한국가금학회지 제 33권 제 1호, 57~63 (2006)
Korean J. Poult. Sci. Vol. 33, No.1, 57~63 (2006)

무창계사의 환기 시스템이 케이지 사육 육계의 초기 생산성에 미치는 영향

황보 종[1,a] · 홍의철[1,a] · 이병석[1] · 배해득[1] · 이성재[1] · 조성백[1] · 김학규[1] · 김재황[2] · 박병성[3] · 송준익[1,†]
[1]농촌진흥청 축산연구소, [2]경상대학교 동물자원과학부, [3]강원대학교 동물생명공학과

Effects of Ventilating System on the Performance of Broiler Chicks in an Environmental Controlled Cage House

J. Hwangbo[1,a], E. C. Hong[1,a], B. S. Lee[1], H. D. Bae[1], S. J. Lee[1], S. B. Cho[1], H. K. Kim[1], J. H. Kim[2], B. S. Park[3] and J. I. Song[1,†]
[1]*National Livestock Research Institute, R.D.A,. Suwon, Korea, 441-350,* [2]*Division of Animal Science & Technology, Gyeongsang National University,* [3]*Dept. of Animal Biotechnology, Kangwon National University*

ABSTRACT This study was conducted to investigate the effect of ventilating system of environmental controlled broiler house on broiler production. Three hundred eighty four broiler chicks (Hubbard, mean live weight of 44.5±2.0 g/bird) were reared for 2 wk. The results of the present study were summarized as follows :

1. Ammonia gas production was lower in the second and the third floors of cages compared with first floor of cages (13.5 and 13.5 vs 14.6 ppm, respectively). The observations of ammonia production in the morning and afternoon were similar. The production of carbon dioxide was not different between morning and afternoon, but it was tended to decrease in the forth floor of cages due to a fresh air.
2. A wind velocity in the enclosed house was similar across lower, middle and upper section (0.57m/sec, 0.22m/sec and 0.04msec, respectively). In order to maintain an optimal air flow velocity in the cages, the duct entrance was punched, and then the air flow was full-round in the overall space in the cage.
3. Daily liveweight gain, feed intakes, and feed efficiency were not significant differences among treatments during whole experimental period ($P>0.05$).

Therefore, the present results showed that temperature, moisture and atmosphere controlling were desirable, and air flew evenly in the cage.

(Key words : broiler, enclosed broiler house, ventilation system, perforated duct)

서 론

우리나라는 1980년대까지 양계 산업은 개방 계사의 노동집약적 사양 관리 방식이었지만 1990년대 접어들면서 가축관리에 따르는 노동력 수급의 어려움으로 인하여 무창 계사의 개념이 도입되기 시작하였다(축산연구소, 1999). 그 후로 환경 제어 시설 및 설비 자동화로 사육의 대규모화가 진전되고, 육계사의 무창화에 따른 최적 환경 조성의 중요성이 대두되어 왔지만 환기불량으로 인하여 육계의 생산성 향상을 위한 사육환경은 개선되지 못하였다. 특히 강제 환기식 육계사의 구조 및 환경 제어 시설은 빠르게 현대화 되어왔지만 자동화, 생산성 향상 등에 관련된 분석 자료는 한정적이다(축산연구소, 1999). 외국에서 일반 육계사의 환기 시스템은 대부분 터널 환기 위주로 사육하여 왔으나, 현재는 터널 환기 방식에서 입기 보완을 한 시스템을 비롯하여 입기를 균일하게 유지시켜 줄 수 있는 방법으로 보완한 환기 시스템으로 전환되었다(Goodband 등, 1993; Esmay, 1978). 닭은 특히 온도, 습도, 환기, 사육 밀도, 안정감 및 병균의 침입 등을 방지하는 사육환경 관리가 되지 않으면 성장이 저해될 수 있다(오세정, 1998). Miles 등(2006)은 계사 관리 및 닭의 크기, 일령, 계분 축적량

[a] First two authors equally contributed to this work

[†] To whom correspondence should be addressed : sjunik@rda.go.kr

등이 계사내 유해 가스 흐름에 영향을 주는 중요한 인자라고 하였다. 그러나 우리나라의 양계 시설에 대한 조사는 최희철 등(1999)이 육계사의 대표적인 여러 계사 구조에서 온도, 습도, 유해가스 농도 및 육계의 체중, 급사증후군 발생율 및 폐사율, 도체 이상 발생율 등을 조사한 것이 유일하다.

