



토종 종계 계통 간 교배조합 시험에 따른 신품종 토종 실용산란계 생산

신가빈¹ · 이슬기¹ · 김기곤² · 이준호³ · 장수용³ · 허정민⁴ · 추효준⁵ · 손시환^{6†}

¹경상국립대학교 동물생명융합학부 대학원생, ²경상국립대학교 동물생명융합학부 연구원, ³경상국립대학교 동물생명융합학부 학부생, ⁴충남대학교 동물자원과학부 교수, ⁵국립축산과학원 가금연구소 농업연구사, ⁶경상국립대학교 동물생명융합학부 교수

Production of a New Synthetic Korean Native Commercial Layer Using Crossbreeding among Native Chicken Breeders

Ka Bin Shin¹, Seul Gy Lee¹, Kigon Kim², Junho Lee³, Suyong Jang³, Jung Min Heo⁴, Hyo Jun Choo⁵ and See Hwan Sohn^{6†}

¹Graduate Student, 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

³Student, Division of Animal Bioscience and Integrated Biotechnology, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea

⁴Professor, Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

⁵Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

⁶Professor, Division of Animal Bioscience and Integrated Biotechnology, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea

ABSTRACT This study conducted a diallel-crossbreeding test using four Korean native chicken parent stock lines (YC, YD, CK, and CF) to develop a native commercial layer with high egg-laying performance. A total of 312 chickens in six combinations were examined for various traits, including livability, body weight, age at first egg-laying, hen-day, and hen-housed egg production, egg weight, and egg quality, from hatching to 60 weeks of age. The results showed that the average survival rate was 77.1±18.8% with the YDYC combination having the highest survival rate along with excellent specific combining ability. The YDYC combination exhibited significantly higher body weight compared to the other combinations ($P<0.01$). The average age at first egg-laying was 121.3±2.5 days, with no significant difference between the combinations. The average hen-day egg production was 74.0±6.4%, and the hen-housed egg production was 181.4±33.8 eggs with the YDCF and YCCK combinations demonstrating the highest laying performance, while the YDYC and CKCF combinations had the lowest ($P<0.05$). Laying performance was more influenced by specific combining ability than general combining ability. The eggs from the YDYC combination were significantly lighter and had the darkest shell color ($P<0.01$), whereas the YDCF combination exhibited the thickest eggshells. There was no difference in internal egg quality among combinations, except the YDCF combination had the darkest yolk color. Overall, we concluded that the YCCK combination, characterized by high laying performance and livability, and the YDCF combination with high laying performance and good egg quality are the most desirable combinations for Korean native commercial layers.

(Key words: Korean native commercial layer, combining ability, laying performance, livability, egg quality)

서론

국민 식생활의 개선과 더불어 축산 식품의 비중이 매년 증가하는 추세이다. 육류와 함께 달걀의 소비량도 매년 증가하고 있는데, 2021년 기준으로 국내 달걀 총생산량은 137억 개이고, 국민 1인당 달걀 소비량은 281개이다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2022). 2023년 현재

국내 산란계 사육 수는 75,189,750수이고, 산란 종계는 1,001,602수이다(KOSIS, 2023). 사육 중인 산란계는 대부분 산란 전용 실용계들로써 Hyline, ISA, Lohmann 및 Dekalb-Warren 종으로 국한되어 있고, 이의 종계는 글로벌 육종회사인 EW Group과 Hendrix Genetics 사에서 독점하여 생산하고 있다(Fuglie et al., 2011). 따라서 국내 사육되는 산란 종계들은 100% 수입에 의존하고 있는 실정으로 종계의 높

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

은 해외 의존도와 독과점은 국제 정세 변화에 따라 국내 달걀 수급과 조절에 자칫 큰 어려움을 일으킬 수 있다. 이러한 상황에 대비하기 위하여 지금이라도 국산 산란 종계의 개발과 산란능력이 우수한 토종 실용계 생산에 관심을 기울여야만 하겠다. 토종닭이란 예로부터 우리 땅에서 계속 사육해 온 순수 혈통의 고유 재래토종닭과 해외에서 순계를 도입한 후 여러 세대를 거쳐 토착화된 토착토종닭을 일컫는다(Poultry Research Institute, 2016). 이들 중 유전적으로 고정된 토종닭 품종으로서 재래토종닭, 회갈색종, 흑색종, 적갈색종, 백색종 및 황갈색종과 토착로드종, 토착레그혼종 및 토착코니시종 등이 있다(National Institute of Animal Science, 2011; Kim et al., 2019a; FAO, 2023). 재래토종닭 및 토착토종닭을 이용하여 산란용 닭으로 개량하려는 시도는 거의 보고된 바가 없는데, 이는 토종닭의 산란능력이 워낙 저조하기 때문이다(Kim et al., 2019b). 그러나 최근에 토종 달걀에 대한 선호도가 높아지고, 외국산 종계의 수입 대체를 위한 국산 종계 개발의 필요성이 재인식되면서 토종닭의 산란능력 개량에 관한 연구가 새롭게 시작되고 있다. 닭의 산란능력 개량을 위한 육종방법으로 크게 선발과 교배가 있는데, 우선 교잡을 통해 생산능력이 우수한 조합을 선정하고 이들의 종계 집단을 개량 선발하는 것이 보편적인 육종 방법이다. 따라서 닭의 육종을 위한 교배 방법 중 잡종교배법을 가장 널리 이용하고 있고, 더불어 최적의 교배 조합을 찾기 위해 결합능력(combining ability)을 효과적으로 이용하고 있다(Razuki and Al-Shaheen, 2011; Choi et al., 2017; Ahmed et al., 2020; Isa et al., 2020; Sohn et al., 2021). 국립축산과학원은 토종닭의 산란능력을 개량하고자 재래토종닭 5계통과 토착로드종을 이용하여 이들 간의 이원 및 삼원 교배조합 시험을 시행한 결과, 교잡에 따른 개량의 효과는 현저하게 나타났으나, 교배조합 간 능력의 차이는 거의 없는 것으로 보고하였다(Kang et al., 2011; Kim et al., 2012). 한

