

## 02

## 축산냄새 저감을 위한 기술현황



하 태 환  
서울대학교 농업생명과학연구원 /  
선임연구원  
crown850@gmail.com

## 1. 머리말

국내 축산업은 국민소득 증대에 따른 수요 증가와 함께 지속적으로 성장하고 있으며 2016년 기준으로 전체 농림업 생산액의 약 40%를 차지하여 국내 농산업의 중요한 하나의 축을 맡고 있다. 하지만 축산업의 발전과 함께 가축 사육두수의 증가는 필연적으로 가축분뇨 발생량의 증가를 가져왔으며 이는 축사에서 발생하는 축산냄새의 강도 및 발생빈도의 증가를 야기하였다. 축산냄새는 감각·주관적인 오염물질로 2005년에 시행된 악취방지법에서는 황화수소, 메르캅탄류, 아민류, 그 밖에 자극성이 있는 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새를 악취로 정의하고 있으며, 축산시설의 밀집화, 귀농인구의 증가, 신도시 개발에 따른 축산시설과 주거지역간의 이격거리 감소 등으로 인하여 축산악취에 대한 지역주민의 민원이 급증하고 축산농가와 지역주민과의 대립이 발생하고 있는 실정이다. 환경부 발표에 따르면 축산냄새와 관련된 민원은 2011년 2,838건에서 2015년 4,323건으로 연평균 14%씩 크게 증가하고 있는 실정이다.

따라서 본고에서는 축산냄새로 인하여 발생하는 사회적 문제를 해소하기 위하여 개발되어 있는 사료배합과 연계된 축산냄새 저감 방법, 시설 개선을 통한 냄새저감 방법, 분뇨처리 및 관리개선을 통한 냄새저감 방법 등을 정리하고 종합하고자 하였다.

## 2. 사료첨가제를 통한 냄새저감 기술

과거부터 가축의 생산성을 극대화하기 위하여 가축의 필요 영양소 요구량을 초과하는 영양소가 과잉 공급된 사료를 이용하여 왔다. 하지만 이상적인 조건 하에서도 가축이 섭취한 영양소는 100% 이용될 수 없으며 이처럼 과잉 공급된 영양소는 가축의 소화기 내에서 일정량 소화 및 흡수된 뒤 분뇨를 통하여 잔여량이 배출되어 환경오염 부하량 증가와 더불어 축산냄새 발생에 영향을 미친다. 따라서 환경개선제를 사료에 첨가하여 가축에 급여할 경우에는 사료의 소화를 촉진하고 분변 내의 질소화합물량을 저감시켜 악취 저감 효과를 기대할 수 있다.

생균을 사료에 첨가하여 가축에 급여하는 경우에는 장내 미생물의 성장 및 장내 균총에 직접적으로 관여하여 소화에 유용한 미생물을 증가시킴으로써 사료의 소화효율을 향상시키고 분변 내의 악취유발 물질을 감소시킨다. 이와 더불어 섭취된 생균은 가축의 장내에서 앞서 설명한 역할을 수행한 이후에 단백질원으로 가축에 흡수되기 때문에 추가적인 효과를 기대할 수 있으며, 동물사육에 이용되고 있는 일반적인 미생물은 다음 표와 같다.

<i>Aspergillus niger</i>	<i>Lactobacillus cellobiosus</i>
<i>Aspergillus oryzae</i>	<i>Lactobacillus curvatus</i>
<i>Bacillus coagulans</i>	<i>Lactobacillus delbruekii</i>
<i>Bacillus lentus</i>	<i>Lactobacillus fermentum</i>
<i>Bacillus licheniformis</i>	<i>Lactobacillus lactis</i>
<i>Bacillus pumilus</i>	<i>Lactobacillus plantarum</i>
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Lactobacillus reuteri</i>
<i>Bacteriodes amylophilus</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
<i>Bacteriodes capillosus</i>	<i>Pediococcus acidilactici</i>
<i>Bacteriodes ruminicola</i>	<i>Pediococcus cerevisiae</i>
<i>Bacteriodes suis</i>	<i>Pediococcus pentosaceus</i>
<i>Bifidobacterium adolescentis</i>	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>
<i>Bifidobacterium animalis</i>	<i>Propionibacterium shermanii</i>
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>Bifidobacterium infantis</i>	<i>Streptococcus cermoris</i>
<i>Bifidobacterium longum</i>	<i>Streptococcus diacetylactis</i>
<i>Bifidobacterium thermophilum</i>	<i>Streptococcus faecium</i>
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Streptococcus intermedius</i>
<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Streptococcus lactis</i>
<i>Lactobacillus casei</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>

