

강제환기식 육계사내의 환기효율성 조사연구 - (I)하절기

이인복 · 정문성* · 유병기 · 전종길 · 김경원 · 이승기**

농촌진흥청 농업기계화연구소

Study on Ventilation Efficiency of a Mechanically Ventilated Broiler House - (I)Summer Season

Lee, I., Jung, M.,* You, B., Chon, J., Kim, K. and Lee, S.**

National Agricultural Mechanization Research Institute, R.D.A., Suwon 440-300, Korea

Summary

In this study, the distributions of internal climates such as air temperature, humidity, dust, ammonia gas, and air velocity were systematically measured at a mechanically ventilated broiler houses during summer season, with local weather data. The analysis was focused on the suitability, stability, and uniformity of internal climate, resulting in serious stress on chickens and decrease of productivity. In the mechanically ventilated broiler house, the difference between measured and recommended air temperatures(suitability) was 10.4C in maximum during the summer time. The difference of air temperature in the house between day and night was 8.7°C in maximum. And maximal hourly range of internal air temperature at 0.4m height from the floor was 3.7°C suggesting it maintained thermal uniformity in the broiler house. The NH₃ and dust concentrations were pretty low because ventilation was fully performed. The air speed at chicken location was measured 2.2m/s and 1.7m/s, respectively without and with chicken existence.

(Key words : Broiler house, Environmental control, Mechanical ventilation)

서 론

육계사의 무창화, 대형화에 따른 최적 환경 조성의 중요성이 대두되고 있어서, 이에 따른 적합한 시설환경이 더욱 요구되고 있으나 적정 환기가 이루어지지 않아 육계의 생산성 향상에 어려움이 많이 있다. 특히 강제 환기식 육계사의 구조 및 환경제어시설은 빠르게 현대화되어 가고 있는 반면에, 자동화, 생산성향상 등을 위하여 더욱 대형화되어 가고 있어서 환경제어의 어려움으로 내부환경은 많이 개선되고 있지 않

다. 이의 개선을 위해서는 각 기상조건에 따른 시설 및 환경제어의 정확한 문제점 분석이 필요한데, 현재 국내 대형육계사내 최적 환경제어를 위한 주요환경변수의 기초자료가 매우 부족한 실정이다. 최 등(1999)은 육계사의 대표적인 여러 계사구조에서 온도, 습도, 유해가스농도 및 육계의 체중, SDS 발생을 및 폐사율, 도체이상 발생을 등을 조사하였다. 황보 등(2002)은 3(W) × 5(L) × 3(H)m의 무창계사에서 환경요소 중에 온도, 습도, 공기유속을 분석하여 환경효율을 조사하였다. 그러나 대부분의 관련연구

* (주)하림(Halim & Co., Ltd).

** 공주대학교(Kongju National University).

Corresponding author : In-Bok Lee, National Agricultural Mechanization Research Institute, 249 Seodun-dong Suwon-city, Tel/Fax : 031-290-1878/031-290-1930 E-mail : ilee@rda.go.kr

들의 자료들은 제한된 측정 포인트나 실제보다 작은 실내에서 실험이 수행되었기 때문에 환기 효율성과 밀접한 관계가 있는 계사 내 환경의 균일성, 적정성, 안정성 등을 효과적으로 분석하는 것이 어려웠다. 외국에서는 기초자료 확보를 위하여 장기적이고 광범위한 데이터분석을 수행하고 있다. Xin 등(2001)은 크로스 및 터널 환기식 육계사 4동에서 주요환경요소들을 3년 동안 측정하였는데, 조밀하게 센서들을 설치하여 계사 내 열 및 수분 발생량을 계산하고자 하였다. Wathes 등(1983), Seedorf 등(1998a) and Seedorf 등(1998b)은 3년간 북유럽에 있는 총 329개의 계사 및 돈사에서 내부주요환경요소 및 환기량을 조사하여, 현재의 구조적 문제점과 이에 따른 개선점을 모색하고자 하였다.

본 연구는 우리나라에 대표적인 강제 환기식 육계사에서 하절기동안 기상데이터와 함께 육계사내 주요환경변수를 시간별로 측정하였다. 이번 연구는 강제 환기식 육계사내의 주요환경요소 및 환기효율성 등을 정확하게 이해하고, 우리나라 기후에 따른 현 시설 및 환기구조상의 문제점을 파악하고자 함이다. 이 자료는 앞으로 공기유동 분석 등 공학적 접근을 통한 시설 및 환기구조 개선연구를 위한 기초 자료로 활용할 계획이다.

재료 및 방법

1. 축사 및 시설 현황

이번 실험은 공동연구업체인 (주)하림의 계약

농가 중의 하나인 전북 익산시 소재 문기농장의 강제 환기식 무창육계사에서 실시되었다. Table 1은 실험용 육계사의 규격 및 설비규격을 보여주고 있다. 이 농장은 (주)하림의 계열 농장으로서 경영형태는 약 5년 경력의 60세 이상의 노인부부가 운영을 하고 있는 부부노동형이다. 총 2동의 강제 환기식 무창육계사에 육계를 사육하고 있으며, 실험용 계사의 단면적은 1,200m²이었다. 계사 내에는 입추초기에 효율적인 에너지이용을 위하여 길이방향 중간에 칸막이용 커튼이 1개 설치되어 있어서, 입추초기에는 계사 내 총 활용면적의 50%만을 사용하였다.

