

李娅兰,吴珍芳.温氏主要品系选育性状的遗传参数估计[J].华南农业大学学报,2019,40(S):76-84.

LI Yalan, WU Zhenfang. Estimations of genetic parameters of main specialized lines in Wens [J]. Journal of South China Agricultural University, 2019, 40(S): 76-84

温氏主要品系选育性状的遗传参数估计

李娅兰¹, 吴珍芳^{1, 2}

(1 广东温氏种猪科技有限公司, 广东 新兴 527400;

2 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)

摘要:遗传参数是畜禽遗传特性的重要参数,遗传参数估计是畜禽遗传评估的基础。利用温氏食品集团股份有限公司选育的专业化品系种猪近10年的各品系生长发育性状(DAY₁₀₀、DAY₃₀、ADG₃₀₋₁₀₀、BFT₁₀₀)和繁殖性状(TNB、ANB、HNB、LWB)数据,采用DMU软件,使用最大似然法和多性状线性模型,估计W51、W52、W61、W62、S11、S21、S22等7个专门化品系主要生长发育性状和繁殖性状的遗传参数。结果表明,各品系生长发育性状的遗传力为0.3~0.6,属于中、高等遗传力性状,其中,BFT₁₀₀的遗传力最高,大于0.4;DAY₁₀₀与DAY₃₀、ADG₃₀₋₁₀₀、BFT₁₀₀的遗传相关分别呈强正相关、强负相关和弱负相关。各品系的繁殖性状都为低遗传力性状,遗传力为0.1左右,其中,LWB最高,为0.12~0.18;TNB与ANB的遗传相关大于0.90,与HNB的遗传相关大于0.7,均为强正遗传相关。

关键词:种猪;专门化品系;生长发育性状;繁殖性能;遗传参数

Estimations of genetic parameters of main specialized lines in Wens

LI Yalan¹, WU Zhenfang^{1, 2}

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

Abstract: The genetic parameters are important genetic characteristics for livestock. The estimation of genetic parameter is a basis for livestock genetic evaluation. The data of main growth and reproduction traits of each line bred by Wens Group from 2005 to 2014 were collected. The genetic parameters were estimated using the maximum likelihood method, the multiple-trait linear model and DMU software. The results showed that the heritability for growth traits ranged from 0.3 to 0.6, belonging to medium or high heritability. Among them, the heritability of BFT₁₀₀ was the highest above 0.4. There were high positive, high negative and weak negative genetic correlations between DAY₁₀₀ and DAY₃₀, ADG₃₀₋₁₀₀ and BFT₁₀₀, respectively. The heritability of reproduction traits was low, about 0.1. The heritability of LWB was the highest from 0.12 to 0.18 among reproduction traits. The genetic correlation between TNB and ANB was above 0.90, and the genetic correlation between TNB and HNB was above 0.7.

Key words: breeding pig; specialized line; growth trait; reproduction trait; genetic parameter

畜禽数量性状遗传参数是畜禽的重要种质特性。遗传参数估计是畜禽育种中的一项基础工作,准确估计群体遗传参数对研究和揭示数量性状的遗

传规律、探讨选育效果、正确评定种畜育种值、制定选择方案、计算遗传进展、制定育种计划等都有非常重要的作用^[1-2]。从统计学上讲,遗传参数估计可

收稿日期:2019-08-28

作者简介:李娅兰(1970—),女,主任畜牧师,博士,E-mail:272550446@qq.com;通信作者:吴珍芳(1970—),男,教授,博士,E-mail:wzfeemail@163.com

基金项目:广东省重点领域研发计划(2018B020203002);广东省现代农业产业技术体系生猪创新团队项目(2019KJ126)

归结为方差组分的估计^[3]。方差组分估计是遗传评估和畜禽选育的依据和前提条件之一,是用于计算遗传力、重复力和遗传相关这3个群体遗传参数的指标。方差组分估计的方法随着计算机的发展和数量遗传学的发展不断改进,目前主要采用最大似然法结合线性混合模型方程来进行方差组分的估计。温氏集团种猪育种长达10多年,以前的方差组分和遗传力都是参考和借用国外的方差组分来进行遗传评估。为了能更准确地对种猪进行遗传评估,本研究对温氏食品集团股份有限公司选育的专门化品系生长发育性状和繁殖性状的方差组分和遗传参数进行评估。

1 材料与方法

1.1 材料

数据来自温氏食品集团股份有限公司种猪分公司2005—2014年近10年专门化品系W51、W52、W61、W62、S11、S21和S22等的生长发育性状和繁殖性状的测定数据和系谱资料。生长发育性状包括达30 kg的日龄(Days to 30 kg, DAY₃₀)、达100 kg的日龄(Days to 100 kg, DAY₁₀₀)、30~100 kg的日增重(Average daily gain from 30 to 100 kg, ADG_{30~100})、达100 kg背膘厚(Back-fat thickness at 100 kg, BFT₁₀₀)等4个性状,繁殖性状主要包括总仔数(Total number of born, TNB)、活仔数(Alive Number of born, ANB)、健仔数(Health number of born, HNB)、初生窝重(Litter weight of born, LWB)等4个性状。

1.2 方法

1) 生长发育性状采用的模型式:

$$y = Xb + Za + e,$$

式中,y为各性状的观测值向量;b为固定效应(场年季效应、性别效应)向量;a为个体加性遗传效应向量;e为残差效应向量;X、Z分别表示固定效应、个体加性遗传效应的相关结构矩阵。并假设方差组分:

$$\text{Var} \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & 0 \\ 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix},$$

式中,A为个体的亲缘关系矩阵,I为单位矩阵。

2) 繁殖性状方差组分估计采用的模型式:

$$y = Xb + Za + Pc + e,$$

式中,y为各繁殖性状的观测值向量;b为固定效应(场年季效应、胎次效应)向量;a为个体加性遗传效应向量;c为永久环境效应向量;e为残差效应向量;X、Z、P分别表示固定效应、个体加性遗传效应和永久环境效应的相关结构矩阵。假设方差组分为:

$$\text{Var} \begin{bmatrix} a \\ p \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & 0 & 0 \\ 0 & I\sigma_p^2 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix},$$

