

원적외선 조사가 육계의 생산성, 유해가스 발생량 및 혈액의 생화학적 조성에 미치는 영향

손 장 호

대구교육대학교 실과교육과

Effects of Using Far Infrared Ray (FIR) on Growth Performance, Noxious Gas Emission and Blood Biochemical Profiles in Broiler

Jang Ho Son

Department of Practical Arts Education, Daegu National University of Education, Daegu 705-715, Korea

ABSTRACT The Far Infrared Ray (FIR) is part of the natural energy as light spectrum of sunlight. Human can disentangle the colors within visible ray, but FIR is invisible to human sight because it has longer wavelength than visible ray. The effect of using FIR on broiler performance, blood biochemical profiles and fecal gas emission from litter. Day-old semi-broiler chicks (Ross ♂ × Hyline ♀) were obtained and assigned to eight pens, 2 replicates of white and green color LED light, and with FIR on each color light, in a 20L:4D of lighting program. The body weight gain and feed efficiency were tend to improve under the green color than white color, which were increased by exposing to FIR on both color light. Emission of ammonia and lower hydrocarbons from litter were not different from each color but there was a decrease by exposing to FIR regardless of light color. The level of blood aspartate aminotransferase (AST) tends to be decreased under green color than white color, and this tendency becomes more pronounced as exposing to FIR. Therefore significantly increased under white color without FIR than green color with FIR ($P<0.05$). The levels of albumin and immunoglobulin were not different from each color but there was an increase by exposing to FIR regardless of light color. In conclusion, exposing to Far Infrared Ray (FIR) when broiler raising, there is potential to increase broiler performance because of improvement of bioactivity and raising environment.

(Key words : far infrared ray (FIR), broiler performance, emission of ammonia, blood-AST, immunoglobulin)

서 론

최근, 양계 생산과정에서 조명의 강도, 명암의 사이클 및 색깔 등이 연구되기 시작했다(Olanrewaju et al., 2006). 빛은 파장의 크기에 따라서 색깔로 나타나는데, 이중 380~770 nm 크기의 파장 범위의 가시광선의 색은 사람이 육안으로 구분 가능하다. 닭의 경우는 3원색의 구분이 가능하며, 훈련에 의해서 좀 더 세분된 구별 능력을 가질 수 있다고 한다(Cornsweet, 1970; Bell and Freman, 1971). 닭에 있어서 명암과 색깔 구별 매커니즘은 두개골과 눈을 통해서 감지된 빛(파장의 길이)이 시상하부를 통해서 각종 생리현상에 영향을 미치는 것으로 연구되었다. Son and Ravindran(2009)은 사육장 내 조명의 색이 육계의 행동과 생산성에 직접적으로 영향을

미칠 수 있다는 것을 보고하였다. 한편, 2010년부터 국내에서 추진하고 있는 양계농가 고효율 LED 보급 사업은 기존의 백열등과 같은 점등 광원은 에너지 효율성이 낮아서 이를 대체하고자 하는 측면이 강조되었다고 할 수 있다. 백열등의 경우는 육안으로 단일색이라고 판단할 수 있지만, 실제로는 다양한 색깔의 조합(다양한 파장)이 혼합되어 있다고 할 수 있다(Park et al., 2002).

원적외선은 가시광선의 적색영역보다 파장이 월등히 길어서 열작용이 크며, 생체 내 침투력이 강한 파장으로 알려져 있다(Han and Lee, 2010). 원적외선의 특징은 긴 파장으로 생체 내 침투력 증가 및 열작용 등으로 각종 질병의 원인이 되는 세균을 없애는데 도움이 되고, 생체 내에 직접 작용하여서 혈액순환과 세포생성에 도움이 된다는 의학적인 연

