

열 스트레스 환경에서 육계의 행동 변화 분석

이동현, 장동화, 권경석, 하태환, 김종복, 이준엽, 양가영*
농촌진흥청 국립축산과학원

Analysis of Behavioral Changes in Broilers in a Heat Stressed Environment

Dong-Hyun Lee, Dong-hwa Jang, Kyeong-seok Kwon,
Taehwan Ha, Jong-bok Kim, Jun-Yeob Lee, Ka-Young Yang*
National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

요약 본 연구는 열스트레스 환경에서 육계의 행동학적 지표를 발굴하기 위한 실증적 lab scale 수준의 실험으로 국내 육계가 열 스트레스 환경에서 나타나는 행동 변화를 비교하고자 수행하였다. 열 스트레스의 환경을 조성하기 위해 실험 pen의 구성은 28℃ 와 40℃에 총 48마리의 4주령의 육계(500±0.17g)를 각각 처리별 6수씩 입식 하여 2처리 4반복으로 진행되었다. 육계의 행동 수집은 기본 행동 중 사료섭취, 음수, 앉기와 특이 행동 중 날개 벌리기, 상대방 쫓기 행동을 1분 간격으로 발현되는 빈도에 따라 수집 분석하였다. 열스트레스 환경에서의 기본행동은 사료섭취(28℃; av. 6회, 40℃; av. 3회), 앉기(28℃; av. 3회, 40℃; av. 17회)로 28℃에서 높게 관찰 되었고($p<0.05$), 음수(28℃; av. 18회, 40℃; av. 24회)는 40℃에서 높게 관찰 되었다 ($p<0.05$). 특이행동에서 날개 펼치는 행동 (28℃; av. 1회, 40℃; av. 9회)은 40℃에서 높게 측정되었으나 ($p<0.05$), 공격적인 쫓기(28℃; av. 0.9회, 40℃; av. 0.5회)는 낮게 측정되었다 ($p<0.05$). 이는, 육계 사육 농가에서 여름철 고온기에 따른 가축의 열 스트레스 정도를 판단할 수 있는 지표로 육계의 행동이 활용 가능할 것이라고 판단된다.

Abstract This study compares the behavioral changes of domestic broilers in a heat stress environment, as an empirical lab scale level experiment to discover behavioral indicators of broilers under heat stress in broiler farms. Ed. Notes: Repetition; hence deleted. Behaviors of feeding, drinking, and lying-laterally (basic behaviors), and wing-spreading and aggressive-pecking (specific behaviors) were analyzed for the experimental broilers. Basic behaviors examined under a heat stress environment were feeding (28℃, 6 times; 40℃, 3 times) and lying-laterally (28℃, 3 times; 40℃, 17 times); both behaviors were observed to be greater at 28℃ than at 40℃. However, more drinking (28℃, 18 times; 40℃, 24 times) was observed at 40℃ than at 28℃. Among the specific behaviors examined, wing-spreading (28℃, 1 time; 40℃; 9 times) was more at 40℃ than 28℃, whereas aggressive-pecking (28℃, 0.9 times; 40℃; 0.5 times) was lower at 40℃. Taken together, these results indicate that the behavior of broilers can be applied as an index for judging the degree of heat stress of livestock, especially considering the high temperatures in summer in broiler breeding farms.

Keywords : Behavior, Broiler, Heat Stress, ICT, Smart Farm

본 논문은 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜 다부처 패키지 혁신기술개발 사업의 지원을 받아 연구(과제번호:421024-04)와 2021년 농촌진흥청 국립축산과학원 전문 연구원 과정 지원 사업에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding Author : Ka-Young Yang(National Institute of Animal Science)
email: y2k1983@korea.kr