式中,A为个体的亲缘关系矩阵,I为单位矩阵。

采用DMU软件^[4]和限制性最大似然法(Restricted estimation maximum likelihood,REML)估计方差组分和遗传参数。

2 结果与分析

2.1 生长发育性状的方差组分和遗传参数

2.1.1 W51系 W51系的生长发育性状的测定数量及平均值、标准差等描述性统计量见表1,它们的遗传方差、遗传力、遗传和表型相关系数分别见表2~4。由表1~4可以看出,W51的DAY₃₀、DAY₁₀₀、ADG_{30~100}和BFT₁₀₀分别为72.9 d、157.0 d、840.8 g和14.0 mm。ADG_{30~100}的遗传方差最高,为2 044.15;BFT₁₀₀的遗传方差最小,为2.22;遗传力在0.3~0.55之间,BFT₁₀₀的遗传力最高(0.55),属于中等偏高遗传力性状;其他性状均为中等遗传力性状。DAY₁₀₀与DAY₃₀的遗传相关系数为0.66,为强正遗传相关性状,与ADG_{30~100}的遗传相关系数为-0.72,为强负遗传相关;与BFT₁₀₀的遗传相关系数为-0.07,为弱负遗传相关。

表1 W51系生长发育性状的描述性统计量¹⁾

项目	DAY ₃₀ /d	DAY ₁₀₀ /d	ADG _{30~100} /g	BFT ₁₀₀ /mm
平均值	72.9	157.0	840.8	14.0
标准差	7.2	10.0	84.5	2.2
最小值	44.3	120.4	523.4	7.1
最大值	101.4	197.0	1 178.5	22.9

1) DAY₃₀、DAY₁₀₀、ADG 和 BFT₁₀₀ 的测定数量分别为32 439、33 500、32 359 和 33 462 头

表2 W51系生长发育性状的加性遗传方差与性状间的协方差¹⁾

性状	ADY ₃₀	DAY ₁₀₀	ADG _{30~100}	BFT ₁₀₀
DAY ₃₀	16.91(0.84)			
DAY ₁₀₀	15.85(0.93)	35.94(1.53)		
ADG _{30~100}	12.40(6.67)	-197.48(10.70)	2 044.15(101.56)	
BFT ₁₀₀	-0.35(0.19)	-0.59(0.25)	1.55(2.08)	2.22(0.08)

1) 括号内为标准差

表3 W51系各生长发育性状的遗传力¹⁾

性状	加性方差	残差	遗传力
DAY ₃₀	16.91(0.84)	34.22(0.55)	0.33
DAY ₁₀₀	35.94(1.53)	48.87(0.92)	0.42
ADG _{30~100}	2 044.15(101.56)	4 073.80(65.88)	0.34
BFT ₁₀₀	2.22(0.08)	1.86(0.05)	0.55

1)括号内为标准差

表4 W51系生长发育性状的表型和遗传相关¹⁾

性状	ADY ₃₀	DAY ₁₀₀	ADG _{30~100}	BFT ₁₀₀
DAY ₃₀	1.00	0.56	0.26	0.02
DAY ₁₀₀	0.64(0.02)	1.00	-0.65	-0.01
ADG _{30~100}	0.07(0.04)	-0.72(0.02)	1.00	0.03
BFT ₁₀₀	-0.06(0.03)	-0.07(0.03)	0.02(0.03)	1.00

1)括号内为标准差;上三角数据是表型相关,下三角数据是遗传相关

2.1.2 W52系 W52系的生长发育性状的测定数量及其平均值、标准差等描述性统计量见表5,方差

表6 W52系生长发育性状的加性遗传方差和性状间的协方差¹⁾

性状	DAY ₃₀	DAY ₁₀₀	ADG _{30~100}	BFT ₁₀₀
DAY ₃₀	15.92(1.18)			
DAY ₁₀₀		14.82(1.34)	34.17(2.24)	
ADG _{30~100}		13.72(11.32)	-239.76(19.06)	2 855.94(208.85)
BFT ₁₀₀		-0.57(0.31)	-1.11(0.43)	5.18(4.12)
				2.62(0.16)

1)括号内为标准差

表7 W52系生长发育性状的遗传力¹⁾

性状	加性方差	残差	遗传力
DAY ₃₀	15.92(1.18)	29.45(0.77)	0.35
DAY ₁₀₀	34.17(2.24)	46.59(1.38)	0.43
ADG _{30~100}	2 855.95(208.85)	4 787.44(133.56)	0.38
BFT ₁₀₀	2.62(0.16)	2.73(0.09)	0.49

1)括号内为标准差

表8 W52系生长发育性状的遗传和表型相关¹⁾

性状	DAY ₃₀	DAY ₁₀₀	ADG _{30~100}	BFT ₁₀₀
DAY ₃₀	1.00	0.58	0.21	-0.03
DAY ₁₀₀	0.62(0.03)	1.00	-0.67	-0.07
ADG _{30~100}	0.06(0.05)	-0.74(0.02)	1.00	0.06
BFT ₁₀₀	-0.09(0.05)	-0.11(0.04)	0.06(0.05)	1.00

1)括号内为标准差;上三角表型相关,下三角遗传相关

2.1.3 W61系 W61系各个性状的测定数量及其平均值、标准差等描述性统计量见表9,遗传方差、遗传力、遗传和表型相关分别见表10~12。由表9~12可以看出,W61的DAY₃₀为75.0 d,DAY₁₀₀为

组分、遗传力、遗传和表型相关系数分别见表6~8。由表5~8可以看出,W52的DAY₃₀、DAY₁₀₀分别比W51少2.7和10.3 d,ADG_{30~100}高81.7 g,BFT₁₀₀略厚,说明W52比W51生长速度快;它们的遗传力都在0.30~0.49之间,其中,以BFT₁₀₀的最高,为0.49,属于中等遗传力性状。DAY₁₀₀与DAY₃₀遗传相关为0.62,为强正遗传相关;与ADG_{30~100}的遗传相关为-0.74,为强负遗传相关;与BFT₁₀₀的遗传相关为-0.11,为弱负遗传相关。

