

농가 가축분뇨의 유기질 비료화를 위한 Composting 기술의 개발

유능환 · 최중대 · 최예환
(강원대학교 농과대학 농공학과)

Development of Cow Manure Composting Technique for Organic Fertilizer

Ryu, Neung-Hwan · Choi, Joong-Dae · Choi, Ye-Hwan

Dept. of Agricultural Engineering, Coll. of Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

Abstract

Animal wastes have been created numerous environmental problems in rural areas. Sizeable cattle breeders are enforced by laws to operate necessary animal waste treatment facilities before the waste is released. However, no lawful systems to curb illegal animal waste disposal from many farm animal breeders have been yet introduced in Korea. The animal waste disposal from scattered small farms has been a major source of rural environmental deterioration including surface and groundwater contamination, bad odor and noxious flies. Proper but economically feasible treatment technique for the animal waste from small farms needed to be developed. And animal waste must be treated before disposed. This study was initiated to develop an optimum cow manure composting technique for small farm breeders.

Three cell composters of $1.5 \times 1.5 \times 1.5$ m, respectively, and one 4×6 m green house were built in a farm. Cow feces were mixed with rice stalks and husks(bulking agent) under an experimental design and composting experiments were performed. And the following results were obtained:

1. Water contents of cow feces collected in confined feeding cells were more than 95% because feces and urine were mixed.
2. C:N ratio of feces tested were between 23:1 and 24:1.
3. Bulking agent was only necessary to improve air circulation in the composting material but not to satisfy C:N ratio. About 1 to 1.5kg of chopped rice stalks per 10kg of feces were needed to drop the 95% or more feces water contents to 60 to 70% water contents which is required for aerobic composting.
4. Composting material in composting cells was compacted by its weight and no air circulation was allowed to occur aerobic thermophilic composting.
5. Green house was proved to be a feasible facility for cow feces storage and composting for small farms where 5 to 30 cows are bred.

I. 서 론

급격한 산업화와 농축산물의 생산만능주의의 뒷전에서 수자원은 오염되도록 방치되어 왔다. 하지만 국민의 생활 수준 향상과 함께 수자원 오염에 대한 경각심은 하루가 다르게 높아지고 있다. 보다 맑고 깨끗한 환경에 대한 국민의 욕구는 식수를 오염으로부터 지키고 환경을 보전하자는 범국민운동으로까지 번지고 있다. 이와 때를 같이하여 농가 가축 폐기물의 무단폐기가 수질과 환경오염의 중요한 원인으로 신문과 방송 등에 의해 거론되기 시작했다. 가축폐기물의 적절한 처리를 요구하는 국민의 목소리가 커지고 또한 법적 규제도 점점 더 엄격하여질 전망이다. 현재의 수질환경보존법 시행규칙 (1991년 2월 2일 시행)에 따르면 돈사시설은 1,400m² 이상 또는 사육두수 1,000두 이상, 우사와 마사시설은 1,200m² 이상 또는 100두 이상에서는 수질오염방지시설을 설치하도록 규정하고 있다. 다만 수도법 3조의 규정에 의한 상수보호구역 또는 이에 인접한 지역으로서 환경처 장관이 고시한 지역 및 특별정소 지역 안에서는 돈사시설은 700m² 이상 또는 500두 이상, 우사와 마사시설은 600m² 이상 또는 50두 이상이면 수질오염방지시설을 갖추도록 규정하고 있다. 하지만 많은 영세 혹은 농가 축산업은 이 규정보다 작은 시설을 가지고 있기 때문에 아무 제한도 없이 폐기물을 임의로 방출할 수 있다. 축산 폐기물 특히 소와 돼지 분뇨의 무절제한 방출은 지표수 및 지하수의 오염은 물론 주변의 경관을 해치며 악취로 인한 생활환경의 악화를 초래하여 이로 인한 식음료의 오염과 유해곤충 등의 다량 발생으로 농어촌의 주민들은 물론 동물들의 건강에 많은 해를 끼치고 있다.

농촌에서 가축의 사육은 축력의 이용, 퇴비의 생산, 자녀의 학자금 마련이나 재산 증식의 수단으로 중요한 역할을 해왔다. 특히 가축분뇨는 야산 등의 들풀과 함께 없어서는 안되는 중요한 유기질 비료원으로 사용되어 왔다. 가축분뇨는 폐기물이 아니다. 가축분뇨는 토양의 산성화를 방지하고 농업생산성을 높이는 귀중한 유기질 비료자원이기 때문에 유기질 비료로 재활용 되어야 한다. 소는 사료로 공급되는 질소(N)의 75%, 인(P₂O₅)의 60% 그리고 칼륨(K₂O)의 80%를 분뇨로 배출하며 닭과 돼지의 경우 인과 칼륨의 배출량은 소 보다 더 크다는 미국 Cornell 대학의 연구결과가 있다. 분뇨는 또한 칼슘, 망간, 마그네슘, 주석, 동, 황 및 기

타 영양분도 공급한다 (Brodie and Bandel, 1987).

