

자돈과 비육돈의 탄소배출량 산정을 위한 최적 환경 조성



허윤규
공주대학교 스마트팜 공학과
/ 학사과정
huryk706@smail.kongju.ac.kr



민경원
공주대학교 스마트팜 공학과
/ 학사과정
minkw66610778@smail.kongju.ac.kr



김락우
공주대학교 스마트팜 공학과
/ 교수
rkwkim@kongju.ac.kr

1. 서언

기존 국내 돈사에서 가축의 질병 감염 (구제역, 아프리카 돼지 열병), 생육환경 (환기량) 조성의 변화 등 돈사 내부에 관리자 외 타인이 출입 및 접촉에 민감하다. 공주대학교 산업과학대학 스마트팜공학과는 돼지에서 발생하는 탄소에 영향을 주는 영향 인자를 조사하고, 농·축산시설 온실가스 배출량 증가에 따른 온실가스 배출량 통합관리를 위한 돈사 시설 내 온실가스 배출량을 측정 및 실험하고자 하였다. 실제 농가에서 연구 및 실험을 진행함의 어려움을 해결하기 위해서 본 연구실은 공주대학교 산업과학대학 예산캠퍼스에 스마트팜공학과와 소규모 스마트양돈 공학 실험 및 실증 시설을 구축하였다. 대학교에서 유일하게 스마트팜공학과 단독으로 소유하고 있는 공학적 연구시설이며, 국내 최고의 최첨단 ICT 장비 및 센서



그림 1. 입식된 자돈 20마리

를 도입하여 돼지의 생육환경을 조절하고, 실험 및 연구의 최적화를 시킨 테스트베드이다. 내부 환경조절을 통해 동시에 실시간으로 기간별 다양한 생육환경에 따른 온실가스 배출량의 변화에 대한 데이터를 얻을 수 있다. 이 시설의 구성으로는 소규모 테스트베드 1동, 관리사 1동, 데이터 서버실 및 창고 1동 등으로 구성되어 있으며, 연구 및 실험에 최적화된 테스트베드를 짓기 위하여 연구에 적합한 장소를 선정하였다. 8월 14일, 20마리의 돼지가 입식하였으며, 10주차가 된 현재까지의 조성 환경을 소개하고자 한다.

2. 구축된 소규모 스마트양돈 공학 실험& 실증 시설과 센서

가축사육이 전업화, 규모화되고 국내·외 교류가 증가되면서 항상 가축전염병 발생의 위험성에 노출되어 있으며, 구제역, 돼지콜레라, 뉴캐슬병 등 축종에 따라 다양한 전염병이 발생되거나 재발 가능성을 항상 가지고 있다. 소규모 스마트양

돈 시설 입구에는 대인 소독기와 샤워실을 구축해 소독 후 출입할 수 있도록 하고 있으며, 타 농장 출입자나 이전의 근거지가 확인되지 않는 사람은 출입을 금지하고 있다. 돈사 내부에 출입할 때는 위생복과 장화를 착용시켜 손·발 소독을 실시한 후 출입할 수 있도록 하고 있으며, 소독기구 또한 별도 배치해 두었다. 소규모 스마트양돈 공학 실험&실증 시설은 단열 외벽이 설치되어 있고, 환경 제어를 위한 환기 및 냉·난방 시스템을 구축하였다. 테스트베드 내부는 자돈방과 비육돈방으로 구성되어 있으며, 실험을 위해 자돈방과 비육돈방 모두 기존의 대표적 축사구조인 2021년 축사 표준설계도에 명시되어 있는 돈방 형태로 구축하였다 (농림축산식품부 2021). 각 자돈방과 비육돈방은 각각 4개의 펜스로 구분되어 있으며, 발 빠짐 및 분노 통과 등과 같은 자돈과 비육돈의 특성을 고려하여 각 돈방의 바닥 피트는 실제 돼지에 적합한 피트를 설치하였다. 실험 돈방은 국내 여러 돈사에 연구 결과들을 대입할 수 있도록 널리 보급 되어있는 무창 형태를 사용하였으



그림 2. 구축된 스마트양돈 시설과 소독기구

며, 냉·난방 환경 조성을 위한 냉방기, 전기보일러 및 방열판, 환기를 위한 중천장 환기시스템 및 벽면 덕트 환기시스템 등 다양한 환경조절 장치를 설치하였다. 우리나라의 대표적인 냉·난방 공조 시스템들보다 최신식 고성능 시스템들로 모두 구축되어 있다.