表5 W52系生长发育性状的描述性统计量¹⁾

项目	DAY ₃₀ /d	DAY ₁₀₀ /d	ADG _{30~100} /g	BFT ₁₀₀ /mm
平均值	70.2	146.7	922.5	14.6
标准差	7.1	10.1	94.8	2.4
最小值	43.1	106.2	560.4	6.2
最大值	98.4	187.5	1 297.0	24.2

1)DAY₃₀、DAY₁₀₀、ADG_{30~100}和BFT₁₀₀的测定数量分别为11 681、11 895、11 658和11 896头

160.7 d,BFT₁₀₀为13.3 mm,生长速度相对较慢;遗传方差以ADG_{30~100}最大,为2 253.92,性状间遗传协方差以DAY₁₀₀和DAY₃₀最大,为17.08,最小为DAY₁₀₀和ADG_{30~100},为-246.33;它们的遗传力在0.37~0.56,其中,BFT₁₀₀的遗传力最高(0.56),属中等偏高遗传力性状,其他属于中等遗传力。DAY₁₀₀和DAY₃₀遗传相关系数为0.62,为强正遗传相关性状,与ADG_{30~100}的遗传相关系数为-0.76,为强负遗传相关;与BFT₁₀₀的遗传相关系数为-0.19,为弱负遗传相关关系。

表9 W61系生长发育性状的描述性统计量¹⁾

项目	DAY ₃₀ /d	DAY ₁₀₀ /d	ADG _{30~100} /g	BFT ₁₀₀ /mm
平均值	75.0	160.7	825.4	13.3
标准差	6.9	10.4	82.6	2.3
最小值	47.6	119.4	508.9	5.5
最大值	101.2	202.3	1 156.6	22.4

1)DAY₃₀、DAY₁₀₀、ADG_{30~100}和BFT₁₀₀的测定数量分别为42 457、43 864、42 352和43 815头

表 10 W61 系生长发育性状的加性遗传方差和性状间的协方差¹⁾

性状	DAY ₃₀	DAY ₁₀₀	ADG _{30~100}	BFT ₁₀₀
DAY ₃₀	17.42(0.71)			
DAY ₁₀₀		17.08(0.86)	43.28(1.56)	
ADG _{30~100}		7.90(5.85)	-246.33(10.70)	2 253.92(91.78)
BFT ₁₀₀		-0.71(0.16)	-1.83(0.24)	10.97(1.86)
				2.21(0.07)

1) 括号内为标准差

表 11 W61 系生长发育性状的遗传力¹⁾

性状	加性方差	残差	遗传力
DAY ₃₀	17.42(0.71)	29.67(0.44)	0.37
DAY ₁₀₀	43.28(1.56)	50.78(0.90)	0.46
ADG _{30~100}	2 253.92(91.78)	3 679.63(56.80)	0.40
BFT ₁₀₀	2.21(0.07)	1.73(0.04)	0.56

1) 括号内为标准差

表 12 W61 系生长发育性状的遗传和表型相关¹⁾

性状	DAY ₃₀	DAY ₁₀₀	ADG _{30~100}	BFT ₁₀₀
DAY ₃₀	1.00	0.56	0.18	-0.03
DAY ₁₀₀	0.62(0.02)	1.00	-0.70	-0.12
ADG _{30~100}	0.04(0.03)	-0.76(0.01)	1.00	0.11
BFT ₁₀₀	-0.11(0.03)	-0.19(0.02)	0.15(0.03)	1.00

1) 括号内为标准差。上三角表型相关,下三角遗传相关

2.1.4 W62 系 W62 系的各个性状的测定数量及其平均值、标准差等描述性统计量见表 13, 性状的遗传方差和协方差、遗传力、遗传和表型相关系数分

别见表 14 ~ 16。由表 13 ~ 16 可以看出, W62 的 DAY₃₀、DAY₁₀₀ 分别为 72.1 和 150.6 d, 分别比 W61 少 2.9 和 10.1 d, BTH₁₀₀ 厚 0.6 mm; 它们的遗传力都在 0.31 ~ 0.51 之间, 属于中等遗传力性状。DAY₁₀₀ 和 DAY₃₀ 的遗传相关系数为 0.62, 为强正遗传相关性状; 与 ADG_{30~100} 间的遗传相关系数为 -0.80, 为很强的负遗传相关; 与 BFT₁₀₀ 的遗传相关系数为 0.19, 为弱正遗传相关关系。

表 13 W62 系生长发育性状的描述性统计量¹⁾

项目	DAY ₃₀ /d	DAY ₁₀₀ /d	ADG _{30~100} /g	BFT ₁₀₀ /mm
平均值	72.1	150.6	900	13.9
标准差	6.9	10.1	91.6	2.2
最小值	46.2	117.6	562.8	6.5
最大值	98.5	191.5	1 261.7	22.7

1) DAY₃₀、DAY₁₀₀、ADG_{30~100} 和 BFT₁₀₀ 的测定数量分别为 16 364、16 636、16 314 和 16 636 头

表 14 W62 系生长发育性状的加性遗传方差和性状间的协方差¹⁾

性状	DAY ₃₀	DAY ₁₀₀	ADG _{30~100}	BFT ₁₀₀
DAY ₃₀	13.14(0.90)			
DAY ₁₀₀		13.50(1.09)	35.75(1.97)	
ADG _{30~100}		-4.28(8.81)	-256.54(16.27)	2 704.91(169.12)
BFT ₁₀₀		-0.24(0.22)	-1.65(0.33)	14.81(3.09)
				2.14(0.11)

