

토종 종계 이면교배조합 시험에 따른 생산형질의 결합능력 추정

최은식 · 방민희 · 김기곤 · 권재현 · 정옥영 · 손시환[†]

경남과학기술대학교 동물생명과학과

Estimation of Combining Ability of Production Traits from Diallel Crosses of Korean Native Chicken Strains

Eun Sik Choi, Min Hee Bang, Ki Gon Kim, Jae Hyun Kwon, Ok Young Jung and Sea Hwan Sohn[†]

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

ABSTRACT This study was conducted to develop a new synthetic breed of Korean native chicken. The combining ability and reciprocal effects for production traits were estimated on 1,157 hens from a 5×5 diallel cross-mating design using grand parent stock (GPS) lines of Korean native chicken. Body weight, viability, age at first egg laying, egg weight, and hen-day egg production were measured and analyzed. The results showed that the general combining ability (GCA) of the survival rate during laying periods was -9.6 to 11.1 , with the highest value obtained in the W strain. Additionally, the GCA of the body weight at 12 weeks was -209.7 to 162.2 , with the highest value obtained in the F strain. The GCA for age at first egg laying was estimated to be -2.8 to 3.7 , while the GCA of egg weight was -0.91 to 0.96 , and the GCA of hen-day egg production was -4.9 to 6.0 . In the estimation of specific combining ability, the YW combination showed the highest survival rate, FW showed the highest body weight at 12 weeks, and GW showed the highest hen-day egg production. The reciprocal effects were significantly different among crosses for almost all productivity traits. In identical breeding combinations, differences in ability were observed when the maternal or paternal breeds were switched. The mean value based on combining ability was higher in WY, WF, and GW combinations for survival rate; GF, HG, and HF combinations for body weight at 12 weeks; and GW, YW, and FW combinations for hen-day egg production. It is concluded that the GF and HF combinations, which have excellent growth performance and moderate survival rate, are the most desirable paternal parent stock (PS) strains, and the GW and FW combinations, which have great laying performance and moderate body weight, are the most desirable maternal PS strains.

(Key words: Korean native chicken, combining ability, reciprocal effect, diallel cross-mating)

서 론

국내 시판되는 실용산란계 및 실용육계의 종계들은 거의 해외로부터 수입되고 있다. 실용육계인 브로일러의 경우, 로스(Ross), 코브(Cobb), 아바에이커(Arbor Acres) 등이 국내 시장의 약 90% 이상을 점유하고 있고, 이들의 종계들은 연간 약 41만수 정도 수입되고 있다(Korea Poultry Association, 2012). 반면, 국내 육계시장의 10% 미만을 차지하고 있는 토종닭으로는 한협 3호, 우리맛닭, 소래토종닭 등이 대표적인 토종 실용닭으로 유통되고 있다. 토종닭 시장의 점유율이 높지 않은 이유는 수입육계에 비해 생산성이 낮고, 균일도가 떨

어지며, 시장에서 상품으로서의 다양성이 부족하기 때문인 것으로 사료된다. 이러한 국내 양계산업의 높은 해외의존도는 국제 무역여건에 따라 자칫하면 국내 양계시장에 큰 혼란을 초래할 수 있기 때문에, 토종 품종의 개량과 더불어 보다 우수한 국산 신품종 종계의 개발이 시급하다.

닭의 생산능력 향상을 위한 교배법 중 잡종교배법이 널리 쓰이고 있다. 이는 잡종강세의 효과를 이용한 교배방법으로 잡종의 자식이 양친보다 우수한 능력을 보인다는 이론에 근거한 것이다. 결합능력의 분석은 계통과 계통 간 또는 개체와 개체 간의 교잡에 따른 생산 자손들의 능력의 양부를 나타낼 수 있는 방법으로 잡종강세효과를 이용한 최적 교배조

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

합 설정에 도움을 줄 수 있는 분석 수단이다(Jakubek et al., 1987; Razuki and Al-Shaheen, 2011). 결합능력은 일반결합능력(General Combining Ability; GCA)과 특정결합능력(Specific Combining Ability, SCA)으로 구분되며 일반결합능력이란 형질에 대한 그 계통이 가지는 평균능력, 즉 어떠한 계통과 결합을 해도 그 계통이 나타낼 수 있는 고유의 능력으로 상가적 유전효과를 의미하며, 특정결합능력은 특정 계통 간의 교배에서 일반결합능력 외에 작용하는 두 계통 간 교잡에서만 나타나는 능력으로 비상가적 유전효과를 의미한다(Hull, 1945; Comstock et al., 1949; Falconer, 1960). 가금에서 결합능력을 추정하기 위하여 이면교잡(diallel crossing)을 수행하고 있는데, 이는 1922년 이래 지금까지 닭의 결합능력 추정 시험에 보편적으로 이용되는 교배방법이다(Schmidt, 1922; Goto and Nordskog, 1959; Choi, 2002). 지금까지 대표적인 닭의 결합능력 추정에 대한 연구로서 난용종의 계통 간 교배를 이용한 생산능력에 대한 결합능력이나 White Leghorn(WL)과 Rhode Island Red(RIR)간의 교배와 같이 품종 간 교잡자손의 산란능력에 대한 결합능력이 보고된 바 있다(Hill and Nordskog, 1958; Goto and Nordskog, 1959; Wearden et al., 1965, 1967; Ohh et al., 1980, 1986). 또한 육용계통과 검용계통 간의 교배조합이나 국내 토종닭의 계통 간 교배 및 외래 품종 간의 교배조합을 이용한 산육성을 중심으로 한 생산능력에 대한 결합능력도 보고되었다(Cheong et al., 1985; Choi, 2002; Mohammed et al., 2005; Saadey et al., 2008; Adebambo et al., 2010, 2011; Razuki and Al-Shaheen, 2011; Musa et al., 2015). 결합능력 추정 결과들에서 유전력이 높은 체중과 같은 체 형질의 경우는 상가적 유전효과인 일반결합능력이 주된 요인으로 작용한 반면, 산란능력과 같은 유전력이 낮은 형질에서는 비상가적 유전효과인 특정결합능력이 상대적으로 크게 영향을 미치는 것으로 보고하였다.

