

산란계 평사 사육시 육성기 쉼 재질에 따른 생산성, 혈액성상, 깃털 손상도에 미치는 영향*

김희진*** · 손지선**** · 홍의철***** · 강환구**

Effect of Perch Material Type on Performance, Blood Characteristics, and Feather Score of Layer Pullets on Floor during Growth Period

Kim, Hee-Jin · Son, Jiseon · Hong, Eui-Chul · Kang, Hwan Ku

The present study investigated the effect of perch material type (wood and steel) on performance, blood characteristics, and feather pecking. A total of 1,700, one-day-old female Hy-Line brown chicks were evenly assigned to two treatments (wood and steel). The body weight and uniformity of birds were investigated over a 10-week experimental period. Blood characteristics and feather pecking was conducted at week 10. The wood perch treatment (WP) and steel perch treatment (SP) did not differ in their body weight, uniformity, and serum biochemical profile (except inorganic phosphorus) of pullets. Inorganic phosphorus on serum in WP significantly higher than that in SP ($P<0.05$). Blood corpuscle composition (leukocyte, erythrocyte, and Heterophil / Lymphocyte ratio) of pullets did not show any significant differences among treatments at week 10. Serum corticosterone and feather score that is stress and welfare indices were not affected by the type of perch material. In conclusion, our results suggest that performance, blood characteristics, and feather pecking of pullets were not affected by the perch material type. The results of this study can serve as basic data for investigating the effects of perch type on layer pullets.

Key words : *animal welfare, feather score, layer pullets, perch, stress*

* 본 연구는 농촌진흥청 고유연구사업(과제번호: PJ014328)과 2021년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 이루어진 것임.

** Corresponding author, 국립축산과학원 가금연구소 농업연구사(magic100@korea.kr)

*** 주저자, 국립축산과학원 가금연구소 전문연구원

**** 주저자, 국립축산과학원 가금연구소 농업연구사

***** 국립축산과학원 가금연구소 농업연구사

I. 서 론

산란계의 동물복지 실현을 위해 국내·외 산란계 산업에서는 케이지를 대체할 새로운 사육 시스템을 구현하고 있다. 산란계 동물복지형 평사 및 다단식 구조는 기존 케이지 사육보다, 닭이 자유롭게 행동할 수 있도록 더 많은 공간을 제공할 수 있어 동물복지 사육에 많이 이용되고 있다. 국내 동물복지형 산란계의 계사형태 및 사육시설에는 다양한 종류가 있으며, 돼의 경우 소, 돼지 등 다른 축종에는 없으며 가금분야의 동물복지 시설 중 중요한 요소라 할 수 있다. 돼의 경우 EU 및 국내 동물복지 인증기준에서는 닭 1마리 당 최소 15 cm의 돼의 길이를 제공해야 하며(Council Directive 1999/74/EC), 날카로운 모서리가 없는 둥근 형태의 돼를 제공해야 한다고 명시되어 있다(Brendler and Schrader, 2016).

닭은 그룹 간의 상호작용으로 인하여 한 마리의 행동이 같은 계군의 닭에게 강력하게 영향을 미칠 수 있다. 쪼기, 먹이 찾기와 같은 기존 행동은 사회적인 촉진을 통해 동일한 행동을 하도록 영향을 미치는데(Tolman, 1968), 일반적으로 닭은 관찰 학습을 통해 key-pecking 및 깃털 쪼기(feather pecking)와 같은 새로운 행동을 시작할 수 있다. 하지만, 이러한 깃털 쪼기 행동은 산란계의 깃털 손상으로 이어질 수 있으며, 다른 산란계의 공격을 피할 수 있는 시설인 돼가 없을 경우 깃털 손상이 심하게 나타난다(Wechsler and Huber-Eicher, 1998). 결과적으로 돼를 제공함으로써 깃털 손상으로 인한 통증과 산란계의 복지형 사육 형태에서 발생하는 문제를 감소시킬 수 있다(Gentle and Hunter, 1990).