편, Sohn et al.(2023b)은 산란형 토종 종계를 개발하기 위하여 재래황갈색종, 토착로드종 2계통 및 토착레그혼종 2계통을 이용하여 이면 교배조합 시험으로 조합 간의 산란능력을 검정하고, 이들 간 결합능력을 분석하였다. 시험 결과, 부계통은 생존율과 산란율이 우수한 재래황갈색종과 토착로드종-C계통 간의 교잡종(YC조합) 및 재래황갈색종과 토착로드종-D계통 간의 교잡종(YD조합)을, 모계통으로는 산란능력과 난질이 우수한 토착로드종-C계통과 토착레그혼종-F계통 간의 교잡종(CF조합) 및 토착로드종-C계통과 토착레그혼종-K계통 간의 교잡종(CK조합)으로 총 4개의 조합을 최적 토종 산란 종계조합으로 선정하였다. 따라서 본 연구에서는 산란능력이 우수한 새로운 품종의 토종 실용산란계를 생산하기 위하여 상기 시험에서 선정된 4개의 종계 조합을 이용하여 이면 교배조합 시험을 시행하고, 교배조합 간 생존율, 산란능력 및 난질의 비교 분석과 더불어 결합능력을 추정하여 최적의 토종 실용산란계를 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물 및 시험설계

국립축산과학원에서 육성 보존 중인 토착로드종-C계통(Korean Rhode Island-C strain; C), 토착로드종계통-D(Korean Rhode Island-D strain; D), 토착레그혼종-F계통(Korean White Leghorn-F strain; F), 토착레그혼종-K계통(Korean White Leghorn-K strain; K) 및 재래토종닭 황갈색종(Korean Native Yellowish-brown Chicken strain; Y) 간의 이면 교배조합 시험(diallel crossbreeding)을 통하여 산란능력이 우수한 조합으로 선발된 YC, YD, CF 및 CK를 본 시험의 종계로 이용하였다. 본 시험에서는 상기 종계들을 이용하여 이면 교배조합을 구성하고(Table 1), 이들로부터 생산된 6개 조합의 암컷 자손 312수에 대한 능력을 검정하였다.

Table 1. The diallel cross combinations using Korean native chicken breeders

♂ \ ♀	YD	YC	CK	CF
YD		YDYC(61)	YDCK(54)	YDCF(69)
YC			YCCK(44)	YCCF(43)
CK				CKCF(41)

Brackets are the number of chicks. YD; Korean Native Yellowish-brown Chicken strain × Korean Rhode Island-D strain, YC; Korean Native Yellowish-brown Chicken strain × Korean Rhode Island-C strain, CK; Korean Rhode Island-C strain × Korean White Leghorn-K strain, CF; Korean Rhode Island-C strain × Korean White Leghorn-F strain.

2. 사양관리

공시계의 능력검정은 경상국립대학교 종합농장 내 육추사 및 종계사에서 발생 후 총 60주간 실시하였다. 공시계들은 육성기(0~10주) 동안 강제환기 및 자동 온도조절시스템이 완비된 무창계사 내 3단 2열 배터리형 케이지에서 사육하였고(74×60×35 cm/cage, 222 cm²/bird), 11주령에 종계사로 이송한 후 2단 4열 군사 케이지(90×90×71 cm/cage, 900 cm²/bird)에서 케이지당 9수씩, 조합별로 5~6반복으로 60주령까지 사육하였다. 사료 급여는 사육 단계별로 산란계 사양관리 지침에 따라 시판용 초생추 사료(ME 3,020 kcal/kg, CP 21%), 어린 병아리 사료(ME 3,040 kcal/kg, CP 20%), 큰 병아리 사료(ME 2,650 kcal/kg, CP 13%), 산란초기 사료(ME 2,750 kcal/kg, CP 16%) 및 산란중기 사료(ME 2,750 kcal/kg, CP 17%)를 무제한 급여하였다. 점등 관리는 산란계 표준 점등프로그램에 따라 실시하였고, 사양 기별 백신 접종은 국립축산과학원의 표준 백신 접종프로그램에 따라 수행하였다. 그 밖의 사양 관리는 경상국립대학교 닭 사육관리 지침에 따라 실시하였고, 시험에 관련된 닭의 관리 및 취급은 본 대학 동물실험윤리위원회(IACUC, No. 2020-5)의 승인을 얻은 후 규정에 따라 시행하였다.

3. 조사항목

1) 생존율

조합별 생존율은 발생후 육성기(0~10주령)와 성계시기(11~60주령)로 구분하여 조사하였다. 생존율은 입실 수 대비 총 생존 수를 백분율로 나타내었다.

2) 체중

체중은 발생 시부터 10주 간격으로 개체별 전수의 체중을 측정하였다.

