

케이지 내 사육밀도가 산란종계의 생산성 및 생리적 반응에 미치는 영향

우상원 · 신승철 · 김성권 · 김은집 · 안병기 · 강창원*
건국대학교 축산대학 동물자원연구센터

Effects of Stocking Density on Performance and Physiological Responses of Egg-type Breeder Laying Hens in Cages

S. W. Woo, S. C. Shin, S. K. Kim, E. J. Kim, B. K. Ahn and C. W. Kang*

Animal Resources Research Center, College of Animal Husbandry,
Konkuk University, 1 Hwayang-Dong, Kwangjin-Gu, Seoul Korea 143-701

ABSTRACT : This study was conducted to determine the effects of stocking density on performance and physiological responses of egg-type breeder layers in cages. A total of 264 Hy-Line Brown egg-type breeder layers at the age of 32 weeks were divided into 4 groups with 3 replicates of 22 birds (20 females, 2 males) per replicate and assigned to four stocking density treatments with 22 birds per cage with different sizes (980, 735, 640 and 560 cm²/bird). The birds were fed the same experimental diet *ad libitum* for 12 weeks, and laying performance, egg and eggshell qualities, fertility and hatchability were determined. At the end of the experimental period, 9 birds were selected in each treatment in order to measure the scores of plumage condition. Antibody titers to Newcastle disease and infectious bronchitis were also determined. No significant differences were observed in laying performances, eggshell strength, Haugh unit, fertility and hatchability among the treatments. In birds housed 640 cm² per bird, eggshell thickness were significantly lower ($P<0.05$) than those of the other groups from 7 to 12 weeks. There was no significant difference in antibody titers to Newcastle disease. In birds housed 980 cm² per bird, antibody titers to infectious bronchitis were significantly ($P<0.05$) higher than those of the other groups. With increase in the level of stocking density, the scores of plumage condition were also significantly decreased ($P<0.01$). This study demonstrated that moderate increment of stocking density did not result in reduction in laying-performances of egg-type breeder layers. However, it seemed that the higher stocking density might give more stress to the birds from physical stimuli and thus were harmful environment causing higher mortalities compared to the lower ones.

(Key words : stocking density, performances, physiological responses, egg-type breeder layers)

서 론

가축의 사육밀도(stocking density)는 단위면적당 사육두수, 또는 한 마리당 점유면적으로 나타낸다. 국내에서는 경제적 인 면을 고려하여 한정된 공간에 많은 사육수수를 수용하고 있는 실정이지만 이러한 사육방식으로 생산성 개선은 어렵다(김두환, 1993). 가축의 생산성에 큰 영향을 미치는 물리적 환경이나 사육밀도는 관리자의 판단에 의하여 결정되는 환경적 요인이라는 점에서 매우 중요하다(이병오와 김종섭,

1990).

산란계에서 식우증(feather pecking)에 의해 유발되는 'feather loss'라는 개념은 1873년 Oettel에 의해 처음 사용되었다. 식우증은 제한된 공간에서 사육되는 가금에서 항상 심각한 문제로 대두되며, 이러한 'cannibalism'으로 인하여 피부의 손상과 같은 심각한 피해를 유발하며 상처를 입은 개체들은 계속 쪼임을 당해 최종적으로 폐사에 이른다(Schaible 등, 1947).

Campos 등(1973)은 육용종계에서 90cm (width)×90cm(deep)

* To whom correspondence should be addressed : kkucwkang@kkucc.konkuk.ac.kr

×60cm(height) 크기의 케이지 내에 사육밀도를 수당 736 cm²와 900 cm²를 비교하였을 때, 산란율과 수정율은 처리구간의 차이가 없었다. 또한 Bhagwat와 Craig (1975)는 케이지 높이(40 vs 80 cm)와 사육밀도(560 vs 1130 cm²/bird)를 통해 산란중계의 수정율에 미치는 영향을 조사하였는데, 케이지 높이와 사육밀도 조건 모두 수정율에 유의한 차이를 나타내지 않았다. 산란계의 경우, 사육밀도의 증가는 산란율의 감소(Marks 등, 1970; Bell과 Swanson, 1975; Roush 등, 1984), 난중의 감소(Robinson, 1979) 및 폐사율의 증가(Sandoval 등, 1991)와 같이 산란계의 생산성에 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 보고되었다. 반면, Lee (1989)는 사육밀도가 증가했을 때 산란율과 난중에 별다른 차이를 보이지 않았다고 하였으며, Roush 등(1984)은 산란계에서 사육밀도가 증가했을 때 난중은 모든 처리간에 유의차가 없었다는 결과를 보고하였다. 이러한 연구결과에서 사육밀도가 난 생산성에 미치는 영향에 대해서 큰 차이를 나타내는 이유는 케이지 폭과 넓이, 수당 급이기 면적의 차이, 수용 개체의 수, 환경온도 등과 같은 여러 인자들에 의한 결과인 것으로 생각된다.