† To whom correspondence should be addressed : jhson@dnue.ac.kr

구 때문에 사람을 위한 의료용 기구에도 적지 않게 이용되고 있는 실정이다(Kim, 2002). 원적외선은 농·축산분야에서도 이용되기 시작하여, 원예부분에서는 식물의 성장성(Cho, 2009) 및 축산부분에서는 육류의 보관성(Nam et al., 2004; Rababah et al., 2006)에 미치는 영향이 제한적으로 연구되었다. 최근에는 의료부분에 활용할 기초 연구로 포유류를 이용한 연구가 이루어지고 있는데, rat를 이용한 광자극생체조절(photobiomodulation) 반응에서 허혈성 심장질환의 치료 및 수술 후 상처의 빠른 회복 등이 보고되었다(Desmet et al., 2006; Tu et al., 2013). 뿐만 아니라, 동물 생산부분에서는 계란의 부화율 향상과 배아의 생존율, 간장의 크기 및 정미강(crown-rump length)의 길이 증대효과가 보고되었다(Yeager et al., 2005; Yeager 2006). 그러나 실제 동물생산 현장에서 원적외선을 이용한 사례는 보고된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 육계를 사육하는 과정에서 일정량의 원적외선을 조사하는 방법으로 육계의 건강 증진은 물론, 사육환경의 개선 효과를 검증하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 동물시험 기본 환경 및 공시동물

본 연구는 환경조절계사(외벽 두께 10 cm, 무창계사, 300

×1,200×200 cm)에서, 동물사육에 관한 일반적인 방법은 농촌진흥청, 국립축산과학원의 권고에 준해서 이루어졌다(Korean National Institute of Animal Science, 2002). 실험계사 내는 120×120 cm 크기로 탈부착이 가능한 구획을 여러 개 만들었다. 각각의 구획 내에는 사료통과 물통을 하나씩 장착하여 실제로 닭이 사육되는 넓이는 물통과 사료통을 제외하고 1.0 m²이 되도록 하였다(물통과 사료통, 0.2 m²). 사육장내 사육밀도는 m²당 36~38 kg이 되도록 시험 닭을 배치하였다. 사육장 깔짚은 왕겨를 이용하여서 약 5~7 cm 높이로 시험 개시 전에 깔아주었다. 시험 기간 동안 20 L/4 D (5 L/1 D×4 회)의 조명과 각 구획별로 조도는 24±2 Lux로 설정하였다.

본 연구에서는 세미브로(Ross ♂ × Hyline ♀) 암수 무감별 추 200수를 공시하여 흰색조명, W구(흰색조명, 5,000~5,700 K), 흰색조명+원적외선 조사(W-FIR구), 녹색조명, G구(녹색조명, 525~570 nm), 녹색조명+원적외선(G-FIR구)의 4처리, 처리당 2반복으로 실험을 실시하였다. 시험사료는 Y사에서 생산된 육계전용사료를 이용하였다.

원적외선의 조사 장치가 장착된 처리구의 원적외선 방사량은 방사율(5~30 nm), >0.922; 방사에너지(W/m²), > 3.63 ×10²이 되게 조절하였다.

Fig. 1은 원적외선이 장착된 LED등의 사진을 나타낸 것이다.



(W) white color LED



(W-FIR) White color LED with far infrared ray



(G) Green color LED



(G-FIR) Green color LED with far infrared ray

Fig 1. LED Light with far infrared ray system.

(W)는 흰색 LED 조명장치를, (W-FIR)은 흰색 LED 조명 장치에 원적외선이 방출되는 램프를 부착한 사진이다. (G)는 녹색 LED 조명장치를 나타낸 것이고, (G-FIR)은 녹색 LED 조명장치에 원적외선 램프를 부착한 것이다(특허출원번호: 1020120058375, 1020120058376).

기초사료의 배합비 및 화학조성은 Table 1에 나타내었다.

2. 조사항목

1) 증체량, 사료섭취량 및 사료효율

증체량은 3일간의 예비실험기간을 제외한 35일간의 총 시험기간 동안 매주 1회, 총 5회에 걸쳐 같은 시간대(오전 9시)에 반복별로 측정하였다. 총 증체량은 종료 시 체중에서 시

Table 1. Ingredient composition of basal diet for starter and finisher of broiler chicks

