

무창돈사의 환경제어 시스템 개발(I)

- 제어성능의 평가 -

Development of environmental control systems

for windowless pig-housing(I)

- Assessment of control performance -

장동일*	장홍희*	임영일*	한우석*
정희원	정희원	정희원	정희원
D.I. Chang	H.H. Chang	Y.I. Lim	W.S. Han

1. 서론

양돈의 규모화와 자동화에 따라 점차 무창돈사의 보급이 확대되고 있는 실정이다. 특히 무창돈사의 환경제어 시스템을 보면, 돈사 내부의 온도에 따라 배기팬의 회전속도를 자동으로 변화시켜 환기량을 제어해주는 환기방식이 주로 이용되고 있다. 또한 겨울철에 자돈사와 분만돈사에서는 보통 온수보일러, 온풍난방기로 가온하여 주며, 램프를 이용하여 가온을 시켜주는 경우도 있다. 이와 같이 공기 온도만을 고려하여 환경제어를 하는 것은 많은 문제를 발생시킬 수 있다. 왜냐하면 돼지의 생산성과 건강에 영향을 미치는 요소 중에서 공기 온도가 가장 크게 영향을 미칠지라도 습도, 유해 가스, 공기 속도, 바닥 온도 등도 많은 영향을 미치며(Boon, 1981; Geers et al, 1986; MWPS, 1990), 또한 공기 온도가 같을지라도 다른 환경요소가 달라짐에 따라 돼지의 체감온도가 달라질 수 있기 때문이다.

장(1998)은 돼지의 체온조절 행동을 분류하고, 유해 가스의 농도를 계측한 후 이 결과를 토대로 하여 돈사 내부의 환경을 양돈의 적정 환경으로 유지할 수 있는 무창돈사의 복합환경제어 시스템을 개발하였다.

본 연구는 이와 같은 복합환경제어 시스템을 무창돈사에 설치하여 실증 실험을 함으로써 제어성능을 평가하고자 수행되었으며, 구체적인 연구목적은 돈사내의 공기 온도뿐만 아니라 상대습도, 암모니아 가스, 탄산가스, 공기 속도, 공기 유동 형태 등의 분석을 통하여 복합환경제어 시스템의 제어성능을 평가하는 것이다.

* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

2. 재료 및 방법

가. 실험기간 및 장소

우리 나라의 경우 사계절이 뚜렷함으로 계절별로 개발된 환경제어 시스템의 성능을 평가할 필요가 있다. 따라서 동계(1998. 2. 13 ~ 1998. 3. 14), 춘계(1998. 5. 18 ~ 1998. 6. 15), 하계(1998. 6. 16 ~ 1998. 7. 16)로 구분하여 대전광역시 유성구 구암동에 소재한 충남대학교 농과대학 부설 동물사육장에서 성능실험을 실시하였다.

나. 실험설계

본 실험의 처리는 환경제어 돈사와 관행돈사로 구분하여 2개 처리로 하였으며, 반복은 각 처리에 대하여 돈방을 3칸씩(돈방당 4두)으로 함으로써 3반복하였다.

다. 공시동물

환경제어 돈사 3칸과 관행돈사 3칸에 각각 12두씩 총 24두를 공시하였다. 공시돼지는 랜드레이스×라지화이트 교잡종(F1)으로 약 45령 및 80일령에 도달한 자돈 및 육성돈을 공시하였으며, 성비는 각 처리별로 각각 암돼지 6두, 수돼지 6두로 하였다.

라. 실험시설과 사양관리

무창돈사에서 이용할 수 있는 환경제어 시스템의 성능을 비교 평가하기 위하여 충남대학교 농과대학 부설 동물사육장에 있는 자연환기방식 돈사를 관행돈사로 이용하였다. 이 돈사에는 크기가 4.8m×2.4m인 15개의 돈방이 있는데, 이중에 3칸을 2.4m×2.4m(두당 돈방면적: 1.44m²)로 축소하여 실험용 돼지를 사육하였다. 그리고 분뇨는 스크래퍼방식으로 처리되었으며, 니플이 슬랏(폭: 1.2m) 바로 위에 위치하여 돈방 바닥 전체가 항상 청결하게 유지되었다.

