

사전 고온 적응이 고온 스트레스를 받은 육계의 생산성에 미치는 영향

윤형숙^{1,2,3,*} · 황보 종^{4,*} · 양영록² · 김지민^{1,2} · 김연화^{1,2,3} · 박병성⁵ · 최양호^{2,3†}

¹경상대학교 대학원 응용생명과학부(BK21 Plus Program), ²경상대학교 축산학과, ³경상대학교 농업생명과학연구원,
⁴농촌진흥청 국립축산과학원 가금과, ⁵강원대학교 동물생명과학과

Effects of Early Heat Conditioning on Performance in Broilers exposed to Heat Stress

HyungSook Yoon^{1,2,3,*}, Jong Hwangbo^{4,*}, Young-Rok Yang², Jimin Kim^{1,2,3}, Yeon-Hwa Kim^{1,2,3},
ByungSung Park⁵ and Yang-Ho Choi^{2,3†}

¹Division of Applied Life Sciences (BK21 Plus Program),

²Department of Animal Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

³Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

⁴Division of Poultry Science, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 331-801, Korea

⁵Department of Animal Biotechnology, Kangwon National University, Chooncheon 200-701, Korea

ABSTRACT Heat manipulation at early age has been known to help chickens cope with heat stress later in life. The present study was conducted to determine the effects of early heat conditioning at 5 days of age on performance in broilers when re-exposed to heat stress later in life. Day-old, 256 Arbor Acre boiler chicks were housed in two identical rooms where all broilers were exposed to a 23-h light: 1-h dark cycle throughout the study and provided with feed and water *ad libitum*. At the age of 5 days, one group was exposed to 37°C for 24 hours and then returned to the temperature at which control birds were maintained (early heat condition group) while the other was maintained without heat modulation (Control). On 21 days, broilers were regrouped into 4 groups (CON+CON: control+control; CON+HS: control+heat stress; HC+CON: heat conditioning+control; HC+HS: heat conditioning+heat stress), and given 7 days for adaptation. On 28 days, birds in one room were exposed to heat stress (21°C → 31°C) for 3 days whereas those in the other were at room temperature. Heat stress resulted in decreased feed intake, water intake, and body weight gain ($P<0.05$), but increased rectal temperature and mortality ($P<0.05$). No beneficial effects of heat conditioning were detected when broilers were exposed to heat stress again at later in life. The present results were discussed together with other studies regarding possible differences in methods such as ages of breeders and strains, which may have resulted in the failure of heat conditioning to help broilers resist heat stress.

(Key Words : broilers, early heat conditioning, heat stress)

서론

닭은 땀샘이 없고 몸통이 깃털로 덮여 있으며, 포유류에 비해 체온이 높은 동물이다. 특히 빠른 성장과 육량 위주로 육종되어 오고 있는 육계에서 점증하는 폐사율과 다리문제는 상대적으로 낮은 심장과 폐의 비율에 기인하는 것으로 추정되고 있다(Havenstein et al., 2003a, b). 빠르게 성장하는 육계는 높은 사료 섭취량과 대사를 때문에 환경 온도의 상승에 취약할 것으로 사료된다. 실제로 고온에 노출되었을 때

육계의 사료 섭취량, 음수량, 증체율이 감소하며, 체온, 지방 침착 및 폐사율은 증가한다(Geraert et al., 1996; Quinteiro-Filho et al., 2010; Yahav et al., 1995; Yahav and Hurwitz, 1996). 또한 고온 노출에 따른 스트레스에 의해 카니발리즘, 무기력증, 불안정한 호흡, 호흡성 알칼리 중독증 등이 관찰되고(Deyhim and Teeter, 1991; Harrison and Biellier, 1969), PSE육(lightness가 증가하여 육색이 더 창백해지며 육즙 손실 증가)이 더 많이 발생된다(Aksit et al., 2006; Lu et al., 2007; Northcutt et al., 1994).

* HyungSook Yoon and Jong Hwangbo contributed equally to this work.

