

사육밀도가 토종육계의 행동특성에 미치는 영향

하재정 · 이용준 · 김병천 · 오상집 · 송영한*

강원대학교 동물생명과학대학

Effects of Rearing Densities on Behavior Characteristics in Korean Native Broilers

Jae Jung Ha, Yong Joon Rhee, Byong Chon Kim, Sang Jip Ohh and Young Han Song*

College of Animal Life Sciences, Kangwon National University, KNU Ave 1, Chuncheon Gangwon-Do 200-701, Korea

ABSTRACT

Rearing density is a major factor in welfare production and health of broiler chicks. An experiment was conducted to investigate the effect of rearing density on the behavioral characteristics of Korean native chicks. In the study, 20, 30, and 40 chicks per pen (3.17 m²) were used in each treatment and randomly allotted to 6.3 bird/m², 9.5 bird/m², and 12.6 bird/m² density, respectively. The broilers' behavior was recorded for 12 hours continuously during 1 to 8 weeks of age. The time budgets (standing, sitting, and walking) and frequencies of certain behaviors (drinking, feeding, preening, scratching, dust bathing, flapping, aggressive pecking, and pecking) in the broilers were checked during the day. The behavioral characteristics in the early period (1 to 4 weeks) were compared to the later period (5 to 8 weeks) to know the changes in each behavior as the chicks matured. It was observed that 40 chicks per pen showed significant decrease in feed intake and body weight. Corticosterone hormone was higher in the order of 12.6 bird/m² > 9.5 bird/m² > 6.3 bird/m² (p<0.05). The behaviors of standing and sitting were the highest in groups of 30 and 40 respectively. The walking behavior was gradually decreased as rearing density increased. The frequencies of the other behaviors also decreased in a high density treatment; especially for feeding, drinking, preening, and pecking. These tendencies widened the gaps of behaviors as time passed. It was concluded that a group of 20 chicks (6.3 bird/m²) was the proper rearing density among these three treatments. Broilers in the lower rearing density showed more activity than that with higher density and therefore this environment may lead to better welfare condition.

(Key words : Rearing density, Group size, Welfare, Korean native broilers)

서 론

육계의 사육밀도는 생산성, 건강 그리고 복지에 큰 영향을 미친다. 육계의 사육밀도와 관련된 호르몬 농도, 피부염, 스트레스 등의 생리학적 연구(Feddes 등, 2002; Heckert 등, 2002; Dawkins 등, 2004; Thomas 등, 2004; Dozier 등, 2006; Thaxton 등, 2006; Türkyilmaz, 2008; Estevez, 2007; Buijs 등, 2009)는 많이 보고된 바 있으나 한국 토종육계에 관한 행동학적 연구는 미비한 실정이다(Ha 등, 2010).

가축의 복지는 생명과학, 사회과학, 그리고 실험방법론과 같은 여러 가지 면에서 평가되어야 하고(Botreau 등, 2007), 육계의 행동을 이해하는 것이 복지수준을 판단하는데 중요하다고 하였다(Duncan, 1998). 동물은 감정을 행동으로 나타내므로, 좋은 복지 환경은 좋은 감정으로 표출되고 열악한 복지환경에서는 그에 상응하는 행동으로 표출된다. 또한, 동물의 권리로서 육계의 행동적 특

구는 점차 인정받고 있으며 많은 과학적 연구를 통해 제시되고 있다. Desire 등(2002)은 가축복지를 측정하기 위해 동물의 행동학적 방법론을 제시하였다.

한편, 세계적으로 동물복지를 위한 법률과 기준안이 제정되고 있다. 복지를 위한 사육밀도를 보면 영국의 환경식품농무부(DEFRA)는 최대 34 kg/m², 미국의 Human Farm Animal Care(HFAC)는 최대 30 kg/m²로 제한하였으나 우리나라의 경우 복지를 위한 적정 사육밀도가 확립되어 있지 않다. 따라서 본 논문은 국내 토종육계의 사육밀도를 행동학적 분석을 통해 연구하고 나아가 복지와 관련해서 적정 사육밀도를 알아보기 위해 실시하였다.