돼의 조건으로는 산란계가 오래 머무를 수 있도록 안정성이 높아야 하며, 산란계의 다리에 무리가 가지 않도록 설계되어야 하기 때문에 돼의 종류는 매우 중요하다(Pickel et al., 2011). 돼의 종류에 따라, 미생물 오염에 따른 위생적 문제 및 기생충의 문제가 발생할 수 있으며, 그로 인해 산란계의 건강문제와 스트레스를 발생시킬 수 있다(Stratmann et al., 2015). 또한 육성기의 환경 조성(돼, 플랫폼, 쪼는 물질 등)은 산란기 생산 환경의 적응을 위하여 매우 중요하다(Janczak and Riber, 2015). 하지만, 국내 산란계 동물복지 인증 시 돼의 기준이 정해져 있으나, 이에 대한 과학적 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 평사 사육 시 돼의 재질(목재 및 철재)이 육성기 산란계의 체중 균일도, 혈청 생화학 성분, 혈구 구성, 스트레스 호르몬 및 깃털 손상도에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보기 위하여 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 설계 및 사양 관리

공시계는 1일령 산란 초생추(Hy-Line Brown) 암컷 1,700수(39.8 ± 0.595 g)를 선별하여 총 10주간 실험을 실시하였다. 본 시험설계는 화 재질에 따른 산란계 육성기에 미치는 영향을 알아보기 위하여 각각 목재와 철재 소재를 제공하는 두 처리구로 구분하였으며, 실험에 사용된 화의 길이와 넓이는 동물복지 인증 기준에 준하도록 설정하여 제공하였다. 산란계 평사(floor pen)의 구획을 나누었으며, 한 pen 당 바닥면적은 6.19 m^2 ($2.25 \text{ m} \times 2.75 \text{ m}$)이었다. 각 처리마다 10반복을 하여 한 pen당 85수씩 총 1,700수를 배치하였다. 시험 사료는 동물복지 인증 기준에 적합한 상업용 배합사료를 사용하였으며, 사료의 영양소 수준은 Table 1에 나타내었다. 사료와 물은 자유롭게 섭취하게 하였다. 계사 내 온도 및 점등 조건은 Hy-Line Brown 가이드 라인(2019)에 따라 설정하였으며, 습도는 50~60%를 유지하였다. 본 사양실험과 동물관리는 국립축산과학원 실험동물 관리 및 연구윤리위원회의 규정과 허가(승인번호: 2019-363)에 따라 실시하였다.

Table 1. Analyzed nutrient contents of experimental diets

Parameters	Starter (0~6 weeks)	Grower (7~10 weeks)
Crude protein (%)	21.91	15.93
Ether extract (%)	7.69	4.07
Crude fibre (%)	2.87	2.53
Crude ash (%)	4.94	3.41
Energy (cal/g)	5009	1907
Ca (%)	1.05	0.58
P (%)	0.64	0.42
Lysine (%)	1.246	0.756
Methionine (%)	0.482	0.274

2. 체중 및 균일도

산란계의 육성기 평사 사육 시 화 재질에 따른 생산성을 조사하기 위해 2, 4, 6, 8, 10주에 pen당 20수씩 총 400수를 무작위로 선발하여 체중을 측정하였으며, 체중 균일도는 평균 체중 $\pm 10\%$ 범위에 포함된 집단의 비율로 나타내었다.

3. 혈액 성상

해 재질에 따른 육성기의 혈액 성상 분석을 위하여 10주령의 산란계를 pen 당 4수씩 총 80수를 랜덤 선발하여 익하정맥에서 혈액을 3 mL 채취하여 2 mL을 SST (serum separate tube)에 1 mL을 EDTA (Ethylene diamine tetraacetic acid)가 처리된 튜브에 나누어 담았다. SST에 채취한 혈액은 3,000 rpm, 4°C에서 20분간 원심분리 후 상층액(혈청)을 분리 후 생화학분석과 corticosterone 분석에 사용하였다. 응고 방지를 위해 EDTA가 처리된 튜브의 혈액은 혈구 분석에 사용하였다.