실험은 2002년 7월 9일부터 8월 13일까지 총 35일간 수행되었다. 실험계사의 초기 입수 마리수는 21,000수로, 사육밀도는 17.7마리/m²(평당 약 60수)이었다. 바닥의 계분은 입추 전에 완전히 청소한 후에 바닥에 생석회를 뿌리고 그 위에 겨를 7cm 정도로 깔았다. 계사 내 온도 및 습도조절을 위하여 포그팬이 총 5대가 길이별로 균일하게 2m 높이에 설치되어 있고, 난방을 위하여 샷갯형 가스 육추기도 총 14대가 2줄로 균일하게 1.5m 높이에 설치되어 있다.

Fig. 1은 시험계사인 강제 환기식 육계사의 내부전경 및 음압식 입기구와 쿨링패드 입기구를 보여주고 있다. 환기량 조절은 총 8단계로 이루어지는데, 3단계까지는 음압식 입기구를 통하여 공기가 유입되고 4단계부터는 쿨링패드 입기구를 통하여 공기가 유입되는 터널식 환기가 이루어진다. 동절기동안 육계사로 유입되는 찬 외부공기가 직접 계군으로 도달하는 것을

Table 1. Structural specification of a broiler house(B.H.) and internal equipment

Width of B.H.	Length of B.H.	Height of sidewall	Height of roof peak	Frame material	Frame thickness	Ventilation
12m	100m	2.4m	4.5m	H-beam	0.075m	Mechanical
Inlet size of cooling pad	Number of inlet vent	Inlet location	Distance of inlets	Size of inlet	Number of exhaust fan	Size of fan
Height : 1.2m Length : 14m	30	2.0m from floor	4.8m	Height : 0.2m Length : 1.1m	8	1.2m(48inch) Diameter

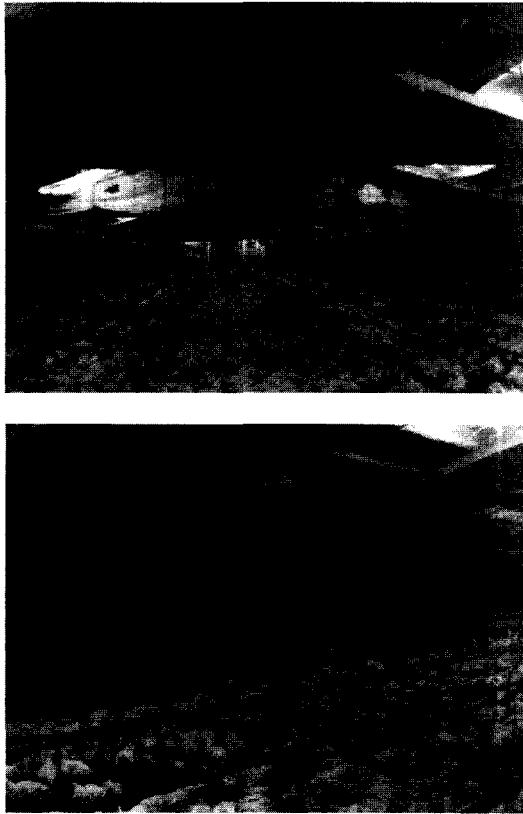


Fig. 1. Internal views of a mechanically ventilated broiler house.

방지하기 위하여 지상으로부터 2.0m에 설치된 음압식 입기구가 이용되어지며, 하절기 등에는 터널환기를 통하여 계군에서의 유속을 높이고자 하였다. 고온스트레스 터널환기가 이루어질 때 내부 공기유속을 높이기 위하여 처마 위쪽

의 공기흐름을 차단할 수 있는 차단막이 총 7군데 설치되어 있다.

2. 실험방법

Table 2에서 보여주는 센서들을 이용하여 Fig. 2에서 보여주는 측정지점에서 계사 내 각 주요 환경 요소들을 측정하였다. A와 C라인에 위치한 열전대 온도센서들은 측창으로부터 각각 2m씩 떨어져서 설치되었고, 온도센서는 바닥으로부터 0.4m 높이와 2.0m 높이에 각각 15곳에 균일하게 설치하였다. 온/습도센서(H8 Pro Hobo, OTS, USA)는 최대한 닭의 위치 가까이 설치하고 닭의 성장과 더불어 최저높이 10cm에서 최고높이 40cm까지 조금씩 위치를 높이면서 계군에서의 온도와 습도를 측정하고자 하였고, 캘리브레이션을 위하여 계사 중앙 2.0m 높이에 설치된 열전대 센서 바로 옆에 온/습도센서 한 대를 설치하였다.

