Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 21, No. 12 pp. 558-569, 2020

https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.12.558
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

영상분석기법을 활용한 사육밀도에 따른 급이·급수 및 휴식공간별 육계의 행동특성 분석

김현수[1], 강환구[1], 강보석[1], 김찬호[2*]
[1]농촌진흥청 국립축산과학원 가금연구소, [2]농촌진흥청 국립축산과학원 동물복지연구팀

Analysis of Behavioral Characteristics of Broilers by Feeding, Drinking, and Resting Spaces according to Stocking Density using Image Analysis Technique

Hyunsoo Kim[1], HwanKu Kang[1], Boseok Kang[1], ChanHo Kim[2*]
[1]Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration
[2]Animal Welfare Research Team, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

요 약 본 연구는 국내 육계농가의 사육규모 대형화에 따라 정밀축산(PLF)의 관점에서 ICT기반 영상분석기법을 활용하여 사육밀도에 따른 육계의 영역별 머무는 빈도(%)에 대해 평가하고, 일령별 육계의 정상적인 행동패턴을 이해하고자 수행하였다. 경기도 소재 육계농장 내 설치된 시험계사(3.3×2.7 m)에서 Ross308 육계를 공시축으로 이용하였다. 사육밀도는 각각 9.5 수/m^2(n=85), 19 수/m^2(n=170)로 하였으며, 탑뷰(top view) 카메라를 이용해 급이·급수 및 휴식공간 영역별 머무는 빈도(%)를 모니터링 하였다. 사육밀도에 따라 개체 식별된 육계 3수에 대해 일령별(12, 16, 22, 27, 및 29일)로 6시간씩 영상이미지 데이터를 획득하였다. 수집된 영상데이터는 물체 추적(object tracking) 기법으로 초당 30프레임으로 약 64만장의 프레임을 연결하여 누적 이동경로를 기록하여 영역별 머무는 빈도(%)를 수치화하였다. 각 사육밀도에서 영역별 머무는 빈도(%)는 휴식공간, 급이영역, 급수영역 순으로 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.001). 사육밀도(9.5 수/m^2)에서는 57.9, 24.2, 17.9%으로 나타났으며, 사육밀도(19 수/m^2)에서는 73.2, 16.8, 10.0%로 나타났다. 결과적으로 ICT기반 영상분석기법을 활용해 육계의 스트레스를 최소화하는 방법으로 사육밀도에 따른 육계의 영역별 머무는 빈도(%)를 평가할 수 있으며, 향후 본 연구결과는 실시간 모니터링을 통한 ICT기반 사양관리 시스템을 개발하는데 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract This study examined the frequency of a broiler's stay in each area as stock density using an ICT-based image analysis technique from the perspective of precision livestock farming (PLF) according to the increase in the domestic broiler farms to understand the normal behavior patterns of broilers by age. The broiler was used in the experimental box (3.3×2.7 m) in a poultry house in Gyeonggi province. The stock densities were 9.5 birds/m^2 (n=85) and 19 birds/m^2 (n=170), respectively, and the frequency of stay by feeding, water, and rest area was monitored using a top-view camera. The image data of three-colored-specific broilers identified as the stock density were acquired by age (12, 16, 22, 27, and 29 days) for six hours. In the collected image data, the object tracking technique was used to record the cumulative movement path by connecting approximately 640,000 frames at 30 fps to quantify the frequency of stay in each area. In each stock density, it was significant in the order of the rest area, feeding, and water area (p<0.001). In 9.5 birds/m^2, it was at 57.9, 24.2, and 17.9 %, and 73.2, 16.8, and 10 % in 19 birds/m^2. The frequency of a broiler's stay could be evaluated in each area as the stock density using an ICT-based image analysis technique that minimizes stress. This method is expected to be used to provide basic material for developing an ICT-based management system through real-time monitoring.

Keywords : Behavioral Characteristics, Broiler, Frequency of Stay, ICT, Image Analysis Technique

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01385801) 지원에 의해 수행되었음.
*Corresponding Author : ChanHo Kim(Animal Welfare Research Team, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration)
email: kch8059@korea.kr
Received July 29, 2020 Revised September 21, 2020
Accepted December 4, 2020 Published December 31, 2020

1. 서론

육류 및 동물성 제품 수요는 2050년까지 전 세계적으로 70% 증가할 것으로 예측되며, 증가된 소비 수요를 충족하기 위해 농가 당 사육 두수 또한 증가되고 있는 추세이다[1]. 가금육 생산량은 전 세계적으로 지난 50년간 12배 이상 증가하였다. 즉, 가금육 생산량은 1961년에 전 세계 육류생산의 12%에서 2013년 약 35%로 약 3배가 증가하였다[2].

국내 육계농장은 온·습도 및 환기 등 환경조절이 가능한 무창계사형 사육시설이 급속하게 보급되면서 농가당 사육규모가 대형화되고 있다. 육계 산업에서는 농가마다 육계의 사육밀도를 증가시킴으로써 수익이 증대되므로, 높은 사육밀도 수준에서 사육되고 있는 실정이다[3]. 이러한 대규모 사육은 제한된 사육공간 내에 밀집사육을 야기하며 농가에서 개별적으로 모든 가축을 관리할 수 없음을 의미한다. 집약적인 육계 생산에서 사육밀도 증가는 열 스트레스로 인한 육계의 성장률 감소 등 육계의 생산성 및 육계 복지를 저하시킨다고 알려져 있다[3,4].

높은 사육밀도는 폐사율 증가와 밀접한 관계가 있음을 확인하였다[5]. 즉, 평사의 사육밀도가 m^2당 30 kg 일 때 열 스트레스에 의해 성장속도가 감소하는 추세를 보인 반면[6], 육계 농장단위 시험에서 사육밀도와 폐사율 간의 유의적 차이를 보이지 않는 연구도 있었다[7]. 또한, 사육밀도는 육계의 행동학적 활동에도 영향을 미친다는 보고도 있다. 사육밀도가 1 m^2당 7.5 수에서 15 수로 증가함에 따라 육계의 보행능력이나, 급이·급수기 접근이 감소하는 경향을 보였으나[8], 다른 시험에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다[9].

