



조도가 육계 병아리의 생산성, 혈액성상 및 면역 수준에 미치는 영향

김희진^{1†} · 손지선² · 전진주² · 김현수² · 유아선² · 강환구² · 강보석³ · 홍의철²

¹국립축산과학원 가금연구소 박사후연구원, ²국립축산과학원 가금연구소 농업연구사,

³국립축산과학원 가금연구소 농업연구관

Effects of Light Intensity on the Growth Performance, Blood Parameter and Immune Status of Broiler Chicks

Hee-Jin Kim^{1†}, Jiseon Son², Jin-Joo Jeon², Hyun-Soo Kim², Are-Sun You²,
 Hwan-Ku Kang², Bo-Seok Kang³ and Eui-Chul Hong²

¹Post-Doctor, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

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

³Senior Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

ABSTRACT In this study, we investigated the effects of light intensity on broiler chick growth performance, blood parameters, and stress levels. A total of 240 one-day-old male Ross 308 broilers (47.97±0.166 g) were subjected to three different intensities of light (20, 30, and 50 lx), with each treatment being conducted with four replicates. On the seventh day, the growth performance (body weight, feed conversion ratio, and breast muscle and liver weights) and blood parameters were determined; the levels of serum corticosterone, interleukin-6 (IL-6), and tumor necrosis factor- α were also evaluated. The body weight, weight gain, liver weight, and breast muscle weight of chicks exposed to a light intensity of 50 lx were significantly increased compared with those of chicks subjected to 20 lx ($P<0.05$). No significant differences were observed in the leukocyte, erythrocyte, and platelet counts and the biochemical profile exceptions being the levels of glucose and inorganic phosphorus in the blood of the chicks in the three light intensity groups. However, serum corticosterone and IL-6 levels were the highest in chicks exposed to a light intensity of 20 lx ($P<0.05$). In conclusion, the findings of this study indicate that broiler chicks exposed to higher light intensity (50 lx) show significant improvements in terms of weight gain and corticosterone and IL-6 levels. Thus, high light intensities enhanced the growth performance, stress levels, and immune status of broiler chicks.

(Key words: broiler, chick, light density, animal welfare, growth)

서 론

최근에 육계 산업에서 점등 프로그램은 다양한 행동 및 생리적인 작용을 조절하는 중요한 요소로 여겨지고 있다. 점등은 광원, 점등시간, 파장 및 조도 등으로 구성된다(Deep et al., 2010). 그 중 조도(빛의 밝고 어두움)는 일반적으로 가금류의 생산 및 복지에 영향을 미치며, 특히 낮은 조도(일반적으로 10 lx 이하)에서는 도체율 감소, 체중 균일도 감소, 안구 결막, 스트레스 증가 및 공포 증가 등 문제가 발생한다(Alvino et al., 2009). 또한, 낮은 조도는 안구염, 망막 변형,

맥락막염, 수정체 손상 및 눈 크기와 무게 증가를 유발하는 것으로 알려져 있다(Blatchford et al., 2009). 반면에 높은 조도(일반적으로 50 lx 이상)는 육계의 활동을 자극하여 골격 건강을 개선시키며, 동물복지 환경을 개선하여 육계의 긍정적인 행동 리듬과 안락한 행동을 가진다고 보고되었다(Alvino et al., 2009).

병아리 시기(0~7일령)의 성장과 발달은 가금류의 전반적인 성장과 건강에 매우 중요하다(Karadas et al., 2011). 또한, 닭의 수명을 결정하는 요인 중 초생추(0~7일령)의 사육관리 리가 20% 이상을 차지하기 때문에 이 시기의 효율적인 증

[†] To whom correspondence should be addressed : drhong@korea.kr

체량은 근육 생산과 관련하여 매우 중요한 요소이다(Moss et al., 1964; Wolanski et al., 2006). RSPCA(2017) 및 한국의 동물복지 인증기준(MAFRA, 2016)에서는 육계 계사 내 조도를 20 lx 이상으로 규정하고 있으며, 특히 육계 초생추 시기에는 병아리가 사료와 물을 쉽게 찾고, 새로운 환경에 적응할 수 있도록 30-40 lx를 권장하고 있다(Ross, 2018).