표 1. 동물산업에 많이 이용되고 있는 미생물

생균 이외에 활성탄 또는 광물질을 사료첨가제로 이용하는 경우에는 해당 사료첨가제가 소화기관을 지나면서 소화 불량의 물질이나 악취발생 원인이 되는 성분을 흡착하고 소화 유용한 미생물을 조정하여 소화효율을 높이는 효과가 있다. 특히, 주요 악취발생 물질 중 하나인 암모니아 가스의 경우 첨가된 활성탄 및 광물질 표면의 공극에 직접 흡착되어 악취가 억제되는 효과를 가지고 있다.

## 3. 축사 내부에서의 냄새 발생량 저감 기술

축사 내부에서 발생하는 냄새물질은 공기 중 분진 입자에 흡착되어 이동된다고 보고되고 있다. 이에 따라서 축사에서 발생하는 냄새를 저감하기 위하여 축사에서 발생하는 분진을 저감하는 여러 방법이 개발되어 이용되고 있다. 대표적인 분진 제거 방식으로는 축사 내부에 물이나 오일을 분무하는 방식이 있으며, 중력을 이용한 집진 장치, 필터를 이용한 여과 집진 장치, 전기를 이용한 전기 집진 장치 등이 있다.

축사 내부에 물이나 오일을 분무하여 분진을 제거하는 방식은 공기 중에 부유하고 있는 먼지 입자가 물이나 오일의 액적(droplet)에 흡착되어 중량이 증가함으로써 중력에 의해 침강하여 공기 중 분진을 제거하는 방식이다. 이러한 분진 제거 방식을 통하여 공기 중 분진의 70~80%를 제거할 수 있으며 암모니아 가스 또한 50~70% 제거할 수 있다. 하지만 물이나 오일을 분무하기 위해서는 계절에 따른 온도를 잘 고려해야 하며 오일을 분무하는 경우에는 분무 후 바닥면에 침강된 오일에 의한 미끄러움을 극복할 수 있는 방안이 마련되어야 한다.



그림 1. 분무시스템을 통하여 축사 내 분진제거 시스템

중력을 이용한 집진 장치의 경우 축사 내부 공기의 유속을 낮춤으로서 공기 중에 부유하고 있는 분진의 중력에 의해 자연 침강하도록 하여 공기 중 분진을 제거하는 방식이다. 중력을 이용한 방식은 시설 설치비 및 유지관리비가 적게 들고 설치방법이 단순하다는 장점을 지니고 있지만 환기량에 대한 압력손실이 발생할 수 있으며 공기 중 분진을 제거하는 효율이 낮고 대략 100 $\mu$ m 이상의 큰 입자에 대해서만 효과적이라는 단점을 지니고 있다.

필터를 이용한 여과 집진 장치는 분진이 부유하고 있는 축사 내부의 공기를 필터가 포함된 여과 집진 장치를 통과시킴으로서 공기 중 분진을 여과하여 제거하는 방식이다. 공기 중에 부유하고 있는 분진을 확실하게 제거할 수 있으며 장치에 사용되는 필터의 종류에 따라서 100 $\mu$ m 이하의 미세분진도 제거할 수 있다는 장점을 지니고 있다. 하지만 필터를 통과하면서 압력 손실이 발생하기 때문에 추가적인 팬의 설치가 필요하며 주기적인 필터의 교체가 필요하기 때문에 유지관리 측면에서 어려움을 지니고 있다.

전기를 이용하여 분진을 제거하는 전기 집진 장치의 경우 공기 중에 부유하고 있는 분진에 전하를 가하여 정전기에 의해 분진을 분리하여 포집하는 방식이다. 이러한 전기 집진 장치의 경우 압력손실이 거의 발생하지 않으며 분진을 제거하는 성능이 우수하다는 장점을 지니고 있다. 하지만 시설의 설치비용이 비싸며 축사 내부의 상대습도가 높게 형성되어 있는 조건에서는 집진 장치 표면에서 공기 중 분진이 막을 형성하게 되어 분진 제거 효율이 감소할 수 있다는 단점을 지니고 있다.

