

육계 사육시설의 적정 환기 시스템 설계 연구 : 종설

장 동 일

충남대학교 농업기계공학과

A Study on the Design of Optimal Ventilation Systems for Broiler Houses : A Review

D. I. Chang

Dept. of Agricultural Machinery Engineering, Chungnam National University
Daejeon, Korea 305-764

ABSTRACT

This is to provide basic information and technical data, supported by literature search, for use in designing and/or evaluating ventilation systems for broiler shelters. At first, the general design information including weather data, building requirements, ventilation requirements, and supplemental heating and cooling, was presented. Then, environment requirements for broilers, which are for temperature, humidity, air movement, radiant heat, were described and the optimal ventilation systems for broiler were developed.

(Key words: broiler environment, automatic control, ventilation system, poultry housing)

서 론

우리나라의 육계 계사형태는 95% 이상이 보온덮개형 간이 계사형태를 취하고 있는데 그 이유는 건축비가 저렴하고 불경기시 위험부담이 적으며 이동설치가 편리하고 까다로운 건축허가를 피할 수 있다는 장점들을 가지고 있기 때문인데 이러한 계사는 아울러 다음과 같은 몇가지의 문제점도 함께 내포하고 있다(이덕수, 1994).

(1) 보온덮개형 간이계사는 환경 및 관리자동화 시설을 설치하기가 어려워 육계의 품질고급화와 생산성 향상이 어렵다.

(2) 시설의 불합리로 인하여 5주령 이후에 육계의 폐사율이 급증하는데, 환기불량으로 후기 SDS(sudden death syndrome) 발생율이 높기 때문이다. 따라서 6주이상의 사육이 불가능하다.

(3) 후기 폐사율 증가로 조기 출하하므로써 생산비

부담이 커진다.

(4) 값싼 불량시설에 의한 투기대상 경영으로 유통체계가 불안하다.

(5) 육계농가의 시설개선에 대한 인식부족으로 개선이 어려운 실정이다.

상기의 문제점들을 검토해 볼 때, 우리나라의 육계산업의 정착과 국제경쟁력 강화를 위해서는 장기적으로 완전계사와 자동시설이 설비된 육계농장의 형성을 유도하여야 하며, 기존의 간이계사에 대하여는 일시에 시설개선이 어려운 현실을 감안하여 기본적으로 단열시설, 환기 시스템 개선, 방역프로그램 적용 등으로 생산성 향상에 주력할 필요가 있다. 이 중에서 특히 환기 시스템 개선은 육계산업의 가장 시급히 해결해야 할 과제로서 공감대를 형성하고 있다. 그러나 국내에서는 여기에 대한 기술축적이 형성되어 있지 않기 때문에 이 분야의 연구문헌을 비교분석하여 새로운 환기 시스템 설계기술을 제시할 필요성이 있다.

따라서 본 연구의 목적은 문헌연구를 통하여 육계

사육시설의 환기 시스템을 비교검토하여, 새로운 적정 환기 시스템의 설계기술을 개발하는데 있다.

여기서 대상으로 하는 환기 시스템은 다음 중에서 하나 또는 그 이상의 기능을 수행하는 공기 교환 시스템을 의미한다.

- 1) 육계 사육시설의 전 공간에, 외풍이 없이, 소요량의 신선한 공기를 공급한다. 외풍이란 차거운 기온하에서 공기의 속도가 0.15~0.3 m/s를 초과하는 것을 말한다.
- 2) 사육시설 내부의 온도를 적정한계 안에서 유지한다.
- 3) 사육시설 내부의 상대습도를 육계에 알맞는 적정 한계 안에서 유지한다.
- 4) 사육시설 내부의 암모니아 수준을 작업인력을 위하여 25 mg /m³ 이하로 유지한다. 이 기준은 미국 산업위생위원회에서 제정한 것인데, 1일에 작업자가 15분간씩 4회 이내에 내부에서 작업할 경우에 적용하는 것이며, 8시간동안 작업할 경우의 초기 상한선은 18 mg /m³ 이다

설계자료 및 정보

1. 기상자료

사육시설이 설치될 지역의 외기 설계온도가 선택되어야 한다. 동절기의 온도는 건물의 열손실, 단열요구 조건, 최소 연속환기율, 보조가열량을 정하는데 이용된다. 하절기의 온도는 최대 소요환기용량을 결정하는데 사용된다. 그러므로 우리나라 각 지역의 동절기의 설계온도와 하절기의 설계온도가 대한공조학회의 설계핸드북을 이용하여 결정되어야 한다.

2. 시설기준

열전달계수는 건축자재의 특성에 따라 결정되는데, 건축자재에 따른 열전달계수를 ASHRAE (미국공조학회)의 기초핸드북에서 인용하여 사용할 수 있다.

환기시설을 가진 무창계사는 대개 고수분 환경을 형성하게 된다. 이 때에 계사안의 포화수증기압의 변화도가 실제증기압의 변화도보다 높은 상태가 유지되는 한에 있어서는 수증기의 이동은 문제가 되지 않는다. 그러나 이 두 값이 일치되는 점의 부근에서 건물의 자

재에 수증기의 응축이 일어난다. 응축된 수증기는 중력이나 모세관 현상에 의하여 건물의 다른 부분으로 이동하게 된다. 그렇게 되면 응축된 수분은 건물의 자재를 부패하게 하고 단열재의 용량을 감소시킨다. 이런 상황은 구조물의 열손실을 증가시키고 환기에 의한 수분조절을 어렵게 만든다. 응축되는 수증기로부터 단열재를 건조하게 유지하기 위해서는 수증기 차단벽을 최대수증기압을 받는 단열부분의 더운 쪽에 설치하여야 한다. 그런데 이 수증기 차단벽은 수증기의 유동에 강력한 저항성을 가진 물질이다. 이 수증기 차단벽은 가능하면 이음매가 없이 설치해야 효과적이다.

