동물성 잔재물의 퇴비화 작업 시안(I)

유창성 · 이석영*
전북대학교 농과대학 대학원. 전북대학교 농과대학 농화학과*

Tentative Model of Cooperative Work for Composting of Animal Residues(I)

You Chang-Sung · Lee Suk-Young*
College of Agriculture, Jeon-Buk National University.
*Department of Agricultural Chemistry, Jeon-Buk National University.**

ABSTRACT

Composting of animal residues with weeds and waste papers as bulking agents was tested. Coorperative form of work with farmers, students, cleaning women and members of citizens' movement was attempted. The responses of participants for composting, through it's laboriousness and dirtiness, were favorable with feeling of doing good for social services.

The temperature of compost was raised up to 83 ℃. in spite of cold winter weather after turning. The pH, water content, total carbon, total nitrogen and C/N ratio showed the similarity to stability steps of other usual composts. The contents of heavy metals were low except Cu in comparison with standard levels.

The uses of waste papers as a bulking agent for composting of animal residues, especially for organic farming, would need more diverse investigations.

I. 서 론

우리 농업에 대한 각성이 일어난 것은 1970 연대라고 볼 수 있다. 공업화 우선 정책에 밀려 농업, 농민, 농촌이 소외된 현실에서 당연하고 바람직한 현상이었다. 그래서 우리 농산물을 지키자는 각성과 함께 더불어 살아야 한다는 생활 공동체 의식이 싹터서 농업 생산자와 소비자 사이에 끈끈한 애정으로 한 삶을 살겠다는 자각을 일으켰으며, 화학비료와 화학농약의 심각한 문제점을 인식하게 되어 자연의 생태계까지 고려한 자연의 유기적 관계를 맺는 유기농업에 관심을 갖게 되었다.

사회적으로 열악한 조건에서 더구나 경험이 없고 체계적인 안내서가 없는 여건에서 유기농업을 하기란 여간 어려운 일이 아닐 뿐 아니라 성공여부도 뚜렷이 알 수 없고 더구나 실패하는 때는 보상받을 길이 없었다. 여러 가지 어려움과 냉대에도 굴하지 않고 여러 뜻있는 선각자들이 유기농업을 시도하고 지속적으로 노력하고 애써서 그 동안 경륜을 쌓아서 어느 정도는 자리를 잡아가는 듯 하다. 무엇보다도 우리가 건성으로 보아서는 안될 큰 것이 있는데 바로 그것이 자연(생태계와 우주만물)이며 자연의 복원력은 놀랄 만큼 큰 것임을 절실하게 깨달았다는 것이 무엇보다도 큰 수확이다.

유기농업을 하려고 절박하게 일본이나 미국 및 유럽에서 책으로 혹은 기술습득으로 제한된 지식과 기술을 배워와서 시행해 왔고, 시행하고 있으나 여러 가지 난관에 부닥치게 되고 시행착오도 많이 겪는다. 지금까지 유기농업으로 농사를 실패하거나 수확을 제대로 못해도 그 손실은 유기농업자 자신의 몫으로 떠맡곤 했다.

유기농업자들이 어렵게 시행착오를 겪으면서 어느 정도 이루어 놓은 지금의 수준에서 이제는 생활공동체의 참여자뿐 아니라 많은 시민들이 깨여서 함께 살아가는 공동체 의식을 발휘하여 모두가 마음을 합쳐야 할 때이다. 특히 유기농업자들이 애써 이루려는 환경보전 및 바른 농업의 어려운 과제를 함께 도우며 일할 유기농학자가 일어나 이 귀한 일을 더불어 해야 할 것이다.

생물이 살아가는데 관계하는 것은 주로 토양, 물, 공기 및 빛으로 이루어진 환경이며 이들 환경과 생물(인간을 포함하여)과의 관계에서 일어나는 여러 현상과 작용이 포함된다. 이 환경과 조화를 이루면서 평화로운 삶을 함께 누리는 생태계의 종합작업이 농업이다. 그러므로 농업은 자연의 조화로 이루어지는 예술이라 할 수 있다. 그래서 자연은 지고의 농부라고도 한다(Nature is the supreme farmer)[1]. 자연만큼 토양보전, 물 관리 햇빛의 복사선 energy 저장을 잘 할 수 있으랴! 이런 멋있는 모습을 원시림에서 볼 수 있잖은가? 인간은 이런 자연의 섭리에서 조정자 역할을 할 수 있으면 좋을 것이다.

그런데 인간은 깨우쳤다고 너무 교만하여 개발이란 미명하에 자연을 마구 훼손하고 수탈하였다. 이런 역사적이고 현실적인 현실을 깊이 통찰하게 되어 자연과 자연자원의 유지 보전에 관심을 갖게 된 것은 다행한 일이며[2], 이에 깊이 연구하고 실천해야 할 일이 앞에 놓여 있다.

1972년 스톡홀름에서 인류환경에 대한 유엔회의(UN conference on the Human Environment)가 개최되어 지구차원에서 환경문제가 논의되고 1973년에는 지구환경을 걱정하

고 그 해결점을 모색하는 핵심기구로서 유엔환경프로그램(UN Environment Program)이 창설되어 몬트리얼의정서를 비롯한 수많은 환경협약과 지침을 내고 지역의 각종 사업을 수행하는데 주도적 역할을 하고 있다. 이때가 지구환경에 대하여 관심을 기울이는 시기이고, 영국 옥스퍼드대학 출판부에서 1945년 Albert Haword경이 집필한 "Agricultural Testament"(농업경전)가 출판된지 28년이 된 때이고, 미국에서 Rodale씨가 1950년에 "Pay dirt"(노다지)[3]를 출판하고 유기농업연구농장 및 출판사를 차린 지 22년이 된 해이며, 우리 나라에서는 서남동목사(한신대 교수, 연세대 대학원장)가 70년대에 생태계의 중요성을 처음으로 역설하였고, 그후 1976년에 농사를 바로 짓자는 정농회(正農會)가 창설되었다.

