

육계일령이 깔짚 수분, 발바닥 피부염 및 스트레스 호르몬에 미치는 영향

김찬호*, 임세진, 양가영, 전중환
국립축산과학원 동물복지연구팀

Effects of broiler age on litter moisture, footpad dermatitis, and corticosterone

Chan Ho Kim*, Se Jin Lim, Ka-Young Yang, Jung Hwan Jeon

Animal welfare Research Team, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

요약 본 연구는 육계 일령이 깔짚 수분함량, 발바닥 피부염 및 스트레스 호르몬에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수행하였다. 본 연구를 수행하기 위하여, 전라남도 보성에 위치한 동물복지 인증 육계농장에서 세로 120 m, 가로 16 m의 육계사에서 COBB 1일령 병아리 32,000수 (초기체중 43.4 ± 0.15 g)를 공시하여, 출하전 31일까지 사육하였다. 본 연구에 이용된 깔짚의 재질은 왕겨를 이용하였으며, 두께는 8.9 cm 였다. 사료와 물은 자유 섭취하였으며, 점등은 18시간 점등 6시간 소등하였다. 계사의 깔짚내 수분 및 암모니아 가스 함량은 일령이 증가함에 따라 유의적으로 ($p < 0.05$) 증가하였다. 발바닥 피부염, 및 깃털 오염도 일령이 증가함에 따라 유의하게 ($p < 0.05$) 증가하였다. 그러나 스트레스 호르몬은 일령이 증가함에 따라 유의적으로 ($p < 0.05$) 감소하였다. 결론적으로 육계의 일령이 증가하면서 깔짚의 수분함량이 증가하며, 발바닥 피부염 발생 역시 증가 하는 것을 알 수 있었으며, 깔짚 내 수분함량의 조절을 위한 사양관리가 필요할 것으로 생각된다.

Abstract This study was undertaken to determine the effect of broiler age on litter moisture, footpad dermatitis, and corticosterone. In this study, 32,000 1-day-old chicks (initial BW= 43.4 ± 0.15 g) were released from a 120 m length and 16 m width broiler house at an animal welfare-certified farm located in Boseong, Jeollanam-do, and reared until 31 days. The litter was fed rice hulls with a thickness of 8.9cm. Feed and water were available ad libitum, and the light regime was 18L:6D. The moisture content, measured as the ammonia (NH_3) gas content in the litter of the farm, increased significantly ($p < 0.05$) with increasing age. Moreover, significant increases ($p < 0.05$) were also obtained for footpad dermatitis and feather cleanliness with increasing age. However, levels of corticosterone decreased significantly ($p < 0.05$) with increasing age. In conclusion, since moisture content and foot pad dermatitis were observed to increase with increasing age of broilers, we recommend that moisture content in the litter should be appropriately controlled.

Keywords : Broiler, Litter Moisture, Footpad Dermatitis, Corticosterone

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호:RS-2021-RD009994)의 지원에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding Author : Chan Ho Kim(National Institute of Animal Science)

