와 고온균의 증가는 관찰되지 않고 중온균과 고온균의 동시적인 증감이 관찰되었다. 이는 생육온도 범위가 넓은 균들이 많은 결과로 해석할 수 있을 것이다.

Fig. 2에 나타낸 방선균 flora의 퇴비화에 따른 경시적인

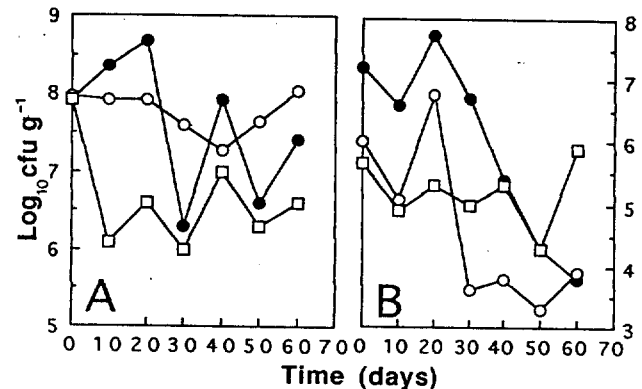


Fig. 2. Changes in mesophilic actinomycetes population(A) and thermophilic actinomycetes population(B) during dwelling house composting : ●, winter ; ○, spring ; □, summer.

변화를 살펴보면 중온성 방선균은 퇴비화시료 투입시 10^6 CFU/g정도 존재하였다. 겨울철 퇴비화 과정에서는 균수가 20일째까지 약간 증가 한 후 30일째 상당히 많은 감소를 보였다. 여름철에는 균수가 10^6 CFU/g까지 많이 감소하였고 그 후 일정하게 나타남이 관찰되었다. 봄철에는 퇴비화 40일째 약간의 균수에서의 감소가 있는 것을 제외하고는 거의 일정하게 관찰되었다. 실험실 조건에서의 실험에서는 겨울철 퇴비화 초기에 급격한 감소가 관찰되었으나 현장 실험에서는 증가함이 관찰되었다. 그리고 현장 실험에서 퇴비화 말기에는 퇴비화 시료의 균수와 유사하게 되었다. 봄철에도 실험실 조건에서의 실험에서는 감소가 심하게 나타났으나 현장실험에서는 퇴비화 40일째 전후에서만 감소하고 나머지 기간에는 퇴비화 시료와 유사한 균수가 관찰되었다. 그러나 여름철의 현장 실험에서 다소 감소함을 확인할 수 있었다. 고온성 방선균은 퇴비화 시료투입시 겨울에는 10^7 CFU/g 봄, 여름철에는 10^6 CFU/g 존재하고 겨울철 퇴비화 과정에서는 20일째 약간의 증가가 있는 후 계속 감소하여 퇴비화 말기에는 10^4 CFU/g까지 감소하였다. 봄철 퇴비화 과정에서는 30일째 급격한 감소 후 일정하게 관찰되었다. 실험실 조건에서의 봄철 실험에서는 퇴비화초기 고온성 방선균이 증가하였으나 본 현장 실험에서는 퇴비화 초기 감소한 후 퇴비화 중기에 균수가 가장 많이 관찰되었다. 중온성 방선균이 고온성 방선균보다 다소 많이 존재하였으며, 겨울과 봄철 퇴비화과정에서 고온성 방선균의 변화가 심하였다. 방선균에서도 겨울철을 제외하고 중온균과 고온균의 동시증감이 관찰되었다. 사상균 flora의 경시적인 변화는 Fig. 3에 표시하였다. 중온성 사상균은 퇴비화 시료 투입시 10^8 CFU/g정도 존재하였고 여름철 퇴비화과정에서 급격한 감소를 보이다가 그 후 일정하게 되었다. 겨울과 봄철 퇴비화 과정에서는 각각 퇴비화 20일째와 30일째 약간의 증가가 있는 것을 제외하고는 퇴비화의 전기간 동안 일정하였다. 본 현장 실험에서는 위에서 언급한 바와같이 퇴비화 중기에 중온성 사상균수가 여름철에는 감소하고 봄과 겨울철에는 완만한 증가를 보인점은 실험실조건에서의 실험결과와 상이하였다. 고온성 사상균은 퇴비화시료 투입시 겨울철에는 10^6 CFU/g, 봄철에는 10^7 CFU/g, 여름철에는 10^6 CFU/g정도 존재하였으나 봄, 여름, 겨울철 모두 계속 감소하여 퇴비화 말기에는 10^4 CFU/g 정도로 되었다. 실험실 조건에서의 실험에서는 고온성 사상균의 수가 퇴비화초기 $10^3 \sim 10^5$ CFU/g정도였지만 퇴비화가 진행될수록 봄과 여름철에 전체적으로 증가함에 반하여 본 현장 실험에서는 퇴비화 초기 많은 균수가 관찰된 후 전체적으로 감소하였다. 고온성 미생물수가 전체적으로 실험실조건과는 달리 퇴비화 초기에서 감소하는 경향을 보인 것은 5인 가족의 가정을 대상으로 현장실험을 하였기 때문에 생활쓰레기 발생량이 실험실조건보다 적게 된 것에서 기인한 것으로 추정된다.

