

무창돈사의 환경제어 시스템 개발(II)[†]

— 자돈과 육성돈의 사양성적 —

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

— Growth Performance of Weaned Piglets and Growing Pigs —

장 동 일*	장 흥 희**	임 영 일*	박 창 식***	이 봉 덕***	이 형 석****
정회원	정회원	정회원			
D. I. Chang	H. H. Chang	Y. I. Lim	C. S. Park	B. D. Lee	H. S. Lee

ABSTRACT

Complex environmental control systems were developed, which control properly the pig's environment in windowless pig-housing based on the thermoregulatory behaviors of pigs and concentrations of noxious gases(CO₂ and NH₃). Then this study was conducted to assess the performance of complex environmental control systems by raising weaned piglets and growing pigs under different seasonal conditions.

Average daily gain of pigs in the experimental pig-housing was slightly higher than that of pigs in the conventional pig-housing. Average daily gain was not significantly different in winter and spring(P>0.05), but was significantly different in summer(P<0.05). Feed conversion rate of pigs in the experimental pig-housing was smaller than that of pigs in the conventional pig-housing. Feed conversion rate was not significantly different in spring(P>0.05), but was significantly different in winter and summer(P<0.05). In addition, providing proper environment for weaned piglets and growing pigs resulted in the improved daily gain, feed conversion rate, and carcass quality of the finishing pigs. These results showed that the performance of the complex environmental control systems in windowless pig-housing was excellent for weaned piglets and growing pigs.

주요용어(Key Words): 돼지(Pig), 무창돈사(Windowless pig-housing), 환경제어(Environmental control)

1. 서 론

현재 우리나라의 양돈산업은 시장 개방, 3D 현상, 노동력 부족 등의 많은 어려움 속에 있다. 이러한 어려움을 극복하기 위해서는 양돈의 규모화와 자동화를 통해 생산비를 절감시키고, 고품질의 돼지고기를 생산하여야만 한다.

양돈 농가의 관심 증가와 규모화 등에 따라 점차

무창돈사 및 이에 필요한 환경제어 시스템의 보급이 확대되고 있는 실정이다. 그러나 현재 돈사 내부의 온도만을 고려하여 배기팬의 회전속도를 자동으로 변화시켜 환기량을 제어해 주는 환경제어 시스템이 주로 이용되고 있어 단지 돈사 내부의 공기 온도만이 제어되고 있다. 이와 같이 돈사 내부의 공기 온도만을 제어하는 현행의 환경제어 시스템은 공기 온도, 공기 속도, 공기 유동, 유해 가스 등을 복합적으

[†] 본 연구는 농림부 1995년 농림특정연구사업과제의 지원으로 수행되었음.

* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

** 경상대학교 농과대학 축산과학부

*** 충남대학교 농과대학 축산학과

**** 충남대학교 농과대학 낙농학과

로 제어하는 복합환경제어 시스템에 비하여 생산성, 사료효율, 그리고 육질 등의 저하를 초래하고, 또한 건강 등의 문제를 발생시킬 수 있다. 왜냐하면 돼지의 생산성, 사료효율, 육질, 그리고 건강 등에 영향을 미치는 요소 중에서 공기 온도가 가장 큰 영향을 미치지만, 습도, 유해 가스, 공기 속도 등도 많은 영향을 미치기 때문이다(Boon, 1981; Geers et al., 1986; MWPS, 1990). 또한 무창돈사 및 환경제어 시스템에 대한 기술이 국내 기술이 아니라 대부분 우리나라와 기후 조건이 다른 외국 기술이기 때문에, 우리나라와 같이 계절별 온도, 습도의 변화가 심한 기후에 적용하기 어려운 것이 현실이다.