가축분뇨의 유기비료화에 관한 연구는 우리나라에서도 최근에 많이 이루어지고 있다. 최중대 등(1993)과 박완철 등(1993)은 소규모 영세축산농가의 축산폐기물 자원화에 대한 연구를 하였다. Sweeten (1988)은 축분 및 Sludge의 부숙화에 필요한 이론과 영향인자들에 대하여 자세히 기술하였으며 Murphy와 Handwerker (1988)는 양계장의 죽은 닭을 부숙시키는 방법을 발표하여 많은 실용화 연구가 뒤따르게 했다 (Ackerman and Richard, 1990; Donald and Blake, 1990; Blevins, 1990; Murphy, 1990; Dutton, 1990). 또한 우리나라의 월간양돈, 농민신문, 한국유기성 폐기물 자원화 협의회 등에서 축산폐기물의 유기비료화에 관한 많은 연구를 하여 축산농가에 보급하고 있다.

腐熟化(Composting) 이론과 실용화 기술은 오래 전에 개발되어서 상업적으로 이용이 되어왔다. 그러나 기존의 이론과 기술이 소규모 축산농가의 폐기물인 가축분뇨의 자원화에 폭 넓게 이용이 되기 위해서는 몇 가지 전제조건이 요구된다. 본 연구를 수행하기 위하여 설정된 구체적인 조건을 보면 다음과 같다. (1) 부숙화를 하기 위하여 많은 시간과 경비가 소요되어서는 안된다. 시설은 가능하면 간단하게 설치할 수 있거나 기존의 유휴시설을 이용할 수 있어야 한다. 작업량은 기존의 작업량과 같은 수준이거나 약간 더 하는 정도이어야 한다. 고가장비의 구입이나 사용이 필요 없어야 한다. (2) 부숙 혼합재의 구입이 용이해야 한다. 따라서 볏짚이나 왕겨 등 자영농가에서 농업부산물로 나오는 재료를 이용하는 부숙화 기술을 개발한다. (3) 시설과 방법이 합법적이고 안전해야 한다. 腐熟化 방법은 현존하는 토양, 물, 대기오염 법규에 저촉되지 않아야 한다. 질병의 전파, 악취의 발생, 기타 해충 등의 발생이 없어야 한다. 腐熟이 완료된 분뇨는 훌륭한 유기질 비료로 사용될 수 있어야 한다. 그리고 (4) 腐熟化 시설은 연속적인 사용이 가능해야 하며 축산농가의 규모에 따라 용이하게 규모의 조정을 할 수 있어야 한다.

이상을 종합하여 본 연구는 다음과 같은 목적을 가지고 수행되었다.

- (1) 볏짚과 왕겨를 사용하여 가축분뇨를 유기질 비료로 재활용하기 위한 최적 Composting 방법을 연구한다, 그리고 (2) 우리나라의 영세한 농가축산업에 적합한 소규모 Composting 방법을 개발하여 열악한 농촌생활환경을 개선한다.

II. 재료 및 방법

본 연구는 공동연구자로 참여하는 최승진 연구원의 농장에서 수행되었다. 본 연구원의 농장은 약 3정보의 농경지가 있으며 30여마리의 한우를 사육하고 있다(강원도 춘천군 방동 1리 소재). 농장에는 농업 부산물이 풍부하여 본 실험을 수행하는데 큰 도움이 되었다. 농장의 야외 축사에 Fig. 1와 같은 부숙조를 설치하기 위한 시설이 건설되었다.

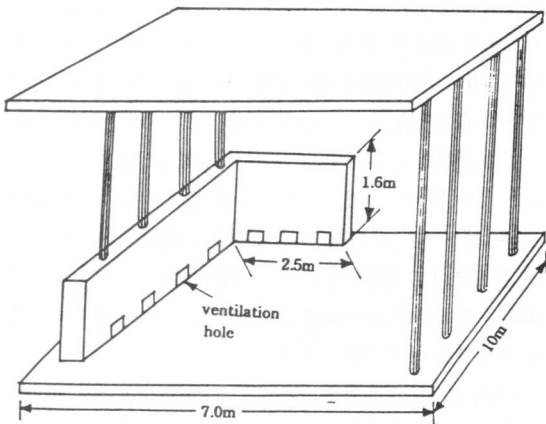


Fig. 1. Schematic farm structure built to accommodate composting cells.

