

돼지 번식형질의 산차간 유전상관

조규호* · 김명직* · 이일주** · 김인철* · 전광주***

농촌진흥청 축산과학원*, (주)다비육종**, 한경대학교 유전정보연구소***

Genetic Correlation of Reproductive Trait in Pigs by Parity

Kyu Ho Cho*, Myung Jick Kim*, Il Joo Lee**, In Cheul Kim*

and Gwang Joo Jeon***

National Institute of Animal Science, RDA*, Darby Genetics Inc.**,

Genomic Informatics Center, Hankyong National University***

ABSTRACT

Heritability and genetic correlation for reproductive traits in Yorkshire pig breed were estimated using Bayesian method via Gibbs sampling. The data set consisted of 9,609 reproductive records at pig breeding farm in Korea. For estimating those parameters using Gibbs sampling, 5,000 cycles of 'burn-in' period were discarded among a total of 55,000 samples. Out of the remaining 50,000 samples, 5,000 estimates by each parameter were retained and used for analyses to avoid any correlation among adjacent samples. The reproductive trait considered in this study were total number of born piglets (TNB) and estimated by two different models. The estimated heritability and permanent environmental effect using Gibbs sampler were 0.12 ± 0.020 and 10.9 ± 1.63 , respectively. Estimated genetic correlations considered parities as different traits were distributed from 0.99 to -0.13 . Such results indicated that reproductive traits for sows should be considered as different traits.

(Key words : Gibbs sampling, Genetic parameter, Total number of born, Pigs)

I. 서 론

중돈 개량에서 개량대상 형질로 삼는 여러 가지 형질 중에 모계품종의 번식형질은 다른 어떤 경제형질보다도 경제가치 면에서 중요한 형질이다. 하지만 번식형질은 일반적으로 환경에 영향을 많이 받고 유전력이 낮아 높은 유전적 개량량을 얻기 위해서는 많은 반복기록들과 평가의 정확도가 필수적인 요인이다. 중돈의 번식형질은 많은 산차로 구성되어지고, 이러한 산차의 차이는 유전능력 평가를 수행하는

데 있어서 편의가 발생할 수 있다고 보고하였다 (Roehle와 Kennedy, 1995; Arango 등, 2005). 이것은 유전능력 분석을 위하여 산차를 다른 형질로 간주되어야 함을 암시한다 (Roehle와 Kennedy, 1995; Noguera 등, 2002). 1산차와 이후 산차를 다른 형질로 간주한 다형질 분석은 캐나다의 돼지 육종에서 수행되어져 왔다 (Irgang 등, 1994; Roehle와 Kennedy, 1995). 본 연구는 Bayesian method에 바탕을 둔 Gibbs sampling algorithm을 이용하여 국내에서 가장 많이 사육하는 요크셔종의 번식형질에 대하여

Corresponding author : Gwang Joo Jeon, Genomic Informatics Center, Hankyong National University, Ansong 456-749, Korea

Tel : +82-41-580-3447, Fax : +82-41-580-3459, E-mail : Kyuhocho@rda.go.kr

다형질 분석에 의한 각각의 산차를 다른 형질로 간주하고, 산차 별 유전력 및 유전상관을 추정하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료 및 조사항목

공시자료는 1996년부터 2006년까지 3개의 핵돈농장을 운영하고 있는 국내 N 종돈장에서 번식능력검정을 실시한 요크셔종 자료로서, 서로 다른 산차 기록을 가진 모든 2,628두, 총 번식능력검정기록 9,609개의 기록과 혈통기록 3,981두의 자료를 이용하였으며, 본 연구에서 조사된 형질은 총 산자수로서 생존자돈수, 미라, 사산, 기형 등을 포함한 모든 자돈수로 분석하였고 분석의 용이성을 위하여 6산차 이내의 기록을 활용하였다.

2. 통계적 분석방법

본 연구에서 조사한 돼지 번식형질에 영향을 미치는 농장, 산차, 분만 년도 및 분만계절의 효과를 추정하기 위해 아래의 두 개의 모델을 설정한 후 선형 모형에 의해 최소제곱 법 (Harvey, 1979)으로 분석하였다.

