

실험 무창육계사의 환경효율 분석

황보 중 · 송준익 · 조성백 · 정광화 · 이병석 · 남병섭 · 정찬성 · 정일병
농촌진흥청 축산기술연구소

Environmental Efficiency Analysis of an Enclosed Experimental Broiler House

J. Hwangbo, J. I. Song, S. B. Cho, K. H. Chung, B. S. Lee, B. S. Nam, C. S. Chung
and I. B. Chung

National Livestock Research Institute, R.D.A.

ABSTRACT

The experiment was conducted to evaluate a ventilation system, which was devised to encourage farmers to use the enclosed poultry housing system.

The study was observed in the National Livestock Research Institute from May 9 to May 30 in 2002.

The main results of the experiment are as follows :

1. Although the outside temperature of the enclosed poultry house was 9.6~21.2°C with 11.6°C variation, the house with an excellent heat insulation was maintained at 32~33°C in a variation of 2°C which is within the range of the optimal temperature for broiler, being aided with two small electric heaters.
2. The average of air flow rates of the upper, middle and low parts of the room in the broiler house were detected at 0.57, 0.22 and 0.04 m/sec, respectively. The air flow in the whole room was distributed uniformly by a perforated duct.

In conclusion, heat and humidity could be controlled without any problem in this enclosed housing system. Especially, air flow in all parts of the room was detected in uniform rates, resulting in the better ventilation performance with air inhalation through the duct and air exhaust through the side walls of the house.

(Key words : Enclosed broiler house, Ventilation system, Broiler, Perforated duct)

I. 서 론

우리나라는 80년대까지는 개방계사에서 노동 집약적 사양관리 방식으로 사육했으며, 90년대 접어들면서 가축관리 노동력 부족을 메우기 위하여 본격적으로 무창계사라는 개념을 도입하게 되었다. 이 때부터 환경제어 시설 및 축산

자동화로 인하여 사육규모의 확대화를 이루어 왔다. 그러나 힘든 일, 더러운 일, 위험한 일을 하지 않으려는 3D 현상과 효율적 작업이 어려운 양계기계의 낙후 및 자동화 시설에 대한 효과 분석이 없어 열악한 사육환경에서 사육하고 있다(축산기술연구소, 1999).

물론 외국에서도 위의 여러 가지 문제점을

Corresponding author : J. Hwangbo, National Livestock Research Institute, Omokchun-dong, Suwon, 441-350, Korea. E-mail : kohb@rda.go.kr

해결하고자 축산업의 자동화가 불가피한 실정
으로(Goodband 등, 1993 ; Esmay, 1978) 축산시
설의 자동화와 기계화가 많은 부분에서 이루어
지고 있다. 외국에서 일반육계사의 환기시스템
은 대부분 터널환기 위주로 사육하여 왔으나
현재는 터널환기 방식에서 입기보완을 한 덴마크
의 SCOV사 등을 비롯하여 입기를 균일하게
유지시켜 줄 수 있는 방법으로 보완한 환기시
스템으로 발전하고 있다. 닭은 특히 온도, 습
도, 환기, 사육밀도, 안정감 및 병균의 침입 등
의 환경 요소에 대한 최적 환경관리가 되지 않
을 경우 성장이 크게 둔화되는 경우가 있다(오
등, 1998). 그러나 우리나라의 양계에 대한 육
계 사육시설의 설계 연구 소개 정도(장, 1994)
가 있으며, 우리나라 계사 시설 형태와 시설
수준과의 관계에 관련된 연구조사는 최 등
(1999)에 의한 것이 유일한 실정이다. 따라서
본 연구는 무창계사의 환기시스템에 대한 효율
분석이 전무한 실정에서 계사의 내부환경을 외
부와 완전히 차단하여 각종 질병 요인으로부터
계사의 내부환경을 보호할 수 있는 무창계사를
건축하였다. 계사의 환경요인은 열환경 즉, 온
도, 습도, 공기속도, 가스 등 여러 가지 요인으
로 구분할 수 있으나, 가장 중요한 환경요인인
온도, 습도, 공기속도를 분석하여 환경효율을
검증하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험장소

본 실험은 축산기술연구소내 종합실험축사의
신축 무창육계사에서 실시하였다.

