한국가금학회지 제 34권 제 2호, 105~110 (2007)
Korean J. Poult. Sci. Vol. 34, No.2, 105~110 (2007)

혹서기 사육 밀도가 육계의 생산성 및 혈액 성상에 미치는 영향

유동조 · 나재천† · 장병귀 · 이덕수 · 김상호 · 김지혁 · 강근호 · 강환구 · 서옥석 · 강희설
축산과학원 축산자원개발부 가금과

Effects of Stocking Density on Performance and Blood Characteristics of Broiler in Summer

D. J. Yu, J. C. Na†, B. G. Jang, D. S. Lee, S. H. Kim, J. H. Kim, K. H. Kang, H. G. Kang, O. S. Suh and H. S. Kang
Poultry Science Division, National Institute of Animal Science, Korea

ABSTRACT This experiment was conducted to investigate the effects of stocking density on performance and blood characteristics of broiler chicken in summer. One day-old 648 male commercial broiler chicks(Ross strain) were divided into 3 groups with 4 replicates(12 pens), 41 to 69 birds per pen, to compare the stocking density difference on growth performance and blood characteristics. Birds in T1, T2 and T3 were reared in different size 0.050, 0.066, 0.083 m^2/bird floor, respectively. The birds were fed the same experimental diet *ad libitum* for 5 weeks. Chickens were weekly weighed and one bird was selected from each pen to measure blood characteristics at the end of experiment. Body weight and feed intake increased significantly in low density treatment(T3) compare to that of high density treatment($P<0.05$). Feed conversion was significantly improved in customary treatment(T2) relative to that of other treatments($P<0.05$). No significant difference was observed in moisture contents of bedding among treatments. In blood characteristics, low density treatment(T3) decreased the total protein, cholesterol and albumin, but were no significant difference.

From the result of this study, it could be concluded that the higher stocking density might give more stress to the birds from physical stimuli and thus were harmful environment causing lower productions compared to the lower ones

(Key words : broiler, productivity, stocking density, feed intake)

서 론

우리나라의 양계 산업의 역사는 다른 축종에 비해 짧지만 1970년대 이후 급속도로 증가하여 1990년대 이후 산업화의 발전과 함께 빠르게 성장했다. 이런 빠른 성장과 함께 사육 규모는 전업형으로 규모화 되면서 소위 공장형 축산업으로 확대되어 양계 농가의 호당 사육 규모도 점차 확대되었다. 사육 밀도가 높아짐에 따라 사육 환경이 열악하게 되고 질병 발생이 증가하게 되었으며, 가축 분뇨의 발생 집중으로 처리 비용 부담 및 주변 환경 오염 등의 부작용이 발생하게 되었다.

육계의 사육 밀도는 계사의 시설 수준, 계절과 계사내외 온도 등에 따라 결정해야 하지만, 일반적으로 출하 체중을 기준으로 해서 입추를 하고 있다. 계절별로는 여름철에 고밀도 사육으로 인한 고온 스트레스를 받기 쉬우므로 사육 밀도 결정에 신중하여야 한다. 여름철 혹서기에는 사육 밀도를 낮추면 단위 면적당 체열 발생과 수분 생산을 줄일 수 있고, 냉방기기나 풍속에 의한 온도 저하 효과도 증가한다.

육계의 경우, 사육 밀도가 증가하여 고밀도화되면 생산성이 감소하게 되고(Dozier 등, 2005) 사료 섭취량이 감소하는(Puron 등, 1995) 것으로 보고가 되고 있다. 또한, 체중 감소뿐만 아니라 도체에도 악영향을 미치는데 사육 밀도가 증가함에 따라 흉부 포진의 증가(Proudfoot 등, 1979; Cravener 등, 1992) 및 foot pad lesions이 증가(Newberry와 Hall, 1988; Bessie와 Reiter, 1992)하며, 도체 등급의 저하 같은 경제적으로 부정적인 영향을 미친다. 산란계의 경우, 사육 밀도의 증가는 산란율의 감소(Bell과 Swanson, 1975; Roush 등, 1984; Okpokho 등, 1987)와 난중이 감소(Robinson, 1979) 및 폐사율이 증가(Sandoval 등, 1991)한다는 보고가 있는데, 이런 경우 과연 사육 밀도를 높이는 것이 경제적으로 많은 도움이 되는지 우

† To whom correspondence should be addressed : jcna6730@rda.go.kr

려의 목소리가 높아지고 있다.