조도가 육계 성계에 미치는 영향에 대한 연구들에 비해 병아리의 생산성, 스트레스, 면역 활성화에 미치는 영향에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내 동물복지 인증기준을 바탕으로 조도가 병아리의 생산성, 복지 및 건강상태 개선에 대하여 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물 및 시험설계

본 시험은 농촌진흥청 국립축산과학원의 동물실험계획서에 의거 동물보호법 및 국립축산과학원 동물시험윤리위원회에서 승인된 동물실험방법(승인번호: 2020-424)에 따라 수행되었다. 공시동물은 1일령 Ross 308 육계(43.8±0.1 g) 수컷 240수를 가금연구소 육계 평사에서 7일 동안 사육하였다. LED 조명을 사용하였으며, 조광기를 이용하여 조도를 조절하였다. 조도의 정도에 따라 20, 30 및 50 lx의 3처리구로 나누고, 처리당 4반복, 반복당 20수를 완전 임의 배치하였다. 점등시간은 22L:2D(22시간 점등, 2시간 소등, 0-22시 점등, 22-24시 소등)으로 설정하였다.

시험사료는 옥수수-대두박 위주의 시판 사료(ME 3,150 kcal/kg, CP 22.0%)를 이용하였다. 사료와 물은 자유롭게 섭취하도록 하였으며, 계사 내 습도는 60~70%, 온도는 32℃를 유지하였다.

2. 샘플 채취

7일령에 체중이 유사한 육계(163.5±1.63 g)를 처리구당 16수씩 선별하여 목 부위의 정맥에서 5 mL 혈액을 채취하였으며, 각각의 7일령 병아리 가슴근육, 간 및 소장을 채집하였다. 채취한 혈액 중 일부는 1,008 g으로 15분간 원심분리하여 혈청을 분리한 후 -70℃ deep freezer에 저장하였다.

3. 조사항목

1) 체중, 증체량, 사료섭취량, 사료요구율 및 폐사율
체중은 생시와 7일에 측정하였으며, 7일 체중에서 생시

체중을 감하여 증체량을 구하였다. 사료섭취량은 7일 후 잔량을 조사하여 급여량에서 제한 값으로 하였다. 사료요구율은 섭취량을 증체량으로 나누어 계산하였다.

2) 가슴근육 및 간 무게, 소장 길이 측정

육계 계사 내 조도에 따른 7일령 병아리의 가슴근육 및 간 무게를 측정하였으며, 측정된 가슴근육과 간의 무게는 체중을 기준으로 한 비율로 나타내었다. 또한, 조도 처리구에 따른 7일령 병아리의 소장 길이를 측정하여 각 처리구간 사료 섭취 상태를 비교하였다.

3) 혈구 및 혈액 생화학 분석

혈구 분석을 위해 혈액은 응고를 막기 위하여 Ethylenediaminetetraacetic acid가 처리된 튜브를 이용하여 채취하였으며, 분석은 혈구 계수기(HematVet 950, Drew Scientific, USA)를 통하여 leukocyte, erythrocyte 및 thrombocyte를 분석하였다. 혈청 내 생화학 조성은 자동 혈액 분석기(AU 480 chemistry Analyzer, Beckman Coulter Inc., Korea)를 사용하여 Total cholesterol, Triglyceride, Glucose, Total protein, Aspartate aminotransferase Alanine aminotransferase, ALB(albumin), creatinine, IP(inorganic phosphorus), lactate dehydrogenase를 분석하였다.

4) 혈청 내 Corticosterone 분석

육계 계사 내 조도에 따른 스트레스를 비교하기 위해 혈청 내 corticosterone을 분석하여 함량을 측정하였다. 분석은 Corticosterone ELISA Kit(Enzo Life Science item no. ADI-900-097; NY, USA)를 사용하였으며, 시료당 3반복 실험을 하였다. 혈청 100 µL와 50 µL Conjugate, 50 µL 항체를 혼합한 뒤 2시간 실온에서 반응시켰다. 반응 후 혼합액을 3번 세척하여 Substrate 200 µL를 첨가시킨 후 실온에서 1시간 반응시켰다. 그 후 Stop 용액을 넣어 반응을 정지시킨 후 분광 광도계(Epoch 2; BioTek Instruments, Inc., VT, USA)를 이용하여 405 nm에서 흡광도를 측정하였다.

