

제주재래흑돼지×Landrace F₂ 집단 성장형질에 대한 교배조합의 효과

강용준^{1,2} · 조상래³ · 정동기² · 이재봉⁴ · 박희복¹ · 조인철^{1*} · 한상현^{5†}

¹국립축산과학원 난지축산연구소, ²제주대학교 동물자원과학부, ³국립축산과학원 한우연구소,
⁴전북대학교 인수공통전염병연구소, ⁵제주대학교 교육과학연구소

Effect of Mating Types on the Growth Traits of F₂ Population between Landrace and the Jeju Native Black Pigs

Yong-Jun Kang^{1,2}, Sang-Rae Cho³, Dong Kee Jeong², Jae-Bong Lee⁴, Hee-Bok Park¹,
In-Cheol Cho^{1*} and Sang-Hyun Han^{5†}

¹Subtropical Livestock Research Institute, National Institute of Animal Science, RDA, Jeju 63242, Korea

²Faculty of Biotechnology, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

³Hanwoo Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25340, Korea

⁴Korea Zoonosis Research Institute, Chonbuk National University, Iksan 54531, Korea

⁵Educational Science Research Institute, Jeju National University, Jeju 63243, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to examine effects of mating type on the growth traits in an F₂ population produced by reciprocal intercrosses between Landrace and the Jeju Native Black pig (JBP). The F₂ progeny were produced by two different mating types based on the grand dams of founder breeds JBP (Cross_1) and Landrace (Cross_2). The body weights at 21 days after birth (BW21D) was significantly different between Cross_1 and Cross_2 ($P<0.05$), showing that the BW21D of Cross_1 has about 0.25 kg heavier than Cross_2. The significant differences were found between males and females for the growth traits including the body weights (BWB, BW21D, BW70D and BW140D) and average daily gains (ADG, eADG and IADG) ($P<0.05$). Males were heavier BWB, BW21D and BW140D levels, and higher ADG and IADG levels than females. On the other hand, females had heavier BW70D and higher eADG levels than those of males. When considering the mating types and sex simultaneously the Cross_2 males had the heaviest BW140D among the combinations of cross and sex. In conclusion, it is desirable to choose Landrace as grand dams in the reciprocal intercrosses between Landrace and JBP for producing their progeny construction and to plan the production of F₂ males for industrial purposes. These results suggested that it may be one of useful strategies to improve the productivity through out selection of the mating type of founder breeds and the progeny sex, especially in Landrace, JBP and their related populations.

(Key words: grand dam, mating type, sex, Landrace, Jeju Native Black pig)

서 론

돼지의 생산성 향상과 생산비 절감을 위한 수단으로 품종 간 교배가 널리 이용되고 있다. 현재 우리나라에서도 서구에 서 육량 위주로 개량되어온 품종들이 도입되어 상업돈 생산에 이용되고 있으며, 특히, Landrace, Large White, Duroc 3 품종을 이용한 3원교잡종(LY×D)은 다른 품종에 비해 산자수가 많고, 성장이 빠르며, 고기 생산량도 많기 때문에 보편적으로

이용되고 있다(Hong 등, 2001; Jin 등, 2006; Jung 등, 2014;).

20세기 후반 산업화의 성공 이후 국민소득의 증대와 생활 수준의 향상은 단백질 공급원에 대한 양적인 소비에서 맛 위주의 질적인 소비 형태로 전환되는 계기를 제공하였고, 이와 함께 흑돼지시장이 지속적으로 성장하고 있다. 이에 따라 재래흑돼지 자원의 활용에 대한 수요가 증가하고 있어, 재래흑돼지의 유전적 특성 분석과 생산성 향상을 위한 연구들이 진행되고 있다. 유럽에서 도입된 품종들에 비해 재래흑돼지는

본 연구는 농촌진흥청 본청공동연구 “제주재래돼지 기반 고 육질형 축군 ‘난축맛돈’의 능력개량 연구”(PJ010123042016)의 지원에 의해 이루어진 것임.

† Correspondence : Sang-Hyun Han: hansh04@naver.com, In-Cheol Cho: choic4753@korea.kr

산자수가 적고, 등지방이 두꺼우며, 증체율과 사료효율이 낮은 단점을 보이고 있다. 하지만, 재래흑돼지는 외래 품종에 비해 백색의 지방과 적색 근육, 근내지방 축적이 잘 되는 품종이라는 점에서 산업화의 좋은 소재로 부각되고 있다(Jin 등, 2001; Moon, 2004; Park 등, 2005; Kwon, 2006; Cho 등, 2007).

