

무창자돈사의 환기시스템 정립 및 환기효율 평가

송준익* · 최홍림**

농촌진흥청 축산기술연구소*, 서울대 농생명공학부**

Evaluation of Ventilation Systems in an Enclosed Nursery Pig House

J. I. Song* and H. L. Choi**

National Livestock Research Institute, R.D.A.*,

School of Agricultural Biotechnology Engineering, Seoul National University**

ABSTRACT

An experiment was conducted to establish the most suitable ventilation system for the enclosed nursery pig house in Korea, comparing four different ventilation systems ; i) air enters through perforated ceiling and exhausts through chimney (NA), ii) air enters through perforated ceiling and exhausts through side walls (NB), iii) air enters through perforated ducts and exhausts through side walls (NC) and iv) air enters through perforated ducts and exhausts through chimney(ND). The experiment was carried out during winter and summer separately. The experimental pigs were weaned at fourteen days old in winter (December~February) and at twenty one days old in summer (June~August). The main results of the experiment are as follows : A preliminary experiment showed that in the NC system during summer, air can reach all the pig rooms in the house and the air flow rates of the upper, middle (1.2 m height of the room) and low (at the height of pig stature) parts of the room were measured at 7.0~8.08, over 0.5 and over 0.2 m/s, respectively, which flow rates were much higher($p<0.05$) than those in other system. At the minimum ventilation efficiency during winter, air flow rates of upper, middle and low parts of the room equipped with the NC system were detected at over 1, less than 0.5 and around 0.07 m/s, respectively. It is concluded that the separated ventilation system air-entering through ducts is the most suitable for the ventilation system of the enclosed nursery pig house and the exhausting system through side walls is more efficient for ventilation than the system through roof. Furthermore, to sustain proper temperature and reduce energy waste as well as heat consumption, a future research should be carried out to develop the environmental control system in relation to developing a heat regulator.

(Key words : Nursery pig house, Ventilation system)

I. 서 론

우리 나라 돼지 사육 농가수는 '01년 9월 현재 20천호로 '90년 대비 64%가 감소한 반면,

사육두수에 있어서는 57.6% 증가한 8,767천두로 나타났으며, 농가호당 사육두수에 있어서는 '90년 34두에서 12.8배 증가한 436두로 나타났다. 경영규모별로 보면, 1,000두 이상의 전업농

이 논문은 농림기술센터의 첨단과제 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

Corresponding author : J. I. Song, National Livestock Research Institute, R.D.A. Suwon 441-350, Korea. E-mail :

sjunik@hanmail.net

가수는 13.4%인 2,700호에 불과하나, 전체물량에서 사육되고 있는 비중은 '90년 23.3% 수준에서 '01년에는 66%인 5,782천두를 사육하고 있다(농림부, 2001). 이같은 추세는 세계 대부분의 양돈국가들과 같은 추세로 농가수는 감소하고, 사육두수는 증가하는 경향을 보이고 있는데, 국내 양돈 산업도 사육농가수는 감소하면서 빠른 속도로 사육두수는 규모화 되어 가고 있으나 규모화의 진전에 따른 1인당 관리두수가 많아져 폐사율이 '90년의 1.7% 수준에서 2.8% 수준으로 증대하였다. 따라서 우리나라의 양돈농가도 노동력 절감이라는 이점 때문에 무창돈사에 대한 관심이 최근 많아지고 있으며, 몇몇 기업형 축산농가를 중심으로 외국에서 직수입하여 무창돈사의 시설면적이 확대되고 있으며, 일부 농가에서는 나름대로의 환기 방법을 고안하여 건축을 하고 있다. 그러나 이론적으로나 실험적으로 시설이 검증된 적이 없기 때문에 많은 문제점들이 나타나고 있음에 따라 무창돈사의 건축이 유보되어 있다. 이것은 외국의 기후나 지형에 맞게 제어논리가 개발되었기 때문에 우리나라에서 설계조건인 기상자료만 대체한다고 해서 우리나라에 적합한 환경제어를 할 수가 없어 증부지방을 중심으로 현장 조사한 결과가 유일한 연구 결과이다(최 등, 1999). 특히 축산기술연구소 보고(한 등, 1995)에서는 국내 무창 분만·자돈사의 여름철 돈사내 온도는 각각 30.4, 31.1℃이고, 상대습도는 76.0, 72.6%로 환경상태가 불량하다고 하였