따라서 본 연구는 무창육계사의 환기 시스템이 케이지 사육 육계의 성장에 미치는 효율 분석을 위하여 계사의 내부 환경을 외부와 완전히 차단하여 각종 질병 요인으로부터 계사의 내부 환경을 보호할 수 있는 무창 계사에서 실시하였다. 계사의 환경 요인은 열 환경 즉, 온도, 습도, 공기 속도, 가스 등 여러 가지 요인으로 구분할 수 있으나, 가장 중요한 환경요인인 온도, 습도, 공기 속도가 육계의 성장에 미치는 영향에 대하여 조사하고자 시행하였다.

재료 및 방법

1. 축사 및 시험설계

본 실험은 케이지 높이가 육계 성장에 미치는 영향을 구명하기 위해 Table 1에서 제시하는 바와 같이 바닥에서부터

Table 1. Experimental designs

Items	Tiers[1)]			
	1	2	3	4
No. of replication	8	8	8	8
Birds/replicate	12	12	12	12
Total No. chicken	96	96	96	96

[1)] Cage 1; 70 cm form the bottom, cage 2; 120 cm, cage 3; 170 cm, cage 4; 220 cm.

Fig. 1. Entrance of enclosed house on the view of the corridor in the cage.

케이지의 높이에 따라 케이지 1, 2, 3, 4의 총 4개(단)의 시험구를 두었다. 사양시험을 위해 각 처리당 2열 8반복, 반복당 12수씩 감별된 1일령 Hubburd 종 육계 수컷 (평균 체중 44.5 ±2.0 g) 총 384수를 공시하여 4단 직립 철제 케이지(66×46×36 cm)에 12수씩 수용하였으며, 2주간 사양 시험을 실시하였다. Fig. 1은 실험용 육계사의 규격 및 환기 방식을 나타낸 것이다. 본 실험의 환기 시스템은 환경 효율을 분석하기 위하여 덕트 천공 입기 → 측벽 배기 시스템을 시설하였으며, 무창 계사의 환기는 Fig. 1, 2와 같이 계사 복도에서 상부 지점(2.4 m)에서 지름 200 mm의 플라스틱 덕트(circular duct)를 계사 내부로 연결하였고, 계사내 덕트의 구멍(perforated holes)은 5 cm로 천공하였다. 환기는 팬을 이용한 음압 방식(negative pressure)의 강제 환기 방식으로 지름 35 cm(풍량 103 m^3/min)의 배기팬(SLF-350, SUNG-IL, Korea)을 이용하여 환기를 실시하였다. 무창 계사의 배기 팬(exhaust fan)은 다단계로 공기 유량을 조절할 수 있는 제어기에 여름철 최대 환기 95% 수준과 겨울철 최소 환기 5% 수준으로 자동 조절되는