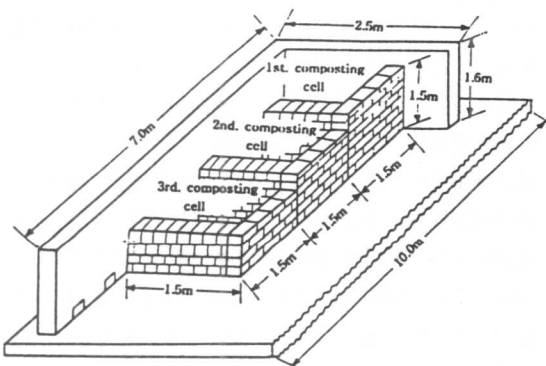


Fig. 2. Composting cell arrangement in the composting structure.

부숙조의 바닥은 화학적 내구성이 강한 콘크리트를 사용하였으며 눈과 비를 피할 수 있는 지붕을 설치하였다. 벽체에 外側 2면은 고정벽으로 시멘트 벽돌을 사용하여 축조 하였으며 內側 2면은 부숙조의 크기를 조절하고 작업의 편의를 위해 설치를 하지 않았다. 각 부숙조는 축분의 축적과 함께 시멘트 블럭을 이용하여 Fig. 2와 같이 만들어졌다.

부숙재료로 사용된 볏짚, 왕겨 그리고 분뇨는 강원대학교 농과대학 농화학과 분석실에서 분석되었다. 그리고 부숙처리별 유기비료의 성분분석도 농화학과 분석실에 의뢰하여 분석하였다. 부숙재료의 분석결과는 Table 1에 나타났다.

Table 1. C:N ratio analysis results for the bulking agents used.

Item	TN(%)	TC(%)	C:N Ratio
Rice stalk	0.82	56.3	68.7
Rice husk	0.64	50.2	78.4
Feces	1.79	42.5	23.7

부숙처리는 부숙조에서 C:N비를 기준으로 한 처리와 부숙시설을 기준으로 한 처리의 2가지 형태로 처리되었다. C:N비를 기준으로 한 실험은 축분을 (1) control, (2) C:N비 30:1 그리고 (3) C:N비 40:1로 처리하여 실험하였다. Control은 축분 자체의 C:N비가 호기성부숙에 적합한 23.7:1이었으므로 혼합제(Bulking Agent)를 혼합하지 않는 자연상태의 분뇨를 1일 1회 수거하여 부숙조에 퇴적하며 부숙실험을 한 것이다. 그러나 조사료 및 농후사료 급여시 발생하는 자연발생적인 혼합제의 혼합은 Control 처리의 일부분으로 간주하였다. C:N비의 30:1의 처리는 볏짚과 왕겨를 혼합하여 축분의 C:N비가 약 30:1이 되도록 하여 부숙실험을 하였다. C:N비 40:1은 C:N비가 40:1이 되도록 혼합제(볏짚과 왕겨)를 혼합하여 부숙실험을 하였다. 볏짚과 왕겨의 혼합비율은 무게비로 50:50 이었다. 부숙시설을 기준으로 한 처리는 부숙조와 비닐하우스를 이용한 처리이다. 부숙조에 의한 처리는 위에서 설명한 C:N비를 기준으로 한 처리로 설명이 되었다. 비닐하우스를 이용한 처리는 축사부근에 약 6평의 비닐하우스를 설치하여 하우스 내에 축분을 저장하며 자연적인 부숙을 유도하였다. 비닐하우스에서 실험하는 축분의 C:N비는 약 30:1이 되도록 혼합제를 혼합하여 실험하였다. 비닐하우스 주변은 배수구를 깊게 설치하여 침출수와 강우의 침입을 방

지하고 하우스내부의 지표면은 항상 건조상태를 유지하도록 하였다. 부숙실험은 부숙조 옆에 있는 축사의 축분을 1일에 1회씩 수거하여 부숙조에 저장하며 부숙과정을 관측하는 형태로 진행되었다. 축분과 혼합재는 축사에서 축분을 수거할 때와 투입할 때 삽 등을 이용하여 혼합하였다. 축분은 한우 18마리로 부터 수거되었다. 부숙실험은 Control, C:N비 30:1, C:N비 40:1 그리고 비닐하우스 실험의 순서로 진행되었으며 각 처리별 부숙은 최대 5개월까지 관측되었다.

III. 결과 및 고찰

1. 축사시설과 부숙재료의 성질

실험대상의 우분은 3개의 작은 축사에서 수거되었다. 각 축사는 시멘트콘크리트로 바닥처리를 하였으며 바닥의 구배는 약 2~3%를 주어 축뇨가 자연적으로 흐를 수 있도록 하였다. 따라서 배설시 우분의 함수율은 79~83% 정도이나 실제 1일 1회씩 하는 우분 수거시에는 우분은 축뇨와 혼합이 되고 소들에 의해 자연적으로 반죽이 되어 함수율은 95% 이상 되는 곤죽상태가 대부분이었다. 따라서 축분의 유기퇴비화를 고려한 축사의 건축은 축사바닥에 역구배를 주어 축뇨와 축분이 혼합되지 않도록 설계되고 시공되는 것이 바람직 할 것으로 사료되었다.

