



토종 종계 육성기 체중이 산란 능력에 미치는 영향

손시환^{1†} · 김기곤² · 최은식³ · 오상현⁴

¹경상국립대학교 동물생명융합학부 교수, ²경상국립대학교 동물생명융합학부 연구원,
³경남축산연구소 농업연구사, ⁴경상국립대학교 축산과학부 교수

Effect of Body Weight in Growing Period on Laying Performance of Korean Native Chicken Breeders

See Hwan Sohn^{1†}, Kigon Kim², Eun Sik Choi³ and Sang-Hyon Oh⁴

¹Professor, Division of Animal Bioscience and Integrated Biotechnology, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea

²Researcher, Division of Animal Bioscience and Integrated Biotechnology, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea

³Researcher, Gyeongsangnam-Do Provincial Government Livestock Research Institute, Sancheong 52263, Republic of Korea

⁴Professor, Division of Animal Science, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea

ABSTRACT This study was to investigate the relationship between chick weight in the growing period and the laying performance of Korean native chicken (KNC) breeders. We measured the body weights of 1,384 KNC breeders at 1-140 days of age at two-week intervals. The age at first egg laying, hen-day and hen-housed egg production, and the egg weights were investigated. Correlation coefficients between the body weight and egg production traits were analyzed. The results showed that the correlation coefficients between body weight and age at first egg laying were significantly positive before 4 weeks, but negative after 8 weeks of age. The correlation coefficients between body weight and egg production rate were estimated to be negative before 8 weeks and positive after 12 weeks of age. Coefficients of hen-day and hen-housed egg production were similar. There was little correlation between body weight and egg weight at 32 weeks of age, whereas a low positive correlation was with egg weight at 50 weeks. In conclusion, there was little correlation between body weight and laying performance before 8 weeks of age, whereas a significant positive correlation was with body weight after 12 weeks. The results suggest that as the chick's weight increases in the late growing stage, sexual maturity is faster, the egg production rate is higher, and the egg weight increases. Therefore, the weight management of KNC female breeders is very important in the late growing stage, and the body weight of chicks must be maintained above the standard weight.

(Key words: Korean native chicken breeder, chick weight, egg production rate, age at first egg laying, egg weight)

서 론

국내 육류 소비량 증가와 더불어 닭고기의 소비량도 증가하는 추세이다. 특히, 국민 소득 증가에 따른 토종 축산물의 선호도가 높아지면서 토종닭의 수요도 증가하고 있다. 그러나 현재 국내 닭고기 시장의 대부분은 브로일러가 점유하고 있고 토종닭은 육계 생산량의 3% 정도에 불과하다(Korea Native Chicken Association, 2022). 토종닭의 국내 시장 점유율을 높이고 보급을 확대하기 위해서는 기존 토종닭의 생산 능력 개량과 더불어 생산비를 낮추는 것이 시급한 과제이

다. 이러한 시점에서 최근 육용형 토종 종계의 개발이 진행되면서 전문 육종 체계를 갖춘 새로운 품종의 고유 종계가 출시되었고 이들로부터 생산된 토종닭의 생산능력도 괄목할 만하게 향상되었다(Limitless Knowledge Management Institute, 2021).

육용 종계의 경우, 부 계통은 산육성 위주로 개량이 이루어지지만, 모 계통은 산육 능력뿐만 아니라 산란 능력도 고려하여야 한다. 따라서 모 계통 종계의 선발 및 사육관리 지침 설정을 위해 이들의 산육 능력과 산란 능력 간의 연관성을 규명하는 것이 대단히 중요하다. 일반적으로 산란계에서

[†] To whom correspondence should be addressed : shsohn@gnu.ac.kr

성숙 시 체중과 난중 간에는 밀접한 정(positive)의 상관 관계가 있으나 산란율과는 큰 관련성이 없는 것으로 보고하고 있다(Bish et al., 1985; Ayorinde et al., 1988; Oke et al., 2004; Lacin et al., 2008). 따라서 산란 개시 때의 체중이 난중에 영향을 미치는 주요 요인으로 이때 표준 체중을 유지하는 것이 무엇보다 중요하다고 제시하고 있다(Robinson and Sheridan, 1982; Summers and Leeson, 1983). 그러나 육성기 때의 체중이 산란 능력에 미치는 영향에 대해서는 매우 제한적인 연구만 소개되고 있는데, 레그혼 종에서 성숙 이전 15주령 때 체중을 기준으로 고 체중과 저 체중 집단의 산란 능력을 비교한 결과, 체중이 높은 집단의 개체들이 더욱 많은 사료를 섭취하고 난중이 높은 반면, 산란율은 체중이 낮은 집단에서 높았다고 하였다(Leeson and Summers, 1987). 한편, 백색폴리머스룩 종을 이용하여 8주령 체중을 기준으로 저 체중과 고 체중으로 36세대 동안 분리 육종한 계통에서 이들의 산란율을 비교·분석한 바 육종 계통 간에 거의 차이가 없었고, 또한 계통내 4주령 및 8주령 개체의 체중과 이들의 산란율 역시 거의 상관 관계가 없는 것으로 보고하였다(Siegel, 1962; Dunnington and Siegel, 1985; Liu et al., 1994, 1995). 그러나 육용 종계 및 토종 종계에서 성숙 이전 개체들의 체중과 산란 능력 간의 연관성에 관한 연구는 거의 찾아볼 수가 없었다.