† To whom correspondence should be addressed : yhchoi@gnu.kr

육계에서 고온 스트레스로 인한 손실을 줄이기 위한 다양한 연구가 수행되어 왔다. 출생 직후에 고온을 경험하게 된 동물은 이후에 고온에 대한 저항능력을 가질 수 있다고 보고되었다(Lin et al., 2006). Arjona et al.(1988)는 5일령의 병아리를 35~37.8℃에서 24시간동안 사전 고온 적응하게 한 후, 44일령에 35~37.8℃로 8시간동안 고온 스트레스에 노출시킨 결과, 폐사율은 감소되었고, 사료 효율은 개선되었다고 보고했다. Yahav and Hurwitz(1996)은 사전 고온 적응군을 두 집단으로 나누어 5일령과 5~7일령의 병아리를 온도 36℃, 상대습도 70~80%로 24시간동안 처리한 후, 42일령에 35℃, 상대습도 20~30%로 6시간동안 고온 스트레스를 가하였을 때, 사전 고온 적응구의 폐사율과 직장온도는 대조구에 비해 낮았다고 보고하였다.

반면에, 5일 또는 6일령에 36.1℃로 24시간동안 사전 고온 적응을 한 육계에서 고온 스트레스를 42일령에 37.8℃로 8시간, 또는 47일령에 37.8℃로 6.5시간을 사전 고온 적응구와 대조구에 가하였으나, 사전 고온 적응구와 대조구 사이의 증체량, 사료 효율 및 폐사율에 차이가 없었으며, 따라서 사전 열 적응의 효과가 없었다(May, 1995). 뿐만 아니라 산란계의 경우에도 5일령에 37℃로 24시간 동안 사전 고온 적응하게 한 다음, 산란 초기인 24주령에 22일동안 32℃로 고온 스트레스를 가하였지만 사전 고온 적응구와 대조구 사이에 난중, 산란율 및 사료 섭취량에서 효과가 없었다(Star et al., 2009).

따라서 이러한 결과들은 사전 고온 적응의 효과는 실험조건에 따라 다르다는 것을 보이며, 사전 고온 적응의 유효성에 대한 의문을 잠재우기에는 충분하지 않다. 앞서 언급된 바와 같이 국내에서 고온 스트레스를 저감하려는 연구는 거의 전무하며, 특히 사전 고온 적응의 유효성에 관한 연구는 국내에서는 전혀 수행되지 않았다. 본 연구에서는 사전 고온 적응이 출하 일령 무렵에 고온 스트레스를 받은 육계의 생산성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 동물 및 사육 환경

Arbor Acres 초생추 256 수(에이스인티그레이션, 경북 경산)를 크기가 동일한 두 개의 사육실에 수용하였다. 각 사육실 당 8 pen씩, pen당 16수씩 사육밀도를 동일하게 하였다. 두 사육실의 사육 환경은 실험을 위해 별도로 언급한 온도 변경 이외는 동일하였다. 입추 시 온도를 34℃에서 이틀에 걸쳐 1℃씩 감온하여 21일령에는 최종 온도 21℃, 그리고 상대습도 또한 입추 초기 70%에서 21일령에 60%가 되도록

하였다. 입추 5일령에 하나의 사육실 온도를 17시부터 20시까지 1시간에 2℃씩 올려 최종 온도 37℃로 24시간동안 유지한 후, 원래의 감온 과정의 온도로 낮추었고, 다른 사육실의 온도는 이러한 과정 없이 정상적인 감온 일정에 따라 관리되었다. 닭들이 사료와 물을 자유로이 섭취하도록 하였고, pen의 넓이는 사료통을 포함하여 1.1 m²이며, 실험 시작 시 사육밀도는 4주령 기준으로 25 kg/m²이었다. 사양기간 동안 사육실 내의 온도와 습도 및 폐사율은 매일, 체중, 사료 섭취량 및 음수량은 매주 측정되었다. 사육실의 조명은 자정부터 새벽 1시까지 소등, 그 나머지 시간 동안 점등상태로 유지하였다.