본 연구는 신품종 실용 국산 토종닭 생산을 위한 종계 개발을 목적으로 Choi et al.(2017)이 발표한 토종닭 원종계(grand parents stock; GPS) 5계통의 이면교잡중 25개 조합에 대한 능력검정 및 잡종강세 효과에 이어, 본 고에서는 이들 계통 및 조합별 결합능력을 추정 분석하여, 이의 결과를 토대로 최적의 종계 조합(parents stock; PS)을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물 및 사육 관리

본 연구에 사용된 공시계 및 사양관리는 Choi et al.(2017)

이 제시한 내용과 동일하다. 이를 간략히 요약하면 국내 토종 원종계(grand parent stock; GPS) 5계통(H, G, F, Y, W)을 5 × 5 이면교잡하여 생산된 25개 교배조합의 암컷 1,157수를 분석 대상으로 하고, 이를 총 40주간 사육하였다. 여기서 공시된 원종계들은 지난 30여년 간 국내 H사가 수집하여 육종한 것으로 H, G, F 계통은 육용종 유래(Cornish 계통) 토착화된 토종 순계이며, Y와 W계통은 검용종 유래(New Hampshire 계통) 토착화된 토종 순계이다. 사양관리는 12주령까지 케이지 육추하고, 이후 강제 환기 및 자동 온도 조절 시스템이 완비된 무창계사로 이송하여 2단 4열 철망 배터리형 케이지(90 cm × 90 cm × 66 cm/cage)에 칸 당 12수씩 사육하였다. 사료 급여는 사육단계별로 시판용 초이사료, 병아리 육성기사료, 산란기사료를 급여하고, 8주령 이후 표준체중을 기준으로 제한급여를 하였다. 점등관리와 예방접종은 H사의 종계사양프로그램에 따라 실시하고, 그 밖의 일반 닭 사양관리는 경남과학기술대학교 닭 사육관리 기준에 따랐으며, 시험에 관련된 닭의 관리 및 취급은 본 대학 동물실험 윤리위원회 (IACUC)의 규정을 준수하여 시행하였다.

2. 조사항목

1) 체중 및 생존율

체중은 생시부터 20주령까지는 2주에 한 번씩 전수에 대한 개체 체중을 측정하였고, 20주령 이후 시험 종료 시점인 40주령까지는 4주에 한 번씩 측정하였다. 생존율은 육성기(0~16주령) 및 성계의 생존율(17~40주령)로 구분하였고, 각 시기별 입실 수수 대비 총 생존 수수의 백분율로 계산하였다.

2) 산란형질

시산일령은 각 반복별 산란율이 5%가 되는 날을 시산일령으로 하였고, 난중은 초산 이후 4주 간격으로 난중을 측정하였다. 산란능력은 매일 산란한 기록을 이용하여 25주부터 40주까지의 총 산란수를 연간 생존수수로 나눈 일계산란율(hen-day egg production)로 계산하였다.

3. 분석방법

1) 결합능력

결합능력의 추정은 완전이면교배에서 사용되는 Griffing's Method I(Griffing, 1956)의 Model I을 사용하였고, Diallel Analysis R statistical packages 프로그램(3.3.1)을 이용하였다.

본 분석에 대한 선형모형은 다음과 같다.

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

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

여기서,

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

u = 집단의 평균

g_i (g_j) = 양친 i 와 j 각각의 GCA effect

s_{ij} = 양친 i 와 j 사이의 SCA effect, $s_{ij} = s_{ji}$

r_{ij} = 양친 i 와 j 사이의 reciprocal effect, $r_{ij} = -r_{ji}$

e_{ijkl} = Error term (environmental effect)

결합능력 요소에서 다음과 같은 제한을 두었다.

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

2) 조합가의 추정

결합능력을 이용한 조합가의 추정은 다음과 같은 수식으로 계산하였다.

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

여기서,

GCA_x = x 계통의 일반결합능력

GCA_y = y 계통의 일반결합능력

SCA_{xy} = xy 교배조합의 특정결합능력

결과 및 고찰

1. 일반 생산능력

Table 1은 25개 교배조합의 암컷 1,157수를 대상으로 조합별 생산능력을 조사한 것으로, 이들의 성계생존율, 12주 체중, 시산일령, 난중 및 산란율을 나타낸 것이다(Choi et al., 2017). 성계의 평균 생존율은 75.2%로 교잡구가 순계구에 비해 거의 10% 정도 높게 나타났다. 이들 중 WY조합구가 100%로

가장 높은 생존율을 보였다. 12주 체중의 경우, 전체 25개 조합은 뚜렷한 3개의 그룹으로 대별되는데, 육용종 유래 3계통(H, G, F)과 이들 간의 교잡구 6조합의 경우 고 체중구로, 검용종(Y, W) 및 이들의 교배조합 2개구는 저 체중구로, 육용 × 검용종 12개구는 중 체중구로 구분되었다. 전체 조합 중 GF 조합구가 가장 높은 체중을 나타내었다. 시산일령의 경우, 전체 평균 135.8일로서 순계구가 교잡구에 비해 다소 늦은 시산일령을 보였으며, 이들 중 WY 조합이 가장 늦은 시산일령을 나타내었다. 25~40주간 생산된 계란의 평균 난중은 53 g 정도이고, 순계구와 교잡구 간의 큰 차이는 없었으며, HF 조합의 난중이 56g으로 가장 높았고, YG조합의 난중이 49g으로 가장 낮았다. 일계산란율의 경우, 교잡구가 순계구에 비해 5% 이상 높은 산란율을 보이며, 전체 조합 중 GW구가 72.2%로 가장 높은 산란율을 보인 반면, HF구는 43.9%로 가장 낮은 산란율을 나타내었다.

2. 결합능력

1) 분산분석

성계생존율, 12주령 체중, 시산일령, 난중 및 산란율에 대한 조합 간 결합능력의 분산 분석표를 Table 2에 제시하였다. 분산 분석 결과, 성계 생존율의 상반교잡효과를 제외한 모든 형질의 일반결합능력, 특정결합능력 및 상반교잡효과에서 유의성이 인정되었다.