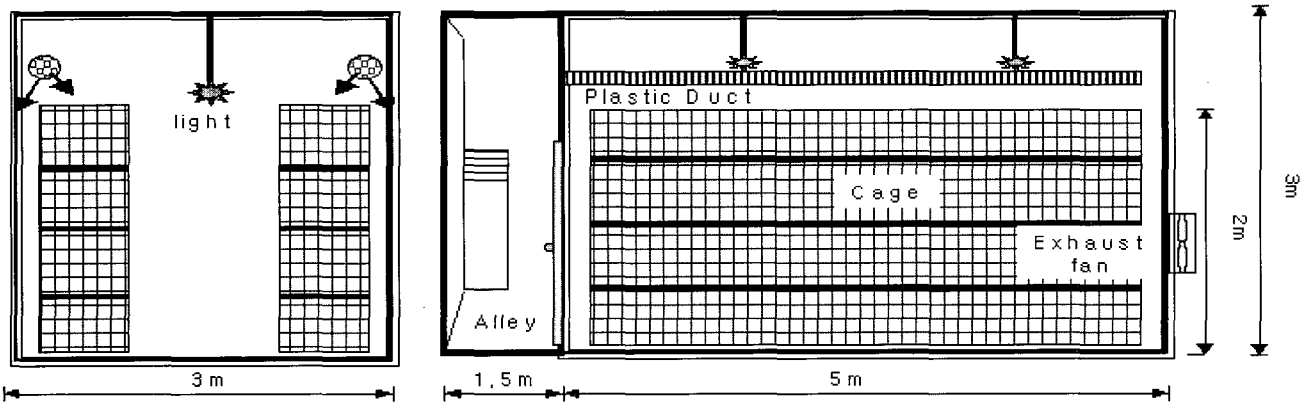

Fig. 2. Plane view of the broiler house and its dimensions.

조절기(SL-300, SUNG-IL, Korea)를 부착하였다.

본 실험에 공시된 무창 계사는 지붕 75 mm, 천장 50 mm, 측벽 75 mm로 단열을 하였고, 계사의 크기는 3 m(W) × 5 m(L), 계사의 높이는 3 m(H), 계사내 복도 길이는 1.1 m이며, 케이지는 계사의 중앙의 복도를 중심으로 좌우에 2열 4단 케이지에 배치하였다. 조명기구는 케이지 높이에 따른 차이를 최소화하기 위해 상부에서 하부까지 이동이 가능하도록 설치를 하였다.

2. 시험 사료

시험 사료는 농림부(한국사양표준 가금, 2002)의 육계 전기(1~2주령)에 맞추어 자체 제작한 옥수수-대두박 위주로 ME 3,100 kcal/kg, CP 22.0%로 하였으며, 시험사료의 배합률 및 영양소 함량은 Table 2와 같다.

3. 실험동물 사육 및 관리

본 실험에 공시된 닭은 Hubburd 품종으로 생후 1일령, 평균 체중 44.5±2.0 g 병아리를 케이지 2열 4단에 384수를 배치하였고, 사료는 자체 제작(Table 2) 시험 사료를 무제한 급여하였다. 급수는 급이기에 니플을 설치하여 자유롭게 음수토록 하였으며, 분뇨는 밸트식으로 매일 오전 계사내 가스 측정이 끝난 후 제거하였다. 사육실의 온도는 시험 기간중 32~35℃의 적정 온도를 유지하였고, 습도는 60~80%를 유지하였다. 점등 관리는 입추 후 24시간 점등을 유지하였다.

4. 조사 방법

각종 측정에 사용된 기구의 모델 및 사양은 Table 3과 같다.

1) 계사내 유해 가스

계사내 NH_3와 CO_2는 10:00와 18:00에 각각 10분간 밀폐한 후 Gastec(GV-100, Japan)을 이용하여 처리구별로 측정하였다.

2) 증체량, 사료 섭취량, 사료 요구율

체중은 매주 측정 개시 3시간 전 사료를 제거한 후 측정하였고, 사료 섭취량은 체중 측정 시 반복별로 사료 잔량을 측정하여 구하였다. 또한 사료 요구율은 사료 섭취량을 나누어 산출하였다.

5. 온도 측정지점

측정 지점은 계사 외부와 내부 좌우 케이지 벽면과 중앙부위 바닥 위 30 cm, 중앙 120 cm, 상부 180 cm, 총 10개소(상, 중, 하 지점 27지점, 외부 1지점)에 온도 센서(Thermo-couple T-type, SUNG-IL, Korea)를 각각 외부와 계사내 전면, 중앙, 후면 10지점에 설치하고 외부 온도에 대한 계사 내부 온도 변화를 측정하였다(Fig. 3). 또한 데이터는 데이터 기록계(N. I. PXI)로 각 지점의 온도를 자동적으로 기록하였으며, Fig. 4는 시험 무창 계사의 내부 전경을 나타낸 것이다.