급이기는 농장 급이 단계에서의 사료 품질과 함께 돼지의 출하일령을 결정짓고, 사료비(사료효율)에도 5~10%까지 큰 영향을 미치는 매우 중요한 기자재에 해당된다. 따라서 스마트 양돈 시설에 자동화 양면 스윙급이기를 구축하였다. 해당 급이기는 사료 토출구가 급이기의 바닥에 닿아 있지 않고 대롱이 달려 있으며, 돼지가 대롱을 건드리면 일정한 양의 사료가 쉽게 떨어지도록 설계된 제품이다. 어린 돼지들도 원하는 양만큼 정밀하게 사료가 공급되어 매우 위생적이면서도 사료의 흐름이 안 좋거나 과도하게 쏟아지는 문제를 크게 줄여주는 급여기이다. 일정기간 마다 간이 사료빈에 사료를 영양제와 함께 채워주고 있으며, 센서를 통해 사료가 얼마나 들어갔는지 알 수 있는 사료 계량기도 함께 구축하였다. 비육돈의 성장 과정 기록과 체중에 따른 데이터 비교를 위하여 주기적으로 비육돈의 체중을 측정해야 된다. 따라서

돈사 내부에 이동형 돈형기를 구비해 놓았다. 장소와 시간에 상관없이 해당 개체의 체중을 측정할 수 있고, 메모리 칩 포트에 측정된 개체의 무게 데이터를 저장할 수 있다. LED 전등 부착으로 출하 가능, 미달, 초과를 불빛 색채로 구분할 수 있어 출하 가능 개체의 구분이 쉬우며, 알루미늄 재질로 제작되어 가볍고 한 사람이 쉽게 운반할 수 있다. 이동형 돈형기를 사용하여 일정한 주기로 각 돈방별 비육돈의 무게를 측정, 기록하여 분석하고 있다.

온도, 습도, CO₂ (이산화탄소), CH₄ (메탄), NH₃ (암모니아) 등의 분포를 다양한 위치에서 측정하고, 설치된 센서와의 비교 분석 등을 하기 위해 테스트베드에 계측 센서를 갖추었다. 설치된 센서와 사양을 같은 조건으로 가져가 비교 분석이 가능하도록 설계하였다. 외부 환경조건은 모든 축사 내부에 영향을 끼치기 때문에 돈사 내부에 영향을 미치는 환경 인자를 파악하고 측정하기 위하여 외부 기상 계측 장비를 설치하였다. 모든 계측 데이터는 제어용 컴퓨터에 저장되며, 외부 기상 계측의 경우 원격 제어가 가능하도록 설계하였다.



그림 3. 사료를 주는 모습과 체중을 측정중인 모습



그림 4. 소규모 스마트양돈 테스트베드 시설 내·외부 환경계측 센서

3. 탄소 배출량 측정을 위한 비육돈의 생육 환경

돈사 내·외부에서 발생하는 온실가스 배출량을 측정하고, 이를 대푯값으로 판단하기 위해 노력했다. 먼저 국내의 양돈사에서 사용되는 비육돈의 생육조건을 탐구했다. 이후 보편적으로 사용되는 랜드레이스 (Landrace), 요크셔 (Yorkshire), 듀록 (Duroc)을 교배한 삼원교잡종(LYD)을 선택했다. 일반적인 시스템으로 이유 자돈을 일정 기간 성장시켜 육성한 비육돈을 출하하고, 도축하는 방법을 채택했다. 사육 중 생육환경을 조성하기 위해서는 깨끗한 공기와 물, 충분하고 균형 잡힌 사료, 15~20°C의 온도와 60%의 상대 습도를 맞춰줘야 한다. 이 온습도 적정구간에서는 섭취한 사료가 체온 조절 아닌 무게 성장에 사용되는 것으로, 가축 생산성에서 중요한 요소로 여겨진다. 그러나 비육돈의 성장 시기, 계절 등 여러 조건에 따라 생육조건은 각각 차이를 두어야 한다.

표 1. 비육돈 무게별 적정온도

체중 (kg)	적정온도 (°C)
25	24~30
45	20~26
65	19~25
85	18~25
105	17~25

표 2. 이유 주령에 따른 권장 물 소비량

이유주령	체중 (°C)	물 소비량 (L/일)
1주령	6~7	1.0
2주령	8~9	1.4
3주령	11~13	2.0
4주령	14~16	2.4

하절기에는 여름철 한낮 온도가 30°C가 넘어가게 되면 돼지들은 체온 상승을 최소화하기 위해 사료 섭취를 제한하게 된다. 따라서 비교적 선선한 저녁, 새벽 시간을 활용하여 사료를 급여하고 더운 낮에는 절식하는 것이 사료량을 비축할 수

있다. 열 배출과 관련해서 사람의 경우 땀 배출을 통해 체온을 조절하는 비율이 높지만, 돼지의 경우 땀샘이 제한적이라 호흡을 통한 체온 조절 비율이 높다. 이에 우리가 흔히 활용하는 풍속을 통한 체감온도 관리는 땀샘이 잘 발달된 사람에는 효율적이거나, 땀샘이 퇴화되고 피하 지방층이 두꺼운 돼지에게는 한계가 있다. 이러한 이유로 별도의 냉방기를 사용하지 않고 호흡으로 발생한 열과

