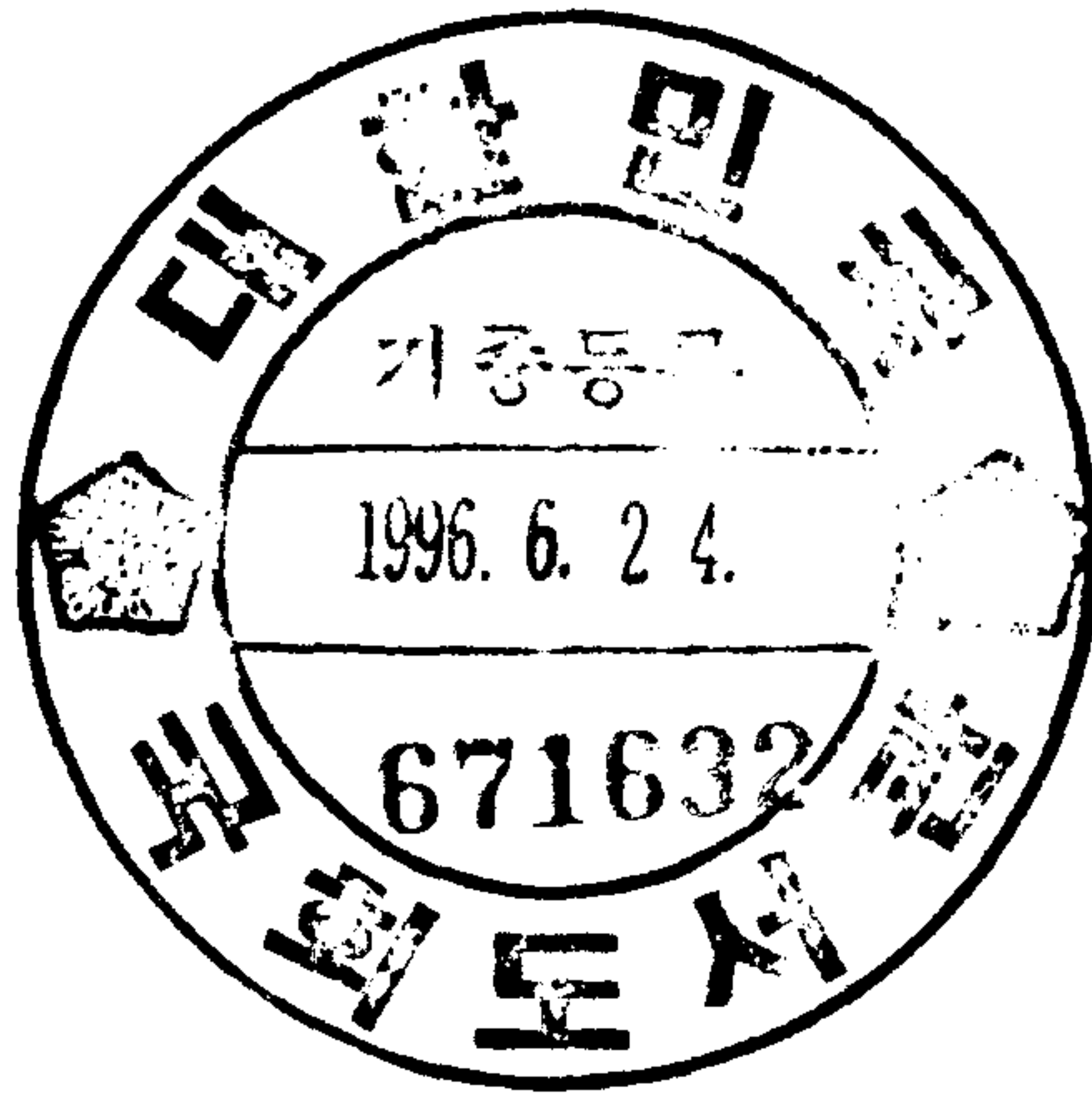


제1차년도  
연차보고서

# 농촌 공동퇴비장용 퇴비제조기술 모델 개발

충남대학교 농과대학

농 립 수 산 부



# 제 출 문

농림수산부 장관 귀하

본 보고서를 “현장애로기술개발 사업에 관한 연구과제”(세부과제“농촌 공동퇴비장용 퇴비제조기술 모델 개발에 관한 연구”)의 1년차 연차보고서로 제출합니다.

1995. 12. 11

주관연구기관	충남대학교 농과대학
총괄연구책임자	장 기 운
연구보조원	민 경 훈
연구보조원	이 상 석
연구보조원	유 영 석

협동연구기관명	충남농촌진흥원
협동연구책임자	한 규 흥
연구원	남 운 규
연구보조원	이 진 일
연구보조원	조 현 속

협동연구기관명	(주) 효성농산
협동연구책임자	박 태 헌
연구원	김 방 식
연구보조원	유 경 현
연구보조원	박 혜 선

협동연구기관명	목원대학교
협동연구책임자	황 경 속
연구보조원	전 낙 범
보조원	이 한 응
보조원	김 신

여 백

# 요 약 문

## I. 과 제 명

농촌 공동퇴비장용 퇴비제조기술 모델 개발

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

### 가. 기술적인 측면

현재는 농업이나 산업의 변화로 생산되는 부산물들은 대부분 물리화학적 특성이 다양, 특정 식물영양성분이 편중되어 있다. 따라서 효율적인 퇴비화를 위해서는 투입원료의 C/N율과 수분 조건, 퇴비화 공정중 기계작동의 편리성, 그리고 최종 퇴비제품의 식물영양원으로서의 화학적 균형 등을 고려하여 배합비를 여러가지 조건으로 조정하고, 퇴비화 공정에도 특별한 기법을 도입해야 한다. 한편 현행 법규상 최종 퇴비제품들은 유기물, 질소, 가리, 인산 등의 특정 항목에 관련하여 일정 수준의 화학적 수준만 만족하면 유기질 비료생산이 가능하기때문에 대개의 제조 업체들은 최종 퇴비제품의 안정성 문제에 대하여 크게 인식하고 있지 못하다. 따라서 원료 종류와 특성에 따른 퇴비화 모델을 확립하여 그 기술을 퇴비 생산자나 농가에 보급함으로써 양질의 유기질 퇴비 생산을 위하여 노력하고, 생산된 퇴비의 비효도 검증, 적정 시용량 기준 그리고 이들 퇴비의 농업적 이용시 토양 물리화학적 변화를 조사하여 지속적인 유기농법의 지침을 제시해야 한다.

### 나. 경제적 측면

일정한 지역별로 설치된 공동퇴비제조장은 인근지역에서 발생하는 농축부산물물을 퇴비화하여 생산된 제품을 현지 농가에 공급함으로써 물류비용의 절감에 따른 생산단가의 저하로 퇴비제품을 염가로 공급할 수 있다.

또한 퇴비장을 운영하는데 현지 노동력을 이용하여 고용 창출의 효과도 얻을 수 있으며, 폐기해야 할 부산물에 부가가치를 높임으로서 부산물 생산자나 퇴비 수요자 모두에게 경제적 이윤을 제공할 수 있다.

### 다. 사회적인 측면

환경문제때문에 전세계적으로 지구 살리기 운동이나 유기농법을 추구하

고, 심지어 GR문제로 국제간의 무역 문제까지 규제하는 실정이다. 그리고 농토에서 나온 유기자원과 영양원(N,P,K등)은 다시 농토로 환원되어야 하나 많은 농축/삼림부산물인 폐기, 매립, 소각 등으로 유용한 필수자원이 지구 표면으로부터 사라지고 있다. 우리가 분리수거만 잘 되고 재이용성을 연구한다면 동식물과 인간에게 필수적인 자원을 재활용할 수 있음에도 불구하고 무분별하게 폐기됨으로서 환경의 오염과 중요자원의 손실을 초래하여 농토는 척박해지고, 농작물의 영양결핍으로 병충해의 피해가 가중되는등 악순환이 계속되고 있다. 따라서 유용한 유기성 자원을 농업적으로 재활용하여 매립이나 소각 등으로 인해 발생가능한 제 2차적인 토양 및 지하수 오염을 방지하는 것이 진정한 의미로 환경과 사회를 지속적으로 발전시키는 길이라 판단된다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### 가. 연구 개발 목표

연구 개발 내용	목 표
1. 전국지역별(제주도 제외) 농축산 부산물 및 유기성 폐자원의 발생현황 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 농축 부산물의 발생량 조사</li> <li>- 유기성 폐자원의 발생량 조사(산업체)</li> </ul>
2. 퇴비 가용성 부산물 (퇴비원료)의 물리화학적 조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 퇴비화 가능한 유기성 폐자원의 선별</li> <li>- 원료별 물리화학적 조사</li> </ul>
3. 퇴비원료의 배합체계 연구 - 이론적인 모델 수립	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 퇴비원료의 특성별 분류 (탄소원, 질소원, 물리/화학적 조절제등)</li> <li>- 원료 및 부재료별 배합 모델 수립</li> </ul>
4. 퇴비화 최적부숙조건 도출연구 - 이론적 모델의 현장적용 실험	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 원료종류와 배합모델에 따른 부숙조건 검토</li> <li>- C/N율, 수분, 온도조건 등</li> </ul>
5. 퇴비화 부숙도 및 안정성 판정 기준 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 부숙도 판정 기준 설정</li> <li>- 물리성 및 화학성 조사</li> <li>- 발아 및 식물독성 실험</li> <li>- 병원미생물 존재 확인</li> </ul>
6. 퇴비화 미생물에 관한 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 우수한 퇴비화 미생물 개발을 위한 우량균주의 분리 및 동정</li> </ul>
7. 퇴비의 비효 및 지력 평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 퇴비제품의 효용성 평가</li> <li>- 퇴비 적정 시비량 시험</li> <li>- 토양의 물리화학적 변화 및 미생물의 변화조사</li> </ul>

나. 당해년도 연구개발 사업목표

연구 개발 내용	목 표
1. 지역별 농축산 부산물 및 유기성 폐자원 발생 현황 조사	- 지역별 농축산부산물 발생량 조사 - 산업체 유기성 폐자원의 발생량 조사
2. 퇴비원료의 물리화학적 조사 1) 퇴비가용성 원료 선별 기준 설정 2) 퇴비원료의 물리성 조사 3) 퇴비원료의 화학성 조사 4) 퇴비원료의 작업성 조사 5) 퇴비원료의 중금속 함유량 조사	- 돈분, 계분, 톱밥, 제지 등의 원료에 대한 물리화학적 및 중금속, 작업성 조사
3. 퇴비원료의 배합 체계 연구 1) 최적 물리화학적 조절 2) 최적 부숙 조건 유지 3) 물리화학적 조절용 부재료로 선정 4) 작업의 편의성 검토	- 퇴비원료별 이화학적 특성을 고려한 배합체계 수립
4. 퇴비화 최적부숙조건 도출 연구 1) 원료배합설계에 따른 부숙의 최적 조건 탐색 2) 작업조건: 통기조건 및 혼합횟수 3) 주발효 및 후숙기간의 적정조건 설정	- 현장에 적용가능한 실제적인 퇴비화 제조기술 모색
5. 퇴비의 부숙도 / 안정성 조사 연구 1) 물리적 특성 2) 화학적 특성 3) 생물학적 특성	- 부숙도 판정 기준 설정
6. 퇴비화에 관여하는 미생물 조사 1) 퇴비화 단계별 미생물 flora의 변동 2) 호열성 세균 및 방선균의 분리 동정 3) 병원성 미생물 존재 확인	- 퇴비화 과정중에 작용하는 미생물상의 변화 조사 - 병원성 미생물에 의한 위해성 판단



#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

##### 가. 결과요약

농촌 공동퇴비장용 퇴비모델개발을 위해서 rectangular agitated bed system의 퇴비화 시설을 이용하여 1개 처리구를 6 m<sup>3</sup>(약 5톤)씩 10개처리구 즉, 총 50톤 규모로 퇴비제조 현지 공장에서 퇴적물의 주발효 실험을 수행하였다. 현장에서 발생하는 문제점과 퇴비모델에 대한 system의 적합성과 퇴비화 과정중의 화학적인 변화, 미생물의 변화를 조사한 결과 얻어진 결과는 다음과 같다.

- 1) 가축분뇨 발생량은 약 510만톤으로, 돈분뇨 99만톤, 계분 29만톤 등이었다. 농축부산물은 총 1천만정도였으며, 벼, 보리 부산물을 제외한 콩, 참깨, 들깨, 땅콩은 각각 7만톤, 13만톤, 10만톤, 62만톤이었으며, 일반폐기물은 3100만톤으로 조사되었다.
- 2) 온도변화로 부터 돈분의 경우 수분함량이 58%, 계분은 65%로 양호하였다.
- 3) 물리적인 측면에서는 돈분과 계분의 경우 공히 58%가 양호하였다.
- 4) 다른 화학적인 변화는 각 처리구간에 뚜렷한 차이가 없었다.
- 5) 식물독성 실험에서는 대조구에 비해서 모든 처리구에서 뿌리의 생장이 저해되고 줄기부분만 성장하는 현상이 관찰되었다.
- 6) 병원성 미생물(Salmonella, Shigella)의 존재 여부를 조사한 결과 퇴비원료 중에는 10<sup>4</sup>-10<sup>7</sup> cells/g을 나타내었는데 대부분 고온단계를 거치면서 급격히 감소하여 plate상에 병원성 미생물의 colony가 나타나지 않았다.
- 7) 퇴비화 과정중의 미생물 변화는 저온미생물-중온미생물-고온미생물의 변화를 보였다.
- 8) 미생물학적 측면에서는 세균 및 Fungi와 더불어 동적 평형관계를 이루면서 퇴비내 미생물 Flora가 다양한 P-3(돈분:톱밥=2.5:1(건물중), 수분함량 57.8), C-3(계분:톱밥=3.3:1(건물중), 수분함량 57.8)의 처리구에서 양호하였으나, 병원성미생물이 존재하였고, 반면 P-2(돈분:톱밥=1.3:1(건물중), 수분함량 59), C-2(계분:톱밥=2.6:1(건물중), 수분함량 59) 처리구에서는 병원성 미생물의 존재는 없었다.

따라서 현재까지의 결과에 따르면 돈분, 계분의 경우 물리적인 측면과 화학적인 변화 측면에서는 P-2, C-2가 양호한 결과를 보였으며, 미생물학적인 측면에서는 P-3, C-3가 추천되지만, 병원성 미생물의 존재가 있었고, 이 두 처리구 보다는 Flora가 다양하지는 않았지만 병원성 미생물의 존재가 보이지 않았던 P-2, C-2가 양호한 결과를 보여 세 가지 관점에서 볼때 P-2, C-2 처리구가 양호한 것으로 나타났다.

#### 나. 기대되는 성과

- 1) 농축산 부산물 및 유기성 폐자원의 농업적 이용 규모 파악
- 2) 농축산 부산물 이용 퇴비화 시스템 개발 기초자료 활용
- 3) 퇴비 시설에 맞는 적절한 퇴비화 모델 수립
- 4) 퇴비화 제품의 품질 관리 및 부숙도 판정
- 5) 퇴비화 과정에서 유기물의 분해에 가장 중요한 역할을 하는 세균, 진균, 방선균의 정량적 조사를 통하여 퇴비내 생물적 환경변화에 대한 정보를 제공해 줌과 동시에 부숙도 판정기준을 제시
- 6) 퇴비로부터 유기물의 생물학적 분해에 직접 관여하는 고온내성 혹은 호열성 우량균주를 분리해 냄으로써 보다 효율적인 퇴비화를 제공
- 7) 퇴비내 병원성 미생물의 존재여부를 조사함으로써 퇴비의 안정성 평가에 판정기준을 설정

#### 다. 연구개발사업 성과에 대한 활용(실용화)방안

- 1) 2차년도의 공동퇴장의 현장 실험에 적용하여 부숙조건 도출
- 2) 2차년도에 주발효기간과 후발효 기간의 설정
- 3) 생산된 퇴비의 품질관리에 적용.
- 4) 퇴비화 과정중 미생물 flora 변동을 퇴비의 부숙도 판정기준에 지침 자료로써 활용
- 5) 퇴비로부터 분리한 우량균주를 사용하여 축적되는 농축산 폐기물의 퇴비화에 신속히 응용
- 6) 병원성 미생물의 존재여부 확인을 통하여 2차적인 토양생태계의 오염유발을 방지

# 목 차

제1장 서 론 -----	13
제2장 지역별 농축산 부산물 및 유기성폐자원 발생 현황 조사 -----	14
제1절 서 설 -----	14
제2절 지역퇴비화 가용 유기성 농축부산물 발생현황 ----	15
제3절 퇴비화 가능 산업체 유기성폐기물 발생현황 -----	19
제4절 일반 유기성 생활폐기물 발생량 -----	22
제5절 결 론 -----	23
제3장 돈분 및 계분을 이용한 퇴비화 모델 개발 -----	25
제1절 퇴비원료의 물리화학적 성 조사 -----	25
제2절 퇴비원료의 배합비율 -----	26
제3절 부숙과정중의 물리화학적 성 조사 -----	28
제4절 퇴비화 과정중 미생물 Flora의 변동 -----	34
참고문헌 -----	47

## 표 목 차

표 2-1. 지역별 벼, 보리 부산물 발생량 -----	15
표 2-2. 주요 발작물 부산물 발생량(줄기, 껍질 등) -----	16
표 2-3. 지역별, 축종별 사육두수 -----	17
표 2-4. 지역별, 축종별 분뇨발생량(년간) -----	19
표 2-5. 사업장 유기성폐기물 발생량 -----	20
표 2-6. 유형별 사업장 폐기물 발생량 -----	20
표 2-7. 농산가공 부산물 발생량(충남) -----	21
표 2-8. 생활폐기물 발생량 -----	22
표 3-1. 퇴비원료의 화학적 조성 -----	25
표 3-2. 퇴비원료의 중금속 함량 -----	25
표 3-3. 돈분과 부재료와 혼합시 배합비율과 수분함량 -----	26
표 3-4. 계분과 혼합원료시 배합비율 및 수분함량 -----	27
표 3-5. 처리구별 중심부 온도가 60℃될 때와 수분 함량과 의 관계 -----	28
표 3-6. 퇴비화 과정중 돈분의 물리화학적인 변화 -----	31
표 3-7. 퇴비화 과정중 계분의 물리화학적인 변화 -----	32

## 그림 목 차

그림 3- 1. 퇴비제조의 개략도 -----	27
그림 3- 2. 퇴비화 과정중 돈분의 온도변화 -----	29
그림 3- 3. 퇴비화 과정중 계분의 온도변화 -----	29
그림 3- 4. 퇴비화시 돈분 퇴적물의 적정한 수분함량 -----	30
그림 3- 5. 퇴비화시 계분퇴적물의 적정 수분함량 -----	30
그림 3- 6. 돈분을 이용한 P-1, P-2, P-3, P-4 및 P-5의 퇴비화 과정중 호기성 세균수의 변화 -----	36
그림 3- 7. 계분을 이용한 C-1, C-2, C-3, C-4 및 C-5의 퇴비화 과정중 호기성 세균수의 변화 -----	36
그림 3- 8. 돈분을 이용한 P-1, P-2, P-3, P-4 및 P-5의 퇴비화 과정중 포자수의 변화 -----	37
그림 3- 9. 계분을 이용한 C-1, C-2, C-3, C-4 및 C-5의 퇴비화 과정중 포자수의 변화 -----	37
그림 3-10. 돈분을 이용한 P-1, P-2, P-3, P-4 및 P-5의 퇴비화 과정중 방선균수의 변화 -----	38
그림 3-11. 계분을 이용한 C-1, C-2, C-3, C-4 및 C-5의 퇴비화 과정중 방선균수의 변화 -----	38
그림 3-12. 돈분을 이용한 P-1, P-2, P-3, P-4 및 P-5의 퇴비화 과정중 사상균수의 변화 -----	39
그림 3-13. 계분을 이용한 C-1, C-2, C-3, C-4 및 C-5의 퇴비화 과정중 사상균수의 변화 -----	39
그림 3-14. 돈분을 이용한 P-1, P-2, P-3, P-4 및 P-5의 퇴비화 과정중 장내세균수의 변화 -----	40
그림 3-15. 계분을 이용한 C-1, C-2, C-3, C-4 및 C-5의 퇴비화 과정중 장내세균수의 변화 -----	40
그림 3-16. 돈분을 이용한 P-1, P-2, P-3, P-4 및 P-5의 퇴비화 과정중 병원성 세균수의 변화 -----	41
그림 3-17. 계분을 이용한 C-1, C-2, C-3, C-4 및 C-5의 퇴비화 과정중 병원성 세균수의 변화 -----	42

## 사 진 목 차

사진	1. 주발효단계의 식물독성 실험 -----	33
사진	2. 축사로부터 수거된 원료(돈분) -----	42
사진	3. 부재료와 혼합된 후의 퇴비원료(투입전) -----	42
사진	4. 혼합된 퇴비원료의 확대 모습 -----	43
사진	5. 페로다를 이용하여 혼합된 원료를 Hopper로 투입하는 장면 -----	43
사진	6. Hopper로부터 벨트로 이송되는 퇴비원료 -----	44
사진	7. 벨트로부터 발효조로 투입되기전 승강기로 이송되는 퇴비원료 -----	44
사진	8. 승강기에서 발효조로 이송되는 퇴비원료 -----	45
사진	9. 퇴비원료의 발효조 투입장면 -----	45
사진	10. 퇴비화 과정에서 발효조내에서 정체된 모습(5일후) -----	46
사진	11. Biotacker에 의해서 퇴비원료를 뒤집어주는 장면 -----	46

# 제 1 장 서 론

## 제 1 장 서 론

경제성장과 생활수준의 향상으로 축산물의 수요가 급속히 늘어남과 동시에 가축분의 발생량도 급속히 지역적으로 편중되어 늘어가고 있는 실정이며, 이에 또한 앞으로의 농업정책도 생산위주에서 고품질의 농산물을 생산하기 위해서 지속적인 유기농업으로 전환되고 있는 실정이다. 가축분뇨의 발생량은 분 50,961천톤, 노 20,161천톤에 이르고 있다. 이 같이 발생하는 축산 분뇨를 정부에서는 효율적으로 처리하면서 고품질의 유기질비료를 농가에 공급할 목적으로 94년도에 460억원의 예산으로 100개소의 공동 퇴비장의 건설중에 있으며, 95년까지 전국에 210여개소의 농촌공동퇴비장의 건설을 추진하고 있다. 그러나 지역적으로 발생하는 농축산 부산물이 다양하고, 또한 공동퇴비장을 운영할 기술이 부족한 실정으로 현재 운영되고 있는 곳에서도 시행착오를 많이 겪는 등 어려운 실정이다.

