

모체효과 모형을 이용한 돼지 품종 간의 성장형질 및 등지방두께에 대한 유전모수 추정

김용민*, 최태정, 조은석, 조규호, 정학재, 정용대
농촌진흥청 국립축산과학원 양돈과

Estimation of genetic parameters for growth traits and backfat thickness using Maternal animal model in pigs

Yong-Min Kim*, Tae-Jeong Choi, Eun-Seok Cho,
Kyu-Ho Cho, Hak-Jae Chung, Yong-Dae Jeong

Division of Swine Science, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

요약 국내에서는 우리 고유의 재래돼지가 보존되고 있으나 성장 및 번식능력이 낮고 등지방두께가 두꺼워 경제성이 떨어진다. 이 이유로 농가에서 사육을 기피하고 있다. 하지만, 나고야의정서 발효 등에 따라 고유 유전자원의 중요성은 커지고 있으며 따라서, 고유 유전자원인 재래돼지를 활용한 신 계통 개발의 중요성은 점차 커지고 있다. 본 연구는 개체모형을 이용하여 돼지의 경제적 형질에 대한 유전모수 및 유전적 변화의 추정을 통해 모체유전효과가 돼지의 경제 형질에 미치는 영향을 알아 보기 위해 수행되었다. 자료는 국립축산과학원으로부터 2000년부터 2015년까지 수집한 두록종, 재래돼지 그리고 합성종(재래돼지x두록종)의 자료를 사용하였다. 본 연구에 사용된 경제형질은 일당증체량과 등지방두께를 이용하였으며 분석에 사용된 Model식은 개체효과만을 고려한 Model 1과 모체효과를 추가한 Model 2 그리고 모체 영구환경효과가 포함된 Model 3을 사용하여 분석에 이용하였다. 분석 결과 상가적 유전력이 모체효과 유전력보다 높은 유전력을 나타냈으며 상가적 유전분산과 모체 유전분산 간의 유전상관은 모든 품종에서 강한 부(-)의 상관관계를 가지는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 좀 더 효율적인 개량 효과를 거두기 위해서는 품종 및 형질 또는 개량 방향에 따라 개체 효과와 모체유전효과 그리고 유전상관을 적절히 고려해야 할 것으로 사료된다.

Abstract This study was conducted to examine the influence of the maternal genetic effect of swine on their economic traits through the estimation of their genetic parameters, breeding value and genetic trends using an animal model. The data on Duroc pigs, Korean Native Pigs and Synthetic pigs (Duroc x Korean Native Pig) from 2000 to 2015 were obtained from the National Institute of Animal Science in Korea and used to estimate the genetic parameters for the average daily gain (ADG) and backfat thickness (BFT). Model 1 included the additive genetic effect of the animals, Model 2 consisted of Model 1 + the maternal genetic effect and Model 3 consisted of Model 2 + the maternal permanent environment effect. The heritability calculated by estimating the additive genetic effect was higher than that calculated by estimating the maternal genetic effect using the maternal animal model. The estimated genetic correlations between the additive and maternal genetic effects for the ADG and BF were strongly negative. Thus, the estimation of the breeding value can be used to select the most appropriate individuals and make an optimal breeding scheme.

Keywords : animal model, genetic parameters, heritability, maternal effects, swine

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01185102)의 지원에 의해 이루어진 것임.

본 연구는 2017년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding Author : Yong Min Kim(National Institute of Animal Science)