축분의 C:N비는 시료채취시 주변상황에 많은 영향을 받고 있다. Rink(1991)에 의하면 우분의 함수율은 79~83% 그리고 C:N비는 13:1 내지 18:1 이라 하였으며 박완철 등(1993)은 우분의 C:N비는 24.4:1 내지 31.3:1로 보고하였다. 본 실험에서 조사된 우분의 TN과 TC는 각 1.79%와 42.5%였다. TN의 함량은 박완철 등(1993)의 1.4% 내지 1.9%와 거의 일치하였다. 일본에서 발표된 자료에 의하면 우분의 TN은 2.1% 정도이나 이는 우분채취시의 상황에 따른 변화로 생각된다. 본 실험에서 사용된 혼합재의 C:N비는 왕겨가 78.4:1 그리고 볏짚이 68.7:1로 왕겨의 C:N비가 높은 것으로 분석되었다. 그러나 TC(총탄소)의 함량은 볏짚이 56.3%로 왕겨의 50.2%보다 높았다 (Table 1).

2. 실험처리별 부숙과정의 관찰

Control 부숙실험은 혼합재를 혼합하지 않거나 축사관리상의 최소 한도의 혼합재를 혼합하여 실시한 실험으로 이때

의 C:N비는 23:1에서 24:1 정도였다. 부숙조(1.5m × 1.5m × 1.5m)를 채우는데는 41일(1993년 7월 10일 부터 8월 10일까지)이 소요되었다. 부숙조가 채워진 후 30일 동안 부숙과정을 관찰하였다. 관찰이 끝난후는 저장조로 이동하여 유기비료로 이용이 될 때까지 저장되었다. 축분의 함수율이 95% 이상 되는 곤죽상태였기 때문에 호기성발효의 가장 큰 조건중의 하나인 공기의 유통이 전혀 이루어지지 않았다. 시멘트 블럭으로 쌓은 부숙조의 벽은 축분의 압력으로 인하여 지렛대로 지지를 했어야 했다. 중심온도계를 사용하여 측정된 부숙조내의 온도는 25~30℃ 정도로 외기 온도보다 낮아 혐기성 소화가 이루어지고 있음이 관찰되었다.

C:N비 30:1의 부숙실험은 Control 부숙조가 채워진 후 제 2 부숙조에서 곧바로 시작되었다. 부숙조는 사육하는 소가 성장함에 따라 배설량도 증가되어 약 35일(1993년 8월 11일부터 9월 5일까지)만에 채워졌다. 부숙조가 채워진 후 60일 동안 부숙과정을 관찰 하였다. C:N비 30:1 에서는 축분과 혼합재 혼합물의 함수율은 83~92% 정도였다. 그러나 부숙조내의 부숙재료는 자체중으로 인해 공기의 유통이 이루어질 수 없을 정도로 다져졌다. 중심온도계를 사용하여 측정된 부숙조내의 평균온도는 25~35℃로 Control 부숙실험과 차이가 없었으며 Aerobic Thermophilic Composting이 시작되는 45℃에는 미치지 못했다.

C:N비 40:1의 부숙실험은 C:N비 30:1의 부숙실험에 뒤이어 실시됐다. 제 3부숙조 (1.5m × 1.5m × 1.5m)를 채우는데는 32일(1993년 9월 11일부터 10월 2일까지)이 소모되었다. 부숙조가 찬후 1994년 3월 15일 까지 5개월 반동안 부숙과정을 관찰하였다. 축분과 혼합재 혼합물의 함수율은 80~88% 정도로 위의 두 실험보다는 다소 낮아졌지만 호기성 부숙에 적당한 함수율 60~70% 보다는 월등히 높았다. 부숙조를 채우기 시작한 초기에는 공기의 유통이 이루어지는데 하였으나 부숙조가 점차 채워짐에 따라 자중에 의한 다짐이 이루어져 공기의 유통이 원활하지 못하였다. 중심온도계를 이용한 온도의 측정은 다양한 변화를 보여 주었다. 공기가 비교적 원활히 소통되고 있는 부숙조의 표면 약 20cm 정도와 부숙조의 코너부근에서는 주변의 온도보다 높은 약 40℃ 정도의 온도를 보여 中溫腐熟이 일어남을 알 수 있었다. 그러나 기온이 영하로 떨어지면서 부숙조의 온도는 하강하였고 겨울동안에는 표면이 동결되었다. 겨울을 지낸 후 3월 15일 부숙조를 조사하였다. 부숙조 표면 약 20cm

정도까지(코너 부근은 약 40cm 정도까지는) 부숙재료가 건조하고 부숙이 상당히 진행된 것을 목격할 수 있었다. 그러나 20 cm 이상의 깊이에서는 혐기성 부숙도 충분히 일어나지 않았으며 경우에 따라서는 거의 생분에 가까운 상태까지도 목격되었으며 심한 악취가 있었다.

