

요크셔종과 랜드레이스종의 산자수 및 성비에 대한 유전모수 추정

이경수 김종복 이정구*

강원대학교 동물자원과학대학

Estimation of Genetic Parameters for Litter Size and Sex Ratio in Yorkshire and Landrace Pigs

Kyung-Soo Lee, Jong-Bok Kim and Jeong-Koo Lee*

College of Animal Life Sciences, Kangwon National University

ABSTRACT

This study was conducted to estimate heritabilities, repeatabilities and rank correlation coefficients among breeding values for litter size and sex ratio of Yorkshire and Landrace pigs using various single trait animal models. The analyses were carried out the data comprising 26,390 litters of Yorkshire and 26,173 litters of Landrace collected from the year 1998 to 2008 at a private swine breeding farm located in central part of Korea. Five different analytical models were used for genetic parameter estimation. Model 1 was most simple basic model fitted with year-month contemporary group fixed effect, random additive genetic effect and random residual effect. Model 2 was similar to the model 1 but permanent maternal environmental effect added as random effect, and model 3 was similar with the model 2 but linear and quadratic effects of sow age were added as fixed covariate effect. Model 4 was similar as model 2 except that the parity was added as fixed effect and model 5 was similar to model 3 or model 4 but covariate of sow age was nested within parity effect. The results obtained in this study are summarized as follows: The means and standard error of total number of pigs born per litter (TNB) and number of pigs born alive per litter (NBA) were 11.35 ± 0.02 and 10.04 ± 0.02 for Yorkshire, 10.97 ± 0.02 and 9.98 ± 0.02 for Landrace, respectively. The sex ratio (percentage of female per litter) was $45.75 \pm 0.11\%$ and $45.75 \pm 0.11\%$ for Yorkshire and Landrace, respectively. The heritability estimates of TNB (0.243) and NBA (0.192) from model 1 tended to be higher than those from any other models in both breeds. Differences in heritability and repeatability for TNB were not large among models 3, 4 and 5 and same tendency of negligible differences among estimates by models 3, 4 and 5 were observed for NBA, where heritability and repeatability ranged from 0.096 to 0.099 and from 0.188 to 0.193, respectively, in Yorkshire; and ranged from 0.092 to 0.098 and from 0.193 and 0.196, respectively, in Landrace. The heritability estimates for sex ratio were close to zero which was ranged from 0.002 to 0.003 for TNB and from 0.001 to 0.003 for NBA over the models applied. The rank correlation coefficients of breeding values by model 1 with those from other models (model 2, 3, 4 and 5), and breeding values by model 2 with those from other models (model 1, 3, 4 and 5) were highly positive but lower than the coefficients among breeding values by model 3, model 4 and model 5 which were high of 0.99, approximately, for TNB and NBA of both breeds.

(Key words : Genetic parameters, Heritability, Litter size, Rank correlation, Sex ratio)

서 론

자돈을 생산하여 판매하는 것을 주목적으로 하고 있는 민간 종돈 장에서는 자신들이 보유하고 있는 번식용 암퇘지들의 복당 산자수를 증가시켜 동일한 종돈의 규모를 유지하면서 현금 수입원을 증대시키거나, 자돈공급을 위해 보유해야 하는 종돈의 수를 줄여 농장 운영에 드는 비용을 감소시키기를 기대한다.

그러나 일반적으로 번식능력은 환경에 의한 영향을 많이 받고 유전력은 낮은 것으로 알려져 있기 때문에 돼지에서 선발을 통해 복

당 산자수를 증가시키는 방향으로 개량하는 일은 상당한 시일이 요구되는 어려운 일이다. 그렇더라도 불가능한 것은 아니기 때문에 사육 환경을 균일하게 하려는 노력과 함께 반복적으로 유전력과 육종가를 추정하고 이에 근거한 선발과 도태를 계속할 필요가 있다.

한편 한배새끼 중에 암컷 자돈이 차지하는 비율이 높아진다면 돼지의 증식률을 높일 수 있기 때문에 경제적 효과는 더 커질 수 있다. 그러므로 한배새끼 중에 암컷 자돈이 차지하는 비율로 계산되는 성비도 중요한 경제형질로 고려될 수 있다. 성비에 대해서는 아직까지 국내에서 보고된 연구결과를 찾아보기 어려웠으며, 외국에

* Corresponding author : J. K. Lee, College of Animal Life Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea. Tel: +82-33-250-8614, E-mail: jklee@kangwon.ac.kr

서는 Toro 등(2006)이 돼지에서 성비에 대한 상가적 유전분산의 크기가 0에 가까울 정도로 매우 작았다는 보고를 한 적이 있다. 만약 성비에 대한 상가적 유전분산의 크기가 0이라면 선발을 통한 성비의 조절은 불가능할 것으로 판단되는데, 우리나라 돼지 집단에서 성비에 대한 상가적 유전분산의 크기를 파악하는 것은 선발을 통해 돼지의 성비를 조절할 수 있는지 여부를 판단하는데 필요한 정보가 될 것이다.

돼지에서 복당 산자수와 같이 동일한 가계에 속하는 개체의 수가 많고, 그 가계구성원이 동일한 어미에 의해 포육되는 형질은 어미의 연령, 출산경험, 자궁내환경 및 어미의 기질 등과 같은 다양한 환경에 의해 영향을 받게 되므로 가급적이면 이들 요인들을 배제한 상태에서 유전능력을 평가해야 한다. 그러나 민간 종돈장에서는 이러한 요인들을 조사하지 못하는 경우가 많기 때문에 불충분한 자료로 필요한 유전능력을 평가해야만 하는 상황이 종종 발생한다. 불충분한 정보를 이용해서 추정된 육종가를 종빈돈 선발에 활용할 수 있는지 여부를 판단하기 위해서는 가장 단순한 모형에서부터 몇 가지 추가된 정보를 포함하는 모형을 적용하여 분석한 후, 각 모형별로 추정된 육종가들을 상호 비교해 볼 필요가 있다.