3. 환기량

육계는 그들의 환경이 최적상태일 경우에 생산성이 최대가 된다. 그러므로 사육시설과 환경제어 시스템은 이와같은 조건을 달성할 수 있도록 조절되어야 한다. 환경제어의 설계는 다음의 방정식 (1)을 사용하여 열흐름을 분석함으로써 시작하여야 한다.

$$Q_S + Q_E + Q_{supp} = Q_M + Q_B + Q_V + Q_{stored} \quad (1)$$

where,

Q_S = 가축으로부터 감지할 수 있는 열손실율, J /s

Q_E = 시설(모터, 조명 등)에 의한 열발생율, J /s

Q_{supp} = 보조 열발생율, J /s

Q_M = 수분증발을 위한 소요열량, J /s

Q_B = 벽, 바닥, 천정을 통한 전도에 의한 열손실율, J /s

Q_V = 환기에 의한 열교환율, J /s

Q_{stored} = 콘크리트 바닥 등 건물자재에 의한 열 저장 /방출율, J /s

건물이 환기되면, 열이 가해지거나 제거된다. 이러한 열흐름율은 다음과 같이 표현된다.

$$Q_V = M c_p \Delta T \quad (2)$$

where,

M = 질량이동율, kg /s

c_p = 공기의 비열, 1005 J /kg · K(approx)

ΔT = 계사 내외의 온도차, K

모든 가축은 열과 수분을 배출하는데, Table 1은 육계의 이들에 대한 배출을 보여준다. 수분은 잠열상태의 수증기와 폐기물 안의 액체상태로 배출된다. 그런데 액체상태의 수분은 환기에 의하여 제거되기 위해서는 반드시 기화되어야 하며, 이 공정을 위하여는 다음과 같은 열이 공급되어야 한다.

$$Q_M = m N h_{fg} \quad (3)$$

where,

m = 환기공간내의 수분발생율, kg / s · animal

N = 가축의 수

h_{fg} = 물의 기화잠열, J / kg

수분을 제거하기 위한 건공기의 환기율은 다음의 식(4)에 의하여 계산된다.

$$M = \frac{m N}{W_i - W_o} \quad (4)$$

where,

M = 환기율, kg / s

W_i = 내부공기의 습도비율, kg water vapor / kg dry air

W_o = 외부공기의 습도비율, kg water vapor / kg dry air

가축으로부터 감지할 수 있는 열량, Q_s , 는 Table 1 으로부터 구할 수 있다. 전기적으로 발생하는 열량, Q_E , 은 일반적으로 적어서 무시될 수 있다. 보조열량, Q_{supp} , 은 주어진 공간에 대한 가열기의 용량으로부터 주어지던가 또는 환기율이 주어진 경우에는 식(1)로부터 구할 수 있다.

정적상태에서 건물의 벽, 바닥, 천정을 통하여 전도되는 열량은 다음의 식(5)를 이용하여 계산될 수 있다.

$$Q_B = U A T \quad (5)$$

where,

U = 총열전달계수, J / (m² · k · s)

A = U 와 T 를 적용하는 표면적, m²

T = 내부와 외부의 온도차, K

환기제어 시스템의 설계에 있어서 모든 출처의 열수지 계산과 감지열과 잠열의 손실을 계산하는 것은 절대로 필요한 첫번째 단계이다. 열의 제거를 위하여 소요되는 건공기의 환기율은 다음의 식(6)에 의하여 계산된다.

$$M = \frac{Q_s + Q_E + Q_{supp} - Q_M - Q_B - Q_{stored}}{c_p T}$$

수분의 환기율은 내부공기와 외부공기의 습도차에 비례한다. 그리고 내부공기의 습도량은 온도와 상대습도에 의해 결정된다. 사육시설의 내부의 설계상대습도는 육계의 사육을 위한 적정 수준을 유지하여야 하며, 낮은 상대습도를 유지하기 위하여 과도한 보조열이 소요될 경우에는 6~12시간 동안 이내에서 조금 높은 상대습도도 허용된다.

환기는 건물의 내부와 외부간의 정압의 차이 때문에 일어난다. 만약 환기송풍기가 공기의 입구를 통하여 건물안으로 공기를 불어 넣는다면 건물내의 정압이 외부보다 크며 이것은 통상 양압 시스템이라고 불린다. 만약 송풍기가 건축물로부터 공기를 제거하면, 건물안의 정압은 외부보다 적어질 것이며, 공기의 입구를 통하여 공기가 안으로 들어올 것이다. 이 시스템은 음압 시스템이라 불린다. 이들은 각각 언제 사용되어야 할지 결정할 때 반드시 고려되어야 할 특성들을 지니고 있다.