email: kch8059@korea.kr

Received July 17, 2023

Revised August 14, 2023

Accepted September 1, 2023

Published September 30, 2023

1. 서론

발바닥 피부염(footpad dermatitis, FPD)은 발바닥 표면에 괴사성 상처가 생기는 접촉성 피부염으로 foot burn 또는 footpad lesions라고 불린다[1]. FPD는 전 세계적으로 가금 산업에서 흔하게 발생하고 있는 문제 중 하나로, 육계, 산란계, 종계등에서 나타나며, 연평균 20% 정도 비율로 나타나며, 심할 경우 100%까지 발생하기도 한다[2]. 동물복지지 지표로 사용되는 발바닥 피부염은 농장내 기본적인 사양관리 방법에 영향 받을 뿐만 아니라, 물이나 사료 섭취를 위해 이동하는 행동에 직접적인 영향을 미치기 때문에, 농장에서 발생하는 발바닥 피부염 비율과 염증정도를 평가하는 것은 아주 중요하다 [2]. 발바닥에 상처가 생기면 *Staphylococcus aureus* 나 *E.coli*와 같은 병원체가 발바닥 혈류에 들어오게 되며, 이러한 병원체는 2차 감염을 야기 시켜 염증을 일으키게 된다 [3]. 발바닥 피부염은 일반적으로 깔짚 내 과도한 수분함량과 높은 암모니아 농도에 의한 피부의 화학적 자극에 의해 발생한다 [4]. 깔짚 수분함량이 증가하면 심각한 발바닥 피부염을 유발할 뿐만 아니라, 육계의 생산성 및 도체율을 감소시키고 동물복지 측면에 부정적인 영향을 미친다고 보고한바 있다 [5]. 발바닥 피부염에 영향을 미치는 깔짚 내 수분은 계분에서 나오게 된다. 깔짚은 이러한 수분이 흡수되고 마를 수 있는 충분한 시간이 필요하다 [6]. 평당 사육수가 증가할수록 깔짚이 흡수해야 하는 계분 내 수분의 양도 함께 늘어나게 된다. 깔짚이 흡수할 수 있는 수분량은 한계가 있기 때문에 고밀도 사육시 깔짚 수분함량이 늘어나 깔짚 품질은 더욱 나빠지게 된다 [3]. 고밀도 사육을 할 경우에는 음수량, 깔짚, 수분함량 등에 영향을 미치는 적절한 온도와 습도를 닭에 제공할 수 있도록 더 세심하게 관리하게 주어야 한다. 또한, 육계의 주령이 증가할수록 깔짚 수분에 악영향을 미치는 계분 발생량이 증가하기 때문에 깔짚 품질을 더욱 나빠진다. 본 연구는 육계의 주령에 따른 깔짚의 수분함량이 발바닥 피부염 및 스트레스 호르몬에 미치는 영향을 조사하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 실험에서의 동물 관리 및 실험 방법은 국립축산과학원 실험동물 관리 및 연구 윤리위원회의 규정과 허가(승인번호: NIAS-2020-1863)에 따라 실시하였다.

2.1 공시동물 및 사육환경

본 연구는 전라남도 보성에 위치한 동물복지 인증 육계농장에서 수행하였다. 육계사는 세로 120 m, 가로 16 m의 한국 축산표준설계도[7]에 의하여 건축된 국내 일반적인 사양환경의 농장에서 COBB 1일령 병아리 32,000수(초기체중 43.4±0.15 g)를 공시하여, 출하전 31일까지 사육하였다. 본 연구에 이용된 깔짚의 재질은 왕겨를 이용하였으며, 두께는 8.9 cm 였다. 시험사료는 시판 동물복지 인증 기준에 적합하도록 동물성 원료가 포함되지 않은 상업용 배합사료 (Table 1)을 사용하였고, 사료와 물은 자유 섭취하게 하였다. 계사내 적정온도는 1일령에 33℃로 설정하였고 주당 2℃씩 감온하여 이후에는 23℃를 유지하였으며, 습도는 50~60%를 유지하였다. 점등은 사양시험 기간 동안 18시간 점등 6시간 소등을 실시하였다.

Table 1. Composition and nutrient content of experimental diets (as-fed basis)

Ingredients	Starter diet (0 to 21d)	Grower diet (22 to 28d)
Corn	51.92	54.67
Soybean meal	28.10	23.00
Wheat meal	5.00	10.00
Corn gluten	3.84	2.01
Fish meal	4.00	3.50
Soybean oil	3.50	3.50
Dicalcium phosphate	1.86	1.59
Limstone	1.00	1.00
Sodium chloride	0.22	0.25
Choline-50%	0.06	0.04
Methionine-99%	0.11	0.11
Lysine-78%	0.14	0.11
Vitamin and Mineral premix ¹⁾	0.24	0.22
Total	100.00	100.00
Nutrient content		
AMEn, kcal/kg	3,100	3,150
Crude protein, %	22.00	19.00
Calcium, %	1.00	0.92
Available P, %	0.51	0.45
Met + Cys, %	0.87	0.75
Lysine, %	1.20	1.02