1) 혈청 생화학 분석

해 재질에 따른 육성기의 혈청 내 생화학 조성을 분석하기 위해서 분리된 혈청을 혈액분석기(AU480 Chemistry Analyzer, Beckman Coulter Inc., CA, USA)를 이용하여 혈청 내 생화학 조성을 분석하였다.

2) 혈구 분석

해 재질에 따른 육성기의 혈구 분석은 24시간 안에 자동 혈구분석기(HEMAVET® HV950FS, Drew Scientific, Inc., PA, USA)를 사용하여 분석하였다.

3) 혈청 내 corticosterone 함량 측정

해 재질에 따른 육성기의 혈청 내 corticosterone 분석은 Chicken Corticosterone ELISA Kit (Wuhan Fine Biotech Co. Ltd., Wuhan, China)을 사용하였다.

4. 깃털 손상도

산란계 육성기에 평사 사육 시 해 재질에 따른 깃털 손상도 조사는 Welfare Quality (2009) 및 Son 등 (2020)의 방법을 이용하였다. 깃털 손상도 측정 방법은 산란계의 총 6개의 부위(머리, 목, 가슴, 등, 날개, 꼬리)의 깃털 상태를 1~4점으로 하여 pen 당 8수씩 총 160수를 10주에 평가하였다. 1점은 깃털 손상이 없는 가장 좋은 상태, 2점은 산란계의 깃털이 손상되거나 조금 빠진 상태, 3점은 산란계 깃털이 빠지고 피부 표면이 피부표면이 5 cm² 미만으로 드러난 상태, 4점은 깃털이 거의 다 빠져 있고 피부가 5 cm² 이상 드러난 상태로 평가하였다. 평가한 점수는 평균으로 나타내어 깃털 손상도를 나타내었다.

5. 통계처리

해 재질에 따른 산란계 육성기 생산성, 혈구 조성, 혈청 내 생화학 조성 및 corticosterone

함량, 깃털 손상도의 차이를 알아보기 위하여 Statistics Analytical System (SAS) 9.4의 T-test 를 이용하여 $P < 0.05$ 수준에서 평균값 간의 유의성을 검정하였다. 균일도 분석의 실험 단위는 pen으로 하였으며, 그 외 분석의 실험 단위는 개체로 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 생산성

화 재질에 따른 육성기 10주 동안 체중 및 균일도에 대한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 산란계 육성기에서 체중은 사양 관리에서 매우 중요한 항목이며, 저체중이거나 과체중일 경우 모두 산란율에 부정적 영향을 미친다(Keshavarz and Nakajima, 1995). 또한 높은 체중 균일도는 산란이 개시 되면 산란율이 급속도로 높아지는 반면, 균일도가 낮은 계군은 반대의 경향을 나타낸다. 따라서 육성기의 체중 및 체중 균일도는 산란계의 산란율에 있어 매우 중요하게 작용한다. 본 연구 결과 화의 재질에 따른 산란계 육성기의 10주령까지 체중 및 균일도의 유의적인 차이를 보이지 않았다. Su 등(2000)에서 산란계에서 28주령 동안 화의 유무에 따른 체중의 차이를 알아보았으나, 화의 유무에 따른 체중의 차이는 없었다. Hongchao 등(2014)의 연구에서는 육계 계사에서 PVC 및 목재 화에 따른 체중에 유의적인 차이를 보

