



케이지 사육시 사육밀도가 산란계의 깃털손상도, 계란품질, 혈액성상 및 스트레스 호르몬 농도에 미치는 영향

손지선¹ · 김찬호^{2*} · 강환구¹ · 김현수¹ · 전진주¹ · 홍의철¹ · 강보석¹

¹국립축산과학원 가금연구소 농업연구사, ²국립축산과학원 가금연구소 박사후연구원

Effect of Stocking Density on the Feather Condition, Egg Quality, Blood Parameters and Corticosterone Concentration of Laying Hens in Conventional Cage

Ji Seon Son¹, Chan Ho Kim^{2*}, Hwan Ku Kang¹, Hyun Soo Kim¹,
 Jin Joo Jeon¹, Eui Chul Hong¹ and Bo Seok Kang¹

¹Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, RDA, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

²Postdoctor Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, RDA, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

ABSTRACT The purpose of this study was to evaluate the effects of stocking density on feather condition, egg quality, blood parameters, and corticosterone levels of laying hens reared in conventional cages. A total of 500, 28 weeks-old Hy-Line Brown laying hens were evenly assigned to two stocking densities (750 and 500 cm²/bird). There were 50 replicates of each treatment, each consisting of 750 cm²/birds (n=6) or 500 cm²/bird (n=4) birds in a cage, respectively. We observed an increase in the laying period of, the group that was assigned 500 cm²/bird, however, this group experienced significant feather damage when compared with the group allotted 750 cm² bird. There was no effect of stocking densities on egg quality. These results suggest that the 500 cm²/bird stocking density in the conventional cage can negatively affect feather condition and cause the birds to experience more stress than the group allotted 750 cm²/bird.

(Key words: animal welfare, feather pecking, laying hens, stock density, corticosterone)

서 론

전 세계적으로 농장 동물의 동물복지에 대한 관심이 고조되고 있으며, 국내 동물복지 인증제도는 2012년도 산란계를 시작으로 하여 다른 축종으로 확대되었다. 2020년도 5월 기준 국내 산란계 농가 중 158곳이 동물복지 인증을 받아 사육하고 있으며, 동물복지 인증 농가 수는 매년 증가하고 있는 추세이다. 산란계 동물복지의 사육형태는 평사(floor pen), 다단 구조물(aviary system), 확장 케이지(enriched cage) 등 다양한 사육 형태가 도입되고 있으며, 여전히 케이지 사육 형태가 생산과 효율적 측면에서 선호되지만, 산란계의 복지에 부정적인 영향을 미치는 것으로 여겨지고 있다. 유럽에서 2012년부터 케이지 사육이 금지되었으며, 국내에서는 2018년 7월부터 신규 농가는 사육밀도를 750 cm²/수로 개선하고, 기존 농가는 2025년까지 사육밀도를 기존 500 cm²/수

에서 750 cm²/수로 확대를 유도하는 산란계의 건강과 복지 관련 기준들을 마련하고 있다. 사육환경 요인 중 사육밀도는 산란계의 생산성 및 동물복지 지표와 밀접한 관련이 있으며, 고밀도 사육은 지속적인 스트레스를 주며 스트레스 호르몬과 같은 생리적 지표 및 이상 행동 등에 영향을 미친다고 알려져 있다(Jones et al., 1995; El-Lethey et al., 2000; Beloor et al., 2010). 외국의 경우, 사육밀도, 동물복지 수준 평가 도구 개발 등 동물복지 관련 연구가 활발하게 진행되고 있다. EU에서는 Welfare quality project를 통해 동물복지 수준 평가 방법을 깃털 손상도, 쪼는 행동으로 인한 상처 등 동물 기반의 평가 지표 도구를 개발하였다. 산란계의 깃털 쪼기(feather pecking)는 다른 개체의 깃털을 뽑거나 쪼아 먹으며 피부에 상처를 내는 행동으로 주로 등, 꼬리 및 항문 주위의 깃털을 뽑는 행동으로 나타난다. 깃털 쪼기 행동은 gentle feather pecking(GFP)과 severe feather pecking(SFP)으

* To whom correspondence should be addressed : kch8059@korea.kr

로 분류된다(Nicol et al., 2013). GFP는 탐색하는 사회적 행동이나, 정도가 심해지면 SFP로 발전되며 피부 상처를 유발하고 심각해지면 카니발리즘(cannibalism)을 야기해 폐사에 이르게 된다. 깃털 찢기 행동은 산란계의 두려움과 스트레스에 대처하기 위한 반응으로 생산성과 복지에 영향을 미치기 때문에, 현대 산란계의 동물복지에서 저감시켜야 하는 주요 복지 문제로 제시되고 있다(El-Lethey et al., 2000; De Haas et al., 2013; Decina et al., 2019; Giersberg et al., 2017). 깃털 찢기 행동은 깃털손상도와 관련이 있어 깃털 손상도 평가를 통해 공격적 행동에 대한 정보를 얻을 수 있다(Bilcik and Keeling, 1999). 국내에서 주로 생산성 및 생리적 지표에 미치는 영향을 분석하는 연구가 활발히 진행되었으나, 산란계의 동물복지 수준 지표를 비교 분석한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 케이지 사육 시 사육밀도가 깃털 손상도, 계란품질, 혈액성상 및 스트레스 호르몬 농도에 미치는 영향에 대해 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험에서의 동물 관리 및 실험 방법은 국립축산과학원 가금연구소 실험동물 관리 및 연구 윤리위원회의 규정과 허가(승인번호: 2019-350)에 따라 실시하였다.