양압 시스템의 특성을 살펴보면, 이것은 건물안의 압력이 설계된 출구나 벽이나 천정의 유출구를 통하여 습한 공기를 배출한다. 만약 공기가 습할 경우에 동절기에는 수분이 벽이나 천정에 응축될 수가 있으며, 이것은 건축물을 부패시키거나 단열의 효과를 반감시킬 수 있다. 양압 시스템은 공기를 건물에 불어넣기 때문에, 환기를 위한 공기중의 공해물질과 병원균들이 건물안에 들어가는 것을 방지하기 위하여 여과를 거쳐야 한다면 이 시스템의 적용이 매우 적합하다. 이것은 송

Table 1. Moisture production(MP), sensible heat loss(SHL) and total heat loss(THL) of poultry based on calorimetric and housing systems studies

Poultry	Building temperature ℃	MP	SHL	THL	Reference
		$\frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{kg} \cdot \text{h}}$	$\frac{\text{W}}{\text{kg}}$	$\frac{\text{W}}{\text{kg}}$	
Broilers					
0.1 kg	29	4	12	14	(Longhouse et al., 1968)
0.7 kg	25	3	7	9	
1.1 kg	19	2	7	9	
1.6 kg	19	2	6	7	
2.0 kg	19	1.5	5	6	
Broilers					
0.1 kg	29	22.0	4.5	19.5	(Reece and Lott, 1982)
0.4 kg	24	12.5	6.5	15.0	
0.7 kg	16	10.5	6.0	13.0	
	27	10.5	3.0	10.0	
1.0 kg	16	8.0	5.0	10.5	
	27	9.5	3.0	9.5	
1.5 kg	16	7.5	4.5	9.5	
	27	9.0	3.0	9.0	
2.0 kg	27	9.0	3.0	9.0	
	16	6.5	4.0	8.5	

풍기의 모터에 의하여 사용되는 에너지의 20~30%가 열로서 방출되어 건물안에 더해지기 때문에 동절기에는 장점인 반면에 하절기에는 단점이 된다.

음압 시스템은 환기송풍기가 공기의 배출구에 위치해 있기 때문에 송풍기가 먼지, 암모니아, 그밖의 부식성 개스와 높은 습도에 노출되어 있다. 그러므로 약간의 먼지가 송풍기의 날개위에 쌓이는 것을 피할 수 없으므로 감소되는 송풍기의 효율을 위하여 여유가 주어져야 한다. 송풍기의 모터는 완전폐쇄형이어야 하며 과열방지를 위하여 정기적으로 청소되어야 한다. 음압 시스템은 벽에 설치한 단순한 창문과 틈새만 가지고도 건물안의 공기를 분배하고 제어할 수 있기 때문에 공기 분배 시스템은 비교적 단순하며 경제적이다. 그러나 이 시스템은 낮은 송풍량에서는 공기의 누출과 풍압력의 영향 때문에 양호하고 균일한 공기의 분배를 제공할 수 없다는 단점을 가지고 있다.

배출 시스템에서는 건축물 안의 압력을 외부압력 보

다 감소시킴으로 창문이 있기만하면 신선한 공기의 유입이 발생함으로 환기가 수행되고 있다. 환기를 위한 건물의 벽면간의 압력차의 범위는 5~30 Pa 이다. 신선한 공기의 분배는 창문의 위치와 수와 단면적에 의하여 영향을 받는다. 이상적으로 말하면 사육시설 안으로 들어가는 신선한 공기의 양은 그 시설 안에 있는 육계에 의하여 발생하는 열과 수분의 양에 따라야 한다. 만족한 상태의 공기분배는 공기 유입구의 위치와 유입구의 단면적을 변화시킴으로 얻을 수 있다. 공기 유입구의 자동화 개폐장치가 계사의 내외부 압력차에 의하여 유입구의 열림량을 조절하도록 개발되었다. 이 장치는 공기 유입구의 차폐장치를 조절하므로 계사내의 신선한 공기의 분배를 더욱 효과적으로 제어하고 있다. 다른 방법으로는 구멍이 뚫린 비닐제 공기분배판이나 강관에 송풍기를 연결하여 가열, 순환, 환기를 조합하여 실시할 수 있는 시스템을 들 수 있다.

그런데 건물안의 공기 교환율은 환기용량에 달렸다.

하지만 건물안의 균일한 공기의 분배는 주로 공기 유입구의 위치와 크기에 좌우된다. 이와같이 환기에 있어서 중요한 기능을 발휘하는 유입구의 위치와 크기는 Figure 1과 같다. Figure 1의 그림 (a), (b), (c)의 송풍량은 다음식에 의하여 계산된다(Albright, 1976, 1978, 1979).

For case (a):

$$Q = 0.0011 W^{0.98} P^{0.49} \quad (7)$$

For case (b):

$$Q = 0.00071 W^{0.98} P^{0.49} \quad (8)$$

For case (c):

$$Q = 0.0065 W^{0.98} P^{0.49} \cdot (D/T)^{0.08} \exp[-0.867 W/T] \quad (9)$$

단, 여기서 공기는 중앙천정통새 유입시스템 [Figure 1(c)]의 양측으로 들어간다. 그러므로 이 경우에는 환풍량을 Q에 2배를 하여 구한다.

where,

Q = 환풍량, m³/s

W = 틈새폭, mm

P = 유입구 내외의 압력차, Pa

D = 차폐장치의 폭, mm

T = 천정 열림 폭, mm

환기 시스템의 특성을 현실적으로 나타내기 위하여 유입구를 통한 환기량에 작은 틈새들로 침투하는 공기량을 반드시 더해줘야 한다. 이 공기의 침투율은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