정밀축산(PLF: Precision Livestock Farming, 이하 PLF)은 건강, 복지, 생산 및 환경영향에 대한 실시간 모니터링을 통해 가축을 관리하는 것을 의미한다. 이를 통해 가축생산의 효율성과 농가의 지속가능성을 높여 농가의 부가가치를 향상시키고, 가축의 건강과 복지를 향상시킬 수 있다[10]. 가금분야 역시 전 세계적으로 정밀축산(PLF) 연구가 확산되고 있으며 생산성 향상뿐만 아니라 가축의 건강과 복지 관련 연구가 많이 진행되고 있다[11]. 따라서, 대규모 사육에 따라 야기되는 문제점을 해결하고 복지환경을 조성하는데 ICT기술을 이용한 정밀축산(PLF) 도입이 필요하다.

높은 사육밀도에서 육계 계군의 활동, 분포 패턴 및 이동, 그리고 사육공간을 어떻게 활용하는지 이해하는 것은 육계의 복지환경을 결정하는데 중요하다[12]. 과거에도 사육밀도에 따른 육계의 급이·급수공간이나 휴식공간에 따른 분포를 조사한 연구가 진행된 바 있으며, 육계의 활동량 증감 비교 등 육계의 행동패턴을 이해하는 연구도 진행되었다[13,14]. 반면, 육계의 정상 행동패턴 범위를 설정하기 위해 ICT기반 영상분석기법을 활용하여 사육밀도에 따라 일령별로 급이·급수 및 휴식공간 영역별 육계의 행동 패턴을 모니터링 한 연구는 미흡한 실정이다. ICT기반 영상분석 기법은 기존 방법과 달리 육계의 스트레스를 최소화하여 사육환경 영향에 대한 실시간 모니터링이 가능하며, 개별적으로 행동패턴 분석이 가능하다. 따라서 본 연구의 목적은 탑뷰(top view) 카메라를 비롯한 영상분석기법을 활용하여 사육밀도(9.5 수/m^2, 19 수/m^2)에 따른 육계의 일령별 급이·급수공간이나 휴식공간에 머무는 빈도(%)를 평가하기 위해 수행되었으며, 이를 통해 일령별 육계의 정상적인 행동 패턴에 대해 이해하고자 한다.

2. 본론

2.1 공시동물

본 실험에 이용된 공시동물의 사양관리는 국립축산과학원 실험동물윤리위원회의 관리기준에 의거하여 실시하였다(Animal Care Committee of Korea, National Institute of Animal Science). 본 실험은 2019년 2월, 4월에 경기도 소재 육계농장에(규모: 14×78 m) 내 설치된 평사형 무창 시험계사(3.3×2.7 m)에서 Ross308 육계를 공시축으로 하여 2차례 실험을 수행하였다(Fig. 1). 사육밀도를 각각 9.5 수/m^2(n=85), 19 수/m^2(n=170) 달리하여 일령별 육계 행동 패턴을 모니터링 하였다. 온도관리는 1일령 34~35℃부터 성장단계에 따라 농장 자체 프로그램에 의해 설정되었으며, 사료와 물은 자동급이 시스템과 니플을 통해 자유급이 하였다. 사료는 구간별 초이(0~7일령), 전기(8~21일령), 후기(22일령~출하)로 구분하였다. 환기는 터널식 환기시스템을 이용하였으며, 점등은 24L(1~5일령), 22L:2D(6~8일령), 21L:3D(9~12일령). 20L:4D(13~20일령), 21L:3D(21~25일령) 및 21.5L:2.5D(26일령~출하)로 설정하였다.

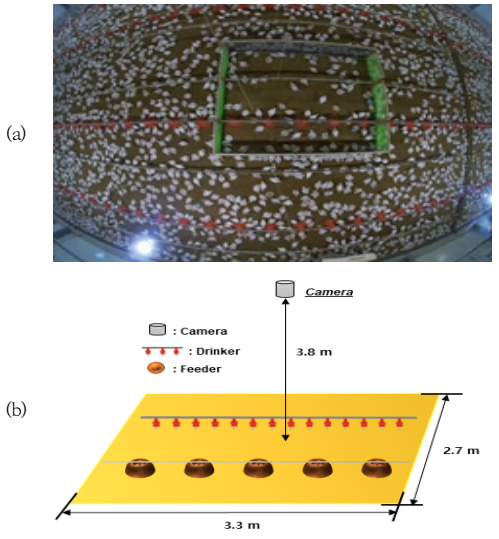

Fig. 1. The area of the experimental box in the broiler house (a), Floor plan of the experimental box (b).

2.2 실험 설계 및 영상 데이터 수집

시험계사(3.3×2.7 m)는 급이·급수 라인을 기준으로 급이·급수공간과 휴식공간을 구분하였으며(Fig. 2), 탑뷰 카메라를 이용하여 사육밀도(9.5 수/m^2, 19 수/m^2)에 따른 처리구당 3 수를 이용하여 일령별로 급이·급수공간과 휴식공간 영역에 따른 육계 행동패턴을 모니터링 하였다. 개체 식별을 위해 색(빨간색, 파란색, 녹색)이 다른 염료(Fashion Spray, MARABU co ltd., Italy)를 등 부위에 칠하여 구분하였다.

Fig. 2. Classification of feeding and water area in experimental box (2.7×3.3 m) (a) 9.5 birds/m^2 (b) 19 birds/m^2.

2.3 영상 데이터 수집

영상 데이터는 일령별(12, 16, 22, 27 및 29일)로 총 6시간(17:00~23:00)씩 수집하였으며 급이·급수공간과 휴식공간에 머무는 빈도(%)를 조사하여 비교 분석하였다. 설치된 1개의 탑뷰 카메라는 고정된 IP카메라(AXIS M3046_V)로 화각은 HFOV 132°, VFOV 96°이며, 영상이미지는 입식 후 출하시까지 매일 24시간 30 fps에서 MPEG-4 형식의 1280×960 해상도로 녹화가 이루어진다. 추출된 영상이미지 데이터는 PoE(Power over Eternet-Advantech Co., ltd)를 통해 영상 저장장치인 NAS(Network-Attached Storage-Synology Inc.) 서버로 전송·저장하였다. 저장된 영상 데이터는 사육기간 동안 5분 간격으로 자동 생성되도록 설정하였으며, 시험 종료 후 NAS 서버 하드디스크를 수거하여 데이터를 최종적으로 수집하였다.