최근 들어 축산업을 환경과 조화시킴으로써 자연 환경의 보존, 축산물의 안전성 보장 및 소득 유지 등을 동시에 추구하는 지속 가능한 축산업 유지를 위해 친환경 축산 직접 지불 제도(축산 직불제)가 도입되고 있다. 따라서 국가적으로 축산업 등록제 및 친환경 축산 직불제 도입에 따른 가축 사육 시설 단위 면적당 적정 가축 사육 기준 고시를 제정하여 운영함에 따라 육계의 사육 밀도 수준을 다르게 하였을 때 육계의 생산성, 계사내 환경적 요소인 깔짚 수분 함수량 그리고 혈액 성상에 미치는 영향을 구명하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시계 및 시험 기간

본 시험의 공시계는 육계 초생추 Ross로서 시험 직전 모든 개체에 대한 체중을 측정하여 45.2 g 내외의 건강한 병아리 648수를 이용하였으며, 시험 기간은 2005년 7월 19일부터 2005년 8월 22까지 5주간 사양 시험을 실시하였다.

2. 시험설계

본 시험은 여름철 흑서기에 육계의 사육 밀도별 생산성을 구명하기 위해 Table 1에서 보는 바와 같이 사육 밀도를 각각 0.050, 0.066, 0.083 m^2/수 수준으로 하여 총 3개의 시험구를 두었다. 각 처리구 반복당 면적은 3.44 m^2(가로 210 cm× 세로 164 cm)로 고정하여 밀도 수준을 각각 69수, 52수, 41수를 공시하였다.

3. 사양 관리

본 시험의 공시계가 수용된 계사는 콘크리트 바닥이 설치된 개방식 계사이며, 각 pen의 크기는 210×164cm(3.44 m^2)였다. 깔짚은 왕겨를 이용하였으며 각 pen당 5 cm 두께였다. 온도 조절은 입추시 35℃를 기준으로 매일 1℃씩 낮추어 상온과 동일한 10일령에 폐온시켰다. 습도는 입추시 65~70%로 조정하였고 이후 60% 정도로 유지하다가 폐온시부터 외부 습도와 동일하게 사육하였다.

점등은 입추 후 3일간 24시간 점등을 실시하였고, 이후 7일령까지 23시간 점등 : 1시간 소등으로 하였으며 8일령부터 시험 종료시까지 야간 간헐 점등 1L : 2D로 실시하였다. 광도는 시험 전 기간 10~15 Lux 였다. 백신은 1일령에 ND+IB 혼합 백신은 분무 접종, 7일령에 IBD, 11일령에 ND+IB, 14일령에 IBD, 21일령에 ND, 28일령에 IBD를 각각 음수 접종하였다.

사료와 물은 신선한 것으로 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였으며, 기타 사양 관리는 축산과학원 가금과 관행에 준하여 실시하였다.

Table 1. Experimental design

Items	Treatments		
	T1	T2	T3
No. of replication	4	4	4
Stock density (m^2/bird)	0.050	0.066	0.083
No. of bird per pen	69	52	41

4. 시험 사료

본 시험에 사용된 시험 사료는 NRC(1994) 육계의 성장 단계별 영양소 요구량 권장 수준에 준하여 제조하였다. 영양소 수준을 starter(0~3주령)와 grower(4~5주령)로 구분하여 배합하였으며, ME는 전기간 3,100 kcal/kg, CP는 전기 22.0%, 후기 20.0%였다. 시험 사료는 옥수수와 대두박 위주였고 유지는 옥수수유를 사용하였다. 사료 배합은 유지 사료 산패를 고려하여 7일 간격으로 실시하였으며, 수직형 배합기(200kg, 국산)를 이용하여 4분씩 배합하였다.

본 연구에 이용된 시험 사료의 성분 함량 및 화학적 조성은 Table 2에 나타낸 바와 같다.

5. 조사 항목 및 조사 방법

1) 생산성

체중은 입추시와 매주 측정하였는데, 반복별 전체 중량을 칭량하여 개체수로 나누어 평균 체중을 구하였다. 사료 섭취량은 주간별로 누적 사료 섭취량으로 조사하였고, 사료 요구율은 사료 섭취량을 증체량으로 나누어 주간별 누적 사료 요구율로 계산하였다. 폐사된 개체는 발견 즉시 제거하였으며 주간별로 나누어 육성율로 표시하였다.

