



## 산란계와 과산계의 난생산성, 계란품질, 혈액 특성 및 산란 전 행동 특성의 비교

이우도<sup>1</sup> · 김현수<sup>2</sup> · 손지선<sup>2</sup> · 홍의철<sup>2</sup> · 김희진<sup>1</sup> · 강환구<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>국립축산과학원 가금연구소 박사후연구원, <sup>2</sup>국립축산과학원 가금연구소 농업연구사

### Comparison of Egg Productivity, Egg Quality, Blood Parameters and Pre-Laying Behavioral Characteristics of Laying Hens and Poor Laying Hens

Woo-Do Lee<sup>1</sup>, Hyunsoo Kim<sup>2</sup>, Jiseon Son<sup>2</sup>, Eui-Chul Hong<sup>2</sup>, Hee-Jin Kim<sup>1</sup> and Hwan-Ku Kang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Post-Doctor Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

<sup>2</sup>Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

**ABSTRACT** This study was conducted to compare the egg productivity, egg quality, and blood characteristics of laying hens with different laying rates, and the frequency and cumulative duration of the sitting behavior observed before laying was investigated. Twelve 45-week-old Hy-Line Brown laying hens were randomly assigned to two treatment groups with three replicates. Treatment groups were classified as layers laying over 80%(high egg performance layers; HEP) and layers laying below 50%(poor egg performance layers; PEP). The experiment lasted 4 weeks. HEP showed higher hen-house egg production ratio and egg mass and lower feed conversion ratio(FCR) ( $P<0.05$ ) compared with PEP, although egg weight was higher in PEP ( $P<0.05$ ). In terms of egg quality, PEP showed differences in eggshell quality (eggshell color, eggshell thickness, and eggshell weight) ( $P<0.05$ ). Additionally, HEP showed high triglycerides(TG), and PEP showed high alanine transaminase(ALT) level ( $P<0.05$ ) in serum collected in the morning. In the afternoon, the HEP showed higher lactate dehydrogenase(LDH) levels ( $P<0.05$ ). No differences in the Ca: P ratio were observed between layers with different laying rates. One hour before egg laying, HEP exhibited sitting behavior 4 times on average, each lasting 25 minutes. In conclusion, egg production and quality differ between HEP and PEP, and HEP showed frequent sitting behavior before egg laying. However, additional research is necessary to explore approaches other than specific behavioral observation to distinguish poor layers in the flock for application in farms.

(Key words: laying hen, egg production, egg quality, blood characteristic, behavior observation)

## 서론

계란은 전 세계적으로 인간에게 제공되는 가장 큰 동물성 단백질 공급원 중 하나이며, 매년 계란 소비량은 증가하고 있다(Zaheer, 2015; Kuang et al., 2018; Nkukwana, 2018). 산란계는 품종에 따라 산란 시작 시기가 다르지만, 일반적으로 20-22주령에 산란이 시작된다(Hanafy and Elnesr, 2021). 하지만 일부 산란계는 사양관리, 사료 문제, 병원체 감염 및 내분비 이상 등 다양한 원인으로 인해 산란율이 감소하게 된다(Mckay, 2009; Du et al., 2020; Nii, 2022). 또한, 산란계는 산란율에 따라 산란계(Good layers; >80% of egg production), 과산계(Poor layers; <50% of egg production) 또는 비산란계

(non-layers; 0% of egg production)로 구분하고 있다(Harrison et al., 1974; Manwar et al., 2006). Cole and Hutt(1953)는 산란계 농가를 대상으로 조사한 결과, 계군 내 1~6% 비율로 비산란계가 존재하는 것으로 나타났으며, Fitsum and Aliy(2014)는 지역에 따라 비산란계가 최대 8.6%까지 차지하는 것을 보고 하였다. 이러한 비산란계는 정상적으로 사료를 섭취함에도 불구하고 산란하지 않아 가금 산업에 경제적 피해를 야기한다(Hanafy and Elnesr, 2021).

따라서 많은 연구자들은 산란계와 과산계 및 비산란계의 차이와 구분할 수 있는 다양한 특성들에 대해서 조사하였다. Clevenger and Hall(1935)는 산란계의 머리 크기와 난생산성의 연관성을 조사하였고, Ani and Nnamani(2011)는 비

\* To whom correspondence should be addressed : magic100@korea.kr

슬의 상태에 따라 산란율과 연관성이 있음을 보고하였다. 또한 깃털 상태도 산란계와 과산계에서 차이를 보였으며 (Hagger et al., 1989; Glatz, 2001), 체중에 따라 서로 다른 산란율을 나타내었다(Bish et al., 1985; Pérez-Bonilla et al., 2012). Brady et al.(2021)은 산란계의 경우 과산계에 비해 프로게스테론과 에스트로겐 분비 관련 유전자 발현이 증가한 것으로 조사되었다. 하지만 아직까지 산란계와 과산계 및 비산란계의 사료섭취량 차이를 비롯한 난생산성과 계란 품질을 조사한 연구사례는 드물며 산란율에 따른 생화학 성분 차이를 보고한 연구는 없었다.

