

# 환경 융복합 기술을 활용한 축사 미세먼지 배출 저감 평가

노유진, 최영선, 구민정, 김훈섭, 정지영  
전라남도농업기술원 축산연구소  
e-mail:nyj3545@korea.kr

## Evaluation of Fine Dust Emission Reduction in Livestock Farms by Using Environmental Convergence Technology

Yu-jin No, Young-sun Choi, Min-jung Ku, Hun-seop Kim, Ji-young Jung  
Livestock Research Institute, Jeonnam Agricultural Research & Extension Services

### 요약

본 연구는 환경 융·복합 기술을 투입하여 축사에서 발생하는 악취 및 오염물질의 원인인 미세먼지와 초미세먼지의 배출량 평가를 하기 위해 실시하였다. 전라남도에 위치한 비육돈 1,000두 이상 사육 규모의 두 농가를 현장실증 농가로 선정하여 안개분무 시설을 이용한 축산 냄새저감 미생물 3종 분무, 공기 정화 장치인 플라즈마 발생장치 및 바이오필터 장치를 활용하였다. 퇴비사와 비육돈사에서 발생하는 미세먼지, 초미세먼지 배출 저감 평가를 하기 위해 4주에 1일 간격으로 수치를 측정하였다. 퇴비사와 비육돈사에서 미세먼지와 초미세먼지 평균 배출량은 큰 차이가 없었지만, 융·복합 기술이 투입되고 난 직후인 12주차에서 미세먼지와 초미세먼지 배출 저감률을 확인해 보았을 때 비육돈사에서 미세먼지 66.2%, 초미세먼지 69.0%로 퇴비사보다 높은 저감률을 나타냈다. 환경 융·복합 기술이 투입되기 전·후 비교를 했을 때 퇴비사에서 미세먼지 62.6%, 초미세먼지 76.9% 감소한 것을 확인하였으며 비육돈사에서는 미세먼지 70.1%, 초미세먼지는 76.3% 감소한 것을 확인하였다. 환경 융·복합 기술을 농가에서 꾸준히 활용한다면 축산농가에서 배출되는 미세먼지와 초미세먼지의 저감에 긍정적인 영향을 줄 것으로 사료된다.

### 1. 서론

최근 미세먼지(PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)에 대한 관심이 증가하면서 위해성 및 저감 대책에 대한 다양한 연구 결과가 보고되고 있다 (Kim et al., 2020). 미세먼지는 대기의 주요 오염물질 중 하나이며, 기후, 가시성 및 인간 건강에 대한 악영향을 미치고 있다는 연구가 진행되고 있다 (Kim et al., 2020). 특히 초미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)는 2.5 $\mu$ m 이하의 매우 작은 입자로, 폐포 깊숙이 침투하여 호흡기질환 및 심혈관계의 질환을 야기하는 등 인체 위해성이 높다는 연구가 보고되고 있다 (Kim et al., 2020). 특히 돈사 내에서 외부로 방출되는 암모니아와 미세먼지 등은 2차 미세먼지를 초래해 지구 온난화의 원인이 될 뿐만 아니라 비를 통해 육지와 수계에 도달해 토양의 산성화 및 하천의 부영양화를 초래하는 물질이기도 하다 (Kim et al., 2006). 냄새의 원인 물질인 암모니아(NH<sub>3</sub>)가 초미세먼지(PM<sub>2.5</sub>)의 전구물질임이 규명되면서 암모니아 배출에 대한 관심이 크게 증가하였다 (Kim et al., 2017). 기존 농업·농촌 분야에서 대기에 관련된 연구는 주로 기후변화로 인한 이산화탄소 농도와 온도 변화 영향과 축산업에서 유래되는 악취저감 연구가 중점적으로 수행되어 왔으며, 미세먼지 연구는 상대적으로 소극적으로 이루어졌다 (Oh et al., 2020). 축산시설에서 발생한 고농도 미세

먼지는 인근 도시 및 거주지로 비산되어 작업자 뿐만 아니라 거주민의 호흡기에 직접적인 영향을 미친다 (Radon et al., 2001). 또한 냄새 물질이 흡착되어 확산되면 사회적 분쟁을 발생시키기 때문에 (Wing et al., 2008), 축산시설에서 배출되는 미세먼지, 초미세먼지, 암모니아의 확산을 파악하는 연구가 요구된다 (Lee et al., 2021). 본 연구에서는 환경 융복합 기술을 투입해 돈사에서 배출되는 미세먼지와 초미세먼지의 저감률을 평가하였다. 전라남도에 위치한 2개 지역의 양돈시설에서 배출되는 미세먼지, 초미세먼지의 배출량을 산정하였다. 이를 바탕으로 안개분무 시설, 바이오필터 시스템, 플라즈마 발생장치 등 환경 융복합 기술을 투입해 축사 외부로 배출되는 미세먼지, 초미세먼지의 배출량 변화를 평가하였다.