현재 우리나라의 일반적인 사육밀도는 13.6 수/m² 정도이다. m² 당 사육수수가 늘어나면 단위면적당 총생산량은 증가하지만 체중이 감소하고 폐사율이 높아지며 사료요구율이 저하된다. 즉 복지와 잠재적인 건강문제 등 과밀도 사육으로 인한 역효과를 초래할 수 있다.

* Corresponding author : Young Han Song, College of Animal Life Sciences, Kangwon National University, KNU Ave 1, Chuncheon Gangwon-Do 200-701, Korea. Tel: +82-33-250-8617, E-mail: yhsong@kangwon.ac.kr

본 실험은 일정한 면적에 닭의 사육 수수를 무항생제 축산을 위한 면적을 대조구로 해서 3처리를 하여 각 처리 구별 행동 차이를 비교하였으며 사육기간을 크게 전기와 후기로 나누어 성장 시기에 따른 각 처리구의 행동을 분석하였다.

따라서, 본 연구를 바탕으로 육계의 사육밀도별 행동특성을 고려한 한국형·복지형 양계의 최적 사육방안의 도출을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 공시동물 및 사양관리

초입사료를 급여한 10일령의 토종육계(한협3호)를 3.17 m²의 칸에 각각 20, 30 그리고 40 수수씩 수용시켰다. 각각의 사육밀도는 6.3 수/m², 9.5 수/m² 그리고 12.6 수/m² 이었으며 2반복으로 총 6 칸에서 실험하였다.

각각의 칸에 암수비율을 약 1:1로 하여 무작위로 나누었다. 사료조와 워터컵을 칸 구석으로 위치시켰고 사육 기간 내내 사료(Table 1)와 물을 자유 급여 하였다. 온도와 습도는 닭의 머리위치에서 측정되어 실내온도와 습도를 각각 30°C, 50%로 유지하였다. 전등은 16L:8D 주기로 05시에 점등하였다. 깔짚은 왕겨를 10 cm 두께로 깔았고 실험이 끝날 때까지 교체하지 않았다. 무항생제 축산에 준해 사양을 실시하였다.

2. 자료수집

사양성적을 평가하기 위해 사료섭취량과 증체량은 시험 개시일(10일령)과 시험 종료일(75일령)에 체중과 사료의 잔량을 측정하였고, 스트레스의 차이를 측정하기 위해 스트레스 호르몬 중 혈청 내 corticosterone을 시험 종료 후 의정맥에서 채혈 후 혈청을 분리하여 corticosterone EIA Kit(Enzo Life Sciences)를 이용하였다.

Table 1. The ingredient compositions of formula feed (DM base)

Item	Starter diet	Earlier diet	Finisher diet
	%		
Corn	49.49	51.07	54.40
Wheat	10.00	12.00	12.00
Soy bean	31.04	28.16	25.08
Lime stone	1.30	1.30	1.30
M.D.C.P (18/21)	1.60	1.36	1.44
Salt	0.24	0.22	0.22
Beef Tallow	5.00	4.64	4.12
Choline Chloride (50%)	0.12	0.14	0.16
DL-Methionine (98%)	0.37	0.36	0.39
L-Lysine (98%)	0.43	0.38	0.48
Threonine (98.5%)	0.09	0.10	0.14
Vit. Premix ¹⁾	0.20	0.15	0.15
Min. Premix ²⁾	0.12	0.12	0.12
Total	100	100	100

¹⁾ The vitamin premix contains the followings per kg of diet: Vit. A, 18,000 IU; Vit. D₃, 4,500 IU; Vit. E, 31.5 IU; menadione (K₃), 3.6 mg; thiamin (B₁), 1.8 mg; riboflavin (B₂), 4.8 mg; pyridoxine (B₆), 3.6 mg; cobalamin (B₁₂), 0.03 mg; niacin (B₃), 22.5 mg; pantothenic acid (B₅), 15 mg; folic acid (B₉), 0.45 mg.

²⁾ The mineral premix contains the followings per kg of diet: Mn, 86.4 mg; Zn, 72 mg; Fe, 74.6 mg; Cu, 6 mg; I, 1.5 mg; Co, 0.288 mg; Se, 0.216 mg.

닭의 행동은 비디오 녹화를 통해 분석되었다. 07시부터 19시까지 하루 12시간 연속 녹화를 하였고 일주일에 이틀씩 8주간 관찰하였다. 녹화는 CCTV Camera (IRLED Camera; APD-7070v, Sony)를 사용하였다. 닭의 행동을 서기, 앉기, 걷기, 음수, 섭식,



Fig. 1. The layout of pen and observation through CCTV.