5) 혈청 내 Tumor Necrosis Factor- α , & Interleukin-6 분석

육계 계사 내 조도에 따른 병아리의 면역을 비교하기 위해 Tumor Necrosis Factor- α (TNF- α)와 Interleukin-6(IL-6)를 각각 Chicken TNF- α ELISA Kit(MyBioSource, San Diego, California, USA)와 Chicken IL-6 ELISA Kit(MyBioSource, San Diego, California, USA)를 이용하였으며, 시료 당 3반복

실험을 하였다. 96-well plate에 시료 100 μ L를 넣어 37°C에서 90분 동안 반응시킨 뒤, 항체를 첨가하여 1시간 동안 반응시켰다. 반응시킨 시료는 세척 용액으로 세 번 세척하고, HRP Conjugate working 용액을 100 μ L를 넣어 37°C에서 30분 동안 다시 한 번 반응시켰다. 이렇게 반응시킨 시료는 5번 세척한 뒤 90 μ L Substrate Reagent로 발색하고, Stop 용액을 넣어 반응을 정지시켰다. 반응이 정지된 시료는 분광광도계(Epoch 2; BioTek Instruments, Inc., VT, USA)를 이용하여 405 nm에서 흡광도를 측정하였다.

4. 통계처리

본 시험의 자료들은 SAS(2019)의 generation Liner Model(GLM) procedure을 이용하여 분석하였으며, Duncan의 다중 검정(Duncan, 1955)을 이용하여 각 처리구 간의 평균값을 95% 신뢰수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 체중 및 사료 섭취량

조도에 대한 육계 병아리 생산성에 대한 결과는 Table 1

에 나타내었다. 조도로 인한 생리적 스트레스가 병아리의 체중 증가에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Cianchetti-Benedetti et al., 2018). 체중과 증체량은 20 lx 처리구에 비하여 50 lx 처리구에서 유의하게 증가하였으나($P<0.05$), 사료 섭취량 및 사료요구율(FCR)은 20-50 lx 수준에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. Blatchford et al.(2009)의 연구에서는 150 lx 이내 범위의 조도는 육계 사료 소비량에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. Kristensen et al.(2006)는 41일령에 육계에서 5 lx와 100 lx간의 사료섭취량이 유사하며, 병아리 때의 조도는 육계의 섭취 행동에 영향을 미치지 않지만, 부화 후 초생추 시기에 낮은 조도(5 lx)는 병아리가 사료에 접근하는 것을 지연시킨다고 하였다. 부화 후 초기 사료 급여의 지연은 체중과 근육 무게를 감소시키는 것으로 알려져 있다(Halevy et al., 2000; Lamot et al., 2014). 따라서 본 연구에서는 조도가 높을수록 체중 증가 및 근육 발달에 광 촉진 효과를 보이는 것으로 사료된다.

2. 간·가슴근육 무게 및 소장 길이

조도에 대한 육계 병아리 간 및 가슴근육 무게와 소장 길이에 대한 결과는 Table 2에 나타내었다. 간은 정상적인 신

Table 1. Effect of light intensity on growth performance in broiler chicks from 0 to 7 days

Parameters	Light intensity (lx)			SEM ¹	P-values
	20	30	50		
Initial weight (g/bird)	47.95	47.99	47.96	0.091	0.96
Final weight (g/bird)	158.59 ^b	162.50 ^{ab}	169.53 ^a	2.923	<0.05
Weight gain (g/bird)	110.64 ^b	114.51 ^{ab}	121.57 ^a	2.892	<0.05
Feed intake (g/bird)	118.75	125.63	127.50	4.365	0.37
FCR (feed/gain)	1.07	1.10	1.05	0.043	0.77

¹ SEM, standard error of means.

^{ab} Means in the same rows with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

Table 2. Effect of light intensity on liver weight, breast muscle weight, and length of the small intestine in broiler chicks from 0 to 7 days

Parameters	Light intensity (lx)			SEM ¹	P-values
	20	30	50		
Liver weight (% of BW)	3.32 ^b	3.74 ^a	3.84 ^a	0.136	<0.05
Breast muscle weight (% of BW)	5.23 ^b	5.92 ^a	5.77 ^a	0.179	<0.05
Length of small intestine (cm)	37.28	38.43	38.38	0.693	0.42

¹ SEM, standard error of means.