2. 실험설계

본 실험의 환기시스템은 덕트천공입기 → 측
벽배기 시스템을 시설하여 환경효율을 분석하
고자 하였으며, 무창계사의 환기는 Fig. 1, 2와
같이 계사복도에서 상부지점(2.4 m)에서 지름
200 mm의 플라스틱 덕트를 계사내부로 연결하
였으며, 계사내 덕트의 구멍은 5 cm로 천공하
였다. 환기는 팬을 이용한 음압방식의 강제환
기 방식으로 지름 35 cm(풍량 103 m³/min)의
배기팬으로 환기를 실시하였다. 무창계사의 배
기팬은 다단계로 유량을 조절할 수 있는 제어
기에 의하여 여름철 최대환기 95% 수준과 겨
울철 최소환기 5% 수준으로 자동조절되는 조
절기를 부착하였다.

Fig. 1, 2와 같이 본 실험에 공시된 무창계사
는 지붕 75 mm, 천장 50 mm, 측벽 75 mm로
단열을 하였고, 계사의 크기는 3 m (W) × 5 m
(L)로서, 계사의 높이는 3 m(H)이며, 계사내 복
도는 1.1 m 었으며, 케이지는 계사의 중앙의

Fig. 1. Inlet holes on both sides of the
corridor of the enclosed poultry
house.

Table 1. Experimental design of the ventilation systems in the enclosed poultry house

Ventilation system	Ventilation type	Inlet	Indoor	Exhaust
EPH ¹⁾	Negative pressure	Circular duct	Perforated holes	Exhaust fan in exiting wall

¹⁾ EPH : Enclosed poultry house.

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

복도를 중심으로 좌우에 2열 4단 케이지에 배치하였다. 또한 점열기는 상부에서 하부까지 이동이 가능하도록 설치를 하였다.

3. 실험동물 사육 및 관리

본 실험에 공시된 닭은 Avian 품종으로 생후 1 일령, 평균체중 49.0 g 병아리를 케이지 2열 4단에 500수를 배치하였고, 실험 병아리 사료는 자체제작 시험사료를 무제한 급여하였다. 급수는 급이기에 니플을 설치하여 자유롭게 음수토록 하였으며, 분뇨는 벨트식으로 처리하였다. 초기 병아리 적정온도(32~35℃) 유지를 위하여 계사내 온도조절이 가능한 열풍기를 바닥에 설치하여 보온을 해 주었으며, 습도(60~80%) 유지를 위하여 가습기를 사용하였고, 기타 사양관리는 당 연구소 관행에 준하여 실시하였다.

4. 조사방법

각종 측정에 사용된 기구의 모델 및 사양은 Table 2와 같다.

5. 측정지점

측정지점은 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 온도센서(Thermocouple T-type)를 각각 외부와 계사내 전면, 중앙, 후면지점에서 외부온도에 대한 계사내부 온도변화를 측정하였다(Fig. 3). 또한 데이터는 데이터 기록계(N.I. PXI)로 각 지점의 온도를 자동적으로 기록하였으며, Fig. 4는 무창계사의 내부전경을 나타낸 것이다.

Table 2. Specifications of measurement instrument

Environmental factors	Model	Specification
Temperature	N. I. PXI ¹⁾	64 channels
Air speed	Knomax 6112	0~30 m/sec
Ventilation fan	SLF ²⁾ Φ350	103 m ³ /min

¹⁾ : N. I. PXI : National instrument company extensions for instrumentation.

²⁾ : SLF : Sungill fan.