따라서 본 연구는 지역적으로 가축분의 발생량과 유기성 산업폐기물의 발생량을 통계자료를 이용하여 조사하고, 충남지역의 공동퇴비장 인근지역 발생량은 실사를 통해서 조사하고자 한다.

또한 원료의 물리화학적인 특성을 기준으로 이론적인 퇴비화 모델을 수립하여, 이 모델을 현장에 적용시켜 발생하는 문제점을 파악하고, 퇴비화과정중의 물리화학적인 변화를 조사하여 적절한 퇴비화모델을 설정하고, 축산고형물과 부재료가 혼합된 퇴비제품의 부숙도 판정을 물리적, 화학적, 미생물학적으로 접근하여 실시하고자 한다.



## 제 2 장 지역별 농축산 부산물 및 유기성 폐자원 발생 현황 조사

## 제 2장 지역별 농축산부산물 및 유기성폐자원 발생현황 조사

### 제 1절 서 설

현대문명은 경제적 풍요를 추구하는 대신 부수적으로 환경오염 물질 배출이란 문제를 수반하고 있다. 1992년 6월 브라질 리우에서 160여개국 정상들과 3만여 환경운동가들이 모여서 “환경적으로 건전하고 지속가능한 개발, 즉 국가사회의 성장을 위해서는 경제발전의 필요성을 인정하면서도 개발행위가 환경의 수용능력을 초과하여서는 안된다”는 점을 명백히 천명한 것을 계기로 각 나라에서는 환경보호에 관심을 집중시키고 있으며, 우리 나라에서는 종합적 폐기물 관리체계로서 폐기물의 감량화, 재활용, 소각, 매립의 순으로 최종 매립되는 양을 최소화하는 방안에 역점을 두고 있다.

유기성 폐기물은 퇴비나 사료 또는 연료등으로 재활용이 가능하며 그중 퇴비화는 극히 적은 양이지만 실제 실용화되고 있고 공동퇴비장, 퇴비제조 공정시설 등 정책적 지원도 확대되고 있다. 또한, 최근 소비자들도 생활수준이 높아지자 무공해 안전 농산물을 선호함으로써 이를 충족시키기 위한 재배양식으로 다량의 유기물 시용이 요구되고 일부 농민 단체에서는 유기농법을 도입해서 고품질 농산물 생산을 적극 추진하고 있다. 그러나 문제는 이와 같은 흐름에 편승해서 일부 환경부문에서는 산업체에서 발생하는 각종 유기성폐기물을 농업적으로 해결하려고 많은 양의 폐기물을 농경지에 투입하는 쪽으로 관심을 쏟고 있다.

그러나 농업쪽에서 볼 때, 이는 매우 위험한 착상이며, 토양과 친화력이 있는 최적의 유기성폐자원을 선택하여 알맞은 양을 투입시켜야 양질의 농산물생산은 물론 먼 후손까지 남겨줄 토양이 건전하게 유지보존 된다는 것이 일반적인 견해이다.

본 조사는 이와 같이 유기성폐자원을 재활용해서 토양환경오염을 방지하는 차원인 퇴비화 연구에 앞서서 현재 우리나라에서 발생하는 폐기물중 퇴비화가 가능한 농축산 부산물 및 유기성폐자원 발생량을 파악함으로써 농업적 이용규모와 퇴비화 시스템개발 기초자료로서 활용코자 조사하였으며 그 결과를 기술하였다.

## 제 2절 지역별 퇴비화 가용 유기성 농축산 부산물 발생 현황

### 1. 농산 부산물

우리나라 농업은 벼농사를 중심으로 보리, 콩 등 식량작물이 농산물생산의 주류를 이루고 있으며 퇴비화가 가능한 농산부산물 역시 식량작물에서나오는 부산물이 대부분이며 지역별 발생량은 표2-1, 2-2와 같다.

표 2-1. 지역별 벼, 보리 부산물 발생량

(단위: 천톤/ha)

구 분	벼				보 리		
	재배면적	벼 짚	왕 겨	미 강	재배면적	보리짚	보리겨
서울	761	4.6	1.0	0.29	0	0	0
부산	4,543	32.4	7.1	2.02	13	0.03	0.01
대구	1,765	10.6	2.3	0.66	10	0.02	0.01
인천	3,864	25.9	5.7	1.62	0	0	0
광주	9,868	62.2	13.7	3.88	456	1.25	0.39
대전	3,450	23.3	5.1	1.45	44	0.10	0.03
경기	154,940	1,016.4	223.6	63.42	191	0.41	0.13
강원	50,916	251.0	55.2	15.66	404	0.84	0.27
충북	64,318	391.1	86.0	24.40	68	0.15	0.05
충남	170,745	1,171.1	264.4	75.00	3,329	2.29	0.73
전북	163,648	1,112.5	244.8	69.44	8,541	23.94	7.66
전남	194,887	1,224.8	269.3	76.37	19,743	49.95	15.98
경북	151,058	921.5	202.7	57.50	4,981	11.38	3.64
경남	126,705	750.1	165.0	46.81	8,153	19.55	6.26
제주	210	1.3	0.3	0.08	41	0.11	0.03
계	1,101,678	6,998.8	1,546.2	438.6	45,974	110.02	35.19

생산량 : '94작물통계(농림수산부), 왕겨 : 정곡의 22%

미강 : 현미의 8%, 보리짚 : 정곡의 동량, 보리겨 : 정곡의 32%적용

벼에 있어서 벃짚은 전국적으로 약 700만톤, 왕겨 150만톤, 미강 44만톤이 생산되고 있는데 벃짚의 경우는 1977년 콤바인이 보급되면서 논토양에 환원되기 시작하여 80년중반 수확작업이 완전 기계화됨에 따라 일부 사료용과 벃섯재배 퇴구비 재료등으로 활용되고 거의 대부분 토양에 환원되고 있다.

표 2-2. 주요 발작물 부산물 발생량(줄기, 껍질 등) (단위 : 톤/ha)

구 분	콩		참 개		들 개		땅 콩	
	면 적	건경중	면 적	건경중	면 적	건경중	면 적	건협실중
서울	58	31	4	14	17	55	1	7
부산	134	71	13	43	6	21	0	0
대구	162	55	59	216	11	59	1	4
인천	186	98	38	125	75	193	7	59
광주	469	324	408	1,565	78	248	8	37
대전	436	234	116	413	341	1,117	12	89
경기	7,942	4,169	3,374	11,174	5,683	18,379	2,128	17,638
강원	7,613	5,253	1,180	4,531	4,375	13,230	257	1,758
충북	9,655	6,324	4,029	13,733	4,804	13,730	1,087	7,803
충남	9,579	6,945	4,006	13,651	8,893	29,135	1,109	8,288
전북	6,685	4,546	3,838	13,632	4,487	12,184	1,345	12,343
전남	36,695	27,154	9,875	27,494	1,422	4,780	516	2,424
경북	21,090	7,171	8,784	32,467	1,196	2,612	1,784	9,043
경남	13,126	6,957	3,398	11,909	1,190	3,948	549	2,520
제주	7,899	7,860	1,712	3,125	0	0	549	52
계	121,729	77,190	40,834	134,093	32,582	101,321	8,815	62,064

주) 콩-종실수량 50%, 참깨-종실의 4.8배, 들깨-종실의 4.2배, 땅콩-종실의 3.7배, '94특용작물시험연구총람, 재배면적: '94작물통계

왕겨 및 미강은 주요 도정공장을 대상으로 표본조사결과 왕겨는 축산 농가나 왕겨탄 왕겨 슛등 제품원료수집상이 거의 대부분 수거해가고 극히 적은 양이 자체퇴비장 재료로 활용되고 있으며 미강은 전량 사료 내지는 퇴비 재료로 이용되고 있다. 보리 짚의 경우는 전국 총생산량이 11만톤이고 지역적으로는 전.남북과 경.남북 남쪽 지방에서 95%이상 생산되고 있으며 이용 실태는 극히 적은 양만 가공품이나 퇴비재료로 활용되고 거의 대부분 소각 처리되고 있다.

그외 콩이나 참깨 부산물은 경북, 들깨는 충남에서 다량 발생되고 있으나 역시 대부분 소각처리되고 있어 양질의 유기질자원이 아깝게 소모되고 있는 실정이다.

## 2. 축산 부산물

농축산부산물중 최근 급격히 증가되어 그 처리문제로 고심을 하고 있

표 2-3. 지역별. 축종별 사육두수 (단위 : 마리)

지 역	한 우	젖 소	돼 지	양 계
서울	221	277	1,194	3,066
부산	3,296	2,967	34,690	307,527
대구	24,082	6,550	39,824	336,662
인천	20,836	9,689	116,433	1,291,226
광주	7,143	1,879	13,687	174,254
대전	5,633	1,167	6,254	239,779
경기	221,339	227,420	1,675,837	29,475,440
강원	159,522	25,925	222,165	4,307,228
충북	168,263	26,418	259,646	5,736,346
충남	376,898	83,408	1,161,062	13,313,684
전북	204,236	33,428	472,165	11,639,734
전남	438,897	32,825	539,986	7,947,429
경북	486,089	47,503	668,859	13,502,979
경남	345,928	42,223	679,681	7,803,583
제주	37,190	4,145	207,670	1,128,060
계	2,499,573	545,824	6,099,153	97,206,997

주): 사육두수는 '95. 6월가축통계(농림수산부)

분뇨는 축산업의 가장 큰 기본 과제로 부각되고 있다. 더욱이 정부에서는 축산폐수에 관한 법률을 개정하여 방류수 수질기준을 대폭 강화하고 허가 대상 축산 농가의 범위를 확대하는등 축산폐수로 인한 환경오염을 최대한 줄이고자 이미 시행령을 공포한 바 있으며('94.11.14), 따라서 가축분뇨의 재활용 방안은 필연적으로 수립되어야 하며 전국 축종별 사육두수와 분뇨 발생은 표 2-3, 2-4와 같다. 한우는 전국 사육두수가 250만두로서 경북, 전남, 충남, 젓소는 454만두로서 경기, 충남, 돼지는 600만두로서 경기, 충남에서 50%이상 차지하고 있으며, 축종별에 대하여 전체적으로 볼 때 경기, 충남이 높은 비중을 차지하고 있다.

이와 같은 사육두수에 한우 400kg, 젓소 500kg, 돼지 60kg, 닭1.8kg을 기준하여 배설량을 추산해 보면 한우는 1,825만톤, 젓소는 597만톤, 돼지는 445만톤, 닭은 355만톤으로 우분이 75%이상 점유하고 있다. 지역별로는 우분은 경기, 경북, 충남, 돈분은 경기, 충남, 계분은 경기, 경북, 충남에서 집중 발생되고 있으며 노발생도 분발생과 동일한 경향으로 다량 발생되는데 축종 또는 축산시설 형태에 따라 차이는 있으나 BOD함량이 가정의 생활오수에 비해 약15배 이상 됨으로 하천방류시에는 별도의 정화시설이 필요하다. 그러나 노중에도 질소함량이 0.6 - 1.0%, 인산은 1.0% 이상 가리는 0.3 - 0.6% 정도 함유되어 있기 때문에 비료자원으로서의 활용이 가능하며 이와 관련한 연구가 현재 검토되고 있으나 아직은 미흡한 실정이다

문헌조사에 의하면 '93년도 분뇨 총발생량을 비료가치로 환산할 경우 질소는 연간 313천톤, 인산 246천톤 가리 286천톤으로 우리나라 화학비료 총 소비량인 질소 467천톤, 인산 219천톤, 가리 254천톤에 비해 인산과 가리는 완전 대체가 가능하며 질소는 67%정도 대체가 가능하다는 산술적 수치로 보아 가축분뇨의 퇴비화 또는 액비화 문제는 매우 중요하며 환경오염 방지 차원에서도 최우선적으로 해결해야 될 과제로 판단된다.

표 2-4. 지역별, 축종별 분뇨발생량(년간)

(단위 : 천톤)

지역	한우		젓소		돼지		닭
	분	뇨	분	뇨	분	뇨	
서울	1.6	1.0	3.0	2.0	0.8	1.1	0.12
부산	24.1	14.4	32.5	21.7	25.3	32.9	11.2
대구	175.8	105.5	71.7	47.8	29.1	37.8	12.3
인천	152.1	91.3	106.1	70.7	85.0	110.5	47.1
광주	52.1	31.3	20.6	13.7	10.0	13.0	6.4
대전	41.1	24.7	12.8	8.5	4.6	5.9	8.8
경기	1,615.8	969.5	2,490.2	1,660.2	1,223.4	1,590.4	1,075.9
강원	1,164.5	698.7	283.9	189.3	162.2	210.8	157.2
충북	1,228.3	737.0	289.3	192.9	189.5	246.4	209.4
충남	2,751.4	1,650.8	913.3	608.9	847.6	1,101.8	485.9
전북	1,490.9	894.6	366.0	244.0	344.7	448.1	424.9
전남	3,203.9	1,922.4	359.4	239.6	394.2	512.5	290.1
경북	3,548.4	2,129.1	520.2	346.8	488.3	634.7	492.9
경남	2,525.3	1,515.2	462.3	308.2	496.2	645.0	284.8
제주	271.5	162.9	45.4	30.3	151.6	197.1	41.2
계	18,246.8	10,948.4	5,976.7	3,984.6	4,452.5	5,788.0	3,548.2

주): 1일 배설량(kg) :분(뇨) 한우: 20(12), 젓소: 30(20), 돼지: 2.0(2.6) , 닭:0.1  
('95 가축분뇨 자원화 방안모색 심포지엄 자료)

### 제 3절 퇴비화 가능 산업체 유기성폐기물 발생현황

사업장 일반 유기성폐기물은 크게 분류하면 제품제조과정에서 발생하는 폐기물과 폐수 및 오수처리 과정에서 발생하는 폐기물로 나눌 수 있다. 먼저 제품제조 공정에서 발생하는 사업장 폐기물중에서 유기물을 다량 함유하는 폐기물로는 피혁, 식료품제조업, 음료제조업, 주정공장, 종이제조업등으로 유기물함량이 80% 이상이며 이중 유해물이 적은 폐기물은 퇴비화가 가능하다

### 1. 사업장 유기성 폐기물

사업장 일반 폐기물중 유기성폐기물의 전국적인 발생량은 표 2-5와 같다

표 2-5. 사업장 유기성폐기물 발생량 (단위 : 톤/일)

종이류	1,813	정수장오니	330
나무류	845	폐수처리오니	9,537
폐합성수지	1,372	공정오니	764
폐합성섬유	228	동식물성 잔재물	1,676
폐합성고무	159	동식물성 폐식용류	98
폐합성피혁	99		
폐합성기타	378	총계	17,299

자료 : '95 환경청

사업장 유기성폐기물중 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것은 폐수처리오니, 종이류, 동식물성잔재물인데 이들의 활용도는 폐수처리오니가 36%, 종이류 45%, 동식물 잔재물 63%가 재활용되고 있으며 나머지는 매립 또는 소각 처리되고 있고 폐합성 고분자 화합물과 오니류 일부의 유해물만 제거되면 매립 또는 소각되는 상당량의 폐기물이 비료자원으로서 활용이 가능하다.

사업장 유기성폐기물을 세분화하여 유형별로 발생량을 조사한 바에 의하면 표 2-6과 같으며 이들 각각의 퇴비화가능 여부는 금후 검토할 과제이다.

표 2-6. 유형별 사업장 폐기물 발생량

분 야 별	잠재폐기물량(m <sup>3</sup> /년)	분 야 별	잠재폐기물량(m <sup>3</sup> /년)
도축장(소)	1,329,000	수산물통조림	104,280
도축장(돼지)	3,030,600	주정제조	96,577,000
가공육	1,638,600	맥주제조	12,625,600
햄, 소시지	521,400	효모제조	324,350
유가공	1,642,800	라면류	4,030,200
식용유가공	406,200	두부제조	3,794,700
장유가공	732,250	제과제조	4,617,000
그루타민산소다	2,282,150	세모공정	5,980,000
설탕정제	3,366,350	펄프제조	73,264,750
물엿, 포도당	23,247,250	항생제	6,313,800
감귤통조림	1,711,900	피혁가공	4,881,500

자료 : '95 유기성 폐기물 자원활용 심포지움



실제 비료화가 가장 용이한 농산물 가공제품화 과정에서 발생하는 폐기물을 충남도내 가공업체를 대상으로 조사한 바에 의하면 도내 가공업체수는 총 32품목에 116개소이며 이들 업체중 부산물의 양과 질을 감안하여 표본 조사한 결과 표 2-7과 같다

가공 부산물중 참깨 및 들깨박은 100톤이상 생산되고 있지만 퇴비재료로서는 양질의 재료이기 때문에 실제 이용실태도 전량 쌀겨와 혼합하여 퇴비화하고 있으며 사과박은 유기산이 다량 함유되어 재활용이 안되고 있으며 매년 600톤 이상 매립 또는 방치되어 이에 대한 비료화 대책이 필요하다

김치 가공공장에서 나오는 무, 배추 쓰레기도 처리물량의 20%정도인 2000톤이 나오는데 별도로 퇴비화시설이 없어 업체쪽에서는 그 처리 문제로 고심을 하고 있으며 다만 부피를 줄이기 위해 분쇄 착즙후 즙액은 따로 정화처리하고 착즙한 부산물은 쓰레기로 버리는 것이 일반적인 경향이였다.

분쇄 착즙된 무우, 배추 잔유물은 염장처리 전단계이기 때문에 퇴비재료로서는 활용가치가 매우 높다고 판단된다. 그외 당귀, 황기, 구기자, 인삼박, 주정박, 감박 등이 다소 발생되어 일부 사료나 퇴비로 사용되고 있으나 대부분의 양이 폐기되거나 매립되어 자원의 효율적 사용이 이루어지지 않고 있다.

