

무창돈사의 환경제어 시스템 개발(I)[†]

- 제어성능의 평가 -

Development of Environmental Control Systems for Windowless Pig-housing(I)

- Assessment of Control Performance -

장 흥 희**

정회원

H. H. Chang

장 등 일*

정회원

D. I. Chang

임 영 일*

정회원

Y. I. Lim

ABSTRACT

This study was conducted to assess performances of the developed environmental control systems under various seasons of Korea. In all trials for the environmental control systems, the manure pit ventilation system in the windowless pig-housing with partly slatted floor was used.

Consequently, under all seasons of Korea, the complex environmental control systems could comfortably maintain the indoor temperature (14.8~27.2℃), concentrations of noxious gases (CO₂ gas : 631~1,874ppm, NH₃ gas : 0.3~3.2ppm), air velocity (0.11~0.23m/s), air movement, and so on. Therefore, the performances of the complex environmental control systems were evaluated as proper as the intended.

주요용어(Key Words): 영상처리(Image processing), 돼지(Pig), 돈사(Pig-housing), 체온조절행동(Thermoregulatory behavior), 환경제어(Environmental control)

1. 서 론

양돈의 규모화와 자동화에 따라 점차 무창돈사의 보급이 확대되고 있는 실정이다. 특히 무창돈사의 환경제어 시스템을 보면, 온도센서에 의해 측정된 돈사 내부의 온도에 따라 배기팬의 회전속도를 자동

으로 변화시켜 환기량을 제어해주는 환경제어 방식이 주로 이용되고 있다. 또한 겨울철에 자돈사와 분만돈사에서는 보통 온수보일러나 온풍난방기로 가온하여 주며, 보온등을 이용하여 가온을 시켜주는 경우도 있다. 이와 같이 공기 온도만을 고려하여 환경제어를 하는 것은 많은 문제를 발생시킬 수 있다.

† 본 연구는 농림부 1995년 농림특정연구사업과제의 지원으로 수행되었음.

* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

** 경상대학교 농과대학 축산과학부

왜냐하면 돼지의 생산성과 건강에 영향을 미치는 요소 중에서 공기 온도가 가장 크게 영향을 미치지 만 습도, 유해 가스, 공기 속도, 바닥 온도 등도 많은 영향을 미치며(Boon, 1981; Geers et. al., 1986; MWPS, 1990), 또한 공기 온도가 같아도 다른 열 환경 요소가 달라짐에 따라 돼지의 체감온도가 달라질 수 있기 때문이다. 또한 온도센서를 이용하여 환경제어를 하면, 유해 가스와 먼지에 의해 온도센서의 정확도 및 내구성이 저하되기 때문에 적절하게 환경제어를 하기 어려울 뿐만 아니라 센서의 유지보수를 위한 비용이 추가적으로 소요된다.

돼지의 체감온도는 공기 온도, 공기 속도, 그리고 바닥 온도 등의 복합작용에 의하여 결정되며, 이 결과에 따라 체온 조절 행동이 다르게 나타난다. 따라서 영상 처리 기술을 이용하여 체온 조절 행동을 분류함으로써 열 환경을 제어한다면 공기 온도, 공기 속도, 그리고 바닥 온도 등을 복합적으로 제어하는 경우와 같은 효과를 나타낼 수 있다. 또한 온도센서를 이용하여 환경제어를 하는 것에 반하여 영상처리 기술을 이용하여 환경제어를 하면, 유해가스와 먼지의 영향을 받지 않고 반영구적으로 영상을 획득하여 환경제어를 할 수 있을 뿐만 아니라 유지보수에 추가적으로 노력과 비용이 소요되지 않는다. 또한 영

상처리 기술은 돼지의 건강상태와 침입자의 침입 여부를 파악하는데 이용될 수도 있기 때문에 장기적으로 보아 영상처리 기술을 이용하여 환경제어를 함이 바람직하다고 판단된다.

장 등(1998)은 영상처리 기술을 이용하여 돼지의 체온 조절 행동을 분류하고 유해가스의 농도를 계측한 후, 이 결과들을 토대로 하여 배기팬, 냉·난방기, 그리고 입기구 개폐기 등을 제어함으로써 돈사 내부의 환경을 양돈의 적정 환경으로 유지할 수 있는 무창돈사의 복합환경제어 시스템을 개발하였다.