는데, 더구나 우리 나라는 양돈 선진국에 비해 돼지를 사육하는데 많은 노력과 비용이 소요되는 기상조건을 가지고 있다. 그러나 대부분의 축산환경관련 기자재는 전량 수입·판매됨에 따라 환경이 다른 기후에서는 제대로 작동을 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 우리나라 실정에 맞는 무창 자돈사의 환기시스템을 정립하고자 현장조사 결과를 기초로 한 NA와 NB system과 자체적으로 고안한 NC, ND system의 네 가지로 분류하여 실험을 실시하였다(NA : 천공비닐 입기구 → 지붕배기, NB : 천공비닐 입기구 → 측벽 배기, NC : 덕트천공 입기 → 측벽 배기 및 ND : 덕트천공 입기 → 지붕 배기). 위와 같은 방법으로 네 종류로 대별하여 환기시스템의 효율을 검증하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험장소 및 기간

서울대학교 농업생명과학대학 부속동물목장 축산환경실의 무창 실험돈사에서 계절별로 겨울철(12월~2월 사이)과 여름철(6월~8월사이)로 나누어 실시하였다.

2. 실험설계

우리 나라에 가장 많이 보급되어 있는 무창 자돈사 현장의 대표적 환기시스템을 Table 1처

Table 1. Experimental design of the ventilation systems in the nursery pig house

Ventilation system	Ventilation type	Inlet	Indoor	Exhaust
NA	Negative pressure	Planar slot inlet entering wall	Polyethylene film	Chimney fan
NB	Negative pressure	Planar slot inlet entering wall	Polyethylene film	Exhaust fan in exiting wall
NC	Negative pressure	Circular duct	Perforated holes	Exhaust fan in exiting wall
ND	Negative pressure	Circular duct	Perforated holes	Chimney fan

럼 NA(천공비닐 → 지붕배기), NB(천공비닐 → 측벽배기)의 두 가지 시스템으로 분류하고 새로이 설계된 NC(덕트천공 → 측벽배기), ND(덕트천공 → 지붕배기) 시스템을 추가한 네 가지 환기시스템을 Fig. 1. 2. 3과 같이 돈사를 구축 하였으며, 환기는 팬을 이용한 음압 방식의 강제환기 방식으로 하였다. 배기팬은 자돈에 있어서 적정 유속범위(0.15~0.25 m/s)의 유지를 위한 5단계로 유량을 조절할 수 있는 제어기에 의하여 여름철 최대환기 95% 수준과 겨울철 최소환기 5% 수준으로 자동조절되는 조절기를 부착하였다.

본 실험에 공시된 무창돈사의 크기는 4.6 m (W) × 12.0 m (L)이며, 자돈사 내부는 MWPS-8

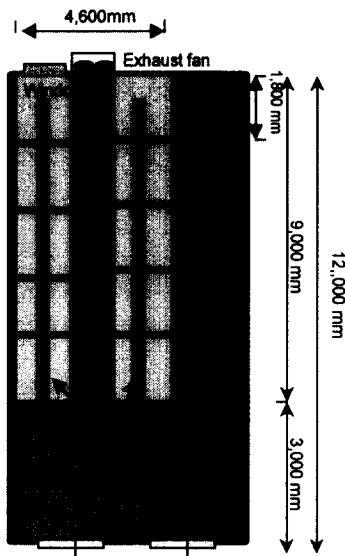


Fig. 1. Plane view of the nursery pig house and its dimensions.

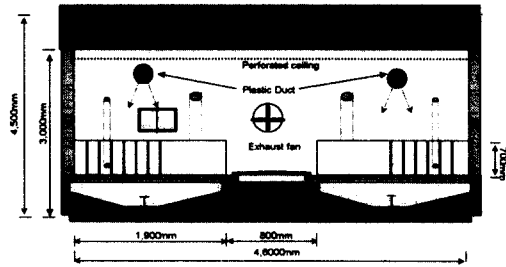


Fig. 2. Cross section view of the nursery pig house and its dimension.

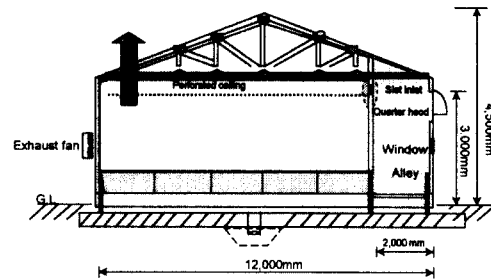


Fig. 3. Dimension of the nursery pig house.

에서 권장하고 있는 돈방크기인 1.8 m (N) × 1.9 m (L)의 돈방을 중앙의 복도를 중심으로 좌우에 5 돈방씩 총 10개의 돈방을 배치하였으며, 신축 무창자돈사의 건축재료는 Table 2와 같으며, 사양은 Table 3과 같다.