제주도에서 길러지던 제주재래흑돼지(Jeju Native Black pig, JBP)는 크기가 작고, 통통한 체형에 전신 흑모색을 나타내는 특징을 보인다. 1980년대 말, 멸종위기에 처한 재래흑돼지 복원사업의 일환으로 제주특별자치도 축산진흥원에서 원형에 가까운 흑돼지를 수집하여 복원하기 시작하였다. 하지만, 현재까지 JBP에 대한 연구는 순종의 육성과 보호에만 집중되어 있어, 개량과 산업화를 위한 생산체계는 초기단계에 머물러 있다. 근래에 JBP를 포함한 한국 재래흑돼지의 육질과 산육형질에 대한 연구결과들이 보고되었고(Jin 등 2001; Park 등, 2005; Cho 등 2007), 타 품종과의 교배 후손에 대한 분자유전학적 연구를 통해 몇몇 육질 관련 후보유전자와 경제형질 관련 양적형질좌위(Quantitative Trait Loci, QTL) 탐색결과가 보고되었다(Choi 등, 2003; Cho 등, 2011; Han 등, 2010, 2012; Maharani 등, 2013; Yoo 등, 2014). 하지만, 품종 간 교배축군의 표현형에 대한 연구는 갈비뼈 수의 변이에 대한 연구결과(Cho 등, 2013)가 보고되었을 뿐, 아직까지도 산업화에 필요한 자료들이 대단히 부족한 실정이다.

본 연구는 국내 양돈업에서 널리 이용되고 있는 고산육형 품종인 Landrace와 고육질형 품종인 제주재래흑돼지의 상호 교차교배를 통해 생산된 F₂ 후손집단에서 기초축군의 교배조합이 성장형질에 미치는 영향을 확인하여 JBP와 연관된 품종

간 교배체계에 대한 기초자료를 마련하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물과 DNA 추출

본 연구에 이용한 제주재래흑돼지(JBP)와 Landrace 교배 2세대(F₂)의 번식, 생산과 사육관리 체계는 Cho 등(2011)의 보고에 제시한 바와 같다. JBP (암컷 11두, 수컷 8두)와 Landrace (암컷 9두, 수컷 8두)를 기초축군으로 한 교배조합은 두 가지(Cross_1과 Cross_2)로 교배과정은 다음과 같다. Cross_1은 JBP(최초 증빈돈, grand dam)×Landrace(증모돈, grand sire)의 교배에서 생산된 F₁ 수컷(JL ♂)과 Landrace 증빈돈×JBP 증모돈의 교배에서 생산된 F₁ 암컷(LJ ♀) 사이의 교배를 통해 생산된 F₂(LJJL)이며, Cross_2는 JBP 증빈돈×Landrace 증모돈 교배에서 생산된 F₁ 암컷(JL ♀)과 Landrace 증빈돈×JBP 증모돈 교배에서 생산된 F₁ 수컷(LJ ♂) 사이의 교배에서 생산된 F₂(JLLJ)이다. 생산된 F₁ 중 92두를 선발하여, 상호교차교배를 이용하여 F₂ 생산에 활용하였다(Fig. 1). 돼지 경정맥에서 채혈한 전혈을 이용하여 Sambrook 등(1989)의 방법에 준하여 DNA를 추출하였다. 준비한 DNA 용액은 NanoDrop ND-1000 Spectrophotometer(NanoDrop Technologies, USA)로 흡광도를 측정 후 A₂₆₀/A₂₈₀ 1.8 이상인 경우에 한하여 50 ng/μl로 희석하고, PCR 증폭을 위한 주형으로 이용하였다. 실험은 제주대학교 동물실험윤리위원회의 승인을 받았으며(승인번호 2015-0023), 위원회의 동물실험 취급과 관리에 따른 규정에 준하여 수행하였다.

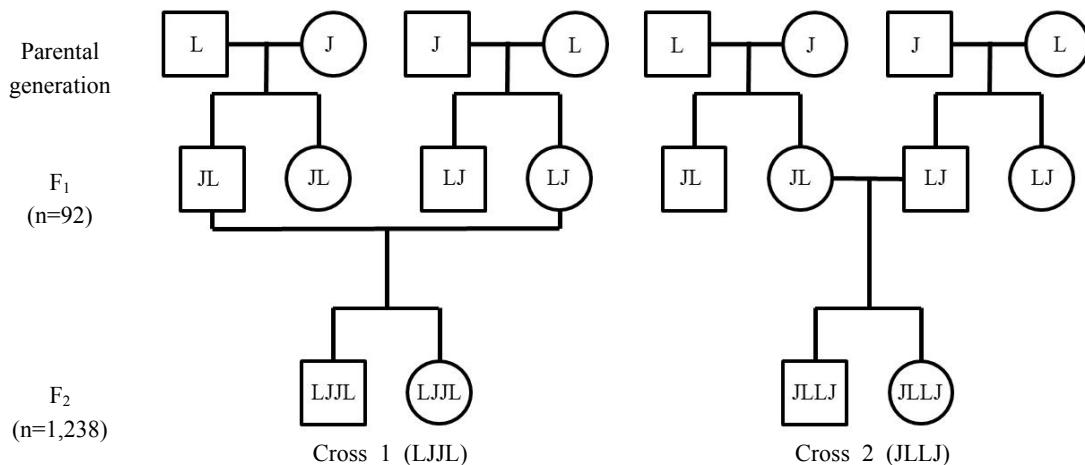


Fig. 1. Reciprocal cross types for F₂ population between Landrace and the JBP pigs. Cross_1 used the JBP (J) as grand dams and Landrace (L) as grand sires. Cross_2 used Landrace pigs as grand dams and the JBP pigs as grand sires. F₂ progeny were produced by the reciprocal intercrosses between the dams and sires from both F₁ populations. Squares and Circles indicate the males and females, respectively.