따라서 본 연구는 장 등(1998)이 개발한 복합환경제어 시스템을 무창돈사에 설치하여 실증 실험을 함으로써 제어성능을 평가하고자 수행되었으며, 그 구체적인 성능평가의 항목은 돈사 내부의 공기온도, 상대습도, 암모니아가스, 탄산가스, 공기 속도 등이었다.

2. 제어 시스템의 구성

가. 하드웨어

복합환경제어 시스템은 그림 1과 같이 구성되었으며, 특히 영상처리에 의해 돼지의 체온 조절 행동

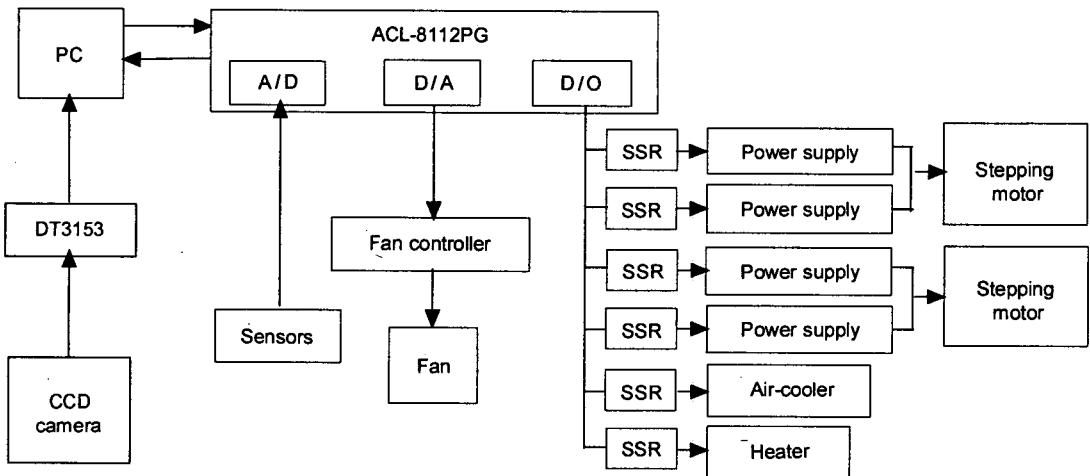


Fig. 1 Hardware of the environmental control systems.

분류를 위하여 DT3153 보드와 WV-CBP410 CCD 카메라를 사용하였고, 제어 및 계측을 위해서는 ACL-8112PG 보드를 사용하였다. 각 장치들의 특성은 표 1과 같다.

우리 나라의 기후 여건과 돈사 내부의 환경 계측

에 적합한 센서들이 주요 환경 요소별로 Chang 등 (1997)에 선발되었다. 이와 같이 선발된 센서들을 이용하여 주요 환경요소를 계측하였으며, 이들의 성능은 표 2와 같다.

배기팬은 SL-30(Ventilation rate : 3~60cmm), 난방

Table 1 Specifications of CCD camera and image processing board

Item	Model	Specification	
CCD camera	WV-CBP410	Image sensor	1/3" IT color CCD
		Pick-up device	768(H)×494(V)
		Scanning	525 line/60 fields/30 frames
		Frequency	Hor. 15.734kHz, Ver. 59.94Hz
		Resolution	480 TV-line
		Electronic shutter	1/60~1/15700 (9 step)
Frame grabber	DT3153	Video input	3 multiplexed NTSC/PAL/RS-170
		Processing	Real-time scaling
		Resolution	Color level - 24bit, 640×480
		Frame grab speed	1/30s
		Memory	Uses PC system RAM for image storage
A/D board	ACL-8112PG	Analog Input	16chan., 12bit resolution/ ±5V range, 0.015% accuracy
		Analog Output	16chan., 12bit resolution/ 0~10V range, ±1/2bit LSB
		Digital output General	16TTL chan., Low 0~0.4V, High 2.4~5V