3. 실험동물 사육

본 실험에 공시된 자돈은 삼원교잡종(Landrace × Yorkshire × Duroc)으로 겨울철에는 생후 14일령 이유, 평균체중 4 kg 자돈을 돈방당 10 두씩 10돈방에 100두를 배치하였고, 여름철에

Table 2. The composition material of the enclosed nursery pig house

Location	Composition
Roof material	Side steel plate 0.8 mm + Urethane 100 mm
Outside wall	Side steel plate 0.8 mm + Styrofoam 100 mm
Inside wall(upper)	Side steel plate 0.8 mm + Styrofoam 50 mm
Inside wall(lower)	Concrete 200 mm
Ceiling	Side steel plate 0.8 mm + Styrofoam 50 mm

Table 3. The specifications of the nursery pig house

Characteristics	Specification
Pit depth(cm)	45 cm
Pit capacity(m ³)	4.18 m ³
Floor material	Plastic mat
Fan material type	Aluminium propeller
R value(m ² °C/W):	
Roof	19.8
Wall	12.8

Table 4. Specifications of measurement instrument

Environmental factors	Model	Specification
Temperature ¹⁾	NEC 3500	64 channels
Air speed(recoder) ²⁾	Kanomax 6242	64 channels
Air speed ³⁾	Solomat 510e, Kanomax 6112	0~12 m/s, 0~50 m/s
Gas(NH ₃)	Gastec	0~30 mg/ℓ
Dust	Sibata 8000-01	0.001 ~9.999 mg/m ³
Ventilation fan	EMI Ø500	5,580~8,510 m ³ /h

1), 2), 3) Accuracy : ¹⁾ ±0.5, ²⁾ ±0.05, ³⁾ ±0.02.

는 생후 21일 이유 평균체중 6 kg 자돈을 겨울철과 같은 방법으로 100두를 배치하여 체중 2.5~3.0 kg/두까지 사육하였다.

4. 실험동물의 사양관리

사료는 시판중인 자돈사료(D사)를 무제한 급여하였고 급수는 벽면에 니플을 설치하여 자유롭게 음수토록 하였으며 분뇨는 슬러리 방식으로 처리하였고 겨울철은 자돈사내의 적정온도(25°C 전후) 유지를 위하여 각 돈방당 620W, 310W로 조절이 가능한 보온등을 설치하여 보온을 해 주었다. 기타 사양관리는 농생태의 일반관행에 준하여 실시하였다.

5. 조사방법

각 측정방법에 사용된 모델 및 사양은 Table

4와 같다.

6. 측정지점

측정지점은 Fig. 5와 같이 자돈사 내부 좌우 돈방 및 중간 통로의 중앙부위의 바닥 50 cm, 중앙 120 cm, 상부 총 9개소(상, 중, 하 지점 27지점)에서 측정 되었다. Fig. 4는 자돈사의 내부전경을 나타낸 것이다.

7. 통계처리

얻어진 공기유속 및 온도 등의 자료는 SAS package(1985)를 이용하였으며, 처리 평균간의 유의성 검정은 General Linear Model(일반선형 모형)을 이용하여 Duncan(1955)의 multiple range test(다중 분석법)으로 행하였다

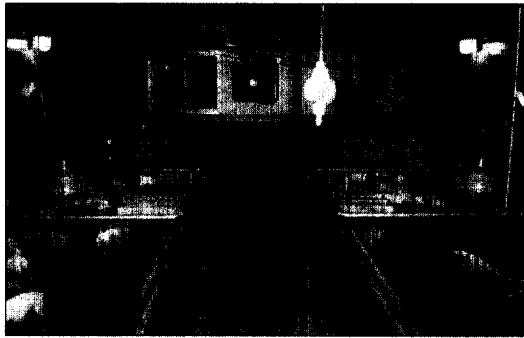


Fig. 4. Interior view of the confined nursery pig house.

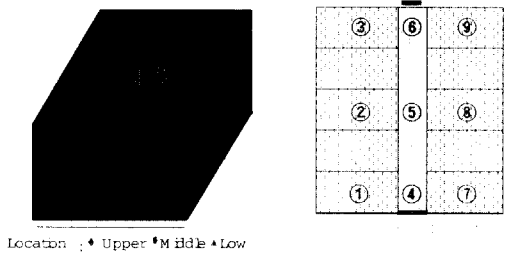


Fig. 5. Measurement locations of the nursery pig house.

III. 결과 및 고찰

1. 환기시스템 평가

서울대 농생대 부속동물목장에 신축된 무창 실험돈사내 입식자돈사의 최적의 환기시스템 도출을 위하여 자돈이 입식된 상태에서 겨울철 및 여름철에 실시하였다.