¹⁾Provides per kg diet: vitamin A(from vitamin A acetate), 10,000IU; vitamin D₃, 2,000IU; vitamin E (from DL- α -tocopheryl acetate), 67IU; vitamin K₃, 3,000mg; vitamin B₁, 2,000mg; vitamin B₂, 10,000mg; vitamin B₆, 5,000mg; vitamin B₁₂, 30,000mg; pantothenic acid, 30,000mg; niacin, 25mg; folic acid, 2,500 mg; Zn (as ZnSO₄·H₂O), 52.5mg; Mn (as MnSO₄·H₂O), 52.5mg; Fe (as FeSO₄·7H₂O), 52.5mg; Cu (as CuSO₄·H₂O), 52.5mg

2.2 조사항목

2.2.1 생산성 측정

생산성적을 조사하기 위하여 시험 개시체중과 7일, 21일 및 28일에 각각 닭의 무게를 측정하여 체중을 계산하였다.

2.2.2 깔짚내 수분 함량 및 가스 발생

7일, 21일, 및 28일령에 계사의 미리 정해진 6지점에서 깔짚 샘플을 수거하여 AOAC [7] 방법에 의하여 수분을 측정하였으며, 가스 배출량을 측정하기 위하여 Gastec 가스 샘플링 펌프 (Model GV-100, Gastec Crop, Japan)를 이용하여 암모니아와 이산화탄소 가스를 깔짚 수거지점에서 측정하였다.

2.2.3 발바닥 피부염, 및 깃털오염도

7일, 21일, 및 28일령에 60수씩 임의로 선별하여 검사를 진행하였다. 발바닥 피부염은 RSPCA 방법에 [8]의하여, 점수를 측정하였다 (Score 1 = 병변없음; Score 2 = 변색은 있으나, 깊은 병변 없음; Score 3 = 궤양이나 딱지가 있는 깊은 병변). 깃털의 오염도는 등과 배를 평가하여 1점부터 3점 사이의 청결도 점수를 측정하였다 [8]. 깨끗하면 1점, 매우 더러우면 3점을 부여하였다 (Fig. 1.2)



Fig. 1. Foot pad dermatitis(FPD) for the scores of 1~3 on each body of broilers

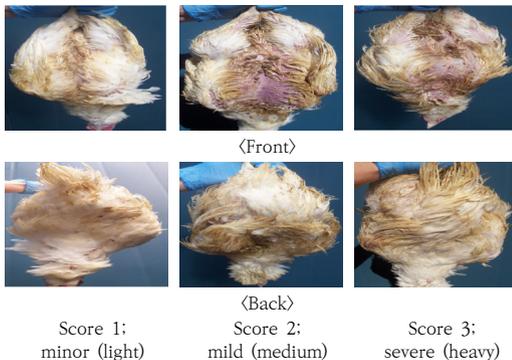


Fig. 2. Feather conditions for the scores of 1~3 on each body of broilers

2.2.4 스트레스 호르몬 분석

주령에 따른 스트레스 차이를 분석하기 위하여 혈액 내 존재하는 스트레스 호르몬 중 corticosterone을 측정하였다. 혈액을 채혈 후 혈청을 분리하여 분석전까지 -70℃에 보관하였다. 분석은 chicken corticosterone ELISA kit(Wuhan Fine Biotech Co. Ltd., Wuhan, China)를 사용하였다. 항원이 coating된 96-well을 plate에 2번 세척한 뒤 시료 50uL을 첨가하여 37℃에서 45분간 반응시켰다. 3번 세척한 뒤 HRP conjugate working용액을 넣어 37℃에서 30분 처리하였다. 처리 후 5번 세척후 TMB substrate로 발색시키고, stop 용액을 넣어 분광광도계(Epoch 2;BioTek Innstruments, Inc., VT, USA)를 이용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2.3 통계분석