### 2. 연구방법

#### 2.1. 실증농가 현황 및 환경 융복합 기술

본 연구의 대상 농가는 전라남도에 위치한 비육돈 1,000두 이상 사육 규모의 두 농가로 설정하였다. 냄새저감 미생물은 전라남도농업기술원 축산연구소에서 개

발한 *Bacillus thuringiensis*, *Pseudomonas caeni*, *Thodobacter sphaeroides*로 2회/1주,  $1 \times 10^6$ cfu/ml를 기준으로 안개 분무 시설을 활용하여 돈사 내·외부에 분무하였다. 또한 공기 정화 장치인 플라즈마 발생장치는 플라즈마 축산 악취제거기의 악취 저감 효과 검증(농업기술실용화재단)과제를 통해 개발된 제품(㈜삼도환경, TC-2500)을 활용하였다. 돈사 내부에 설치해 30분~50분 가동, 20분 휴식을 24시간 반복하였다. 바이오필터 장치는 독일에서 특허받은 드림식 세척 시스템이 장착되어 있는 제품(REVENTA, LAVAMATIC)을 활용해 24시간 가동하였다.

[표 1] 양돈 시험농가 현황

연번	위치	사육규모(두)	시험장소
1	전남 순천시	7,000	퇴비사 1동
2	전남 담양군	2,000	비육돈사 2동



[그림 1] 환경 융복합 기술 투입 농가 위성사진



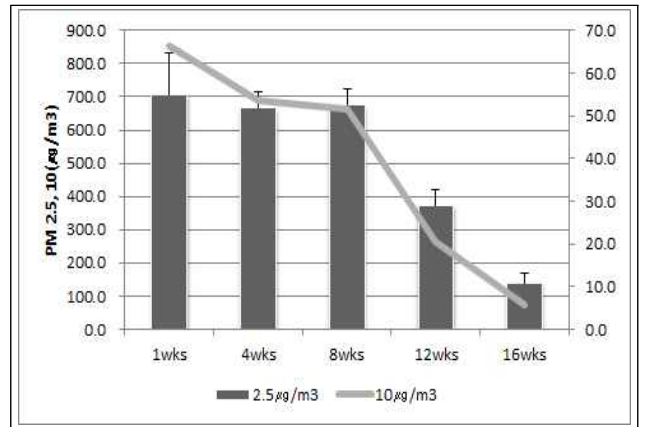
[그림 2] 환경 융복합 기술 투입 농가 위성사진

미세먼지와 초미세먼지는 광 산란방식을 활용하는 입자수측정기(DT-9880)를 이용하여 3반복하여 측사 내·외부의 대기 시료를 평가 분석하였다. 측사 내·외부를 6 지점으로 구분하여 4주 간격으로 1회씩 현장에서 측정하였다. 상기 기술된 방법에 따라 측사 내·외부의 미세먼지와 초미세먼지를 측정하여 미세먼지 배출 저감 특성 분석을 위한 초기 기준으로 사용하고 기술을 투입한 후 미세먼지 배출 저감량을 평가하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 퇴비사 미세먼지 배출 평가

퇴비사에서 발생하는 미세먼지, 초미세먼지 배출 저감 평가를 하기 위해 4주에 1일 간격으로 수치를 측정하였다. 바이오필터 장치 설치 등 환경 융·복합 기술을 적용하고 미세먼지, 초미세먼지를 측정된 결과를 [그림 3]에 그래프를 활용하여 나타내었다. 융복합 기술이 투입되기 전(8wks)까지 퇴비사 입구에서 미세먼지는 평균  $683.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 초미세먼지는 평균  $57.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 배출되고 있는 결과를 확인할 수 있었다. 융복합 기술이 투입된 후(12wks~) 퇴비사 입구에서 미세먼지는 평균  $255.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 초미세먼지는  $13.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 측정되었다. 평균적으로 미세먼지는 62.6%, 초미세먼지는 76.9% 감소한 것을 확인할 수 있었다.



[그림 3] 퇴비사 미세먼지 및 초미세먼지 배출 평가

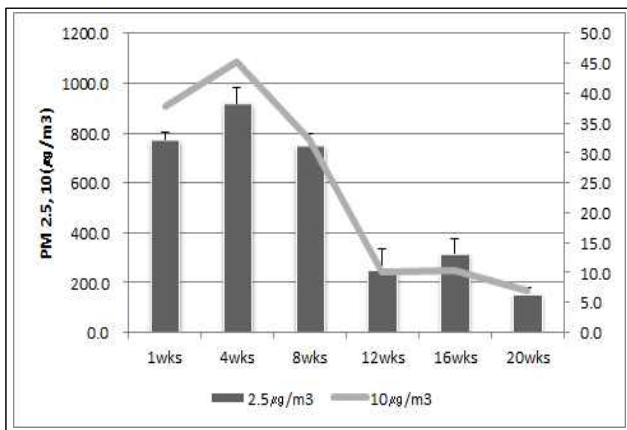
[표 2] 퇴비사 미세먼지 및 초미세먼지 발생량

항목	1wks	4wks	8wks	12wks	14wks
초미세먼지 (PM <sub>2.5</sub> , $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	707.7	666.7	676.5	372.7	138.7
미세먼지 (PM <sub>10</sub> , $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	66.5	53.7	51.6	20.7	5.7