인류환경회의가 개최된지 20주년이 되는 1992년 6월에 브라질의 리오에서 유엔환경 및 개발회의(UN on Environment and Development)가 개최되어 환경과 개발에 대한 리오선언과 21세기를 향해서 인류가 실천해야 할 강령인 의제 21(Agenda 21)을 채택하였다. 의제 21중에는 자원의 보전과 관리 및 이용에 관한 문제가 특히 강조되었는데, 농업분야에서 폐기물 자원의 합리적 이용에 관한 부분을 소개하면서, 의제 21의 지속 가능한 농업 및 농촌개발(Sustainable Agriculture and Rural Development)에 명시된 문장에서 몇 줄을 인용하면 다음과 같다. "Development and encourage processes for the recycling of organic and inorganic waste into the soil structure, without harming the environment plant growth and human health"14.86(d). 즉 자원으로 재활용 할 수 있는 폐기물은 UN의 기구에서 재활용을 권장하고 있으며, 이미 UN에서 권하기 전에 나라마다 폐기물의 재활용이 이행되었고, 연구기관에서 이에 관한 연구가 공동과제로까지 이미 진행되고 있다.

유럽의 경우를 보면

1983년 10월 11일 - 14일(장소 : Napoles) :

"Biological Reclamation and Land Utilization of Urban Wastes"에 관한 심포지엄

1984년 3월 19일 - 20일(장소 : Oxford) :

"Composting of Agricultural and Other Wastes"에 관한 세미나

1986년 4월 17일 - 19일(장소 : Udine, Italy) :

"Compost : Production, Quality and Use"[4]에 관한 심포지엄(논문 90편 발표) 실제로 퇴비의 제조, 이용, 질에 관한 실험연구가 이루어지고 있으며, 그 결과가 발표됨.

우리의 경우를 보면

한국 토양비료학회 발간인 한국토양비료학회지가 1968년에 발간되어 1996년까지 99권이 발행되었는데 퇴비에 관련된 논문은 100편 정도 발표되었다. 그나마도 일회성 실험논문이거나 유기물을 논밭에 뿌려보는 정도의 실험, 화학비료를 시용 하면서 유기물을 첨가하는 실험에 그치는 경우가 많으며, 지속적이고 체계적인 퇴비의 제조로부터 질의 검증 및 그 이용에 관한 논문은 없는 형편이다. 그리고 주로 화학비료에 관한 논문이 대부분인데 1978년과 1993년에 각각 토양 유기물 심포지엄과 환경보전형 농업을 위한 토양관리 심포지엄 특집을 실었으나 그 발표문 내용이 거의 토양유기물에 관한 일반적 총론의

성격으로 쓰여진 것이다[5].

퇴비는 협동해서 공동으로 수행하는 에너지, 원자재, 환경 등의 주관심사의 영역에서 이루어져야 하고 연구 및 개발사업의 틀에서 이루어져야 할 과제의 하나이다. 그런데 유럽은 물론 우리의 경우를 보더라도 퇴비화 작업에 있어서 너무 기계화하는데 관심이 있다. 물론 기계화하면 편리하다고 생각할지 모르나 퇴비화작업은 자재부터 복잡하고 냄새나고 그 일자체가 귀찮은 것들임을 인식해야한다. 단순화하여 분업으로도 조립으로도 불가능한 작업이 퇴비생산 작업이다. 협동하고, 봉사하는 마음으로만 퇴비작업은 가능한 것이다. 그 성공사례가 시민협동정신이 그런 데로 낫다고 하는 스위스에서 나타났다고 발표되고 있다[6, 7]. 오히려 너무 안이하게 살려고 하는 시대조류에 새롭고 건전한 사회풍토를 일으켜서 나태해진 인류사회에 새바람을 불어넣는 계기가 될 수도 있을 것이다.

1. 연구목적

퇴비화 특히 쓰레기의 퇴비화작업은 사람의 노력으로 해야 하는 것이다. 사람이 내 놓은 쓰레기를 누구에게 시켜서 될 일이 아니다. 우선 당장 나누지 않은 쓰레기를 재활용하기란 어렵고 거의 불가능한 일이다. 나누어 내 놓는 일(분리), 이를 거두어 가는 일(수거)이 모두 남의 일이 아닌 내가 해야 할 일이다. 그나마 쓰레기 활용이 비교적 잘 되는 스위스의 예만 보아도 관, 학, 산이 공동으로 종전의 사후 처리위주에서 벗어나 예방적이고 통합적인 폐기물 정책의 전환을 시도하였다는 것이다[6]. 이를 위해 주민들의 참여의식을 고취하고 퇴비화 교육을 시켜 전문인력을 양성하고 있는 것이 매우 인상적이었다고 한다[7]. 본 작업에서는 학생, 농민, 학교미화부 직원, 시민단체를 포함하여 가능한 인적자원들이 퇴비작업에 참여할 수 있는 모델을 모색하고 일을 하였다.