였다.

$$Q_{total} = Q_v + Q_b \dots\dots\dots (1)$$

여기서,

- Q_{total} : 계사의 냉방 및 난방 부하
- Q_v : 환기 열교환율
- Q_b : 건물, 벽, 천장, 출입문, 창문 등을 통한 열손실

$$Q_b = (Q_{roof} + Q_{hw} + Q_{uw} + Q_{win} + Q_{vent} + Q_{bird})$$

- Q_{roof} : 지붕을 통해 이동하는 전도열 전달
- Q_{hw} : 계사의 아래바닥을 통해 이동하는 전도열 전달
- Q_{uw} : 계사의 위쪽 벽면을 통한 전도열 전달
- Q_{win} : 창문을 통한 전도열 전달
- Q_{vent} : 환기팬에 의해 외부로 배출되는 열량
- Q_{bird} : 닭에서 발생하는 열량

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

계사의 벽면, 지붕을 통해 이동하는 전달 열량은 식(2)로 계산되며, 배기팬을 통해 이동하는 열량은 식(3)으로 계산된다.

$$Q = A \times U \times \Delta T(T_i - T_o) \dots\dots\dots (2)$$

여기서,

- A : 면적(m²)
- U : 건물구조에 의한 열 손실 계수, kW/℃
- ΔT : 계사의 내외 온도차(℃)

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

III. 결과 및 고찰

1. 냉방 및 난방부하 분석

계사에는 계사의 지붕, 벽면, 창문 및 배기팬을 통하여 외기온의 변화에 따라 수시로 열적인 이동이 일어난다. 겨울철에는 외기온이 낮기 때문에 계사내부의 열이 계사외부로 배출되고, 여름철에는 이와 반대로 외부열이 높기 때문에 계사내부로 유입된다. 계사의 냉방 및 난방에 영향을 주는 요인은 크게 벽면을 통한 전도에 의한 열 이동과 배기팬을 통해 외부로 배출되는 대류에 의한 열로 나누어진다. 계사의 냉방 및 난방 부하는 식(1)을 이용하여 분석하

$$Q_{vent} = 1005 \times V \times \Delta T \dots\dots\dots (3)$$

여기서,

- 계수 1005 : 공기의 비열, 1005 J/kg · K(approx)
- V : 계사의 환기량(m³)
- ΔT : 온도차(℃)

닭에서 발생하는 열은 식(4)를 이용하여 계산하였다.

$$Q_{bird} = K \times W^{0.75} \dots\dots\dots (4)$$

여기서,

- Q_{bird} : 닭에서의 발생 열량(kcal/h)

K : 4.5(SHL), 19.5(THL), 건물온도 29℃
 $W^{0.75}$: 닭의 대사체중(kg)
 * SHL : sensible heat loss,
 THL : total heat loss.

위의 식에 의한 분석 결과 여름철 계사의 냉방부하는 $-22.5 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr}$, 겨울철 난방부하는 $327.5 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr}$ 로 나타났으며, 난방부하가 이와 같이 높게 나타난 원인은 환기팬에 열 이동량이 $97.5 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr}$ 로 계사내 초기 병아리의 높은 적정온도 유지 때문으로 분석되었다.

2. 환경효율 조사

(1) 온도

무창계사의 일중 온도분포는 Fig. 5에 나타내었다. 병아리가 입식된 이후의 외기온은 9.6~21.2℃로 외기온의 편차는 약 11.6℃를 나타냈지만, 단열이 우수한 무창계사에서는 병아리 사육적온인 32~33℃(32.3±0.62) 범위를 유지하여 약간의 보조열원으로 낮과 밤의 편차는 2℃ 이상 나타나지 않았다. 따라서 사육공간내 온도환경을 개선 해주면 성장효율이 좋고(Jones 등, 1980), 육계에 있어서 일중 온도변화 폭이 일정한 것이 증체량에 유리(Gvaryahu 등, 1989)하여, 무창계사의 효율이 우수하다고 사료된다.

Fig. 5. Daily outside and inside temperature of the enclosed poultry house.

