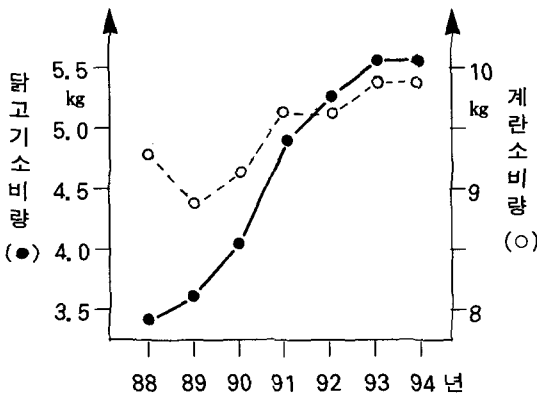


# 계분처리와 자원화 방안

본고는 지난 '95한국양계박람회 개최 일환으로 열린 양계산물 안전성 및 계분의 자원화에 대한 학술세미나에서 서울대 농생대 최홍림교수가 발표한 "계분처리와 자원화 방안" 내용을 발췌·게재한 것이다. -편집자주-

## I. 연구의 배경

### 1. 양계생산물 소비추이



〈그림 1〉 닭고기, 계란소비량의 변화추이 (1988~1994)

그림 1에서 보듯이 닭고기 연평균 (1988~1994년) 약 9.0%, 계란은 약 4.6%의 소비율 증가를 나타냈으며, 최근 이들 소비량 증가가 약간 둔화되는 현상을 보인다. 이는 일시적 현상인지, 아니면 '93, '94년을 고비로 이러한 현상이 고착되려는지 좀 더 두고 봐야 할 것 같다.

그러나 우리와 식성이 가까운 일본을 기준으로 보면, '93년 일본의 닭고기 연간 1인당 소비량은 약 12.7kg으로 5.5kg이었던 우리나라의 소비량은 일본의 43%, 계란의 경우, 당해 년 연간 1인당 일본은 284개를 소비하는데 비해 우리나라는 174개로 61%에 지나지 않는다. 우리나라의 여러 현상들이 일본의 추이를 답습하고 있음을 미루어 볼 때, 향후 계육 및 계란 소비의 증가추세는 지속되리라 예측된다.

그림2와 같이 양계는 낙농, 육우, 양돈과는 달리 사육호수나 수수가 매우 민감하게 반응하여 지난 5년간 호당 사육수수의 변화가 거의 없을 정도로 일정하다. 이는 특히 육계사의 시공과 철거가 다른 축종의 축사보다 쉬우므로 양계의 손익분기점에 따라 민감하게 반응하기 때문이 아닌가 생각된다.

## 2. 우리 나라 양계환경

1995년 3월 현재 산란계, 육계를 사육하는 전농가수는 약 18만호에 약 7,800만수를 사육하고 있다. 그러나 20수 이하를 사육하는 농가가 16만4천여호로 전농가의 91.7%를 차지하여, 농가에서 양계를 한다기보다 부업 또는 자가소비를 목적으로 사육하고 있다고 봐야 할 것이다.

5,000수 이상 전업규모의 양계농가는 전농

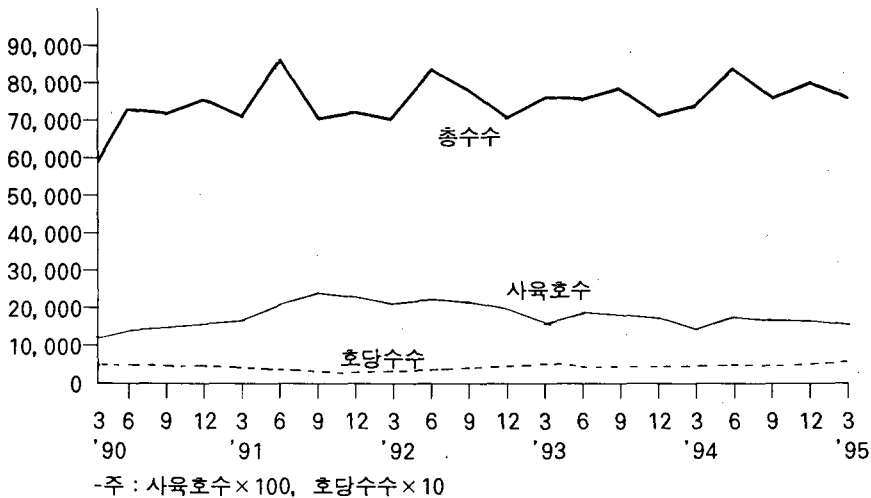
가수의 약 2.1%에 지나지 않으나 사육수수의 93%를 차지하여 양계가 다른 축종에 비해 산업화가 빨리 진행되고 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 자유무역을 추구하는 WTO(세계 무역기구)의 출범과 함께 더욱 가속되고 있다.

## 3. 가축분뇨 발생 특성

### 가. 계분의 배설량

닭의 노는 반유동상태로 분주변에 묻어서 배설되기 때문에 분뇨를 묶어서 편의상 계분이라 한다. 분의 배설량은 표 1과 같이 닭의 품종, 체중, 사료섭취량, 사료종류, 음수량 등에 따라 차이가 있으며, 계분의 수분함량은 농후사료를 섭취할수록, 겨울보다 여름이, 산란계는 산란중에 높다.