표 2-7. 농산가공 부산물 발생량(충남) (단위 : 톤)

품 목	개소수	년 간 생 산	부 산 물	부산물 발생량	이 용 실 태
식 용 류	5	197	참깨박, 들깨박	118	퇴 비
과일통조림,음료	5	20,000	사과박	6,000	매 립
김 치	10	11,690	무,배추쓰레기	2,340	분쇄 착즙후 매립
구기자음료	2	80	구기자 박	56	매립, 일부사료화
조미식품(마늘)	1	3,600	마늘껍질	150	소각, 퇴비
민 속 주	4	21,540(ℓ)	주정박	60	사료, 퇴비
차 류	2	1,860	당귀,황귀,인삼박	400	사료, 퇴비매립
건강보조식품	1	300	감박	60	퇴비, 매립

## 제 4 절 일반 유기성 생활 폐기물 발생량

생활 폐기물의 최근 발생 추이는 연탄재나 음식물 폐기물은 점차 줄어드는 경향이나 소득 수준 향상으로 생활양식이 변화됨에 따라 종이류, 목재류, 금속 초자류등은 증가 추세를 보이고 있다. 표 2-8 생활 폐기물중 주종을 이루고 있는 것은 음식물 채소류, 종이류이며 음식물 채소류는 1%만 재활용되고 있을 뿐 나머지는 모두 매립 또는 소각 처리되어 현재 매립장 문제로 지역분쟁이 계속되고 있는 실정이다. 음식물 퇴비화에 대해서는 이미 수년전부터 연구소, 학계, 관련 산업체에서 많은 관심을 갖고 연구 검토해 왔고 지금도 진행되고 있지만 아직도 획기적인 방안이 제시되지 않고, 다만 선별적인 사용 방안(비식용 작물, 임야 등)을 모색해할 것으로 판단된다. 종이류는 발생량중 44%가 재활용되고 있어 비교적 양호한 편이나 절반이상 소각 또는 매립되어 이에 대한 퇴비화도 가능하며 그외 목재류도 분쇄공정을 거쳐 톱밥화한다면 훌륭한 유기질비료 부재료 자원으로 활용이 가능하다.

표 2-8. 생활폐기물 발생량

(단위 : 톤/일)

구 분	음식물 채소류	종이류	나무류	고 무 피혁류	플 리 스 텍 류	기 타	불연성	계
발 생 량	18,055	12,468	2,443	1,721	2,915	4,671	15,845	58,118
처리현황								
매 립	17,573	6,134	2,091	1,581	2,279	3,903	13,605	47,166
소 각	316	805	295	58	126	424	0	2,204
재 활 용	166	5,529	57	82	510	344	2,240	8,928

자료 : '95환경청

## 제 5 절 결 언

매년 증가되고 있는 유기성 폐자원을 자원화하여 폐기물에 의한 환경오염을 줄이고자 최근 학계를 비롯하여 연구기관, 산업체등에서 많은 관심을 갖고 재활용기술 개발에 역점을 두고 있다. 본조사 연구는 유기성 폐기물중 퇴비화가 가능한 종류별, 발생량을 파악함으로써 농업적 이용규모와 퇴비화 시스템개발 연구에 기초자료로 활용코자 조사하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

### 1. 농산 부산물

- 가. 벧짚은 전국적으로 700만톤, 왕겨 155만톤, 미강 44만톤이 생산되며 경기, 충남, 전북, 전남에서 많이 발생되고 있다.
- 나. 벧짚의 경우 콤바인 수확에 의해 거의 대부분 토양에 환원되고 왕겨는 축산농가나, 왕겨탄, 왕겨숯등 제품원료로 미강은 사료 또는 퇴비재료로 전량 이용되고 있다.
- 다. 주요 발작물의 부산물은 줄기나 껍질로서 보리짚은 110천톤, 콩은 77천톤, 참깨 134천톤, 들깨 100천톤, 땅콩 62천톤이 생산되고 있으며 보리짚과 콩줄기는 전남, 참깨는 전남·경북, 들깨는 충남, 땅콩은 경기·전북에서 집중적으로 생산되고 있다.
- 라. 발작물 부산물의 현재 이용실태는 대부분 소각처리되고 있으며 보리짚에 있어서 극히 적은 양만 퇴비재료로 활용되고 있다.

### 2. 축산부산물

- 가. 가축분뇨 발생량은 한우 29,195천톤, 젓소 9,961천톤, 돼지 10,241천톤, 닭 3,548천톤으로 우분뇨가 74%를 점유하고 우분뇨는 경기·경북·충남, 전남에서, 돈분뇨는 경기·충남, 계분은 경기도에서 발생량이 많다.
- 나. 가축분뇨이용은 분처리는 톱밥이나 왕겨등과 혼합하여 부숙시킨 후 자체 퇴비 또는 유기질비료 재료로 전량 재활용되고 있으며 뇨처리는 일단 정화과정을 거쳐 방류되고 있으나 하천수 오염이 크게 우려되고 있다.

### 3. 산업체 유기성 폐기물

- 가. 사업장 유기성 폐기물 발생량은 총 17,299톤/일으로서 그중 폐수처리 오니 55%, 종이류 10%, 동식물성 잔재물 9.6% 순으로 점유하고 있으며, 폐수처리 오니가 36%, 종이류 45%, 동식물잔재물 63%가 재활용되고 나머지는 매립 또는 소각처리되고 있다.
- 나. 유형별 사업장 폐기물은 주정제조, 펄프제조, 물엿·포도당제조, 맥주제조 부산물 순으로 발생량이 많았다.
- 다. 충남지역 농산물 가공부산물은 연간 과일통조림 및 음료공장에서 나오는 과박 6000톤, 김치공장의 무·배추쓰레기 2340톤, 차류제조부산물 400톤, 식용유의 참깨·들깨박이 118톤 등으로 조사되었으며 이중 참깨·들깨박은 전량 퇴비재료로 활용되고 있고 사과박은 유기산 함유로 전량매립, 무우·배추 쓰레기도 착즙후 잔여물은 전량매립되고 있다.

### 4. 일반 유기성 생활 폐기물

- 가. 우리나라 생활 폐기물 발생량은 58,118톤/일로서 그중 음식물 채소류가 31%, 종이류가 21%로 가장 많은 비중을 차지하고 있으며 음식물 채소류는 1%, 종이류는 44%가 재활용되고 나머지는 모두 매립 소각된다.
- 나. 음식물 퇴비화는 최근 많은 관심을 갖고 연구되고 있지만 염분을 함유하고 있기때문에 획기적인 방안이 제시되지 않고 다만 선별적인 사용방안(비식용 작물, 임야 등)을 모색해야할 것으로 판단된다.

## 제 3 장    돈분 및 계분을 이용한           퇴비화 모델 개발

## 제 3장 돈분 및 계분을 이용한 퇴비화 모델 개발

### 제 1절 퇴비원료의 물리화학적조사

#### 1. 퇴비원료의 이화학적 조사

돈분 및 계분은 식물영양성분이 높고, C/N율은 낮은 반면, 수분함량이 높다. 직접적인 퇴비화가 어려우므로 수분이 낮은 탄소원을 이용하여 적절히 혼합하면 양질의 퇴비생산이 가능하며 퇴비원료의 조성은 표 3-1과 같다.

표 3-1 퇴비원료의 화학적 조성

원 료	pH (1:5)	T-N %	T-C %	C/N Ratio	K	Ca	Mg %	Na	Al
돈 분	6.49	2.5	41.1	16.4	1.29	6.10	1.02	0.4	0.34
계 분	5.73	3.5	35.2	10.0	1.37	3.23	1.07	0.57	0.62
톱 밥	4.92	0.2	50.0	250	0.14	0.80	0.04	0.03	0.10
제 지	7.08	1.08	25.4	23.5	0.15	0.15	2.18	0.06	3.31

#### 2. 퇴비원료의 총중금속 함량 조사

표 3-2에서 보는 바와 같이 가축분뇨에도 중금속이 전혀 없는 것은 아니나 다른 유기성폐기물보다는 상당히 적은 값을 보이므로 양질의 퇴비원료라고 할 수 있다.

표 3-2. 퇴비원료의 중금속 함량 (단위: ppm)

원 료	Cr	Mn	Cu	Zn	Pb	Fe
돈 분	12.2	307	309	421.9	<10.3	2,562.3
계 분	7.97	273	76.3	76.3	<10.3	4,441.9
톱 밥	<2.66	137	<4.26	12.2	22.4	240.9
제 지	38.1	56	57	192.9	<10.3	3,478.2

### 3. 퇴비원료의 작업성(물리성) 검토

퇴비의 주원료인 가축분은 축사의 시설 형태에 따라서 상당한 작업성의 차이를 나타내었으며, 돈분의 경우 스크래퍼 방식으로 수거된 돈분이 퇴비의 원료로서 양호하였으며, 부재료로 사용된 톱밥과 제지는 작업성에서는 별 문제가 되지 않았다.

## 제 2 절 퇴비원료의 배합표

### 1. 돈분의 배합비율

원료로 사용된 돈분의 수분함량은 65-70%였으며 톱밥은 34%, 제지는 24%였으며, 배합비율은 표 3-3과 같다.

표 3-3. 돈분과 부재료의 배합비율과 수분함량 (단위: 건물중, %)

원 료	P - 1	P - 2	P - 3	P - 4	P - 5
돈 분	65.3	56.6	70.9	34.3	63.3
톱 밥	34.7	43.4	29.1	--	21.1
건 조 제 지	--	--	--	65.7	15.6
수 분 함 량	65	59	57.8	50	53

5개의 처리구 중 P-2가 양호한 물리성으로 판단이 되었으나, 5개처리구 모두 원료 투입시와 발효조내에서 이송이 되지 않는 문제를 일으켰지만, 급격한 수분함량의 저하로 4일 후에는 물리성으로 인한 문제점은 나타나지 않았다. 부재료로 건조된 제지를 사용하였을 때 투입된 총건물중 65.7%가 투입되었다. 이는 물리성 개선측면에서 가축분의 부재료로서 부적합함이 관찰 되었다. 그러나 톱밥과 제지를 1:1로 혼합하여 부재료로 사용했을 때는 문제점이 약간 개선되었다.

## 2. 계분의 배합비율

원료로 사용된 계분의 수분함량은 60-70%였으며, 부재료는 돈분의 경우와 같았으며, 배합비율은 표 3-4와 같다.

표 3-4. 계분과 혼합원료시 배합비율 및 수분함수량 (단위: 건물중, %)

원 료	C - 1	C - 2	C - 3	C - 4	C - 5
계 분	86.9	72.4	76.6	54.5	67.1
톱 밥	13.1	27.6	23.4	--	16.7
건 조 제 지	--	--	--	45.5	16.2
수 분 함 량	65	59	57.8	50	53

C-2의 경우 비교적 양호한 물리성을 가졌으며, 대부분 돈분의 경우와 같은 양상을 보였다.

## 3. 퇴비제조 개략도 (#사진 2.~11. 첨부)

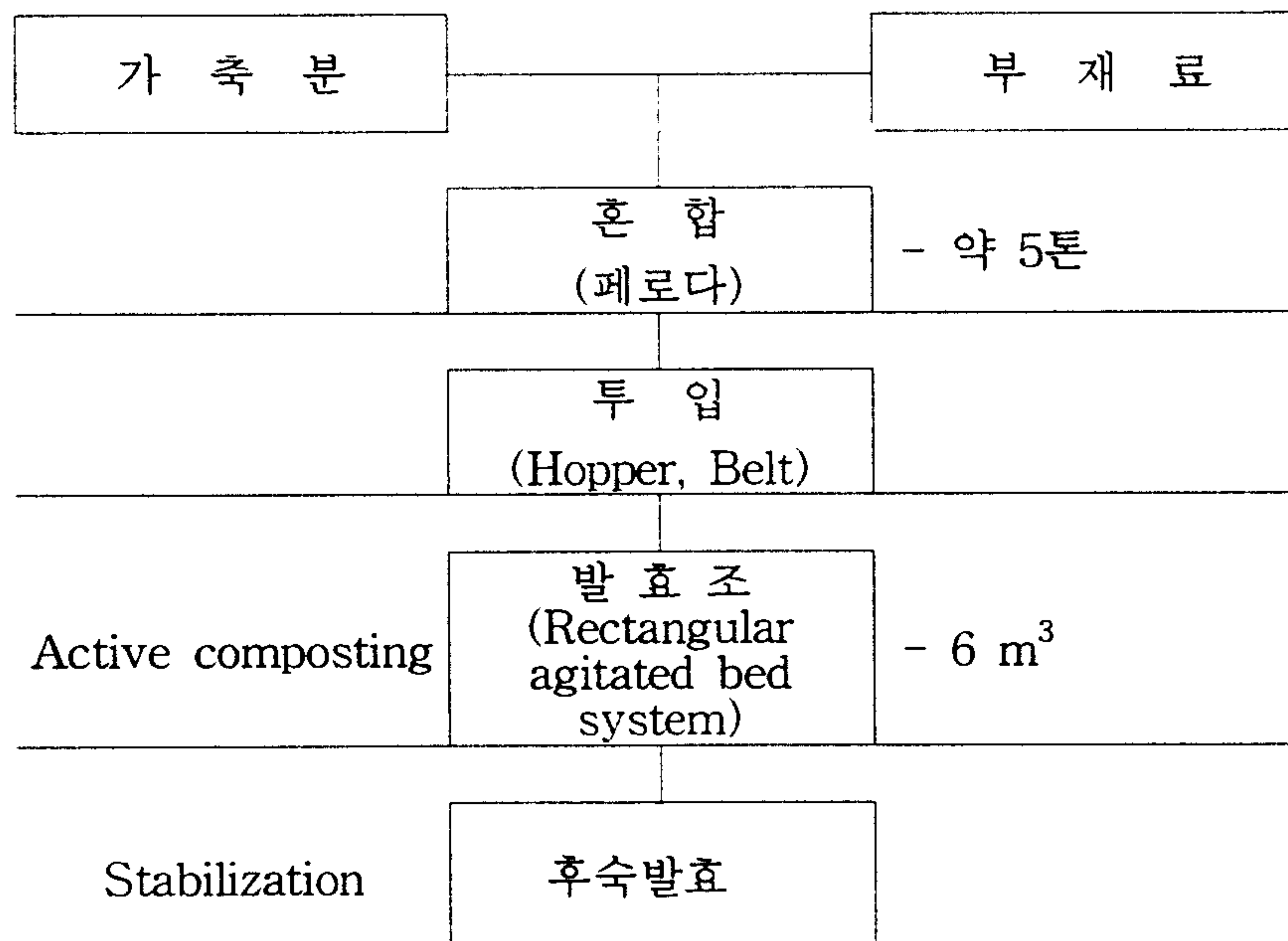


그림 3-1. 퇴비제조 개략도.



### 제 3절 부숙과정중의 물리화학적 조사

#### 1. 온도의 변화

돈분 및 계분의 온도변화는 그림 3-2와 3-3에 제시한 바와 같다. 그림에 나타난 바와 같이 돈분의 경우 P-2는 5일째, P-3는 6일째, P-4는 7일째, 그리고 P-1 및 P-5는 공히 8일째 퇴적물의 중심온도가 60℃까지 상승하였다. 한편 계분의 경우에는 C-1이 5일째, C-2는 6일째, C-3는 7일째, C-4 및 C-5는 8일째 각각 60℃에 도달하였다. 이는 퇴비화 초기에 퇴적물의 중심온도가 60℃까지 상승하는데 소요되는 기간이 퇴비원료의 초기 수분함량에 크게 의존적임을 나타내는 결과이다. 이결과는 표 3-5와 같다.

다시 표 3-5를 2차곡선으로 전환하면, 그림 3-4 및 3-5와 같고 그 결과 퇴적물의 수분함량을 기준으로 볼 때 돈분은 약 58%, 그리고 계분은 약 65%의 수분조건으로 조정하여 초기 퇴비화 동안 호열성 미생물에 의한 퇴비원료의 활발한 분해조건을 만족시켜야 할 것으로 판단된다.

표 3-5. 처리구별 중심부 온도가 60℃될 때와 수분함량과의 관계

구 분	처 리 구	소 요 일 수	추천처리구	퇴적물의 수분함량(%)
돈 분	P-1	8		65.0
	P-2	5	○	59.0
	P-3	6		57.8
	P-4	7		50.0
	P-5	8		53.0
계 분	C-1	5	○	65.0
	C-2	6		59.0
	C-3	7		57.8
	C-4	8		50.0
	C-5	8		53.0

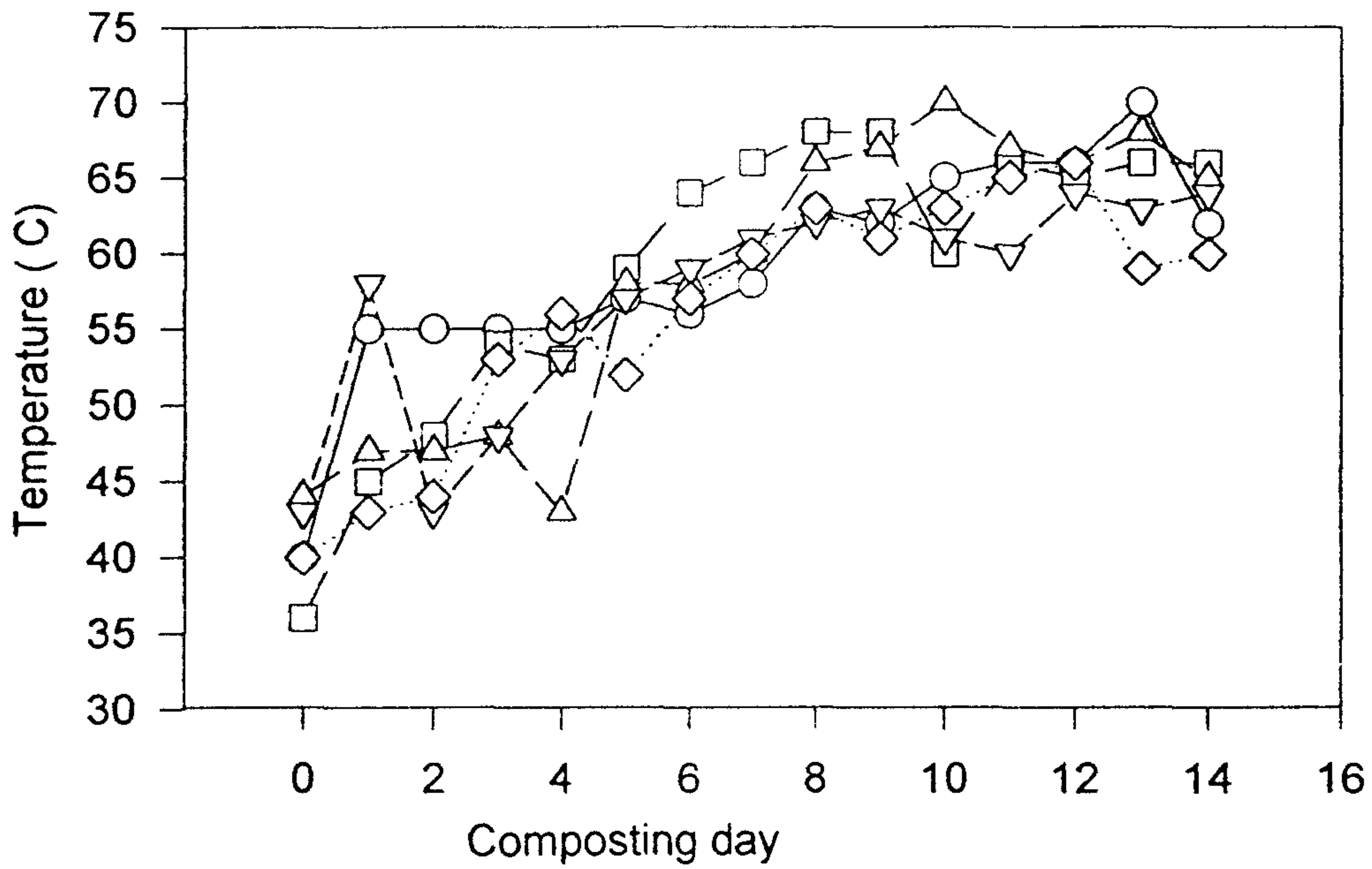


그림 3-2. 퇴비화 과정중 돈분의 온도변화.