온도, 습도, 풍향, 풍속, 일사량 등 외부기상 자료는 시험계사에서 약 1km 떨어진 곳에 설치된 기상대(Campbell, USA)의 측정데이터를 이용하였다. 기상대에 설치된 센서들은 지상으로부터 6m 높이에 설치되었다. 육계사내 분진과 암모니아가스 농도도 각각 Dust Trac 8520 (TSI, USA)과 검침관(Gastec, Japan)을 이용하여 측정하였으며, 동일한 위치에서 내부 공기유속은 열선풍속계(Testo 400, Testo Co., USA)를 이

Table 2. Specifications of measurement

Environmental factor	Model	Specification
Air temperature	TX-G	0.5mm×1P
Air temperature/humidity	H8 Pro Series, Hobo	temp. - 30 ~ 50℃, humidity 0 ~ 100%
Surface temperature	TVS-620, Avio Neo Thermo	- 40℃ ~ 100℃ (기분)
Dust	DUST Trac 8520, TSI	0.001 ~ 100mg/m ³ , 0.1 ~ 10 μ m
Ammonia gas	No.3L, Gastec	0 ~ 50ppm & 0 ~ 100ppm
Air velocity	Testo 400, Testo	0 ~ 20m/s
Datalogger	CR10X, Campbell	64 channels
Weather station	Campbell	temperature, humidity, wind direction and speed, solar radiation

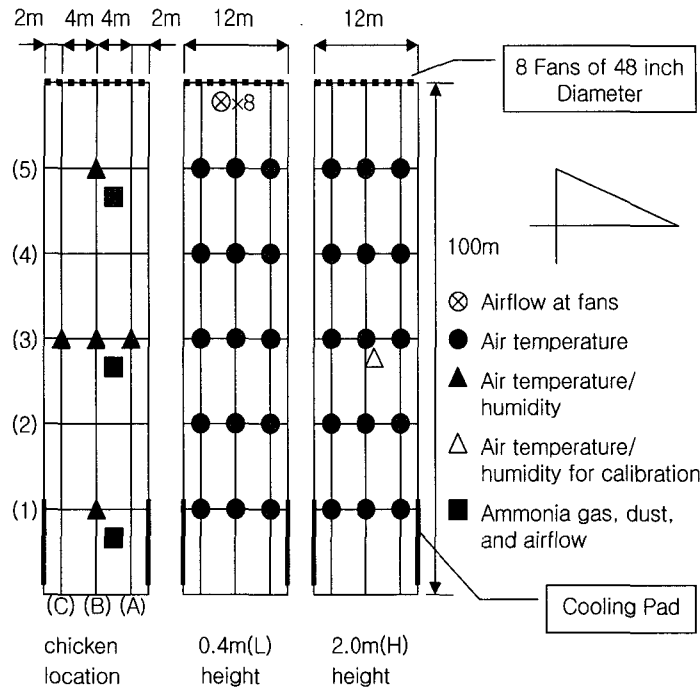


Fig. 2. Locations of measurements.

용하여 측정하였다. 계사바닥 및 육계의 표면온도를 측정하는 것은 닭이 항상 움직이고 센서 설치의 어려움이 있어서, 이번 실험에서는 계사바닥 및 닭의 표면온도 뿐만 아니라, 계사구조의 표면온도를 효과적으로 측정할 수 있는 열화상카메라(TVS-620, Avio, Japan)를 이용하였다.

3. 조사방법

이 연구를 통하여 축적된 자료들을 이용하여 앞으로 계사구조 및 환기구조 개선을 도모하려고 하기 때문에, 계사내 환경요소의 적정성, 안정성, 균일성을 분석하고자 하였다. 많은 센서 및 비용을 들이지 않고 이들 요소들을 분석할 수 있다는 장점 때문에, 이 실험에서는 계사내 닭의 환경요소 중에서도 특히 열적환경의 적정성, 안정성, 균일성에 초점을 맞추었다. 적정성이란 입추부터 출하까지 닭의 적정온도가 점차적으로 낮아지는데 계사 내 실제온도와

적정온도의 차이를 의미하며, 안정성이란 낮과 밤의 기온차 등 외부기상변화에 따른 내부환경변화의 정도를 의미한다. 계사 내에서의 환경의 균일성도 계사 내 면적의 효율적인 이용과 닭의 쏠림현상 및 지역적 성장불균형 등에 매우 중요한 요소이다. 이들 세 요인들은 환기효율성 및 생산성 향상과 매우 밀접한 관계를 가지고 있다.

또한 닭의 성장과 더불어 닭의 주요환경요소인 계사 내 분진, 암모니아가스 변화 및 공기유속도 측정하였다. 외부 기상자료를 비롯하여 계사 내 온도와 습도는 시간별로 지속적으로 측정을 하였고, 분진, 암모니아가스, 공기유속 등은 매주 혹은 2주마다 연구자들이 실험계사를 방문하였을 때 각 지점(Fig. 2)에서 분당 평균값을 3번씩 측정하였다. 매 계사방문 시, 농장운영자와 자주 대화를 가지며 현재 운영상의 문제점 등을 수집하고자 노력하였다.

결과 및 고찰

하절기동안에는 48인치 8대의 팬을 모두 가동시켰으며 음압식 입기구가 아닌 쿨링패드 입기구를 이용한 터널환기가 이루어졌다. 최대 환기를 유지할 때 각 환기팬에서의 공기유량을 측정할 결과, 육계사의 환기량은 $5135.4 \text{ m}^3/\text{min}$ 으로써 분당 계사 내 공기체적이 1.3번 교환된 것으로 나타났다.