2) 일반결합능력

본 시험에 공시된 5계통의 토종 순계의 생존율, 12주령 체중 및 산란능력에 대한 일반결합능력의 추정치를 Table 3에 제시하였다. 생존율에서 모든 육용계통은 상대적으로 부(-)의 일반결합능력을 보였고, 검용계통은 양(+)의 효과를 나타내었다. 특히 G계통의 경우, 매우 낮은 추정치를 보여 이와 교잡 자손들은 생존율 저하에 영향을 미칠 것으로 사료된다. 일반적으로 여러 연구들에서 생존율에 대한 일반결합능력은 계통 간 차이가 그리 크지 않아 유의성이 인정되지 않는다고 하였으나, 본 연구에서는 공시 계통들 간의 유전적 조성 차이로 인하여 계통 간 큰 차이를 보이고 있다(Hill et al., 1958; Goto and Nordskog, 1959; Ohh et al., 1986; Choi, 2002).

토종닭의 상업용 출하시기인 12주령 체중에서 육용계통은 모두 양(+)의 값이 추정되었고, 이 중 F가 162.2로 가장 높은 일반결합능력을 나타내었다. 반면, 검용계통 2계통은 모두 부(-)의 값이 추정되었고, W계통이 -209.7로 가장 낮은 추정치를 나타내어, 선발의 목적에 따른 계통 선정이 매우 중

Table 1. Production performances from 5×5 diallel crosses of Korean native chicken strains

Crosses (♀×♂)	Survival rate during laying period (%)	Body weight at 12 weeks (g)	Age at first egg laying (day)	Average egg weight from 25 w to 40 w (g)	Hen-day egg production (%)
HH	46.0±15.7 ^g	1,770.5±230.5 ^{cd}	146.5±7.6 ^{abc}	52.3±6.3 ^{efgh}	45.6±5.2 ^{ijk}
GG	46.0± 9.6 ^g	1,842.2±315.3 ^{bc}	132.5±2.1 ^{de}	52.5±7.6 ^{efgh}	50.6±3.8 ^{ghijk}
FF	53.9± 7.7 ^{gf}	1,890.9±265.3 ^{ab}	135.8±3.4 ^{cde}	54.7±4.7 ^{abcd}	44.4±3.8 ^{jk}
YY	96.2± 3.9 ^{ab}	1,131.9± 94.1 ^k	141.5±7.8 ^{abcd}	49.8±5.3 ^{ij}	60.9±3.2 ^{bcdefg}
WW	96.4± 3.6 ^{ab}	1,161.3±114.0 ^k	142.0±6.7 ^{abcd}	52.2±5.1 ^{fgh}	60.5±5.5 ^{bcdefg}
HG	60.1±24.5 ^{cdefg}	1,892.0±190.2 ^{ab}	137.3±5.0 ^{abcde}	55.5±5.5 ^{ab}	51.8±3.4 ^{efghijk}
GH	59.6± 9.6 ^{defg}	1,889.6±242.6 ^{ab}	136.5±4.4 ^{bcde}	53.6±6.5 ^{cdefg}	52.5±7.8 ^{defghijk}
HF	82.7±14.8 ^{abcd}	1,884.2±187.9 ^{ab}	147.0±1.8 ^{ab}	56.0±5.5 ^a	43.9±1.4 ^k
FH	71.2±12.6 ^{bcdef}	1,875.7±136.8 ^{ab}	138.0±7.4 ^{abcde}	52.9±5.9 ^{efg}	49.0±4.2 ^{hijk}
HY	82.0± 8.3 ^{abcd}	1,658.2±105.3 ^{efg}	136.3±7.4 ^{bcde}	54.9±4.7 ^{abc}	57.3±6.3 ^{bcdefgh}
YH	72.8± 5.6 ^{bcdef}	1,575.6±147.7 ^{hij}	138.0±9.0 ^{abcde}	51.8±5.0 ^{gh}	56.6±3.3 ^{bcdefghi}
HW	80.2±10.4 ^{abcde}	1,544.6±117.3 ^{hij}	142.0±8.6 ^{abcd}	54.0±4.9 ^{bcde}	53.2±5.5 ^{cdefghijk}
WH	73.0±14.2 ^{bcdef}	1,533.6±132.2 ^{ij}	134.5±3.4 ^{de}	52.2±6.2 ^{fgh}	62.9±4.2 ^{abcdef}
GF	80.8± 3.9 ^{abcde}	1,936.9±216.7 ^a	130.0±3.1 ^e	54.0±6.3 ^{bcde}	55.7±6.3 ^{cdefghijk}
FG	55.8±12.6 ^{efg}	1,878.1±179.3 ^{ab}	137.5±1.4 ^{abcde}	52.2±7.4 ^{fgh}	51.4±3.7 ^{fghijk}
GY	73.4±19.5 ^{bcdef}	1,607.1±185.6 ^{fghi}	134.0±3.5 ^{de}	51.9±5.7 ^{gh}	51.6±9.8 ^{efghijk}
YG	73.3±10.9 ^{bcdef}	1,565.4±131.4 ^{hij}	131.0±2.8 ^{de}	49.0±4.7 ^j	63.0±3.4 ^{abcde}
GW	82.6± 0.8 ^{abcd}	1,517.5±150.7 ^j	130.5±5.9 ^e	52.0±4.5 ^{gh}	72.2±6.0 ^a
WG	78.3± 2.9 ^{abcdef}	1,622.4±127.6 ^{fgh}	136.3±2.1 ^{bcde}	51.0±5.0 ^{hi}	64.0±6.4 ^{abc}
FY	76.4±16.2 ^{abcdef}	1,665.8±183.0 ^{ef}	131.0±3.1 ^{de}	55.0±4.9 ^{abc}	53.5±5.6 ^{cdefghijk}
YF	83.3± 1.1 ^{abcd}	1,557.3±163.6 ^{hij}	128.7±4.1 ^e	51.9±6.2 ^{gh}	63.6±3.4 ^{abcd}
FW	80.1± 5.7 ^{abcde}	1,586.4±125.9 ^{ghij}	129.0±6.2 ^e	53.8±5.5 ^{bcdef}	67.9±3.2 ^{ab}
WF	86.1± 5.2 ^{abcd}	1,711.0±118.7 ^{de}	134.8±5.5 ^{de}	52.6±5.6 ^{efgh}	58.1±7.1 ^{bcdefgh}
YW	90.0± 3.3 ^{ab}	1,128.3± 97.2 ^k	136.5±1.3 ^{bcde}	52.4±4.3 ^{efgh}	68.0±3.8 ^{ab}
WY	100.0± 0.0 ^a	1,189.2± 86.8 ^k	147.5±6.7 ^a	53.0±5.5 ^{defg}	60.1±4.0 ^{bcdefgh}
Total means	75.2± 8.9	1,640.9±251.3	135.8±5.4	53.0±1.7	56.7±7.4