### 나. 계분의 비료적 가치



〈그림 2〉 닭의 사육수수, 호수, 호당 수수의 변화(1990~1995)

**표 1. 계분 배설량**

구분	계종(kg/수)	평균배설량(kg/수·일)	함수율(%)	평균건물량(kg/수·일)	
산란계	성계	1.4~1.8(1.6) <sup>1)</sup>	0.15	75~85	0.030
	병아리	0.04~1.4(0.7)	0.06	75~85	0.012
육계		0.04~2.8(1.4)	0.13	75~85	0.026

주: 1) ( )의 값은 평균계종을 나타냄.

계분의 비료성분의 조성은 표2와 같이 계분의 인산, 칼리, 칼슘 등의 성분이 우분이나 돈분보다 높은 것으로 보고되어 있다. 표2를 이용하여 우리 나라에서 연간 발생하는 계분의 비료적 가치를 N, P, K로 환산해 보면 각각 연간 약 64,000톤, 약 23,000톤, 약 26,000톤에 해당되며, 연간 소비되는 화학비료의 약 1/3을 대체할 수 있는 양에 해당된다.

**표 2. 축종별 배설물의 성분 함유율**

(단위: 신선중%)

구분	건물물	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	T-C	C/N	
닭	생분	36.3	2.24	1.88	1.12	3.99	0.52	12.6	5.6
돼지	생분	30.6	1.10	1.70	0.46	1.26	0.48	12.6	11.4
	생뇨	2.0	0.65						
소	생분	19.9	0.44	0.35	0.35	0.34	0.16	6.89	15.8
	생뇨	0.7	0.19		0.62	0.03	0.07		

주) 상기 자료는 新鮮重을 기준으로 산정한 것임.

#### 4. 생계분 처리의 문제점

비료적 가치가 높은 계분의 연간 오염물질 부하량(BOD)을 산정하면 약 183,000여톤이 된다. 이는 전축종이 발생하는 총오염물질 발생량의 약 15~20%에 해당되는 양이다. 그러므로 안정화된 계분을 토양에 적정량을 환원하면 무공해 비료대체 효과를 기대할 수 있지만

자칫 잘못 관리하면, 지표수, 지하수 뿐만 아니라 토양오염을 유발하기도 한다. 이러한 우려는 현실로 나타나 국민들의 쾌적한 환경에 대한 욕구 증대와 맞물려 양계산업의 최대 현안중의 하나로 대두되었다.

생계분이 함유하고 있는 비료성분들은 단백질, 탄수화물 등과 같이 탄소를 주축으로한 C-H-O의 형태의 결합체인 유기물 상태로 존재하기 때문에 작물에 의해 직접 흡수될 수 있는 무기태로의 변환공정이 필요하다. 가축분뇨가 다 그러하듯 생계분의 경우도 ① 수분함량이 75~85%나 되어 수송이 쉽지 않으며, ② 계사 주위에 퇴적하거나 방치할 경우, 악취로 인한 민원이 빈발하고 있다.

특히, 강우 때 계분더미에서 용출된 인 및 질산태 질소로 인하여 지표수와 지하수가 오염될 수 있으며, 암모니아, 황화수소 등의 휘산으로 인한 공기오염(악취)은 물론이고 분에서 휘산된 공기중의 암모니아가 강우에 의해 토양에 쌓이면 암모늄태 질소는 질산화 작용에 의해 질산태 질소로 변환되어 식물이 흡수하고 H<sup>+</sup>이온이 남게되어 토양이 산성화 된다. 암모니아는 직접 지구 온난화에 관여하지는 않으나 질소 순환 과정에서 부영양화, 산성화를 통하여 산림 생태계를 파괴하고 NH<sub>3</sub>나 N<sub>2</sub>O의 휘산을 더 많이 한다. 암모니아 휘산량이 많으면 식물체에 직접 피해를 주어 고사시킨다. 미숙 계분을 농지환원 시키면, 호기성 미생물의 활동과 증식이 활발해져 유기물의 분해가 급속히 일어나며, 이 과정에서 발열반응으로 인한 작물의 열해(熱害), 유해기체의 다량방출, 유기물의 분해와 토양중에 형성된 질소, 탄소, 산소 등을 미생물들이 흡수·이용하므로써 일시적인

질소 및 산소 결핍현상을 나타낼 수 있다. 또 계분속에 포함되어 있는 병원성 미생물, 잡초 씨로 인하여 작물에 상당한 피해를 줄 뿐만 아니라 염류 및 미량 중금속이 직접 작물생육에 장애를 일으킬 수 있다.

## II. 연구의 목적

이미 전절에서 생계분 적정처리의 필요성은 이미 언급하였듯이, 생계분의 수분함량 저하 및 악취의 경감 뿐만 아니라 농지에 환원하였을 때 작물생장에 장해요인을 최소화할 수 있도록 적정 관리해야 한다. 그러므로 본 연구에서는 계분처리 시스템을 처리형태별로 분류하고, 이들의 효율을 분석하여 현장 적용 가능성을 제시한다. 또, 계분의 농지환원에 관한 문제점을 분석하여 농지환원의 기준을 제시하고자 하였다.

