

강제환기식 돈사에서서의 아산화질소 배출 특성 연구

장유나, 정민웅, 우샘이, 서시영, 한덕우, 황옥화
 농촌진흥청 국립축산과학원
 e-mail:jyn0316@korea.kr

Emission Characteristics of Nitrous oxide in Mechanically Ventilated Swine Farm

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

요약

강제환기식 돈사에서 돈방 자체를 챔버로 가정하는 Mega Chamber법을 활용하여 비육돈의 온실가스 배출 특성을 평가하고 최종적으로 배출계수를 산정하였다. N₂O의 일별 배출량은 0.7 - 1.3 g/d/m²/pig로 시험 기간 동안 안정된 배출을 보였으며, 배출량은 미미한 수준이었다. 반복 시험된 두 돈방 간 유의적인 차이가 없음을 확인 후 최종 배출계수를 산정한 결과, 각 돈방의 평균값인 N₂O 1.02 g/d/m²/pig의 값이 도출되었다.

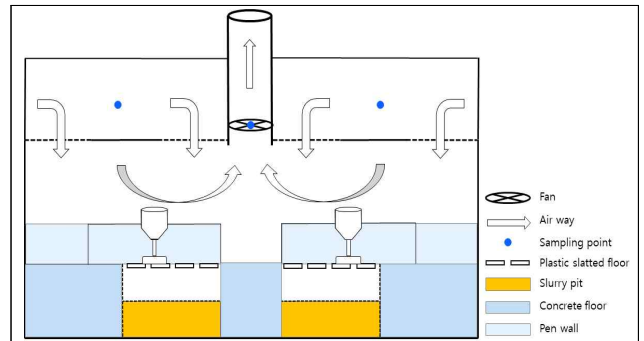
1. 서론

축산업에서 온실가스는 가축의 장내 발효와 분뇨의 저장 및 처리 과정에서 주로 발생되고 있다(Massé et al., 2008). 현재 국내 농가에서는 돈사 내부 피트에 분뇨를 저장한 후 처리하는 슬러리 피트 돈사가 대부분이며, 이때, 저장기간 동안 메탄(CH₄, methane), 이산화탄소(CO₂, carbon dioxide), 아산화질소(N₂O, nitrous oxide)와 같은 온실가스가 발생된다(Wang et al., 2014). 현재 축산업이 발전한 선진국에서는 UNFCCC(United Nations Framework Convention on Climate Change)에 제출 될 국가 고유 데이터 개발을 위해 지속적으로 온실가스 배출량 연구를 수행하고 있다. 선진국의 경우 축산과 관련된 온실가스별 국가 고유 배출계수 적용 비율이 CH₄와 N₂O는 국가별로 43% ~ 87%의 고유계수를 적용하고 있지만 국내에서는 CH₄은 7%, N₂O는 27%로 매우 낮은 수준이다. 특히, N₂O는 지구온난화지수(GWP, Global Warming Potential) 수치가 CO₂ 대비 265배로 기후변화에 미치는 영향이 큰 것으로 알려져 있다(IPCC, 2014). 따라서 본 연구는 겨울철 비육돈사에서 N₂O의 농도, 환기량, 온도를 실시간으로 측정하여, 온실가스 배출량 및 배출계수를 산정하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

실험은 동일 구조의 돈방 2곳(room A, B)에서 수행하였으며, 피트 구조로 분뇨를 저장하는 돈사(피트 깊이: 0.45m)였다(그림. 1). 돈방입기는 중천장을 통과한 외부 공기가 돈방 내부로 유입되는 구조이며, 배기는 돈방 중앙 단일 천장팬으로 배기되는 강제환기식 시스템이었다. 실험 돈방의 사육 두수는 room A, B가 각각 96 마리, 102 마리였으며, 사육밀도는

평균 1.01 m²/pig 였다. 시험은 비육 시점부터 출하까지 진행하였으며(43일), 각 돈방별로 N₂O, 환기량, 온도를 실시간으로 모니터링하였다.



[그림 1] 시험돈사의 측면부 도식화

본 연구에서는 mega chamber법(밀폐된 돈방을 하나의 챔버 형태로 가정)을 차용하여 실험하였다. N₂O의 농도는 광음향분광가스모니터링장비(INNOVA 1512, LumaSense Technologies, Denmark)를 활용하였으며, 측정위치는 돈방 내 입기구 및 배기구였다. 환기팬 가동률과 온도는 돈사에 설치된 자체 관제시스템에 의해 수집되었으며, 환기량으로 재환산 하였다. 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 N₂O 배출계수를 계산하였다.

