



한국토종닭 5품종의 생산능력 및 스트레스 반응 정도

조은정¹ · 최은식² · 정현철² · 김보경² · 손시환^{3*}

¹경남과학기술대학교 동물생명과학과 연구원, ²경남과학기술대학교 동물생명과학과 대학원생,
³경남과학기술대학교 동물생명과학과 교수

Production Traits and Stress Responses of Five Korean Native Chicken Breeds

Eun Jung Cho¹, Eun Sik Choi², Hyeon Cheol Jeong², Bo Kyung Kim² and Sea Hwan Sohn^{3*}

¹Researcher, Department of Animal Science and Biotechnology, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Republic of Korea

²Student, Department of Animal Science and Biotechnology, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Republic of Korea

³Professor, Department of Animal Science and Biotechnology, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Republic of Korea

ABSTRACT This study presents the production characteristics and physiological characteristics of five Korean native chicken (KNC) breeds consisting of Hwanggalsaek Jaeraejong (HJ), Korean Rhode Island Red (KR), Korean White Leghorn (KL), Korean Brown Cornish (KC), and Korean Ogye (KO). We investigated their production performances, vitalities, and stress responses. We measured the survival rate, body weight, age at first egg-laying, hen-day egg production, egg weight, amount of telomeric DNA, heterophil-lymphocyte ratio (H/L ratio), and heat shock protein (*HSP*)-70, *HSP-90α* and *HSP-90β* gene expression levels for 493 KNCs. The survival rate was highest in KR, and lowest in KO. Body weights were steadily high in the order of KC, KR, HJ, KO and KL. Average hen-day egg production was highest in KL, and lowest in KC. While the amount of telomeric DNA was highest in KR, and lowest in KC. Furthermore, both the H/L ratio and the *HSP-90β* gene expression level were highest in KC, and lowest in KR. These results indicated that the KR breed was highly resistant to stress, whereas KC was more susceptible to stress. Taken together, it is considered that with improvements the KC breed would be more suited to be used as a Korean broiler breed while KL would be more appropriately used as a Korean layer breed. In addition, it is considered that the KR breed is appropriate to be used as a maternal chicken breeder based on good production capacity and excellent robustness, while the HJ breed is desirable to be improved as a high-quality Korean meat breed based on its excellent meat quality.

(Key words: stress response, growth performance, laying performance, Korean native chicken breeds)

서 론

최근 닭고기 소비량 증가와 더불어 친환경 고급 육의 선호도가 높아지면서 국산 토종닭에 대한 소비자의 관심도 증가되는 추세이다. 그러나 국내 실용 산란계 및 육계의 종계는 거의 대부분 외래종으로, 토종닭은 전체 육계 생산량의 3.4% 정도에 불과한 실정이다(Animal and Plant Quarantine Agency, 2020). 이와 같이 토종닭의 낮은 수급 이유는 실용 외래닭에 비해 생산성이 낮고, 소비 형태의 다양성 부족이

가장 큰 원인으로 생각된다. 닭 종자의 높은 해외 의존도는 국내 양계 산업에 큰 문제점을 야기할 수 있으므로 서둘러 경쟁력 있는 토종닭 종자 개발이 이루어져야 하겠다.

국내 토종닭의 대표적인 종(variety)으로서는 국립축산과학원이 1992년 수집 이래 10세대 이상 계대 번식하여 유전적으로 고정화된 순수재래토착종 5계통과 외래토착종 4품종이 있다. 순수재래토착종 5계통은 회갈색종(Hoegalsaeck Jaeraejong), 흑색종(Heuksaeck Jaeraejong), 적갈색종(Jeokgalsaeck Jaeraejong), 백색종(Baeksaeck Jaeraejong) 및 황갈색종(Hwanggal-

* To whom correspondence should be addressed : shsohn@gntech.ac.kr

saek Jaeraejong; 이하 재래황갈종)이고, 외래토착종 4품종은 토착로드종(Korean Rhode Island Red), 토착레그혼종(Korean White Leghorn), 토착코니시종(Korean Brown Cornish) 및 한국오계(Korean Ogye)이다(Kim et al., 2010; National Institute of Animal Science, 2011; Kim et al., 2019a). 이들 종들은 현재 국가가축유전자원으로 보존 중이며, FAO의 국제품종등록시스템인 DAD-IS(Domestic Animal Diversity Information System)에 등록되어있다(Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020). 재래토착종 5계통과 외래토착종 4품종에 대한 형태적 특성이나 매 세대 생산능력 검정 성적은 농촌진흥청에서 발간하는 축산시험연구보고서에 수록되어 있다(National Institute of Animal Science, 1995, 1996, 1997, 1998, 2003, 2004, 2005, 2007, 2008, 2009, 2011). 또한, 순수재래토착종 5계통에 대한 세대별 생산능력의 변화 추이는 Kim et al.(2010)과 Kim et al.(2019b)이 이들 자료들을 정리하여 보고한 바 있다. 더불어 상기 토종닭을 이용하여 생산능력이 우수한 실용닭을 얻고자 하는 다양한 교배조합시험들이 시도되었다(Park et al., 2010; Hong et al., 2012; Kang et al., 2012; Lee et al., 2013, 2014).

토종닭의 생산 특성에 대한 많은 연구 보고들에 비해 이들의 면역이나 스트레스 저항성, 강건성과 같은 생리적 특성에 대한 연구는 상대적으로 미흡한 실정으로 매우 제한적인 연구들만 소개하고 있다(Jung et al., 2009; Sohn et al., 2014, 2015). 닭에 있어 스트레스나 질병은 생산성 저하의 직접적인 원인이므로 저항성 계통의 육성이나 저항성 품종 개발이 필요하다. 닭의 스트레스 반응 정도나 질병의 저항 정도는 사육 환경과 같은 외적 요인에 의해 크게 영향을 받지만, 동일한 환경 조건 하에서 품종이나 계통과 같은 유전적 요인에 따라서도 많은 차이가 있다고 보고하고 있다(Soleimani et al., 2011; de Hass et al., 2013; Sohn et al., 2014, 2015; Cho et al., 2016). 상기 토종닭들에 대한 품종별 생산적 특성은 어느 정도 알려져 있으나, 실용토종닭 생산을 위한 육종 소재로 개발하기 위해서는 품종별 스트레스 저항성이나 강건성과 같은 생리적 특성 구명이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 순수재래토착종 중 재래황갈종과 외래토착종으로 토착로드종, 토착레그혼종, 토착코니시종 및 한국오계를 대상으로 이들의 생산능력 분석과 더불어 텔로미어 함유율, heterophil-lymphocyte 비율 및 열충격단백질 유전자발현율을 분석하여 품종별 스트레스 반응 정도와 강건성을 구명하고, 이를 토대로 순수재래토착종과 외래토착종을 이용한 토종닭의 개량 방향을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