이상의 여러 가지 이유로 인하여 우리나라의 기후 조건과 무창돈사 등에 적합한 복합환경제어 시스템의 개발이 절실히 요구되었다. 이에 따라 장 등(1998)은 영상처리를 이용하여 돼지의 체온 조절 행동을 분류함으로써 열환경을 측정하고, 또한 유해 가스 농도를 계속한 후 이 결과들을 토대로 돈사 내부의 환경을 복합적으로 제어할 수 있는 복합환경제어 시스템을 개발하게 되었다. 이와 같이 복합환경제어 시스템이 개발됨에 따라 이에 대한 성능 검증이 요구되었다.

따라서, 본 연구는 장 등(1998)에 의해 개발된 복합환경제어 시스템을 무창돈사에 설치한 후 돼지를 사육함으로써 복합환경제어 시스템의 사양성능을 평가하고자 수행되었으며, 사양성능은 증체량, 사료 요구율, 그리고 음수량 등의 분석을 통하여 구체적으로 평가되었다.

2. 재료 및 방법

가. 공시동물 및 실험설계

동계(1998. 2. 13~1998. 3. 14), 춘계(1998. 5. 18~1998. 6. 15), 하계(1998. 6. 16~1998. 7. 16)로 구분하여 대전광역시 소재한 충남대학교 농과대학 부설 동물사육장에서 실험을 실시하였다. 본 실험의 처리는 환경제어 돈사와 관행돈사로 구분하여 2개 처리로 하였으며, 반복은 각 처리에 대하여 돈방을 3칸씩(자돈 : 돈방당 5두, 육성돈 : 돈방당 4두)으로 합으로써 3반복으로 시험하였다. 공시돼지는 랜드레

이스×라지화이트 교잡종(F1)으로 약 45령 및 80일령에 도달한 자돈 및 육성돈을 공시하였다. 성비는 각 처리별로 자돈의 경우 각각 암돼지 8두, 수돼지 7두로 하였으며, 육성돈의 경우 암돼지 8두, 수돼지 4두로 하였다.

나. 실험시설과 사양관리

관행돈사에는 충남대학교 농과대학 부설 동물사육장에 있는 자연환기방식의 돈사가 이용되었으며, 돈방의 크기는 축산기술연구소의 권장치를 기준으로 하여 2.4m×2.4m로 결정하였다. 그리고 분뇨는 스크래퍼방식으로 처리되었다.

환경제어 돈사는 실험용 관행돈사가 위치한 동물사육장에 위치하였으며, 이 환경제어 돈사에는 장 등(1998)에 의해 개발된 복합환경제어 시스템이 설치되었다. 환경제어 돈사에 있는 돈방의 크기는 축산기술연구소의 권장치를 기준으로 하여 1.4m×2.2m로 결정하였다. 분뇨는 개조된 돈사를 이용한 관계로 하루에 한 번 인력에 의해 제거되었으며, 환기 시스템은 피트 환기 시스템(MWPS, 1991)이 이용되었다.

사료는 무제한 급여를 원칙으로 하여 계속적으로 신선한 사료를 예측, 공급하기 위해, 매일 오전 10시에 예비실험동안에 섭취한 양의 30%를 증량하여 표 1의 자돈사료(Diet I)와 육성돈사료(Diet II)를 사육단계에 따라 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, 환경제어 돈사에서는 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, 환경제어 돈사에서는 냉·난방을 실시하였다.

다. 측정 항목 및 방법

사료 섭취량은 매일 오전 10시에 급사할 때 섭취

Table 1 Chemical composition of experimental diets

Item	Diet I ¹⁾	Diet II ²⁾
Chemical composition (%)		
Crude protein	17.5	15.0
Crude fat	4.0	3.5
Crude fiber	6.0	7.0
Crude ash	8.0	8.0
Calcium	0.8	0.8
Phosphorus	0.6	0.5
DCP (%)	12.1	10.3
DE (kcal)	3,350.0	3,290.0

¹⁾ For pigs from 10 to 40kg.

²⁾ For pigs from 30 to 100kg.

