

계분의 처리와 이용



이 규 호
(농촌진흥청 축산
연구관, 농학박사)

1. 서 론

오늘날과 같이 양계규모가 커지기 전에는 양계 사육수수(飼育首數)의 대부분이 거의 모든 농가에서 소규모로 자가소비 또는 부업적 형태로 사육되었으며, 농가당 계분생산량도 적었을 뿐만 아니라 화학비료 생산량도 많지 않았다. 또 주위에 토지도 많았으므로 계분은 관습적으로 비료로 사용되었으며 계분처리는 문제가 되지 않았다. 오히려 작물재배를 위해 토지에 시비하기에 계분이 부족하였다.

그러나 오늘날에는 토지와 노동과 자본의 이용효율을 높이기 위해 가축사육단위가 대규모화 내지 기업화 되었으며 닭의 사육호수(飼育戶數)는 반대로 감소되어 자연히 양계단위는 특정지역에 집중되게 되었다. 또 양계생산단지는 생산지로부터 소비지로의 수송문제 등을 고려하여 대도시 주변에 위치하여 왔으나, 인구 증가로 인한 농촌지역의 도시화 현상으로 오늘날 양계 생산단지는 점차 인구 밀집지역의 좁은 면적에 밀집하여 대규모의 집약적인 사양관리 형태를 취하게 되었다.

이와같이 대규모의 양계단위가 인구 밀집지역의 좁은 면적에 위치하게 되자 대량으로 생산되는 계분을 처리 이용하기에 충분한 토지를 갖지 못하게 되었고, 계분의 처리문제는

점차로 어려워지고 새로운 문제로 대두되게 되었다.

결국 생산된 계분을 다른 장소로 운반, 처리, 이용되는 것이 불가피해졌으나, 계분은 수분이 많아 수집과 운반과 토지에 뿌리는 일이 어렵고, 수집과 운반 및 살포 등에 많은 인건비가 들고 취급이 불편하여 비교적 염가이고, 취급이 용이한 화학비료의 발달로 비료로서의 이용마저 외면당하고 있다.

게다가 이러한 처치곤란한 계분을 제한된 면적의 주택가 주변에 방치할 경우 빗물에 흘러 환경과 공기오염을 초래하게 되고 냇물에 방류할 경우 수질오염의 문제가 되며, 일정한 장소에 다량의 계분을 퇴적 보관할 경우에도 악취와 먼지와 파리발생 등 공해문제를 가중시키고 있다. 즉 잘 이용하면 유용한 자원이 될 수도 있는 계분이 부담스럽고 처치곤란한 골치거리로 전락된 것이다.

생산된 계분의 양을 줄이는 것은 불가능하지만 계분을 적절한 방법으로 처리하고 비료 또는 사료로 사용함으로써 계분 내에 함유된 영양소를 식품생산에 재이용하는 것은 공해문제의 해결뿐만 아니라 부족한 자원의 활용이란 점에서 반드시 필요한 일이며, 생산자 자신뿐 아니라 전인류를 위해 경제적으로 유익한 일이라 할 수 있다.

계분의 처리 및 이용에 관한 많은 연구가 이루어졌으며, 몇가지 방안이 제시되어 있으나 아직 만족스러운 방법은 없는 형편이다.

2. 계분의 생산량

일정기간의 계분생산량을 추정하고 처리 및 이용계획을 수립하기

위하여는 계분의 정확한 생산량을 파악하는 것이 중요하다. 계분의 생산량은 사육하는 닭의 품종, 나이 그리고 사료의 품질 및 환경온도 등에 따라 달라지겠지만 계분생산량에 관한 보고를 몇가지 소개하면 다음과 같다.

White 등(1944)은 여러가지 품종과 연령의 산란계의 평균 계분생산량은 연간 1수당 생분(生糞)으로 62.5kg 정도라 하였으며, Yushok과 Bear(1943)는 백색 레그혼종 산란계는 연간 72kg의 계분을 생산하는데 이 계분생산량은 대체로 같은 기간중 사료섭취량의 2배에 해당된다고 하였다. 한편 Warden(1963)은 레그혼종 산란계는 연간 40kg 정도의 사료를 섭취하며 80kg 정도의 신선계분을 생산한다고 보고하였다. 또한 Papanos와 Brown(1950)은 산란계의 품종별 계분생산량을 다음과 같이 보고한 바 있다.