직접 쓰레기를 따로 모으는 계획을 하고 그 계획대로 분리 수거하는 일에 참여함으로써 쓰레기의 형편이 어떤지 그 쓰레기를 분리 수거하는 일이 어떤 일인지 직접 체험하게 하며, 그 분리된 쓰레기를 퇴비화할 때 어떤 일을 감당해야 하는지를 직접 참여하게 하였다. 퇴비의 발효가 진행되고 완숙되는 과정에서 어떤 변화가 일어나는지 직접 보고 느끼는 일은 더욱 흥미 있는 일이었다. 특히 온도측정은 온도계 눈금을 보고 바로 알 수 있어 더 좋았다.

이제는 사람도 자연 위에 군림할 것이 아니고 자연이 중요 부분이라는 자각을 깊이 해야할 때이며 그런 의식을 갖도록 인도해야 한다[8](There has to be a pervasive shift in current world perspectives from the concept of humans over nature, to a more ecological perspective of which humans are an essential part).

2. 작업

1) 동물성 잔재물 + 풀 및 나무조각

동물성 잔재물은 축협중앙회 전주사업소에서 일상 하루에 배출되는 5톤 트럭 1대분을 가지고 Indore 법[9, 10]으로 풀을 bulking agent로 하여 가로 X 세로 X 높이 = 7 ft X 7ft

X 5ft(대략 2.1 m X 2.1 m X 1.56 m)크기로 퇴비더미를 만들었다. 퇴비더미의 모양을 그림 1에 나타내었으며, 동물성 잔재물 1트럭분을 더미로 쌓는데 대략 풀 40 지게가 들어갔다. 풀베기는 낫으로 하였으며 운반은 주로 지게를 이용 하였고 퇴비더미를 뒤집는 일도 간단한 농기구를 사용하였다. 주로 전북대학교 농과대학 학생들이 이 퇴비작업에 참여하였는데 학생간부로부터 가능한 한 학생들이 1회이상 참여하도록 하였다.

1994년부터 전북 완주군 소양면 해월리 325에 있는 원암수양관(원장 백영규)의 자활사업으로 축협 전주사업소에서 배출되는 동물성 잔재물을 전량(평균 매일 한트럭, 명절때는 몇 배로 늘어남)처리하였는데, 부피제(bulking agent)로는 나무조각과 옥수수대 조각 및 나무찌꺼기를 사용하였다. 물론 자활사업으로 포크레인, 스키로-다등 기계를 이용하게 되었다. 동물성 잔재물은 소, 돼지 내장과 소의 대변, 뼈일부, 소 및 돼지의 피이었다. 그런데 잔재물의 3배만 섞으려 해도 비영리단체에서 비영리사업으로 하기 때문에 부피재의 양을 감당하기에는 벅차고 어려움이 많았으며, 부피제를 충분하게 혼합하지 못함으로 인해 액체비료가 너무 많이 쏟아져 나왔다. 이 문제를 해결할 방안의 하나로 버린 종이를 부피제로 쓰면 어떨까? 생각하였다.

2) 동물성 잔재물 + 버린 종이

버린 종이 중에도 재활용할 수 있는 종이를 빼고 소각하거나 매립하는 종이의 양만 해도 상당량임을 알 수 있었다. 농과대학내의 미화부직원과 협조하여 매일 모아 버리는 종이를 수거하여 동물성 잔재물과 indore 법[9, 10]으로 퇴비더미를 쌓는 작업을 하고, 거기에 해야할 실험을 같이 하였다. 크기와 모양은 위에서 한 퇴비더미와 같이 하였다. 미화부직원이 열심히 도와주었으며, 운동단체연합회 임원들은 물론 농과대학 학생간부로부터 학생들까지 협조하여 퇴비더미 쌓는 일, 간이퇴비장을 만드는 일, 퇴비 뒤집고 운반하는 일에 참여하는 분위기였다.

II. 재료 및 방법

1. 동물성 잔재물 + 풀 및 나무조각

동물성 잔재물은 축협중앙회 전주사업소에서 일상 하루에 배출되는 5톤 트럭 1대분을 가지고 Indore 법[9, 10]으로 풀을 부피제(bulking agent)로 하여 가로 X 세로 X 높이 = 7 ft X 7ft X 5ft(대략 2.1 m X 2.1 m X 1.56 m)크기로 퇴비더미를 만들었다. 퇴비더미의 모양을 그림 1에 나타내었으며, 동물성 잔재물 1트럭분을 더미로 쌓는데 대략 풀 40 지게가 들어갔다. 풀베기는 낫으로 하였으며 운반은 주로 지게를 이용 하였고 퇴비더미를 뒤집는 일도 간단한 농기구를 사용하였다. 퇴비더미의 발효과정동안에 일어난 온도변화는 퇴비더미의 남쪽 중심부에서 측정하였고 뒤집기는 2회 실시하였다.

2. 동물성 잔재물 + 버린 종이

축협 전주사업소에서 배출된 5톤 트럭 1대분의 동물성 잔재물(도축장 폐기물)과 전북대학교 농과대학에서 배출된 쓰레기중 선별 수거된 버린 종이를 부피제로 하여 가로 X 세로 X 높이 = 7 ft X 7ft X 5ft(대략 2.1 m X 2.1 m X 1.56 m)크기로 퇴비더미를 만들었다. 그림 2와 같이 Indore 법[9, 10]으로 퇴비더미를 쌓은 후 발효시키면서 일정기간마다 시료를 채취한 다음 뒤집기를 4회 실시하였다. 퇴비더미의 발효과정동안에 일어난 물리적, 화학적 변화는 다음과 같은 방법으로 측정하였다.