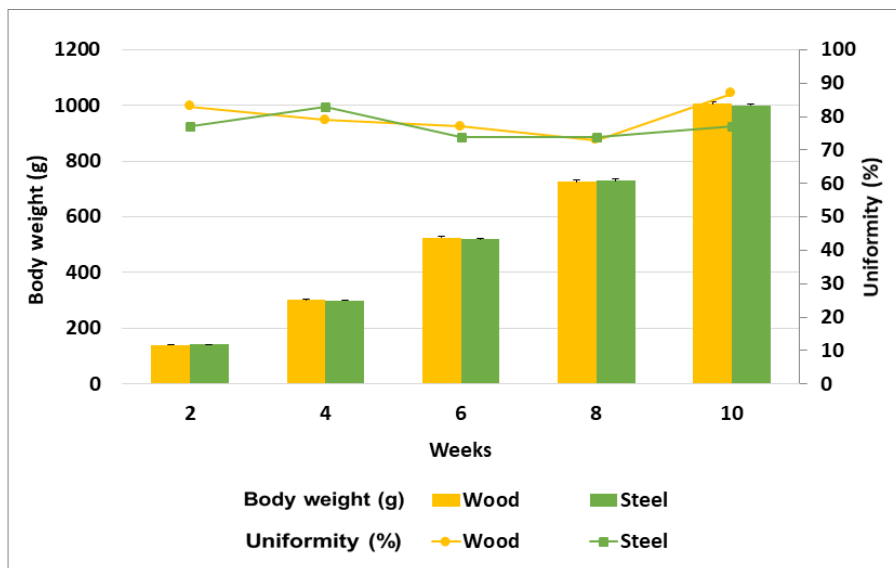


Fig. 1. Effect of perch material type on body weight and uniformity in layer pullets for 10 weeks.

이지 않았다. 따라서 췌의 재질이 산란계 육성기의 체중 및 균일도에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

2. 혈액 정상

1) 혈청 내 생화학 분석

산란계 육성기에 췌 재질에 따른 10주령 혈청 내 생화학 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. 본 연구 결과 총 콜레스테롤 함량은 112.94 ± 11.332 mg/dL, 중성지질은 117.69 ± 18.577 mg/dL, 글루코스는 254.29 ± 12.133 mg/dL, 총단백질은 3.53 ± 12.133 mg/dL, AST (Aspartate aminotransferase)는 196.19 ± 25.099 U/L, ALT (Alanine aminotransferase)는 1.32 ± 0.372 U/L, 칼슘은 10.06 ± 0.506 mg/dL, 알부민은 1.31 ± 0.097 mg/dL 무기성 인은 6.69 ± 0.455 mg/dL 범위를 나타내었다. 콜레스테롤, 중성지질, 글루코스, 총단백질, AST, ALT, 칼슘, 알부민은 두 처리구 간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나($P > 0.05$), 무기인의 경우 목재 췌 처리구에서 철재 췌 처리구보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다($P < 0.05$). Glucocorticoid 효과로 인한 글루코스의 수치 증가는 스트레스 상태를 파악하는데 있어 중요한 지표이다(Simon, 1984). 하지만 본 연구 결과 글루코스 함량은 췌의 재질에 따른 유의적이 차이를 보이지 않았다. 중성지질 또한 스트레스가 증가하면, 감소하는 것으로 알려져 있으나, 본 연구에서 처리구 간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. AST 및 ALT는 간기능을 평가하는데 일반적으로 사

Table 2. Effect of perch material type on serum biochemical profiles in layer pullets on week 10

Parameters	Wood	Steel	SEM ¹	P-value
Total cholesterol (mg/dL)	114.49	111.77	2.451	0.438
Triglyceride (mg/dL)	120.08	115.29	4.006	0.403
Glucose (mg/dL)	254.18	254.93	2.648	0.843
Total protein (mg/dL)	3.56	3.49	0.053	0.391
AST (U/L)	191.30	199.71	5.405	0.278
ALT (U/L)	1.26	1.42	0.080	0.161
Calcium (mg/dL)	10.15	9.94	0.108	0.173
Albumin (mg/dL)	1.33	1.30	0.021	0.286
IP (mg/dL)	6.86 ^a	6.51 ^b	0.090	0.008

¹ SEM, standard error of means

^{a,b} Means in same rows with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

AST, Aspartate aminotransferase; ALT, Alanine aminotransferase; IP, Inorganic phosphorus

용되고 있으며, 산란계의 운동은 간기능 개선과 관련이 있다(Lumeij and Westerhof, 1987). 하지만 동물복지 사육 시 육성기간 중 화 재질별 차이에 따른 AST 및 ALT는 본 연구에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. Jiang 등(2014)은 본 연구와 유사한 결과로 화의 유무가 AST 및 ALT에 영향을 주지 않았다고 보고하였다. 혈청 내 인과 칼슘은 뼈와 산란기 건강에 매우 중요한 지표로 작용되고 있다. 본 연구 결과에서 칼슘은 처리구 간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 혈액 내 인의 경우 나무 재질의 화에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었다($P < 0.05$). 인은 뉴클레오티드 및 인지질의 구성물이며 난자 생산에 필요한 지표이다(Kebreab et al., 2009). 하지만 두개의 처리구 모두 정상 수치에 있어 대사 작용에는 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