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

E_{gas}: 온실가스 배출계수 (mg/m²/h/pig)

Flow rate: 환기량 (m³/h)

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

Area: 돈사 면적 (m²)

n: 총 사육 두수

P: 압력 (Pa, kg/m/s²)

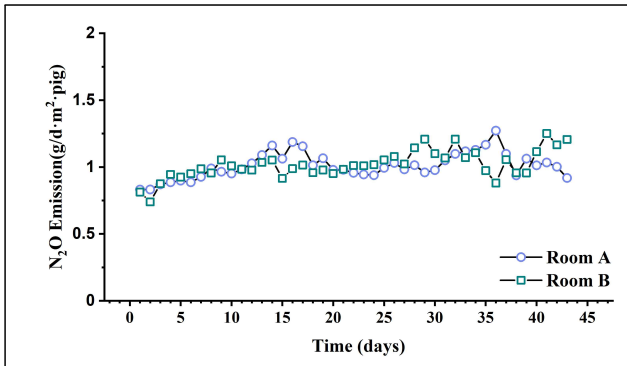
M: 분자량 (kg/kmol)

R: 유니버설가스상수 (8.314×10³ Pa·m³/kmol/K)

T: 절대온도 (K)

각 돈방 별 N₂O 배출량 그룹 간 평균차이 검정을 위해 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). N₂O의 일별 배출계수의 경우 정규분포를 만족하는 그룹으로 Student's T-test를 실시하였다(p-value > 0.05; 그룹 간 평균 차이 없음).

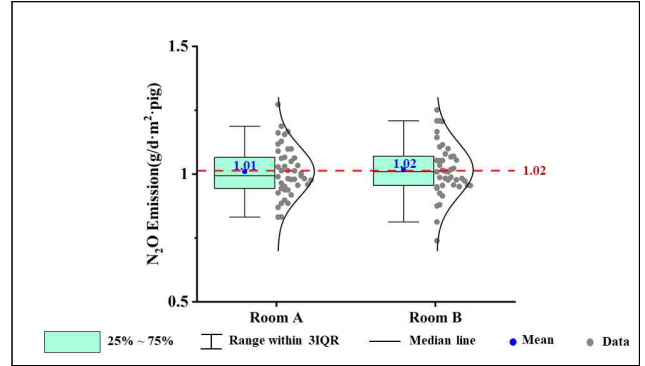
3. 결과



[그림 2] N₂O 배출량의 일변화 그래프

그림 1. 은 비육기간 동안 돈사에서 발생된 단위 면적당, 돼지 마리당 일별 N₂O 배출량 표시한 그림이다. N₂O의 단위 면적당, 돼지 마리당 일별 배출량은 Room A 0.8 - 1.3 g/d/m²/pig, Room B 0.7 - 1.3 g/d/m²/pig 의 범위로 나타나 시험기간 동안 안정된 배출을 보였으며, 배출량 미미하였다. 피트 내부에 저장된 분뇨로부터 발생하는 N₂O는 질산화(nitrification), 탈질화(denitrification), 암모니아산화(anamox) 과정 중 중간 생성물로 알려져 있다(Kebreab et al., 2006). 특히 N₂O의 생성은 호기와 혐기의 혼합상태에서 발생되지만, 이와 같은 조건은 가축분뇨(슬러리)에서는 드문 현상으로 보고되고 있다(Philippe and Nicks, 2015). 본 연구의 가축분뇨는 피트 내부에서 혐기성 상태로 저장되고 있어, N₂O의 발생량이 낮은 것으로 판단된다. N₂O 배출계수는 Room A 1.01 g/d/m²/pig, Room B 1.02 g/d/m²/pig로 도출되었으며, Student's T-test 수행을 통해

두 배출계수 그룹 간 평균의 차이가 없음을 확인하였다 (p > 0.05). 따라서, 각 돈방의 평균 값인 1.02 g/d/m²/pig를 본 연구의 온실가스 배출계수로 산정하였다.



[그림 3] 각 방의 일별 N₂O 배출계수의 box-polt과 distribution curve

사사

본 연구는 농촌진흥청에서 시행한 (과제명: 모든, 자돈 유래 NH₃ 배출량 평가 및 바이오커튼 효능 평가 프로토콜 개발, PJ01601902)을 받아 수행되었음.

참고문헌

- [1] Massé, D. I., L. Masse, S. Claveau, C. Bdnchaar, and O. Thomas, "Methane emissions from manure storages", *Transactions of the ASABE* 51(5), pp. 1775-1781 2008년.
- [2] Wang, K., D. Huang, H. Ying, and H. Luo, "Effects of acidification during storage on emissions of methane, ammonia, and hydrogen sulfide from digested pig slurry", *Biosystems Engineering* 122 pp. 23-30, 2014년.
- [3] 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.
- [4] Kebreab, E., K. Clark, C. Wagner-Riddle, and J. France, "Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: A review", *Canadian journal of animal science* 86 pp.135-137, 2006년.
- [5] Philippe, F.X. and B. Nicks, "Review on greenhouse gas emissions from pig houses: Production of carbon dioxide, methane and nitrous oxide by animals and manure", *Agriculture, Ecosystems and Environment* 199 pp. 10 - 25, 2015년.