^{ab} Means in same rows with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

진대사에서 중요한 역할을 하며, 간의 무게는 단백질을 포함한 다양한 영양 결핍의 지표로 그리고 가슴근육은 초기 근육 성장 지표로써 사용되고 있다(Carew et al., 2003). 본 연구 결과, 간의 비율은 20 lx보다 30, 50 lx에서 유의적으로 높았으며($P<0.05$), 높은 조도는 간의 성장에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 가슴근육 비율 또한 20 lx보다 30, 50 lx에서 유의적으로 높았으나($P<0.05$), 소장 길이는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 병아리 시기에 사료 급여의 지연은 장의 무게나 길이를 감소시키고, 장 발달을 지연시키며, 가슴근육 무게를 감소시킨다(Geyra et al., 2001; Maiorka et al., 2003). 본 연구에서는 낮은 조도가 초기 사료 섭취를 지연시켜 가슴근육 무게의 감소를 가져온 것으로 사료된다.

3. 혈구 및 혈청 내 생화학 조성

조도에 대한 육계 병아리 혈구 조성에 대한 결과는 Table

3에 나타내었다. 혈구 분석 결과, 분석된 모든 항목에서 유의적인 차이가 없었다. 백혈구는 모든 척추 동물에서 외부 자극 및 물질로부터 보호하는 작용을 하고 있다(Chechik et al., 1986). 또한 혈구(백혈구, 적혈구, 혈소판)는 육계의 스트레스 등의 건강 상태를 파악하는데 중요한 지표로 알려져 있다(Tabeekh, 2016). 그 중 특히 H/L(Heterophil /Lymphocytes) 비율은 닭이 받는 스트레스를 나타내는 지표로 사용되고 있으며, H/L 비율이 낮을수록 스트레스가 낮음을 나타낸다(Gross and Siegel, 1983). 그러나, 본 연구에서는 백혈구, 적혈구, 혈소판의 모든 항목에서 유의적인 차이를 보이지 않았으며, H/L 비율 또한 유의적인 차이를 보이지 않았다. 따라서 육계 병아리 시기의 20-50 lx 범위에서는 혈구 조성에 영향을 미치지 않은 것으로 사료된다.

조도에 대한 육계 병아리 혈청내 생화학 조성에 대한 결과는 Table 4에 나타내었다. 혈청 내 생화학 성분은 스트레

Table 3. Effect of light intensity on components of leukocyte, erythrocyte and platelet profiles in broiler chicks

Parameters	Light intensity (lx)			SEM ¹	P-values
	20	30	50		
Leukocytes					
WBC (K/ μ L)	9.55	10.45	10.68	0.653	0.44
Heterophils (K/ μ L)	1.84	1.79	1.88	0.174	0.93
Lymphocytes(K/ μ L)	6.56	6.45	6.74	0.368	0.85
H/L	0.28	0.27	0.27	0.012	0.93
MO (K/ μ L)	0.92	1.01	0.97	0.071	0.64
EO (K/ μ L)	0.13	0.14	0.12	0.017	0.64
BA (K/ μ L)	0.03	0.02	0.03	0.007	0.56
Erythrocyte					
RBC (K/ μ L)	1.69	1.73	1.72	0.031	0.62
Hb (g/ μ L)	6.65	6.63	6.54	0.095	0.69
HCT (%)	19.92	20.06	19.27	0.381	0.30
MCV (fL)	115.43	116.98	117.28	0.845	0.27
MCH (pg)	38.90	38.70	38.03	0.340	0.18
MCHC (g/dL)	33.63	34.08	33.23	0.342	0.23
Platelets (K/ μ L)	25.58	28.50	26.00	1.243	0.21

¹ SEM, standard error of means.

WBC, white blood cells; H/L, 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.