2. 고온 스트레스

21일령에 각 사육실에 수용된 육계의 반을 다른 사육실로 옮겨 한 사육실 내 대조구와 열 적응구가 각각 4개의 pen에 무작위로 배치되게 하였다. 본 연구에서는 1) 사전 고온 적응과 고온 스트레스를 처리하지 않은 구(CON+CON), 2) 사전 고온 적응 처리를 하지 않았으나, 고온 스트레스 처리를 한 구(CON+HS), 3) 사전 고온 적응 처리를 하였으나, 고온 스트레스는 처리하지 않은 구(HC+CON), 4) 사전 열 적응과 고온 스트레스를 처리한 구(HC+HS)의 총 4처리군으로 나누어 실험을 실시하였다. 바뀐 환경에 대해 한 주간의 적응 기간 지난 후 28일령에 고온처리를 시작하였다. 고온처리구에서는 사육실 온도를 한 시간에 2℃씩 올려 32℃에 도달하도록 하였고, 대조구에서는 21℃로 유지하였다. 고온 스트레스 처리는 31일령까지 3일간 지속시켰으며, 실험 기간 동안 사료 섭취량, 음수량, 체중 및 폐사율은 매일 측정되었다.

3. 직장 온도

고온 스트레스 개시 후 1일(29일령)과 3일(31일령)에 육계의 직장에 온도계(Thermo-Hygrometers, #HI91610C, Hanna Instruments, Woonsocket, RI, USA)의 측정자를 삽입한 다음, 약 10초 후 온도가 일정할 때의 온도를 직장온도로 기록하였다.

4. F낭 및 비장 무게 측정

고온 스트레스 개시 후 1일(29일령)과 3일(31일령)에 처리구 당 8수씩 선발하여 개복한 후 비장과 F낭을 적출하여, 액체질소에 바로 넣어 동결시킨 뒤 신속히 무게를 측정한 후 다른 실험을 위해 동결 보관하였다.

5. Corticosterone 분석

고온 스트레스의 개시 후 1일(29일령)에 처리구당 8수씩 선발하여 경동맥에서 채혈되었고, 원심분리(2,000 g, 4℃, 10 분) 후 혈장을 채취하였다. Corticosterone의 농도는 ELISA kit (#ADI-900-097, Enzo Life Sciences, Farmingdale, NY, USA)와 ELISA 판독기(#51119000, Multiskan™ FC Microplate Photometer, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 분석하였다.

6. 통계 분석

본 실험에 얻어진 자료는 SAS(v. 9.3, SAS Institute, Inc., Carry, NC)의 일반 선형 모형(general linear model)을 이용하여 주 요인 효과(사전 고온 적응, 고온 스트레스) 및 각각의 상호작용(사전 고온 적응*고온 스트레스)에 대해 분석하였다($p < 0.05$).

결 과

사료 섭취량과 음수량에서 공히 사전 고온 적응의 효과는 없었고, 고온 스트레스의 효과만 있었으며($P < 0.004$), 이들 사이의 유의적인 상호작용 또한 없었다(Table 1). 고온 스트레스 개시 후 1일째(29일령)에 CON+HS와 HC+HS 처리구의 사료 섭취량이 유의적으로 감소되었으나($p < 0.001$), 시간이 경과함에 따라 다시 회복하는 경향을 보였으며, 3일째(31일령)의 사료 섭취량(CON+HS: 130±12 g; HC+HS: 136±14 g)이 1일째(29일령)의 사료 섭취량(CON+HS: 72±17 g; HC+HS:

50±7 g)보다 높았다. 음수량 또한 사료 섭취량과 비슷한 경향을 보였다. 사료 섭취량에 의해 음수량은 영향을 받기 때문에 상대 섭취량(음수량/사료 섭취량)으로 표시했을 때, 고온 스트레스 개시 전에는 모든 처리구에서 약 1.6로 동일했고, 개시 후에도 사전 고온 적응의 유무와 무관하게 대조구에는 1.6~1.8이었다. 그러나 고온 스트레스 후 1, 2 및 3일에 각각 2.6, 2.2 및 2.3(CON+HS)였고, 3.3, 2.7 및 2.8(HC+HS)로서 고온 스트레스 처리구에서 상대적인 음수량이 높아졌고, 사전 고온 적응구에서 음수량이 높아지는 경향이 관찰되었다.

