

겨울철 돈사 내 메탄 배출 특성 연구

정민웅, 장유나, 우샘이, 서시영, 한덕우, 황옥화
농촌진흥청 국립축산과학원
e-mail:msjung@korea.kr

Emission Characteristics of Methan in Swine Farm during Winter Season

Min Woong Jung, Yuna Jang, Saem Ee Woo, Si Young Seo, Deug Woo Han, Ok hwa Hwang
National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

요약

겨울기간 동안 돈사에서 돈방 자체를 챔버로 가정하는 Mega Chamber법을 활용하여 비육돈의 온실가스 배출 특성을 평가하고 최종적으로 배출계수를 산정하였다. CH₄의 일별 배출량은 약 30일까지 3.6 ~ 8.2 g/d/m²/pig로 매일 일정한 배출량을 보였으나, 이후 발생량이 급격히 증가하는 양상을 보였다. 반복 시험된 두 돈방 간 유의적인 차이가 없음을 확인 후 최종 배출계수를 산정한 결과 각 돈방의 평균값인 CH₄ 6.21 g/d/m²/pig의 값이 도출되었다.

1. 서론

최근, 세계 각국은 지속가능한 성장을 위하여 대기 중 온실가스의 농도의 안정화로 환경변화를 최소화하기 위한 공동의 노력을 기울이고 있다. 국내 2030년 기준 온실가스 감축목표는 2030년 온실가스배출전망치(BAU, Business As Usual) 대비 국가 전체 37%, 농축산 부문은 4.78%이다. 이러한 감축 목표 달성을 위해서는 각 부문의 감축 노력뿐만 아니라 정확한 배출량 조사가 필요한 실정이다. 그러나 국내 온실가스 배출량 및 배출계수 연구는 수행되었으나, 축산 부문 국내 고유 배출계수 개발은 미미한 실정이다. 축산업에서의 온실가스 배출원 중 메탄(CH₄, methane)은 이산화탄소(CO₂, carbon dioxide) 다음으로 가장 많이 배출되며 지구온난화지수(GWP, Global Warming Potential) 대비 CO₂ 보다 28배로 기후변화에 미치는 영향이 큰 것으로 알려져 있다(IPCC, 2014). 따라서, 본 연구는 축산시설 중 비육돈사에서의 환경과 온실가스농도를 실시간으로 측정하여, 온실가스 배출량 및 배출계수를 산정하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

실험은 구조가 동일한 돈방 2곳(room A, B)에서 수행되었으며, 슬러리 피트 형태로 분뇨를 저장하는 피트 돈사(피트 깊이: 0.45 m)였다. 돈방의 배기는 중앙 단일 천장의 팬을 통해 이루어지는 강제환기식 구조였으며, 입기는 중천장을 통해 외부공기가 돈사내부로 유입되었다. 피트 내 슬러리는 출하 시까지 배출되지 않았고, 비육기(6주) 후 일괄출하 된 돼지의

평균 체중은 91.7 kg 이었다. 각 실험 돈방의 사육두수는 room A, B 가 각각 96마리, 102마리였으며, 사육밀도는 평균 1.01 m²/pig 였다. 시험은 비육기간 동안 진행되었으며, CH₄ 환기량, 온도를 실시간으로 모니터링 하였다.

본 연구에서는 밀폐된 돈방을 하나의 챔버 형태로 가정하는 mega chamber법을 차용하여 실험하였다. CH₄의 농도는 광음향분광가스모니터링 장비(INNOVA 1512, LumaSense Technologies, Denmark)를 활용하여 돈방 내 입기구 및 배기구에서 측정하였고, 환기팬 가동률과 온도는 돈사에 설치된 자체 관제시스템에 의해 수집되었다. 수집된 데이터는 아래의 식(1)에 의해 배출계수로 산정하였으며, 산정된 단위면적당, 돼지마리당, 시간단위당 온실가스 배출계수를 이용하여 배출량을 1일 단위로 산출한 후 사육일수로 나누어 g/pig/day/m² 단위로 최종 온실가스 배출량을 산정하였다.

$$E_{gas} = Flow\ rate \times \frac{\Delta C}{Area \times n} \times \frac{P \times M}{R \times T} \quad (1)$$

E_{gas}: 온실가스 배출계수 (mg/m²/h/pig)

Flow rate: 환기량 (m³/h)

ΔC(순발생 농도): 배기구 온실가스 농도 (C_{out}, ppm) - 입기구의 온실가스 농도 (C_{in}, ppm)

Area: 돈사 면적 (m²)

n: 총 사육 두수

P: 압력 (Pa, kg/m/s²)

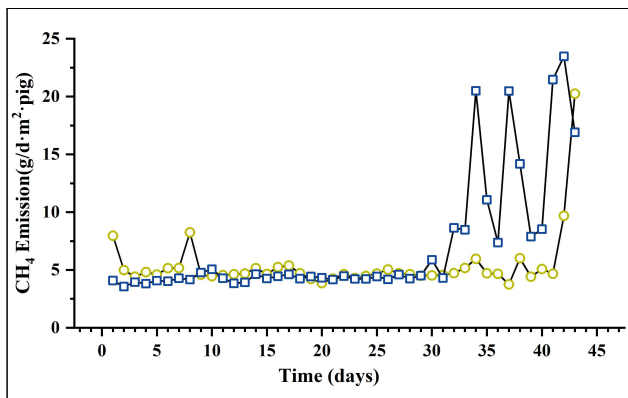
M: 분자량 (kg/kmol)

