

## 육성·비육돈사 내에서 환기형태별 환경조사 연구

송준익·유용희·정종원·김태일·최희철·강희설·양창범·이영운\*

농촌진흥청 축산연구소

# Effects of Ventilation Systems on Interior Environment of the Growing-finishing Pig House in Korea

Song, J. I., Yoo, Y. H., Jeong, J. W., Kim, T. I., Choi, H. C., Kang, H. S., Yang, C. B. and Lee, Y. Y.\*

National Livestock Research Institute, R.D.A.

### Summary

An experiment was conducted to establish comparison of ventilation efficiency in an enclosed and conventional growing-finishing pig house. The experimental pigs were in winter and summer. The main results of the experiment are as follows : Then the air from planar slot inlet the pig house flow out through the sidewall outlet operated by exhaust fan(G1). The second structure has an air input through the circular duct inlet are placed side the juncture of the entering wall and the air into the pig house flow out through the chimney and pit outlet are operated by exhaust fan(G2). Through the air into relay fan the pig house flow out through the curtains in sidewall(G3). Similarly, air comes in through the circular duct inlet are placed the air into the pig house flow out through the curtains in sidewall (G4). Air flow rate on the floor level which is the low part of pen and the living area of pigs in the G2 and G4 system during winter was measured at 0.2 to 0.3 m/s at the 0.5 to 0.6 m/s at the maximum ventilation efficiency. As for the results of detrimental gas(ammonia) concentration ratio analysis, while G2 and G4 system sustained of summer 13.3 ~ 16.6 ppm, winter 14.0 ~ 14.6 ppm level, G1 and G3 system sustained of summer 14.6 ~ 20.3 ppm, winter 20.3 ~ 25.0 ppm, and the latter one is lower than that of the G1 and G3 system.

(Key words : Environment, Growing-finishing pig house, Ventilation system)

### 서 론

우리 나라 양돈시설의 현대화는 1990년대 초에 시작되었고 양돈농가들은 사육규모의 증가와 생산비 및 노동력 절감 등을 위해 집약관리를 하고 있으며, 특히 육성·비육돈사는 점차적으로 대형화 되고 있는 실정이다(최 등,

1999). 또한 돈사내 환경을 적정하게 유지하기 위하여 자연환기방법에서 기계식 강제 환기 방법으로 전환되고 있다. 그러나 여러 가지 환기에 대한 문제점이 많이 도출되어 이러한 문제점을 해결하기 위하여 유 등(1998)은 우리 나라 양돈산업의 성장 예측 모델 중에서 가족전업형 한국형 돈사 모델을 외국(MWPS)의 모델을 근

\* 성일기전(Sung Il)

Corresponding author : Song, J. I., National Livestock Research Institute, RDA, Suwon, Korea 441-350, E-mail : choihc@rda.go.kr

거로 연구하여 제시하였다. 현장 실태조사에서 분만, 자돈사는 무창화율이 80 ~ 90%에 이르며 육성·비육돈사는 80 ~ 90% 이상이 측벽원치 커튼 형태의 개방식 형태가 대부분으로 조사되었다(최 등, 1999, 2000)고 하였다. 무창돈사는 우리 나라에서 볼 수 있는 개방형(원치) 돈사의 반대개념으로서 기계적인 설비를 이용하여 자동적으로 돼지에게 적합한 환경을 제공하여 줄 수 있는 시설을 말하는데 외국에서는 1960년대 후반부터 개발되어져 왔고(Smith 등, 1987), 개방돈사의 환기방법에 대하여는 미국 중서부 지방을 중심으로 활발하게 연구되어져 왔다(MWPS, 1990).

현재 환기방법은 개방과 무창돈사에서 대표적으로 3 ~ 5종이 혼재 이용되고 있고, 또한 새로운 방식들이 시도되고 있다. 그러나 각 형태별 환기 효과가 검증되지 않아 이용자가 혼란을 겪고 있으며, 무창육성·비육 돈사의 환기효율 평가는(송 등, 2002)에 의하여 조사되었으나, 무창과 개방식의 비교검토는 이루어지지 않았다. 이에 적절한 환기시스템의 제시가 없는 실정으로 환기체계 정립이 시급한 문제로

대두되고 있다. 따라서 본 연구는 국내의 무창과 개방식 육성·비육돈사에서 이용되고 있는 대표적 환기형태별 돈사내 환경을 조사하는데 목적이 있다.