산란계와 비산란계는 행동에서도 차이가 있는 것으로 알려졌다. 조사된 행동으로는 안절부절 못함(Pacing behavior), 섭식(Feeding behavior) 및 깃털 다듬기 행동(Preening behavior) 등이 있으며, 특히 산란계에서 나타나는 앉기 행동(Sitting or Crouching)은 비산란계와 달리 나타나는 산란 전 행동으로 산란 장소를 선택 후 관찰되는 행동이다(Wood Gush et al., 1969; Ramos and Craig, 1988; Hunniford and Widowski, 2016). 앉기 행동은 사육환경에 따라 다양하지만 평균적으로 20분 이상 유지하는 것으로 조사되었다(Sherwin and Nicol, 1993; Wall et al., 2004; Cronin et al., 2005; Hunniford and Widowski, 2016).

따라서, 본 연구에서는 선례 연구를 바탕으로 산란계와 과산계에서의 난생산성, 난각품질, 혈액생화학 및 산란전 행동특성 차이를 조사하기 위해 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시동물 및 시험설계

산란계와 과산계의 선별을 위하여 Hy-Line Brown 43주령 계군을 2주간 사전조사 하였으며, 산란계는 평균 산란율이 80% 이상, 과산계는 50% 이하로 통계적 차이를 갖는 개체를 선별하였다. 기준에 충족하는 과산계는 6수로, 산란계도 동일하게 6수 선별하여 총 12수를 공시하였다. 2개의 처리구는 산란율에 따라 산란계(Layers with a laying rate of over 80%; HEP)와 과산계(Layers with a laying rate of below 50%; PEP)로 구분하였으며, 각 처리구 당 3반복, 반복 당 2수씩 임의 배치하였다. 시험은 총 4주간 수행하였다. 본 시험은 농촌진흥청 국립축산과학원 실험동물윤리위원회의 규정에 따라 동물실험을 수행하였다(승인번호: NIAS20212278).

### 2. 사료 및 사양관리

시험사료는 옥수수-대두박 위주의 상업용 사료(2,800 kcal/kg ME, 17.0% CP)를 이용하였으며, 모든 처리구에 동일한 사료를 제공하였다. 시험기간 동안 실험동물들은 A자형 2단 철제 케이지(가로 30 cm × 세로 35 cm × 높이 50 cm)에서 사육되었으며, 계사 내 환경은 관행적인 일반 산란계 사양방법에 따라 유지되었다. 사료 급이기 및 급수기의 개수는 반복별 동일하게 배치하였으며, 자유 섭취 및 음수하도록 하였다. 시험기간 동안 점등시간은 일일 16시간(06:00~22:00)으로 고정, 8시간(22:00~06:00)은 암전하였다.

### 3. 조사항목

#### 1) 난 생산성

본 연구에서 난 생산성의 분석항목으로는 개시체중(body weight), 산란율(hen-house egg production; HHEP), 난중(Egg weight), 산란량(Egg mass), 사료섭취량(Feed intake), 및 사료요구율(feed conversion ratio; FCR)을 조사하였다. 일일산란율은 시험기간 동안 14:00에 집란하여 사육수수로 나누어 구하였으며, 총 무게를 수집된 계란 수로 나누어 평균 난중을 구하였다. 사료 잔량은 매주 동일한 시간에 측정하였으며, 총 급여량에서 사료 잔량, 허실량을 제외한 값을 반복당 수수로 나누어 일당사료섭취량을 산출하였다. 산란량은 산란율과 평균난중을 곱한 후, 100으로 나누어 한 마리의 산란계가 하루에 낳는 계란의 무게로 계산하였다. 또한 산출된 사료섭취량과 일일산란량을 통하여 사료요구율을 계산하였다.

#### 2) 계란 품질

계란 품질은 시험기간 동안 산란된 계란을 모두 수집하여 난중(Egg weight), Haugh units, 난백고(Albumen height), 난각색(Eggshell color), 난황색(Egg yolk color), 난각강도(Eggshell strength), 난각두께(Eggshell thickness) 및 난각무게(Eggshell weight)를 측정하였다. 난중, Haugh units, 난백고, 및 난황색은 계란품질자동분석기(QCM+, Technical services & supplies Ltd., England)를 사용하였다. 난각강도는 난각강도계(Egg shell force gauge model II, Robotmation Co., Ltd, Japan)로 계란의 둔단부에 압력을 가하여 파괴되는 순간의 압력을 기록하였으며, 난각두께는 난각막을 제거한 난각파편의 중앙부를 난각두께측정기(Digimatic micrometer, Series 547-360, Mitutoyo, Japan)로 측정하였다. 난각색은 eggshell color fan(㈜삼양사배합사료)를 이용하여 측정하였

으며, 난각무게는 할란 후 난백, 난황 및 난막을 제거한 후 난각 중량을 측정해 기록하였다.

### 3) 혈액 특성

혈액특성 조사를 위해 시험 종료일에 총 2회의 채혈을 진행하였다. 채혈은 점등 이후 09:00와 소등 전 21:00에 실시하였으며, 모든 개체를 대상으로 수행하였다. 채혈 방법은 익하정맥 채혈법을 이용하였다. 채취한 혈액은 ethylenediaminetetraacetic acid(EDTA) 튜브에 즉시 주입해 혈액응고를 방지하였으며, 3,000 rpm, 4°C에서 15분간 원심분리(VISION SCIENTIFIC Co.,Ltd, Daejeon-Si, Republic of Korea)하여 혈청을 분리하였다. 혈액 생화학 조성은 자동혈액분석기(AU480, Beckman Coulter, Tokyo, Japan)를 사용해 측정하였으며, 총 콜레스테롤(Total cholesterol; TCHO), 중성지방(Triglycerides; TG), 크레아티닌(Creatinine; CRE), 아스파르테이트아미노전달효소(Aspartate aminotransferase; AST), 알라닌 아미노전이효소(Alanine aminotransferase; ALT), 젖산탈수소효소(Lactate dehydrogenase; LDH), 칼슘(Calcium; Ca) 및 인(Phosphorus; P)을 측정하였다.