Ingredients	Starter	Finisher
Corn	59.66	63.55
Soybean meal	27.02	30.11
Wheat bran	10.00	3.50
Dicalcium phosphate	1.19	1.12
Limestone	1.40	1.07
Common salt	0.40	0.40
DL-Methionine	0.13	0.05
Vitamin premix ¹	0.10	0.10
Mineral premix ²	0.10	0.10
Total	100.00	100.00
Chemical composition		
ME (kcal/g)	3,100	3,100
Crude protein(%)	21.50	19.00
Choline (%)	1.395	1.274
Methionine (%)	0.50	0.38
Met+Cys (%)	0.80	0.70
Lysine (%)	1.10	1.00

¹ Vitamin premix provides the followings (mg) per kg of diet: vitamin A, 5,500 IU; vitamin D₃, 1,100 ICU; vitamin E, 10 IU; riboflavin, 4.4 IU; vitamin B₁₂, 12 IU; nicotinic acid, 44 IU; menadione, 1.1 IU; biotin, 0.11 IU; thiamin, 2.2 IU; ethoxyquin, 125 IU.

² Mineral premix provides the mg per kg of diet: Mn, 80 mg; Zn, 60 mg; Fe, 40 mg; Cu, 4.5 mg; Co, 1.0 mg; I, 0.5 mg; Se, 0.15 mg.

험 개시 시 체중을 뺀 값을, 사료섭취량은 시험사료의 잔량을 측정하여 총 사료 급여량에서 남은 사료량을 뺀 값으로 구하였으며, 다시 일당 사료섭취량 및 증체량을 환산하여 사료 효율을 계산하였다.

2) 사육장 바닥내 악취발생량 조사

실험계가 성장하여 사육장 바닥에 배설물이 어느 정도 쌓이기 시작하는 21일령부터는 3일 간격으로 사육장 바닥의 깔짚 위 10 cm 높이에서 가스포집기(Gastec GV-100s, Japan)를 이용해서 아침(09:00경), 정오(13:00경) 및 저녁(18:00경) 1일 3회, 회당 3회 반복으로 Ammonia(No, 3L 및 3M), H₂S (No, 4LT) 및 저급탄화수소(No, 103)의 발생량을 측정하여 1일 평균값으로 나타내었다. 사육장내 환기방식은 송풍기를 이용한 강제 환기방식으로, 사육장내 온도 센스와 연결된 무인 장치(Sems LIT 200N)를 이용하였다.

3) 혈액분석

사양실험 종료 시(38일령)에 처리당 5수씩을 무작위로 선발하여 익하정맥에서 혈액을 채취, 원심분리(2,500 rpm×20 mins)를 통해서 혈청을 분리하여 분석에 이용하였다, AST (Asparate aminotransferase), ALT(Alanine aminotransferase) 및 Albumin은 생화학분석기(Mindry BS-390 Chemistry Analyzer, USA)를 이용해서, IgA, IgM 및 Ig 분석은 Chicken IgA, IgM 및 IgG ELISA Quantitation Kit (BETHYL Laboraatories, Inc., USA)를 이용하여 분석하였다.

3. 통계분석

시험을 통해서 얻어진 성적들은 SPSS version 20을 이용해서 GLM procedure로 분산분석을, Turkey test를 이용하여 처리구의 평균간 유의성 검정을 실시하였다(Steel, 1980).

결과 및 고찰

Table 2는 흰색과 녹색조명, 이들 조명에서의 원적외선 방사 유무에 따른 육계의 생산성을 나타내었다.

전사육 기간 중, 증체량은 녹색조명 처리구인 G구가 백색 조명 처리구인 W구보다 4% 정도 높게 나타났다. 이는 원적외선 방사 장치를 부착한 처리구에서도 동일하게 나타나서 G-FIR구가 W-FIR구보다 증체량은 4% 정도 높게 나타났다. 뿐만 아니라, 사료요구율도 W구, W-FIR구, G구 및 G-FIR구 순서로 낮게 나타나서 증체량과 동일한 차이를 보였다. 이러한 차이는 사육 전·후반기 모두 동일한 경향을 나타내었