하고 남은 잔량을 회수하여 총 급사량에서 공제함으로써 측정하였으며, 음수량은 니플별로 오차가 $\pm 2\%$ 인 유량계(대원산업)를 설치하여 측정하였다. 돼지 계량틀과 전자저울(Model : DB-150H, 최대오차 : 10g)을 이용하여 시험개시체중, 시험중간체중, 시험종료체중을 측정하여 증체량을 계산하였다.

겨울 시험을 한 후 관행 돈사와 환경제어 돈사에서 시험한 공시축을 관행 돈사에서 동일하게 사육하여 출하시의 출하체중과 일당증체량을 분석하였다.

여름 시험을 한 후 출하된 돼지의 도체등급은 도체중량과 등지방두께를 기준으로 한 박(1996)의 축협 육류등급판정소의 판정등급기준 A, B, C, D 및 E를 A는 5점, B는 4점, C는 3점, E는 1점으로 각각 환산하여 표시하였다.

얻어진 모든 시험자료는 SAS(1994) 통계 package를 이용하여 처리간 유의성 검정으로 분석되었다.

3. 결과 및 고찰

가. 겨울철의 사양성적

겨울철에 육성돈을 30일간 사양한 결과는 표 2와 같다. 일당증체량은 관행돈사의 0.734kg/day보다 환경제어 돈사에서 0.747kg/day으로 높게 나타났으나 통계적으로 유의적인 차이는 없었다($P > 0.05$). Pork Industry Handbook(Mayrose et al., 1992)에 의하면, 일당증체량은 0.680kg/day 이상일 때, 사료요구율은

Table 2 Effect of complex environmental control on pig performance in winter

Item	Conventional pig-housing	Experimental pig-housing
Number of pigs (pig)	12	12
Starting weight (kg)	31.64 \pm 1.37 ^a	28.68 \pm 0.99 ^a
Finishing weight (kg)	53.66 \pm 1.88 ^a	51.08 \pm 0.77 ^a
Daily weight gain (kg/day)	0.734 \pm 0.09 ^a	0.747 \pm 0.13 ^a
Feed conversion rate (feed kg/gain kg)	3.366 \pm 0.09 ^a	2.864 \pm 0.10 ^b
Water (l/pig/day)	7.66 \pm 0.18 ^a	6.86 \pm 0.12 ^b

^{a,b} with different superscripts in the same row showed significant differences ($P < 0.05$).

Mean \pm SE.

3.0(feed kg/gain kg) 이하일 때 매우 우수한 결과에 해당된다. 이것을 기준으로 하여 본 시험결과를 평가할 때 두 처리 공히 일당증체량이 매우 우수하였다. 사료요구율의 경우 관행돈사에서는 3.366으로 높게 나타났는데 반하여 환경제어돈사에서는 2.864로 낮게 나타났으며, 이는 매우 우수한 성적으로 두 처리간 통계적으로 유의적인 차이가 있었다($P < 0.05$). 이와 같은 결과는 실험기간동안 관행돈사의 내부 온도가 3.7~17.6℃, 평균 11.2℃이었는데 반하여 환경제어 돈사의 내부 온도는 14.8~23.4℃, 평균 17.9℃로 돼지의 생육에 적절한 온도로 유지되어 관행돈사에서보다 환경제어 돈사에서 유지에너지의 손실이 적었기 때문이라고 사료된다. 음수량은 환경제어 돈사가 두당 6.86l/day, 관행돈사가 7.66l/day로 환경제어 돈사가 관행구에 비해 적게 나타났으며, 두 처리간 통계적으로 유의적인 차이가 있었다($P < 0.05$).