Received October 18, 2021
Accepted December 6, 2021

Revised November 8, 2021
Published December 31, 2021

1. 서론

지구 온난화(Global Warming)와 기후 변화(Climate Change)라는 지구환경 문제로 인해 최근 우리나라에서도 여름이 길어지고 기온이 상승하는 등 이상기후 현상 많이 발생하고 있다. 또한 농업, 축산업, 수산업 분야 등에서 피해가 속출하고 있다. 특히 축산 분야에서 사육 온도는 가축의 생산성과 직접적인 연관이 있는 지표로, 여름철 고온으로 인한 지나친 열 스트레스는 가축의 생산성 저하뿐만 아니라 심각한 경우 폐사로 이어져 농가에 막대한 경제적 손실을 야기한다[1]. 최근 이상 고온현상의 지속적인 발생으로 가금 산업에서도 큰 타격이 생겼다. 육계에서는 열스트레스로 인해 체온이 상승하고 사료소비량, 사료 효율 및 증체량 감소가 발생하는가 하면, 산란계의 경우 산란율 및 계란품질 저하에 대한 문제가 급속히 부각되고 있는 실정이다. 이에, 열 스트레스와 육계 및 산란계와 관련하여 많은 연구가 수행된 바 있다[2,3]. 그러나, 많은 해결책들이 제안되었으나 아직까지 확실한 치료방법보다는 사전에 예방하는 방법들이 최선인 실정이며[4], 앞으로 육계를 사육하기 위한 환경의 질을 향상시키는 연구가 필수적이다[5,6].

현재 가금육의 생산량은 1961년 9백만 톤에서 2019년 기준 132 백만톤으로 약 15배 증가하였다. 또한, 개발도상국을 중심으로 현재에도 급격하게 성장하고 있는 추세로 미래에도 가금육의 생산량은 지속적인 증가세를 보일 것으로 전망된다[7]. 닭고기는 고품질 단백질의 가장 저렴한 공급원 중 하나이며 생산할 수 있는 환경 친화적인 육류 중 하나이다[8]. 대부분의 국가에서 육계 양식 시스템은 산업화된 방식으로 농가당 25,000~50,000마리 이상을 키우고 있으며, 대체적으로 집약적이고 전문화되어 있다. 이처럼 농부들은 동물을 관찰하는 시간보다, 사료공급, 사육관리, 경제적 가치에 대해 더 많은 시간을 보내고 있는 실정이다. 이러한 한계점을 극복하는 대안으로 ICT 기술이 도입되어 자동화 및 비접촉적, 비침입적인 방식으로 농장 동물의 일생을 지속적인 모니터링을 함으로써 생산성 및 가축의 건강 관리를 할 수 있는 장점이 있다[9,10].

이전 연구에 따르면[11-14] 육계의 생산성을 높이기 위해 모니터링 할 때 주로 부착하거나 주입하는 방식의 바이오센서로 사용되기 때문에 주로 체온의 변화에 다양한 열 환경의 변화에 대한 반응에 실시간 정보는 제공 받았으나, 배터리 문제, 센서 탈락 및 열악한 계사 안에서의 부식 등으로 오류가 발생하였다. 이에 반해 행동 변화는

생리적 반응보다 빠르고, 직관적인 장점이 있다[15].

육계는 40.6~41.7℃의 체온을 갖는 온혈동물로, 주변 온도로부터 스스로 체온조절이 가능하다. 그러나 몸 전체가 깃털로 쌓여있을 뿐만 아니라 땀샘이 발달되어 있지 않아 고온에 있어 매우 취약하다. 고온에 노출되면 특히 사료 섭취량이 감소하게 되는데, 사료섭취량의 감소는 체내의 영양 및 호르몬 등의 균형 파괴와 증체량 감소, 면역력 저하 등과 같은 생산성에 좋지 않은 결과를 초래하게 된다[16,17]. 육계의 사육 적정온도는 알에서 부화했을 때 35℃로 시작하여 일주일에 약 3℃씩 낮아져 4주령에는 적정온도가 21℃까지 낮아지게 된다. 이러한 이유로 4주령의 육계는 여름철에 열에 의한 피해가 가장 심한 시기로 계사의 온도 관리에 가장 중요한 시기이다[18]. 모든 항온동물은 건강하게 생활하고 높은 생산성을 발휘할 수 있는 환경온도의 범위가 있는데, 이를 임계온도(Critical temperature)라고 한다. 닭의 임계온도는 28℃로 이보다 기온이 상승할 경우에는 열량 에너지의 소모가 많아지게 되고, 사료섭취량과 증체량의 감소로 이어지게 되며, 습도에 상관없이 35~40℃는 육계에서 최대 열 부하 온도로 100% 폐사축이 발생하는 범위라고 보고된 바 있다[19].