같은 외부 환경 조건에서 관행돈사와 실험돈사의 성능을 비교 실험하기 위하여 실험용 관행돈사가 위치한 충남대학교 농과대학 부설 동물사육장의 자연환기방식 돈사를 10mm 두께의 합판을 사용하여 환경제어 돈사로 개조하였다. 개조된 환경제어 돈사의 외부 모습은 그림 1과 같다. 환경제어 돈사의 내부에는 모두 3개의 돈방이 있으며, 이 돈방의 크기는 우리나라의 축산기술연구소에서 권장하고 있는 두당 0.6m²를 기준으로 하여 1.4m(W) × 2.2m(L) × 2.0m(H)로 결정하였다. 환기 시스템은 피트 환기 시스템이었으며, 외부의 공기 온도에 따라 입공기의 제트 방향이 조절되고 입기구의 공기속도가 5.0m/s 정도로 유지되도록 입기구개폐기를 설치하여 제어하였다. MWPS(1991)의 기준에 따라 배기 덕트를 직경 300mm 파이프를 하였으며, 출입문을 열고 닫을 수 있도록 분뇨 피트로부터 배기 덕트를 600mm 이격시킨 후 분뇨 피트와 배기 덕트를 직경 100mm 플라스틱 파이프를 연결하였다.

배합사료는 매일 오전 10시에 예비실험동안에 섭취한 양의 30%를 증량하여 급여하였으며, 물은 니플을 설치하여 무제한 자유 음수토록 하였다. 자돈의 경우 107.6lx, 육성비육돈의 경우 53.8lx, 그 외의 경우에는 161.4lx의 조도를 권장하고 있다(MWPS, 1991). 그러나 관행돈사에서는 자연광만을 제공하였으며, 실험돈사에서는 24시간 영상 처리를 하고 돼지의 운

등을 최대한 억제하기 위하여 권장하고 있는 조도보다 낮은 10.0 lx(모델 : LX-101 digital lux meter)를 백열등으로 24시간 제공하였다. 관행돈사에서는 냉·난방을 실시하지 않았으며, 실험돈사에서는 냉·난방을 실시하였다.

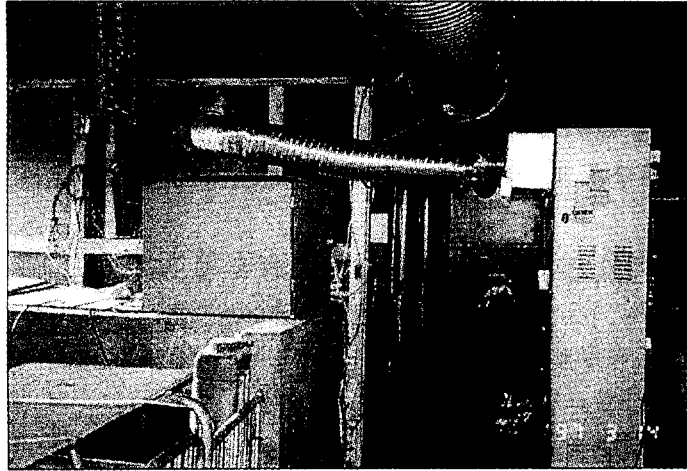


Fig. 1. Exterior view of the reconstructed experimental pig-housing.

마. 측정항목 및 방법

관행 돈사에서 온도와 상대습도는 3개의 돈방 중에서 중앙에 위치한 돈방의 중심부 1m 높이에 다중측정기(모델 : 6243 system)의 프로브(probe)를 설치하고 다중측정기와 PC간에 RS232로 통신하여 PC에 저장하여 측정하였으며, 탄산가스와 암모니아 가스의 농도는 측정장치가 없었던 관계로 실험이 끝난 후에 환경제어 시스템에서 이용하였던 측정장치를 이용하여 2일 동안 측정하였다.

실험돈사에서 온도, 상대습도, 탄산가스의 농도, 그리고 암모니아 가스의 농도는 3개의 돈방 중에서 중앙에 위치한 돈방의 중심부 1m 높이에 센서를 설치하여 환경제어 시스템으로 측정하였다. 환기율과 난방기의 작동 상태는 환경제어 시스템에 의해 계속하여 저장되도록 하였다. 그리고 실험이 끝난 후에 다중측정기(모델 : 6243 system)를 이용하여 슬랏 중앙으로부터 10cm 높이에서 공기속도를 환기율별로 측정하였다.

입기구 개폐기의 성능과 환기 성능을 평가하기 위하여 연기 발생기(smoke generator)로 연기를 발생시킨 후 연기의 유동을 관찰함으로써 돈사 내부에서의 공기유동을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 온도의 제어성능

실험기간 동안 외부 온도의 변화는 표 1과 같이 계절에 관계없이 심하였으며, 외부의 평균 온도는 동계 6.5℃, 춘계 19.5℃, 그리고 하계 24.2℃이었다. 이러한 외부 온도의 변화 속에서 관행돈사 내부의 평균 공기 온도는 동계 11.2℃, 춘계 21.6℃, 하계 26.0℃이었으며, 특히 동계의 경우 관행돈사 내부의 온도가 장기간 하한임계온도인 15℃ 미만으로 유지되었기 때문에 돼지들이 추위로 인한 스트레스를 많이 받았을 것으로 사료된다. 이에 반하여 환경제어 돈사 내부의 평균 공기 온도는 동계 17.9℃, 춘계 22.7℃, 하계 24.6℃이었으며, 실험 전 기간 동안 환경제어 돈사 내부의 공기 온도가 자돈 및 육성돈의 적정온도 범위인 15.0~27.0℃(이 등, 1995) 내에서 제어되었기 때문에 추위와 더위로 인한 스트레스를 거의 받지 않았을 것으로 사료된다. 또한 관행돈사와 환경제어 돈사의 내부 공기 온도 사이에 계절에 관계없이 통계적으로 유의적인 차이가 있었다($P<0.05$).