육계의 경우, 수당 500 cm² 밀도와 그보다 낮은 사육밀도를 비교했을 때 체중 감소와 흉부포진의 증가(Proudfoot 등, 1979; Cravener 등, 1992; Thomsen, 1992; Martrenchar 등, 1997) 및 scabby hips 증가(Proudfoot와 Hulan, 1985) 그리고 도체등급 저하와 같은 육계에서 부정적인 영향을 보인 다수의 연구결과가 보고되었다. 또한, 고밀도 사육은 다리 약화와 같은 문제를 많이 야기시키는데(Sorensen 등, 2000), 이는 사육밀도의 증가로 인한 활동량의 감소가 원인이라고 하였다(Estevez 등, 1997).

가금에게 주어지는 스트레스 정도를 평가할 때 주로 H/L ratio가 사용되고, 사육밀도에 의한 스트레스 척도로 H/L ratio를 사용하는데 있어 다양한 연구결과가 나타났다. 7주령 육계를 공시하여 실험한 보고에서 사육밀도가 증가함에 따라 H/L ratio가 증가하였지만(Cravener 등, 1992), 산란계의 경우 사육밀도의 증가는 H/L ratio에 영향을 미치지 않았다(Patterson과 Siegel, 1998). 한편, Heckert 등(2002)은 밀도와 켄대(perch)의 이용이 육계의 면역 상태에 미치는 영향이라는 연구를 통해서 사육밀도를 펜당 10, 15, 20 birds/m² 수준으로 하였을 때 F낭 무개는 사육밀도가 증가함에 따라 유의하게(P<0.05) 감소하였으며, 사육밀도가 가장 높은 20 birds/m² 처리구에서 F낭 무개가 가장 적게 나가는 결과를 나타내었다. 이는 사육밀도가 가장 높은 처리구가 스트레스 수준이 더 높다는 것을 의미한다고 하였으며, 면역성에 대한 평가항목 중에 F낭 무개가 스트레스 수준을 평가할 수 있는

가장 신뢰적인 척도였다고 결론을 내렸다.

따라서 본 실험은 케이지 내 사육밀도 수준을 다르게 하였을 때 산란중계의 난 생산성, 난각질과 난질, 수정율과 부화율, 우모상태 그리고 혈청 내 Newcastle disease (ND) 및 infectious bronchitis (IB)의 항체 역가에 미치는 영향을 규명하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험 설계

중계(Hy-Line PS) 및 케이지 회사(Salmet, Germany) 권장치와 산란중계 농장 조사 결과치를 기초로 암탉 20수와 수탉 2수를 군사시킬 수 있는 산란중계용 케이지 크기를 네 가지로 달리하여 Table 1에서와 같이 T1, T2, T3, T4의 사육밀도를 수당 980 cm²(width 240cm, depth 90cm), 735 cm²(width 180cm, depth 90cm), 640 cm²(width 156cm, depth 90cm) 및 560 cm²(width 137cm, depth 90cm)로 실험설계를 하였다.

2. 실험 동물

32주령 Hy-Line Brown 산란중계 암탉 240수와 수탉 24수를 3주간 산란중계용 군사 케이지(수당 사육면적 735 cm²)에 예비사육시켜 사료섭취량, 산란율이 처리구별로 유사하도록 조정한 후, 4처리 3반복, 반복당 22수(♀20, ♂2)를 완전임의 배치하여 총 12주간 본 실험을 실시하였다. 1개 반복 22수는 1개 케이지 내 사육수수이다.

3. 실험 사료

실험에 사용된 사료는 옥수수과 대두박을 기초로 하여 대사에너지(TME_n)는 2,900kcal/kg으로, 조단백질 함량은 15%로 동일하게 배합하였으며, 실험사료 내 영양소 함량은 NRC (1994) 요구량에 명시된 양을 충족시키는 수준으로 하였다.

실험사료의 배합비는 Table 2에 명시하였다.

Table 1. The experimental design

Treatments	No. of bird per cage	Stock density, cm ² /bird	Cage size, cm	
			Width	Depth
T1	♂(2), ♀(20)	980	240	90
T2	♂(2), ♀(20)	735	180	90
T3	♂(2), ♀(20)	640	156	90
T4	♂(2), ♀(20)	560	137	90

Table 2. Formula and chemical composition of the experimental diet

Ingredients	Content
	%
Yellow corn	68.43
Soybean meal (44%)	5.00
Soybean meal dehulled (48%)	10.60
Corn gluten meal	4.00
Animal fat	1.50
Dicalcium phosphate	0.90
Limestone	8.80
Salt	0.23
Choline-chloride (25%)	0.20
Lysine HCl	0.05
DL-methionine (98%)	0.03
Vitamin mix ¹	0.10
Mineral mix ²	0.10
Antifungal agent	0.05
Total	100.00
Calculated Analysis	
CP, %	15.00
Ether extract, %	4.50
Ca, %	3.50
Available P, %	0.25
Total Lysine, %	0.69
Met + Cys, %	0.60
TMEn, kcal/kg	2,900

¹ Mineral mixture provided following nutrients per kg of diet: Fe, 40mg; Zn, 65mg; Mn, 87mg; Cu, 66mg; I, 1.5mg; Se, 0.1mg.

