

» 계분처리 및 이용방안

계분 비료화에서 에너지화까지



정 광 화

국립축산과학원 축산환경과 농업연구사

지난 2013년 말의 통계자료를 근거로 보면 국내에서 1년간 발생한 계분은 총 6백52만1천톤으로써 소, 돼지를 비롯한 전체 축종에서 발생한 가축분뇨 총량의 약 13.8%에 달하였다. 계분은 분과 노가 혼합된 상태로 배설되는데 건강한 닭이 배설한 계분의 수분함량은 다른 축종의 분뇨혼합물과 비교하면 낮은 편에 속한다. 또한 계분 수거용 벨트방식을 사용할 경우에는 계분의 수분함량이 더 낮아질 수 있다. 계분은 굵기나 직경이 타 축종에 비해 작은 관계로 동일한 무게의 타 축종 분뇨에 비해 분뇨의 표면적이 훨씬 더 크다. 따라서 배설된 후의 건조도 다른 축종의 분뇨에 비해 더 빠르게 이루어질 수 있는 특성을 가진다. 이런 조건으로 인해 계분은 퇴비화 처리에 적합한 수분함량으로 맞추기가 상대적으로 더 쉬운 편이다. 본고에서는 계분이 가지는 특성과 계분의 적정처리 및 이용방법에 대해 논하도록 하겠다.

1. 계분의 특성

계분에는 식물이 필요로 주요 비료성분이 함유되어 있어서 토양의 비옥도를 향상시키는 효과가 있다. 2008년도에 농촌진흥청에서 제시한 축종별 분뇨배설량과 성분함량 분석 결과에 따르면 계분의 질소, 인산, 칼리의 함량은 표1과 같고 이 값은 젓소와 돼지 그리고 한우분뇨 중의 질소, 인산, 칼리의 함유량보다 더 높다.

계분의 수분함량은 닭의 성장단계나 계절, 배설 후 수거시까지의 경과시간 그리고 수거방법 등 각종 여건에 따라 달라지겠지만 2008년도에 발간된 가축분뇨자원화시설 표준설계도 해설서에 제

표 1. 계분의 배설량 및 주요 비료성분 함량

구 분	육 계		산 란 계
	암	수	
배설량(g/수/일)	83.6	87.3	124.7
질소(%)	1.14	1.23	1.39
인산(%)	0.28	0.30	0.62
칼리(%)	0.45	0.54	0.68

가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정(농촌진흥청, 2008)

시된 바에 따르면 산란계나 육계분의 수분함량은 모두 다 74.9%로써 젖소 82.3%, 한우 78.4% 돼지 73.9%(돼지 분뇨혼합식은 90%)에 비해 볼 때 수분함량이 낮은 수준에 해당한다. 이 사실은 계분을 퇴비화 처리함에 있어서 적은 양의 수분조절재를 사용하고도 원활한 퇴비화가 가능하다는 것을 의미한다.

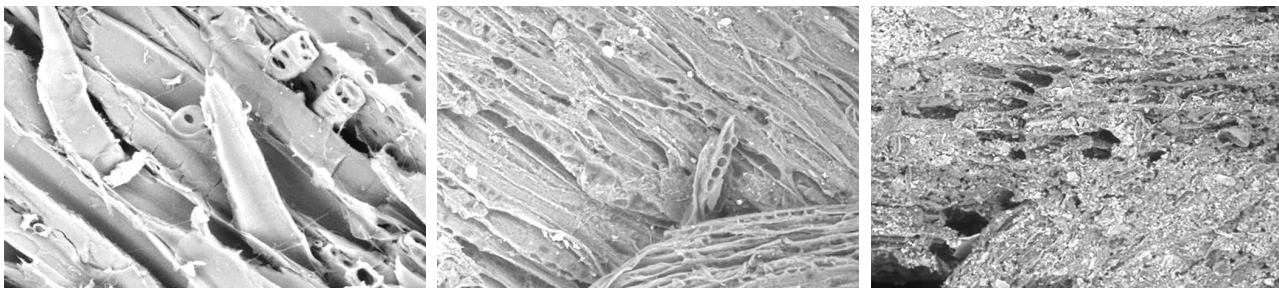
수분조절재로서 톱밥이 널리 사용되는데 톱밥 혼합량을 줄인다는 것은 톱밥구입 비용을 절감하면서도 부숙된 계분퇴비의 비료성분 함량을 높일 수 있다는 일석이조의 이점을 가진다. 통상적으로 톱밥에는 약 0.05% 정도만의 질소가 함유되어 있고 인산과 칼리의 함량도 높지 않은 관계로 퇴비에 톱밥혼합량이 많다는 것은 토양의 물리성 측면에서는 좋을 수 있겠지만 비료가치 측면에서는 바람직하지 않다. 원료 목재에

따라 약간씩의 차이가 있지만 톱밥에는 셀룰로스, 헤미셀룰로스, 리그닌 등의 주요 성분과 수지나 무기물을 포함한 미량성분이 함유되어 있으며 목재중에서 셀룰로스가 차지하는 비중은 50% 내외정도이다.