1. 공시동물 및 사양관리

본 연구는 여주 소재 농장의 32주령 Hy-Line Brown 산란계를 이용하여 온도가 조절되는 무창계사의 9단 10열의 직립식 케이지($61 \times 50 \times 45 \text{ cm} = \text{가로} \times \text{세로} \times \text{높이}$)에서 처리구를 케이지당 750 cm^2 ($n=4$) 및 500 cm^2 /수($n=6$)로 구분하여 각각 50 반복을 두어 사육밀도별로 200수와 300수를 각각 공시하였다. 60주령까지 총 28주간 실시하였다. 시험기간동안 사료와 물은 자유로이 채식할 수 있도록 하였으며, 점등은 16L:8D로 고정하고 조도는 평균 32 lx로 조정하였다. 기타 사양 관리는 Hy-Line Brown 실용계 사양관리지침에 따라 시행하였다.

2. 시험 분석 항목 및 방법

1) 깃털 손상도 평가

깃털 손상도 평가는 Tauson et al.(2005) 및 Welfare Quality (2009)의 방법을 이용하여 머리, 목, 등, 가슴, 날개, 꼬리 6개 부위의 깃털 상태를 1~4점으로 각 처리구당 50수씩 32, 43, 51 및 60주에 평가하였다. 깃털 손상도를 평가한 방법은

Fig. 1에 제시하였다. Score 1은 깃털손상도가 없는 가장 좋은 상태, score 2는 깃털이 조금 빠지거나 손상된 상태, score 3은 깃털이 빠지고 피부가 5 cm^2 미만으로 드러난 상태, score 4는 깃털이 거의 없고 피부가 5 cm^2 이상 드러난 상태이며, 각 부위당 깃털손상도를 평가하여 6개 부위의 점수를 평균 내어 계산하였다.

2) 계란품질 분석

32, 43, 51 및 60주에 오전에 산란된 평균 난중이 비슷한 계란을 처리구별로 30개씩 임의로 수집하여 계란품질을 분석하였다. 난중, 난백고, Haugh unit, 난황색은 계란품질 분석기(EMT-5200, Toahoku, Rhythm Co., Ltd, Japan)를 이용하여 분석하였다. 난각 강도는 난각 강도기(Egg shell force gauge model II, Robotmation Co., Ltd, Japan)를 이용하였으며, 난각 두께는 두께 측정기(Digimatic micrometer, Series 547-360, Mitutoyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 난각색은 Eggshell color fan((주)삼양사배합사료)를 이용하여 측정하였다.

3) 혈액성상 및 스트레스 호르몬 분석

시험종료 시 처리구당 10수씩 선발하여 총 20수에 대하여 익정맥에서 혈액 5 mL를 채취하여 Heparin이 처리된 vacutainer tube와 SST tube에 수집하여 혈구 성분과 혈액 생화학 지표 및 스트레스 호르몬 농도를 분석하였다. 혈구 성분은 자동 혈구 분석기(HEMAVET 950FS, Drew Scientific, Inc.)를 이용하여 WBC(white blood cell), HE(heterophil), LY(lymphocyte), H:L ratio, MO(monocyte), EO(eosinophil), BA(basophil) 등 혈구 성분을 측정하였다. 또한, 혈액은 $12,000 \times \text{g}$, 4°C , 10분 원심 분리하여 혈청을 얻은 후, 분석 전까지 -70°C 에 보관하였다. 혈액 생화학 성분은 혈청으로 자동 혈액 분석기(AU480, Beckman Coulter, Japan)를 이용하여 total cholesterol, triglyceride, glucose, aspartic acid transaminase (AST), alanine transaminase(ALT) 및 total protein을 분석하였다. 혈청 내 스트레스 호르몬인 corticosterone 농도는 corticosterone ELISA kit(Mybiosource inc, USA)를 이용하여 측정하였다.

4) 깃털 내 스트레스 호르몬 분석

시험종료 시점에 처리구당 채혈한 개체 10수의 1차 날개 깃(Primaries; 주익우) 8번째 깃털을 수집하였으며, Bortolotti et al.(2008)의 방법을 이용하여 전처리하였으며, 분석 전까지 -20°C 에 보관하였다. 깃털 내 스트레스 호르몬 농도는 corticosterone ELISA kit(Mybiosource inc, USA)를 사용하여



Fig. 1. Target birds for the scores of 1~4 on each body of laying hens.

측정하였다.

3. 통계처리

각 처리구 간 측정 항목에 대한 자료들은 SAS 통계 패키지(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 *t*-test로 처리하였으며, 주령에 따른 깃털손상도와 혈구분석, 혈액 생화학분석 및 스트레스 호르몬(혈액 및 깃털)의 유의성은 Duncan's multiple range-test를 이용하여 5% 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 깃털손상도 평가

사육밀도에 따른 주령별 산란계의 부위별 깃털손상도는 Table 1에 나타내었다. 깃털 찢기 행동은 다른 개체에 상처를 입히거나 사망에 이르게 할 수 있어 동물 복지 관점에서 중요하며(Hughes and Duncan, 1972; Huber-Eicher and Wechsler, 1997), 산란계의 깃털 찢기 행동에 대한 동물 기반 복지 평가 지표로 깃털손상도를 평가한다(Savory, 1995; Weeks and Nicol, 2006). 깃털 찢기 행동은 사육 형태, 사육밀도, 주령, 환경 및 corticosterone과 같은 호르몬과 관련이 있는 것으로