2. 품종-특이적 mtDNA 마커 분석

연구에 이용한 JBP와 Landrace 기초축군에서 활용된 중빈돈을 기준으로 하는 두 교배조합(Cross_1, Cross_2)을 재확인하기 위하여, Han 등(2004, 2011)에 의해 보고된 미토콘드리아 DNA(mtDNA)의 *cytochrome B(CYTB)*, *NADH dehydrogenase 2(ND2)* 유전자에 대한 분석법을 이용하였다. *CYTB*와 *ND2* 유전자 절편은 증합효소 연쇄반응(polymerase chain reaction, PCR)으로 증폭한 후, 제한효소를 처리하여 유전자형을 판독하였다. PCR 반응은 50 ng의 genomic DNA 용액에 1×PCR buffer, 125 mM dNTP, 0.4 unit *Taq* DNA polymerase(TaKaRa, Japan)에 각각의 primer와 멸균 증류수를 첨가하여 최종 25 µl로 준비하여 Mastercycler Gradient(Eppendorf, Germany)를 이용하여 반응하였다. 반응은 95°C에서 3분간 초기변성, 94°C 45초-primer annealing 온도에서 45초-72°C 45초로 구성된 cycle을 40회 반복 수행하고 72°C에서 5분간 최종 신장하였다. 반응이 끝난 PCR 산물은 1% agarose 겔 상에서 확인한 후, *CYTB* 유전자는 *AluI*과 *HaeIII*로, *ND2* 유전자 절편은 *Tsp509I*를 처리하여 결정하였다. 제한효소의 처리는 공급자의 manual을 따랐으며, overnight 반응한 후 2% agarose 겔 상에서 전개하여 각각의 유전자형을 판독하였다. 두 유전자에서 얻은 유전자형을 조합하여 개체별 mtDNA haplotype을 결정하고, 교배조합의 최초 중빈돈 추적에 이용하였다.

3. 성장형질 및 통계분석

두 교배조합(Cross_1, Cross_2)을 통해 생산된 F₂ 자손은 총 1,238두였으며(Cho 등, 2011), 조사된 성장형질을 생시체중(body weights at birth, BWB), 21일령 체중(BW at 21 days after birth, BW21D), 70일령 체중(BW at 70 days after birth, BW70D), 140일령 체중(BW at 140 days after birth, BW140D)을 측정하였고, 측정된 일령별 체중을 이용하여 일당증체량(average daily gain, ADG), 초기 일당증체량(average daily gain during early period from 21 days to 70 days after birth, eADG), 후기 일당증체량(average daily gain during late period from 70 days to 140 days after birth, lADG)을 산출하였다. 체중은 생시, 21일령, 70일령, 140일령 당일 사료급여 전에 측정하였다. 일당증체량(ADG)은 이유(21일) 후부터 140일까지의 증가된 체중(Δ WB=BW140D-BW21D)을 경과한 날짜로 나누어 산출하였고, 초기 일당증체량(eADG)은 이유(생후 21일) 후부터 70일까지의 체중변화/일(kg/day), 후기 일당증체량(lADG)은 70일부터 140일까지의 체중변화로 산출하였다. Han 등(2004, 2011)에 의해 보고된 JBP와 Landrace 특이적인 mtDNA haplotype들을 이용하여 성장형질 분석자료를 보유한 1,105두의 F₂ 후손들을 JBP-mtDNA type인 Cross_1과 Landrace-mtDNA type인 Cross_

2로 구분하였고(자료 미기재), 번식기록과 대조하여 Cross_1(n=489)과 Cross_2 (n=616)를 결정하였다. 이후 F₂ 후손의 성장형질에 대한 통계분석을 수행하였다. 성장형질 측정치에 대한 교배조합과 성별의 효과는 SAS ver 8.01 program package/PC (1997)의 General linear model(GLM) procedure를 이용하여 추정하였다. 교배조합의 효과는 통계모델 $Y_i = \mu + C_i + \varepsilon_i$ (여기서, Y_i = 관측치, μ = 전체평균, C_i = i 번째 교배계획의 효과, ε_i = 각 측정치의 임의 오차), 생산된 F₂에서 성의 효과는 $Y_i = \mu + S_i + \varepsilon_i$ (여기서, Y_i = 관측치, μ = 전체평균, S_i = i 번째 성의 효과, ε_i = 각 측정치의 임의 오차), 교배조합과 성별을 동시에 고려했을 때의 효과는 $Y_{ij} = \mu + C_i + S_j + \varepsilon_{ij}$ (여기서, Y_{ij} = 관측치, μ = 전체평균, C_i = i 번째 교배계획의 효과, S_j = j 번째 성의 효과, ε_{ij} = 각 측정치의 임의 오차)를 이용하였고, 분만 산차는 고려하지 않았다. 평균값의 차이는 Duncan's multiple range test로 교배조합별 유의차 검정을 실시하였다.