1. 공시동물 및 사양관리

한국토종닭 5품종 간 생산능력 및 스트레스 반응 정도의 비교 분석을 위한 공시계로는 재래황갈종(Hwanggalsaek Jaerae-jong) 122수(♂39, ♀83), 토착로드종(Korean Rhode Island Red) 110수(♂31, ♀79), 토착레그혼종(Korean White Leghorn) 75수(♂24, ♀51), 토착코니시종(Korean Brown Cornish) 112수(♂39, ♀73) 및 한국오계(Korean Ogye) 74수(♂28, ♀46) 총 493수를 대상으로 하였다. 본 시험계들은 국립축산과학원 가금연구소에서 사육 보존 중인 종으로서 중복분산보존을 목적으로 발생 직후 일정 수수를 경남과학기술대학교 종합농장으로 이송하였다. 이송된 초생추들은 강제 환기와 자동급이 및 자동온도조절시스템이 완비된 케이지(660 cm²/1수)식 육추사에서 12주령까지 사육하고, 이후 60주령까지는 자동급이 및 자동집란시스템이 완비된 평사식 종계사(2,370 cm²/1수)에서 사육하였다. 사료 급이는 사육단계별로 어린병아리, 중병아리, 산란전기, 산란초기 및 산란중기로 나누어 상업용 시판 사료로서 자유 급여하였다. 점등 관리는 국립축산과학원의 산란계 사육 기준에 따라 점감점증시켜 27주령 이후 17시간으로 고정하였다. 백신접종은 국립축산과학원의 지침에 따라 실시하였으며, 그 밖의 일반 닭 사양 관리는 경남과학기술대학교 닭 사육관리기준에 따랐다. 시험에 관련된 닭의 관리 및 취급은 본 대학 동물실험윤리위원회의 승인을 득한 후(IACUC Approved No. 2018-7) 본 규정을 준수하여 시행하였다.

2. 조사항목 및 분석방법

1) 생존율

입식 후부터 60주령까지 매일의 생존수와 폐사수를 기록하고, 육성기(0~12주), 성장기(13~20주) 및 산란기(21~60주)로 구분하여 측정된 후 이들의 평균 생존율을 계산하였다.

2) 체중

시험계 전체를 대상으로 육성 기간 동안에는 0주령, 4주령, 8주령 및 12주령에 측정하고, 20주령 이후 산란 기간 동안에는 매 10주 간격으로 개체 전수에 대한 체중을 측정하였다.

3) 초산일령, 산란율 및 난중

초산일령은 계군 별 시산 이후 집단 내 누적 산란율이

50%에 도달할 때까지의 평균 일수로 측정하였다. 산란율(Hen-day egg production)은 22주령부터 50주까지 매 주령별 산란수 대비 생존수로 주령별 산란율을 계산하고, 동 기간 동안 모든 주령의 산란율에 대한 평균값을 산출하였다. 난중은 32주령 때 동일 날짜에 산란한 계란 전체(품종별 약 40여 개)를 대상으로 각 계란의 무게를 측정하고, 이의 평균값으로 계산하였다.

4) 텔로미어 함량 분석

텔로미어 함량 분석은 12주령 및 45주령에 공시된 모든 개체의 익 정맥에서 채혈한 혈액으로부터 시료를 분리하여 이용하였다. 닭의 텔로미어 함량 분석은 혈액 내 백혈구 세포를 대상으로 Cho et al.(2019)이 제시한 형광접합보인법(Fluorescence *in situ* Hybridization)과 동일하게 시행하였다. 처리를 마친 표본은 propidium iodide solution(Sigma Chem., St Louis, MO, USA)으로 염색하고, 적녹 파장대의 필터가 부착된 형광현미경(Model AX-70, Olympus, Tokyo, Japan)을 이용하여 간기 상태의 핵을 관찰한 후 개체 별 100개의 상을 디지털 카메라(Model DP-70, Olympus, Tokyo, Japan)로 촬영하였다. 촬영한 표본은 이미지 분석프로그램(MetaMorph[®], UIC, Pennsylvania, USA)을 이용하여 텔로미어의 함량을 측정하고 분석하였다.

5) Heterophil-Lymphocyte 비율 분석

개체의 heterophil-lymphocyte의 비율(H/L ratio) 측정을 위한 표본 제작은 12주령에 공시된 개체들의 혈액 내 백혈구 세포를 대상으로 하였고, 분석은 Jeong et al.(2020)이 제시한 방법과 동일하게 하였다. 처리된 표본은 25% Giemsa stain solution(Sigma Chem., St Louis, MO, USA)으로 염색한 후 광학현미경(Model BX-50, Olympus, Tokyo, Japan)을 이용하여 단위 면적당 heterophil과 lymphocyte 수를 측정하였다(obj. ×40).

6) 열충격단백질 유전자 발현율 분석

열충격단백질(heat shock proteins; HSPs) 유전자 발현율 분석을 위해 12주령 개체의 혈액으로부터 RNA를 추출한 후 cDNA를 합성하였다. HSPs 분석은 *HSP-70*, *HSP-90α* 및 *HSP-90β* 유전자를 대상으로 이의 발현율을 분석하였다. 본 분석에 사용한 primers와 Real-time PCR을 이용한 Q-PCR의 방법은 Jeong et al.(2020)의 방법과 동일하게 시행하였다. HSPs의 Tm값은 LightCycler[®] 480 software v1.5(Roche Diagnostics, GmbH, Mannheim, Germany)를 이용하여 분석하고,

각 유전자들의 상대적 정량 값은 Livak and Schmittgen (2001)이 제시한 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 방법으로 분석하였다.