따라서 본 연구에서는 신품종 토종 종계 모 계통을 대상으로 육성 시 체중이 산란 능력에 미치는 영향을 규명하고자, 발생 시부터 성 성숙 이전까지의 주령별 체중과 이들의 초산일령, 일계 산란율, 산란지수 및 난중과의 상관 관계를 분석·고찰하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물

본 연구에서는 골든씨드프로젝트(GSP) 사업(Park, 2015)에서 개발된 신품종 토종 종계 암컷 1,384수를 대상으로 성장 및 산란 능력을 조사하였다. 공시된 신품종 토종 종계는 1962년 (주)한협원종이 외국으로부터 도입한 Cornish, White Plymouth Rock, Barred Plymouth Rock, Patridge Rock, Rhode Island Red 및 Hampshire 종을 토착종으로 개량하여 순계 계통(PL)을 확립하고 원종계(GPS)를 구성한 다음 이들의 교배조합시험을 통한 최적의 실용계(CC)를 생산할 수 있는 조합으로 조성된 계통이다.

2. 시험 설계 및 사양관리

본 종계는 (주)한협원종으로부터 초생추를 분양받아 경상국립대학교 종합농장 내 육추사 및 종계사에서 50주령까지 사육하였다. 공시계들은 육성기(0-15주) 동안 강제 환기 및 자동 온도조절 시스템이 완비된 무창계사 내 3단 2열 배터리형 케이지에 사육하였고(220 cm²/1수), 16주령에 종계사로 이송한 후 2단 4열 케이지에서 케이지당 8~10수씩(580 cm²/1수) 총 150개의 케이지에 배치한 후 50주령까지 사육하였다. 사료 급여는 사육 단계별로 종계 사양관리 지침에 따라 시판용 초이사료, 병아리 육성기 사료, 산란기 사료를 급여하고 3주령 이후부터 (주)한협원종이 제시한 육용 종계 권장 급여량으로 제한 급여하였다. 점등 관리는 종계 표준 점등관리프로그램에 따라 실시하였고, 사양 기별 백신 접종은 (주)한협원종의 표준 백신 접종프로그램에 따라 실시하였다. 그 밖의 사양 관리는 경상국립대학교 닭 사육관리지침에 따라 실시하였고, 시험에 관련된 닭의 관리 및 취급은 본 대학 동물실험윤리위원회(IACUC, No. 2018-7)의 승인을 얻은 후 규정에 따라 시행하였다.

3. 조사항목

1) 체중

체중 측정은 발생 시 체중을 시작으로 20주령까지는 2주 간격으로 전수에 대한 개체별 체중을 측정하였고, 20주령부터 50주령까지는 10주 간격으로 측정하였다.

2) 산란 형질

산란 형질로 초산일령, 산란율 및 난중을 조사하였다. 초산일령은 케이지별 시험계의 산란율이 5%에 도달한 평균일령으로 하였다. 일계 산란율(Hen-day production)은 초산 때부터 시험종료일까지 주간별 연 생존 수에 대한 총 산란 수의 비율을, 산란지수(Hen-housed production)는 동일 시기의 전체 산란 수를 초산 때 생존 수로 나눈 값으로 나타내었다. 난중은 32주령 및 50주령에 산란한 케이지별 달걀의 전수에 대한 평균 무게로 하였다.