1) 온도변화

퇴비의 전체 발효기간동안 온도변화는 길이 1m의 온도계를 사용하여 퇴비더미의 상부 중심부위에서 20, 50, 80, 100 cm 깊이의 온도를 측정하였다.

2) pH 변화

뒤집기를 실시하기전 시료를 채취한 직후에 시료를 실험로 옮겨 pH meter를 이용하여 측정하였다.

3) 수분함량

퇴비중의 수분함량은 105 ℃에서 일정 시간동안 건조한 후 제거된 수분의 양을 측정하였다.

4) 총탄소, 총질소, C/N율 측정

뒤집기를 실시하기 전에 채취한 시료를 풍건한 다음 분쇄기로 분쇄한 후 60 mesh 체를 통과한 시료를 CNH recorder(Yanaco MT2)를 이용하여 탄소 및 질소함량을 측정하여 C/N 율을 계산하였다.

5) CEC 측정

CEC는 Harada 등의 방법[11]으로 측정하였다. 직경 <200 ㎛로 분쇄된 시료 200㎎을 sintered glass filter(3G3)에 취하고 0.05N HCl 25 ㎖를 가하였다. 유리막대로 종종 저어주면서 20분 동안 방치한 다음 여과하였다. 앞의 과정을 다시 한번 반복한 다음 증류수 150 ㎖로 충분하게 씻어주었다. pH 7.0으로 조정된 1N $Ba(OAc)_2$ 용액 25㎖를 가한 다음 종종 저어주면서 24시간 방치한 후 여과(A)하였다. 앞의 과정을 다시 한번 반복하여 여과(B)한 다음 증류수 150㎖(C)으로 씻어주었다. A, B, C 용액을 혼합한 다음 thymol blue 지시약을 이용하여 0.05N NaOH 용액으로 적정하였다.

6) 인 함량 및 중금속 및 양이온들의 함량 측정

인함량은 HNO_3-perchloric acid로 시료를 분해한 후 400 nm에서 spectrometer(milton Roy 601)로 흡광도를 측정하여 정량[12] 하였으며, 중금속 및 양이온의 함량은 국립농업자재검사소에서 출간된 김의 비료분석법[12]을 이용하여 시료를 분해한 후 원자흡광분석기(Phillips SP-9)로 분석, 정량 하였다.

Fig. 1. Composting pile of animal residues with weeds as bulking agent.

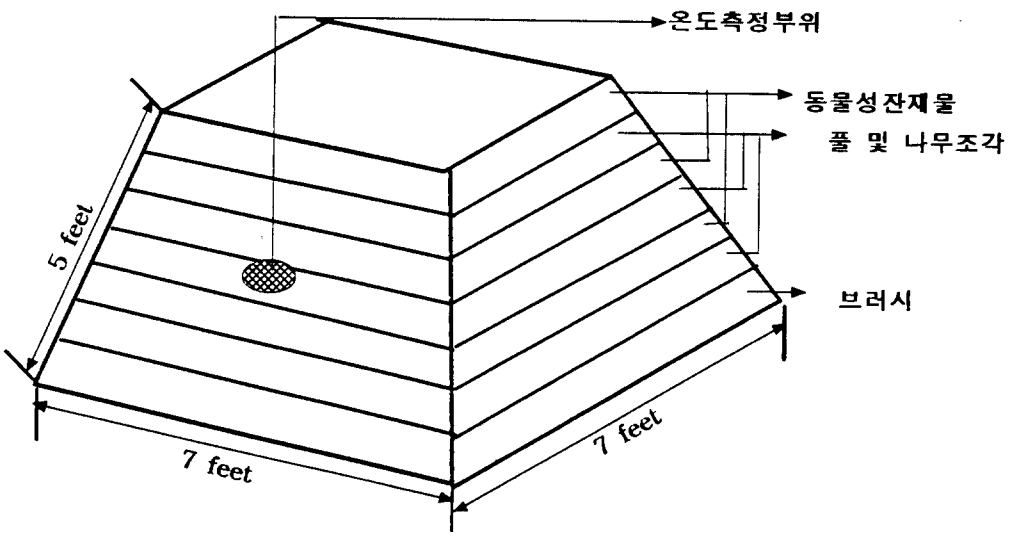
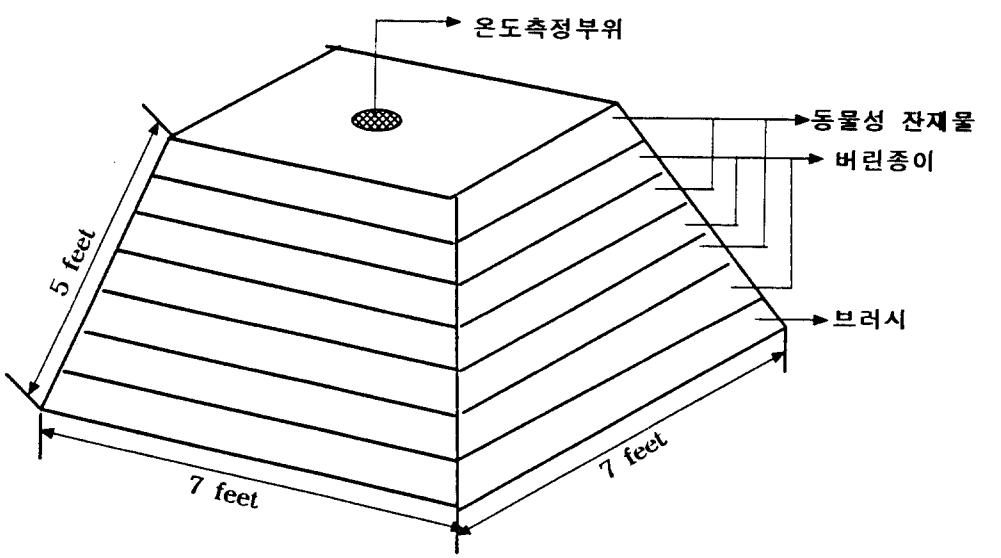


Fig. 2. Composting pile of animal residues with waste paper as bulking agent.