3. 통계분석

체중을 포함한 각종 생산능력들과 텔로미어 함량, H/L ratio 및 HSPs 유전자 발현율의 값에 대한 통계 분석은 SAS 통계패키지(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)의 ANOVA procedure를 이용하여 품종 간 차이에 대한 유의성을 검정하였다. 측정 요인별 품종 간 유의한 차이가 인정될 때에는 동일 패키지의 Tukey's HSD procedure로 개개 평균값들 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 생산능력

1) 생존율

공시한 토종닭 5품종에 대한 60주령까지의 평균생존율은 Table 1과 같다. 또한, 품종 간 생존율을 육성기(0~12주), 성장기(13~20주) 및 산란기(21~60주)로 구분하여 기간별 생존율 비교를 Fig. 1에 제시하였다. 분석 결과, 공시한 토종닭 5품종의 평균생존율은 95% 정도로 비교적 높은 생존능력을 보이고, 품종 간 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나 기간별 생존율에 있어서 한국오계가 육성기 및 산란기에 상대적으로 낮은 생존율을 보이고, 토착코니시종이 산란기 동안 가장 낮은 생존율을 나타내었다. 한국토종닭의 육성기 및 산란기 생존율의 경우 기존의 연구들과 거의 유사한 결과들을 보이고 있으며(Kang et al., 1997; Kim et al., 1998; Kim et al., 2014), 이들 중 한국오계 및 토착코니시종은 본 연구 결과보다 다소 낮은 생존율을 보고하고 있다(Han, 1996; Kim et al., 2019a). 이상의 결과들을 종합할 때, 한국오계의 육성기 생존율과 토착코니시종의 산란기 생존율이 다소 저조한 것을 제외하고, 토착로드종, 토착레그혼종 및 재래황갈종은 국내 환경에 적응된 생존율이 우수한 강건 품종으로 고정되었다고 판단된다.

2) 산육능력

토종닭 5품종에 대한 발생시, 8주령, 20주령 및 40주령의 암수 체중을 Table 2에 제시하였고, 발생시부터 50주령까지 품종별 체중의 변화 양상을 Fig. 2에 나타내었다. 분석 결과, 전체 사육 기간 동안 품종 간 체중의 유의한 차이를 보였는데($P<0.01$), 토착코니시종이 모든 주령에서 다른 종들에 비

Table 1. Survival rate and egg production performance of the 5 Korean native chicken breed

Breeds	Survival rate (%)	Age at first egg laying (d)	Ave. hen-day egg production from 22 to 50 wks (%)	Egg weight at 32 wks (g)
Korean Rhode Island Red	99.0±0.0	127.9±2.7 ^b	60.7±11.4 ^b	56.7±3.6 ^{ab}
Korean White Leghorn	96.5±3.8	120.0±1.8 ^d	74.8±12.6 ^a	59.3±4.2 ^a
Korean Ogye	91.1±7.8	127.5±2.4 ^b	36.4±10.7 ^c	48.2±3.7 ^c
Korean Brown Cornish	93.0±8.4	143.1±5.3 ^a	9.9±5.8 ^d	55.3±5.8 ^b
Hwanggalsack Jaeraejong	95.1±3.1	122.3±3.6 ^c	41.8±15.1 ^c	50.3±2.8 ^c
Means	94.9±5.3	128.6±9.0	44.7±24.8	54.5±5.4

Values are mean±standard deviation.

The different superscripts within column significantly differ ($P<0.05$).

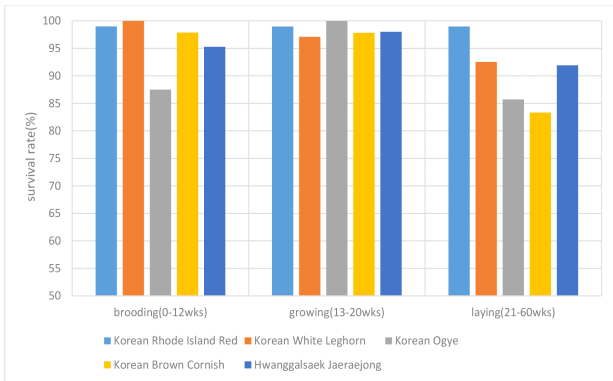


Fig. 1. Survival rates at brooding, growing and laying period in the 5 Korean native chicken breeds.

해 월등히 높은 체중을 나타내었고, 육성기 이후 토착로드종, 재래황갈종, 한국오계 및 토착레그혼종의 순으로 낮게 나타났다. 품종별 성장 양상은 모든 종이 거의 비슷한 성장 곡선을 보이는데, 20주까지는 급격한 체중 증가를 보이다가 이후 50주까지 완만한 증가 혹은 정체되는 양상을 나타내었다. 모든 품종에서 주령이 증가함에 따라 암수 간 체중 차이가 증가되는 양상을 보이는데 8주령에 수컷이 암컷에 비해 평균 1.16배 정도이던 것이 40주령에서는 1.25배 정도로 증가되었으며, 특히 토착로드종과 토착코니시종의 암수 간 체중 차이의 증가가 두드러졌다. 동일 종의 집단 내 개체간 체중의 변이는 모든 품종에서 암수 공히 CV(coefficient of variance)값이 10 내외로 매우 양호한 집단의 균일도를 나타

Table 2. Body weights at hatching, 8, 20 and 40 wks in the 5 Korean native chicken breeds

Breeds	Hatching		8 wks		20 wks		40 wks	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Kor. Rhode Island Red	40.3±2.5 ^{ab}	39.7±3.1 ^b	633.0±123.0 ^c	628.9±75.8 ^b	2,091.5±192.2 ^b	1,773.2±148.0 ^b	2,841.3±232.7 ^b	2,099.1±178.2 ^b
Kor. White Leghorn	38.8±3.0 ^{bc}	38.7±3.2 ^b	667.8±88.1 ^{bc}	554.4±67.4 ^c	1,621.2±169.0 ^d	1,465.9±126.1 ^d	2,092.1±126.2 ^c	1,713.4±148.2 ^d
Kor. Ogye	35.6±2.6 ^d	34.2±2.3 ^c	645.5±74.4 ^{bc}	566.6±70.6 ^c	1,752.0±151.8 ^{cd}	1,453.1±183.9 ^d	2,171.9±158.4 ^c	1,779.9±186.3 ^d
Kor. Brown Cornish	42.1±3.2 ^a	41.4±2.4 ^a	1,523.2±132.6 ^a	1,323.5±176.4 ^a	3,749.6±338.8 ^a	2,888.5±208.6 ^a	4,565.3±424.4 ^a	3,348.0±372.9 ^a
Hwanggalsack Jaeraejong	37.1±2.5 ^{cd}	35.4±3.0 ^c	712.9±83.0 ^b	585.1±114.0 ^{bc}	1,859.7±187.1 ^c	1,600.0±209.0 ^c	2,244.4±178.5 ^c	1,915.2±216.9 ^c
Means	38.9±3.6	38.1±3.9	872.8±383.3	750.6±325.3	2,335.0±866.2	1,884.8±571.4	2,773.0±931.2	2,218.2±642.4

Values are mean±standard deviation.