Tel: +82-41-580-3454 email: silveraz@korea.kr

Received October 16, 2017

Revised October 31, 2017

Accepted November 3, 2017

Published November 30, 2017

1. 서론

국내의 고유 유전자원인 재래돼지의 경우 성장 및 번식능력이 낮고 등지방두께는 너무 두꺼워 돈육의 품질 저하를 야기하는 등의 문제로 경제적인 가치가 떨어진다고 보고하였다[1]. 하지만 2014년 생물다양성 협약에 따른 나고야의정서가 정식으로 발효됨에 따라 각 나라의 고유 유전자원의 중요성은 점차 커지고 있으며[2] 따라서, 고유 유전자원인 재래돼지를 활용한 신 계통 개발의 중요성이 점차 커지고 있다. 세계 각국은 고유 재래돼지의 낮은 경제성을 보완하기 위하여 타 품종과의 교배를 통해 개량에 활용하고 있는 데 특히 성장형질 및 육질이 좋은 두록종을 수컷으로 활용하여 경제형질을 보완하고 있으며[3], 태국의 경우에는 두록 종과 피에트레인종을 이용하여 태국 재래돼지의 낮은 경제성을 보완하는 연구를 수행하고 있다고 보고하였다[4]. 국내 재래돼지의 경우에도 낮은 성장능력을 보완하기 위하여 두록 종과의 여러 번의 누진교배를 통해 재래돼지 혈액비율을 37.5%로 고정시켜 7세대 이상을 개량한 합성종(우리흑돈)을 국립축산과학원에서 2015년도에 개발하였으며 FAO (Food and Agriculture Organization) DAD-IS에 정식으로 품종 등록이 되어있다(<http://dad.fao.org/>).

유전력(Heritability)은 세부적으로 구분하면 모체유전효과, 우성 효과, 상위성 효과 및 이들 간의 상호작용에 의한 효과 등으로 나눌 수 있다. 본 연구에서 사용된 모체유전효과는 어미의 능력에 따라 후대에 발현되는 표현형에 영향을 끼치게 되는 것을 의미하는데[5], 어미의 직접적인 유전 효과를 후손에게 전달하는 방법과 자돈의 생존에 알맞은 환경을 제공하는 것으로 나눌 수 있다. Falconer[6]에 의하면 모체유전효과는 자손의 입장에서는 환경적인 효과로 분류할 수 있지만, 모체에 있어서는 모계유전자형에 결정되는 유전적인 요인이라고 하였다. 여기서 말하는 모체유전효과는 자손의 관리를 잘하는 능력을 말하며, 모계 선발 시에는 모체유전효과가 뛰어난 개체를 선발하는 것이 이유자돈수를 늘려 경제성을 올릴 수 있으므로 모계 선발 시 모체유전효과를 정확하게 추정할 수 있어야 한다.

본 연구는 고유 유전자원인 재래돼지와 외국 도입종인 두록 종 그리고 재래돼지와 두록종을 교잡하여 개발한 합성종(우리흑돈)간의 선발에 있어 다양한 분석모형을 이용하여 육종 전략을 수립하고 분석 모형 간의 비교

를 통하여 최적의 개체모형을 찾아 교배 전략 수립과 선발 등에 활용하고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시동물

본 연구에 사용된 공시동물은 국립축산과학원에서 2000년부터 2015년까지 태어난 두록 종, 재래돼지와 합성종(우리흑돈) 3개 품종 11,538두의 검정 자료를 이용하여 분석하였다. 품종별 분석두수는 Table 1에 제시하였다.

2.2 조사형질 및 조사방법

본 연구에서 조사한 형질은 일당증체량, 등지방두께이며, 이들 형질들의 측정방법은 다음과 같다.

1) 일당증체량(ADG; Average Daily Gain)

일당증체량은 검정기간 중의 증체량을 검정일수로 나눈 것으로 다음과 같은 계산식을 이용하였다.

$$\text{일당증체량} = \frac{(\text{검정종료시 체중} - \text{검정개시 체중})}{(\text{검정종료일} - \text{검정개시일})} \times 100$$

2) 등지방두께(BF; Backfat Thickness)

등지방두께는 A-mode 초음파측정기를 사용하였으며, 어깨(제4늑골), 등(최후늑골), 허리(최후요추) 3개 부위의 정중선에서 좌측에서 5cm부분을 측정하여 평균값의 보정치를 이용하여 계산하였으며 다음의 식을 이용하여 보정하였다.

$$\text{등지방두께} = \frac{(90\text{kg} - \text{종료 체중}) \times \text{등지방두께}}{\text{종료 체중} - 11.34} + \text{등지방두께}$$

2.3 통계분석방법

본 연구에서의 경제형질에 영향을 미치는 요인으로 성, 품종, 출생년도의 효과를 추정하기 위해 다음과 같은 선형 모형을 이용하여 최소제곱법(Harvey, 1979)으로 분석하였다.

$$y_{ijk} = u + sex_i + br_j + ys_k + e_{ijk}$$

y_{ijk} 는 I번째 성의 j번째 품종의 K번째 출생년도 개체에 대한 측정치

u : 전체 평균

sex : i번째 성의 효과(i=1,2),

br : j번째 품종의 효과(j=1,2,3),

ys : k번째 출생년도의 효과(k=1,2,3,...,8),

e_{ijk} : 임의 오차이다.