(1) 여름철 환기시스템

1) 공기유속

배기팬은 5 단계로 유량을 조절할 수 있는 프로펠러형 팬으로 여름철에는 5단계인 최대 환기수준(141 m³/min, CMM)을 유지하도록 한 결과 Table 5, 6, 7, 8은 측정일의 공기 유속의 변화를 나타낸 것으로 환기시스템별 최대환기 실험 결과 공기입기 유속은 최대환기에 있어서 자돈의 생활공간인 하부지점에서의 공기유속은 NC, ND 시스템이 NA, NB 시스템보다 우수한 것으로 나타났다(p<0.05). 우리나라 무창자돈사의 대부분을 차지하는 NA, NB (천정비닐), 환기시스템은 여름철 최대환기를 하더라도 돈사내로 유입되는 공기입기구(천정비닐 하단 10 cm 부위)의 속도는 2~3 m/s에 지나지 않아 공기입기구의 유속은 자돈이 생활하는 공간까지는 공기의 유속이 0.04 m/s 이하로 유속이 미치지 않는 것으로 보아 MWPS (1990)에서 자돈 생활공간에서 추천하는 0.2 m/s 유속보다 낮게 나타나 여름철 자돈주위의 공기유속으로는 환기시스템으로서는 부적합 하였다.

Nilson(1984)은 환기가 부족할 경우 자돈방내에서는 폐렴 및 호흡기 질병이 일어난다고 하였으며, Zeitler(1988)은 박테리아와 곰팡이를 비롯한 독소들의 서식처를 제공하여 여러 가지 호흡기 질병을 유발한다고 하였다. 그리고 Hartung(1994)은 공기의 질은 가축의 건강에 영향을 미치며 특히 호흡기 순환에 영향을 미친다고 하였다. 따라서 NA, NB 시스템은 천정비닐 막의 천공 바로 아래의 공기속도는 2~3 m/s가 측정되었지만, 돈사높이의 1.2 m(중앙)지점에서는 0.2 m/s 이하, 자돈채고(바닥으로부터 20

Table 5. Air velocity distribution of the NA system (m/s)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	2.89	2.76	2.79	2.04	2.59	2.11	2.65	2.66	2.12
Middle	0.08	0.13	0.10	0.09	0.12	0.63	0.17	0.14	0.15
Lower	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.01	0.02	0.07	0.03

* Mean ± STD : 0.98 ± 1.15 m/s.

Table 6. Air velocity distribution of the NB system (m/s)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	3.41	3.27	2.79	2.88	3.08	3.24	2.97	2.78	2.65
Middle	0.09	0.14	0.12	0.11	0.16	0.32	0.14	0.17	0.13
Lower	0.04	0.05	0.02	0.07	0.06	0.05	0.04	0.06	0.05

* Mean \pm STD : 1.08 \pm 1.39 m/s.

Table 7. Air velocity distribution of the NC system (m/s)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	7.82	0.12	7.64	7.43	0.20	6.36	7.36	0.32	7.27
Middle	0.86	0.18	0.73	0.45	0.09	1.02	0.78	0.10	1.51
Lower	0.25	0.07	0.27	0.34	0.04	0.39	0.45	0.25	0.69

* Mean \pm STD : 1.80 \pm 2.73 m/s.

Table 8. Air velocity distribution of the ND system (m/s)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	8.08	0.20	7.69	7.24	0.04	7.20	8.05	0.17	7.12
Middle	0.19	0.10	0.21	0.36	0.17	0.46	0.57	0.18	0.27
Lower	0.11	0.08	0.13	0.12	0.03	0.23	0.13	0.16	0.15

* Mean \pm STD : 1.83 \pm 3.07 m/s.

cm 이내) 지점에서는 0.1 m/s 이하로 나타나 전반적으로 속도가 감지되지 않아 자돈사내의 생활공간에 쾌적한 공기를 제공하지 못하였다. 그러나 NC, ND시스템의 하부지점에서는 ϕ 250 mm의 천공 원형덕트는 덕트하부에 적정간격으로 ϕ 50 mm 천공 11개가 덕트하부에 분포되어 유입공기가 하강하도록 한 결과 공기흐름은 NA, NB와 달리 덕트 천공 아래의 공기 속도는 7.0~8.1 m/s, 120 cm 지점에서는 0.5 m/s 이상, 자돈체고 (바닥으로부터 20 cm 이내)에서는 0.2 m/s 이상 감지되어 NA, NB 시스템보다 안정적이었다.($p < 0.05$). 따라서 생후 5주

에서 10주사이에 돈방내 0.2 m/s 이하의 환경에서는 환경(공기속도) 스트레스를 받는다고 한 Scheepens(1991)과도 일치하였다. 이 결과로 보아 돈사내로 유입되는 공기의 속도는 음압방식인 경우라도 공기입기구의 위치와 모양이 크게 좌우를 하며, 최소한 입기시스템은 각 돈방에 유속이 골고루 분산되어야 함을 알 수 있으며, 돈사내의 고른 공기유입이 Pit에서 발생하는 가스(NH_3 , H_2S)의 배출을 효과적으로 할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 공기입기 유속의 결과로 보아 우리 나라에 적합한 환기시설로 NC, ND 시스템이 권장할 만한 시스템으로 판

단되었다.