² Vitamin mixture provided following nutrients per kg of diet: Vitamin A, 11000IU; Vitamin D₃, 2250IU; Vitamin E, 11mg; Vitamin K₃, 0.6mg; Vitamin B₁, 1mg; Vitamin B₂, 10mg; Vitamin B₆, 1mg; Vitamin B₁₂, 0.02mg; Niacin, 32.5mg; Pantothenic acid, 10mg; Biotin, 0.03mg; Folic acid, 0.5mg; Ethoxyquin, 1650mg.

4. 사양관리

산란종계 사육은 반복 당 각 22수씩 2단 케이지에서 사육하였고, 물과 사료는 자유채식시켰으며, 점등은 실험기간 동안 16L:8D로 고정하였다. 기타 사양관리는 관행적 방법에 준하여 실시하였다.

5. 조사항목

1) 사료섭취량

사료섭취량은 급여량과 잔량을 1주 간격으로 조사하여 펜당 사료섭취량을 산출하였다.

2) 산란율 및 난중

계란은 실험 기간 동안 매일 오후 4시에 수집한 정상 산란 개수와 연란, 파란 등을 합한 총 산란 개수를 사육수수로 나누어 산란율을 구하였으며, 수집된 정상란 전부를 측정하여 정상 계란 수로 나누어 평균 난중을 산출하였다.

3) 일 산란량

각 처리별, 반복구별로 매일 산란했던 계란의 총 무게를 산란된 계란 개수로 나누어 평균 난중을 구한 후 산란율을 곱하여 산출하였다.

4) 난질 및 난각질

실험 사료 급여 후 2주 단위로 생산된 계란을 반복구당 15개씩 수집하여 난각 강도, 난각두께 및 Haugh unit 등 계란의 내부 난질 및 난각질 관련 항목을 측정하였다.

난각 강도는 난각 강도계(FHK 卵殼強度計, 富士乎工業株式會社)를 이용하여 계란의 둔단부를 위로하고 수직으로 고정된 후 압력을 가하여 파각되는 순간의 압력을 측정하였다. 난각 강도 측정 후 난백의 높이를 조사하여 난중을 대비한 Haugh unit 수치를 구하였다(FHK 卵白測定台, 富士乎工業株式會社). 난각 두께는 계란의 중앙부 난각 파편을 채취하여 난각 후도계(FHK Peacock, 富士乎工業株式會社)를 통해 측정된 두께의 평균치로 하였다.

5) 수정율 및 부화율

각 처리구별, 반복구별로 매일 산란했던 계란에 대해서 종란의 사용여부를 선별한 후 저장온도 15~18℃의 집란실에서 150개씩 수집하여 저장한 후 수정율과 부화율을 측정하였다. 수정율은 부화 8일령에 검란을 실시하여 유정란수를 입란수수로 나누어 산출하였으며, 부화율은 온도 98.5°F, 습도 85% 조건을 갖춘 부화기(Petersime-576, Belgium)를 통해 측정된 부화수를 유정란수로 나누어 산출하였다.

6) 우모 상태 조사

실험 종료시 체중의 평균에 속하는 개체를 처리구별로 9수씩 선별한 다음, Tauson 등(1984)의 방법을 이용하여 목, 가슴, 등, 날개, 꼬리 모두 5개 부위의 우모상태를 평가하여 score 4 = 가장 좋은 우모상태, score 3 = 우모가 조금 빠졌지

만 여전히 몸 전체를 덮고 있는 상태, score 2 = 우모가 빠진 부분이 많이 드러난 상태, score 1 = 우모가 심하게 피해입고 우모가 거의 없는 상태일 때와 같이 한 부위당 점수를 4등급으로 측정하여 5개 부위의 점수를 합산하였다.

7) 혈청 내 Newcastle disease (ND) 및 infectious bronchitis (IB) 항체 역가 조사

실험 종료 후 각 처리구에서 생체중 측정치의 평균에 해당하는 개체를 6수씩 선발하여 익하정맥에서 10cc 1회용 주사기를 이용하여 혈액을 10ml씩 채취하였다. 채취한 혈액은 serum separating tube에 넣어 2500rpm에서 15분간 원심분리하여 상층액인 혈청을 분리하고 냉장 보관한 후 96공 마이크로 플레이트에 흡입시켜 혈구응집 억제반응(hemagglutination inhibition test : HI test) 시험법에 의해 항체 역가를 측정하였다.

6. 통계분석

실험에서 얻어진 자료들의 통계분석은 Statistical Analysis System (SAS, 1985)의 General Linear Model (GLM) Program을 이용하여 실시하였고, 분산분석상에 통계적인 유의차가 인정될 때 Duncan의 multiple range test를 이용하여 처리간의 유의성을 검정하였다(Duncan, 1955).