Table 2 Sensors used for the environmental measurement

Sensor	Company	Model	Measuring range	Performance (V(V) = Output of the sensor)
Temperature sensor	VAISALA	HMP233L	-40~+80℃	$T(℃) = -43.0166 + 24.6525 \times V$ ($r^2 = 0.9995$; s.d. = 0.2951)
Relative humidity sensor	VAISALA	HMP233L	0~100%	$PH(\%) = -24.2613 + 24.2738 \times V$ ($r^2 = 0.9976$; s.d. = 1.5740)
CO ₂ gas sensor	Mapo Technomax	HANI	0~2,000 ppm	$CO_2 = 10.2159 + 957.7432 \times V$ ($r^2 = 0.9999$; s.d. = 1.0052)
NH ₃ gas sensor	HANS	TS-1000	0~150 ppm	$NH_3 = -62.4188 + 55.2261 \times V$ ($r^2 = 0.9996$; s.d. = 0.5184)

기는 DFF-030R(Rated capacity : 15,000Kcal/h), 냉방기는 AW-537(Rated capacity : 1,800Kcal/h)이 사용되었다.

Stepping motor는 환기 단계에 따라 입기구의 개폐 면적을 조절함으로써 돈사 내부의 공기가 혼합이 잘 되도록 하기 위하여 입공기의 속도를 5m/s 정도로 유지하고, 입공기의 방향을 제어하는데 사용되었다.

나. 소프트웨어

환경제어 알고리즘(장 등, 1998)의 구현과 자동화 시스템을 작동하기 위한 프로그램은 LabWindows/CVI 언어로 작성되었다. 모든 환경요소의 계측 값이 실시간으로 화면에 출력되도록 하였으며, 우측 상단에 돼지 영상처리 결과를 디스플레이 하도록 하였다. 또한 냉방기, 난방기, 환풍기의 작동상태를 나타내고, 이들의 제어방식을 상황에 따라 자동제어에서 수동제어로 전환하여 제어할 수 있도록 구성하였다.

3. 실험 재료 및 방법

가. 공시동물

환경제어 돈사 3칸과 관행돈사 3칸에 각각 4두씩 총 24두를 공시하였다. 공시돼지는 랜드레이스×라지화이트 교잡종(F1)으로 약 45령 및 80일령에 도달한 자돈 및 육성돈을 공시하였으며, 성비는 각 처리별로 암돼지 16두와 수돼지 8두로 하였다.

나. 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 위치한 충남대학교 농과대학 부설 동물사육장에서 성능실험을 실시하였다.

다. 실험설계

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

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 스크래퍼 방식으로 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 내·외부 모습은 그림 2 및 그림 3과 같다. 환경제어 돈사의 내부에는 모두 3개의 돈방이 있으며, 이 돈방의 크기는 우리 나라의 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 공기온도에 따라 입공기의 제트 방향이 조절되고 입기구의 공기속도

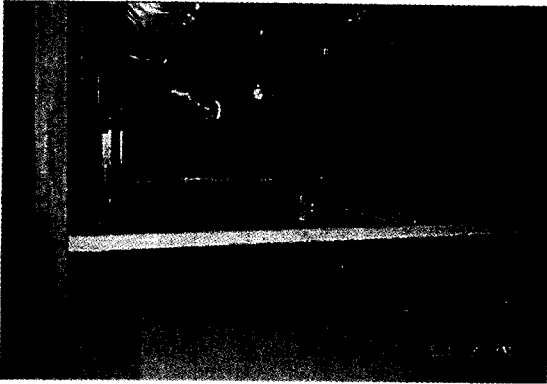


Fig. 2 Interior view of the reconstructed experimental pig-housing.

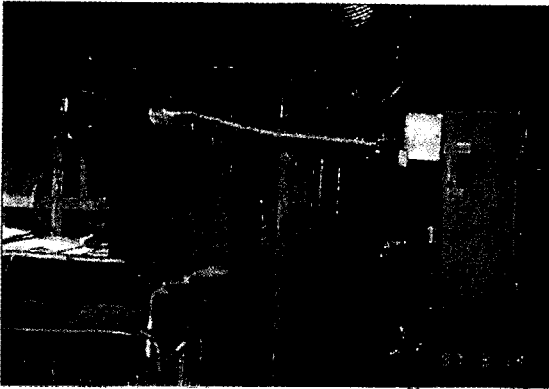


Fig. 3 Exterior view of the reconstructed experimental pig-housing.