#### 2.2. 미세먼지, 초미세먼지 측정

#### 3.2. 비육돈사 미세먼지 배출 평가

비육돈사에서 발생하는 미세먼지, 초미세먼지 배출 저감 평가를 하기 위해 4주에 1일 간격으로 수치를 측정하였다. 플라즈마 발생장치 등 환경 융·복합 기술을 적용하고 미세먼지, 초미세먼지를 측정된 결과를 [그림 4]에 그래프를 활용하여 나타내었다. 융복합 기술이 투입되기 전(8wks)까지 비육돈사 입구에서 미세먼지는 평균  $815.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 초미세먼지는 평균  $38.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 배출되고 있는 결과를 확인할 수 있었다. 융복합 기술이 투입된 후(12wks~) 비육돈사 입구에서 미세먼지는 평균  $243.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 초미세먼지는  $9.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 측정되었다. 평균적으로 미세먼지는 70.1%, 초미세먼지는 76.3% 감소한 것을 확인할 수 있었다.



[그림 4] 비육돈사 미세먼지 및 초미세먼지 배출 평가

[표 3] 비육돈사 미세먼지 및 초미세먼지 발생량

항목	1wks	4wks	8wks	12wks	14wks	20wks
초미세먼지 (PM <sub>2.5</sub> , µg/m <sup>3</sup> )	775.0	920.3	752.0	254.0	318.0	158.0
미세먼지 (PM <sub>10</sub> , µg/m <sup>3</sup> )	37.7	45.3	32.3	10.0	10.3	7.0

#### 4. 결론

미생물 및 공기정화 장치 등 환경 융·복합 기술을 퇴비사와 비육돈사에 적용시킨 후 축사에서 발생하는 미세먼지와 초미세먼지 배출량을 확인하였다. 퇴비사와 비육돈사에서 발생하는 미세먼지와 초미세먼지 평균 발생량은 큰 차이가 없었지만, 융·복합 기술이 투입된 후인 12주차에서 퇴비사 미세먼지는 44.9%( $51.6\mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 20.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 초미세먼지는 59.8%( $676.5\mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 372.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ )의 저감률을 확인하였고, 비육돈사 미세먼지는 66.2%( $32.3\mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 10.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), 초미세먼지는 69.0%( $752.0\mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 254.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ )의 저감률로 퇴비사보다 비육돈사에서 미세먼지 및 초미세먼지가 더 높은 비율로 저감된 것을 확인할 수 있었다. 미세먼지와 초미세먼지의 평균 저감률을 확인했을 때는 최소 62.6%( $683.6\mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 255.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ )에서 최대 76.9%( $57.3\mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 13.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ )로 확인되었다.

축산 농가에서 안개분무시설, 바이오필터 등 환경 융·복합 기술을 지속적으로 활용한다면 축산악취 뿐만 아니라 축산 유래 미세먼지 및 초미세먼지 저감에 효과가 있을 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- [1] 김한규, “축산농가 인근 미세먼지 특성규명을 위한 악취물질 및 입자구성성분 분석”, 환경분석과 독성보건, 제25권 제1호, pp. 1-17, 2022년.
- [2] 권경석, “축산분야 미세먼지 연구 동향: 축산 미세먼지로 인한 영향과 발생 특성”, 한국농공학회지, Rural resource v.62 no.2, pp. 15-23, 2020년.
- [3] 오유경, “농업분야 미세먼지 대응을 위한 농업유래 암모니아 배출 인벤토리 및 지역단위 배출계수 산정 모델 구축 연구”, 한국농공학회지, Rural resource v.62 no.2, pp. 24-31, 2020년.
- [4] 문찬석, “축사 내 황화수소와 암모니아의 저감방안 고찰: 한중비교”, 한국산업보건학회지, 제29권 제4호, pp. 442-451, 2019년.
- [5] 김기연, “돈사 작업장 유형에 따른 암모니아와 황화수소의 실내농도 및 발생량에 관한 현장 조사”, 한국산업위생학회지, 제16권 제1호, pp. 36-43, 3월, 2006년.
- [6] 이세연, “AERMOD를 이용한 축산 미세먼지, 초미세먼지, 암모니아 배출의 대기확산 영향도 분석”, 한국농공학회논문집, Vol. 63, No. 5, pp. 13-25, 9월, 2021년.