### 재료 및 방법

Table 1과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 육성·비육돈사에서 개방식(원치커튼식) 2가지 환기방법, 무창식 2가지 환기방법으로 분류하여 총 4가지 환기방법을 선정 조사하였다. 무창육성·비육돈사는 복도측벽을 통하여 공기가 유입되고 출입구 반대편 측벽에 설치한 배기팬을 통하여 배출하는 돈사(G1)와 덕트를 통하여 공기가 유입되고 측벽에 설치한 배기팬을 통하여 배출하는 돈사(G2)를 선정하였다. 개방식 돈사는 돈사 양 벽면을 완전 개방할 수 있는 원치 커튼을 설치한 돈사를 선정, 돈사 내부에 중개팬을 설치 여름철에는 양쪽 벽면을 완전개방하고 중개팬을 이용 자연배기를 실시하고, 겨울철에는 양쪽 벽면을 밀폐하고 지붕배기 하는

Table 1. Ventilation types of enclosed and open growing-finishing pig house surveyed

Item	Ventilation systems	
	Inlet	Outlet
Enclosed	Planar slot inlet low entering wall <sup>1)</sup>	Side wall fan
	Circular duct <sup>2)</sup>	Side wall fan, Pit
Open	Relay fan <sup>3)</sup>	Open
	Circular duct fan <sup>4)</sup>	Open, Gable

<sup>1)</sup> G1, <sup>2)</sup> G2, <sup>3)</sup> G3, <sup>4)</sup> G4.

Table 2. Specifications of the growing-finishing pig house

Item		Ventilation systems			
		G1	G2	G3	G4
R. value (m <sup>2</sup> °C/W)	Roof	19.8	19.8	19.8	19.8
	Side wall	12.8	12.8	5.4	5.4
Compartment size (m)		8 × 14	8 × 14	8 × 30	8 × 30
Pen size (m)		2.5 × 3.9	2.5 × 3.9	2.4 × 3.9	2.4 × 3.9
Alley width (cm)		80	80	80	80
Fan specification		Φ500, 230 ~ 5,580 m <sup>3</sup> /h		Φ500, 180 ~ 4,550 m <sup>3</sup> /h	

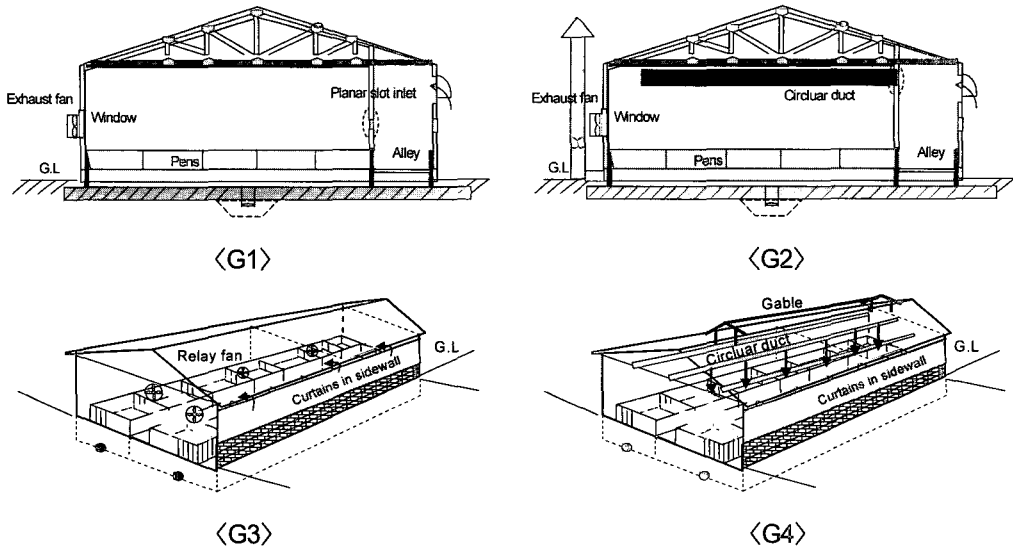


Fig. 1. Ventilation systems of the growing-finishing pig house.

돈사(G3)와, 덕트를 통하여 공기가 유입되고 지붕배기(G4)를 돈사를 선정 하였다. 돈사의 설치 방향은 모두 동서로 길게 건축된 구조이며 조사항목은 온도, 습도, 공기유속, 유해가스 등을 조사하였다. 조사한 돈사의 환기형태 구조는 Table. 2에서 보는 바와 같다.

