



LED 조명의 색이 평사 사육 갈색 산란계의 산란성적, 계란 품질 및 혈액과 난관 내 번식 호르몬 농도에 미치는 영향

김희나¹ · 고한서¹ · 장현수¹ · 강유현¹ · 서지수¹ · 강환구² · 오상집^{3*}

¹강원대학교 동물생명과학대학 대학원생, ²농촌진흥청 국립축산과학원 가금연구소 연구사
³강원대학교 동물생명과학대학 교수

Effect of LED Light Colors on Egg Production, Egg Quality and Reproductive Hormone Concentrations of Plasma and Oviduct in Brown Laying Hens Housed on Floor

Hee Na Kim¹, Han Seo Ko¹, Hyun Soo Jang¹, Yu Hyun Kang¹, Jee Soo Seo¹,
 Hwan Ku Kang² and Sang Jip Oh^{3*}

¹Graduate Student, College of Animal Life Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

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

³Professor, College of Animal Life Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

ABSTRACT This study investigated the effect of LED light wavelength (color) on reproductive hormones and egg production of brown laying hens raised on floor. Red, blue, green and white colors of LED light were four treatments with four pens per treatment. One hundred forty four Hy-line brown laying hens (47 wks old) were allocated in a floor pen for six weeks trial. Egg production, egg quality, yolk cholesterol and hormones (17 β -estradiol, progesterone) concentrations in plasma and oviduct were analyzed. Egg production of red group was higher ($P<0.01$) than that of green group. Haugh unit of eggs from red group was higher ($P<0.01$) than that of blue and green groups. Egg weight of green group was heavier ($P<0.05$) than that of red group. Shell of blue group was stronger ($P<0.05$) than that of red and white groups. Shell color of white group was browner ($P<0.01$) than that of blue and green groups. Yolk cholesterol of red group was higher ($P<0.01$) than that of others. Plasma 17 β -estradiol of red group was higher ($P<0.05$) than that of others at 3rd week, but that of white group was highest ($P<0.05$) at 6th week. Oviduct progesterone of green group was higher ($P<0.01$) than that of others. The result showed that the LED colors affect the reproductive hormone concentrations, egg production, egg weight and egg quality. This study suggested that red LED would be the most appropriate color for floor raising brown laying hens to sustain the egg production when it begins to decline with aging.

(Key words: LED color, brown laying hens, floor, egg production, reproductive hormones)

서 론

산란계는 산란주령이 증가할수록 계란의 무게는 증가하나, 생산되는 계란의 개수는 감소한다(Silversides et al., 2006). 따라서 산란일령이 경과함에 따라 산란수가 떨어지기 시작하는 시점을 최대한 늦추고, 감소 커브를 완만하게 하는 것은 수익성 개선에 매우 중요하다. 이에 따라 산란계의 계란 생산 대사, 즉 번식 대사를 잘 조절한다면

산란 개수 감소 시기를 늦출 수 있을 것이라는 논리가 제기되어 왔다.

번식 대사를 조절하는 여러 기구 중, 광 자극이 번식 호르몬의 분비 정도에 관여하며, 이 때 광 자극의 수준, 특히 광 자극의 파장(색)이 가장 중요한 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Sharp, 2005; Shimizu and Bédécarrats, 2006). 실제 육용 종계(Mobarkey et al., 2010)나 산란계(Kim et al., 2010; Baxter et al., 2014) 연구 모두 긴 파장의 광 자극이 짧은 파

* To whom correspondence should be addressed : sjohh@kangwon.ac.kr

장보다 산란수를 높이는 데는 효과적이었다. 아울러 산란계 연구에서는 긴 파장의 광 자극을 받은 닭의 난소 활동이 상대적으로 더 왕성해졌고, 시산 일령도 빨라졌다. 그러나 상대적으로 짧은 파장의 광 자극을 받은 경우 산란수는 낮아진 반면, 계란 한 개의 난중은 무거워졌다(Rozenboim et al., 1998; Gongruttananun et al., 2012).

광 자극이 산란계의 산란, 즉 번식 활동에 관여하는 과정은 우선 번식 호르몬의 분비 조절과 연결되어 있다. 광 자극으로 체내에 콜레스테롤이 생성되고, 이로부터 에스트로겐 및 프로그스테론과 같은 번식 관련 호르몬이 생성되는 것으로 알려져 있다(Payne and Hales, 2004). 나아가 산란계가 분비하는 번식 호르몬의 농도가 산란계의 산란 능력에 영향을 미치고 있음도 확인된 바 있다(Reddy et al., 2012; Hassan et al., 2013; Baxter et al., 2014).