이상의 C:N비를 기준으로 한 3가지 부숙실험중 가장 어려운 문제점은 함수율을 60~70%로 낮추어 주는 것이었다. 축사에서 수거한 똥은 축분을 호기성 발효에 적당한 함수율로 맞추어 주기 위해서는 잘게 썰은(길이 약 3~5 cm) 마른 볏짚을 많이 혼합하여 주어야 했다. 축분의 수거조건에 따라 함수율은 크게 변하나 보통 축분 10kg에 약 1 내지 1.5kg 이상의 잘게 썰은 건조 볏짚이 필요하였다. 이는 축분과 볏짚의 피부비로 보면 1:1.5~1:2 정도의 볏짚을 사용해야 하며 영세농가의 볏짚생산으로는 감당할 수 없는 많은 양이다. 볏짚은 또한 농후사료와 함께 중요한 조사료로 이용이 되므로 자가수급이 불가능할 것으로 고려되었다. 따라서 우분의 부숙에 가장 필수적인 조건인 원활한 공기의 유통을 보장할 수 있도록 혼합재의 함량을 높이거나 건조 등의 방법으로 함수율을 낮춘 후 부숙을 시작하여야 한다. 혼합재를 자가충족 시킬 수 있거나 구입이 용이하다면 혼합재의 사용량을 늘려 함수비를 조절하는 것이 바람직하나 그렇지 못하다면 자영농가에서 자가조달 할 수 있을 정도의 혼합재만 첨가하고 그 다음은 축분을 건조시키며 부숙을 유도하는 방법이 좋을 것이다. 많은 혼합재를 사용하여 축분의 함수율을 60~70%로 조절 하였다 해도 퇴적 높이가 증가하면 퇴적된 하단부는 자중에 의해 다짐이 되어 공기의 유통이 원활하지 못함을 관찰하였다. 그러나 퇴적 높이가 60~80cm 정도에서는 제한적이거나 자연적인 호기성 발효가 일어남이 관찰되었으므로 부숙조의 높이를 축분의 함수율에 따라 60~80cm로 조절하는 것이 좋을 것이다.

비닐하우스는 3월 20일 축사부근의 분뇨야적장에 설치되어 축분과 혼합재를 혼합하여 저장하면서 부숙과정을 관찰

하고 있다. 축분의 야적 깊이가 30~40cm 정도로 비교적 얇고 비닐하우스내의 온도가 높아 축분이 빠르게 건조되어 약 10~15일 정도 지나면 야적된 축분의 표면부 부터 함수율이 70% 정도로 감소되었으며 호기성 발효가 일어나기 시작하였다. 일주일에 1회 정도 뒤집어준 부분에서는 부숙속도가 특히 빨라 약 40~50일 후에는 함수율이 25~35%로 떨어지며 잘 부숙된 유기비료의 특성을 보여주었다. 이는 비닐하우스의 보온효과로 야간에도 축분의 온도가 떨어지지 않고 비와 눈을 피할 수 있어 함수율이 증가되지 않아 비교적 빨리 부숙이 진행됨을 알 수 있었다. 부숙이 진행되면서 축분 표면의 조직이 더욱 느슨해져 공기의 유통을 도와 점차 깊숙이 호기성 부숙이 진행됨을 알 수 있었다. 특히 삽과 쇠스랑 등을 이용하여 조금이나마 뒤집어준 지역은 부숙의 진행속도가 다른 교란되지 않은 지역에 비해 월등히 빠르게 진행됨을 관찰할 수 있었다. 그러나 축분의 깊이가 표면으로부터 약 30cm를 초과하는 깊이에서는 공기의 유통이 어려워 자연적인 호기성 부숙이 일어날 수 없었다. 따라서 표면 약 30cm 까지는 호기성 부숙에 의한 유기비료가 만들어지고 약 40cm 이상의 깊이에서는 혐기성 부숙이 일어나는 이원적인 부숙현상이 목격되었다. 그러나 축분이 일주일에 약 1회 정도 삽이나 쇠스랑 등으로 교란되면 깊이 60cm 정도까지는 호기성 발효가 일어남을 관찰하였다. 인위적으로는 교란이 충분이 되지않으므로 축분은 기계식 교반에 의한 부숙처럼 골고루 호기성부숙이 일어나지 않았고 균데균데 혐기성 부숙지역이 발생하여 짧은 기간 내에 완전한 부숙되비는 기대할 수는 없었다.