### 1. 조사방법

온도(Temperature), 습도(Humidity), 공기유속(Air speed), 암모니아(NH<sub>3</sub>) 조사를 위해 사용한 계측기 모델 및 사양은 Table 3과 같다. 온도, 습도 및 공기유속의 측정은 돈방 바닥으로부터 상부(2.2 m 전후), 중앙(1.2 m 전후) 및 하부(30cm) 지점에서 오후 2시 전후에 측정하였고 저온기에는 모든 실험돈사의 측벽이 밀폐되었으며, 고온기에는 개방식 원치돈사는 원치를

개방하였다. NH<sub>3</sub> 조사의 검지방식은 폐지들이 안정된 상태에서 검지관 양 단면을 절단즉시 검지기에 삽입 검지기의 공기 흡입기를 뽑아 1분 동안 돈방 바닥으로부터 약 30 cm 높이에서 측정하였다. 측정의 오차를 줄이고자 동일 시간에 실험돈사와 같은 인원이 돈사에 투입되어 측정된 결과를 모아 지정된 사람이 일괄적으로 해석하였다.

### 2. 측정지점

각 환기형태별 온도, 습도 및 공기유속의 측정은 Fig. 2와 같이 돈방 바닥으로부터 상부(2.2 m 전후), 중앙(1.2 m 전후) 및 하부(30cm) 지점 총 9개소(상, 중, 하 지점 27지점)에서 측정하였다.

Table 3. Specifications of measuring instrument

Item	Model	Specification
Temperature	TSI 8360-M-GB	0 ~ 100 °C
Relative Humidity	''	0 ~ 100%
Air speed	''	0 ~ 12 m/s, 0 ~ 50 m/s
Gas (NH <sub>3</sub> )	Gastec 801	0 ~ 30 mg/l

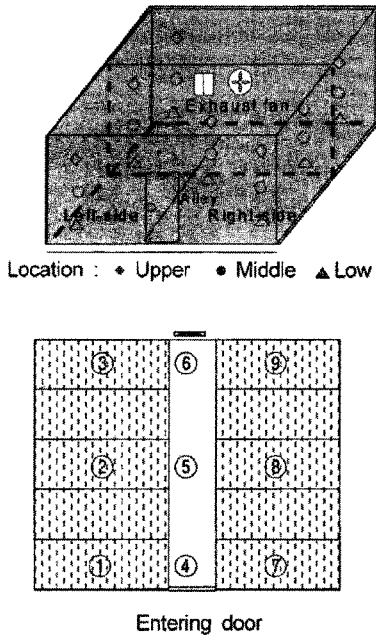


Fig. 2. Measurement locations of pig house.

결과 및 고찰

1. 고온기 온, 습도

고온기 돈사내 온도와 습도를 조사한 결과 Table 4에서 x 축은 돈사(폭) 측정 거리이며 y 축은 측정높이를 나타낸 것으로(Front 지점은 돈사출입문 지점) 환기체계별 돈사내 온도는 무창식 돈사와 개방식 돈사간에 유사한 분포를 보였다. 돈사밖의 외기온도와 비교한 결과 돼지 몸에서 발산하는 열의 발

생으로 인하여 돈사내부가 외부보다 1℃정도 높았다. 또한 여름철 돈사내부 온도가 외기온도 보다 높은 것은 무창식 돈사서는 고온기에 맞는 환기시스템의 효율저하로 측벽 창문과 돈사 입·출구(入·出口) 문을 개방한 상태이었기 때문으로 사료되며, 개방식 돈사 역시 양 벽면에 설치한 원치커튼을 완전 개방한 상태를 유지하기 때문에 외기온도와 큰 차이를 보이지 않는 것으로 사료되었다. 이러한 현상은 습도에서도 같은 경향으로 돈사형태와, 환기방식에 따라 돈사내 외부 큰 차이가 없었으며 내부 습도는 68~77% 범위를 보였다. Fig. 3에서와 같이 덕트를 통한 환기시스템(G2, G4)이 다른 환기시스템(G1, G3)에 비하여 돈사내에서 고온 온도분포를 보였다.