본 연구에서는 우리나라 중부지역에 소재한 민간 종돈장에서 조사된 요크셔종과 랜드레이스종의 번식자료를 이용하였으며, 서로 다른 5개의 모형 방정식을 적용하여 두 품종 각각의 복당 총산자수, 복당 생시 생존 자돈수 그리고 성비에 대한 유전력과 육종가를 추정하였고, 각 모형별로 추정된 육종가를 기준으로 각 개체의 순위를 정하였을 때 얼마나 큰 차이가 발생하는지를 파악하기 위하여 모형별로 추정된 육종가들 간의 순위 상관계수를 추정하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 연구는 중부지역 민간 종돈장에서 1998년부터 2008년까지 분만한 Yorkshire종 모돈 6,481두에서 얻은 26,390복의 기록과 Landrace종 모돈 6,609두에서 얻은 26,713복의 번식자료를 공시재료로 이용하였다.

2. 조사 형질 및 조사 방법

조사형질은 어미의 복당 총산자수, 생시 생존자돈수 및 성비였는데, 복당 총산자수는 분만시 생존자돈수, 미이라 두수 및 사산 두수를 포함하였고, 성비는 생시 생존 자돈수에 대한 암컷 자돈수의 백분율로 계산하였다.

3. 통계분석방법

(1) 유전모수 및 육종가 추정

본 연구에서 조사한 번식형질의 유전모수 및 육종가 추정을 위해

다음과 같은 서로 다른 다섯 개의 단형질 혼합모형을 설정하였다. 본 연구에서 서로 다른 5개의 모형을 설정하여 분석한 이유는 분만시 어미의 나이와 산차에 대한 정보를 모를 경우 이에 대한 정보를 생략한 채 추정된 육종가가 나이와 산차에 대한 정보를 고려하여 추정된 육종가와 얼마나 차이가 나는 지를 알아보기 위해서였는데, 모델 1과 모델 2는 분만시 모든 나이와 산차가 모두 없다는 가정하에 설정한 것이고, 모델 3은 산차는 알려져 있지 않으나 나이는 알려져 있는 경우를 가정하여 설정한 것이며, 모델 4는 산차는 알려져 있으나 나이는 알려져 있지 않은 경우를 가정하여 설정한 것이다. 그리고 모델 5는 분만시 어미의 나이와 산차가 모두 알려져 있을 경우를 가정하여 설정하였다.

$$\text{모델 1: } Y_{ij} = \mu + ymgroup_i + a_{ij} + e_{ij}$$

$$\text{모델 2: } Y_{ij} = \mu + ymgroup_i + a_{ij} + pe_{ij} + e_{ij}$$

$$\text{모델 3: } Y_{ij} = \mu + ymgroup_i + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + a_{ij} + pe_{ij} + e_{ij}$$

$$\text{모델 4: } Y_{ijk} = \mu + ymgroup_i + par_j + a_{ijk} + pe_{ijk} + e_{ijk}$$

$$\text{모델 5: } Y_{ijk} = \mu + ymgroup_i + \beta_1 X(par_j) + \beta_2 X^2(par_j) + a_{ijk} + pe_{ijk} + e_{ijk}$$

여기서,

$Y_{ij}(Y_{ijk})$: i번째 분만년도- j번째 개체에 대한 측정치(i번째 분만년도- j번째 산차에 속하는 k번째 개체에 대한 측정치)

μ : 전체평균

$ymgroup_i$: i번째 분만년도- j번째 그룹의 고정효과

par_j : j번째 산차의 고정효과

$a_{ij}(a_{ijk})$: i번째 ymgroup에 속하는 j번째 개체에 대한 상가적 유전 효과(i번째 ymgroup에서 j번째 산차에 속하는 k번째 개체에 대한 상가적 유전 효과)

$\sim (0, A\sigma_a^2)$ 여기서 A는 혈연 계수 행렬

$pe_{ij}(pe_{ijk})$: i번째 ymgroup의 j번째 개체에 대한 영구환경효과

(i번째 ymgroup에서 j번째 산차에 속하는 k번째 개체에 대한 영구환경효과)

$\sim (0, I\sigma_{pe}^2)$ 여기서 I는 항등행렬

β_1 : 분만시 모돈의 일령에 대한 1차 회귀계수

β_2 : 분만시 모돈의 일령에 대한 2차 회귀계수

X: 분만시 모돈 일령(공변이)

$e_{ij}(e_{ijk})$: 임의오차 $\sim (0, I\sigma_e^2)$ 여기서 I는 항등행렬

유전모수 및 육종가의 추정은 Animal Model에 근거하여 개발된 WOMBAT (Meyer, 2007)을 이용하였으며, 얻어진 분산- '분산 값을 이용하여 위 모델 (1)의 경우에는 다음과 같은 공식에 의해 유전력을 구하였고,

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2}$$

위 모델 (2)- (5)의 경우에는 다음과 같은 공식에 의해 유전력과

반복력을 구하였다.

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2 + \sigma_{pe}^2} \quad r = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_{pw}^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2 + \sigma_{pe}^2}$$

여기서, h^2 = heritability, r = repeatability, σ_a^2 = additive genetic variance, σ_{pe}^2 = permanent environmental variance, σ_e^2 = residual variance

(2) Model별로 추정된 육종가 간의 순위상관

각각의 모델식을 이용하여 추정된 육종가 간의 순위상관은 SAS@9.1 Package/PC를 이용하여 분석하였으며, 순위상관계수는 Spearman의 순위상관을 적용하였다.