(○ : P-1, □ : P-2, △ : P-3, ▽ : P-4, ◇ : P-5)

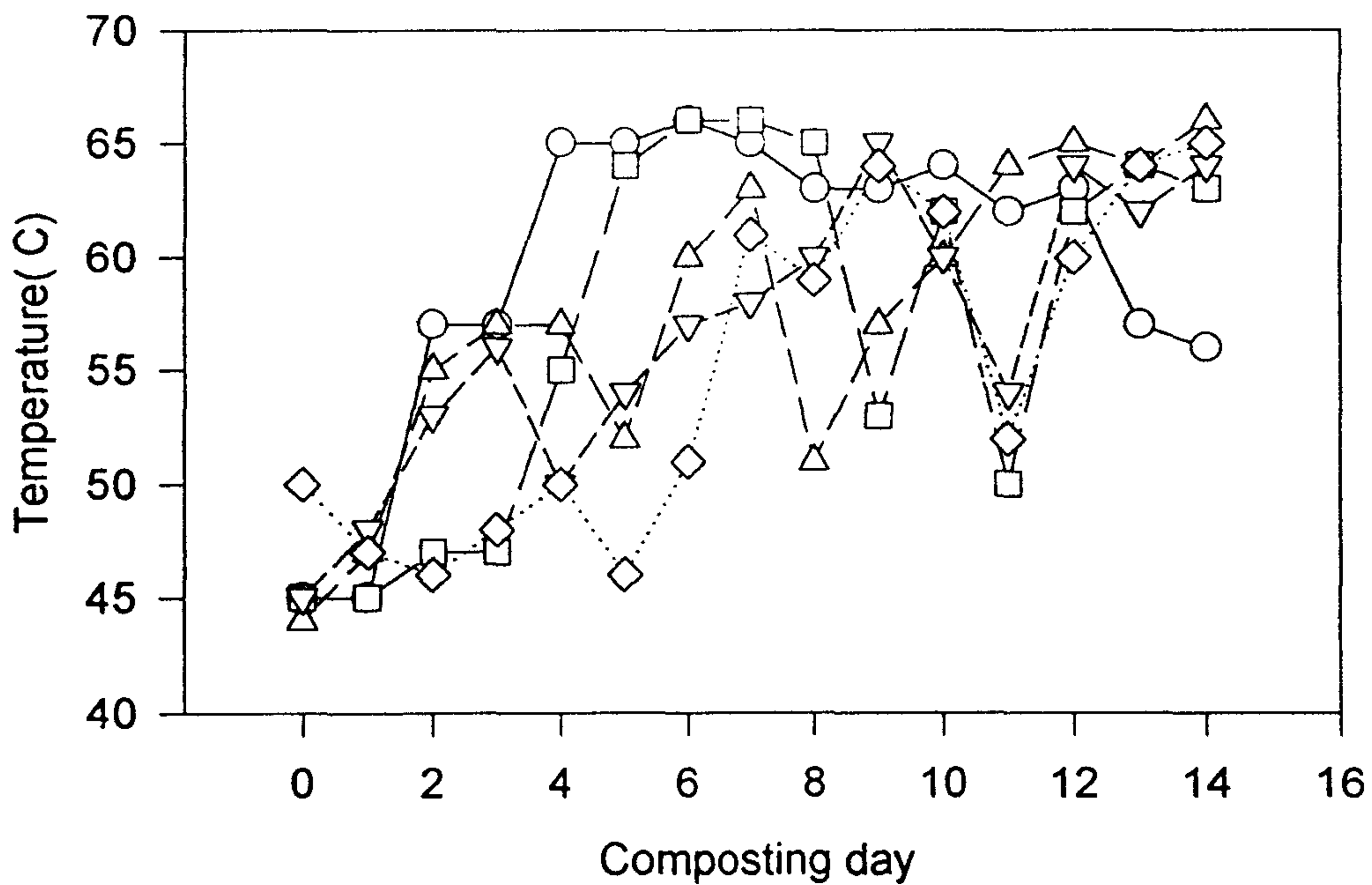


그림 3-3. 퇴비화 과정중 계분의 온도변화.

(○ : C-1, □ : C-2, △ : C-3, ▽ : C-4, ◇ : C-5)

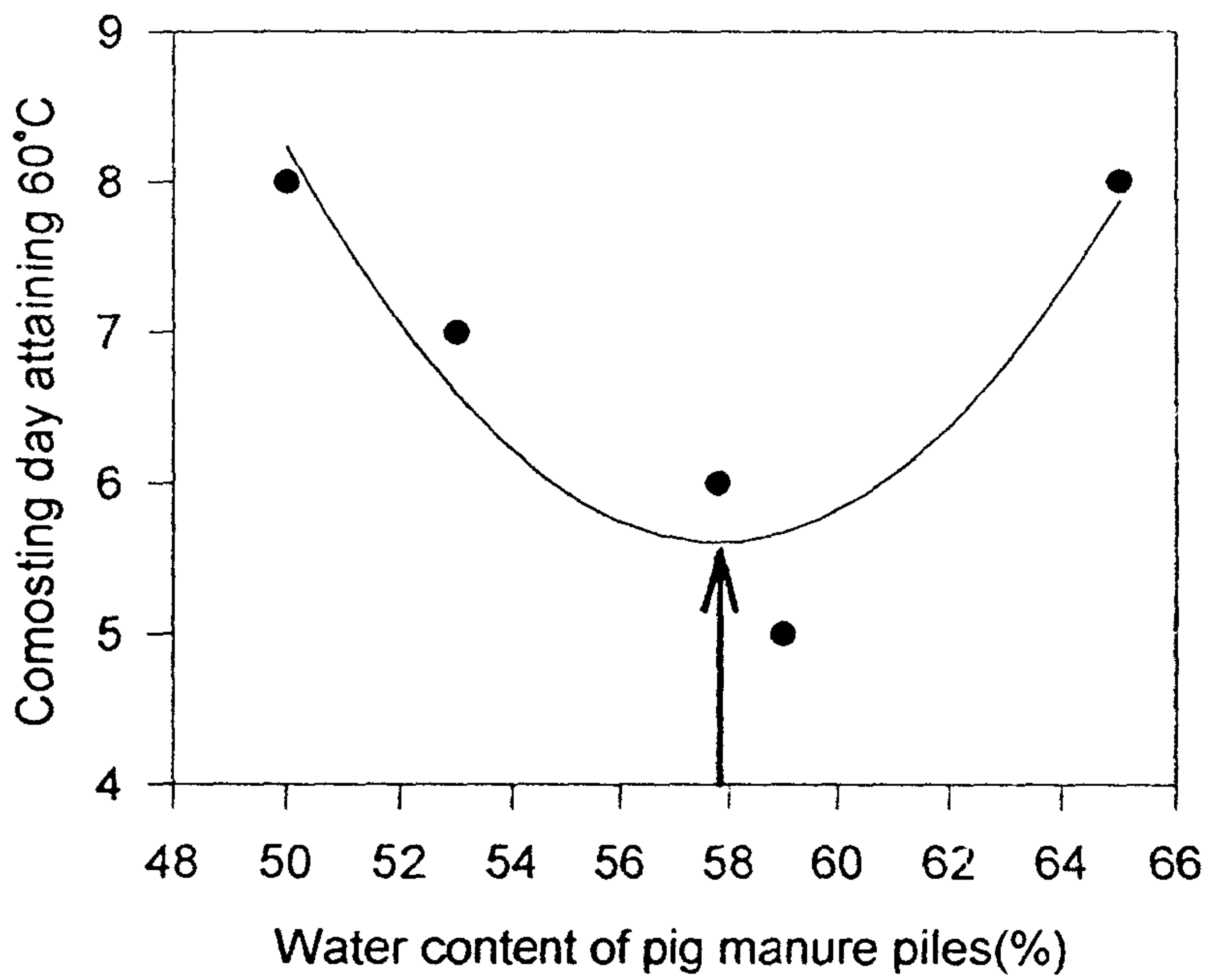


그림 3-4. 퇴비화시 돈분 퇴적물의 적절한 수분함량.

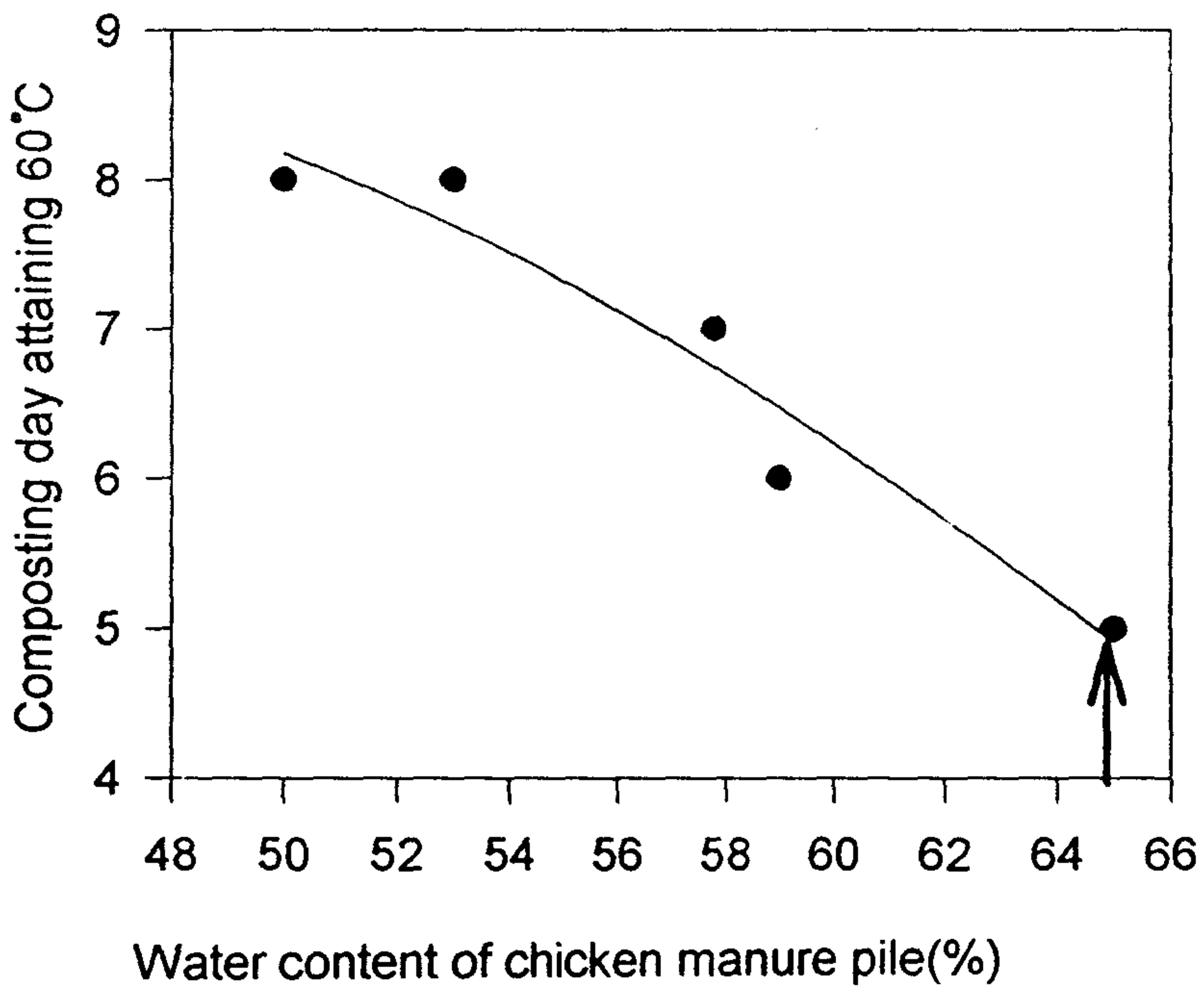


그림 3-5. 퇴비화시 계분퇴적물의 적정 수분함량.

## 2. 퇴비화 과정중 물리화학적 변화

### 가. 돈분퇴비

pH 변화는 전 처리구에서 중성부근으로 접근하는 경향을 보이고 있으며, T-N은 상대적으로 유기물이 분해됨에 따라 증가하는 경향을 보이고 있으며, T-C는 퇴비가 진행됨에 따라서 약간 감소하는 경향을 보였으며, 또한 C/N율도 감소하는 경향을 보였다. 특히 Y 값은 P-2에서 비교적 커다란 차이로 낮아졌으며, 화학조성의 변화는 표 3-6과 같다.

표 3-6. 퇴비화 과정중 돈분의 물리화학적인 변화

처리구	경과일수 (Day)	pH (1:5)	T-N %	T-C %	C/N 율	색도 Y 값
P-1	0	7.85	1.9	32.3	17.0	10.35
	4	8.08	2.0	32.1	16.0	10.15
	8	7.73	2.0	31.3	15.6	6.32
	12	7.41	2.4	31.2	13.0	6.26
	16	7.63	2.3	30.9	13.4	7.31
P-2	0	8.00	2.0	40.8	20.4	11.67
	4	8.06	2.4	39.9	16.6	10.66
	8	7.82	2.0	39.1	19.5	10.35
	12	7.22	2.3	38.3	16.6	9.25
	16	7.29	2.1	36.1	17.0	7.92
P-3	0	7.82	2.0	29.2	14.6	13.84
	4	6.54	2.0	28.7	14.3	12.37
	8	7.60	2.2	25.2	11.4	9.27
	12	7.15	2.1	24.7	11.7	9.25
	16	6.83	2.2	24.9	11.3	9.27
P-4	0	7.38	2.4	29.4	12.2	11.09
	4	7.02	2.1	28.7	13.6	14.36
	8	6.86	2.3	28.4	12.3	14.94
	12	6.99	2.4	26.5	11.0	11.29
	16	6.37	2.5	26.0	10.4	10.81
P-5	0	6.75	2.5	33.8	13.5	6.51
	4	6.65	2.7	33.4	12.3	9.24
	8	6.35	2.7	33.0	12.2	9.09
	12	6.40	2.6	32.3	12.4	8.08
	16	6.70	2.8	31.7	11.3	8.22

나. 계분퇴비

pH는 전 처리구에서 비교적 초기에 높아졌다가 낮아지는 경향을 보였으며, pH가 중성부근으로 접근하는 돈분 처리구와 비슷하였으며, T-C은 전처리구에서 감소하는 경향을 보였으며, 그에 따라 T-N은 증가하는 경향을 보였다. 특히 색도 Y값은 C-1과 C-2처리구에서 비교적 낮아지는 경향을 보였다. 계분의 물리화화학적인 변화는 표 3-7과 같다.

표 3-7. 퇴비화 과정중 계분의 물리화화학적인 변화

처리구	경과일수	pH (1:5)	T-N %	T-C %	C/N 율	색도 Y값
C-1	0	7.23	2.19	27.2	12.4	10.56
	4	7.57	2.15	26.3	12.2	9.78
	8	7.95	2.12	25.7	12.1	7.31
	12	8.05	1.77	25.2	14.2	9.31
	16	7.26	2.16	24.9	11.5	7.88
C-2	0	7.14	2.20	28.0	12.7	12.45
	4	7.47	2.10	27.5	13.0	10.75
	8	7.71	2.03	25.8	12.7	8.16
	12	8.18	2.09	25.6	12.2	8.23
	16	7.72	2.34	25.1	10.7	6.96
C-3	0	7.73	2.60	28.6	11.6	10.51
	4	8.49	2.50	27.8	11.1	8.96
	8	7.65	2.47	27.1	11.0	6.31
	12	7.94	2.11	26.9	12.7	6.23
	16	7.72	2.50	26.9	10.8	7.17
C-4	0	7.61	1.60	27.8	17.4	12.67
	4	8.16	1.57	27.1	17.3	13.60
	8	7.39	1.70	26.9	15.8	12.26
	12	7.54	1.89	25.7	13.6	9.33
	16	7.46	1.99	25.4	12.8	8.47
C-5	0	7.91	2.22	25.8	11.6	12.13
	4	7.72	2.02	27.4	13.5	11.62
	8	7.13	1.70	26.5	15.6	11.03
	12	7.37	1.90	25.3	13.3	11.33
	16	7.25	2.20	25.0	11.4	10.45

#### 다. 식물독성 시험

다음에 제시된 사진 1과 같이 대조구에 비하여 처리구는 뿌리 성장에 제약을 받고 있음을 보여주고 있으며, 또한 그에 비하여 줄기 부분의 성장은 계속되는 것을 볼 수있었다. 이것은 퇴비화 규모가 크기때문에 부분적으로 발생하는 혐기 조건하에서 생성되는 휘발성 유기산들의 영향으로 보여진다. 식물독성의 현상은 사진 1.과 같다.

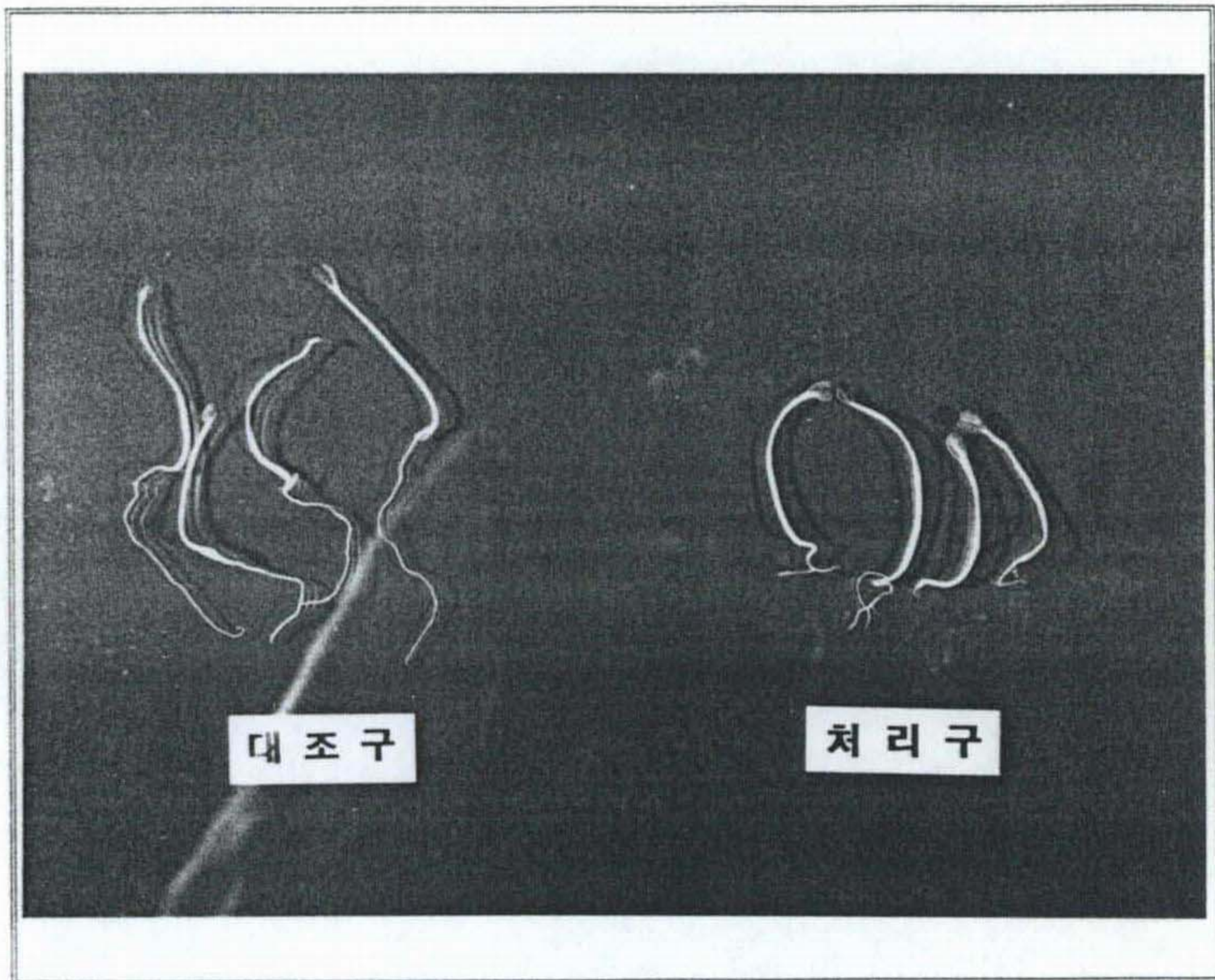


사진 1. 주발효단계의 식물 독성 실험

## 제 4절 퇴비화 과정중 미생물 Flora의 변동

### 1. 초기단계 미생물 flora의 분포

초기단계의 퇴비내 미생물(세균, 사상균, 방선균) 생균수를 측정한 결과 시료 1g 당 세균은 평균  $10^6-10^8$ , 사상균은  $10^4$ 의 존재율을 나타내었으며 수분함량을 65%로 조절한 P-1시료의 경우 B/F(Bacteria/Fungi)값은 3700, C-1시료의 경우 5400을 나타낸 반면 수분함량 50%로 조절한 P-4의 B/F값은 25, C-4시료는 425를 나타내어 수분함량에 따른 세균과 사상균의 존재율에 상이함을 나타내었다(그림3-6, 3-7, 3-12, 3-13). 돈분퇴비의 경우 각 시료당 방선균수는 평균  $10^6/g$ 을 나타낸 반면 P-5 시료에서는  $10^3/g$ 으로 가장 적은 분포율을 나타내었다(그림 3-10). 계분 퇴비의 각 시료 중에 존재하는 방선균수는  $10^6/g$ 을 나타내었다(그림 3-11). 포자형성 미생물은 모든 시료 중에  $10^5-10^6$ 로 존재하였다(그림3-8, 3-9).