따라서 본 논문은 추후 영상기반을 통해 자동으로 육계의 열 스트레스의 수준을 판단하고자 하는 기술 개발을 위해 필요한 유의미적인 육계의 행동학적 지표를 발굴하기 위한 실증적인 실험으로, lab scale수준에서 열 스트레스 환경을 주었을 때 육계 행동의 변화를 비교하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 실험 구성 및 배치

열 스트레스 환경에 따른 육계의 행동관찰을 위해 4주령의 육계(500 ± 0.17g) 48마리를 입식하여 7일간 예비실험을 진행하였다. 실험장소는 국립축산과학원 내 실험계사에서 진행하였고 육계사 pen의 전체 면적은 0.3 x 0.6 x 0.5 m (W x L x H)로 각 처리에 따라 0.12 m²/수 밀도로 수행하였다. 실험 pen의 구성은 열스트레스를 받는 범위 28℃ (A)와 40℃ (B)에 6수씩 입식 하여 2처리 4반복 진행되었다.

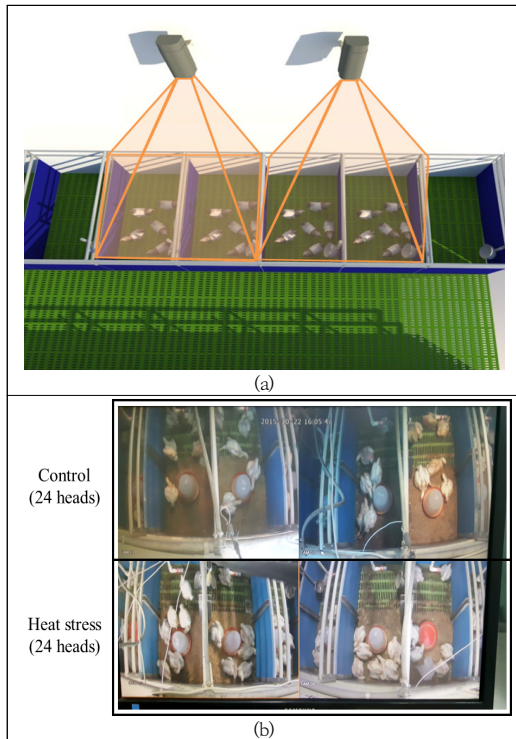


Fig. 1. Behavior recording to observe the effects of heat stress for broilers. (a) Camera location installed in the experiment (3D Modeling), (b) Actual image recorded on the cameras

이 때 1.8 지점 상부에 Top View Camera (Hanhwa Techwin, PNO-A6081R, Korea)를 설치(Fig. 1(a))하여 총 48마리의 육계를 6일 동안 주간 12시간 기준인 오전 7시부터 오후 6시까지 녹화된 영상을 분석하였다(Fig. 1(b)). 각 pen 마다 온도를 제어할 수 있는 냉난방 장치를 활용하여 28℃ (A) 그룹은 24시간 동안항온을 유지할 수 있도록 하였으며, 40℃ (B) 조건은 내부의 온열 등을 점등함으로써 온도를 상승시키는 방법을 이용하였다. 측정에 포함되지 않는 오후 6시 이후와 오전 7시 이전은 28℃로 유지했다. 육계 한국사양관리표준[20]을 기준으로 실험 전체 기간 동안 물과 사료는 무제한 급여를 하였으며, 점등은 18시간으로 하였다.