이 외에도 축사 내부 및 분뇨처리과정에서 오존(O<sub>3</sub>)을 처리하여 축사 내부에서 발생하는 냄새를 저감하는 기술 또한 이용되고 있다. 미국에서 발표된 실험 결과에 따르면 터널환기식 비육돈사에서 오존의 농도를 0.15ppm 수준으로 처리하였을 때 약 1.8m 높이에서 암모니아 농도는 58%, 공기 중 분진의 농도는 60% 수준까지 감소하였다고 제시하고 있다. 또한 분뇨처리 과정에서 오존을 처리하는 경우에는 페놀, 인돌 및 기타 대사산물의 분해를 촉진시켜 냄새를 저감하는 효과가 있다고 제시하고 있다. 하지만 오존을 처리하여 냄새를 저감하기 위해서는 시스템 구축에 많은 비용이 소요된다는 단점을 지니고 있다.

#### 4. 축사 외부로의 냄새 배출량 저감 기술

축사 외부로 배출되는 냄새를 저감하는 방법에는 대표적으로 바이오 커튼을 이용하는 방법, 바이오 필터를 이용하는 방법, 습식 스크러버를 이용하는 방법, 방풍벽을 이용하는 방법 등이 있다.

바이오 커튼, 바이오 필터 및 습식 스크러버를 이용하여 냄새를 저감하는 방법을 이용하기 위해서는 축사에서 배출되는 공기를 제어해야하기 때문에 무창축사에서 이용되고 있는 방법이다. 바이오 커튼

을 이용하는 방법은 배기팬이 설치되어 있는 측벽에 바이오 커튼으로 인한 저항을 줄이기 위하여 일정 간격을 이격하여 차광막처럼 된 커버를 씌워 축사에서 배출되는 분진 및 냄새를 저감하는 방법이다. 냄새 저감 효율을 향상시키기 위하여 바이오 커튼 내부에 물, 이산화염소, 오존수 등을 분무시키면서 운영하기도 한다.



그림 2. 바이오 커튼을 이용한 축사에서 배출되는 악취 제거 시스템

바이오 필터를 이용하는 방법은 미생물, 산소, 수분 및 영양물질 등을 포함하고 있는 충전물질에 축사 내부에서 배출되는 공기를 통과시킴으로써 악취를 물과 CO<sub>2</sub> 등의 무해성분으로 전하시켜 냄새를 저감하는 방식이며, 바이오 필터에 이용되는 충전재로는 일반적으로 톱밥, 우드칩, 왕겨 등이 많이 사용되고 있다. 축사 내부에 부유하고 있는 분진이 환기팬에 흡착되는 경우에는 환기량의 감소로 이어져 냄새 저감 효율이 감소할 수 있기 때문에 축사 내부의 공기를 바이오 필터를 통과시키기 이전에 분진을 제거할 수 있는 과정이 추가되기도 한다.



그림 3. 바이오 필터를 이용한 축사에서 배출되는 악취 제거 시스템

습식 스크리버를 이용하여 냄새를 제거하는 방식은 축사에서 배출되는 냄새물질을 흡수, 중화, 산화, 분해할 수 있는 화학 세정액들과 접촉시켜 냄새를 제거하는 방식이다. 또한, 화학 세정액 이외에도 냄새물질을 분해할 수 있는 탈취 미생물 배양액을 이용하여 축사에서 배출되는 공기와 미생물 배양액을 접촉시킴으로서 냄새물질을 살수액에 용해시켜 탈취 미생물들이 냄새를 제거하는 방법을 이용하기도 한다. 이러한 습식 스크리버 시스템은 약 90% 이상의 냄새 제거 효율이 있는 것으로 조사되어 있으며 공기 중 이산화탄소, 분진, 세균 및 곰팡이 포자 등의 제거에도 효과적이라고 알려져 있다.

방풍림 또는 방풍벽을 이용하여 냄새를 저감하는 방법은 무창축사 및 자연환기식 축사에도 이용할 수 있는 방법으로 실질적으로 냄새물질을 저감시키지는 못하지만 축사에서 배출되는 냄새물질이 포함된 공기를 상부로 확산시킴으로써 냄새물질의 농도를 희석시켜 축사 인근에 위치하고 있는 주거 지역 등에서 냄새를 감지하기 어렵게 하는 방법이다. 또한 방풍림 또는 방풍벽을 설치함으로써 인근 주민의 시야에서 축사를 가리게 되어 냄새를 인지하는 것을 저감하는 효과를 지니고 있다.