빈틈없는 구조물:

$$I = 0.017 P^{0.67} \quad (10)$$

매우 빈틈없는 구조물:

$$I = 0.006 P^{0.67} \quad (11)$$

그러하여 육계의 사육시설의 환기량을 조절할 수 있는 방법이 필요하게 되는데, 다양한 기후조건과 가축

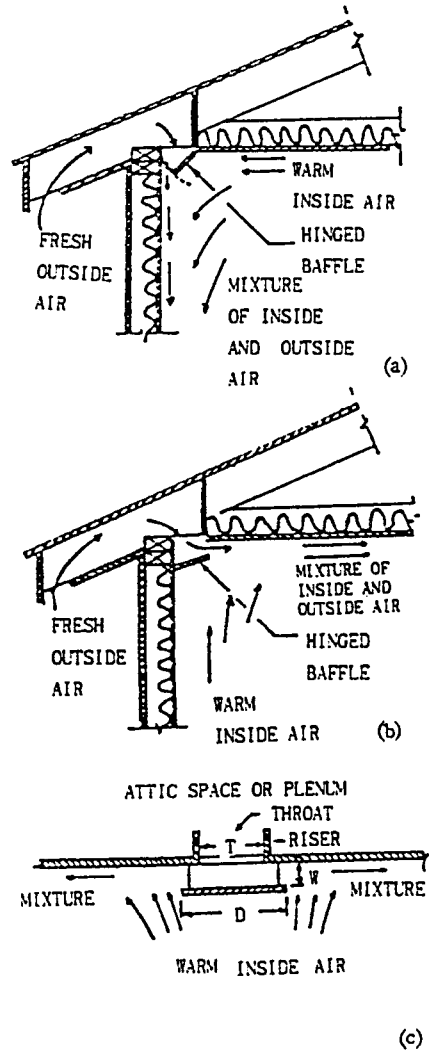


Figure 1. Examples of slotted inlet configurations.

의 수와 크기가 다양함을 수용하기 위하여 건물내의 온도와 습도를 제어할 수 있도록 환기율을 조절할 수 있는 방법이 반드시 제공되어야 한다. 이를 위하여 환기율을 변화시킬 수 있는 다음과 같은 방법들이 단독으로 또는 조합으로 사용되어 진다.

1) 가변속도(Variable-speed) 송풍기

높은 슬립 운전을 위해 설계된 특별한 영구 분상기 동형 콘덴서(permanent split-capacitor) 모터는 송

풍기의 속도를 조절하여 최대 송풍량의 10%까지 송풍량을 무리없이 낮출 수가 있다. 속도의 조절은 가변변압기나 또는 반도체를 이용한 제어(수동 또는 온도조절장치에 의한)에 의하여, 모터에 공급되는 RMS 전압을 변화시켜 얻게 된다. 모터는 송풍기에 직접 연결되어야 하는데, 왜냐하면 낮은 속도에서는 벨트로 송풍기를 작동하기 위한 충분한 토크를 낼 수 없기 때문이다.

2) 다중속도(Multi-speed) 송풍기

373W(1/2 hp) 또는 그 이상의 크기의 송풍기는 두가지의 환기율을 제공할 수 있는 이중 속도의 모터를 장착할 수 있다. 이 때 낮은 환기율은 최대 환기율의 60% 정도이다. 소형의 직접 구동 송풍기에는 5단 속도까지의 영구 분상기동형 콘덴서(permanent split-capacitor) 모터를 장착할 수 있다.

3) 송풍기의 단속적(Intermittent) 운전

최소 환기율은 환기 시스템에 소요되는 최대 환기율을 공급할 수 있는 송풍기를 단속적으로 운전하여 공급될 수 있다. 이 때 단속적 운전은 백분율 타이머로 제어할 수 있는데, 대표적으로 10분 간격으로 운전되도록 제어하던가, 또는 온도계를 이용하고, 이들을 조합하여 사용하기도 한다. 그런데 단속적 운전에는 온도의 層化, 악취, 박테리아의 생성 등이 문제가 되고 특히 동절기에는 심하다. 송풍기의 크기는 적어도 계속 운전시간의 50%는 운전되도록 해야 한다.

배출 송풍기와 온도조절장치의 위치는 다음과 같이 설계되는 것이 요구된다. 배출 송풍기는 사육시설 주변의 주된 풍향에 역행하지 않도록 위치되어야 한다. 만약 건물의 구조나 다른 요인에 의하여 불가피하게 바람 방향에 역행하여 송풍기를 설치하여야 한다면 적어도 30 Pa의 정압을 극복하며, 비교적 직선적 동력 커브를 가지고 있으며, 필요한 송풍량을 공급할 수 있는 송풍기를 선택하는 것은 매우 중요하다. 방풍장치 없이 송풍기는 14 m/s의 풍속을 극복할 수 있는 송풍기를 장치하여야 하는데, 이것은 모터가 과부하 없이 견딜 수 있는 100 Pa의 정압과 같은 압력이다. 이와같은 목적에는 원심송풍기가 적합하다. 이러한 송풍기는 비용과 비부식성 재료의 부족으로 인하여, 풍해방지

방풍장치는 필수적이다. 그리고 송풍기의 성능이 31 Pa 정도의 정압에서 송풍량이 비교적 일정한가 하는 성능시험을 실시해 봄이 좋다.