## III. 계분의 처리

사육규모의 대형화, 집단화 등으로 환경의 오염문제가 심각하게 대두됨에 따라 국내 양계농가의 계분처리도 퇴적-농지환원 등의 전통적인 방법에서 보다 짧은 시간에 계분을 안정화시킬 수 있는 송풍건조, 화력건조, 발효건조

등 기계적 처리방법으로 전환되기 시작하였다. 여기서는 현재 국내 양계농가에서 실용화되고 있는 계분처리시스템을 간략하게 살펴보기로 한다.

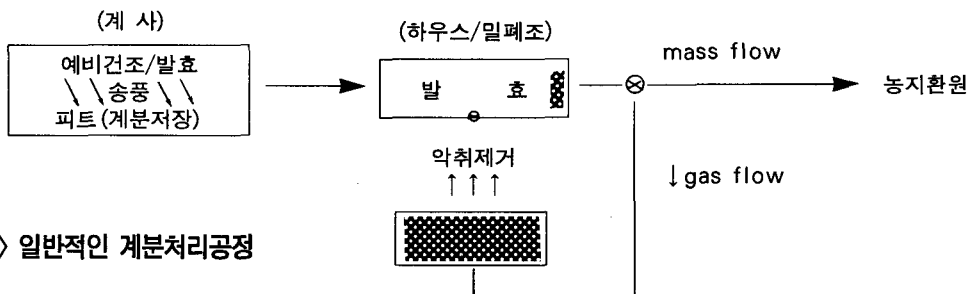
### 1. 계분의 처리체계

생계분이 궁극적으로 농지에 환원되기 까지 여러 공정을 거친다. 그림3은 일반적인 형태의 계분처리의 전공정을 나타낸 것이며, 농장의 여건에 따라 특수목적의 공정을 가감할 수 있다. 즉, ① 계사내 송풍시스템에 의한 예비건조→ 하우스 건조 및 발효→악취제거시스템(gas flow)→농지환원(mass flow) ②계사내 송풍시스템에 의한 예비건조→밀폐발효시스템(악취제거시스템 내장)→농지환원(mass flow) ③ 고상식 계사내 송풍시스템에 의한 예비건조→피트내로 낙하 계분 2차 건조 및 발효, 악취제거→농지환원(mass flow) 등의 공정을 예로서 고려할 수 있다.

### 2. 계분의 처리방식

#### 가. 건조처리

계분을 건조하려는 목적은 기본적으로 취급을 쉽게하고, 일시적이거나 미생물의 활동을



〈그림 3〉 일반적인 계분처리공정

표3. 계분의 수분함량과 퇴비생산비용

기종	투입 생계분의 수분함량 (%) (생계분 건조 방법)	제품 생산비	제품 소매가 (도매가) (포/15kg)	비고
A	46% (계사내 예비건조)	1,600원 (100)	2,240~2,800	A, A'은 동일 기종의 발효기
A'	52% (퇴적장 예비발효)	2,000원 (125)	(2,800~3,600)	
B	53% (교반 예비건조)	1,920원 (120)		
C	56% (계사내 예비건조)	2,080원 (130)		
D	76% (발효기내 heater이용)	3,040원 (190)		
E	74% (발효기내 heater이용)	2,960원 (185)		
F	74% (발효기내 heater이용)	3,840원 (240)		

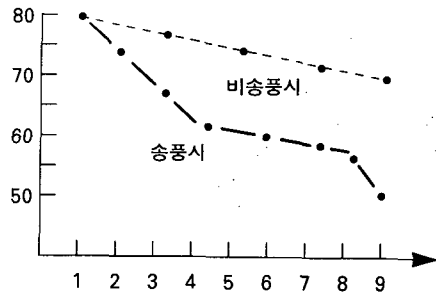
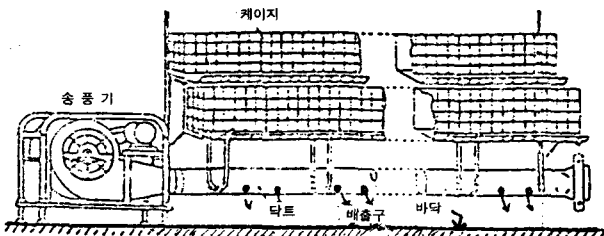
억제하여 계분을 안정화시키기 위함이다. 계분의 함수율을 30% 이하까지 건조하면, 악취와 점성이 현저히 저하되고, 미생물 활동도 정지되어 장기간 보존이 가능해진다. 그러나 건조를 위하여 가열하거나 석회처리한 계분은 병원균이나 잡초씨 등이 사멸하므로써 안정성을 높일 수 있지만 사용후 토양중의 수분을 흡수하면 미생물의 활동이 재개되어 생계분에서 유발되는 장해현상이 반복될 수도 있다.

전술한 계분의 화학성, 생물성의 개선을 위한 건조 외에도 경제성도 고려해야 한다. 표3은 계사의 퇴적계분 건조의 중요성을 제시한

자료로서 생계분의 수분함량이 46~56%(A, A', B, C)인 경우, 생산비가 판매가 보다 낮아 이익이 발생하지만, 수분함량이 74~76%(D, E, F)경우 연료비 부담 때문에 적자를 나타낸다. 특히 동일 기종(A, A')이라도 초기 함수율을 6%의 상승은 약 25%의 생산비 증가를 유발한다. 그러므로 처리물의 수분함량은 처리비용과 직결되므로 계분의 예비건조는 매우 중요하다.