모델 1.

$$Y_{ijklm} = \mu + farm_i + year_j + season_k + parity_l + e_{ijklm}$$

모델 2.

$$Y_{ijkl} = \mu + farm_i + year_j + season_k + e_{ijkl}$$

여기에서, Y 는 측정된 형질, μ 는 형질의 전체 평균, $farm_i$ 는 ($i=1\sim3$) 농장효과, $year_j$ 는 년도의 효과($j=1\sim11$), $season_k$ 는 계절의 효과($k=1\sim4$), $parity_l$ 는 산차의 효과($l=1\sim6$) 이고, e 는 잔차이며 위의 선형모형은 SAS@9.1을 이용하여 분석하였다.

총 산자수에 대한 유전모수 추정은 모델 별

로 서로 다른 두 개의 혼합모형을 설정하였으며, 모델 1의 경우는 산차의 영구환경효과를 고려하였고, 모델 2의 경우는 산차를 서로 다른 형질로 간주하여 다형질 분석에 의하여 모수를 추정하였다.

모델 3.

$$y = Xb + Za + Wpe + e$$

모델 4.

$$y = Xb + Za + e$$

여기에서 y 는 관측치 벡터, X 는 고정효과에 대한 계획행렬, b 는 고정효과의 알려지지 않은 벡터, Z 는 개체효과에 대한 계획행렬, a 는 알려지지 않은 개체효과 벡터, W 는 영구환경 효과에 대한 계획 행렬, pe 는 알려지지 않은 영구환경효과 벡터, e 는 임의오차 벡터이다.

각 형질의 상가적 유전효과에 대한 유전모수 추정은 단형질 및 다형질 모형을 이용하여, Gianola와 Fernando (1986), Jensen 등 (1994)이 Bayesian Inference를 바탕으로 한 Gibbs Sampling 알고리즘을 이용하였으며, Gibbs sampling을 각 모수에 대하여 55,000번 표본을 취하였고 초기 5,000 표본을 Burn-in 기간으로 간주하여 사후 분석에서 제외하였으며, 매 10번째의 값을 취하여 사후분석에 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 환경효과 분석

상기에서 설정한 모델로 번식능력 검정자료를 바탕으로 분산분석을 실시한 결과 생시 총 산자수에 대하여 분만계절을 제외하고 관리농장, 년도 및 산차에서 고도의 유의성을 보였다. 분석에 사용된 기록을 이용하여 요크셔종의 번식능력 검정성적에 대한 생시 총 산자수의 일반능력을 Table 1에 제시하였다.

생시 총 산자수 기록을 가지고 있는 6산차가

Table 1. Simple statistics of reproductive trait in Yorkshire breed

Traits	No. of record	Mean	Std.	Min.	Max.	C.V
Total number of born (heads)	9,606	11.35	3.157	1.00	22.00	27.82

지의 개체들 9,606두의 분석결과 평균 총 산자수는 11.35 ± 3.157 두로 조사되었다. 본 연구에서 사용된 총 산자수는 기형, 미라 및 사산 등을 포함한 총 두수로서 관리 및 기타 환경조건에 따라 불량 자돈이 발생할 수도 있으므로 유전능력의 추정에는 총 산자수가 타당할 것으로 사료되어 분석형질을 총 산자수로 활용하였다. Serenius 등(2004)이 분석한 요크셔의 평균산자수는 10.45 ± 2.59 두로 낮았으며, Arango 등(2005)은 미국 Smithfield 육종회사의 대요크셔 자료를 산차 별로 분석한 결과 1산차, 2산차 및 3산차의 생시 총 산자수는 각각 10.4 ± 2.99 , 11.2 ± 3.15 및 11.5 ± 3.20 두로 보고하였고, Barot 등(2003)은 Spanish 대요크셔 두 계통의 산자수가 각각 9.7 ± 2.9 및 8.7 ± 2.8 두였다고 보고하였으며, Chen 등(2003)은 미국 Swine Testing and

Genetic Evaluation System (STAGES) 분석결과 대요크셔의 산자수가 10.6 ± 2.67 두라고 보고하였다.

분석에 포함된 환경효과에 대한 생시 총 산자수의 최소자승평균 및 표준오차를 Table 2에 제시하였다.

본 자료를 제공한 농장은 3개의 농장으로 구성되어 있으며, 방역상 직원들의 이동을 제한하고 있어 농장의 차이에 대한 유의성을 보였으며 이는 농장 관리자들의 차이 등에 기인한 것으로 사료된다. 분석결과를 보면 세 농장에서 생시 총 산자수의 경우 농장 3이 14.51 ± 0.266 두로 가장 높게 조사되었다.