보고되고 있다(Jones et al., 1995; El-Lethey et al., 2000; Sedlačková et al., 2004). 또한, 깃털손상도가 심각할 경우 닭은 체온 유지를 위한 에너지 사용이 증가하게 되어 사료 효율이 떨어지고 생산성을 감소시켜 경제적 손실을 입힐 수 있다(Peguri and Coon, 1993; El-Lethey et al., 2000). 배터리 케이지에서 사육 시 모래목욕과 같은 충분한 자극이 제공되지 않기 때문에 깃털 찢기 행동이 높게 나타나는 것으로 보고되었다(Koelkebeck et al., 1987). 500 cm² 밀도에서 사육 시 모든 부위에서 주령이 증가함에 따라 깃털손상도가 증가하였다. 32주령에 사육밀도에 따른 모든 부위에서 깃털손상도의 유의적 차이가 나타나지 않아 깃털이 최소한으로 손상된 것으로 보인다. 43주령에서 750 cm² 대비 500 cm²에서 사육 시 날개 부위에서 유의적으로 깃털손상도가 높게 나타났으며(*P*<0.05), 51주령에는 머리와 날개를 제외한 부위가 500 cm²에서 유의적으로 손상되는 것으로 나타났다(*P*<0.05). 60주령에는 머리, 등, 날개 및 꼬리 부위에서 750 cm² 사육 시 깃털 손상이 500 cm²보다 적게 나타났다(*P*<0.05). 사육밀도에 따른 부위별 깃털 손상 score 비율은 Fig. 2에서부터 7에 나타내었다. Fig. 2에서 머리 부위의 깃털 손상은 500 cm² 대비 750 cm²에서 score 1 비율이 시험 종료 시까지 80% 이상으로 조사되어 깃털 손상이 적은 것으로 나타났으며, Fig.

Table 1. The feather score of hens on different stocking density at 32, 43, 51 and 60 weeks

Parameters	Stocking density (cm ² /bird)	Age of hens (week)			
		32	43	51	60
Head	750	1.04±0.04	1.08±0.04	1.12±0.05	1.14±0.05*
	500	1.08±0.04 ^b	1.14±0.05 ^b	1.16±0.05 ^b	1.42±0.11 ^{a*}
Neck	750	1.10±0.04 ^b	1.14±0.05 ^b	1.70±0.08 ^{a*}	1.80±0.07 ^a
	500	1.08±0.04 ^c	1.12±0.05 ^b	1.48±0.07 ^{b*}	1.98±0.07 ^a
Back	750	1.00±0.00 ^c	1.00±0.00 ^c	1.24±0.06 ^{b**}	1.50±0.10 ^{a*}
	500	1.06±0.03 ^c	1.08±0.04 ^c	1.66±0.09 ^{b**}	1.88±0.12 ^{a*}
Breast	750	1.02±0.02 ^b	1.10±0.04 ^b	1.76±0.11 ^{a**}	1.94±0.10 ^a
	500	1.06±0.04 ^c	1.08±0.04 ^c	1.34±0.08 ^{b**}	2.06±0.08 ^a
Wing	750	1.02±0.02 ^b	1.02±0.02 ^{b*}	1.80±0.07 ^a	1.84±0.09 ^{a*}
	500	1.08±0.04 ^b	1.14±0.05 ^{b*}	2.02±0.11 ^a	2.12±0.11 ^{a*}
Tail	750	1.04±0.03 ^b	1.12±0.05 ^b	1.68±0.08 ^{a**}	1.80±0.10 ^{a**}
	500	1.12±0.05 ^c	1.14±0.05 ^c	2.10±0.08 ^{b**}	2.44±0.11 ^{a**}

^{a-c} Means with different letters in the same line are significantly different (*P*<0.05).

* Significant stocking densities on a *t*-test (*P*<0.05). ** Significant stocking densities on a *t*-test (*P*<0.01).

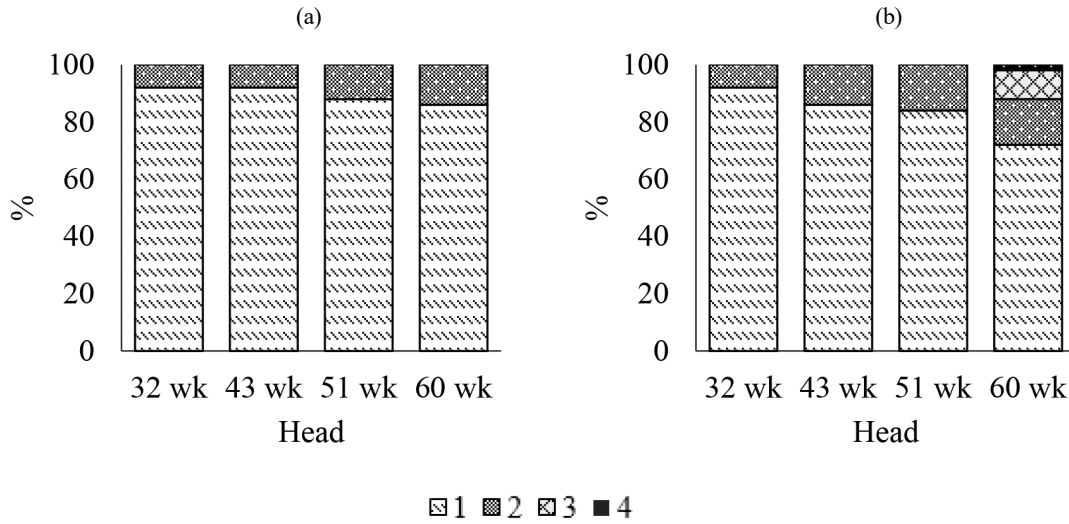


Fig. 2. Frequency of feather coverage scores (1~4) of the head on different stocking density in conventional cage (a: 750 cm²/bird, b: 500 cm²/bird).