2) 혈구 성분

산란 육성계 평사 사육 시 화 재질에 따른 혈구 분석 결과는 Table 3에 나타내었다. 혈구는 산란계, 육계 등 동물의 면역, 스트레스 등 건강 상태를 파악하는데 중요한 지표이다

Table 3. Effect of perch material type on components of leukocyte and erythrocyte profiles in layer pullets on week 10

Parameters		Wood	Steel	SEM ¹	P-value
Leukocytes	WBC (K/ μ L)	24.65	25.01	0.691	0.718
	HE (K/ μ L)	7.98	8.09	0.321	0.801
	LY (K/ μ L)	12.56	12.71	0.340	0.754
	HE/LY	0.64	0.64	0.024	0.954
	MO (K/ μ L)	2.49	2.50	0.074	0.899
	EO (K/ μ L)	1.20	1.24	0.082	0.735
	BA (K/ μ L)	0.44	0.48	0.044	0.580
Erythrocyte	RBC (K/ μ L)	2.23	2.34	0.091	0.372
	Hb (g/dL)	8.01	8.13	0.131	0.512
	HCT (%)	23.17	23.38	0.369	0.693
	MCV (fL)	98.65	99.77	0.580	0.178
	MCH (pg)	34.26	34.71	0.421	0.463
	MCHC (g/dL)	34.71	34.79	0.378	0.890

¹ SEM, standard error of means

WBC, White blood cells; HE, Heterophils; LY, Lymphocytes; HE/LY, 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

(Tabeeekh, 2016). 특히 그 중 Heterophil (HE)/Lymphocyte (LY)의 비율은 장기적인 스트레스 수준을 알아보기 위한 지표로 많이 사용되고 있다(McFarlane and Curtis, 1989). 본 연구 결과 WBC (White blood cells)는 24.82 ± 3.136 K/ μ L, HE는 8.03 ± 1.454 K/ μ L, LY는 12.63 ± 1.543 K/ μ L, HE/LY 비율은 0.64 ± 0.110 , MO (Monocytes)는 2.49 ± 0.334 K/ μ L, EO (Eosinophils)는 1.21 ± 0.372 K/ μ L, BA (Basophils)는 0.46 ± 0.202 K/ μ L, RBC (Red blood cells)는 2.28 ± 0.415 K/ μ L, Hb (Hemoglobin)는 8.06 ± 0.596 g/dL, HCT (Hematocrit)는 $23.25 \pm 1.695\%$, MCV (Mean corpuscular volume)는 99.18 ± 2.726 fL, MCH (Mean corpuscular hemoglobin)는 34.49 ± 1.943 pg, MCHC (Mean corpuscular hemoglobin concentration.)는 34.77 ± 1.732 g/dL 범위로 모두 정상 수치를 나타내었다(Melvin, 1984). 또한 모든 백혈구 및 적혈구 조성에서 해 재질의 종류에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 스트레스 지표로 사용되는 HE/LY 비율 또한 목재(0.64) 및 철재(0.64) 해 종류에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다($P = 0.954$). Barnett 등(2009)의 연구에서는 산란계 계사 내 구조물 종류(해, 모래목욕시설, 산란상) 및 해의 유무에 따른 혈액 내 백혈구 조성 및 HE/LY 비율에서 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 따라서 해 재질이 스트레스 지표인 HE/LY 비율에 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