2. 저온기 온, 습도

저온기때 무창식 돈사와 개방식 돈사의 돈사내 온도를 조사한 결과 Table 5에서 보는 바와 같다. 무창식 돈사내에서 온도는 G1과 G2의 돈사내 평균 온도는 18.8~18.5℃로 차이가 없었다. 개방식 돈사내에서는 G3에서 16.3℃, G4에서 16.7℃로 차이가 없었다. 돈사내 습도 역시 환기 형태에 따라 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 5와 Fig. 4에서 보는 것처럼 돈사내 상부와 하부의 온도분포 차이는 무창식 돈사(G2)는 돈방 전체에서 온도 변화폭이 1℃ 전후 차이로 복도(6 m 지점)를 제외한 돈방내에서 온

Table 4. Temperature and relative humidity at each ventilation types of enclosed and open growing-finishing pig house in summer

Item	Outside	Temperature(℃)			Average	Relative humidity(%)	
		Front	Middle	Rear		Interior	Exterior
G1	31.5	32.1	33.4	33.8	33.1	77	72
G2	31.3	31.8	32.5	33.0	32.4	68	70
G3	31.9	32.4	32.7	32.9	32.6	71	69
G4	31.7	32.1	32.3	32.2	32.2	70	68

G4 : Outside airspeed(1.2 m/s).

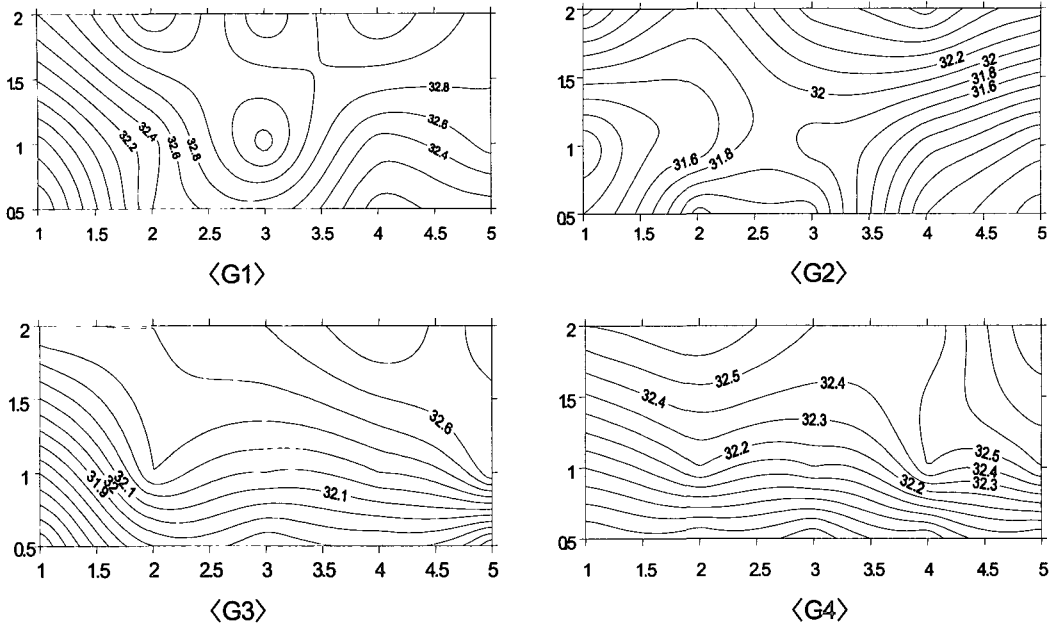


Fig. 3. Air temperature changes of the growing-finishing pig house in summer.

도분포는 고른 분포를 유지한 반면, 개방식 돈사는 돈사 상부와 하부지점 간에 기울기를 가진 온도분포를 보여 2℃ 전후의 차이를 보였다. 이상의 온도조사 결과 돈사내 적온율 이와 박(1995) 등이 제시한 체중 50 ~ 100 kg 인 경우 18 ~ 20℃이라고 제시한 것과는 다른 경향을 보였다. 무창식 돈사는 Geers 등 (1988)이 생체중이 약 50 kg 미만인 경우에는 돈사내 내부 공기온도는 17℃에서 25℃ 사이를 유지해야 하며, 성장이 끝나는 시기에 맞춰 낮과 밤의 온도차의 증가는 허용 범위내에서 가능하다고 한 Geers 등(1988)의 결과와

비교하여 무창식 돈사는 육성 비육돈에 제공해야 될 적온을 유지하는 것으로 사료되었다. 이것은 돈사에 사용되는 단열재의 두께에도 영향이 있었을 것으로도 사료되었다. 또한 환경온도가 적정범위에 있을 때에는 습도의 높고 낮음이 돼지의 증체량이나 사료섭취량에 영향을 미치지 않고(Morrison, 1966), 고온 다습할 때에만 증체량이 저하되는 경향이 있다고(Morrison, 1968) 보고한 것으로 보아 모든 시스템은 고온기에 돈사내 온도를 낮추는 방안을 수립해야 될 것으로 판단되었다.