3에서 목 부위 깃털 손상은 시험 종료 시 500 cm²에서 score 4가 조사되어 더 많이 손상된 것으로 보인다. Fig. 4에서 등 부위의 깃털손상비율은 500 cm²에서 사육 시 32주령부터 score 2가 조사되었으나, 750 cm²은 51주령부터 score 2가 나타났다. Fig. 5에서 가슴 부위 깃털 손상은 시험종료 시까지 500 cm² 대비 750 cm²에서 score 1 비율이 20% 이상 조사되어 손상이 적게 나타났다. Fig. 6에서 날개 부위의 깃털 손상은 500 cm²에서 사육 시 51주령부터 score 4가 나타나 750 cm²보다 깃털 손상이 증가한 것으로 보인다. Fig. 7에서 꼬

리 부위의 깃털 손상은 500 cm²에서 사육 시 51주령부터 score 1 비율이 20% 미만으로 조사되었으며, 60주에 score 4 비율이 20% 가까이 증가하였다. 51주령과 60주령에 사육밀도에 따른 등과 꼬리 부위의 깃털손상도가 유의적 차이를 보였다 ($P<0.01$). Nicol et al.(1999)은 같은 케이지 공간 내에서 개체수가 증가하면 깃털 찢기 행동과 카니발리즘 위험이 증가한다고 보고하였다. 이는 본 연구 결과에서 케이지 시설물의 마찰을 포함하여 개체간의 깃털 찢기 행동으로 인해 500 cm²에서 깃털 손상이 더 증가하는 것으로 판단된다.

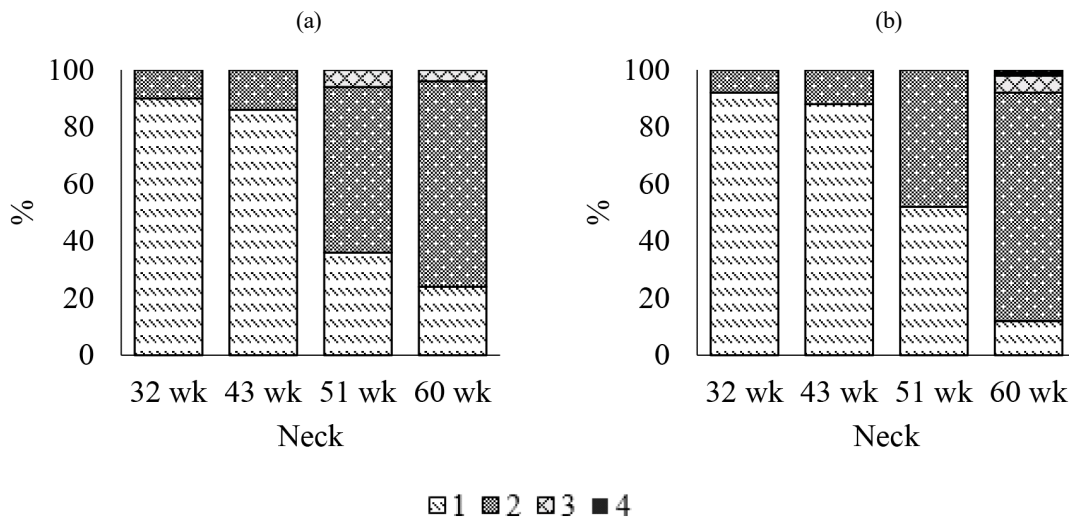


Fig. 3. Frequency of feather coverage scores (1~4) of the neck on different stocking density in conventional cage (a: 750 cm²/bird, b: 500 cm²/bird).

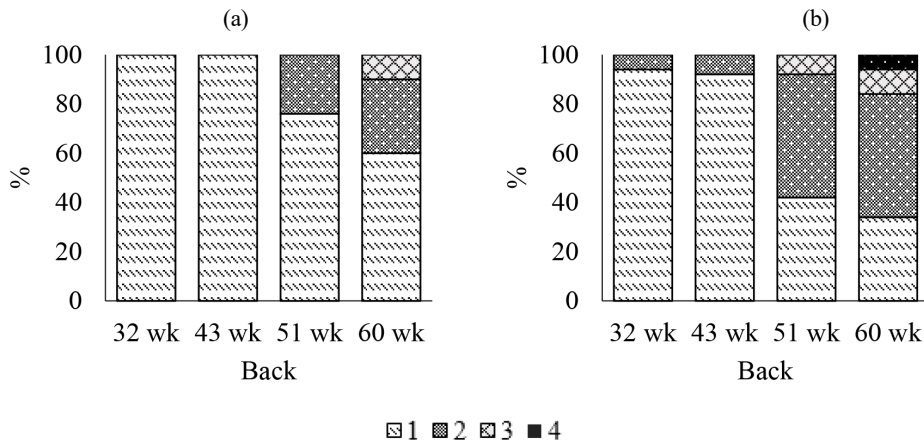


Fig. 4. Frequency of feather coverage scores (1~4) of the back region on different stocking density in conventional cage (a: 750 cm²/bird, b: 500 cm²/bird).