온도조절장치는 육계가 감지하는 온도를 대표할 수 있는 위치의 온도를 계측할 수 있는 곳에 설치되어야 한다. 그러나 이것은 물리적 파손을 입을 만한 위치는 피하여 설치되어야 하는데, 육계, 배수관, 조명, 가열기의 배출구, 벽 외부 등 육계의 활동에 영향을 줄 만큼 가까이 설치해서는 않된다. 천정 부근의 온도는 육계가 위치한 바닥 근처의 온도보다 다소 높기 때문에, 온도조절장치는 육계 근처의 온도를 계측하여 이것을 기준으로 적절히 조정되어야 한다. 권장되는 온도조절장치의 위치는 송풍기의 배출구 근처가 된다.

송풍기의 전기적 배선을 설계할 때는 국립표준을 따라야 하며, 전기계통의 이상이 발생하는 비상시에는 경보를 발할 수 있도록 설계하여야 한다. 왜냐하면, 육계의 사육이 무창계사에서나 또는 비교적 높은 밀도로 이루어진다면 환기 시스템의 실패는 사육시설 내부의 고온에 따른 육계의 치사를 뜻하기 때문이다. 그러므로 이를 위해 무정전 자동발전기도 고려되어야 한다. 비상 경보장치에는 여러 종류가 있는데, 그중에서 자동 다일얼링 시스템은 비교적 가격도 저렴하며 기능이 효과적이다.

육계 사육시설의 환기 시스템에는 공기전염성 질병 방지를 위해 유입되는 공기를 필터로 걸러야 하며, 계사안에 양압을 유지하여야 한다. 필터의 설치에 대하여는 미국공조학회의 설계지침을 따를 것이 권장된다.

4. 가열 및 냉각의 보조장치

또한 환기 시스템 설계시에는 동시에 보조 가열 및 냉각 시스템을 설계하여야 하는데, 이를 위한 여러가지 방법이 있으므로 경제적인 방법을 택하도록 하여야 한다.

환기 시스템의 설계

1. 육계 사육시설의 구조

육계의 사육시설은 일반적으로 잘 단열이 되어있으며, 완전히 밀폐된 구조물이다. 어떤 것은 측면에 커튼을 친 것도 있다. 이러한 사육시설은 보조 가열기와 환

기장치를 사용하여 내부 환경의 변경을 허용한다. 때로는 보조기화냉각이 사용된다. 환기는 기계적인 환기 시스템이나 공기교환 송풍기를 이용한 자연환기 시스템에 의하여 이루어진다. 통상적인 환기방법으로는 병아리 사육에 또는 차가운 기후에는 제어되는 기계적 환기가 사용되고, 고환기율이 필요한 따뜻한 기후에는 커튼 환기가 사용된다. 이러한 형태의 시스템은 최근에는 플렉스 계사(flex housing) 라고 부른다 (Timmons and Baughman, 1983). 밀폐된 계사나 반투명 커튼 벽 계사안에는 조명 프로그램이 설계되어야 한다. 요즈음의 육계의 성장속도는 몇년전보다 상당히 빠른 편이다. 최근에 육계는 7주령(1.8kg 정도)에 출하한다. 10년전만 해도 육계가 출하 중량에 도달하기 위해서는 8주가 소요되었다. Figure 2는 육계의 대표적인 성장속도를 1967년도 성과와 1978년도 성적을 비교하여 보여준다.

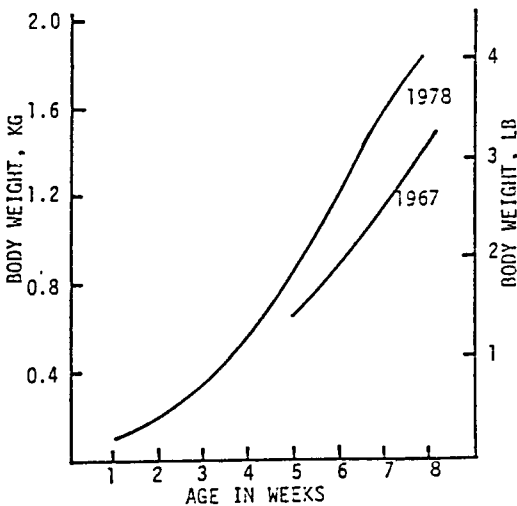


Figure 2. Comparison of typical growth rates of broilers in 1967 and 1978.

2. 육계의 환경조건

여기서 다루는 요구조건은 4주령 이상의 성장 및 마무리 기간을 포함한다. 이 조건들은 직접적인 환경이 육계생산의 경제성의 효율에 어떠한 영향을 미치는가를 보여주는 최근의 지식을 반영하는 것이다. 여기에서 제시하는 대부분의 자료는 바닥에서 기르는 육계에

적용하는 것으로서, 케이지나 가두리에서 기르는 육계에 적용하기 위해서는 약간의 수정이 필요할 것이다. 주어진 자료중에서 성별 구분이 없는 경우에는 7주령에 수탉의 평균 체중이 암탉의 약 1.3배이고, 같은 환경조건이면 수탉의 성장속도가 암탉보다 조금 높은 경향이 있다는 점에 유의할 필요가 있다.