가 5.0m/s 정도로 유지되도록 입기구 개폐기를 설치하여 제어하였다. MWPS(1991)의 기준에 따라 배기 덕트를 직경 300mm 파이프로 하였으며, 출입문을 열고 닫을 수 있도록 분뇨 피트로부터 배기 덕트를 600mm 이격시킨 후 분뇨 피트와 배기 덕트를 직경 100mm 플라스틱 파이프로 연결하였다.

배합사료는 매일 오전 10시에 예비실험동안에 섭취한 양의 30%를 증량하여 급여하였으며, 물은 니플을 설치하여 무제한 자유 음수토록 하였다. 자돈의 경우 107.6 lx, 육성비육돈의 경우 53.8 lx, 그 외의 경우에는 161.4 lx의 조도를 권장하고 있다(MWPS,

1991). 그러나 관행돈사에서는 자연광만을 제공하였으며, 실험돈사에서는 24시간 영상 처리를 하고 돼지의 운동을 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.

마. 환기 단계 결정

현재 국내외적으로 생산되고 있는 돈사용 배기팬 중에서 돈사 내부의 환경 변화에 따라 회전속도(rpm)를 조절할 수 있는 배기팬을 보면, 온도 변화에 따라 5단계로 조절되는 것이 있으며, 이보다 미세하게 조절되는 배기팬은 생산되지 않고 있다. 이로 인하여 환기 단계를 5단계로 하였는데, 1단계와 5단계는 최소 환기율과 최대 환기율로 결정하였으며(MWPS, 1990), 2~4 단계는 1~5 단계를 4등분하여 결정하였다.

제어를 위한 환기 단계는 다음의 순서에 따라 결정하였다.

(1) 돼지의 영상을 획득하여 영상처리 한 후 체온 조절 행동을 추운 경우, 적정한 경우, 더운 경우로 결정한다(장 등, 1997).

(2) 추운 경우의 체온 조절 행동일 때는 항상 1단계로 한다. 만약 실외온도가 하한임계온도(15℃)보다 낮을 때는 적정한 경우와 더운 경우의 행동일지라도 난방에 의한 열에너지를 오랜 시간 유지시키기 위해 1단계로 한다. 그리고 실외온도가 하한임계온도보다 높은 상황에서 적정한 경우의 행동일 때는 3단계, 더운 경우의 행동일 때는 5단계로 한다.

(3) 추운 경우의 체온 조절 행동일 때는 난방기를 작동시키고 환기 단계를 그대로 유지하며, 더운 경우의 체온 조절 행동일 때는 난방기가 없을 경우 그대로 5단계로 하고 난방기가 있을 경우 난방기를 작동시키고 환기 단계를 1단계로 한다.

(4) 그러나 유해 가스의 농도가 최대허용농도 범위(CO₂ : 2,000 ppm, NH₃ : 20 ppm)를 초과하였을 때는 이상의 과정에서 결정된 환기 단계보다 1단계 높여 환기 단계를 결정한다.

바. 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.

입기구 개폐기의 성능과 환기 성능을 평가하기 위하여 실험 전에 연기 발생기(smoke generator)로 연기를 발생시켜 입기구를 통해 유입시킨 후, 연기의 유동을 관찰함으로써 돈사 내부에서의 공기유동을 측정하였고, 다중측정기(모델 : 6243 system)를 이용하여 입기구와 슬랏 중앙으로부터 10cm 높이에서의 공기속도를 환기율별로 측정하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

가. 온도의 제어성능

실험기간 동안 외부 온도의 변화는 표 3과 같이

Table 3 Changes of the temperature

Item		Outdoor temperature(°C)	Indoor temperature(°C)	
			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

* ^{ab} with different superscripts showed significant differences (P<0.05).

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 전기간 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($P < 0.05$).

나. 상대습도의 분포

외부의 평균 상대습도는 표 4와 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 고온고습으로 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 고습이었으나 적정 온도로 유지되었기 때문에 돼지가 스트레스를 거의 받지 않았을 것으로 사료된다.

