

董林松,吴珍芳,蔡更元.母体效应对长白猪生长性状的影响[J].华南农业大学学报,2019,40(S):96-99.

DONG Linsong, WU Zhenfang, CAI Gengyuan. The influence of maternal effects for growth traits of Landrace pigs[J]. Journal of South China Agricultural University, 2019, 40(S):96-99

# 母体效应对长白猪生长性状的影响

董林松<sup>1,2</sup>, 吴珍芳<sup>1,2</sup>, 蔡更元<sup>1,2</sup>

(1 国家生猪种业工程技术研究中心/华南农业大学 动物科学学院, 广东 广州 510642;  
2 温氏食品集团股份有限公司, 广东 新兴 527400)

**摘要:**本文旨在研究母体效应对长白猪生长性状遗传参数和育种值估计的影响。以温氏长白种猪 W51 为研究对象,选取初生重、达到 30 kg 体重日龄和达到 100 kg 体重日龄 3 个与生长性能相关的数量性状,利用包含和不包含母体效应的 2 种数学模型进行遗传参数和育种值估计。结果表明使用包含母体效应的模型对生长性状的解释更加合理。当模型中不包含母体效应时,遗传力的估计值明显偏高,育种值估计偏离也较大。随着猪只日龄的增加,母体效应方差所占比重逐渐下降,而直接加性遗传方差的比重逐渐上升,说明母体效应对猪生长后期的影响在逐渐变小。在建立动物生长性状模型时,需要考虑母体效应对遗传参数和育种值估计的影响。

**关键词:**长白猪;母体效应;生长性状;遗传参数

## The influence of maternal effects on growth traits of Landrace pigs

DONG Linsong<sup>1,2</sup>, WU Zhenfang<sup>1,2</sup>, CAI Gengyuan<sup>1,2</sup>

(1 National Engineering Research Center for Breeding Swine Industry/College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2 Wens Foodstuffs Group Co., Ltd., Xinxing 527400, China)

**Abstract:** This paper was aimed to study the influence of maternal effect on estimation of genetic parameters and breeding values for growth traits in Landrace pigs. Landrace W51-line pigs were used as materials. Three quantitative traits related with growth performances, birth weight, age to reach 30 and 100 kg were chosen. Two models including or ignoring maternal effect were used to estimate genetic parameters and breeding values. Results showed that the model including maternal effect was more reasonable to explain the growth traits. Heritability estimates were inflated obviously and estimated breeding values were deviated more seriously using the model ignoring maternal effect. With increasing ages, the proportion of maternal variances gradually decreased but directive additive genetic variances increased, indicating that the influence of maternal effect became smaller in the later growth stage of pigs. It is necessary to consider the influence of maternal effects on estimating genetic parameters and breeding values for building animal growth trait models.

**Key words:** Landrace; maternal effect; growth trait; genetic parameter

长白猪是一种重要的母系猪品种,在杜长大生产模式中作为第一父本用于生产二元母猪,在现代

养猪体系中占有重要地位。在长白种猪育种中,不仅需要考虑繁殖性能,通常也对生长性状和胴体品

---

收稿日期:2019-03-30

作者简介:董林松(1986—),男,博士,E-mail: linsong325@163.com;通信作者:蔡更元(1970—),男,研究员,博士,E-mail: cgy0415@163.com

基金项目:广东省重点领域研发计划(2018B020203002);中国博士后科学基金资助项目(2019M653093)

质性状进行选育。猪只生长速度较快可以提高商品猪的饲料利用效率、缩短饲养周期,从而提高设备利用率和降低疾病感染风险。因此,无论是母系猪还是父系猪,生长速度都是种猪育种中的一个重要性状。现代育种中,估计育种值(Estimated breeding values,EBV)是种猪选种的重要依据,而提供精确的遗传参数估计值是得到准确EBV的前提。无论是遗传参数估计还是育种值估计,都需要事先设定动物模型。最简单的动物模型只包含固定效应、加性效应和随机剩余值效应。但是,动物模型不仅仅只有上述效应,它可能还包含母体效应(Maternal effect)、窝组效应和各种环境效应等<sup>[1]</sup>。若模型使用不科学,可能会导致估计出的遗传参数和育种值偏离真实值较远<sup>[2]</sup>,从而降低选种效率。因此,寻找合适的动物模型是能够准确估计遗传参数和EBV的重要前提。

对于生长性状,有学者使用最简单的动物模型,即模型中的随机效应除剩余值外,只有加性效应<sup>[3]</sup>。然而,有更多的证据表明,母体效应对动物的生长尤其是前期生长存在较大影响<sup>[4-5]</sup>。例如,在肉牛的初生重量上,母体效应方差能够占到总体方差的10%甚至20%以上<sup>[6-8]</sup>;Kushwaha等<sup>[9]</sup>估计羊初生重量的母体效应占总体方差的20%,但母体效应对其生长后期的影响逐渐变小。在多胎或多产仔的哺