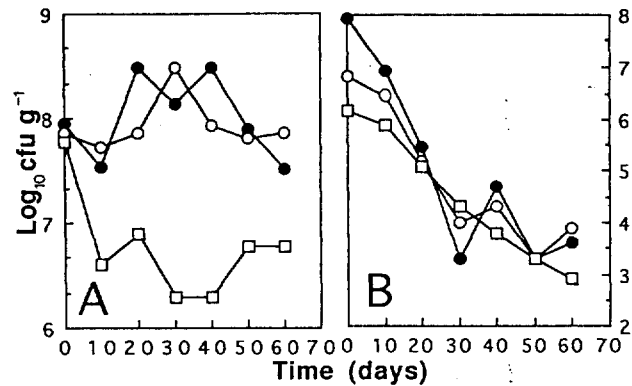


Fig. 3. Changes in mesophilic fungi population(A) and thermophilic fungi population(B) during dwelling house composting : ●, winter ; ○, spring ; □, summer.

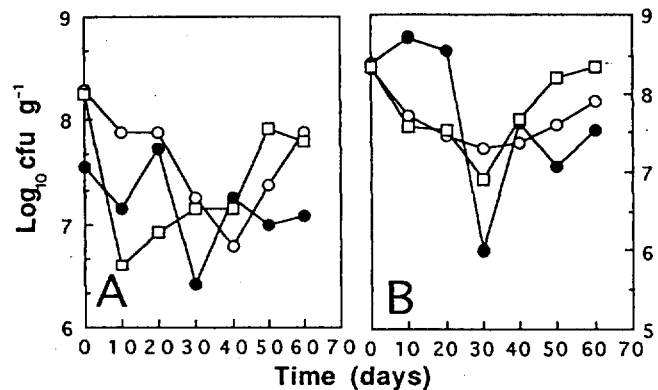


Fig. 4. Changes in population of ammonia oxidizers(A) and population of nitrite oxidizers(B) during dwelling house composting : ●, winter ; ○, spring ; □, summer.

Fig. 4에서는 암모늄 산화세균과 아질산 산화세균의 flora 변화가 나타나있다. 암모늄 산화세균은 퇴비화 시료 투입시 겨울철에 10^7 CFU/g이상 존재하고 30일째 약간의 감소가 있는 후 40일째 약간 증가하여 일정하게 되었고 봄철과 여름철에는 감소하다가 증가하는 경향을 보였다. 아질산 산화세균은 퇴비화 시료 투입시 겨울에 10^6 CFU/g이상 존재하고 30일째 급격히 감소하고, 40일째 10^7 CFU/g이상으로 증가한 후 일정하게 되었고 봄과 여름철에는 감소하였다가 증가하는 경향이 암모늄 산화세균과 유사하였다. 다른 퇴비화 실험에서는 암모늄 산화세균은 10^2 CFU/g정도, 아질산 산화 세균은 10^6 CFU/g에서 10^4 CFU/g정도 나타났으나 본 현장 실험에서는 이와는 상이하게 많이 존재 하고 있었다.

감사의 말

이 논문은 한국 과학재단의 1992년도 특정 기초과제 연구비 지원에 의하여 연구되었으므로 이에 감사 드립니다.

요 약

참고문헌

이중벽의 퇴비화 용기를 사용하여 가정 생활쓰레기의 현장에서의 미생물상의 변동을 조사하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 중온성 세균은 다소 완만한 변화를 보였다. 고온성 세균은 봄철을 제외하면 감소하는 경향을 보였고 중온균과 고온성 세균의 동시 증감도 관찰되었다.

2. 중온성 방선균은 겨울철 퇴비화 초기 증가하였고 봄철 퇴비화에서는 완만하게 감소하였으나 여름철에서는 다소 감소하였다. 고온성 방선균도 퇴비화 초기에 감소하였다.

3. 중온성 사상균은 퇴비화 중기 여름철에는 감소하였으나, 봄과 겨울철에는 완만한 증가를 보였고, 고온성 사상균은 전체적으로 감소하였다.

4. 암모늄 산화세균, 아질산 산화세균은 다른 보고에서보다 상당히 많이 관찰되었다.

1. 서정윤, 주우홍(1995). 가정용 소형퇴비화 용기에 의한 부엌쓰레기 분산식 퇴비화 III. 실험실조건에서 이중벽 소형 용기에 의한 퇴비화 연구, 한국환경농학회지, 14, 232~245.
2. 이연, 주우홍, 서정윤(1995). 가정용 소형퇴비화 용기에 의한 부엌쓰레기의 분산식 퇴비화 IV. 이중벽 퇴비화 용기 사용시 미생물상변동, 한국환경농학회지, 14, 345~350.
3. v. Rheinbaben, W.(1979). Abbau der organischen substanz von siedlungsabfällen bei verschiedenen temperaturen im laborversuch, Müll und Abfal, 2, 25~31.
4. 山里一英, 宇田川俊一, 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 193~198.
5. Poincelot, R. P.,(1974) A scientific examination of the principles and practice of composting, Compost Sci., 15(1), 24~31.