The different superscripts within column significantly differ ($P<0.01$).

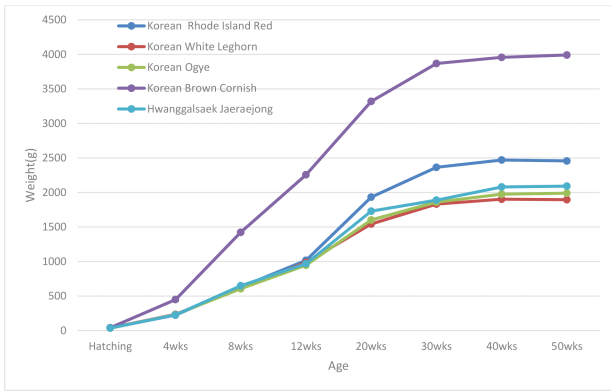


Fig. 2. Change in body weights from hatching to 50 wks in the 5 Korean native chicken breeds.

내어 품종별 유전적 고정이 어느 정도 이루어졌음을 시사한다. 이들 품종의 체중에 대한 이전 연구 결과들을 살펴보면 재래황갈종의 경우 8주 체중은 551 g, 20주 체중은 1,410 g(Sang et al., 2003; Kim et al., 2012), 토착레그혼종의 8주 체중은 540~650 g, 20주는 1,490~1,610 g이고(Kim et al., 2014, 2015), 토착로드종은 8주 652 g, 20주 1,766 g으로 보고하고 있다(Kang et al., 1997). 한편, 한국오계는 8주에 수컷은 659 g, 암컷은 588 g이고(Han, 1996), 토착코니시종은 8주와 20주의 수컷 체중은 1,475 g과 3,798 g이며, 암컷은 1,293 g과 2,704 g으로 보고하였다(Kim et al., 2019a). 이러한 결과들은 본 연구 결과와 거의 일치되는 양상이긴 하나, 이들 보고들에 비해 다소 높은 체중을 보이는데, 이는 본 연구에 공시된 토종닭들이 1992년 수집된 이래 지속적인 선발의 결과로 해석된다.

3) 산란능력

5품종의 토종닭에 대한 초산일령, 산란율 및 난중을 Table 1에 제시하였다. 계군 별 집단의 산란율이 50%에 도달할 때까지의 평균 일수를 초산일령으로 측정할 바 품종 간 유의한 차이가 나타났으며($P<0.05$), 토착레그혼종이 120일로 가장 빨랐고 토착코니시종이 143일로 가장 늦었다. 이는 토착레그혼종의 경우 산란계종으로 육성된 종이고, 토착코니시종의 경우 육용계종으로 육성된 종임에 따라 조숙과 만숙의 차이로 해석된다. 반면, 재래황갈종과 토착로드종의 비교시 재래황갈종이 다소 빠른 초산일령을 보이나, 전체 산란지수는 로드종에 비해 낮은 성적을 나타내었다. 토종닭들의 시산일령에 대한 보고로 재래황갈종은 145~156일, 토착로드종과 한국오계는 150일 및 171일로 모두 본 연구 결과보다 늦은 시산일령들을 제시하고 있다(Kim et al., 2010;

Kim et al., 2015). 이는 초산일령 측정방법의 차이 및 사육 환경의 차이에 기인된 것으로 사료되나, 산란 능력에 대한 지속적 선발에 따라 점진적으로 매년 초산시기가 빨라지고 있다(Kim et al., 2019b). 산란율은 22주부터 50주까지 주령별 산란율의 평균값으로서 토착레그혼종이 74.8%, 토착로드종이 60.7%, 재래황갈종이 41.8%, 한국오계가 36.4%, 토착코니시종이 9.9% 순으로 나타나 품종 간 차이가 매우 크게 나타났다. 이러한 차이는 품종 간 유전적 특성 차이에 기인한 것으로 사료된다. Fig. 3은 이들의 산란곡선으로 품종별 피크산란율은 토착레그혼종이 26주령에 91%, 토착로드종이 32주령에 79%, 재래황갈종이 27주령에 62%, 한국오계가 26주령에 52%, 토착코니시종이 28주령에 21%를 나타냄으로 대부분의 품종들이 26~28주령 때 최고산란율을 보였으나, 토착로드종은 상대적으로 늦은 32주령에 피크를 나타내었다. 또한, 대부분의 품종들이 피크 이후 산란율의 급격한 저하를 보이다가 46주령 이후 일시적으로 완만한 상승을 나타내었는데, 이는 봄철 산란 시기에 따른 계절적 요인에 기인한 것으로 사료된다. 이들 품종들의 산란율에 대한 이전 연구 결과들도 본 결과와 거의 일치되는 양상으로 산란시점이나 산란기간에 따라 다소 산란수의 차이는 보이나, 품종별 산란능력의 특성은 거의 유사한 것으로 나타났다(Kim et al., 2010; Kim et al., 2019a). 품종별 난중은 32주령 때 동일 일자에 산란한 계란 전체에 대한 평균값으로 토착레그혼종 및 토착로드종이 다른 품종에 비해 유의하게 높았고, 한국오계와 재래황갈종의 계란이 상대적으로 낮게 나타났다($P<0.01$). 품종별 난중 또한 이전 연구 결과들(Kim et al., 2010; Kim et al., 2019a)과 거의 유사한 양상으로 토착레그혼종의 상대적으로 높은 난중은 본 품종이 난용종으로 육성된 결과로 해석되고, 한국오계와 재래황갈종의 낮은 난중은

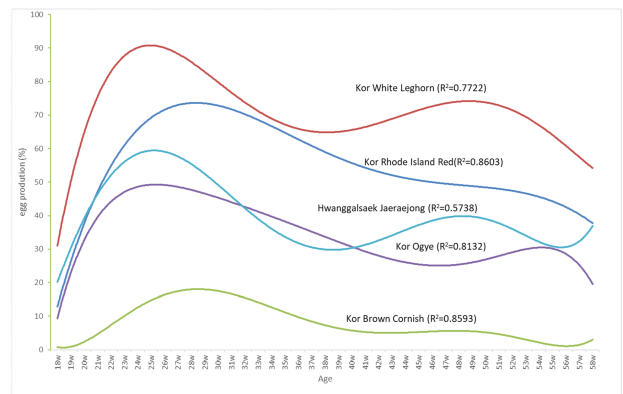


Fig. 3. Egg production curve of the 5 Korean native chicken breeds from first egg laying to 58 wks.