4. 상관 분석

공시된 1,384수를 대상으로 각 조사 항목에 대한 개체별 또는 케이지별 평균값을 이용하여 상관 분석을 수행하였다. 조사 형질 간 상관 분석은 SAS 통계패키지(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)의 CORR procedure를 이용하여 Pearson's correlation coefficient를 산출하고 각 상관계수에

대한 유의성을 검정하였다. 성장기 체중에 대한 각 산란 형질의 상관 양상을 단순선형회귀식(simple linear regression equation)으로 제시하였고 이의 모형은 다음과 같다.

$$\hat{Y} = aX + b$$

여기서,

\hat{Y} = 각 형질 추정치

a = 회귀계수

X = 성장기 체중

b = 절편

결과 및 고찰

1. 시험 종계의 육성기 체중 및 산란 능력

신품종 토종 종계 암컷 1,384수를 대상으로 개체별 발생 때부터 20주령까지의 체중을 2주 간격으로 조사하고 이의 변화 양상을 Fig. 1에 제시하였다. 체중 측정 결과, 우모, 골격 및 근육 형성이 어느 정도 완성되는 8주령 체중은 758.8 ± 39.4 g이었고, 중 병아리로서 체형이 완성되는 12주령 체중은 $1,115.7 \pm 61.5$ g, 성 성숙이 완료되는 20주령 체중은 $1,794 \pm 75.5$ g이었다. 8주령 이후부터 20주령까지 본 집단 체중 변이도(CV)는 평균 5.1% 정도로 집단 내 개체 간의 체중 균일도가 매우 높은 것으로 나타났다.

한편, 본 집단의 평균 초산일령은 163.2 ± 4.4 일이었다. 이들의 주령별 산란 양상은 Fig. 2에 제시된 바와 같고, 초산

이후 50주령까지의 평균 일계 산란율은 $72.7 \pm 6.5\%$, 산란지수는 134.4 ± 15.2 개였으며, 피크 산란은 30주령에 83.5%로 나타났다. 32주령 및 50주령 때 산란한 달걀의 평균 난중은 각각 54.3 ± 1.5 g과 60.2 ± 1.4 g이었다. 국내 토종 종계의 산육 능력 및 산란 능력에 대한 연구들 중, 본 시험과 유사한 토종 종계 교배조합 시험에서 12주령의 평균 체중이 고 체중구는 1,640.9 g, 중 체중구는 1,595.4 g, 저체중구는 1,152.7 g이었으며, 40주령까지의 일계 산란율은 56.7%로 보고된 바 있고(Choi et al., 2017), 동일 종계의 또 다른 교배조합 시험에서 12주령 평균 체중은 1,267 g, 전체 교배조합구의 평균 초산일령은 157일, 평균 산란율은 69%로 보고된 바 있다(Sohn et al., 2021). 이러한 결과와 본 연구 결과를 비교하였을 때, 공시된 종계들의 육성기 체중은 이전 연구의 종계보다 다소 낮은 경향을 보였으나, 산란 능력은 이들에 비해 월등히 높은 성적을 나타내었다. 이와 같은 양상은 육성기 때 제한 급여를 실시함으로써 성숙 이전 체중이 상대적으로 낮게 나타난 것으로 여겨지고, 또한 성 성숙 시점에서 적절한 체중 관리가 이후 산란 능력에 바람직한 영향을 미친 것으로 생각된다.

2. 토종 종계의 육성기 체중과 산란 능력 간 상관 관계

토종 종계의 육성기 체중과 초산일령, 일계 산란율, 산란지수 및 난중 간의 상관 계수를 추정하여 Table 1에 제시하였다. 분석 결과, 육성기 때의 체중과 초산일령 간에는 유의한 상관 관계가 있는 것으로 나타났는데($P < 0.05$), 발생 후 4

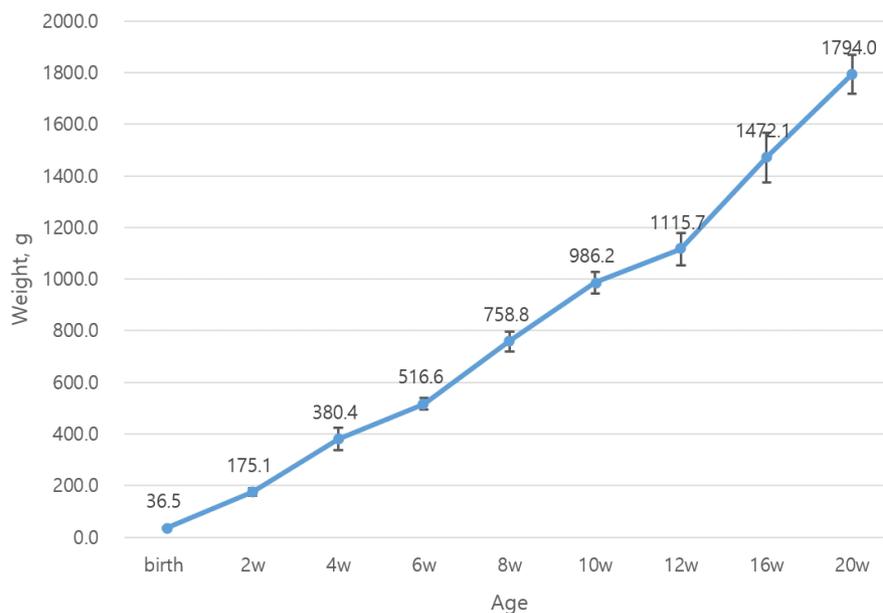


Fig. 1. Body weights of Korean native female chicken breeders in growing period. Scale bars (|) represent standard deviations.

