

ANIMAL

Effect of single-sex or mixed rearing on growth and laying performance, blood parameters, egg quality, and feather scores of laying hens in an aviary system

Jiseon Son, Hee-Jin Kim, Eui-Chul Hong, Hyun-Soo Kim, Jin-Joo Jeon, Bo-Seok Kang, Hwan-Ku Kang

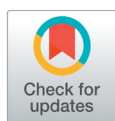
Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Pyeongchang 25342, Korea

*Corresponding author: magic100@korea.kr

Abstract

The present experiment was conducted to evaluate the effects of single-sex or mixed rearing on the growth and laying performance, blood parameters, egg quality, and feather scores of laying hens in an aviary system. A total of 2,928 (females, 2,856; males, 72), Hy-Line Brown chickens at 20 weeks were evenly assigned to two treatments: termed here the single-sex (only female) and mixed-sex (female to male 20 : 1) conditions. They were allowed an ad libitum diet for 20 weeks in an aviary system. There were eight replicates of each treatment, each consisting of 12.42 m²·birds⁻¹ (n=183), respectively. The body weight and uniformity in the mixed-sex condition were higher than those in the single-sex condition, but egg production did not show any significant differences between the two types of treatment for 20 weeks. The mixed-sex group showed an effect through stress parameters (corticosterone), whereas the feather score on the back was low at the end of the experiment. These results suggest that the presence of males affect corticosterone level for mating but can reduce the vigilance and aggressive behavior of laying hens.

Key words: animal welfare, aviary system, laying hens, male-female mixed, stress



OPEN ACCESS

Citation: Son J, Kim HJ, Hong EC, Kim HS, Jeon JJ, Kang BS, Kang HK. Effect of single-sex or mixed rearing on growth and laying performance, blood parameters, egg quality, and feather scores of laying hens in an aviary system. Korean Journal of Agricultural Science 49:19-29. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20210091>

Received: November 09, 2021

Revised: December 08, 2021

Accepted: December 14, 2021

Copyright: © 2022 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

동물복지에 대한 관심이 증가됨에 따라 축산에도 사회적 요구를 반영하여 기존의 사육시스템과 다르게 동물복지를 고려한 시설과 사양관리로 변화되고 있다. EU에서는 2012년 1월 1일부터 산란계의 기존 케이지 시설 사용을 금지하였으며(Council Directive 1999/74/EC), 이를 대체할 수 있는 enriched cage, 다단식 구조물(aviary system) 등 다양한 사육 시설이 개발되어 보급되고 있다. 국내 동물복지 인증 농가 중 산란계 농가의 비중이 가장 높으며, 매년 친환경 및 동물복지 인증 농가가 증가하고 있다. 국내 산란계 동물복지 농가의 사육 시설은 주로 평사 또는 방사 형태로 사육되고 있으며, 최근에는 다단식 구조물 시설에 대한 관심이 높아지면서 이를 도입하는 농가가 늘어나고 있다. 다단식 구조물은 2단(층) 이상의 구조물로 층

마다 화, 산란상, 급이 및 급수기가 설치되어 있어 닭이 햇대와 슬랫 등을 자유롭게 이용할 수 있으며, 날개펴기, 단장하기 등 자유로운 행동이 가능하다(Brendler and Schrader, 2016). 또한 동일 면적당 수용 가능한 사육수수가 평사보다 많으며, 계란 및 계분 벨트 등 자동화 시설을 갖추고 있어 효율성을 향상시킬 수 있다는 점에서 선호도가 높다(Sosnówka-Czajka et al., 2010). 산란계는 휴식 또는 포식자 등으로부터 방어하기 위한 수단으로 본능적으로 화를 이용하며, 육성기 화의 이용성이 산란기에 긍정적 영향을 주는 것으로 보고되고 있다. 화를 이용할 수 있는 기회가 적은 경우 골강도 및 공간 인지능력 발달에 부정적 영향을 미치고, 카니발리즘 발생 등의 문제를 야기할 수 있다(Gunnarsson et al., 2000; Janczak and Riber, 2015). 따라서 산란계의 운동 균형과 근력 발달을 비롯하여 카니발리즘, 방란 저감 등을 위해 초기 육성기에 화를 이용할 수 있도록 하며(Gunnarsson et al., 2000; Janczak and Riber, 2015), 다단식 구조물은 여러 단으로 구성되어 있기 때문에 육성기부터 화나 슬랫 등 구조물을 통한 도약 훈련이 중요하다.