Table 2. Effect of exposing FIR of on performance of semi broiler chickens

Treatment		White	White+FIR	Green	Green+FIR
4~24 days	Feed intake (g)	909.2±29.1	910.1±27.1	890.1±25.7	908.4±20.0
	BW gain (g)	611.5±38.0	623.9±32.5	613.9±29.6	637.9±26.2
	FCR	1.49±0.10	1.46±0.15	1.45±0.13	1.42±0.07
25~38 days	Feed intake (g)	1,384.5±36.8	1,413.4±43.7	1,418.2±39.0	1,382.6±33.8
	BW gain (g)	671.4±27.5	693.8±33.6	723.2±29.9	732.6±25.3
	FCR	2.06±0.22	2.04±0.22	1.96±0.19	1.89±0.17
4~38 days	Feed intake (g)	2,293.7±56.4	2,323.6±76.2	2,308.3±62.6	2,291.0±83.6
	BW gain (g)	1,282.9±32.3	1,317.7±55.6	1,337.4±42.9	1,371.2±50.0
	FCR	1.78±0.21	1.76±0.28	1.73±0.26	1.67±0.33
Mortality (%)		0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00

Values are means±SEM.

으나, 사육전반기(4~24일령)보다 사육후반기(25~38일령)의 차이는 더 분명하게 나타났다.

Son and Ravindran(2009)은 3개의 다른 조명(White, Red 및 Blue)을 이용한 육계 생산성 연구에서 사육장내 조명의 색 깔이 육계의 생산성에 직접적으로 영향을 미칠 가능성이 있으며, 특히 사료 효율개선 효과는 녹색 계열 조명이 적색 및 백색 계열 조명보다 유의하게 높게 나타난 것을 보고하였다. 뿐만 아니라, 육계 사육장내 조명의 색, 암수비율 및 사육밀 도는 육계의 행동 중 Standing 및 Walking 행동에 직접적으로 영향을 미쳐서, 결과적으로 TI-반응(Tonic Immobility Reaction)과도 연결됨을 시사 하였다. 즉, 닭의 스트레스 반응의 강도 차이도 조명의 색이 직접적으로 영향을 미칠 가능성이 있다고 하였다(Son, 2010; Son et al., 2010, Son, 2013).

본 연구에서도 육계의 사육장내 LED를 이용한 녹색조명이 흰색조명보다 증체량과 사료효율의 개선 효과는 이전의 연구결과와 동일하게 인정되었으며, 각각의 조명에 원적외선 방사장치를 추가하였을 때, 그 효과가 더 증가될 가능성을 보여주었다. 가시광선에 비해서 파장이 긴 원적외선은 생체 내에 흡수되는 성질이 강하기 때문에 모세혈관을 확장 시켜서 혈액순환과 세포조직 생성에 직접적으로 도움을 줄 가능성이 높아, 실제 의료용 기기에서는 사람의 체온 증가 또는 각종 생리활성 증가 효과를 얻기 위해서 이용되고 있다. 최근의 연구에서는 신경계 손상 및 혈관계 질환으로 인한 스트레스 완화 치료의 목적으로 원적외선의 효과가 입증되었으며(Fujita et al., 2011; Muili et al., 2013), 동물실험(Rat을 이용한 실험)에서 원적외선의 조사는 피부의 미세순

환 증가로 인한 체내 L-arginine의 증대효과(Yu et al., 2006) 및 체내 Mitochondrial 에너지 대사에 유의하게 작용할 가능성이 보고되었다(Desmrt et al., 2006).

본 연구 결과에서 나타난 원적외선 방사장치를 장착한 LED 조명에서 원적외선 방사장치를 장착하지 않은 LED 조명보다 육계의 증체량 및 사료효율이 증가되는 경향은 이전의 의학분야에서 보고된 내용을 참고로 할 수밖에 없는 제한된 상황이다.

Table 3은 계사 바닥재에서 발생하는 암모니아(NH₃), 저급탄화수소(lower hydrocarbons) 및 황화수소(H₂S) 발생량을 21일령부터 2일 간격으로 조사한 결과를 나타내었다.