이들의 산란능력에 대한 개량이 거의 이루어지지 않았기 때문인 것으로 사료된다. 이상 생산능력의 결과들을 종합할 때 토착코니시종은 산육능력이, 토착레그혼종은 산란능력이 우수하고, 토착로드종은 생존율이 우수하며, 산란과 산육능력 모두가 양호한 성적을 보였다. 반면 재래황갈종은 이들에 비해 다소 떨어지는 생산능력을 보이나, 토착로드종과 비슷한 형태의 검용종 특성을 지닌 것으로 판단된다.

2. 품종별 스트레스 반응 정도 분석

1) 품종별 텔로미어의 함량 분석

토종닭 5품종에 대한 강건성 및 스트레스 반응 정도를 비교하고자 노화 지표로 알려진 텔로미어 함량을 분석하였다. Table 3에 이들 품종들에 대한 12주령 및 45주령의 텔로미어 함유율과 두 측정 기간 동안 텔로미어의 감축율 분석 값을 제시하였다. 분석 결과, 12주령 및 45주령 모두에서 품종 간 텔로미어 함유율의 유의한 차이를 보였으며($P<0.01$), 모든 종에서 공히 연령이 증가됨에 따라 감소되는 양상을 나타내었다. 품종 간 텔로미어 함유율에 있어 측정 기간 공히 토착로드종 및 토착레그혼종이 상대적으로 높은 함유율을 나타내었고, 토착코니시종이 가장 낮았다. 동 기간 동안 텔로미어의 감축 정도 또한 토착코니시종의 감축율이 가장 높게 나타났다. 텔로미어의 함유율은 품종과 관계없이 모든 종에서 연령이 증가됨에 따라 감소하였는데, 이는 텔로미어 길이는 연령에 따라 짧아진다는 이론과 쉰 잘 일치하는 결과이다(Harley et al., 1990, 1992). 텔로미어는 염색체 말단부를 지칭하는 것으로 세포 분열이 진행됨에 따라 텔로미어의 길이는 짧아지게 된다. 그러나 텔로미어의 감축 정도나 속도는 여러 다양한 요인들에 의해 영향을 받는 것으로 알

려져 있다(Richter and Proctor, 2007; Sanders and Newman, 2013). 닭에 있어서도 텔로미어의 감축 속도는 품종 및 계통과 같은 유전적 요인에 따른 영향뿐만 아니라 사육 환경과 같은 여러 환경적 요인에 의해서도 많은 영향을 받는 것으로 보고되고 있다(Sohn and Subramani, 2014; Sohn et al., 2015; Cho et al., 2016). 특히 고밀도 사육이나 급여 제한과 같은 외적 스트레스 요인들은 텔로미어의 감축을 현격하게 촉진시키는 것으로 알려져 있다(Beloor et al., 2010; Sohn et al., 2012). 텔로미어의 함량이나 감축 정도를 개체의 생명활성도 및 스트레스 반응 정도의 간접 표지로 간주하였을 때 공시된 5품종의 토종닭 중 토착로드종이 가장 양호한 값을 나타내었고, 토착코니시종이 가장 저조한 값을 보였다. 이러한 텔로미어의 결과는 생존율에 잘 반영되어 나타나는데, 공시된 품종들 중 토착로드종의 생존율이 가장 높았고, 토착코니시종이 가장 낮았다. 따라서 텔로미어 분석 결과를 바탕으로 공시된 토종닭 5품종 중 토착로드종이 가장 강건하고 스트레스 저항 정도가 높은 반면 토착코니시종이 상대적으로 약하고 스트레스에 민감한 품종으로 사료된다.

2) 품종별 Heterophil-Lymphocyte 비율 분석

토종닭 5품종에 대한 스트레스 반응 정도를 비교 분석하기 위하여 공시 개체들의 혈액으로부터 H/L ratio를 분석하고, 품종별 분석 결과를 Table 4에 제시하였다. 분석 결과, H/L ratio 값은 품종들 간 유의한 차이를 보였으며($P<0.01$), 공시된 품종 중 토착코니시종이 가장 높았고, 토착로드종이 가장 낮게 나타났다. H/L ratio는 동물에 있어 대표적인 생리적 스트레스 반응 표지 중 하나로 혈액 내 heterophil과 lymphocyte의 비율을 나타내는 것이다. 일반적으로 세포에 외적 스트레스를 가하게 되면 혈액 내 heterophil의 수는 증

Table 3. The relative amount of telomeric DNA (%) and telomere shortening ratio in the 5 Korean native chicken breeds

Breeds	12 wks (A)	45 wks (B)	Telomere shortening ratio*
Korean Rhode Island Red	2.86±0.13 ^a	1.65±0.07 ^a	42.31
Korean White Leghorn	2.83±0.13 ^{ab}	1.65±0.07 ^a	41.70
Korean Ogye	2.72±0.15 ^c	1.60±0.09 ^{ab}	41.18
Korean Brown Cornish	2.73±0.16 ^c	1.51±0.12 ^b	44.69
Hwanggalsack Jaeraejong	2.78±0.13 ^{bc}	1.57±0.10 ^{ab}	43.53
Means	2.79±0.14	1.60±0.09	42.68±1.42

* Telomere shortening ratio (%) = (A - B) / A × 100.

Values are mean±standard deviation.

The different superscripts within column significantly differ ($P<0.01$).

Table 4. The heterophil-lymphocyte ratio of the 5 Korean native chicken breeds

Breeds	Number of samples	H/L ratio
Korean Rhode Island Red	85	0.18±0.21 ^c
Korean White Leghorn	51	0.21±0.17 ^{bc}
Korean Ogye	43	0.30±0.17 ^{ab}
Korean Brown Cornish	87	0.40±0.21 ^a
Hwanggalsack Jaeraejong	90	0.25±0.22 ^{bc}
Means	356	0.23±0.20

Values are mean±standard deviation. The different superscripts within column significantly differ ($P<0.01$).