결 과

1. 후손집단의 기초통계

JBP와 Landrace 상호교차교배로 생산된 F₂ 집단에서 산출된 성장형질 자료는 Table 1에 제시하였다. 생산된 자돈의 평균 생시체중(BWB) 1.59±0.495 kg, 21일령 체중(BW21D) 6.35±1.438 kg, 70일령 체중(BW70D) 24.93±5.167 kg, 140일령 체중(BW140D) 71.72±9.923 kg을 나타내었다. 또한 평균 일당증체량(ADG)은 0.55±0.079 kg/day이었으며, 이유(21일) 후부터 70일령까지의 초기 일당증체량(eADG)은 0.38±0.096 kg/day, 70일령에서 140일령까지의 후기 일당증체량(lADG)은 0.67±0.111 kg/day의 수준을 보였다.

2. 성장형질에 대한 교배조합의 효과

JBP와 Landrace 상호교차교배 F₂ 집단의 성장형질에 대한 교배조합의 효과를 조사한 결과(Table 2), 측정된 성장형질 중 BW21D에서만 유의적인 차이를 보였고, JBP로 이용한 Cross_1이 Landrace를 이용한 Cross_2에 비하여 약 0.26 kg정도 더 적은 수준을 나타내었다($P < 0.05$). 반면, BW21D 이외의 형질들(BWB, BW70D, BW140D, ADG, lADG, eADG)은 유의적인 차이를 나타내지 않았다($P > 0.05$).

3. 성장형질에 대한 성별의 효과

JBP와 Landrace의 상호교차교배로 생산된 F₂ 집단의 성장형질에 대한 암수 성별의 차이는 Table 3에 제시하였다. 조사된 성장형질 중 체중과 관련된 BWB, BW21D, BW70D, BW140D와 증체량과 관련된 ADG, eADG, lADG는 암컷과 수컷 사이에서 모두 유의적인 차이를 나타내었다($P < 0.05$). BWB, BW21D, BW140D는 수컷들이 암컷에 비해 더 무거운 양상을

Table 1. Descriptive statistics in the study population

Traits ¹	n	Min.	Max.	Mean±S.D.	SE
BWB (kg)	1,105	1.00	3.00	1.59±0.495	0.015
BW21D (kg)	1,105	2.00	10.00	6.35±1.438	0.043
BW70D (kg)	1,103	8.00	41.00	24.93±5.167	0.156
BW140D (kg)	1,104	31.00	101.00	71.72±9.923	0.299
ADG (kg/day)	1,104	0.21	0.79	0.55±0.079	0.023
eADG (kg/day)	1,103	0.01	0.69	0.38±0.096	0.003
IADG (kg/day)	1,103	-0.04	1.03	0.67±0.111	0.003

¹ All abbreviations of each trait are given in the Materials and Methods section.

Table 2. Effect of mating type on the growth traits of an F₂ population between Landrace and JBP

Traits ¹	Cross_1		Cross_2		P	Significance ²
	n	Mean±S.D.	n	Mean±S.D.		
BWB (kg)	489	1.57±0.496	616	1.60± 0.4940	0.300	n.s.
BW21D (kg)	489	6.20±1.402	616	6.46± 1.4570	0.002	*
BW70D (kg)	488	24.77±5.080	615	25.06± 5.2350	0.351	n.s.
BW140D (kg)	488	71.20±9.329	616	72.13±10.3590	0.123	n.s.
ADG (kg/day)	488	0.55±0.073	616	0.55± 0.0827	0.234	n.s.
eADG (kg/day)	488	0.38±0.094	615	0.38± 0.0980	0.932	n.s.
IADG (kg/day)	488	0.66±0.101	615	0.67± 0.1190	0.181	n.s.

¹ All abbreviations of each trait are given in the Materials and Methods section.

² * Indicates significant differences at $P<0.05$. n.s indicates not significant.

보였으나, BW70D는 암컷 집단(25.26±5.098 kg)이 수컷 집단(24.61±5.216 kg)에 비해 약 0.65 kg 더 무거운 양상을 나타내었다. 전체적인 ADG는 수컷이 암컷에 비해 약 0.02 kg/day 더 빠른 일당증체량을 나타내었고, IADG 역시 수컷이 암컷에 비해 0.03 kg/day 더 높은 수준의 일당증체량을 나타내었다. 반면, eADG는 암컷이 수컷보다 0.02 kg/day 더 높은 일당증체량 수준을 보였다.

4. 성장형질에 대한 교배조합과 성별의 종합 효과

Table 4는 F₂ 집단의 성장형질에 대한 교배조합과 성별의 효과를 동시에 살펴본 결과이다. 분석된 형질 중에서 BWB, BW21D, BW140D, eADG, IADG 등에서 유의적인 차이를 나타내었고($P<0.05$), BW70D, ADG 수준은 유의차를 나타내지 않았다($P>0.05$). BWB는 Cross_1-수컷(1.62±0.485 kg)과 Cross_2-수컷(1.63±0.491 kg)들이 암컷들에 비해 0.05 kg 이상 더 무거운 양상을 보였다. BW21D는 Cross_2-수컷(6.53±1.465 kg)이