이와 같이 목재에는 가축분뇨에 비해 분해가 어려운 성분들이 함유되어 있으므로 퇴비화 미생물의 활동을 위한 에너지원으로 이용되는 탄소의 분해 및 이용성 측면에서도 최적의 조건은 아니다. 사진 1은 퇴비화 과정 중에 톱밥표면이 분해되는 모습의 전자현미경 사진이다. 일반적으로 가축분 퇴비는 토양 중에서 천천히 분해됨으로써 화학비료에 비하여 비료효과의 지속성이 길다는 특징을 가진다. 가축분 퇴비 중에서는 계분퇴비가 토양에 시비된 후 비효가 나타나는데 필요한 기간이 우분이나 돈분퇴비에 비해 짧다.

2. 계분의 적정처리 방법

현재 국내의 경제적, 사회적, 기술적 상황을 고려하면 가축분을 퇴비화나 액비화 또는 에너지화하여 자원으로 재활용하는 것이 최선의 방법이다. 가축분 중에서 계분은 반 고형상으로 배출되기 때문에 퇴비화에 의한 처리가 거의 전부를 이



▲ 퇴비화 시작시 톱밥

▲ 1개월 경과시 모습

▲ 퇴비 완숙 후 모습

사진 1. 퇴비화기간 경과에 따른 톱밥 표면의 물리적인 변화 모습

룬다. 그밖에 바이오가스화와 연소용 연료화 등에 의한 에너지화 처리방법이 있겠지만 바이오가스화의 경우 계분의 수분함량이 낮으므로 건식 혐기소화기술이 적용되어야 하고, 연료화의 경우는 계분의 낮은 열량가치를 향상시켜야 한다는 숙제가 존재하므로 아직까지는 계분처리에 에너지화 방법을 직접 적용하는 것이 쉽지 않다. 따라서 본고에서는 계분의 퇴비화에 의한 적정처리에 대해서 알아보기로 하겠다. 앞서서 논하였듯이 계분의 퇴비화시에는 톱밥 등의 수분조절재 첨가량을 줄여줄 수 있는 기술의 적용이 필요하다.

1) 계사 내에서의 계분취급 방법

산란계사의 경우 계분 수거시에 계분의 수분함량이 낮아질 수 있도록 하여야 할 필요가 있다. 계분의 수분증발은 계사내 공기의 습도에 따라 달라지므로 닭의 주령에 따른 온, 습도 허용범위 내에서 계사의 습도를 낮게 유지하도록 조절한다. 이때 유의하여야 할 사항은 계분이 건조될 시에 계사온도가 높으면 계분중의 질소가 암모니아(가스형태)로 변화하여 휘산되기 때문에 가급적 온도가 높은 시간대에는 계사 내에 존재하는 계분양이 적어지도록 계분 배출시간을 설정하는 것도 좋다. 여름철 고온기에 계사내부 온도가 높아지면 닭들의 음수량이 많아짐에 따라 연변 배설이 늘어나게 되어 계사환경 유지 및 계분처리에 어려움이 생긴다. 따라서 적절한 환기상태를 유지하는 것은 축사환경 유지와 가축 생산성 및 계분 퇴비화 측면 모두에서 바람직한 결과를 가져온다. 육계사의 경우에도 발생된 계분을 받아들이고 닭들에게 안락함을 주는 용도로 계사 바닥에 톱밥 또는 왕겨를 깔짚재로서 깔아준다. 육계 한 마리의 1일 평균 분 배설량이 85.5g

이고, 계사 1m² 당 25수의 닭이 사육된다고 가정하면 계사 1m² 당 1일 약 2,138kg의 분이 배설된다. 사육기간을 35일로 잡으면 1m² 당 약 74,83kg의 계분이 발생한다. 계사에 깔아주는 톱밥 두께를 3cm로 하면 1m² 당 약 30리터의 톱밥이 투입되고 5cm로 하면 1m² 당 약 50리터, 10cm 두께면 100리터의 톱밥이 소요된다.

계분 발생량은 거의 정해져 있기 때문에 계사 상황에 따라 톱밥 소요량이 결정된다. 바닥재 두께를 결정하는 것은 계사환경 조절관련 요소인데 그 중에서도 환기가 가장 중요하다.

계분 처리 및 퇴비화 효율을 고려한다면 적절한 계사환경을 유지해서 바닥깔짚재의 과습을 방지할 수 있는 한도 내에서 톱밥 등의 깔짚재 사용량을 줄이도록 한다.