결과 및 고찰

1. 일반능력

본 연구에서 조사된 요크셔종과 랜드레이스종의 번식형질에 대한 평균 및 표준오차를 Table 1에 제시하였다.

요크셔종 전체 26,390복으로부터 조사된 복당 총산자수의 평균은 11.35 ± 0.02 두였는데, 요크셔종 복당 총산자수의 평균치에 대해서 Su 등(2007)은 본 연구의 평균치 보다 큰 13.1두를 보고하였고, 오(2005)는 10.79 ± 0.038 두, Serenius 등(2004)은 10.76 ± 0.11 두, Southwood와 Kennedy (1990)는 9.54 ± 2.58 두로 보고하여 본 연구결과 보다 낮은 값을 보고하였으며, 이외에도 정 등(2008)은 11.57 ± 0.107 두, Damgaard 등(2003)은 11.2 ± 2.7 두로 본 연구결과와 비슷한 값을 발표한 바 있다.

랜드레이스종 26,713복에서 조사된 복당 총산자수의 평균은 10.97 ± 0.02 두였는데, 이를 국내의 연구 결과들과 비교하여 보면 Kuhlert와 Jungst (1993)의 9.8 ± 0.7 두, Southwood와 Kennedy (1990)의 9.42 ± 2.50 두 보다 컸으며, 이(2002)의 10.82 ± 0.179 두, Baas 등(1992)의 10.75 ± 0.16 두 및 Mercer와 Crump (1990)의 10.61 ± 2.939 두와는 유사한 성적이었다.

요크셔종에서 생시 복당 생존 자돈수의 평균은 10.04 ± 0.02 두였다. 요크셔종 생시 복당 생존 자돈수에 대해서 Su 등(2007)은 11.6두, Chen (2003)은 10.61 ± 2.67 두, Damgaard (2003)는 10.6

± 2.6 두, 상 등(1998)은 11.02 ± 0.14 두의 평균치를 보고한 바 있는데 이것들은 본 연구보다 높은 성적이었다. 그러나 윤(1996)과 Southwood 등(1990)은 본 연구 결과보다 작은 각각 8.931 ± 2.647 두 및 8.99 ± 2.61 두의 평균치를 보고하였으며, 송(2006)과 Kerr와 Cameron (1995)은 본 연구의 결과와 비슷한 각각 10.05 ± 2.325 및 10.3 ± 2.9 두의 평균치를 보고하였다.

랜드레이스종에서 생시 복당 생존 자돈수의 평균은 9.98 ± 0.02 두였는데, 이는 Su 등(2007)의 11.7두, Chen 등(2003)의 10.44 ± 2.54 두, See 등(1993)의 10.54 ± 2.59 두 보다 작은 편이며, 윤(1996)의 8.986 ± 2.623 두, Kuhlert와 Jungst (1993)의 9.2 ± 0.6 두 및 Southwood와 Kennedy (1990)의 8.93 ± 2.46 두 보다는 큰 결과인 것으로 판단된다.

생시 복당 생존 자돈수 중에서 암컷이 차지하는 비율로 계산한 성비의 평균치는 요크셔종에서 $45.75 \pm 0.11\%$, 그리고 랜드레이스종에서 $45.75 \pm 0.11\%$ 로써 두 품종에서 모두 암컷 자돈의 비율이 낮고 수컷자돈의 비율이 높았다. 성비에 대한 국내의 연구결과를 살펴보면 Toro 등(2006)은 Iberian pigs 56,807두의 자돈 성비를 조사한 결과 수컷의 비율이 51.99%라고 보고하였고, 김 등(1988)은 복당 자돈수 중 수컷이 차지하는 비율이 Yorkshire종에서 $49.7 \pm 0.42\%$ 였고, Duroc종, Hampshire종, 및 Landrace종에서는 각각 $53.3 \pm 0.35\%$, $53.6 \pm 0.57\%$, $51.40 \pm 0.14\%$ 로 Yorkshire종보다는 Duroc, Hampshire 및 Landrace종에서 수컷 자돈의 비율이 더 높은 경향을 보였으나 품종 간 성비의 차이에 대한 통계적 유의성은 없었다고 보고하였으며, 한 등(1972)은 랜드레이스 순종 612복과 교잡종 619복으로부터 조사한 복당 수컷자돈의 비율은 각각 54.27%와 51.52%로써 두 그룹에서 모두 수컷자돈의 비율이 높았다고 보고한 바 있는데 복당 생존 자돈수 중에서 암컷 보다 수컷 자돈의 비율이 높았던 본 연구 결과는 한 등(1972)이 보고한 성적과 부합되는 결과인 것으로 판단된다.

포유류의 성결정이 생식세포의 임의적인 결합에 의해 발현된다면 이론적으로 동일한 암수 성비가 기대되나 위 연구 결과와 같이 실제로 그렇지 않은 경우를 흔히 찾아 볼 수 있다. 돼지에서 출생시 암컷과 수컷자돈의 성비가 50%를 유지 하지 못하는 것에 원인에 대해서는 현재까지 명확히 밝혀진 것이 없다. 다만 Hutt (1982)는 다른 사람들의 연구결과를 인용하여 유전적으로 아직까지 밝혀지지 않은 반성치사 유전자가 존재하거나, 혹은 특정 성의 태아가 다른

Table 1. Basic statistics for reproductive traits in Yorkshire and Landrace

Traits	No. of record	Mean	S.E.	Min.	Max.
Yorkshire					
Total No. of born	26,390	11.35	0.02	1.00	22.00
No. of born alive	26,390	10.04	0.02	1.00	21.00
Sex ratio	26,390	45.75	0.11	0.00	100.00
Landrace					
Total No. of born	26,713	10.97	0.02	1.00	22.00
No. of born alive	26,713	9.98	0.02	1.00	21.00
Sex ratio	26,713	45.75	0.11	0.00	100.00

성의 태아에 비해 태아기 폐사율이 더 높은 것이 불균형 성비를 초래하는 원인 일 수 있다고 언급한 바 있다.