사료 섭취량과 음수량에서처럼 사전 고온 적응은 고온 스트레스에 의한 체중 감소를 줄이지 못하였고, 고온 스트레스의 효과만 있었다($P < 0.003$)(Table 2). 또한 이들 사이의 상호작용도 인정되지 않았다. 고온 스트레스 개시 직전에는 4처리구의 체중은 비슷하였으나, 고온 스트레스 동안에 CON+HS와 HC+HS 처리구의 체중이 CON+CON와 HC+CON 처리구의 체중에 비해 유의적으로 감소하였다(29일령: $p = 0.001$; 30일령: $p = 0.003$, 31일령: $p < 0.001$).

사전 고온 적응은 고온 스트레스에 의한 직장온도의 상승을 완화시키는데 영향을 주지 못하였고, 고온의 영향만 관찰되었다($P < 0.001$)(Table 3). 즉, 사전 고온 적응의 유무와 무관하게 고온 스트레스 개시 1일 및 3일째에 CON+HS와 HC+HS 처리구의 직장온도가 CON+CON과 HC+CON에 비해 유의적으로 상승하였다(29일령: $p < 0.001$; 31일령: $p < 0.001$).

폐사율은 고온 스트레스 기간 3일 동안 매일 관찰되었다(Table 4). 사전 고온 적응의 유무와 무관하게 대조구에서는

Table 1. Effects of heat stress for 3 days on feed and water intakes (g) in broilers heat-conditioned at 5 days of age

Treatments	Feed intake (g)				Water intake (g)			
	0	1	2	3	0	1	2	3
CON+CON	160±4	157±11	150± 6	182±11	252± 8	259±27	262±12	301±21
CON+HS	159±6	72±17	88±13	130±12	248± 3	190±14	189±29	297±29
HC+CON	156±7	142± 4	155± 7	195±23	249±18	239±12	248± 6	307±28
HC+HS	160±8	50± 7	71±11	136±14	255±16	165±16	192±35	381±63
ANOVA								
HC	0.791	0.117	0.564	0.536	0.878	0.242	0.813	0.265
HS	0.82	<.001	<.001	0.004	0.923	0.002	0.018	0.389
HC*HS	0.705	0.761	0.279	0.795	0.716	0.892	0.75	0.339

Abbreviations: CON+CON: control+control; CON+HS: control+heat stress; HC+CON: heat conditioning+control; HC+HS: heat conditioning+heat stress.

Broilers were exposed to heat stress by increasing ambient temperature from 21℃ to 31℃, starting from 28 days (Day 0) to 31 days (Day 3) of age.

Table 2. Effects of heat stress for 3 days on body weights (g) in boilers heat-conditioned at 5 days of age

Treatments	Days after the initiation of heat stress			
	0	1	2	3
CON+CON	1,659±12.3	1,767±39.6	1,824±33.6	1,985±46.3
CON+HS	1,657±16.0	1,605±50.2	1,668±32.3	1,753±32.1
HC+CON	1,638±19.6	1,688±30.4	1,781±35.4	1,872±29.7
HC+HS	1,634±6.4	1,560±20.4	1,658±32.6	1,739±33.9
ANOVA				
HC	0.869	0.121	0.319	0.109
HS	0.914	0.001	0.003	<.001
HC*HS	0.785	0.809	0.366	0.238

Abbreviations: CON+CON: control+control; CON+HS: control+heat stress; HC+CON: heat conditioning+control; HC+HS: heat conditioning+heat stress.