2.2 육계의 행동 특성 및 분석

육계의 행동은 닭의 기본행동 중 사료섭취(Feeding), 음수(Drinking), 앞기(Lying-laterally)와 특이 행동 중 날개 벌리기(Wing spreading), 상대방 쪼기(Aggressive pecking) 행동을 1분 간격으로 발현되는

빈도에 따라 수집 분석하였다[21]. 이는 숙련된 관찰자 2명이 녹화된 영상을 모니터링하면서 기본행동과 특이행동을 항목별로 기록하였다(Table 1).

Table 1. Ethogram of broiler behaviors during experiment

Behavior	Definition
Feeding	The broiler's head is aheading to the feeder for eating feed.
Drinking	The broiler's head is aheading to the water nipple for drinking water.
Lying-laterally	The broiler bird lies laterally with a stretched leg.
Wing spreading	Lifting wings away from the body.
Aggressive pecking	Attacking to the neck and body of other broilers.

2.3 통계분석

특정 온도에 따른 열 스트레스가 육계의 행동과의 유의성을 분석하기 위하여 서로 독립적인 두 집단의 평균의 차이를 분석하였다. 육계의 행동 분석은 shapiro.test로 정규성 검정 결과 p-value가 0.05 미만으로 나타나, 정규분포를 따르지 않는 것으로 나타났다. 따라서, wilcox.test를 사용하여 p value를 분석하였다. 측정된 모든 값은 R package (R version 4.30, R foundation for statistical computing, Seoul, Korea)를 이용하였다.

3. 연구 결과 및 고찰

28℃ 항온 조건에서 사육되는 A 그룹과 40℃의 B 그룹에 대하여 비교 분석한 결과, 사료섭취(feeding) 행동에 대하여 A에서는 6.6 ± 0.3 , B에서는 3.7 ± 0.2 회로 나타났다($p < 0.05$). 하지만 고온 시간대에는 일반 그룹, 열 스트레스 그룹 각각, 3.7 ± 0.2 회로 55% 감소한 것으로 나타났다. 이 결과는 고온으로 인해 상승한 체온은 섭식 행동으로 인한 대사열과 움직임에 의한 체온 상승을 최소화하기 위하여 고온 환경에서는 사료 섭취를 위한 움직임이 줄어들기 때문이다[16]. 또한 일반적인 환경에서는 육계는 주령이 증가함에 따라 빈도는 늘어나는 양상을 보이지만 고온 환경에 따른 열 스트레스가 발생하게 되면 사료섭취 행동이 점차 감소하는 경향을 보이게 되는데, 이는 육계의 일일 단백질 증가량(daily protein gain)을 감소시키게 되어 생산성을 저하시키는 악영향을

초래하게 된다[22]. 이는 육계의 출하 일령을 늦추게 되어 육계사의 회전율을 감소시키며 사료 효율을 떨어뜨리게 되어 생산비 증가의 원인이 되기도 한다.

Table 2. Changes in broiler behavior at 28 and 40 degrees (Mean $\pm$ S.D)

	28 $^{\circ}$ C (A)	40 $^{\circ}$ C (B)	<i>p</i> -value
Feeding	6.6 $\pm$ 0.3	3.7 $\pm$ 0.2	0.01
Drinking	18.6 $\pm$ 0.4	24.2 $\pm$ 0.6	0.01
Lying-laterally	3.2 $\pm$ 0.2	17.3 $\pm$ 0.7	0.01
Wing spreading	1.4 $\pm$ 0.1	9.4 $\pm$ 0.4	0.01
Aggressive Pecking	0.9 $\pm$ 0.1	0.5 $\pm$ 0.1	0.02

음수행동(drinking)에 있어 임계 온도는 A 18.6 $\pm$ 0.4, B 24.2 $\pm$ 0.6회로 나타났다($p < 0.05$). 건식 사료를 먹는 가축에게 있어 물을 마시는 행동은 사료섭취 행동과 밀접한 관계를 보여준다. 하지만 더운 상황에서는 음수를 더 많이 하게 된다. 체온의 상승으로 인해 총 배설강을 통한 분변의 배설로 체내의 열을 직장으로 배출하게 되어 소화율이 저하되면서 생산성을 떨어뜨리는 결과를 초래하게 되는데, 이 때 배출된 수분을 보충하기 위해 음수 행동이 증가하는 경향을 보이며[23], 이는 열 스트레스 환경에서의 수분 섭취는 열에 의해 상승한 체온을 낮춰 줄 수 있기 때문에 이러한 결과를 보인 것으로 판단된다.