2. 유전모수 및 육종가 간의 순위상관

Table 2와 3에는 모델별로 추정된 두 품종의 총산자수에 대한 유전력 및 육종가 간의 순위상관이 각각 표시되어 있다.

모델 1을 적용하여 분석한 총산자수에 대한 유전력은 요크셔종과 랜드레이스종에서 각각 0.243 ± 0.009 , 0.241 ± 0.009 로 추정되어 두 품종에서 모두 다른 모델(2~5)들을 적용하여 추정된 유전력보다 높았다. 이는 영구환경효과를 추가적으로 포함시키거나 분만시 모든 일령을 공변이로 설정한 다른 모델에 비해 상가적 유전분산이 높게 추정되었기 때문이다. 영구환경효과를 포함하는 모델

2를 이용하여 분석한 유전력과 반복력은 요크셔종에서 각각 0.087 ± 0.012 및 0.201 ± 0.008 , 그리고 랜드레이스종에서 각각 0.095 ± 0.012 및 0.203 ± 0.008 로 추정되어 저도의 유전력과 반복력을 나타내었다.

모델 3, 4, 5는 모두 분만년도-1만월 그룹의 고정효과와 개체의 상가적 유전효과 그리고 영구환경효과를 선형 모형식에 포함시키고 모델별로 추가적인 고정 효과를 고려하였는데, 모델 3에서는 분만시 모든 일령의 공변이 효과가 추가되었고, 모델 4에서는 산차의 효과가 추가되었으며, 모델 5에서는 모든의 분만시 일령과 산차 간에 높은 상관관계가 있는 점을 고려하여 모든 일령의 공변이 효과를 산차 별로(nested) 추정하였다. 이상의 3가지 모델식을 적용하여 추정한 총산자수의 유전력과 반복력은 요크셔종에서 각각 $0.096 \pm 0.012 \sim 0.103 \pm 0.013$ 및 $0.211 \pm 0.008 \sim 0.215 \pm 0.008$ 의 범위였고, 랜드레이스종에서 각각 $0.108 \pm 0.013 \sim 0.114 \pm 0.013$

Table 2. Variance components, heritabilities and repeatabilities for total number of born estimated by different models in Yorkshire and Landrace

Model	σ_p^2 ¹⁾	σ_a^2 ²⁾	σ_{pe}^2 ³⁾	σ_e^2 ⁴⁾	h^2 ⁵⁾	r ⁶⁾	- logL
Yorkshire							
Model 1	10.722	2.603	—	8.119	0.243±0.009	—	-42665.802
Model 2	9.989	0.868	1.138	7.983	0.087±0.012	0.201±0.008	-42603.827
Model 3	9.780	0.968	1.095	7.716	0.099±0.013	0.211±0.008	-42242.286
Model 4	9.791	0.944	1.130	7.717	0.096±0.012	0.212±0.008	-42252.610
Model 5	9.749	1.003	1.094	7.652	0.103±0.013	0.215±0.008	-42411.239
Landrace							
Model 1	9.386	2.262	—	7.124	0.241±0.009	—	-41431.999
Model 2	8.784	0.837	0.944	7.002	0.095±0.012	0.203±0.008	-41372.891
Model 3	8.661	0.990	0.842	6.828	0.114±0.013	0.212±0.008	-41086.402
Model 4	8.667	0.938	0.882	6.847	0.108±0.013	0.210±0.008	-41120.789
Model 5	8.603	0.965	0.873	6.765	0.112±0.013	0.214±0.008	-41247.355

¹⁾ σ_p^2 = phenotypic variance, ²⁾ σ_a^2 = additive genetic variance, ³⁾ σ_{pe}^2 = permanent environmental variance, ⁴⁾ σ_e^2 = residual variance, ⁵⁾ h^2 = heritability, ⁶⁾ r = repeatability

Table 3. Rank correlation of breeding values for total number of born estimated by different models in Yorkshire and Landrace

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Yorkshire					
Model 1	1.000	0.914	0.832	0.856	0.834
Model 2		1.000	0.897	0.929	0.897
Model 3			1.000	0.995	0.995
Model 4				1.000	0.991
Model 5					1.000
Landrace					
Model 1	1.000	0.929	0.836	0.864	0.829
Model 2		1.000	0.877	0.915	0.870
Model 3			1.000	0.996	0.996
Model 4				1.000	0.990
Model 5					1.000

Rank correlation coefficients are statistically significant at 0.001% level.

및 $0.210 \pm 0.008 \sim 0.214 \pm 0.008$ 의 범위였는데, 두 품종 모두 유전력과 반복력의 크기에서 모델들 간(모델 3, 4, 5 간)에 큰 차이는 보이지 않았다.