육계사육 특성상 깔짚(바닥재)은 한 번 깔면 닭이 출하되기 전까지는 교체를 하지 않는다. 따라서 깔짚(바닥재)에서 발생하는 악취의 양은 사육장 내의 환경에 중요한 요인이 된다. 계사 바닥에서 발생하는 악취는 사육되는 동물뿐만 아니라, 관리자에게도 피해를 줄 수 있기 때문에 적절한 관리가 요구된다고 할 수 있다. 동일한 연령대에 있어서 바닥재에서의 ammonia의 발생량은 흰색조명인 W구와 녹색조명인 G구 간의 차이는 인정되지 않았다. 그러나 두 조명 모두에서 원적외선의 조사에 의해서 ammonia의 발생량이 감소되는 경향이 인정되었다. 전 시험 기간 중 모든 처리구에서는 H₂S는 검출되지 않았지만, 원적외선이 조사되지 않은 녹색조명에서는 31일령에 저급탄화수소가 검출되기 시작하였으며, 출하 직전인 38일령에는 조명의 색깔 및 원적외선 조사 유무와 관계없이 모든 처리구에서 저급탄화수소가 검출되었다.

원적외선을 이용한 살균 및 방충효과(Montanari et al.,

Table 3. Effect of far infrared ray on ammonia, lower hydrocarbons and hydrogen sulfide gas emission from broiler litter

Division	Age (day)	White	White+FIR	Green	Green+FIR
Ammonia (ppm)	21	1.2±0.1	1.9±0.9	1.9±1.0	3.3±0.5
	24	2.8±0.8	3.9±0.0	3.5±0.6	6.3±0.8
	27	5.6±0.6	6.9±0.6	8.2±0.6	11.7±1.1
	30	11.7±1.1	20.8±1.1	13.9±0.6	16.9±1.1
	33	23.4±1.1	27.3±1.1	17.3±1.6	26.0±1.2
	35	32.5±2.3	39.8±1.8	30.0±3.2	36.4±2.2
	38	41.9±3.1	45.3±2.7	42.8±2.2	47.0±4.4
Lower hydrocarbons (%)	21	ND	ND	ND	ND
	24	ND	ND	ND	ND
	27	ND	ND	ND	ND
	30	ND	ND	ND	0.01±0.01
	33	ND	0.01±0.01	ND	0.01±0.01
	35	ND	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01
	38	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01	0.01±0.01
H ₂ S (ppm)	21	ND	ND	ND	ND
	24	ND	ND	ND	ND
	27	ND	ND	ND	ND
	30	ND	ND	ND	ND
	33	ND	ND	ND	ND
	35	ND	ND	ND	ND
	38	ND	ND	ND	ND

Values are means±SEM, N.D: not coil.

2003; Okabe et al., 2014)는 이미 연구되어서 의료기기를 비롯한 가정용 생활용품에 다양하게 사용되고 있는 실정이다 (Kim, 2002). 또한 계분 중 *E. coli* 및 *Salmonella*와 같은 병원성 미생물의 증가는 악취 발생에 직접적으로 영향을 미칠 가능성이 있다(Son and Kim, 2004)고 보고되었다. 본 연구에서 원적외선으로 인한 사육장 바닥에서의 ammonia 및 VFA의 발생량 감소는 기존의 보고들과 같은 이치에서 설명할 수 있을 것이다. 본 연구에서 육계 사육장내 원적외선의 조사에 의한 살균효과(병원성 미생물의 감소)의 증가는, ammonia 등과 같은 악취의 원인이 되는 물질의 발생량을 감소시킬 가능성도 유추할 수 있을 것이다. 그러나 McKeegan et al.(2000)은 양계 사육장내 공기 중 ammonia의 농도가 25~30 ppm 이상이 되면 닭의 호흡기 등 건강에 피해를 미칠 가능성이 있다고 하였다. 본 실험에서 33일령 이후, 사육장 바

닥의 ammonia의 발생량이 증가한 것은 처리별로 조명의 색을 구분하기 위해서 사육장내 1.2 m²씩 판으로 완전히 분리하였기 때문에, 사육장내 공기 흐름이 차단된 특별한 경우라고 생각할 수 있다. 하지만 실제 육계 사육농장에서는 출하할 때까지의 사육장내 ammonia의 발생량은 대부분 20~25 ppm 이하라고 보고되어 있다(Nahm and Nahm, 2004).