2) 온도

Table 9, 10, 11, 12는 자동사 최대환기에 의

한 돈사내의 온도 결과를 나타낸 것이다. 환기

시스템 결정을 위한 실험 결과 각각의 시스템

은 MWPS (1990)에서 권장하는 적정 환경온도

Table 9. Inside air temperature of the NA system in the nursery pig house (°C)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	22.7	21.9	22.2	22.9	23.2	23.3	23.4	23.3	23.4
Middle	24.5	22.2	24.8	23.5	24.8	24.7	24.5	24.4	24.6
Lower	28.2	27.3	28.4	28.8	25.9	28.0	28.2	26.3	27.8

Outdoor temp, Humidity : 24.2°C & 70%, Alley : 24.7°C & 68%, Indoor humidity : 66%.

* Mean ± STD : 25.21 ± 1.90°C.

Table 10. Inside air temperature of the NB system in the nursery pig house (°C)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	23.5	23.5	23.4	23.7	23.2	23.1	23.2	23.7	23.1
Middle	24.0	24.6	24.4	24.5	25.2	24.4	24.8	24.7	25.2
Lower	27.9	25.8	27.6	28.1	26.8	28.3	28.8	27.2	28.2

Outdoor temp, Humidity : 24.1°C & 69%, Alley : 24.6°C & 67%, Indoor humidity : 65%.

* Mean ± STD : 25.17 ± 1.57°C.

Table 11. Inside air temperature of the NC system in the nursery pig house (°C)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	23.7	23.2	23.3	23.8	23.6	23.0	24.1	23.3	23.8
Middle	24.3	23.5	24.5	24.5	24.2	24.7	25.2	24.3	24.3
Lower	24.9	23.7	24.7	25.2	24.7	25.5	25.3	24.5	24.9

Outdoor temp, Humidity : 24.0°C & 68%, Alley : 24.2°C & 66%, Indoor humidity : 66% .

* Mean ± STD : 24.24 ± 0.69°C.

Table 12. Inside air temperature of the ND system in the nursery pig house (°C)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	23.4	23.1	23.7	23.5	23.2	24.0	23.9	23.4	24.1
Middle	24.8	23.5	25.2	25.1	24.7	25.1	24.9	24.2	24.7
Lower	25.1	23.7	25.7	25.2	25.3	25.5	25.2	25.5	25.1

Outdoor temp, Humidity : 24.0°C & 67%, Alley : 24.3°C & 65%, Indoor humidity : 65%.

* Mean ± STD : 24.47 ± 0.82°C.

유지를 위하여 육성초기 각 돈방에 보온등 310 W를 추가시켜 준 결과 Table 9, 10, 11, 12와 같이 각 System에서 얻은 온도결과를 나타낸 것으로 NA, NB보다 NC, ND 시스템은 하부 지점에서 온도가 약 2~3℃ 낮게 나타났으나 유의적인 차이가 없었으며(p<0.05), 발육적온의 범위는 벗어나지 않았다. 그러나 NA, NB 시스템의 하부지점 온도가 높은 것은 돈사내의 환기가 제대로 이루어지지 않아 보온등에서 발산하는 열량을 보존하는 형태를 취하는 것으로 자돈사의 환기를 고려하여 볼 때 부적절한 시스템으로 판단되었다.

(2) 겨울철 환기시스템

1) 공기유속

환기시스템별 최소환기 실험 결과 공기입기 유속은 최소환기에 있어서 실험결과 NC 시스템이 가장 우수한 것으로 나타났다. 배기팬은 5단계로 유량을 조절할 수 있는 프로펠러형 팬으로 겨울철에는 1단계인 최소 환기수준 14.20