乳动物中,同一母体或同窝的个体往往在长势上有更多的相似性,造成这些相似性的重要原因就是母体效应<sup>[10]</sup>。母体效应影响后代表现的原因主要有两方面:一方面是母本将一半的基因传递给后代,导致母本和后代以及后代个体之间较为相似;二是同窝后代的生活环境往往相似,这也是导致后代个体间相似性增加的原因之一<sup>[11]</sup>。但第2个原因并不是基因导致的个体间相似性增加,相反如果模型中不考虑该因素可能会造成遗传参数估计过高而降低了选种的准确性。因此,有必要研究母体效应对种猪生长性状的影响。本研究以来自温氏集团下属种猪场的长白猪作为研究对象,使用包含和不包含母体效应的2种模型来对比遗传参数和EBV的估计效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

研究对象为来自温氏集团下属新兴水台原种场的长白W51品系,选取原种场自2010年至2018年9年的表型和系谱记录数据。选取初生重、达到30kg体重日龄和达到100kg体重日龄3个数量性状进行对比研究,表型数据的描述性统计结果如表1所示。

表1 长白猪3个数量性状的描述性统计结果

性状	测定样本/头	平均值	标准差	最小值	最大值
初生重/kg	47 721	1.60	0.29	0.50	2.70
达到30kg体重日龄/d	44 924	74.69	7.62	35.96	118.38
达到100kg体重日龄/d	33 587	156.08	11.41	119.55	207.65

### 1.2 统计模型

采用2种动物模型估计长白猪生长性状的遗传参数和个体EBV,即简单动物模型(简称模型1)和包含母体效应的模型(简称模型2):

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Z}_a \mathbf{a} + \mathbf{e}, \quad (1)$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Z}_a \mathbf{a} + \mathbf{Z}_m \mathbf{m} + \mathbf{e}. \quad (2)$$

式(1)为模型1,式(2)为模型2。式中, $\mathbf{y}$ 为表型(观测)值向量,由场内测定; $\mathbf{b}$ 为固定效应向量(包含性别和测定场某年某月2种固定效应); $\mathbf{a}$ 为直接加性效应(即育种值)向量; $\mathbf{m}$ 为母体效应向量; $\mathbf{e}$ 为随机剩余值效应向量; $\mathbf{X}$ 、 $\mathbf{Z}_a$ 和 $\mathbf{Z}_m$ 分别为 $\mathbf{b}$ 、 $\mathbf{a}$ 和 $\mathbf{m}$ 的关联矩阵。

本研究假设随机效应的方差-协方差矩阵为 $\text{Var}(\mathbf{a}) = \mathbf{A}\sigma_a^2$ , $\text{Var}(\mathbf{m}) = \mathbf{A}\sigma_m^2$ 和 $\text{Var}(\mathbf{e}) = \mathbf{I}\sigma_e^2$ ,并且 $\text{cov}(\mathbf{a}, \mathbf{m}) = 0$ ,其中 $\mathbf{A}$ 为个体间加性遗传相关矩阵,

是由系谱推算而来, $\mathbf{I}$ 为单位矩阵, $\sigma_a^2$ 、 $\sigma_m^2$ 和 $\sigma_e^2$ 分别为直接加性遗传方差,母体效应方差和随机剩余值方差。总体方差通过公式 $\sigma_p^2 = \sigma_a^2 + \sigma_m^2 + \sigma_e^2$ 计算而来<sup>[11]</sup>,狭义遗传力( $h_a^2$ )和母体遗传力( $h_m^2$ )的计算公式如下:

$$h_a^2 = \sigma_a^2 / \sigma_p^2, \quad (3)$$

$$h_m^2 = \sigma_m^2 / \sigma_p^2. \quad (4)$$

采用BLUPF90软件包<sup>[12]</sup>中的AIREMLF90程序来估计各个性状的遗传参数和个体EBV,该程序使用平均信息算法来实现遗传参数的最大似然估计,能够同时获得性状的遗传参数估计值和个体的EBV预测值,程序的迭代收敛标准为相邻两次迭代估计方差的差值小于 $1 \times 10^{-12}$ 。每个约束最大似然估计(Restricted maximum likelihood,REML)过程都会产生一个似然函数值 $\lg L$ 和赤池信息量准则