2) 음수량 측정 및 깔짚 수분 함수율

음수량 측정은 각 pen별로 별도의 음수 측정 장치를 설치하여 급여량에서 잔량을 제외하여 계산하였다. 깔짚 수분 함수량 조사는 정확한 깔짚의 수분 함수율을 조사하기 위하여 각 pen당 5부분에서 일정량 샘플을 취하여 조사하였으며, 사양 시험 기간 동안 다른 처리와의 계분 및 깔짚의 혼합을 통제하였다. 깔짚의 수분은 입추시부터 매 주 조사하였다.

Table 2. Formula and chemical composition of experimental diets

Item	Starter (0~3wk)	Grower (4~5wk)
Ingredients composition		
Corn	53.29	61.65
Soybean meal(CP, 44%)	33.91	27.88
Corn gluten meal(CP, 60%)	4.01	4.00
Soybean oil	4.73	3.06
Tricalcium phosphate	0.27	0.07
Limestone	0.02	0.05
DL-Methionine 50	2.00	1.23
L-Lysine 80	1.02	1.31
Salts	0.25	0.25
Vit.-Min. premix*	0.50	0.50
Chemical composition**		
ME (kcal/kg)	3,100	3,100
CP (%)	22.00	20.00
Ca (%)	1.00	0.90
Non phytate phosphorus (%)	0.45	0.35
Lysine (%)	1.10	1.00
Methionine (%)	0.50	0.38

* Contained followings per kg diet : Vit. A 1,600,000 IU, Vit. D_3 300,000 IU, Vit. E 800 IU, Vit. K_3 132 mg, Vit. B_2 1,000 mg, Vit. B_{12} 1,200 mcg, niacin 2,000 mg, pantothenate calcium 800 mg, folic acid 60 mg, choline chloride 35,000 mg, DL-methionine 6,000 mg, iron 4,000 mg, copper 500 mg, manganese 12,000 mg, zinc 9,000 mg, cobalt 100 mg, BHT 6,000 mg, iodide 250mg.
** Calculated values.

3) 혈액 생화학 분석

혈청 성분 분석은 사양 시험이 종료되는 5주령에 처리별로 체중이 비슷한 개체를 선발하여 익정맥에서 혈액을 채취하였다. 채취된 혈액을 37℃에서 12시간 정도 보관 후 2,500 rpm으로 원심분리하여 혈청을 분리하였으며, 분석 전까지 -70℃에서 보관하였다. 혈청은 자동 생화학 분석기(Cibacoring, USA)를 이용하여 total protein, cholesterol, albumin, triglyceride, glucose, blood urea nitrogen를 분석하였다.

6. 통계 분석

본 시험에서 얻어진 시험 결과들은 SAS package(SAS Institute, 1996)의 GLM procedure로 분산 분석을 실시하고, 처리간 유의성 검정은 Duncan's new multiple range test를 이용하여 95% 수준에서 유의성 분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 생산성

여름철의 체중은 Table 3에서와 같이 종료시 기준으로 개방 계사의 T1, T2, T3 각각 1,521 g, 1,606 g, 1,664 g이었다. 다른 계절과 달리 기온이 높은 여름철에는 고밀도 처리구인 T1이 관행적인 T2와 저밀도구인 T3 처리구에 비해 현저하게 증체가 떨어져 밀도에 대한 스트레스를 많이 받는 것으로 나타났다. Feddes 등(2002)은 사육 밀도가 증가하게 되면 계사 내 공기 순환이 불량하게 되고, 암모니아 발생량이 증가하며 사료나 물에 접근하기 힘들기 때문에 증체량이 감소한다고 하였다.

닭은 몸 전체가 깃털로 싸여 있으므로 추위에는 비교적 강한 편이지만 땀샘이 발달되어 있지 못하기 때문에 수분 증발을 통한 체온 조절을 할 수 없으므로 고온에 대한 적응 능력이 떨어져서 30℃ 이상이 계속될 경우 생산성이 떨어지게 된다. 즉, 사료 섭취량이 줄고 증체가 떨어진다. 본 시험에서도 고밀도구(T1)가 저밀도구(T3)에 비해 사료 섭취량의 감소와 함께 증체량의 감소가 동반되었다. 기존의 여러 연구들(Daeton 등, 1968; Shanawany, 1988)도 본 연구 결과와 같이 사료 섭취량이 감소하였다. 그러나 산란계의 경우 사육 밀도가 증가하게 되면 사료 섭취량이 감소한다는 Davami 등(1987)의 연구와 반대로, Roush 등(1984)은 사육 밀도가 가장