가장 무겁고, Cross_1-수컷과 Cross_2-암컷이 비슷한 수준을 보이고, Cross_1-암컷(6.08±1.431 kg)이 가장 가벼운 양상을 보였다. BW140D는 Cross_2-수컷(72.89±10.501 kg)이 가장 무겁고, Cross_1-수컷(71.94±9.963 kg)과 Cross_2-암컷(71.23±10.134 kg)은 비슷한 수준이며, Cross_1-암컷(70.52±8.668 kg)이 가장 가벼웠다. BW140D에서 Cross_2-수컷과 Cross_1-암컷은 약 2.37 kg의 차이를 보였다. eADG는 Cross_1-, Cross_2-암컷들이 수컷들에 비해 약 0.02 kg/day 더 높은 일당증체량 수준을 나타내었다. 반면, IADG는 Cross_1-, Cross_2-수컷들이 암컷들에 비해 약 0.03~0.04 kg/day로 더 높은 일당증체량 수준을 보였다.

고찰

본 연구에서 사용된 JBP×Landrace F₂ 후손집단은 JBP와 Landrace를 기초축군으로 하여 생산된 F₁의 상호교차교배를

Table 3. Effect of progeny sex on the growth traits of an F₂ population between Landrace and JBP

Traits ¹	Male		Female		P	Significance ²
	n	Mean±S.D.	n	Mean±S.D.		
BWB (kg)	568	1.63± 0.488	537	1.54±0.499	0.006	**
BW21D (kg)	568	6.45± 1.426	537	6.24±1.445	0.014	*
BW70D (kg)	568	24.61± 5.216	535	25.26±5.098	0.037	*
BW140D (kg)	568	72.50±10.284	536	70.90±9.466	0.007	**
ADG (kg/day)	568	0.56± 0.082	536	0.54±0.075	0.014	*
eADG (kg/day)	568	0.37± 0.096	535	0.39±0.096	0.002	**
lADG (kg/day)	568	0.68± 0.113	535	0.65±0.107	<.0001	***

¹ All abbreviations of each trait are given in the Materials and Methods section.

² *, ** and *** indicate significant differences at $P<0.05$, $P<0.01$ and $P<0.001$, respectively; n.s indicates not significant.

Table 4. Effect of mating type and progeny sex on the growth traits of an F₂ population between Landrace and JBP

Traits ¹	Cross_1				Cross_2				P	Significance ²
	Male		Female		Male		Female			
	n	Mean±S.D.	n	Mean±S.D.	n	Mean±S.D.	n	Mean±S.D.		
BWB (kg)	234	1.62±0.4850	255	1.52±0.501	334	1.63± 0.491	282	1.57± 0.496	0.014	*
BW21D (kg)	234	6.33±1.3610	255	6.08±1.431	334	6.53± 1.465	282	6.38± 1.445	0.001	**
BW70D (kg)	234	24.43±5.0150	254	25.07±5.131	334	24.74± 5.356	281	25.43± 5.071	0.074	n.s.
BW140D (kg)	234	71.94±9.9630	254	70.52±8.668	334	72.89±10.501	282	71.23±10.134	0.008	**
ADG (kg/day)	234	0.55±0.0784	254	0.54±0.069	334	0.56± 0.084	282	0.55± 0.081	0.069	n.s.
eADG (kg/day)	234	0.37±0.0920	254	0.39±0.096	334	0.37± 0.099	281	0.39± 0.096	0.008	**
lADG (kg/day)	234	0.68±0.1060	254	0.65±0.095	334	0.69± 0.119	281	0.65± 0.116	<.0001	***

¹ All abbreviations of each trait are given in the Materials and Methods section.

² *, ** and *** indicate significant differences at $P<0.05$, $P<0.01$ and $P<0.001$, respectively; n.s indicates not significant.

통해 생산하였고, 최초 종빈돈(grand dam)의 품종간 교배조합의 차이에 따른 F₂ 집단의 성장형질에 대한 영향을 살펴보았다. Cross_1은 JBP를, Cross_2는 Landrace를 최초 종빈돈으로 사용한 교배조합이다. 모계유전 마커인 mtDNA 유전자형으로 확인을 통해 F₂ 집단은 Cross_1(최초 종빈돈 JBP)은 489두, Cross_2(최초 종빈돈 Landrace)는 616두로 구분되었다. Cross_1과 Cross_2의 후손 개체수에서 137두의 차이를 보였다. Cross_1과 Cross_2의 개체수 차이는 종빈돈 품종의 차이에 의한 영향으로 추정된다. 유럽에서 도입된 품종들의 산자수는 평균 10두 이상으로 알려져 있다(Sang 등, 1084; Cho 등, 2012; Kim 등, 2014; Lukač 등, 2014). 반면, 예비연구 결과에서 JBP의 산자수는 평균 6.2두였으며, JBP와 외래 품종(Duroc, Large White,

Landrace)과의 교배에서 종빈돈이 JBP일 때 외래 품종을 이용한 경우보다 산자수가 적은 양상을 보였다. 일반적으로 돼지의 초기 번식형질은 모계 잡종강세(maternal heterosis), 재조합 효과(recombination effect), 유전적 각인(genetic imprinting) 등에 의해 조절되며, 이로 인해 부모 중 한쪽의 유전적 배경이 좀 더 많은 영향을 주는 것으로 제안되고 있다(Jungst와 Kuhlert, 1984; Legault, 1985; Cassady 등, 2001, 2002; Coster 등 2012; Lukač 등, 2014). MtDNA 유전자형을 근거로 산출한 최초 종빈돈 추적결과에서 JBP(Cross_1) 후손보다 Landrace (Cross_2) 후손들이 더 많이 검출되어, 산자수에 대한 최초 이용 품종의 차이가 있는 것으로 보이나, 이를 명확하게 입증할 수 있는 분석적인 자료가 추가로 확보되어야 할 것이다.