무창계사에 입식된 병아리를 Wathes 등 (1983)이 요구한 적정온도를 유지시켜 주기 위한 열원공급원으로 전기히터(900W 및 1,800W 가변형)를 이용하여 소모된 전력은 약 900

W/hr 정도가 소모되었다. 따라서 우리 나라 겨울철 중부지방의 기온이 영하로 떨어지는 날이 20일 이상이므로 병아리에 있어서는 보조열원이 필요하지만 계사건축시 단열정도가 높은 자재조립으로 균일한 밀폐도를 유지할 경우 열손실을 최대한 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

1) 수평면 온도분포

Fig. 6은 무창계사의 수평면 온도분포를 나타낸 것으로 계사내부의 수평면 온도분포의 분석은 계사의 바닥에서 30 cm 지점(하부), 120 cm(중앙), 200 cm(상부) 지점에 18곳에 온도센서를 설치하였으며, 온도센서로부터 수집되는 데이터는 자동기록 장치로 기록하고 기록된 장치에서 실험기간동안의 온도를 평균하여 계산하였다.

온도의 분포는 Fig. 6에서와 같이 왼쪽 벽면

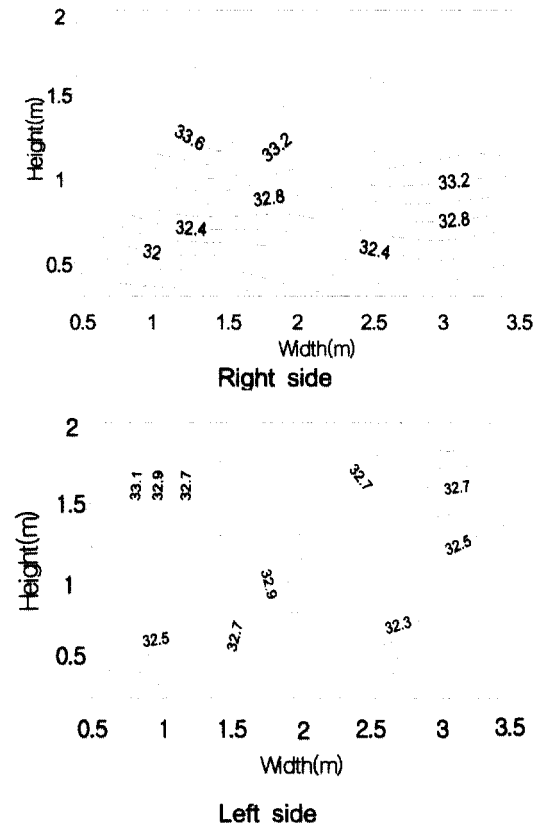


Fig. 6. Horizontal temperature distribution in enclosed poultry house.

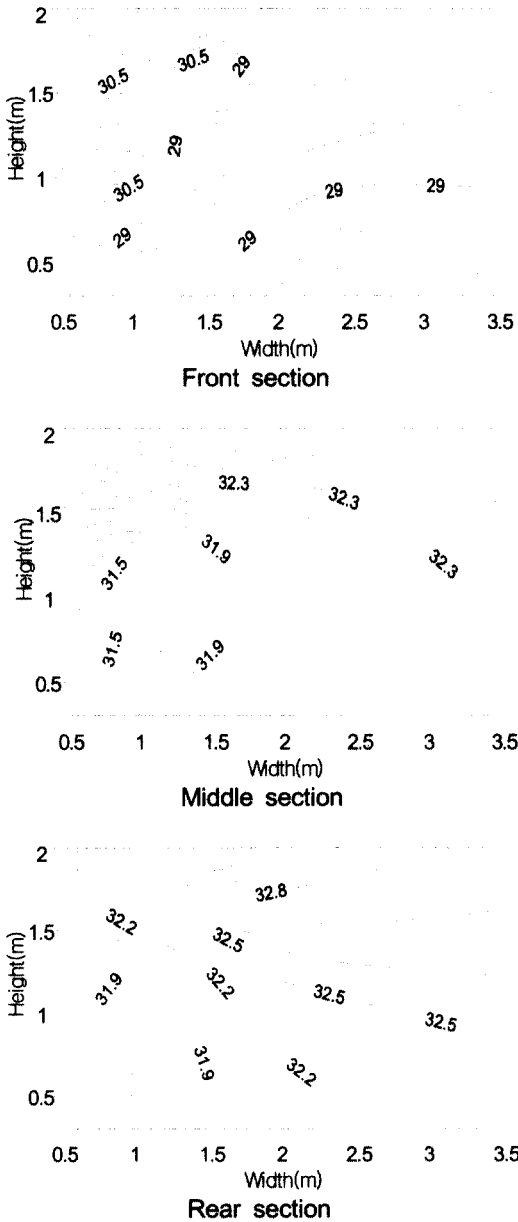


Fig. 7. Vertical temperature distribution in enclosed poultry house.