1. 시간별 온도변화

Fig. 3은 시험기간(7월 9일 ~ 8월 13일) 중의 외부온도 및 계사 내 평균온도, 그리고 닭의 성장과 함께 변하는 적정온도(축산·특작, 2001)를 각각 보여주고 있다. 입추초기에 32°C 이었던 적정온도는 출하직전에 21°C 가 적은 것을 보여주고 있다. 이 기간 중 최고, 평균 및 최저 외부온도는 각각 37.7°C , 26.0°C , 그리고 18.8°C 이었고, 오후에는 기온이 상승하고 밤에는 기온이 떨어지는 전형적인 외기상 변화를 보여주었다. 최고온도는 7월말 경 오후에 발생하였으며, 낮은 온도는 비가 오는 밤에 주로 발생하였다. 외부의 최고, 평균 및 최저풍속은 각각 12.8m/s , 2.3m/s , 그리고 0.4m/s 이었다. 사육기간 중 낙뢰에 의한 풍향과 일사량 측정센서의 손상으로 인하여 시험기간 중 이들의 데이터 수집은 실패하였다.

계사내에 설치되어 있는 차단막이 7월 16일에 제거되었는데, 난방시스템이 간헐적으로 작동한 입추초기와 제한된 환기를 수행하고 있는 7월 22일경까지는 밤에 외부기온 강하의 영향이 상대적으로 적은 것을 알 수 있다. 하지만, 환기량을 최대로 유지하는 기간동안에는 내부기온이 외부기온 변화에 절대적으로 영향을 받는 것을 보여주고 있다. 또한, 닭의 성장과 더불어 적정온도가 낮아짐으로써 사육기간 중 중반 이후에는 계사 내 온도가 적정온도와 비교하여 훨씬 높게 나타나고 있다. 8월에는 많은 비가

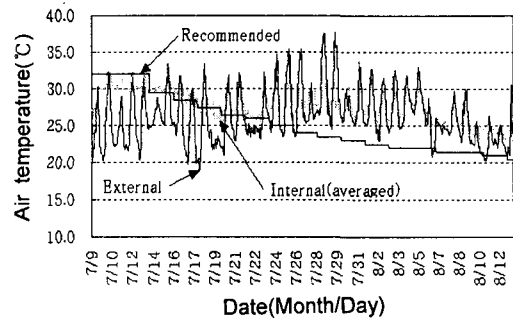


Fig. 3. The changes of internal and external air temperatures with recommended air temperature during data collection.

오고 외부기온이 내려감으로써 계사 내에서 측정된 온도와 적정온도의 차이가 더 이상 크게 발생하지 않았다.

Fig. 3은 커튼이 제거된 후에 약 1주일간은 외기온이 낮아서 적정온도와 유사한 내부기온의 변화를 보여주고 있다. 하절기동안 8개 팬을 이용하여 최대 환기를 유지하고 있었기 때문에 계사 내 0.4m 와 2.0m 높이에서의 온도차는 크게 나타나지 않았다. 시험기간 중 0.4m 높이에서의 평균온도는 최고, 평균, 최저값이 각각 33.5°C , 27.6°C , 그리고 21.1°C 이었다. 7월말의 외부온도 및 계사 내 평균온도의 차이가 보여주듯이, 쿨링패드 및 포그팬의 작동으로 인하여 낮에 발생하는 높은 외부온도 상승에 따른 내부온도의 급상승을 방지하여 주는 것을 알 수 있다. 7월 17일 이후에는 2.0m 높이에서보다 0.4m 높이에서의 온도가 평균 0.3°C 높게 나타났다. 이는 터널식 환기방식으로 최대 환기량을 유지하면서 열이 발생하는 계군보다 2.0m 에서의 공기유동이 훨씬 빨랐기 때문으로 판단된다. 높은 공기유속으로 인하여 밀도차에 의한 공기유동 및 더운 공기의 상승현상은 전혀 없었던 것으로 판단된다. 온/습도센서를 이용한 닭 바로 위에서의 온도와 0.4m 에서 측정된 온도에는 평균 약 0.8°C 발생한 것으로 나타났다. 환기량을 최대로 유지하는 하절기에는 터널식 환기를 하므로 쿨링패드가 설치된

입기구로부터 배기팬이 있는 쪽으로 온도가 천천히 상승하였다. (1)라인과 (5)라인(Fig. 2) 사이에 최대 온도차는 3.0℃가 발생하였으며, 0.4m 높이에서의 온도차는 3.6℃이었다. 터널식 환기 중에 특별 온도차는 거의 없었다. 앞에서 언급한 결과들이 보여 주듯이, 최대 환기를 유지하고 있는 하절기에는 높은 환기량으로 인하여 지역적 편차가 크지 않았던 것으로 판단된다.