III. 결과 및 고찰

1. 온도변화

1) 동물성 잔재물 + 풀 및 나무조각 퇴비더미의 온도변화

동물성 잔재물과 부피제로서 농과대학 농장옆에 있는 과수원 주변에서 자른 풀 및 나무조각을 이용한 퇴비화 과정중의 뒤집기 및 온도변화는 그림 3과 같다. 추운 겨울이라 기온이 상당히 낮은대도 퇴비더미를 뒤집기한 하면 퇴비더미의 온도가 아무런 지장없이 높은 온도로 오르는 것을 볼 수 있었으며, 온도변화의 양상이 다른 계절과 차이가 없었다. 동물성 잔재물의 왕성한 분해력을 관찰할 수 있었다.

2) 동물성 잔재물 + 버린종이

동물성 잔재물과 부피제로서 버린 종이를 이용한 퇴비화 과정중의 뒤집기 및 20, 50, 80, 100cm 깊이에서 측정한 온도변화는 그림 4와 같다. 퇴비더미를 쌓은후 약 10일이 경과한 후에 윗쪽(20, 50cm)에서 40 ℃까지 상승되었지만, 전체적으로 1차뒤집기전까지 적정온도로 상승되지 않았다. 1차뒤집기(34일)를 실시한 후 4일째에 윗쪽에서 약 60℃가까이 상승하였지만, 그 이후로는 2차뒤집기(96일)를 실시하기 전인 85일까지도 온도가 거의 일정하게 유지되었다. 이는 퇴비화의 적정온도인 60℃[13]보다도 낮은 온도이었는데, 이와 같이 분해가 느린 이유는 동물성 잔재물과 버린 종이의 C/N 율이 퇴비화의 적정 C/N 율인 20정도보다 낮기 때문인 것으로 생각되며[14], C/N 율이 낮으면 암모니아 가스가 발생하여 질소성분이 유실되고 암모니아 발생으로 인해 pH가 상승되어 미생물에 의한 분해작용을 저해하기 때문으로 생각된다[15]. 2차 뒤집기를 실시한후 3일째에 중심부(50cm)에서 74℃로 온도가 올라갔으며, 2차뒤집기후 아래쪽(100cm)이외에는 약 40일동안 40 ℃ 이상을 유지하였다. 온도가 급격히 저하된 143일 째에 3차뒤집기를 실시하였고, 3일후에 중심부에서 62℃로 상승하였다. 그러나 3차뒤집기 이후에는 2차뒤집기에 비해 온도가 빨리 감소되었다. 퇴비화 과정중 전체적인 온도변화는 20, 50cm(중심부)에서 가장 높았고 다음으로는 80, 20cm순이었다. 아래쪽에서 보다도 위쪽에서 온도가 높은 이유는 발효시 공기의 유통이 좋았기 때문인 것으로 생각되며, 아래쪽은 지표면에 가까이 위치하여 공기의 유통이 좋지 않은 이유인 것으로 생각된다. 동물성 잔재물과 버린 종이의 퇴비화 과정중 온도가 느리게 올라간 것은 뒤집기를 실시한 간격이 평균 45일로서 오랫동안 방치되었고, 퇴비더미의 C/N 율이 낮아 미생물에 의한 산화분해가 더디게 진행된 때문인 것으로 생각된다. 또한 부피제인 종이류는 구조가 치밀하여 미생물에 의한 분해가 어려운 때문인 것으로 생각된다.