Table 3. Effect of stocking density on body weight, feed intake and feed conversion of broilers in summer

Treatments[1)]	Windowed chicken house		
	Body weight (g/bird)	Feed intake (g/bird/day)	Feed conversion
T1	1,521[b]	88.9[b]	2.12[a]
T2	1,606[a]	88.2[b]	1.98[b]
T3	1,664[a]	96.5[a]	2.09[a]
SEM	21.5	1.2	0.02

[1)] T1 : 0.050 m^2/bird, T2 : 0.066 m^2/bird, T3 : 0.083 m^2/bird.
[a,b] Means with different superscripts within a column differ at $P<0.05$.

높은 처리구에서 사료 섭취량이 많았다는 상반된 결과가 있었는데, 이는 산란계의 경우 케이지 폭과 길이, 급이·급수 면적 및 품종간 차이로 여겨진다.

고온에 노출되면 닭은 폐에서 수분 손실의 증가와 함께 체중의 감소를 수반한다. Puron 등(1995)은 각 처리구당 사육밀도를 10~20수/m^2로 하였을 때 7주령까지 증체량과 사료 섭취량은 사육 밀도에 따라 유의적인 차이를 보였지만 사료 요구율과 폐사율에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였는데, 본 시험에서도 사료 섭취량과 증체에서는 고밀도구와 저밀도구간에 유의적인($P<0.05$) 차이를 보였다. 사육 밀도가 증가함에 따라 사료 섭취에 어려움을 겪어 증체에도 영향을 미친 것으로 여겨진다.

2. 음수 섭취량 및 깔짚 수분 함수율

음수 섭취량은 Table 4에 나타내었는데 음수량은 사육 초기인 1주령까지는 고밀도 처리구인 T1과 관행구인 T2가 저밀도 처리구인 T3에 비해 음수 섭취량이 많았으나 사육 후반부로 갈수록 처리구간에 유의적인 차이를 보이진 않았다. Feddes 등(2002)은 11.9수, 14.3수, 17.9수, 23.8수/m^2 순으로 사육 밀도가 증가하면서 음수량이 많아진다고 하였다. 그러나 급수기나 니플의 수가 적으면 사육 밀도가 높은 처리구에서 음수량이 줄어들 수 있다고 하였다.

깔짚 수분 함수율 결과는 Table 5에 나타내었다. 종료 시 기준으로 개방 계사의 고밀도구(T1)는 57.3%, 관행구(T2)는 58.1 %, 저밀도구(T3)는 57.5%이었다. 기존의 연구 결과들을 보면 사육 밀도의 증가와 함께 깔짚 수분 함수율이 증가되어 사육 환경이 나빠지게 되는데, 본 연구에서는 처리구간 차이

Table 4. Effect of stocking density on water intake of broilers in summer

Treatments[1)]	Windowed chicken house			
	0~7 days	8~21 days	22~35 days	0~35 days
	(g)			
T1	207[a]	1,510[b]	2,840	4,557
T2	211[a]	1,658[a]	2,859	4,727
T3	177[b]	1,616[ab]	2,792	4,585
SEM	6.0	26.8	17.8	36.0

[a,b] Means with different superscripts within a column differ at $P<0.05$.

[1)] T1 : 0.050 m^2/bird, T2 : 0.066 m^2/bird, T3 : 0.083 m^2/bird.

Table 5. Effect of stocking density on moisture of rice hull for bedding in summer

Treatments[1)]	Windowed chicken house		
	1 week	3 week	5 week
	(%)		
T1	11.3[b]	41.4	57.3
T2	12.6[a]	36.8	58.1
T3	12.0[ab]	38.0	57.5
SEM	0.20	1.20	0.40

[a,b] Means with different superscripts within a column differ at $P<0.05$.

[1)] T1 : 0.050 m^2/bird, T2 : 0.066 m^2/bird, T3 : 0.083 m^2/bird.

가 없는 것으로 나타났다. 이는 시험 기간이 여름철이어서 환기량을 높여 주었기 때문으로 여겨진다. 육계는 더운 날씨에 탈수를 예방하기 위해 더 많은 음수를 소비하게 되어 음수량 증가와 함께 연변의 발생이 증가하게 된다.