2) 계사 외부에서의 계분 취급방법

계분이 계사 밖으로 빠져나오면서부터 본격적인 계분처리 절차가 시작된다. 발생된 계분을 퇴비화하는 것이 일반적인 방법이므로 적절한 계분 퇴비화가 진행될 수 있는 조건을 조성해주어야 한다. 계분 퇴비화는 계분이 퇴비화 미생물에 의하여 분해되어 자연환경에 나쁜 영향을 주지 않을 정도로 안정화되는 부숙과정이라고 할 수 있다. 또한 완숙된 퇴비는 유기성 비료자원으로서 토양에 환원되어야 하므로 적절한 비료성분을 함유하여야 한다. 계분의 적절한 퇴비화과정 진행을 위해서 필요한 사항을 요약하였다.

(1) 수분조절

계분의 수분은 퇴비화진행 시작단계에서 중요한 요소로 작용한다. 수분함량이 너무 낮으면 퇴비단중에서 퇴비화가 원활하게 진행되지 못

하고 건조되어버리는 부분이 발생한다. 퇴비화 측면에서 보면 건조는 바람직한 현상이 아니다. 퇴비화과정을 거치면서 계분중의 유기물이 분해, 부속되어 식물 뿌리가 흡수할 수 있는 무기성 이온 형태까지 변화하는 안정화단계를 거쳐야 하는데 계분이 건조되어버리면 정상적인 부속화과정을 거치지 못하기 때문이다. 부속되지 않은 상태에서 건조된 계분에 물이 닿으면 다시 유기물 분해가 진행되게 되므로 토양 중에서의 2차 발효에 의한 작물생육 피해 및 토양오염의 위험성을 안게 된다.

반대로 수분함량이 너무 높으면 공급된 공기가 제대로 이전되기가 어려워져 퇴비단 내부에 공기(산소) 농도가 부족한 혐기적 상태가 될 수 있다. 계분 퇴비단이 혐기적 상태가 되면 퇴비화 진행이 매우 느려지거나 심할 경우 몇 개월이 지나도 계분이 그대로 있는 경우도 있다. 퇴비단에 공기가 제대로 공급되지 못하는 경우에는 황화수소 등과 같은 악취 유발성 가스가 발생한다. 황화수소는 수증기와 결합하여 축사나 퇴비화시설을 부식시키는 산을 생성하는 등 환경과 시설 그리고 퇴비품질 등에 나쁜 영향을 미친다. 퇴비화시에는 퇴비단의 수분함량을 65%내외로 조절하는 것이 좋는데 농가현장에서는 퇴비화 대상 분뇨를 손으로 짰 쥐어보았을 때 손가락 틈으로 물이 흐르지 않을 정도로 수분이 맞으면 퇴비화에 적절한 것으로 보아도 무난하다.

(2) 공기공급

퇴비화에 관여하는 미생물은 주로 산소를 필요로 하는 호기성 미생물이므로 퇴비화시 산소공급 조절은 그 무엇보다 중요한 요소가 된다. 공기(산소)공급은 송풍 장치 사용과 교반 및 뒤집기

작업 등에 의해서 이루어진다. 특히 교반은 퇴비단의 혼합효과가 있어서 퇴비화 미생물과 계분과의 접촉을 원활하게 하여 퇴비부속을 앞당긴다. 퇴적식의 경우 포크레인 또는 로더를 이용해서 뒤집기를 하는데 퇴적식에 있어서 뒤집기는 공기공급의 역할을 겸하므로 그 중요성이 크다. 발효장의 경우에는 퇴비를 일시에 반출하기보다는 일부 부속퇴비를 남겨두는 것이 퇴비화 미생물의 수를 유지하는데 도움이 된다.

(3) 충분한 후숙

1차 부속이 완료된 계분퇴비를 퇴적한 후 사정이 허락하는 한 충분한 시간을 두고 후숙시키도록 한다. 후숙기간 중에도 뒤집기를 실시하여 퇴비단 내에 축적된 암모니아 등의 악취유발성 가스를 휘산시켜 주면 퇴비 시용시 악취발생 우려도 줄어들고 경작지에서의 식물에 대한 가스 피해도 경감시킬 수 있다.

3. 계분의 이용방법

현재의 기술적 조건을 고려하면 계분을 이용하는 최적의 방법은 퇴비화에 의한 유기성 비료자원으로서의 활용이다. 계분 퇴비화의 궁극적인 목적은 계분을 유기성 비료자원화 하여 자연으로 환원하는 것이기 때문에 우리 생활환경과 자연환경에 해가 없고 식물이 쉽게 흡수할 수 있는 상태까지 퇴비화를 진행시켜야 한다. 따라서 앞에서 제시된 사항들을 고려하여 완벽하게 계분 퇴비화 처리를 하여서 품질 좋은 계분퇴비를 생산하고 이용하여야 할 것이다. 향후에 계분의 에너지 자원화 기술이 더 발전하면 유용자원으로서의 계분의 활용범위가 더 넓어질 것으로 기대된다. **양계**