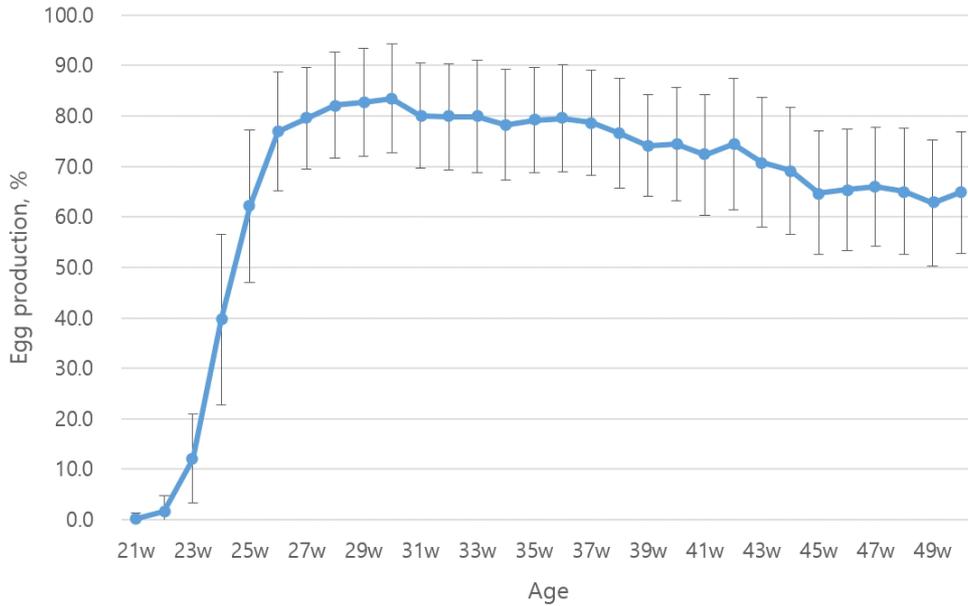


Fig. 2. Egg production curve of Korean native chicken breeder. Scale bars (|) represent standard deviations.

Table 1. Correlation coefficients of body weight from hatch to 20 weeks of age with egg production performance

	Days at first egg laying (day)	Egg production		Egg weight (g)	
		Hen-day (%)	Hen-housed (eggs)	At 32 weeks	At 50 weeks
Hatching weight (g)	0.64**	-0.26**	-0.50**	-0.13	-0.19
Body weight at 4 wk	0.53**	-0.30**	-0.50**	0.10	0.13
Body weight at 8 wk	0.10	-0.05	-0.04	-0.06	0.17
Body weight at 12 wk	-0.44**	0.11	0.28**	0.16	0.37**
Body weight at 16 wk	-0.55**	0.20*	0.39**	-0.05	0.15
Body weight at 20 wk	-0.19*	0.05	0.11	0.18	0.08

An asterisk in superscript indicates a significant level (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$).

주령까지 육성 초기 체중과 초산일령 간에는 정(positive)의 상관성이, 8주령 이후 성 성숙 이전까지의 육성 후기 체중과는 부(negative)의 상관을 보였다(Fig. 3). 이는 발생 및 초기 병아리의 체중이 높을수록 성 성숙이 늦은 반면, 육성 후기 때는 체중이 높을수록 성 성숙이 빠르다는 것을 의미한다. 일반적으로 고 체중의 닭들이 초산일령이 늦고, 저 체중의 닭들이 초산일령이 빠르다는 여러 연구 결과들을 제시하고 있는데(Choi et al., 2017; Sohn et al., 2021), 이는 성숙된 성계의 체중과 초산일령 간의 관계를 나타낸 것으로 본 연구의 육성기 때의 체중이 초산일령에 미치는 영향과는 다소 상이한 양상으로 보여진다. 따라서 본 결과에 따라 토종 종계의 경우 육성기 때 성장이 늦을수록 성 성숙이 지연됨에 따라

육성 후기에 표준 체중 이상을 유지하도록 사양 관리를 하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