과 오른쪽 벽면간의 차이는 없었으며 계사 길이간의 온도차이에 의한 편차는 나타나지 않았다. 특히 측정지점 간의 온도편차는 1℃ 이내로 측정되어 계사 공간간의 온도유동은 매우 효율적으로 나타났다. 따라서 계사의 내부 공기흐름을 원활하게 유지하기 위한 덕트 환기시

스템이 양호한 것으로 판단된다.

2) 수직면 온도분포

Fig. 7은 무창계사의 수직면 온도분포를 나타낸 것으로 계사내부의 수직면 온도분포의 분석은 계사 출입문(전면), 계사중앙(중앙), 출입문 반대편 벽면(후면)의 3부분에서 측정하였다.

측정지점은 27 곳에 온도센서를 설치하였고, 온도센서로부터 수집되는 데이터는 자동기록 장치로 기록하고, 실험기간동안의 온도를 평균하여 계산하였다. 계사의 수직면 온도분포는 천장부근의 온도분포가 계사바닥보다 약간 높게 나타났지만, 크게 유의적인 차이는 아니었다(2℃ 전후 차이). 각 공간 바닥면에 있어서는 공기의 흐름이 약간 정체되는 현상이 보였으나 이것은 병아리의 초기 사육을 위한 배기팬의 낮은 가동율에 의한 것으로 판단된다. 배기팬 쪽으로 갈수록 온도분포가 약간 높게 나타났는데, 이것은 유입되는 열량이 배기팬 쪽으로 배출되면서, 계사내의 데워진 공기가 배출되기 때문이라 판단된다.

(2) 습도

Fig. 8은 무창계사내의 습도분포를 나타낸 것으로 병아리의 사육에 있어서 외기의 습도범위는 기상의 조건에 따라 다르지만 실험기간동안 일일 외부습도는 61~85%(72.9±7.58)로 최저와 최고 상대습도는 24%의 변화폭을 보였으나, 무창계사내의 습도는 40~49%로 일일 변화폭이

Fig. 8. Daily relative humidity changes of the enclosed poultry house.

Table 3. 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±0.379
Middle	0.25	0.08	0.31	0.27	0.05	0.32	0.33	0.10	0.29	0.22±0.113
Lower	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04	0.02	0.06	0.04	0.07	0.04±0.016

* Mean ± SED.

9% 전후로 일중 습도변화 폭이 크게 나타나지 않았다. 그러나 계사내 온도가 높을 때에는 상대습도를 60% 이하로 유지하도록 권장한 Whitehead(1992)가 주장하는 범위 이내에 속하지만, MWPS-32. (1990)에서 권장하는 축사내 습도 적정범위인 60~80%에는 미치지 못하므로 습도조절을 위한 부가적인 장치가 필요하다. 그러므로 계사내에서 주로 발병하는 질병 중의 원인은 대부분 온도차이라고 생각하지만 실제로는 습도차이에 의한 질병유발이 많으므로 온도 외에 습도의 적절한 조절도 환기에 있어서는 중요한 부분이므로 습도의 적정유지를 위한 무창계사내 습도의 보충을 위한 간이 분무시설의 설치가 고려되어야 한다.