Broilers were exposed to heat stress by increasing ambient temperature from 21°C to 31°C, starting from 28 days (Day 0) to 31 days (Day 3) of age.

Table 3. Effects of heat stress for 3 days on rectal temperature (°C) in boiler sheat-conditioned at 5 days of age

Treatments	Days after the initiation of heat stress	
	1	3
CON+CON	41.7±0.13	41.9±0.07
CON+HS	43.2±0.19	43.3±0.17
HC+CON	41.9±0.11	41.7±0.11
HC+HS	43.2±0.22	43.3±0.28
ANOVA		
HC	0.503	0.457
HS	<.001	<.001
HC*HS	0.754	0.409

Abbreviations: CON+CON: control+control; CON+HS: control+heat stress; HC+CON: heat conditioning+control; HC+HS: heat conditioning+heat stress.

Broilers were exposed to heat stress by increasing ambient temperature from 21°C to 31°C, starting from 28 days (Day 0) to 31 days (Day 3) of age.

폐사율이 전혀 발견되지 않았지만, 고온 스트레스구에서는 발견되었다. 즉, 고온에 노출된 1일째에 CON+HS와 HC+HS의 폐사율은 높았으나, 2일째부터 감소하였다. 그러나 폐사율이 CON+HS에서 1일째 20.7%, 2 및 3일째에는 전혀 관찰되지 않았지만, HC+HS에서 1일째 28.8%, 2일째 9.5%로 사전

Table 4. Effects of heat stress for 3 days on mortality (%) in boilers heat-conditioned at days of age

Treatments	Days after the initiation of heat stress		
	1	2	3
CON+CON	0	0	0
CON+HS	20.7	0	0
HC+CON	0	0	0
HC+HS	28.8	9.5	0

Abbreviations: CON+CON: control+control; CON+HS: control+heat stress; HC+CON: heat conditioning+control; HC+HS: heat conditioning+heat stress.

Broilers were exposed to heat stress by increasing ambient temperature from 21°C to 31°C, starting from 28 days (Day 0) to 31 days (Day 3) of age.

고온 적응구에서 전체적인 폐사율에서 약 10% 더 높았다.

사전 고온 적응은 고온 스트레스를 받은 육계의 비장 무게에 영향을 주지 못하였다($p=0.117$). 그러나 고온 스트레스만이 1일째의 비장 무게를 유의적으로 감소시켰다($p=0.006$). 유사하게 사전 고온 적응은 고온 스트레스를 받은 육계의 F낭 무게에 영향을 주지 못하였다($p=0.374$)만, 비장의 경우와 달리 고온 스트레스는 F낭의 무게에 영향을 미치지 않았고($p=0.166$), 사전 고온 적응만이 F낭의 무게를 유의적으로 감소시켰다($p=0.025$)(Table 5).

고온 스트레스 개시 후 1일째(29일령)에 corticosterone의

Table 5. Effects of heat stress on day 1 on the weights (g) of the spleen and bursa of Fabricius in boilers heat-conditioned at 5 days of age

Treatments	Spleen	Bursa of Fabricius
CON+CON	2.76±0.19	2.94±0.45
CON+HS	2.08±0.06	2.78±0.21
HC+CON	2.45±0.12	2.43±0.23
HC+HS	2.21±0.16	1.76±0.23
ANOVA		
HC	0.470	0.025
HS	0.006	0.166
HC*HS	0.117	0.374

Abbreviations: CON+CON: control+control; CON+HS: control+heat stress; HC+CON: heat conditioning+control; HC+HS: heat conditioning+heat stress.

Broilers were exposed to heat stress by increasing ambient temperature from 21°C to 31°C, starting from 28 days (Day 0) to 31 days (Day 3) of age.

농도를 측정했을 때 혈장 corticosterone의 농도는 유의적으로 상승하였지만($p=0.025$), 사전 고온 적응은 corticosterone의 농도에 영향을 미치지 않았고($p=0.338$), 이들 사이의 상호작용도 인정되지 않았다($p=0.110$) (Table 6).