고밀도의 사육하에서는 배변량의 증가로 인해 깔짚 수분이 증가하게 되는데(Dozier 등, 2005), 이는 계사환경을 악화시켜 생산성을 떨어뜨린다. 깔짚 수분 함수율이 높게 되면 깔짚이 케이크화가 증가(Carr 등, 1990)되어 암모니아를 포집하고 있게 된다. 그렇게 되면 깔짚이 혐기성 상태로 되어 육계의 생산성에도 악영향을 미치지만 출하시 흉부 수종, 가피, 접촉성 피부염 창상 등의 피부 손상으로 인해 상품적인 가치가 떨어져 수익을 떨어뜨리는 원인이 될 수 있다(Bilgili와 Hess, 1995). Proudfoot 등(1979)은 사육 밀도가 증가함에 따라 A등급 도체의 출현율이 떨어진다고 보고한 반면에 Feddes 등(2002)은 사육 밀도와 도체 등급간에 일관된 결과를 보이지 않았다는 상반된 결과를 보였다.

3. 혈청 생화학적 특성

Table 6에는 개방 계사내 사육 밀도 수준을 달리하여 시험 종료시인 5주령에 채취한 각 처리구의 혈액을 분석한 결과이다. 본 시험의 자료를 토대로 분석하였을 때, 혈청 성분의 분석 결과에서 total protein, cholesterol 및 albumin의 수치가 T3에서 낮은 경향이었으나 유의성은 인정되지 않았다. Dozier 등(2005)은 사육 밀도의 증가에 따른 스트레스의 혈액 생리적인 인자에 영향을 주지 않았다고 보고하였다. Thaxton 등(2005)은 사육 밀도를 m^2당 체중 30~45 kg로 하였을 때 corticosterone, glucose, cholesterol에 영향을 미치지 않았다고 보고한 바 있다. 그러나 일반적으로 사육 밀도와 스트레스 반응에서

Table 6. Effect of stocking density on blood characteristics of broilers in summer

Treatments[1)]	Windowed chicken house					
	TG	BUN	GLU	CH	TP	ALB
	---------- mg/dL ----------				---- g/dL ----	
T1	25.8	1.67	129	191.3	1.52	0.99[a]
T2	29.4	1.75	150	186.3	1.83	0.83[ab]
T3	31.1	1.67	129	151.5	1.46	0.71[b]
SEM	1.9	0.09	6.0	10.95	0.08	0.05

[1)] T1 : 0.05 0m^2/bird, T2 : 0.066 m^2/bird, T3 : 0.083 m^2/bird.
[a,b] Means with different superscripts within a column differ at $P<0.05$.

는 스트레스 호르몬인 Corticosteroid에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데, 사육 밀도가 증가하게 되면 약 2.5~4.5배 증가한다고 알려져 있다.

스트레스의 또 다른 지표로 F낭의 무게를 이용(Heckert 등, 2002)할 수 있는데, 동물 복지에 대한 관심이 고조됨에 따라 사육 밀도와 스트레스 반응뿐만 아니라 사육 밀도와 골밀도간의 여러 연구들이 선행되었는데, 장병귀 등(2005)은 저밀도 사육한 유기 산란계의 경우 내부 장기인 간, 비장 및 회장의 크기가 유의적으로($P<0.05$) 증가하였다고 하였으며, 대퇴골 골밀도가 증가하였다고 보고한 바 있다. 동물 복지와 관련하여 스트레스와 혈액 생리에 대한 더 많은 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 육계의 개방 계사에서 사육 밀도에 따라 고밀도(0.050 m^2/수), 관행(0.066 m^2/수), 저밀도(0.083 m^2/수) 사육구로 구분하여 사육 밀도가 여름철 육계 생산성에 미치는 영향을 평가하고자 실시하였다. 공시계는 육계 초생추 Ross로서 684수를 이용하였으며, 5주간 사양 시험을 실시하였다. 기초 사료 영양소 함량은 사육 전기(0~3주)에 ME 3,100 kcal/kg, CP 22.0%, 후기(4~5주)에는 각각 3,100 kcal/kg, 20.0%로 하였다.

사육 밀도에 의한 육계의 체중은 5주령에 고밀도 처리구인 T1이 관행적인 T2와 저밀도구인 T3 처리구에 비해 유의적으로($P<0.05$) 감소하였다. 사료 섭취량도 체중의 변화와 동일한 결과를 보였다. 사료 요구율은 관행적인 T2 처리구에서 유의적으로($P<0.05$) 개선되었다.