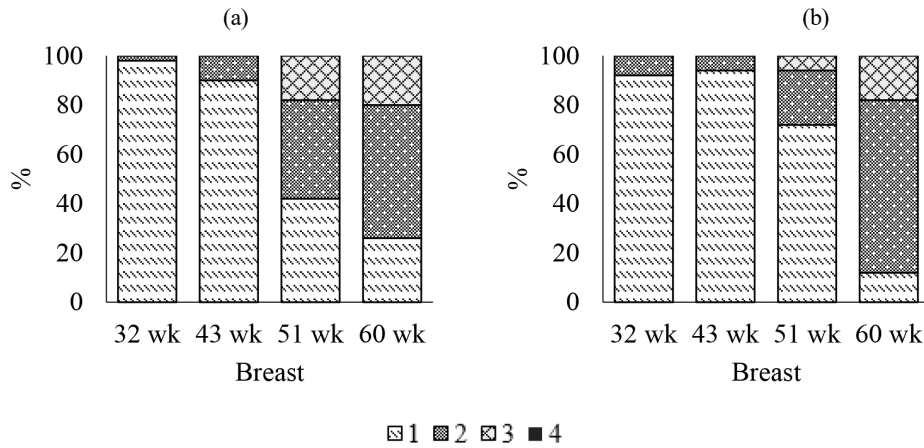


Fig. 5. Frequency of feather coverage scores (1~4) of the breast region on different stocking density in conventional cage (a: 750 cm²/bird, b: 500 cm²/bird).

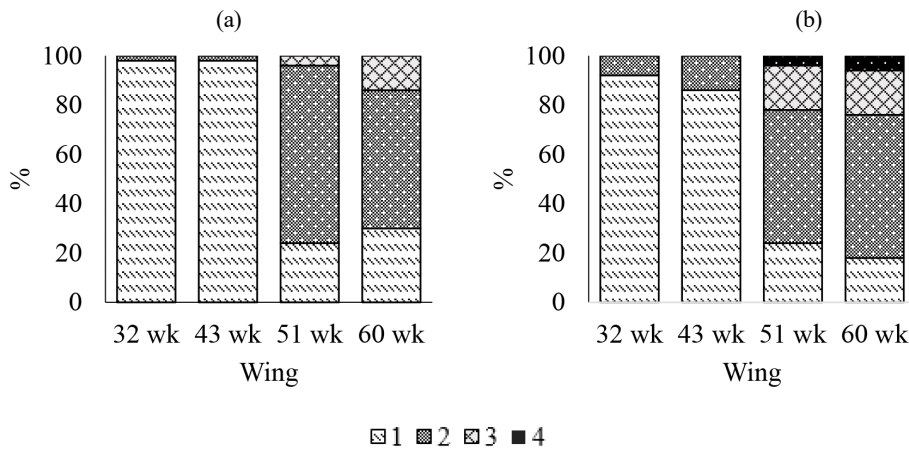


Fig. 6. Frequency of feather coverage scores (1~4) of the wing region on different stocking density in conventional cage (a: 750 cm²/bird, b: 500 cm²/bird).

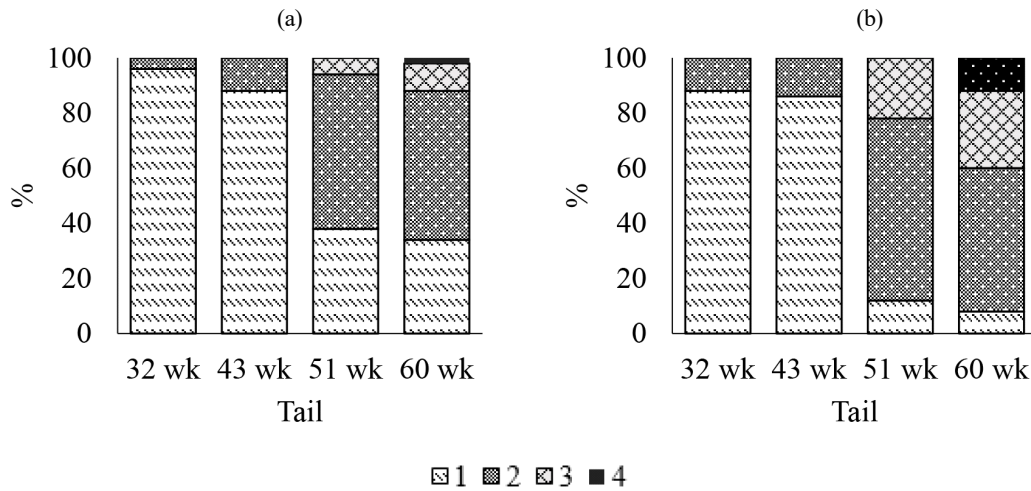


Fig 7. Frequency of feather coverage scores (1~4) of the tail region on different stocking density in conventional cage (a: 750 cm²/bird, b: 500 cm²/bird).

2. 계란품질

주령에 따른 사육밀도가 난중, 난각두께 및 난각강도 등 계란품질에 미치는 영향은 Table 2에서 보는 바와 같다. 주령과 난중은 양의 상관관계를 가지고 있어 주령이 증가하면서 난중이 증가하며, 난백고와 Haugh units는 감소한다고 알려져 있다(Škrbić et al., 2011). 본 연구결과에서도 주령이 증가하면서 난중은 증가하고 난백고와 Haugh unit은 감소하는 것으로 나타났으며, 51주령에 750 cm²에서 난백고와 Haugh

unit, 난황색이 500 cm²보다 유의적으로 낮게 나타났으나 ($P<0.05$), 계란을 고품질로 판정하는 범위 내에 포함되는 것으로 나타나 계란의 품질에는 많은 영향을 미치지 않는 것으로 보인다. 난각 품질은 주령이 증가되면서 감소하는 것으로 알려져 있으며(Johnston and Gous, 2007; Škrbić et al., 2011), 본 연구 결과에서도 주령이 증가하면서 난각강도가 감소하는 것으로 나타났다. 난각두께는 60주령에 750 cm²에서 유의적으로 높게 나타났으나($P<0.05$), 난각강도는 사육

Table 2. The characteristics of egg quality on different stocking densities in conventional cage at each week