4가지 사육환경에서의 육계의 혈액 생화학적 조성 변화를 Table 4에 나타내었다.

혈장 내, AST, ALT 및 Albumin의 농도는 생체 내 대사장애 또는 독소 물질 증가에 의한 간장 및 신장의 손상 정도 및 면역체계를 간접적으로 측정할 수 있는 지표로도 사용될 수 있다(Lumeji, 1997). 혈장 내 AST의 농도는 녹색조명, G구가 백색조명, W구보다 낮아지는 경향이 있었으며, 이 감소는 원적외선의 조사에 따라서 두 사육환경 모두에서 낮아

Table 4. Effect of exposing FIR on blood biochemical profiles in broiler chickens

Division	White	White+FIR	Green	Green+FIR
AST (μ L)	183.1 \pm 9.2 ^a	168.6 \pm 7.2 ^b	175.3 \pm 8.1 ^{ab}	162.4 \pm 3.6 ^b
ALT (u/L)	2.11 \pm 0.12 ^a	1.16 \pm 0.07 ^b	1.86 \pm 0.11 ^a	1.56 \pm 0.32 ^a
Albumin (g/dL)	1.41 \pm 0.21	1.55 \pm 0.14	1.50 \pm 0.22	1.57 \pm 0.09
IgA (mg/mL)	0.44 \pm 0.03	0.57 \pm 0.07	0.49 \pm 0.06	0.68 \pm 0.08
IgG (mg/mL)	1.72 \pm 0.17	1.89 \pm 0.18	1.80 \pm 0.19	2.00 \pm 0.19
IgM (mg/mL)	0.62 \pm 0.05	0.78 \pm 0.07	0.75 \pm 0.09	0.83 \pm 0.10

Values are means \pm SEM, ^{a,b} $P < 0.05$.

졌다. 결과적으로 백색조명(W구)보다 녹색조명에 원적외선을 조사한 (G-FIR구)에서 유의하게 낮게 나타났다($P < 0.05$). 그러나 ALT 농도는 처리구 간에 차이가 인정되지 않았다. 혈액 중 Albumin 및 각종 면역 글로블린(LgA, IgG 및 IgM)의 농도는 조명의 차이에 따른 변화는 인정되지 않았지만, 흰색조명, 녹색조명 모두 원적외선 조사에 따라서 증가하는 경향이 인정되었다. Nagasawa et al.(1999) 및 Tu et al.(2013)은 원적외선의 조사는 동물체 내에 면역체를 증진시켜서 mice의 지방종양의 증식 및 rat의 수술 후 빠른 상처회복에 도움이 될 수 있다고 보고하였다. 마찬가지로 본 연구에서는 원적외선에 노출된 육계의 체내 면역체의 증가 가능성을 조심스럽게 제안해 볼 수 있겠다. 한편, Hong(2011)은 여자고등학생들의 생리불순에 원적외선 조사가 효과가 있음을 보고하였으며, Okabe et al.(2014)은 사람에게 원적외선의 조사는 생리학적, 세포 형태학적 측면에서 안전하다는 연구결과를 보고하였지만, 육계 사육과정에서 장기간 원적외선 조사는 닭고기의 식품으로서 안전성이 인정될 수 있는지 또는 보다 효율적인 원적외선 조사 시간이 어느 정도가 될 수 있는지 등에 대한 차후 연구가 요구되어진다.

적 요

원적외선은 자연계의 태양에너지의 한 부분으로 가시광선의 적색영역보다 파장이 월등히 길어서 열작용이 크며, 생체 내 침투력이 강한 파장으로 알려져 있다. 본 연구에서는 육계를 사육하는 과정에서 일정량의 원적외선을 조사하는 방법으로 육계의 건강 증진은 물론, 사육환경의 개선 효과의 가능성을 검정하고자 하였다.