가하고, 반면 lymphocyte의 수는 감소한다고 알려져 있다 (Gross and Siegel 1983; Gross 1989; McFarlane and Curtis 1989). H/L ratio의 분석은 닭에 있어서 corticosterone의 함량 분석(Mashaly et al, 1984; Vleck et al., 2000)과 더불어 가장 널리 이용되는 스트레스 표지인데, 고온이나 밀사와 같은 외부 스트레스 요인에 노출된 개체들의 경우 H/L ratio 값이 현저히 증가하였고(Campo et al, 2007; Cotter, 2015), 암수 혼합 사육 형태와 같은 사회적 스트레스 요인도 H/L ratio에 영향을 미친다고 보고하였으며(Jeong et al., 2020), 항산화제 등의 급여는 세포내 활성산소를 감소시켜 H/L ratio 값이 다소 저하된다고 하였다(Zulkifli et al., 2000). 따라서 본 연구 결과, H/L ratio 값을 개체의 스트레스 반응 척도로 간주하

였을 때 토종닭 품종들 중 토착코니시종이 스트레스에 가장 민감하게 반응하며, 토착로드종이 스트레스에 둔감하다고 판단된다.

3) 품종별 HSPs 유전자 발현율 분석

토종닭 5품종에 대한 스트레스 반응 정도를 살펴보고자 *HSP-70*, *HSP-90α* 및 *HSP-90β* 유전자 발현율을 분석하고, 이의 결과를 Table 5에 제시하였다. 분석 결과, *HSP-90β* 유전자 발현율은 품종 간 유의한 차이를 보였으나($P<0.01$) *HSP-70* 및 *HSP-90α*의 유전자 발현율은 품종 간 차이가 없는 것으로 나타났다. *HSP-90β* 유전자 발현율의 경우, 공시된 모든 품종들이 토착로드종에 비해 2.1~6.5배 정도 높게 나타났다. 특히 토착코니시종의 발현율이 가장 높았다. HSPs는 열 스트레스에 반응하여 합성되는 특이 단백질 군으로서 스트레스를 받은 세포의 경우 HSPs들이 열 민감단백질들과 결합하여 세포를 보호하는 역할을 하므로 개체들이 고온 스트레스에 노출되면 이의 발현율이 증가하게 된다(Lindquist, 1986; Schlesinger, 1986). 닭의 경우, 열 스트레스뿐만 아니라 외부 스트레스적 환경에 노출되었을 때도 HSPs의 발현율은 상승한다고 보고하였다(Zulkifli et al., 2002; Beloor et al., 2010; Sohn et al., 2012). *HSP-90α*와 *HSP-90β*의 경우, 척추동물과 달리 조류에서는 그 기능과 역할이 다소 다르게 작용하는 것으로 알려져 있는데, 조류의 *HSP-90β*는 고온 스트레스 때 거의 합성이 되지 않는 단백질이라고 하였고 (Meng et al., 1993), 닭의 경우에는 여러 HSP군 중 *HSP-70*이 열 스트레스에 가장 민감하게 반응한다고 보고한 반면 (Zulkifli et al., 2002; Soleimani et al., 2011), 스트레스적 사

Table 5. Gene expression levels of HSPs in the 5 Korean native chicken breeds

Breeds	<i>HSP-70</i>		<i>HSP-90α</i>		<i>HSP-90β</i>	
	ΔCt	2 ^{-ΔΔCt}	ΔCt	2 ^{-ΔΔCt}	ΔCt	2 ^{-ΔΔCt}
Korean Rhode Island Red	-1.40±1.59	1.30	24.49±14.57	1	1.17±3.88 ^a	1
Korean White Leghorn	-1.02±0.99	1	20.21±11.65	19.43	-0.20±3.99 ^{ab}	2.58
Korean Ogye	-2.78±2.99	3.39	20.36±11.70	17.51	-0.40±3.69 ^{ab}	2.97
Korean Brown Cornish	-1.15±1.00	1.09	21.20±12.39	9.78	-1.53±2.18 ^b	6.50
Hwanggalsack Jaeraejong	-3.05±2.48	4.08	20.12±12.33	20.68	0.09±2.68 ^{ab}	2.11
Means	-1.88±1.98		21.23±12.56		-0.24±3.24	

Values are mean±standard deviation. The different superscripts within column significantly differ ($P<0.01$). ΔCt values which are equal to the difference in threshold cycles for target and internal control gene. 2^{-ΔΔct} values which indicate the fold change in gene expression relative to the control.

육 환경하에서는 특히 *HSP-90α*가 유의하게 증가한다는 보고도 있다(Sohn et al., 2012). 이와 같이 HSP군 중 닭에 있어 어떠한 단백질이 스트레스에 가장 민감하게 반응하는 단백질인가는 연구자나 스트레스 요인에 따라 다소 다른 결과들을 제시하고 있으나, 닭이 스트레스에 노출될 경우 개체들의 HSPs의 발현율은 증가된다. 닭의 품종 및 계통 간 스트레스 반응 정도의 비교 연구에서 국립축산과학원에서 보유하고 있는 토종닭 5품종 12계통에 대한 HSPs 발현율 분석 결과, 토착코니시종의 발현율이 가장 높았고, 재래황갈종 및 토착로드종의 발현율이 상대적으로 낮았다는 보고(Sohn et al., 2015)와 본 연구 결과는 매우 잘 일치되는 결과이다. 따라서 HSPs 발현율을 스트레스 표지로 보았을 때 공시된 토종 품종들 중 토착로드종의 스트레스 반응 정도가 가장 낮고, 토착코니시종이 가장 높은 것으로 판단된다.

이상의 결과들을 종합할 때 토종닭 5품종 중 토착코니시종은 우수한 산육능력을 기반으로 토종육용실용계 생산을 위한 기초 축으로 개량함이 바람직하고, 토착레그혼종은 비교적 높은 산란능력을 바탕으로 토종난용실용계 생산을 위한 기초 축으로 육성함이 바람직할 것으로 사료된다. 토착로드종의 경우, 높은 생존율과 스트레스 저항 정도가 가장 우수하고, 더불어 산란능력과 산육능력 또한 양호한 것으로 나타나 토종실용계 생산을 위한 모 계통으로 활용함이 바람직할 것으로 판단된다. 순수토착재래종인 재래황갈종의 경우 다소 생산능력은 떨어지나, 스트레스 저항성이 양호하고 더불어 육질이 우수하다는 보고(Park et al., 2011; Jin et al., 2017) 등을 토대로 이는 차별화 된 고급육질형 품종으로 개량하는 것이 바람직하다고 생각된다.