Table 2. Composition of basal diet(0~2 weeks)

Ingredients	(%)
Corn	54.00
Soybean meal	30.00
Corn gluten meal	10.00
Soybean oil	3.00
Limestone	2.00
Tricalcium phosphate	1.00
DL-methionine	0.50
L-lysine	0.50
Vit.-Min. premix[1)]	0.70
NaCl	0.25
Calculated value(% of DM)	
ME(kcal/kg)	3,100
Crude protein	22.0
Ether extract	5.94
Crude ash	5.50
Crude fiber	3.04
Lysine	1.41
Methionine	0.71
Calcium	1.23
Phosphorus	0.53

[1)] Provided following nutrients per kg of diet : vitamin A, 9,000,000 IU; vitamin D_3, 2,100,000 IU; vitamin E 15,000 IU; vitamin K, 2,000 mg; vitamin B_1, 1,500 mg; vitamin B_2, 4,000 mg; vitamin B_6, 3,000 mg; vitamin B_{12}, 15 mg; Ca-pantothenate, 8,500 mg; niacin, 20,000 mg; biotin, 110 mg, folic acid, 600 mg, Co, 300 mg, Cu, 3,500 mg; Mn, 55,000 mg, Zn, 40,000 mg; I, 600 mg; Se, 130 mg.

6. 통계처리

실험 데이터는 SAS(SAS institute, Cary, NC, 1996)를 이용하여 분산 분석을 하였고, Duncan의 다중 검정법(Duncan,

1955)에 의하여 5% 수준에서 유의적인 차이를 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 환기 형태가 케이지별 유해가스 발생에 미치는 영향

환기 형태가 계사내 암모니아와 이산화탄소가스 발생에 미치는 영향은 Table 4에 나타내었다. 시험 오전에 측정한 암모니아 가스 발생량은 케이지 2, 3단에서는 케이지 1단에 비하여 낮게 측정되었다. 오후에 측정한 결과는 오전과 비슷한 경향을 나타내었다. 이산화탄소는 오전과 오후 케이지간 큰 차이는 없었지만 신선한 공기가 유입되는 4단 높이에서 낮게 나타났다.

Table 3. Specifications of measurement

Environmental factors	Model	Specification
Air temperature	TSI[1)]	−10~120℃
Air speed	Knomax 6112	0~30 m/sec
Ammonia gas	Gastec	0~100ppm
Cataloger	N. I. PXI[2)]	64 channels
Ventilation fan	SLF[3)] Ø350	103 m^3/min

[1)] TSI : Temperature sensor instrumentation.

[2)] N. I. PXI : National instrument company extensions for instrumentation.

[3)] SLF : Sungill fan.

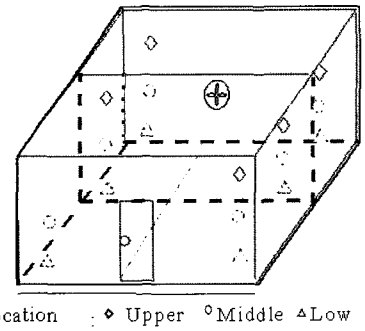

Fig. 3. Measurement locations of the enclosed broiler house.