(Akaike information criterion, AIC) 值, 其关系为:

$$AIC = 2k - 2\lg L^{[13]},$$

其中  $k$  为模型中所用的参数的个数。通常 AIC 值越低则说明模型越适合该性状, 本研究用似然函数差值  $D_{\text{AIC}} = \text{AIC}_1 - \text{AIC}_2$  来观察模型拟合的优劣。

## 2 结果与分析

本研究选取初生重、达 30 kg 体重日龄和达 100 kg 体重日龄 3 个性状进行研究, 其目的在于对比不同生长阶段下的母体效应对后代的影响, 这 3 个性状的测定时间大致等同于仔猪出生、保育下床和育肥出栏时间, 因此较有代表性。

2 种模型对 3 个性状的遗传参数估计结果如表 2 所示。AIC 结果表明模型 2 的 AIC 值明显低于模型 1 的, 证明模型 2 对方差组分的解释比模型 1 更加合理。观察各个性状中 2 个模型对直接加性遗传方差的估计结果, 可发现模型 1 都过高地估计了加性遗传方差, 其原因就在于模型 1 没有将母体效应

分离出来。由于总体的表型方差在 2 个模型的结果中差异很小, 过高估计加性遗传方差就导致遗传力估计值过高。例如初生重性状, 使用模型 1 得到的遗传力估计值约为模型 2 的估计值的 5 倍, 严重地偏离了真实情况。

从 3 个性状利用模型 2 的估计结果发现初生重、达到 30 kg 体重日龄和达到 100 kg 体重日龄的狭义遗传力和母体遗传力的比值分别近似为 1:4、1:1 和 3:1, 母体效应方差所占比重随着猪体重的增长逐渐降低。对 EBV 的观察结果也支持上述结果, 针对同一性状, 计算 2 个模型预测的所有个体 EBV 的相关系数, 在初生重、达到 30 kg 体重日龄和达到 100 kg 体重日龄中相关系数分别为 0.54、0.88 和 0.96。结果可以看出, 随着个体的生长, 2 个模型预测的 EBV 相关性越来越高, 证明前期生长使用模型 1 预测 EBV 是不够准确的, 而后期生长中母体效应减弱, 2 个模型预测的结果变得更为接近。

表 2 2 种动物模型对长白猪 3 个生长性状的遗传参数估计结果<sup>1)</sup>

参数 <sup>2)</sup>	初生重		达到 30 kg 体重日龄		达到 100 kg 体重日龄	
	模型 1	模型 2	模型 1	模型 2	模型 1	模型 2
$\sigma_a^2$	0.036 ± 0.001	0.007 ± 0.001	18.809 ± 0.792	8.355 ± 0.761	34.742 ± 1.694	21.877 ± 1.836
$\sigma_m^2$	—	0.028 ± 0.001	—	8.300 ± 0.456	—	7.258 ± 0.710
$\sigma_e^2$	0.044 ± 0.001	0.051 ± 0.001	34.370 ± 0.494	37.392 ± 0.476	61.432 ± 1.057	65.744 ± 1.094
$\sigma_p^2$	0.080	0.086	53.179	54.047	96.174	94.879
$h_a^2$	0.447	0.084	0.354	0.155	0.361	0.231
$h_m^2$	—	0.324	—	0.154	—	0.076
D_AIC	93 652.3		86 501.9		65 002.9	

1) 模型 1 是简单(不包含母体效应)动物模型, 模型 2 是包含母体效应的动物模型; 2)  $\sigma_a^2, \sigma_m^2, \sigma_e^2, \sigma_p^2$  分别为直接加性遗传方差、母体效应方差、随机剩余值方差和方差总和,  $h_a^2, h_m^2$  分别表示狭义遗传力和母体遗传力,  $D_{\text{AIC}}$  为似然函数差值

## 3 讨论与结论

本研究以长白猪为研究对象, 选取初生重、达到 30 kg 体重日龄和达到 100 kg 体重日龄 3 个数量性状, 使用包含和不包含母体效应 2 种动物模型进行遗传参数估计。结果显示, 当模型中不包含母体效应时, 直接加性遗传方差和遗传力的估计值明显偏高, 而包含母体效应的模型对性状的解释更加合理。故建议对种猪生长性状进行遗传参数和育种值估计时, 使用包含母体效应的动物模型。

Gondret 等<sup>[14]</sup>的研究表明, 相对于初生重小的组, 初生重大的组可以显著缩短育肥猪出栏日龄, 而达到 30 kg 体重和 100 kg 体重的日龄越小则表明生长速度越快。因此, 上述 3 个性状都可认为与生长速度有关。母体效应随着猪只生长而逐渐弱化, 而