JBP×Landrace F₂ 집단의 성장형질 중에서 BW21D는 두 교배조합(Cross_1, Cross_2) 사이에서 유의적인 차이를 보였다. BW21D는 이유시 체중으로 Landrace를 최초 종빈돈으로 사용한 Cross_2에서 더 무거운 양상을 보였고, BWB와 BW70D에서 차이가 없었다. 이 결과는 Cross_2 F₂ 개체들이 포유시기에 더 빠른 성장을 한다고 볼 수 있으나, 이 같은 양상을 설명하기 위해서는 추가적인 후속연구가 필요하다고 하겠다. 성별의 효과를 분석한 결과에서 모든 체중과 일당증체량 형질들에서 암-수의 유의적 차이를 보였고, 이러한 경향은 교배조합-성별을 동시에 고려한 경우에도 대부분 유지되고 있었다. 특히, 암-수 간의 차이가 BW70D를 제외한 BWB, BW21D, BW140D에서 수컷이 암컷에 비해 유의적으로 더 무거운 경향을 보였고, BW140D의 수준은 Cross_2 수컷이 가장 좋은 성적을 보였다. 이는 JBP와 Landrace의 교배육종을 통한 산업돈 생산에 있어, Landrace를 최초 종빈돈으로 활용한 F₂의 수컷을 비육출하 대상으로 선정하는 것이 가장 효율적일 수 있음을 보여주는 결과라 하겠다. 본 연구결과와 더불어 Landrace, Yorkshire, Duroc, Berkshire 순종들과 2원, 3원, 4원 교잡돈의 체중에 대한 연구에서는 대부분 수퇘지가 암퇘지, 거세돈에 비해 더 높은 수준의 일당증체량과 더 짧은 90 kg 도달일령을 나타내었다(Kim 등, 1999, 2007a; Choi와 Lee, 2001; Lee 등, 2013; Jung 등, 2014). 또한 재래흑돼지 근교계통돈의 ADG도 수컷이 높고, 70 kg 도달일령 역시 수컷이 더 짧은 것으로 보고되었다(Kim 등, 2007b). 반면, 재래흑돼지 순종과 재래흑돼지×Duroc (KD) 교배에서 F₁ 암컷이 수컷보다 더 빠른 성장을 보인다는 연구결과도 보고되었다(Won 등, 2014). 이상의 결과들은 재래흑돼지와 타 품종의 교배 시 최종산업돈의 세대와 교배품종의 선택이 서로 다른 효과를 나타낼 수도 있음을 의미하며, 향후 JBP 품종의 산업화 연구에 있어서도 Landrace 이외의 품종들과의 교잡돈 생산과 평가가 수행되어야 함을 보여주고 있다. 또한 70일령 체중으로 산출된 초기-후기 일당증체량에서 후기 일당증체량이 초기보다 약 2배 가까이 높은 수준을 보였는데, 생후 70일까지보다 70일 이후 체중이 더 빠르게 증가한다는 점을 의미하며, 이는 향후 JBP와 연관된 축군의 관리에서 생후 70일을 전후로 육성돈 사양관리가 생산성을 결정하는 매우 중요한 척도로 작용할 수 있음을 보여주는 결과라 하겠다.

특이할만한 점은 F₂의 BW70D가 암컷이 수컷보다 더 높은 수준을 보였는데, 이유 이후 2차 성분화(puberty) 시기까지는 암컷이 수컷보다 더 빠르게 성장한다는 것을 나타내며, 70일 이후인 성장후기에는 수컷의 성장이 암컷보다 더 빨라져 140일령에서는 수컷의 체중이 암컷보다 유의적으로 더 무거운 수준을 나타내는 것으로 보인다. 이는 최대성장시기를 나타내는 성장곡선 상의 변곡점이 재래흑돼지와 KD 암컷이 수컷보다

0.2~0.4개월 정도 더 빠르고, Berkshire에서 100일령 이후 암퇘지와 수퇘지의 성장률의 차이가 나타나며, Göttingen 미니돼지에서도 암컷이 수컷보다 초기단계에서 빠른 성장을 보인다는 기존의 연구결과들(Bollen 등, 2005; Do, 2007; Won 등, 2014)과 동일한 결과라 하겠다. 이러한 결과는 JBP, Landrace 등과 관련된 산업축군에서 시기별로 암-수에 맞는 관리체계가 마련되어야 함을 보여주고 있으며, 자세한 자료는 추후 연구를 통해 확보되어야 할 것이다.