깃털 찢기 행동(feather pecking)은 다른 개체의 깃털을 뽑거나 쪼아 먹으며 피부에 상처를 내는 행위로, 찢는 행동의 정도에 따라 GFP (gentle feather pecking)와 SFP (severe feather pecking)로 분류되며, 사육시설, 밀도, 주령 등 다양한 요인과 관련이 있다(Nicol et al., 1999; El-Lethey et al., 2000). 닭의 호기심, 탐색적 행동인 GFP와 달리 SFP는 깃털을 뽑거나 상처를 유발하고 심할 경우 카니발리즘(cannibalism)으로 발전될 수 있다. 닭은 사회적 학습에 능숙하기 때문에 깃털 찢기와 같은 행동은 계군 내에서 빠르게 퍼질 수 있다는 보고가 있어(McAdie and Keeling, 2002), 찢는 행동은 군집 사육되는 산란계의 동물복지형 계사에서 동물복지와 경제적 이유로 더욱 해결되어야 할 주요 문제가 되고 있다(De Haas et al., 2013; Giersberg et al., 2017; Decina et al., 2019). 깃털 찢는 행동과 깃털 손상도는 관련이 높아 깃털손상도를 통해 동물복지 수준에 대한 정보를 얻을 수 있다(Lambton et al., 2010).

국내 대부분의 산란계 동물복지 인증 농가는 친환경, 동물복지 및 유행병에 대한 소비자의 요구를 따라 대부분 암수를 합사하여 사육하고 있다. 하지만, 암수 합사하여 사육할 경우 급이 경쟁 및 수컷의 과도한 교미 등의 행동으로 인해 암탉에 스트레스를 유발할 수 있으며(Jeong et al., 2020), 교미 동안 암컷에 대한 공격성 문제도 보고되고 있다(Jones et al., 2001; De Jong et al., 2009). 그러나, 산란계의 동물복지형 사육시설에서 사육시에 암수 합사가 생산성, 혈액성상, 스트레스 및 깃털 손상에 미치는 영향에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 본 연구는 산란계 다단식 구조물 사육 시에 암수 합사가 체중 및 산란 능력, 혈액성상, 스트레스 호르몬 및 깃털 손상도에 미치는 영향을 보고자 실시하였다.

Materials and Methods

실험 설계 및 사양 관리

공시축은 20주령 산란계 실용계(Hy-Line Brown) 암컷 2,856수 및 수컷 72수를 선발하여(평균 체중 1,789 g \pm 7.14) 수컷 유무에 따라 2처리 8반복으로 총 20주간 사양 실험을 진행하였다. 실험 설계는 다단식 구조물이 설치된 계사를 pen으로 구획을 나누어(바닥면적 2.3 m \times 5.4 m = 12.42 m²), pen당 암컷 183수씩 배치하였으며, 암수 합사 처리구는 암컷 174수 및 수컷 9수(암수비율 20 : 1)로 배치하였다. 시험사료는 국내 시판사료를 급이 하였으며 영양소 함량은 Table 1에 나타내었다. 사료와 물은 자유롭게 섭취하게 하였다. 사육관리는 동물복지 인증기준을 준수하였으며, 점등관리는 시험기간 동안 16L : 8D로 하였고, 조도는 20 Lux로 설정하였다. 온도와 습도는 각각 21 \pm 2°C, 50 - 55%로 유지하였다. 본 시험은 국립축산과학원 가금연구소 실험동물 관리 및 연구윤리위원회의 규정과 허가(승인번호: 2019-352)에 따라 실시하였다.

Table 1. Nutrient content of experimental diet.

Calculated chemical composition ^z	Peaking (20 - 32 wk)	Post peak (32 - 40 wk)
ME (kcal·kg ⁻¹)	4,331	3,672
CP (%)	16.5	16.1
Lysine (%)	1.15	0.81
Methionine (%)	0.21	0.10
Ca (%)	4.13	3.34
P (%)	0.28	0.25

ME, metabolizable energy; CP, crude protein.

^z Nutrient contents in all diet were calculated.

체중 및 산란 능력

암수 합사에 따른 체중 변화를 조사하기 위해 pen당 40수를 선발하여 총 320수 체중을 시험 시작 시점과 종료 시점에 측정하였다. 균일도는 평균 체중의 $\pm 10\%$ 범위에 포함되어 있는 개체 비율로 나타내었다. 산란율(hen-day egg production)을 조사하기 위해 매일 일정한 시간에 집란하여 조사하였다.

혈액성상 분석

혈구 분석

암수 합사가 산란계 육성기의 혈액 성상에 미치는 영향을 분석하기 위해 40주령에 pen 당 10수씩, 처리당 총 80수에 대하여 익하정맥에서 혈액 3 mL을 채취하여 EDTA가 처리된 tube에 담았다. 채취한 혈액은 24시간 이내에 자동 혈구 분석기(HEMAVET[®] HV950FS, Drew Scientific, Inc., PA, USA)를 이용하여 분석하였다.

혈청 생화학 성분 분석

혈액 내 생화학 성분을 분석하기 위해 시험 종료시 pen 당 10수씩 총 80수의 익하정맥에서 혈액을 채취하여 Serum separator tube (BD Biosciences, Franklin Lakes, NJ, USA)에 담았다. 3,000 rpm, 4°C, 20분 원심분리 후 혈청을 분리하여 분석 전까지 -80°C에 보관하였다. 보관된 혈청은 자동 혈액 생화학 분석기(AU480 Chemistry Analyzer, Beckman Coulter Inc., CA, USA)를 이용하여 혈청 내 생화학 조성을 분석하였다.