1) 括号内为标准差

表 15 W62 系生长发育性状的遗传力¹⁾

性状	加性方差	残差	遗传力
DAY ₃₀	13.14(0.90)	28.62(0.61)	0.31
DAY ₁₀₀	35.75(1.97)	45.47(1.20)	0.45
ADG _{30~100}	2 704.91(169.12)	4 391.45(107.10)	0.39
BFT ₁₀₀	2.14(0.11)	2.11(0.06)	0.51

1) 括号内为标准差

表 16 W62 系生长发育性状的遗传和表型相关¹⁾

性状	DAY ₃₀	DAY ₁₀₀	ADG _{30~100}	BFT ₁₀₀
DAY ₃₀	1.00	0.57	0.19	0.01
DAY ₁₀₀	0.62(0.03)	1.00	-0.69	-0.13
ADG _{30~100}	-0.02(0.05)	-0.80(0.02)	1.00	0.16
BFT ₁₀₀	-0.05(0.04)	-0.19(0.04)	0.19(0.04)	1.00

1) 括号内为标准差; 上三角表型相关, 下三角遗传相关

2.1.5 S11 系 S11 系的生长发育性状的测定数量及其平均值、标准差等描述性统计量见表 17, 性状的遗传方差和协方差、遗传力、遗传和表型相关系数见表 18 ~ 20。由表 17 ~ 20 可以看出, S11 的这几个生长发育性状的表型值 DAY₃₀、DAY₁₀₀ 分别为 72.5 和 156.9 d, BTH₁₀₀ 为 11.5 mm; 它们的遗传力在

表 17 S11 系生长发育性状的描述性统计量¹⁾

项目	DAY ₃₀ /d	DAY ₁₀₀ /d	ADG _{30~100} /g	BFT ₁₀₀ /mm
平均值	72.5	156.9	838.8	11.5
标准差	7.1	10.9	89.7	1.8
最小值	43.8	119.9	496.2	5.4
最大值	100.5	200.4	1 187.9	18.6

1) DAY₃₀、DAY₁₀₀、ADG_{30~100} 和 BFT₁₀₀ 的测定数分别为 9 314、9 678、9 110 和 9 673 头

0.40~0.49 之间,其中,以 BTH_{100} 的遗传力最高(0.49),都属于中等遗传力性状。 DAY_{100} 与 DAY_{30} 的遗传相关系数为 0.51,为强正遗传相关性状;与

$\text{ADG}_{30 \sim 100}$ 的遗传相关系数为 -0.79,为强负遗传相关;与 BTH_{100} 的遗传相关系数为 -0.23,为中等负遗传相关关系。

表 18 S11 系生长发育性状间的加性遗传方差和协方差¹⁾

性状	DAY_{30}	DAY_{100}	$\text{ADG}_{30 \sim 100}$	BFT_{100}
DAY_{30}	18.76(1.46)			
DAY_{100}	15.79(1.79)	50.93(3.46)		
$\text{ADG}_{30 \sim 100}$	33.14(14.02)	-333.28(26.44)	3 365.34(255.95)	
BFT_{100}	-0.29(0.27)	-1.91(0.41)	10.63(3.54)	1.28(0.09)

1) 括号内为标准差

表 19 S11 系生长发育性状的遗传力¹⁾

性状	加性方差	残差方差	遗传力
DAY_{30}	18.76(1.46)	28.78(0.92)	0.40
DAY_{100}	50.93(3.46)	52.11(2.01)	0.49
$\text{ADG}_{30 \sim 100}$	3 365.34(255.95)	4 235.58(153.54)	0.44
BFT_{100}	1.28(0.09)	1.40(0.05)	0.48

1) 括号内为标准差

表 20 S11 系生长发育性状的遗传相关¹⁾

性状	DAY_{30}	DAY_{100}	$\text{ADG}_{30 \sim 100}$	BFT_{100}
DAY_{30}	1.00	0.48	0.23	0.01
DAY_{100}	0.51(0.04)	1.00	-0.74	-0.14
$\text{ADG}_{30 \sim 100}$	0.13(0.05)	-0.79(0.02)	1.00	0.14
BFT_{100}	-0.06(0.05)	-0.23(0.05)	0.16(0.05)	1.00

1) 括号内为标准差;上三角表型相关,下三角遗传相关

2.1.6 S21 系 S21 系的生长发育性状的测定数量及其平均值、标准差等描述性统计量见表 21,各个

性状的遗传方差和协方差、遗传力、遗传和表型相关系数分别见表 22~24。由表 21~24 可以看出,S21 的 DAY_{30} 、 DAY_{100} 分别为 80.2 和 171.2 d;它们的遗传力都在 0.25~0.45 之间,属于中等遗传力性状,其中,以 BTH_{100} 的遗传力最高(0.43)。 DAY_{100} 与 DAY_{30} 的遗传相关为 0.55,为强正遗传相关性状;与 $\text{ADG}_{30 \sim 100}$ 的遗传相关为 -0.78,为强负遗传相关;与 BTH_{100} 的遗传相关为 -0.27,为中等负遗传相关关系。

表 21 S21 系生长发育性状的描述性统计量¹⁾

项目	DAY_{30}/d	$\text{DAY}_{100}/\text{d}$	$\text{ADG}_{30 \sim 100}/\text{g}$	$\text{BFT}_{100}/\text{mm}$
平均值	80.2	171.2	777.7	12.9
标准差	7.2	11.0	81.5	2.3
最小值	51.6	128.0	499.7	6.2
最大值	106.7	214.2	1 104.5	22.2

1) DAY_{30} 、 DAY_{100} 、 $\text{ADG}_{30 \sim 100}$ 和 BFT_{100} 的测定数量分别为 7 353、7 841、7 341 和 7 833 头