(3) 공기유속

Table 3은 무창계사 내에서의 공기유속을 나타낸 것으로 계사내 복도를 제외한 케이지에서는 고른 공기유속이 측정되었다. 특히 입기 지점인 상부지점에서의 고른 공기유속 분포(0.77~0.88 m/sec)는 무창계사 내의 공기흐름에서 계사중앙 지점에서의 유속(0.25~0.33 m/sec)을 유지하여 하부지점에서는 미약하게 공기흐름이 감지되었으나 전체적인 공기유속의 흐름이 나타났다(Fig. 9. 이것은 병아리가 성장함에 따른 공기 입기속도의 증가로 유추하여 보면, Reece와 Lott(1982)가 육계의 활동높이에 가해지는 송풍속도(0.3 m/sec 이상)가 조절될 수 있어야 한다고 요구한 케이지 간의 공기흐름은 충분하다고 판단되었다. 따라서 축사 내에서의 각 지점별 고른 공기유속을 유도하기 위해서는 공기 입기구와 공기배기구가 중요하다고 한 Kaul 등(1975)과 Randall(1975)의 계사내 공기분포를 만

Fig. 9. Smoke showing air flow at the lower part of the enclosed poultry house.

족시켜 그림과 같이 덕트를 통한 입기가 케이지 하부까지의 고른 공기환기를 유도할 수 있는 덕트입기시설과 측벽배기 환기시스템이 우수하였다고 사료된다.

IV. 요약

본 연구는 무창계사에 대한 효율 비교분석 연구가 전무한 실정으로 무창계사의 환경효율을 검증하고자 하였다. 본 실험은 축산기술연구소 신축 실험계사에서 2002년 5월 9일에서 5월 30일 사이에 실시하였으며 실험결과는 다음과 같다.

1. 무창계사는 외부의 기온은 9.6~21.2℃로 편차는 약 11.6℃를 나타내었는데 비하여 단열이 우수한 무창계사에서는 병아리 사육적온인 32~33℃ 범위를 유지하여 약간의 보조열원으로 낮과 밤의 편차는 2℃ 이상 나타나지 않아 온도효율이 높았다.

2. 공기풍속에 있어서는 무창계사는 상부 0.57 m/sec, 중앙 0.22 m/sec, 하부 0.04 m/sec로 각각 나타나, 계사내 적정 풍속유지를 위한 덕

트입기구의 천공으로 인하여 계사내 전체공간에서 공기의 유속흐름 분포가 고르게 나타났다.

이상의 실험결과를 종합해 볼 때 조사대상이 된 무창계사의 온도 및 습도 환경이 우수하게 나타났으며, 특히 공기속도는 계사 공간 내에서 아주 고른 분포를 가져와 측벽 덕트 입기시설과 측벽 배기시스템이 우수하였다.

V. 인 용 문 헌

1. Esmay, Merle. L. 1978. Principles of Animal Environment. AVI Publishing company, Inc.
2. Goodband, R. D., Tokach, M. D. and Nessen, J. L. 1993. Vision 2000 : Business and economic factors necessary for a successful swine enterprise. Advances in Pork Production. 4:123.
3. Gvaryahu, G., Cunningham, D. L. and 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.
4. Jones, R. B., Harvey, S., Hughes, B. O. and 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.
5. Kaul, P., Maltry, W., Muller, H. J. and 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. p47.
6. MWPS. 1990. Mechanical ventilating systems for livestock housing, MWPS-32, Midwest Plan, Iowa State University, Ames.
7. Randall, J. M. 1975. The prediction of airflow patterns in livestock buildings. Journal of Agricultural Engineering Research. 20. 199-215.
8. Reece, R. N. and Lott, B. D. 1982. Mathematical model of broiler houses. Livestock Environment II (Proceedings 2nd International Livestock Environment Symposium). 193.
9. 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.
10. Whitehead, C. C. 1992. Bone Biology and Skeletal Disorders in Pathology. Butterworth Heinemann, London.
11. 오세정. 1998. 육계사육요론(브로일러 생산기술). 선진문화사.
12. 장동일. 1994. 육계 사육시설의 적정 환기시스템 설계 연구. 한국가금학회지. 21(3) : 207~217.
13. 최희철, 서옥석, 이덕수, 한정대, 강보석, 이상진, 김상호. 1999. 육계의 계사 형태와 시설수준이 사육환경과 생산성에 미치는 영향. 축산시설환경학회지. 5(2):87-92.
14. 축산기술연구보고서. 1999. p229
(접수일자 : 2002. 7. 12 / 채택일자 : 2002. 8. 21)