### 2. 고온단계 미생물 flora의 분포

퇴비의 온도가  $60^\circ C$  이상으로 상승됨에 따라 미생물 flora의 개체수에도 큰 변화를 보였다. P-1, C-1 시료의 퇴비내 온도가 상승됨에 따라 B/F 값은 급격히 감소하여 47 ~ 610을 나타냈다. 이 시기에는 다른 시료 중에서도 70 ~ 600정도의 낮은 B/F값을 나타내었다(그림 3-6, 3-7, 3-12, 3-13). P-2, P-3, C-4, C-5 시료중의 방선균수는 초기단계에 비하여 10배 이상 감소하였으며 고온단계에 존재하는 방선균수는 평균  $10^4 \sim 10^5/g$  이었다(그림 3-10, 3-11). 포자형성 미생물수는  $10^6 \sim 10^7/g$ 으로 초기단계보다 다소 증가하는 경향을 나타내었으며 이 시기에 퇴비내에 존재하는 대부분의 세균은 포자형성세균으로 나타났다.

### 3. 냉각기 및 숙성단계 미생물 flora의 분포

퇴비의 온도가 떨어지는 냉각단계와 숙성단계에서 보여진 미생물상의 분포는 다음과 같았다. 수분함량 65%로 조절된 P-1, C-1 시료의 경우 B/F값은 고온기 이후 점차 회복되는 경향을 나타내다 50일 이후에는 다

시 급격히 감소하여 숙성이 끝난 후에는 낮은 세균수를 나타내었으며(그림 3-6, 3-7, 3-12, 3-13), 방선균수도  $10^3/g$ 으로 매우 낮은 존재율을 나타내었다(3-10, 3-11). 수분함량을 53 ~ 50%로 조절된 P-4, P-5, C-4, C-5 시료의 경우도 숙성이 끝난 후의 시료중 B/F값은 매우 낮은 수치를 나타내었으며(그림 3-6, 3-7, 3-12, 3-13), 방선균수도 평균  $10^3/g$  정도로 매우 낮은 존재율을 나타내었다(그림 3-10, 3-11). 포자형성 미생물수는 10배 정도 감소하는 것으로 보아 증온성 미생물의 재정착이 이루어진 것으로 판단된다(그림 3-8, 3-9). 한편, 수분함량이 약 58%로 조절된 P-3, C-3의 경우 퇴비화 과정 중 고온단계에 급격히 감소하였던 방선균류가 냉각단계 이후 다시 증가하여 세균, fungi와 더불어 동적 평형관계를 이루면서 퇴비내 미생물 flora의 다양성을 나타내었다. 퇴비화가 끝난 후의 퇴비내 세균수는  $10^5-10^7$  이고, fungi는  $10^3-10^4$ 이며, 방선균수는 세균보다  $10^2$  정도 적게 존재하였다.

퇴비내 장내 세균수는 퇴비 시료에 따라 차이가 있었으나 초기 단계의 장내세균수는  $10^4-10^6/g$  이었으나 고온기를 거치면서 C-1, C-2, C-5 시료 중의 장내세균은 급격히 감소하여 숙성후에도 전혀 존재하지 않았는데 P-3, P-4, C-3, C-4 시료의 경우 냉각기 이후 숙성과정에서 다시 증가하는 경향을 나타내었다(그림 3-14, 3-15).

#### 4. 병원성미생물 존재 확인

퇴비원료와 퇴비화가 끝난 시료에 대하여 병원성 미생물(Salmonella, Shigella)의 존재 여부를 조사한 결과 퇴비원료 중에는  $10^4-10^7$ 을 나타내었는데 대부분 고온단계를 거치면서 급격히 감소하여 plate상에 병원성 미생물의 colony가 나타나지 않았지만, P-3의 경우 숙성단계가 끝난 후에도 무려  $10^6$ cells/g 이상 존재하였다(그림 3-16, 3-17).



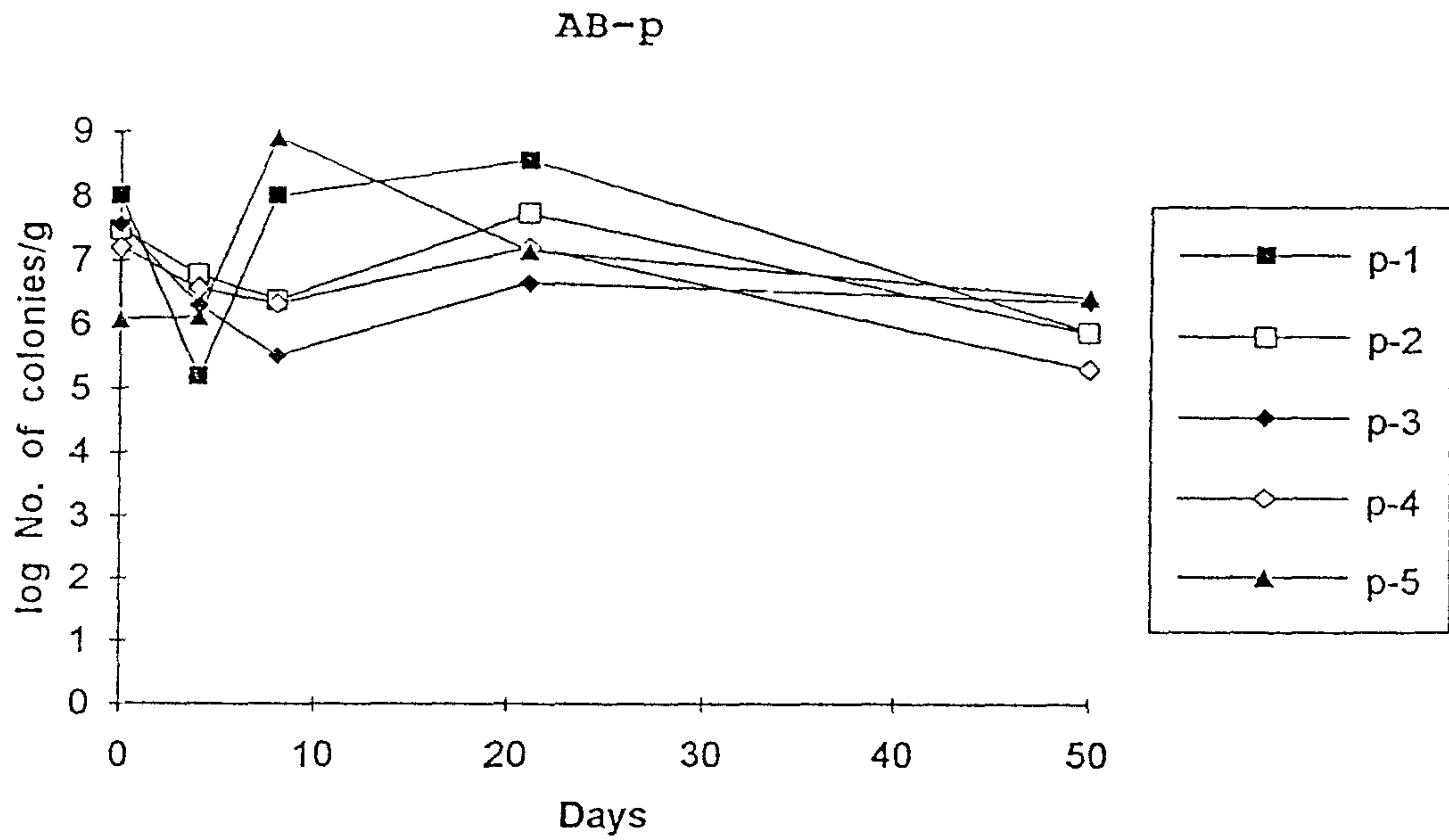


그림 3-6. 돈분을 이용한 P-1, P-2, P-3, P-4 및 P-5의 퇴비화 과정중 호기성 세균수의 변화.

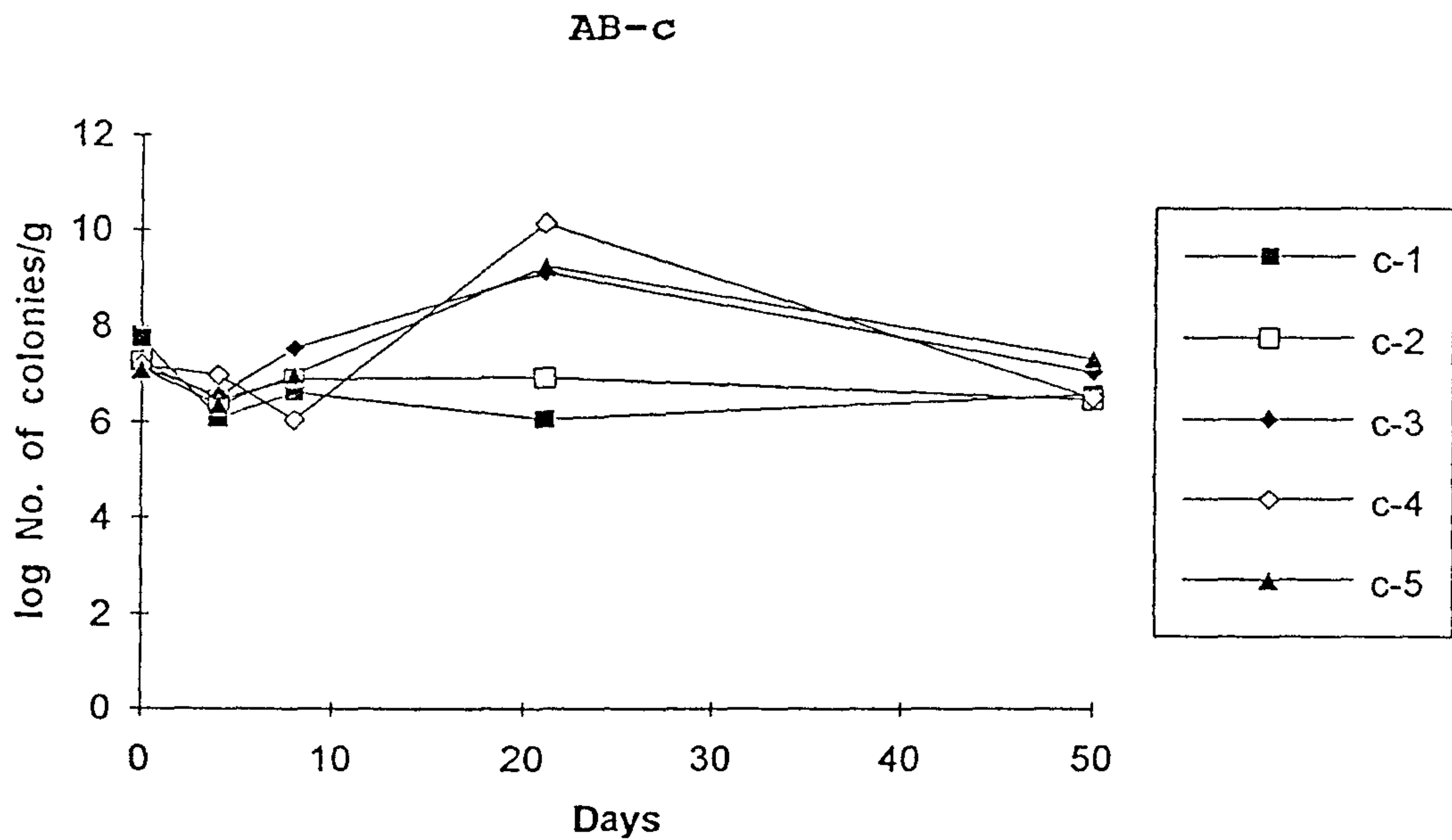


그림 3-7. 계분을 이용한 C-1, C-2, C-3, C-4 및 C-5의 퇴비화 과정중 호기성 세균수의 변화.

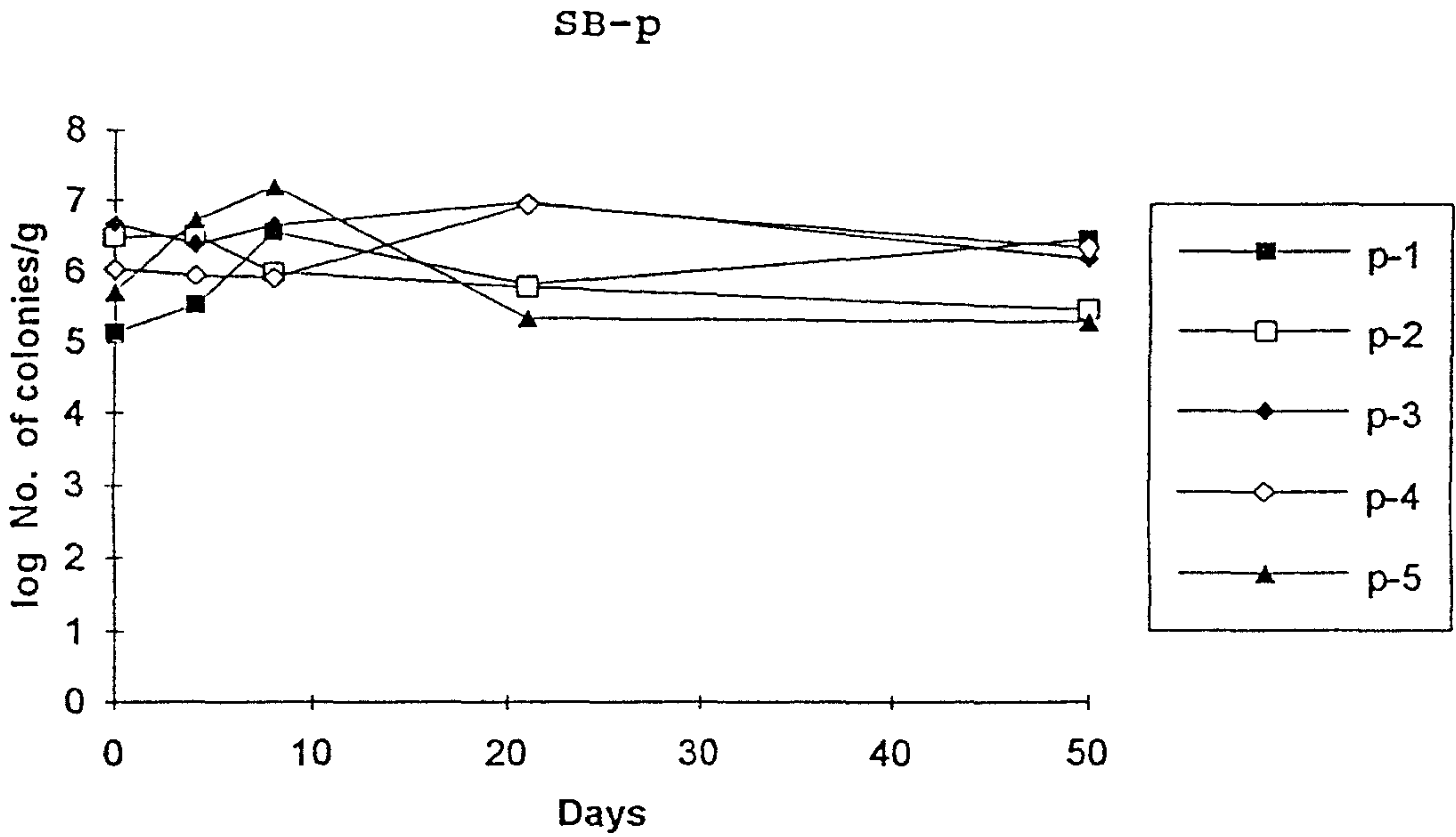


그림 3-8. 돈분을 이용한 P-1, P-2, P-3, P-4 및 P-5의 퇴비화 과정중 포자수의 변화.

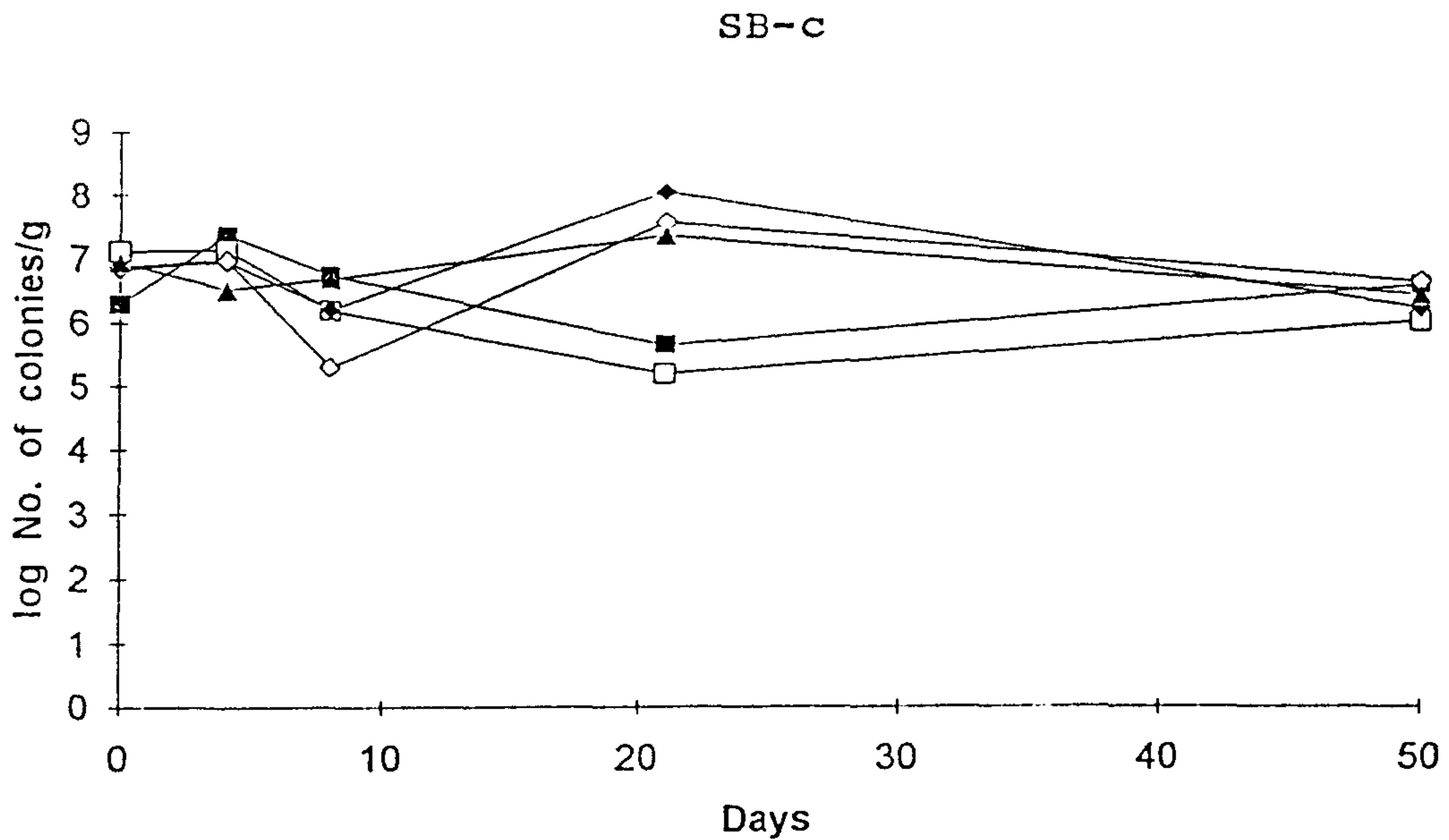


그림 3-9. 계분을 이용한 C-1, C-2, C-3, C-4 및 C-5의 퇴비화 과정중 포자수의 변화.