表 22 S21 系生长发育性状间的加性遗传方差和协方差¹⁾

性状	DAY_{30}	DAY_{100}	$\text{ADG}_{30 \sim 100}$	BFT_{100}
DAY_{30}	13.53(1.52)			
DAY_{100}	12.06(1.75)	34.37(3.22)		
$\text{ADG}_{30 \sim 100}$	14.04(12.25)	-188.13(21.73)	1 725.60(196.84)	
BFT_{100}	-0.03(0.32)	-2.02(0.48)	17.04(3.66)	1.61(0.14)

1) 括号内为标准差

表 23 S21 系生长发育性状的遗传力¹⁾

性状	加性方差	残差方差	遗传力
DAY_{30}	13.53(1.52)	31.81(1.06)	0.30
DAY_{100}	34.37(3.22)	71.12(2.22)	0.33
$\text{ADG}_{30 \sim 100}$	1 725.60(196.84)	4 147.23(138.32)	0.27
BFT_{100}	1.61(0.14)	2.15(0.08)	0.43

1) 括号内为标准差

2.1.7 S22 系 S22 系的各个性状的测定数量及其平均值、标准差等描述性统计量见表 25,各性状的遗传方差和性状之间的协方差、遗传力、遗传和表型

表 24 S21 系生长发育性状间的遗传和表型相关¹⁾

性状	DAY_{30}	DAY_{100}	$\text{ADG}_{30 \sim 100}$	BFT_{100}
DAY_{30}	1.00	0.46	0.23	-0.03
DAY_{100}	0.55(0.05)	1.00	-0.75	-0.19
$\text{ADG}_{30 \sim 100}$	0.09(0.08)	-0.78(0.03)	1.00	0.19
BFT_{100}	-0.01(0.07)	-0.27(0.06)	0.33(0.06)	1.00

1) 括号内为标准差;上三角表型相关,下三角遗传相关

相关系数分别见表 26~28。由表 25~28 可以看出,S22 的 DAY_{30} 和 DAY_{100} 分别为 77.6 和 163.0 d,比 S21 分别少 2.6 和 8.2 d, BFT_{100} 厚 0.4 mm,差异

不大。遗传方差以 ADG_{30-100} 最高,为 3 960.23, DAY_{100} 与 ADG_{30-100} 的协方差为负值(-312.27)。 $S22$ 这几个性状的遗传力都比较高,在 0.44~0.65 之间,属于中等偏高遗传力性状,其中,以 DAY_{100} 的遗传力最高(0.65), ADG_{30-100} 最低(0.44)。 DAY_{100} 与 DAY_{30} 的遗传相关为 0.68,为强正遗传相关;与 ADG_{30-100} 的遗传相关为 -0.62,为强负遗传相关;与 BTH_{100} 的遗传相关为 -0.24,为中等负遗传相关关系; ADG_{30-100} 与 BTH_{100} 的遗传相关系数为 0.13,呈弱正遗传相关关系;与 DAY_{30} 的遗传相关系数为

0.16,为弱正遗传相关。

表 25 $S22$ 系生长发育性状的描述性统计量¹⁾

项目	DAY_{30}/d	DAY_{100}/d	ADG_{30-100}/g	BFT_{100}/mm
平均值	77.6	163.0	835.3	13.3
标准差	7.8	12.3	105.5	2.5
最小值	46.7	120.6	467.1	5.0
最大值	106.8	172.6	1 263.3	23.2

1) DAY_{30} 、 DAY_{100} 、 ADG_{30-100} 和 BFT_{100} 的测定数量分别为 32 059、32 382、31 997 和 32 404 头

表 26 $S22$ 系生长发育性状的遗传方差和协方差¹⁾

性状	DAY_{30}	DAY_{100}	ADG_{30-100}	BFT_{100}
DAY_{30}	35.62(4.14)			
DAY_{100}		67.33(9.28)		
ADG_{30-100}	58.65(36.03)	-312.27(53.99)	3 960.23(582.22)	
BFT_{100}	-1.20(0.73)	-2.79(1.01)	11.53(8.68)	1.99(0.25)

1) 括号内为标准差

表 27 $S22$ 系生长发育性状的遗传力¹⁾

性状	加性方差	残差方差	表型方差	遗传力
DAY_{30}	36.62(4.14)	24.73(2.52)	60.35	0.59
DAY_{100}	67.33(7.51)	36.25(4.46)	103.58	0.65
ADG_{30-100}	3 960.23(582.22)	5 005.75(380.55)	8 965.98	0.44
BFT_{100}	1.99(0.25)	1.88(0.16)	3.87	0.51

1) 括号内为标准差

表 28 $S22$ 生长发育性状间的遗传和表型相关¹⁾

性状	DAY_{30}	DAY_{100}	ADG_{30-100}	BFT_{100}
DAY_{30}	1.00	0.53	0.35	-0.07
DAY_{100}	0.68(0.05)	1.00	-0.58	-0.23
ADG_{30-100}	0.16(0.09)	-0.62(0.06)	1.00	0.18
BFT_{100}	-0.14(0.07)	-0.24(0.08)	0.13(0.10)	1.00

1) 括号内为标准差;上三角表型相关,下三角遗传相关

2.2 繁殖性状

2.2.1 $W51$ 系 $W51$ 系的繁殖性状的测定数量及其平均值、标准差等描述性统计量见表 29,遗传方差和协方差、遗传力、遗传和表型相关系数分别见表 30~32。由表 29~32 可以看出, $W51$ 系的 TNB 、 ANB 、 HNB 分别为 11.0、10.1 和 9.4 头, LWB 为 15.1 kg;它们的遗传力都在 0.08~0.13 之间,属于低遗传力性状,其中,以 HNB 的遗传力最低(0.08), LWB 的遗传力最高(0.13)。 TNB 和 ANB 、 HNB 都有很强的正遗传相关,相关系数分别达 0.97 和 0.95; HNB 和 ANB 的遗传相关也较高,相关系数为 0.98,说明在选择中只要包含其中一个性状也能