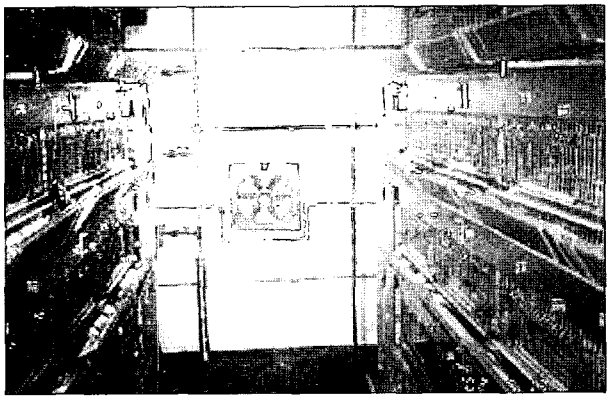

Fig. 4. Interior view of the confined enclosed broiler house.

2. 계사내 온도 변화

1) 온 도

무창 계사의 일중 온도 분포는 Fig. 5에 나타내었다. 병아리가 입식된 이후의 외기 온도는 9.6~21.2℃로 외기 온도의 편차는 약 11.6℃를 나타냈지만, 단열이 우수한 무창 계사에서는 외부 온도와는 관계없이 사육 적온의 범위(32~35℃)를 유지하였다. 따라서 사육 공간내 온도 환경을 개선해 주면 성장 효율이 좋고(Jones 등, 1980), 육계에 있어서 일중 온도 변화 폭이 일정한 것이 증체량에 유리(Gvayahu 등, 1989)하여, 무창 계사의 효율이 우수하다고 사료된다.

무창 계사에 입식된 병아리를 Wathes 등(1983)이 요구한 적정 온도를 유지시켜 주기 위한 열원 공급원으로 전기 히터(900 W 및 1,800 W 가변형)를 이용하였으며, 소모된 전력은 약 900 W/hr 가 소모되었다. 우리나라 겨울철 중부지방의 기온이 영하로 떨어지는 날이 20일 이상이므로, 병아리에 있어서는 보조 열원이 필요하지만 계사 건축시 단열 정도가 높은 자재 조립으로 균일한 밀폐도를 유지할 경우 열 손실을 최대한 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

온도의 분포는 왼쪽 벽면과 오른쪽 벽면간의 차이는 없었으며, 계사 길이간 온도 차이에 의한 편차는 나타나지 않았다. 특히 측정 지점 간의 온도 편차는 1℃ 이내로 측정되어

Table 4. Influence of cage height on noxious gases in the experimental broiler house

Tiers[1)]	NH_3(ppm)			CO_2(ppm)		
	10:00	18:00	Mean	10:00	18:00	Mean
1	15.5	13.8	14.6	1,980	2,010	1,980.00
2	14.3	13.2	13.7	2,049	2,135	2,049.00
3	13.9	13.1	13.5	2,143	2,220	2,143.00
4	13.5	11.7	12.6	2,060	2,188	2,060.00
SE	0.93	1.04	0.85	107.5	93.1	103.2

[1)] Tier 1; 70 cm form the bottom, 2; 120 cm, 3; 170 cm, 4; 220 cm.

계사 공간간의 온도 유동은 매우 효율적으로 나타났다. 따라서 본 시험에 사용된 계사 내부의 공기 흐름을 원활하게 유지하기 위한 덕트 환기 시스템이 양호한 것으로 판단된다.

시험 무창 계사의 수직면 온도 분포도를 측정하기 위하여 계사 내부의 수직면 온도 분포의 분석은 계사 출입문(전면), 계사 중앙(중앙), 출입문 반대편 벽면(후면)의 3부분에서 측정하였고 각 부분별 중앙부분과 좌·우측 3부분의 상부(1.8 cm), 중앙 (1.2 m) 및 하부(30 cm)지점에서 총 27 곳과 외부 1 곳에 온도 센서를 설치하였고, 온도 센서로부터 수집되는 데이터는 자동 기록 장치로 기록하고, 실험 기간 동안의 온도를 평균하여 계산하였다. 계사의 수직면 온도 분포는 천장 부근의 온도 분포가 계사 바닥보다 약간 높게 나타났지만, 크게 유의적인 차이는 아니었다(± 2℃). 배기 팬 쪽으로 갈수록 온도분포가 약간 높게 나타났는데, 이것은 유입되는 열량이 배기 팬 쪽으로 배출되면서, 계사내의 데워진 공기가 배출되기 때문이라 판단된다.