Values are mean±standard deviation.

The different letters of superscript within column significantly differ ($P<0.05$).

요하다고 사료된다. 닭의 일반결합능력에 대한 연구로서 WL의 계통 간 교배에서 20주 체중은 -23.35~26.28로, 초산 시 체중은 -34.16~55.50으로 추정 보고하였고 국내 토종닭의 계통 간 교배의 경우 16주 체중의 일반결합능력을 -26.41~34.52로 보고하였으며, 백색 코니시와 백색 플리머스룩 간 교배조합의 8주 체중에 대해서는 -49.81~51.15로 추정하

였다(Ohh et al., 1980, 1986; Cheong et al., 1985; Choi, 2002). 이 밖에도 아프리카 수단의 토종닭 3품종과 Rhode Island Red (RIR), Fayoumi, Bovans와의 교잡에서 18주령 체중에 대한 일반결합능력의 추정치를 -42.03~26.01로(Mohammed et al., 2005), 이집트의 토종닭 Fayoumi, Sinai와 RIR, WL의 교배 조합에서 8주령 체중은 550.7~646.0, 12주 체중은 756.2~

Table 2. Analysis of combining ability variance of production traits from 5×5 diallel crosses of Korean native chicken strains

Source of variance	Survival rate during laying period	Body weight at 12 weeks	Age at first egg laying	Average egg weight	Hen-day egg production
G. C. A. ¹	922.62**	359,951**	63.6**	8.5**	202.0**
S. C. A. ²	96.17*	5,696**	25.6**	2.3**	26.7**
R. E. ³	54.81	2,697**	19.9*	4.0**	29.9**
Error	45.21	789	7.9	0.7	8.5

** $P < 0.01$, * $P < 0.05$.

¹ General combining ability, ² Specific combining ability, ³ Reciprocal effects

Table 3. General combining abilities of the production traits for the 5 Korean native chicken strains

Strains	Traits	Survival rate during laying period	Body weight at 12 weeks	Age at first egg laying	Average egg weight	Hen-day egg production
H		-7.84	117.09	3.67	0.40	-4.89
G		-9.62	134.84	-2.78	-0.49	-0.40
F		-2.81	162.22	-1.84	0.96	-3.56
Y		9.15	-204.41	0.02	-0.91	2.83
W		11.12	-209.74	0.92	-0.26	6.00

917.8로 일반결합능력을 추정 보고하였다(Saadey et al., 2008). 또한 Iraqi local brown(BR)과 WL, New hampshire (NH)와의 교잡연구에서 8주 체중에 대하여 -6.26~21.99, 12주 체중에 대하여 -19.05~29.56의 일반결합능력을 추정하였고(Razuki and Al-Shaheen, 2011), 나이지리아 토종닭과 Anak, Giriraja 등의 지역 실용계를 이용한 교잡연구에서 8주 체중은 -246.71~458.78, 12주 체중은 -773.35~769.30으로 일반결합능력 추정치를 보고한 바 있다(Adebambo et al., 2010, 2011). 이상과 같이 체중에 있어 동일 품종 내 계통 간 교잡의 경우 일반결합능력의 범위가 그리 크지 않으나, 유전적으로 판이한 품종 간 교잡의 경우 추정치의 범위가 크게 나타난다. 본 연구에서도 용도가 다른 품종 유래의 계통 간 교잡에 따라 상대적으로 일반결합능력의 범위가 크게 나타났다.

체중과 달리 시산일령과 난중의 경우, 계통 간 일반결합능력의 차이는 미미한 것으로 나타났다. 시산일령 및 난중의 경우, WL, BR, NH의 교잡에서 난중의 일반결합능력을 -0.70~0.58로 추정하여 본 결과와 비슷하였으나(Razuki and Al-Shaheen, 2011), Baheij, Matrouh, Silver Montazah, Golden Montazah의 교배조합시험에서 시산일령의 일반결합능력은 -34.3~76.7, 난중의 일반결합능력은 -9.5~10.8로 추정하

여 본 결과와는 다소의 차이가 있었다(Sh et al., 2012). 한편, 일계산란율의 일반결합능력은 육용계통은 모두 부(-)의 추정값을 보인 반면, 겸용계통들은 모두 양(+)의 추정치를 나타내고, 이의 범위는 -4.89~6.0으로 나타났다. 이러한 결과는 WL의 계통 간 교배에서 보고한 산란율의 일반결합능력 -8.17~9.39 및 -9.96~7.11과 거의 유사한 결과이다(Ohh et al., 1980, 1986).

3) 특정결합능력 및 상반교잡효과

Table 4는 조합별 생존율에 대한 일반결합능력, 특정결합능력, 조합가 및 상반교잡효과를 제시한 것이다. 생존율에 있어 H와 F조합 간의 특정결합능력이 12.38로 가장 높게 추정된 반면, 겸용계통 조합 간 특정결합능력은 모두 부(-)값을 보였다. 생존율의 일반결합능력에서 육용계통은 모두 부(-)의 값이 추정되었으나, 이들 간 교잡에 따른 특정결합능력은 모두 양(+)의 효과를 보여 생존율에 미치는 유전적 요인은 비상가적 유전효과가 크게 작용하는 것으로 보여진다. 생존율에 있어 부모조합 간 상반교잡의 영향은 거의 없는 것으로 나타났다($P > 0.05$).