Table 1. Changes of the temperature

Item		Outdoor temperature(℃)	Indoor temperature(℃)	
			Conventional pig-housing	Experimental pig-housing
Winter	Min	-2.4	3.7	14.8
	Max	16.1	17.6	23.4
	Mean	6.5	11.2 ^a	17.9 ^b
	SD	3.2	2.9	2.1
Spring	Min	9.0	12.5	17.4
	Max	29.8	30.4	26.6
	Mean	19.5	21.6 ^a	22.7 ^b
	SD	4.2	3.5	1.9
Summer	Min	16.2	14.9	22.0
	Max	32.5	32.0	27.2
	Mean	24.2	26.0 ^b	24.6 ^a
	SD	3.8	3.2	0.7

* ^{a, b} with different superscripts showed significant differences ($P<0.05$).

나. 상대습도의 분포

외부의 평균 상대습도는 표 2와 같이 동계 59%, 춘계 69%, 하계 84%이었으며, 동계에는 적정 상대습도의 하한치인 60%보다 낮게 대부분 유지되었으며, 하계에는 적정 상대습도의 상한치인 80%보다 높게 대부분 유지되었다. 관행돈사 내부의 평균 상대습도는 동계 74%, 춘계 64%, 하계 82%로 유지되어 계절에 관계없이 건조에 의한 호흡기 질병의 발생 가능성이 적었던 것으로 나타났으며, 하계에는 고온다습으로 인하여 돼지가 스트레스를 많이 받았을 것으로 사료된다. 환경제어 돈사 내부의 평균 상대습도는 동계 69%, 춘계 69%, 하계 82%로 유지되어 계절에 관계없이 건조에 의한 호흡기 질병의 발생 가능성이 적었던 것으로 나타났으며, 하계에는 다습하였지만 적정 온도로 유지되었기 때문에 돼지가 스트레스를 거의 받지 않았을 것으로 사료된다. 그리고 관행돈사와 환경제어 돈사의 내부 상대습도 사이에 춘계에는 통계적으로 유의적인 차이가 있었으나($P < 0.05$), 동계와 하계에는 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$).

Table 2. Changes of the relative humidity

Item		Outdoor relative humidity (%)	Indoor relative humidity(%)	
			Conventional pig-housing	Experimental pig-housing
Winter	Min	19	40	26
	Max	96	97	96
	Mean	59	74 ^a	69 ^a
	SD	18.7	14.0	15.7
Spring	Min	21	45	47
	Max	78	79	86
	Mean	69	64 ^a	69 ^b
	SD	14.9	10.5	12.8
Summer	Min	24	58	61
	Max	89	89	91
	Mean	84	82 ^a	82 ^a
	SD	12.7	7.5	8.6

* ^{a, b} with different superscripts showed significant differences ($P < 0.05$).

다. 유해 가스의 제어성능

유해 가스 중에서 탄산가스와 암모니아 가스만을 제어인자로 하여 제어한 결과는 표 3과 같다. 탄산가스와 암모니아 가스의 최대 허용농도는 2,000ppm과 20ppm인데(우, 1995; 장 등, 1997), 농도가 관행돈사와 환경제어 돈사에서 모두 허용농도 이하의 값으로 유지되었다. 특히 겨울의 탄산가스 농도를 보면, 관행돈사의 평균 탄산가스 농도가 709.5ppm이었는데 반하여 환경제어 돈사의 평균 탄산가스 농도는 1332.0ppm으로 훨씬 높았다. 이유는 난방기로부터 돈사 내부로 대량의 탄산가스가 유입되었기 때문이었다. 따라서, 난방을 하는 겨울철에는 탄산가스의 효율적인 배출을 위한 환기대책이 마련되어야 한다.