Table 6. Effects of heat stress for 1 day on plasma corticosterone concentrations (ng/mL) in boilers heat-conditioned at 5 days of age

Treatments	Corticosterone
CON+CON	6.9±0.3
CON+HS	7.2±0.3
HC+CON	6.7±0.2
HC+HS	8.2±0.6
ANOVA	
HC	0.338
HS	0.025
HC*HS	0.110

Abbreviations: CON+CON: control+control; CON+HS: control+heat stress; HC+CON: heat conditioning+control; HC+HS: heat conditioning+heat stress.

Broilers were exposed to heat stress by increasing ambient temperature from 21°C to 31°C, starting from 28 days (Day 0) to 31 days (Day 3) of age.

고 찰

본 연구에서는 사전 고온 적응이 이후 고온 스트레스를 받은 육계에게 미치는 영향을 조사하였다. 고온 스트레스를 받은 육계의 체중, 사료 섭취량 및 음수량은 유의적으로 감소하였지만, 사전 고온 적응의 효과는 없었다. 오히려 사전 고온 적응구에서 대조구보다 체중이 더 감소하였고, 고온 스트레스에 부정적인 영향을 미쳤다. 기존의 연구에서 고온 스트레스는 체중, 사료 섭취량을 감소시킨다고 보고되었다(Aksit et al., 2006; Azad et al., 2010; Lu et al., 2007). 본 연구의 결과는 유추기의 열 적응 경험은 이후 고온 스트레스의 완화에 도움이 되지 않는다는 기존의 연구(May, 1995; Star et al., 2009)와 일치하지만, 긍정적인 효과를 보고한 연구(Arjona et al., 1988; Hassan and Reddy, 2012; Tona et al., 2008)와 일치하지 않는다. Yahav and Hurwitz(1996)은 사전 고온 적응이 고온 스트레스에 의한 폐사율을 감소시키고, 체온 증가를 감소시켰다고 보고하였다. 하지만 이러한 효과는 사전 고온 적응 온도에 따라 다르게 나타나는 듯하다. 즉, 5일령에 24시간 이상 동안 38°C 또는 40°C에서의 사전 고온 적응은 7일령 육계의 체온을 감소시키는데 기여하였다(De Basilio et al., 2003). 또한 이 연구는 7일령의 육계에 한정되고 있기 때문에 4주령 이후에 고온 저항 능력이 유지되는지에 대한 것은 불확실하다.

본 실험에서는 고온 스트레스에 의한 3일간의 폐사율에서도 HC+HS구가 더 높았고, 체온에 대한 효과도 확인되지 않았다. 이러한 결과는, 사전 고온 적응이 이후 고온 스트레스를 완화시키는 것이 아니라, 오히려 스트레스를 가중시킨다는 것을 시사한다. 이것은 출하일령에 고온 스트레스를 경험했을 때 육계의 폐사율은 사전 고온 적응구에서 그렇지 않은 육계집단에 비해 약 10% 상승하였다는 것으로 확인된다. May(1995)의 연구에서도 Arjona et al.(1988)의 연구와 비슷한 조건에서 실험을 하였지만, 사전 고온 적응은 이후 고온 스트레스로 인한 피해를 줄이는데 기여하지 못하였다. 이러한 이유는 병아리의 유전적 배경, 면역 수준 그리고 사료와 사료 성분 등의 요인에 의해서 사전 고온 적응의 효과가 나타나지 않을 수 있다는 것을 시사한다.