Table 5는 조합별 12주령 체중에 대한 일반결합능력, 특정결합능력, 조합가 및 상반교잡효과를 제시한 것으로 H와

Table 4. The combining abilities and mean values of survival rate during laying period from 5×5 diallel crosses of Korean native chicken strains

Crosses (♀×♂)	G.C.A. _x ¹	G.C.A. _y ¹	S.C.A. _{xy} ²	Mean value ³	R.E. ⁴
HG	-7.84	-9.62	2.12	-15.34	0.24
GH	-9.62	-7.84	2.12	-15.34	0
HF	-7.84	-2.81	12.38	1.73	5.77
FH	-2.81	-7.84	12.38	1.73	0
HY	-7.84	9.15	0.89	2.20	4.58
YH	9.15	-7.84	0.89	2.20	0
HW	-7.84	11.12	-1.87	1.41	3.62
WH	11.12	-7.84	-1.87	1.41	0
GF	-9.62	-2.81	5.50	-6.93	12.50
FG	-2.81	-9.62	5.50	-6.93	0
GY	-9.62	9.15	-1.38	-1.85	0.01
YG	9.15	-9.62	-1.38	-1.85	0
GW	-9.62	11.12	3.76	5.26	2.12
WG	11.12	-9.62	3.76	5.26	0
FY	9.15	-2.81	-1.72	4.62	0
YF	-2.81	9.15	-1.72	4.62	3.44
FW	11.12	-2.81	-0.42	7.89	0
WF	-2.81	11.12	-0.42	7.89	2.99
YW	11.12	9.15	-0.45	19.82	0
WY	9.15	11.12	-0.45	19.82	5.00
P value	<0.0001	<0.0001	0.0370	<0.0001	0.3034

¹ General combining ability, ² Specific combining ability, ³ $M_{xy} = GCA_x + GCA_y + SCA_{xy}$, ⁴ Reciprocal effect.

Y간의 조합 및 F와 W간의 조합에서 높은 특정결합능력이 추정되었다. 대체적으로 육용계통 간의 조합 및 겸용계통 간의 조합에서 대부분 부(-)의 특정결합능력이 나타났고, 육용계통과 겸용계통 간에는 모두 양(+)의 특정결합능력이 나타났다. 이러한 결과는 유전적 조성이 다른 교잡 자손들의 경우, 잡종강세 현상에 기인된 비상가적 유전효과가 크게 나타났기 때문인 것으로 사료된다. 닭의 체중에 대한 결합능력 연구에서 WL의 계통 간 교잡에서 특정결합능력을 -23.35~26.28 및 -14.24~39.67로 추정하였고(Ohh et al., 1980, 1986), KNC의 계통 간 교잡에서는 -7.31~14.25로 추정하

Table 5. The combining abilities and mean values of body weight at 12 weeks from 5×5 diallel crosses of Korean native chicken strains

Crosses (♀×♂)	G.C.A. _x ¹	G.C.A. _y ¹	S.C.A. _{xy} ²	Mean value ³	R.E. ⁴
HG	117.09	134.84	18.13	270.06	3.50
GH	134.84	117.09	18.13	270.06	0
HF	117.09	162.22	-24.81	254.50	4.21
FH	162.22	117.09	-24.81	254.50	0
HY	117.09	-204.41	79.38	-7.94	41.11
YH	-204.41	117.09	79.38	-7.94	0
HW	117.09	-209.74	8.33	-84.32	3.45
WH	-209.74	117.09	8.33	-84.32	0
GF	134.84	162.22	-15.03	282.03	29.38
FG	162.22	134.84	-15.03	282.03	0
GY	134.84	-204.41	30.09	-39.48	20.57
YG	-204.41	134.84	30.09	-39.48	0
GW	134.84	-209.74	19.73	-55.17	0
WG	-209.74	134.84	19.73	-55.17	52.17
FY	162.22	-204.41	28.19	-14.00	54.36
YF	-204.41	162.22	28.19	-14.00	0
FW	162.22	-209.74	70.59	23.07	0
WF	-209.74	162.22	70.59	23.07	62.15
YW	-204.41	-209.74	-52.53	-466.68	0
WY	-209.74	-204.41	-52.53	-466.68	30.46
P value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0015

¹ General combining ability, ² Specific combining ability, ³ $M_{xy} = GCA_x + GCA_y + SCA_{xy}$, ⁴ Reciprocal effect.

여 다소 낮은 추정치를 보였다(Choi, 2002). 반면 백색 코니시와 백색 플리머스록의 품종 간 교잡에서는 -367.06~373.93(Chung et al., 1985), Fayoumi, Sinai, RIR 및 WL의 품종 간 교잡에서는 -124.0~213.7과 같은 높은 특정결합능력을 보고하였으며(Saadey et al., 2008), WL, BR, NH 같이 용도가 비슷한 품종 간 교잡 시험에서 특정결합능력을 -39.95~36.72로 추정 보고하였다(Razuki and Al-Shaheen., 2011). 체중에 대한 부모 조합 간 상반교잡의 효과는 거의 대부분의 조합에서 유의하게 나타났다. 특히, W와 Y계통을 교잡에 이용하였을 경우 W계통은 모 계통으로, Y계통은 부 계통으

로 사용하였을 때, 이의 역교배에 비해 +30.5 정도 높은 체중의 상반교잡 효과를 보였다. 이는 W계통을 모 계통으로 사용하였을 때 모체효과와 우성효과가 더욱 크게 작용하였기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 동일한 교배조합일지라도 두 계통 간 상반교잡의 효과를 충분히 고려하여 부 계통과 모 계통을 선정하는 것이 바람직할 것이라 사료된다. 이러한 상반교잡의 효과는 여러 교배 조합 시험에서도 본 결과와 거의 유사한 결과를 제시하고 있다(Chung et al., 1985; Razuki and Al-Shaheen, 2011; Musa et al., 2015).