혈청 내 corticosterone 함량 측정

암수 합사에 따른 암컷의 혈액 내 스트레스 호르몬 함량을 분석하기 위해 시험 종료시 pen 당 10수씩 총 80수의 혈액을 익하정맥에서 채취하여 혈청을 분리한 후, Corticosterone ELISA Kit (ADI-900-097, Enzo Life Sciences, Inc., Farmingdale, NY, USA)을 이용하여 분석하였다.

계란 품질 분석

암수 합사에 따른 계란 특성을 평가하기 위해 각 반복당 10개씩 총 80개의 계란을 임의로 수집하여 분석하였다. 난중, 난백고, Haugh unit, 난황색은 계란품질 분석기(Egg analyzer, ORKA Food Technology Ltd., Ramat Hasharon, Israel)를 이용하여 분석하였다. 난각 강도는 난각 강도기(Egg shell force gauge model II, Robotmation Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하였으며, 난각 두께는 난각막을 제거한 뒤 중편부의 두께를 Thickness Gage (Digimatic micrometer, Series 547-360, Mitutoyo, Kawasaki, Japan)를 이용하여 측정하였다. 난각색은 계란의 둔단부를 색차계(Chromameter, CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 L* (명도), a* (적색도), b* (황색도)를 측정 후 $\sqrt{L^{*2}+a^{*2}+b^{*2}}$ 공식으로 계산하여 나타내었다.

깃털 손상도

깃털 손상도 평가는 Tauson 등(2005)과 Son 등(2020)의 방법을 참고하여 산란계의 머리, 목, 등, 가슴, 날개, 꼬리 총 6개의 부위의 깃털 상태를 1-4점으로 분류하고, 처리구당 80수씩 시험종료 시점에 평가하였다. 깃털 손상도를 평가한 방법은 깃털이 빠지거나 손상이 없는 가장 좋은 상태를 1점, 깃털이 조금 빠지거나 손상된 상태를 2점, 깃털이 빠지고 피부가 5 cm² 미만으로 드러난 상태를 3점, 깃털이 거의 빠져있고 피부가 5 cm² 이상 드러난 상태를 4점으로 평가하였다. 각 부위당 깃털손상도를 평가하여 평균으로 나타내었다.

통계처리

각 처리별 pen을 실험단위로 하였으며, 혈액, 계란 및 깃털 점수는 개체로 분석하였다. 본 시험에서 얻어진 모든 자료들의 통계분석은 Statistics Analytical System (SAS) 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 t-test를 이용하여 분석하였으며, $p < 0.05$ 수준에서 평균값 간의 유의성을 검정하였다.

Results and Discussion

체중 및 산란능력

산란계 다단식 구조물 사육시 암수 합사에 따른 산란기 체중 및 균일도에 대한 결과를 Table 2에 나타내었다. 개시체중은 처리간 차이가 없었으나, 시험 종료시 암수를 합사한 처리구에서 체중이 높게 나타났다($p < 0.05$). 쪼는 행동과 체중 간의 음의 상관관계가 있으며, 상대적으로 체중이 낮은 닭이 공격적 쪼는 행동(SFP)을 당할 가능성이 높다고 보고하였다(Hughes and Duncan, 1972; Bilkic and Keeling, 1999). 본 연구결과에서 암탉만 있는 처리구의 체중이 낮게 나타났는데, 체중에 영향을 미칠 수 있는 사료, 환경 등 여러 원인이 있어 추가적인 고찰이 필요하다. 산란계 다단식 구조물 사육시 암수 합사에 따른 산란기 체중 및 균일도에 대한 결과를 Table 3에 나타내었다. Li 등(2018)은 수컷의 존재가 암탉의 성성숙을 자극하여 시산일령이 빨라진다고 보고하였으나, 본 연구결과에서 암수 합사에 따른 시산일령은 차이가 없었으며, 산란율 또한 차이가 나타나지 않았다. 처리별 정상란 비율은 합사하지 않은 처리에서 높게 나타났는데($p < 0.05$), 높은 사육밀도 등의 스트레스에 노출되는 경우 난각 품질이 저하될 수 있다고 보고하였으며, 혈중 corticosterone이 난각품질에 영향을 주는 것으로 보고하였다(Kim et al., 2015). 파란율과 방란율 및 폐사율은 시험기간동안 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

Table 2. Effects of single-sex and mixed-sex on growth performance of laying hens at initial and final period in aviary system.

Parameter	Single-sex	Mixed-sex	SEM	p-value
Initial				
Body weight (g)	1,780.3	1,797.8	7.142	0.222
Uniformity (%)	85.6	88.1	1.281	0.347
Final				
Body weight (g)	1,933.7	2,000.8	9.575	0.000
Uniformity (%)	82.5	85.6	2.670	0.576

SEM, standard error of means.

Table 3. Effects of single-sex and mixed-sex on laying performance of laying hens in aviary system.

Parameter	Single-sex	Mixed-sex	SEM	p-value
Age at first egg	121.80	121.10	0.376	0.425
Egg production (%)	87.16	85.84	0.576	0.252
Normal eggs (%)	96.79	95.82	0.140	0.001
Broken eggs (%)	0.13	0.11	0.007	0.249
Floor eggs (%)	3.09	3.08	0.143	0.000
Mortality (%)	0.07	0.05	0.008	0.156

SEM, standard error of means.