광 자극이 산란계의 번식 및 산란 능력에 미치는 이제까지의 연구들은 대부분 케이지에서 사육하는 산란계를 대상으로 이루어졌다(Rozenboim et al., 1998; Kim et al., 2010; Reddy et al., 2012). 하지만 산란계 복지 요건을 충족하기 위하여 최근 평사 사육이 증가하고 있고, 평사 산란계의 활동량 증진을 위해 조명 강도를 높여주는 것이 권장되고 있다(Hy-line red book, 2016). 이는 평사와 케이지간 조명에 차이를 두어야 한다는 의미지만 평사에서 사육하는 닭이 광 자극에 다르게 반응하는지에 대해서는 알려져 있지 않다. 또한 산란계에 대한 LED 등의 효과에 관한 연구가 증가하고 있으나, 평사 사육 산란계를 대상으로 한 연구는 매우 제한적이다. 한편, 빛의 파장이 72~82주령 노령 산란계의 산란을 유지나 계란 품질에 영향을 미쳤다는 연구가 있으나(Reddy et al., 2012), 닭의 성 성숙 여부나 산란 일령에 따라 빛이 영향을 미치는 정도가 다르지 여부도 잘 알려져 있지 않다.

뿐만 아니라 백색 산란계에 비하여 갈색 산란계를 대상으로 수행한 연구도 상대적으로 적다. 또한 광 자극이 산란계 번식 호르몬 분비에 미치는 영향을 조사한 연구는 많으나, 광 자극이 계란의 콜레스테롤 수준에 어떠한 영향을 미치는가를 조사한 연구도 매우 드물다.

따라서 본 연구는 LED 광원의 파장(색)이 충분한 성 성숙을 거쳐 산란 최고시기를 지나 산란수가 감소하기 시작하는 47주령의 평사 사육 갈색 산란계의 번식 및 산란 능력에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험설계 및 실험동물

LED 조명의 색(파장)이 산란계에 미치는 영향을 알아보기 위하여 각각 적색(630~750 nm), 청색(450~490 nm), 녹색(490~570 nm)(Sigma LED Co., Ltd, Incheon, Korea), 그리고 백색(Linan Tonghua Electrical Co., Ltd, China)을 한 처리로 총 4처리를 두었다. 각 처리마다 4 반복(칸)을 두었는데, 여기서 반복(칸)은 차광 막이 설치된 가로×세로×높이가 각각 1.5 m × 2.0 m × 2.0 m 규격의 평사 칸(floor pen)이다. 실험동물은 47주령 하이라인 브라운 산란계(Hy-line Brown Laying Hen)로 한 칸(반복)당 9수씩 총 144수를 배치하여 6주간 사양 실험을 진행하였다. 본 사양 실험과 동물에 대한 관리 방법은 강원대학교 동물실험윤리위원회(IACUC)로부터 승인(KW-170825-2)을 받아 수행되었다.

2. 사양관리 및 사료

사양실험은 강원대학교 동물사육장에서 진행하였으며, 물은 니플을 통하여, 사료는 원형 급이기를 통하여 자유롭게 섭취할 수 있게 하였다. 급여된 사료는 국내 시판사료로서 단백질 16.0%, ME 2,800 kcal, Lys 0.88%, Met+Cys 0.65%, Ca 4.29%, P 0.55%이었다. 처리구 모든 조명의 강도는 15 lux로 조절하였고, 점등시간은 시험기간 내내 16L:8D 사이 클로 동일하게 유지하였다. 각 칸의 바닥재로 왕겨를 깔아 주었고, 산란상은 가로×세로×높이 각각 1.5 m × 0.5 m × 0.6 m 규격으로 역시 인접 칸으로부터 조명이 차단되도록 배치하였다. 실험기간 내내 계사 내부 평균 온도는 9.1±0.07℃, 습도는 62.6±1.48%로 유지되었다.

3. 조사항목

1) 산란성적

산란수와 난중은 매일 기록하였으며, 이를 통해 산란율(hen day egg production; HDEP)과 평균난중(egg weight)을 계산하였다. 1일 수당 평균 사료섭취량(feed intake)은 사료 급여량과 잔량을 이용해 산출하였다. 산란량(egg mass)은 산란율과 평균난중을 곱하여 계산하였고, 사료요구율(feed conversion ratio; FCR)은 평균 사료섭취량을 산란량으로 나누어 산출하였다.

2) 계란 품질 지표

매주 각 반복당 3개의 계란을 수집하여 계란 품질을 평가하였다. 난각 강도(shell strength)는 Digital Force Gauge (HANDPI, Taipei, Taiwan)를, 난각 두께(shell thickness)는 shell thickness meter(Thickness Gage, Mitutoyo, Japan)를 이

용하여 측정하였다. 호우 유닛(Haugh unit)은 tripod micrometer(Tecklock 0-10 mm, Japan)를 이용하여 계란의 농후난백의 높이를 측정 한 후, Haugh (1937)의 공식을 이용하여 산출하였다. 난황 색(yolk color)은 Roche color fan(Hoffman-LaRoche Ltd, Basel, Switzerland)을 이용하여, 난각 색(shell color)은 Egg shell color fan(Daeho Ltd., Hwaseong, Korea)을 이용하여 측정하였다.