Table 6은 조합별 시산일령, Table 7은 조합별 난중, Table

Table 6. The combining abilities and mean values of age at first egg laying from 5×5 diallel crosses of Korean native chicken strains

Crosses (♀×♂)	G.C.A _x ¹	G.C.A _y ¹	S.C.A _{xy} ²	Mean value ³	R.E. ⁴
HG	3.67	-2.78	-0.60	0.29	0.38
GH	-2.78	3.67	-0.60	0.29	0
HF	3.67	-1.84	4.09	5.92	4.50
FH	-1.84	3.67	4.09	5.92	0
HY	3.67	0.02	-3.14	0.55	0
YH	0.02	3.67	-3.14	0.55	0.88
HW	3.67	0.92	-2.92	1.67	3.75
WH	0.92	3.67	-2.92	1.67	0
GF	-2.78	-1.84	1.79	-2.83	0
FG	-1.84	-2.78	1.79	-2.83	3.75
GY	-2.78	0.02	-1.32	-4.08	1.50
YG	0.02	-2.78	-1.32	-4.08	0
GW	-2.78	0.92	-1.35	-3.21	0
WG	0.92	-2.78	-1.35	-3.21	2.88
FY	-1.84	0.02	-4.92	-6.74	1.17
YF	0.02	-1.84	-4.92	-6.74	0
FW	-1.84	0.92	-3.79	-4.71	0
WF	0.92	-1.84	-3.79	-4.71	2.88
YW	0.02	0.92	4.49	5.43	0
WY	0.92	0.02	4.49	5.43	5.50
P value	<0.0001	<0.0001	0.0024	<0.0001	0.0139

¹ General combining ability, ² Specific combining ability, ³ $M_{xy} = GCA_x + GCA_y + SCA_{xy}$, ⁴ Reciprocal effect.

Table 7. The combining abilities and mean values of egg weight from 5×5 diallel crosses of Korean native chicken strains

Crosses (♀×♂)	G.C.A _x ¹	G.C.A _y ¹	S.C.A _{xy} ²	Mean value ³	R.E. ⁴
HG	0.40	-0.49	1.35	1.26	1.05
GH	-0.49	0.40	1.35	1.26	0
HF	0.40	0.96	-0.07	1.29	1.51
FH	0.96	0.40	-0.07	1.29	0
HY	0.40	-0.91	0.68	0.17	1.81
YH	-0.91	0.40	0.68	0.17	0
HW	0.40	-0.26	-0.13	0.01	0.88
WH	-0.26	0.40	-0.13	0.01	0
GF	-0.49	0.96	-0.12	0.35	1.01
FG	0.96	-0.49	-0.12	0.35	0
GY	-0.49	-0.91	-1.13	-2.53	1.35
YG	-0.91	-0.49	-1.13	-2.53	0
GW	-0.49	-0.26	-0.60	-1.35	0.49
WG	-0.26	-0.49	-0.60	-1.35	0
FY	0.96	-0.91	0.58	0.63	1.70
YF	-0.91	0.96	0.58	0.63	0
FW	0.96	-0.26	-0.21	0.49	0.55
WF	-0.26	0.96	-0.21	0.49	0
YW	-0.91	-0.26	1.05	-0.12	0
WY	-0.26	-0.91	1.05	-0.12	0.23
P value	<0.0001	<0.0001	0.0025	<0.0001	<0.0001

¹ General combining ability, ² Specific combining ability, ³ $M_{xy} = GCA_x + GCA_y + SCA_{xy}$, ⁴ Reciprocal effect.

8은 조합별 일계산란율에 대하여 이들 간 일반결합능력, 특정결합능력, 조합가 및 상반교잡효과를 제시한 것이다. 시산일령의 특정결합능력 추정치에서 모든 육용계통과 검용계통 간의 조합은 부(-)의 특정결합능력을 나타내었고, 육용계통 간 및 검용계통 간의 조합은 대부분 양(+)의 특정결합능력이 나타내었으며, 이들 중 F와 Y계통 간 특정결합능력의 효과가 -4.9로 가장 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과는 유전적 용도가 상이한 계통 간 교잡의 경우, 자손들의 시산일령 단축의 효과가 커다는 것을 시사한다. 시산일령에서의 상반교잡효과는 그리 크지 않은 것으로 나타났으나, W와 Y

Table 8. The combining abilities and mean values of hen-day egg production from 25w to 40w from 5×5 diallel crosses of Korean native chicken strains

Crosses (♀×♂)	G.C.A. _x ¹	G.C.A. _y ¹	S.C.A. _{xy} ²	Mean value ³	R.E. ⁴
HG	-4.89	-0.4	0.70	-4.59	0
GH	-0.40	-4.89	0.70	-4.59	0.31
HF	-4.89	-3.56	-1.87	-10.32	0
FH	-3.56	-4.89	-1.87	-10.32	2.54
HY	-4.89	2.83	2.31	0.25	0.35
YH	2.83	-4.89	2.31	0.25	0
HW	-4.89	6.00	0.18	1.29	0
WH	6.00	-4.89	0.18	1.29	4.82
GF	-0.40	-3.56	0.76	-3.20	2.15
FG	-3.56	-0.40	0.76	-3.20	0
GY	-0.40	2.83	-1.85	0.58	0
YG	2.83	-0.40	-1.85	0.58	5.72
GW	-0.40	6.00	5.74	11.34	4.06
WG	6.00	-0.40	5.74	11.34	0
FY	-3.56	2.83	2.55	1.82	0
YF	2.83	-3.56	2.55	1.82	5.09
FW	-3.56	6.00	3.82	6.26	4.93
WF	6.00	-3.56	3.82	6.26	0
YW	2.83	6.00	-1.54	7.29	3.94
WY	6.00	2.83	-1.54	7.29	0
P value	<0.0001	<0.0001	0.0029	<0.0001	0.0012

¹ General combining ability, ² Specific combining ability, ³ $M_{xy} = GCA_x + GCA_y + SCA_{xy}$, ⁴ Reciprocal effect.