본 연구에서 설정된 선형모형은 SAS@9.4Package/PC를 이용하여 분석하였으며, SAS/GLM 분석 결과 제공되는 TYPE III 제곱합을 이용하여 분산 분석을 하였으며, 최소 제곱 평균치간의 유의성 검정을 위하여 다음과 같은 귀무가설을 유의수준 5%로 각각 검정을 실시하였다.

$$H_0 : LSM(i)=LSM(j)$$

여기서, $LSM(i(j))$:i(j)번째 효과의 최소 제곱 평균치(i≠j)

본 연구에서의 유전모수의 추정은 모체유전효과에 의한 영향을 알아보기로 하자 다음과 같은 모델식을 Mltiple Trait Derivative-Free Restricted Maximum Likelihood (Bold et al,1995)를 이용하여 상가적 및 모체 유전분산과 공분산 성분을 추정하였다

$$\text{Model 1 } y=Xb+Z_1a+e$$

$$\text{Model 2 } y=Xb+Z_1a+Z_2m+e$$

$$\text{Model 3 } y=Xb+Z_1a+Z_2m+W_1c+e \quad \text{Cov(a,m)} \neq 0$$

y 는 관측치 벡터, b 는 고정효과 벡터, a 는 임의 개체 효과 벡터, m 은 모체유전효과 벡터, c 는 모체영구환경효과 벡터, X, Z_1, Z_2, W_1 은 각각 고정, 개체, 모체 유전 및 모체영구환경효과와 관련한 빈도행렬이다.

유전력은 다음과 같은 식에 의해 계산하였다.

$$h_a^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2}, \quad h_m^2 = \frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$$

h_a^2 는 상가적 유전력, h_m^2 는 모체효과에 의한 모체유전 효과 유전력이다.

분산행렬은 다음과 같이 가정하였다. 상가적 유전분산과 모체 유전분산과의 상관계수는 다음의 공식을 사용하였다.

$$r_{am} = \frac{\text{Cov}(a,m)}{\sqrt{\sigma_a^2 \sigma_m^2}}$$

여기서, σ_a^2 는 상가적 유전분산, σ_m^2 은 모체 유전분산, $\text{Cov}(a,m)$ 은 상가적 유전 분산과 모체 유전분산 간의 유전 공분산이다.

3. 결과 및 고찰

Table 1은 두록 중, 재래돼지, 합성종에 대한 일당증체량과 등지방두께에 대한 평균치와 표준편차이다. 본 연구에서 조사된 일당증체량은 두록 종이 936.24±127.04g으로 재래돼지의 442.58±84.58g에 비해 2배 이상 높은 일당증체량을 보여주고 있다. 합성종의 경우 825.12±114.82g으로 두록 종과 재래돼지의 교잡에 의한 잡종강세의 효과로 인하여 재래돼지의 낮은 성장능력을 많이 보완한 것으로 보인다.

일당증체량에 대해 조사한 Hoque. et al[7]의 870±110g, Johnson. et al[8]880±130g의 연구 결과보다는 본 연구에서의 두록 종의 일당증체량이 높게 나타났으나 Van Alst.et al[9], Park et al[10]이 발표한 연구 결과보다는 일당증체량이 낮게 나타났다. 재래돼지의 경우에는 Kim et al[1]이 조사한 일당증체량과 비슷한 경향치를 타나내었다.

등지방두께에서는 두록 중, 재래돼지, 합성종이 각각 1.24±0.018cm, 2.74±0.57cm, 1.56±0.31cm로 두록 종에서 가장 얇은 등지방두께를 보였으며 재래돼지는 3품종 중 가장 두꺼운 등지방두께를 나타내고 있다. 합성종의 경우에는 두 품종의 중간 값의 등지방두께를 보여주고 있었다. 두록 종에서 이러한 연구결과는 Swiger. et al(11)이 보고한 3cm 이상의 등지방두께보다는 얇았으나 Dube et al[12], Noguera et al[13]의 연구결과보다는 두꺼웠다.

