

# 利用多性状模型估计种猪生长性状与繁殖性状的遗传参数

马欢, 刘小红, 陈瑶生

(中山大学生命科学学院, 广东 广州 510006)

**摘要:** 本文利用多性状动物模型对长白母猪(57,917条记录)和大白母猪(81,216条记录)的总产仔数(TNB)、损失仔数(木乃伊+死胎, NLP)、校正30-100kg日增重(ADG)和校正100kg背膘厚(BFT)进行了遗传参数估计。固定效应分析结果显示: 分娩场年季和胎次对繁殖性状影响极显著, 测定场年季对生长性状影响极显著。长白和大白猪不同性状估计遗传力分别为: 总产仔数的估计遗传力为0.1422和0.1282; 损失仔数的估计遗传力为0.0514和0.0778; 校正30-100kg日增重的估计遗传力为0.4011和0.4212; 校正100kg背膘厚的遗传力为0.5270和0.5427。在长白猪和大白猪中, NLP和TNB的遗传相关分别为0.4650和0.3574; ADG和BFT的遗传相关分别为0.1003和0.1716。在长白猪中, NLP与BFT的遗传相关为-0.1685( $P < 0.01$ )。而大白猪中, NLP与ADG和BFT的遗传相关分别为0.1590( $P < 0.01$ )和-0.1297( $P < 0.01$ )。结论: 损失仔数的遗传力较低, 不适合单独作为种猪选育指标。损失仔数与生长性状相对较高的遗传相关表示: 在生产实践中, 生长性状和繁殖性状的联合评估是有必要的。

**关键词:** 总产仔数; 损失仔数; 日增重; 背膘厚; 遗传相关

## Using multi-traits model to Estimate Genetic Parameters of Production and Reproduction Traits in Pigs ABSTRACT

Ma Huan, Liu Xiaohong, Chen Yaosheng

(College of Life Science, SUN YAT-SEN University, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** Fixed effects those react on two production traits (adjustment of average daily gain during 30 to 100 kg, ADG and adjustment of back-fat thickness when weight is about 100 kg, BFT) and two reproduction traits (total number of born, TNB and number of lost piglets, NLP) were analyzed by using variance analysis procedure of disequilibrium design in SAS program. The results indicated that herd, year, season and parity had significant effect on BNO and NLP. There were highly significant effect of herd, year, season and gender on ADG and BFT. Variance components and genetic parameters for TNB, NLP, ADG and BFT were estimated for Landrace and Yorkshire using a multi-trait animal model by DMU program. The following heritability were estimated (first number for Landrace and second number for Yorkshire): 0.1422 and 0.1282 for TNB; 0.0514 and 0.0778 for NLP; 0.4011 and 0.4212 for ADG; 0.5270 and 0.5427 for BFT. The highest genetic correlation (approximately 0.47 in both breeds) was estimated between TNB and NLP in Landrace. Negative correlations were estimated in Landrace and Yorkshire between NLP and BFT, the absolute values separately were 0.1685 and 0.1297. The correlation between NLP and ADG were 0.1590 in Yorkshire. The estimated non-zero correlations between production traits and NLP show that a joint genetic evaluation of production and reproduction traits is recommended. And because

of selection, genetic correlations may change and should be estimated again after a regular time interval.

**Keywords:** total number of born; number of lost piglets; average daily gain; thickness of back-fat; genetic correlation

## 1 引言

种猪繁殖性状和生长发育性状一般都是单独进行遗传评估<sup>[1]</sup>。通常情况下,进行遗传评估的生长性状动物模型优先建立起来,在生长性状动物模型的基础上建立繁殖性状的动物模型。在基于动物模型进行遗传评估的初始阶段,受到计算资源的限制,这可能也是单独分析的原因之一。

近年来,生长性状和繁殖性状的联合评估已经成为可能,并且也可以作为种猪选择的方法。捷克斯洛伐克地区从1999年已经开始进行生长性状和繁殖性状的联合遗传评估<sup>[2]</sup>。Wolf等(2005)利用瘦肉率、平均日增重、第一胎窝产活仔数和第二胎及之后胎次的窝产活仔数的四性状模型对捷克母猪进行了遗传评估<sup>[3]</sup>。该研究表明经过多年的选育,窝产仔数处于持续增长的趋势。Krupa等(2013)又利用窝总产仔数、窝断奶仔数、瘦肉率和平均日增重组建新的四性状模型对捷克大白猪和长白猪进行了遗传参数分析,研究表明通过多年选育,窝断奶仔数不断增长<sup>[4]</sup>。