Table 4 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 ($P < 0.05$).

그리고 관행돈사와 환경제어 돈사의 내부 상대습도 사이에 준계에는 통계적으로 유의적인 차이가 있었으나($P < 0.05$), 동계와 하계에는 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$).

다. 유해 가스의 제어성능

유해 가스 중에서 탄산가스와 암모니아 가스만을 제어인자로 하여 제어한 결과는 표 5와 같다. 탄산가스와 암모니아 가스의 최대 허용농도는 2,000 ppm과 20 ppm인데(우, 1995; 장 등, 1997), 농도가 관행돈사와 환경제어 돈사에서 모두 허용농도 이하의 값으로 유지되었다. 특히 겨울의 탄산가스 농도를 보면, 관행돈사의 평균 탄산가스 농도가 709.5 ppm이었는데 반하여 환경제어 돈사의 평균 탄산가스 농도는 1,332.0 ppm으로 훨씬 높았다. 이유는 난방기로부터 돈사 내부로 대량의 탄산가스가 유입되었기 때문이었다. 따라서, 난방을 하는 겨울철에는

탄산가스의 효율적인 배출을 위한 환기대책이 마련되어야 한다.

라. 공기 속도의 제어성능

입공기의 속도는 신선한 입공기와 신선하지 못한 돈사 내부의 공기가 혼합이 잘되도록 3.5~5.1m/s (MWPS, 1991) 정도로 유지되고, 입공기 개폐기에 의해 변환되는 입공기의 방향도 적절히 변환시켜 주어야 적절한 환기가 이루어진다(Pig International, 1997).

본 실험에서 최소 환기율(2.4624cmm)로 환기될 때 입공기의 흐름은 그림 4와 같이 이루어졌으며, 입공기의 속도는 4.4~5.2m/s로 유지되었고, 최대 환기율(26.3796cmm)로 환기될 때 입공기의 흐름은 그림 5와 같이 이루어졌으며, 입공기의 속도는 4.7~5.1m/s로 유지되었다. 그리고 중간 환기율(8.4408 cmm)로 환기될 때는 최소 환기율로 환기될 때와 최

Table 5 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	1,049.4	1,874.4	9.4	3.1
	Mean	709.5	1,332.0	5.8	1.9
	SD	161.4	279.5	2.1	0.7
Spring	Min	598.0	838.2	4.2	0.3
	Max	1,327.0	1,107.8	8.8	3.2
	Mean	1,028.3	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	1,506.0	949.6	9.6	2.6
	Mean	1,171.8	797.9	6.2	0.8
	SD	161.4	76.5	1.3	0.2

대 환기율로 환기될 때의 중간 공기 유동 형태로 환기되었으며, 이 때 입공기의 속도는 4.5~5.0m/s로 유지되어 전체적으로 3.5~5.1m/s에 포함되어 효과적인 환기가 이루어졌다.

돈방에서의 공기의 속도는 슬랏으로부터 10cm 높이에서의 공기 속도가 권장상한치인 0.3m/s (Sainsbury, 1979)보다 낮고, 슬러리로부터 발생하는 유해 가스가 돼지의 활동 영역으로 확산되는 것을

방지하기 위해서는 슬랏 바닥 밑으로의 공기 속도가 0.08m/s(Grub et. al., 1974) 이상으로 유지되어야 한다.

본 실험에서는 공기의 속도가 0.11~0.23m/s 범위에서 유지 되었으므로, 환기율에 관계없이 권장 상한치보다 낮았고, 0.08m/s 보다 항상 높았기 때문에 슬러리로부터 발생하는 유해 가스가 효과적으로 배출되어 공기속도나, 유해 가스에 의한 스트레스를 거의 받지 않은 것으로 분석되었다.

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 판단되었으며, 환경제어 돈사의 경우도 대부분 고습으로 유지되었지만 돈사내 온도가 적정온도로 유지되었기 때문에 생산성의 감소가 거의 없었던 것으로 판단되었다.

3) 탄산가스와 암모니아 가스는 계절과 돈사에 관계없이 권장상한치 이하의 값으로 유지되었다.