결과 및 고찰

1. 생산성

케이지 내 사육밀도가 산란중계의 사료섭취량, 산란율, 난중 및 일산란량에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 3에 나타내었다. 전 기간에 걸쳐 사료섭취량은 처리간의 차이가 없었다.

Davami 등(1987)은 사육밀도를 수당 420 cm², 300 cm² 수준으로 하였을 때 사료섭취량은 사육밀도가 낮은 420 cm²/bird 처리구에서 유의하게(P<0.05) 높은 결과를 나타내었다. 반면, Roush 등(1984)은 사육밀도를 수당 516 cm², 387 cm² 및 310 cm² 수준으로 하였을 때 펜당 사료섭취량은 사육밀도가 가장 높은 310 cm²/bird 처리구에서 유의하게(P<0.01) 높은 결과를 나타내었다. 한편, Okpokho 등(1987)은 사육밀도를 수당 580 cm², 464 cm² 및 348 cm² 수준으로 하였을 때 사료섭취량과 사료효율은 처리간의 차이를 나타내지 않았다고 하였다. 이렇게 사육밀도에 의한 사료섭취량에 미치는 영향에 대한 선행 연구자들의 실험결과가 상이한 이유는 케

Table 3. Effects of stocking density on feed intake, egg production, egg weight and egg mass of egg-type breeder layers¹

Traits	T1	T2	T3	T4
Feed intake, g/d/bird				
1 to 6 wk	105.6±1.5	104.4±0.7	105.7±1.0	104.1±1.8
7 to 12 wk	98.1±2.5	96.1±2.1	97.4±2.9	97.9±4.2
1 to 12 wk	101.9±2.1	100.2±2.1	101.6±2.3	101.0±2.5
Egg production rate, %				
1 to 6 wk	85.2±0.8	83.7±0.8	85.0±1.5	86.8±0.9
7 to 12 wk	75.5±1.6	72.3±1.1	73.2±1.5	73.8±2.5
1 to 12 wk	80.3±1.7	78.0±1.8	79.1±2.0	80.3±2.3
Egg weight, g				
1 to 6 wk	58.7±0.2	58.7±0.1	58.9±0.3	59.1±0.1
7 to 12 wk	58.3±0.5	59.5±0.5	59.5±0.3	59.0±0.4
1 to 12 wk	58.5±0.3	59.1±0.3	59.2±0.2	59.0±0.2
Egg mass, g/d/bird				
1 to 6 wk	50.0±0.5	49.1±0.5	50.1±0.9	51.3±0.5
7 to 12 wk	44.0±0.8	43.3±0.9	43.8±0.8	43.6±1.9
1 to 12 wk	47.0±1.0	46.2±1.0	46.9±1.1	47.4±1.5

¹ T1=980cm²/bird, T2=735cm²/bird, T3=640cm²/bird, T4=560cm²/bird. Values are means±SE.

이지 폭과 넓이, 계군 크기 및 사육밀도 수준, 그리고 급이기 면적 등과 같은 사육 조건의 차이에 의한 것으로 생각된다. 본 실험에서 처리간 사료섭취량 차이가 나타나지 않은 것은 수당 사육면적이 채란용 케이지 내 사육면적에 비해 훨씬 크기 때문인 것으로 사료된다.

사육밀도의 증가에 의해 우모손실이 많이 발생하여 사료섭취량이 증가한다는 Hughes (1980)의 연구보고와는 달리 본 실험에서는 사육밀도의 증가에 의해 우모손실이 많이 발생하였음에도 불구하고 사료섭취량은 처리간의 차이를 나타내지 않는 결과가 관찰되었는데, 이러한 결과는 중계사육의 특성상 충분한 급이기 면적과 음수 면적이 제공되었고, 본 실험을 수행한 12주 동안은 heat stress가 발생할 수 있는 여름철의 고온이어서 우모상태가 좋지 않은 개체와 좋은 개체간에 열생산량의 차이가 적게 발생하여 사료섭취량에 차이가 나타나지 않은 것으로 사료된다.

전기간에 걸쳐 산란율, 난중 그리고 일산란량은 모든 처

리간의 차이가 없었다.

육용종계의 케이지 사육밀도를 수당 736 cm²와 900 cm² 수준으로 하였을 때, 산란율은 처리간의 차이를 나타내지 않았다는 Campos 등(1973)의 연구보고는 본 실험결과와 유사한 것이다. 더욱이 본 연구는 체구가 육용종계보다 훨씬 작은 산란종계를 대상으로 하였기에 수당 생활면적이 560cm² 이상에서 산란율에 차이가 없었던 원인으로 사료된다.

본 실험에서 난중과 일산란량에 있어서도 처리간에 통계적 유의성이 없었다. 이는 사육밀도가 매우 높은 채란계 케이지 사육 시 사육밀도가 난중에 미치는 영향이 선행 연구자에 따라 다르게 나타났으므로 본 실험에서의 수당 생활면적에 다소 여유가 있었던 것으로 사료된다.