Table 5. Temperature and relative humidity at each ventilation types of enclosed and open growing-finishing pig house in winter

Item	Outside	Temperature(℃)			Average	Relative humidity(%)	
		Front	Middle	Rear		Interior	Exterior
G1	3.6	18.1	18.9	19.5	18.8	72	64
G2	3.9	17.9	18.7	19.1	18.5	69	61
G3	2.8	15.8	16.3	16.9	16.3	67	58
G4	3.2	16.4	16.9	16.8	16.7	64	62

\* G3, G4 : Outside airspeed(2.6 m/s).

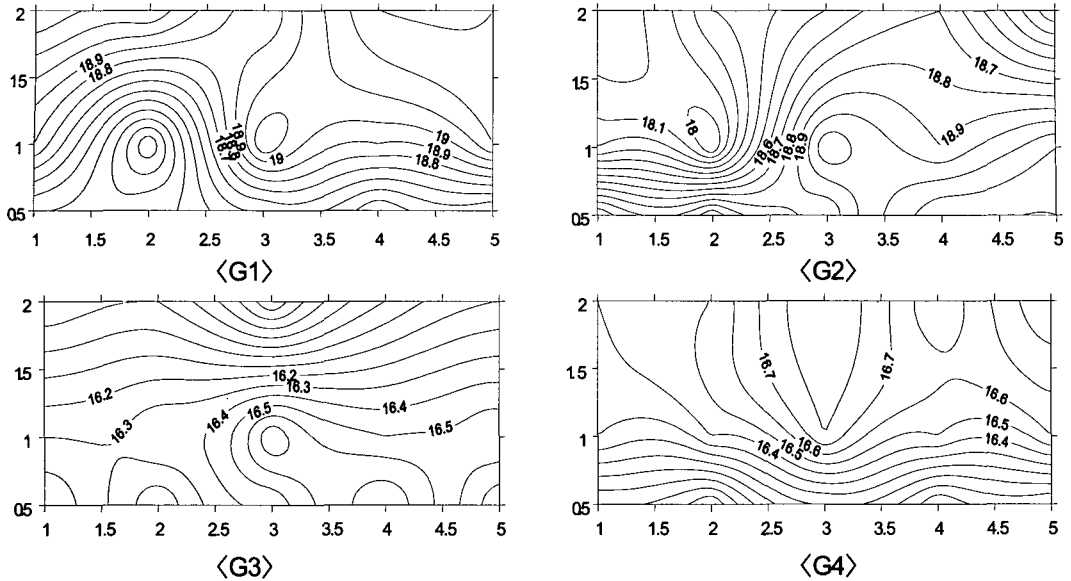


Fig. 4. Air temperature changes of the growing-finishing pig house in winter.

### 3. 고온기 공기유속

Table 6에서 보는 바와 같이 고온기 무창식 돈사에서 돼지가 생활하는 바닥면의 공기유속은 G1 에서 0.2 m/s 이었으나, G2 에서는 0.5 ~ 0.6 m/s로 공기유속이 비교적 양호한 공기유속을 보여주고 있었다. 개방식 돈사에서는 G4가 0.4 ~ 0.5 m/s로 G3의 0.2 ~ 0.3 m/s 보다 비교적 양호한 공기유속을 보여주고 있다. 따라서 G2 및 G4 시스템은 여름철 생활공간내 적당한 공기의 유속이 0.13 ~ 0.18 m/s라고 한 Sainsbury 등 (1995)의 연구결과를 만족하였다. 무창식 돈사와 개방식 돈사에 설치한 덕트의 공기 배출홀에서

배출되는 공기유속은 돈사의 형태와 관계없이 G2에서는 6.3 ~ 6.9 m/s, G4에서는 5.8 ~ 6.4 m/s로 비슷한 경향을 보여 입기구를 통하여 들어오는 공기의 속도는 MWPS (1990)에서 말한 여름철 적정 유속이라고 한 5 m/s를 충족시키는 것으로 보아 입기시스템은 덕트를 통한 입기가 양호한 것으로 사료되었다.