Fig. 4는 계사 내 0.4m 높이에서의 시간별 최대 및 최소값의 차이를 보여주고 있으며, Table 3은 커튼이 제거된 7월 16일부터 8월 13일까지 하절기동안 계사 내 0.4m 높이에서 계사 내 평균온도, 계사 내 평균온도와 적정온도의 차이, 일별 최대온도 변화, 그리고 계사 내 온도의 최대분포를 보여주고 있다. Table 3에서 보여주듯이, 계사 내 평균온도와 적정온도의 차이는 최대 10.4℃로써, 적정온도가 낮은 사육 후반기에 특히 많은 차이를 보였다. 하지만, 사육 후반기에 잦은 비로 인하여 외부기온이 낮았기 때문에 계사 내 온도가 더 높게 상승하는 것을 막을 수 있었다고 판단된다. 낮과 밤의 일별 계사 내 평균온도 변화폭은 최대 8.7℃가 발생하였는데, 터널 환기식 환기를 유지하여 외부공기가 직접 계사내부로 유입되기 때문에 외기상의 온도변화에 절대적으로 영향을 받은 것으로 나타났다. Fig. 4에서 보여주듯이, 육계사의 칸막이용 커튼을 제거하기 전에는 커튼 양쪽의 환경차이로 온도 분포 폭이 최대 9.3℃로써 크게 나타났으나, 계사내의 커튼제거 이후에 0.4m 높이에서의 최대 3.7℃, 평균 1.8℃, 최소 0.4℃로써 계사 내 열적 균일성은 양호한 것으로 나타났다. 이는 온도 분포 폭은 최대 환기를 유지하고 있었기 때문에 분포 폭이 크게 발생하지 않은 것으로 판단된다. 이 등(2003)이 측정한 자연 환기식 육계사내 온도분포와 비교하여 보면, 측정온도와 적정온도와의 차이는 강제 환기식 계사가 평균 1.1℃ 낮게 나타났다. 자연 환기식 계사와 비교하여, 일별 계사내 온도의 최대변화는 평균 0.9℃ 더

켰으며 계사 내 온도 분포 폭은 평균 0.5℃가 낮았다. 일별 내부온도 변화가 더 큰 이유는 강제 환기에 의한 높은 환기량에 의하여 밤동안 외부기온 강하의 영향을 더 많이 받은 것으로 판단된다.

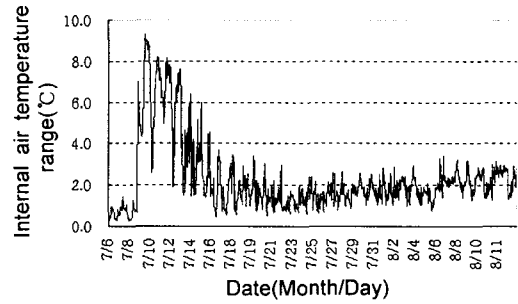


Fig. 4. The change of internal air temperature difference between maximum and minimum air temperatures at 0.4m height from floor during data collection.

Table 3. Internal air temperature measured at 0.4m height from floor after removing curtains

Factor		Air Temperature(°C)
Averaged air temperature	Max	33.5
	Ave	27.6
	Min	21.1
Difference between internal averaged and recommended air temperature	Max	10.4
	Ave	3.5
	Min	0.0
Daily air temperature difference between day and night	Max	8.7
	Ave	4.0
	Min	1.2
Hourly range of internal air temperature	Max	3.7
	Ave	1.8
	Min	0.4

2. 닭의 높이에서의 시간별 습도변화

온/습도는 7월 12일 이후부터 측정하였으며, Fig. 5에서 외부습도가 밤에는 90% 이상으로

상승하고 낮에는 낮아지는 것을 알 수 있었다. 육계사가 숲에 인접한 곳에 위치하여 특히 밤에 매우 높은 습도를 보여주었다. 시험기간 중에 우기가 많았기 때문에 낮에도 습도가 높은 경우가 많았다. 적정습도범위는 1주령 때 70%이고 3주령 이후에는 60%(ASHRAE, 2002; 축산·특작, 2001)인데, 실제 계사 내에서 측정된 습도는 적정습도에 비하여 매우 높게 나타났다. 유(2001)는 무창육계사에서 가장 큰 문제점 중에 하나는 빠른 공기유속 등으로 인하여 너무 건조해지는 것이라고 언급을 하였는데, 실제로 쿨링패드, 포그팬 등을 이용하여 온도가 상승하는 것을 방지할 수는 있었지만 이에 따른 습도조절이 매우 어려웠음을 알 수 있었다. 이 시험기간 중 계사 내 평균습도는 각각 최고 94.7%, 평균 78.9%, 최저 46.3%이었고, 지점별 측정된 최고 및 최저습도는 각각 99.9%와 44.7%이었다. 낮에는 외부습도가 낮아짐으로써 계사내부의 습도도 절대적으로 영향을 받았다. 계사내 시간별 닭 높이에서의 최고 - 최저습도 차이는 최대 25.2%, 평균 7.7%, 그리고 최소 1.5%이었다. 습도 분포 폭이 매우 높게 측정된 이유는 계사 중앙에서 습도가 항상 높게 발생을 하였기 때문이다.