표 1. 산란계의 품종별 계분생산량

품 종 별	계분생산량, kg/수		비고
	1 일	연간	
백색레그혼	0.17	63	수분함량 75% 기준
로드아일랜드레드	0.18	66	
뉴햄프셔	0.17	63	
황반프리카스록	0.18	64	
평 균	0.18	64	

이상과 같이 산란계의 계분생산량은 보고자에 따라 차이가 있으며 연간 1수당 60~80kg, 1일 1수당 0.17~0.22kg 정도이다.

이러한 1수당 평균생산량을 기초로 전 사육수수에 대한 계분생산량을 추정할 수 있으며, 참고로 수분함량 75%의 생분을 건조하여 수분함량 12.5%의 풍건계분을 만들었을 경우 생분에 대한 풍건계분의 양은 3.5:1로 보면 된다.

3. 계분의 특성

계분을 처리 이용하는데 고려하여야 할 계분

의 특성으로서는 계분의 수분함량, 고형물함량 생물학적 산소요구량, 조직 및 영양소 함량 등을 들 수 있다.

가. 계분의 수분함량

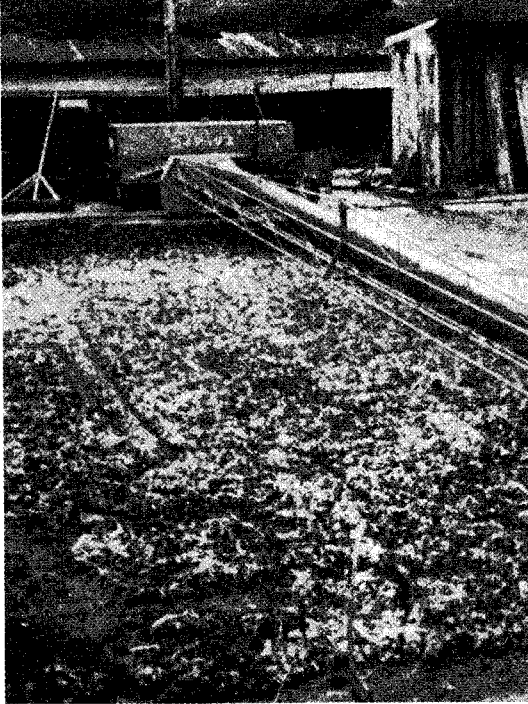
계분을 처리 이용하는데 어려움을 주는 가장 큰 요인은 높은 수분함량이다. 계분의 수분함량은 대체로 급여하는 사료의 품질과 사육하는 계절, 닭의 나이 및 배분후 경과된 시간 등에 따라 차이가 있으며, 또한 이물질의 종류와 혼입 정도에 따라서 크게 달라진다.

순수한 계분은 깔짚과 혼합된 것보다 수분함량이 높아 Ostrander(1965)는 배설 당시의 계분은 보통 75~80%의 수분을 함유한다고 하였고, Hart(1963)는 보통의 건강한 백색 레그혼종의 신선계분은 70%의 수분을 함유한다고 하였으나, White 등(1944)은 산란계 계분의 평균 수분함량은 76%라 하였다. 또 Papanos와 Brown(1950)도 여러가지 품종의 계분의 수분함량을 평균한 바 75%라 했고, Yushok과 Bear(1943)는 산란계분의 수분함량은 77.8%, 육성계분의 수분함량은 74%라 한 바 있다. 이상의 결과를 종합할 때 신선하고 순수한 계분의 수분함량은 대체로 70~80%임을 알 수 있다.

순수한 계분에 비해 평사제사의 깔짚과 계분의 혼합물은 깔짚의 종류, 퇴적기간 및 제사의 구조에 따라 수분함량에 큰 차이를 보이고 있어 Yushok과 Bear(1943)는 47.2%, White 등(1944)은 15.8%라 하였으나 Papanos와 Brown(1950)은 24%, Parker 등(1959)은 24.97%라 한 바 있다.

나. 계분의 고형물 함량

Hart(1963)에 의하면 계분 중에 들어있는 고형물에는 두가지 종류가 있는데 즉 첫째가 휘발성 유기고형물(揮發性有機固形物)이고, 둘째가 불활성 무기고형물(不活性無機固形物) 또는 회분(灰分)이라한다. 계분을 650℃의 전기로에 넣



△계분을 처리 이용함에 있어 수분함량, 고형물 함량, 산소요구량 등이 고려되어야 한다.

으면 유기고형물은 휘발하여 없어지며 무기고형물만 남게 된다. 계분의 총고형물중 유기고형물은 78%이며 이 유기고형물은 여러가지 처리방법에 의하여 분해 소멸되기 쉬우므로 오래된 계분은 신선계분보다 유기고형물이 적다고 할 수 있다.