### 4. 저온기 공기유속

Table 7에서 보는 바와 같이 저온기때 공기유속은 무창식 돈사에서의 돼지가 생활하는 바닥면의 공기유속이 G2에서는 0.2 ~ 0.3 m/s 였으나

Table 6. Air velocity distribution of the enclosed and open growing-finishing pig house in summer (Unit: m/s)

Ventilation types	Measurement point								
	Front			Middle			Rear		
	Upper	Middle	Low	Upper	Middle	Low	Upper	Middle	Low
G1	2.3	1.6	0.2	0.8	0.5	0.2	0.6	0.4	0.2
G2	6.3	2.4	0.5	6.9	2.7	0.6	6.5	2.8	0.6
G3	1.8	3.5	0.2	1.3	2.9	0.3	1.5	2.2	0.2
G4	5.8	1.8	0.4	6.2	2.1	0.5	6.4	2.3	0.5

\* Exhaust fan operation rate : 100%(5,580 m<sup>3</sup>/h).

Table 7. Air velocity in minimum ventilation rate of the enclosed and open growing-finishing pig house in winter (Unit : m/s)

Item	Measurement point								
	Front			Middle			Rear		
	Upper	Middle	Low	Upper	Middle	Low	Upper	Middle	Low
G1	0.8	0.2	0.0	0.5	0.2	0.0	0.4	0.2	0.0
G2	2.1	0.7	0.2	2.2	0.9	0.3	2.4	0.8	0.2
G3	0.9	0.4	0.1	0.7	0.3	0.0	0.8	0.2	0.0
G4	1.8	0.8	0.3	2.2	0.6	0.2	2.1	0.7	0.3

\* Exhaust fan operation rate : 25%(780 m<sup>3</sup>/h).

G1은 공기 입기구가 거의 없는 상태여서 그런지 돈방 바닥에서의 공기유속은 거의 측정되지 않았다. 개방식 돈사에서는 G3에서는 0~0.1 m/s 였으며 G4에서는 0.2~0.3 m/s 였다. 이러한 결과로 보아 저온기 때도 돈사의 형태보다 환기 방식이 공기유속에 더 영향을 미치는 것으로 추측되었다. 따라서 최소환기를 실시한 결과 덕트를 통한 입기가 돈사 하부지점에서 공기유속 0.2~0.3 m/s 전후로 측정되어 공기가 정체되는 지점은 나타나지 않아 돈사내의 유해가스를 배출시키기 위해서는 공기속도가 0.08 m/s 이상이어야 한다고 한 Grub 등(1974)의 보고를 만족하였다.

### 5. 유해가스 농도(NH<sub>3</sub>)

Table 8에서 보는 것처럼 돈사내 암모니아

농도는 고온기 최대환기때 무창식 돈사내 G1에서는 평균 20.3 ppm 이었으나 G2에서는 평균 16.6 ppm 이었다. 개방식 돈사에서는 G3가 평균 14.6 ppm, G4가 평균 13.3 ppm으로 큰 차이를 보이지 않았다. 저온기 최소환기때 돈사내 암모니아 농도는 G1에서는 평균 25.3 ppm 이었으며 G2에서는 평균 14.6 ppm 이었다. 개방식 돈사에서는 G3가 평균 20.3 ppm 이었고 G4가 평균 14.0 ppm 이었다. 따라서 덕트입기 시스템은 MWPS(1990)에서 제시한 허용농도인 20 mg/l보다 낮은 결과를 보였다. 이러한 결과는 Table 5와 6의 공기유속 조사결과에서와 같이 Fig. 5처럼 돈사형태보다 환기방식에 더 영향을 받는 것으로 추정되었다.

Table 8. Ammonia concentration in the enclosed and open growing-finishing pig house in summer and winter (Unit : ppm)

Item	Season	Ventilation rate	Measurement point			Average
			Front	Middle	Rear	
G1	Summer	Maximum	18	21	22	20.3
G2			15	17	18	16.6
G3			14	15	15	14.6
G4			13	14	13	13.3
G1	Winter	Minimum	23	25	27	25.0
G2			15	13	16	14.6
G3			19	20	22	20.3
G4			14	13	15	14.0

\* G1 G2, G3, G4 : See table 1.