Xin 등(1992), 박(1995)과 Brown-Brandl 등(1997)은 온도와 습도를 이용한 열량계수를 이용하여 가금류의 스트레스 판단 기준으로 이용하였다. 온도와 습도 이외에도 공기유속 등 닭의 스트레스 원인이 되는 다른 요소들도 있지만, 이번 연구에서는 시간별로 계사 내에서 측정된 온도와 습도를 이용하여 열량계수를 계산하여 닭의 열적 스트레스를 추정하고자 하였다. 박(1995)은 온도와 습도를 곱해서 나온 값을 열량계수로 정하여, 성계의 경우 열량계수 1,300부터 더위를 느끼고 1,800 ~ 2,300에서 더위에 대한 대책이 필요하며, 2,300 이상인 경우에는 아주 위험한 상태라고 주장하였다. 이를 기준으로 하여, 하절기 시험기간 중 열량계수는 각각 최대 3,059, 평균 2,346, 그리고 최소

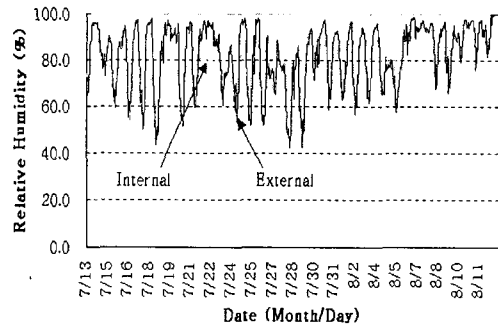
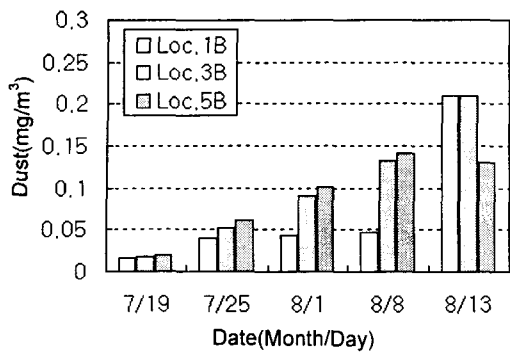


Fig. 5. The changes of averaged internal and external relative humidity during data collection.

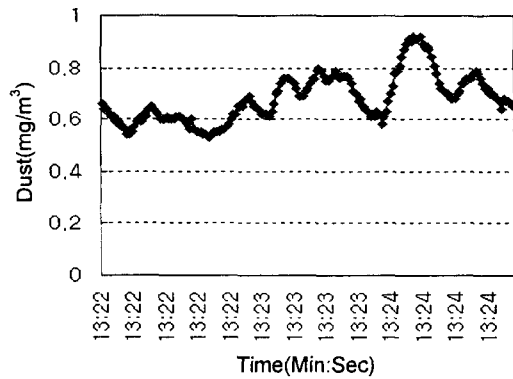
1,443으로 나타났으며, 사육기간의 약 98% 이상이 열량계수가 1,800 이상이었고, 열량계수가 2,300 이상인 경우도 54%에 달하였다. 같은 기간의 자연 환기식 육계사내의 열량계수(이 등, 2003)는 2,300 이상인 경우가 총 사육기간의 약 22% 이었다.

3. 계사내 분진 및 암모니아가스 발생량

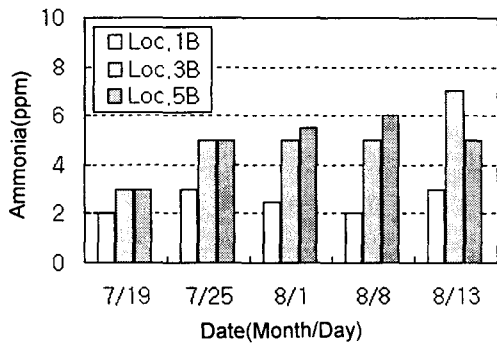
Fig. 6에서 보여주듯이, 닭의 성장과 함께 분진 발생량이 꾸준히 증가하였으며, 계사내 분진 발생량은 닭의 활동성에 절대적으로 영향을 받았기 때문에 지역적으로 발생량을 비교한다는 것은 어려움이 있었으나, 대체로 배기팬에 가까이 갈수록 분진량이 증가하는 것으로 나타났다. 하절기동안은 최대 환기를 유지하기 때문에, 출하 직전에 최대분진 발생량은 $0.21\text{mg}/\text{m}^3$ 으로 적정 분진량 $5\sim 10\text{mg}/\text{m}^3$ (축산·특작, 2001)과 비교하여 매우 낮은 것으로 나타났다. 하지만, 이 실험에 사용한 분진량 측정장치(DUST)는 최대 $10\mu\text{m}$ 입자까지만 측정이 가능하였기 때문에, 측정범위가 더 크고 더욱 정교한 분진 측정계를 사용하여야 할 것으로 판단되었다. 시험수행 시 측정범위가 더 큰 측정장치를 확보할 수 없었지만, 입자 크기별 분진농도를 측정할 수 있고 더욱 정확한 ELPI(TSI, 미국, 최대 $10\mu\text{m}$ 측정, 최대 $\pm 2.0\%$ 오차) 측정



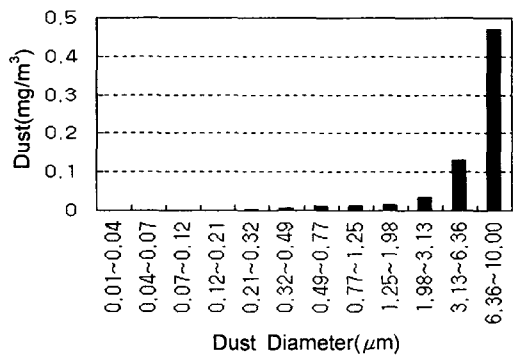
(a) Dust



(a) Dust variation



(b) Ammonia



(b) Dust concentration of each particle size

Fig. 6. The changes of dust (a) and ammonia gas (b) concentrations during data collection. The measurement locations are shown in Fig. 1. Loc.1B means the cross point of lines 1 and B.