3. 부숙퇴비의 C:N비 분석

부숙균들이 혼화재로 부터 섭취하는 탄소공급원은 크게 나누어 당(Suger), 섬유소(Cellulose) 그리고 목질부(Ligin) 등으로 나눌 수 있다. 이들중 당이 가장 먼저 분해되어 부숙균

Table 2. C:N ratios before and after composting.

Treatment	Sampling Location	Composting Time	Before composted	After composted	C:N ratio reduction
Control	Center	2 months	26:1	24:1	0.92
C:N = 30:1	Center	3 months	32:1	24:1	0.75
	Surface	3 months	32:1	20:1	0.63
C:N = 40:1	Center	5 months	41:1	36:1	0.88
	Surface	5 months	41:1	26:1	0.63

들에 의해 에너지원으로 이용이 되며 목질부는 가장 늦게 분해된다. 이들을 분해하는 균도 틀려 당과 섬유소는 세균과 사상균에 의해 주로 분해가 되며 목질부는 버섯균(곰팡이)에 의해 주로 분해가 된다. 벚짚과 왕겨는 섬유소와 목질부 성분이 많이 포함되어 있어 부숙균들에 의한 분해율이 낮아 부숙된 후의 유기퇴비에도 잔존하는 것이 많이 관찰되었다. 부숙조건에 따라 이들 벚짚과 왕겨는 거의 분해되어 이용이 되는 부분도 있었는데 반해 다른 부분은 거의 분해가 이루어지지 않은 곳도 많이 관찰되었다. 따라서 부숙의 정도와 C:N비의 변화도 벚짚과 왕겨의 분해유무에 따라 크게 변화됨을 알 수 있었다. Table 2는 부숙조를 이용한 부숙 실험 전후의 C:N비를 비교한 것이다.

Control 실험결과 부숙조내의 부숙의 정도는 부숙조의 표면부와 중심부가 다르다는 것이 밝혀졌다. 따라서 C:N비 30:1과 40:1의 실험에서는 분석용 시료는 부숙조의 중심부(Center)와 표면부(Surface)에서 채취하여 분석하였다. 부숙이 비교적 양호하게 진행된 표면부에서는 부숙후 C:N비의 감소가 약 63% 정도 되었으나 부숙조의 중앙부에서는 75%내지 92%로 많은 변화를 보였다.

4. 소규모 축산농가에 적합한 부숙시설의 검토

소규모 축산농가부업축산 농가는 전업축산 농가와 여러 면에서 다른 점이 있다. 소규모 축산농가는 한우의 사육규모가 5~30마리 정도의 한우사육으로 농가수입의 약 1/5 내지 1/2 정도를 충당한다. 따라서 농촌에서 한우사육은 중요한 수입원의 하나이지만 본 지역의 농가에서는 자영농지의 경작이 주수입원이 되고 있다. 이들 농가는 축분을 폐기물로 생각하지 않고 중요한 비료자원으로 생각하고 있다. 농한기에는 축분을 논과 밭에 직경 약 60~70cm 높이 약 40~60cm 정도의 동산모양으로 쌓아놓고 자연 부숙을 시킨 후 영농철이 시작되면 경운을 하여 토양개선제와 비료로 사용한다. 그러나 영농철에는 모든 논과 밭이 작물재배에 이용이 되기 때문에 축분들은 축사 부근의 논과 밭의 일부분에 노천저장을 하게된다. 노천저장은 영농철의 우기와 함께 겹쳐 많은 비를 맞게된다. 따라서 노지에 저장된 축분들은 포화상태가 되며 폭우시에는 유출수와 함께 유실이 되어 수자원을 오염시키는 직접적인 원인이 되어왔다. 축분의 함수율이 높고 여름의 온도가 높아 수없이 많은 유해곤충의 발원지가 되고 혐기성 소화가 일어나 심한 악취를 풍기게되어 농어촌의 생활환경에 많은 악영향을 끼쳐왔다.