2.4 영상 데이터 분석

영상 데이터 분석은 염색법을 통해 개체 식별된 3수의 육계를 물체 추적(object tracking) 기법을 이용하여 육계의 누적된 위치 및 이동경로를 기록하였다. 물체 추적 기법은 영상처리에서 많이 활용되고 있는 OpenCV library 중 MedianFlow 방법을 적용하여 구현하였다. MedianFlow 방법은 t, t+1의 시간차가 있는 한 쌍의 이미지에서 흐름을 추적하는 것을 의미한다. 즉, 기존 t시간의 물체 이미지에서 가장자리 박스를 표시하고 박스영역 내 수많은 점을 표시하고, 기존 t시간에서 t+1로 시간이 지남에 따른 처음 표시된 박스영역 내 수많은 점들의 오류를 추정하고 특이차를 제거하게 된다. 그 후 가장자리 박스이동을 추정하여 물체의 이동 및 위치를 추적하게 되는 것이다[15]. 물체 추적 기법을 통해 추출된 영상이미지를 1초당 30프레임으로 약 64만장의 프레임을 연결하여 시간흐름에 따라 공간별 육계 누적 이동경로를 기록하였으며, 머무는 빈도(%)를 수치화하여 나타내었다.

2.5 통계분석

2.5.1 사육밀도, 일령 및 영역에 따라 육계의 머무는 빈도(%)에 미치는 영향

사육밀도, 일령 및 급이·급수, 휴식공간 영역에 따라 육계의 머무는 빈도(%)에 미치는 영향을 분석하기 위한 모형은 다음과 같다.

$$y_{ijkl} = \mu + site_i + day_j + density_k + site:day_{ij} + day:density_{jk} + site:density_{ik} + e_{ijkl} \quad (1)$$

여기서,
y_{ijkl} : 육계의 머무는 빈도(%)
μ : 전체 평균
$area_i$: 영역의 고정효과(급이, 급수, 휴식 공간)
day_j : 입추 후 일령의 고정효과(12, 16, 22, 27, 및 29일)
$density_k$: 사육밀도의 고정효과(9.5 수/m^2, 19 수/m^2)
$area:day_{ij}$: 영역과 입추 후 일령의 상호작용 효과
$day:density_{jk}$: 입추 후 일령과 사육밀도의 상호작용 효과
$area:density_{ik}$: 영역과 사육밀도의 상호작용 효과
e_{ijkl} : 각 측정치의 임의오차

통계분석은 3요인 분산분석을 실시하였으며, 육계의 머무는 빈도(%)를 종속변수, 사육밀도, 일령, 영역과 각 상호작용을 독립변수로 하였다. 그리고 분산분석표를 Table 1에 제시하였다.

결과에 따라, 육계가 영역에 머무는 빈도(%)를 R v3.5.2 소프트웨어를 이용하여 분산분석을 하였고, 다중검정을 위해 최소유의차(LSD) 검정을 하였다. 분석하기 위한 모형은 다음과 같다.

$$y_{ijk} = \mu + site_i + day_j + site:day_{ij} + e_{ijk} \quad (2)$$

여기서,
y_{ijk} : 육계의 머무는 빈도(%)
μ : 전체 평균
$area_i$: 영역의 고정효과(급이, 급수, 휴식 공간)
day_j : 입추 후 일령의 고정효과(12, 15, 22, 27, 및 29일)
$area:day_{ij}$: 영역과 입추 후 일령의 상호작용 효과
e_{ijk} : 각 측정치의 임의오차

3. 결과 및 고찰

본 실험에서 탑뷰 카메라를 이용하여 농장 내 설치된 시험계사에서 급이·급수 및 휴식공간 영역별 육계 3수에 대한 일령별 머무는 빈도(%)를 수치화한 결과는 Fig. 3-7에 나타내었다.

사육밀도 및 일령에 따른 급이·급수, 휴식공간 영역별 육계 머무는 빈도(%)의 기초 통계량은 Table 2에 제시하였으며, 3요인 분산분석을 통해(Table 1) 급이·급수, 휴식공간 영역과 영역×사육밀도 간 상호작용에서 유의적인 차이를 확인할 수 있었다(p<0.001).

Table 3은 급이·급수, 휴식공간 영역에서 사육밀도가 육계의 행동에 어떻게 영향을 미치는지를 나타낸 것이다. 각 사육밀도에서 영역별 머무는 빈도(%)는 휴식공간, 급이영역, 급수영역 순으로 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.001). 사육밀도 9.5 수/m^2에서는 휴식공간, 급이영역, 급수영역별로 57.9, 24.2, 17.9%로 나타났으며, 사육밀도 19 수/m^2에서는 각각 73.2, 16.8, 10.0%로 나타났다. 따라서, 육계는 사육밀도가 높을수록 급이 및 급수 영역보다 휴식공간 영역에 머무는 빈도가 높음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 동일한 사육면적에서 제한된 급이·급수 영역으로 인하여 육계의 활동성에 영향을 미쳤다고 생각된다. [16]에 따르면 육계는 평균적으로 70~80% 시간을 누워있는 반면 급이/급수 시간은 16% 보고하였으며, 본 실험과 유사한 경향을 나타내었다. 육계는 휴식영역에 비해 급이·급수 영역에서는 단기적인 행동패턴을 보이며, 이런 결과는 육계의 활동성과 분포와도 밀접한

Table 1. Analysis of variance for the frequecy (%) of stay by feeding, water, and rest area : stock density, days, area

Items	df	Sum Sq	Mean Sq	*F*-value	*p*-value
Feed · water, and rest area	2	47,355	23,677	476.236	<0.001
Days	4	0	0	0	1.000
Stock density	1	0	0	0	0.996
Area × days	8	185	23	0.465	0.876
Area × stock density	2	2,644	1,322	26.587	<0.001
Days × stock density	4	0	0	0	1.000
Area × days × stock density	8	657	82	1.652	0.129
Residuals	60	2,983	50		