1) 송풍에 의한 건조법

송풍건조는 계사의 구조 및 물리환경적 특성에 적합하게 설계(全長, 穿孔의 크기와 수, 천공간의 간격 등)된 송풍덕트를 케이지 채란반이 밑에 매달고, 고온저습한 공기를 지속적으로 공급하면 대류현상에 의하여 케이지 아래쪽에 쌓인 계분을 건조시키는 방법이다. 송풍에 의한 계분의 함수율 감소는 기상에 따라 편차가 크지만 약 20~30% 정도, 장마철은 10~15%의 감소가 가능하다. 따라서 본 방법은 계사내 암모니아 농도 감소 및 계분중 병해충의 발생도 어느정도 억제시킬 수 있어 계사의 환경개선에도 매우 효과적이다.



<그림 4> 계사의 전형적인 송풍시스템과 이에 의한 계분의 함수율변화

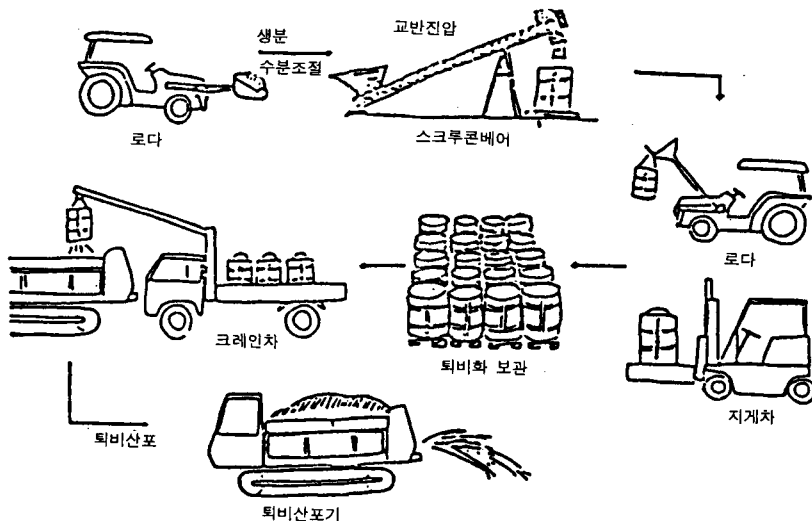
여름철 연변(수분 80%)의 경우 7일간 송풍으로 계분더미의 함수율을 50~60% 정도, 장마철은 자주 교반해주면 30~40%까지 낮출 수 있다. 가을에는 7일간의 송풍으로 약 20% 전후까지도 저하시켜 계사내에서 포장이 가능할 정도로 안정화시킬 수 있다. 또 송풍은 계사내 암모니아의 농도를 비송풍시보다 1/8 정도로 획기적으로 감소시키며, 일광 하우스건조 시설에서도 비교적 큰 감소가 가능하다.

## 2) 가온에 의한 건조법

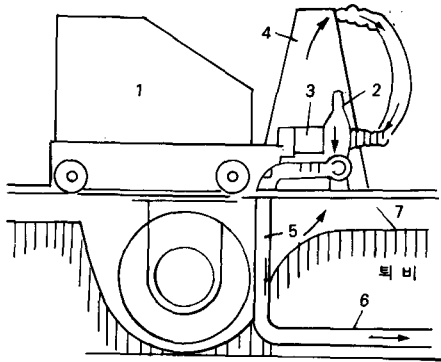
가온방법은 태양을 이용한 노지 또는 하우스 건조와 연료를 이용한 화력건조로 나눌 수 있다. 화력건조의 경우 단시간에 많은 양의 계분을 건조시킬 수 있으나 연료부담이 큰 것이 단점이다. 하우스 건조는 비교적 작업이 단순하며, 설치 및 처리비용이 싼 편이나 처리기간이 오래 소요된다. 따라서 처리기간 단축을 위해 농가에서는 하우스내 교반과 송풍장치를 설치하여 이용하고 있다.

## 나. 발효처리

계분발효퇴비란 미생물의 대사활동에 의한 발열반응으로 고온에 도달하게 되고 그 결과 수분 및 악취감소, 병원성 미생물, 잡초씨 등의 사멸과 충분한 유기물의 분해로 더이상 급속한 분해가 일어나지 않는 화학적으로 안정된 상태의 퇴비를 말한다. 그러므로 계분발효퇴비는 토양과 작물에게 피해를 주지 않고 안정된 상태에서 장기간 양분을 공급한다. 호기성 발효는 유기물의 분해과정에서 자체 발효온도가 60~80℃까지 도달하므로써 수분과 악취는 휘발되고, 병원성 이물질도 사멸되며, 분해속도 또한 빨라 처리기간이 단축된다. 따라서 최종 처리물은 공해요소가 거의 제거된 유기질 비료가 되며 취급 또한 쉬워진다. 그러므로 호기성 발효방법은 계분내에 서식하고 있는 많은 호기성 미생물의 증식과 왕성한 대사활동을 촉진시키기 위하여 최적 환경을 제공하기 위하여 퇴비화 조건을 충족시켜야 한다.