몸단장, 굵기, 모래욕, 바닥쪼기, 날개짓 그리고 다른 닭 쪼기의 11 가지로 분류하여 관찰하였다 (Table 2). 세 명의 관찰자가 녹화한 행동을 보면서 항목별로 기록하였다. 서기, 앉기 그리고 걷기 행동은 소비한 시간을 2분 간격으로 기록하였고 나머지 항목은 행동을 보일 때마다 기록하여 행동의 빈도수를 각각 측정하였다 (Fig. 1).

Table 2. The list of behavioral classification

Methods of measurement	Behavior
Time spend (Minutes)	Standing
	Sitting
	Walking
Frequency (Number)	Drinking
	Feeding
	Preening
	Scratching
	Dust bathing
	Pecking
	Flapping
	Aggressive pecking

3. 통계분석

세 명의 관찰자가 수집한 측정값을 날짜별로 평균 낸 후 한 주의 데이터로 평균값을 계산하였다. 주와 시간에 따른 평균값을 전체 수수로 나누어서 한 수의 평균값을 비교하였다. 통계처리는 SAS program package (2003)의 ANOVA (Analysis of variance)를 이용하여 분석하였고 Duncan의 다중검정 테스트를 이용하여 처리구 간의 유의성을 검정하였다.

결 과

1. 사육밀도에 따른 사양성적 및 혈액분석

Table 3은 8주간의 사육밀도에 따른 복지형 토종 육계의 수당 평균 사료섭취량 및 체중 그리고 corticosterone을 나타낸 것이다. 40 수에 비하여 20 수와 30 수 처리 구에서 사료섭취량과 체중이 유의적 ($p < 0.05$)으로 높은 것으로 분석되었으며, 이는 사육밀도의 차이에 따른 활동량과 개체간의 섭식 경쟁 등의 원인으로 판단된다. 특히, 20 수 처리 구에서는 스트레스로 인해 증가하는 혈청 내 호르몬인 corticosterone의 수치가 유의적 ($p < 0.05$)으로 현저히 낮은 것으로 나타났다.

2. 성장 단계별 행동분석

총 8주간의 사육기간을 1주에서 4주까지는 사육전기, 5주에서 8주까지는 사육후기로 나눈 후 성장 단계별 행동변화를 사육밀도에 따라 각각 비교하였다. 행동유형은 앞에서 정리한 것과 같은 방법으로 분류하여 분석하였다.

사육전기의 행동유형을 비교한 결과는 Table 4와 같다. 서기, 앉기 그리고 걷기는 각각 12시간 동안의 행동을 나타내었고, 나머지 항목은 12시간 동안 행동의 빈도수를 나타내었다. 세 처리구 모두 다른 행동에 비해 앉아있는 시간이 길게 나타났고 걷는 시간은 처리구간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다 ($p > 0.05$). 사육밀도가 높아질수록 행동의 빈도수가 낮아졌는데, 특히 음수와 사료의 섭식, 몸단장 그리고 쪼기행동에서 그 차이가 크게 나타났다. 이는 좁은 공간으로 인해 행동이 제약 받은 것으로 판단된다.