본 연구를 통하여 소규모 축산농가의 축분처리시설로 가장 타당성 있게 대두된 방법은 비닐하우스를 이용한 축분의 저장 및 부숙화 방법이다. 위생적인 축분처리를 하기 위한 소의 사육두수와 합리적인 비닐하우스 건축면적과의 관계는 본 연구에서 자세하게 연구되지 않았다. 그러나 비닐하우스를 이용한 축분의 저장방법은 기존의 노지저장에 비해 많은 장점을 가지고 있다. 저장중인 축분은 비닐하우스내의 높은 온도로 건조가 빠르다. 따라서 초기에는 함수율이 95% 이상에 이르던 축분이 호기성 부숙에 적절한 함수율로 빠르게 감소하여 호기성 발효가 쉽게 일어난다. 호기성 발효는 비닐하우스의 고온의 효과를 보아 더욱 빠르게 진행될 수 있다. 유해곤충의 유충은 비닐하우스의 보온효과와 호기성 발효시 발생하는 고온의 상승효과로 사멸하여 곤충의 발생을 최대한 억제할 수 있다. 강우와 지표 유출수로 부터 저장 중인 축분이 보호되어 유실이 없고 지하수로의 침투도 방지되어 지표수는 물론 지하수까지도 보호받게 된다. 또한 우분은 돈분과 달리 우분 자체만으로도 C:N비가 호기성 발효에 충분한 조건을 갖추고 있으므로 영세 및 소규모 축산농가의 우분 처리방법으로도 비닐하우스를 이용한 저장 및 부숙화가 가장 타당할 것으로 사료된다. 본 실험에서도 확인되었듯이 비닐하우스에 저장된 우분을 약간만 뒤집어 주거나 교란을 시켜주어도 호기성 부숙은 더욱 빠르게 진행이 된다.

일반적으로 축분을 포함한 유기성 폐기물의 퇴비화 과정은 1차 발효와 2차 발효로 구분된다. 박완철 등(1993)의 연구는 아무리 기계화설비가 완벽히 되어있다고 해도 2차 발효까지 소요되는 퇴비화 기간은 약 3주 이상 소요되며 또 3주 이후라도 장기간의 숙성기간이 경과되어야 완전한 유기퇴비로 부숙이 된다고 보고했다. 그러나 기계화에 의한 퇴비화를 전제로한 부숙은 기계화시설의 규모, 이에 따르는 막대한 경제적 부담과 운전경비, 그리고 부숙화에 걸리는 시간들을 고려하여 볼 때 영세한 축산농민들에게는 너무나 많은 문제점을 가지고 있다(박완철 등, 1993). 따라서 영세한 축산농가에서 배출되고 있는 축산폐기물로 인한 환경오염을 극소화하기 위한 효율적이고 경제적인 퇴비화 방법의 개발이 필요하다. 부숙은 축분의 가장 큰 문제점중의 하나인 악취를 제거하고 불안정한 축분을 완벽한 부숙퇴비화까지는 못 미치지만 축분이 안정된 물질까지 전환되는 정도의 수준에서 중지해야 할 필요성이 있다. 결론적으로 대규모 기업 축산업이 아닌한 기계화에 의한 축분의 부숙은 영세한 축산농민들에게 타당하지 않으며 이에 대응할 수 있는 방법의

개발이 요구된 것이다. 이를 감안하면 비닐하우스를 이용한 우분의 저장 및 부숙화 방법은 현재로서 이용할 수 있는 가장 간단하고 경제적인 방법이며 완벽한 부숙에는 못 미치지만 농촌 현실을 감안한 약취제거 및 축분의 안정화 정도까지의 부숙에는 가장 타당한 방법으로 사료된다.

축뇨의 처리방법은 다른 시각에서 연구되고 분석되어야 한다. 현재 대부분의 축뇨처리 방법은 축사 주위의 도랑을 통하여 방출하는 것이다. 이는 도랑 주변의 토양 및 지하수 오염의 가장 큰 원인이다. 특히 현대식 농촌 주택의 정화조 및 생활하수가 동일한 도랑을 통하여 방출이 되기 때문에 이들 하수와 노폐수를 처리하는 방법이 절실히 요구되고 있다. 축분의 처리법과 같이 생활하수와 축노폐수를 완벽하게 처리할 수 있는 시설과 시설을 뒷받침하여 주는 여러가지의 이론도 정립되어 있다. 따라서 현재 이용가능한 방법들을 농가단위나 부락단위의 처리시설에 응용하기 위하여서는 규모가 큰 연구가 필요하다. 실험실이나 간이 방법에 의한 응용실험 결과를 실제로 부락단위의 종합노폐수처리 시설로 확대 적용하기에는 위험 부담이 너무 크다. 따라서 축뇨의 처리와 생활노폐수를 처리하기 위한 연구는 실제 상황을 가정한 종합적인 연구로 수행되어야 실질적으로 농어민을 도울 수 있고 현실성있는 연구결과를 도출해 낼 수 있다. 본 연구원들은 이와 같은 관점에서 보다 많은 연구지원이 농촌의 생활 및 주거환경을 개선하고 귀중한 수자원을 보호하는데 투자되어야 한다고 생각한다.