1 일 수당 생산되는 총고형물로 Hart(1963)는 0.03kg, Papanos와 Brown(1950)은 0.044kg, Van Slyke(1932)와 Anderson(1957)은 각각 0.024kg과 0.016kg이라 보고한 바 있다. 하여튼 총고형물 생산량은 계분생산량과 계분의 수분함량(%)에 의하여 결정되는 것이다.

다. 계분의 생물학적 산소요구량

생물학적 산소요구량(生物學的酸素要求量: Biological Oxygen Demand: BOD)이란 호기적 상태(好氣的 狀態)에서 미생물(微生物)이 폐기

물을 분해하여 안정화하는데 필요로 하는 산소량이며 휘발성고형물 mg당 요구되는 산소의 mg 수로 표시한다. 생물학적 산소요구량은 계분을 하수처리하거나 방류처리 할때 생각해 보아야 할 중요한 점이다.

Hart(1963)가 추정 한 바에 의하면 계분의 생물학적 산소요구량은 휘발성 고형물 1mg당 0.30 mg이라하며, 1 일 1 수가 생산하는 계분을 처리하는데 소요되는 BOD는 0.007kg (1 일 1 수당 총고형물, 0.03kg×총고형물 중 유기고형물 비율, 78%×계분 중 유기고형물의 생물학적 산소요구량, 0.3)이라 하였다.

라. 조직(組織: texture)

계분의 조직은 배분 이후에 첨가되는 이물질에 의해 크게 달라지는데, 깔짚과 섞이므로써 조직이 거칠어지며 입자도가 달라지게 된다.

Hart(1963)에 의하면 계분은 입자의 균일성에 의하여 평가될 수 있으며 계분고형물의 절반 이상은 고은 체를 통과할 수 없을 만큼 크고 굵은 입자의 고형물은 미세한 입자에 비하여 훨씬 불활성이라 하면서, 금후 계분처리 기술개발은 이러한 계분의 입자특성을 이용하여야 할 것이라 하였다.

마. 계분의 영양소함량

계분은 식물이 자라는데 필요한 비료성분으로서의 3 요소(질소, 인산, 칼륨)외에 기타 성분을 함유하고 있으며, 또한 가축이 자라는데 필요한 사료성분으로서도 여러가지 영양소를 함유하고 있다. 이에 대하여는 다음에 자세히 논하고자 한다.

4. 계분의 처리방법

계분의 처리방법으로서 몇가지가 연구보고된 바 있으나 모든 경우에 다 만족스럽게 적용될 수 있는 방법은 아직 없으며 환경여건과 처리된 계분의 사용목적 또는 필요정도에 따라 적당한

방법을 선택하여야 할 것이다.

가. 토지에 직접 시비하는 방법

충분한 토지면적만 있다면 비료 또는 토양조절제로 직접 이용하는 것이 아직까지는 가장 만족스러운 방법이나, 주위에 충분한 토지를 갖기가 어렵고 다른 곳으로 운반하여 이용할 경우도 운반 및 시용에 드는 인건비가 값싸고 취급이 손쉬운 화학비료를 구입 이용하는 것보다 더욱 비쌀 수도 있기 때문에 계분의 비료로서의 용도는 줄어들고 있으며 이러한 경향은 앞으로 더욱 심화될 전망이다.

나. 건조(乾燥)하는 방법

계분의 단점인 냄새와 파리의 발생을 줄이기 위하여는 계분의 수분함량을 감소시켜야 하며, 계분의 수분함량을 10~15%로 건조시키면 포장 및 저장이 용이해지고 사료용 또는 비료용으로 판매도 가능할 것이다.

다만 계분의 건조에는 비용이 많이 들어 경제성이 염려된다. 특히 인공건조의 경우 노동력뿐 아니라 건조기구와 연료의 가격이 높아 비현실적일 수도 있다.

건조기계를 이용할 경우 연중 계분생산량이 충분해야 기계를 연속적 효율적으로 가동시킬 수 있으며, 이 경우도 건조기 주변의 냄새와 먼지공해가 문제된다.

한편 축산시험장(1976)에서 계분건조방법으로 일광건조와 비닐하우스건조 및 열풍기계건조방법을 비교한 바 그 결과는 다음 표 2에서 보는 바와 같다.