Table 5는 사육후기의 행동을 나타냈다. 세 처리구 모두 사육전에 비해 사육후기에 서있는 시간이 감소하였고 30 수 처리 구에

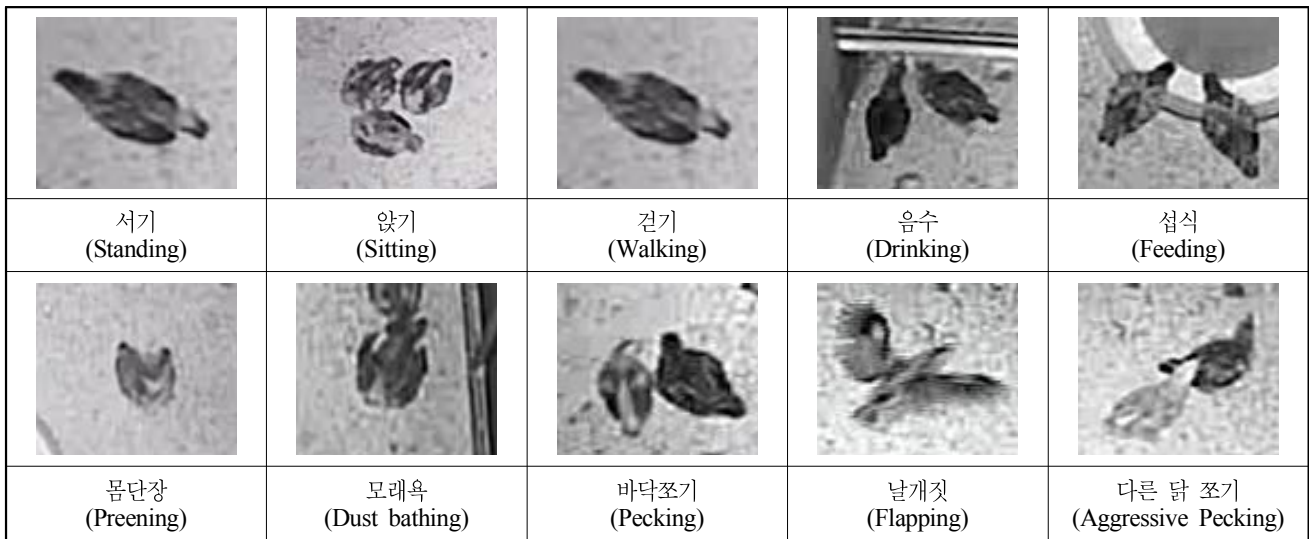


Fig. 2. Behavioral classification.

Table 3. Effect of rearing densities on growth performance and blood properties in Korean Native Broiler

	Number of broilers		
	20	30	40
Feed intake (g/bird)	5282.20±188.46 ^a	5343.00±86.20 ^a	4692.02±62.44 ^b
Body weight (g/bird)	2277.50±81.76 ^a	2267.17±37.06 ^a	2105.81±62.35 ^b
Corticosterone (ng/ml)	2.07± 0.93 ^b	2.85± 0.98 ^{ab}	3.57± 1.84 ^a

^{a,b,c} Means within each row significantly differ (p<0.05).

Table 4. Behavior characteristics between 1 and 4 weeks of different rearing densities in Korean Native Broiler

	Number of broilers		
	20	30	40
Time (minutes)			
Standing	182.12 ± 32.54 ^b	202.21 ± 36.41 ^a	181.56 ± 27.18 ^b
Sitting	391.46 ± 57.73 ^b	373.84 ± 55.85 ^c	401.23 ± 49.88 ^a
Walking	146.43 ± 27.34 ^{ns}	143.95 ± 20.81	137.21 ± 23.37
Count (number)			
Drinking	32.19 ± 7.72 ^a	29.95 ± 7.34 ^b	20.47 ± 4.70 ^c
Feeding	59.11 ± 13.12 ^a	52.15 ± 10.13 ^b	46.18 ± 8.70 ^c
Preening	47.31 ± 8.07 ^a	34.88 ± 6.20 ^b	31.67 ± 5.84 ^c
Scratching	1.91 ± 1.10 ^a	0.79 ± 0.23 ^b	1.08 ± 0.23 ^b
Dust bathing	2.03 ± 2.17 ^a	1.19 ± 0.72 ^b	0.69 ± 0.53 ^b
Pecking	42.30 ± 7.81 ^a	31.24 ± 4.84 ^b	27.53 ± 4.52 ^c
Flapping	18.41 ± 4.80 ^a	16.90 ± 4.13 ^b	13.37 ± 2.95 ^c
Aggressive pecking	7.62 ± 2.88 ^a	6.75 ± 1.87 ^{ab}	5.94 ± 1.71 ^b

^{a,b,c} Means within each row significantly differ (p<0.05).