3) 난황 내 콜레스테롤 함량

계란의 난백을 제거하고, 난황만을 수거하여 homogenizer로 균질화한 후 동결 건조하였다. 이 후 0.5 g의 난황에 95% 에탄올 1.5 mL, 50% KOH 3mL를 넣고 혼합한 후, 65°C에서 30분 동안 방치한 다음 1,600 ×g로 5분간 원심분리하였다. 상층액을 분리하여 분석 kit(AM 202-K, Asan Pharm Co., Seoul, Korea)를 이용하여 난황 내 콜레스테롤 함량을 산출하였다.

4) 혈액과 난관 내 번식 호르몬 농도

사양실험 전과 그리고 사양실험 시작 후 각 3주, 6주 시점에 각 처리당 4수의 산란계를 선발하였다. Vacutainer를 이용하여 익하 정맥에서 약 3 mL를 채혈하였다. 채혈 후 1,500 ×g에 15분 동안 원심 분리하여 혈장을 분리한 후 -70°C에 보관하여 분석에 이용하였다. 난관은 사양실험 종료 시점에 각 처리당 4수씩 선발해 도계한 후 채취하였다. 채취한 난관은 dry oven에서 충분히 건조시킨 후 acetonitrile과 hexane을 넣고 homogenizer로 균질화하였다. 후에 분리한 상층액과 혈장을 17β-에스트라디올 kit(DCM003-10, Eagle Biosciences, Nashua, NH, USA)와 프로게스테론 kit(DCM006-8)를 이용하여 분석하였다.

4. 통계분석

모든 분석자료는 IBM SPSS Statistics 23(version 23.0, IBM SPSS Inc., Armonk, New York, US)의 one-way ANOVA (Analysis of Variance)를, 번식 호르몬 농도의 측정 시점간 측정치에 대한 통계 분석은 *T*-test를 이용하였다. 유의성은 Duncan의 다중검정법을 이용하여 95% 수준에서 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 산란성적

LED 조명의 색이 갈색 산란계의 생산성에 미치는 영향에 대한 결과는 Table 1과 같다. 먼저 산란율의 경우 녹색 조명 그룹의 산란율이 타 조명 그룹에 비하여 유의적으로($P<0.01$) 낮았으며, 산란율이 가장 높은 구는 적색 그룹이었다. 본 연구에서 적색 그룹에서 녹색 그룹에 비하여 산란율이 높게 (약 3%) 나타난 결과는 케이지 사육 산란계를 대상으로 한 연구(Er et al., 2007; Hassan et al., 2013)의 결과와 같았다. 이는 빛의 파장에 반응하는 정도에서 케이지나 평사 사육 산란계 간에 큰 차이가 없음을 보여주는 결과의 하나이다. 하지만 본 연구에서는 적색과 청색 및 백색 조명 그룹 간에 산란율에서의 유의적인 차이는 나타나지 않았으나, 앞의 케이지 사육 산란계를 대상으로 한 연구에서는 적색과 청색 간에 유의적인 차이가 있었다. 이는 광 자극의 영향력이 케이지와 평사간에 다를 수 있음을 의미한다. LED 조명의 색이 각 주 별 산란율에 어떠한 차이를 나타내는 지를 Fig. 1에 나타내었다. 그림을 보면 LED 조명의 색에 따라 영향력이 나타나는 시점에 차이가 있음을 보여주고 있다. 녹색 조명 그룹에서는 조명 시작 후 1주 시점부터 산란율이 낮게 나타난 반면, 백색 조명은 2주 경과 시점, 적색과 청색 조명은 3주 경과 시점에 변화가 나타나는 것으로 나타나, 색에 따라 빛의 영향력이 발현되는 시점이 다를 수 있음을 보여

Table 1. Effect of LED colors on overall performance in brown laying hens housed on floor

Parameters	LED colors				SEM	P-values
	Red	Blue	Green	White		
HDEP (%)	87.24 ^A	85.38 ^{Ab}	83.79 ^C	86.05 ^{Ab}	0.398	0.005
Egg weight (g/egg)	62.98 ^B	63.63 ^B	64.88 ^A	63.08 ^B	0.257	0.013
Egg mass (g/day/bird)	53.90	54.12	54.30	54.33	0.316	0.969
Feed intake (g/day/bird)	138.61	133.27	134.65	135.15	0.768	0.066
FCR	2.57	2.47	2.48	2.50	0.016	0.099

HDEP, Hen day egg production; FCR, Feed conversion ratio (g feed : g egg mass); SEM, Standard error of means.