2. 난질 및 난각질

케이지 내 사육밀도가 산란종계의 난질 및 난각질에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 4에 나타내었다. 난각질의 측정 항목인 난각강도와 난각두께에서 사육밀도 증가에 따른 난각강도에서 처리간의 유의차가 나타나지 않았다.

Meunier-salaun 등(1984)은 사육밀도를 10 birds/m², 5 birds/m², 3.3 birds/m² 수준으로 하였을 때 난각강도에서 처리

Table 4. Effects of stocking density on eggshell strength, eggshell thickness, Haugh unit of egg-type breeder layers¹

Traits	T1	T2	T3	T4
Eggshell strength, kg/cm ²				
1 to 6 wk	3.5±0.2	3.4±0.2	3.1±0.3	3.3±0.3
7 to 12 wk	3.2±0.1	3.2±0.1	3.0±0.1	3.3±0.1
1 to 12 wk	3.4±0.1	3.3±0.1	3.0±0.2	3.3±0.1
Eggshell thickness, 0.01mm				
1 to 6 wk	34.8±0.8	34.3±0.8	33.2±1.1	34.1±1.3
7 to 12 wk	35.1±0.5 ^a	34.5±0.1 ^a	33.2±0.3 ^b	34.5±0.2 ^a
1 to 12 wk	35.0±0.4	34.4±0.3	33.2±0.5	34.3±0.6
Haugh unit				
1 to 6 wk	79.2±1.0	77.7±0.2	79.0±0.2	80.5±0.8
7 to 12 wk	82.5±1.1	79.1±1.2	82.0±1.3	82.9±1.3
1 to 12 wk	80.9±1.0	78.4±0.6	80.5±0.9	81.7±0.9

¹ T1=980cm²/bird, T2=735cm²/bird, T3=640cm²/bird, T4=560cm²/bird.

^{a,b} Mean±SE within a row with no common superscripts differ significantly (P<0.05).

간의 유의차가 나타나지 않았다고 하였다. 본 실험에서도 사육밀도 수준을 달리하였을 때 난각강도에서 처리간의 유의차를 나타내지 않았다는 점에서 연구결과가 유사하였다.

난각두께는 실험 7~12 주에 있어서 640 cm²/bird가 유의적으로(P<0.05) 낮은 수치를 나타내었지만, 전체적인 실험 기간으로 볼 때 전 처리간의 차이를 나타내지 않았다.

Lee (1989)는 사육밀도를 0.40m²/bird과 0.29m²/bird 수준으로 하였을 때 난각두께는 0.40m²/bird 처리구에서 유의하게(P<0.05) 높았다고 하였지만, Hill과 Hunt (1978)는 사육밀도를 310 cm²/bird, 387 cm²/bird, 464 cm²/bird 수준으로 하였을 때 건조된 난각두께는 사육밀도가 가장 높은 310 cm²/bird 처리구가 다른 처리구에 비해 유의하게(P<0.05) 높았다고 하였다. 한편, Davami 등(1987)은 사육밀도를 420 cm²/bird와 300 cm²/bird 수준으로 하였을 때 난각두께는 처리간의 유의차가 나타나지 않았다고 보고하였다. 이러한 선행 연구에서 사육밀도에 따른 난각두께에 미치는 영향에 대한 원인 규명이 이루어지지 않고 있어 본 실험에서 나타난 결과에 대해서 좀 더 반복적인 연구로 차후에 규명되어야 할 것으로 사료된다.

계란의 신선도를 측정하는 지수로서 이용되고 있는 Haugh unit에 있어서도 모든 처리간의 차이점을 발견할 수 없었다. Lee(1989)는 사육밀도를 17 birds/0.40m², 17 birds/0.29m² 수준으로 하였을 때 난백고는 17 birds/0.29m² 처리구가 높은 수치를 나타내었으나 처리간의 유의차는 나타나지 않았다고 하였다. 또한 Davami 등(1987)도 사육밀도를 420 cm²/bird와 300 cm²/bird 수준으로 하였을 때 사육밀도는 난질에 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 이상의 선행 연구와 본 실험에서 사육밀도 수준이 현저한 차이를 보였지만 실험 결과는 유사하게 나타났다. 또한 선행 연구는 본 실험의 사육밀도 수준보다 더 밀사화 했음에도 불구하고 처리간의 차이를 나타내지 않았으므로 사육밀도에 따라 Haugh unit에 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

3. 수정율 및 부화율에 미치는 영향

Table 5에 케이지 내 사육밀도 수준에 의한 산란종계의 수정율 및 부화율에 미치는 영향에 대한 결과를 나타내었다. 수정율은 전 기간에 걸쳐 처리간의 차이가 없는 것으로 나타났다.