Table 5. Behavior characteristics between 5 and 8 weeks of different rearing densities in Korean Native Broiler

	Number of broilers		
	20	30	40
Time (minutes)			
Standing	159.88 ± 11.26 ^a	155.09 ± 10.60 ^b	154.53 ± 12.48 ^b
Sitting	423.13 ± 17.81 ^b	428.47 ± 18.78 ^b	442.97 ± 19.50 ^a
Walking	137.00 ± 8.61 ^a	136.44 ± 8.76 ^a	122.50 ± 12.69 ^b
Count (number)			
Drinking	30.59 ± 3.49 ^a	24.03 ± 1.97 ^b	20.72 ± 2.25 ^c
Feeding	41.74 ± 4.05 ^a	36.17 ± 3.52 ^b	33.60 ± 2.81 ^c
Preening	46.02 ± 2.98 ^a	34.54 ± 2.21 ^b	33.84 ± 2.87 ^b
Scratching	0.03 ± 0.05 ^a	0.02 ± 0.03 ^{ab}	0.01 ± 0.01 ^b
Dust bathing	2.97 ± 1.39 ^a	2.13 ± 0.38 ^b	1.20 ± 0.34 ^c
Pecking	37.33 ± 3.25 ^a	30.57 ± 2.37 ^b	27.40 ± 1.70 ^c
Flapping	9.98 ± 2.02 ^a	8.04 ± 1.03 ^b	6.25 ± 0.77 ^c
Aggressive pecking	4.37 ± 1.15 ^a	3.78 ± 0.53 ^b	3.03 ± 0.36 ^c

^{a,b,c} Means within each row significantly differ (p<0.05).

서 가장 큰 감소를 보였다. 앉기는 사육전기에 비해 사육후기에 크게 증가하였는데 사육밀도가 높아질수록 앉아있는 시간이 길게 나타났다. 걷기행동은 사육후기로 갈수록 처리구간에 차이를 나타냈는데 20 수, 30 수 처리 구에 비해 40 수 처리 구에서 매우 짧은 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). 서기와 앉기 그리고 걷기행동의 처리구 간 차이는 사육후기로 갈수록 더 증가하는 것으로 나타났다.

빈도수로 측정된 행동은 사육밀도가 높아질수록, 그리고 사육전기에 비해 사육후기에 더 적게 나타났는데 특히 섭식과 날개짓이 크게 감소하였다 ($p < 0.05$). 사육전기와 비교했을 때 전체 행동 중에서 몸단장과 쪼기는 상대적으로 증가하였고 섭식과 날개짓은 감소하였다.

3. 총 사육기간에서의 행동분석

사육 전 기간의 경우 토종육계의 사육밀도에 따른 행동의 시간분배는 Fig. 3에 나온 것과 같다. 서기는 30 수 처리 구에서 길게 나타났으며, 40 수 처리구와는 유의적 ($p < 0.05$)인 차이를 보였다. 앉기는 40 수 처리 구에서 유의적 ($p < 0.05$) 으로 높게 나타났다. 그리고 걷기행동은 사육밀도가 증가할수록 유의적 ($p < 0.05$) 으로 감소하는 것으로 나타났다.

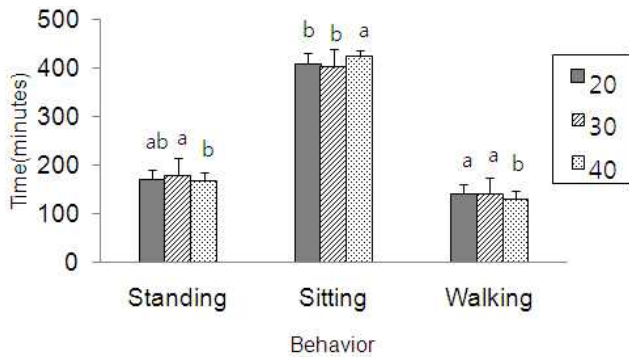


Fig. 3. Mean time budget in each behavioral posture for each of the treatments. a,b,c Mean within each column significantly differ ($p < 0.05$).

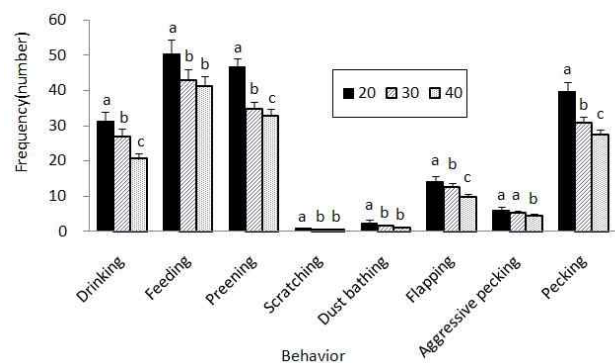


Fig. 4. Comparison of each behavior distributed in the experimental treatments. a,b,c Mean within each column significantly differ ($p < 0.05$).