Table 4. Effects of light intensity on serum biochemical profiles in chicks

Parameters	Light intensity (lx)			SEM ¹	P-values
	20	30	50		
Total cholesterol (mg/dL)	181.94	183.68	182.16	5.949	0.97
Triglyceride (mg/dL)	38.23	48.58	47.60	3.742	0.11
GLU (mg/dL)	226.81 ^b	246.60 ^a	247.23 ^a	5.178	<0.05
TP (g/dL)	2.64	2.73	2.61	0.068	0.40
AST (U/L)	205.32	216.04	209.09	8.452	0.66
ALT (U/L)	2.60	3.55	3.54	0.346	0.10
Creatinine (mg/dL)	0.18	0.20	0.19	0.006	0.23
ALB (g/dL)	1.12	1.19	1.17	0.040	0.44
IP (mg/dL)	8.64 ^b	9.35 ^a	9.28 ^a	0.184	<0.05
LD (U/L)	1,980	1,983	2,198	103.8	0.2

¹ SEM, standard error of means.

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

GLU: glucose; TP, total protein; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; ALB, albumin; IP, inorganic phosphorus; LD, lactate dehydrogenase

스, 사료섭취, 행동, 체중 등 체내 외 여러 가지 요인으로 변화된다(Arif et al., 2019). 20-50 lx 수준에서 조도에 따른 육계 병아리의 혈청 내 Total cholesterol(181.94~183.68 mg/dL), Triglyceride(38.23~48.58 mg/dL), TP(2.61~2.76 g/dL), AST(205.32~216.04 U/L), ALT(2.60~3.55 U/L), creatinine(0.18~0.20 mg/dL), ALB(1.12~1.17 g/dL) 및 LD(1,980~2,198 U/L)은 유의적인 차이가 없었으나, GLU와 IP 함량은 20 lx보다 30, 50 lx에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었다($P<0.05$). 혈청 내 AST와 ALT는 간의 건강과 관련된 중요 지표이며, Dong et al.(2015)의 연구에서는 체중에 따른 AST의 농도 차이가 없다고 보고되었다. Gaglo-Disse et

al.(2010)의 연구에서는 병아리 초기 사료 섭취가 지연됨에 따라 혈청 내 glucose 함량이 감소된다고 보고하였다. 하지만 조도에 대한 혈청 glucose 함량 변화에 대한 메커니즘은 알려지지 않았기 때문에 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

4. 혈청 내 Cytokine 및 스트레스 호르몬

조도에 대한 육계 병아리 혈청 내 cytokine 및 스트레스 호르몬 함량에 대한 결과는 Table 5에 나타내었다. 염증성 cytokine인 TNF- α 와 IL-6는 산화적 스트레스로 인하여 증가되며(Nasr et al., 2019), 닭의 스트레스 지표로 사용될 수 있

Table 5. Effects of light intensity on serum IL-6, TNF- α and corticosterone concentrations in chicks

Parameters	Light intensity (lx)			SEM ¹	P-values ²
	20	30	50		
IL-6 (pg/mL)	42.32 ^a	28.76 ^b	19.12 ^c	3.162	<0.05
TNF- α (pg/mL)	21.82	22.55	21.19	0.962	0.61
Corticosterone (ng/mL)	10.23 ^a	5.49 ^b	4.48 ^b	0.466	<0.05

¹ SEM, standard error of means.

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

TNF- α , tumor necrosis factor- α ; IL-6, interleukin-6.

다(Shini et al., 2010). 육계 병아리 혈청 내 IL-6 함량은 조도가 증가함에 따라 감소하였으나($P<0.05$), TNF- α 는 조도에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 스트레스 호르몬인 corticosterone 함량은 30, 50 lx 처리구보다 20 lx 처리구에서 유의적으로 높았다($P<0.05$). 닭이 스트레스를 받으면 부신에서 corticosterone의 분비가 증가된다(Lin et al., 2006). 또한 corticosterone 함량의 증가는 면역 기능이 감소된다(Shini et al., 2010). Shini et al.(2010)의 연구에서는 corticosterone 을 처리한 닭에서 IL-6는 증가하여 IL-6 함량은 혈장의 corticosterone 농도와 양의 상관관계가 있다고 보고되었다. 따라서 육계 병아리 때 낮은 조도는 높은 스트레스를 가지고 오는 것으로 사료된다.