在猪育种实践中,每头母猪每年提供断奶猪头数(PSY)往往与猪场的经济效益直接相关,而断奶头数(number of weaned, NW)与总产仔数(total number of born, TNB)有极高的相关性( $r > 0.8$ )<sup>[5]</sup>,因此总产仔数是我国主流的母猪繁殖性状选育指标。总产仔数虽然能够直观反映母猪的产仔能力,但是部分先天胚胎保育能力较弱的母猪可能会生产多个“无用仔”(如木乃伊,死胎等)<sup>[6]</sup>。并且有大量研究表明,过度关注总产仔数会导致仔猪的死亡率提高<sup>[7-9]</sup>。因此本研究选用死胎和木乃伊作为性状研究的一部分,以分析其是否可以作为更为优良的选育指标。死胎与木乃伊加和之后成为一个新的变量,称作损失仔数(number of lost piglets, NLP)。这同时也避免了不同猪场由于对死胎和木乃伊的不同定义而产生的计数差异<sup>[10]</sup>。目前国内多以背膘厚、日增重作为生长发育性状主要选育指标,背膘厚近十年来表型以-0.3mm/年的速度下降(本文研究的研究数据,并未在本文体现),并且有研究指出背膘厚对母猪的产仔数和窝重有一定的影响<sup>[11]</sup>,因此,本研究的主要目的有三个:(1)分析损失仔数作为选育指标的可能性;(2)利用多性状动物模型对总产仔数、损失仔数、校正30~100kg日增重和校正100kg背膘厚进行遗传参数的估计;(3)分析在育种实践中如何针对生长性状和繁殖性状进行平衡选择,为育种实践提供更全面的参考。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

本文的数据选自华南种猪遗传网广东省某集团的核心育种场(WSQY和WSXX)2001-2014年间的长白猪和大白猪的选育记录。选育记录共分为系谱信息、生长性状和繁殖性状三个文件,其中系谱信息记录910,458条,包括测定猪的个体号、父号、母号、品种、性别、出生日期、出生胎次、出生重及近交系数等;生长性状记录共73,212条,其中长白猪30,908条,大白猪42,304条包括个体号、品种、测定场、测定日期、校正20kg体重日龄、校正100kg体重日龄、校正30-100kg日增重、校正100kg背膘厚等;繁殖性状记录共65,931条,其中长白猪27,019条,大白猪38,912条,主要记录为个体号、品种、分娩场、分娩日期、分娩胎次、总产仔数、木乃伊、死胎、活仔数、弱仔数等。

由于记录中难免会出现偏差,所以根据数据的实际情况,选定平均值 $\pm 3$ 倍标准差(即 $\mu \pm 3SD$ )作为正

常值范围<sup>[12]</sup>: ADG: 541.60~1118.03g; BFT: 5.36~20.64mm; NLP: 0~5 头; TNB: 4~20 头。季节的划分则主要结合广东的气候特点, 将分娩/测定季节划分为春(3-5 月份)、夏(6-8 月份)、秋(9-11 月份)、冬(12-2 月份)四个季节。胎次划分为6个等级, 分别为1、2、3、4、5和>5(6)。

## 2.2 统计方法

试验数据的预处理使用软件 EXCEL (20013), 剔除记录明显错误的的数据。采用 SPSS (19.0) 软件对近郊系数进行的描述性统计方法分析。采用 SAS (Statistical Analysis System, Version 9.2) 软件的 GLM 过程对影响 ADG、BFT、NLP 和 TNB 的固定效应进行方差分析及多重比较(最小二乘均值)。如果分析结果中出现某一个因素的影响不显著或有效记录率较低, 则需要在模型中剔除该因素。运用 SAS 软件对种猪个体号、父号、母号等信息按照 DMU 软件的要求进行重编码, 分别建立 DMU 可识别的数据文件(\*.DAT)和系谱文件(\*.all)。

采用多性状动物模型将所有影响表型值的个体本身的育种值(即基因的加性效应)作为遗传效应放在 MME 模型中, 通过求解和运行 REML 可以直接得出各效应方差/协方差组分, 并通过计算得出遗传力和遗传相关的估计值。多性状动物模型里包含固定效应和随机效应, 即采用的是混合动物模型, 不同的性状受到的固定效应和随机效应之间存在一定的差异。根据固定效应 GLM 方差分析的结果, 最终选定了在进行遗传参数估计时各性状固定效应项和随机效应项, 见表 1。