적 요

본 연구는 한국토종닭 5품종 (재래황갈종, 토착로드종, 토착레그혼종, 토착코니시종 및 한국오계)에 대한 생산 특성 및 생리적 특성을 제시하고자 이들의 생산능력, 강건성 및 스트레스 반응 정도를 살펴보았다. 분석 대상으로 총 493수를 공시하고, 생산능력의 평가를 위해 생존율, 체중, 초산일령, 산란율 및 난중을 조사하였고, 강건성 및 스트레스 반응 정도를 측정하기 위하여 텔로미어 함유율, heterophil-lymphocyte 비율, *HSP-70*, *HSP-90α* 및 *HSP-90β* 유전자 발현율을 분석하였다. 실험 결과, 생존율은 토착로드종이 99%로 가장 높았고, 한국오계가 91%로 가장 낮았다. 발생시부터 50주령까지의 체중은 토착코니시종, 토착로드종, 한국재래닭, 한국오계, 토착레그혼종의 순으로 변동없이 높게 나타

났다. 22주령부터 50주령까지의 평균일계산란율은 토착레그혼종이 75%로 가장 높았고, 토착코니시종이 10%로 가장 낮게 나타났다. 생리적 지표 분석 결과, 텔로미어 함유율은 토착로드종이 가장 높았으며, 토착코니시종이 가장 낮았다. Heterophil-lymphocyte 비율 및 *HSP-90β* 유전자 발현율은 공히 토착코니시종이 가장 높았으며, 토착로드종이 가장 낮게 나타났다. 이러한 결과들은 토착로드종이 스트레스에 저항성이 높고, 토착코니시종이 스트레스에 가장 민감하게 반응함을 의미한다. 이상의 결과들을 종합할 때, 토착코니시종은 한국형 토종 육용 품종으로 개량함이 바람직하고, 토착레그혼종은 한국형 토종 난용 품종으로 개량하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 더불어 토착로드종은 양호한 생산능력과 뛰어난 강건성을 기반으로 한국형 토종닭 종계 모계통으로 활용하는 것이 바람직하리라 생각되고, 재래황갈종은 우수한 육질을 바탕으로 차별화 된 고급육질형 토종닭 품종으로 개량하는 것이 바람직하리라 사료된다.

(색인어: 스트레스 반응, 성장 능력, 산란 능력, 한국토종닭 품종)

사 사

본 논문은 농촌진흥청 가축유전자원 관리기관 지정운영 2020 사업(PJ015267)의 지원으로 수행되었음.

ORCID

Eun Jung Cho <https://orcid.org/0000-0003-1416-0884>
 Eun Sik Choi <https://orcid.org/0000-0002-5169-7034>
 Hyeon Cheol Jeong <https://orcid.org/0000-0002-2415-9353>
 Bo Kyung Kim <https://orcid.org/0000-0003-2318-2874>
 Sea Hwan Sohn <https://orcid.org/0000-0001-6735-9761>

REFERENCES

- Animal and Plant Quarantine Agency 2020 Annual Report of Slaughter Animals in Korea. <http://www.qia.go.kr/livestock/clean/viewTcsjWebAction.do?id=160708>. Accessed on February 20 2020.
- Beloor J, Kang HK, Kim YJ, Subramani VK, Jang IS, Sohn SH, Moon YS 2010 The effect of stocking density on stress related genes and telomeric broiler chickens. Asian-

- Aust J Anim Sci 23:437-443.
- Campo JL, Gil MG, Davila SG, Munoz I 2007 Effect of lighting stress on fluctuating asymmetry, heterophil-to-lymphocyte ratio, and tonic immobility duration in eleven breeds of chickens. *Poult Sci* 86(1):37-45.
- Cho EJ, Choi ES, Sohn SH 2019 Effect of hatching and brooding season of chicks on their heat stress response and production performances. *Korean J Poult Sci* 46(2): 77-86.
- Cho EJ, Park JA, Choi ES, Sohn SH 2016 Comparison of stress response in diallel crossed Korean domestic chicken breeds. *Korean J Poult Sci* 43(2):77-88.
- Cotter PF 2015 An examination of the utility of heterophil-lymphocyte ratios in assessing stress of caged hens. *Poult Sci* 94(3):512-517.
- de Haas EN, Kemp B, Bolhuis JE, Groothuis T, Rodenburg TB 2013 Fear, stress, and feather pecking in commercial white and brown laying hen parent-stock flocks and their relationships with production parameters. *Poult Sci* 92(9): 2259-2269.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations 2020 Domestic Animal Diversity Information System. <http://www.fao.org/dad-is/browse-by-country-and-species/en/>. Accessed on February 20 2020.
- Gross WB 1989 Factors affecting chicken thrombocyte morphology and the relationship with heterophil:lymphocyte ratios. *Br Poultry Sci* 30(4):919-925.
- Gross WB, Siegel HS 1983 Evaluation of the heterophil/lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Dis* 27(4):972-979.
- Han SW 1996 Present status of research and commercial production of Korean Ogol chicken. *Korean J Poult Sci* 23(3):145-151.
- Harley CB, Futcher AB, Greider CW 1990 Telomere shorten during ageing of human fibroblasts. *Nature* 345(6274): 458-460.
- Harley CB, Vaziri H, Counter CM, Allsopp RC 1992 The telomere hypothesis of cellular aging. *Exp Gerontol* 27(4): 375-382.
- Hong EC, Choo HJ, Kim HH, Kim CD, Heo KN, Lee MJ, Son BR, Suh OS, Choi HC, Kang BS 2012 Performance of growing period of two-way crossbreed parent stock for producing of laying-type Korean native commercial chickens. *Korean J Poult Sci* 39(3):177-182.
- Jeong HC, Choi ES, Kwon JH, Cho EJ, Sohn SH 2020 Effect of mixed rearing of male and female chickens on the stress response of Korean native chickens. *Korean J Poult Sci* 47(1):29-37.
- Jin S, Jayasena DD, Jo C, Lee JH 2017 The breeding history and commercial development of the Korean native chicken. *World Poult Sci* 73(1):163-174.
- Jung KC, Hoque MR, Seo DW, Park BK, Choi KD, Lee JH 2009 Genotype analysis of the major histocompatibility complex region in Korean native chicken. *Korean J Poult Sci* 36(4):317-322.
- Kang BS, Cheon IC, Lee SJ, Kim SH, Ohh BK, Choi KS 1997 Estimation of heterosis for some economic traits in crossbreds between Korean native chicken and Rhode Island Red I. Hatch and growing performance in crossbreds between Korean native chicken and Rhode Island. *Korean J Poult Sci* 24(3):117-126.
- Kang BS, Kim HK, Kim CD, Heo KN, Choo HJ, HwangBo J, Suh OS, Hong EC 2012 Performance of growing period of two-crossbreed parent stock Korean native chickens for producing of Korean native commercial chickens. *Korean J Poult Sci* 39(1):71-76.
- Kim HS, Kim SD, Lee SS, Kang BS, Lee JK, Cho KH 2010 Estimation of genetic parameters for economic traits in Korean Native Chickens. *Korean J Poult Sci* 37(2): 125-130.
- Kim KG, Choi ES, Kwon JH, Jung HC, Sohn SH 2019a Production performance of 12 Korean domestic chicken varieties preserved as national genetic resources. *Korean J Poult Sci* 46(2):105-115.
- Kim KG, Kang BS, Park BH, Choo HJ, Kwon I, Choi ES, Sohn SH 2019b A study on the change of production performance of 5 strains of Korean native chicken after establishment of varieties. *Korean J Poult Sci* 46(3):193-204.
- Kim SH, Lee SJ, Kang BS, Choi CH, Jang BG, Ohh BK 1998 Studies on the performance of Korean native chickens II. A comparison of performance of various Korean native