간의 교배조합의 경우 다소 큰 상반교잡의 효과를 보였는데, 이는 동일 교잡에서 W를 모 계통으로 사용할 경우, 부 계통으로 이용하는 것보다 자손들의 시산일령이 평균 5.5일 증가됨을 나타낸다. 한편, 난중에서는 H와 G계통 간 교잡 및 Y와 W계통 간 교잡에서 상대적으로 높은 특정결합능력의 효과를 보였다(Table 7). 일반적으로 난중은 유전력이 높은 형질로서 자손에 미치는 유전적 영향이 상가적 유전효과가 크게 작용하는 것으로 사료되나, 본 실험 결과, 상가적 유전효과 외 비상가적 유전효과도 비슷하게 작용하는 것으로 나타났다. 난중에 있어 비상가적 유전효과들의 중요성을 다른 연

구들에서도 동일하게 제시하고 있다(Ohh et al., 1986; Choi, 2002; Saadey et al., 2008; Razuki and Al-Shaheen, 2011; Sh et al., 2012). 난중에서 상반교잡효과는 육용계를 모 계통으로 사용한 교배조합에서 겸용종을 모 계통으로 사용한 교배조합보다 상대적으로 높은 난중이 나타난 것을 알 수 있었는데, 이는 난중이 무거운 육용계통들의 모체효과와 우성효과에 기인한 것으로 사료된다. 일계산란율에서는 겸용계통과 육용계통 간의 교배조합에서 거의 대부분 양(+)의 특정결합능력을 보이고 특히, G와 W계통 간의 교배조합에서 5.74로 가장 높은 특정결합능력 추정치를 보였다. 산란율의 경우, 일반결합능력의 추정범위나 특정결합능력의 추정범위가 거의 비슷한 수치를 보이고 있는데, 이는 산란율의 유전에 있어 상가적 유전 효과나 비상가적 유전 효과가 비슷하게 작용함을 의미한다. 산란율의 특정결합능력의 추정범위는 WL의 계통 간 교잡에서 -6.11~6.26(Ohh et al., 1980)과 -2.85~3.05(Ohh et al., 1986)로 보고하였고, F, S, WL, RIR의 교잡시험에서 -3.30~2.66(Saadey et al., 2008)으로 보고하여 본 결과와 거의 비슷한 경향을 나타내었다. 산란율의 상반교잡 효과에서 겸용계통인 Y계통과 W계통은 계통별 각기 성별 다른 특징 양상을 보였는데, 두 계통 모두 H와의 교배조합을 제외하고, Y계통은 모 계통으로 사용하였을 때, W계통은 부 계통으로 사용하였을 때 자손들의 산란능력이 상대적으로 높게 나타났다. 따라서 산란능력에 기초한 교배 조합의 선정으로 모 계통은 Y계통, 부 계통은 W계통을 택하는 것이 바람직할 것이라 사료된다.

4) 결합능력에 근거한 조합가의 추정

일반결합능력 및 특정결합능력을 근거로 한 생존율에 대한 조합가의 추정치에서 겸용계통 간의 교배조합이 상대적으로 높은 값을 보였고, 이 중 WY교배조합의 조합가가 19.8로서 가장 바람직한 조합으로 나타났다. 한편, 거의 모든 육용계통 간의 조합은 상대적으로 낮은 조합가를 보여 이들 간의 교잡으로 생산되는 자손의 경우 생존율에 있어 좋지 못한 결과를 보일 것으로 예견된다. 닭의 상업적 출하시기인 12주 체중에 대한 조합가의 추정에서 육용계통 간의 교배조합 중 G계통과 F계통 간의 조합이 가장 높은 값을 보였고, 이 중 G를 모계로, F를 부계로 한 조합이 가장 바람직한 조합으로 나타났다. 유전적 특성에 따라 육용계통 간 교잡의 경우, 모든 조합가가 양(+)의 값을, 겸용계통 간의 조합은 모두 부(-)의 값을 보이며, 육용계통과 겸용계통 간의 교배조합에서는 W계통과 F계통 간의 조합만 유일한 양(+)의 값을 나타내었다. 시산일령의 경우, F와 Y계통 간 교잡 자손들

이 상대적으로 가장 빠른 초산일령을 나타낼 것으로 예측되고, 육용계통과 겸용계통 간 교잡 시 거의 대부분의 조합에서 시산일령이 상대적으로 단축되는 것으로 보여진다. 난중의 조합가 추정 결과, H와 G 및 H와 F계통 간 조합이 상대적으로 높은 난중을 보이고, G와 Y계통 간 조합의 자손들이 가장 낮은 난중을 나타낼 것으로 추정되었다. 25주부터 40주까지 일계산란율에 대한 조합가의 추정에서 육용계통 간의 교배조합을 제외한 모든 교배조합들이 양(+)의 조합가를 보였는데, 이들 중 G계통과 W계통 간의 조합이 가장 높은 산란율의 조합가를 나타내었다. GW 조합의 경우, 육용계통과 겸용계통 간의 조합임에도 불구하고, 겸용계통 간의 교잡보다 더욱 높은 조합가를 나타내었는데, 이는 G계통과 W계통 간 특정결합능력이 상대적으로 높았기 때문인 것으로 사료된다.

이상 25개의 교배조합 중 순계 5계통을 제외한 20개의 조합에서 결합능력에 따른 조합가와 상반교잡효과를 근거로 우수한 실용계(commmercial chicken)를 작출하기 위한 중계(parents stock) 조합을 선정하고자 하면 부 계통으로는 체중이 우수하면서 상대적으로 생존율이 양호한 GF나 HF 조합이, 모 계통으로는 산란능력이 우수하며 적절한 체중을 지닌 GW나 FW 조합이 가장 바람직할 것이라 사료된다.