Parameters	Age of hens (week)	Stocking density (cm ² /bird)	
		750	500
Egg weight (g)	32	60.93±0.59	61.70±0.69
	43	61.97±0.82	63.40±0.91
	51	60.75±0.61	61.31±0.62
	60	64.93±0.71	64.68±1.16
Ablumen height (mm)	32	8.88±0.18	9.26±0.15
	43	6.81±0.16	6.93±0.18
	51	7.65±0.16 ^b	8.39±0.22 ^a
	60	7.57±0.23	7.49±0.21
Haugh units	32	93.50±0.89	95.37±0.75
	43	81.60±0.96	81.81±1.29
	51	87.04±1.01 ^b	90.80±1.24 ^a
	60	85.31±1.36	84.91±1.40

Table 2. Continued

Parameters	Age of hens (week)	Stocking density (cm ² /bird)	
		750	500
Yolk color	32	10.23±0.07	10.18±0.08
	43	8.98±0.09	9.14±0.07
	51	10.36±0.11 ^a	9.93±0.07 ^b
	60	9.61±0.09	9.81±0.09
Shell tickness (µm)	32	389.67±3.54	393.00±3.43
	43	392.33±3.35	390.00±4.89
	51	382.50±4.73	383.42±4.68
	60	398.00±3.79 ^a	353.67±19.97 ^b
Shell strength (g/cm ²)	32	4.32±0.14	4.36±0.14
	43	3.96±0.10	3.64±0.14
	51	3.25±0.08	3.48±0.11
	60	3.38±0.13	3.40±0.10
Shell color	32	11.30±0.12	11.37±0.11
	43	10.88±0.11	10.67±0.18
	51	10.93±0.16	10.74±0.13
	60	11.30±0.12 ^b	11.67±0.09 ^a

^{a-c} Means with different letters in the same line are significantly different ($P<0.05$).

밀도에 따른 유의적 차이를 보이지 않았다. 난각색은 60주령에 500 cm²에서 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$). 기존 케이지와 확장케이지에서 생산된 계란의 난중 및 난각 품질에 거의 차이가 없는 것으로 보고하였다(Tactacan et al., 2009). 본 연구 결과에서도 사육밀도에 따른 계란품질의 특성에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

3. 혈액성상

시험종료 시점에 사육밀도 간의 혈구 성분을 분석한 결과를 Table 3에 나타내었다. 혈구 분석 결과, 사육밀도에 따른 처리구 간의 유의적 차이는 보이지 않았다. 닭의 스트레스 수준을 나타내는 지표로 알려져 있는 H:L 비율은 스트레스에 노출되면 증가하는 것으로 알려져 있다(Jones, 1989; Maxwell, 1993). Tuerkyilmaz(2008)는 사육밀도에 따른 H:L 비율은 영향을 미치지 않았다고 보고했으며, 이는 본 연구 결과와 유사하게 나타났다. 사육밀도에 따른 혈액 생화학 성분은 Table 4에 제시하였다. 사육밀도간의 혈액성상에서 유의적 차이는 발생하지 않았다. 콜레스테롤은 성 호르몬

및 기타 스테로이드 호르몬 대사 관련 물질로 500 cm²에서 혈중 콜레스테롤 수치가 높게 나타났으며, 처리구 간 유의적 차이는 보이지 않았다. 이는 Pavlík et al.(2007)이 보고한 사육형태에 따른 콜레스테롤 수준 비교 시 확장케이지보다 기존 케이지에서 높게 나타난 결과와 유사한 경향을 보였다.

4. 혈액 및 깃털 내 스트레스 호르몬 농도

사육밀도에 따른 케이지 내 산란계의 스트레스 수준에 미치는 영향을 비교하고자 혈액과 깃털 내의 스트레스 호르몬 농도를 비교 분석하였다. 일반적으로 corticosterone은 동물의 스트레스 수준을 나타내는 대표적인 스트레스 호르몬이며, 부적합한 사육 환경에 노출될 경우 스트레스에 대한 반응으로 corticosterone 농도가 증가하는 것으로 알려져 있다(Mumma et al., 2006; Bortolotti et al., 2008). 사육밀도에 따른 혈액과 깃털 내 스트레스 호르몬의 수준을 Fig. 8에 제시하였다. 분석 결과, 혈액 내 corticosterone 농도는 유의적 차이는 나타나지 않았으나, 500 cm² 처리구가 750 cm²보다 높

Table 3. The blood parameters of hens on different stocking density in conventional cage at final period

Parameters	Stocking density (cm ² /bird)	
	750	500
Leukocytes		
White blood cell (K/ μ L)	5.34 \pm 1.13	5.07 \pm 0.76
Heutrophil (K/ μ L)	0.57 \pm 0.28	0.38 \pm 0.15
Lymphocyte (K/ μ L)	4.32 \pm 0.72	4.29 \pm 0.52
H:L ratio	0.08 \pm 0.02	0.07 \pm 0.01
Monocyte (K/ μ L)	0.38 \pm 0.13	0.34 \pm 0.09
Eosinophil (K/ μ L)	0.05 \pm 0.03	0.05 \pm 0.02
Basophil (K/ μ L)	0.02 \pm 0.01	0.02 \pm 0.01
Erythrocyte		
Red blood cell (K/ μ L)	2.42 \pm 0.03	2.37 \pm 0.04
Hb (g/dL)	9.59 \pm 0.16	9.35 \pm 0.17
HCT (%)	24.08 \pm 0.43	23.21 \pm 0.36
MCV (fL)	99.49 \pm 0.78	97.93 \pm 0.92
MCH (g/dL)	39.66 \pm 0.37	39.5 \pm 0.6
MCHC (g/dL)	39.87 \pm 0.34	40.29 \pm 0.49

Table 4. The biochemical indicators of hens on different stocking density in conventional cage at final period