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

주었다. 또한 적색 조명에서는 시험 기간 내내 산란율 변화 폭이 크지 않은 반면, 백색 조명에서는 산란율 반응이 나타난 시점은 빠르나, 그 반응이 지속되지 않음을 보여주었다. 또한 산란율이 가장 낮았던 녹색 조명 그룹에서도 6주가 경과한 후 산란율이 회복되는 곡선을 나타내었는데, 이러한 곡선이 실제 닭이 녹색 조명에 적응했음을 의미하는지는 시험 종료로 인하여 판단하기 어려웠다. 본 연구의 LED 조명이 산란율에 미치는 영향을 요약해 보면 LED 조명의 색이 산란율에 영향을 미치며 산란율을 높이는 데는 적색 조명이 가장 유리함을 알 수 있었다. 이 결과는 녹색과 적색 LED를 비교한 연구(Huber-Eicher et al., 2013)에서 적색에서의 산란율이 높았다는 결과와 동일하다. 또한 본 시험에서는 조명 색깔에 따라 영향을 미치는 시점, 적응력에 차이가 있고, 케이지와 평사 사육에 따라서도 다소 차이가 나타남을 알게 되었다.

처리구별로 누적 평균 난중을 비교한 결과, 녹색 그룹의 난중이 타 그룹에 비하여 높았다($P<0.05$). 그러나 백색, 적색, 청색 그룹간에는 차이가 없었다. 이러한 결과는 케이지 사육 40~48주령의 갈색 산란계를 대상으로 한 연구 결과(Hassan et al., 2013)와 유사하다. 하지만 본 연구에 사용된 닭에 비하여 산란주령이 낮은 산란계를 대상으로 한 연구(Pyrzak et al., 1987; Er et al., 2007; Kim et al., 2010)에서는 청색과 녹색 간 난중에는 차이가 없었으나, 청색 그룹에 비하여 적색 그룹의 난중은 더욱 낮아 본 연구와 다른 경향을 보였다. 이 차이는 닭의 산란주령이 산란을 최고점에 이른 경우 산란수가 높아, 상대적으로 난중이 낮아졌기 때문일 수도 있다.

산란계의 사료섭취량도 LED 조명의 색에 따라 달라지는

경향($0.05<P<0.10$)을 보였다. 일일 사료섭취량은 적색 조명 그룹에서 가장 높았는데, 이는 높은 산란수를 위하여 필요한 영양소를 공급해야 하는 생리적 요구에 따른 것으로 보인다. 다만 본 연구에서 녹색 조명을 비롯 산란율이 상대적으로 낮았던 구에서도 사료섭취량에 차이가 없는 것은 일일 산란량(egg mass) 자체에는 처리구간 차이가 없었기 때문인 것으로 보인다. 여기에 본 연구가 평사에서 진행되었기 때문에 케이지 산란계에 비하여 전반적으로 사료섭취량이 일일 최대 섭취 가능 수준으로 높아 처리구간에 차이를 나타내기 어려운 점도 영향을 미친 것으로 보인다. 하지만 기존의 평사뿐 아니라, 케이지 사육 연구에서 조명의 색이 사료섭취량에 미치는 영향을 조사한 연구가 없어 케이지와 평사의 차이가 미치는 영향력을 심층 비교해 볼 수 없는 점은 아쉽다. 산란량 대비 사료섭취량을 비교한 사료요구율에서는 사료섭취량이 상대적으로 적었던 청색 그룹에서 가장 낮았고, 적색 그룹에서 가장 높은 경향($0.05<P<0.10$)을 나타내었다.

산란계의 산란 성적을 조사한 결과, LED 조명의 색은 갈색 산란계의 산란율, 난중에 유의적인 영향을 미쳤으며, 사료섭취량과 사료요구율에서는 차이를 나타내는 경향을 보였고, 일일 산란량에는 영향을 미치지 않았다.

2. 계란 품질

LED 조명의 색이 갈색 산란계의 계란 품질에 미치는 영향에 대한 결과는 Table 2와 같다. 요약해 보면 LED 조명의 색은 계란의 품질 중 난각색, 난각 강도, 호우 유닛에 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 난각 두께와 난황 색에는 영향을 미치지 않았다.

Table 2. Effect of LED colors on egg quality parameters in brown laying hens housed on floor

Parameters	LED colors				SEM	P-values
	Red	Blue	Green	White		
Shell color ¹	12.28 ^{ab}	11.85 ^c	12.00 ^{bc}	12.49 ^a	0.080	0.006
Shell strength (kg/cm ²)	3.63 ^b	3.82 ^a	3.74 ^{ab}	3.58 ^b	0.035	0.047
Shell thickness (mm)	0.381	0.384	0.380	0.383	0.001	0.474
Haugh unit ²	88.45 ^a	83.67 ^c	86.65 ^{ab}	85.37 ^{bc}	0.533	0.001
Yolk color ³	5.54	5.45	5.32	5.36	0.042	0.273

SEM, Standard error of means.