년도에 따른 생시 총 산자수의 경우 1996년, 2004년, 2005년 및 2006의 총 산자수가 각각 12.92 ± 0.226 , 12.85 ± 0.138 , 13.03 ± 0.138 및 12.72

Table 2. Least squares means and their standard errors of reproductive traits by environment effects in Yorkshire breed

Farm	TNB*	Year	TNB	Season	TNB	Parity	TNB
1	10.80 ± 0.079^a	1996	12.92 ± 0.226^{ab}	Spring	12.54 ± 0.108^a	1	11.32 ± 0.104^e
2	12.05 ± 0.073^b	1997	11.91 ± 0.171^{fg}	Summer	12.44 ± 0.107^a	2	11.83 ± 0.108^d
3	14.51 ± 0.266^c	1998	11.81 ± 0.156^g	Fall	12.42 ± 0.108^a	3	12.68 ± 0.113^c
		1999	12.44 ± 0.154^{de}	Winter	12.41 ± 0.107^a	4	13.09 ± 0.119^a
		2000	12.23 ± 0.130^f			5	12.97 ± 0.127^b
		2001	12.33 ± 0.119^e			6	12.81 ± 0.140^{bc}
		2002	12.27 ± 0.133^{ef}				
		2003	12.45 ± 0.139^{bde}				
		2004	12.85 ± 0.138^{abc}				
		2005	13.03 ± 0.138^a				
		2006	12.72 ± 0.178^{abcd}				

Note : Means in the same column with the same letter are not significant at 5% significant level

* Total Number of Born.

± 0.178 두로 높게 조사되었으며, 년도에 따라서 산자수에 대한 표현형적 능력 변화가 일어나고 있는 것으로 조사되었다. 총 산자수에 대한 분만계절의 효과는 유의적인 차이가 없는 것으로 조사되었다. 이는 현대식 돈사의 경우 분만사 및 자돈사의 시설과 사양환경이 발달하여 계절 간 큰 차이가 없는 것으로 사료된다. 분만계절에 대한 연구결과를 살펴보면 Yen 등 (1987)은 총 산자수가 여름에 가장 높았다고 보고하였고, Eriksen (1985)은 48,521복의 분만성적을 분석한 결과 복 당 생존산자수가 1~4월에 유의적으로 높다고 보고하였으며, 윤 (1996)은 국내 중돈장의 랜드레이스 자료를 분석한 결과 복 당 생존자돈수가 4월에 10.56 ± 0.35 두로 가장 우수하였다고 보고하였다.

산차 별 번식성적을 보면 총 산자수의 경우 4산차에서 13.09 ± 0.119 두로 가장 높았으며, 1산차에서 11.32 ± 0.104 두로 유의적으로 낮게 조사되었다.

산차의 효과에 대한 발표결과를 보면, Rohe 등(1995)은 대요크셔의 경우 1산차에서 4산차까지의 총 산자수가 각각 9.52, 10.24, 10.93 및 11.28두로 조사되어 산차가 증가할수록 산자수가 증가하는 것으로 보고하였으며, 이러한 결과는 랜드레이스에서도 같았다. 또한 Oh 등 (2006)은 1산차와 2산차 이후의 기록을 분리하여 분석하였는데 분석결과 1산차와 2산차 이후의 총 산자수의 평균이 각각 11.22 ± 2.11 두, 12.5 ± 2.33 두로 2산차 이후의 평균이 높았다고 보고하였다. 이 외에도 Irgang 등(1994)은 3산차

에, 윤(1996), 상 등(1988)은 각각 3~5산차, 2~4산차가 우수하였다고 보고하였다.

2. 모델에 따른 유전모수

1) 모델 3으로 추정된 생시 총 산자수의 유전모수

일반적으로 개체의 산차를 고정효과로 보고 영구환경효과를 고려하여 유전모수를 추정할 때는 모든 산차기록에서 유전상관이 동일하고, 모든 산차 기록에서 등분산과 동일한 환경상관을 전제로 분석한다.

모델 3에서 요크셔종의 번식형질에 대하여 영구환경효과를 고려하여 추정된 유전모수에 대한 통계량을 Table 3에 제시하였다.