〈그림 5〉 비닐백 퇴비화 처리 공정



1. 교반기
  2. 브로아 : 풍속 25m<sup>3</sup>/분  
정압 210mm/Aq
  3. 모터(200V, 0.75kw)
  4. 흡입구
  5. 배출구
  6. 배출관(관선은 내압호스)  
φ65mm 3개
  7. 비닐시트
- \* 브로아의 풍량은 교반기가 1분간에  
진행하는 밀폐부분 용적의 2배 이상이 필요

〈그림 6〉 교반기 부착용 탈취장치

### 1) 저비용 계분 발효 시스템

#### 가) 비닐백 퇴비화 시스템

망으로 된 초강력 폴리에스테르 필라멘트계를 염화비닐수지에 코팅가압 처리한 메쉬백(mesh bag)에 생계분을 톱밥(왕겨, 발효건조분 등)과 혼합하여 함수율이 약 65% 정도 되도록 조정한 혼합물을 30~500kg의 단위중량으로 한 백을 장기간 저장고에 쌓아 퇴비화하는 방법으로 ① 설치비용 저렴 ② 파리 등 방제효과 탁월 ③ 토지소요면적 적음 ④ 부속도 양호 등의 장점이 있으나, ① 다단계 처리과정 ② 초기 2주 정도 악취가 심하며(암모니아 90→150→20ppm) ③ 장기간의 부속 등의 단점이 있다. 처리비용의 측면에서 분석하면, 비닐백 처리는 퇴비사 처리와 비슷하며 이를 100으로 보면, 교반식 퇴비시설에는 263이 소요된다고 보고되어 있다(그림5).

나) 교반식 퇴비화 및 교반기 악취제거 시스템

횡형 피트형 교반식 퇴비화 시설은 공간이

넓어 악취의 포집이 어려우며 탈취시설 적용이 곤란하다. 악취의 발생은 교반시 교반부위에서 정점을 이루므로 교반기에 공기흡입장치를 장치하여 흡입가스를 다시 퇴비상으로 주입시켜 흡착시키는 방법이다. 탈취 효과는 퇴비화 시설의 경우, 건조시설보다 피트깊이가 깊고 교

#### 표4. 교반식 퇴비화시설의 탈취장치 효과

탈취장치 의 유무	관능 검사			악취 성분(ppm)		
	악취농도	악취강도	피트폭도	암모니아	유화수소	매켈알칼탄
무	910	3.6	-2.6	90	ND	ND
유	110	3.4	-2.4	40	ND	ND
교반정지상태	20	1.1	-0.6	28	ND	ND

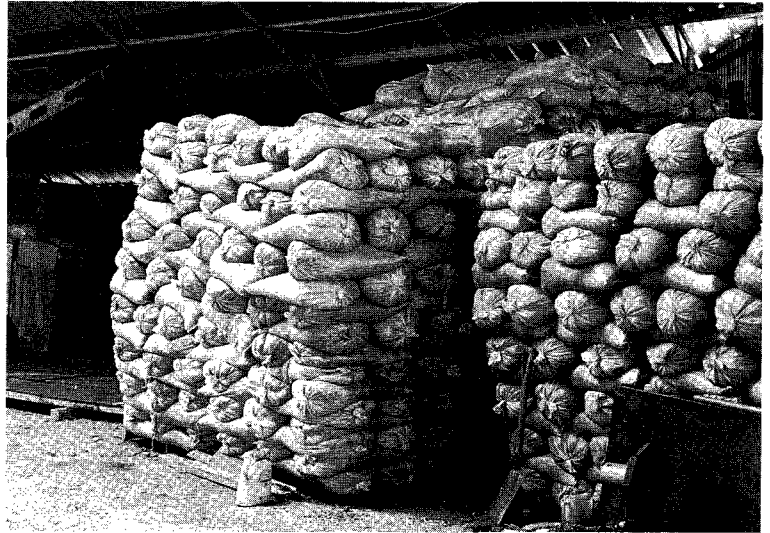
주) 측정부위 : 천정, 공기회석 배수:10배, 회석측정  
교반정지상태 : 약 24시간 교반을 하지 않은 상태

#### 표5. 교반식 건조시설에서의 탈취장치 효과

탈취장치 의 유무	관능 검사			악취 성분(ppm)		
	악취농도	악취강도	피트폭도	암모니아	유화수소	매켈알칼탄
무	160	3.9	-2.6	7	ND	ND
유	30	2.0	-1.1	5	ND	ND
교반정지상태	50	2.5	-1.4	8	ND	ND

주) 측정부위 : 천정, 공기회석 배수:10배, 회석측정  
교반정지상태 : 약 24시간 교반을 하지 않은 상태

반량 많아 상대적으로 탈취율은 적으나 흡입 송풍기 수수를 크게 할 경우 더 많은 양을 포집할 수 있다. 교반식 퇴비화 시설에서나 로타리 건조시설에서도 교반기에 탈취장치가 있는 경우도, 표4.5에서와 같이 악취농도를 1/5~1/9로 줄일 수 있다. 이와 같이 탈취장치가 낮아 탈취장치를 부착할 경우 상당한 효과가 있을 것이라고 예상된다.