¹ Shell color represents colors of egg from 1 (ivory color) to 15 (dark brown).

² Haugh unit is indicator representing freshness of egg that higher score means fresher.

³ Yolk color score 1 (light yellow) to 15 (deep red) by color fan indicate increasing reddish yellow color by higher number.

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

우선 난각의 갈색도는 백색 조명 그룹에서 청색, 녹색 그룹보다 높았으며($P<0.01$), 청색 그룹의 난각 갈색도가 가장 낮았다. 이러한 결과는 비슷한 연령대의 케이지 사육 산란계를 대상으로 한 연구(Er et al., 2007) 결과와 유사하다. 하지만 조명의 색이 난각 갈색도에 미치는 영향을 조사한 연구가 매우 적어 조명의 색이 난각 갈색에 어떠한 경로를 통하여 영향을 미치는지를 설명하기 어려운 실정이다.

본 연구에서 LED 조명의 색은 난각 두께에 영향을 미치지 않았다. 이러한 결과는 동일 연령대 케이지 사육 산란계에서 녹색 조명 그룹의 난각 두께가 높았다는 결과(Er et al., 2007)와는 달랐다. 그러나 LED 조명의 색이 난각 강도에는 영향을 미치는 것으로 나타났다. 청색 그룹의 난각 강도가 적색과 백색 그룹에 비하여 강한($P<0.05$) 것으로 나타났다. 이러한 결과는 유사 연령대 케이지 사육 산란계를 대상으로 한 연구(Er et al., 2007; Hassan et al., 2014)에서 녹색 그룹의 난각 강도가 가장 강하고, 적색 조명 그룹의 난각 강도가 가장 낮았다는 결과와는 유사한 측면도 있으나, 다소 차이도 있었다. 이는 아마도 닭의 운동량과 사료섭취량이 케이지에 비하여 평사 사육 산란계가 높은 것도 일부 영향을 미친 것으로 보인다.

계란의 호우 유닛(Haugh Unit, HU)을 측정할 결과, 적색 조명 그룹 계란의 HU가 청색 그룹보다 높은($P<0.01$) 것으로 나타났다. 이 결과는 조명의 색이 계란의 HU에 영향을 미치지 않았다는 연구(Hassan et al., 2014)와는 차이가 있다. 빛의 파장이 계란의 HU에 미치는 영향을 조사한 연구가 매우 적어, 현재로는 광 자극이 HU에 영향을 미치는가를 확인하기는 어렵다. 다만 계란의 크기가 작을 경우 일반적으로 계산 상의 HU가 높아지게 되므로 본 연구에서 난중이 작은 적색 그룹의 HU가 높은 것은 이러한 영향과 관련되었을 것으로 보인다. 본 연구에서 조명의 색은 난황의 색에는 영향을 미치지 않았다.

3. 난황 내 콜레스테롤 함량

LED 조명의 색이 난황 콜레스테롤 함량에 미치는 영향은

각 주 별 채취 계란의 분석 자료를 처리구별로 누적 평균한 수치로 Table 3에 나타내었다. 콜레스테롤 함량은 적색 조명 그룹의 계란에서 청색 및 백색 그룹에 비하여 난황 콜레스테롤 함량이 높았다($P<0.01$). 또한 청색과 백색 그룹간에도 백색 그룹의 난황 콜레스테롤 함량이 더욱 낮았다($P<0.01$). 본 연구의 결과는 LED 조명의 색과 난황 콜레스테롤 함량 간에 상호 작용이 있음을 보여주었다. 이는 광원의 종류에 따라 60주령 산란계 계란의 콜레스테롤 함량에 차이가 나타났다는 연구(Long et al., 2016) 결과와 유사하다. 또한 본 연구에서는 난황 콜레스테롤 함량이 높은 적색 조명 그룹에서 혈액 내 17β -에스트라디올과 프로게스테론의 농도도 높았다(Table 4). 실제 콜레스테롤은 여러 번식호르몬의 전구물질이므로 (Payne and Hales, 2004) 번식호르몬이 원활하게 생성되기 위해서는 충분한 수준의 콜레스테롤 합성이 전제되어야 한다. 그러나 본 연구에서는 수란관 내 번식호르몬의 농도와 난황 콜레스테롤 수준 간에는 유의할 만한 상관 관계가 보이지 않았다. 이를 설명하기 위해서는 먼저 혈액 내 번식 호르몬 수준과 수란관 호르몬 수준간의 상관성에 대한 이해가 필요하다. 특히 혈액의 콜레스테롤 수준과 난황 콜레스테롤 수준간에 상관성이 없었다는 연구 결과(Liu et al., 2010)도 보고되고 있다는 점에서는, 혈액 내 호르몬 수준과 수란관 내 호르몬 수준간 상호 관계에 대해서도 연구가 필요한 것으로 보인다.