발생부터 20주령까지 육성기 동안의 체중과 산란율 간의 상관 관계를 분석함에 있어 산란율은 일계 산란율(Hen-day egg production)과 산란지수(Hen-housed egg production)를 대상으로 하였고, 이들 간의 상관 계수는 Table 1에 제시된 바와 같다. 일계 산란율은 초산부터 50주령까지 연 생존수에 대한 총 산란 수의 비율로 계산하고, 산란지수는 동일 시기의 총 산란 수를 초산 시 생존 수로 나눈 값으로 분석하였다. 분석 결과, 육성기 체중과 일계 산란율 및 산란지수 간에는 비슷한 상관계수를 보이고, 동일한 경향의 상관 관계가 나타났다. 이들 간의 상관 양상은 8주령 이전까지의 체중

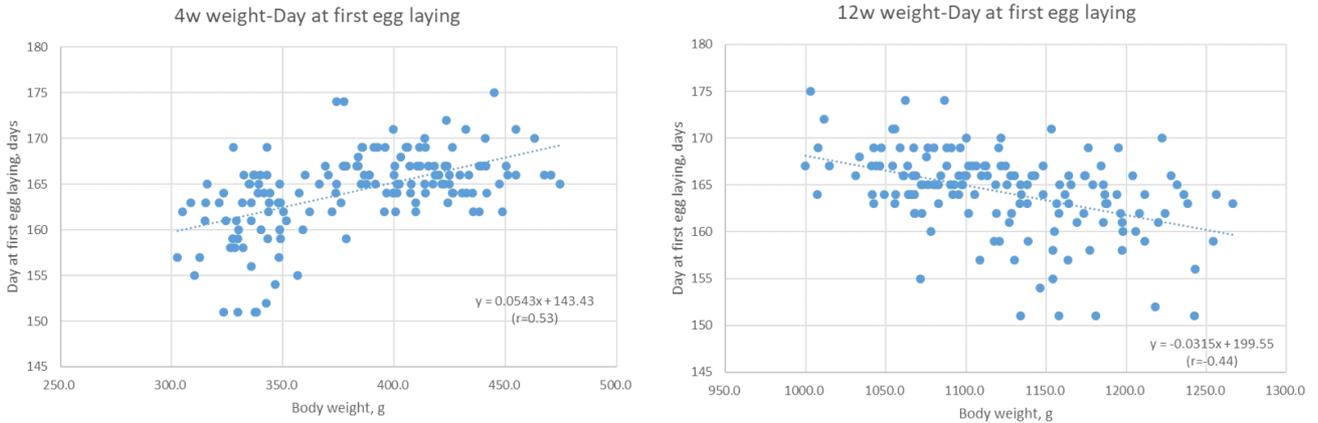


Fig. 3. Relationship between 4- and 12-weeks-old body weight and age at first egg laying in Korean native chicken breeders.

과 산란율 간에는 부의 상관, 12주령부터 성 성숙이 완료되는 20주령까지의 체중과는 정의 상관을 나타내었다(Fig. 4). 이는 육성 초기의 병아리 체중이 높을수록 산란율이 낮아지고, 육성 후기 때는 이와 상반되게 병아리의 체중이 높을수록 산란율이 높아진다는 것을 의미한다. 이러한 양상은 토종 종계의 경우 체형이 완성되는 8주령 이후 성장이 지체

될 경우 산란율에 부정적 영향을 미치고, 정상 체중 이상이 되어야 산란 능력에 긍정적 영향을 미친다는 것을 시사한다. 성 성숙 이전 체중이 산란율에 미치는 영향에 대하여 주로 산란계를 대상으로 하여 수행된 몇몇 보고들이 있는데, 발생 시 병아리의 체중이 높을수록 낮은 산란율을 보인다고 하였고(Mahmoud, 2016), 4주령 및 8주령 체중과 산란율 간