통계처리는 Statistics Analytical System(SAS) 9.4의 General Linear Model(GLM) 방법을 이용하여 one-way ANOVA분석을 하였다. 분석의 실험단위는 개체로 하였다. 처리구간에 따른 차이 분석을 위해 Tukey's 방법을 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 평균값의 유의성을 검정하였다. 또한 수분함량의 증가에 따른 스트레스 호르몬의 증가량의 관계를 확인하기 위해 단순회귀분석(Simple regression analysis)를 수행하였다. 수분함량을 독립변수(Independent variable)로 하고 스트레스 호르몬을 종속변수(Dependent variable)로 선정하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 생산성

일령에 따른 체중 결과는 Fig. 3과 같다. 초기 7일령 까지 체중은 실험시 사육한 7일령에서 175g 으로서 COBB 매뉴얼과는 10.3% 작게 나타났으며, 21일령에서는 반대로 COBB 매뉴얼과 비교하여 20.2% 크게 나타났다. 28일령에는 다시 9.1% 작게 사육되었다. 이러한 차이는 사육환경과 사양관리에서 오는 차이점이라고 생각되어진다.

3.2 깔짚 수분 및 가스 배출함량

일령에 따른 깔짚 수분 및 가스 배출함량은 Table 2에 요약하였다. 깔짚 수분 함량은 일령이 증가함에 따라

깔짚 수분 함량도 유의적으로 ($p < .05$) 증가하였으며, 가스 배출량 중 암모니아 배출 역시 일령이 증가함에 따라 유의적으로 ($p < .05$) 증가하였지만, 이산화탄소 배출량은 일령과 관계없이 영향을 미치지 못했다.

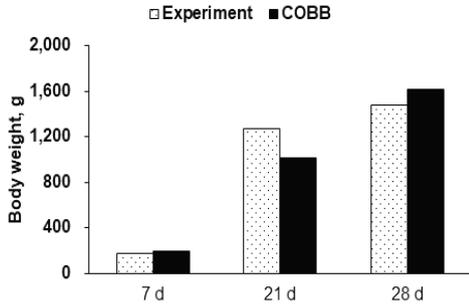


Fig. 3. Body weight of broilers by age

Table 2. Effects of age on litter moisture and gas emission of broilers

Items	age		
	7	21	28
Litter moisture, %	18.5±2.8 ^b	26.2±3.2 ^{ab}	33.9±1.8 ^a
Gas emission			
NH ₃ , ppm	4.5±0.3 ^b	6.2±0.7 ^a	6.8±0.9 ^a
CO ₂ , ppm	525.6±15.6	529.4±17.9	550.7±11.4

^{a,b}Means with different letters in the same line are significantly different ($p < 0.05$).

3.3 발바닥병변 및 깃털 오염도

일령에 따른 발바닥 피부염 및 깃털 오염도는 일령이 증가함에 따라 평균점수가 유의적으로 ($p < .05$) 증가하였다. 또한 발바닥 피부염에서는 Score 1(양호)의 비율이 일령이 증가함에 따라 21일령과 28일령에서 각각 10%p, 및 16.7%p 감소 하였으며, Score 2(보통)의 경우 7일령과 비교하여 각각 8.3%p 및 11.7%p 증가하였으며, Score 3(심각)의 비율도 각각 1.7%p 및 5.0%p 증가하였다. 깃털 오염도 역시 발바닥 피부염과 마찬가지로 7일령에는 발생하지 않았으며, Score 1(양호)는 21일령과 28일령에 각각 8.3%p 및 15%p 감소 하였으며, Score 2(보통)의 경우 5.0%p 및 13.3%p 증가하였다. Score 3(심각) 역시 각각 3.3%p 및 1.7%p 증가하여, 일령이 증가함에 따라 Score 2(보통) 및 Score 3(심각)의 비율이 증가함을 알 수 있었다 (Table 3; Fig. 4).

3.4 스트레스 호르몬 분석

일령에 따른 스트레스 호르몬은 Fig. 5에 요약하였다.