对其他 2 个性状进行选择。 LWB 与 TNB 、 ANB 、 HNB 的遗传相关系数都在 0.65 以上,分别为 0.67、0.65 和 0.74,说明对产仔数的选择也能提高 LWB 。

表 29 $W51$ 系繁殖性状的描述性统计量¹⁾

项目	$TNB/\text{头}$	$ANB/\text{头}$	$HNB/\text{头}$	LWB/kg
平均值	11	10.1	9.4	15.1
标准差	3	3.0	2.9	4.3
最小值	1	0	0	2.1
最大值	28	20	19	27.9

1) TNB 、 ANB 、 HNB 和 LWB 的窝数分别为 20 357、20 361、18 546 和 20 045

表 30 $W51$ 系繁殖性状的加性遗传方差和协方差¹⁾

性状	TNB	ANB	HNB	LWB
TNB	1.06(0.12)			
ANB	0.95(0.11)	0.91(0.11)		
HNB	0.78(0.09)	0.75(0.09)	0.66(0.09)	
LWB	0.98(0.14)	0.88(0.14)	0.86(0.13)	2.21(0.24)

1) 括号内为标准差

表 31 W51 系繁殖性状的遗传力¹⁾

性状	个体加性	永久环境	残差	遗传力
	方差	方差	方差	
TNB	1.06(0.12)	0.65(0.09)	7.27(0.09)	0.12
ANB	0.91(0.11)	0.62(0.09)	7.58(0.09)	0.10
HNB	0.66(0.09)	0.50(0.08)	7.12(0.09)	0.08
LWB	2.21(0.24)	1.50(0.19)	13.72(0.16)	0.13

1)括号内为标准差

表 32 W51 系繁殖性状的遗传和表型相关¹⁾

性状	TNB	ANB	HNB	LWB
TNB	1.00	0.90	0.83	0.72
ANB	0.97(0.006)	1.00	0.94	0.83
HNB	0.95(0.013)	0.98(0.01)	1.00	0.88
LWB	0.67(0.041)	0.65(0.04)	0.74(0.03)	1.00

1)括号内为标准差;上三角表型相关,下三角遗传相关

2.2.2 W52 系 W52 系的各个繁殖性状的测定数量及其平均值、标准差等描述性统计量见表 33, 遗传方差和协方差、遗传力、遗传和表型相关系数分别见表 34~36。由表 33~36 可以看出, W52 系的繁殖性状表型值都比 W51 的略高一些;它们的遗传力为 0.10~0.16, 属于低遗传力性状, 但比 W51 高一些, 其中, 以 HNB 的遗传力最低(0.11), TNB 和 LWB 的遗传力基本一样(0.16);TNB 与 ANB、HNB 都有很强的正遗传相关, 遗传相关系数分别达 0.97、0.93, HNB 与 TNB、ANB 的遗传相关系数分别为 0.93、0.96;LWB 与 3 个产仔数性状之间的遗传相关都在 0.5 以上, 相关系数分别为 0.63、0.60、0.79, 说明这 4 个性状的遗传相关强, 因此对其中一个选择都会对其他性状进行间接选择, 尤其是 3 个产仔性状之间的遗传相关接近于 1, 所以只需要选择其中一个性状即可。

表 33 W52 系繁殖性状的描述性统计量¹⁾

项目	TNB/头	ANB/头	HNB/头	LWB/kg
平均值	11.7	10.5	9.7	15.2
标准差	3.3	3.3	3.1	4.8
最小值	1	0	0	1
最大值	22	20	19	29

1)TNB、ANB、HNB 和 LWB 的窝数分别为 8 806、8 806、8 416 和 8 720

表 34 W52 系繁殖性状的加性遗传方差和协方差¹⁾

性状	TNB	ANB	HNB	LWB
TNB	1.71(0.23)			
ANB	1.44(0.20)	1.21(0.19)		
HNB	1.21(0.18)	1.08(0.17)	0.96(0.16)	
LWB	1.48(0.27)	1.22(0.25)	1.41(0.24)	3.17(0.44)

1)括号内为标准差

表 35 W52 系繁殖性状的遗传力¹⁾

性状	个体	永久环境	残差	遗传力
TNB	1.71(0.23)	0.396(0.17)	8.83(0.16)	0.16
ANB	1.21(0.19)	0.502(0.16)	8.91(0.16)	0.11
HNB	0.96(0.16)	0.36(0.14)	7.81(0.14)	0.11
LWB	3.17(0.44)	1.16(0.33)	15.94(0.29)	0.16

1)括号内为标准差

表 36 W52 系繁殖性状的遗传和表型相关¹⁾

性状	TNB	ANB	HNB	LWB
TNB	1.00	0.87	0.80	0.68
ANB	0.97(0.017)	1.00	0.94	0.83
HNB	0.93(0.02)	0.96(0.01)	1.00	0.89
LWB	0.63(0.06)	0.60(0.06)	0.79(0.04)	1.00

1)括号内为标准差;上三角表型相关,下三角遗传相关

2.2.3 W61 系 W61 系的各个繁殖性状的测定数量及其平均值、标准差等描述性统计量见表 37, 遗传方差和协方差、遗传力、遗传和表型相关系数分别见表 38~40。由表 37~40 可以看出, W61 系的 TNB、ANB 和 HNB 分别为 11.3、10.4 和 9.5 头, LWB 为 13.9 kg;它们的遗传力都在 0.08~0.20 之间, 属于低遗传力性状, 其中, 以 HNB 的遗传力最低(0.09), LWB 的遗传力最高(0.16)。TNB 与 ANB、HNB 有很强的正遗传相关, 遗传相关系数分别达 0.94、0.87, HNB 与 ANB 的遗传相关很高, 为 0.94, 说明选择 HNB 能有效提高 ANB, 但对总仔数的提高略差些;LWB 与 TNB、ANB、HNB 的遗传相关也较高, 分别为 0.58、0.58、0.79, 说明该品系需要加强对健仔数的选育, 从而对 ANB 和 LWB 的选择效果也明显。