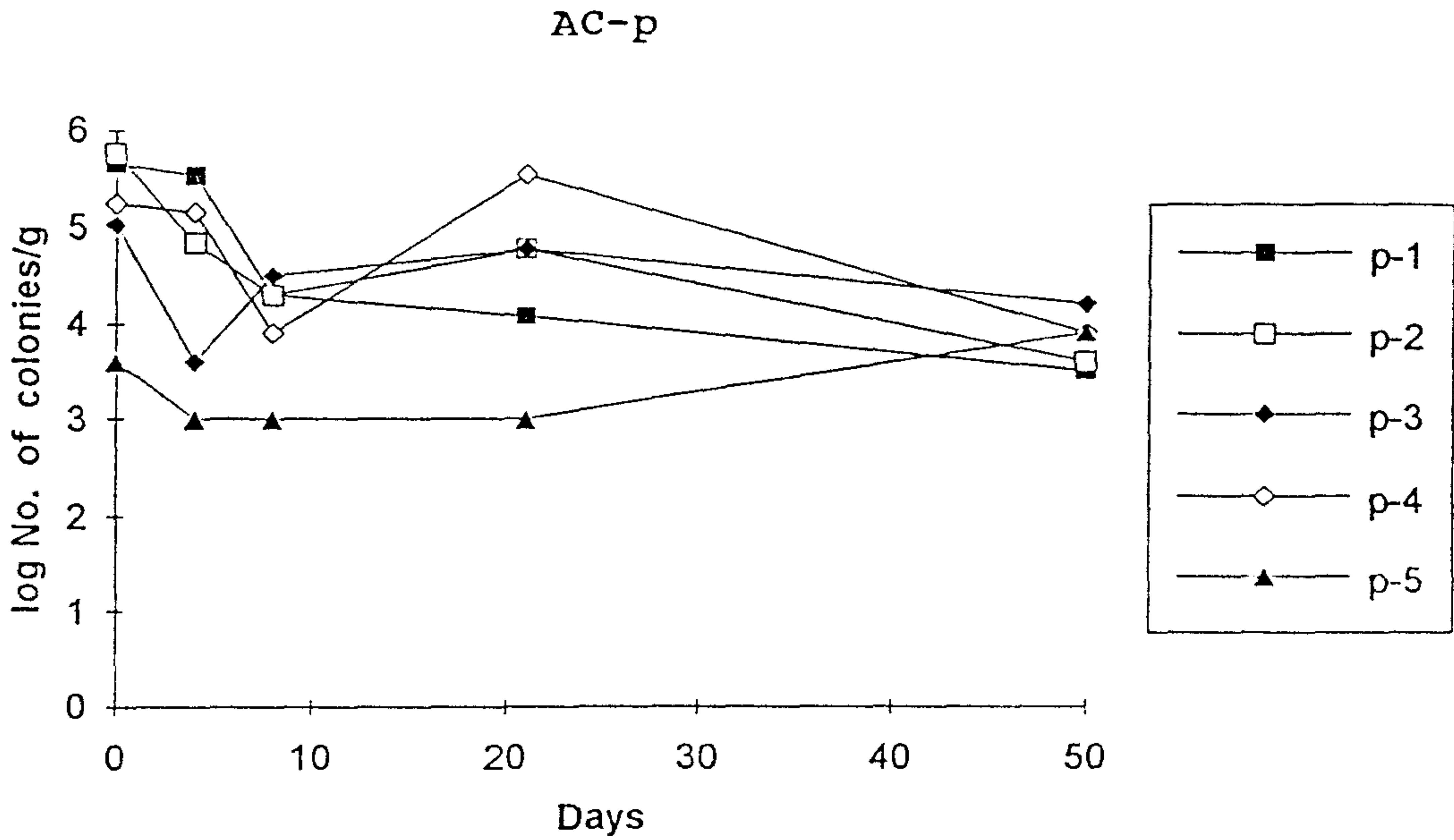


그림 3-10. 돈분을 이용한 P-1, P-2, P-3, P-4 및 P-5의 퇴비화 과정중 방선균수의 변화.

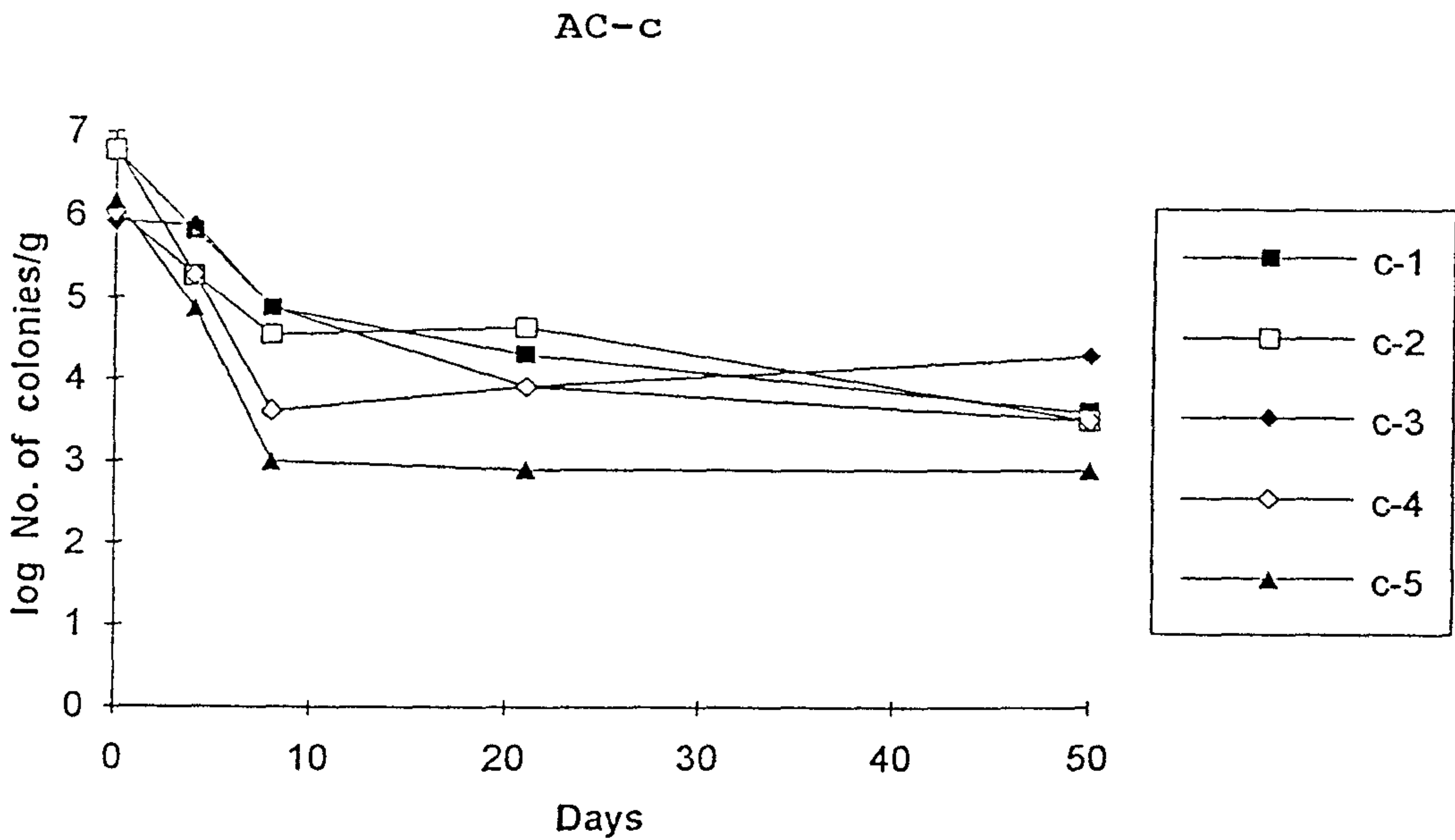


그림 3-11. 계분을 이용한 C-1, C-2, C-3, C-4 및 C-5의 퇴비화 과정중 방선균수의 변화.

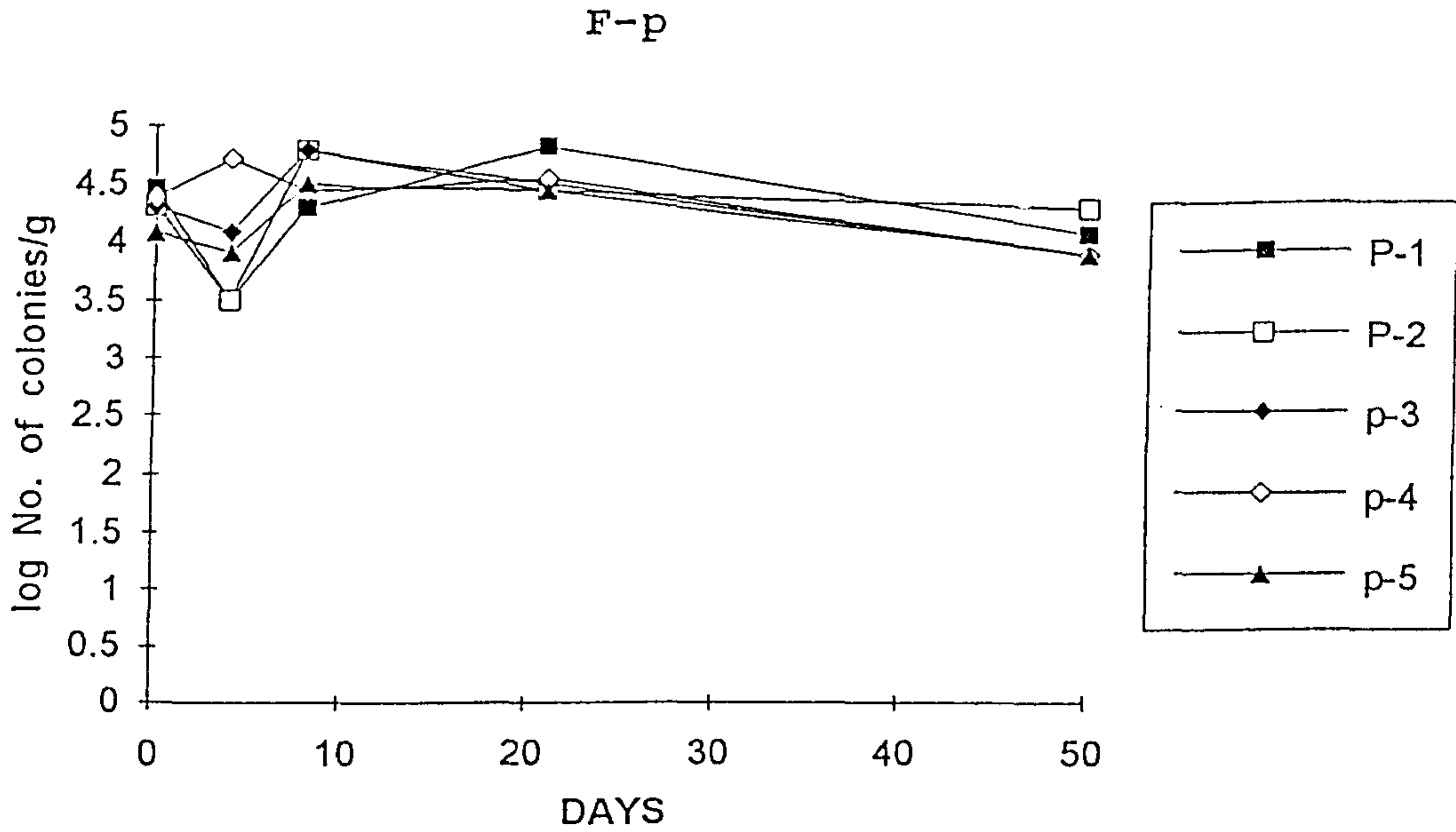


그림 3-12. 돈분을 이용한 P-1, P-2, P-3, P-4 및 P-5의 퇴비화 과정중 사상균수의 변화.

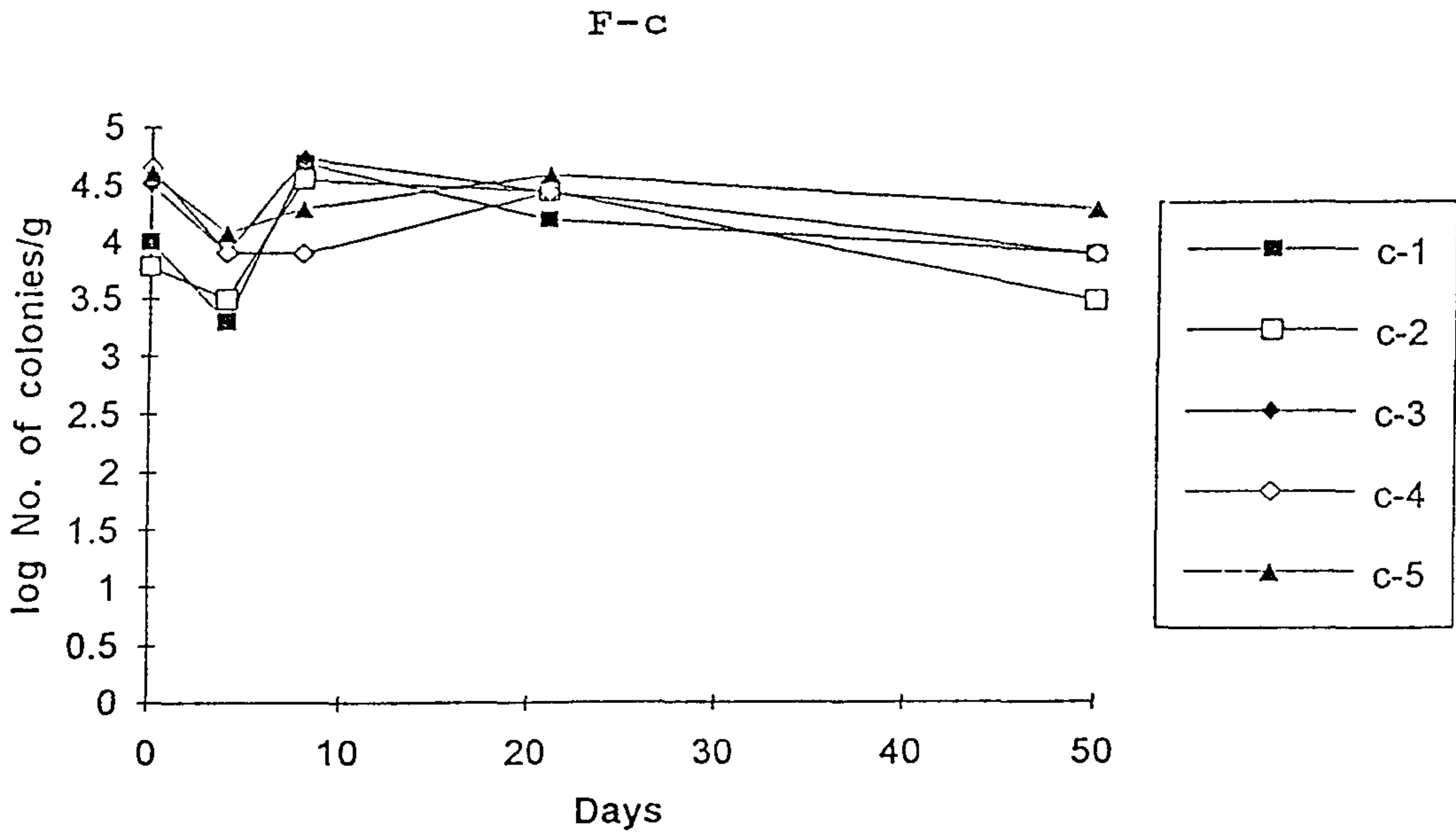


그림 3-13. 계분을 이용한 C-1, C-2, C-3, C-4 및 C-5의 퇴비화 과정중 사상균수의 변화.

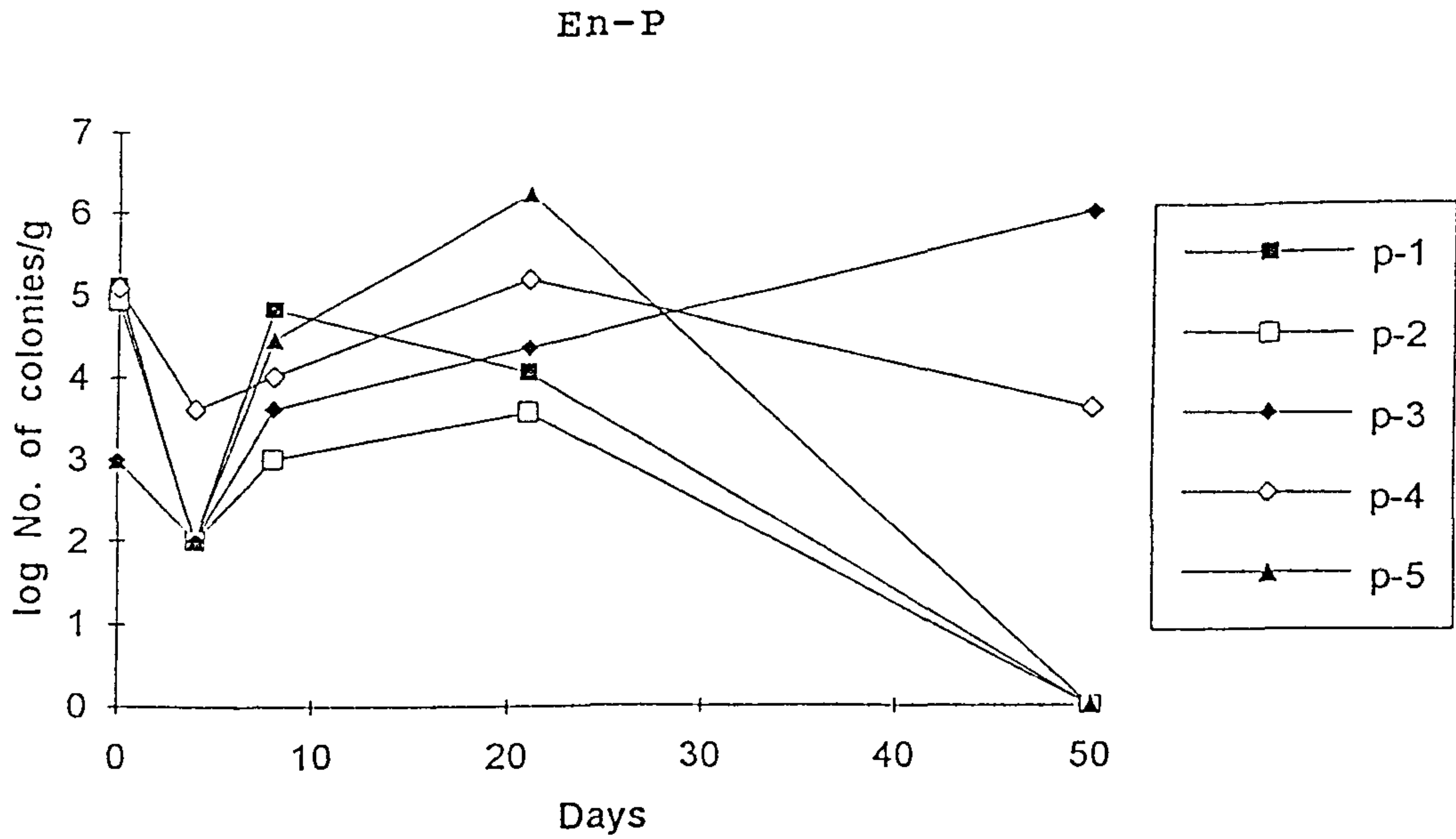


그림 3-14. 돈분을 이용한 P-1, P-2, P-3, P-4, P-5의 퇴비화 과정중 장내세균수의 변화.