3) 산란 형질

산란 형질로 초산일령, 산란율, 난중 및 난질을 조사하였다. 초산일령은 교배조합 간 반복별 첫 산란 개시 일령을 조사하고 이의 평균값을 제시하였다. 일계산란율(Hen-day production)은 20주령부터 60주령까지 주간별 연 생존 수수에 대한 총산란수의 비율로 나타내었고, 산란지수(Hen-housed egg production)는 20주령부터 60주령까지 총 산란한 달걀수를 20주령 때의 생존수로 나눈 값으로 계산하였다. 난중 측정은 초산시, 32주령 및 42주령에 산란한 달걀 전수에 대해 조사하였고, 난질 분석은 42주령 때 산란한 달걀의 난각 무

게, 난각 두께, 난각색, 난황색, 난백 높이 및 호우유닛(Haugh Unit, HU)을 측정하였다. 난백 높이, 난각색 및 난황색은 QCM+ system(TSS Ltd. York, England)을 이용하여 측정하였고, 호우유닛은 난중과 난백 높이를 이용하여 HU = 100Log(H-1.7W^{0.37}+7.57)의 공식에 따라 계산하였다(Haugh, 1937).

4. 분석 방법

1) 생산능력 분석

교배 조합별 형질 측정 값 간의 차이에 대한 통계 분석은 SAS 통계패키지(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)의 one-way ANOVA procedure를 이용하였고, 측정치 간의 유의성 검정은 Tukey's HSD 방법을 이용하였다.

2) 결합능력 분석

결합능력의 추정은 이면교배에서 사용되는 Griffing's Method I(Griffing, 1956)의 Model I을 사용하였고, Diallel Analysis R statistical packages 프로그램(v3.3.1)을 이용하였다. 본 분석에 대한 선형모형은 다음과 같다.

$$X_{ijkl} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + \frac{1}{bc} \sum_k \sum_l e_{ijkl}$$

$$\begin{cases} i, j = 1, \dots, p, \\ k = 1, \dots, p, \\ l = 1, \dots, p, \end{cases}$$

여기서,

X_{ijkl} = 양친 i 와 j 사이에서 태어난 k 번째 교잡구의 l 번째 자손의 평균 능력

μ = 집단 평균

g_i (g_j) = 양친 i 와 j 각각의 일반결합능력(GCA effect)

s_{ij} = 양친 i 와 j 사이의 특정결합능력(SCA effect)

e_{ijkl} = Error term (environmental effect)

결합능력 요소에서 다음과 같은 제한을 두었다.

$$\sum_i e_i = 0 \text{ and } \sum_i s_{ij} = 0 \text{ (for each } j)$$

3) 조합가 추정

결합능력을 이용한 조합가의 추정은 다음과 같은 수식으로 계산하였다.

$$M_{xy} = GCA_x + GCA_y + SCA_{xy}$$

여기서,

M_{xy} = x계통과 y계통 간 교잡에서 생산된 자손의 평균능력

GCA_x = x계통의 일반결합능력

GCA_y = y계통의 일반결합능력

SCA_{xy} = xy교배조합의 특정결합능력

결과 및 고찰

1. 생존율

교배 조합별 발생 후부터 10주령까지의 육성률과 이후 60주령까지의 생존율을 Table 2에 제시하였다. 분석 결과, 전체 평균 육성률은 99.0±2.7%로 모든 조합구에서 높은 생존율을 보이며, 조합 간의 차이도 없는 것으로 나타났다. 그러나 11주령 이후 성계 시기의 평균 생존율은 77.8±18.6%로써 YDYC조합이 86.7%로 가장 높았고, YCCF조합이 58.3%로 가장 낮았다. 따라서 사육 기간 동안 생존율은 성계 시기의 생존율에 좌우되는 것으로 나타났으며, 성계 시기의 폐사 원인은 대부분 카니발리즘(cannibalism)에 의한 것으로 판명되었다. 조합별 생존율은 이들 종계의 생존율과 밀접한 관련이 있는 것으로 여겨지는데, YC의 생존율은 95.5%, YD는 91.8%, CF는 69.1%, CK는 77.4%이었다(Sohn et al., 2023b). 또한 이들의 원종계인 재래 황갈색종(KNC-Y)의 생존율은 87.6%, 토착로드종은 88.1~92.2%, 토착레그혼종은 72.2~75.2%라 하여(Kim et al., 2019a) 부모의 생존율이 자손의 생존율에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 보여진다. 생존율은 유전적 요인보다 환경적 요인에 크게 영향을 받는 형질로

알려져 있다. 그러나 본 교배조합 개체들의 폐사 원인은 거의가 카니발리즘 발생에 의한 것으로, 이는 군사 사육방식과 같은 환경적 요인에 의해 영향을 받기도 하지만, 카니발리즘 습성에 대한 종 간의 유전적 특성에 따른 영향도 매우 큰 것으로 생각된다.