혈구 성분

산란계 다단식 구조물 사육시 암수 합사가 혈구 성분에 미치는 결과는 Table 4에 나타내었다. 혈구 성분은 동물의 건강상태를 판정하는 기초 지표로 면역 및 스트레스 상태를 분석하는 중요한 지표로 사용되고 있다 (McFARLANE and Curtis, 1989). 그 중 heterophil (H)/lymphocyte (L) 비율은 스트레스 반응 정도를 간접적으로 나타내는 지표로 사용되는데, 스트레스 상황에 노출되면 혈액 내 상대적으로 heterophil은 증가하나, lymphocyte는 감소하며 지속적으로 천천히 반응하는 안정된 지표로 알려져 있다 (Cotter, 2015). Jeong 등(2020)은 토종 종계의 암수 합사가 닭의 H/L 비율을 증가시켜 외적 스트레스를 일으킨다고 보고하였으며, Campo와 Davila (2002)는 계군의 크기가 작고 수컷의 비율이 높을 경우 혈액 내 H/L 비율이 높아지고, 긴장성 부동성(tonic immobility, TI)이 높게 나타나 생리학 및 심리적 스트레스 반응을 증가시킨다고 보고하였다. 본 연구 결과에서 처리간 H/L 비율은 통계적 유의성은 없었다. 적혈구는 질병에 대한 신체적 방어 시스템에 의해 증가하며, 열스트레스 등 환경에 노출 시 적혈구가 손상되고, 크기가 줄어 적혈구용적(HCT)이 감소한다고 알려져 있다 (Hillman et al., 1985). 하지만 본 연구 결과에서는 합사하지 않은 처리구에서 유의적으로 낮게 나타났는데($p < 0.05$), 쪼는 행동과 혈구 특성에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Table 4. Effects of single-sex and mixed-sex on components of leukocyte and erythrocyte profile of laying hens at week 40 in aviary system.

Parameter	Single-sex	Mixed-sex	SEM	p-value
Leukocytes				
WBC ($K \cdot \mu L^{-1}$)	11.99	12.06	0.621	0.954
HE ($K \cdot \mu L^{-1}$)	1.88	2.10	0.230	0.643
LY ($K \cdot \mu L^{-1}$)	8.91	8.31	0.275	0.284
H/L ratio	0.13	0.18	0.015	0.065
MO ($K \cdot \mu L^{-1}$)	0.99	0.81	0.055	0.092
EO ($K \cdot \mu L^{-1}$)	0.07	0.06	0.011	0.815
BA ($K \cdot \mu L^{-1}$)	0.04	0.51	0.127	0.059
Erythrocyte				
RBC ($K \cdot \mu L^{-1}$)	2.50	3.36	0.209	0.040
Hb ($g \cdot dL^{-1}$)	9.18	10.98	0.456	0.048
HCT (%)	24.18	34.46	2.403	0.032
MCV (fL)	96.93	90.21	2.090	0.110
MCH ($g \cdot dL^{-1}$)	36.80	37.71	0.247	0.066
MCHC ($g \cdot dL^{-1}$)	38.00	34.80	0.738	0.029

SEM, standard error of means; WBC, white blood cells; HE, heterophils; LY, lymphocytes; H/L ratio, heterophil : lymphocytes; Mo, monocytes; EO, eosinophils; BA, basophils; RBC, red blood cells; Hb, hemoglobin; HCT, hematocrit; MCV, mean corpuscular volume; MCH, mean corpuscular hemoglobin; MCHC, mean corpuscular hemoglobin concentration.

혈청 생화학 성분

산란계 다단식 구조물 사육시 암수 합사에 따른 혈액 생화학 분석 결과는 Table 5에 나타내었다. 혈중 생화학 성분은 사육환경, 영양, 주령 등이 동물의 건강상태나 생산성에 미치는 영향을 평가할 수 있다(Kredatus and Valent, 1993). 혈중 glucose나 triglycerides은 스트레스 지표나 산란계의 복지 상태의 지표로 사용되고 있다(Yilmaz Dikmen et al, 2016). Glucose는 항상성으로 인해 비교적 안정된 수준으로 유지가 되지만, 환경 변화나 스트레스 등에 반응하여 영향을 받는 지표로 알려져 있다(Korte, 2001). 본 연구 결과 암수 합사 처리구의 glucose가 높게 나타났으며($p < 0.05$), 이는 Kim 등(2015)이 보고한 체내 corticosterone 수준의 증가로 인해 glucose 수준이 높게 나타났다는 결과와 유사한 경향을 보였다. Total cholesterol 수치는 합사한 처리에서 높게 나타났는데($p < 0.05$), 체내 cholesterol은 에스트로겐 등 번식호르몬을 합성하는 전구체로 산란계의 산란능력에 영향을 미칠 수 있다고 알려져 있다(Suchý et al., 1999). 또한 AST (aspartate aminotransferase) 및 ALT (alanine aminotransferase)는 신장 및 간 대사 이상의 지표로 알려져 있으며(Lumeij, 1997), 본 연구에서는 처리간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 혈액 내 creatinine은 스트레스 환경에서 근육 단백질의 손상 지표로 이용되며, 고온 스트레스 환경에서 증가하는 것으로 보고되고 있다(Kim et al, 2020). 하지만 혈중 creatinine은 처리에 따른 차이가 나타나지 않았으며, calcium 및 albumin 또한 유의적 차이가 나타나지 않았다. 암수합사가 산란계의 혈액 생화학 성분 특성에 미치는 영향에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

Table 5. Effects of single-sex and mixed-sex on biochemical profiles of laying hens at week 40 in aviary system.