표 2. 계분 건조방법 비교

구 분	일광 건조	비닐하우스 건조	열풍기계 건조
건 조 기 간	13일	10일	28시간
건조계분의 조단백질 함량	22%	24%	28%
건조비용(원/kg)	46	43	168

즉 건조기간이나 영양소 손실면에서 기계건조가 절대 우수하나 건조비용에서 단연 불리하다. 그러나 기계의 구조와 성능을 개선하고 비용을 절감하면 기계건조도 가능해질 것이며 비닐하우스 건조도 생각해 볼만하다.

다. 소각(燒却 : incineration)하는 방법

계분을 처리하는 방법으로서 태워버리는 방법이 효과적일 수도 있다고 한다. 계분은 일단 타기 시작하면 그리고 적당한 수분함량만 유지되면(75% 이하) 자체연소열로도 무한정 계속 탈 수 있기 때문이다(Warden, 1963).

Hart(1964)도 계분의 고형함량이 35% 이상이면 이론적으로 자가연소가 가능하다고 하였으며 타고 남은 재는 인(燐)과 칼륨을 함유한다고 하였다.

Ludington(1963)은 계분의 수분함량이 60% 이하로 유지되면 자가연소가 계속될 수 있으며 계분 중의 유리수분을 기계적으로 처리할 수 있으면 소각하는 것이 가장 경제적인 계분처리방법이라고 하였다.

라. 퇴비를 만드는 방법(Composting)

Hart(1964)는 계분으로 퇴비를 만드는 것도 계분을 처리하는 한 방법이라 하였으며 계분은 퇴비를 만들기엔 적합한 재료라 하였다. Eby(1964)는 지역적으로 채소나 화훼재배를 위한 시설원예가 이루어져 부숙(腐熟)퇴비의 수요가 많은 곳에 적합한 방법이라 하였고 Eno(1962)는 깔짚과 혼합된 계분은 퇴비가 잘 되었으나 순수계분은 퇴비를 만들기 전에 예비건조를 시

키거나 수분조절제를 섞을 필요가 있다고 하였다. Ludington(1961)도 퇴비가 잘 만들어지기 위하여는 수분이 적당하고 호기성세균(好氣性細菌)이 성장할 수 있도록 재료 중에 공기유통이 잘되어야 하며 젖은 계분은 수분조절제를 섞어야 한다고 하였다.

기후조건도 중요하여 비나 눈에 맞는 것은 좋지 않으며, 세균의 활동은 온도가 내려감에 따라 감소하여 0℃에서 중지하지만 퇴적기간 중에는 열이 발생하여 겨울철에도 완숙퇴비의 제조가 가능하다.

마. 부패조(腐敗槽)를 이용하는 방법(lagooning)

lagooning이란 부패조에서 세균에 의해 액체상태로 운반된 폐기물을 부패시키는 방법으로 계분처리에 이용될 수 있을 것으로 보이나 아직 부패조의 적당한 구조, 크기, 위치 등이 정해져 있지 않으며, 상당한 토지면적과 다량의 물이 필요한 문제점이 있다. Ludington(1961)은 lagoon에 관한 문제점은 ①lagoon의 크기 ②계분의 완전분해를 위한 물과 고형물의 비율 등이며 보다 많은 연구가 이루어지면 계분처리를 쉽게할 수 있는 방법이 될 것이라 하였다. Bell 등(1965)은 1에이커(1224坪)의 면적에 6피트 높이의 lagoon이면 15,000수의 산란계 계분을 처리할 수 있다고 하였으나, Hart와 Turner(1964)는 lagoon은 용적단위로 설계되어야 한다고 하면서 1수당 14.6입방피트 이상이 필요하나 냄새가 lagoon의 크기를 결정하는 요인이 된다고 하였다. 한편 Hartman(1963)과 Warden(1963)은 14,000수의 계분을 1년간 퍼내지 않고 처리할 수 있는 옥내 콘크리트 탱크도 가능하다고 한 바 있다. 그러나 이 방법은 현실적, 기술적, 경제적으로 의문점이 아직 많이 남아 있다.

5. 계분의 사료이용

계분을 사료로 재이용하는 것은 공해문제와 사료자원부족을 다소나마 해결하는데 목적이 있으며, 농후사료의 대부분을 수입에 의존하고 있는 우리나라의 실정에서 더욱 중요한 의미가 있다.

우리나라에서 계분은 주로 비료로 이용되어 왔으며, 이를 사료화하려는 연구도 많이 이루어졌으나 경제성검토 등 구체적이고 실용적인 사료화방안이 더욱 연구되어야 할 것이다.