5,000번의 post-gibbs 후 추정된 생시 총 산자수의 평균유전력 및 표준편차는 0.12 ± 0.02 로 조사되었으며 유전력의 범위는 0.06~0.21로 조사되었다. 영구환경효과에 경우 총 산자수에서는 $10.9 \pm 1.6\%$ 를 기록하여 반복력은 0.22 ± 0.012 로 분석되었다. 총 산자수에 대한 연구결과를 보면, Arango 등 (2005)은 Smithfield 육종회사의 대요크셔 자료를 이용하여 Bayesian 방법으로 분석했을 때 총 산자수의 유전력이 0.09였다고 보고하여 본 연구에서 추정치보다는 약간 낮게 추정되었으며, Holm 등(2004)은 Bayesian 방법에 의해 추정된 산자수의 유전력이 0.07로 추정되었다고 보고하였다. 이 외에도 Sereinius 등(2004)은 대요크셔 총 산자수의 유전력을 0.11로 추정하였으며, Chen 등(2003)은

Table 3. Simple statistics of heritability and repeatability of reproductive traits after post-gibbs estimated from model 1 in Yorkshire breed

Traits	Items	No of parameter	Mean	Std.	Min.	Max.	C.V
TNB	h^2	5000	0.12	0.020	0.06	0.21	15.6
	r^2	5000	0.22	0.012	0.18	0.27	5.6
	PE(%)	5000	10.9	1.630	5.27	17.5	14.9

Abbreviate is the same in table 2.

REML 방법에 의해 산자수의 유전력은 0.10, 영구환경효과는 0.07%로 추정되었다고 보고하였다. Barot 등 (2003)도 대요크셔종 두 계통에서 추정된 유전력 및 영구환경효과는 각각 0.091과 7.4%, 0.065와 8.7%로 추정되어 본 연구보다는 낮게 추정되었다. 이러한 번식형질들은 유전력이 낮고 환경의 영향을 크게 받기 때문에 산자수의 개량을 위해서는 정확한 기록 및 혈통관리가 우선시 되어야 할 것으로 사료된다.

2) 모델 4로 추정된 생시 총 산자수의 유전모수

모델 4에서는 요크셔종의 번식형질에 대하여 영구환경효과를 고려하지 않고 산차를 독립된 형질로 간주한 후 생시 총 산자수에 대하여 Gibbs sampling에 의한 단형질 및 다형질 Bayesian 방법을 적용하여 유전모수를 추정하였다. post-gibbs 후 5,000개의 샘플링 자료에 대한 생시 총 산자수의 유전력에 대한 기초 통계량을 Table 4에 제시하였다. 생존 총 산자수에 대하여 산차를 분리하여 추정한 유전력은 1산차, 3산차 및 6산차에서 각각 0.11, 0.15 및 0.05로 추정되었으며 3산차까지는 유전력이 높게 추정되다가 산차가 증가할 수록 유전력은 작아지는 것으로 분석되었으며, 영구환경효과를 고려하여 추정한 유전력 0.12보다는 2산차 및 3산차

에선 높게, 1산차, 5산차 및 6산차에서는 낮게 추정되었다.

이러한 분석결과는 Arango 등(2005)도 1산차, 2산차 및 3산차의 총 산자수에 대한 유전력이 각각 0.09, 0.12 및 0.12였다고 보고하여 산차에 따라 유전력이 다르게 추정되었으며, Roehe 등 (1995)은 1산차에서 4산차까지의 유전력이 대요크셔의 경우 0.11, 0.11, 0.14, 0.11로 추정되었고, 랜드레이스의 경우 각각 0.10, 0.11, 0.12 및 0.15로 추정되어 산차 별 유전력이 다르게 추정되었으며 3산차 및 4산차에서 가장 높게 추정된 결과와도 일치하였다. 하지만 Noguera 등 (2002)은 베이지안 방법으로 1산차에서 6산차까지의 유전력이 각각 0.06, 0.07, 0.09, 0.125, 0.123 및 0.146로 산차가 증가할 수록 유전력이 높아지는 경향을 보인 것과는 다르게 분석되었다.

Table 5에는 총 산자수의 산차간 유전력 및 유전상관을 제시하였다. 다형질 Bayesian 방법에 의해 추정한 총 산자수의 산차간 유전상관 및 표준편차는 1산차와 2산차, 3산차, 4산차, 5산차 및 6산차간에 각각 0.85 ± 0.161 , 0.89 ± 0.144 , 0.82 ± 0.194 , 0.69 ± 0.343 및 -0.13 ± 0.579 로 조사되었으며, 2산차와 3산차, 4산차, 5산차 및 6산차 간에 각각 0.94 ± 0.074 , 0.94 ± 0.121 , 0.71 ± 0.260 및 0.87 ± 0.202 로 조사되었고, 3산차와 4산차, 5산차 및 6산차 간에는 각각 0.99