2. 체중

공시한 전 개체의 체중을 발생 때부터 50주령까지 10주간격으로 조사하고, 조합별 체중의 변화 양상을 Fig. 1에 제시하였다. 분석 결과, 검정 기간 모든 측정 주령에서 조합 간 유의한 체중의 차이를 보였다($P<0.01$). 8주령 이후부터 전 기간 YDYC조합의 자손이 다른 조합의 자손들보다 무거운 것으로 나타났으며, 20주령 이후 YDYC조합을 제외한 나머지 조합 간에는 체중의 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 KNC-Y와 토착로드종 간의 자손들이 토착레그혼종과의 조합 자손들보다 다소 높은 체중을 보이는 것으로 원종계인 토착레그혼종의 낮은 체중에 기인한 결과라 생각된다. 20주령의 조합 전체 평균 체중은 1,926 g으로 이들 종계들의 평균 체중 1,773 g보다 150 g 정도 높은 것으로 잡종강세 현상에 따른 결과로 보여진다(Sohn et al., 2023b). 또한 산란형 토종닭 생산을 위한 2원 교배종의 평균 체중 1,719 g (Kim et al., 2012)과 3원 교배종의 1,505 g(Kang et al., 2011)보다도 높은 양상이다. 육성 후기 및 성숙 시 체중이 표준 체중 이하일 경우 이후 산란능력에 바람직하지 못한 영향을 미친다고 하였는데(Sohn et al., 2023a), 본 교배조합 시험 결과, 표준 체중에 미달하는 조합은 없는 것으로 판단된다.

Table 2. Survival rates of Korean native commercial chicken combinations

Cross combinations	Growing phase (Week 0~10)	Laying phase (Week 11~60)	Total period (Week 0~60)
		----- % -----	
YDYC	98.5±3.7	86.7±9.3	85.3±11.3
YDCK	96.7±5.2	77.8±30.1	74.4±29.6
YDCF	100.0±0.0	75.2±16.9	75.2±16.9
YCCK	100.0±0.0	83.3±9.6	83.3±9.6
YCCF	100.0±0.0	58.3±27.8	58.3±27.8
CKCF	100.0±0.0	83.3±6.4	83.3±6.4
Means	99.0±2.7	77.8±18.6	77.1±18.8

Values are mean±standard deviation.

There is no significant difference between values within a column ($P>0.05$).

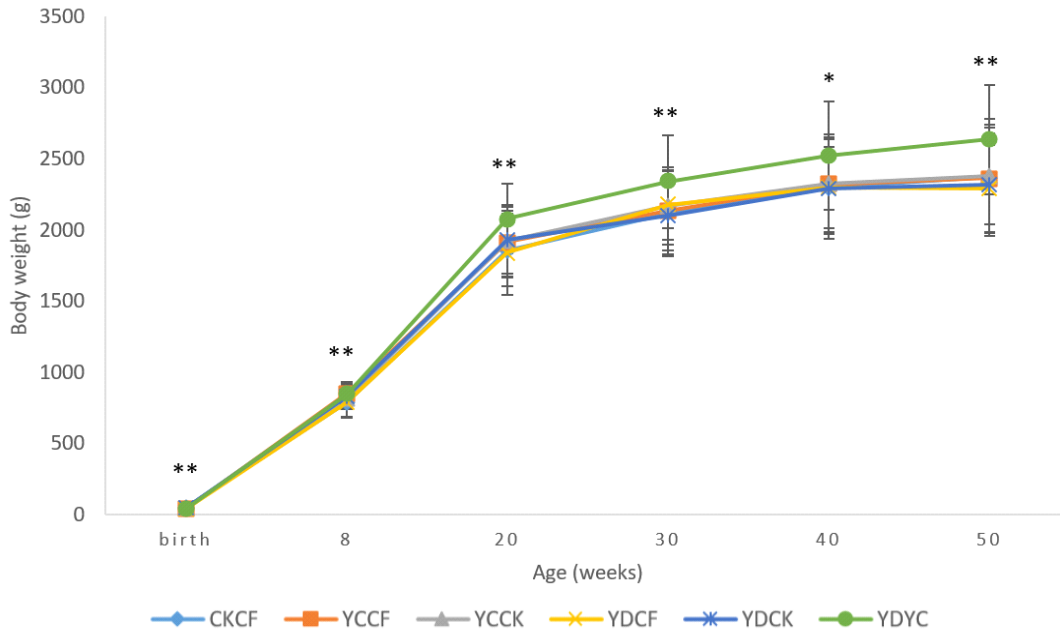


Fig. 1. Body weights of Korean native commercial chicken combinations (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$).

3. 산란능력

1) 초산일령

조합별 자손들의 초산일령, 일계산란율 및 산란지수를 Table 3에 제시하였다. 전체 조합의 평균 초산일령은 121.3±2.5일로 조합 간의 차이는 없는 것으로 나타났다. 본 조합의 초산일령은 이들 중계인 YC의 142.8일, YD의 140일, CF의 143.8일 및 CK의 145일과 비교하였을 때 거의 20여 일 정도 빠른 것으로 교잡에 의한 잡종강세 현상이 두드러지게 나타난 결과로 보인다(Sohn et al., 2023b). 또한 산란형 토종 실

용계 생산을 위한 3원 교배조합 시험구의 시산일령 127~136일보다도 6일 이상 빠른 결과이다(Kang et al., 2011).

2) 산란율

20주령부터 검정 종료일인 60주령까지 전체 조합의 평균 일계산란율(Hen-day egg production)은 74.0±6.4%이었으며, 조합 간의 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$). 조합 중 YDCF 및 YCCK 조합이 78% 이상의 높은 산란율을 보인 반면, YDYC 및 CKCF 조합은 69%대의 상대적으로 낮은 산란율을 나타내었다. 이들의 산란곡선은 Fig. 2와 같이 20주령부

Table 3. Age at first egg laying and egg production performance in Korean native commercial chicken combinations

Cross combinations	Age at first egg laying (days)	Hen-day egg production (Week 20~60, %)	Hen-housed egg production (Week 20~60, eggs)
YDYC	121.0±2.9	69.3±6.7 ^b	170.6±39.9
YDCK	122.3±1.0	73.1±6.9 ^{ab}	166.7±49.0
YDCF	120.2±2.8	78.1±3.2 ^a	192.0±18.2
YCCK	122.2±3.0	78.2±3.7 ^a	198.7±20.8
YCCF	121.3±2.6	75.3±3.4 ^{ab}	172.3±41.2
CKCF	121.0±2.2	69.5±8.5 ^b	179.8±30.7
Means	121.3±2.5	74.0±6.4	181.4±33.8

Values are mean±standard deviation.