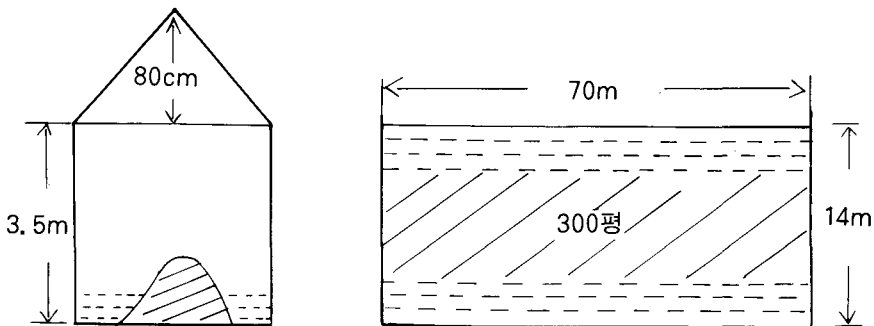
#### 다) 하우스 일광건조

최근 하우스를 이용한 수동적 태양열을 이용하여 계분내 수분을 증발·건조시키는 방법으로 스크레파로 계사내 계분 반출→상차 콘베어를 이용하여 경운기 적재→하우스 건조상 전면에 5cm 두께로 살포→그림7과 같이 일광건조후 중앙에 '△' 형태로 더미를 만들고 빈 공간에 다시 예비건조한 계분을 깔아 자연발효 유도→한계에 이르면 건조계분 포대담기 및 상차 작업→수요자 공급 등의 공정을 거친다. 비교적 적은 초기투자비로 건조효과 뿐만 아니라 파리 등 이물질의 방제효과가 뛰어나고 비료적 가치

도 기준 이상으로 만족할만한 결과를 얻었음이 보고되어 있다. 그러나 이는 구술에 의한 보고이며, 최근 계분의 증발건조방법이 비교적 널리 시공되고 있음에도 관련 실험이 이루어지지 않아, 시설선택을 위한 기초자료조차 없는 실정이다.

#### 라) 밀폐식 발효시스템

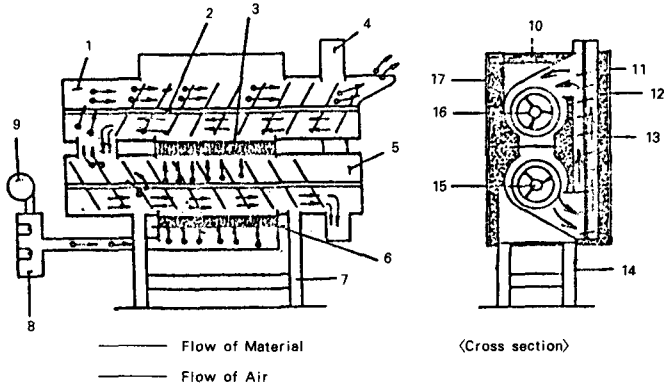
밀폐식 발효시설은 개방형에 비하여 시설소요면적 및 노동력 절감, 부숙물의 안정성, 악취제어의 용이함 등이 앞서나 초기 투자비가 높기 때문에 대규모 양계농가에서 주로 채택하



〈그림 7〉 하우스 일광건조 및 퇴적발효시설







1. 상부반응조 2. Screw Conveyor 3. Filter 4. 수직순환통로 5. 하부반응조  
 6. Filter 7. Structure 8. Heater 9. Blower 10. Styrofoam 11. 수직순환통로  
 12. 톱밥단열층 13. 함석 14. Structure 15. 하부반응조 16. 상부반응조 17. 함석

〈그림 9〉 횡형 밀폐시스템

이 시스템은 구조적으로 중형과 다를 뿐 기능상 정형과 같다.

#### IV. 계분의 처리기술

##### 1. 계분의 특성

계분은 질소, 인산, 가리 등 비료의 3요소 함유율이 다른 분뇨에 비하여 높은 복합비료이다. 따라서 계분은 화학비료와 유사한 성질이 있으면서 화학비료에 없는 생장물질, 유기물 콜로이드, 기타원소(비타민, 효소) 등이 있어서 과수나 채소류 재배에 많이 이용되고 있다. 계분은 우분, 돈분보다 속효성이므로 생육기간이 짧은 작물이나 다른 분뇨에서 분해가 늦다고 생각할때 이용할 수 있다. 우리나라에서 분석한 계분의 성분은 표7과 같다.

계분의 인산함량은 높지만, 이중 수용성 인

산은 약 15%에 불과하며, 가리는 함량은 낮으나 대부분 수용성으로 식물이 바로 이용할 수 있는 상태이다. 표8에 나타난 것과 같이 톱밥 발효분은 톱밥을 부재료로 쓰지 않은 퇴비에 비하여 성분함량이 낮으므로 부재료 혼합량에 따른 성분함량이 낮아진 것을 고려하여 사용하여야 한다.