수분을 최대한 빠르게 돈사 밖으로 배출하는 것이 효율적이다. 동절기에는 추운 날씨에 대한 대비를 해야한다. 냉기로 인한 침습은 과도한 습기를 발생시켜 환기를 방해한다. 이러한 경우 비육돈의 스트레스가 가해지는 것뿐만 아니라, 면역적으로 부담이 생겨 성장 지연과 돼지호흡기복합증후군, 흉막폐렴으로 이어진다. 따라서 돈사 내외부의 냉기와 더불어 습기를 차단하는 것이 중요하

표 3. 양돈장의 소독제 종류

성분	유효 PH 범위	적용 온도 범위 (°C)				유기물 영향	살균 시간	희석액 유효 시간
		20~10	10~4	0~-5	-5~-30			
과산화초산	광범위	유효	유효	유효	유효	낮음	매우 빠름	1일
알데하이드	광범위	유효	무효	무효	무효	낮음	매우 늦음	7일
알코올	광범위	유효	약간 감소	약간 감소	무효	낮음	매우 빠름	7일
차아염소산	6~8.5	유효	제한적 효과	무효	무효	높음	늦음	1일
구연산	2~3	유효	제한적 효과	무효	무효	낮음	빠름	7일
수산화나트륨	12이상	유효	약간감소	제한적 효과	제한적 효과	낮음	늦음	7일
4급 암모늄	광범위	유효	유효	무효	무효	높음	매우 느림	7일

표 4. 23년 9월 데이터 비교

날짜 및 시간	평균 무게 (kg)	온도 (°C)	습도 (%)	CO ₂ (g)	NH ₃ (mg/L)
23. 9. 1 12:00	39.625	28.6	77.4	879	0.03
23. 9. 4 12:00	37.375	29.8	79.7	833	0.19
23. 9. 6 12:00	39.625	29.5	79.3	851	0.19
23. 9. 8 12:00	42.625	28.1	72.7	806	0.18
23. 9. 11 12:00	44.125	28.6	73.4	845	0.08
23. 9. 14 12:00	44.375	25.4	77.8	870	0.04
23. 9. 15 12:00	46	26	79	984	0.18
23. 9. 18 12:00	51.25	28.1	80.9	1001	0.05
23. 9. 20 12:00	52.625	24.5	80.1	977	1.88
23. 9. 22 12:00	54.5	24.4	79.1	956	2.15
23. 9. 25 12:00	56.375	26.5	72.8	852	1.08
23. 9. 26 12:00	63.25	25.1	76.3	987	1.89

다. 겨울철은 기본적으로 바이러스를 비롯한 병원체들이 생존에 유리하기 때문에 방역에 관한 부분이 더욱 중요하다. 방문객, 차량 물품의 출입을 제한하고, 외부인에 대한 소독을 실시해야 하며, 판매되고 있는 소독제의 종류와 사용 방법을 숙지하고 목적에 맞게 적절히 사용해야 한다.

이러한 생육조건을 바탕으로 공주대학교 산업과학대학 스마트팜공학과는 소규모 스마트 양돈 시설을 구축하였으며, 온실가스 배출량에 대한 실험을 진행 중이다. 돈사 내부의 센서를 통하여 일정한 시간 간격으로 온도, 습도, 이산화탄소 농도, 암모니아 농도 등 다양한 환경 인자를 측정하여 데이터를 구축하였고, 1~3일 간격으로 돼지의 무게를 측정하여 일지를 작성하였다. 돼지의 증체량과 돈사 내부 환경 변화 데이터를 시계열로 비교하여 돼지의 생육 일수에 따른 돈사 내부 환경 변화를 수집하였다.

4. 결론

공주대학교 산업과학대학 스마트팜공학과는 스마트 양돈 시스템에서 생육환경을 자동으로 조정

하여 축산시설 내부에서 돼지로부터 발생하는 탄소 영향을 연구하고 있다. 비육돈은 자동으로 조절된 환경에서 육성하며, 질병 및 무게 성장에 있어 문제없었다. 이번 실험과정을 통해 일반 농가 시설에서 사람의 감각으로 육성하는 것은 어려운 일이라 생각했으며, 한번의 실수가 농가 내부의 악영향을 일으키므로 정확한 데이터의 필요성을 느꼈다. 공주대학교 산업과학대학 스마트팜공학과는 축산시설에서의 탄소배출 최소화를 위한 탄소 배출량 통합관리 시스템 기술개발에 목표를 세웠다. 앞서 기술한 내용과 같이 현재 스마트 양돈장 내부의 센서를 설치 및 측정하여 데이터를 수집하였고, 수집된 데이터를 기반으로 축산시설 탄소 배출량 예측 알고리즘과 환경 변화에 따른 축산시설 탄소 배출량 평가 방법을 연구할 예정이다. 국내 축산 테스트베드 보유 현황은 매우 열악한 상황이다. 이러한 상황속에서 소규모 테스트베드에서의 다양한 공학적 연구 및 실험을 통해 더욱 간편하고 합리적인 미래 축산업의 발전에 도움 되길 기대한다.