스트레스 호르몬 역시 일령이 증가함에 따라 유의하게 ($p < .05$) 감소 하였으며, 21일령과 28일령에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 또한, 깔짚 내 수분 함량이 증가함에 따라 스트레스 호르몬이 증가하는 것으로 분석되었다($p < .01$; $R^2 = 0.7523$).

Table 3. Average scores for FPD and feather condition in broilers

Days	Footpad dermatitis	Feather cleanliness
7	1.00±0.00 ^b	1.00±0.00 ^b
21	1.17±0.19 ^{ab}	1.07±0.08 ^{ab}
28	1.22±0.11 ^a	1.17±0.04 ^a

^{a,b}Means with different letters in the same line are significantly different ($p < 0.05$).

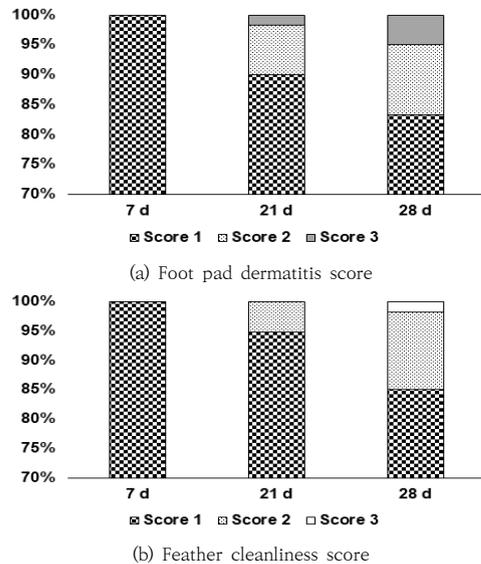


Fig. 4. Average percentage of bird with different footpad dermatitis, and feather cleanliness score for the different age (a)footpad dermatitis score (b)feather cleanliness

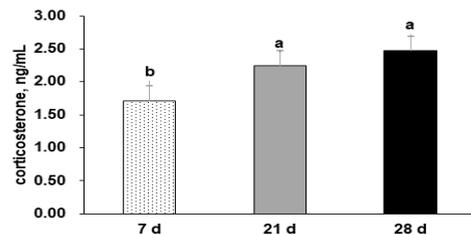


Fig. 5. Effects of age on corticosterone in broilers
^{a,b}Means with different letters in the same line are significantly different ($p < 0.05$).

Table 4. Correlation between litter moisture and corticosterone

Variables	Estimate	Std. Error	t	p
Intercept	0.847486	0.154031	5.502	<0.001
moisture	0.049866	0.005723	8.713	<0.001