Table 1. Mean, standard deviation, minimum, and maximum values for performance traits of three breeds of swine

| Trait | n | Mean | SD | Min | Max |
|--------|------|--------|--------|--------|--------|
| D | | | | | |
| ADG, g | 9801 | 936.24 | 127.04 | 553.58 | 1314.1 |
| BF, cm | 9735 | 1.24 | 0.18 | 0.7 | 1.78 |
| KNP | | | | | |
| ADG, g | 1152 | 442.58 | 84.58 | 189.58 | 690.59 |
| BF, cm | 1140 | 2.74 | 0.57 | 1.2 | 4.38 |
| DK | | | | | |
| ADG, g | 585 | 825.12 | 114.82 | 472 | 1191.7 |
| BF, cm | 585 | 1.56 | 0.31 | 0.88 | 2.46 |

D: Duroc, KNP: Korean Native Pig, DK: Synthetic Pig(Duroc×Korean Native pig), ADG: Average Daily Gain, BF: Backfat Thinkness

Table 2는 상가적 유전효과만을 고려한 개체모형 Model 1에서의 두록 종, 재래돼지, 합성종의 일당중체량과 등지방두께에 대한 유전력이다. 일당중체량에 있어 유전력은 각각 0.44, 0.48, 0.45로 고도의 유전력을 나타내었고 등지방두께에 대한 유전력은 각각 0.36, 0.11, 0.27로 중도 또는 고도의 유전력을 보였다. Park et al[10]은 일당중체량의 유전력이 두록 종 0.42, 랜드레이스 0.50, 요크셔 0.40로 나타나 본 연구결과의 유전력과 비슷한 고도의 유전력을 나타내는 것으로 보고하였으며 등지방두께에서는 각각 0.37, 0.62 및 0.64로 본 연구결과의 두록 종의 상가적 유전력 0.36과 비슷한 유전력 추정치를 보여줬다.

Table 2. Estimates of genetic parameters for performance traits using Model1

| Trait | D | KNP | DK |
|---------|------------|------------|------------|
| ADG | | | |
| h_a^2 | 0.44(0.23) | 0.48(0.07) | 0.45(0.10) |
| BF | | | |
| h_a^2 | 0.36(0.02) | 0.11(0.05) | 0.27(0.09) |

D: Duroc, KNP: Korean Native Pig, DK: Synthetic Pig(Duroc×Korean Native pig), ADG: Average Daily Gain, BF: Backfat Thinkness, h_a^2 : Addictive heritability.

모체유전효과만을 고려한 Model 2에서의 상가적 유전력과 모체효과 유전력은 Table 3에 제시하였다. 품종간 일당중체량에 대한 유전모수는 두록 종, 재래돼지, 합

성종의 상가적 효과에 의한 유전력이 각각 0.20, 0.47, 0.32로 중·고도의 유전력을 나타내었으며, 모체유전효과에 의한 유전력은 각각 0.28, 0.09, 0.15로 저중도의 유전력으로 추정되었다. 일당중체량에서의 상가적 유전 분산과 모체 유전 분산 사이에서의 유전 상관은 두록 종, 재래돼지, 합성종에서 각각 -0.06, -0.33, -0.13로 부(-)의 상관관계를 가지는 것으로 조사되었다. Darfour et al[14]의 연구 결과에서는 일당중체량에서의 상가적 유전력과 모체유전효과 유전력을 각각 0.22, 0.63으로 추정하여 본 연구의 모체유전효과 유전력보다 높은 것으로 보고하였으나 Dube et al[12]는 상가적 유전력을 0.29±0.03, 모체효과는 0.15±0.02, 유전상관은 -0.29±0.07으로 본 연구와 비슷한 경향치의 유전력을 제시하였다. 등지방두께에 있어서는 모체유전효과를 가진 모형에 의해 추정된 상가적 유전력이 두록 종, 재래돼지 및 합성종에서 각각 0.31, 0.19, 0.07로 조사되었으며 모체유전효과 유전력은 0.13, 0.06, 0.08로 분석되어 상가적 및 모체유전효과 유전력 모두 두록 종이 가장 높은 것으로 조사되었다. 상가적 유전분산과 모체 유전 분산 사이의 유전 상관도 일당중체량보다 등지방두께에서 더 강한 부(-)의 유전 상관을 가지는 것으로 나타났다.