表 1 多性状动物模型中效应的选择

效应	效应类别	TNB	NLP	ADG	BFT
育种场	F	√	√	√	√
年份	F	√	√	√	√
季节	F	√	√	√	√
胎次	F	√	√	—	—
个体本身	A	√	√	√	√
永久环境效应	R	√	√	—	—
随机残差	R	√	√	√	√

备注: F: 固定效应; A: 加性遗传效应; R: 随机效应。

包含 TNB、NLP、ADG、BFT 的多性状动物模型为:

$$Y = Xb + Za + Wpe + e$$

其中,  $Y$  = 观察值向量;  $X$  = 固定效应关联矩阵;  $Z$  = 加性遗传效应关联矩阵;  $W$  = 永久环境效应关联矩阵;

$b$  = 固定效应向量;  $a$  = 加性遗传效应向量;  $pe$  = 永久环境效应向量;  $e$  = 随机残差效应向量。

遗传力 ( $h^2$ ) 和遗传相关 ( $r$ ) 的估计方程为:

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

$$r = \frac{cov(a_1, a_2)}{\sqrt{\sigma_{a_1}^2 \sigma_{a_2}^2}}$$

其中,  $\sigma_a^2$  = 加性遗传效应方差;  $\sigma_{pe}^2$  = 永久环境效应方差;  $\sigma_e^2$  = 随机残差;

$cov(a_1, a_2)$  = 性状 1 和性状 2 的加性遗传相关。

### 3 结果

由表 2 可知, 长白猪和大白猪的平均总产仔数分别为 11.46 和 11.89 头, 平均损失仔数分别为 0.734 和 0.876 头, 大白猪的损失仔数高于长白猪 ( $P < 0.01$ ), 可能与大白猪的产仔数较多有关 ( $P < 0.01$ )。长白猪 ADG 和 BFT 的均值分别为 849.92g、14.44mm, 大白猪的 ADG 和 BFT 的均值分别为 833.36g、13.83mm, 长白猪的日增重和背膘厚均高于大白猪 ( $P < 0.01$ )。

表 3 列出了在多性状动物模型中, 大白猪和长白猪所有随机效应的遗传参数。结果表明, 大白猪和长白猪之间的差异不大, 生长性状的遗传力明显高于繁殖性状。长白猪和大白猪之间的差异不大, 生长性状的遗传力明显高于繁殖性状。BFT 的遗传力约比 ADG 的遗传力大 0.1。繁殖性状的遗传力不但较低, 而且均小于 0.15。对于 TNB 和 NLP 来说, 长白猪的永久环境效应大约占总方差的 5%, 大白猪的占比分别为 7% 和 3%。根据随机残差的方差组分估计结果可知, 造成性状表型变化的原因大部分来自未知因素, 繁殖性状 80%~90% 未知, 生长性状 45%~60% 未知。

表 2 长白猪和大白猪四性状描述性统计结果

品种	性状	有效数	平均值	标准差	CV/%	最小值	最大值
LL	TNB	27019	11.46	2.90	25.26	4	20
	NLP	27019	0.73	1.02	139.50	0	5
	ADG	30908	849.92	90.99	10.71	542.01	1117.68
	BFT	30908	14.44	2.27	15.74	6.93	20.64
YY	TNB	38912	11.89	2.95	24.83	4	20
	NLP	38912	0.88	1.12	127.76	0	5
	ADG	42304	833.36	85.52	10.26	543.35	1118.03
	BFT	42304	13.83	2.26	16.33	6.24	20.64

多性状动物模型中, 大白猪和长白猪所有随机效应的相关关系如表 4 所示。同样, 长白猪和大白猪的结果依然是相似的。遗传相关系数的绝对值比其他相关系数的绝对值高, TNB 和 NLP 之间的相关系数在长白猪和大白猪中分别为 0.4073、0.3169, ADG 和 BFT 的相关系数达到 0.84。在长白猪中, 生长性状和繁殖性状的遗传相关较高, 相关系数范围为 0.18~0.32, 而大白猪中的遗传相关较低, 接近于 0。

在长白猪中, TNB 和 NLP 的永久环境效应之间几乎没有相关性, 而对于大白猪来说, 永久环境效应的相关性达到 0.3982。对于随机残差的相关系数, 除了 TNB-NLP 和 ADG-BFT 的相关系数较大之外, 其他相关系数都较小, 接近于 0。同样在表型相关方面, 除了 TNB-NLP 和 ADG-BFT 的相关系数之外, 其他