결론

조도에 따른 육계 병아리 시기에 20 lx로 처리하였을 때보다 50 lx로 처리하였을 때 체중 증체량 및 가슴근육 비율이 높았으며, 혈액 내 corticosterone과 IL-6는 낮은 함량을 나타내었다. 동물복지 인증 기준은 20 lx 이상으로 20-50 lx 모두 인증 기준이지만, 병아리의 더 높은 생산성과 육계 복지를 위해서는 50 lx가 유리할 것으로 사료되지만, 병아리 이후의 생산성의 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

적요

본 연구는 육계 병아리 시기(0~7일령)에 조명의 조도 차이에 따른 생산성, 혈액 조성 및 스트레스 수준에 미치는 영향을 대하여 조사하였다. 육계(Ross 308) 초생추(48.0 \pm 0.2 g) 수컷 240수를 조도에 따라 3처리구(20, 30 및 50 lx)로 나누어, 처리구 당 4반복, 반복 당 20수를 완전임의 배치하였다. 7일령에 체중, 사료요구율, 가슴육과 간의 무게, 소장 길이를 측정하였으며, 혈액을 채취하여 혈구, 혈청 생화학 조성, corticosterone, IL-6 및 TNF- α 을 분석하였다. 체중, 증체량, 가슴근육 및 간 무게는 20 lx 처리구보다 50 lx 처리구에서 유의적으로 높게 나타났으나($P<0.05$), 사료 섭취량, 사료 요구량, 소장 길이는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 혈구 분석 결과, 백혈구, 적혈구, 혈소판 조성, 혈청 생화학 성분(glucose 및 IP 제외)은 처리구 사이에서 유의적인 차이가 보이지 않았다. Corticosterone과 IL-6은 20 lx 처리구에서 높은 농도를 나타내었다($P<0.05$). 결론적으로, 육계 병아리 시기에 조도를 50 lx로 처리하였을 때 증체량 및 가슴근육 비율

이 증가하였으며, corticosterone 및 IL-6는 낮은 함량을 나타내었다. 따라서 병아리 시기의 높은 조도는 생산 능력, 스트레스 및 면역 상태를 개선하는 것으로 사료된다.

(색인어: 육계, 병아리, 조도, 동물복지, 생산성)

사사

본 연구는 2021년 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업과 연구사업(과제번호: PJ01483101)에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

ORCID

Hee Jin Kim	https://orcid.org/0000-0002-6959-9790
Ji Seon Son	https://orcid.org/0000-0002-5285-8186
Jin Joo Jeon	https://orcid.org/0000-0001-7585-4746
Hyun Soo Kim	https://orcid.org/0000-0001-8887-1318
Are Sun You	https://orcid.org/0000-0001-7258-2626
Hwan Ku Kang	https://orcid.org/0000-0002-4286-3141
Bo Seok Kang	https://orcid.org/0000-0002-3438-8379
Eui Chul Hong	https://orcid.org/0000-0003-1982-2023

REFERENCES

- Alvino GM, Archer GS, Mench JA 2009 Behavioural time budgets of broiler chickens reared in varying light intensities. *Appl Anim Behav Sci* 118(1-2):54-61.
- Arif M, Hayat Z, Abd El-Hack ME, Saeed M, Imran HM, Alowaimer AN, Swelum AA 2019 Impacts of supplementing broiler diets with a powder mixture of black cumin, moringa and chicory seeds. *S Afr J Anim Sci* 49(3):564-572.
- Blatchford RA, Klasing KC, Shivaprasad HL, Wakenell PS, Archer GS, Mench JA 2009 The effect of light intensity on the behavior, eye and leg health, and immune function of broiler chickens. *Poult Sci* 88(1):20-28.
- Carew LB, McMurtry JP, Alster FA 2003 Effects of methionine deficiencies on plasma levels of thyroid hormones, insulin-like growth factors-I and-II, liver and body weights, and feed intake in growing chickens. *Poult Sci* 82(12):1932-1938.
- Chechik BE, Sengupta S, Fernandes B 1986 Novel heterophile