model $r^2 = 0.7523$, adjusted $r^2 = 0.7423$, model $p = <0.001$

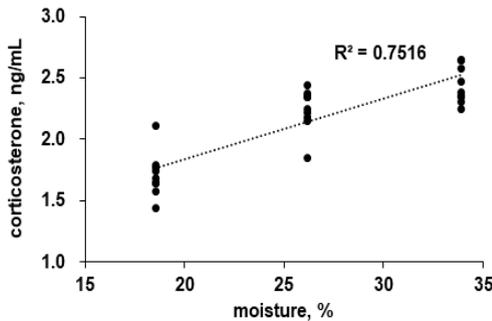


Fig. 6. Correlation between litter moisture and corticosterone

4. 고찰

일부 연구에 의하면, 계사 내 깔짚의 이상적인 수분 함량은 20~25%로 제시되고 있으며 [9], 젖은 깔짚은 오랜기간 전세계에서 육계 산업에서 지속적인 문제가 되어져 왔다 [4]. 본 연구는 예상대로 발바닥 피부염의 발생은 육계의 일령이 증가함에 따라 증가 되었으며, 더욱 심화 되었다. 육계의 발바닥 피부염의 상태에 영향을 미칠 수 있는 항목에는 체중 [10,11] 및 일령[12,13] 으로 이전 연구에서 보고된바 있다. 이전 여러 연구에서 깔짚의 수분이 육계, 칠면조 및 산란계에서 발바닥 피부염을 유발하는 가장 중요한 요인으로 보고한바 있다 [14,15]. Martland [16] 의 연구에서 젖은 깔짚(수분 71%)은 마른깔짚(수분 58%)보다 접촉성 발바닥 피부염이 빈번하게 일으켰다고 보고한바 있다. 또한, Wu and Hocking [17]은 깔짚의 수분이 30%를 초과하면 닭들의 발바닥 상태가 악화 된다고 보고하였다. 육계 계사 내 깔짚에서 암모니아 가스 배출에 대한 기본적인 영향은 수분, 온도, 및 pH 순으로 영향력이 증가하는 것으로 이전 연구에서 보고한바 있는데, 이중 암모니아 배출에 가장 큰 영향을 미치는 것은 깔짚의 수분 함량이다 [18]. 수분이 많은 깔짚은 계사 내 높은 암모니아 배출을 유발할 수 있으며 닭에게 발바닥 피부염, 종아리 화상등 과 같은 발바닥 건강

에 있어 큰 문제를 일으킬 수 있다고 보고 하였다 [19]. 하지만, 지나치게 건조하면, 먼지 발생으로 닭의 호흡기에 안 좋은 영향을 끼치기에 적당한 깔짚 수분함량이 필요하다. 계사 내 암모니아 배출량은 일령 증가에 따라 증가하며, 일령이 증가함에 따라 깔짚의 질소함량이 증가한다고 보고된바 있다 [20,21]. 국내 육계 동물복지 인증 기준은 계사내 암모니아 농도는 10ppm 미만이 이상적이며, 25 ppm을 넘어서는 안된다고 명시하고 있다. 본 연구에선 28일령에서도 10ppm 이하인 6.8ppm으로 조사되었으며, 일령증가에 따른 암모니아 가스 배출의 증가는 깔짚의 수분이 닭의 체분이 증가함에 따른 증가로 생각되어진다. 따라서, 발바닥 피부염을 예방하기 위해서는 기본적으로 발바닥이 닿는 깔짚 내 수분함량과 암모니아 수준을 적정하게 유지시켜 좋은 깔짚 품질을 유지하는 것이 좋으며, 출하일령이 가까워질수록 세심한 깔짚 관리가 필요하다. 환기시설, 급수기 등 계사 시설을 더욱 세심하게 관리해야 하며, 계절에 상관없이 닭의 일령에 맞는 충분한 환기량을 설정하여 환기로 인해 떨어진 온도를 계사 규모에 맞는 충분한 수의 열풍기를 이용하여 다시 올려주면 상당한 양의 계사 내 수분이 제거된다.

코르티코스테론(CORT)은 조류의 주요 스트레스 호르몬으로, HPA 활성화 시 생성된다고 알려져 있다 [22,23]. 이전 연구에 따르면 순환하는 코르티코스테론의 농도가 증가하면 세포 면역 반응이 변화할 수 있으며 [24], 생리적 스트레스는 닭의 면역 체계에 부정적인 영향을 미쳐 [25,26] 생산 성과에 해로운 영향을 미칠 수 있다고 한다. 또한, 스트레스 호르몬인 코르티코스테론은 이전 연구에서 사육밀도에 따라 코르티코스테론이 유의적으로 차이가 나타난다고 보고한바 있다 [27]. 현재 깔짚 수분 함량에 따른 스트레스 호르몬 함량에 대한 연구는 아직 제한적이다. 본 연구에서도 깔짚 수분 함량의 차이보다는 일령이 증가함에 따라 사육밀도에 따른 차이라고 생각된다.

5. 결론

본 연구는 육계의 일령에 따른 깔짚내 수분함량이 발바닥 피부염에 미치는 영향을 알아보고자 수행하였다. 결론적으로 육계의 일령이 증가하면서 깔짚의 수분함량이 증가하며, 발바닥 피부염 발생 역시 증가 하는 것을 알 수 있었으며, 깔짚 내 수분함량의 조절을 위한 사양 관리가 필요할 것으로 생각된다.