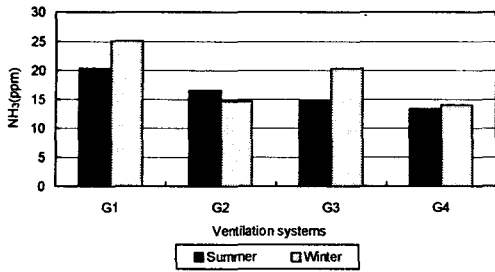


Fig. 5. Ammonia concentration of the growing-finishing pig house.

적 요

본 연구는 우리 나라에 건축되어져 있는 개방식 육성·비육돈사나 무창식 육성·비육돈사에 대한 효율 비교분석 연구가 없는 실정으로 개방식 육성·비육돈사와 무창식 육성·비육돈사의 환경효율을 검증하고자 하였다. 겨울철과 여름철로 나누어 실시한 실험결과는 다음과 같다.

1. 무창식 육성 비육돈사는 외부의 기온 변화가 심하더라도 돈사내부의 온도는 외부기온의 영향을 받지 않고 여름철 31.8~33.8℃, 겨울철 17.9~19.5℃를 유지하였으나 개방식 육성·비육돈사는 여름철 32.1~32.9, 겨울철 15.8~16.7℃를 유지하여 온도효율이 낮았다.

2. G2, G4 육성·비육돈사는 돼지생활 공간(하부) 지점에서의 공기유속은 겨울철 최소환기(5%) 수준으로 하였을 때 0.2~0.3 m/s 였으며, 여름철 최대환기(95%) 수준에서는 0.5~0.6 m/s로 분포되어 여름철 및 겨울철의 육성·비육돈사내 공기유속이 G1, G3 육성·비육돈사보다 양호하였다.

3. 암모니아 농도를 측정한 바 G2, G4 육성·비육돈사는 여름철 13.3~16.6 ppm, 겨울철 14.0~14.6 ppm으로 측정되었으며, G1, G3 육성·비육돈사는 여름철 14.6~20.3 ppm, 겨울철 20.3~25 ppm을 유지하여 G1, G3 육성·비육돈사 보다는 낮게 나타났다.

인 용 문 헌

1. Geers, R., Vranken, E., Goedlseels, V.,

Berkmans, D. and Maes, F. 1988. Air temperature related behavioural problems and mortality rate of pigs. *Livestock Environment III*. ASAE publication. pp. 1-88. pp. 343-348.

2. Grub, W., Foerster. E. P. and Tribble. L. F. 1974. Swine building air contaminant control with pit ventilation. Presented at the 1974 Winter Meeting. Paper No. 74-4532. ASAE, St. Joseph, MI.

3. Morrison, S. R., Bond, T. E. and Finn Kelcey, P. 1966. The influence of humidity on growth rate and feed utilization of swine. *Int. J. Biometeorology*. 10:163-168.

4. Morrison, S. R., Bond, T. E. and Heitman Jr, H. 1968. Effect of humidity on swine high temperature. *Transactions of the ASAE* 11(4): 256-258.

5. MWPS. 1990. Mechanical ventilating systems for livestock housing, MWPS-32, Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames.

6. Sainsbury, D. W. B. 1995. Pig health, Environment and Housing. The health of pigs. 71.

7. Smith, A. T. 1987. Current pig production systems. In : Smith, A. T. and Lawrence, T. L. J.(eds), *Pig Housing and the Environment*. BSAP Occasional Publication No. 11.

8. 송준익, 최홍립. 2002. 무창육성돈사의 환기 시스템에 따른 환기효율 평가. *동물자원과학회지*. 44(1):135-144.

9. 이용빈, 박영일. 1995. 중소가축학. 선진출판사. P147.

10. 유재일, 주정유, 김성철, 박중수, 장동일, 장홍희, 임영일. 1998. 최적 환경제어를 위한 한국형 돈사 모델 개발. *축산시설환경학회지*. 4(2):113-126.

11. 최홍립, 송준익, 김현태, 안희권, 고석영. 1999. 우리나라 중부지방 돈사의 구조 및 환경실태조사. *한국축산시설환경학회지*. 5(1):1-15.

12. 최홍립, 송준익, 안희권. 2000. 전업양축농가를 위한 남부지방 돈사의 구조 및 환경실태조사. *한국축산시설환경학회지*. 6(1):1-14.