^{a,b} The different letters of superscript within the column significantly differ ($P < 0.05$).

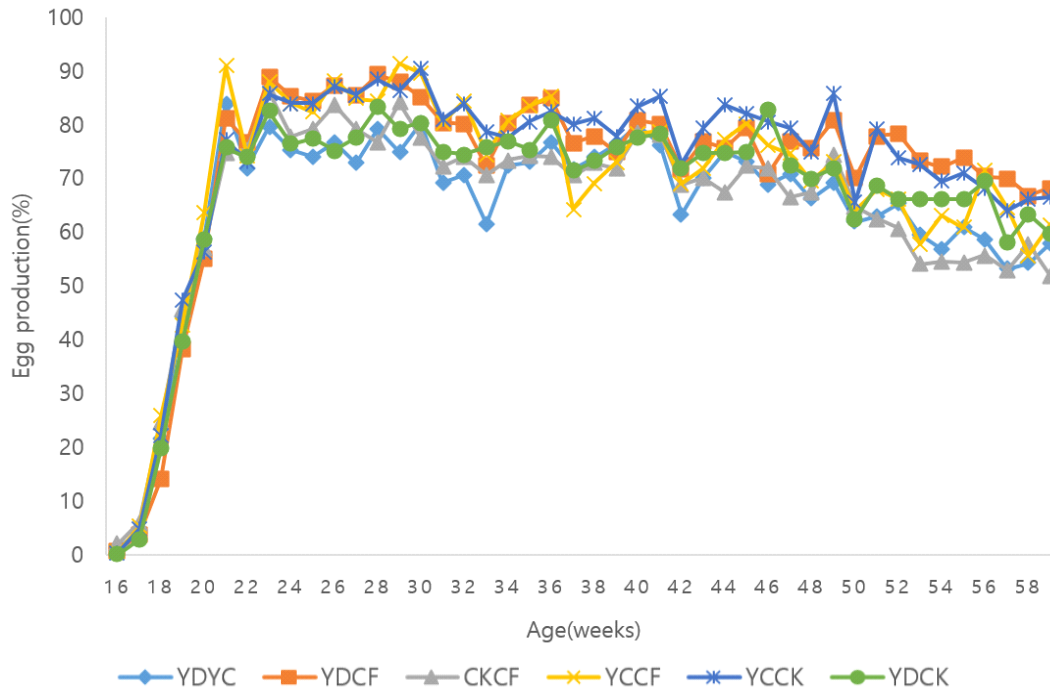


Fig. 2. Egg production curve of Korean native commercial chicken combinations.

터 30주령까지 거의 80% 이상의 산란율을 유지하고, 이후 50주령까지 70%대의 산란을 지속하다가 50주령 이후 급격한 산란의 저하가 나타나는 양상이다. 조합별 피크산란시기는 대부분의 조합이 28~30주이고, 평균 피크산란율은 86.5%로써 YDCF, YCCK, YCCF 조합은 피크산란율이 90%를 상회하는 것으로 나타났다. 이러한 산란 성적은 이들 중계들의 48주령까지의 전체 평균 산란율 70.7%보다 높은 성적이고, 피크산란율에 있어서도 이들 중계들의 84.9%보다 높은 결과이다(Sohn et al., 2023b). 본 교배 조합에 따른 실용계들의 양호한 산란 성적은 유전적으로 상이한 중계 간의 교잡에 의한 잡종강세 현상으로 생각된다. 특히, 교배조합 중 YDCF와 YCCK 조합은 50주령 이후 산란 후기에서도 70%이상의 높은 산란율을 지속하여 산란형 토종실용닭 후보로서의 개발 가능성을 나타내었다. 한편, 60주령까지의 산란지수는 평균 181.4±33.8개로 나타났고, YCCK 조합이 198.7개로 가장 높았으나, 조합 간 유의한 차이는 없으므로 나타났다. 이는 이전 3원 교배조합 시험에서 보고한 60주령 산란지수 215개보다 다소 낮은 결과로서 일계산란율은 이들과 비슷하거나 오히려 조금 높는데 반해, 산란지수가 낮은 원인은 본 조합 개체들의 높은 폐사율 때문이다(Kang et al., 2011). 따라서 토종산란계의 산란능력 개량에 있어 생존율은 산란지수에 직접적인 영향을 미침으로 매우 중요하

게 고려되어야 할 요소이다.