한편, 환경제어 돈사와 관행돈사에서 30일간 시험한 다음 공시축을 관행돈사에서 출하시까지 사육한 후 출하체중과 일당증체량을 비교한 성적을 보면 표 3과 같다. 개시체중 및 종료체중은 공히 각 처리간 차이가 인정되지 않았다($P < 0.05$). 그러나 일당증체량은 환경제어 돈사에서 사육되었던 처리구에서 0.873kg으로 나타나 관행구에서 사육되었던 처리구의 0.828kg보다 높게 나타났다($P < 0.05$). 이러한 성

Table 3 Performance of pigs fed at conventional pig-housing after testing in winter

Item	Conventional pig-housing ¹⁾	Experimental pig-housing ¹⁾
Number of pigs (pig)	12	12
Starting weight (kg)	31.34 ± 1.37 ^a	28.68 ± 0.99 ^a
Finishing weight (kg)	98.38 ± 1.41 ^a	99.42 ± 1.16 ^a
Daily weight gain (kg/day)	0.828 ± 0.01 ^b	0.873 ± 0.01 ^a

¹⁾ Both groups of conventional pig-housing and experimental pig-housing were fed at conventional pig-housing during finishing period (50~100kg) without environmental control system.

^{a,b} with different superscripts in the same row showed significant differences (P<0.05).

Mean ± SE.

적은 육성돈의 성장시 최적환경의 제공이 비육돈 때의 생산성에 영향을 준 것으로 사료된다.

나. 봄철의 사양성적

춘계 육성돈의 사양결과는 표 4와 같다. 사료는 공시축이 45일령 내외로 되어 있어 이 시기에 맞는 영양을 공급하기 위해 Diet I 사료를 급여하였다. 본 시험 개시체중 및 종료체중간에는 통계적으로 유의적인 차이가 없었으며(P>0.05), 또한 일당증체량에서도 차이가 없는 것으로 나타났다. 한편 사료요구에 있어서는 환경제어돈사가 1.994로 관행돈사에 비해 우수하게 나타났으나 통계적으로 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 그러나 환경제어 돈사와 관행돈사의 일당증체량 및 사료요구율은 Pork Industry Handbook(Mayrose et al., 1992)의 기준과 비교해 보면 매우 우수한 결과에 해당된다. 이러한 결과는 봄철의 외기온이 육성돈의 성장에 큰 영향을 주지 않았으며, 또한 유해가스가 효과적으로 제거되었기 때문인 것으로 사료된다. 음수량은 환경제어 돈사가 5.25ℓ/pig/day, 관행돈사가 10.67ℓ/pig/day로 환경제어 돈사가 관행돈사에 비해 적게 나타났으며, 두 처리간 유의적인 차이가 있었다(P<0.05).

Table 4 Effect of complex environmental control on pig performance in spring

Item	Conventional pig-housing	Experimental pig-housing
Number of pigs (pig)	15	15
Starting weight (kg)	14.70 ± 0.86 ^a	16.10 ± 0.79 ^a
Finishing weight (kg)	38.85 ± 1.50 ^a	39.26 ± 0.64 ^a
Daily weight gain (kg/day)	0.805 ± 0.23 ^a	0.795 ± 0.11 ^a
Feed conversion rate (feed kg/gain kg)	2.050 ± 0.03 ^a	1.994 ± 0.06 ^a
Water (ℓ/pig/day)	10.67 ± 1.31 ^a	5.25 ± 0.64 ^b

^{a,b} with different superscripts in the same row showed significant differences (P<0.05).

Mean ± SE.

Table 5 Effect of complex environmental control on pig performance in summer

Item	Conventional pig-housing	Experimental pig-housing
Number of pigs (pig)	12	12
Starting weight (kg)	25.43 ± 1.33 ^a	25.96 ± 0.82 ^a
Finishing weight (kg)	49.39 ± 0.30 ^b	51.25 ± 0.31 ^a
Daily weight gain (kg/day)	0.798 ± 0.20 ^b	0.843 ± 0.14 ^a
Feed conversion rate (feed kg/gain kg)	2.438 ± 0.08 ^a	2.142 ± 0.12 ^b
Water (ℓ/pig/day)	14.13 ± 1.18 ^a	9.47 ± 1.25 ^b

^{a,b} with different superscripts in the same row showed significant differences (P<0.05).

Mean ± SE.