Yorkshire종의 복당 총산자수 유전력에 대한 연구결과를 살펴보면 Su 등(2007)은 모체효과를 고려한 유전력이 0.053 ± 0.015 , 모체영구환경에 기인하는 분산의 비율은 0.097 ± 0.027 이었다고 보고하였고, Serenius(2004)는 개체모형을 이용한 분석에서 0.11로 보고하였으며, Southwood와 Kennedy(1990)는 상가적 효과만을 고려한 분석에서는 유전력이 0.127 ± 0.043 , 모체효과를 포함한 모형에서는 0.127 ± 0.058 이었다고 보고하였다. 이밖에 조 등(2008)은 영구환경효과를 고려하여 추정된 유전력과 반복력은 각각 0.12 ± 0.02 , 0.22 ± 0.22 이었다고 보고하였고, 송(2006)은 모델식에 영구환경효과를 고려하지 않고 분석했을 때 유전력은 0.239라고 보고하였으며, 영구환경효과를 고려하였을 때 유전력과 반복력은 각각 0.103, 0.230이었다고 보고하였다.

Landrace종의 복당 총산자수 유전력에 대한 연구결과를 살펴보면 Su 등(2007)은 모체효과를 고려한 유전력이 0.066 ± 0.014 , 모체영구환경에 기인하는 분산의 비율은 0.096 ± 0.024 이었다고 보고하였고, Southwood와 Kennedy(1990)는 Landrace 순종 12,302복에 대해 유전력은 0.133 ± 0.035 라고 보고하였다. 또한 Gu 등(1989)은 애니멀 모델을 이용하여 분석한 결과 0.106 ± 0.043 으로 추정하였고, 오(2005)는 0.21로 보고하였으며, 유(1996)는 0.078 ± 0.054 라고 보고하였다.

많은 학자들의 연구 보고에 따르면 대체로 번식형질들은 유전적 요인 보다 환경적 요인에 많은 영향을 받아 유전력이 낮게 추정되는 것으로 알려져 있는데, 본 연구에서도 총산자수에 대한 분산구성 성분 중 잔차의 분산이 다른 분산에 비해 매우 높았기 때문에 저도의 유전력과 반복력이 추정되는 결과를 나타내었다.

모델별로 추정된 두 품종의 총산자수에 대한 육종가를 기준으로

개체별로 순위를 정한 후 이 순위들 간의 상관관계를 구하였을 때 Table 3에서 나타낸 바와 같이 모델 1과 2는 모델 3이나 모델 4 또는 모델 5와 정의 상관관계를 보이고 있지만 모델 3, 4, 5들 간의 순위 상관 계수 보다 낮은 경향을 보였으며, 모델 3, 4, 5들 간의 상관관계수는 모두 0.99 이상으로 1에 가까운 결과를 보였다.

서로 다른 모델식을 적용하여 추정된 육종가들의 순위 상관관계를 구하였을 때 모델 간에 차이가 없다면 순위상관 계수는 1로 추정될 것이다. 그러나 모델 3, 4, 5의 경우처럼 모델별로 추정된 육종가들의 순위 상관관계가 고도의 정의 상관관계를 보인다면, 모델 5와 같이 산차의 효과와 분만시 모돈 일령의 공변이 효과를 동시에 고려하여 모델식을 설정하는 것보다, 모델 3이나 모델 4처럼 두 효과 중 하나의 효과만을 선형모형에 포함시켜 분석하여도 추정치의 결과에는 큰 변화가 없을 것이며 상대적으로 분석모델을 단순화시킬 수 있을 것이라 판단된다.

Table 4와 5에는 모델별로 추정된 두 품종의 생시 복당 생존자돈수에 대한 유전력 및 육종가 간의 순위상관이 각각 표시되어 있다.

모델 1을 적용하여 분석한 두 품종의 생시 생존자돈수에 대한 유전력은 요크셔종과 랜드레이스종에서 각각 0.192 ± 0.009 그리고 0.209 ± 0.009 로 다른 모델들을 이용하여 분석된 유전력에 비해 높게 추정되었다. 모델 2를 이용하여 분석한 유전력과 반복력은 요크셔종에서 0.102 ± 0.012 및 0.170 ± 0.008 , 랜드레이스종의 경우 0.091 ± 0.012 및 0.179 ± 0.008 로 추정되었고, 모델 3, 4, 5를 이용하여 추정된 유전력과 반복력은 요크셔종에서 $0.096 \pm 0.012 \sim 0.099 \pm 0.012$ 및 $0.188 \pm 0.008 \sim 0.193 \pm 0.008$ 의 범위로 추정되었으며, 랜드레이스종의 경우 $0.092 \pm 0.012 \sim 0.098 \pm 0.012$ 및 $0.193 \pm 0.008 \sim 0.196 \pm 0.008$ 의 범위로 추정되어 두 품종 모두 모델 2, 3, 4, 5 간의 유전력과 반복력은 큰 차이를 보이지 않았다.

Yorkshire종의 생시 생존자돈수 유전력에 대한 연구결과를 살

Table 4. Variance components, heritabilities and repeatabilities for number of born alive estimated by different models in Yorkshire and Landrace

Model	σ_p^2 ¹⁾	σ_a^2 ²⁾	σ_{pe}^2 ³⁾	σ_e^2 ⁴⁾	h^2 ⁵⁾	r ⁶⁾	- logL
Yorkshire							
Model 1	9.779	1.873	—	7.906	0.192±0.009	—	-41993.659
Model 2	9.409	0.964	0.638	7.807	0.102±0.012	0.170±0.008	-41965.326
Model 3	9.196	0.887	0.846	7.463	0.096±0.012	0.188±0.008	-41595.820
Model 4	9.172	0.886	0.855	7.431	0.097±0.012	0.190±0.008	-41546.500
Model 5	9.155	0.903	0.863	7.389	0.099±0.012	0.193±0.008	-41753.529
Landrace							
Model 1	8.763	1.828	—	6.934	0.209±0.009	—	-40867.824
Model 2	8.321	0.756	0.736	6.829	0.091±0.012	0.179±0.008	-40825.417
Model 3	8.207	0.803	0.792	6.612	0.098±0.012	0.194±0.008	-40544.726
Model 4	8.199	0.758	0.822	6.620	0.092±0.012	0.193±0.008	-40554.984
Model 5	8.155	0.773	0.823	6.559	0.095±0.012	0.196±0.008	-40718.962

Symbol is the same in table 2.