Parameter	Single-sex	Mixed-sex	SEM	p-value
Total cholesterol (mg·dL ⁻¹)	129.25	150.85	4.011	0.005
Triglyceride (mg·dL ⁻¹)	1,586.23	1,585.74	24.607	0.992
Glucose (mg·dL ⁻¹)	126.65	145.14	4.599	0.042
Total protein (mg·dL ⁻¹)	5.61	5.42	0.058	0.106
AST (U·L ⁻¹)	202.47	211.69	5.927	0.445
ALT (U·L ⁻¹)	2.94	3.51	0.202	0.159
Calcium (mg·dL ⁻¹)	28.06	28.14	0.266	0.889
Creatinine (mg·dL ⁻¹)	0.32	0.31	0.004	0.528
Albumin (g·dL ⁻¹)	2.20	2.18	0.016	0.652

SEM, standard error of means; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase.

혈청 내 corticosterone 함량

산란계 다단식 구조물 사육시 암수 합사에 따른 혈청 내 corticosterone 수준 결과는 Table 6에 나타내었다. Corticosterone은 동물의 스트레스 수준을 평가하는 지표로 두려움과 불안 등 정서적 행동에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Korte, 2001). 산란계의 체내 증가된 corticosterone은 섭취량 감소, 깃털 쪼는 증가, 산란율 감소 등 부정적인 영향을 미칠 수 있다(El-Lethey et al., 2000; Shini et al., 2009). 일부 연구에서 수탉의 울음소리는 암탉을 산란 장소로 안내하거나, 외부 포식자들로부터 암탉을 보호하는 역할을 하여, 암탉의 경계심이나 두려움을 줄여줄 수 있다고 보고하였다(Wood-Gush and Duncan, 1976; Rietveld-Piepers et al., 1985). 본 연구결과에서 암수 합사한 처리에서 혈액 내 스트레스 호르몬의 수준이 높게 나타났는데, 이는 Jeong 등(2020)의 연구에서 암수 합사에 의한 수컷의 교미 행동 등이 체내 스트레스 수준을 높게 했다는 결과와 같은 경향을 보였다. 하지만 수탉의 존재가 암탉의 포식자 등 외부에 대한 경계심을 줄여줄 수 있다는 보고도 있어, 공포심 외에 수탉의 교미 행동에 의해 스트레스를 받았을 것으로 사료된다.

Table 6. Effects of single-sex and mixed-sex on serum corticosterone concentration of laying hens at week 40 in aviary system.

Parameter	Single-sex	Mixed-sex	SEM	p-value
Corticosterone (ng·mL ⁻¹)	4.06	6.30	0.575	0.050

SEM, standard error of means.

계란 품질

산란계 다단식 구조물 사육시 암수 합사에 따른 계란품질 분석 결과는 Table 7에 나타내었다. 난중과 난각색은 소비자가 계란을 인식하는데 가장 중요한 물리적 특징이다(Lewko and Gornowicz, 2011). 또한 스트레스에 노출이 되면 난각의 색소 침착에 영향을 주어 탈색란 등의 문제가 발생할 수 있어 산란계의 생산성과 관련된 생물학적 지표로 사용되며(Van Den Brand et al., 2004), 일부 연구에서는 난각색과 난각품질의 양의 상관관계를 보인다고 보고하고 있다(Şekeroğlu and Duman, 2011; Samiullah et al., 2015). 본 연구 결과 합사에 따른 난중과 난각품질의 차이는 나타나지 않았다. 계란의 신선도는 난백고와 Haugh unit으로 평가하며, Haugh unit이 높은 계란은 신선도가 좋은 상태를 의미한다. Benton Jr 등(2001)은 수정란이 미수정란보다 낮은 알부민 높이를 가지고 있다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서 암수 합사에 따라 생산된 계란을 수정란과 미수정란으로 비교하였을 때, 난백고의 차이가 나타나지 않았다. 난황색은 사료, 사육환경, 주령 등에 의해 영향을 받을 수 있으며, 동물복지 사육시에 풀, 건조 등의 섭취로 인해 난황색이 짙어 질 수 있다고 보고하였다(Van Den Brand et al., 2004; Lewko and Gornowicz, 2011). 하지만 본 연구에서는 동일한 사료와 사양관리를 제공했다는 점에서 암수 합사에 따른 차이는 나타나지 않는 것으로 사료된다. 따라서 암수 합사가 계란의 내외부 품질에 영향을 미치지 않는 것으로 보인다.