다. 여름철의 사양성적

여름철 육성돈의 사양결과는 표 5와 같다. 공시축에는 Diet II 사료를 급여하였다. 본 시험의 일당증체량에서는 관행돈사의 0.798kg/day에 비하여 환경제어돈사에서 0.843kg/day으로 높게 나타났으며, 두 처리간에 통계적으로 유의적인 차이가 있었다(P<0.05). 또한 사료요구율의 경우 관행돈사의 2.438에 비하여 환경제어돈사에서 2.142로 낮게 나타났으며(P<0.05). 이러한 성적은 박 등(1996)이 여름철 환경

조절을 갖춘 무창돈사에서 30kg 정도의 육성돈을 7주간 사육한 결과보다 일당중체량과 사료효율이 우수하였다. 이와 같은 차이는 본 실험의 환경제어 돈사는 공기 온도뿐만 아니라 공기 속도, 공기 유동 등의 열환경과 유해 가스 등을 복합적으로 제어하여 돈사 내부의 환경을 적정 환경으로 유지하였고, 박 등(1996)의 무창돈사는 온도센서와 배기팬을 이용하여 단지 공기 온도만을 제어하였기 때문에 본 실험의 환경제어 돈사의 성적이 우수하였던 것으로 사료된다. 한편, 환경제어 돈사와 관행돈사의 일당중체량 및 사료요구율은 Pork Industry Handbook (Mayrose et al., 1992)의 기준과 비교해 보면 매우 우수한 결과에 해당된다. 이와 같은 결과는 관행돈사의 경우 돼지의 생산성에 영향을 주는 환경요인인 온도, 상대습도, 유해 가스 등이 육성돈의 성장에 스트레스로 작용하여 환경제어 돈사에 비해 생산성이 낮았다고 사료되는 바 여름철 육성돈의 사양관리에 환경제어 돈사가 생산성을 높이는 데 유리하다고 하겠다. 또한 음수량은 환경제어 돈사가 9.47ℓ/pig/day, 관행돈사가 14.13ℓ/pig/day로 환경제어 돈사가 관행돈사에 비해 적게 나타났으며, 두 처리간 통계적으로 유의적인 차이가 있었다($P < 0.05$).

한편 여름철 30일간의 사양시험한 후 복합환경제어가 생산성에 미친 영향을 평가하기 위하여, 공시축을 관행적 사육방법으로 관행돈사에서 사육한 후 출하체중, 일당중체량, 도체체중, 등지방두께, 육질등급을 비교한 성적을 보면 표 6과 같다. 개시체중 및 종료체중은 공히 각 처리간 유의적인 차이가 없었다($P > 0.05$). 그러나 일당중체량 및 사료요구율은 환경제어 돈사에서 사육한 처리구에서 우수하게 나타났으며($P < 0.05$), 사료요구율은 통계적으로 유의적인 차이가 있었다($P < 0.05$). 또한 머리, 내장 및 다리를 제거한 도체중량에서도 관행돈사에서 사육된 처리구에 비해 높게 나타났으며($P < 0.05$), 축산물등급판정소에서 등지방두께와 도체중량으로 판정한 결과 전량 A등급으로 판정 받았으며, 육질등급을 환산하여 비교하였을 때(박, 1996) 환경제어돈사에서 사육한 돼지가 4.417으로 관행구의 3.833에 비해 매우 우수하게 나타났으며($P < 0.05$). 이러한 결과는 육성돈의 성장시 최적 환경의 부여가 이후 비육돈 때까지 생산성 및 육질에 영향을 준 것으로 사료된다.