Table 3. Changes of the CO₂ and NH₃ gases

Item		CO ₂ gas (ppm)		NH ₃ gas (ppm)	
		Conventional pig-housing	Experimental pig-housing	Conventional pig-housing	Experimental pig-housing
Winter	Min	522.5	795.2	2.0	0.4
	Max	1049.4	1874.4	9.4	3.1
	Mean	709.5	1332.0	5.8	1.9
	SD	161.4	279.5	2.1	0.7
Spring	Min	598.0	838.2	4.2	0.3
	Max	1327.0	1107.8	8.8	3.2
	Mean	1028.3	925.5	5.9	0.7
	SD	193.8	63.3	1.3	0.2
Summer	Min	765.0	630.5	4.2	0.3
	Max	1506.0	949.6	9.6	2.6
	Mean	1171.8	797.9	6.2	0.8
	SD	161.4	76.5	1.3	0.2

라. 공기 속도의 제어성능

최소 환기율(2.4624cmm)로 환기될 때 찬 입공기는 직접 돼지에게 도달되지 않았으며, 입공기의 속도는 4.4~5.2m/s로 유지되어 돈사 내부의 공기와 찬 입공기가 잘 혼합되어 배출됨으로써 효과적으로 환기가 되었다.

최대 환기율(26.3796cmm)로 환기될 때 더운 입공기는 대부분 직접 돼지에게 도달됨으로써 체감온도가 저하되었으며, 동시에 입공기의 속도는 4.7~5.1m/s로 유지되어 입공기와 돈사 내부의 공기가 잘 혼합되어 배출됨으로써 효과적으로 환기가 되었다.

중간 환기율(8.4408cmm)로 환기될 때는 최소 환기율로 환기될 때와 최대 환기율로 환기될 때의 중간 형태로 환기되었으며, 이 때 입공기의 속도는 4.5~5.0m/s로 유지되어 효과적으로 환기가 되었다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 농장 실증 시험을 통해 복합환경제어 시스템의 제어성능을 평가하기 위하여 수행되었으며, 동계, 춘계, 그리고 하계로 구분하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 관행돈사의 경우 돈사내 온도가 계절에 관계없이 대부분 적정온도를 많이 벗어난 상태로 유지되어 돼지가 추위 또는 더위로 인하여 많은 스트레스를 받았을 것으로 사료되었으며, 환경제어 돈사의 경우는 돈사내 온도가 계절에 관계없이 적정온도로 제어가 되어 돼지가 추위와 더위로 인한 스트레스를 거의 받지 않았을 것으로 사료되었다.

2) 겨울과 봄의 경우 관행돈사와 환경제어 돈사 모두 상대습도가 대부분 60~80%로 유지되어 건조함에 의한 호흡기 질병의 가능성이 낮았던 것으로 나타났다. 그리고 여름에는 관행돈사의 경우 대부분 고온·고습으로 유지되어 생산성이 많이 감소되었을 것으로 판단되었으나, 환경제어 돈사의 경우는 대부분 고습으로 유지되었지만 돈사내 온도가 적정온도로 유지되었기 때문에 관행돈사에 비하여 생산성의 감소가 적었던 것으로 판단되었다.

3) 탄산가스와 암모니아 가스는 계절과 돈사에 관계없이 허용농도 이하의 값으로 유지되었기 때문에 건강과 생산성에 악영향을 미치지 않은 것으로 나타났다.

4) 환경제어 돈사에서의 풍속은 권장상한치인 0.3m/s보다 낮은 0.11~0.23m/s 내에서 유지되었으며, 환경제어 돈사에서의 입공기 속도가 4.4~5.2m/s로 유지되었기 때문에 환기가 효과적으로 이루어진 것으로 판단되었다.

5. 참고문헌

- 1) 박태진. 1996. 알기쉬운 축산물등급제. 축협중앙회 축산물등급판정소.
- 2) 우영제. 1995. 돈사시설 핸드북. 양돈연구.
- 3) 이희훈, 최홍립, 이호원, 김두환, 정명수, 허문도, 이춘호. 1995. 무창돈사시설. 현대출판사.
- 4) 장동일, 윤진하, 김두환, 김홍표. 1997. 양돈 자동화 시스템. (주)현축.
- 5) 장홍희. 1998. 무창돈사의 환경제어 시스템 자동화 연구. 충남대학교 박사학위 논문.
- 6) Boon, C. R. 1981. The effect of departures from lower critical temperature on the group postural behavior of pigs. Anim. Prod. 33 : 71-79.
- 7) Geers, R., V. Goedseels, G. Parduyns, and G. Vercruyssen. 1986. The group postural behavior of growing pigs in relation to air velocity, air and floor temperature. Appl. Anim. Behav. Sci. 16 : 353-362.

- 8) Grub, W., E. P. Foerster and L. F. Tribble. 1974. Swine building air contaminant control with pit ventilation. Presented at the 1974 Winter Meeting, Paper No. 74-4532. ASAE, St. Joseph, MI.
- 9) MWPS. 1990. Mechanical ventilating systems for livestock housing, MWPS-32, Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames.
- 10) MWPS. 1991. Structures and Environment Handbook. Publication MWPS-8, Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames, IA.
- 11) Pig International. 1997. Action plan against ventilation diseases. Pig International 27(1) : 27-31.
- 12) Sainsbury, D. 1979. Livestock Health and Housing. Bailliere Tindall Pub. London, England.