세미브로(Ross ♂ × Hyline ♀) 암수 무감별추 200수를 공시하여 흰색조명, White구(5,000~5,700 K), 흰색조명+원적

외선 조사(White+FIR구), 녹색조명, Green구(525~570 nm) 녹색조명+원적외선(Green+FIR구)의 4처리, 처리당 2반복으로 실험을 실시하였다. 전 사육기간 중 증체량과 사료효율은 녹색조명 환경이 백색조명 환경보다 높게 나타나는 경향이 인정되었다. 이러한 증가는 두 조명 모두 원적외선 조사에 의해서 더 증가되는 경향이 인정되었다. 사육장 바닥 깔짚 내 ammonia 및 저급탄화수소의 발생량은 조명의 색깔에 따른 차이는 인정되지 않았지만, 두 조명 모두 원적외선 조사에 의해서 ammonia 및 저급탄화수소의 발생량이 감소하는 경향이 인정되었다. 혈장 내 AST의 농도는 녹색조명 처리구가 백색조명 처리구보다 낮게 나타났으며, 이러한 경향은 두 조명 모두 원적외선의 조사에 의해서 더 감소되어서 백색조명 처리구보다 녹색조명에 원적외선을 조사한 처리구에서 유의하게 낮게 나타났다($P < 0.05$). 혈액 중 albumin 및 각종 면역 글로블린(LgA, IgG 및 IgM)의 농도는 조명의 차이에 따른 변화는 인정되지 않았지만, 흰색조명, 녹색조명 모두 원적외선 조사에 따라서 증가하는 경향이 나타났다. 결론적으로 육계 사육과정에 원적외선의 조사는 사육환경 개선 및 생리활성물질의 증가에 영향을 미쳐서 생산성을 증가시킬 가능성이 있다고 생각되어진다.

사 사

본 논문은 2013년 대구교육대학교 교내 연구비(RC2013059) 지원에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

Bell DJ, Freeman BN 1971 Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl Vol 2. Academic Press, London, UK.