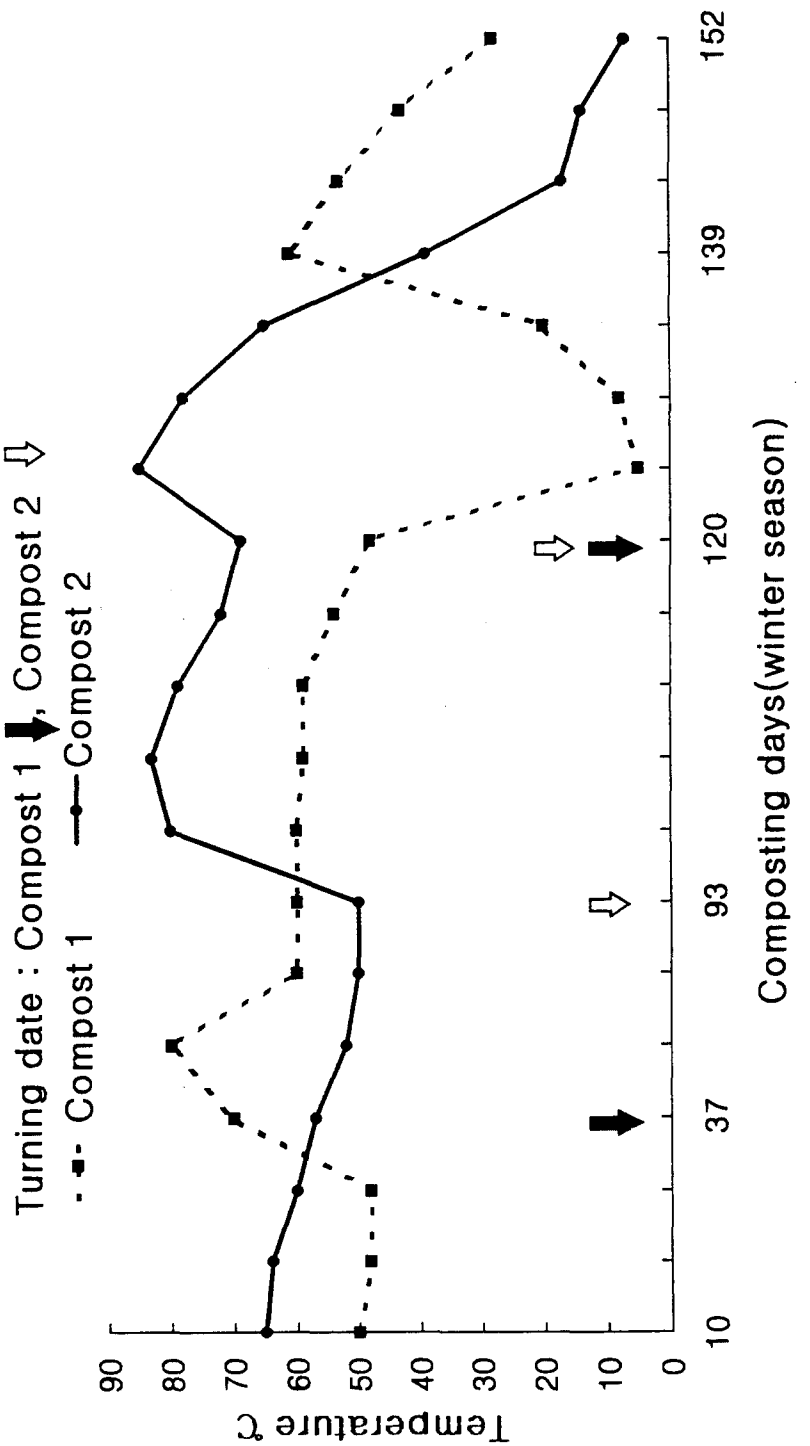


Fig. 3 Temperature changes of two compost pile during the composting processes of animal residues with weeds as bulking agent.