表 37 W61 系繁殖性状的描述性统计量¹⁾

项目	TNB/头	ANB/头	HNB/头	LWB/kg
平均值	11.3	10.4	9.5	13.9
标准差	2.9	2.9	2.7	3.8
最小值	1	0	0	2.2
最大值	21	20	19	25.7

1)TNB、ANB、HNB 和 LWB 的窝数分别为 32 681、32 688、30 816 和 32 272

表 38 W61 系繁殖性状的加性遗传方差和协方差¹⁾

性状	TNB	ANB	HNB	LWB
TNB	0.93(0.08)			
ANB	0.84(0.08)	0.90(0.08)		
HNB	0.64(0.07)	0.67(0.07)	0.63(0.07)	
LWB	0.79(0.10)	0.78(0.10)	0.87(0.09)	2.18(0.17)

1)括号内为标准差

表 39 W61 系繁殖性状的遗传力¹⁾

性状	个体	永久环境	残差	遗传力
TNB	0.93(0.08)	0.56(0.07)	6.44(0.06)	0.12
ANB	0.90(0.08)	0.49(0.06)	6.65(0.06)	0.11
HNB	0.63(0.07)	0.46(0.06)	6.02(0.06)	0.09
LWB	2.18(0.17)	1.03(0.12)	10.44(0.10)	0.16

1)括号内为标准差

表 40 W61 系繁殖性状的遗传和表型相关¹⁾

性状	TNB	ANB	HNB	LWB
TNB	1.00	0.88	0.78	0.65
ANB	0.94(0.01)	1.00	0.90	0.77
HNB	0.87(0.02)	0.94(0.01)	1.00	0.87
LWB	0.58(0.05)	0.58(0.04)	0.79(0.02)	1.00

1)括号内为标准差;上三角表型相关,下三角遗传相关

2.2.4 W62 系 W62 系的各个繁殖性状的测定数量及其平均值、标准差等描述性统计量见表 41,加性遗传方差和协方差、遗传力、遗传和表型相关系数分别见表 42~44。由表 41~44 可以看出,W62 系的 TNB、ANB 和 HNB 的表型值分别为 12.9、11.3 和 9.9 头,LWB 的表型值 14.2 kg;它们的遗传力均为 0.10~0.18,属于低遗传力性状,其中,以 ANB 的遗传力最低(0.10),LWB 的遗传力最高(0.18)。TNB 与 ANB、HNB 的遗传相关系数分别为 0.91、0.71,有很强正遗传相关;HNB 与 ANB 的遗传相关也较高(0.87),LWB 与 TNB、ANB、HNB 的遗传相关系数分别为 0.42、0.54、0.86,LBW 与总仔数的遗传相关较低、与 HNB 的遗传相关比较高。

表 41 W62 系繁殖性状的描述性统计量¹⁾

项目	TNB/头	ANB/头	HNB/头	LWB/kg
平均值	12.9	11.3	9.9	14.2
标准差	3.4	3.4	3.1	4.4
最小值	1	0	0	0.8
最大值	24	23	20	27.3

1)TNB、ANB、HNB 和 LWB 的窝数分别为 13 162、13 165、12 568 和 12 997

表 42 W62 系繁殖性状的加性遗传方差和协方差¹⁾

性状	TNB	ANB	HNB	LWB
TNB	1.33(0.19)			
ANB	1.10(0.16)	1.13(0.17)		
HNB	0.80(0.14)	0.87(0.14)	1.04(0.15)	
LWB	0.87(0.21)	1.01(0.21)	1.51(0.21)	3.03(0.35)

1)括号内为标准差

表 43 W62 系繁殖性状的遗传力¹⁾

性状	个体	永久	残差	遗传力
	加性方差	环境方差	方差	
TNB	1.33(0.19)	1.22(0.15)	8.77(0.13)	0.12
ANB	1.13(0.17)	0.89(0.14)	9.05(0.13)	0.10
HNB	1.04(0.15)	0.75(0.12)	7.30(0.11)	0.11
LWB	3.03(0.35)	1.74(0.25)	11.87(0.17)	0.18

1)括号内为标准差

表 44 W62 系繁殖性状的遗传和表型相关¹⁾

性状	TNB	ANB	HNB	LWB
TNB	1.00	0.84	0.7	0.57
ANB	0.91(0.02)	1.00	0.87	0.75
HNB	0.71(0.05)	0.85(0.03)	1.00	0.89
LWB	0.42(0.07)	0.54(0.06)	0.86(0.02)	1.00

1)括号内为标准差;上三角表型相关,下三角遗传相关

3 讨论与结论

3.1 生长发育性状

温氏集团主要专门化品系的生长发育性状都属于中等或中高等遗传力性状。在这几个性状中以 BFT₁₀₀ 遗传力最高,都在 0.4 以上,而且总体上母系猪(W51、W52、W61、W62)的遗传力都高于父系猪(S11、S21、S22),母系猪的遗传力在 0.49~0.56 之间,其中以 W61 最高,为 0.56;父系猪的遗传力以 S22 最高,为 0.65。DAY₃₀的遗传力最低,在 0.30~0.40 之间;DAY₁₀₀ 的遗传力在 0.3~0.50 之间;ADG_{30~100} 为 0.27~0.50。本研究中 S22 的这几个性状遗传力都比较高,在 0.47~0.56 之间。Li 和 Kennedy^[5] 估计长白、大白、杜洛克的 BFT₁₀₀ 的遗传力比较接近,都在 0.51~0.55 之间,略高于本研究结果(除 S22 外);DAY₁₀₀ 的遗传力在 0.26~0.32 之间,比本研究结果略低。Imboonta 等^[6] 估计的泰国长白的 ADG(全程日增重)和 BFT 的遗传力分别为 0.38 和 0.61,与本研究的研究结果差异不大,都是属于中等或中等偏高的遗传力性状。