Campos 등(1973)은 수당 736 cm²(♂ 1:♀ 8)와 900 cm²(♂ 1:♀ 10)의 사육밀도가 육용종계의 수정율에 미치는 영향에 대해 조사하였는데, 수정율은 사육밀도에 의해 처리간의 차이를 나타내지 않았으며, 또한 Bhagwat와 Craig (1975)는 케이

Table 5. Effects of stocking density on fertility and hatchability of egg-type breeder layers¹

Traits	T1	T2	T3	T4
Fertility, %				
1 to 6 wk	88.6±3.2	88.6±2.6	85.1±3.1	89.1±3.1
7 to 12 wk	86.3±0.9	86.8±1.2	85.1±1.7	90.8±0.9
1 to 12 wk	87.4±1.6	87.7±1.3	85.1±1.6	89.9±1.5
Hatchability, %				
1 to 6 wk	91.6±2.8	93.0±1.6	93.5±1.6	92.0±1.4
7 to 12 wk	86.6±2.5	83.9±2.9	82.1±0.9	79.4±3.4
1 to 12 wk	89.1±2.0	88.5±2.5	87.8±2.7	85.7±3.3

¹ T1=980cm²/bird, T2=735cm²/bird, T3=640cm²/bird, T4=560cm²/bird.

Values are means±SE.

지 높이(40 vs 80 cm)와 사육밀도(560 vs 1130 cm²/bird)가 산란중계의 수정율에 미치는 영향을 조사하였는데, 케이지 높이와 사육밀도 조건 모두 수정율에 유의한 차이를 나타내지 않았다고 하였다. 이러한 선행 연구와 본 실험에서 사육밀도가 수정율에 영향을 미치지 않았다는 결과는 비슷하지만 처리간의 밀도 수준 및 선행 연구에서의 성비율(♂:♀, ♂:1:♀8, ♂:1:♀10)과 본 실험의 성비율(♂:♀, ♂:2:♀) 간의 차이를 나타내었고, 사육 크기를 1♂:10♀과 2♂:20♀으로 하였을 때 수정율에 유의한(P<0.05) 차이를 보였다는 Adams 등(1978)의 결과로 미루어 볼 때 이러한 결과에 대해서 정확한 평가를 하기 어려울 것으로 사료된다.

이외에도 케이지 내 사육밀도 수준을 달리하였을 때 부화율은 전체 실험기간 동안 사육밀도가 증가함에 따라 감소하는 경향이 관찰되었지만 처리간의 차이는 없는 것으로 나타났다.

4. 우모 상태에 미치는 영향

케이지 내 사육밀도 수준을 달리하여 실험 종료 시 평가한 산란중계의 우모 상태에 대한 결과를 Table 6에 나타내었다. 우모 상태는 사육밀도가 증가함에 따라 유의적으로(P<0.01) 감소하는 결과가 관찰되었고, 사육밀도가 가장 낮은 980 cm²/bird 처리구가 다른 처리구에 비해 가장 좋은 우모 상태를 나타내었으며, 특히 사육밀도가 가장 높은 560 cm²/bird 처리구에서 유의하게(P<0.01) 낮은 수치를 나타내었다.

Quart와 Adams (1982)는 산란계에서 케이지 형태(shallow, deep), 급이기 면적(30.5 cm², 50.8) 그리고 사육밀도(387 cm²

Table 6. Effects of stocking density on the scores of plumage condition of egg-type breeder layers¹

Traits	T1	T2	T3	T4
Feather score	13.2±0.3 ^a	12.4±0.1 ^{ab}	11.8±0.3 ^b	10.8±0.4 ^c

¹ T1=980cm²/bird, T2=735cm²/bird, T3=640cm²/bird, T4=560cm²/bird.

^{a-c} Mean±SE within a row with no common superscripts differ significantly (P<0.01).

/bird, 516 cm²/bird)를 통하여 우모 상태를 평가하였는데, 케이지 형태와 급이기 면적은 우모 상태에 영향을 미치지 않았으나, 사육밀도에서 516 cm²/bird 처리구가 387 cm²/bird 구에 비해 유의하게(P<0.05) 높은 우모 상태를 나타내었다고 하였고, Davami 등(1987)도 산란계에서 사육밀도를 420 cm²/bird와 300 cm²/bird 수준으로 하였을 때, 420 cm²/bird 처리구에서 우모 상태가 유의하게(P<0.05) 향상되었다고 보고하였다.

이러한 선행 연구결과와 본 실험에 나타난 결과로 볼 때 사육밀도의 증가는 계군 내 같은 개체들에 의한 물리적 피해 및 케이지 내 찰과상(abrasion)과 같은 환경적인 인자들로 부터 스트레스를 발생시키는 환경적인 조건을 조성하여 가끔에게 있어 부정적인 영향을 미칠 수 있음이 시사되었다.