실제로, 부화 전후의 사전 고온 적응에 대한 효과는 종계의 나이나 계통에 따라 다르게 나타난다고 보고되었다. 즉, 같은 조건에서 사전 고온 적응처리를 했을 때 젊은 종계에서 발생한 병아리가 늙은 종계의 병아리보다 고온 스트레스에 더 큰 저항성을 보인다고 보고되었다(Yalcin et al., 2005). 뿐만 아니라 성장이 빠른 육계의 계통에서도 사전 고온 적

응의 효과를 보이는 계통과 그렇지 않은 계통이 보고되었으며, 만숙 계통의 육계에서도 그 효과가 관찰되지 않았다 (Yalcin et al., 2001). 따라서 본 연구에서 사전 고온 적응의 효과가 관찰되지 못한 것은, 종계의 노령화 또는 계통의 차이의 가능성을 시사한다.

Quinteiro-Filho et al.(2010)에 의하면 비장과 F낭의 무게는 고온에 노출된 닭에서 감소하였다. 본 연구에서도 비장의 무게는 고온 스트레스 처리에 의해 감소하였지만, F낭의 무게는 사전 고온 적응의 영향으로 감소되었다. 이는 비장과 F낭의 무게에 대한 두 처리의 영향이 서로 다르다는 것을 시사한다. 뿐만 아니라 고온 스트레스는 혈장 corticosterone 농도를 유의적으로 증가시켰고, 이는 다른 연구자들의 결과와 일치한다(Giloh et al., 2012).

따라서 본 연구의 결과는 사전 고온 적응은 이후의 고온 스트레스에 부정적인 효과를 나타낼 수 있다는 것을 시사하며, 따라서 사전 고온 적응의 효과는 종계의 나이나 계통의 차이에 따라 달리 나타날 수 있기 때문(Yalcin et al., 2001; Yalcin et al., 2005)에 현장적용에 신중해야 할 것으로 사료된다.

적 요

생애 초기 고온 적응은 이후 고온 스트레스를 받았을 때 닭이 고온 저항성을 획득하는데 도움을 주는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 5일령의 고온 적응이 이후 고온 스트레스를 받은 육계의 생산성에 미치는 영향을 조사하였다. 초생추 아버에이커를 23시간 점등 1시간 소등의 조명 환경 조건을 가진 동일한 크기의 두 사육실에 수용한 후, 사료와 물을 자유로이 급여하였다. 5일령에 사전 고온 적응구는 24시간 동안 37°C의 고온에 노출된 후 정상 온도로 돌려졌고, 대조구에서는 정상적인 감온 일정에 따라 사육되었다. 21일령에 두 사육실의 육계는 각각 두 집단으로 나누어 총 4처리구(CON+CON: control+control; CON+HS: control+heat stress; HC+CON: heat conditioning+control; HC+HS: heat conditioning+heat stress)로 배치하였고, 이 상태에서 7일간의 환경 적응 기간을 가졌다. 28일령에 하나의 사육실에 있는 육계는 3일 동안 고온 스트레스(21°C→31°C)에 노출되었고, 대조구는 실온상태에서 사육되었다. 고온 스트레스 결과, 사료 섭취량, 음수량 및 증체량이 유의적으로 감소한 반면($P<0.05$), 직장온도와 폐사율은 증가하였다($P<0.05$). 따라서 본 연구를 통해 사전 고온 적응의 효과성은 인정되지 않았으며, 이러한 결과는 사전 고온 적응의 효과는 종계의 나이나 계통

의 차이에 따라 달리 나타날 수 있기 때문에 현장적용에 신중해야 할 것으로 사료된다.

(색인어 : 육계, 사전 고온 적응, 스트레스)

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구비 지원(PJ00824102)에 의해 수행되었다.