4. 혈액과 난관 내 번식 호르몬 농도

LED 조명의 색이 갈색 산란계의 혈액과 난관 내 17β -에스트라디올과 프로게스테론의 농도에 미치는 영향은 Table 4와 같다. 적색 조명 그룹의 실험 3주 시점 혈중 17β -에스트라디올의 농도는 다른 조명 그룹보다 높았다($P<0.05$). 이는 20주령 산란계 실험에서 적색 조명 그룹의 17β -에스트라디올 농도가 백색과 녹색 조명 그룹보다 높았다는 보고(Baxter et al., 2014)와 동일한 결과이다. 그러나 실험 6주 시점에는 백색 조명 그룹의 혈중 17β -에스트라디올의 농도가 청색과 녹색 조명 그룹의 농도에 비하여 높았다($P<0.05$). 이는 20~

Table 3. Effect of LED colors on yolk cholesterol concentration in brown laying hens housed on floor

Parameter	LED colors				SEM	P-value
	Red	Blue	Green	White		
Total cholesterol (mg/g yolk)	18.52 ^a	18.14 ^b	18.22 ^{ab}	17.45 ^c	0.111	0.000

SEM, Standard error of means.

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

Table 4. Effect of LED colors on concentrations of 17 β -estradiol and progesterone of both plasma and oviduct in brown laying hens housed on floor

Parameters	Weeks	LED colors				SEM	P-values	
		Red	Blue	Green	White			
In plasma	17 β -estradiol (pg/mL)	3	203.56 ^{ab}	151.22 ^b	137.02 ^b	159.14 ^{bb}	8.963	0.030
		6	224.50 ^{abA}	182.08 ^b	189.53 ^b	263.48 ^{aA}	11.631	0.029
	P-values		0.002	0.324	0.213	0.000	-	-
	Progesterone (pg/mL)	3	707.21 ^{aA}	410.74 ^b	463.29 ^b	563.37 ^{ab}	42.105	0.043
		6	528.79 ^B	433.22	418.05	510.97	26.912	0.399
	P-values		0.002	0.659	0.766	0.653	-	-
In oviduct	17 β -estradiol (pg/mg)	6	20.68	21.34	23.57	20.59	0.460	0.055
	Progesterone (pg/mg)	6	41.29 ^b	36.84 ^b	126.07 ^a	46.65 ^b	10.681	0.000

SEM, Standard error of means.

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

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

22주령 산란계 실험에서 청색 또는 녹색 조명 그룹의 17 β -에스트라디올의 농도가 가장 낮았다는 보고(Hassan et al., 2013; Baxter et al., 2014)와 유사하다. 각 처리구의 3주와 6주 시점을 비교했을 때, 적색과 백색 그룹에서는 시간이 경과하며 혈중 17 β -에스트라디올의 농도가 증가하였으나($P<0.01$), 나머지 그룹에서는 시점 간 차이가 없었다. 이 결과는 케이지 사육 고령 산란계를 대상으로 한 연구(Reddy et al., 2012)에서 긴 파장의 광 자극을 받은 경우 혈중 17 β -에스트라디올의 농도가 약 6% 높아졌다는 결과와 유사하다. 적색(긴 파장) 처리 그룹에서 혈중 17 β -에스트라디올의 농도가 상대적으로 높은 것과 Table 1에서 적색 그룹의 산란수가 가장 높은 것을 볼 때 광 자극에 의한 혈중 17 β -에스트라디올의 농도 증가가 산란 수 증가에 영향을 미쳤음을 보여준다. 특이한 점은 백색 그룹의 혈중 17 β -에스트라디올의 농도가 6주 시점에 큰 폭으로 증가하여 처리 그룹 중 가장 높았으나, 산란 수 증가는 나타나지 않았다는 점이다. 본 연구에서 적색 조명 그룹의 산란율이 높았던 것으로 보아, 배란에 관여하는 17 β -에스트라디올의 농도가 증가하면서 산란율 증가에도 영향을 미친 것으로 판단된다.