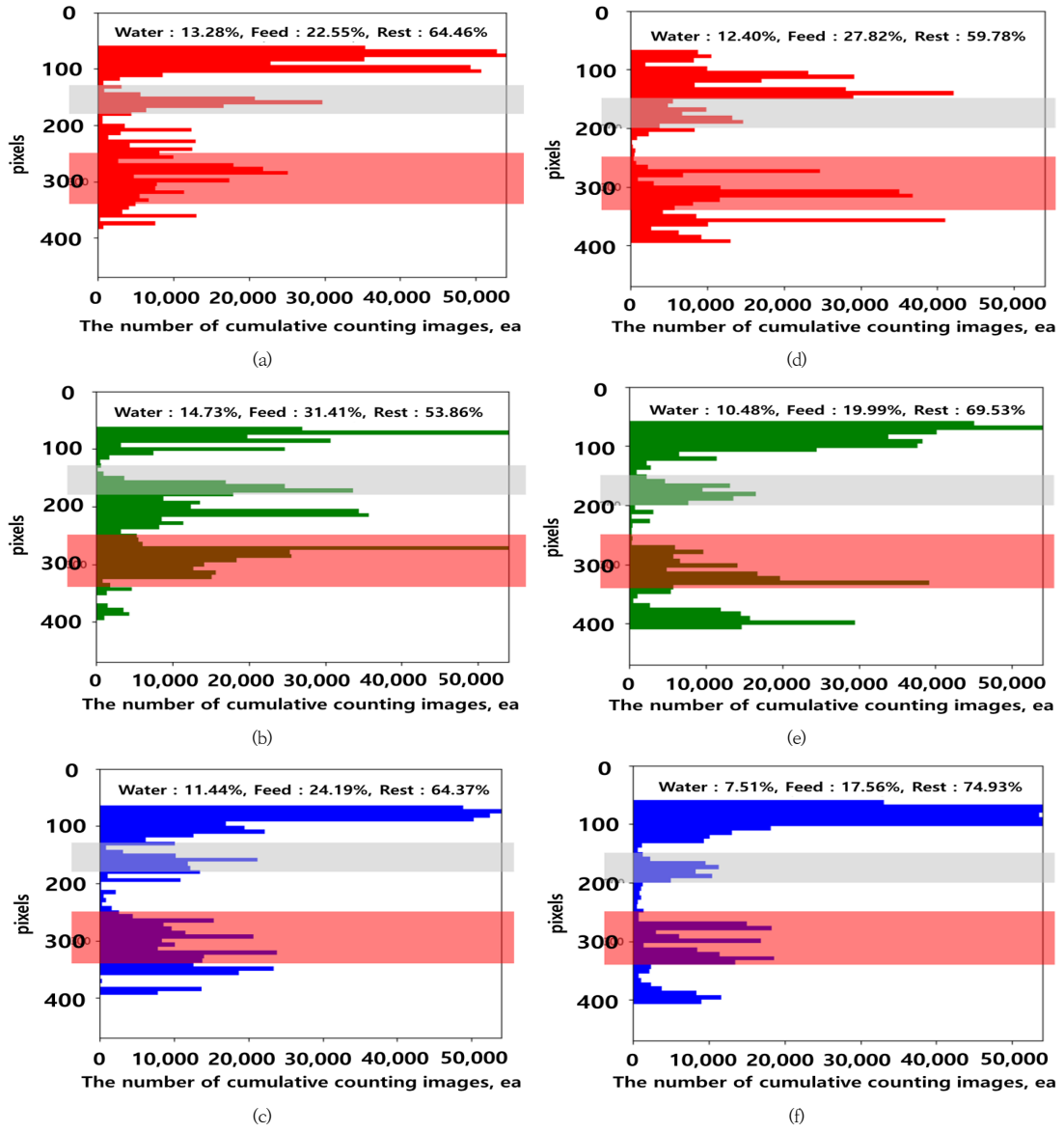

Fig. 3. Frequency (%) of stay in each area of feeding, water supply and rest area by 12-day-old individual according to stock density (red line: feeding area, gray line: water supply area, white line: rest area). (a) Red-colored-specific broiler identified as stock density (9.5 birds/m^2), (b) Green-colored-specific broiler identified as stock density (9.5 birds/m^2), (c) Blue-colored-specific broiler identified as stock density (9.5 birds/m^2), (d) Red-colored-specific broiler identified as stock density (19 birds/m^2), (e) Green-colored-specific broiler identified as stock density (19 birds/m^2), (f) Blue-colored-specific broiler identified as stock density (19 birds/m^2)