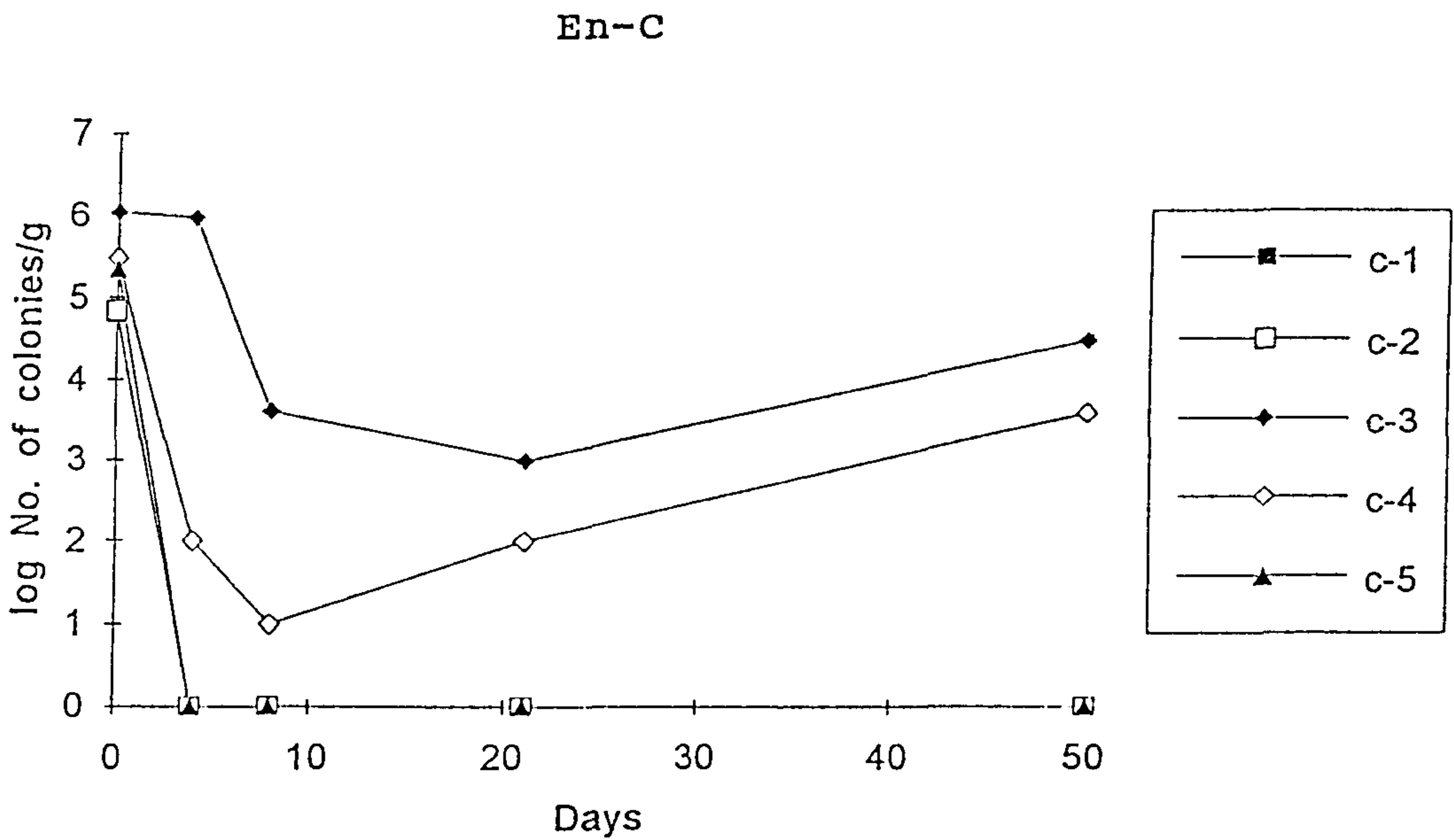


그림 3-15. 계분을 이용한 C-1, C-2, C-3, C-4 및 C-5의 퇴비화 과정중 장내세균수의 변화.

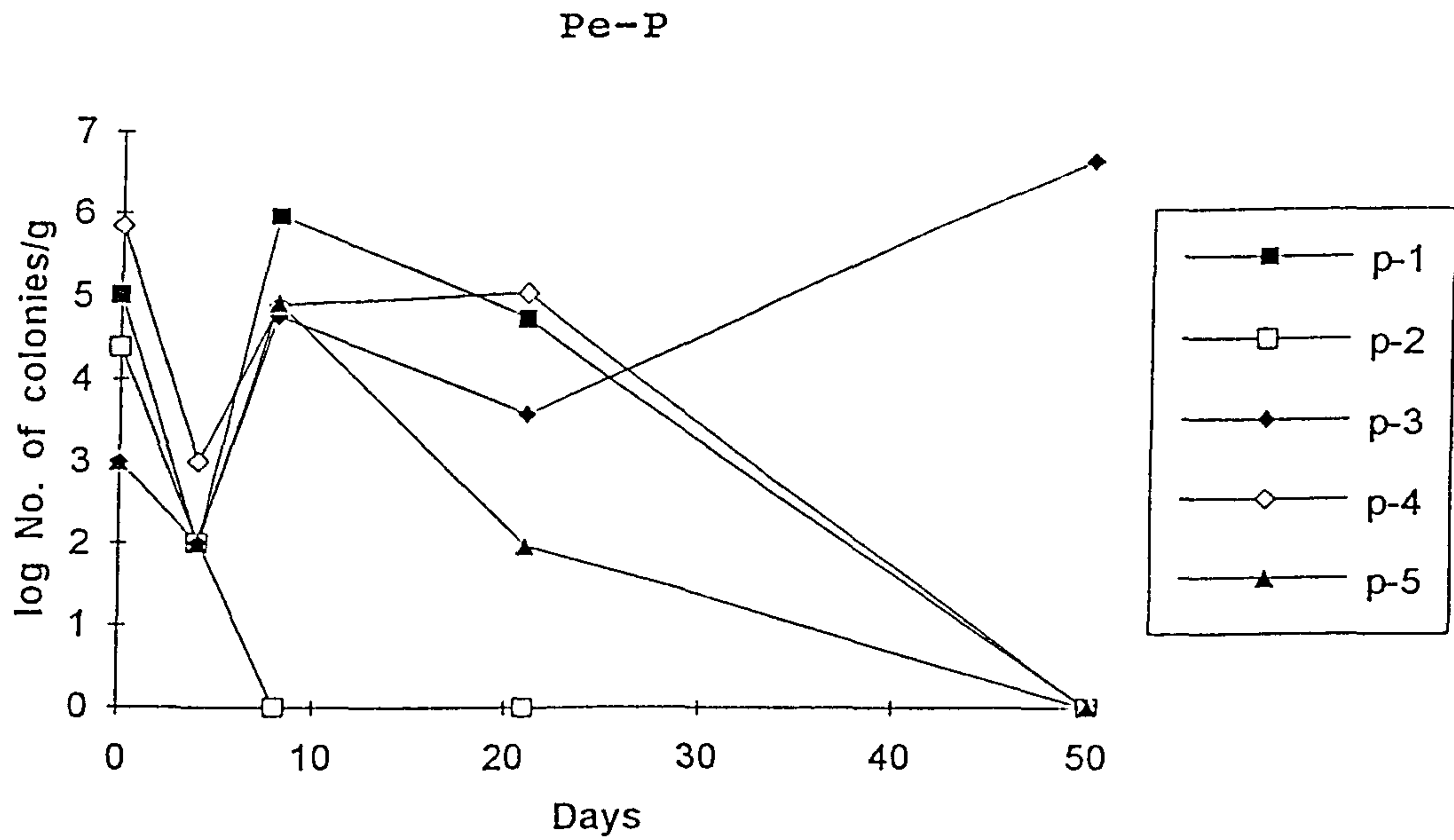


그림 3-16. 돈분을 이용한 P-1, P-2, P-3, P-4 및 P-5의 퇴비화 과정중 병원성 세균수의 변화.

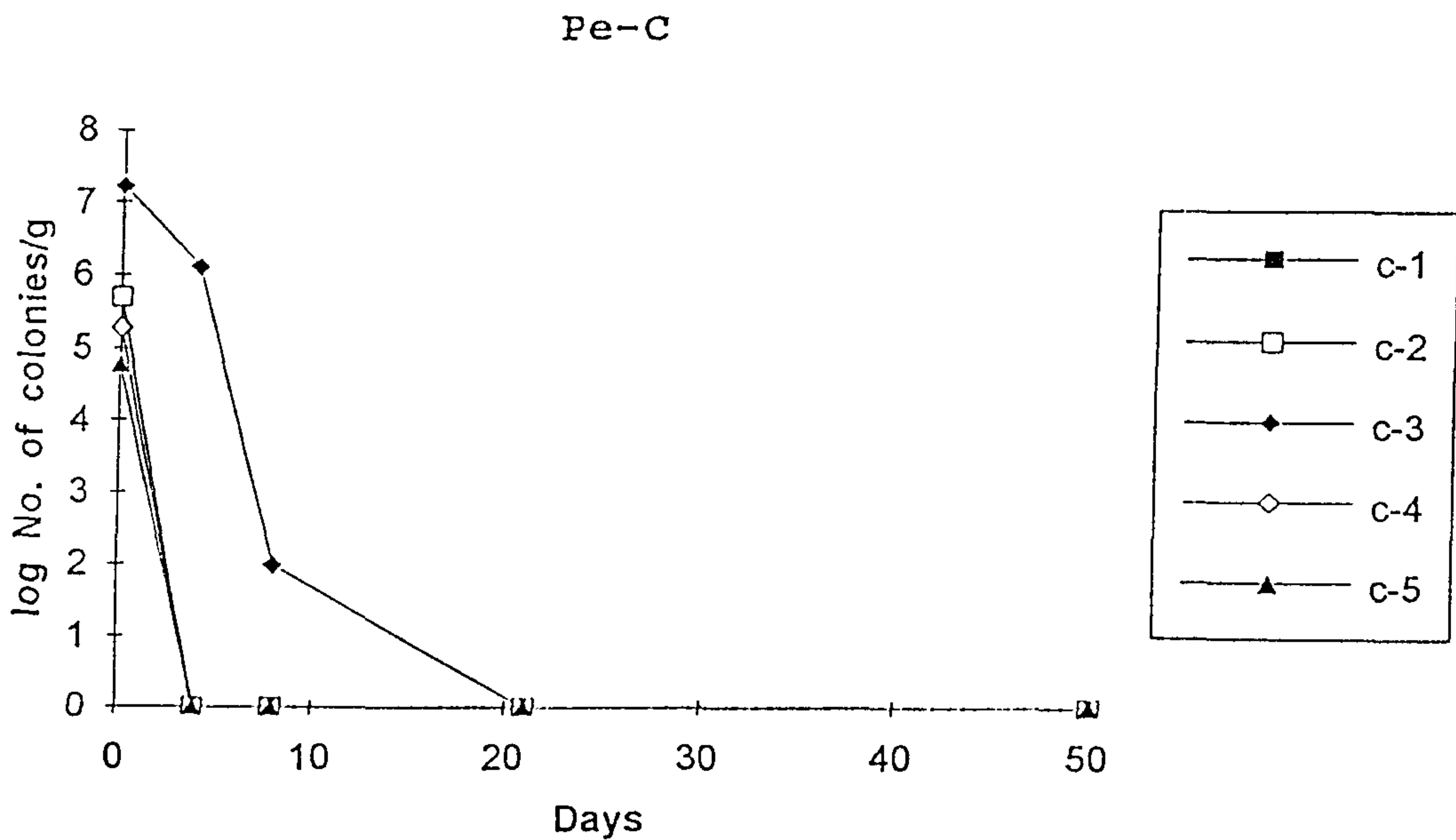


그림 3-17. 계분을 이용한 C-1, C-2, C-3, C-4 및 C-5의 퇴비화 과정중 병원성 세균수의 변화.



사진 2. 축사로부터 수거된 원료(돈분).



사진 3. 부재료와 혼합된 후의 퇴비원료(투입전).

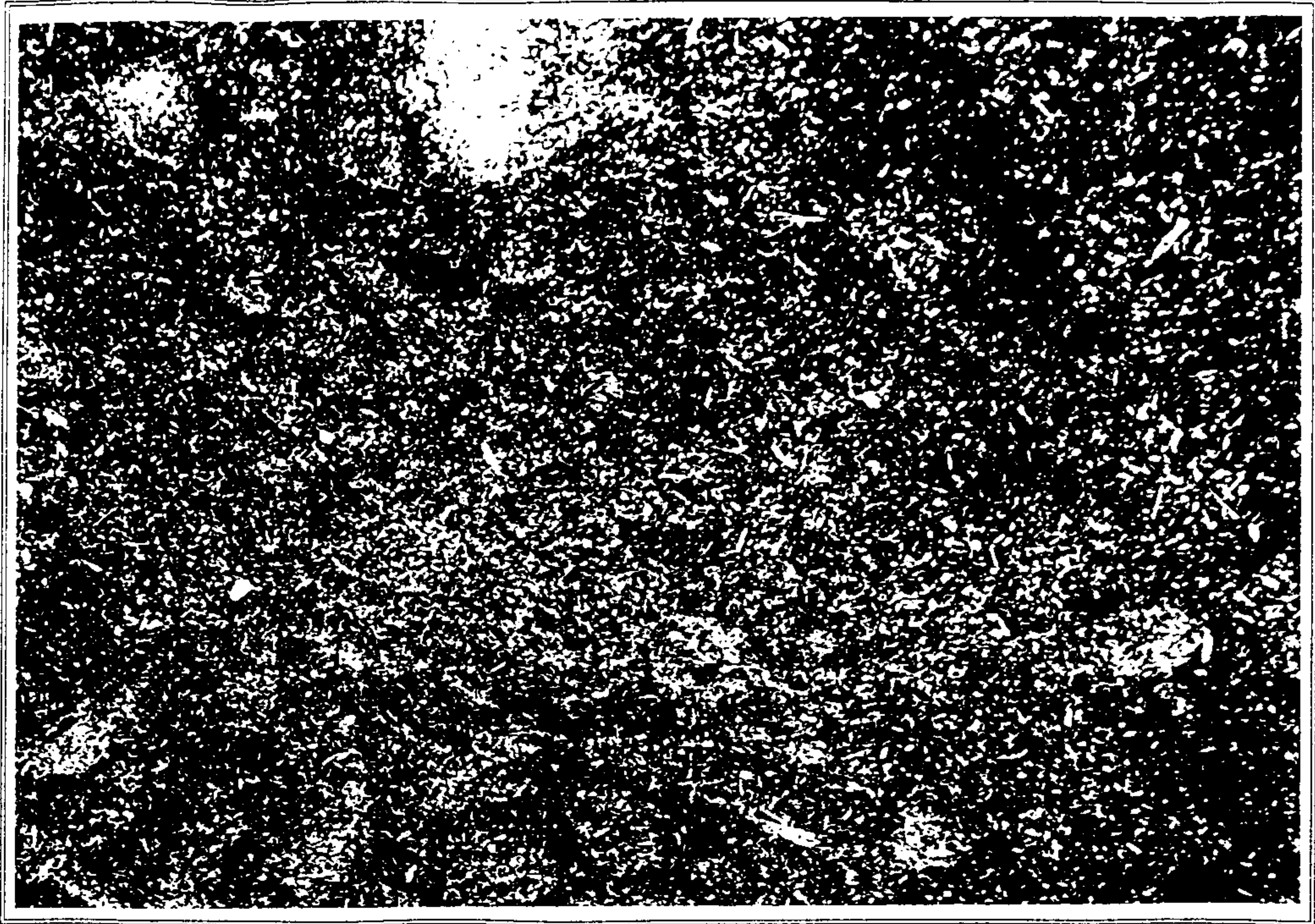


사진 4. 혼합된 퇴비원료의 확대 모습.



사진 5. 페로다를 이용하여 혼합된 원료를 Hopper로 투입 장면 .



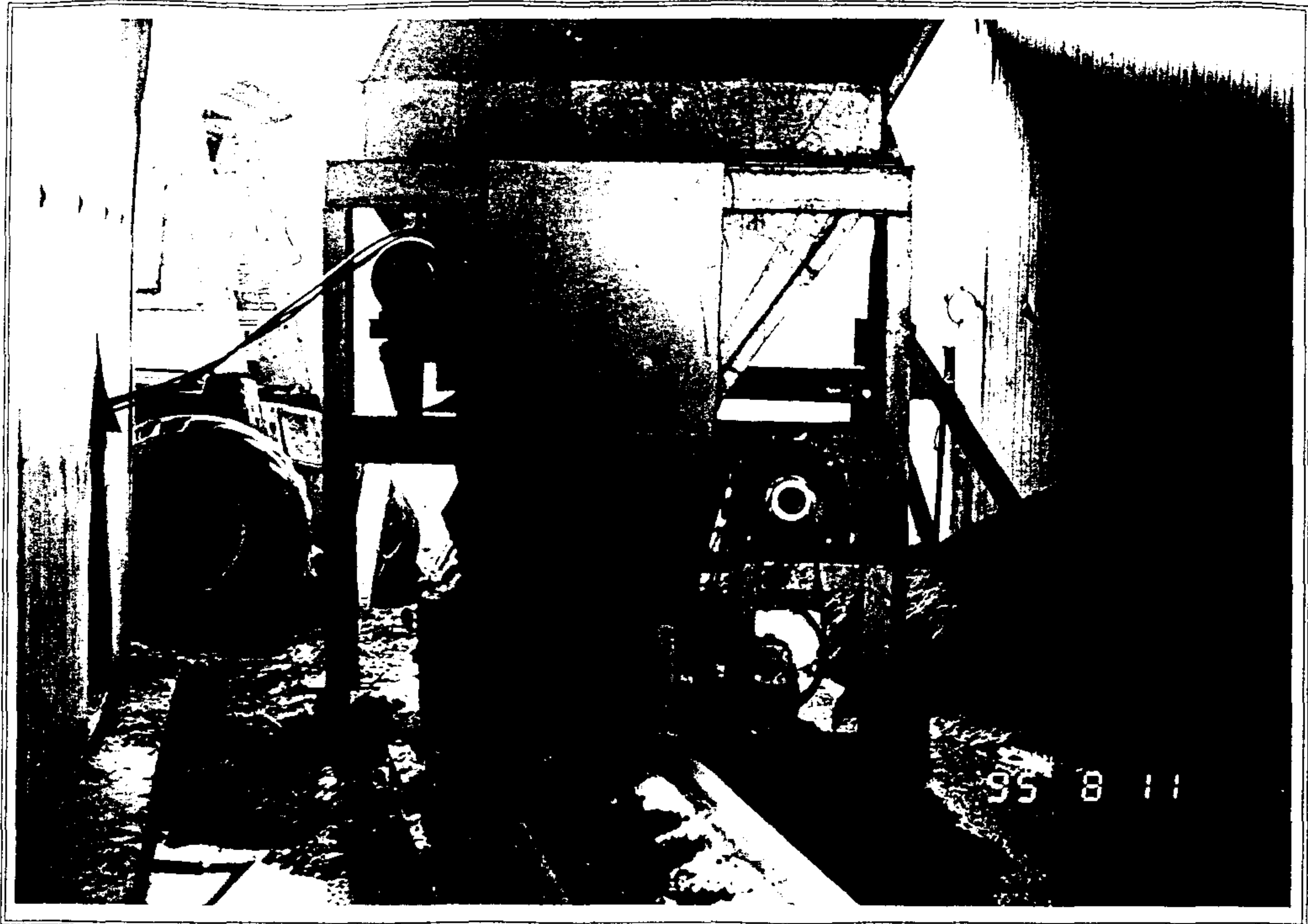


사진 6. Hopper로 부터 벨트로 이송되는 퇴비원료.