3) 난질

난중은 초산시, 32주령 및 42주령에 산란한 달걀의 무게를 측정하였고, 난질은 42주령에 산란한 달걀의 난각 무게, 난각 두께, 난각색, 난황색, 난백 높이 및 호우유닛을 측정하였다. 이들의 분석 결과는 Table 4와 같다. 조합 전체의 평균 시산 난중은 36.4±4.1 g이었고, 32주령 난중은 55.7±4.7 g이었으며, 42주령 난중은 60.0±5.3 g으로 측정 시점 모두에서 조합 간 유의한 차이를 보였다($P<0.05$). 조합별로는 YCCF 조합의 난중이 대체적으로 무거운 경향을 보였으며, YDYC 조합의 난중이 측정 시점 모두에서 유의적으로 낮게 나타났다. 이는 재래종과 토착로드종 간의 교잡종 달걀이 토착레그혼종과의 교잡종 달걀에 비해 가볍다는 것을 의미하는 것으로 난중의 유전력이 높음에 따라 원종계의 난중이 자손에게 매우 큰 영향을 미친 것으로 판단된다. 외부 난질로서 난각색, 난각 두께, 난각 무게, 모두 조합 간에 유의한 차이를 보이고 있다($P<0.01$). 난각색은 CKCF 조합의 달걀이 가장 밝은 백색 계열의 색도를 보인 반면, YDYC 조합의 달걀이 가장 짙은 갈색 형태를 보였다. 난각 두께는 YDCF 조합이 가장 두꺼웠고 YDYC 조합이 가장 얇았으며, 난각 무게는 난중과 거의 비례하는 형태로서 YDYC 조합의 달걀이 유

Table 4. Egg weights and egg quality in Korean native commercial chicken combinations

Cross combinations	Egg weight (g)			Shell color	Shell thickness (mm)	Shell weight (g)	Albumen height (mm)	Haugh unit	Yolk color
	First egg	Week 32	Week 42						
YDYC	35.2±4.5 ^{bc}	52.5±3.6 ^b	56.7±4.8 ^c	23.7±3.4 ^c	0.321±0.02 ^c	7.5±0.9 ^b	6.9±1.2	83.8±7.4	7.4±1.3 ^a
YDCK	36.7±2.8 ^b	55.9±4.7 ^a	60.7±4.7 ^{ab}	27.0±3.5 ^b	0.329±0.03 ^{bc}	8.2±0.9 ^a	7.0±1.5	82.2±11.6	6.9±1.3 ^{ab}
YDCF	37.1±4.4 ^{ab}	56.3±5.1 ^a	59.9±5.9 ^{ab}	27.1±4.3 ^b	0.341±0.02 ^a	8.3±1.6 ^a	7.5±1.7	84.8±13.0	5.0±0.7 ^c
YCCK	34.1±3.5 ^c	56.1±4.6 ^a	59.5±4.6 ^b	28.2±4.5 ^b	0.337±0.02 ^{ab}	8.2±0.9 ^a	7.0±1.0	83.5±6.3	6.0±1.2 ^{cd}
YCCF	37.2±2.8 ^{ab}	57.5±3.4 ^a	62.3±4.5 ^a	29.1±4.8 ^{ab}	0.326±0.02 ^{bc}	8.7±1.0 ^a	7.5±1.2	85.1±7.2	6.5±1.4 ^{bc}
CKCF	39.1±4.1 ^a	57.0±4.8 ^a	61.9±5.8 ^{ab}	31.0±5.4 ^a	0.329±0.02 ^{bc}	8.5±1.3 ^a	7.1±1.3	83.5±9.6	5.8±1.1 ^d
Means	36.4±4.1	55.7±4.7	60.0±5.3	27.4±4.8	0.330±0.02	8.2±1.1	7.2±1.3	83.8±9.2	6.4±1.4

Values are mean±standard deviation.

^{a-c} The different letters of superscript within the column significantly differ ($P<0.01$).

하게 낮은 것으로 나타났다. 내부 난질로서 난백고와 호우 유닛은 달걀의 신선도를 의미하는 것으로 조합 간 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 난황색은 조합 간 유의한 차이를 보이는데, YDCF조합의 난황색이 가장 짙고, YDYC조합의 난황이 가장 옅은 것으로 나타났다($P<0.01$). 난중 및 난질은 산란계에서 상업적으로 고려하여야 할 주요 형질 중 하나이다. 토종 실용산란계 개발을 위한 교잡시험 결과, 재래종의 유전적 혼입이 많은 교배조합일수록 생산한 달걀의 무게는 가벼우나 난각색은 짙은 양상을 보이고, 반면 토착 레그혼 종의 유전적 혼입이 이루어진 경우, 난중 및 난각질은 높아지나 난각색은 옅어지는 양상을 보인다.

4. 교배조합 간 결합능력

교배 조합별 생존율, 산란율 및 난중의 결합능력 추정값을 Table 5에, 이들의 분산분석 결과를 Table 6에 제시하였다. 생존율은 YDYC조합이 가장 높은 조합가를 보이고, YCCF조합이 가장 낮은 조합가를 나타내었다. YDYC조합의 경우 YD와 YC계통 간의 특정결합능력이 특히 우수한데, 기인한 결과로써 생존율은 특정결합능력의 분산 값이 일반결합능력의 분산 값보다 큰 것으로 나타났고, 또한 특정결합능력 값 간의 유의적 차이가 있는 것으로 나타났다($P<0.05$). 이는 생존율에 있어서 비상가적 유전 효과가 상가적 유전 효과보다 크게 작용하는 것을 의미한다. 생존율의 일반결합

Table 5. The combining abilities and mean values of livability, egg production and egg weight in Korean native commercial chicken combinations