Figure 3은 환경의 온도가 사료의 효율, 암수 혼합 사육시에 감지열과 잠열의 발생에 미치는 영향을 보여준다. 주변온도가 7℃에서 15℃까지 증가할 때 사료효율은 거의 직선적으로 증가한다. 백분율 증가율은 육계사육 방법에 따라 조금씩 다른데, 때를 지어 사는 바닥사육 방법은 저온영향을 감소시키고 (0.42%/℃), 케이지 안에 사육할 경우에는 1.0%/℃이다 (Prince, 1961). 주간 온도가 35℃ 이상일 경우에는 성장율은 감소하고 사망율은 증가하며 (Griffin and Vardaman, 1970), 10℃ 이하일 경우에는 성장율이 감소하기 시작한다.

상대습도의 영향을 살펴보면, 사육초기인 처음 2~3주 동안에는 병아리는 60% 이상의 상대습도를 필요로 한다. 그러나, 성장후기 동안에는 건구온도가 29℃ 이하일 때 판매용 육계의 성장은 30~80%의 상대습도에 의해 거의 영향을 받지 않는다 (Figure 4). 7주령의 육계는 건구온도가 29℃ 이상일 때 27.5℃ 이상의 습구온도에 의하여 심한 열 스트레스를 받는다. 계사바닥 위의 육계사육 밀도가 마리당 0.07~0.093m²일 때, 상대습도가 80% 이상으로 유지되면 계사는 과습하게 되고, 상대습도가 40% 미만으로 유지되면 과건하게 되어 먼지발생이 증가된다. 마리당 0.05 m²일 때는 상대습도에 관계없이 계사를 만족한 상태로 유지하기가 어렵다.

환기의 송풍속도는 육계의 성장에 따라 조절되어야 하는데, 육계의 주령이 2주 미만일 때에는, 육계의 활동 높이에 가해지는 송풍속도는 0.3 m/s 이상이 되는 것은 바람직하지 않다. 그러나 일간 온도변화가 21℃에서 36℃까지 변화할 때, 송풍속도가 0.2 m/s에서 2.5 m/s로 증가되면 1.4 kg의 중량을 가진 육계의 증체와 음수효율이 향상되는 것으로 나타났다. 그리고 육계의 체온인 40.6℃보다 낮은 환경온도에 노출된 8주령의 육계에 이와 유사한 송풍속도를 적용하면 열 스트레스를 완화할 수 있다. 그러나 주변온도가 체온

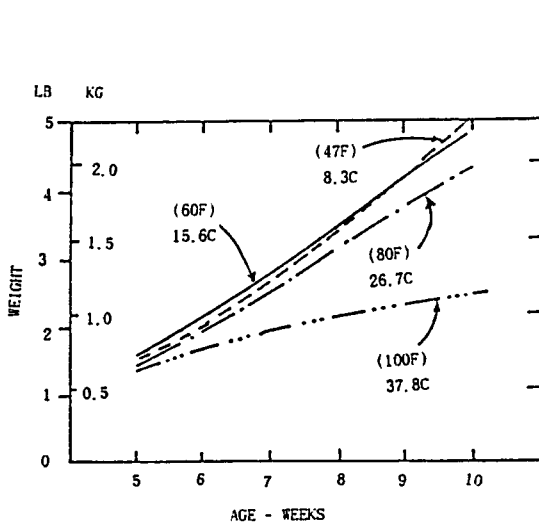


Figure 3. Effect of air temperature on body weight of male broilers. Relative humidity 60% at all temperatures except 80% at 8.3°C (ASAE, 1992).

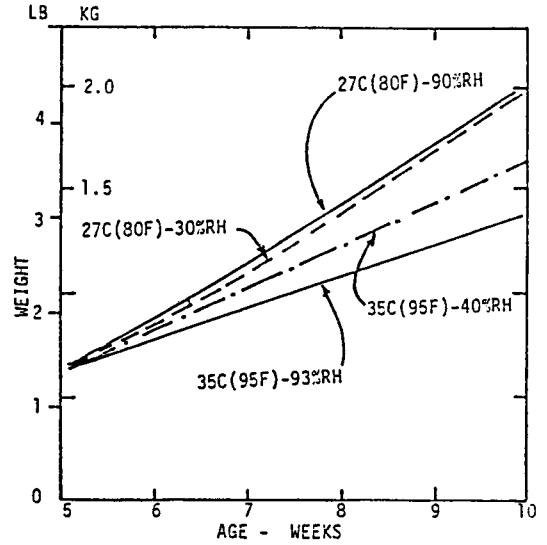


Figure 4. Effect of temperature and humidity on male broiler weight (ASAE, 1992). Constant low (30~40%) or high (80~90%) relative humidity has little effect on performance if air temperature is below 29°C.

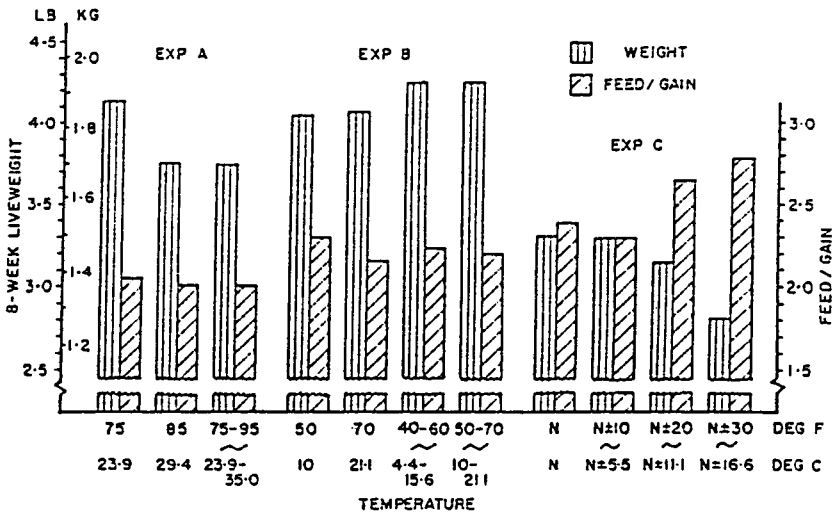


Figure 5. Constant and cyclic temperature effects on growth and feed conversion of male broiler chickens (ASAE, 1992).