### 4) 산란 전 행동 특성

산란계의 산란 전 특정 행동을 관찰하기 위하여 OZ RAY HK380(OZRAY, Gyeonggi-do, Republic of Korea) 열화상 카메라 3대를 설치해 영상을 확보하였다. 열화상 카메라 1대당 산란계 2수, 과산계 2수씩 촬영하였으며, 영상 녹화 시간은 점등시간인 06:00시부터 산란이 완료되는 15:00시까지 실시하였다.

관찰한 산란 전 특정 행동은 앉기 행동(Sitting or Crouching

behavior)이며, 산란하는 순간을 기준 1시간 전부터 관찰되는 행동의 빈도수와 유지시간을 기록하였다. 산란하는 모든 개체를 대상으로 분석하였으며, 매주 3일을 임의로 선택하여 기록하였다.

### 4. 통계처리

각 처리구별 분석한 항목에 대한 결과들은 Statistical Analysis System(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 *t*-test로 처리 간 평균값을 비교하였다. 처리구간의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의 수준  $P<0.05$ 에서 검정하였다.

## 결 과

### 1. 난 생산성

산란율 및 산란 여부에 따른 난생산성 결과는 Table 1에 나타내었다. 개시체중에서 HEP와 PEP는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 산란율은 4주간의 실험기간동안 HEP에서 유의적으로 높았으며( $P<0.05$ ), 난중은 PEP에서 더 무거웠다( $P<0.05$ ). 산란량은 HEP에서 PEP에 비해 유의적으로 높았다( $P<0.05$ ). 사료섭취량은 처리구에 따른 차이를 보이지 않았지만, 사료요구율은 HEP에서 유의적으로 감소했다( $P<0.05$ ).

### 2. 계란 품질

HEP와 PEP에서의 계란품질 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. Haugh units 및 난백고의 경우 처리에 따른 유의차는 없었다. 난황색은 PEP가 짙은 색을 띠었으며( $P<0.05$ ), 난

**Table 1.** Egg productivity of high- and low-productivity hens

Item	HEP	PEP	SEM <sup>1</sup>	<i>P</i> -values
Initial body weight (g)	2,056.7	2,424.0	99.22	0.114
HHEP (%)	96.43 <sup>a</sup>	30.36 <sup>b</sup>	16.33	0.013
Egg weight (g)	64.60 <sup>b</sup>	67.10 <sup>a</sup>	0.58	<0.001
Egg mass (g/hen/day)	62.30 <sup>a</sup>	20.37 <sup>b</sup>	10.47	0.015
Feed intake (g/hen/day)	122.50	94.01	9.32	0.122
FCR (g feed/g egg)	1.97 <sup>b</sup>	3.49 <sup>a</sup>	0.35	0.003

<sup>1</sup> SEM, standard error of the mean.

<sup>a,b</sup> Means in same rows with different superscripts are significantly different ( $P<0.05$ ).

HEP, layers with a laying rate of over 80%; PEP, layers with a laying rate of below 50%.

HHEP, hen-house egg production.

**Table 2.** Egg quality of high- and low-productivity hens

Item	HEP	PEP	SEM <sup>1</sup>	P-values
Haugh units	80.01	80.05	0.51	0.861
Albumin height (mm)	6.74	6.81	0.06	0.620
Egg shell color	29.53 <sup>a</sup>	25.76 <sup>b</sup>	0.81	0.008
Egg yolk color	5.76 <sup>b</sup>	7.03 <sup>a</sup>	0.26	0.016
Egg shell breaking strength (kgf)	3.42 <sup>b</sup>	4.07 <sup>a</sup>	0.15	0.001
Egg shell thickness (mm)	0.42 <sup>b</sup>	0.45 <sup>a</sup>	0.007	0.005
Egg shell weight (g)	6.92 <sup>b</sup>	7.57 <sup>a</sup>	0.13	<0.001

<sup>1</sup> SEM, standard error of the mean.

<sup>a,b</sup> Means in same rows with different superscripts are significantly different ( $P<0.05$ ).

HEP, layers with a laying rate of over 80%; PEP, layers with a laying rate of below 50%.

각색은 HEP에서 더 어두운 난각색을 나타내었다( $P<0.05$ ). 난각강도와 난각두께는 PEP에서 높았으며, 난각무게 또한 PEP 처리구에서 유의적으로 높게 나타났었다( $P<0.05$ ).

### 3. 혈액 특성

시간대별 HEP와 PEP의 혈액 일반성분 분석 결과는 Table 3 및 Fig. 1과 같다. 오전 9시에 채취한 혈액에서는 PEP에서 유의적으로 높은 ALT 수준을 보였고, TG는 HEP에서 높게 관측되었다( $P<0.05$ ). 오후 9시에 채취한 혈액에서는 HEP에서 높은 LDH 수치를 나타내었다( $P<0.05$ ). Ca, P의 비율을 볼 때, 시간대별 두 처리구가 유의적인 차이를 보이지 않았다.