2) 습 도

Fig. 6은 무창 계사내의 습도 분포를 나타낸 것으로 병아리의 사육에서 외기의 습도 범위는 기상의 조건에 따라 다르지만 실험 기간 동안 일일 외부 습도는 61~85%(72.9± 7.58 %)로 최저와 최고 상대 습도는 24%의 변화 폭을 보였으나, 무창 계사내의 습도는 54.7~65.3%로 일일 변화 폭이 10% 전후로 일중 습도 변화가 크게 나타나지 않았다. 그러나 더운 기온일 때 계사내 온도가 높을 때에는 상대 습도를 60% 이하로 유지하도록 권장한 Whitehead(1992)가 주장하는 범위 이내에 속하지만, MWPS-32(1990)에서 권장하는 축사내 습도 적정 범위인 60~80%에는 미치지 못하므로 계사내 높은 발생열에 의한 저습을 적정 습도로 조절해 줄 수 있는 부가적인 장치가 필요하다. 그러므로 계사내에서 주로 발병하는 질병 중의 원인은 대부분 온도차이라고 생각하지만 실제로는 습도 차이에 의한 질병 유발이 많다(Whitehead, 1992). 그러므로 온도 외에 습도의 적절한 조절도 환기에 있어서는 중요한 부분이므로 습도의 적정 유지를 위한 무창 계사내 습도의 보충을 위한 간이 분무 시설의 설치가 고려되어야 할 것으로 사료된다.

3) 공기 유속

Table 5는 무창 계사 내에서의 공기 유속을 나타낸 것으로 계사내 복도를 제외한 케이지에서는 균일한 공기 유속이 측정되었다. 특히 입기 지점인 상부 지점에서의 고른 공기 유

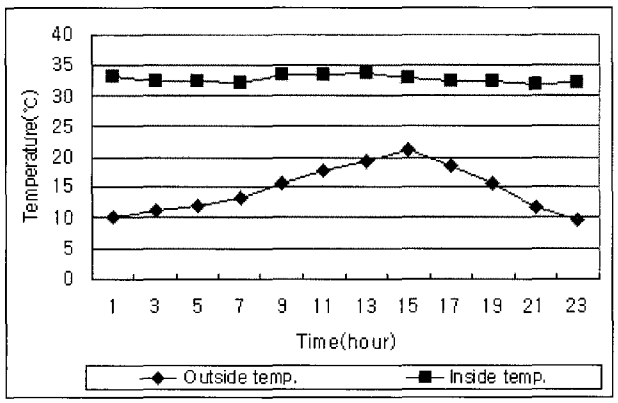

Fig. 5. The change of daily outside and inside temperature in the enclosed poultry house.

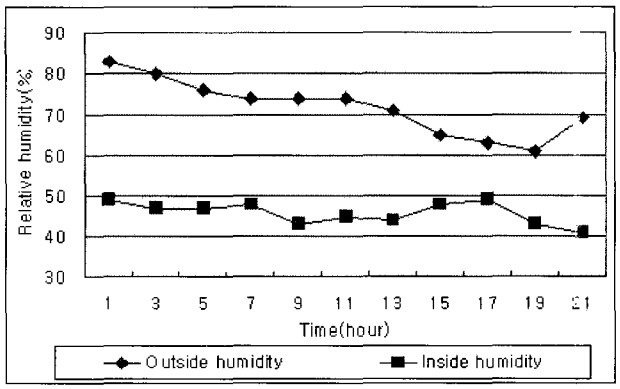

Fig. 6. Daily relative humidity changes of the enclosed poultry house.