Table 3. Estimates of genetic parameters for performance traits using Model2

| Trait | D | KNP | DK |
|----------|-------------|-------------|-------------|
| ADG | | | |
| h_a^2 | 0.20(0.31) | 0.47(0.13) | 0.32(0.19) |
| h_m^2 | 0.28(0.24) | 0.09(0.06) | 0.15(0.11) |
| r_{am} | -0.06(0.10) | -0.33(0.29) | -0.13(0.54) |
| BF | | | |
| h_a^2 | 0.31(0.42) | 0.19(0.1) | 0.07(0.01) |
| h_m^2 | 0.13(0.02) | 0.06(0.05) | 0.08(0.07) |
| r_{am} | -0.30(0.09) | -0.71(0.23) | -0.99(1.32) |

D: Duroc, KNP: Korean Native Pig, DK: Synthetic Pig(Duroc×Korean Native pig), ADG: Average Daily Gain, BF: Backfat Thinkness, h_a^2 : Addictive heritability, h_m^2 : Maternal heritability, r_{am} : Correlation between additive and maternal genetic variance.

Table 4는 모체유전효과와 모체영구환경효과를 함께 고려한 Model 3에서의 유전모수를 제시한 것이다. Model 3에서의 일당중체량의 상가적 유전력은 각각 두록 종 0.24, 재래돼지 0.48, 합성종 0.26으로 모체유전효과만을 고려한 Model 2의 상가적 유전력과 비슷한 경향치를 보였다. 하지만, 모체유전효과 유전력은 0.06,

0.02, 0.01로 Model 2의 모체유전효과에 비해 33~78% 낮은 것으로 분석되었다. 등지방두께에 대해서도 상가적 유전력, 모체유전효과 유전력, 모체영구환경효과 유전력이 두록 종은 각각 0.34, 0.03, 0.08으로, 재래돼지의 경우에는 0.14, 0.53, 0.002 및 합성종 0.08, 0.02, 0.07로 조사되었으며 이는 몇몇 연구에서 보고한 연구결과와 비슷하였다[15-16]. Dube et al[12]는 상가적 유전력 0.44, 모체유전효과 유전력 0.03, 모체영구환경효과 유전력 0.04, 유전상관을 -0.52로 추정하여 본 연구결과보다 높은 유전모수 값을 보고하였으며, Canario et al[17] 또한 부(-)의 유전상관을 갖는 등 비슷한 결과 값을 보고하였다. 재래돼지의 경우에는 모체유전효과가 Model 3에서 급격하게 높아지는 것으로 분석되었는데 이는 한정된 분석 자료에 의해 모체영구환경효과가 잔차값을 제대로 잡아주지 못한 오류에 의한 것으로 추정된다. 이들의 유전상관 역시 강한 부(-)의 상관관계를 가지는 것으로 조사되었으며 합성종의 경우 높은 부(-)의 유전상관은 추가적인 자료를 확보하여 재분석을 할 필요가 있을 것으로 보인다.

Table 4. Estimates of genetic parameters for performance traits using Model3

| Trait | D | KNP | DK |
|------------|-------------|-------------|-------------|
| ADG | | | |
| h_a^2 | 0.24(.036) | 0.48(0.13) | 0.26(0.17) |
| h_m^2 | 0.06(.023) | 0.02(0.06) | 0.01(0.13) |
| h_{wp}^2 | 0.16(.018) | 0.07(0.04) | 0.1(0.07) |
| r_{am} | -0.33(0.16) | -0.48(1.28) | -0.99(8.15) |
| BF | | | |
| h_a^2 | 0.34(0.04) | 0.14(0.03) | 0.08(0.13) |
| h_m^2 | 0.03(0.12) | 0.53(0.07) | 0.02(0.13) |
| h_{wp}^2 | 0.08(0.01) | 0.002(0.04) | 0.07(0.07) |
| r_{am} | -0.58(0.15) | -0.76(0.09) | -0.99(4.95) |

D: Duroc, KNP: Korean Native Pig, DK: Synthetic Pig(Duroc×Korean Native pig), ADG: Average Daily Gain, BF: Backfat Thickness, h_a^2 : Addictive heritability. h_m^2 : Maternal heritability. h_{wp}^2 : Maternal permanent environment heritability. r_{am} : Correlation between additive and maternal genetic variance.