Table 4. Simple statistics of heritability of total number of born by parity after post-gibbs estimated from model 2 in Yorkshire breed

Parity	No of parameter	Mean	Std.	Min.	Max.	C.V
1	5000	0.11	0.032	0.03	0.24	28.3
2	5000	0.15	0.037	0.05	0.29	24.1
3	5000	0.15	0.044	0.05	0.35	28.4
4	5000	0.12	0.042	0.03	0.30	36.6
5	5000	0.07	0.046	0.01	0.25	62.7
6	5000	0.05	0.037	0.00	0.23	68.8

Table 5. Heritability (diagonal ; S.D) and genetic correlation(above diagonal ; S.D) of total number of born by parity using Gibbs sampling estimated from model 2 in Yorkshire breed

Parity	1	2	3	4	5	6
1	0.11 (0.032)	0.85 (0.161)	0.89 (0.144)	0.82 (0.194)	0.69 (0.343)	-0.13 (0.579)
2		0.15 (0.037)	0.94 (0.074)	0.94 (0.121)	0.71 (0.260)	0.87 (0.202)
3			0.15 (0.044)	0.99 (0.019)	0.94 (0.082)	0.89 (0.284)
4				0.12 (0.042)	0.95 (0.126)	0.72 (0.244)
5					0.07 (0.046)	0.14 (0.556)
6						0.05 (0.037)

± 0.019 , 0.94 ± 0.082 및 0.89 ± 0.284 로 조사되었으며, 4산차와 5산차 및 6산차 간에는 각각 0.95 ± 0.126 및 0.72 ± 0.244 로 조사되었고, 5산차와 6산차간에는 0.14 ± 0.556 으로 추정되어 일반적으로 산차간 간격이 커질수록 유전상관이 떨어지는 경향을 보이며, 유전력이 떨어질수록 상관도 떨어지는 것으로 조사되었다.

Noguera 등 (2002)이 베이지안 방법으로 추정 한 각 산차 별 유전상관도 1산차 대비 산차가 증가할수록 유전상관이 낮아진다고 보고하여 본 연구결과와 일치하였으며, Alfonso 등(1997)은 REML 방법으로 추정 시 1산차와 2산차~5산차까지의 유전상관이 0.90, 0.93, 0.67 및 0.71로 산차간의 간격이 멀어지면서 유전상관도 떨어진다고 보고하여 또한 본 연구결과와 부합하였다.

Roche 등 (1995)은 산차를 다른 형질로 간주하여 분석하였는데 1산차와 2산차~4산차간의 유전상관이 10% 이하로 낮은 유전상관을 추론하였다고 보고하였다. 이러한 산차에 대한 유전상관의 변화는 선발이나 혹은 산차간 환경에 기인한다고 볼 때, 총 산자수 대한 산차 별 유

전상관이 산차가 변함에 따라 작아지거나 혹은 변하는 상황에서, 산차간 유전상관이 동일하다는 가정이 많이 달라지므로 정확한 개체의 육종가 추정을 위하여는 산차를 고려한 반복모델 보다는 개체의 산차를 다른 형질로 보는 것이 타당하다고 사료된다.

IV. 요약

본 연구는 Bayesian method에 바탕을 둔 Gibbs sampling algorithm을 이용하여 돼지의 번식형질에 대한 산차 별 자료를 활용하여 산차의 기록에 대한 서로 다른 모델설정시의 유전모수 추정치의 변화를 통하여 종돈장에서 분석모델설정, 선발 및 육종계획 수립 시 기초자료로 활용코자 1996년부터 2006년까지 국내 N종돈장의 요크셔종 번식능력 검정자료 9,609자료와 혈통기록 3,981두의 자료를 이용하였다. 산차에 대하여 영구환경효과로 간주하고 분석한 총 산자수의 유전력 및 영구환경효과는 각각 0.12 ± 0.020 , $10.9 \pm 1.63\%$ 로 추정되었으며, 반복력은 각각 0.22 ± 0.012 로 추정되었다. 또한