4) 환경제어 돈사에서의 공기 속도는 권장 상한치보다 낮게 유지되었으며, 입공기 속도는 권장범위

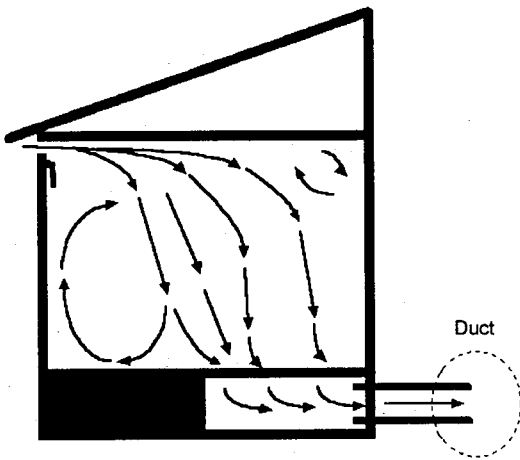


Fig. 4 Air flow under the minimum ventilation rate.

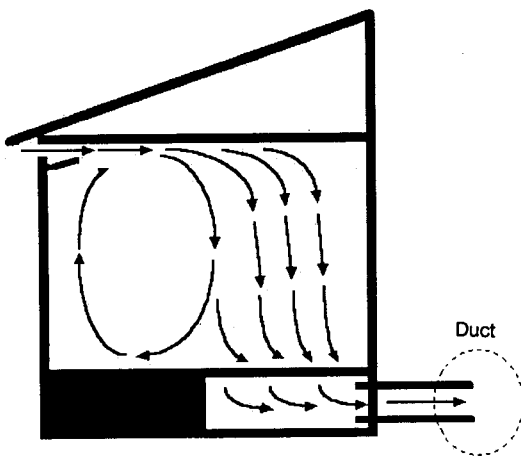


Fig. 5 Air flow under the maximum ventilation rate.

내에서 유지되었다.

5) 결과적으로 복합환경제어 시스템의 성능은 매우 우수하게 나타났으며, 우리 나라의 기후 여건에 적합한 것으로 분석되었다.

참 고 문 헌

1. 우영제. 1995. 돈사시설 핸드북. 양돈연구.
2. 이희훈, 최홍립, 이호원, 김두환, 정명수, 허문도, 이춘호. 1995. 무창돈사시설. 현대출판사.
3. 장동일, 박창식, 이봉덕, 김만수, 박종수, 유재일, 윤희진. 1998. 한국형 자동화 돈사시설의 환경제어 시스템 모델 개발. 연구보고서. 농림부.
4. 장동일, 장홍희, 임영일. 1997. 이미지 처리를 이용한 돼지의 체온 조절 행동 분류(I). - 모형돈에 대한 이미지 처리. 한국축산시설환경학회지 3(2):10-113.
5. 장동일, 윤진하, 김두환, 김홍표. 1997. 양돈 자동화 시스템. (주) 현축.
6. 장홍희. 1998. 무창돈사의 환경제어 시스템 자동화 연구. 충남대학교 박사학위 논문.
7. Boon, C. R. 1981. The effect of departures from

- lower critical temperature on the group postural behavior of pigs. Anim. Prod. 33:71-79.
8. Chang, D. I., H. H. Chang and S. H. Bahng. 1997. Selection of the sensors for the environmental control systems of pig-housing in temperate zone. ASAE Paper No. 974123.
9. Geers, R., V. Goedseels, G. Parduyns and G. Vercruysse. 1986. The group postural behavior of growing pigs in relation to air velocity, air and floor temperature. Appl. Anim. Behav. Sci. 16:353-362.
10. Grub, W., E. P. Foerster and L. F. Tribble. 1974. Swine building air contaminant control with pit ventilation. ASAE Paper No. 744532.
11. MWPS. 1990. Mechanical ventilating systems for livestock housing. MWPS-32, Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames, IA.
12. MWPS. 1991. Structures and Environment Handbook. MWPS-8, Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames, IA.
13. Sainsbury, D. 1979. Livestock Health and Housing. Bailliere Tindall Pub. London, England.