연구결과들을 종합적으로 살펴보면, JBP×Landrace의 상호교차교배를 통해 생산된 F₂의 성장형질은 최초 이용된 종빈돈의 품종 차이에 의한 영향을 받는다고 볼 수 없다. 단지 F₂의 성별에 따라 유의적인 차이를 나타내고, 교배조합과 성별을 모두 고려할 때 Landrace를 최초 종빈돈으로 사용하여 F₂ 수컷을 생산하는 체계가 가장 생산성이 높은 체계가 될 수 있을 것이다. 본 연구에서 JBP와 Landrace 두 품종간 교배만 시험되었다는 점과 거세돈의 효과를 시험하지 못했다는 점에서 향후 Duroc, Large White, Berkshire 등 국내에 유입되어 있는 타 품종과의 이원 내지는 다원교잡 축군을 생산하고, 평가, 거세돈과 비거세돈의 비교 등을 수행한다면, JBP의 장점을 최대한 반영할 수 있는 교배육종체계의 수립이 가능할 것으로 예상된다. 맛 위주의 돈육 소비가 점차 증가하고 있는 현 시점에서 JBP는 높은 육질 수준을 보유한 흑돼지 품종이라는 점에서 양돈산업에 대단히 매력적인 품종이지만, 아직까지 F₂ 이상의 교배축군에 대한 자료는 거의 없는 시점에서 본 연구결과는 향후 JBP와 연관된 산업화 연구에 매우 중요한 기초자료가 될 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Bollen PJ, Madsen LW, Meyer O and Ritskes-Hoitinga J. 2005. Growth differences of male and female Göttingen minipigs during *ad libitum* feeding: A pilot study. *Lab. Anim.* 39: 80-93.
- Cassady JP, Johnson RK, Pomp D, Rohrer GA, Van Vleck LD, Spiegel EK and Gilson KM. 2001. Identification of quantitative trait loci affecting reproduction in pigs. *J. Anim. Sci.* 79:623-633.
- Cassady JP, Young LD and Leymaster KA. 2002. Heterosis and recombination effects on pig reproductive traits. *J. Anim. Sci.* 80:2303-2315.
- Cho CG, Ahn JK, Lee JH and Lee DH. 2012. Genetic parameter estimates for reproductive and productive traits of pig in a herd. *J. Anim. Sci. Technol.* 54:9-14.
- Cho IC, Kim SK, Kim YK, Kang YJ, Yang SN, Park YS, Cho