- chickens. *Korean J Poult Sci* 25(4):177-183.
- Kim YS, Byun MJ, Suh SW, Kim JH, Cho CY, Cho YM, Lee JW, Choi SB 2015 A comparison of correlation on major economic traits of Korean native chicken and Korean White Leghorn. *Korean J Int Agric* 27(1):105-111.
- Kim YS, Byun MJ, Suh SW, Kim JH, Cho CY, Park SB, Ko YG, Lee JW, Choi SB 2014 Comparison of growth performance at rearing stage between Korean native chicken and imported chickens. *Korean J Int Agric* 26(4):568-573.
- Kim YS, Kim JH, Suh SW, Kim H, Byun MJ, Kim MJ, Kim JS, Lee JW, Choi SB 2012 Comparison of growth performance between Korean native chickens and imported layer chickens at early rearing stage. *Korean J Poult Sci* 39(4):283-290.
- Lee MJ, Heo KN, Choi HC, Hong EC, Kim CD 2014 The performance test in crossbreds of Korean native chickens for the establishment of new lines. *Korean J Poult Sci* 41(1):39-44.
- Lee MJ, Kim SH, Heo KN, Kim HK, Choi HC, Hong EC, Choo HJ, Kim CD 2013 The study on productivity of commercial Korea chickens for crossbred Korean native chickens. *Korean J Poult Sci* 40(4):291-297.
- Lindquist S 1986. The heat-shock response. *Annu Rev Biochem* 55:1151-1191.
- Livak KJ, Schmittgen TD 2001 Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2(-Delta Delta C(T)) method. *Methods* 25(4):402-408.
- Mashaly MM, Webb ML, Youtz SL, Roush WB, Graves HB 1984 Changes in serum corticosterone concentration of laying hens as a response to increased population density. *Poult Sci* 63(11):2271-2274.
- McFarlane JM, Curtis SE 1989 Multiple concurrent stressors in chicks. 3. Effects on plasma corticosterone and the heterophil:lymphocyte ratio. *Poult Sci* 68(4):522-527.
- Meng X, Jerome V, Devin J, Baulieu EE, Catell MG 1993 Cloning of chicken hsp90 beta: The only vertebrate hsp90 insensitive to heat shock. *Biochem Biophys Res Commun* 190:630-636.
- National Institute of Animal Science 1995, 1996, 1997, 1998, 2003, 2004, 2005, 2007, 2008, 2009, 2011 Annual research report. Rural Development Administration.
- Park MN, Hong EC, Kang BS, HwangBo J, Kim HK 2011 Performance and meat quality of three-crossbred Korean native chickens (KNC). *Korean J Poult Sci* 38(4):293-304.
- Park MN, Hong EC, Kang BS, Kim HK, Seo BY, Choo HJ, Na SH, Seo OS, Han JY, Hwangbo J 2010 The study on production and performance of crossbred Korean Native Chickens (KNC). *Korean J Poult Sci* 37(4):347-354.
- Richter T, Proctor C 2007 The role of intracellular peroxide levels on the development and maintenance of telomere-dependent senescence. *Exp Gerontol* 42:1043-1052.
- Sanders JL, Newman AB 2013 Telomere length in epidemiology: a biomarker of aging, age-related disease, both, or neither? *Epidemiol Rev* 35(1):112-131.
- Sang BD, Choi HK, Kim SD, Jang BG, Na JC, Yu EJ, Lee SJ, Sang BC, Lee JH 2003. Effect of strains and environmental factors on economic traits in Korean native chicken. *Korean J Poult Sci* 30(4):235-244.
- Schlesinger JM 1986 Heat shock proteins. *J Cell Biol* 103: 321-325.
- Sohn SH, Cho EJ, Park DB, Jang IS, Moon YS 2014 Comparison of stress response between Korean native chickens and Single Comb White Leghorns subjected to a high stocking density. *Korean J Poult Sci* 41(2):115-125.
- Sohn SH, Cho EJ, Park JA, Hong YH, Kim CD 2015 Analysis of stress response of domestic chicken breeds for the development of a new synthetic parent stock. *Korean J Poult Sci* 42(2):157-167.
- Sohn SH, Subramani VK 2014 Dynamics of telomere length in the chicken. *World's Poult Sci J* 70:721-735.
- Sohn SH, Subramani VK, Moon YS, Jang IS 2012 Telomeric DNA quantity, DNA damage, and heat shock protein gene expression as physiological stress markers in chickens. *Poult Sci* 91(4):829-836.
- Soleimani AF, Zulkifli I, Omar AR, Raha AR 2011 Physiological responses of 3 chicken breeds to acute heat stress. *Poult Sci* 90(7):1435-1440.
- Vleck CM, Vercalino N, Vleck D, Bucher TL 2000 Stress, corticosterone, and heterophil to lymphocyte ratios in free-living Adelie Penguins. *The Condor* 102(2):392-400.
- Zulkifli I, Che Norma MT, Chong CH, Loh TC 2000 Heterophil to lymphocyte ratio and tonic immobility reactions

to preslaughter handling in broiler chickens treated with ascorbic acid. *Poult Sci* 79(3):402-406.

Zulkifli I, Norma MTC, Israf DA, Omar AR 2002 The effect of early-age food restriction on heat shock protein 70 response in heat-stressed female broiler chickens. *Br Poult*

Sci 43(1):141-145.

Received May 15, 2020, Revised Jun. 3, 2020, Accepted Jun. 4, 2020