Table 5. Rank correlation of breeding values for number of born alive estimated by different models in Yorkshire and Landrace

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Yorkshire					
Model 1	1.000	0.969	0.936	0.933	0.941
Model 2		1.000	0.965	0.961	0.968
Model 3			1.000	0.997	0.996
Model 4				1.000	0.998
Model 5					1.000
Landrace					
Model 1	1.000	0.944	0.942	0.938	0.939
Model 2		1.000	0.992	0.990	0.991
Model 3			1.000	0.998	0.997
Model 4				1.000	0.995
Model 5					1.000

Rank correlation coefficients are statistically significant at 0.001% level.

퍼보면 Su 등 (2007)은 모체효과를 고려한 유전력이 0.050 ± 0.015 이었다고 보고하였고, Kerr와 Cameron(1995)은 다형질 애니멀 모델을 이용하여 1,220두의 Yorkshire종 자료를 분석한 결과 추정된 유전력이 0.06 ± 0.04 라고 보고하여 본 연구 보다 낮은 결과를 나타내었다. 이밖에 Chen 등(2003)은 REML 방법으로 유전모수를 추정한 결과 모체효과를 포함시켰을 경우 상가적유전력은 0.10, 모체효과와 유전력은 0.01 그리고 영구환경효과는 0.07이었다고 보고하였고, Southwood와 Kennedy (1990)는 Yorkshire종 8,825 복에 대해 추정된 유전력이 0.131 ± 0.045 이었다고 보고하였다.

Landrace종의 생시 생존 자돈수 유전력에 대한 연구결과를 살펴보면 Su 등(2007)은 모체효과를 고려한 유전력이 0.078 ± 0.015 이었다고 보고하였고, Chen(2003)은 Landrace종의 개체효과 및 모

체효과를 고려한 두개의 모델식에서 생시 생존 자돈수의 유전력을 각각 0.08, 0.07으로 추정하였으며, Southwood와 Kenndy (1990)은 Landrace 순종 12,302복에 대해 추정된 유전력이 0.086 ± 0.032 이었다고 보고하였다. Landrace종의 생시 생존 자돈수 유전력에 대한 국내연구결과를 살펴보면 윤(1996)은 0.072 ± 0.053 이라고 보고하였고, 배(1993)는 0.013 ± 0.024 이었다고 추정하여 본 연구 보다 낮은 추정치를 보고하였다. 이미 보고된 바 있는 타 연구자들의 연구결과를 종합해 봤을 때 분석모형에서 차이는 있지만 요크셔종과 랜드레이스종의 생시 생존 자돈수에 대한 유전력 또한 환경적인 영향을 많이 받아 낮게 추정되는 것으로 나타났으며, 본 연구에서도 저도의 유전력이 추정되는 결과를 나타내었다. 모델별로 추정된 두 품종의 생시 생존 자돈수에 대한 육종가를

Table 6. Variance components, heritabilities and repeatabilities for sex ratio estimated by different models in Yorkshire and Landrace

Model	σ_p^2 ¹⁾	σ_a^2 ²⁾	σ_{pe}^2 ³⁾	σ_e^2 ⁴⁾	h^2 ⁵⁾	r ⁶⁾	- logL
Yorkshire							
Model 1	316.210	0.993	—	315.210	0.003±0.002	—	89012.881
Model 2	316.190	0.780	1.478	313.930	0.002±0.002	0.007±0.004	89012.309
Model 3	316.070	0.714	1.411	313.950	0.002±0.002	0.007±0.004	89029.117
Model 4	315.600	0.699	1.532	313.370	0.002±0.002	0.007±0.004	88982.958
Model 5	315.680	0.705	1.603	313.380	0.002±0.002	0.007±0.004	89216.971
Landrace							
Model 1	314.860	0.937	—	313.920	0.003±0.002	—	90053.342
Model 2	314.810	0.521	1.652	312.630	0.002±0.002	0.007±0.004	90052.691
Model 3	314.690	0.491	1.659	312.540	0.002±0.002	0.007±0.004	90069.119
Model 4	314.700	0.469	1.679	312.550	0.001±0.002	0.007±0.004	90040.044
Model 5	314.550	0.432	1.683	312.440	0.001±0.002	0.007±0.004	90270.623

Symbol is the same in table 2.

기준으로 각 개체의 순위를 정한 후 이 순위간의 상관관계를 구하였을 때 두 품종 모두 총산자수에서의 결과와 동일하게 모델 1과 2는 다른 모델과 정의 상관관을 보였지만 모델 3,4,5 간의 순위 상관 계수보다 낮은 경향을 나타냈으며, 모델 3,4,5 간의 육종가 순위 상관관은 0.99 이상의 고도의 정의 상관관을 나타내어 모델 3,4,5를 이용하여 추정된 개체들의 육종가 순위는 모델 간에 큰 차이를 보이지 않을 것으로 판단된다.

Table 6에는 모델별로 추정된 두 품종의 성비에 대한 유전모수가 표시되어 있다.