REFERENCES

- Aksit M, Yalcin S, Ozkan S, Metin K, Ozdemir D 2006 Effects of temperature during rearing and crating on stress parameters and meat quality of broilers. *Poult Sci* 85: 1867-1874.
- Arjona AA, Denbow DM, Weaver WD Jr 1988 Effect of heat stress early in life on mortality of broilers exposed to high environmental temperatures just prior to marketing. *Poult Sci* 67:226-231.
- Azad MA, Kikusato M, Maekawa T, Shirakawa H, Toyomizu M 2010 Metabolic characteristics and oxidative damage to skeletal muscle in broiler chickens exposed to chronic heat stress. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 155: 401-406.
- De Basilio V, Requena F, Leon A, Vilarino M, Picard M 2003 Early age thermal conditioning immediately reduces body temperature of broiler chicks in a tropical environment. *Poult Sci* 82:1235-1241.
- Deyhim F, Teeter RG 1991 Research note: Sodium and potassium chloride drinking water supplementation effects on acid-base balance and plasma corticosterone in broilers reared in thermoneutral and heat-distressed environments. *Poult Sci* 70:2551-2553.
- Geraert PA, Padilha JC, Guillaumin S 1996 Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: Growth performance, body composition and energy retention. *Br J Nutr* 75:195-204.
- Giloh M, Shinder D, Yahav S 2012 Skin surface temperature of broiler chickens is correlated to body core temperature and is indicative of their thermoregulatory status. *Poult Sci* 91:175-188.
- Harrison PC, Biellier HV 1969 Physiological response of do-

- mestic fowl to abrupt changes of ambient air temperature. *Poult Sci* 48:1034-1045.
- Hassan AM, Reddy PG 2012 Early age thermal conditioning improves broiler chick's response to acute heat stress at marketing age. *Am J Anim Vet Sci* 7:1-6.
- Havenstein GB, Ferket PR, Qureshi MA 2003a Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poult Sci* 82:1509-1518.
- Havenstein GB, Ferket PR, Qureshi MA 2003b Growth, livability, and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poult Sci* 82:1500-1508.
- Lin H, Jiao HC, Buyse J, Decuyper E 2006 Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poultry Science Journal* 62:71-86.
- Lu Q, Wen J, Zhang H 2007 Effect of chronic heat exposure on fat deposition and meat quality in two genetic types of chicken. *Poult Sci* 86:1059-1064.
- May JD 1995 Ability of broilers to resist heat following neonatal exposure to high environmental temperature. *Poult Sci* 74:1905-1907.
- Northcutt JK, Foegeding EA, Edens FW 1994 Water-holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. *Poult Sci* 73:308-316.
- Quinteiro-Filho WM, Ribeiro A, Ferraz-de-Paula V, Pinheiro ML, Sakai M, Sa LR, Ferreira AJ, Palermo-Neto J 2010 Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. *Poult Sci* 89:1905-1914.
- Star L, Juul-Madsen HR, Decuyper E, Nieuwland MG, de Vries Reilingh G, van den Brand H, Kemp B, Parmentier HK 2009 Effect of early life thermal conditioning and immune challenge on thermotolerance and humoral immune competence in adult laying hens. *Poult Sci* 88:2253-2261.
- Tona K, Onagbesan O, Bruggeman V, Collin A, Berri C, Duclos MJ, Tesseraud S, Buyse J, Decuyper E, Yahav S 2008 Effects of heat conditioning at d 16 to 18 of incubation or during early broiler rearing on embryo physiology, post-hatch growth performance and heat tolerance. *Arch Geflügelk* 72:75-83.
- Yahav S, Goldfeld S, Plavnik I, Hurwitz S 1995 Physiological responses of chickens and turkeys to relative humidity during exposure to high ambient temperature. *Journal of Thermal Biology* 20:245-253.
- Yahav S, Hurwitz S 1996 Induction of thermotolerance in male broiler chickens by temperature conditioning at an early age. *Poult Sci* 75:402-406.
- Yalcin S, Ozkan S, Turkmüt L, Siegel PB 2001 Responses to heat stress in commercial and local broiler stocks. 1. Performance traits. *Br Poult Sci* 42:149-152.
- Yalcin S, Ozkan S, Cabuk M, Buyse J, Decuyper E, Siegel PB 2005 Pre- and postnatal conditioning induced thermotolerance on body weight, physiological responses and relative asymmetry of broilers originating from young and old breeder flocks. *Poult Sci* 84:967-976.

(접수: 2014. 10. 29, 수정: 2014. 11. 17, 채택: 2014. 11. 20)