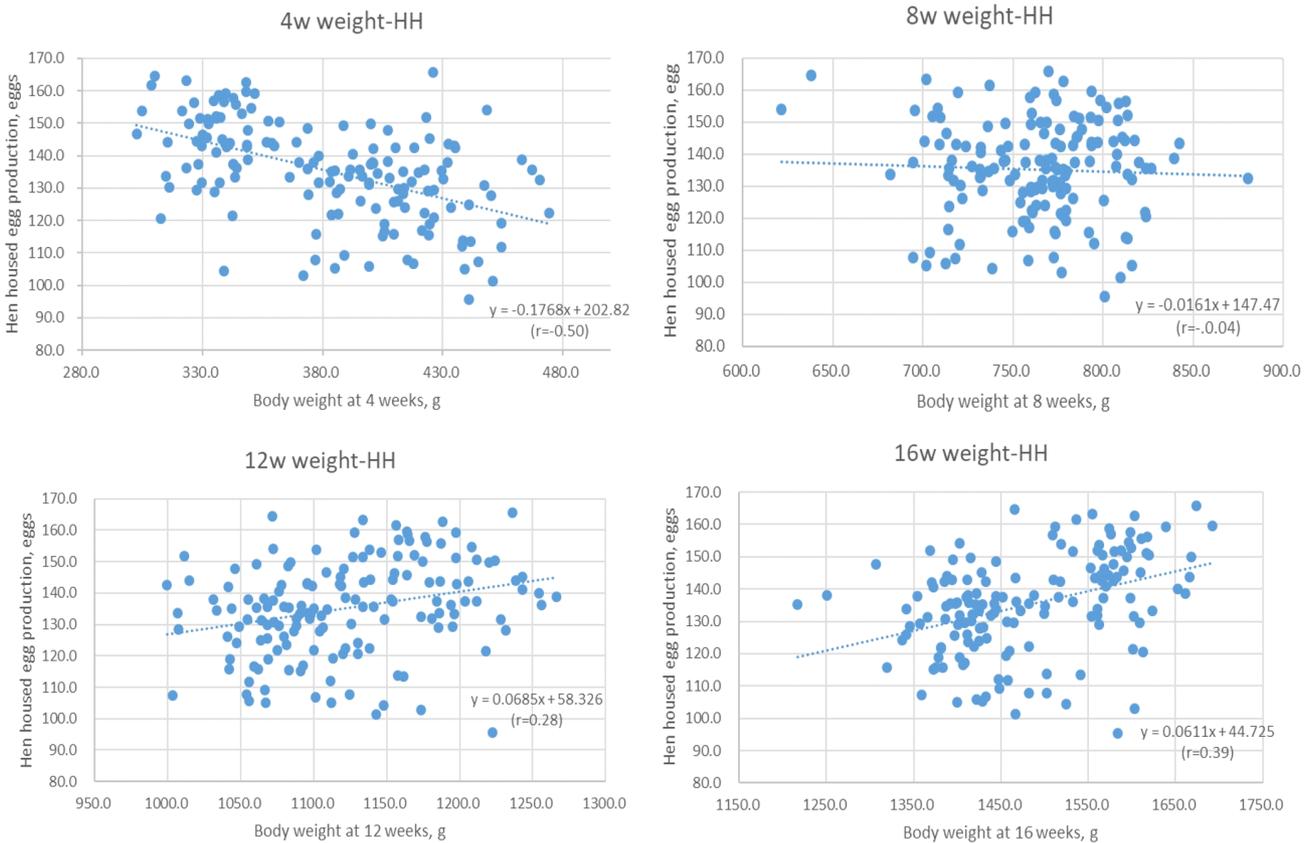


Fig. 4. Relationship between body weight in growing period and hen-housed egg production in Korean native chicken breeders. HH; hen-housed egg production.

의 관계에서 고 체중 계통에서는 부의 상관, 저 체중 계통에서는 약한 정의 상관을 보이거나 이들 계수 모두가 유의하지 않은 것으로 추정되었다(Liu et al., 1995). 또한 15주령 체중이 산란율에 미치는 영향에 대해서 중 체중 구가 가장 높은 산란율을 보이고, 저 체중 구가 고 체중 구보다 높은 산란율을 보인다고 하였다(Leeson and Summers, 1987). 한편, 성 성숙에 도달한 개체들의 체중과 산란율 간의 관계에 대해서는 대부분의 연구들에서 체중과 산란율 간에는 거의 상관 관계가 없음을 보고하였다(Bish et al., 1985; Leeson and Summers, 1987; Ifeanyichukwu, 2007; Lacin et al., 2008). 이러한 결과들은 본 연구 결과와 거의 유사하기는 하나, 육성 후기 동안 체중이 높을수록 산란율에 긍정적 영향을 미치는 결과와는 다소 차이가 있다. 이는 계통에 따른 유전적 차이로 생각되어 토종 종계의 경우 육성 후기에 표준 체중 이상이 되도록 사양 관리를 하는 것이 매우 중요한 요인으로 사료된다.