3) 혈청 내 corticosterone 함량

산란육성계 평사 사육 시 해 재질에 따른 혈청 내 corticosterone 분석 결과는 Table 4에 나타내었다. 혈청 내 corticosterone 함량은 일반적으로 많이 알려져 있고 과학적 평가 시 사용되는 스트레스 지표이다. 혈청 내 corticosterone 함량은 빛, 온도, 계군의 크기, 밀도 등 여러 외부 요인으로 차이가 나타나며, 내부적인 요인에는 유전적인 요인이 있다(Littin and Cockrem, 2001). 또한 혈청 내 높은 corticosterone 함량은 HE/LY 비율 및 혈청 내 글루코스 함량을 높인다고 알려져 있다(Siegel, 1985). 본 연구 결과 산란계 육성기 해 재질에 따른 corticosterone 함량은 목재 해 처리구가 32.72 ng/mL, 철재 해 처리구가 30.87 ng/mL를 나타내었으나, 처리구 간의 유의적인 차이는 없었다($P = 0.652$). Barnett 등(1997)의 연구와 Yan 등(2014) 연구에서 해의 유무는 혈청 내 corticosterone 함량 변화에 유의적인 차이를 가져 오지 않았다고 보고하였다. Barnett 등(2009)의 연구에서는 산란계 계사 내 구조물 종류(해, 모래목욕시설, 산란상)에 따른 혈청 내 corticosterone 함량 차이는 없었다.

Table 4. Effect of perch material type on serum corticosterone in layer pullets on week 10

Parameters	Wood	Steel	SEM ¹	P-value
Corticosterone (ng/mL)	32.71	30.87	2.836	0.652

¹ SEM, standard error of means

3. 깃털 손상도

다른 닭의 깃털을 뽑는 깃털 쪼기 행동은 당하는 개체에 심각한 스트레스를 야기하며, 깃털 쪼기 행동에 대한 평가로 사용되는 깃털 손상도는 동물복지 수준을 평가하는 중요한 지표이다(Weeks and Nicol, 2006). 또한 산란계는 사회적 상호 작용을 통하여 깃털 쪼는 행동을 배울 수 있으며(Zeltner et al., 2000), 육성기 깃털 쪼기 행동은 산란기까지 이어져 계란 생산량 및 동물복지에 영향을 미친다(Janczak and Riber, 2015). 또한 육성기 깃털 손상으로 인하여 스트레스 증가와 면역성 감소를 가져오며, 심하게는 폐사율 증가까지 이어질 수 있다(El-Lethey et al., 2000). 본 실험에서 산란계 평사 사육 시 화 재질에 따른 깃털 손상도 분석 결과는 Table 5에 나타내었다. 실험 결과 화 재질에 따른 깃털 손상도는 1.00~1.02 범위를 나타내었으며, 모든 부위에서 화 재질에 따른 깃털 손상도에 영향을 미치지 않았다($P>0.05$). Barnett 등(2009)의 연구에서는 화의 유무에 따른 깃털 손상도의 차이는 나타나지 않았다고 보고하였으며, 구조물 종류(화, 모래목욕시설, 산란상)에 따른 깃털 손상도 없었다고 보고하였다. Hongchao 등(2014)의 연구에 따르면 육계 사육 시 화 재질(PVC 및 목재)에 따른 깃털 손상도 차이는 없었다고 보고하여 본 시험과 유사한 결과를 보였다.

본 연구 결과 산란계 초생추부터 10주까지 화 재질의 종류에 따른 체중 및 균일도 차이는 없었으며, 혈청 내 생화학 조성구와 혈구 조성에서도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 스트레스 지표로 사용되는 HE/LY 비율 및 corticosterone 함량도 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 동물복지 수준을 평가하는 깃털 손상도의 차이도 보이지 않았다. 따라서 산란계 육성기에 화 재질에 따른 생산성, 혈액성상, 깃털 손상도에 영향을 미치지 않은 것으로 사료되지만, 산란계의 10주령 이후 육성기와 산란기에 화 재질이 미치는 영향에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Table 5. Effect of perch material type on feather score in layer pullets on week 10

Parameters	Wood	Steel	SEM ¹	P-value
Head	1.00	1.00	0.000	1.000
Neck	1.00	1.00	0.000	1.000
Back	1.01	1.01	0.007	0.318
Breast	1.00	1.00	0.000	1.000
Wing	1.00	1.00	0.000	1.000
Tail	1.02	1.01	0.013	0.782