혈중 프로게스테론의 농도도 실험 개시 3주 시점에는 적색 그룹에서 청색과 녹색 그룹보다 높았다($P<0.05$). 이는 적색 조명이 프로게스테론의 분비를 자극했다는 연구 결과(Lewis and Morris, 2000)와 유사하다. 그러나 6주 시점에는 전 처리 그룹에서 3주 시점에 비하여 낮아지고, 처리 그룹간 차이도 나타나지 않았다. 프로게스테론의 변화를 Fig. 1

의 주별 산란율과 비교해 보면 3주 시점 산란율이 백색 그룹에서 가장 높았던 점, 그러나 6주 시점에는 감소한 점으로 볼 때 혈중 프로게스테론도 산란 수 증가에 연관되어 있음을 보여주고 있다. 본 연구보다 케이지 사육 고령 산란계(Reddy et al., 2012)에서 측정된 혈중 프로게스테론의 농도가 본 연구에서의 농도보다 더 낮았는데, 이는 산란주령이 경과될수록 혈중 프로게스테론 농도가 점차 감소되고 있음을 보여주며, 이 또한 노령으로 갈수록 산란 능력이 감소하는 것과 연관될 수 있음을 뜻한다고 할 것이다.

그러나 난관 내 17 β -에스트라디올의 농도는 오히려 산란율이 낮은 반면, 난중은 무거웠던 녹색 그룹에서 높은 경향($0.05<P<0.10$)을 보였다. 또한 녹색 그룹의 난관 내 프로게스테론의 농도도 다른 그룹에 비하여 높았다($P<0.01$). 이는 혈액 내 번식 호르몬과는 달리 난관 내 번식 호르몬은 오히려 산란율보다 난중의 증가와 연관될 수도 있다는 점을 보여 주는 결과라 하겠다. 요약해 보면, 광 자극에 따라 혈액이나 난관의 번식 관련 호르몬의 농도에 차이가 나타남을 알 수 있었고, 혈액 내 17 β -에스트라디올의 농도가 산란 수 증가에 큰 영향을 미칠 것이라는 점을 알게 되었다. 또한 동일 번식 호르몬이라 하더라도 혈중에서와 난관에서 산란 대사에 작용하는 기전에 차이가 있을 수도 있음을 알게 되었다.

적 요

본 연구는 LED 조명의 색(파장)이 평사에서 사육하는 갈

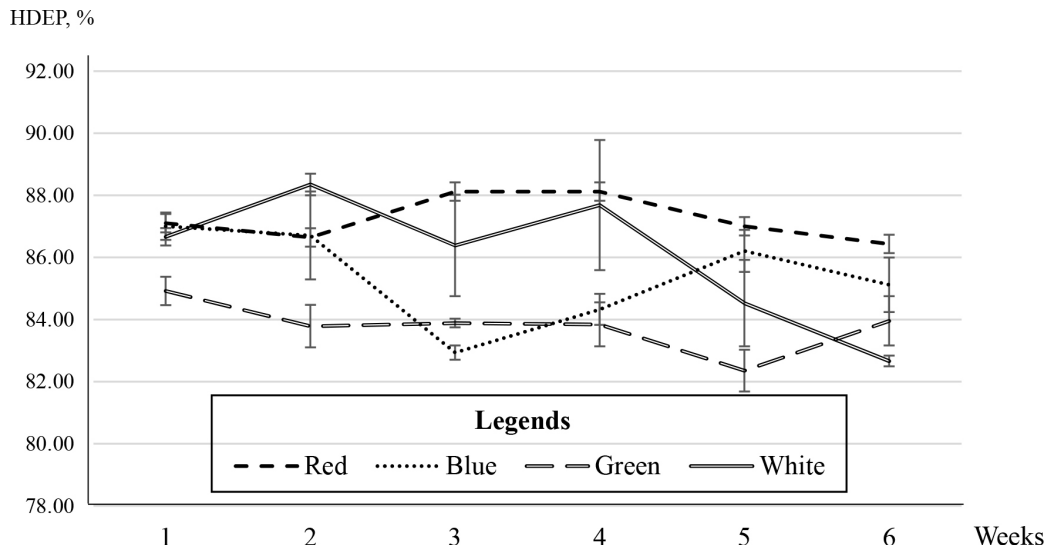


Fig. 1. Effect of LED colors on weekly HDEP in brown laying hens housed on floor HDEP, Hen day egg production.