5. 혈액 내 ND 및 IB 항체역가에 미치는 영향

Table 7에는 케이지 내 사육밀도 수준을 달리하여 실험 종료 시 채취한 혈액 내 ND 및 IB 항체 역가에 대한 결과를 명시하였다. ND 항체 역가는 사육밀도가 가장 높은 560 cm²/bird 처리구에서 낮은 결과가 관찰되었지만 처리간의 유의차는 나타나지 않았다. IB 항체 역가는 사육밀도가 가장 낮

Table 7. Effects of stocking density on serum ND and IB antibody titers of egg-type breeder layers¹

Traits	T1	T2	T3	T4
ND antibody titers, log ²	10.2±0.6	10.6±0.6	10.7±0.3	9.2±0.2
IB antibody titers, log ²	8.6±0.4 ^a	7.3±0.5 ^b	6.3±0.4 ^b	6.3±0.4 ^b

¹ T1=980cm²/bird, T2=735cm²/bird, T3=640cm²/bird, T4=560cm²/bird.

^{a-b} Mean±SE within a row with no common superscripts differ significantly (P<0.05).

은 980 cm²/bird 처리구에서 유의하게(P<0.05) 높은 수치를 나타내는 결과가 관찰되었다.

본 연구에서 자료로 활용하진 않았지만, 전체 실험기간 동안 980 cm²/bird, 735 cm²/bird, 640 cm²/bird, 560 cm²/bird 각 처리구의 폐사율은 각각 9.1, 9.1, 13.6, 12.1%를 나타내었다. 사육밀도가 더 높은 640과 560 cm²/bird 처리구에서 폐사율과 우모 상태에 대한 부정적인 결과가 나타났으며, 계군 내 같은 개체들로부터 유발되는 식우증에 의한 물리적 피해가 더 많이 발생하여 행동 변화 및 생리적 스트레스 수준이 증가되고, 바이러스와 같은 항원에 대한 항체 생성의 감소로 면역활성이 저하됨으로써 궁극적으로 질병에 대한 저항성이 저하되지 않을까 사료된다. 실제로 일반농가에서 관행적으로 시행하는 분무를 통한 백신의 효과가 과밀 사육 시에 반감된다는 견해와 스트레스 수준이 높은 환경에서 종양이나 바이러스에 대한 감염이 증가할 수 있다는 결과(Thompson 등, 1980)를 고려할 때 추후로 가금에서 고밀도 사육 등의 스트레스 여건이 항체형성 및 면역활성에 미치는 관련성에 대한 충분한 검증이 필요할 것이다.

사육밀도와 스트레스 반응을 평가한 선행 연구들에서는 다양한 결과들이 시사되었다. 예를 들어 Cravener 등(1992)은 7주령 육계를 공시하여 실험한 연구에서 사육밀도가 증가함에 따라 H/L ratio가 증가하였다고 하였지만, Patterson과 Siegel (1998)은 산란계의 경우 사육밀도의 증가는 H/L ratio에 영향을 미치지 않았다고 시사하였다. 그러나, 최근에 발표된 연구에 의하면 육계에서 사육밀도에 의한 스트레스 지표로 F₂ 무게를 평가하는 것이 가장 신뢰할 수 있다고 보고하였다(Heckert 등, 2002). 본 실험에 공시한 산란종계에서 사육밀도에 의한 스트레스를 평가한 참고문헌이 없어 이 부분을 명확하게 규명하려면 다양한 스트레스 지표 반응을 조사할 필요가 있겠다.

적 요

본 연구는 산란종계를 케이지 내 사육밀도 수준이 다르게 배치하였을 때 생산성 및 생리적인 반응에 미치는 영향을 규명하기 위한 목적으로 실시하였다. 총 264수의 Hy-Line Brown 산란종계를 4처리 3반복 반복당 22수(♀20, ♂2)로 나누어 사육밀도를 수당 980 cm², 735 cm², 640 cm² 및 560 cm² 수준으로 실험사료를 12주간 급여하여 산란종계의 생산성, 난질 및 난각질, 수정율과 부화율을 측정하였다. 사양실험 종료시 생체중 측정치의 평균에 해당하는 개체를 처리구

별로 9수씩 선발하여 우모 상태를 측정하였고, 처리구별로 6수씩 선발하여 혈청 내 ND 및 IB 항체역가를 측정하였다. 생산성, 난각강도, Haugh unit, 수정율 및 부화율에는 처리간의 차이가 없었고, 난각두께는 실험 7~12주에서 있어서 640 cm²/bird 처리구가 유의적으로(P<0.05) 낮은 수치를 나타내었지만 전체적인 실험기간으로 볼 때 처리간의 차이는 나타나지 않았다. ND 항체역가는 처리간의 차이가 없었고, IB 항체역가는 사육밀도가 가장 낮은 980 cm²/bird 처리구에서 유의하게(P<0.05) 높은 수치를 나타내었다. 우모상태는 사육밀도가 가장 높은 560 cm²/bird 처리구에서 유의하게(P<0.01) 낮은 결과가 나타났으며, 또한 사육밀도 수준이 증가할수록 우모 상태는 유의하게(P<0.01) 감소하는 결과가 관찰되었다.