Table 5. The air velocity distribution in the enclosed poultry house (unit : m/sec)

Location	Front section			Middle section			Rear section			Average
	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	Left	Alley	Right	
Upper	0.83	0.08	0.78	0.85	0.06	0.84	0.77	0.07	0.88	0.57
Middle	0.25	0.08	0.31	0.27	0.05	0.32	0.33	0.10	0.29	0.22
Lower	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04	0.02	0.06	0.04	0.07	0.04

* Mean±SE : 0.04±0.015 m/sec.

속분포(0.77~0.88 m/s)는 무창 계사 내의 공기 흐름에서 계사 중앙 지점에서의 유속(0.25~0.33 m/s)을 유지하여 하부 지점에서는 미약하게 공기 흐름이 감지되었으나 전체적인 공기 유속의 흐름이 나타났다(Fig. 7). 이것은 병아리가 성장함에 따른 공기 입기 속도의 증가로 유추하여 보면, Reece와 Lott (1982)가 육계의 활동 높이에 가해지는 송풍 속도(0.3 m/sec 이상)가 조절될 수 있어야 한다고 요구한 케이지 간의 공기흐름은 충분하다고 판단되었다. 따라서 축사 내에서의 각 지점별 고른 공기 유속을 유도하기 위해서는 공기 입기구와 공기 배기구가 중요하다고 보고한 Kaul 등(1975)과 Randall (1975)의 계사내 공기 분포를 만족시켜 덕트를 통한 입기가 케이지 하부까지의 고른 공기 환기를 유도할 수 있는 덕트 입기 시설과 측벽 배기 환기 시스템이 우수하였다고 사료된다.

4) 증체량

시험 기간 동안 증체량 변화는 Table 6과 같다. 증체량은 시험 전 기간동안 케이지 2와 3에서 케이지 1, 4단에서 보다 높게 나타났지만 유의적인 차이는 없었다($p>0.05$). 섭취량은 시험기간 동안 전 처리구에서 유의적인 차이가 없었다 ($p>0.05$). 사료 효율은 케이지 1과 4에서 다른 케이지 2와 3에 비해 높았으나 유의성은 나타나지 않았다.

적 요

본 연구는 신축한 무창 실험 계사의 환기 시스템이 육계의 생산성에 미치는 영향을 조사하고자 하였다. 본 실험은 신축 실험계사에서 무창 육계사의 환기 시스템이 케이지 사육 육계의 성장에 미치는 영향을 구명하고자 계사의 내부 환경을 외부와 완전히 차단하여 각종 질병 요인으로부터 계사의 내부 환경을 보호할 수 있는 무창 계사에서 실시하였다. 환경요인 중에서 제일 중요한 온도, 습도, 공기 속도가 육계의 성장에 미치는 영향에 대하여 조사하고자 2주간 실행하였으며, 실험 결과는 다음과 같다.

1. 암모니아 가스 발생량은 케이지 2단(13.7 ppm), 3단(13.5 ppm)에서는 케이지 1단(14.6 ppm)에 비하여 낮게 측정되었다. 오후에 측정한 결과 오전과 비슷한 경향이었다. 이산화탄소는 오전과 오후 케이지간 큰 차이는 없었지만 신선한 공기가 유입되는 4단 높이에서 낮은 경향이었다.
2. 공기 풍속에 있어서는 무창 계사는 상부 0.57 m/sec, 중앙 0.22 m/sec, 하부 0.04 m/sec로 각각 나타나, 계사내 적정 풍속 유지를 위한 덕트 입기구의 천공으로 인하여 계사내 전체 공간에서 공기의 유속 흐름 분포가 고르게 나타났다.
3. 증체량은 시험 전 기간동안 케이지 1에서 케이지 2, 3, 4단에서 보다 높게 나타났지만 유의적인 차이는 없었다($p> 0.05$). 섭취량은 시험기간 동안 전 처리구에서 유의적인 차이가 없었다($p> 0.05$). 사료 효율은 증체량과 마찬가지로 케이지 1에서 다른 케이지에 비해 높았으나 유의성은 나타나지 않았다.