## 5. 축분퇴비화 과정 관리를 통한 냄새저감

축산분뇨를 퇴비화하는 과정에서 미생물에 의한 유기물 분해가 이루어지며 이 과정에서 악취유발물질이 발생하게 된다. 축분 내 유기물이 분해되는 과정은 호기성분해와 혐기성분해로 구별되며 호기성분해의 경우 산소가 풍부한 조건에서 진행되며 주로 암모니아가 발생하게 된다. 암모니아의 경우 대기 중에서 쉽게 확산 및 희석되기 때문에 호기성분해 과정에서 발생한 악취의 경우 쉽게 불쾌감이 감소하게 된다. 반면에 혐기성분해의 경우 산소가 없는 상태에서 진행되며 주로 저급지방산, 유황화합물, 아민류 등이 발생하여 쉰 부패감이 느껴지기 때문에 불쾌감이 높다고 할 수 있다. 따라서 축분의 퇴비화 과정에서 호기성분해가 이루어지도록 관리를 함으로써 축분 자원화 과정에서 발생하는 악취를 저감할 수 있다.

이를 위하여 축분을 1~2m 높이로 퇴적하며 퇴적 작업 중에 강제로 통기하여 호기성 조건이 유지되도록 관리하여야 하며, 이때 축분 퇴적물 1m<sup>3</sup>당 50~100l의 통기량이 유지되도록 하는 것이 가장 적절하다. 퇴비화 과정에서 퇴적물의 자중과 유기물 분해로 인하여 압밀화가 진행되며 압밀화된 축분 하부에서는 산소가 부족해져서 혐기성분해가 이루어지게 된다. 이를 방지하기 위하여 정기적으로 축분을 반전시켜서 내부에 공극을 확보해줌으로써 호기성분해가 진행되도록 유지해주는 것이 중요하며, 이를 위하여 최소한 2주일에 1회 이상의 반전 작업을 수행할 필요가 있다.

## 6. 마치면서

축산업의 양적 발전과 함께 농촌 지역의 도시화 및 아파트 단지화 등으로 인하여 최근 축사에서 발생하는 냄새에 대한 민원이 점차 증가하고 있는 추

세이다. 그렇다고 축산업이 우리 사회에 미치는 공익적 기능과 경제에 미치는 긍정적인 역할을 무시하고 축산업을 제재의 대상으로만 바라봐서는 안되며, 축산냄새로 인해 발생하는 문제들을 사회 전체의 문제로 받아들이고 해결하기 위한 방안을 강구해야 할 것이다. 이에 본고에서는 최근 축산업의 가장 큰 이슈 중에 하나인 축산냄새와 관련하여 축산냄새를 저감할 수 있는 기술들에 대해서 살펴보았다. 하지만 다양한 축산냄새 저감 기술들 중에서 축산 농가의 각기 다른 시설현황, 사양관리 방법, 경영 방법 등을 고려하였을 때 모든 농가에 적용할 수 있는 최적 냄새 저감 기술을 선정하는 것은 큰 한계를 지니고 있다. 본고에서 설명하고 있는 다양한 축산냄새 저감 기술 중에서 각자의 축사의 조건을 고려하여 경제적이면서도 효율적인 축산냄새 저감 기술을 선택하여 최근 많은 이슈가 되고 있는 축산냄새 문제를 해결하는데 도움이 되기를 바란다.

## 참고문헌

1. 홍지형, 2003, 가축분뇨 퇴비 품질기준 및 퇴비화 악취 저감기법, 축산시설환경학회지, pp. 57-60
2. (사)대한양돈협회, 2006, 양돈장 냄새 실태조사 및 냄새 저감방안 연구
3. Maurer, D. L., Koziel, J. A., Harmon, J. D., Hoff, S. J., Rieck-Hinz, A. M., & Andersen, D. S. (2016). Summary of performance data for technologies to control gaseous, odor, and particulate emissions from livestock operations: Air management practices assessment tool (AMPAT). Data in brief, 7, 1413-1429.