- WM, Cho SR, Kim NY, Chae HS, Seong PN, Park BY, Lee JH, Lee JB, Yoo CK, Han SH and Ko MS. 2013. Association between numerical variations of vertebrae and carcass traits in Jeju native black pigs, Landrace pigs, and crossbred F₂ population. *J. Life Sci.* 23:854-862.
- Cho IC, Park HB, Yoo CK, Lee GJ, Lim HT, Lee JB, Jung EJ, Ko MS, Lee JH and Jeon JT. 2011. QTL analysis of white blood cell, platelet and red blood cell-related traits in an F₂ intercross between Landrace and Korean native pigs. *Anim. Genet.* 42:621-626.
- Cho SH, Park BY, Kim JH, Kim MJ, Seong PN, Kim YJ, Kim DH and Ahn CN. 2007. Carcass yields and meat quality by live weight of Korean native black pigs. *J. Anim. Sci. Technol.* 49:523-530.
- Choi BH, Kim TH, Cho YM, Lee HY, Jeon JT and Cheong IC. 2003. Association study between porcine LEPR-derived microsatellite polymorphisms and economic traits. *J. Anim. Sci. Technol.* 45:679-688.
- Choi CS and Lee JG. 2001. Investigation of breed, sex and environmental factors of swine economic traits from on-farm test records. *J. Anim. Sci. Technol.* 43:431-444.
- Coster A, Madsen O, Heuven HC, Dibbitts B, Groenen MA, van Arendonk JA and Bovenhuis H. 2012. The imprinted gene *DIO3* is a candidate gene for litter size in pigs. *PLoS One.* 7:e31825.
- Do CH. 2007. Estimation of growth traits using growth curve in Gyungnam-Heugdon (Berkshire). *J. Anim. Sci. Technol.* 49:195-202.
- Han SH, Cho IC, Lee CE, Lee SS, Kang SY, Choi YL, Oh WY, Sung PN, Ko SB, Oh MY and Ko MS. 2004. Genetic variation and population specific mitochondrial DNA haplotype found in the Jeju native pig population. *J. Anim. Sci. Technol.* 46:917-924.
- Han SH, Ko MS, Jeong HY, Lee SS, Oh HS and Cho IC. 2011. Maternal origins of the Jeju native pig inferred from PCR-RFLP haplotypes and molecular phylogeny for mitochondrial DNA *CYTb* gene sequences. *J. Life Sci.* 21:341-348.
- Han SH, Shin KY, Lee SS, Ko MS, Oh HS and Cho IC. 2012. Porcine *SPP1* gene polymorphism association with phenotypic traits in the Landrace × Jeju (Korea) Black pig F₂ population. *Mol. Biol. Rep.* 39:7705-7709.
- Han SH, Shin KY, Lee SS, Ko MS, Jeong DK, Oh HS, Yang BC and Cho IC. 2010. SINE indel polymorphism of AGL gene and association with growth and carcass traits in Landrace × Jeju Black pig F₂ population. *Mol. Biol. Rep.* 37:467-471.
- Hong KC, Kim BC, Son YS and Kim BK. 2001. Effects of the mating system on fattening performance and meat quality in commercial pigs. *J. Anim. Sci. Technol.* 43:139-148.
- Jin SK, Kim IS, Hur SJ, Kim SJ and Jeong KJ. 2006. The influence of pig breeds on qualities of loin. *J. Anim. Sci. Technol.* 48:747-758.
- Jin SK, Kim CW, Song YM, Jang WH, Kim YB, Yeo JS, Kim JW and Kang KH. 2001. Physicochemical characteristics of *longissimus* muscle between the Korean native pig and Landrace. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 21:142-148.
- Jung JH, Shim KS, Choe HS and Na CS. 2014. Estimates of genetic parameters for growth traits of different breeds in swine. *J. Agr. Life Sci.* 48:105-112.
- Jungst SB and Kuhlert DL. 1984. Estimates of additive genetic, maternal and specific combining abilities for some litter traits of swine. *J. Anim. Sci.* 59:1140-1148.
- Kim DW, Kim KH, Hong JK, Cho KH, Sa SJ, Kim YM, Park JC and Seol KH. 2014. Comparison of carcass characteristics, meat quality, and fatty acid profiles between Duroc and crossbred pigs (Duroc×Korean native pig). *CNU J. Agr. Sci.* 41:425-431.
- Kim GW, Cho YC and Park HY. 1999. The effect of environmental factors on major economic traits in swine. *Kor. J. Anim. Sci.* 41(1):1-10.
- Kim HS, Kim BW, Kim HY, Iim HT, Yang HS, Lee JI, Joo YK, Do CH, Joo ST, Jeon JT and Lee JG. 2007a. Estimation of terminal sire effect on swine growth and meat quality traits. *J. Anim. Sci. Technol.* 49:161-170.
- Kim MJ, Cho KH, Jeon GJ, Kim YH, Park JC, Jung HJ, Kim IC, Kwon OS, Jin HJ, Kim JH and Lee HK. 2007b. Study on estimation of genetic parameters for the meat production traits and the standard growth curve in the inbred line of Korean native pig. *J. Emb. Trans.* 22:143-147.
- Kwon OS. 2006. Preservation background and environmental status of Korean native black pigs. Symposium proceedings of preservation and utilization of Korean native black pigs. National Institute of Animal Science, RDA. pp. 3-20.
- Lee IJ, Hong JK, Kim DW, Sa SJ, Kim YH and Cho KH. 2013. Genetic and of environmental effects for economic traits in pigs. *CNU J. Agr. Sci.* 40:347-351.
- Legault C. 1985. Selection of breeds, strains and individual pigs for prolificacy. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 33:151-166.

- Lukač D, Vidović V, Višnjić V, Krmjaić J and Šević R. 2014. The effect of parental genotype and parity number on pigs litter size. *Biotechnol. Anim. Husb.* 30:415-422.
- Maharani D, Park HB, Lee JB, Yoo CK, Lim HT, Han SH, Lee SS, Ko MS, Cho IC and Lee JH. 2013. Association of the gene encoding stearoyl-CoA desaturase (SCD) with fatty acid composition in an intercross population between Landrace and Korean native pigs. *Mol. Biol. Rep.* 40:73-80.
- Moon YH. 2004. Physicochemical properties and palatability of loin from crossbred Jeju black pigs. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 30:867-871.
- Park JC, Kim YH, Jung HJ, Park BY, Lee JI and Moon HK. 2005. Comparison of meat quality and physicochemical characteristics of pork between Korean Native Black pigs (KNBP) and Landrace by market weight. *J. Anim. Sci. Technol.* 47:91-98.
- Sambrook J, Fritsch EF and Manniatis T. 1989. Isolation of high-molecular-weight DNA from mammalian cells. In: *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*, 2nd ed., New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press. pp. 9.14-9.23.
- Sang BC, Park TJ, Park MK, Ann BS and Ro JS. 1984. Comparison of purebreds for gestation length, litter size and preweaning weights in swine. *Kor. J. Anim. Sci.* 26:492-296.
- SAS. 1997. SAS/STAT Software for PC. User's Guide, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Won JI, Lee KS, Kim SD, Yoon HB, Jeon SK, Yoon JH, Kim JB and Lee JK. 2014. Estimation of growth curve parameters for evaluation of growth characteristics of purebred Korean Native Pigs and crossbred between Korean Native Sows and Duroc Boars. *J. Agr. Life Sci.* 48:155-163.
- Yoo CK, Park HB, Lee JB, Jung EJ, Kim BM, Kim HI, Ahn SJ, Ko MS, Cho IC and Lim HT. 2014. QTL analysis of body weight and carcass body length traits in an F₂ intercross between Landrace and Korean native pigs. *Anim. Genet.* 45:589-592.

Received March 9, 2016, Revised March 24, 2016, Accepted March 29, 2016