표7. 계분의 성분함량(신선중%)

구 분	수분함량	질 소	인 산	가 리
계분 (15)	76.7	0.8	1.0	0.5
우분 (15)	81.5	0.3	0.4	0.2
돈분 (15)	75.4	0.7	1.1	0.4

주) ( ) : 분석 사료수

표8. 부재료 사용에 따른 계분 성분함량의 차이 (현물중%)

구 분	수분함량	질 소	인 산	가 리
계 분	69	4.29	4.16	1.65
톱밥발효계분	60	1.65	3.00	1.14

## 2. 계분퇴비의 품질

생산된 계분을 충분히 발효시키지 않고 사용하면 중간 분해산물에 의한 가스나 농도장해에 의하여 식물체의 발아가 불량하거나, 토양미생물의 생장을 몇 주 동안 억제하고 작물의 뿌리에 해를 줄 수 있다. 또한 멀칭재배에서는 멀칭자재의 파열이나 노동환경에 나쁜 영향을 미치기도 한다. 특히 건조분의 경우 이러한 문제가 발생할 가능성이 높다. 이러한 해작용을 제거하기 위해서 계분퇴구비는 기본 발효가 끝난 다음 악취가 나지 않고 암모니아태 질소의 함량이 낮아질 때까지 후열시켜야 한다. 그러나 장기간 후숙은 퇴구비 제조자에게는 자본의 회전속도를 느리게 하여 경영상 부담이 되므로 퇴구비의 종류별 품질에 대한 논쟁이 되고 있다. 독일의 연구결과에 의하면 건조분이나 펠렛분은 난분해 양분형태가 높아 계분퇴구비에 비하여 작물의 수량이 낮았다고 보고하였다(표 9 참조).

전술한 바와 같이 최근 건조처리한 계분, 톱밥, 왕겨 등을 이용한 발효처리 계분 등 다양한 퇴구비들이 실용화되고 있으나 과학적 사실에 근거한 계분품질에 대한 종합적 판정기준이

표9. 작물의 수량에 미치는 계분종류의 영향

(생체중, g)

재배조건	작물	계분종류		
		퇴구비	생분	건조분
온실	보리	588	463	421
	근대	747	296	166
야외	상치	604		340
	셀러리	518		297

없다. 보다 근원적으로 부재료를 사용한 퇴비가 좋은가? 사용하지 않는 것이 좋은가? 하는 논란마저 있다. 일반적으로 계분은 무기물 함량이 높기 때문에 부재료를 사용한 퇴비도 부속만 충분하다면 나쁠 이유가 없다. 부재료 사용시 톱밥과 왕겨 중 어느 것이 좋은가? 하는 것이 문제가 될 수 있다. 왕겨를 부재료로 사용한 계분퇴구비의 경우, 밭에 사용후 왕겨가 썩지 않아서 이용자가 기피하는 경우가 있다고 한다. 그러나 육안으로 보기에 톱밥도 분해된 것처럼 보이거나 실제로는 톱밥도 완전히 분해되기 위해서는 다년간의 시간이 걸리기 때문에 작물생육에 지장이 없다면 왕겨분도 나쁠 이유가 없다고 판단된다. 사용자측이 계분의 사용에 의하여 발생할 수 있는 문제점은 계분 자체가 발효가 완전히 되지 않아서 생기는 문제점도 있으나 사용방법이나 사용량이 과다 등의 요인이 복합적으로 생기는 경우도 많다.

## 3. 사용방법

화학비료를 잘못 사용하면 작물의 수량이나 품질에 나쁜 영향을 미치듯이 가축분뇨도 잘못 이용하면 화학비료와 같은 해작용이 있기 때문에 올바른 사용방법이 요구된다. 예로부터 우리나라에서 이용하여 오던 벧짚이나 식물체 퇴

표 10. 배추재배시 계분의 화학비료 대체효과

구분	처리	금비 표준	계분의 화학비료 질소 대체율(%)		
			30	45	60
수량(kg/10a)	4,028	9,825	9,919	9,825	9,923
질소흡수량(kg/10a)	8.0	20.2	18.0	19.1	17.2
이용율(%)	-	38.4	31.0	35.0	29.0
인산증가량(ppm)	-	128.0	240.0	303.0	399.0

비는 성분함량 낮아 토양에 아무런 거부반응이 없었으나, 최근 시판되는 퇴구비의 종류와 사용작물이 다양해지고, 밀폐 공간인 하우스 등에서 이용하므로 작물피해 사례가 빈발하고 있다. 유기질 비료는 질소에 비하여 인산함량이 높은 일종의 복합비료이고, 무기물 구성비율은 식물체가 필요로 하는 것과 서로 다르다. 따라서 어떤 성분을 기준으로 사용하는 것이 문제가 되는데 기본원칙은 성분함량이 낮은 성분을 기준으로 사용하는 것이 원칙이다. 이와 같은 계분의 특성을 고려할 때 계분을 전적으로 화학비료로 대체하는 데는 무리가 따른다. 표 10과 같이 배추의 수량측면에서는 질소사용량의 30~60%를 대체하더라도 감소는 관찰되지 않았으나, 토양오염의 측면에



서는 계분을 화학비료 60% 대체한 구에서 토양의 인산이 399ppm 정도로 과다집적되어, 필요질소의 30~50%는 계분으로 대체하고 나머지는 화학비료로 사용하여 시비량을 조절하는 것이 이상적인 계분이용방법으로 판단된다.