### 4. 산란계의 산란 전 행동 특성

HEP의 산란 전 1시간 동안 앉기 행동의 관찰된 빈도수와 유지시간을 Fig. 2에 나타내었다. 4주간의 시험기간동안 HEP는 앉기 행동 빈도수와 누적 유지시간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 산란 전 1시간 동안 앉기 행동의 평균 빈도수는 약 4회로 관측되었으며, 행동의 누적 유지 시간은 약 25분으로 나타났다.

## 고 찰

본 연구에서 HEP는 PEP에 비해 높은 산란율과 산란량 그리고 낮은 FCR을 보였으나, PEP에서 높은 난중이 관찰되었다. 여러 연구에서도 산란율에 따른 산란계의 생산성에

**Table 3.** Blood characteristics of high- and low-productivity hens over time

Item	HEP	PEP	SEM <sup>1</sup>	P-values
AM 9				
AST (U/L)	178.70	210.92	13.04	0.212
ALT (U/L)	4.01 <sup>b</sup>	36.92 <sup>a</sup>	7.36	0.018
Ca (mg/dL)	28.85	30.60	0.84	0.298
P (mg/dL)	7.11	9.29	0.72	0.118
Ca/P	4.10	3.55	0.82	0.264
TCHO (mg/dL)	166.50	381.10	66.23	0.092
TG (mg/dL)	1,658.23 <sup>a</sup>	1,292.68 <sup>b</sup>	65.48	<0.001
LDH (mg/dL)	1,965.08	1,692.28	233.85	0.568
CRE (mg/dL)	0.35	0.33	0.007	0.334

**Table 3.** Continued

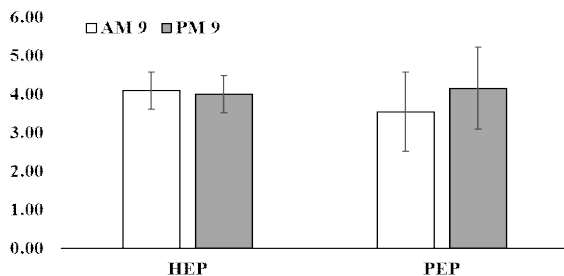
Item	HEP	PEP	SEM <sup>1</sup>	P-values
PM 9				
AST (U/L)	177.77	210.20	10.94	0.127
ALT (U/L)	4.62	11.05	3.60	0.377
Ca (mg/dL)	30.11	29.38	0.61	0.558
P (mg/dL)	7.64	7.59	0.59	0.973
Ca/P	4.00	4.16	0.80	0.743
TCHO (mg/dL)	188.95	366.80	67.08	0.178
TG (mg/dL)	1,431.63	1,409.60	56.90	0.851
LDH (mg/dL)	893.28 <sup>a</sup>	599.66 <sup>b</sup>	75.43	0.035
CRE (mg/dL)	0.33	0.34	0.005	0.141

<sup>1</sup> SEM, standard error of the mean.

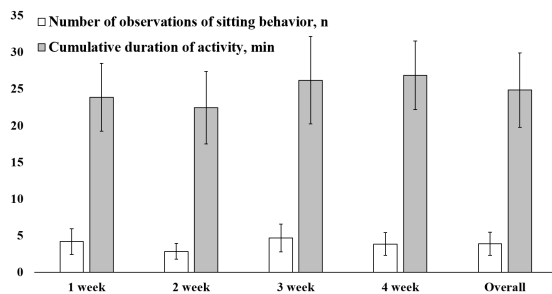
<sup>a,b</sup> Means in same rows with different superscripts are significantly different ( $P < 0.05$ ).

HEP, layers with a laying rate of over 80%; PEP, layers with a laying rate of below 50%.

AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; Ca, calcium; P, phosphorus; TCHO, total cholesterol; TG, triglycerides; LDH, lactate dehydrogenase; CRE, creatinine.



**Fig. 1.** Changes in serum calcium to phosphorus ratio during the egg laying cycle in 49-wk-old Hy-Line Brown laying hens. HEP=layers with a laying rate of over 80%; PEP= layers with a laying rate of below 50%. Data are means of 6 observations±standard error of the mean.



**Fig. 2.** Frequency and cumulative duration of sitting behavior before laying egg of high egg performance layers. The number of sitting behaviors and cumulative duration were recorded for 1 h before laying egg of HEP. Data are means of 6 observations±standard error of the mean.

대해 조사하였으며, 그 중 평균 산란율을 갖는 산란계에서의 낮은 FCR과 낮은 산란율을 갖는 산란계에서의 높은 난중은 본 연구 결과와 동일하였다. Choi et al.(2004)의 연구에서는 산란계가 산란에 따라 비산란계보다 약 10g의 사료를 더 섭취하였으며, Morris and Taylor(1967)는 계란의 난각을 형성 중에 사료 섭취량이 증가한다고 보고하였다. 또한 한 연구에서는 산란계의 평균 사료섭취량이 110.3 g인 반면 비산란계는 90.0 g으로, 우리의 연구와 비슷한 사료섭취량을 보였다(Okazaki et al., 1993). Rhee(1986)는 산란계와 비산란계의 대사 에너지 요구량을 비교한 결과, 산란계는 149 Kcal/kg, 비산란계 135 Kcal/kg로 조사되었다. 이는 산란계가 산란을 하기 위해서 유지를 위한 에너지보다 많은 에너지가 요구되는 것을 보여준다. 그러나 산란계 및 비산란계의 사료 섭취 및 이용에 대한 구체적인 메커니즘은 아직 명확하지 않다(Wang et al., 2021).