Fig. 4는 전체 기간 동안 빈도수로 측정된 행동을 각각의 처리구 별로 비교한 그래프이다. 사육밀도가 증가할수록 대부분의 행동빈도는 낮아졌고 섭식, 몸단장, 쪼기 그리고 음수의 빈도수가 상대적으로 높았고 날개 짓, 다른 닭 쪼기, 모래 욕 그리고 굵기의 순서로 빈도수가 낮게 나타났다.

고 찰

본 실험은 동일한 넓이의 면적에서 닭의 사육수수를 달리하여 각각의 사육밀도에 따른 행동을 분석한 것이다.

사양성적에서 사료섭취량은 사육밀도가 가장 높은 40 수 처리 구에서 유의적 ($p < 0.05$) 으로 낮은 결과를 나타내었으며, 체중에서는 40 수에 비하여 20 수와 30 수 처리 구에서 유의적 ($p < 0.05$) 으로 높은 것으로 분석되었는데 Meluzzi 등 (2008)의 보고에서도 사육면적이 증가할수록 일당 증체량이 증가한다는 보고와 일치하는 것으로 나타났다. 또한, 육계의 사육밀도가 높아짐에 따라 혈청 내 Corticosterone의 농도에 영향을 미친다는 Buijs 등 (2009)의 결과와 동일하게 나타났다.

기존의 행동연구에서는 사육밀도가 비교적 높을 때 서기와 앉기 시간이 더 긴 것으로 나타났다 (Andrews 등, 1997). 본 실험 결과 서기는 30 수 처리 구에서, 앉기는 40 수 처리 구에서 각각 가장 높게 나타났다. 그리고 걷기행동 시간은 사육밀도가 증가함에 따라 유의적 ($p < 0.05$) 으로 짧아졌는데 이 결과도 기존의 연구결과와 일치한다 (Newberry와 Hall, 1990; Andrews 등, 1997; Buijs 등, 2009). 그리고 걷기 시간이 세 처리구 모두 사육후기로 갈수록 짧아진 것 또한 기존의 연구와 일치한다 (Bizeray 등, 2002). 사육밀도의 증가에 따른 개체 간에 접촉하는 빈도가 증가하게 되고 상대적으로 좁아진 활동 공간 때문에 걷는 행동이 감소한 것으로 판단된다. 사육밀도의 증가에 따른 걷기행동 감소는 육계의 다리 상태에도 영향을 미치는데 다리 힘이 약해지고 발바닥 등의 피부염이 증가하는 것으로 보고되었다 (Buijs 등, 2009).

섭식행동은 대부분의 연구결과 (Shanawany, 1988; Dozier 등, 2005; Han 등, 2005; Mtileni 등, 2007; Türkyilmaz, 2008)와 같이 사육밀도가 증가할수록 사료섭취량이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 사육밀령이 증가할수록 섭식, 음수, 걷기 그리고 깃털손질 등의 활동적인 행동은 감소한다 (Alvino 등, 2009)는 보고와 유사하게 본 연구결과에서도 음수·사료의 섭취량과 섭취빈도가 점차 감소하였는데 사육후기로 갈수록 처리구 간에 그 차이가 커졌다. 사료조와 음수기에 대한 물리적 접근지연 (Shanawany, 1988)과 육계가 성장함에 따라 한 번에 섭취하는 양이 많아진 이유로 판단된다. 또한 사육후기로 갈수록 적게 걷고 많이 앉는 것으로 보아 빨리 먹고 많이 쉬려는 경향이 뚜렷한 것으로 보인다. 반면에 사육기간 동안 사료의 섭식과 음수행동 시간이 차이가 없다는 결과도 있다 (Bizeray, 2002).

실험결과 사육밀도가 증가할수록 활동적인 행동 (몸단장, 날개짓, 쪼기 등)이 낮게 나타난다는 연구 (Andrews 등, 1997; Estevez,

1997; Sanotra 등, 2002; Shields 등, 2005)와 일치하였고, 처리구 별 행동의 차이는 사육후기로 갈수록 더 커졌다. 특히 음수, 몸단장, 날개짓, 찌기의 빈도수가 20 수 처리 구에 비해서 30 수 처리구와 40 수 처리 구에서 매우 낮게 나타났다(Fig. 3). 산란계의 경우 사육밀도가 높을수록 깃털찌기와 공격적인 찌기행동이 증가하고 이 두 행동은 서로 비례한다는 결과(Bilcik, 2000)가 있는데, 본 실험 결과 다른 닭 찌기 행동이 사육밀도가 증가할수록 낮게 나타났다.