얹기행동(Lying-laterally)은 A 3.2 $\pm$ 0.2, B 17.3 $\pm$ 0.7회로 나타났다($p < 0.05$). 이는 바닥에 가로로 누워 목과 다리를 일자로 쭉 뻗는 행동을 말한다. 몸을 쭉 뻗는 행동은 주로 4주령 이상에서 관찰되며[14], 이 행동을 통해 닭의 체표면이 넓어지게 하는 연구결과가 보고된바 있다 [24] 이는 40 조건에서 더 분명하게 나타나는 것으로 보아 열 스트레스를 받았을 때 스스로 열을 배출하려는 행동으로 판단된다.

날개를 벌려 푸드덕 거리는 행동은 A에서 1.4 $\pm$ 0.1, B에서 9.4 $\pm$ 0.4회로 B에서 더 높게 나타났다($p < 0.05$). 이는 체온 상승을 막기 위한 행동으로[25] 열 스트레스 더 극심한 40 $^{\circ}$ C 범위에서 높게 관찰된 것으로 보인다. 고온 환경에서 날개를 옆으로 펼치고 있는 행동은 땀샘이 거의 발달되어 있지 않은 육계의 특성상 체온이 상승함에 따라 몸으로부터 날개를 떨어뜨려 체표면을 넓힘으로 효

율적으로 체온을 떨어뜨리기 위한 행동이다. 육계의 날개 안쪽 부위(Ulna and Radius)에 깃털이 적은 부분은 다른 부분에 비해 열 발산이 활발하게 일어나기 때문에 닭이 더위를 느끼면 날개를 벌려 날개뼈 안쪽의 부위가 외부에 노출되도록 하는 행동이라고 볼 수 있다[26].

그룹 내 상대 개체를 대상으로 쪼는 동작을 하는 공격 행동에 있어서는 각각 A 0.9 $\pm$ 0.1, B 0.5 $\pm$ 0.1회로 A에서 더 높게 측정됐다 ($p < 0.05$). 공격 행동은 공격당한 개체가 고통을 느낌으로 인해 스트레스를 받는 행동학적 지표이기 때문에 생산성에 안 좋은 영향을 끼칠 수 있기에 가장 중요한 지표이다[27]. 이는 육계 보다 산란계에서 주로 나타나는데 생산성 저하를 일으키는 주요 요인 중 하나이다. 부리다듬기(Beak trimming)를 통해 상대 개체를 공격하는 행동을 줄일 수 있어 스트레스로 인한 생산성 감소를 막아주는데, 도움을 준다[28]. 하지만 공격 행동이 감소함과 동시에 사료 섭취와 음수 행동 또한 감소하는 경향을 보이기 때문에 신중하게 선택해야 할 사양 방법이다[29]. 독일에서는 육계의 공격 행동을 감소시켜주고 스트레스를 완화시켜 줄 수 있는 헛대(Perches), 쪼기돌(Pecking stones) 및 짚더미(Straw bales)와 같은 보조기구를 설치하여 사육한다[30]. 본 연구결과에서 고온에 따른 공격 행동에 대해서는 더위를 느끼면 개체 간에 서로를 공격하기 보다는 더위를 피하거나 체온이 상승함에 따라 움직임이 둔해지기 때문에 공격적인 행동이 줄어들게 된 것[14]으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 추후 ICT 기술의 영상 분석을 이용하여 열 스트레스 환경에서 육계의 행동학적 지표를 발굴하기 위한 실증적 lab scale 수준의 실험으로, 국내의 육계에서 열 스트레스 환경을 가했을 때 나타나는 행동학적 특성 및 변화 비교하는 실험을 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 기본행동에서 사료섭취 (28 $^{\circ}$ C; av. 6회, 40 $^{\circ}$ C; av. 3회) 얹기 행동 (28 $^{\circ}$ C; av. 3회, 40 $^{\circ}$ C; av. 17회)에서는 28 $^{\circ}$ C에서 높게 관찰되었고, 음수행동 (28 $^{\circ}$ C; av. 18회, 40 $^{\circ}$ C; av. 24회)에서는 40 $^{\circ}$ C에서 높게 관찰됐다.
- (2) 특이행동에서 날개펼치는 행동 (28 $^{\circ}$ C; av. 1회, 40 $^{\circ}$ C; av. 9회)에서는 40 $^{\circ}$ C에서 높게 측정되었으나 공격적인 쪼기 행동(28 $^{\circ}$ C; av. 0.9회, 40 $^{\circ}$ C;