계란의 형성은 배란부터 산란까지 1일 이상이 걸리는 과정으로 계란 품질은 유전, 사료 및 음수품질, 연령, 산란 시간 등 여러 요인에 영향을 받는다(Ahmadi and Rahimi, 2011; Kryeziu et al., 2011; Son et al., 2022). 그 중 산란 시간은 난각 특성을 결정하는 중요한 생리적 역할을 하는데 그 이유는 자궁부에서 머무는 시간이 난각의 축적량과 난각 두께에 영향을 주기 때문이다(Tůmová et al., 2008). 난각색은 소비자의 선택에 영향을 주는 계란 품질 중 하나로, 자궁

부에서 분비되는 난각 색소의 침착에 의해 달라진다(Sparks, 2011; Ren et al., 2022). 이 중 영향을 크게 주는 주요 색소들은 적갈색을 나타내는 프로토포르피린(Protoporphyrin)과 청록색을 담당하는 빌리베르딘(Biliverdin)으로, 이들이 난각에 침착되는 수준에 따라 난각색이 다양해지는 것으로 보고되었다(Sparks, 2011; Wang et al., 2017). 본 연구에서는 Haugh units과 난백고에는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, PEP가 생산한 계란에서 짙은 난황과 높은 난각 무게가 관찰되었으며 난각 두께와 강도 또한 높았다. 이러한 결과는 이전에 보고된 연구 사례와 같이 산란 간격이 긴 PEP의 계란 형성 시 작용하는 여러 요인에 의한 것으로 판단되나(Chen et al., 2021), 정확한 원인 규명에 있어서 추가 연구가 필요하다.

혈액 생화학적 분석은 가축의 건강을 객관적으로 평가하고 체내 질병 등 이상증상을 정확하게 진단하는데 있어 중요하다(Lee et al., 2022). 여러 지표 중 AST, ALT 및 LDH는 체내 간 손상(Hepatocellular degeneration) 또는 스트레스에 의해 수치가 증가하는 지표이며, CRE는 신장 기능 장애의 지표이다(Yalçın et al., 2012; Ma et al., 2018; Son et al., 2022). 또한 TCHO와 TG는 체내 지질대사 상태를 나타내는 지표물질로 지질 합성, 가수분해 및 에너지원으로 활용되며 부족 시 성장, 번식, 난각품질, 계란 크기 및 계란 생산에 영향을 주는 것으로 보고되었다(Abd-Razig et al., 2010; Deng et al., 2012). 본 연구에서는 PEP에서 높은 ALT 수치와 HEP의 높은 TG 및 LDH 수치를 보였다. 하지만, 비슷한 주령의 Hy-Line Brown을 공시한 이전 연구들을 보았을 때(Bovera et al., 2018; Lim et al., 2020; Kothari et al., 2021), 관찰된 수치는 정상 범위 내에 속한 것으로 보여 건강 및 대사 상태에 이상 없는 것으로 판단된다.

혈액 내 Ca와 P는 뼈 형성시 사용되며, 특히 산란계의 경우 난각 형성에 필수적인 미네랄 영양소이다(Neijat et al., 2011). 이들은 각각의 식이 수준과 장, 신장 및 골격 상승 작용을 통해 조절되는데 P가 과도하게 많으면 Ca와 결합하여 불용성 인산염을 형성하고 체내에서 Ca 흡수를 방해해 난각 질을 저하시킨다(Lee et al., 2021). 반대로 P의 결핍은 Ca의 배설을 유도해 다리 이상(Cartilage or Cage scattering fatigue)을 유발할 수 있어 적절한 Ca와 P의 비율을 유지하는 것이 중요하다. 한편, 산란계와 비산란계의 혈액 내 미네랄 함량 차이와 시간에 따른 변화에 대한 연구결과가 보고되었다. Taylor and Kirkley(1967)은 산란일과 비산란일에 체내 미네랄 함량을 조사한 결과, 칼슘을 비롯한 미네랄 함량

이 산란일에 더 많은 것을 확인하였다. Miller et al.(1978)은 산란계가 산란함에 따라 혈청 내 인의 변화는 컸으나, 칼슘은 산란과 상관없이 비슷하였음을 보고하였다. 본 연구에서는 혈액 채취 시간과 상관없이 비슷한 Ca와 P의 비율을 보였으며, 산란 여부에 따른 혈액 내 미네랄 함량의 변화 및 차이를 밝히기 위하여 더 세밀한 분석이 필요할 것으로 판단된다.