Table 7. Effects of single-sex and mixed-sex on egg quality of laying hens at week 40 in aviary system.

Parameter	Single-sex	Mixed-sex	SEM	p-value
Egg weight (g)	60.1	60.5	0.301	0.485
Albumen height (mm)	8.3	8.5	0.074	0.157
Haugh unit	91.1	92.1	0.437	0.277
Yolk color	6.7	7.0	0.083	0.052
Eggshell strength (kg·cm ⁻²)	4.46	4.59	0.064	0.342
Eggshell thickness (mm)	0.42	0.43	0.002	0.869
Eggshell color	67.6	67.6	0.199	0.8267

SEM, standard error of means.

깃털 손상도

산란계 다단식 구조물 사육시 암수 합사에 따른 깃털 손상도는 Table 8에 나타내었다. 깃털 쪼는 행동은 사육환경, 밀도, 주령 등 여러가지 요인에 의해 영향을 받으며(Sedlačková et al., 2004), 산란계에서 깃털 손상도는 깃털 쪼는 행동과 관련이 높아 동물복지 수준을 평가하는 지표이며, 계군이 큰 집단에서 깃털 쪼는 행동을 평가하기 위한 척도로 이용되고 있다(Gunnarsson, 1999; Weeks and Nicol, 2006). 또한 깃털 손상은 산란계의 복지 상태를 나타내기에 소비자에게 부정적인 인식을 줄 수 있다(Sosnowka-Czajka et al., 2010). 심각한 깃털 쪼기 행동은 깃털을 뽑거나 피부에 손상을 입히며, 공격적 쪼는 행동은 주로 머리와 벼슬에서 상처를 입힌다(Bilcik and Keeling, 1999). Odén 등(2005)의 연구에 따르면 합사한 경우 암탉의 경계심, 스트레스 수준을 평가하는 지표 중 하나인 TI (tonic immobility)시간이 암컷만 있는 처리보다 짧게 나타났는데, 이는 수컷의 존재가 암탉의 포식자에 대한 경계를 감소시켜 공포심을 줄여준 결과라고 보고하였다. 또한 이들 연구에서는 공격적 쪼는 행동에 의해 주로 발생하는 머리 부위의 깃털 손상도는 합사하지 않은 처리에서 높게 나타났는데, 본 연구결과에서는 머리 부위의 깃털 손상도는

처리간 유의적 차이는 없었다. 일부 연구에서 등과 꼬리의 깃털 손상은 깃털 찢기 행동과 수컷의 교미 행동으로 인해 발생할 수 있다고 보고하였다(Wood-Gush and Duncan, 1976; Nørgaard-Nielsen et al., 1993). 본 연구에서 합사하지 않은 처리구의 등 부위의 깃털 손상이 높게 나타났는데($p < 0.05$), 이는 암탉 간의 공격적 찢는 행동에 의한 것으로 사료된다. Gunnarsson 등(1995)는 암수 합사와 관련 없이 대규모의 산란계 농장에서는 섭식 경쟁이 증가함에 따라 깃털의 손상도가 증가했다고 보고하였다. 또한 찢는 행동은 성비와 성별 간에 차이가 나타나지 않는 것으로 보고되고 있으나(Oh et al., 2019), 추후 수컷의 존재가 암컷의 경계심과 찢는 행동에 미치는 영향에 대한 행동학적 분석 연구가 추가적으로 필요할 것으로 사료된다.

Table 8. Effects of single-sex and mixed-sex on feather score of laying hens at week 40 in aviary system.

Parameter	Single-sex	Mixed-sex	SEM	p-value
Head	1.09	1.06	0.017	0.357
Neck	1.50	1.49	0.036	0.913
Back	1.90	1.61	0.054	0.008
Breast	1.22	1.27	0.029	0.410
Wing	1.32	1.38	0.039	0.419
Tail	1.78	1.92	0.048	0.157

SEM, standard error of means.