각 모델별로 추정된 성비에 대한 유전력은 요크셔종과 랜드레이스종에서 각각 $0.002 \pm 0.002 \sim 0.003 \pm 0.002$, $0.001 \pm 0.002 \sim 0.003 \pm 0.002$ 의 범위로써 어떠한 모델을 적용하더라도 0에 가깝게 추정되었다. 이는 모든 모델식에서 동일하게 잔차의 분산이 표현형 분산의 대부분을 차지하였기 때문이다.

성비에 대한 연구 결과를 살펴보면 Toro 등(2006)은 Iberian pigs 550두의 수태지와 1,893두의 압태지로부터 출생한 56,807두의 자돈 성비에 대한 유전력을 Gibbs sampling에 의한 Bayesian 방법을 적용하여 Sire linear model로 분석하였을 때에는 2.63×10^{-1} 이었다고 보고하였으며, Sire threshold model을 적용하여 분석한 결과는 9.17×10^{-1} 이었다고 보고하여 성비에 대한 유전력이 0에 가깝게 추정된 본 연구 결과와 부합되었다. 또한 Williams (1979)와 Charnov (1982)는 들새와 포유류에서 성비에 관한 유전적인 영향은 작거나 없다고 발표하였고, 동일한 결과가 Krackow (1995), Hardy (1997) 그리고 West et al. (2002)의 연구에 의해 발표되었다. 이와 같은 연구결과를 미루어 추론해 볼 때 포유류의 성은 성결정의 여러 가지 메커니즘이 복합적으로 작용하여 이루어지므로 통계학적인 접근 방법으로 유전력을 증명하지 못했다면, 선발을 통해 성비를 조절하는 것은 불가능하다고 판단된다.

요 약

본 연구는 우리나라 중부지역에 소재한 민간 종돈장에서 1998년부터 2008년까지 분만한 요크셔종 26,390복과 랜드레이스종 26,713복의 번식성적을 근거로 산자수와 성비에 대한 유전력과 육종가를 추정하고, 각 모형별로 추정된 육종가를 비교하고자 실시하였다. 본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

요크셔종과 랜드레이스종의 총산자수에 대한 평균과 표준오차는 각각 11.35 ± 0.02 두, 10.97 ± 0.02 두로 조사되었으며, 생시 생존 자돈수에 대한 평균과 표준오차는 각각 10.04 ± 0.02 두, 9.98 ± 0.02 두로 조사되었다. 또한 생시 생존 자돈수 중에서 암컷이 차지하는 비율로 계산한 성비의 평균치는 요크셔종에서 $45.75 \pm 0.11\%$, 그리고 랜드레이스종에서 $45.75 \pm 0.11\%$ 로 조사되어 두 품종 모두 암컷의 비율이 수컷의 비율보다 낮게 나타났다.

모델 1을 적용하여 분석한 총산자수에 대한 유전력은 요크셔종과 랜드레이스종에서 각각 0.243 ± 0.009 , 0.241 ± 0.009 로 추정되어 두 품종에서 모두 다른 모델들(모델 2~ 모델 5)을 적용하여 추

정된 유전력 보다 높게 추정되었다. 모델 3, 4, 5를 적용하여 분석한 총산자수에 대한 유전력과 반복력은 요크셔종에서 각각 $0.096 \pm 0.012 \sim 0.103 \pm 0.013$ 및 $0.211 \pm 0.008 \sim 0.215 \pm 0.008$ 의 범위로 추정되었고, 랜드레이스종에서 각각 $0.108 \pm 0.013 \sim 0.114 \pm 0.013$ 및 $0.210 \pm 0.008 \sim 0.214 \pm 0.008$ 의 범위로 추정되어 두 품종 모두 모델들 간(모델 3~모델 5)의 유전력과 반복력 추정치는 큰 차이를 보이지 않았다. 모델 1을 적용하여 분석한 생시 생존 자돈수에 대한 유전력은 요크셔종과 랜드레이스종에서 각각 0.192 ± 0.009 그리고 0.209 ± 0.009 로 다른 모델들을 이용하여 분석된 유전력에 비해 높게 추정되었다. 모델 2를 이용하여 분석한 유전력과 반복력은 요크셔종에서 0.102 ± 0.012 및 0.170 ± 0.008 , 랜드레이스종의 경우 0.091 ± 0.012 및 0.179 ± 0.008 로 추정되었고, 모델 3, 4, 5를 이용하여 추정한 유전력과 반복력은 요크셔종에서 $0.096 \pm 0.012 \sim 0.099 \pm 0.012$ 및 $0.188 \pm 0.008 \sim 0.193 \pm 0.008$ 의 범위로 추정되었으며, 랜드레이스종의 경우 $0.092 \pm 0.012 \sim 0.098 \pm 0.012$ 및 $0.193 \pm 0.008 \sim 0.196 \pm 0.008$ 의 범위로 추정되어 두 품종 모두 모델 2, 3, 4, 5간의 유전력과 반복력은 큰 차이를 보이지 않았다. 돼지의 산자수와 관련된 유전력은 환경적인 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있는데 본 연구에서도 잔차의 분산이 매우 높게 추정되었기 때문에 저도의 유전력과 반복력이 추정되는 결과를 나타내었다.

모델별로 추정된 총산자수와 생시 생존 자돈수에 대한 육종가를 기준으로 각 개체의 순위를 정한 후 이 순위간의 상관관계를 구하였을 때 두 품종 모두 모델 1과 2는 다른 모델과 정의 상관관을 보였지만 모델 3, 4, 5 간의 순위 상관 계수보다 낮은 경향을 나타냈으며, 모델 3, 4, 5 간의 육종가 순위 상관관은 0.99 이상의 고도의 정의 상관관을 나타내어 모델 3, 4, 5를 이용하여 추정된 개체들의 육종가 순위는 모델 간에 큰 차이를 보이지 않을 것으로 판단된다.