Parameters	Stocking density (cm ² /bird)	
	750	500
Total cholesterol (mg/dL)	131.52 \pm 10.09	135.54 \pm 11.83
Triglyceride (mg/dL)	1,374.00 \pm 120.44	1,437.77 \pm 100.73
Glucose (mg/dL)	153.50 \pm 7.08	133.06 \pm 11.26
AST (U/L)	178.87 \pm 6.79	210.94 \pm 21.86
ALT (U/L)	3.11 \pm 0.49	5.68 \pm 1.58
Albumin (mg/dL)	1.99 \pm 0.07	1.98 \pm 0.04
Total protein (mg/dL)	5.91 \pm 0.18	5.79 \pm 0.13

게 나타났다. 또한, 깃털 내 스트레스 호르몬 농도에서도 처리구 간 통계적 유의성은 없었으나, 500 cm² 처리구가 높게 나타났다. 스트레스와 깃털 꼬기 행동이 관련이 있는 것으로 보고가 되었으며(El-Lethey et al., 2000), Table 1에서 500 cm²에 사육 시 750 cm²보다 깃털 손상이 높았던 결과는 시험기간 동안 500 cm²에서 사육밀도로 인한 환경적 스트레스

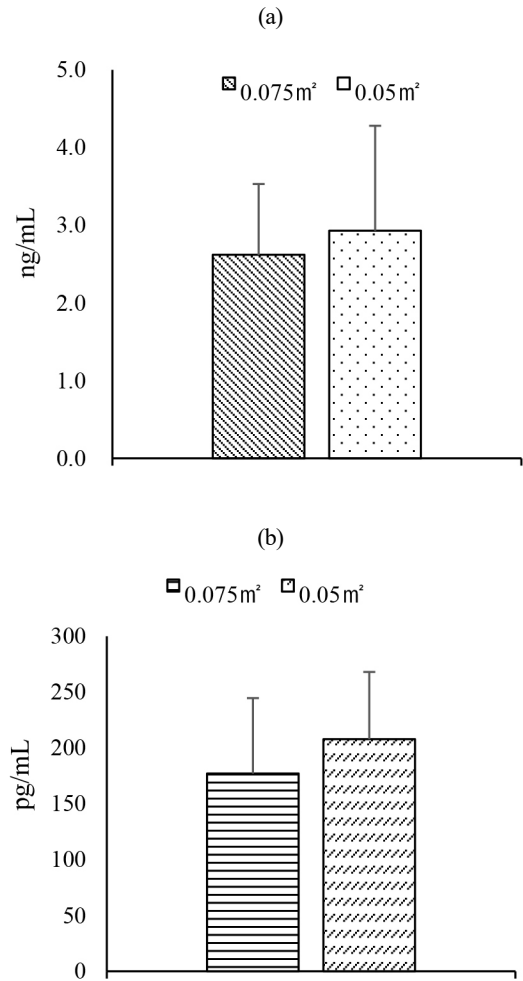


Fig. 8. The corticosterone in blood and feather on different stocking density in conventional cage at final period (a: blood, b: feather).

의 영향을 받은 것으로 보인다. 또한, 케이지 내 사육밀도가 증가함에 따라 corticosterone 농도도 높게 나타난다는 결과와 일치하며 스트레스 환경에 더 노출된 것으로 보인다(Onbaşilar and Aksoy, 2005; Beloor et al., 2010). 따라서 케이지 내 사육밀도에 의한 사육 환경의 차이가 산란계에 스트레스를 야기할 수 있으며, 혈액 및 깃털 내 스트레스 호르몬 농도를 증가시킨 것으로 보인다.

결론적으로, 산란계의 케이지 사육 시 500 cm²/수 사육밀도는 750 cm²/수보다 산란계의 깃털손상도를 증가시켰으며, 이는 활동 공간의 제약으로 인해 스트레스를 더 받은 것으로 판단된다. 그러나 향후 사육밀도 등 사육 환경과 관련하여 산란계의 행동 및 복지 지표에 관한 연구가 지속적으로 필요하다.

적 요

본 연구는 케이지 사육 시 사육밀도가 산란계의 깃털 손상도, 계란품질, 혈액성상 및 스트레스 호르몬 농도에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행되었다. 산란계(Hy-Line Brown) 700수를 공시하여 배터리 케이지에 750 cm²/수 및 500 cm²/수 사육밀도 처리구로 50 반복을 두어 32주부터 60주까지 총 28주간 실시하였으며, 사료와 물은 자유 급이 하였다. 사육밀도가 증가함에 따라 주령이 증가할수록 깃털손상도가 증가하였으며, 등과 꼬리 부위의 손상이 유의적으로 증가하였다. 계란품질(난중, Haugh unit, 난각 강도 등)은 사육밀도에 따른 처리구 간 유의적 차이는 나타나지 않았다. 또한, 혈구 성분 및 혈액 생화학 지표는 사육밀도에 의한 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 그러나 시험종료 시점의 혈액과 깃털 내 스트레스 호르몬인 corticosterone 농도를 분석한 결과, 500 cm²/수 사육밀도에서 사육 시 750 cm²보다 높게 나타났다. 결론적으로 케이지에서 500 cm²/수 사육밀도 사육은 산란계의 깃털손상도를 증가시켜 부정적인 영향을 미치는 것으로 보이며, 향후 산란계의 행동과 관련된 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

(색인어: 동물복지, 깃털쫓기, 산란계, 사육밀도, 스트레스 호르몬)

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01432803) 과 '2020년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업'에 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

ORCID

Ji Seon Son	https://orcid.org/0000-0002-5285-8186
Chan Ho Kim	https://orcid.org/0000-0003-2121-5249
Hwan Ku Kang	https://orcid.org/0000-0002-4286-3141
Hyun Soo Kim	https://orcid.org/0000-0001-8887-1318
Jin Joo Jeon	https://orcid.org/0000-0001-7585-4746
Eui Chul Hong	https://orcid.org/0000-0003-1982-2023
Bo Seok Kang	https://orcid.org/0000-0002-0931-3519

REFERENCES

Beloor J, Kang H, Kim Y, Subramani V, Jang I, Sohn S,

Moon YS 2010 The effect of stocking density on stress related genes and telomeric length in broiler chickens. *Asian-Australas J Anim Sci* 23(4):437-443.