References

- [1] I. de Jong, J. Van Harn, "Management tools to reduce footpad dermatitis in broilers", *Aviagen*, 2012.
- [2] J. J. Jeon, E. C. Hong, H. K. Kang, H. S. Kim, J. S. Son, A. S. You, H. J. Kim, B. S. Kang, "A review of footpad dermatitis characteristics, carcass and scoring system for broiler chickens", *Korean Journal of Poultry Science*, Vol. 47, pp.199-210, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.5536/KJPS.2020.47.4.199>
- [3] E. M. Shepherd, B. D. Fairchild, "Footpad dermatitis in poultry", *Poultry Science*, Vol. 89, No.10, pp.2043-2051, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00770>
- [4] M. W. Dunlop, A. F. Moss, P. J. Groves, S. J. Wilkinson, R. M. Stuetz, P. H. Selle, "The multi dimensional casual factors of 'wet litter' in chicken-meat production" *Science of The Total Environment*, Vol. 562, pp.766-776, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.147>
- [5] I. C. de Jong, A. Lourens, J. Van Harn, "Effect of hatch location and diet density on footpad dermatitis and growth performance in broiler chickens" *Journal of Applied Poultry Research*, Vol. 25, pp.105-114, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.3382/japr/pfv014>
- [6] J. L. Grimes, J. Smith, C. M. Williams, "Some alternative litter materials used for growing broilers and turkeys", *Worlds' Poultry Science Journal*, Vol. 58, pp.515-526, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1079/WPS20020037>
- [7] Standardized barn plans, Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs, 2016.
- [8] AOAC. 2007. Official methods of analysis (18th ed.). Association of Official Agricultural Chemists. Washington, DC, USA.
- [9] RSPCA. 2013. Royal Society for the prevention of cruelty to animals(RSPCA) welfare standards: RSPCA welfare standards for meat chickens. Wesa Sussex, UK.
- [10] C. W. Ritz, B. D. Fairchild, M. P. Lacy, "Implications of ammonia production and emissions from commercial poultry facilities: a review", *Journal of Applied Poultry Research*, Vol. 13, pp.684-692, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1093/japr/13.4.684>
- [11] N. J. Wolanski, R. A. Renema, F. E. Robinson, J. L. Wilson, "End-of season carcass and reproductive traits in original and replacement male broiler breeders.", *Journal of Applied Poultry Research*, Vol. 13, pp.451-460, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1093/japr/13.3.451>
- [12] J. B. Kjaer, G. Su, B. L. Nielsen, P. Sorensen, "Footpad dermatitis and hock burn in broiler chickens and degree of inheritance", *Poultry Science*, Vol. 85, pp.1342-1348, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/85.8.1342>
- [13] S. G. McIlroy, E. A. Goodall, C. H. McMurray, "A contact dermatitis of broilers - epidemiological findings. *Avian Pathology*, Vol. 16, pp.93-105, 1987.
DOI: <https://doi.org/10.1080/03079458708436355>
- [14] D. W. Bruce, S. G. McIlroy, E. A. Goodall, "Epidemiology of a contact dermatitis of broilers", *Avian Pathology*, Vol. 19, pp.523-537, 1990.
DOI: <https://doi.org/10.1080/03079459008418705>
- [15] G. Wang, C. Ekstrand, J. Svedberg, "Wet litter and perches as risk factors for the development of foot pad dermatitis in floor-housed hens", *British Poultry Science*, Vol. 39, pp. 191-197, 1998.
DOI: <https://doi.org/10.1080/00071669889114>
- [16] R. K. Mayne, R. W. Else, P. M. Hocking, "High litter moisture alone is sufficient to cause footpad dermatitis in growing turkeys", *British Poultry Science*, Vol. 48, pp.538-545, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1080/00071660701573045>
- [17] M.F. Martland, "Ulcerative dermatitis in broiler chickens: the effects of wet litter" *Avian Pathology*, Vol. 14, pp.353-364, 1985.
DOI: <https://doi.org/10.1080/03079458508436237>
- [18] K. Wu, P. M. Hocking, "Turkeys are equally susceptible to foot pad dermatitis from 1 to 10 weeks of age and of foot pad scores were minimized when litter moisture was less than 30%", *Poultry Science*, Vol. 90, pp.1170-1178, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01202>
- [19] D. M. Miles, D. E. Rowe, T. C. Cathcart, "High litter moisture content suppresses litter ammonia volatilization", *Poultry Science*, Vol. 90, pp.1037-1405, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01114>
- [20] Z. Liu, L. Wang, D. Besley, E. Oviedo, "Effect of moisture content on ammonia emissions from broiler litter: A laboratory study", *Journal of Atmospheric Chemistry*, Vol. 58, pp.41-53, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10874-007-9076-8>
- [21] J. S. Redwine, R. E. Lacey, S. Mukhtar, J. B. Carry, "Concentration and emissions of ammonia and particulate matter in tunnel-ventilated broiler houses under summer conditions in Texas", *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, Vol. 45, pp.1101-1109, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.9943>
- [22] K. Elwinger, L. Svensson, "Effect of dietary protein content, litter and drinker types on ammonia emission from broiler house", *Journal of Agricultural Engineering Research*, Vol. 64, pp.197-208, 1996.
DOI: <https://doi.org/10.1006/jaer.1996.0061>
- [23] J. F. Cockrem, "Stress, corticosterone responses and avian personalities", *Journal of Ornithology*, Vol. 148, pp.169-178, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2010.05310.x>
- [24] C. R. Lattin, J. M. Reed, D. W. DesRochers, L. M. Romero,