모델 1~모델 6을 적용하여 추정한 성비에 대한 유전력은 요크셔종과 랜드레이스종에서 각각 $0.002 \pm 0.002 \sim 0.003 \pm 0.002$, $0.001 \pm 0.002 \sim 0.003 \pm 0.002$ 의 범위로 추정되어 어떤 한 모델을 적용하더라도 0에 가깝게 추정되었다. 따라서 선발을 통해 성비를 조절하는 것은 불가능하다고 판단된다.

인 용 문 헌

- Baas, T. J., Christian, L. L. and Rothschild, M. F. 1992. Heterosis and recombination effects in Hampshire and Landrace swine: I Maternal traits. *J. Anim. Sci.* 70:89.
- Charnov, E. L. 1982. *The Theory of Sex Allocation*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Chen, P. and Bass, T. J. 2003. Genetic correlations between lean growth and litter traits in U.S. Yorkshire, Duroc, Hampshire, and Landrace pigs. *J. Anim. Sci.* 81:1700-1705.
- Damgaard, L. and Rydhmer, H. 2003. Genetic parameters for within-litter variation in piglet birth weight and change in

- within-litter variation during suckling. *J. Anim. Sci.* 81:604-610.
- Su., G., Lund, M. S. and Sorensen, D. 2007. Selection for litter size at day five to improve litter size at weaning and piglet survival rate. *J. Anim. Sci.* 82:1385-1392.
- Gu, Y., Haley, C. S. and Thompson, R. 1989. Estimates of genetic and phenotypic parameters of litter traits from closed lines and pigs. *Anim. Prod.* 49:477.
- Hardy, I. C. W. 1997. Possible factors influencing vertebrate sex ratio: an introductory overview. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 51: 217-241.
- Hutt, F. B. and Rasmusen, B. A. 1982. *Animal Genetics* (2nd ed). Oliver & Amer. Edinburgh and London.
- Kerr, J. C. and Cameron, N. D. 1995. Reproductive performance of pigs selected for components of efficient lean growth. *J. Anim. Sci.* 60:281.
- Krackow, S. 1995. Potential mechanisms for sex ratio adjustment in mammals and birds. *Biol. Rev.* 70:235-241.
- Kuhlers, D. L. and Jungst, S. B. 1993. Correlated responses in reproductive and carcass traits to selection for 200-day weight in Landrace pigs. *J. Anim. Sci.* 71:595.
- Toro, M. A., Fernández, A., García-Cortés, L. A., Rodríguez, J. and Silió, L. 2006. Sex Ratio Variation in Iberian Pigs. *Genetics* 173:911-917.
- See, M. T., Mabry, J. W. and Bertrand, J. K. 1993. Restricted maximum likelihood estimation of variance components from filed data for number of pigs born alive. *J. Anim. Sci.* 71:2905-2909.
- Mercer, J. T. and Crump, R. E. 1990. Genetic parameter estimates for reproductive traits in purebred Landrace pig. *Proceeding of 4th World Congress Genetics Applied Livestock Production*. Edinburgh. XV:489.
- Serenius, T. and Sevon-Aimonen, M. L. 2004. Genetic association of prolificacy with performance, carcass, meat quality, and leg conformation traits in the Finnish Landrace and Large White Pig populations. *J. Anim. Sci.* 82:2301-2306.
- Southwood, O. I. and Kennedy, B. W. 1990. Estimation of direct and maternal genetic variance for litter size in Canadian Yorkshire and Landrace swine using an animal model. *J. Anim. Sci.* 68:1841.
- West, S. A., Reece, S. E. and Sheldon, B. C. 2002. Sex ratios. *Heredity* 88:117-124.
- Williams, G. C. 1979. The question of adaptive sex ration in outcrossed vertebrates. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B* 205:567-580.
- 김용환, 신원집, 백동훈. 1988. 돼지의 임신기간과 산자성비에 미치는 몇가지 환경요인의 효과. *한축지*. 30(7):406-410.
- 배규한. 1993. 순종과 교잡종 능력에 근거한 종모돈 평가에 관한 연구. 서울대학교 박사학위논문.
- 상병찬, 강만석, 박종대. 1988. 돼지의 번식형질에 미치는 품종 및 환경의 효과. *한축지*. 30(10):590-595.
- 송광림. 2006. 다변량 통계모형을 이용한 요크셔종의 산육형질과 번식형질에 대한 유전모수추정. 경상대학교 박사학위논문.
- 오하식. 2005. 경상남도 가야 GGP 계열화 돈군의 경제형질에 대한 유전적 변화 추세 추정. 경상대학교 박사학위논문.
- 윤호백. 1996. 돼지의 발정체귀일수, 복당산자수 및 복당체중에 대한 유전모수 추정에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문.
- 이동호. 2002. 종빈도의 분만성적에 미치는 품종 및 교배조합의 효과 추정. 경상대학교 석사학위논문.
- 정대진, 김병우, 노승희, 김효선, 문원곤, 김희열, 장현기, 최임수, 전진태, 이정규. 2008. 농장검정돈의 번식형질에 미치는 환경효과 및 유전모수의 추정. *Kor. J. Anim. Sci.* 50(1):33-44.
- 조규호, 김명직, 이일주, 김인철, 전광주. 2008. 돼지 번식형질의 산차간 유전상관. *Kor. J. Anim. Sci.* 50(4):457-464.
- 한성욱, 김창근, 박영일. 1972. 돼지의 산자성비에 관한 연구. *한축지*. 14(3):184-188.

(접수일자 : 2010. 1. 15 / 수정일자 : 2010. 6. 8 /
채택일자 : 2010. 8. 9)