본 연구결과 케이지 내 사육밀도의 적절한 증가는 산란종계의 생산성은 차이가 없었다. 그러나 사육밀도의 증가는 물리적인 자극으로부터 개체들에게 더 많은 스트레스를 유발시켜 폐사율을 높일 수 있는 열악한 환경을 조성할 수 있음을 시사하였다.

(색인어 : 사육밀도, 생산성, 생리적 반응, 산란종계)

사 사

본 연구는 농림부 농림기술개발 사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

인용문헌

- Adams AW, Craig JV Bhagwat AL 1978 Effects of flock size, age at housing and mating experience on two strains of egg-type chickens in colony cages. *Poultry Sci* 57:48-53.
- Bell DD, Swanson MH 1975 Crowding of chickens in cages reduces your profits. University of California Leaflet 2273, Riverside, CA.
- Bhagwat AL Craig JV 1975 Fertility from natural matings influenced by social and physical environments in multiple-bird cages. *Poultry Sci* 54:222-227.
- Campos EJ, Krueger WF, Bradley JW 1973 Performance of commercial broiler breeders in cages. *Poultry Sci* 52:2007.
- 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.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F test. *Biomet* 11:1-42.
- Estevez I, Newberry RC, de Reynz LA 1997 Broiler chickens: A tolerant social system? *Etologia* 5:19-29.
- Heckert RA, Estevez I, Russek-Cohen E, Pettit-Riley R 2002 Effects of density and perch availability on the immune status of broilers. *Poultry Sci* 81:451-457.
- Hill AT, Hunt JR 1978 Layer cage depth effects on nervousness, feathering, shell breakage, performance and net egg returns. *Poultry Sci* 57:1204-1216.
- Hughes BO 1980 Feather damage in hens caged individually. *Br Poult Sci* 21:149-154.
- Lee K 1989 Laying performance and fear response of white Leghorn as influenced by floor space allowance and group size. *Poultry Sci* 68:1332-1336.
- Marks HL, Tindell LD, Lowe RH 1970 Performance of egg production stocks under three cage densities. *Poultry Sci* 49:1094-1100.
- Martrenchar A, Morisse JP, Huonnic D, Cotte JP 1997 Influence of stocking density on some behavioural, physiological and productivity traits of broilers. *Vet Res* 28:473-480.
- Meunier-Salaun MC, Huon F, Faure JM 1984 Lack of influence of pullet rearing conditions on the hen's performance. *Br Poult Sci* 25:541-546.
- National Research Council 1994 Nutrient requirements of poultry. 9th ed. Natl Acad Sci, Washington, DC.
- Okpokho NA, Craig JV, Milliken GA 1987 Density and group size effects on caged hens of two genetic stocks differing in escape and avoidance behavior. *Poultry Sci* 66:1905-1910.
- Patterson PH, Siegel HS 1998 Impact of cage density on pullet performance and blood parameters of stress. *Poultry Sci* 77:127-140.
- 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.
- Proudfoot FG, Hulan HW 1985 Effects of stocking density on the incidence of scabby hip syndrome among broiler chickens. *Poultry Sci* 64:2001-2003.
- Quart MD, Adams AW 1982 Effects of cage-design and bird density on layers. 1. Productivity, feathering and nervousness. *Poultry Sci* 61:1606-1613.
- 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 1985. SAS user's guide. Statistical Analysis System Inst. Inc. Cary NC.
- Schaible PJ, Davidson JA, Bandemer SJ 1947 Cannibalism and feather pecking in chicks as influenced by certain changes in a specific ratio. *Poultry Sci* 26:651-656.
- Sorensen P, Su G, Kestin SC 2000 Effects of age and stocking density on leg weakness in broiler chickens. *Poultry Sci* 79:864-870.
- Tauson R, Ambrosen T, Elwinger K 1984 Evaluation of procedures for scoring the integument of laying hens-Independent scoring of plumage condition. *Acta Agric Scand* 34:400-408.
- Thompson DL, Elgert KD, Gross WB, Siegel PB 1980 Cell-mediated immunity in Marek's disease virus-infected chickens genetically selected for high and low concentrations of plasma corticosterone. *American Vet Res J* 41:91-96.
- Thomsen MG 1992 Influence of increasing stocking density rates on performance and carcass quality of broilers. Page 285-287 in: Fourth European Symposium on Poultry Welfare. C. J. Savory and B. O. Hughes, ed. Universities Federation for Animal Welfare, Herts, Great Britain.
- 김두환 1993 사육밀도와 사료급여방법이 돼지의 증체, 영양소효율 및 산육성에 미치는 영향. 경상대학교 박사학위논문.
- 이병오, 김종섭 1990 한국재래산양에 있어서 사육밀도가 증체와 혈액성상 및 혈청 cortisol 농도에 미치는 영향. 축산진흥연구소보 17:61-69.