산란계는 산란하기 전 섭식행동, 음수행동, 서 있기, 걷기, 다듬기, 눕기, 잠자기 등 다양한 행동이 관찰되지만, 그 중 앓기 행동이 급격하게 증가하는 것으로 보고되었다(Sherwin and Nicol, 1993). Sherwin and Nicol(1993)의 연구에 따르면, 평상시에는 다양한 행동들이 비슷한 분포를 보였으나 산란 1시간 전부터 섭식, 음수, 및 서 있는 행동의 빈도수가 감소하고 앓기 행동의 횟수가 증가하는 것으로 나타났다. 산란 후에는 앓기 행동 빈도가 감소하였으며 섭식 행동을 포함한 다른 행동들의 빈도가 다시 증가하였다. 이러한 앓기 행동은 사육시설 및 사육환경에 따라서도 달라지는데, Cronin et al.(2005)은 등지가 있는 케이지의 산란계가 산란 전 약 25분의 앓기 행동이 관찰되었으나, 평사 사육시설의 산란계는 유지시간이 약 10분 관찰되었다. 또한 복지 사육시설인 aviary 시스템에서는 23분의 앓기 행동이 관찰되었으나 cage 시스템에서는 17분의 앓기 행동이 관찰되었다. 산란 전 1시간 동안 앓기 행동을 관찰한 본 연구에서는 약 4회의 앓기 행동과 25분의 유지 시간을 보이며 이전 연구결과와 유사한 것으로 나타났다. 본 실험의 결과로 보았을 때, 산란 전 앓기 행동 관찰은 산란계와 비산란계를 구분할 수 있는 방법으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 행동관찰을 통해 산란계와 비산란계를 판별하는 것은 추가적인 화학분석이나 장시간 관찰이 필요하지 않아 계군관리에 편리성을 제공할 수 있을 것으로 사료된다. 때문에, 높은 판별력을 가진 행동 패턴 데이터의 원격 시스템 적용은 보다 효율적으로 계군을 관리하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 하지만, 비산란계 판별 정확도를 높이기 위해서는 다양한 접근을 통한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 적 요

본 연구는 산란 능력에 따른 산란계의 난생산성, 계란품질, 혈액특성 및 산란 전 특정 행동의 빈도수와 유지시간에 대해 조사하였다. 45주령 Hy-line brown 산란계를 2개 처리구, 3반복으로 반복 당 2수씩 총 12수 배치하였다. 처리구는

산란율이 80% 이상인 산란계(High egg production layers; HEP)와 산란율이 50% 이하인 과산계 및 비산란계(Poor egg performance layers; PEP)이며, 4주간 시험을 수행하였다. 산란율과 난중 및 계란품질은 매일 측정하였으며, 사료섭취량, 사료요구율은 사료 급이량과 사료 잔량을 고려하여 매주 측정하였다. 혈청 생화학 분석은 실험 종료일에 12시간 간격으로 2회 채혈하여 분석하였으며, 산란 전 행동 관찰은 전 시험기간동안 점등 시간(06:00)부터 15:00까지 산란계의 행동을 녹화하여 앉기 행동 빈도수와 유지시간을 관찰하였다. 본 연구의 결과, HEP은 높은 산란율과 산란량 및 낮은 사료 요구율을 보였으나( $P<0.05$ ), 난중은 PEP에서 유의적인 차이를 보였다( $P<0.05$ ). 사료섭취량은 두 처리구에서 비슷한 결과를 나타내었다. 계란 품질에서 Haugh units와 난백고는 차이를 보이지 않았으나, PEP에서 어두운 난각색과 두껍고 단단한 난각을 형성하였으며 더 많은 양의 난각을 생산하였다( $P<0.05$ ). 오전에 채혈한 혈청에서는 HEP에서 높은 TG를 보였으며, PEP는 ALT 수치가 높게 나타났다( $P<0.05$ ). 오후에 채혈한 혈청에서는 HEP에서 LDH 수치가 높았으며( $P<0.05$ ), 그 외 혈청 생화학 성분은 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 시간대별 채취한 혈청 내 칼슘과 인의 비율은 두 처리구간 비슷하였다. 산란 1시간 전 HEP의 앉기 행동을 관찰한 결과 약 4회, 25분간 행동을 유지하는 것으로 조사되었으며 매주 비슷한 행동 빈도와 유지시간이 관찰되었다. 결론적으로 HEP와 PEP는 난생산성과 사료효율 및 계란품질에도 차이가 나타났으며, HEP는 산란 전에 앉기 행동이 빈번하게 관찰되고 오래 유지하였다. 하지만 특정 행동 관찰 외 계군 내 과산계와 비산란계를 판별할 수 있는 다양한 접근 방법 탐색과 농가 적용 가능성에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

(색인어 : 산란계, 난생산성, 계란품질, 혈액특성, 행동 관찰)

## 사 사

본 결과물은 2022년 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원과 농림축산식품부 및 과학기술정보통신부, 농촌진흥청의 재원으로 농림식품기술기획평가원과 재단법인 스마트팜연구개발사업단의 스마트팜다부처패키지혁신기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(과제고유번호: 421 015-04, PJ016454)

## ORCID

Woo-Do Lee	<a href="https://orcid.org/0000-0003-4861-4637">https://orcid.org/0000-0003-4861-4637</a>
Hyunsoo Kim	<a href="https://orcid.org/0000-0001-8887-1318">https://orcid.org/0000-0001-8887-1318</a>
Jiseon Son	<a href="https://orcid.org/0000-0002-5285-8186">https://orcid.org/0000-0002-5285-8186</a>
Eui-Chul Hong	<a href="https://orcid.org/0000-0003-1982-2023">https://orcid.org/0000-0003-1982-2023</a>
Hee Jin Kim	<a href="https://orcid.org/0000-0002-6959-9790">https://orcid.org/0000-0002-6959-9790</a>
Hwan-Ku Kang	<a href="https://orcid.org/0000-0002-4286-3141">https://orcid.org/0000-0002-4286-3141</a>