av. 0.5회)에서는 낮게 측정됐다.

이를 통해, 본 연구에서는 육계 사육 농가에서 여름철 열 스트레스에 따른 가축의 스트레스 정도를 판단할 수 있는 지표로 육계의 행동이 활용 가능할 것이라고 판단된다. 특히 온도에 따른 발현빈도에서 큰 차이를 보였던 다리를 쭉 뻗어 눕는 행동(Lying-laterally)과, 특이행동 중 날개를 푸드덕 거리는 행동(Wing spreading)은 열 스트레스 환경에서 육계의 행동학적인 고유한 특성으로서 영상적으로 식별이 용이하여 이 연구에서 발굴한 주요 행동적 지표라고 판단된다. 또한, 추가적으로 열스트레스 조건을 다양하게 변화를 주면서 온도와 습도 및 THI에 따른 행동 변화의 회귀모델을 예측하는 하는 연구가 필요하다고 판단되며, 더 나아가 ICT 기술을 활용하여 열 스트레스 조건 아래서 영상분석 통한 행동지표를 발굴하고, 알고리즘화 하여 사전에 식별하여 농가에게 알림을 줄 수 있는 예찰 및 조기 알립, 환경적 제어를 구동할 수 있게 하는 연구들이 추가로 필요하다고 생각된다.