相关系数都较小（本文并未列出）。其中，长白猪生长性状和繁殖性状之间的表型相关性大于大白猪，这可能与其遗传相关比较大有关。

表 3 长白猪和大白猪主要经济性状遗传力及方差组分

品种	随机效应	TNB	NLP
LL	加性遗传效应 (遗传力)	0.1422±0.0076**	0.0514±0.0057**
	永久环境效应	0.0466±0.0078**	0.0339±0.0067**
	随机残差效应	0.8112±0.0154**	0.9147±0.0124**
品种	随机效应	ADG	BFT
LL	加性遗传效应 (遗传力)	0.4011±0.0055**	0.5270±0.0030**
	随机残差效应	0.5989±0.0055**	0.4730±0.0030**
品种	随机效应	TNB	NLP
YY	加性遗传效应 (遗传力)	0.1282±0.0066**	0.0778±0.0055**
	永久环境效应	0.0754±0.0060**	0.0338±0.0058**
	随机残差效应	0.7969±0.0125**	0.8884±0.0112**
品种	随机效应	ADG	BFT
YY	加性遗传效应 (遗传力)	0.4212±0.0045**	0.5427±0.0023**
	随机残差效应	0.5788±0.0045**	0.4573±0.0023**

备注: \*\*表示  $P < 0.01$ , \*表示  $P < 0.05$ 。

表 4 估计的长白和大白随机效应相关系数

效应类型	性状组别	LL	YY
加性遗传效应 (遗传相关)	TNB, NLP	0.4650±0.0649**	0.3574±0.0523**
	TNB, ADG	0.0483±0.0362	0.0547±0.0321
	TNB, ADJBFT	-0.0262±0.0339	-0.0197±0.0299
	NLP, ADG	0.0519±0.0505	0.1590±0.0364**
	NLP, ADJBFT	-0.1685±0.0478**	-0.1297±0.0341**
	ADG, ADJBFT	0.1003±0.0266**	0.1716±0.0222**
永久环境效应	TNB, NLP	0.0748±0.1462	0.4220±0.0891**
	TNB, NLP	0.2177±0.0068**	0.2401±0.0056**
随机残差	TNB, ADG	0.0024±0.0077	-0.0081±0.0065
	TNB, ADJBFT	-0.0036±0.0082	-0.0004±0.0070
	NLP, ADG	0.0054±0.0074	-0.0012±0.0063
	NLP, ADJBFT	0.0013±0.0080	0.0076±0.0068
	ADG, ADJBFT	0.0285±0.0142*2	0.0909±0.0126**

备注: \*\*表示  $P < 0.01$ , \*表示  $P < 0.05$

## 4 讨论

研究表明,根据长白猪和大白猪的表型参数来看,损失仔数的变异系数较大,这可能与损失仔数的低遗传力有关<sup>[13]</sup>。本研究中 TNB 的估计遗传力范围为 0.12~0.15, NLP 的估计遗传力范围是 0.05~0.08。TNB 和 NLP 的遗传力较低,与繁殖性状属于低遗传力性状的观点一致,这是因为繁殖性状与公猪品种、精液品质、母猪健康状况、环境因素以及饲养管理水平等多方面因素有关。0.40~0.45 和 0.50~0.55 分别为 ADG 和 BFT 的估计遗传力范围,属中等偏高的遗传力范畴,其中大白猪的遗传力略高于长白猪。

虽然一些遗传评估系统常常假定生长性状和繁殖性状之间的相关性为 0,从而对生长性状和繁殖性状分别进行遗传评估,但是 Peškovičová 等在 2002 年发表的文章中阐述了几个共同进行遗传分析的优点<sup>[2]</sup>。由于繁殖性状的遗传力往往很低,结合与生长性状的遗传相关信息将有助于提高繁殖性状遗传评估的准确性。遗传评估不是一个性状的值,种猪是被作为一个整体进行选择的,所以同时进行所有性状的遗传评估是一种符合自然规律的方式。此外,每个种猪都应该有一个所有性状的估计育种值,根据各性状的经济权重线性加权得到一个综合育种值,直接利用综合育种值进行种猪选择。因此,如果没有不可克服的操作问题的话,对多个关键性状同时进行遗传评估应该是首选方法。