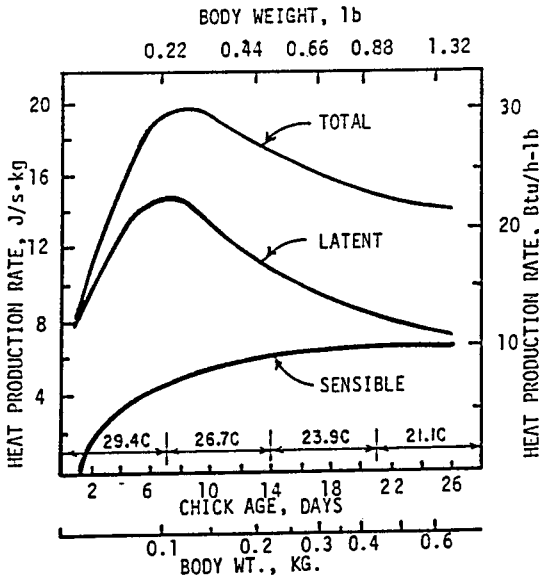


Figure 6. Sensible, latent and total heat production rates for broiler chicken during brooding on litter (Reece and Lott, 1982).

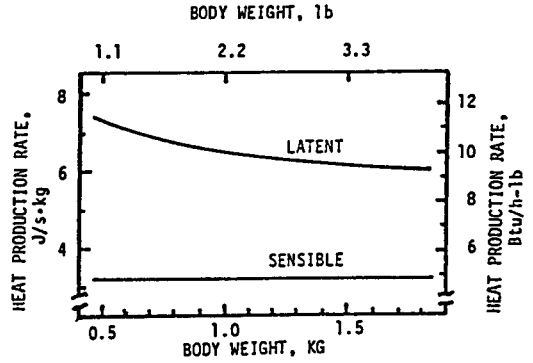


Figure 8. Sensible and latent heat production rate for broiler chickens grown at 26.7°C on litter (Reece and Lott, 1982).

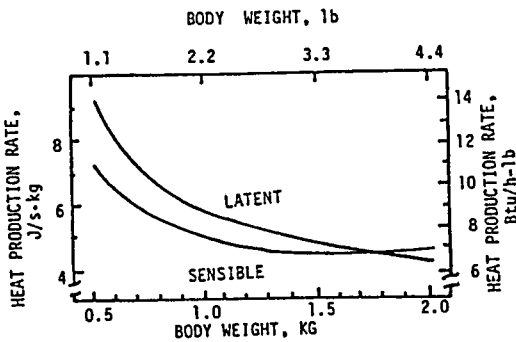


Figure 7. Sensible and latent heat production rates for broiler chickens grown at 15.6°C on litter (Reece and Lott, 1982).

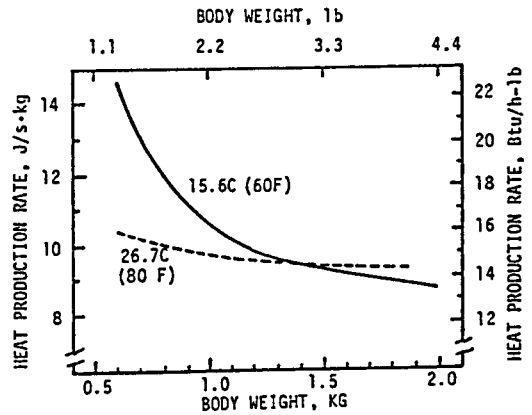


Figure 9. Comparison of total heat production rate of broiler chickens grown at 15.6°C and 26.7°C on litter (Reece and Lott, 1982).

보다 높을 때에는 송풍속도를 증가함은 오히려 열 스트레스를 악화시키는 결과를 초래한다.

복사열의 영향을 분석해 보면, 주변의 온도가 차가울 때에는 복사열이 육계에 도움이 되지만, 덥거나 습도가 높은 기후에서는 단열되지 않은 지붕으로부터의

복사열은 성숙한 육계의 사망율을 증가시킬 수 있다. 육계와 잘 단열처리 된 계사의 내부면과의 복사열의 교환은 대부분 별 영향을 미치지 않는다.

3. 열과 수분의 발생

육계용 병아리의 감지 열과 잠열과 총발생열량인 Figure 6, 7, 8, 9에 보여진다. 이 때의 사육조건은 대표적인 부분사육 밀도의 바닥사육이다. 계사 바닥에

의한 열과 수분의 흡수와 방출의 영향은 상기의 Figure들 안의 결과에 포함되어 있으며, Table 1에 제시되어 있다.

4. 동절기 환기조건

계사의 외부의 일간 평균 노점온도가 3℃를 넘지 않을 때에 사육초기의 1~10일 나이의 병아리에게는 수분을 제거하고 신선한 공기를 제공하기 위한 환기율로서 0.18 m³/h가 적당하다. 높은 노점온도와 10일 이상의 나이를 가진 병아리에게는 필요한 환기율은 감지열과 잠열의 평형을 기준하여 정한다.