산차를 다른 형질로 간주하고 단형질로 추정한 산차 별 유전력 및 표준편차는 1산차, 2산차, 3산차, 4산차, 5산차 및 6산차에서 각각 0.11 ± 0.032 , 0.15 ± 0.037 , 0.15 ± 0.044 , 0.12 ± 0.042 , 0.07 ± 0.046 및 0.05 ± 0.037 로 추정되었으며 산차간 유전상관은 0.99에서 -0.13 으로 분포되어 산차간 간격이 커질수록 유전상관이 떨어지는 경향을 보이며, 유전력이 떨어질수록 상관도 떨어지는 것으로 조사되었다. 이러한 산차에 대한 유전상관의 변화는 선발이나 혹은 산차간 환경에 기인한다고 볼 때, 총 산자수에 대한 산차 별 유전상관이 산차가 변함에 따라 작아지거나 혹은 변하는 상황에서, 산차간 유전상관이 동일하다는 가정이 많이 달라지므로 정확한 개체의 육종가 추정을 위하여는 산차를 고려한 반복모델보다는 개체의 산차를 다른 형질로 보는 것이 타당하다고 사료된다.

V. 인 용 문 헌

- Alfonso, L., Noguera, L., Babot, D. and Estany, J. 1997. Estimations of genetic parameters for litter size at different parities in pigs. *Live. Prod. Sci.* 47:149.
- Arango, J., Misztal, I., Tsuruta, S., Culbertson, M. and Herring, W. 2005. Threshold linear estimation of genetic parameters for farrowing mortality, litter size, and test performance of Large White sows. *J. Anim. Sci.* 83:499.
- Barot, D., Noguera, J. L., Alfonso, L. and Estany, J. 2003. Fixed or random contemporary groups in genetic evaluation for litter size in pigs using a single trait repeatability animal model. *J. Anim. Breed. Genet.* 120:12.
- Chen, P., Baas, J. J., Marby, J. W., Koehler, K. J. and Dekkers, J. C. M. 2003. Genetic parameters and trends for litter traits in U.S. Yorkshire, Duroc, Hampshire and Landrace pigs. *J. Anim. Sci.* 81:46.
- Eriksen, A. G. 1985. Seasonal variations in reproductive efficiency of pigs. *A.B.A.* 53:7154.
- Gianola, D. and Fernando, R. L. 1986. Bayesian methods in animal breeding theory. *J. Anim. Sci.* 63:217.
- Harvey, W. R. 1979. Least-squares analysis of data with unequal subclass numbers. USDA. ARD-H-4. Washington. D. C.
- Holm, B., Bekken, M., Vangen, O. and Rekaya, R. 2004. Genetic analysis of litter size, parturition length, and birth assistance requirements in primiparous sows using a joint linear threshold animal model. *J. Anim. Sci.* 82:2528.
- Irgang, R., Favero, J. A. and Kennedy, B. W. 1994. Genetic parameters for litter size of different parities in Duroc, Landrace and Large White sows. *J. Anim. Sci.* 72:2237.
- Jensen, J., Wang, C. S., Sorenson, D. A. and Gianola, D. 1994. Bayesian inference on variance and covariance components for traits influenced by maternal and direct genetic effects, using the Gibbs sampler. *Acta Agric. Scand.* 44:193.
- Noguera, J. L., Varona, L., Babot, D. and Estany, J. 2002. Multivariate analysis of litter size for multiple parities with production traits in pigs: I. Bayesian variance component estimation. *J. Anim. Sci.* 80:2540.
- Oh, S. H., Lee, D. H. and See, M. T. 2006. Estimation of genetic parameters for reproductive traits between first and later parities in pigs. *AJAS.* 19:7.
- Roehe, R. and Kennedy, B. W. 1995. Estimation of genetic parameters for litter size in canadian yorkshire and landrace swine with each parity of farrowing treated as a different trait. *J. Anim. Sci.* 73:2959.
- Serenius, T., Sevon-Aimonen, M. L., Kause, A., Mantysaari, E. A. and Maki-Tanila, A. 2004. Genetic associations of prolificacy with performance, carcass, meat quality and leg conformation traits in the Finnish Landrace and Large White pig

- populations. *J. Anim. Sci.* 82:2301.
15. Yen, H. F, Isler, G. A., Harvey, W. R. and Irvin, K. M. 1987. Factors affecting reproductive performance in swine. *J. Anim. Sci.* 64:1340.
16. 상병찬, 강만석, 박종대. 1988. 돼지의 번식형질에 미치는 품종 및 환경의 효과. *한축지* 30(10): 590.
17. 윤호백. 1996. 돼지의 발정재귀일수, 복당산자수 및 복당체중에 대한 유전모수 추정에 관한 연구. 서울대학교 석사학위 논문. (접수일자 : 2008. 5. 2. / 수정일자 : 2008. 6. 26. / 채택일자 : 2008. 7. 14.)