- Cho, BH, 2009 Effect of the far infrared irradiated water on growth of cotyledons, hypocotyls and roots of the spring radishes. *The Korean Society of Analysis Science and Technology* 22(4):277-284.
- Cornsweet TN 1970 *Visual Perception*. Academic press New York, NY. USA.
- Desmet KD, Paz DA, Corry JJ, Eells JT, Wong-Riley MT, Henry MM, Buchmann EV, Connelly MP, Dovi JV, Liang HL, Henshel DS, Yeager RL, Millsap DS, Lim J, Gould LJ, Das R, Jett M Hodgson BD, Margolis D, Whelan HT 2006 Clinical and experimental applications of NIR-LED photobiomodulation. *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 22(2):78-86.
- Fujita S, Ikeda Y, Miyata M, Shinsato T, Kubozono T, Kuwahata S, Hamada N, Miyauchi T 2011 Effect of Waon therapy on oxidative stress in chronic heart failure. *Circulation Journal* 75(2):348-56.
- Han JS, Lee KL 2010 A research of the effectiveness of far infrared ray and TDP therapy on the hair loss treatment. *The Korean Society for Aesthetics and Cosmetology* 8(1): 187-200.
- Hong YR 2011 Effects of heat therapy using a far infrared rays heating element for dysmenorrhea in high school girls. *Journal of Korean Academic Nursing* 41(1):141-148.
- Kim KC 2002 I don't want to go the hospital, want to cure hemorrhoids. *Central a Life Cycle Press*, Seoul, Korea.
- Lumeij JT 1997 Avian clinical biochemistry. In: *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. Keneko JJ, Harvey JW, Bruss ML.(eds) Academic Press London, UK.
- McKeegan D, McIntyre J, Demmers T, Wathed C, and Jones R 2000 Behavioural responses of broiler chickens during active exposure to gaseous stimulation. *Applied Animal Behaviour* 99:271-286.
- Montanari L, Cilurzo F, Selmin F, Conti B, Genta I, Poletti G, Orsini F, Valvo L 2003 Poly(lactide-co-glycolide) microspheres containing bupivacaine: Comparison between gamma and beta irradiation effects. *Journal of Control Release* 90(3):281-90.
- Muili KA, Gopalakrishnan S, Eells JT, Lyons JA 2013 Photobiomodulation induced by 670 nm light ameliorates MOG 35-55 induced EAE in female C57BL/6 mice: A role for remediation of nitrosative stress. *PLoS One* 28;8(6):e67358.
- Nagasawa H, Udagawa Y, Kiyokawa S 1999 Evidence that irradiation of far-infrared rays inhibits mammary tumour growth in SHN mice. *Anticancer Res* 19(3A):1797-800.
- Nahm, KH, Nahm, BA 2004 *Poultry Production and Waste Management*. Yuhanmungwasa Press, Seoul. Korea.
- Nam KC, Kim JH, Ahn DU, Lee SC 2004 Far-infrared radiation increases the antioxidant properties of rice hull extract in cooked turkey meat. *Journal of Agriculture Food Chemistry* 52:374-379.
- National Institute of Animal Science 2002. *New Breeding Technology for Broiler*. RDA, Korea.
- Okabe M, Kitagawa K, Yoshida T, Suzuki T, Waki H, Koike C, Furuichi E, Katou K, Nomura Y, Uji Y, Hayashi A, Saito S, Nikaido T 2014 Hyperdry human amniotic membrane is useful material for tissue engineering: Physical, morphological properties, and safety as the new biological material. *Journal of Biomed Mater Res A*. 102(3):862-70.
- Olanrewaju HA, Thaxton JP, Dozier III WA, Purswell J, Roush WB, Branton SL 2006 A review of lighting programs for broiler production. *International Journal of Poultry Science* 5(3):301-308
- Park SW, Bae BS, Ahn HC, Lee JU, Seo DO 2002 Transmittance characteristics by candle power of incandescent lamp. *The Korean Society of Fisheries Technology* 38(4):293-299.
- Rababah T, Hettiarachchy NS, Horax R, Cho MJ, Davis B, Dickson J 2006 Thiobarbituric acid reactive substances and volatile compounds in chicken breast meat infused with plant extracts and subjected to electron beam irradiation. *Poult Science* 85(6):1107-13.
- Son JH, Kim SH 2004 Effects of drinking rhus tree-extract on performance of broiler. *Korean Poultry Science* 31(1): 25-31.
- Son JH, Ravindran V 2009 The effects of light colors on behavior and performance of broiler chickens. *Korean Poultry Science* 36(4): 329-335.
- Son JH 2010 Influence of sex ratio on behavior and welfare indexes in broiler chicken. *Korean Poultry Science* 37(1): 43-49
- Son JH, Ravindran V, Tanaka T 2010 Effects of sex ratio on behavioural traits of broiler chickens. *Animal Behaviour and Management* 46:55-60.
- Son JH 2013 The effect of stocking density on behaviour and

- welfare indexes of broiler chickens. *Journal of Agricultural Science and Technology* A(3):1-5.
- SPSS. 2014. *Statistical Analysis System ver., 20*. SPSS Institute Inc., Cary, NC. USA.
- Steel RGD, Torrie JH 1980 *Principles and Procedure of statistics*. McGraw Hill, NY. USA.
- Tu YP, Chen SC, Liu YH, Chen CF, Hour TC. 2013 Post-conditioning with far-infrared irradiation increases heme oxygenase-1 expression and protects against ischemia/reperfusion injury in rat testis. *Life Science* 92(1):35-41.
- Yeager RL, Franzosa JA, Millsap DS, Angell-Yeager JL, Heise SS, Wakhungu P, Lim J, Whelan HT, Eells JT, Henshel DS 2005 Effects of 670-nm phototherapy on development. *Photomed Laser Surg* 23(3):268-72.
- Yeager RL, Franzosa JA, Millsap DS, Lim J, Heise SS, Wakhungu P, Whelan HT, Eells JT, Henshel DS 2006 Survivorship and mortality implications of developmental 670-nm phototherapy: dioxin co-exposure *Photomed Laser Surg*. 24(1):29-32.
- Yu SY, Chiu JH, Yang SD, Hsu YC, Lui WY, Wu CW 2006 Biological effect of far-infrared therapy on increasing skin microcirculation in rats. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine* 22(2):78-86.
-
- Received Mar. 24, 2015, Revised May. 18, 2015, Accepted May. 29, 2015