Cross	Survival rate (Week 0~60)				Hen-day egg production (Week 20~60)				Egg weight (Week 42)			
	GCA ¹ (sire)	GCA (dam)	SCA ²	Mean ³	GCA (sire)	GCA (dam)	SCA	Mean	GCA (sire)	GCA (dam)	SCA	Mean
YDYC	1.7	-1	8	8.7	-0.4	0.3	-4.5	-4.6	-1.0	-0.7	-1.7	-3.4
YDCK	1.7	3.7	-7.7	-2.3	-0.4	-0.3	-0.1	-0.8	-1.0	0.5	1.0	0.5
YDCF	1.7	-4.4	1.3	-1.4	-0.4	0.4	4.2	4.2	-1.0	1.2	-0.4	-0.2
YCCK	-1	3.7	4	6.7	0.3	-0.3	4.3	4.3	-0.7	0.5	-0.5	-0.7
YCCF	-1	-4.4	-13	-18.4	0.3	0.4	0.6	1.3	-0.7	1.2	1.6	2.1
CKCF	3.7	-4.4	7.4	6.7	-0.3	0.4	-4.5	-4.4	0.5	1.2	0	1.7

¹ GCA, general combining ability; ² SCA, specific combining ability; ³ Mean; $M_{ij} = GCA_i + GCA_j + SCA_{ij}$.

Table 6. The analysis of variance of combining abilities of livability, egg production and egg weight in Korean native commercial chicken combinations

	Livability			Egg production		Egg weight	
	df	Mean square	P-value	Mean square	P-value	Mean square	P-value
GCA ¹	3	54.814	0.34603	2.064	0.79334	4.9244	0.00258
SCA ²	2	170.623	0.04702	38.432	0.00838	2.761	0.06572

¹ GCA, general combining ability, ² SCA, specific combining ability.

능력은 CK계통이 가장 높고, CF계통이 가장 낮았는데, 동일 품종 간 교잡이면서도 능력의 차이가 큰 것은 종계에서 CK 간과 CF 간의 특정결합능력의 차이가 컸기 때문이다 (Sohn et al., 2023b). 실용계 생산을 위한 교배 조합들 중에서 YCCF조합은 극히 생존율이 불량하여 실용계 생산을 위한 후보 조합 선정에서 제외하여야 할 것으로 판단된다. 교배 조합 간 산란율의 결합능력 분석 결과, YDCF 및 YCCK 조합의 조합가가 가장 우수하였는데, 두 조합 모두 특정결합능력이 높는데 기인한 결과이다. 산란율도 특정결합능력의 분산 값이 일반결합능력의 분산 값보다 훨씬 크게 나타나고, 이들 간의 유의한 차이를 보여 상가적 유전 효과보다 비상가적 유전 효과가 더욱 크게 영향을 미치는 형질로 판단된다($P < 0.01$). 일반결합능력에 있어서는 CF조합이 CK조합보다 훨씬 높은 성적을 보이고 있다. 산란율에 있어 YDYC 및 CKCF조합과 같이 유사 계통 간 조합은 특정결합능력이 좋지 않아 실용 산란계 생산을 위해 피해야할 조합으로 사료된다. 난중의 결합능력은 YCCF의 조합가가 가장 높았으며, YDYC의 조합가가 가장 낮았다. 난중의 결합능력은 생존율 및 산란율과 달리 일반결합능력의 분산이 특정결합능력의 분산 값보다 높게 나타나고, 일반결합능력 값 간의 유의적 차이를 보였다($P < 0.01$). 난중은 유전력이 높은 형질로써 결합능력에서 나타난 바와 같이 상가적 유전 효과가 비상가적 유전 효과보다 크게 영향을 끼치는 것으로 판단된다. 난중의 일반결합능력은 CF조합이 가장 높고, YD조합이 가장 낮은 것으로 나타났다.

이상 토종 실용산란계 생산을 위한 토종 종계 간 교배조합 시험 결과, 생존율은 YDYC조합이, 산란능력은 YDCF 및 YCCK조합이, 난중은 YCCF조합이 가장 우수한 것으로 나타났으나, 이들 중 YCCF조합 및 YDYC, CKCF조합은 생존율 및 산란율이 극히 저조하여 실용산란계 생산에 피해야할 조합으로 생각된다. 따라서 산란 능력을 바탕으로 최적의 토종 실용계조합은 산란율이 우수하면서 생존율이 높은 YCCK조합과 산란율이 우수하면서 상대적으로 난질이 양호

한 YDCF조합이 바람직한 조합으로 판단된다.

적 요

본 연구는 산란능력이 우수한 토종 실용산란계를 개발하기 위하여 토종 종계 4계통(YC, YD, CK, CF)을 이용하여 교배조합 검정시험(diallel crossbreeding test)을 실시하였다. 능력검정은 6개 조합의 312수를 대상으로 발생 후부터 60주령까지 생존율, 체중, 초산일령, 난중, 산란율 및 난질을 조사하고, 이들의 생산능력 및 결합능력을 분석하였다. 분석 결과, 전체 조합의 평균 생존율은 $77.1 \pm 18.8\%$ 이고, 조합 중 YDYC조합의 생존율이 가장 높았고, YCCF조합의 생존율이 가장 낮았다. YDYC조합의 경우, YD와 YC계통 간의 특정결합능력이 특히 우수하였다. 체중은 모든 측정 주령에서 조합 간의 유의한 차이가 있었는데, 전 기간 YDYC 조합의 자손이 다른 조합의 자손들보다 무거운 것으로 나타났다($P < 0.01$). 평균 초산일령은 121.3 ± 2.5 일로 조합 간의 차이는 없는 것으로 나타났다. 20주령부터 60주령까지 전체 조합의 평균 일계산란율은 $74.0 \pm 6.4\%$ 이었고, 산란지수는 181.4 ± 33.8 개로 일계산란율은 조합 간에 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$). 조합 중 YDCF 및 YCCK조합의 산란 성적이 가장 높았고, YDYC 및 CKCF조합이 가장 낮았으며, 이들의 성적은 일반결합능력보다 특정결합능력에 의해 더욱 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 난중은 측정 시점 모두에서 조합 간 유의한 차이를 보였고($P < 0.05$), YDYC조합의 난중이 전체적으로 낮게 나타났다. 난각색, 난각 두께, 난각 무게 모두 조합 간에 유의한 차이를 보이며($P < 0.01$), 난각색은 YDYC조합의 달갈이 가장 짙었고, 난각 두께는 YDCF조합이 가장 두꺼웠다. 내부 난질은 조합 간 차이가 없었으며, 난황색은 YDCF조합이 가장 짙은 것으로 나타났다. 결론적으로 산란 능력을 바탕으로 최적의 토종 실용산란계를 선정 시 산란율이 우수하면서 생존율이 높은 YCCK조합과 산란율이 우수하면서 상대적으로 난질이 양호한 YDCF조합이