本研究中母系猪的 DAY₁₀₀ 与 DAY₃₀ 的遗传相关都很高,在 0.62~0.64 之间,属于强遗传相关,与 ADG_{30~100} 的遗传相关系数为 -0.80~-0.72 之间,为很强的负遗传相关。父系猪中 S11 和 S21 的 DAY₁₀₀ 与 DAY₃₀ 的遗传相关略低,相关系数分别为 0.51 和 0.55,属于中等遗传相关,而 S22 的为 0.68,为强遗传相关;S11、S21 和 S22 的 DAY₁₀₀ 与 ADG_{30~100} 的遗传相关系数分别为 -0.79、-0.78 和 -0.62,以 S22 为最低。父系猪和母系猪的其他性状都相对

较小, 属于弱遗传相关。Li 和 Kennedy^[5]估计长白、大白和杜洛克的 BTH_{100} 与 DAY_{100} 的遗传相关系数分别为 -0.16、-0.06 和 -0.17, 与本研究中的母系猪的结果基本一致, 但父系猪这 2 个性状的遗传相关系数略高, 在 -0.27 ~ -0.23 之间, 因此日龄的选育对父系猪的背膘厚影响更大。

3.2 繁殖性状

母系猪繁殖性状的遗传力在 0.08 ~ 0.18 之间, 为低遗传力性状, 其中, 以 LWB 的最大, 在 0.13 ~ 0.18 之间。本研究中 TNB 的遗传力在 0.12 ~ 0.16 之间, 比 Gu 等^[7]和 Imboonta 等^[6]的结果高, 与 Roehe 和 Kennedy^[8]估计 TNB 的遗传力(0.09 ~ 0.16)接近。本研究中 ANB 的遗传力在 0.10 ~ 0.11 之间, 略高于 Chen P 等^[9]估计长、大白的 ANB 的遗传力(0.08 ~ 0.1), 略低于周立平^[10]估计的长白猪 ANB 的遗传力(0.12)。本研究的 LWB 遗传力在 0.13 ~ 0.18 之间, 略低于周立平^[10]的结果(0.19)。孙华等^[11]估计中国大白猪 SⅡ1 系主要繁殖性状 TNB、ANB 和 LWB 的遗传力分别为 0.11、0.09 和 0.14, 略低于本研究的结果, 但差异不大。

本研究各品系的 TNB 与 ANB 的遗传相关在 0.91 ~ 0.97 之间, 这与孙华等^[11]的结果 0.91 接近, 与周立平^[10]估计长白的 TNB 和 ANB 的遗传相关为 0.928 9 接近。本研究中 TNB 与 HNB 的遗传相关系数, W51 和 W61 均在 0.9 以上, W52 和 W62 的相对较低, 分别为 0.87 和 0.73, 说明 W52 和 W62 的无效仔数比 W51 和 W61 高; 其他文献很少有人研究 HNB 的遗传参数。本研究中, 各个品系的 LWT 与 TNB、HNB 的遗传相关比较接近, 低于与 HNB 的遗传相关。TNB 与 LWB 之间的遗传相关在 0.42 ~ 0.67 之间, 而且也是 W51、W61 的遗传相关高于 W52、W62 的, 属于中等正遗传相关; 低于周立平^[10]和孙华等^[11]的估计。

3.3 结论

温氏主要品系猪的生长发育性状的遗传力都是中等偏高, 其中, 以 BFT_{100} 最高; DAY_{100} 与 DAY_{30} 呈强遗传相关关系, 与 $ADG_{30 \sim 100}$ 呈强负遗传相关关

系; 繁殖力性状的遗传力属于低遗传力性状, 其中, TNB 与 ANB、HNB 呈强正遗传相关关系, 与 LWB 呈中等遗传相关关系, 且 W51、W61 的遗传相关高于 W52、W62。

参考文献:

- [1] 张沅, 张勤. 畜禽育种中的线性模型 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993.
- [2] 盛志廉, 吴常信. 数量遗传学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [3] 张勤. 家畜育种值和遗传参数估计方法的发展及现状 [J]. 国外畜牧学: 草食家畜, 1990(6): 1-4.
- [4] MADSEN P, SØRENSEN P, SU G. DMU: A package for analysing multivariate mixed models [M] // World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 2006.
- [5] LI X, KENNEDY B W. Genetic parameters for growth rate and backfat in Canadian Yorkshire, Landrace, Duroc, and Hampshire pigs [J]. J Anim Sci, 1994, 72(6): 1450-1454.
- [6] IMBOONTA N, RYDHMER L, TUMWASORN S, et al. Genetic parameters for reproduction and production traits of Landrace sows in Thailand [J]. J Anim Sci, 2007, 85(1): 53-59.
- [7] ROEHE R, KENNEDY B W. Estimation of genetic-parameters for litter size in Canadian Yorkshire and Landrace swine with each parity of farrowing treated as a different trait [J]. J Anim Sci, 1995, 73(10): 2959-2970.
- [8] GU Y, HALEY C S, THOMPSON R. Estimates of genetic and phenotypic parameters of litter traits from closed line of pigs [J]. Anim Sci, 1989, 49(3): 477-482.
- [9] CHEN P, BAAS T J, MABRY J W. Genetic correlations between lean growth and litter traits in U. S. Yorkshire, Duroc, Hampshire, and Landrace pigs [J]. J Anim Sci, 2003, 81(7): 1700-1705.
- [10] 周立平. 长白猪主要性能测定及遗传参数估计研究 [J]. 湖南农业科学, 2011(7): 122-124.
- [11] 孙华, 宋忠旭, 李良华, 等. 中国大白猪 SⅡ1 系主要繁殖性状的遗传参数估测 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(5): 2370-2371.