CMM을 유지하도록 하였다. Table 13, 14, 15, 16은 공기 유속의 변화를 나타낸 것으로 우리나라 무창자돈사의 대부분을 차지하는 NA, NB (천정비닐), 환기시스템은 겨울철 최소 환기를 하더라도 돈사내로 유입되는 공기입기구(천정 비닐 하단 10 cm 부위)의 속도는 0.1~0.43 m/s에 지나지 않아 공기입기구의 유속이 자돈이 생활하는 공간까지는 공기의 유속이 거의 미치지 않는 것으로 겨울철이라 하더라도 자돈 주위의 공기유속으로는 환기시스템으로서는 부적합한 것을 알 수 있었다. 또한 ND 시스템은 지붕배기팬에 의한 배기로 천정비닐막의 천공 바로 아래의 공기속도는 0.1~0.15 m/s가 측정되었지만, 돈사높이의 120 cm 지점에서는 0.1 m/s 이하, 자돈체고 (바닥으로부터 20 cm 이내) 지점에서는 0.07 m/s 이하로 나타나 전반적으로 하부에서는 거의 공기의 유동이 없었다. 그러나 NC 시스템은 NA, NB, ND와 달리 덕트 천공 아래의 공기속도는 1 m/s 이상, 120 cm 지점에서는 0.5 m/s 이하, 자돈체고 (바닥으

Table 13. The indoor air velocity distribution of the NA system (m/s)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	0.10	0.15	0.13	0.13	0.15	0.14	0.10	0.32	0.08
Middle	0.04	0.11	0.15	0.05	0.06	0.15	0.08	0.26	0.11
Lower	0.02	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.03	0.03

Exhaust fan : In 0.43 m/s, out 1.83 m/s, Mean±STD : 0.03±0.01 m/s.

Table 14. The indoor air velocity distribution of the NB system (m/s)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	0.11	0.05	0.15	0.13	0.12	0.17	0.08	0.11	0.12
Middle	0.03	0.04	0.04	0.05	0.02	0.02	0.07	0.40	0.07
Lower	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.01	0.02	0.07	0.03

Exhaust fan : In 0.39 m/s, out 1.27 m/s, Mean±STD : 0.03±0.01 m/s.

Table 15. The indoor air velocity distribution of the NC system (m/s)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	1.02	1.04	1.12	1.11	1.13	1.07	1.21	1.33	1.08
Middle	0.43	0.40	0.48	0.52	0.54	0.47	0.46	0.52	0.49
Lower	0.06	0.02	0.07	0.09	0.01	0.11	0.08	0.02	0.10

Exhaust fan : In 0.52 m/s, out 2.12 m/s, Mean \pm STD : 0.06 \pm 0.02 m/s.

Table 16. The indoor air velocity distribution of the ND system (m/s)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	0.35	0.27	0.33	0.31	0.29	0.41	0.29	0.34	0.37
Middle	0.04	0.03	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02
Lower	0.01	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.02

Exhaust fan : In 0.41 m/s, out 1.61 m/s, Mean \pm STD : 0.01 \pm 0.01 m/s.

로부터 20 cm 이내)에서는 평균 0.07 m/s 정도 감지되었다. 따라서 Wathes 등 (1983)이 축사내에서 효과적인 공기순환이 안 될 경우 동물의 건강이나 질병에 심각한 피해를 입힐 수 있다고 하였으며, Wathes 등 (1989)은 공기순환이 부적절 할 경우 자돈에 있어서 호흡기 질병에 의한 설사병을 유발할 수 있다고 한 결과와 비교하여 겨울철 최소환기라 하더라도 돈사내의 공기유동을 유도할 수 있어야 하는 시스템은 NC로 나타났다. 따라서 공기입기 유속의 결과로 보아 환기시설은 각 돈방에 공기가 유입될 수 있는 시스템이 되어야 하는데, 우리나라에 적합한 시스템은 최소환기에서도 공기유속이 적정하게 나타난 NC 시스템으로 나타났다.

2) 온도

겨울철 환기시스템 결정을 위한 예비실험 결과 각각의 시스템은 MWPS (1990)에서 권장하는 온도를 유지시켜 주기 위하여 각 돈방에 보온등 620W를 추가시켜 준 결과 Table 17. 18. 19. 20과 같이 각 System에서 얻은 온도결과를

나타낸 것으로 NA, NB보다 NC, ND 시스템은 여름철과 마찬가지로 하부지점에서 온도가 약 1~2°C 낮게 나타났으나, 발육적온의 범위는 벗어나지 않았다. NA, NB 시스템의 하부지점 온도가 높은 것은 돈사내의 환기가 제대로 이루어지지 않아 보온등에서 발산하는 열량을 보존하는 형태를 취하는 것으로 자돈사의 환기를 고려하여 볼 때 부적절한 시스템으로 판단되었다. 자돈이 입식된 이후의 외기온은 -2.5~6.6°C로 외기온의 편차는 약 9.1°C를 나타내었는데 이 때는 겨울철로 넘어가는 전이기간으로서 낮과 밤의 온도차가 나타나지만, 단열이 우수한 돈사에서는 약간의 보조열원으로 낮과 밤의 편차는 5°C 이상 나타나지 않았다. Table 17. 18과 같이 NA, NB 시스템 무창자돈사에서 온도는 전반적으로 상부 20°C 전후, 하부 27°C로 복도를 제외한 돈사내에서 약 6°C의 편차가 나타났다. 그러나 NC, ND 시스템은 플라스틱 덕트천공 아래인 상부는 약 14°C 내외, 중간지점에서는 19~20°C 내외, 자돈의 체고에서는 약