## REFERENCES

- Abd-Razig NM, Sabahelkhier MK, Idris OF 2010 Effect of gum Arabic (*Acacia senegal* L. Willd) on lipid profile and performance of laying hens. *J Appl Biosci* 32:2002-2007.
- Ahmadi F, Rahimi F 2011 Factors affecting quality and quantity of egg production in laying hens: a review. *World Appl Sci J* 12(3):372-384.
- Ani AO, Nnamani ME 2011 The physical and laying characteristics of Golden sex linked hens under the humid tropical environment. *Pak J Nutr* 10(11):1041-1047.
- Bish CL, Beane WL, Ruszler PL, Cherry JA 1985 Body weight influence on egg production. *Poult Sci* 64(12):2259-2262.
- Bovera F, Loponte R, Pero ME, Cutrignelli MI, Calabrò S, Musco N, Vassalotti G, Panettieri V, Lombardi P, Piccolo G, Meo CD, Siddi G, Fliegerova K, Moniello G 2018 Laying performance, blood profiles, nutrient digestibility and inner organs traits of hens fed an insect meal from *Hermetia illucens* larvae. *Res Vet Sci* 120:86-93.
- Brady K, Liu HC, Hicks JA, Long JA, Porter TE 2021 Transcriptome analysis during follicle development in Turkey hens with low and high egg production. *Front Genet* 12:619196.
- Chen X, He Z, Li X, Song J, Huang M, Shi X, Li X, Li J, Xu G, Zheng J 2021 Cuticle deposition duration in the uterus is correlated with eggshell cuticle quality in White Leghorn laying hens. *Sci Rep* 11(1):1-12.
- Choi JH, Namkung H, Paik IK 2004 Feed consumption pattern of laying hens in relation to time of oviposition. *Asian-Australas J Anim Sci* 17(3):371-373.
- Clevenger LC, Hall GO 1935 Head type in relation to annual egg production and egg weight. *Poult Sci* 14(1):54-60.

- Cole RK, Hutt FB 1953 Normal ovulation in non-laying hens. *Poult Sci* 32(3):481-492.
- Cronin GM, Butler KL, Desnoyers MA, Barnett JL 2005 The use of nest boxes by hens in cages: what does it mean for welfare? Pages 121-128 In: *Proceedings of the 7th European Symposium on Poultry Welfare*, Lublin, Poland.
- Deng W, Dong XF, Tong JM, Xie TH, Zhang Q 2012 Effects of an aqueous alfalfa extract on production performance, egg quality and lipid metabolism of laying hens. *J Anim Physiol Anim Nutr* 96(1):85-94.
- Du Y, Liu L, He Y, Dou T, Jia J, Ge CJBPS. 2020. Endocrine and genetic factors affecting egg laying performance in chickens: a review. *Br Poult Sci* 61(5):538-549.
- Fitsum M, Aliy M 2014 Poultry production system and role of poultry production in tigray region, northern Ethiopia: a review. *J Biol Agric Healthc* 4(27):154.
- Glatz PC 2001 Effect of poor feather cover on feed intake and production of aged laying hens. *Asian-Australas J Anim Sci* 14(4):553-558.
- Hanafy AM, Elnesr SS 2021 Induction of reproductive activity and egg production by gonadotropin releasing hormone in non laying hens. *Reprod Domest Anim* 56(9):1184-1191.
- Hagger C, Marguerat C, Steiger-Stafel D, Stranzinger G. 1989 Plumage condition, feed consumption, and egg production relationships in laying hens. *Poult Sci* 68(2):221-225.
- Harrison PC, Casey JM, Adair RL, Reeves JJ. 1974 Fluctuation of hypothalamic luteinizing hormone releasing hormone and pituitary gonadotropins in laying and non-laying hens. *Poult Sci* 53(2):554-559.
- Hunniford ME, Widowski TM 2016. Rearing environment and laying location affect pre-laying behaviour in enriched cages. *Appl Anim Behav Sci* 181:205-213.
- Kothari D, Oh JS, Kim JH, Lee WD, Kim SK 2021 Effect of dietary supplementation of fermented pine needle extract on productive performance, egg quality, and serum lipid parameters in laying hens. *Animals* 11(5):1475.
- Kryeziu AJ, Mestani N, Kamberi M, Berisha H 2011 Effect of hen age and oviposition time on egg quality parameters. Pages 1-9 In: *Proceedings of XIV European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products and XX European Symposium on the Quality of Poultry Meat*, Leipzig, Germany.
- Kuang H, Yang F, Zhang Y, Wang T, Chen G 2018 The impact of egg nutrient composition and its consumption on cholesterol homeostasis. *Cholesterol* 2018:6303810.
- Lee WD, Kothari D, Moon SG, Kim J, Kim KI, Ga GW, Kim YG, Kim SK 2022 Evaluation of non-fermented and fermented Chinese chive juice as an alternative to antibiotic growth promoters of broilers. *Animals* 12(20):2742.
- Lee WD, Kothari D, Niu KM, Lim JM, Park DH, Ko J, Eom K, Kim SK 2021 Superiority of coarse eggshell as a calcium source over limestone, cockle shell, oyster shell, and fine eggshell in old laying hens. *Sci Rep* 11(1):1-10.
- Li J, Zhang C, Ma R, Qi R, Wan Y, Liu W, Zhao T, Li Y, Zhan, K 2021 Effects of poor plumage conditions on egg production, antioxidant status and gene expression in laying hens. *Trop Anim Health Prod* 53(1):1-7.
- Lim CI, Rana MM, Kang HK, Ryu KS 2020 Effects of dietary available phosphorus levels and phytase supplementation on performance, egg quality and serum biochemical parameters of Hy-Line Brown laying hens from 40 to 60 weeks of age. *Korean J Poult Sci* 47(4):255-265.
- Ma Y, Shi Y, Li L, Xie C, Zou X 2018 Toxicological effects of mercury chloride on laying performance, egg quality, serum biochemistry, and histopathology of liver and kidney in laying hens. *Biol Trace Elem Res* 185(2):465-474.
- Manwar SJ, Moudgal RP, Sastry KVH, Mohan J, Tyagi JBS, Raina R 2006 Role of nitric oxide in ovarian follicular development and egg production in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Theriogenology* 65(7):1392-1400.
- Mckay JC 2008 The genetics of modern commercial poultry. In: *Proceedings of the XXIII World's Poultry Congress*, Brisbane, Australia.
- Miller ER, Wilson HR, Harms RH 1978 The relationship of production status to serum calcium and phosphorus in hens. *Poult Sci* 57(1):242-245.
- Morris BA, Taylor TG 1967 The daily food consumption of laying hens in relation to egg formation. *Br Poult Sci* 8(4):251-257.
- Neijat M, House JD, Guenter W, Kebreab E 2011 Calcium and phosphorus dynamics in commercial laying hens