사육밀도 보다는 습도, 온도 등의 환경이 육계의 복지에 영향을 더 많이 준다는 연구결과가 있다(Cruickshank, 2004; Dawkins 등, 2004). 하지만 동일한 환경하에서 각각의 사육밀도 차이가 육계의 행동에 영향을 미쳤고, 자연 상태의 정상적인 행동이 많이 발현되었던 사육밀도가 보다 좋은 복지수준이라 판단할 수 있다. 따라서, 본 실험의 세 처리구 중에서 상대적으로 가장 넓은 사육공간을 제공받은 20 수 처리구(6.3 수/m²)에서 혈액 및 사양성적과 대부분의 행동에서 활동성이 우수하게 나타났으므로 복지적인 측면에서 타 처리구 대비 상대적으로 적합한 사육밀도라고 판단된다. 그러나 Buijs 등(2009)의 연구결과와 같이 사육밀도가 낮을수록 단순히 복지수준이 높다고만 할 수는 없기 때문에 다른 시설·환경적인 요인을 추가하여 육계의 행동적인 육구를 충족시키면서 생산성까지 고려하는 한국형 적정 사육밀도에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

사 사

이 논문은 2010년도 ARPC 기획과제(과제번호: 120090477)의 지원과 강원대학교 동물자원공동연구소의 일부 지원으로 수행된 연구임.

요 약

본 실험은 사육밀도에 따른 토종육계의 행동을 분석한 것이다. 10일령의 토종육계(한협 3호)를 3.17 m²의 칸에 각각 20 수, 30 수 그리고 40수를 수용시켰다. 각각의 사육밀도는 6.3 수/m², 9.5 수/m² 그리고 12.6 수/m² 이다. 사료섭취량 및 체중은 40 수 처리 구에서 가장 낮게 나타났고, 혈장 내 corticosterone의 농도는 20 수 처리 구에서 가장 낮게 나타났다. 닭의 행동은 하루에 12시간씩 일주일에 이틀, 총 8주간 녹화한 후 관찰하였다. 서기, 앉기 그리고 걷기는 행동 소요시간을 측정하였고 음수, 섭식, 몸단장, 굽기, 모래욕, 날개짓, 찌기 그리고 다른 닭 찌기는 빈도수를 측정하였다. 서기는 30 수 처리 구에서, 앉기는 40 수 처리 구에서 가장 높게 나타났고 걷기는 사육밀도가 증가할수록 낮게 나타났다. 다른 행동의 빈도수 또한 사육밀도의 증가에 따라 감소하였는데 특히 음수, 섭식, 몸단장 그리고 찌기에서 그 차이가 크게 나타났다. 그리고 이러한 행동의 차이는 사육 후기로 갈수록 차이가 커졌다. 모든 처리구 중 활동적인 행동을 많이 하는 20 수 처리 구(6.3 수/m²)가 타 처리구 보다 상대적으로 복지측면에서 가장 적합한 사육밀도라

고 판단된다.