육성기 체중과 난중 간의 연관성 분석에 있어서 발생 시부터 20주령까지의 체중과 32주령 및 50주령에 생산한 달걀 무게 간의 각 상관 계수를 추정하고 이의 결과를 Table 1에 제시하였다. 분석 결과, 육성기 동안의 체중과 32주령 난중 간에는 거의 상관 관계가 없는 것으로 나타났고, 산란 후기인 50주령 난중과는 대부분 낮은 정의 상관을 보이거나 12주령 체중과는 유의하게 높은 정의 상관이 나타났다(Fig. 5). 이는 육성기 체중이 산란 전기에 생산한 달걀의 난중과는 거의 연관성이 없지만 산란 후기 때 생산하는 달걀의 난중과는 연관성이 있는 것으로 체중이 무거울수록 난중이 증가한다는 것을 시사한다. 이러한 결과는 대부분의 연구에서 성숙 시 체중이 무거울수록 난중이 무겁다고 한 결과와 일치하며 성숙 이전인 15주 및 19주령 체중과 난중 간에도 동

일한 결과를 제시하고 있다(Bish et al., 1985; Leeson and Summers, 1987; Lacin et al., 2008). 그러나 품종에 따라 성숙 시 체중과 난중 간의 상관 관계가 거의 없음도 보고된 바 있다(Ifeanyichukwu, 2007).

결론적으로 토종 종계의 육성기 체중과 산란 능력 간의 연관성에 있어서 8주령 이전까지의 육성 초기 체중과 산란 능력 간에는 거의 연관성이 없는 것으로 보여지고, 12주령 이후 육성 후기 체중과 산란 능력 간에는 정의 상관이 있는 것으로 나타나, 육성 후기 때 병아리의 체중이 증가할수록 성 성숙이 빠르고, 산란율도 높고 난중도 증가함을 시사한다. 따라서 토종 종계의 경우 육성 후기의 사양 관리가 매우 중요하고, 이때 종계들의 체중이 표준 체중 이상이 되도록 유지할 필요성이 있다고 사료된다.

적 요

본 연구는 토종 종계의 육성기 체중과 산란 능력 간의 연관성을 규명하고자 성숙 이전 주령별 체중과 이들의 초산일령, 산란율 및 난중과의 상관 관계를 분석하였다. 공시계는 (주)한협원종이 보유한 신품종 토종 종계 1,384수로써 발생부터 20주령까지의 체중과 초산일령, 초산이후 50주령까지의 일계 산란율 및 산란지수, 32주령 및 50주령 난중을 분석 대상으로 하였다. 분석 결과, 육성 초기 체중과 초산일령 간에는 정(positive)의 상관, 육성 후기 체중과 초산일령 간에는 부(negative)의 상관이 나타났다. 육성기 체중과 일계 산란율 및 산란지수 간에는 비슷한 상관계수를 보이고, 육성 전기 체중과 산란율 간에는 부의 상관, 육성 후기 체중과는 정의 상관을 보였다. 육성기 체중과 32주령 난중 간에는 거의 상관 관계가 없는 것으로 나타났고, 50주령 난중과는

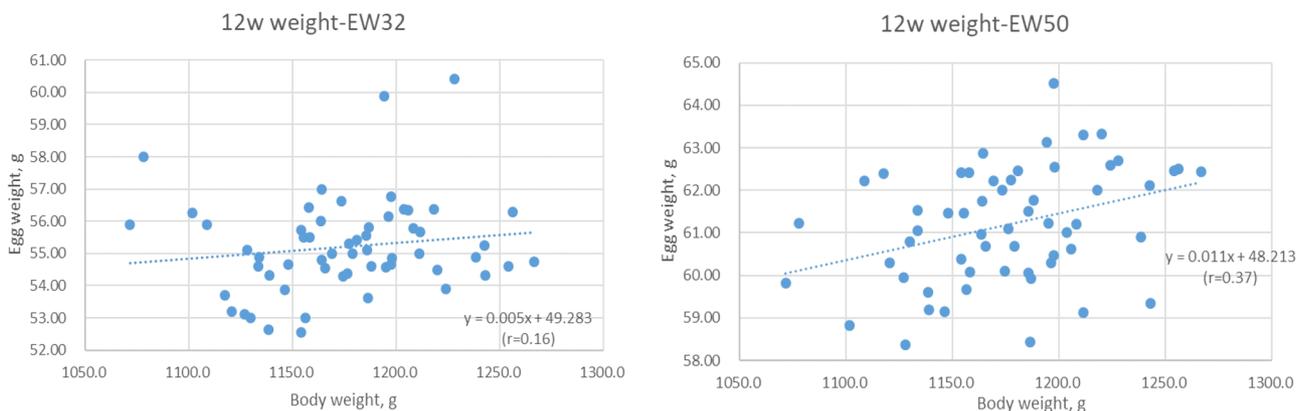


Fig. 5. Relationship between 12-weeks-old body weight and egg weight in Korean native chicken breeders. EW32; egg weight at 32 weeks of age, EW50; egg weight at 50 weeks of age.