Conclusion

산란계 다단식구조물은 닭의 자연적 습성이 반영된 자동화 시설로 생산효율이 높아 국내 농가의 관심이 증가하고 있다. 산란계의 깃털 찢는 행동은 다른 개체의 스트레스를 유발할 수 있으며, 동물복지형 사육시에 동물복지와 생산성 측면에서 주요 문제로 작용된다. 또한 친환경 및 동물복지에 대한 소비자의 요구로 국내 산란계 동물복지 농가는 암수를 합사하여 유정란을 생산하고 있어, 본 연구에서는 산란계 다단식 구조물 사육시 암수 합사가 산란기 체중 및 산란능력, 혈액성상 및 깃털손상도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 수행되었다. 20주령 산란계 암컷 2,856수, 수컷 72수, 총 2,928수를 공시하여 다단식구조물이 설치된 계사에 pen으로 구획을 나누어 수컷 유무에 따라 2처리 8반복으로 20주간 시험을 실시하였다. 시험종료 시 체중은 합사한 처리에서 높게 나타났으나, 산란율은 차이가 나타나지 않았다. 또한 시험종료시 혈액 성상을 분석한 결과 혈중 콜레스테롤과 글루코스 함량이 합사한 처리에서 높게 나타났다. 스트레스 수준 지표로 이용되는 corticosterone은 합사한 처리에서 높게 나타났으며, H/L 비율은 유의적 차이는 나타나지 않았다. 또한, 암수 합사에 따른 계란 품질은 유의적 차이를 보이지 않았다. 동물복지 지표로 이용되는 깃털 손상도 평가에서 등과 꼬리 부위의 깃털 손상은 공격적 깃털 찢는 행동이나 수컷의 교미에 의해 주로 발생할 수 있는데, 합사하지 않은 처리에서 높게 나타나 이는 공격적 깃털 찢는 행동에 의한 결과로 사료된다. 본 연구에서는 다단식구조물 사육시에 수컷의 존재가 스트레스 수준과 동물복지 지표에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 암수 합사에 의한 산란계의 행동학적 분석에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Conflict of Interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgements

본 연구는 농촌진흥청 고유연구사업(과제번호: PJ014328)과 2021년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

Authors Information

Jiseon Son, <https://orcid.org/0000-0002-5285-8186>

Hee-Jin Kim, <https://orcid.org/0000-0002-6959-9790>

Eui-Chul Hong, <https://orcid.org/0000-0003-1982-2023>

Hyun-Soo Kim, <https://orcid.org/0000-0001-8887-1318>

Jin-Joo Jeon, <https://orcid.org/0000-0001-7585-4746>

Bo-Seok Kang, <https://orcid.org/0000-0002-3438-8379>

Hwan-Ku Kang, <https://orcid.org/0000-0002-4286-3141>

References

- Benton Jr C, Walsh T, Brake J. 2001. Effects of presence of a blastoderm on albumen height and pH of broiler hatching eggs. *Poultry Science* 80:955-957.
- Bilcik B, Keeling L. 1999. Changes in feather condition in relation to feather pecking and aggressive behaviour in laying hens. *British Poultry Science* 40:444-451.
- Brendler C, Schrader L. 2016. Perch use by laying hens in aviary systems. *Applied Animal Behaviour Science* 182:9-14.
- Campo J, Davila S. 2002. Influence of mating ratio and group size on indicators of fearfulness and stress of hens and cocks. *Poultry Science* 81:1099-1103.
- Cotter PF. 2015. An examination of the utility of heterophil-lymphocyte ratios in assessing stress of caged hens. *Poultry Science* 94:512-517.
- 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. *Poultry Science* 92:2259-2269.
- De Jong I, Wolthuis-Fillerup M, Van Emous R. 2009. Development of sexual behaviour in commercially-housed broiler breeders after mixing. *British Poultry Science* 50:151-160.
- Decina C, Berke O, van Staaveren N, Baes CF, Harlander-Matauscheck A. 2019. Development of a scoring system to assess feather damage in Canadian laying hen flocks. *Animals* 9:436.
- El-Lethey H, Aerni V, Jungi T, Wechsler B. 2000. Stress and feather pecking in laying hens in relation to housing conditions. *British Poultry Science* 41:22-28.
- Giersberg MF, Spindler B, Kemper N. 2017. Assessment of plumage and integument condition in dual-purpose breeds and conventional layers. *Animals* 7:97.
- Gunnarsson S. 1999. Effect of rearing factors on the prevalence of floor eggs, cloacal cannibalism and feather pecking in commercial flocks of loose housed laying hens. *British Poultry Science* 40:12-18.
- Gunnarsson S, Odén K, Algers B, Svedberg J, Keeling L. 1995. Poultry health and behaviour in a tiered system for loose housed layers. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Hygiene, Skara, Sweden.
- Gunnarsson S, Yngvesson J, Keeling LJ, Forkman B. 2000. Rearing without early access to perches impairs the spatial skills of laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 67:217-228.