Table 17. The indoor air temperature of the NA system in winter (°C)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	21.5	21.5	22.0	22.4	21.7	22.8	21.5	20.9	21.8
Middle	24.2	19.3	24.0	24.6	18.6	25.1	23.7	22.5	23.9
Lower	26.8	16.8	26.5	27.2	16.3	26.3	26.2	17.2	26.6

Outdoor temp. Humidity : 0.7°C & 70%, Alley : 4.5°C & 64%, Indoor humidity : 50% .

* Mean ± STD : 22.6 ± 3.11°C.

Table 18. The indoor air temperature of the NB system in winter (°C)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	20.2	20.3	20.1	20.4	20.3	20.3	20.5	20.6	20.7
Middle	23.7	18.4	22.9	24.1	18.8	24.7	23.4	19.2	23.2
Lower	26.7	16.2	26.3	26.8	16.5	26.2	26.1	16.6	26.1

Outdoor temp, Humidity : 0.9°C & 68%, Alley : 4.9°C & 62%, Indoor humidity : 55%.

* Mean ± STD : 21.8 ± 3.28°C.

Table 19. The indoor air temperature of the NC system in winter (°C)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	13.2	17.3	13.7	14.1	16.8	14.3	14.4	17.1	14.3
Middle	18.3	15.6	19.5	19.5	15.3	19.8	20.2	16.5	20.1
Lower	25.9	13.8	26.1	26.2	14.1	25.7	25.4	14.4	25.8

Outdoor temp, Humidity : 1.1°C & 63%, Alley : 5.2°C & 60%, Indoor humidity : 54% .

* Mean ± STD : 18.4 ± 4.57°C.

Table 20. The indoor air temperature of the ND system in winter (°C)

Location	Front section			Middle section			Rear section		
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right
Upper	13.7	17.6	13.4	13.7	16.2	14.1	13.8	16.9	13.9
Middle	18.9	15.3	19.1	19.2	15.7	19.3	19.5	17.2	20.3
Lower	26.2	13.6	26.4	25.9	14.2	25.5	25.1	14.1	25.4

Outdoor temp, Humidity : 1.2°C & 67%, Alley : 5.3°C & 61%, Indoor humidity : 53%.

* Mean ± STD : 18.3 ± 4.58°C.

25°C 내외로 상부와 하부간의 차이는 10°C 정도의 차이는 있으나 이것은 외부의 차가운 공기가 덕트를 통하여 빠르게 유입되는 외부의

온도 영향을 덕트 하부에서는 온도가 낮게 나타났으나, 곧 돈방내의 열원에서 발생하는 열량과 혼합되어져 각 돈방에 도달될 때에는

NA, NB 시스템과는 2°C 정도의 차이가 있지만 Close와 Stanier (1984)가 이유시 28°C 이후부터 2주 간격으로 약 2°C 낮추어 주어야 자돈을 위한 적온대를 유지할 수 있다는 것과 일치하였다. 100두의 돈방에 열원 공급을 위한 소모된 전력은 약 6 kW/h로, 하루 144 kW/day가 소모되었다. 우리 나라 겨울철 중부지방의 기온이 영하로 떨어지는 날이 20일 이상이므로 자돈에 있어서는 보조열원이 필요하지만, 돈사건축시 단열정도가 높은 자재조립으로 열 손실을 최대한 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 왜냐하면 무창 자돈사의 NB실험에서 14일령에 입식한 돼지의 경우 5주가 경과한 시점부터는 배기팬의 용량이 MWPS-8 등에서 정하는 기준 25.47 CMM을 초과하여 35.32 CMM으로 측정된 것은 돈방내의 열량을 밖으로 배출시키는 결과이다.

통계처리 결과 돈사공간 전체에서의 환경온도는 NA, NB system이 우수하게 나타났으나, 자돈의 생활공간에서의 온도는 NC, ND system과 유사하였다. 따라서 여름철 및 겨울철 환기 시스템 예비실험결과 자돈사내의 입기시스템은 덕트를 통한 각 돈방의 개별 환기시스템 NC 및 ND system이 가장 우수하였으며, 배기시스템은 지붕 배기시스템보다는 측벽 배기시스템이 돈사내의 배기효율이 우수하게 나타났다. 따라서 플라스틱 덕트를 통한 각 돈방 입기시스템과 측벽 배기팬시스템인 NC 시스템이 우리 나라 자돈사의 환기시스템으로 적합한 시스템으로 판단되었다.