Table 6 Performance of pigs fed at conventional pig-housing after testing in summer

Item	Conventional pig-housing ¹⁾	Experimental pig-housing ¹⁾
Number of pigs (pig)	12	12
Starting weight (kg)	25.43 ± 1.33 ^a	25.96 ± 0.82 ^a
Finishing weight (kg)	106.34 ± 2.28 ^a	107.88 ± 0.52 ^a
Daily weight gain (kg/day)	0.722 ± 0.01 ^a	0.731 ± 0.10 ^a
Feed intake(kg/head)	272.7 ± 14.3	262.8 ± 4.54
Feed conversion rate (feed kg/gain kg)	3.370 ± 0.01 ^a	3.208 ± 0.01 ^b
Carcass weight(kg)	67.08 ± 0.44 ^b	70.00 ± 0.29 ^a
Backfat thickness(mm)	17.25 ± 0.14 ^b	18.40 ± 0.08 ^a
Pork quality score ²⁾	3.833 ± 0.11 ^b	4.417 ± 0.19 ^a

¹⁾ Both groups of conventional pig-housing and experimental pig-housing were fed at conventional pig-housing during finishing period (50~100kg) without environmental control system.

²⁾ Based on Animal Products Grading Service(APGS) of Korea National Livestock Cooperatives Federation.

^{a,b} with different superscripts in the same row showed significant differences ($P < 0.05$).

Mean ± SE.

4. 요약 및 결론

본 연구는 무창돈사에서 복합환경제어 시스템의 사양성능을 평가하기 위하여 수행되었으며, 동계, 춘계, 그리고 하계로 구분하여 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 일당중체량은 관행돈사에 비하여 환경제어 돈사에서 다소 높게 나타났으며, 겨울과 봄에는 통계적으로 유의적인 차이가 없었으나($P > 0.05$) 여름에는 유의적인 차이가 있었다($P < 0.05$).

2) 사료요구율은 계절에 관계없이 관행돈사에 비해 환경제어 돈사에서 좋게 나타났으며, 봄에는 통계적으로 유의적인 차이가 없었으나($P > 0.05$) 겨울과 여름에는 유의적인 차이가 있었다($P < 0.05$).

3) 겨울과 여름에 환경제어 돈사에서 사육한 경우가 관행돈사에서 사육한 경우보다 중체량과 사료요구율 등이 우수하게 나타나 자돈 및 육성돈 시기에

는 복합환경제어가 필수인 것으로 사료된다.

4) 겨울과 여름에 30일간 사양시험을 한 후 관행적인 방법으로 관행돈사에서 출하체중까지 사육하여 얻은 결과에 의하면, 증체량, 사료효율, 그리고 육질등급이 모두 A등급으로 나타나, 관행돈사군에 비하여 환경제어 돈사군에서 매우 우수하였다($P < 0.05$).

5) 이상의 시험 결과를 종합해 보면, 복합환경제어 시스템의 사양성능은 우수한 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 박병훈, 방형원, 황인기, 백선근, 이숙우, 김동균, 황창영. 1996. 현대식 무창돈사 사육기술 개발. 내고장 새기술개발사업보고서.
2. 박태진. 1996. 알기쉬운 축산물등급제. 축협중앙회 축산물등급판정소.
3. 장동일, 박창식, 이봉덕, 김만수, 박종수, 유재일, 윤희진. 1998. 한국형 자동화 돈사시설의 환경제어 시스템 모델 개발. 연구보고서. 농림부.
4. 장홍희. 1998. 무창돈사의 환경제어 시스템 자동화 연구. 충남대학교 박사학위 논문.
5. Boon, C. R. 1981. The effect of departures from lower critical temperature on the group postural behavior of pigs. *Anim. Prod.* 33:71-79.
6. Geers, R., V. Goedseels, G. Parduyns and G. Ver-cruysse. 1986. The group postural behavior of growing pigs in relation to air velocity, air and floor temperature. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 16:353-362.
7. Mayrose, V. B., K. Foster, G. W. Libal and K. L. Esbenshade. 1992. Performance Guidelines for the Swine Operation. In *Pork Industry Handbook* pp. 5-6.
8. MWPS. 1990. Mechanical ventilating systems for livestock housing. MWPS-32, Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames.
9. MWPS. 1991. Structures and Environment Handbook. MWPS-8, Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames.
10. SAS. 1994. SAS user's guide statistics SAS. Inst. Inc. Cary. NC.