一些报道指出产仔性状和增长率或瘦肉率(背膘厚)等性状间的遗传相关非常低<sup>[14-16]</sup>。然而,Estany 等在 2002 年的选择试验表明产仔性状和生长性状之间不是独立的<sup>[17,18]</sup>。在这个试验中,将仔猪分为实验组(根据窝产仔数选择)和对照组,并在 75-165 日龄作为试验时间段。在大部分试验阶段,实验组猪的体重高于对照组,但是在试验最后的时期,实验组和对照组猪的体重并没有显著差异。这意味着实验组猪在试验前期增长速度较快,后期增长速度逐渐减慢才导致了最后两组猪相似的生长速率<sup>[17]</sup>。如果测试的时间间隔改变,这两组猪的不同增长模式将导致产仔性能和增长速度之间的遗传相关发生变化。选择试验的另外一个结果是产仔数可能与脂肪代谢有关的生理途径相关,关联效应主要发生在脂肪代谢的时间和模式上<sup>[18]</sup>。Wolf 等猜测在同日龄实验组猪比对照组成熟<sup>[4]</sup>。这一观点与 Hyánková 和 Novotná 在 2007 年对日本鹌鹑的长期选择实验结果一致,该实验表明对日本鹌鹑生长性能的选择会改变连续发育事件发生的实际年龄<sup>[19]</sup>。发育率的变化决定了基因型的表型表现,这可能会对生长和发育效率产生影响。

在目前的研究中,长白猪的校正 100kg 背膘厚与损失仔数的遗传相关为-0.1685,即在一定的范围内,背膘每降低 6mm,则损失仔数可能会增加 1 头。长白猪的损失仔数与总产仔数之间的遗传相关为 0.4650,校正 30-100kg 日增重与校正 100kg 背膘厚之间的遗传相关为 0.1003,其余研究性状间的遗传相关均与 0 无显著差异。这说明在长白猪的种猪选育时,应当考虑背膘厚对产仔性能的负面影响。类似地,大白猪的校正 30-100kg 日增重与损失仔数的遗传相关为 0.1590,即在一定范围内,日增重每增加 6g 则可能会导致损失仔数增加 1 头。大白猪的校正 100kg 背膘厚与损失仔数的遗传相关为-0.1297,总产仔数与校正 30-100kg 日增重、校正 100kg 背膘厚之间的遗传相关接近于 0。因此在大白猪的种猪选育过程中,应当同时考虑到背膘厚和日增重作为选育指标对产仔性能带来的负面影响。

本研究中,大白猪的损失仔数与校正 30-100kg 日增重则呈较高的正相关,长白猪和 大白猪的损失仔数与校正 100kg 背膘厚之间呈现较高的负相关,且长白猪的绝对值高于大白猪。该研究结果与 E. Krupa 等 2013 年的研究结果存在一定程度上不一致,其研究结果是 大白猪的相关程度较高,长白猪较低<sup>[4]</sup>,这可能与各国的饲养方式和选育侧重点不同有关<sup>[2]</sup>。长白猪和 大白猪的损失仔数与校正 100kg 背膘厚之间的遗传相关分别为-0.1685 和-0.1297,这一现象说明目前国内严格以背膘厚作为选育指标,随着背膘厚的降低,将会

导致损失仔数的增加,从而对种猪的产仔数产生负面影响。大白猪的校正 30-100kg 日增重与损失仔数的遗传相关为 0.1590,该相关系数与一些文献报道的结果基本一致<sup>[20-22]</sup>,Holm 等估计的产活仔数与校正 100kg 日龄的遗传相关较高(接近 0.5),同样也说明了产仔数与生长效率负相关。因此,在进行种猪选择的时候,我们不应当以某一两个性状作为唯一标准,应当考虑多个性状之间的相关性,以选育出最优的种猪,获得最大经济利益。

## 5 结论

本研究采用多性状动物模型对长白猪和大白猪的繁殖性状(TNB、NLP)和生长性状(ADG、BFT)进行了参数估计。参数估计结果显示:总产仔数和损失仔数的估计遗传力范围为 0.12~0.15 和 0.03~0.08,0.40~0.45 和 0.50~0.55 分别为 ADG 和 BFT 的估计遗传力范围。分析繁殖性状和生长性状的遗传相关的结果显示:损失仔数和生长性状的遗传相关较高。生长性状和繁殖性状之间的非零遗传相关性表示生长性状和繁殖性状的联合评估是有必要的。

参考文献:(略)