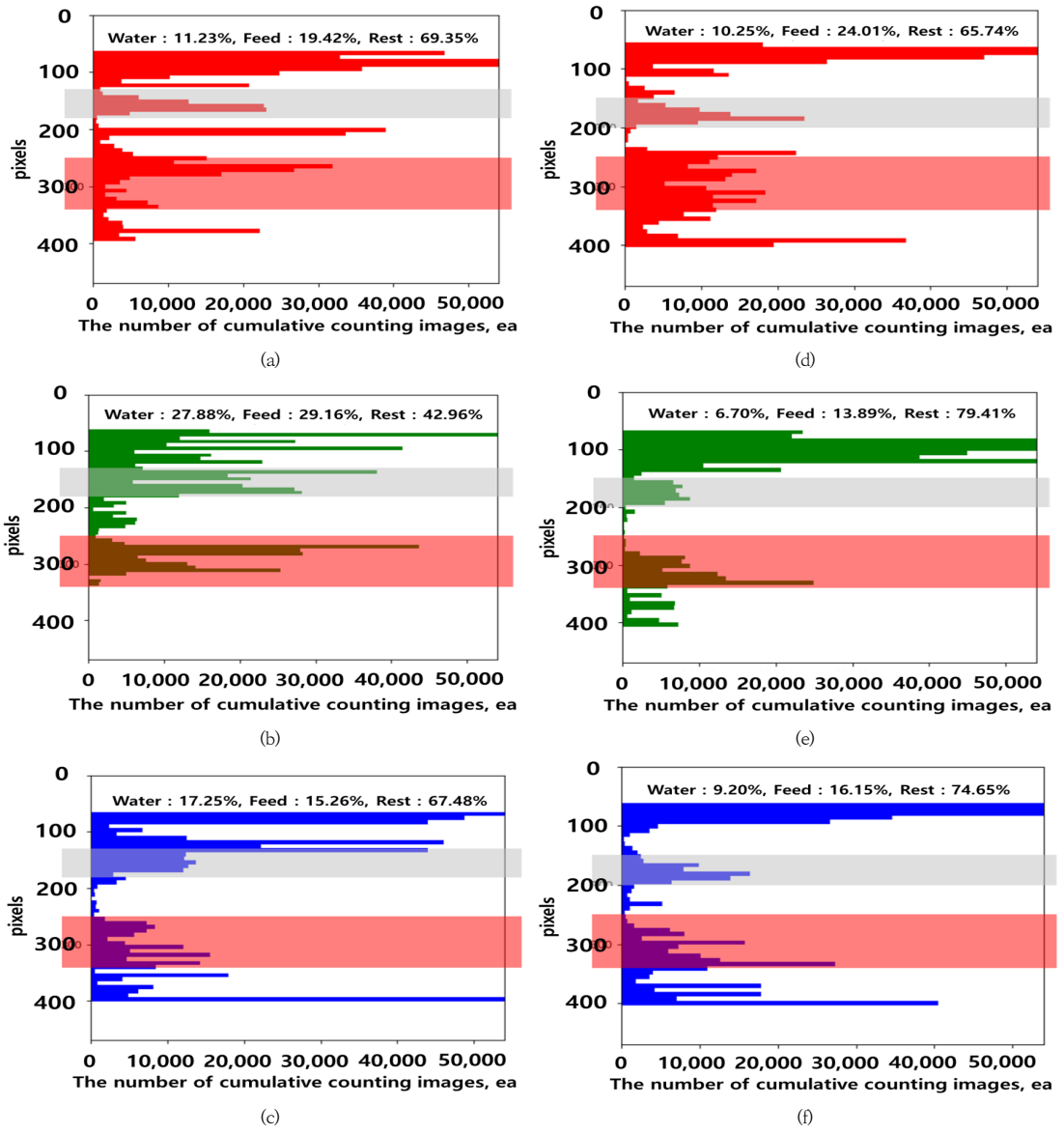

Fig. 4. Frequency (%) of stay in each area of feeding, water supply and rest area by 16-day-old individual according to stock density (red line: feeding area, gray line: water supply area, white line: rest area). (a) Red-colored-specific broiler identified as stock density (9.5 birds/m^2), (b) Green-colored-specific broiler identified as stock density (9.5 birds/m^2), (c) Blue-colored-specific broiler identified as stock density (9.5 birds/m^2), (d) Red-colored-specific broiler identified as stock density (19 birds/m^2), (e) Green-colored-specific broiler identified as stock density (19 birds/m^2), (f) Blue-colored-specific broiler identified as stock density (19 birds/m^2)

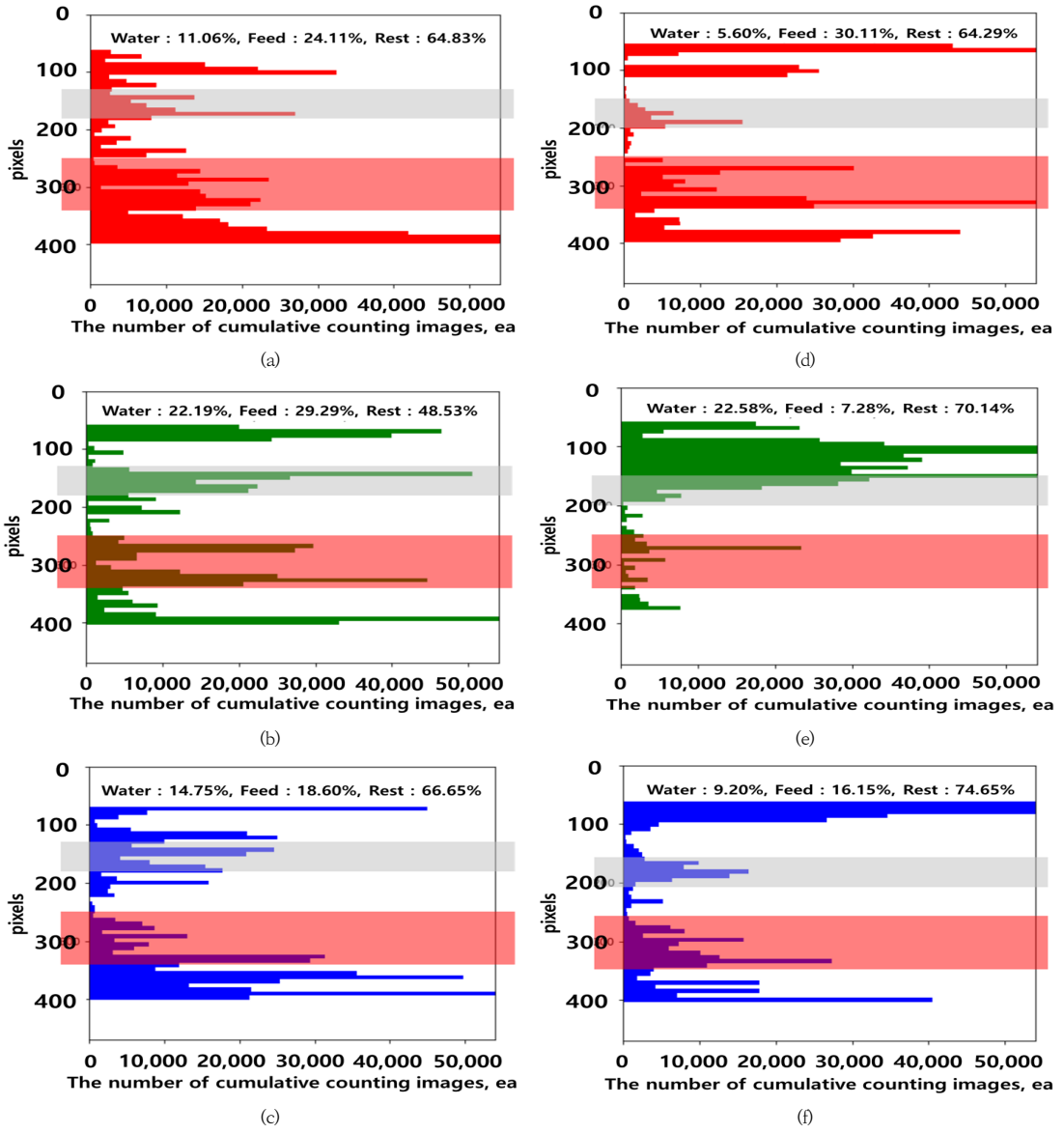

Fig. 5. Frequency (%) of stay in each area of feeding, water supply and rest area by 22-day-old individual according to stock density (red line: feeding area, gray line: water supply area, white line: rest area). (a) Red-colored-specific broiler identified as stock density (9.5 birds/m^2), (b) Green-colored-specific broiler identified as stock density (9.5 birds/m^2), (c) Blue-colored-specific broiler identified as stock density (9.5 birds/m^2), (d) Red-colored-specific broiler identified as stock density (19 birds/m^2), (e) Green-colored-specific broiler identified as stock density (19 birds/m^2), (f) Blue-colored-specific broiler identified as stock density (19 birds/m^2)