4. 결론

모체유전효과 모형을 이용하여 돼지의 경제형질인 일당증체량과 등지방두께에 영향을 미치는 모체유전효과

의 영향에 대한 분석 결과 두록 종, 재래돼지, 합성종 3 품종 모두 모체효과의 유전력이 상가적 유전력에 비해 낮게 나타났으나 모체유전효과의 영향은 존재하는 것으로 조사되었다. 모체영구환경효과에서는 두록 종이 재래돼지 및 합성종에 비해 높은 유전모수 값을 가지는 것으로 분석되었으며 상가적 유전분산과 모체 유전 분산 사이의 유전 상관은 모든 품종에서 강한 부(-)의 상관관계를 가지는 것을 확인할 수 있었다.

즉, 본 연구 결과에 따르면 품종에 따른 그리고 분석되는 경제형질에 따라서 적절한 개체모형식을 분석에 이용하는 것은 보다 정확하고 효율적인 개량을 가능하게 해줄 수 있다는 것을 의미한다. 이는, 경제형질에 대한 유전모수를 추정할 시 모체유전효과의 영향이 유의적으로 있다고 분석되었음에도 이를 고려하지 않을 경우 개체의 유전력이 과대추정 될 수 있는 오류를 범하게 됨으로써, 실질적 선발에서 기대치 이하의 선발 반응을 나타낼 수 있는 위험성을 가지기 때문이다.

따라서, 돼지에 있어서 품종, 형질 또는 개량 방향에 따라 개체 효과와 모체유전효과를 적절히 고려한다면 좀 더 효율적인 개량을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] M. J. Kim, K. H. Cho, G. J. Jeon, Y. H. Kim, J. C. Park, H. J. Jung, I. C. Kim, O. S. Kwon, H. J. Jin, J. H. Kim, H. K. Lee, "Study on estimation of genetic parameters for the meat production traits and the standard growth curve in the inbred line of korean native pig", Korean Journal of Embryo transfer, vol. 22, no. 3, pp. 143-147, 2007.
<http://lib.rda.go.kr/newlib/adliben/index.html>
- [2] Y. S. Oh, "Direction of enacting on executive law of the Nagoya protocol on access to genetic resources and benefit sharing", The Journal of intellectual property, vol. 8, no. 1, pp. 131-164, 2013.
- [3] R. Ramirez, R. Cava, "Carcass composition and meat quality of three different Iberian x Duroc genotype pigs", Meat science, vol. 75, no. 3, pp. 388-396, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.08.003>
- [4] J. Glinoubol, S. Jaturasitha, P. Mahinchaib, M. Wicke, M. Kreuzer, "Effects of crossbreeding thai native or duroc pigs with pietrain pigs on carcass and meat quality", Agriculture and agricultural science procedia, vol. 5, pp. 133-138, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.020>
- [5] P. Bijma, "Estimating maternal genetic effects in livestock", Journal of animal science, vol. 84, no. 4, pp. 800-806, 2005
DOI: <https://doi.org/10.2527/2006.844800x>