- Hillman PE, Scott NR, Tienhoven AV. 1985. Physiological responses and adaptations to hot and cold environments. *Stress physiology in livestock*. Volume III. pp. 1-71. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Hughes B, Duncan I. 1972. The influence of strain and environmental factors upon feather pecking and cannibalism in fowls. *British Poultry Science* 13:525-547.
- Janczak AM, Riber AB. 2015. Review of rearing-related factors affecting the welfare of laying hens. *Poultry Science* 94:1454-1469.
- Jeong HC, Choi ES, Kwon JH, Cho EJ, Sohn SH. 2020. Effect of mixed rearing of male and female chickens on the stress response of Korean native chickens. *Korean Journal of Poultry Science* 47:29-37. [in Korean]
- Jones E, Prescott N, Cook P, White R, Wathes C. 2001. Ultraviolet light and mating behaviour in domestic broiler breeders. *British Poultry Science* 42:23-32.
- Kim BH, Kim HR, Kim KH, Kim MJ, Baek YC, Lee SD, Jeong JY. 2020. Effect of heat stress on growth performance and blood profiles in finishing pigs. *Korean Journal of Agricultural Science* 47:683-691. [in Korean]
- Kim YH, Kim J, Yoon HS, Choi YH. 2015. Effects of dietary corticosterone on yolk colors and eggshell quality in laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 28:840-846.
- Korte S. 2001. Corticosteroids in relation to fear, anxiety and psychopathology. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 25:117-142.
- Kredatus S, Valent M. 1993. Relationships between plane of nutrition, performance, age and biochemical parameters in the blood of laying hens. *Zivocisna Vyroba-UZPI (Czech Republic)* 38:153-159.
- Lambton SL, Knowles TG, Yorke C, Nicol CJ. 2010. The risk factors affecting the development of gentle and severe feather pecking in loose housed laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 123:32-42.
- Lewko L, Gornowicz E. 2011. Effect of housing system on egg quality in laying hens. *Annals of Animal Science* 11:607-611.
- Li Y, Zhan K, Li J, Liu W, Ma R, Liu S, Han T, Li S, Wang S, Hu Y. 2018. Comparison of natural mating and artificial insemination on laying performance, egg quality and welfare of fast feathering huainan partridge chickens. *Pakistan Journal of Zoology* 50:1131-1135.
- Lumeij JT. 1997. Avian clinical biochemistry. In *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. pp. 857-883. Academic Press, San Diego, USA.
- McArdie TM, Keeling LJ. 2002. The social transmission of feather pecking in laying hens: Effects of environment and age. *Applied Animal Behaviour Science* 75:147-159.
- McFarlane JM, Curtis SE. 1989. Multiple concurrent stressors in chicks. 3. Effects on plasma corticosterone and the heterophil: lymphocyte ratio. *Poultry Science* 68:522-527.
- 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. *Applied Animal Behaviour Science* 65:137-152.
- Nørgaard-Nielsen G, Vestergaard K, Simonsen H. 1993. Effects of rearing experience and stimulus enrichment on feather damage in laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 38:345-352.
- Odén K, Gunnarsson S, Berg C, Algers B. 2005. Effects of sex composition on fear measured as tonic immobility and vigilance behaviour in large flocks of laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 95:89-102.
- Oh S, Yoon S, Lee J, Jeon S, Oh D, Ha J, Song Y, Kim J. 2019. Effect of mixed or split-sex feeding on growth performance and behavior of Korean native chicken. *Annals of Animal Resource Sciences* 30:105-110. [in Korean]
- Rietveld-Piepers B, Blokhuis H, Wiepkema P. 1985. Egg-laying behaviour and nest-site selection of domestic hens kept in small floor-pens. *Applied Animal Behaviour Science* 14:75-88.
- Samiullah S, Roberts JR, Chousalkar K. 2015. Eggshell color in brown-egg laying hens a review. *Poultry Science* 94:2566-2575.
- Sedlačková M, Bilčík B, Košťál L. 2004. Feather pecking in laying hens: Environmental and endogenous factors. *Acta Veterinaria Brno* 73:521-531.
- Şekeroğlu A, Duman M. 2011. Effect of egg shell colour of broiler parent stocks on hatching results, chickens performance, carcass characteristics, internal organ weights and some stress indicators. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 17:837-842.

- Shini S, Shini A, Huff G. 2009. Effects of chronic and repeated corticosterone administration in rearing chickens on physiology, the onset of lay and egg production of hens. *Physiology and Behavior* 98:73-77.
- Son JS, Kim CH, Kang HK, Kim HS, Jeon JJ, Hong EC, Kang BS. 2020. Effect of stocking density on the feather condition, egg quality, blood parameters and corticosterone concentration of laying hens in conventional cage. *Korean Journal of Poultry Science* 47:83-93. [in Korean]
- Sosnówka-Czajka E, Herbut E, Skomorucha I. 2010. Effect of different housing systems on productivity and welfare of laying hens. *Annals of Animal Science* 10:349-360.
- Suchý, P, Straková E, Hrubý A. 1999. Variations in cholesterol concentrations in the blood plasma of hens throughout the laying period. *Czech Journal of Animal Science* 44:109-111.
- Tauson R, Kjaer JB, Maria Levrino G, Cepero Briz R. 2005. Applied scoring of integument and health in laying hens. In *Proceedings of the 7th European Symposium on Poultry Welfare, Lublin, Poland, 15-19 June*. Polish Academy of Sciences 23:153-159.
- Van Den Brand H, Parmentier H, Kemp B. 2004. Effects of housing system (outdoor vs cages) and age of laying hens on egg characteristics. *British Poultry Science* 45:745-752.
- Weeks C, Nicol C. 2006. Behavioural needs, priorities and preferences of laying hens. *World's Poultry Science Journal* 62:296-307.
- Wood-Gush D, Duncan I. 1976. Some behavioural observations on domestic fowl in the wild. *Applied Animal Ethology* 2:255-260.
- Yılmaz Dikmen B, İpek A, Şahan Ü, Petek M, Sözcü A. 2016. Egg production and welfare of laying hens kept in different housing systems (conventional, enriched cage, and free range) *Poultry Science* 95:1564-1572.