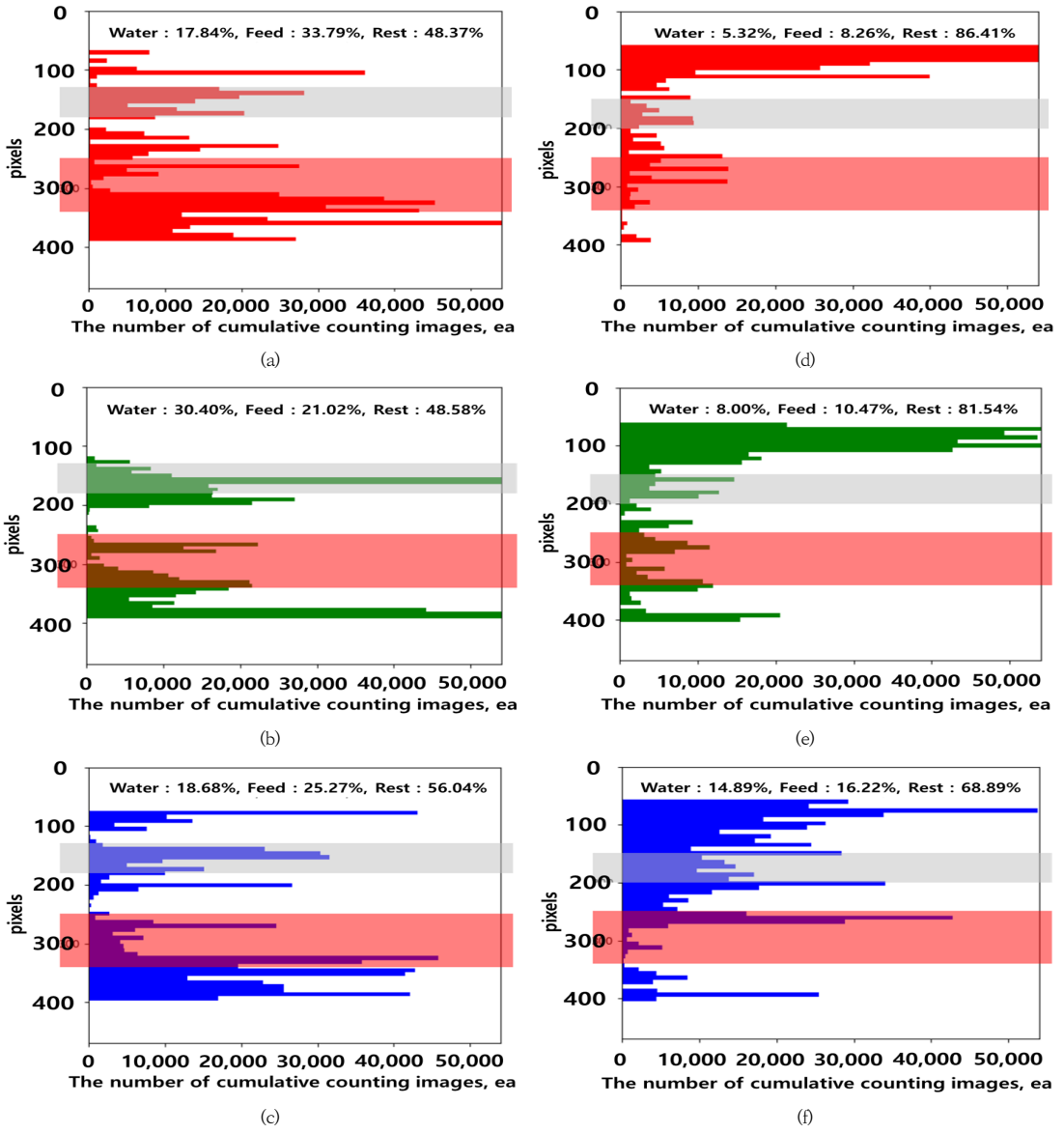

Fig. 6. Frequency (%) of stay in each area of feeding, water supply and rest area by 27-day-old individual according to stock density (red line: feeding area, gray line: water supply area, white line: rest area). (a) Red-colored-specific broiler identified as stock density (9.5 birds/m^2), (b) Green-colored-specific broiler identified as stock density (9.5 birds/m^2), (c) Blue-colored-specific broiler identified as stock density (9.5 birds/m^2), (d) Red-colored-specific broiler identified as stock density (19 birds/m^2), (e) Green-colored-specific broiler identified as stock density (19 birds/m^2), (f) Blue-colored-specific broiler identified as stock density (19 birds/m^2)