IV. 결 론

본 연구는 호기성 부숙을 통한 가축분뇨의 유기질 비료화로 악취와 토지 및 수질 오염으로 고통 받는 농촌 생활환경을 개선하기 위하여 (1) 볏짚과 왕겨를 이용하여 소규모 축산농가의 가축분뇨를 유기질 비료로 재활용 하기 위한 최적 Composting 방법을 연구하고 (2) 우리 나라의 영세한 농가 축산업에 적합한 소규모 Composting 방법을 개발하여 열악한 농촌 생활환경을 개선하기 위한 연구에서 다음의 결론을 얻었다.

1. 소규모 축산농가에서 발생하는 우분은 우노와 우사에서 혼합이 되어 그 함수율이 95% 이상 되었다.
2. 농후사료와 조사료를 사용하여 비육하는 한우분의 C:N 비는 23:1에서 24:1 정도였다. 따라서 호기성 부숙에 필요한 C:N비를 만족시키므로 탄소를 보충하기 위한 혼화재(Bulking agent)의 혼입이 없이도 부숙이 일어날 수 있

는 조건을 가지고 있었다.

3. 우분의 함수율이 높아 호기성 발효에 적절한 60~70%의 함수율로 조절하기 위해서는 축분 10kg당 약 1 내지 1.5kg의 건조 혼화재(볏짚과 왕겨)가 필요하여 실제로 영세농가에서 자체조달할 수 없는 많은 양의 혼화재를 필요로 했다.
4. 소규모 축산농가 우분의 호기성 부숙은 이론적인 C:N비와 함수율을 충족시키는 것보다 공기유통을 원활히 시켜 줄때 더 잘 일어났다. 따라서 호기성 부숙에 의한 축분의 유기질 비료화에는 공기의 원활한 유통이 가장 중요한 요소로 나타났으며 혼화재의 첨가는 축분의 물리적 성질을 개선하여 공기의 유통이 원활히 되도록 사용량이 결정되어야 한다
5. 1.5m X 1.5m X 1.5m의 부숙조에 혼화재와 축분을 저장하면 축분의 자중으로 다짐이 되어 호기성 부숙에 필요한 공기유통이 원활하지 못하여 호기성 부숙이 일어나지 않았다.
6. 비닐하우스를 이용한 우분의 저장 및 부숙방법은 영세하고 소규모인 농어촌 축산농가에 경제적이고 위생적이며 실현가능성이 높은 방법으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 박완철, 오종민, 김태형, 서은영. 1993. 폐기물 자원화 기술: 축산폐기물의 퇴비화 처리시설의 개발 (제1차년도 최종보고서). 한국과학기술 연구원.
2. 최중대, 최예환, 유능환. 1993. 농가 가축분뇨의 자원화 (I): 농가 가축분뇨의 자원화의 필요성과 Composting 기법. 한국농공학회지 Vol. 34 (2).
3. Ackerman, S. E. and T. L. Richard. 1990. Composting Mortality from Cage Layer Flocks. IN: Blake and Hulet Eds, Proceeding of the 1990 National Poultry Waste Management Symposium. Auburn University Printing Service, Alabama 36849.
4. Blevins, K. 1990. A Simple Dead-Bird Composter. IN: Blake and Hulet Eds, Proceedings of the 1990 National Poultry Waste Management Symposium. Auburn University Printing Service, Alabama 36849.
5. Brodie, H. I. and V. A. Bandel. 1987. Manure Testing. Cooperative Extension Service, Department of Agricultural

- Engineering, University of Maryland. Fact Sheet 430.
6. Donald, J. O. and J. P. Blake. 1990. Dead Poultry Composter Construction. IN: Blake and Hulet Eds, Proceedings of the 1990 National Poultry Waste Management Symposium. Auburn University Printing Service, Alabama 36849.
 7. Dutton, H. E. 1990. Composting Dead Chickens Dutton Farm Demonstration. IN: Blake and Hulet Eds, Proceedings of the 1990 National Poultry Waste Management Symposium. Auburn University Printing Service, Alabama 36849.
 8. Magette, W. L. 1989. Citizen's Guide to Environmental Terminology. Cooperative Extension Service, Department of Agricultural Engineering, University of Maryland. Water Resources 18.
 9. Murphy, D. W. 1990. Disease Transfer Studies in a Dead Bird Composter. IN: Blake and Hulet Eds, Proceedings of the 1990 National Poultry Waste Management Symposium. Auburn University Printing Service, Alabama 36849.
 10. Murphy, D. W. and T. S. Handwerker. Preliminary Investigations of Composting as a Method of Dead Bird Disposal. IN: Proceedings of the National Poultry Waste Management Symposium held at the Holiday Inn on the Lane, 328 West Lane Ave., Columbus, Ohio.
 11. Rynk, R. 1991. On-Farm Composting Handbook.
 12. Sweeten, J. M. 1988. Composting Manure and Sludge. IN: Proceedings of the National Poultry Waste Management Symposium Held at the Holiday Inn on the Lane, 328 West Lane Ave., Columbus, Ohio.