Fig. 7. The variation of dust (a) and dust concentration of each particle size (b) measured by ELPI(TSI, USA) dust measurement system.

장치를 이용하여 이 실험에서 이용된 DUST 측정계의 정확도를 비교하고자 하였다(Fig 7). 약 3분간 DUST와 ELPI를 이용하여 계사내 동일한 지점에서 5번 측정하였다. ELPI의 측정이 정확하다는 가정 하에, DUST의 측정치는 -27 ~ -80%의 오차를 보여주었으며, 분당 분진 발생 변화가 매우 심한 것을 알 수 있었다(Fig 7(a)). 또한, Fig 7(b)에서 보여주듯이 계사 내에서 발생하는 분진은 대부분 5 μ m 이상인 것으로 나타났으며, 10 μ m 이상의 분진발생이 매우 높을 것으로 판단되었다.

닭의 성장과 함께 암모니아가스 발생량도 꾸준히 증가하는 것을 알 수 있었으며, 대체적

으로 배기구에 가까이 갈수록 가스농도가 높게 측정되었다. 닭의 성장과 함께 큰 폭으로 증가하지 않는 것은 최대 환기를 유지하고 있기 때문인 것으로 판단되며, 계사 내 암모니아가스 농도는 출하직전에 최대 7ppm이 측정되어서 허용한계 25ppm(축산·특자, 2001)보다는 훨씬 낮은 것으로 나타났다. Elliott와 Collins(1982)는 계사 내 암모니아 농도에 영향을 주는 요인으로써 계분의 pH, 온도, 그리고 습도를 꼽았는데, 계사 내 낮은 암모니아 농도는 하절기동안 최대 환기량을 유지하였을 뿐만 아니라 높은 습도의 영향도 있었으리라 판단된다.

4. 계사내 닭높이에서의 공기유속 및 표면 온도

하절기동안에는 쿨링패드가 설치된 입기구를 이용하여 터널환기를 하기 때문에 계사내에 대체로 높은 공기유속을 유지할 수 있었다. 닭이 없을 때 계군위치에서의 최대 및 최저 유속은 각각 2.2m/s과 0.3m/s이었다. 최저 유속은 배기팬이 설치된 끝벽의 반대쪽에서 측정되었고, 양쪽 측벽 가까이보다는 중앙 쪽에서 더 높은 유속이 측정되었다. 처마 윗부분을 총 7군데에 차단막을 설치하여 유속을 높이고자 하였는데, 차단막과 차단막 사이의 공간은 평균 12m이었고, 계군에서 측정된 유속분포를 보면, 이들 커튼들이 계군에서의 기류에 상하로 영향을 주는 것으로 판단되었다. 닭이 있는 경우에 출하직전에 계군에서 측정된 최대 유속은 측정지점 B4(Fig 2)에서 1.7m/s가 측정되었다. 하절기동안 닭의 열적 스트레스를 줄이기 위하여 최대 3m/s까지 공기유속을 증가시킬 수 있는 환기구조 개발이 필요함을 알 수 있었다. 열화상카메라를 이용하여 측정한 계사 내 지붕의 표면온도는 최대 29℃가 발생하였으며, 계사 내 측벽의 표면온도는 단열이 떨어지기 때문에 더 높은 온도가 측정되었다. 시험기간 중 계사 내 바닥의 표면온도는 최저 29.7℃와 최고 34.5℃가 측정되었으며, 닭의 표면온도는 머리 등은 39~40℃이었고 몸통부분의 표면온도는 주로 34~35℃이었다. 그러나 이러한 계사내 표면온도 및 닭의 표면온도는 계사내 공기온도의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

적 요

국내 대형육계사의 최적 환기 구조 개발을 위한 주요환경요소의 적정성, 안정성, 균일성 등의 기초 자료가 매우 부족한 실정이어서, 강제 환기식 육계사에서 하절기동안 기상데이터

와 함께 육계사 내 주요환경변수를 시간별로 측정하였다. 이번 실험을 통하여 앞으로 시설 및 환기구조 개선을 통한 열적 스트레스 감소 등 닭 생산성을 더 높일 수 있는 여지가 많이 있다는 것을 알 수 있었다. 이 연구의 목적은 강제 환기식 육계사내의 주요 환경요소 및 환기효율성 등을 정확하게 이해하고, 현 시설 및 환기구조상의 문제점을 파악하고자 함이었다. 이 자료는 앞으로 공기유동분석 등 공학적 접근을 통한 시설 및 환기구조 개선연구를 위한 기초 자료로 활용될 계획이며, 실험결과는 다음과 같다.