음수 섭취량과 깔짚 수분 함수율은 시험 전 기간동안 처리구간에 통계적인 차이가 없었다. 혈청 성분의 분석결과에서는 total protein, cholesterol 및 albumin의 수치가 T3에서 낮은 경향이었으나 유의성은 인정되지 않았다.

본 연구 결과 육계의 사육 밀도 증가는 생산성을 감소시키며 개체에 스트레스를 증가시켜 폐사율의 증가와 도체 품질을 저하시킬 수 있는 가능성을 시사하였다.

(색인어 : 육계, 생산성, 사육 밀도, 사료 섭취량)

인용문헌

Bell DD, Swanson MH 1975 Crowding of chickens in cages reduces you profits. University of California Leaflet 2273, Riverside, CA.

Bessie W, Reiter K 1992 The influence of floor space on the behavior of broilers. Deutsche Veterinarmedizinische Gesellschaft e. v. Fachgruppe Verhattensforchung, Freigurg, Breisgau, Germany.

Bilgili SF, Hess JB 1995 Placement density influences broiler carcass grade and meat yields. J Appl Poultry Res 4:384-389.

Carr LE, Wheaton FW, Douglass LW 1990 Empirical models to determine ammonia concentrations from broiler chicken litter. Trans SAAE 33:1337-1342.

Cravener TL, Roush WB, mashaly MM 1992 Broiler production under varying population densities. Poultry Sci 71:427-433.

Davami A, Wineland MJ, Jones WT, Peterson RA 1987 Effects of population size, floor space, and feeder space upon productive performance, external appearance, and plasma corticosterone concentration of laying hens. Poultry Sci 66:251-257.

Deaton JW, Reece FN, Vardaman TH 1968 The effect of temperature and density on broiler performance. Poultry Sci 47:293-300.

Dozier Ⅲ WA, Thaxton JP, Branton SL, Morgan GW, Miles DM, Roush WB, Lott BD, Vizzier-Thazton Y 2005 Stocking density effects on growth performance and processing yields of heavy broilers. Poultry Sci 84:1332-1338.

Feddes JJR, Emmanuel EJ, Zuidhof MF 2002 Broiler perfor-

mance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. Poultry Sci 81: 774-779.

Heckert RA, Estevez I, Russel-Cohen E, Pettit-Riley R 2002 Effects of density and perch availability on the immune status of broilers. Poultry Sci 81:451-457.

Newberry RC, Hall JW 1988 Space utilization by broiler chickens in floor pens. Pages 305-309 in Proceedings of the International Congress of Applied Ethology in Farm Animals. J. Unshelm, G. Van Putten, K. Zeeb, and I. Ekesbo, ed. Skara, KTBL, Darmatadt, Germany.

Okpokho, NA, Craig JV, Milliken GA 1987 Density and group size effects caged hens of two genetic stocks differing in escape and avoidance behavior. Poultry Sci 66:1905-1910.

Proudfoot FG, Hulan HW, Ramey DR 1979 The effect of four stocking density on broiler carcass grade, the incidence of breast blisters, and other performance traits. Poultry Sci 58: 791-793.

Puron D, Santamaria R, Segura JC, Alamilla JL 1995 broiler performance at different stocking densities. J Appl Poultry Res 4:55-60.

Robinson D 1979 Effects of cage shape, colony size, floor area, and cannibalism preventative measures on layer performance. Br Poultry Sci 20:345-356.

Roush WB, Mashaly MM, Graves HB 1984 Effects of increased bird population in a fixed cage area on production and economic responses of Single Comb White Leghorn Laying Hens. Poultry Sci 63:45-48.

Sandoval MR, Miles D, Jacobs RD 1991 Cage density and house temperature gradient effects on performance of white Leghorn hens. Poultry Sci 70(Suppl. 1):103(Abstr.).

SAS Institute 2004 SAS User's Guide. Statistics. Version 9.1 ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Shanawany MM 1988 Broiler performance under high stocking densities. Br Poultry Sci 29:43-52.

Thaxton JP, Dozier III WA, Branton SL, Morgan GW, Miles DM, Roush WB, Lott BD, Vizzier-Thazton Y 2005 Evaluation of stocking density on physiological adaptive responses of broilers. Abstr 17 in Int Poultry Sci Forum SPSS, Tucker, GA.

장병귀 서옥석 김지혁 강희설 김상호 나재천 이덕수 김인식 유동조 2005 유기사양방식이 산란계의 장기발달에 미치는 영향. 한국가금학회 제22차 정기총회 및 학술발표회 118-119.