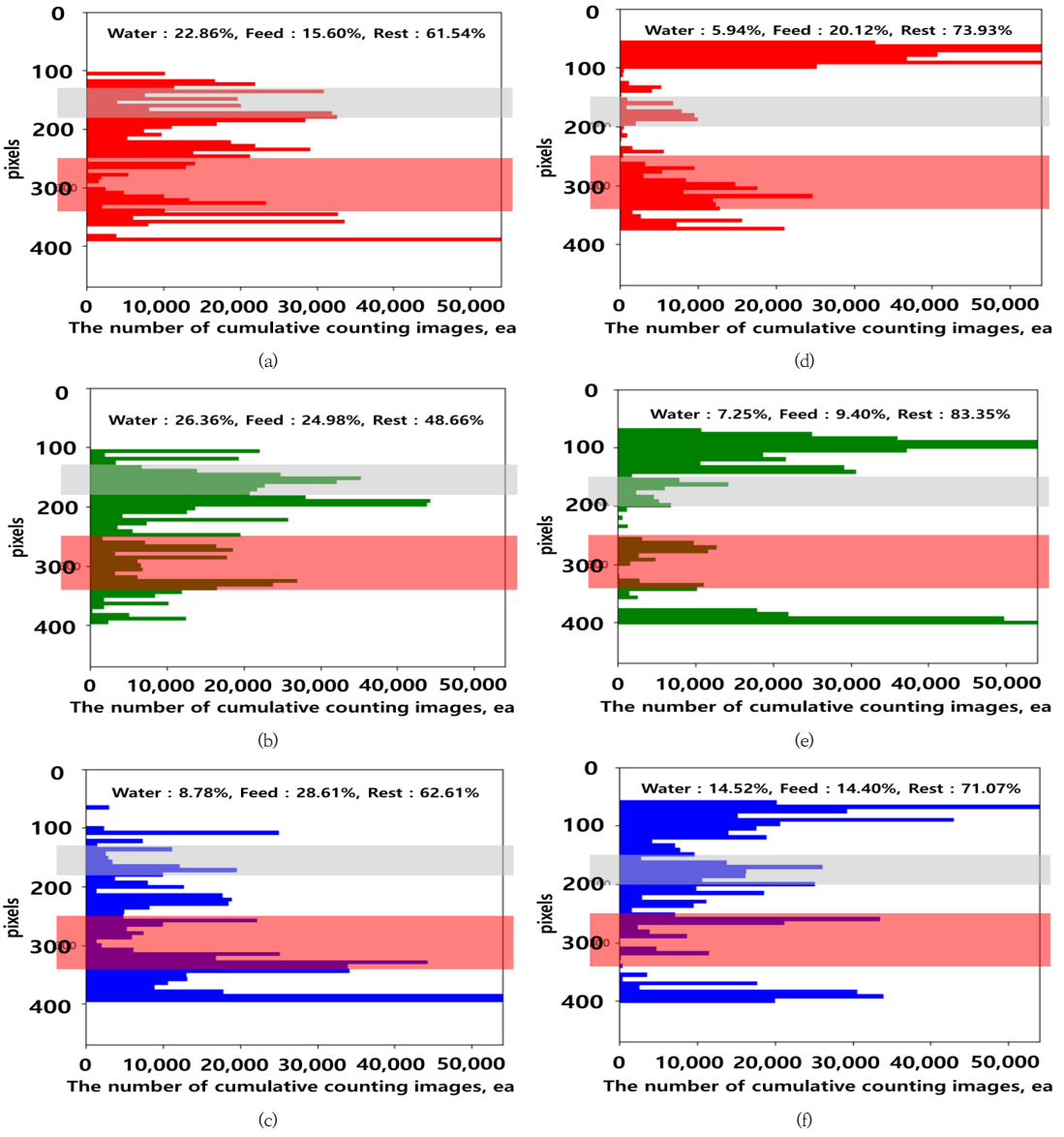

Fig. 7. Frequency (%) of stay in each area of feeding, water supply and rest area by 29-day-old individual according to stock density (red line: feeding area, gray line: water supply area, white line: rest area). (a) Red-colored-specific broiler identified as stock density (9.5 birds/m^2), (b) Green-colored-specific broiler identified as stock density (9.5 birds/m^2), (c) Blue-colored-specific broiler identified as stock density (9.5 birds/m^2), (d) Red-colored-specific broiler identified as stock density (19 birds/m^2), (e) Green-colored-specific broiler identified as stock density (19 birds/m^2), (f) Blue-colored-specific broiler identified as stock density (19 birds/m^2)

Table 2. Basic statistics : frequency (%) of stay by area according to density and days

Stock density (birds/m^2)	Days	Water			Feeding			Rest area		
		Mean ± SD[1)]	Min	Max	Mean ± SD	Min	Max	Mean ± SD	Min	Max
9.5	12	13.1 ± 1.66	11.4	14.7	26.0 ± 4.80	22.3	31.4	60.9 ± 6.09	53.9	64.5
	15	18.8 ± 8.45	11.2	27.9	21.3 ± 7.14	15.3	29.2	60.0 ± 14.72	43.0	69.4
	22	16.0 ± 5.65	11.1	22.2	24.0 ± 5.35	18.6	29.3	60.0 ± 10.00	48.5	66.7
	27	22.3 ± 7.03	17.8	30.4	26.7 ± 6.51	21.0	33.8	51.0 ± 4.33	48.4	56.0
	29	19.4 ± 9.32	8.8	26.4	23.1 ± 6.71	15.6	28.6	57.6 ± 7.73	48.7	62.6
19	12	10.1 ± 2.47	7.5	12.4	21.8 ± 5.33	17.6	27.8	68.1 ± 7.65	59.8	74.9
	15	8.7 ± 1.84	6.7	10.3	18.0 ± 5.29	13.9	24.0	73.3 ± 6.96	65.7	79.4
	22	12.5 ± 8.96	5.6	22.6	17.9 ± 11.49	7.3	30.1	69.7 ± 5.21	64.3	74.7
	27	9.4 ± 4.95	5.3	14.9	11.7 ± 4.08	8.3	16.2	78.9 ± 9.03	68.9	86.4
	29	9.2 ± 4.61	5.9	14.5	14.6 ± 5.35	9.4	20.1	76.1 ± 6.45	71.1	83.4

n=3
[1)]SD = standard deviation

Table 3. Analysis of variance and least significant difference (LSD) test : frequency (%) of stay by area according to stock density

Stock density (birds/m^2)	Area	Mean ± SD[1)]	Min	Max	Multiple test	*p*-value		
						Area	Days	Area × Days Interaction
9.5	Water	17.9 ± 6.71	8.8	30.4	c	<0.001	1	0.555
	Feeding	24.2 ± 5.59	15.3	33.8	b			
	Rest area	57.9 ± 8.71	43.0	69.4	a			
19	Water	10.0 ± 4.61	5.3	22.6	c	<0.001	1	0.27
	Feeding	16.8 ± 6.78	7.3	30.1	b			
	Rest area	73.2 ± 7.34	59.8	86.4	a			

n=15
[1)]SD = standard deviation

관계가 있음을 의미한다. [17]에 의하면, 4~6주령의 육계를 이용하여 사육밀도별 급이·급수공간과 휴식공간 영역의 분포를 관찰한 결과, 사육밀도가 15 수/m^{2}인 경우 급이·급수 영역에 비해 주로 휴식공간에서 누워있거나 서있는 것을 선호하였으나, 사육밀도가 2 수/m^{2}인 경우 급이·급수 영역에 주로 서있거나 누워있는 것을 선호하였다고 보고하였다.

본 연구에서는 ICT기술을 이용한 영상분석기법을 활용하여 사육밀도(9.5 수/m^2, 19 수/m^2)와 일령(12, 15, 22, 27, 및 29일)에 따른 육계의 급이·급수 및 휴식공간 영역별 머무는 빈도(%)에 대하여 개체별 영상 정보를 획득할 수 있었으며, 영상분석기법을 통해 영역별 머무는 빈도를 정량화하여 나타낼 수 있었다. 또한, ICT기반 영상분석기법을 활용해 육계의 스트레스를 최소화하는 방법으로 모니터링하여 실제 육계 계군의 일령별 영역별 머무는 빈도(%)의 변화를 이해할 수 있었다. 향후, 본 연구결과는 실제 육계 계군에서 일령에 따라 영역별 머무는 빈도(%)의 정상 범위를 설정하는데 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 이는 육계농가에서 계군의 건강상태를 간접적으로 평가하는데 도움을 줄 수 있을 뿐만 아니라 사육공간 내 급이·급수시설 이상유무 등 사양관리에도 도움을 줄 수 있을 것이라고 생각된다.