References

- [1] J. T. Huber, G. Higginbotham, R. A. Gomez-Alarcon, R. B. Taylor, K. H. Chen, S. C. Chan, Z. Wu, "Heat Stress Interactions with Protein Supplemental Fat, and Fungal Cultures," *J. Dairy Science*, vol. 77, no. 7, pp. 2080-2090, Oct. 1994.
DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77151-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77151-4)
- [2] K. G. Sterling, D. D. Bell, G. M. Pesti, and S. E. Aggrey, "Relationships among strain, performance, and environmental temperature in commercial laying hens," *J. Applied Poultry Research*, vol. 12, no. 1, pp. 85-91, Dec. 2003.
DOI: <https://doi.org/10.1093/japr/12.1.85>
- [3] Z. Y. Zhang, G.Q. Jia, J. J. Zuo, Y. Zhang, J. LeiL, D. Y. Feng, "Effects of constant and cyclic heat stress on muscle metabolism and meat quality of broiler breast fillet and thigh meat," *Poultry Science*, vol. 91, no. 11, pp. 2931-2937, May. 2012.
DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02255>
- [4] Robert G. Teeter, Tsegaw Belay, "Broiler management during acute heat stress," *Animal Feed Science and Technology*, vol. 58, no. 1-2, pp. 127-142, Mar. 1996.
DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00879-9](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00879-9)
- [5] D. C. Lay Jr, R. M. Fulton, P. Y. Hester, D. M. Karche, J. B. Kjaer, J. A. Mench, B. A. Mullens, R. C. Newberry, C. J. Nicol, N. P. O'Sullivan, R. E. Porter, "Hen welfare in different housing systems," *Poultry Science*, vol. 90, pp. 278-294, Jun. 2011.
DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00962>
- [6] K.A.O. Lima, I.A. Nääs, D.J. Moura, R.G. Garcia, A.S. Mendes, "Applying multi-criteria analysis to select the most appropriate broiler rearing environment," *Information processing in Agriculture*, vol. 8, no. 2, pp. 205-218, Apr. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2020.04.007>
- [7] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Gateway to poultry production and products, FAO, 2021.
<http://www.fao.org/poultry-production-products/production/en> (accessed Jun. 27, 2021)
- [8] P.S. Makkar, Harinder, "Towards sustainable animal diets," *Optimization of Feed Use Efficiency in Ruminant Production Systems*, Italy, pp. 67, 2012.
- [9] S. Neethirajan, "Recent advances in wearable sensors for animal health management," *Sensing and Bio-Sensing Research*, vol. 12, pp. 15-29, Nov. 2017
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2016.11.004>
- [10] E. Tullo, I. Fontana, M. Guarino, "Precision livestock farming: An overview of image and sound labelling Berckmans, Vandermeulen (Eds.), Precision livestock farming '13, KU Leuven Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, pp. 30-38, 2013.
- [11] C.L. Daigle, T.B. Rodenburg, J.E. Bolhuis, J.C. Swanson, J.M. Siegfors, "Use of dynamic and rewarding environmental enrichment to alleviate feather pecking in non-cage laying hens," *Appl. Animal Behaviour Science*, vol. 161, pp. 75-85, Oct. 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.10.001>
- [12] N. C. Benincasa, K. S. Sakamoto, Iran J. O. da Silva, C. M. V. Lobos, "Animal welfare: impacts of pre-slaughter operations on the current poultry industry," *J. Animal Behaviour and Biometeorology*, vol. 8, no. 2, pp. 104-110, 2020.
DOI: <http://dx.doi.org/10.31893/jabb.20014>
- [13] A.K. Mortensen, P. Lisowski, P. Ahrendt, "Weight prediction of broiler chickens using 3D computer vision," *Computer. Electronic. Agriculture*, vol. 123, pp. 319-326, Mar. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.03.011>
- [14] T. Branco, D.J. Moura, I.A. Nääs, S.R.M. Oliveira, "Detection of broiler heat stress by using the generalised sequential pattern algorithm," *Biosystems Engineering*, vol. 199, pp. 121-126, Nov. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.10.012>
- [15] D.F. Pereira, B.C.B. G.D.N. Miyamoto, Maia, G.T. Sales, M.M. Magalhães, R.S. Gates, "Machine vision to identify broiler breeder behavior," *Computer Electronic. Agriculture*, vol. 99, pp. 194-199, Nov. 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2013.09.012>
- [16] H. Lin, H. C. Jiao, J. Buyse, and E. Decuyper, "Strategies for preventing heat stress in poultry," *World's Poultry Science Journal*, vol. 62, no. 1, Sep. 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1079/WPS200585>