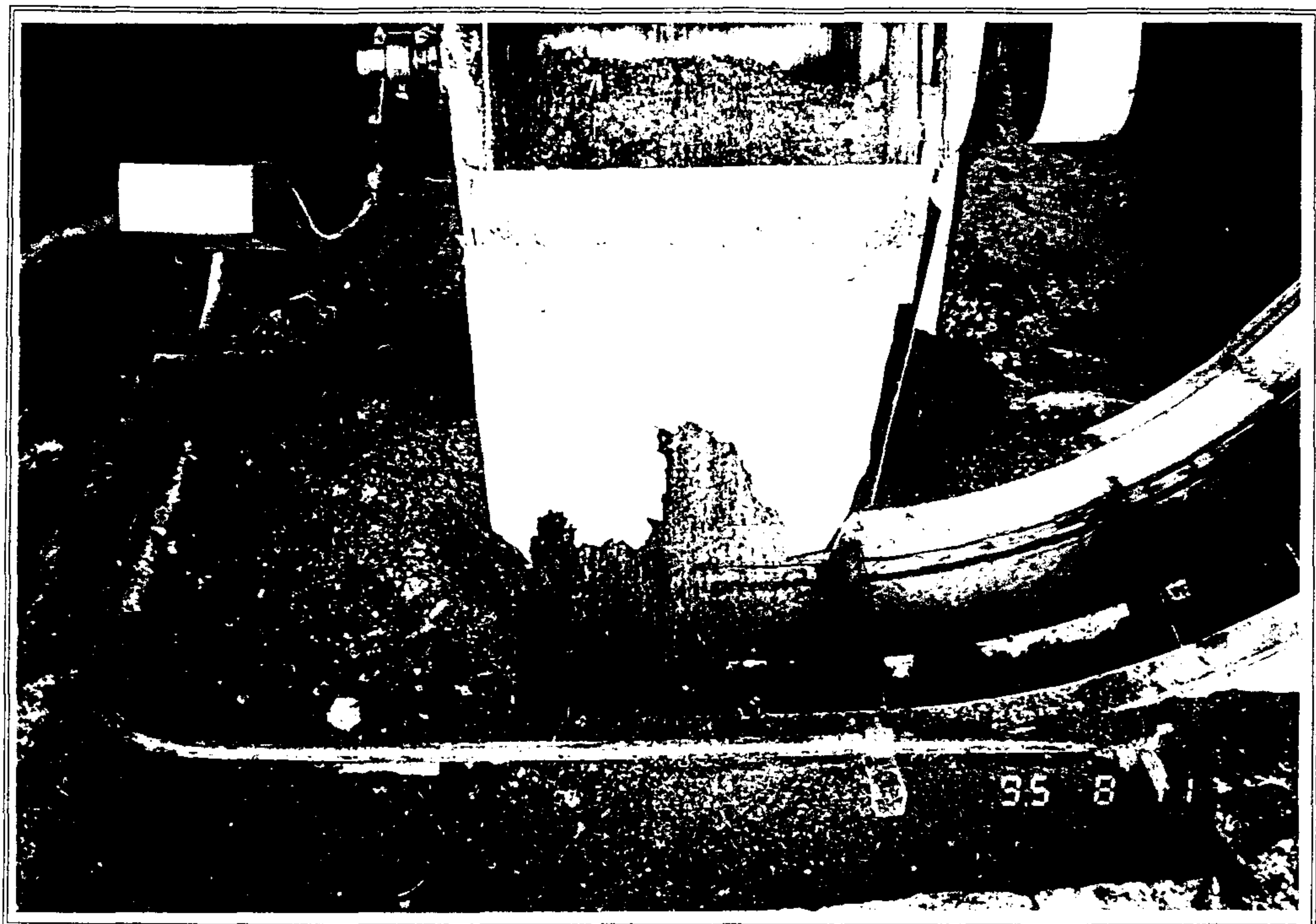


사진 7. 벨트로 부터 발효조로 투입되기 전 승강기로 이송되는 퇴비원료.

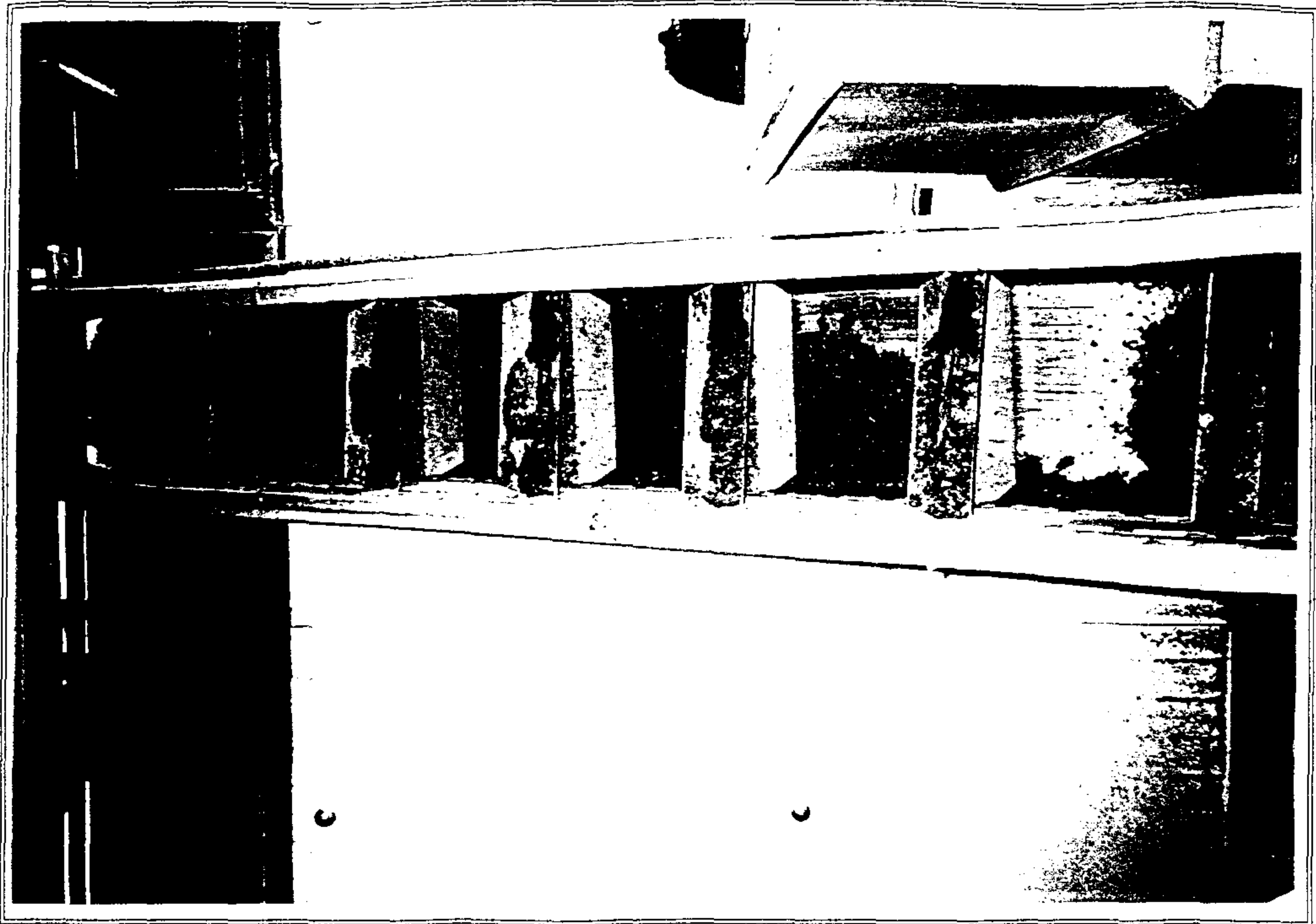


사진 8. 승강기로부터 발효조로 이송되는 퇴비원료.



사진 9. 퇴비원료의 발효조 투입장면.

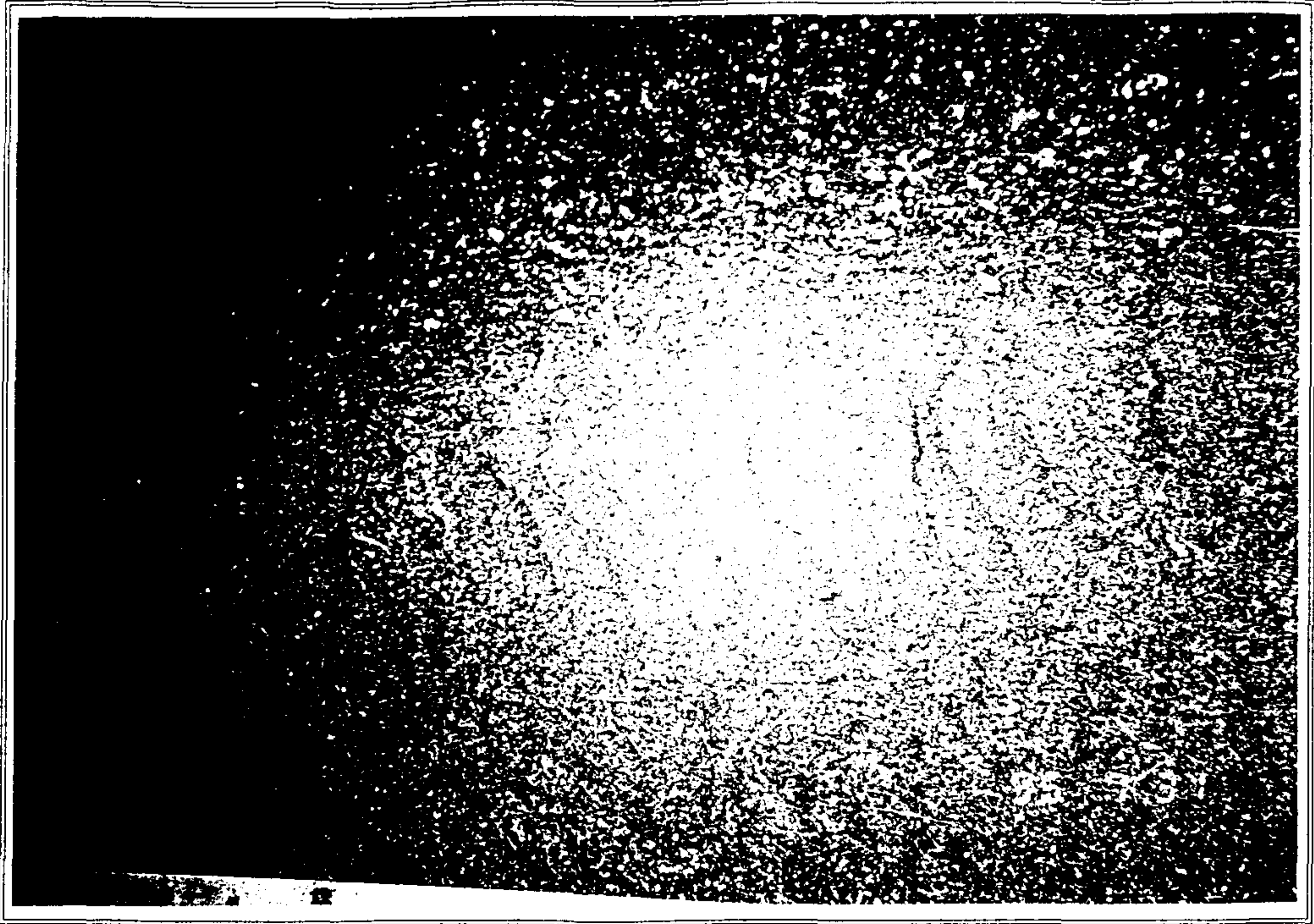


사진 10. 퇴비화 과정중 발효조조내에서 정체된 모습(발효 5일 후).

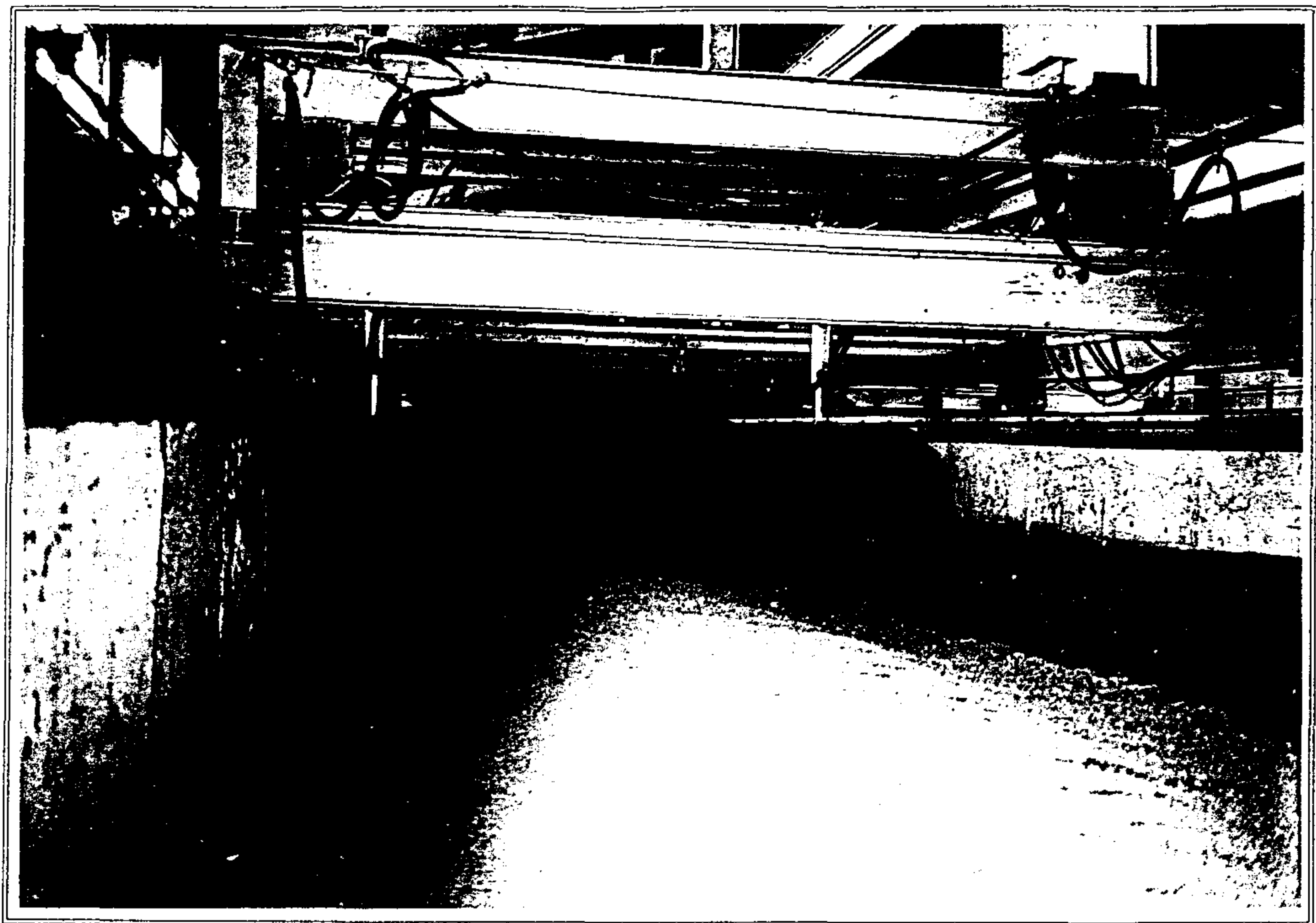


사진 11. Biotacker에의해서 퇴비원료를 뒤집어 주는 장면.

## 참 고 문 헌

# 참 고 문 헌

1. 農林水産部, '94 作物統計
2. 農村振興廳, '94 特用作物 試驗研究總覽
3. 農林水産部, '96 家畜統計(6月)
4. 유기성 폐자원 재활용 연구회. '94 유기성 폐자원 재활용 연구회 발표 자료집
3. 장기운, 김상덕, 최우영, 이규승 1992. 제지슬러지 퇴비의 농업적 이용연구 I. 강남콩에 대한 시용효과 한국토양비료학회지 25(2): 149-154
4. 장기운, 김상덕, 최우영, 이규승 1992. 제지슬러지 퇴비의 농업적 이용연구 II. 당근에 대한 시용효과. 한국토양비료학회지 25(2): 155-159
5. 장기운, 김필주, 민경훈 1995 음식물찌꺼기 고속발효기에 의해 처리된 퇴비의 안정성 검토. 한국유기성폐기물자원화협의회 3(1):35-42
6. 장기운, 임재신 1994. 유기성 폐자원을 이용한 퇴비제품화 요건. 한국유기성 폐기물자원화협의회 2(1):121-134
7. 장기운, 이인복, 임재신 1995. 음식물찌꺼기를 이용한 퇴비의 부숙과정중 이화학적 특성의 변화. 한국유기성폐기물자원화협의회 3(1):3-11
8. 충남 통계 연보('94)
9. 土壤微生物實驗法(土壤微生物研究協會). 1992
10. 환경처, '95 전국 폐기물 발생 및 처리현황
11. 韓國 農村 經濟 研究員, '94 畜産廢水 處理에 관한 研究
12. 한국자원재생공사 1995. 퇴비제품의 안정성 및 효용성 평가
13. 한국유기농업학회, '94 유기성 폐기물자원의 활용과 환경보전형 농업의 육성 방안 심포지엄
14. 韓國土壤肥料學會, 1994 21세기를 향한 비료개발과 정책방향 심포지엄
15. 한국유기성폐기물자원화협의회 1995. 유기성폐기물자원화에 관한 대토론: "음식물찌꺼기의 퇴비화 방향" pp. 133-142
16. 한국토양비료학회 1995 유기성 폐기물 비료화의 문제점과 대책 심포지움: 부산물 비료 품질 고급화를 위한 금후 발전방안. pp. 70-112

17. Composting Facility Operating Guide 1993 The Composting Council  
Alexandria, Verginia pp. 1~226
18. Levi-Minzi, R. and R. Riffaldi, 1988. "Chemical Differences between  
Fresh and Composted Municipal Waste." *Agricoltura Mediterranea* 118,  
273~279
19. Miyashita, K., Kato, T. and Tsuru, S. 1982 "Actinomycetes Occuring in  
Soil Applied with Compost." *Soil Sci. Plant Nutr.*, 28, 303~312
20. Miyashita, K. and Tsuru, S. 1983. "Identification of Nocardioform  
Actinomycetes Isolated from Compost." *ibid.*, 29, 335~342
21. Nakasaki, K., Sasaki, M. and Kubota, H. 1985. *ibid.*, 49, 724
22. Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney, 1982. Method of Soil Analysis.  
Soil Science Society of America, Inc.,
23. Riffaldi, R., R. Levi-Minzi, A. Pera, and M. de Bertoldi, 1986.  
"Evaluation of Compost Maturity by means of Chemical and Microbial  
Analysis." *Waste Management & Reserdh*, 4, 387~396
24. Sugahara, K., Y. Harada, and A. Inoko 1978. "Color Change of City  
Refuse during Composting Process." *Soil Sci. Plant Nutur.*, 25(2), 197~  
208
25. Zucconi, F., A. Pera and M. Forte, 1981. "Evaluating Toxicity of  
Immature Compost." *Biocycle* 5, 54~57
26. 管下清貴 加藤哲郎・都留信也:都市こみユンポスト施用土壤の放線菌, 土と  
微生物, 25, 23~31(1983)

註) 본 연구는 최초 3년 연구과제였으나, 2년차부터 "축산 폐기물로부터  
시설재배용 유기질 비료의 생산을 위한 미생물제제 및 퇴비제조기술 개  
발" 과제중 "퇴비제조기술 및 품질평가 기준 확립" 연구로 통합되어, 최  
초 계획된 2, 3년차 연구 내용 수정되었습니다.