- chicken antigen: Immunohistochemical localization using antisera to *Mycobacterium smegmatis* and possible association with lymphocyte maturation. *Histochem J* 18(1):36-40.
- Cianchetti-Benedetti M, Becciu P, Massa B, Dell’Omo G 2018 Conflicts between touristic recreational activities and breeding shearwaters: Short-term effect of artificial light and sound on chick weight. *Eur J Wildl Res* 64(2):1-6.
- Deep A, Schwan-Lardner K, Crowe TG, Fancher BI, Classen HL 2010 Effect of light intensity on broiler production, processing characteristics, and welfare. *Poult Sci* 89(11): 2326-2333.
- Dong JQ, Zhang H, Jiang XF, Wang SZ, Du ZQ, Wang ZP, Cao YM, Li P, Li H 2015 Comparison of serum biochemical parameters between two broiler chicken lines divergently selected for abdominal fat content. *J Anim Sci* 93(7): 3278-3286.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11(1):1-42.
- Gaglo-Disse A, Tona K, Aliou S, Debonne M, Aklikokou K, Gbeassor M, Decuypere E 2010 Effect of delayed feed access on production and blood parameters of layer-type chicks. *Acta Vet Hung* 58(2):211-219.
- Geyra A, Uni Z, Sklan D 2001 The effect of fasting at different ages on growth and tissue dynamics in the small intestine of the young chick. *Br J Nutr* 86(1):53-61.
- Gross WB, Siegel HS 1983 Evaluation of heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Dis* 27:972-979.
- Halevy O, Geyra A, Barak M, Uni Z, Sklan D 2000 Early posthatch starvation decreases satellite cell proliferation and skeletal muscle growth in chicks. *J Nutr* 130(4):858-864.
- Karadas F, Surai PF, Sparks NH 2011. Changes in broiler chick tissue concentrations of lipid-soluble antioxidants immediately post-hatch. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 160(1):68-71.
- Kristensen HH, Perry GC, Prescott NB, Ladewig J, Ersbøll AK, Wathes CM 2006 Leg health and performance of broiler chickens reared in different light environments. *Br Poult Sci* 47(3):257-263.
- Lamot DM, Van De Linde IB, Molenaar R, Van Der Pol CW, Wijtten PJA, Kemp B, Van Den Brand H 2014 Effects of moment of hatch and feed access on chicken development. *Poult Sci* 93(10):2604-2614.
- Lin H, Sui SJ, Jiao HC, Buyse J, Decuypere E 2006 Impaired development of broiler chickens by stress mimicked by corticosterone exposure. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 143(3):400-405.
- Maiorka A, Santin E, Dahlke F, Boleli IC, Furlan RL, Macari M 2003 Posthatching water and feed deprivation affect the gastrointestinal tract and intestinal mucosa development of broiler chicks. *J Appl Poult Res* 12(4):483-492.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) 2016 Animal and Plant Quarantine Agency, The Standard for Certification of Animal Welfare Livestock Farms.
- Moss FP, Simmonds RA, McNary HW 1964 The growth and composition of skeletal muscle in the chicken: 2. The relationship between muscle weight and the number of nuclei. *Poult Sci* 43(5):1086-1091.
- Nasr MA, Mohammed H, Hassan RA, Swelum AA, Saadeldin IM 2019 Does light intensity affect the behavior, welfare, performance, meat quality, amino acid profile, and egg quality of Japanese quails?. *Poult Sci* 98(8):3093-3102.
- Ross 2018 Ross Broiler Management Manual. Alabama. Aviagen Ltd., UK.
- RSPCA 2017 RSPCA welfare standards for meat chickens. <http://science.rspca.org.uk/sciencegroup/farmanimals/standards> Accessed on August 5, 2021.
- SAS 2019 SAS/STAT Software for PC. Release 9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Shini S, Huff GR, Shini A, Kaiser P 2010 Understanding stress-induced immunosuppression: exploration of cytokine and chemokine gene profiles in chicken peripheral leukocytes. *Poult Sci* 89(4):841-851.
- Tabeeekh MAA 2016 An investigation on the effect of light color and stocking density on some blood parameters of broilers and layers. *Donnish J Agri Res* 3(2):8-12.
- Wang C, Wei C, Li J 2011 The effects of light intensity on feather pecking and other behaviors of chick. Pages 7246-7248 In: 2011 International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering. Nanjing, China.
- Wolanski NJ, Renema RA, Robinson FE, Carney VL,

Fancher BI 2006 Relationship between chick conformation and quality measures with early growth traits in males of eight selected pure or commercial broiler breeder strains. Poultry Sci 85(8):1490-1497.

Younis DT 2014 Effect of antioxidant enhancement on productive performance and some physiological characters of broiler breeders reared under hot climate. Iraqi J Vet Sci 28(2):81-85.

Received Jul. 20, 2021, Revised Sep. 2, 2021, Accepted Sep. 23, 2021