- [17] X. Tao, H. Xin, "Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers," Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, vol. 46, no. 2, pp. 491-497, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.12971>
- [18] K. Kwon, T. Ha, H. Choi, J. Kim, J. Lee, J. Jun, S. Woo, K. Yang, I. Lee, "Evaluation of thermal stress of poultry according to stocking densities using numerical BES model," Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, vol. 20, no. 1, pp. 456-463, Jan. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.1.456>
- [19] A.P. FernandezT. Norton, E. Tullo, T. van Hertem, A. Youssef, V. Exadaktylos, "Real-time monitoring of broiler flock's welfare status using camera-based technology," Biosystems Engineering, vol. 173, pp. 103-114, Jul. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.05.008>
- [20] NIAS (National Institute of Animal Science), Korean feeding standard for poultry, p.303, Rural Development Administration Press, Korea, pp. 147. 2017.
- [21] P. Martin, P. Bateson, Measuring behaviour: an introductory guide. p.176 Cambridge Uni Press, UK pp. 48-61, 2007.
- [22] L. J. Lara, M. H. Rostagno, "Impact of Heat Stress on Poultry Production," Animals, vol. 3, no. 2, pp. 356-369 Apr. 2013.
DOI: <https://doi.org/10.3390/ani3020356>
- [23] S. Syafwan, R. P. Kwakkel, M. W. A. Verstegen, "Heat stress and feeding strategies in meat-type chickens," World's Poultry Science J, vol. 67, no. 4, pp. 653-674, Sep. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933911000742>
- [24] M. Li, J. Wu, and Z. Chen, "Effects of heat stress on the daily behavior of wenchang chickens," Revista Brasileira de Ciencia Avicola, vol. 17, no. 4, pp. 559-566, Oct. 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-635x1704559-566>
- [25] A. A. Mohammed, J. A. Jacobs, G. R. Murugesan, AND H. W. Cheng, "Animal well-being and behavior: Effect of dietary synbiotic supplement on behavioral patterns and growth performance of broiler chickens reared under heat stress," Poultry Science, vol. 97, no. 4, pp. 1101-1108, Dec. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pex421>
- [26] A. A. Mohammed, J. A. Jacobs, G. R. Murugesan, H. W. Cheng, "Effect of dietary synbiotic supplement on behavioral patterns and growth performance of broiler chickens reared under heat stress," Poultry science vol. 97, no. 4, pp. 1101-1108, Apr. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pex421>
- [27] M. J. Gentle, "Pain issues in poultry," Applied Animal Behaviour Science, vol. 135, no. 3, pp. 252-258, Nov. 2011.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.10.023>
- [28] Glatz, P.C., What is beak-trimming and why are birds trimmed?, Nottingham University Press, Nottingham, pp. 1-17, 2005.
- [29] B. O. Hughes and M. J. Gentle, "Beak trimming of poultry: Its implications for welfare," World's Poultry Science Journal, vol. 51, no. 1, pp. 51-61, Sep. 1995.
DOI: <https://doi.org/10.1079/WPS19950005>
- [30] B. Sassi, Neila, X. Averós, I. Estevez, "Technology and poultry welfare," Animals vol. 6, no.10, pp. 62, Oct. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.3390/ani6100062>

이 동 현(Dong-Hyun Lee)

[정회원]



- 2015년 8월 충남대학교 낙농학과 석사 (농학석사)
- 2011년 10월 ~ 현재 : 국립축산과학원 축산환경과 연구사

〈관심분야〉

축산환경, 가축분뇨

장 동 화(Dong-hwa Jang)

[정회원]



- 2020년 2월 : 전북대학교 농업 기계공학과 (공학석사)
- 2020년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 축산환경과 전문 연구원

〈관심분야〉

축산 스마트팜, 영상처리

권 경 석(Kyeong-seok Kwon)

[정회원]



- 2010년 8월 : 서울대학교 지역시스템공학 (공학석사)
- 2016년 8월 : 서울대학교 지역시스템공학 (공학박사)
- 2017년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 연구사

〈관심분야〉

시설환경, 대기환경, 전산유체역학

이 준 엽(Jun-Yeob Lee)

[정회원]



- 1998년 8월 : 강원대학교 축산학과 (농학석사)
- 2009년 8월 : 강원대학교 사료생산공학과 (농학박사)
- 2011년 12월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 연구사

〈관심분야〉

동물복지, 축산 스마트팜

하 태 환(Taehwan Ha)

[정회원]



- 2014년 2월 : 서울대학교 지역시스템공학 (공학석사)
- 2018년 2월 : 서울대학교 지역시스템공학 (공학박사)
- 2019년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 연구사

〈관심분야〉

시설환경, 축산 스마트팜, 에너지부하해석

양 가 영(Ka-Young Yang)

[정회원]



- 2012년 2월 : 강원대학교 동물자원학 (농학석사)
- 2016년 8월 : 강원대학교 동물시스템과학 (농학박사)
- 2017년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원

〈관심분야〉

동물행동, 축산 스마트팜

김 종 복(Jong-bok Kim)

[정회원]



- 2006년 9월 : UCLA Electrical Eng.(공학석사)
- 2006년 10월 ~ 2018년 1월 : LG 이노텍 책임연구원
- 2018년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 연구관

〈관심분야〉

축산 스마트팜, 반려동물 ICT