¹ SEM, standard error of means

IV. 적 요

본 연구는 산란계 육성기 해 재질(목재 및 철재)에 따른 체중, 혈액 특성 및 깃털 손상도를 평가하기 위해 수행되었다. 산란계(Hy-Line Brown) 초생주 암컷 1,700마리를 공시하여, 두 처리구에 10반복을 두어 pen 당 85수씩 균등하게 배치하였다. 산란계 육성기간 중 체중과 균일도는 2주마다 총 10주간 조사하였으며, 혈액 특성 및 깃털 손상도 조사는 10주에 진행하였다. 산란계 육성기 10주 동안 체중 및 체중 균일도에서 목재해와 철재해의 유의적인 차이가 없었으며, 혈청 생화학 분석 결과도 무기성 인 조절을 제외하고 유의적인 차이를 보이지 않았다. 혈청 내 인은 목재해가 철재해보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다($P < 0.05$). 혈구 조성(백혈구, 적혈구, HE/LY 비율)도 두 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. 스트레스와 복지지표로 사용되고 있는 혈청 내 corticosterone 함량과 깃털 손상도는 해 재질에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 따라서 평사 사육 시에 산란계 육성기 동안의 해 재질은 생산성, 혈액특성, 깃털 손상도에 영향을 미치지 않았다. 본 연구 결과는 산란계 육성기 동안 해 재질에 대한 영향을 조사하기 위한 기초 자료로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

[Submitted, July. 29, 2021 ; Revised, September. 29, 2021 ; Accepted, October. 25, 2021]

References

1. Barnett, J. L., P. C. Glatz, E. A. Newman, and G. M. Cronin. 1997. Effects of Modifying Layer Cages with Perches on Stress Physiology, Plumage, Pecking and Bone Strength of Hens. *Aust. J. Exp. Agric.* 37(5): 523-529.
2. Barnett, J. L., R. Tauson, J. A. Downing, V. Janardhana, J. W. Lowenthal, K. L. Butler, and G. M. Cronin. 2009. The Effects of a Perch, Dust Bath, and Nest Box, either Alone or in Combination as Used in Furnished Cages, on the Welfare of Laying Hens. *Poult. Sci.* 88(3): 456-470.
3. Brendler, C. and L. Schrader. 2016. Perch Use by Laying Hens in Aviary Systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 182: 9-14.
4. Council Directive. 1999/74/EC of 19 July 1999. Laying down minimum standards for the protection of laying hens. *Off. J. Eur. Communities* 203, pp. 53-57.
5. El-Lethey, H., V. Aerni, T. Jungi, and B. Wechsler. 2000. Stress and Feather Pecking in Laying Hens in Relation to Housing Conditions. *Br. Poult. Sci.* 41(1): 22-28.