1. 계사 내 평균온도는 적정온도와 최대 10.4℃ 차이가 발생하였고, 일별 낮과 밤 온도차는 최대 8.7℃가 발생하였다. 계사 내 0.4m 높이에서의 시간별 계사 내 온도의 균일성은 최대 3.7℃가 발생하였다. 하절기동안 최대 환기를 유지하기 때문에 계사의 폭별 및 높이별 최대 온도차는 각각 1.0℃ 미만으로 크게 발생하지 않았다.

2. 시험기간 중 계사 내 평균습도는 최고 94.7%, 평균 78.9%, 최저 46.3% 이었고, 지점별 측정된 최대 및 최소습도는 각각 99.9%와 44.7%이었다. 쿨링패드, 포그팬 등을 이용하여 온도가 상승하는 것을 방지할 수는 있었지만 이에 따른 습도조절이 매우 어려웠음을 알 수 있었다.

3. 시험기간 중 열량계수는 각각 최대 2,787, 평균 2,185, 그리고 최소 1,432이었고, 사육기간의 약 98% 이상이 더위에 대한 대책이 필요하거나 아주 위험한 상태로 나타났다.

4. 환기량을 최대로 유지하는 하절기 동안, 계군에서의 암모니아가스과 분진농도는 허용한계에 비하여 매우 낮았으며, 닭의 성장과 함께 꾸준히 증가하였다. 추후 측정범위가 더 크고 더욱 정교한 측정계를 사용하여야 할 것으로 판단된다.

5. 계사 중앙에 계군에서 측정된 공기유속은 최고 1.7m/s 이었고, 하절기동안 닭의 열적스트레스를 줄이기 위하여 계군에서의 공

기유속을 증가시킬 수 있는 환기구조 개발이 필요하다.

6. 계사 내 바닥의 표면온도는 최고 34.5℃와 최저 29.7℃로 측정되었고, 계사내 지붕의 표면온도는 최고 29℃가 측정되었다. 계사 내 표면온도 및 닭의 표면온도는 계사내 공기온도의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

인 용 문 헌

1. ASHRAE Handbook of Fundamentals. 2002. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers. Atlanta, Georgia.
2. Brown-Brandl, Beck, T. M., Schulte, D., Parkhurst, A. and DeShazer, J. 1997. Temperature humidity index for growing turkeys. Transactions of the ASAE, 40(1): 203-209.
3. Elliott, H. and Collins, N. 1982. Factors affecting ammonia release in broiler houses. Transactions of the ASAE, 25(2):413-418.
4. Seedorf, J., Hartung, J., Schroder, M., Linkert, K., Pedersen, S., Takai, H., Johnsen, J., Metez, J., Groot, P., Uenk, G., Phillips, V., Holden, M., Sneath, R., Short, J., White, R. and Wathes, C. 1998a. A survey of ventilation rates in livestock buildings in Northern Europe. Journal of Agricultural Engineering Research, 70:39-47.
5. Seedorf, J., Hartung, J., Schroder, M., Linkert, K., Pedersen, S., Takai, H., Johnsen, J., Metez, J., Groot, P., Uenk, G., Phillips, V., Holden, M., Sneath, R., Short, J., White, R. and Wathes, C. 1998b. Temperature and moisture conditions in livestock buildings in Northern Europe. Journal of Agricultural Engineering Research, 70:49-57.
6. Xin, H., DeShazer, J. and Beck, M. 1992. Responses of prefasted growing turkeys to acute heat exposure. Transactions of the ASAE, 35(1):315-318.
7. Xin, H., Berry, I., Tabler, G. and Costello, T. 2001. Heat and moisture production of poultry and their housing systems: broiler. Transactions of the ASAE, 44(6), 1851-1857.
8. Wathes C., Jones, C. and Webster, A. 1983. Ventilation, air hygiene and animal health. Veterinary Record, 113(24):554-559.
9. 박근식. 1995. 무창계사의 재조명-채란계 생리와 한국 기후조건에 알맞는 환경조정의 설정. 한국가금학회 Proceeding-채란양계산업의 시설자동화와 환경제어, 1-45.
10. 유재석. 2001. 국내 육계 무창계사의 운영상 문제점과 대책. 현대양계 2001(10): 124-131.
11. 이인복, 유병기, 정문성, 윤진하, 전종길, 김경원, 성시홍. 2003. 자연환기식 육계사 내의 환기효율성 조사연구 - (I)하절기. 축산시설환경학회지, 9(1):9-18.
12. 최희철, 서옥석, 이덕수, 한정대, 강보석, 이상진, 김상호. 1999. 육계의 계사형태와 시설수준이 사육환경과 생산성에 미치는 영향. 축산시설환경학회지, 5(2):87-92.
13. 축산·특작. 2001. 농촌진흥청, 발간등록번호 11-1390000-000948-10.
14. 황보중, 송준익, 조성백, 정광화, 이병석, 남병섭, 정찬성, 정일병. 2002. 실험무창육계사의 환경효율 분석. 동물자원지. 44(4):475-482.