낮은 정의 상관관을 보였다. 결론적으로 토종 종계에 있어서 8주령 이전까지의 육성 초기 체중과 산란 능력 간에는 거의 연관성이 없는 것으로 보여지고, 12주령 이후 육성 후기 체중과 산란 능력 간에는 정의 상관관이 있는 것으로 나타났다. 이는 육성 후기 때 병아리의 체중이 증가할수록 성 성숙이 빠르고, 산란율도 높고 난중도 증가함을 시사한다. 따라서 토종 종계 모계의 경우 육성 후기 병아리의 체중 관리가 매우 중요하고, 이때 종계들의 체중이 표준 체중 이상이 되도록 유지하여야 한다.

(색인어 : 토종 종계, 육성기 체중, 산란율, 초산일령, 난중)

사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ016216 032023)의 지원으로 수행되었음.

ORCID

See Hwan Sohn <https://orcid.org/0000-0001-6735-9761>
 Ki Gon Kim <https://orcid.org/0000-0003-0174-520X>
 Eun Sik Choi <https://orcid.org/0000-0002-5169-7034>
 Sang-Hyon Oh <https://orcid.org/0000-0002-9696-9638>

REFERENCES

- Ayorinde KL, Teye AA, Aruleba OA 1988 Association between body weight and two feeding regimes during the growing phase on growth performance and early lay characteristics of pullets. *Nigeria J Anim Prod* 22:101-107.
- Bish CL, Beane WL, Ruszler PL, Cherry JA 1985 Body weight influence on egg production. *Poult Sci* 64(12):2259-2262.
- Choi ES, Bang MH, Kim KG, Kwon JH, Chung OY, Sohn SH 2017 Production performances and heterosis effects of Korean native chicken breed combinations by diallel crossing test. *Korean J Poult Sci* 44(2):123-134.
- Dunnington EA, Siegel PB 1985 Long-term selection for 8-week body weight in chickens - direct and correlated responses. *Theor Appl Genet* 71(2):305-313.
- Ifeanyichukwu U 2007 Influence of weight grouping on the short term egg production of two strains of layer type chicken. *Anim Res Inter* 4(3):741-744.
- Korea Native Chicken Association 2022 Statistics of Korean Native Chicken Production in 2021. http://www.knca.kr/sub05/sub05_4.html. Accessed on December 5, 2022.
- Lacin E, Yildiz A, Esenbuga N, Macit M 2008 Effects of differences in the initial body weight of groups on laying performance and egg quality parameters of Lohmann laying hens. *Czech J Anim Sci* 53(11):466-471.
- Leeson S, Summers JD 1987 Effect of immature body weight on laying performance. *Poult Sci* 66(12):1924-1928.
- Limitless Knowledge Management Institute 2021 Analysis of the Economic Effect of Improving GSP-Korean Native Chickens and Developing New Chicken Breeds. Limitless Knowledge Management Institute, Daegu, Korea.
- Liu G, Dunnington EA, Siegel PB 1994 Responses to long-term divergent selection for eight-week body weight in chickens. *Poult Sci* 73(11):1642-1650.
- Liu G, Dunnington EA, Siegel PB 1995 Correlated responses to long-term divergent selection for eight-week body weight in chickens: growth, sexual maturity, and egg production. *Poult Sci* 74(8):1259-1268.
- Mahmoud FA 2016 Effect of 1-day-old body weight on subsequent performance, behavior and egg quality traits in laying Hyline-White hens kept in cages. *Glob Vet* 17(2):182-190.
- Oke UK, Herbert U, Nwachukwu EN 2004 Association between body weight and some egg production traits in the guinea fowl (*Numida meleagris* Galeata Palas). *Livest Re Rural Dev* 16(9):1-10.
- Park YA 2015 The Specific Evaluation Report of Golden Seed Project. KISTEP, Eumseong, Korea. Pages 1-147.
- Robinson D, Sheridan AK 1982 Effects of restricted feeding in growing and laying period on the performance of White Leghorn by Australorp cross-bred and White Leghorn strain cross chickens. *British Poult Sci* 23(3):199-214.
- Siegel PB 1962 Selection for body weight at eight weeks of age. 1. Short-term responses and heritabilities. *Poult Sci* 41(3):954-962.
- Sohn SH, Choi ES, Cho EJ, Kim BG, Shin KB, Lee SG, Oh KS 2021 Crossbreeding combination test for the production

of new synthetic Korean native commercial chickens.
Korean J Poult Sci 48(3):101-110.

Summers JD, Leeson S 1983 Factors influencing egg size.
Poult Sci 62(7):1155-1159.

Received Jan. 6, 2023, Revised Jan. 31, 2023, Accepted Feb.
9, 2023