5. 하절기 환기조건

육계의 계사형태에는 개방계사, 커튼벽 계사, 또는 무창계사가 있다. 그러므로 환기조건은 계사의 형태에 따라서 결정되어야 한다. 개방계사의 환기조건은 닭이 공기의 흐름을 느낄 수 있고, 공기온도의 1℃ 이내로 계사의 온도를 유지할 수 있는 자연환기 방법에 의존한다. 계사안에 배치되어 있는 공기교반 송풍기를 사용하는 것이 공기교반을 위한 가장 효과적인 방법인데, 대략 1.8 m³/h · kg 교반할 수 있다. 외부의 극심한 공기온도에 대해서는 기화냉각방법을 이용하도록 설계함이 바람직하다. 무창계사에는 환기율을 방정식 (1)~(6)에 의하여 정하고, 계사 내외의 온도차가 2~4℃가 되도록 설계한다. 계사 형태에 관계없이 환기는 계사안에서 발생하는 잠열을 가장 신속히 제거하기에 알맞도록 설계되어야 한다. 육계에 의한 열과 수분의 발생량은 Table 1에 제시되어 있다.

6. 하절기 냉각보조장치

계사 외부의 건구온도가 35℃를 넘으며 노점온도가 20℃를 넘는 불볕 더위가 한창인 동안에는 환기율을 높이는 것만으로는 7주령의 육계의 열병을 방지할 수 없으며, 어떤 형태이든 보조냉각이 필요하다. 육계에 분무노즐에 의한 주기적인 살수가 열에 의한 육계의 사망율을 감소시킬 수 있는 경제적인 방법이 된다. 그리고 하절기에 수없이 발생할 수 있는 비교적 가벼운 열 스트레스를 완화하기 위한 주기적인 보조냉각의 사용을 고려해야 한다. 만약 사용된다면, 기화냉각기는 계사내의 온도가 1~2℃이상 상승하지 않도록 충분한

환기장치와 함께 설계되어야 한다. 기존의 가정용 냉각기를 사용할 경우에는 냉각패드를 통과하는 대표적인 공기의 외관속도는 1.0m/s를 넘지 않도록 하여야 하며, 패드와 송풍기를 조합한 진동냉각기(Aspen pad-and-fan cooler)의 경우에는 0.8m/s가 넘지 않도록 해야 한다. 최근에 상품으로 나와있는 다른 새로운 패드 재료를 사용하여 냉각시스템을 설계하기 위해서는 제작회사부터 작동특성 자료를 구하여 이용하여야 한다.

적 요

본 연구는 문헌연구를 통하여 육계 사육시설의 환기 시스템을 비교검토하여, 새로운 적정 환기 시스템 설계기술을 개발할 목적으로 수행되었다. 그리하여 본 연구에서는 다음과 같은 환기시스템 설계기술을 개발하였다.

- 1) 환기시스템 설계에 필요한 설계자료 및 정보로서 기상자료와 시설기준을 제시하고, 환기량을 설계할 수 있는 수학적 모델을 제안하였다.
- 2) 환기 시스템 설계의 기초자료로서 육계의 수분발생량, 감지열손실량과 총열손실량 자료를 제시하였다.
- 3) 계사의 환기장치 구조를 제안하고 구조별로 환기량을 계산할 수 있는 수학적 모형을 개발하였다.
- 4) 육계 사육시설의 구조와 환경조건이 육계의 생산효율에 미치는 영향을 분석하였다.
- 5) 하절기와 동절기의 환기조건을 분석하고 그에 따른 환기 시스템 설계방법을 제안하였다.
(색인: 육계환경, 자동조절, 환기 시스템, 계사)

인용문헌

- Albright LD 1976 Airflow through hinged baffled slotted inlets. Transactions of the ASAE 19(4): 728.
- Albright LD 1978 Airflow through baffled, center-ceiling, slotted inlets. Transactions of the ASAE 21(5): 944.
- Albright LD 1979 Designing slotted inlet venti-

- lation by the system characteristic technique. Transactions of the ASAE 22(1): 158.
- ASAE 1992 Design of ventilation systems for poultry and livestock shelters. ASAE Engineering Practice: ASAE EP270. 5, American Society of Agricultural Engineers.
- Griffin JG, Vardaman TH 1970 Summer ventilation rate: environmental conditions and broiler response in windowless housing in the south. ASAE paper 70-411, ASAE, St. Joseph, MI.
- Longhouse AD, Ota H, Emerson RE, Heishman JO 1968 Heat and moisture design data for broiler houses. Transactions of the ASAE 11(5): 694.
- Prince RP 1961 Effect of temperature and ventilation rate on the performance of chickens inoculated with infectious bronchitis virus. ASAE Paper 67-322, ASAE, St. Joseph, MI.
- Reece FN, Lott BD 1982 Mathematical model of broiler houses. Livestock Environment II (Proceedings 2nd International Livestock Environment Symposium): 193.
- Timmons MB, Baughman GR 1983 Operational characteristics of overhead fans. ASAE Paper 83-4512, ASAE, St. Joseph, MI.
- 이덕수 1994 육계의 사육시설 및 환경. 춘계심포지움 국제수준의 육계생산전략 한국가금학회 서울.