계분퇴비의 적정사용량은 표11에서 제시하였듯이 10a(300평) 목초와 옥수수의 경우 1~2톤, 채소의 경우 0.5~2톤, 논에서는 0.5~1톤이다. 톱밥발효계분의 경우 톱밥의 사용정도에 따라 다소 많은 양의 사용도 가능하다.

그러나 농촌진흥청의 조사에 의하면 실제 농가에서는 10a(300평) 당 5~20톤까지 과도하게 사용하는 사례가 많았다. 이것은 가축분뇨 사용량이 작물의 종류나 토양조건에 따라서 서로 다르기 때문에 가축분을 많이 사용하는 것이 수량측면에서 유리할 경우가 있으나, 이는 토양의 염류집적, 수질오염, 품질저하를 가져오기 때문에 적량사용이 요구되고 있다. 국내 실험자료에 의하면, 양배추의 경우 3~5톤(표 12), 토마토에서 6톤(표 13) 목초에서 3톤(표

표 11. 작물별 계분의 적정 사용량

작 물	사 용 량	
	건 조 분	발효퇴비
목 초	0.5	1.0~2.0
옥 수수	0.5	1.0~2.0
논	0.1~0.3	0.5~1.0
밭 작 물	0.2~0.5	0.5~1.5
채 소	0.2~0.5	0.5~2.0

표 12. 톱밥발효 계분의 사용량별 양배추 수량 (호시 '94)

계분 사용량	화 학 비 료 사 용 량		
	무 비	15kg N/10a	30kg N/10a
0	5423 (77)	6236 (88)	7063(100)
1톤	6237 (88)	7029 (99)	7749(110)
3톤	6674 (94)	7874(111)	8055(114)
5톤	6662 (94)	6991 (99)	7534(106)

14), 벼의 경우 0.8~1톤에서(표 15) 가장 높은 수량을 나타내었다.

채소 중에서도 가축분뇨에 대한 반응이 상이하다. 채소중에서는 양배추, 오이, 호박은 한계사용량이 높다. 일반적으로 채소는 생육기간이 짧기 때문에 완숙퇴비를 사용하는 것이 원칙이지만 채소중에서 토마토, 오이는 완숙퇴비가 아니어도 악영향이 적으나 상추, 셀러리, 당근, 양파, 마늘은 완숙분을 사용하여야 한다. 사용시 한번에 너무 많은 양을 주면 토양미생물에게 충격을 주기 때문에 나누어서 주면

표 13. 토마토 수량에 미치는 계분 사용효과

시 비 량	수량 (kg/10a)
무 비	8,008
계분 2톤/10a	9,440
계분 4톤/10a	10,290
계분 6톤/10a	12,520

표 14. 계분사용이 목초의 생산성에 미치는 영향 (1994, 축산연 보고서)

처 리	건물수량(kg/ha)	지 수
무 비	4,936	50
금비표준	9,827	100
계분 10톤/ha	8,454	86
계분 20톤/ha	10,508	107
계분 30톤/ha	11,667	119
톱밥발효 계분 10톤/ha	5,967	61
톱밥발효 계분 20톤/ha	7,324	75
톱밥발효 계분 30톤/ha	7,765	79

표 15. 벼의 수량에 미치는 계분 사용효과(kg/10a)

화학비료 표준사용구	계분사용량(톤/10a)		
	0.4	0.8	1.2
669	582	654	629

장해를 방지할 수 있다. 채소류의 경우에는 주로 계분을 기비로 사용하고 있으나 과수에서는 기비 뿐만 아니라 추비로 가능하다. 사용시기는 완숙퇴비는 원칙적으로 언제든지 사용이 가능하나 완숙이 안된 퇴구비는 너무 많이 사용하지 말고 파종 몇 주전에 사용하여 토양미생물이 분해가 가능케하여 주면 장해는 소실된다. 사용은 작물 재배전이나 작물생육중에 사용하며 겨울에는 뿌리지 않는 것이 좋다. 사용 후에는 상부층의 공기주입을 위하여 10~15cm 정도 알게 경운을 하여 준다. 미숙분을 너무 깊게 넣어주면 산소부족으로 작물생육에 장해를 줄 수 있다. 다른 한 가지 주의할 점은 분해가 늦은 질소가 상당량 있기 때문에 과다하게 사용하면 늦게까지 질소비효가 발현된다는 점이다.

#### 4. 계분퇴비 사용효과

작물의 생육, 수량 및 양분흡수와 관련된 계분의 사용효과에 대한 연구는 많으며 그 효과는 대체로 인정하지만 계분의 상태나 사용량, 기상이나 토양조건에 따라 다르다. 지금까지 계분퇴비는 주로 시설재배 등 채소재배와 과수재배에 이용되어 오고 있다. 계분의 사용에 의한 작물 수량의 증수에 대한 사례는 수없이 많은 연구에서 밝혀졌다. 벼의 경우 계분 사용에 의하여 쌀의 단백질 함량이 증가되었다는 보고가 있다. 채소의 경우 적정 사용량은 품질향상을 가져오지만 과다사용에 의한 당함량 저하, ascorbic acid 함량의 저하, 질산과다 등의 품질저하를 가져온다는 보고도 있다. 