"Elevated corticosterone in feathers correlates with corticosterone-induced decreased father quality: A validation study", *Journal of Avian Biology*, Vol. 42, pp. 247-252, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2010.05310.x>

- [25] M. G. Nieuwland, J. Buyse, B. Kemp, H. K. Parmentier, "Effect of duration of cold stress on plasma adrenal and thyroid hormone levels and immune responses in chicken lines divergently selected for antibody responses", *Poultry Science*, Vol. 83, pp.1644-1649, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/83.10.1644>
- [26] F. Q. Zhao, Z. W. Zhang, J. P. Qu, H. D. Yao, M. Li, S. Li, S. W. Xu, "Cold stress induced antioxidants and Hsps in chicken immune organs", *Cell Stress and Chaperon*, Vol. 19, pp. 635-648, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12192-013-0489-9>
- [27] J. P. Thaxton, W. A. Dozier III, S. L. Branton, G. W. Morgan, D. W. Miles, W. B. Roush, B. D. Lott, and Y. Vizzier-Thaxton, "Stocking density and physiological adaptive response of broilers", *Poultry Science*, Vol. 85, pp.819-824, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/85.5.819>

김 찬 호(Chan Ho Kim)

[정회원]



- 2005년 2월 : 중앙대학교 동물자원학과 동물영양학 전공 (농학 석사)
- 2013년 2월 : 중앙대학교 동물자원학과 동물영양학 전공 (농학 박사)

- 2014년 1월 ~ 2020년 6월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후 연구원
- 2020년 7월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물영양, 가축영양, 동물복지

임 세 진(Se Jin Lim)

[정회원]



- 2018년 2월 : 경상대학교 동물생명과학과 학사 취득
- 2021년 7월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물복지, 동물행동

양 가 영(Ka-Young Yang)

[정회원]



- 2012년 2월 : 강원대학교 동물자원학 (농학석사)
- 2012년 2월 : 강원대학교 축산학 동물시스템과학 (농학박사)
- 2017년 2월 ~ 2022년 12월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원
- 2023년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물복지, 동물행동

전 중 환(Jung Hwan Jeon)

[정회원]



- 2003년 2월 : 경상대학교 응용생명과학부 (이학석사)
- 2006년 2월 : 경상대학교 응용생명과학부 (이학박사)
- 2006년 6월 ~ 2007년 7월 : University of British Columbia (연구원)
- 2007년 12월 ~ 2021년 6월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사
- 2021년 7월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구관

<관심분야>

동물복지, 동물행동, 동물발성음