인 용 문 헌

- Alvino, G. M., Archer, G. S. and Mench, J. A. 2009. Behavioural time budgets of broiler chickens reared in varying light intensities. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 118:54-61.
- Andrews, S., Omed, H. and Phillips, C. 1997. The effect of a single or repeated period of high stocking density on the behavior and response to stimuli in broiler chickens. *Poult. Sci.* 76:1655-1660.
- Bilcik, B. and Keeling, L. J. 2000. Relationship between feather pecking and ground pecking in laying hens and the effect of group size. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 68:55-66.
- Bizeray, D., Estevez, I., Leterrier, C. and Faure, J. M., 2002. Effects of increasing environmental complexity on the physical activity of broiler chickens. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 79:27-41.
- Botreau, R., Bracke, M. B. M., Perny, P., Butterworth A., Capdeville, J., Van Reenen, C. G. and Veissier, I. 2007. Aggregation of measures to produce an overall assessment of animal welfare. Part 2: Analysis of constraints. *Animal* 1:1188-1197.
- Buijs, S., Keeling, L., Rettenbacher, S., Van Poucke, E. and Tuytens, F. A. M. 2009. Stocking density effects on broiler welfare: Identifying sensitive ranges for different indicators. *Poult. Sci.* 88:1536-1543.
- Cruickshank, G. 2004. Environment not stocking density-the key to broiler welfare. *Poultry World* 158:16-16.
- Dawkins, M. S., Donnelly, C. A. and Jones, T. A. 2004. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. *Nature* 427:342-344.
- Desire, L., Boissy, A. and Veissier, I. 2002. Emotions in farm animals: a new approach to animal welfare in applied ethology. *Behav. Processes* 60:165-180.
- Dozier, W., Thaxton, J., Branton, S., Morgan, G., Miles, D., Roush, W., Lott, B. and Vizzier-Thaxton, Y. 2005. Stocking density effects on growth performance and processing yields of heavy broilers. *Poult. Sci.* 84:1332-1338.
- Duncan, I. 1998. Behavior and behavioral needs. *Poult. Sci.* 77:1766-1772.
- Estevez, I. 2007. Density Allowances for Broilers: Where to Set the Limits? *Poult. Sci.* 86:1265-1272.
- Feddes, J., Emmanuel, E. and Zuidhof, M. 2002. Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. *Poult. Sci.* 81:774-779.
- Ha, J. J., Rhee, Y. J., Kim, B. C., Ohh, S. J. and Song, Y. H. 2010. A Review of Welfare Chicken Farming System. *J. Lives. Hous. & Env.*, 16(3):181-192.

- Heckert, R., Estevez, I., Russek-Cohen, E. and Pettit-Riley, R. 2002. Effects of density and perch availability on the immune status of broilers. *Poult. Sci.* 81:451-457.
- Imaeda, N. 2000. Influence of the stocking density and rearing season on incidence of sudden death syndrome in broiler chickens. *Poult. Sci.* 79:201-204.
- Mtileni, B. J., Nephawe, K. A., Nesamvuni, A. E. and Benyi, K. 2007. The Influence of Stocking Density on Body Weight, Egg Weight, and Feed Intake of Adult Broiler Breeder Hens. *Poult. Sci.* 86:1615-1619.
- Meluzzi, A., Fabbri, C., Folegati, E. and Sirri, F. 2008. Effect of less intensive rearing conditions on litter characteristics, growth performance, carcass injuries and meat quality of broilers. *Br. Poult. Sci.* 49:509-515.
- Newberry, R. C. and Hall, J. W. 1990. Use of pen space by broiler chickens: Effects of age and pen size. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 25:125-136.
- Sanotra, G. S., Lund, J. D. and Vestergaard, K. S. 2002. Influence of light-dark schedules and stocking density on behaviour, risk of leg problems and occurrence of chronic fear in broilers. *Br. Poult. Sci.* 43:344-354.
- Shanawany, M. M. 1988. Broiler performance under high stocking densities. *Br. Poult. Sci.* 29(1):43-52.
- Shields, S. J., Garner, J. P. and Mench, J. A. 2004. Dustbathing by broiler chickens: a comparison of preference for four different substrates. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 87:69-82.
- Shields, S., Garner, J. and Mench, J. 2005. Effect of sand and wood-shavings bedding on the behavior of broiler chickens. *Poult. Sci.* 84:1816-1824.
- Thaxton, J., Dozier, W., Branton, S., Morgan, G., Miles, D., Roush, W., Lott, B. and Vizzier-Thaxton, Y. 2006. Stocking density and physiological adaptive responses of broilers. *Poult. Sci.* 85:819-824.
- Thomas, D. G., Ravindran, V., Thomas, D. V., Camden, B. J., Cottam, Y. H., Morel, P. C. and Cook, C. J. 2004. Influence of stocking density on the performance, carcass characteristics and selected welfare indicators of broiler chickens. *N. Z. Vet. J.* 52: 76-81.
- Türkyilmaz, M. K. 2008. The Effect of Stocking Density on Stress Reaction in Broiler Chickens during Summer. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences* 32:31-36.

(Received May 18, 2011; Revised Oct. 6, 2011; Accepted Oct. 17, 2011)