가장 바람직한 조합으로 사료된다.

(색인어 : 토종 실용산란계, 결합능력, 산란능력, 생존율, 난질)

사 사

본 논문은 농촌진흥청 2025축산현안기술대응고도화사업(과제번호: RS-2021-RD009516)의 지원으로 수행되었습니다.

ORCID

Ka Bin Shin	https://orcid.org/0000-0002-4466-0057
Seul Gy Lee	https://orcid.org/0000-0002-2548-8554
Kigon Kim	https://orcid.org/0000-0003-0174-520X
Junho Lee	https://orcid.org/0009-0007-5295-0170
Suyong Jang	https://orcid.org/0009-0001-6104-4951
Jung Min Heo	https://orcid.org/0000-0002-3693-1320
Hyo Jun Choo	https://orcid.org/0000-0002-7747-5077
Sea Hwan Sohn	https://orcid.org/0000-0001-6735-9761

REFERENCES

- Ahmed SM, Hassan KM, El-Sabroun K, Kamel SM 2020 Crossing effect for improving egg production traits in chickens involving local and commercial strains. *Vet World* 13(3):407-412.
- 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.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2023 Domestic Animal Diversity Information System. Available from <http://www.fao.org/dad-is/browse-by-country-and-species/en/>. Accessed on July 1, 2023.
- Fuglie KO, Heisey PW, King JL, Pray CE, Day-Rubenstein K, Schimmelpfennig D, Wang SL, Karmarkar-Deshmukh R 2011 Research investments and market structure in the food processing, agricultural input, and biofuel industries worldwide. Economic Research Report No. 130. Pages 90-108. USDA, USA.
- Griffing B 1956 Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crosses. *Aust J Biol Sci* 9(4):463-493.
- Haugh RR 1937 The Haugh unit for measuring egg quality. *US Egg Poult Mag* 43:522-555, 572-573.
- Isa AM, Sun Y, Shi L, Jiang L, Li Y, Fan J, Wang P, Ni A, Huang Z, Ma H, Li D, Chen J 2020 Hybrids generated by crossing elite laying chickens exhibited heterosis for clutch and egg quality traits. *Poult Sci* 99(12):6332-6340.
- Kang BS, Hong EC, Kim HK, Kim CD, Heo KN, Choo HJ, Suh OS, Hwangbo J 2011 Productivity and performance test of egg-type commercial Korean native chickens. *Korean J Poult Sci* 38(4):331-338.
- Kim CD, Choo HJ, Kang BS, Kim HK, Heo KN, Lee MJ, Son BR, Suh OS, Choi HC, Hong EC 2012 Performance of laying period of two-way crossbreed parent stock to produce laying-type Korean native commercial chickens. *Korean J Poult Sci* 39(2):245-252.
- 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.
- KOSIS 2023 Number of layer by season and month on the second quarter of 2023 in Korea. Statistics Korea. Available from <https://kosis.kr/index/index.do>. Accessed on July 1, 2023.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs 2022 Statistics for Agriculture, Forestry and Livestock in 2022. Issue No. 11-1543000-000128-10.
- National Institute of Animal Science 2011 Annual research report. Rural Development Administration. Korea. Official record number 11-1390906-000155-10.
- Poultry Research Institute 2016 Domestic Chicken Seed Development and Core Breeding Technology. National Institute of Animal Science, RDA, Korea.
- Razuki WM, Al-Shaheen SA 2011 Use of diallel cross to estimate crossbreeding effects in laying chickens. *Int J Poult Sci* 10(3):197-204.

Sohn SH, Choi ES, Kim KG, Park B, Choo HJ, Heo JM, Oh KS 2021 Development of a new synthetic Korean native chicken breed using the diallel cross-mating test. Korean J Poult Sci 48(2):69-80.

Sohn SH, Kim K, Choi ES, Oh S 2023a Effect of body weight in growing period on laying performance of Korean native chicken breeders. Korean J Poult Sci 50(1):15-22.

Sohn SH, Kim K, Shin KB, Lee SG, Lee J, Jang S, Heo JM, Choo HJ 2023b Diallel cross combination test for improving the laying performance of Korean native chickens. Korean J Poult Sci 50(3):133-141.

Received Oct. 12, 2023, Revised Oct. 30, 2023, Accepted Nov. 15, 2023