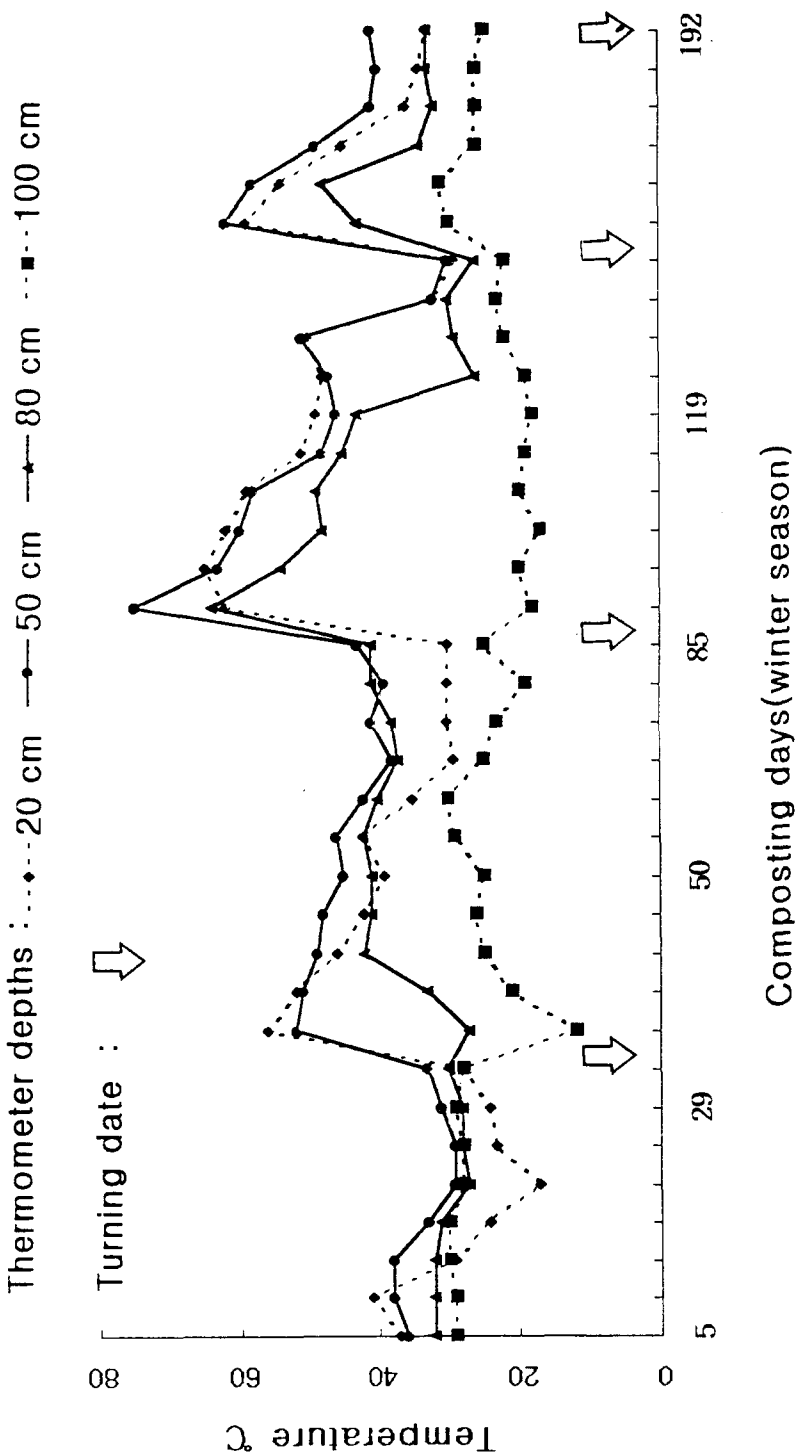


Fig. 4 Temperature changes at different depths during the composting processes of animal residue with waste paper as bulking agent.

2. pH 변화

동물성 잔재물과 버린 종이의 1차뒤집기후 pH는 표 1과 같이 8.9로서 강알칼리성이었다. 그러나 대부분의 퇴비화 과정중 pH 변화는 식물체의 세포액 방출과 유기산의 생성으로 인해 강산성(pH 5.5 이하)으로 되며, 온도가 상승함에 따라 약알칼리성으로 된다[16]. 본 작업의 퇴비화에서는 C/N 율이 낮아 암모니움 이온(NH_4^+)의 생성으로 인해 pH가 상승한 것으로 생각된다[15]. 1차뒤집기 이후에는 온도가 상승되면서 pH가 점차로 감소되어 최종적(192일)으로 7.2의 중성 범위에서 안정화되었다.

Table 1. Changes of chemical properties with turning times during composting processes.

Turning Times	pH	Water (%)	Total-C (%)	Total-N (%)	C/N ratio
AP-34*	8.9	70.0	30.9	2.9	10.7
AP-96	7.9	60.7	22.7	2.5	9.1
AP-143	7.4	61.9	17.7	2.1	8.4
AP-192	7.2	59.8	19.6	2.3	8.6

* AP is abbreviation of compost of Animal residues with waste Paper as bulking agent and Number is turning date elapsed after piling.

3. 수분함량 변화

퇴비중의 수분함량이 40% 이하일 때에는 호기적 분해가 이루어지기는 하지만 분해가 느리고 60% 이상일 때에는 혐기적으로 분해되어 악취가 나게 된다[16]. 본 작업에서는 표 1과 같이 퇴비화 초기(1차 뒤집기 전)에는 70.0%의 높은 수분함량을 유지하였지만 그 이후에는 평균 60%정도로 비교적 적정수준을 유지하였다. 또한 수분함량이 감소함에 따라 퇴비화 온도는 점차로 상승되어 가는 경향을 보여주었다.

4. 총탄소, 총질소, C/N 율의 변화

퇴비화가 진행되는 동안 표 2에서와 같이 탄소함량은 30.94%에 19.60%로 약 40%정도 감소되었다. 이는 미생물이 생육에 필요한 에너지를 얻기위해 유기물을 이산화탄소와 물로 분해하기 때문이다[16]. 퇴비화 과정중 미생물의 단백질 합성에 이용되는 질소는 암모니아 가스를 통한 손실이나 강우에 의한 용탈이 없을 경우를 제외하고는 거의 손실되지 않는다[17]. 그러나 본 작업의 퇴비화에서는 표 1에서와 같이 1차뒤집기 2.87%에서 최종 2.10%로 약 0.8%정도 소실되었다. 이는 1차 및 2차뒤집기전까지 질소가 거의 소실되고, 3차, 4차뒤집기에서는 함량변화가 거의 없는 것으로 보아 앞의 온도변화에서 언급하였듯이 초기의 퇴비화 과정에서 낮은 C/N 율로 인해 암모니아 가스로 소실되었기 때문으로

생각된다. 또한 3차뒤집기보다도 4차뒤집기의 탄소 및 질소함량이 낮은 것은 실제적인 질소함량의 증가이기 보다는 퇴비더미의 감량화에 의한 상대적인 증가로 생각된다. 3차 및 4차 뒤집기의 C/N 율 변화가 거의 없는 것으로 보아 본 퇴비는 거의 안정화된 것으로 생각된다.

5. 중금속의 함량

퇴비중에 포함된 중금속이 토양에 가해지면 토양 및 지하수의 오염뿐만 아니라 작물이 흡수하게 되어 이를 사람이 먹게 되면 인체에 심각한 해를 미칠수 있다. 최근 우리나라에서도 퇴비중 몇 가지 중금속 함량에 대한 규제를 하고 있으며, 규제기준치는 각 중금속별로 외국에 비해 엄한 기준이다. 따라서 본 작업의 퇴비화에 부피제로 사용된 종이에서 유출될 것으로 판단되는 몇가지 중금속의 함량을 측정하여 보았다. 표 2에서와 같이 4차뒤집기후의 퇴비중 Cd 함량은 3.7ppm, Pb는 20.4ppm 으로서 우리나라의 기준치보다 낮았다. 또한 Cr은 58ppm, Cu는 218.1ppm, Zn은 292.7ppm으로서 스위스의 퇴비 규제기준치보다 Cr과 Zn은 낮았고, Cu는 높았다.