IV. 요약

본 실험은 우리 나라에 무분별하게 시설되어 있는 무창자돈사의 환기시스템을 네 종류(NA : 천공비닐 입기구 → 지붕배기, NB : 천공비닐 입기구 → 측벽 배기, NC : 덕트천공 입기 → 측벽 배기 및 ND : 덕트천공 입기 → 지붕 배기)로 대별하여 적정 환기시스템을 정립하고자

환기 및 현장실험을 통하여 검증하고자 하였다.

실험은 겨울철과 여름철로 나누어 실시하였으며, 돈사 현장실험은 서울대학교 농업생명과학대학 부속동물목장 축산환경실의 실험돈사에서 겨울철(12월~2월)과 여름철(6월~8월)로 나누어 실시하였다.

1. 각 돈방에 공기가 입기될 수 있는 덕트이기 때문에 여름철 예비실험 결과 NC시스템은 각 돈방 전체에서 덕트 천공 아래(상부)의 공기속도는 7.0~8.08 m/s, 1.2 m(중앙)지점에서는 0.5 m/s 이상, 자돈체고(하부)에서는 0.2 m/s 이상 감지되어 다른 시스템에 비하여 우수하였다 ($p < 0.05$).

2. 최소환기 수준인 겨울철 예비실험 결과 NC 시스템은 NA, NB, ND와 달리 덕트 천공 아래(상부)의 공기속도는 1 m/s 이상, 1.2 m(중앙) 지점에서는 0.5 m/s 이하, 자돈체고(하부)에서는 평균 0.07 m/s 정도 감지되었다.

이상의 실험결과를 종합해 볼 때 무창 자돈사의 환기시스템은 덕트를 통한 각 돈방의 개별 환기시스템이 적합한 것으로 판단되며, 배기시스템은 지붕배기보다는 측벽배기가 효율이 높은 것을 알 수 있었다. 그리고 자돈의 보온을 위한 보조열원에 있어서는 에너지를 낭비할 줄일 수 있도록 과도한 열량의 소모를 막기 위한 조절기의 개발이 연계된 환기 제어시스템의 연구가 진행되어야 한다고 생각된다.

V. 인용 문헌

1. Close, W. H. and Stanier, M. W. 1984. Effect of plane of nutrition and environmental temperature on the growth and development of the early-weaned piglet. *J. Anim. Pro.* 38:221-231.
2. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometric.* 11:1.
3. Hartung, J. 1994. The effect of airborne particulates on livestock health and(eds), *Pollution in livestock production systems.* CAB International.

- Wallingford, UK. 55-69.
4. MWPS. 1990. Mechanical ventilating systems for livestock housing, MWPS-32, Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames.
 5. Nilson, C. 1984. Experiences with different methods of dust reduction in pig houses. In: Hilliger, H. G(ed). Dust in animal houses. Proceedings of German Vet. Association, 13-14. March, Hannover, 90-91.
 6. SAS. 1985. User's guide ; Statistics Analysis System. Inst. Cary. NC. Wathes, C. M., Howard, K., Jones, C. D. R. and Webster, A. J. F. 1983. Ventilation, air hygiene and animal health. Veterinary Record 113. 554-559.
 7. Scheepens, C. J. M. 1991. Effects of draught as climatic stressor on the health status of weaned pigs. Thesis University of Utrecht, Netherlands.
 8. Wathes, C. M., Miller, B. G. and Bourne, F. J. 1989. Cold stress and post-weaning diarrhoea in piglets inoculated orally or by aerosol. Animal Production 49. 483-496.
 9. Zeitler, M. 1988. Hygienische bedeutung des staubes-und keimgehaltes der bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch. 65:151-165.
 10. 농림부. 2001. 농림수산물통계연보.
 11. 최홍림, 송준익, 김현태, 안희권, 고석영. 1999. 우리 나라 중부지방 돈사의 구조 및 환경실태조사. 축산시설환경학회지. 5(1):1-15.
 12. 한정대, 이덕수, 권두중, 강희철, 이진우, 최희철, 서옥석, 유용희. 1995. 축산시설 장비 및 분뇨처리 실태조사. 농진청 축산기술연구소. 축산시험 연구보고서.
- (접수일자 : 2001. 11. 12 / 채택일자 : 2002. 1. 8)