直接加性效应则随着体重的增加变得越来越重要, 这符合之前的研究结论<sup>[5, 15]</sup>, 在其他物种如山羊<sup>[9, 16-17]</sup>上也有类似结论。母体效应在生长后期变弱的原因可能是同窝仔猪在断奶前这段时间所处的环境较稳定, 而断奶后生活环境变化较大, 母体效应在断奶后无法得到充分的体现。从另一方面来看, EBV 是育种工作者更关心的指标, 母体效应对预测的干扰越小, EBV 就会越准确。因此, 应该选择在种猪体重长至约 100 kg 时进行 EBV 预测, 不仅能够获得更准确的估计结果, 而且 100 kg 体重也接近育肥猪的出栏时间, 在这段时间进行 EBV 也比较符合市场需求。但即使种猪达到 100 kg 时母体效应所占比重减小, 母体遗传力依然为狭义遗传力的 1/3 左右, 因此依然需要考虑使用包含母体效应的动物模型进行遗传参数和育种值估计。

随着技术的发展,目前已出现比传统最佳线性无偏预测(BLUP)更先进的EBV预测方法,如全基因组预测<sup>[18]</sup>,可以在仔猪出生后就对其EBV进行准确预测并选种。事实上该方法并不是通过仔猪初生重进行EBV预测,而是根据参考群已经收集的大量的达到100 kg体重日龄和其他表型的数据,同时结合基因组信息进行的预测,因此并不违背上述结论。

#### 参考文献:

- [1] HENDERSON C R. Theoretical basis and computational methods for a number of different animal models [J]. *J Dairy Sci*, 1988, 71(2): 1-16.
- [2] 张沅. 家畜育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [3] BIZELIS J, KOMINAKIS A, ROGDAKIS E, et al. Genetic parameters of production and reproductive traits in on a farm tested Danish Large White and Landrace swine in Greece [J]. *Archiv Fuer Tierzucht*, 2000, 43 (3): 287-297.
- [4] ROBISON O W. The influence of maternal effects on the efficiency of selection: A review [J]. *Livest Prod Sci*, 1981, 8(2): 121-137.
- [5] MCKAY R M, GARNETT I. Prenatal and postnatal influences on growth and fat measurements in swine [J]. *J Anim Sci*, 1986, 63(4): 1095-1100.
- [6] TRUS D, WILTON J W. Genetic parameters for maternal traits in beef cattle [J]. *J Anim Sci*, 1988, 68(1): 119-128.
- [7] BURFENING P J, KRESS D D, FRIEDRICH R L. Calving ease and growth rate of Simmental-sired calves: III: Direct and maternal effects [J]. *J Anim Sci*, 1981, 53 (5): 1210-1216.
- [8] MEYER K. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle [J]. *Livest Prod Sci*, 1992, 31(3/4): 179-204.
- [9] KUSHWAHA B P, MANDAL A, ARORA A L, et al. Direct and maternal (co)variance components and heritability estimates for body weights in Chokla sheep [J]. *J Anim Breed Genet*, 2009, 126(4): 278-287.
- [10] 盛志廉,陈瑶生. 数量遗传学[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [11] WILLHAM R L. The role of maternal effects in animal breeding: Biometrical aspects of maternal effects in animals [J]. *J Anim Sci*, 1972, 35(6): 1288-1293.
- [12] MISZTAL I, TSURUTA S, STRABEL T, et al. BLUPF90 and related programs (BGF90) [C] // Proc 7th World Congr. Montpellier France: Gen Appl Livest Prod, 2002.
- [13] AKAIKE H. A new look at the statistical model identification [J]. *Automatic Control IEEE Transactions on*, 1974, 19(6): 716-723.
- [14] GONDRET F, LEFAUCHEUR L, LOUVEAU I, et al. Influence of piglet birth weight on postnatal growth performance, tissue lipogenic capacity and muscle histological traits at market weight [J]. *Livest Prod Sci*, 2005, 93 (2): 137-146.
- [15] AHLSCHWEDE W T, ROBISON O W. Prenatal and postnatal influences on growth and backfat in Swine [J]. *J Anim Sci*, 1971, 32(1): 10-16.
- [16] MANDAL A, NESER F W, ROY R, et al. Estimation of (co) variance components and genetic parameters of greasy fleece weights in Muzaffarnagar sheep [J]. *J Anim Breed Genet*, 2009, 126(1): 22-29.
- [17] N SHOLM A, DANELL O. Genetic relationships of lamb weight, maternal ability, and mature ewe weight in Swedish finewool sheep [J]. *J Anim Sci*, 1996, 74(2): 329.
- [18] MEUWISSEN T H, HAYES B J, GODDARD M E. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps [J]. *Genetics*, 2001, 157(4): 1819-1829.