이상의 실험 결과를 종합해 볼 때 조사대상이 된 무창 실험 계사의 온도 및 습도 환경 조절이 우수하게 나타났으며 케이지간 공기의 흐름은 원활하였다.

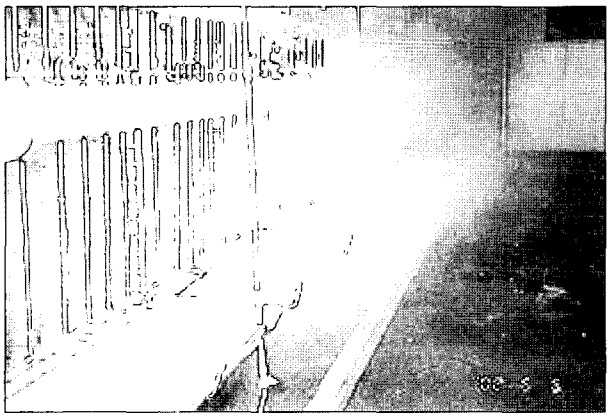

Fig. 7. Scene of mist spraying on the lower point of cage.

Table 6. Influence of cage height on performance of broiler house

Tiers[1)]	Weight gain(g/bird)	Feed intake(g/bird)	Feed/Gain
0~2 weeks			
1	434	711	1.67
2	469	747	1.58
3	465	724	1.56
4	448	739	1.65
SE	18.7	13.7	0.14

[1)] Cage 1; 70 cm form the bottom, cage 2; 120 cm, cage 3; 170 cm, cage 4; 220 cm.

인용문헌

Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F test. Biometrics

11:1-42.

Esmay ML 1978. Principles of Animal Environment. AVI Publishing Company, Inc.

Goodband RD, Tokach MD, Nessen JL 1993 Vision 2000 : Business and economic factors necessary for a successful swine enterprise. Advances in Pork Production 4:123.

Gvaryahu G, Cunningham DL, Van Tienhoven A 1989 Filial imprinting, environmental enrichment and music application effects on behaviour and performance of meat-strain chickens. Poultry Science 68:211-217.

Jones RB, Harvey S, Hughes BO, Chadwick A 1980 Growth and the plasma concentrations of growth hormone and production in chicks : Effects of environmental enrichment, sex and strain. British Poultry Science 21:457-462.

Kaul P, Maltry W, Muller HJ, Winter V 1975 Scientific-Technical Principles for the Control of Environment in Livestock Houses and Stores. Translation Number 430. National Institute of Agricultural Engineering. Silsoe p 47.

Miles DM, Owens PR, Rowe DE 2006 Spatial variability of litter flux within a commercial broiler house: ammonia, nitrous oxide, carbon dioxide, and methane. Poult Sci 85:167-172.

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

Randall JM 1975 The prediction of airflow patterns in livestock buildings. Journal of Agricultural Engineering Research 20: 199-215.

Reece RN, Lott BD 1982 Mathematical model of broiler houses. Livestock Environment Ⅱ(Proceedings 2nd International Livestock Environment Symposium). 193.

SAS/STAT 1996 SAS user's guide. Release 6.12 edition SAS Institute Inc Cary NC.

Wathes CM, Howard K, Jones CDR, Debster AJF 1983 Ventilation, air hygiene and animal health. Veterinary Record 113. 554-559.

Whitehead CC 1992 Bone Biology and Skeletal Disorders in Pathology. Butterworth Heinemann London.

농림부 2002 한국사양표준(가금).

오세정 1998 육계사육요론(브로일러 생산기술). 선진문화사.

장동일 1994 육계 사육시설의 적정 환기시스템 설계 연구. 한국가금학회지 21(3):207-217.

최희철, 서옥석, 이덕수, 한정대, 강보석, 이상진, 김상호 1999 육계의 계사 형태와 시설수준이 사육환경과 생산성에 미치는 영향. 축산시설환경학회지 5(2):87-92.

축산연구소 1999 축산기술연구보고서 p.229.

환경부 2002 대기환경보전법. 제66조.