6. Gentle, M. J. and L. N. Hunter. 1990. Physiological and Behavioural Responses Associated with Feather Removal in *Gallus gallus* var Domesticus. Res. Vet. Sci. 50(1): 95-101.
7. Hongchao, J., Y. Jiang, Z. Song, J. Zhao, X. Wang, and H. Lin. 2014. Effect of Perch Type and Stocking Density on the Behaviour and Growth of Broilers. Anim. Prod. Sci. 54(7): 930-941.
8. Hy-Line International. 2019. Hy-Line Brown Commercial Management Guide, Hy-Line Int. USA.
9. Janczak, A. M. and A. B. Riber. 2015. Review of Rearing-related Factors Affecting the Welfare of Laying Hens. Poult. Sci. 94(7): 1454-1469.
10. Jiang, S., P. Y. Hester, J. Y. Hu, F. F. Yan, R. L. Dennis, and H. W. Cheng. 2014. Effect of Perches on Liver Health of Hens. Poult. Sci. 93(7): 1618-1622.
11. Kebreab, E., J. France, R. P. Kwakkel, S. Leeson, H. D. Kuhl, and J. Dijkstra. 2009. Development and Evaluation of a Dynamic Model of Calcium and Phosphorus Flows in Layers. Poult. Sci. 88(3): 680-689.
12. Keshavarz, K. and S. Nakajima. 1995. The Effect of Dietary Manipulations of Energy, Protein, and Fat during the Growing and Laying Periods on Early Egg Weight and Egg Components. Poult. Sci. 74(1): 50-61.
13. Littin, K. E. and J. F. Cockrem. 2001. Individual Variation in Corticosterone Secretion in Laying Hens. Br. Poult. Sci. 42(4): 536-546.
14. Lumeij, J. T. and I. Westerhof. 1987. Blood Chemistry for the Diagnosis of Hepatobiliary Disease in Nirds. A Review. Vet. Q. 9(3): 255-261.
15. McFarlane, J. M. and S. E. Curtis. 1989. Multiple Concurrent Stressors in Chicks. 3. Effects on Plasma Corticosterone and the Heterophil:Lymphocyte ratio. Poult. Sci. 68(4): 522-527.
16. Melvin, J. S. 1984. Physiological Properties and Cellular and Chemical Constituents of Blood. (Dukes' physiological of domestic animals 10th).
17. Pickel, T., L. Schrader, and B. Scholz. 2011. Pressure Load on Keel Bone and Foot Pads in Perching Laying Hens in Relation to Perch Design. Poult. Sci. 90(4): 715-724.
18. Siegel, H. S. 1985. Immunological Responses as Indicators of Stress. World Poultry Sci. J. 41(1): 36-44.
19. Simon, J. 1984. Effects of Daily Corticosterone Injections upon Plasma Glucose, Insulin, Uric Acid and Electrolytes and Food Intake Pattern in the Chicken. Diabetes Metab. J. 10(3): 211-217.
20. Son, J. S., C. H. Kim, H. K. Kang, H. S. Kim, J. J. Jeon, E. C. Hong, and B. S. Kang. 2020. Effect of Stocking Density on the Feather Condition, Egg Quality, Blood Parameters

- and Corticosterone Concentration of Laying Hens in Conventional Cage. *Korean J. Poult. Sci.* 47(2): 83-93.
21. Stratmann, A., E. K. Fröhlich, A. Harlander-Matauschek, L. Schrader, M. J. Toscano, H. Würbel, and S. G. Gebhardt-Henrich. 2015. Soft Perches in an Aviary System Reduce Incidence of Keel Bone Damage in Laying Hens. *PloS. One.* 10(3): e0122568.
 22. Su, G., P. Sørensen, and S. C. Kestin. 2000. A Note on the Effects of Perches and Litter Substrate on Leg Weakness in Broiler Chickens. *Poult. Sci.* 79(9): 1259-1263.
 23. Tabeeh, A., A. Mudhar, and R. J. Abbas. 2016. The Effect of Color Light and Stocking Density on Tibial Measurements and Levels of Calcium and Phosphorus in Bone and Serum of Broilers and Layers Chickens. *J. Sci. Technol.* 143(2): 1-7.
 24. Tolman, C. W. 1968. The Varieties of Social Stimulation in the Feeding Behaviour of Domestic Chicks. *Behaviour.* 30: 275-286.
 25. Wechsler, B. and B. Huber-Eicher. 1998. The Effect of Foraging Material and Perch Height on Feather Pecking and Feather Damage in Laying Hens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 58(1-2): 131-141.
 26. Weeks, C. and C. Nicol. 2006. Behavioural Needs, Priorities and Preferences of Laying Hens. *Worlds Poult. Sci. J.* 62(2): 296-307.
 27. Welfare Quality R. 2009. Welfare Quality R Assessment Protocol for Poultry (Broilers, Laying Hens). Welfare Quality R Consortium, Lelystad, Netherland.
 28. Yan, F. F., P. Y. Hester, and H. W. Cheng. 2014. The Effect of Perch Access during Pullet Rearing and Egg Laying on Physiological Measures of Stress in White Leghorns at 71 Weeks of Age. *Poult. Sci.* 93(6): 1318-1326.
 29. Zeltner, E., T. Klein, and B. Huber-Eicher. 2000. Is There Social Transmission of Feather Pecking in Groups of Laying Hen Chicks?. *Anim. Behav.* 60(2): 211-216.