Bilcik B, Keeling L 1999 Changes in feather condition in relation to feather pecking and aggressive behaviour in laying hens. *Br Poult Sci* 40(4):444-451.

Bortolotti GR, Marchant TA, Blas J, German T 2008 Corticosterone in feathers is a long term, integrated measure of avian stress physiology. *Functional Ecology* 22(3):494-500.

De Haas E, Kemp B, Bolhuis J, Groothuis T, Rodenburg T 2013 Fear, stress, and feather pecking in commercial white and brown laying hen parent-stock flocks and their relationships with production parameters. *Poult Sci* 92(9):2259-2269.

Decina C, Berke O, van Staaveren N, Baes CF, Harlander-Matuschek A 2019 Development of a scoring system to assess feather damage in Canadian laying hen flocks. *Animals* 9(7):436.

El-Lethey H, Aerni V, Jungi T, Wechsler B 2000 Stress and feather pecking in laying hens in relation to housing conditions. *Br Poult Sci* 41(1):22-28.

Giersberg MF, Spindler B, Kemper N 2017 Assessment of plumage and integument condition in dual-purpose breeds and conventional layers. *Animals* 7(12):97.

Huber-Eicher B, Wechsler B 1997 Feather pecking in domestic chicks: its relation to dustbathing and foraging. *Anim Behav* 54(4):757-768.

Hughes B, Duncan I 1972 The influence of strain and environmental factors upon feather pecking and cannibalism in fowls. *Br Poult Sci* 13(6):525-547.

Johnston S, Gous R 2007 Modelling the changes in the proportions of the egg components during a laying cycle. *Br Poult Sci* 48(3):347-353.

Jones R, Blokhuis H, Beuving G 1995 Open field and tonic immobility responses in domestic chicks of two genetic lines differing in their propensity to feather peck. *Br Poult Sci* 36(4):525-530.

Jones RB 1989 Chronic stressors, tonic immobility and leucocytic responses in the domestic fowl. *Physiol Behav* 46(3):439-442.

- Koelkebeck KW, Amoss Jr M, Cain J 1987 Production, physiological, and behavioral responses of laying hens in different management environments. *Poult Sci* 66(3):397-407.
- Maxwell M 1993 Avian blood leucocyte responses to stress. *Worlds Poult Sci J* 49(1):34-43.
- Mumma JO, Thaxton JP, Vizzier-Thaxton Y, Dodson WL 2006 Physiological stress in laying hens. *Poult Sci* 85(4):761-769.
- Nicol C, Gregory N, Knowles T, Parkman I, Wilkins L 1999 Differential effects of increased stocking density, mediated by increased flock size, on feather pecking and aggression in laying hens. *App Anim Behav Sci* 65(2):137-152.
- Nicol CJ, Bestman M, Gilani AM, De Haas EN, De Jong IC, Lambton S, Wagenaar JP, Weeks CA, Rodenburg TB 2013 The prevention and control of feather pecking: application to commercial systems. *Worlds Poult Sci J* 69(4):775-788.
- Onbaşılılar E, Aksoy F 2005 Stress parameters and immune response of layers under different cage floor and density conditions. *Livest Prod Sci* 95(3):255-263.
- Pavlík A, Pokludová M, Zapletal D, Jelinek P 2007 Effects of housing systems on biochemical indicators of blood plasma in laying hens. *Acta Vet Brno* 76(3):339-347.
- Peguri A, Coon C 1993 Effect of feather coverage and temperature on layer performance. *Poult Sci* 72(7):1318-1329.
- Savory C 1995 Feather pecking and cannibalism. *Worlds Poult Sci J* 51(2):215-219.
- Sedlačková M, Bilčík B, Košťál E 2004 Feather pecking in laying hens: environmental and endogenous factors. *Acta Vet Brno* 73(4):521-531.
- Škrbić Z, Pavlovski Z, Lukić M, Vitorović D, Petričević V, Stojanović L 2011 Changes of egg quality properties with the age of layer hens in traditional and conventional production. *Biotechnol Anim Husband* 27(3): 659-667.
- Tactacan GB, Guenter W, Lewis N, Rodriguez-Lecompte J, House J 2009 Performance and welfare of laying hens in conventional and enriched cages. *Poult Sci* 88(4):698-707.
- Tauson R, Kjaer J, Maria G, Cepero R, Holm K 2005 Applied scoring of integument and health in laying hens. *Anim Sci Pap Rep* 23(Suppl 1):153-159.
- Tuerkyilmaz MK 2008 The effect of stocking density on stress reaction in broiler chickens during summer. *Turk J Vet Anim Sci* 32(1):31-36.
- Weeks C, Nicol C 2006 Behavioural needs, priorities and preferences of laying hens. *Worlds Poult Sci J* 62(2): 296-307.
- Welfare Quality R 2009 Welfare Quality R Assessment Protocol for Poultry (Broilers, Laying Hens). Welfare Quality R Consortium, Lelystad, Netherlands.

Received May 15, 2020, Revised Jun. 2, 2020, Accepted Jun. 2, 2020