적 요

본 연구는 국산 신품종 토종닭 개발을 위하여 국내 보유종인 원중계 5계통을 대상으로 5×5 이면교잡을 통해 생산된 교배조합중 암컷 1,157수를 대상으로 조합별 능력을 검정하고, 이를 이용하여 결합능력 및 상반교잡효과를 추정하였다. 생산능력에 대한 검정형질로는 체중, 생존율, 시산일령, 난중 및 산란율을 대상으로 하였다. 분석 결과, 일반결합능력에 있어 생존율은 -9.6~11.1의 범위를 보이며 W계통이 가장 높았고, 12주 체중에서는 F계통이 가장 높은 추정치를 보이며, -209.7~162.2의 범위로 추정되었다. 산란형질에 대한 일반결합능력의 추정치는 시산일령에서 -2.8~3.7, 난중은 -0.91~0.96, 일계산란율은 -4.9~6.0의 범위를 보이며, W계통이 가장 높은 산란율을 나타내었다. 특정결합능력의 추정 결과, 생존율은 Y와 W계통 간의 조합이, 12주 체중은 F와 W계통 간의 조합이 가장 높았으며, 일계산란율은 G와 W간의 조합이 가장 높게 추정되었다. 상반교잡효과의 분석 결과, 거의 모든 형질에서 유의한 차이를 보이며, 동일한 교배조합이라 할지라도 어느 쪽을 부모계로 이용하느냐에 따라 상이한 능력의 차이를 보였다. 결합능력을 근거로 한 조

합가의 추정치로 생존율은 WY, WF, GW 순으로 높았고, 12주 체중에서는 GF, HG, HF 순으로 높았으며, 일계 산란율은 GW, YW, FW 순으로 높은 추정치를 나타내었다. 이상의 결과를 바탕으로 우수한 실용계(commmercial chicken)를 작출하기 위한 최적의 중계(parents stock) 조합의 선정은 부 계통으로는 체중이 우수하면서 상대적으로 생존율이 양호한 GF나 HF조합이 적합할 것으로 사료되고, 모 계통은 산란능력이 우수하며 적절한 체중을 지닌 GW나 FW조합이 가장 바람직 할 것이라 사료된다.

(색인어: 토종닭, 결합능력, 상반교잡효과, 이면교배)

사 사

본 논문은 Golden Seed Project 종축사업(과제 번호: PJ01-282003, 213010-05-1-SB230)의 지원으로 수행되었음.

REFERENCES

- Adebambo AO, Adeleke MA, Whetto M, Peters SO, Ikeobi CON, Ozoje MO, Oduguwa OO, Adebambo OA 2010 Combining ability of carcass traits among pure and crossbred meat type chickens. *Int J Poult Sci* 9(8):777-783.
- Adebambo AO, Ikeobi CON, Ozoje MO, Oduguwa OO, Adebambo OA 2011 Combining abilities of growth traits among pure and crossbreed meat type chickens. *Arch Zootec* 60 (232):953-963.
- Choi CH 2002 Estimation of heterosis and combining abilities for important traits from strain crosses in Korean native chicken. M. D. Dissertation. Chungnam National University.
- 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.
- Cheong IC, Chung SB, Yeon SH 1985 Estimation of heterosis from strain crosses of White Cornish and White Plymouth Rock for certain economic traits. *Korean J Poult Sci* 12 (2):75-82.
- Comstock RE, Robinson HF, Harvey PH 1949 A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. *J Amer Soc Agron* 41:360-367.
- Falconer DS 1960 Introduction to Quantitative Genetics. The

- Ronald Press Co. New York.
- Goto E, Nordskog AW 1959 Heterosis in poultry: 4. Estimation of combining ability variance from diallel crosses of inbred lines in the fowl. *Poult Sci* 38:1381-1388.
- Griffing B 1956 Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crosses. *Aust J Biol Sci* 9:463-493.
- Hill JF, Nordskog AW 1958 Predicting combining ability of performance in the crossbred fowl. *Poult Sci* 37:1159-1169.
- Hull FH 1945 Recurrent selection for specific combining ability in corn. *J Amer Soc Agron* 37:134-145.
- Jakubek V, Komender P, Nitter G, Fewson D, Soukupova Z 1987 Crossbreeding in farm animals 1. Analysis of complete diallel experiments by means of three models with application to poultry. *J Anim Breed Genet* 104:283-294.
- Korea Poultry Association 2012 The data of numbers of imported chicken breeds in Korea. *Korean Poultry Journal*.
- Mohammed MD, Abdalsalam YI, Mohammed AR, Wang JY, Hussein MH 2005 Growth performance of indigenous x exotic crosses of chicken and evaluation of general and specific combining ability under Sudan condition. *Int J Poult Sci* 4(7):468-471.
- Musa AA, Orunmuyi M, Akpa GN, Olutunmogun Ak, Muhammad H, Adedibu II 2015 Diallel analysis for body weight involving three genotypes of Nigerian indigenous chickens. *S Afr J Anim Sci* 45(2):188-197.
- Ohh BK, Yeo JS, Lee JK, Lee MY 1980 Study on utilization of heterosis in layer chicken. *Korean J Poult Sci* 7(2):28-36.
- Ohh BK, Han JY, Sohn SH, Park TJ 1986 Estimation of genetic variations and selection of superior lines from diallel crosses in layer chicken. *Korean J Poult Sci* 13(1):1-14.
- 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.
- Saadey MS, Galal A, Zaky HI, El-Dein AZ 2008 Diallel crossing analysis for body weight and egg production traits of two native Egyptian and two exotic chicken breeds. *Int J Poult Sci* 7(1):64-71.
- Schmidt J 1922 Diallel crossing with the domestic fowl. *J Genetics* 12:241-245.
- Sh R, El-Ghar A, Aly OM, Ghanem HH, Shalan HM 2012 Combining ability estimates for egg production traits from line x tester analysis. *Global Journals Inc* 12(5):19-28.
- Wearden S, Tindell D, Craig JV 1965 Use of a full diallel cross to estimate general and specific combining ability in chickens. *Poult Sci* 44(4):1043-1053.
- Wearden S, Craig JV, Tindell D 1967 Components of specific combining ability estimated from strain and breed cross in chickens. *Poult Sci* 46(6):1398-1406.

Received Aug. 29, 2017, Revised Sep. 19, 2017, Accepted Sep. 20, 2017