가. 계분의 사료이용 형태

계분은 주로 케이지제사에서 순수하게 수집된 것을 인공건조 또는 자연건조에 의해 건조하여 다른 사료와 함께 배합 이용하는 것이 보통이며, 순수하게 수집된 계분에 다른 재료(건초, 볏짚, 옥수수사일리지, 기타 농업부산물)를 섞어 사일리지를 제조 이용하는 방법과, 브로일러나 산란계의 평사시에 나오는 계분과 깔짚의 혼합물(자리깃)을 건조하여 이용하거나 사일리지로 제조 이용하는 방법 등이 있다. 그 외에 계분을 일정한 압력하에서 중기로 처리하는 방법, 계분에 집파리의 유충을 번식시켜 자란 구더기를 분리하여 단백질원으로 이용하거나 구더기가 포함된 계분을 그대로 건조 이용하는 방법, 계분에서 이물을 제거한 후 건조하고 여기에 여러가지 사료첨가물과 중균을 접종하여 발효사료를 제조하는 방법 등이 있다.

나. 계분의 영양소함량

계분의 영양소함량은 급여하는 사료의 종류, 닭의 품종과 나이, 처리가공방법 등에 따라 영향을 받으며 계분을 수집하는 동안의 환경온도와 수집시간의 장단, 이물질의 혼입 등 주위환경과 취급상의 부주의로 영향을 받을 수 있다.

건조계분과 계분깔짚 혼합물(자리깃) 및 계

분과 깔짚혼합물사일리지(자리깃사일리지)의 영양소함량은 다음 표 3에서 보는 바와 같다.

표 3. 계분과 자리깃 및 자리깃사일리지의 성분

구 분	건조계분(1)	자리깃	자리깃사일리지(2)
수 분%	11.4	15.50	
조 단 백 질%	28.70	25.30	21.13
요 산%	6.30	8.50	
순 단 백 질%	10.50	16.60	20.88
아미노산총량%	8.60	-	
지 방%	1.76	2.30	3.48
가용무질소물%	35.61	27.10	
유효탄수화물%	6.70	-	
조 식 유%	13.84	18.65	59.26
회 분%	26.50	14.10	
칼슘%	7.80	2.50	1.57
인 %	2.20~2.70	1.60	0.38
대사에너지 kcal/kg	660	-	

(1) Blair와 Knight (1973)와 Creger 등 (1973)

(2) Young과 Nesheim (1972)

즉 조단백질(질소×6.25)함량은 매우 높은 편이며 순단백질은 순수계분이 10%이나 자리깃과 자리깃사일리지의 순단백질은 16%과 20%로 매우 높다. 그리고 계분중 비단백태 질소 화합물의 주요형태인 요산은 건조계분과 자리깃에는 각각 6.3%와 8.5%로 상당량이 있으나 자리깃사일리지는 없는 것이 특징이다. 건조계분의 대사에너지는 660kcal/kg로 나타나 있으나 학자에 따라 792~1,350kcal/kg로 측정된 바

있으며 평균 1,071kcal/kg 정도이다. 자리깃사일리지의 성분은 연구보고자료도 충분치 못할 뿐 아니라 깔짚의 재료, 사용기간 등에 따라 성분변이가 크다.

다. 계분의 사료가치

계분은 사료로 이용되는 형태도 다양하고 이들의 사료가치에 관한 국내외 연구보고도 수없이 많아 일일이 시험예를 소개할 수는 없으나, 계분의 사료영양적인 특성은 에너지가 낮고 조단백질 함량은 비교적 높으나 비단백태질소 특히 요산태 질소의 함량이 높아 닭에는 이용이 잘 안되며 어린병아리에는 독성까지 있으므로 반추가축에 이용하는 것이 좋고, 계분을 배합 사료에 첨가할 경우 지방첨가에 의한 에너지 보충이 필요하다.

표 4. 계분의 가축별 적정급여수준(%)

구 분	건조계분	자리깃
브로일러 또는 병아리	5~10	-
산란계	5~20	-
비육우	5~25	25
돼지	5~10	-
양	25이하	25

이제까지 보고된 문헌을 종합해 볼때 계분의 가축별 적정급여수준은 다음 표 4에서 보는 바와 같으나, 이는 가축의 생산성을 근거로 한 것이며 그 외에 경제성 문제도 고려하여 급여수준을 결정하여야 할 것이다.

• 채란분과 위원회〈매월 15일〉 • 육계분과 위원회〈매월 27일〉

축산회관 회의실에서 정기적으로 개최되는데 회의에 앞서 각종 세미나를 개최하오니 분과위원 및 관심있는 양축가들의 많은 참여를 바랍니다.

(토요일, 공휴일은 다음날로 순연)