표 2. 우리나라 농수산부와 스위스 퇴비에서의 중금속 기준치와의 비교

중금속기준치	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
농수산부기준	<5	-	-	<150	-
스위스퇴비기준	3	150	150	150	500
동물성 잔재물 +버린 종이퇴비	3.7	58	218.1	20.4	292.7

6. 최종 퇴비의 화학적 특성

4차뒤집기후 최종적으로 생산된 퇴비의 화학적 특성은 표 3과 같으며 N-P-K의 함량은 4.84%이었다.

Table 3. Chemical properties of final compost with animal residues and waste paper as bulking agent.

Chemical Properties	pH	Water (%)	Total C(%)	Total N(%)	C/N ratio	K(%)	P(%)	CEC* (meq/100g)
Compost	7.2	59.8	19.6	2.29	8.6	0.61	1.94	105

* CEC vlaue is expressed as ash free material basis.

Ⅳ. 적 요

동물성 잔재물의 퇴비화 작업에 있어서 학생, 시민운동단체들과 협동해서 공동으로 이루려는 노력이 서서히 싹트고 있으며, 동물성 잔재물과 몇가지 부피제를 이용하여 퇴비화하면서 변화되는 물리적, 화학적 특성을 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 본 퇴비화 작업에 있어서 온도변화는 풀과 나무조각을 부피제로 이용한 경우에 동일한 재료를 사용하여도 재료의 혼합비와 환경에 따라 다른 온도변화 양상을 보였으며, 퇴비화시 온도는 83℃까지 상승되었다. 종이를 부피제로 이용하였을 경우에는 분해가 느리게 진행되었는데, 이는 부피제를 적절하게 혼합하여 C/N 율을 낮추고, 버린 종이를 적당한 크기로 자르고, 본 작업에서 보다 뒤집기를 자주 실시하여 퇴비화 한다면 보다 분해가 빨리 진행될 것으로 생각된다.

2. 종이를 부피제로 이용한 본 퇴비화 작업에 있어서 pH, 수분함량, 총탄소, 총질소, C/N 율 변화는 다른 퇴비의 안정화 경향과 유사함을 보였으며, 중금속의 함량도 적절한 것으로 생각된다.

3. 최종 퇴비의 C/N 율은 8.6으로서 낮았지만 퇴비원료를 혼합할 때에 부피제로 C/N 율을 적절하게 조절한다면, 퇴비로서의 이용에 문제가 없을 것으로 생각된다.

4. 우리나라 쓰레기중 비교적 많은 부분을 차지하고 있는 버려진 종이를 값이 비싼 다른 부피제를 대신해 이용한다면, 종이 쓰레기를 재활용하여 퇴비를 생산할 수 있을 것이다. 앞으로 버린 종이를 부피제로 써서 만든 퇴비를 유기농업에 이용하려면 더 보충연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Harward, Albert(1943), An Agricultural Testment.1., Oxford University press, 1-2.
2. Pesek, John(1980), Presidential Adress-Unified Resources Conservation in Agriculture, Roles for Agronomy, Agronomy Journal, 71(1), 1-4.
3. Rodale, J. I.(1959), Pay Dirt. Emmaus, Pa : Rodale press.
4. Bertoldi, M. De.(1987), Compost : Production, Quality and Use. Elsevier Applied Science.
5. 이석영(1995), 유기물자원의 농업적이용의 과제와 대안, 유기성폐기물 자원의 활용과 환경보전형 농업의 육성방안 심포지움, 한국유기농업학회, 한국유기성폐기물자원화협의회공동주최, 89-133.
6. 이무춘(1995), 스위스의 유기성폐기물 퇴비화, 한국유기성폐기물자원화협의회학회지, 3(1), 85-96.
7. 이무춘(1995), 자원화소식, 한국유기성폐기물자원화협의회 제6호.
8. Edwards, C.A., Wali, M. K., Horn, D. J., and Miller, F.(1993), Agriculture and Environment, Papers Presented at the International Conference on Agriculture and the Environment 10-13, November 1991. Reprinted from Agriculture, Ecosystems and Environment, 46(1-4).
9. Harward, Albert(1943), An Agriculture Testment, Oxford University press, 39-52.
10. Deborah, L. Martin and Grace Gershuny(1992), The Rodale Book of Composting, Rodale press, 130-134.
11. Harada, Y., Inoko, A.(1980), The Measurement of the Cation-Exchange Capacity of Compost for the Estimation of the Degree of Maturity, Soil Sci. Plant Nutr., 26(1), 127-134.
12. 김영일(1985), 비료분석법해설, 중앙문화사.
13. Poincelot, R. P.(1971), The Biochemistry and Methodology of Composting, Conn. Agric. Exp. Stn. Bulletin 727.
14. Nakasaki, K., Yaguchi, H., Sasaki, Y. and Kubota, H.(1992), Effect of C/N Ratio on Thermophillic Composting of Garbage, J. Ferment. Bioengineering, 73, 43-45.
15. 신항식, 황웅주, 정연구(1994), 음식쓰레기 퇴비화시 bulking agent의 적정 첨가량 결정에 관한 연구, 한국유기성폐기물자원화협의회학회지, 2(1), 75-86.
16. Poincelot, R. P.(1975), The Biochemistry and Methodology of Composting, Conn. Agric. Exp. Stn. Bulletin 754.
17. Riffaldi, R., Levi-Minzi, R., Saviozzi, A. and Capurro, M.(1992), Evaluating Garbage Composting. Part I . Solid Phase Analysis., Biocycle, January, 66-69.