4. 결론

본 논문은 국내 육계농가의 사육규모 대형화에 따른 정밀축산(PLF)의 관점에서 ICT기반 영상분석기법을 활용하여 사육밀도에 따른 육계의 영역별 머무는 빈도(%)에 대해 평가하고, 이를 통해 일령별 육계의 정상적인 행

동패턴을 이해하고자 수행하였다.

수집된 영상데이터를 ICT기반 영상분석기법처리를 통해 매 시간흐름에 따라 급이·급수 및 휴식공간 영역별로 육계의 누적 이동경로를 기록하여 영역별 머무는 빈도(%)를 수치화하여 제시하였다. 사육밀도 9.5 수/m^2에서는 휴식공간, 급이영역, 급수영역별로 57.9, 24.2, 17.9%로 나타났으며, 사육밀도 19 수/m^2에서는 각각 73.2, 16.8, 10.0%로 나타났다.

본 연구에서는 특정기간에 국한되어 육계의 행동패턴을 살펴보았기 때문에 전 사육기간에 걸쳐 육계의 행동패턴을 이해하기 위해 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

향후 본 연구결과는 실시간 모니터링을 통한 ICT기반 사양관리 시스템을 개발하는데 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

References

[1] S. Africa, H. Ghanem, Report of the FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, Economic and Social Report, Food and Agriculture Organization, the United Nations, pp.1-23.

[2] H. Ritchie, M. Roser, Meat and Dairy Production [Internet]. Our World in Data, c2017 [cited 2017 August], Available From: https://ourworldindata.org/meat-production (accessed June. 10, 2020)

[3] A. Meluzzi, F. Sirri, "Welfare of broiler chickens", *Italian Journal of Animal Science*, Vol.8, pp.161-173, 2009.
DOI: https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s1.161

[4] J. McLean, C. J. Savory, N. H. C. Sparks, "Welfare of male and female broiler chickens in relation to stocking density, as indicated by performance, health and behaviour", *Animal Welfare*, Vol.11, pp.55-73, 2002.

[5] M. M. Shanawany, "Broiler performance under high stocking densities", *British Poultry Science*, Vol.29, No.1, pp.43-52, 1988.
DOI: https://doi.org/10.1080/00071668808417025

[6] J. McLean, C. J. Savory, N. H. C. Sparks, "Welfare of male and female broiler chickens in relation to stocking density", *Proc. 6th Europ. Symp. on Poultry Welfare*, Zollikofen, Switzer-land. pp.234-242, September 2001.

[7] A. Meluzzi, F. Sirri, E. Folegatti, "Condizioni di allevamento e prestazioni produttive: gli effetti sulle performance zootecniche e sulla qualita del prodotto nell'allevamento del broiler", *Rivista. di Avicoltura*, Vol.76, No.6, pp.18-22, 2007.

[8] N. J. Lewis, J. F. Hurnik, "Locomotion of broiler chickens in floor pens", *Poultry Science*, Vol.69, pp.1087-1093, 1990.
DOI: https://doi.org/10.3382/ps.0691087

[9] W. Bessei, "Stocking density", p.303, CABI Publishing, 2004, pp.133-143.
DOI: https://dx.doi.org/10.1079/9780851998053.0000

[10] D. Berckmans, "General introduction to precision livestock farming", *Animal Froniers,* Vol.7, No.1, 2017.
DOI: https://doi.org/10.2527/af.2017.0102

[11] E. Rowe, M. S. Dawkins, S. G. Gebhardt-Henrich, "A Systematic Review of Precision Livestock Farming in the Poultry Sector: Is Technology Focussed on Improving Bird Welfare?", *Animals*, Vol.9, No.9, pp.614, 2019.
DOI: https://doi.org/10.3390/ani9090614

[12] A. Aydin, "Walking behaviour and spatial use of broiler chickens", *International Letters of Natural Sciences,* Vol.54, pp.66-74, 2016.
DOI: https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/ILNS.54.66

[13] W. Bessei, "The behavior of broilers under intensive management conditions", *Archiv fur Geflugelkunde,* Vol.56, pp.1-7. 1992.

[14] U. Arnould, J. M. Faure, "Use of pen space and activity of broiler chickens reared at two different densities", *Applied Animal Behaviour Science,* Vol.84, pp.281-296, 2003.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.01.001

[15] Z. Kalal, K. Mikolajczyk, J. Matas, "Forward-Backward Error: Automatic Detection of Tracking Failures", *International Conference on Pattern Recognition,* ICPR, Istanbul, Turkey, pp.2756-2759, August 2010.
DOI: http://doi.org/10.1109/ICPR.2010.675

[16] K. Febrer, T. A. Jones, C. A. Donnelly, M. S. Dawkins, "Forced to crowd or choosing to cluster? Spatial distribution indicates social attraction in broiler chickens", *Animal Behaviour,* Vol.72, pp.1291-1300, 2006.
DOI: http://doi.org/10.1016/j.anbehav.2006.03.019

[17] C. Arnould, J. M. Faure, "Use of pen space and activity of broiler chickens reared at two different densities", *Applied Animal Behaviour Science,* Vol.84, pp.281-296, 2004.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.applanim.2003.07.003

김 현 수(Hyunsoo Kim) [정회원]

- 2015년 2월 : 건국대학교 동물생명공학과 (학사)
- 2020년 2월 : 건국대학교 동물자원과학과 (석사)
- 2016년 10월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

〈관심분야〉
가금영양, 가금사양, ICT

강 환 구(HwanKu Kang) [정회원]

- 2002년 2월 : 강원대학교 축산학과 (학사)
- 2004년 2월 : 강원대학교 축산학과 (석사)
- 2007년 2월 : 강원대학교 축산학과 (농학박사)
- 2010년 8월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

〈관심분야〉
가금영양, 동물복지, 가금생리학

강 보 석(Boseok Kang) [정회원]

- 1987년 2월 : 경북대학교 낙농학과 (학사)
- 1996년 8월 : 경북대학교 동물자원과학과 (석사)
- 2004년 2월 : 경상대학교 응용생명과학과 (박사)
- 1992년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사(관)

〈관심분야〉
가금육종, 가금사양, 동물복지

김 찬 호(ChanHo Kim) [정회원]

- 2005년 2월 : 중앙대학교 동물자원과학과 (학사)
- 2008년 2월 : 중앙대학교 동물자원과학과 (석사)
- 2013년 2월 : 중앙대학교 동물자원과학과 (박사)
- 2014년 1월 ~ 2020년 6월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후연구원
- 2020년 7월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

〈관심분야〉
동물영양, 가금사양, 동물복지