색 산란계의 생산성, 계란의 품질, 난황 콜레스테롤, 혈액 및 난관 17β-에스트라디올과 프로그스테론의 농도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수행하였다. 각각 적색, 청색, 녹색, 백색의 LED 조명색으로 총 4처리를 두었고, 47주령 갈색 산란계 144수를 처리당 4반복(칸), 반복당 9수로 배치한 후 6주간 시험을 진행하였다. 파장이 긴 적색 조명 그룹의 산란율이 가장 높았으며, 이 그룹의 혈중 17β-에스트라디올의 분비 농도도 가장 높았다. 반면 파장이 짧은 녹색 조명 그룹의 산란율이 가장 낮았으나, 난중은 가장 무거운 것으로 나타났다. 또한 LED 조명의 색은 난각 색, 난각 강도, 호우 유닛(HU)과 난황 내 콜레스테롤 함량에도 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구를 통해 광원으로서 LED 조명의 경우 조명의 색(파장)이 산란 및 번식대사에 비슷하게 작용함을 확인하였다. 또한 이미 충분한 성 성숙이 완료되고, 산란율이 감소하기 시작하는 주령에도 광 자극이 산란 및 번식 대사에 영향을 미치고 있음을 알게 되었다. 본 연구의 결과로 산란성적, 계란 품질, 번식 호르몬 분비를 고려할 때, 평사에서 사육하는 47주령의 갈색 산란계에 적색 LED 조명이 가장 유리하다는 점을 제안할 수 있게 되었다.

REFERENCES

Baxter M, Joseph N, Osborne VR, Bédécarrats GY 2014 Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye. *Poult Sci* 93(5):1289-1297.

Er D, Wang Z, Cao J, Chen Y 2007 Effect of monochromatic light on the egg quality of laying hens. *J Appl Poult Res* 16(4):605-612.

Gonguttananun N, Guntapa P 2012 Effects of red light illumination on productivity, fertility, hatchability and energy efficiency of Thai indigenous hens. *Kasetsart J* 46:51-63.

Hassan MR, Sultana S, Choe HS, Ryu KS 2013 Effect of monochromatic and combined light colour on performance, blood parameters, ovarian morphology and reproductive hormones in laying hens. *Ital J Anim Sci* 12(3):e56.

Hassan MR, Sultana S, Choe HS, Ryu KS 2014 Effect of combinations of monochromatic LED light color on the performance and behavior of laying hens. *J Poult Sci* 51(3):321-326.

Haugh RR 1937 A new method for determining the quality of an egg. *US Egg Poult* 39:27-49.

Huber-Eicher B, Suter A, Spring-Stähli P 2013 Effects of colored light-emitting diode illumination on behavior and performance of laying hens. *Poult Sci* 92(4):869-873.

Hy-line Red Book 2016 Basic rules for lighting program. www.hyline.com/asp/redbook

Kim MJ, Choi HC, Suh OS, Chae HS, Na JC, Bang HT, Kim DW, Kang HK, Park SB 2010 A study of different sources and wavelengths of light on laying egg characteristics in laying hens. *Kor J Poult Sci* 37(4):383-388.

Lewis PD, Morris TR 2000 Poultry and colored light. *World*

- Poult Sci J 56(3):189-207.
- Liu X, Zhao HL, Thiessen S, House JD, Jones PJH 2010 Effect of plant sterol-enriched diets on plasma and egg yolk cholesterol concentrations and cholesterol metabolism in laying hens. Poult Sci 89:270-275.
- Long H, Zhao Y, Xin H, Hansen H, Ning Z, Wang T 2016 Effect of light emitting diode (LED) vs. fluorescent (FL) lighting on laying hens in aviary hen houses: Part 2- Egg quality, shelf-life and lipid composition. Poult Sci 95(1): 115-124.
- Mobarkey N, Avital N, Heiblum R, Rozenboim I 2010 The role of retinal and extra-retinal photostimulation in reproductive activity in broiler breeder hens. Domes Anim Endocrinol 38(4):235-243.
- Payne AH, Hales DB 2004 Overview of steroidogenic enzymes in the pathway from cholesterol to active steroid hormones. Endoc Rev 25(6):947-970.
- Pyrzak R, Snapir N, Goodman G, Perek M 1987 The effect of light wavelength on the production and quality of eggs of the domestic hen. Theriogenology 28(6):947-960.
- Reddy IJ, David CG, Selvaraju S, Mondal S, Kiran GR 2012 GnRH-1 mRNA, LH surges, steroid hormones, egg production, and intersequence pause days alter in birds exposed to longer wavelength of light in the later stages of production in *Gallus gallus domesticus*. Trop Anim Health Prod 44(6):1311-1317.
- Rozenboim I, Zilberman E, Gvoryahu G 1998 New monochromatic light source for laying hens. Poult Sci 77(11): 1695-1698.
- Sharp PJ 2005 Photoperiodic regulation of seasonal breeding in birds. Ann NY Acad Sci 1040(1):189-199.
- Shimizu M, Bédécarrats GY 2006 Identification of a novel pituitary-specific chicken gonadotropin-releasing hormone receptor and its splice variants. Bio Reprod 75(5):800-808.
- Silversides FG, Korver DR, Budgell KL 2006 Effect of strain of layer and age at photostimulation on egg production, egg quality, and bone strength. Poult Sci 85(7):1136-1144.

Received May 15, 2018, Revised Oct. 19, 2018, Accepted Oct. 23, 2018