- housed in conventional or enriched cage systems. *Poult Sci* 90(10):2383-2396.
- Nii T 2022 Relationship between Mucosal barrier function of the oviduct and intestine in the productivity of laying hens. *J Poult Sci* 59(2):105-113.
- Nkukwana TT 2018 Global poultry production: current impact and future outlook on the South African poultry industry. *S Afr J Anim Sci* 48(5):869-884.
- Okazaki Y, Totsuka K, Fukazawa A, Watanabe E, Toyomizu M, Ishibashi T 1993 Relationships of oviposition, feed consumption and body weight to plasma amino acid concentration of laying hens. *Animal Sci Technol* 64:364-370.
- Pérez-Bonilla A, Novoa S, García J, Mohiti-Asli M, Frikha M, Mateos GG 2012 Effects of energy concentration of the diet on productive performance and egg quality of brown egg-laying hens differing in initial body weight. *Poult Sci* 91(12):3156-3166.
- Ramos, NC, Craig, JV 1988 Pre-laying behavior of hens kept in single-or multiple-hen cages. *Appl Anim Behav Sci* 19(3-4):305-313.
- Ren J, Yang Q, Tang Q, Liu R, Hu J, Li L, Bai L, Liu, H 2022 Metabonomics reveals the main small molecules differences between green and white egg shells in ducks. *Ital J Anim Sci* 21(1):208-216.
- Rhee YC 1986 Comparison of energy metabolisms between laying and non-laying hen. *Korean J Poult Sci* 13(1):31-40.
- Sherwin CM, Nicol CJ 1993 A descriptive account of the pre-laying behaviour of hens housed individually in modified cages with nests. *Appl Anim Behav Sci* 38(1):49-60.
- Son J, Lee WD, Kim HJ, Kang BS, Kang HK 2022 Effect of providing environmental enrichment into aviary house on the welfare of laying hens. *Animals* 12(9):1165.
- Sparks NH 2011 Eggshell pigments - from formation to deposition. *Avian Biol Res* 4(4):162-167.
- Taylor TG 1970 The provision of calcium and carbonate for laying hens. Pages 108-128 In: Proceedings of the Fourth Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Churchill, London.
- Taylor TG, Kirkley J 1967 The absorption and excretion of minerals by laying hens in relation to egg shell formation. *Br Poult Sci* 8(4):289-295.
- Tůmová E, Ledvinka Z, Skřivan M, Englmaierová M, Zita, L 2008 Effect of time of oviposition on egg quality in egg and meat type hens. *Sci Agric Bohem* 39(3):269-272.
- Wall H, Tauson R, Elwinger, K 2004 Pop hole passages and welfare in furnished cages for laying hens. *Br Poult Sci* 45(1):20-27.
- Wang J, Wan C, Shuju Z, Yang Z, Celi P, Ding X, Bai S, Zeng Q, Mao X, Xu S, Zhang K, Li, M 2021 Differential analysis of gut microbiota and the effect of dietary *Enterococcus faecium* supplementation in broiler breeders with high or low laying performance. *Poult Sci* 100(2):1109-1119.
- Wang Z, Meng G, Bai Y, Liu R, Du Y, Su L 2017 Comparative transcriptome analysis provides clues to molecular mechanisms underlying blue-green eggshell color in the Jinding duck (*Anas platyrhynchos*). *BMC Genom* 18(1):1-14.
- Wood Gush DGM, Gilbert AB 1969 Observations on the laying behaviour of hens in battery cages. *Br Poult Sci* 10(1):29-36.
- Yalçın S, Uzunoğlu K, Duyum HM, Eltan Ö 2012 Effects of dietary yeast autolysate (*Saccharomyces cerevisiae*) and black cumin seed (*Nigella sativa* L.) on performance, egg traits, some blood characteristics and antibody production of laying hens. *Livest Sci* 145(1-3):13-20.
- Zaheer K 2015 An updated review on chicken eggs: production, consumption, management aspects and nutritional benefits to human health. *Food Sci Nutr* 6(13):1208.