R: 유니버설가스상수 ($8.314 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{kmol} \cdot \text{K}$)

T: 절대온도 (K)

각 돈방 별 CH_4 배출량 그룹 간 평균차이 검정을 위해 해 통계 소프트웨어 Jamovi (Version 1.2.16)를 이용하여 통계분석을 수행하였다. 산정 데이터에 Shapiro-Wilk test 와 Kolmogorov-Smirnov test를 적용하여 정규성 검정 (normality test)을 수행하였다 ($p > 0.05$; 정규분포 가정). CH_4 의 일별 배출계수의 경우 정규분포를 만족하지 못하는 그룹으로 Wilcoxon rank test를 실시하였다 ($p\text{-value} > 0.05$; 그룹 간 평균 차이 없음).

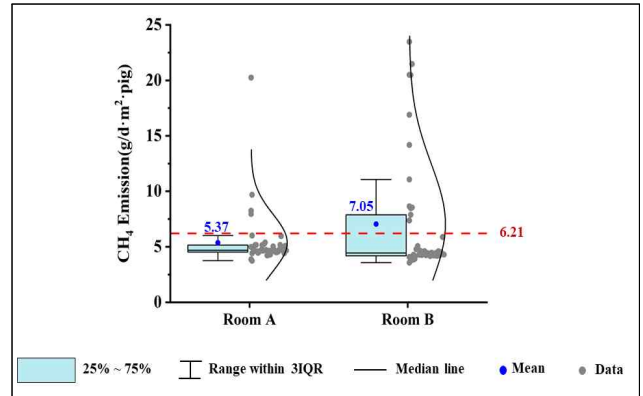
3. 결과



[그림 1] CH_4 배출량의 일변화 그래프

그림 1. 은 비육기 동안 돈사에서 발생된 단위 면적당, 돼지 마리당 일별 온실가스 배출량 표시한 그림이다. 시험기간 동안 CH_4 의 일별 배출량은 Room A 3.7 - 20.3 g/d/m²/pig, Room B 3.6 - 23.5 g/d/m²/pig 범위로 나타났다. 비육기 시작점부터 30일 까지 Room A(3.9 - 8.2 g/d/m²/pig), Room B (3.6 - 5.9 g/d/m²/pig) 모두 안정된 배출량을 보였으나, 이후 일별 발생량이 증가하였다. 특히, Room B에서는 증가 양상이 Room A에 비해 상대적으로 뚜렷하였다. 선행연구에 따르면, 피트와 축적된 슬러리 표면사이의 빈 공간(headspace)이 작을수록, 피트에 저장된 슬러리의 깊이가 깊을수록 CH_4 배출량 증가를 보고하였다 (Ye et al., 2009; Dong et al., 2011). 시험기간 동안 피트 내부의 슬러리는 배출되지 않고 축적되어 슬러리 깊이는 깊어지고 headspace의 부피는 작아져 배출량의 증가 되었을 것으로 판단된다 또한, Park et al. (2010)은 CH_4 배출량 증가를 피트 내 슬러리의 저장기간이 경과할수록 유기산이 축적되고, 이를 CH_4 생성균이 기질로 이용하기 때문으로 보고하였다. 따라서 후반기의 CH_4 의 발생량 증가는 시험기간 동안 축적된 슬러리 양의 증가로 사료되지만, 제한된 시험 결과 내에서의 해석으로 추가적인 연구가 필요하다.

돈방별 CH_4 의 배출계수는 Room A 5.37 g/d/m²/pig, Room B 7.05 g/d/m²/pig로 산정되었으며, Wilcoxon rank test 결과 두 돈방 평균에 유의적 차이가 없음을 확인하였다 ($p > 0.05$). 따라서, 각 돈방의 평균 값인 CH_4 6.21 g/d/m²/pig를 본 연구의 온실가스 배출계수로 산정하였다.



[그림 2] 각 방의 일별 CH_4 배출계수의 box-polt과 distribution curve

사사

본 연구는 농촌진흥청에서 시행한 (과제명: 모돈, 자돈 유래 NH_3 배출량 평가 및 바이오커튼 효능 평가 프로토콜 개발, PJ01601902)을 받아 수행되었음.

참고문헌

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds.)]", IPCC, Geneva, Switzerland 151, 2014년.
- [2] Ye, Z. G. Zhang, L. H. Seo, P. Kai, C. K. Saha, C. Wang and B. Li, "Airflow characteristics at the surface of manure in a storage pit affected by ventilation rate, floor slat opening, and headspace height". *Biosystems Engineering* 104, pp.97 - 105, 2009년.
- [3] Dong, H., Z. Zhu, Z. Zhou, H. Xin and Y. Chen, "Greenhouse gas emissions from swine manure stored at different stack heights". *Animal Feed Science Technology* 166(167), pp. 557 - 561, 2011년.
- [4] Park, S. M., H. B. Jun, C. O. Choi, and J. S. Lee, "Influence of COD/Nitrate-N ratio on denitrification and methanogenesis in anaerobic sludge", *Korean society of Environmental Engineers* 27(7), pp. 739-745, 2005년.