- [6] D. S. Falconer, "Introduction to quantitative genetics", 3rded, Longman Scientific and technical, 1989.
- [7] M. A. Hoque, H. Kadowaki, T. Shibata, K. Suzuki, "Maternal and direct genetic parameters for production traits and maternal correlation among production and feed efficiency traits in duroc pigs", *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, vol. 21, no. 7, pp. 961-966, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2008.70641>
- [8] Z. B. Johnson, J. J. Chewning, R. A. Nugent, "Maternal effects on traits measured during postweaning performance test of swine from four breeds", *Journal of animal science*, vol. 80, no. 6, pp. 1470-1477, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.2527/2002.8061470x>
- [9] G. V. Alst, O. W. Robison, "Prediction of performance of progeny from test station boars", *Applied. Journal of animal science*, vol. 70, no. 7, pp. 2078-2085, 1992.
DOI: <https://doi.org/10.2527/1992.7072078x>
- [10] J. W. Park, B. W. Kim, S. D. Kim, H. K. Jang, J. T. Jeon, I. K. Kong, J. G. Lee, "Estimation of environmental effect and maternal effect for swine economic traits", *Journal of Agriculture and Life Science*, vol. 44, no. 2, pp. 17-28, 2010.
- [11] L. A. Swiger, G. A. Isler, W. R. Harvey, "Postweaning genetic parameters and indexes for swine", *Journal of Animal Science*, vol. 48, no. 5, pp. 1096-1100, 1979.
DOI: <http://doi.org/10.2527/jas1979.4851096x>
- [12] B. Dube, S. D. Mulugeta, K. Dzama, "Investigating maternal effects on production traits in Duroc pigs using amail and sire models", *Journal of Animal Breeding and Genetics*, vol. 131, no. 4, pp. 279-293, 2014.
DOI: <http://doi.org/10.1111/jbg.12078>
- [13] J. L. Noguera, L. Varona, D. Babot, J. Estany, "Multivariate analysis of litter size for multiple parities with production traits in pigs", *Journal of Animal Science*, vol. 80, no. 10, pp. 2540-2547, 2002a.
DOI: <http://doi.org/10.2527/2002.80102540x>
- [14] K. A. Darfour-Oduro, A. Naazie, B. K. Ahunu, G. S. Aboagye, "Genetic parameter estimates of growth traits of indigenous pigs in Northern Ghana", *Livestock Science*, vol. 125, no. 2, pp. 187-191, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.04.007>
- [15] L. Alfonso, J. L. Noguera, D. Babot, J. Estany, "Estimates of genetic parameters for litter size at different parities in pigs", *Livestock Production Science*, vol. 47, no. 2, pp. 149-156, 1997.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(96\)01401-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(96)01401-7)
- [16] O. I. Southwood, B. W. Kennedy, "Estimation of direct and maternal genetic variance for litter size in Canadian Yorkshire and Landrace swine using an animal model", *Journal of Animal Science*, vol. 68, no. 7, pp. 1841-1847, 1990.
DOI: <https://doi.org/10.2527/1990.6871841x>
- [17] L. Canario, L. F. Grall, E. Balmisse, H. Garreau, "The direct-maternal genetic correlation has little impact on genetic evaluations", *American Society of Animal Science*, vol. 93, no. 12, pp. 5639-5647, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9548>

김 용 민(Yong-Min Kim)

[정회원]



- 2002년 2월 : 전남대학교 농과대학 동물자원학부 (농학학사)
- 2016년 2월 : 전남대학교 동물공학과 (가축육종석사)
- 2013년 10월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

가축육종, 유전체학

최 태 정(Tae-Jeong Choi)

[정회원]



- 2006년 2월 : 전북대학교 동물자원학과 (농학석사)
- 2009년 2월 : 전북대학교 동물자원학과 (농학박사)
- 2010년 10월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

가축육종, 유전체학

조 은 석(Eun-Seok Cho)

[정회원]



- 2007년 3월 : 경남과학기술대학교 동물소재공학과 (농학석사)
- 2011년 8월 : 경상대학교 축산학 (농학박사)
- 2012년 1월 ~ 2015년 6월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후 연구원
- 2015년 7월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

가축육종, 유전체학

조 규 호(Kyu-Ho Cho)

[정회원]



- 2000년 2월 : 한경대학교 농과대학 축산학과 (농학석사)
- 2007년 2월 : 한경대학교 농과대학 축산학과 (농학박사)
- 1996년 8월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구관

<관심분야>

가축육종, 통계육종

정 학 재(Hak-Jae Chung)

[정회원]



- 1993년 3월 : 일본 나고야대학 동물생식제어학 (농학석사)
- 1999년 8월 : 일본 나고야대학 동물생식제어학 (농학박사)
- 2003년 1월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

가축번식학, 인공수정학

정 용 대(Yong-Dae Jeong)

[정회원]



- 2008년 2월 : 전북대학교 축산학 가금영양생리전공 (농학석사)
- 2016년 2월 : 전북대학교 축산학 분자영양생리 (농학박사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사 후 연구원

<관심분야>

동물영양생리, 단위동물사양