

安徽省 4 个地方猪种 *ESR* 和 *FSHβ* 基因多态性 及其与产仔数的关联分析

张晓东¹, 王 恒², 丁月云¹, 黄 龙¹, 薛玮玮¹, 涂小璐², 张运海¹, 殷宗俊^{1*}

(1. 安徽农业大学动物科技学院, 合肥 230036; 2. 安徽省畜禽遗传资源保护中心, 合肥 231283)

摘 要: 分别利用 PCR-琼脂糖凝胶电泳和 PCR-RFLP 方法对皖南黑猪、皖南花猪、定远猪、安庆六白猪 4 个安徽地方猪种共 213 头繁殖母猪进行 *FSHβ* 和 *ESR* 基因多态性及其与产仔性状的关系进行研究, 旨在为安徽地方猪种的标记辅助选择提供科学依据。结果表明: (1) *ESR* 和 *FSHβ* 基因在 4 个地方猪种中都存在多态性, *ESR* 在安庆六白猪、定远猪中出现了 AA、AB、BB 3 种基因型, 而在皖南黑猪、皖南花猪中只出现了 AA、AB 2 种基因型; *FSHβ* 在皖南黑猪、皖南花猪中出现了 CC、CD、DD 3 种基因型, 而在安庆六白猪、定远猪中只出现了 CC、CD 2 种基因型; (2) 不同基因型母猪的 TNB、NBA 存在一定差异, *ESR* 不同基因型对定远猪和皖南花猪经产母猪的 TNB、NBA 影响显著 ($P < 0.05$); *FSHβ* 不同基因型对皖南黑猪初产、经产和定远猪经产母猪的 TNB、NBA 影响显著 ($P < 0.05$)。以上结果表明 *ESR* 和 *FSHβ* 基因不同基因型对部分安徽地方猪的产仔性状有着一定的影响, 可作为其标记辅助选择的潜在遗传标记。

关键词: *ESR* 基因; *FSHβ* 基因; 多态性; 产仔性状; 猪

中图分类号: S814.7; S828.89

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2014)04-0579-06

Polymorphisms of *ESR* and *FSHβ* genes associated with litter size in four local pig breeds in Anhui

ZHANG Xiaodong¹, WANG Heng², DING Yueyun¹, HUANG Long¹,
XUE Weiwei¹, TU Xiaolu², ZHANG Yunhai¹, YIN Zongjun¹

(1. School of Animal Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. Anhui Provincial Center of Animal Genetic Resources Conservation, Hefei 231283)

Abstract: To provide basic information for marker-assisted selection in pig breeding, the association of *ESR* and *FSHβ* genes with litter size in 213 local breeds of Wannanhei, Wannanhua, Dingyuan and Anqingliubai pigs was analyzed using PCR-AGE and PCR-RFLP methods. The results showed that polymorphisms of *ESR* and *FSHβ* genes in four local pig breeds existed. Three *ESR* genotypes (AA, AB and BB) were detected in Anqingliubai and Dingyuan pigs, while only AA and AB genotypes of *ESR* were detected in Wannanhei and Wannanhua pigs. For the *FSHβ* gene, CC, CD and DD genotypes were found in Wannanhei and Wannanhua pigs, while CC and CD genotypes were detected in Anqingliubai and Dingyuan pigs. The results also indicated that pigs with different genotypes had different TNB and NBA. In Dingyuan and Wannanhua pigs, the TNB and NBA of the multiparous sows were significantly affected by different genotypes of *ESR* ($P < 0.05$). In Wannanhei and Dingyuan pigs, the TNB and NBA of the sows were significantly affected by different genotypes of *FSHβ* ($P < 0.05$). Therefore, the association of *ESR* and *FSHβ* genotypes with litter size of four local pig breeds in Anhui could provide useful information for marker-assisted selection in pig breeding.

Key words: *ESR*; *FSHβ*; polymorphism; litter size; pig

收稿日期: 2013-12-10

基金项目: 国家自然科学基金 (31171200), 安徽省自然科学基金 (1408085QC55), 国家农业科技成果转化资金 (2012GB2C300207) 和安徽农业大学青年科学基金 (2013zr6) 共同资助。

作者简介: 张晓东, 博士, 讲师。E-mail: xdzhang1983@163.com

* 通信作者: 殷宗俊, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: yinzongjun@ahau.edu.cn

猪的产仔数性状是猪繁殖性状的主要组成部分,提高猪产仔数对于提高养猪业的总体经济效益意义重大^[1]。Rothschild 等人研究发现雌激素受体 (estrogen receptor, ESR) 基因是猪产仔数的主效基因,其外显子 5 中 *Pvu* II 酶切位点多态性与猪产仔数密切相关^[2-5]。Zhao 等人研究表明,促卵泡素 β 亚基 (follicle stimulate hormone β subunit, *FSH β*) 基因与猪产仔数的主效基因连锁,进一步的研究证明该基因本身也是猪产仔数的主效基因,其内含子 1 中 292 bp 的逆转座子插入突变所形成的多态对猪的产仔数有显著的影响^[6-9]。到目前为止,多个物种的 *ESR* 和 *FSH β* 基因都已得到克隆,且在在不同物种间表现出较强的保守性,二者均不同程度地影响畜禽的繁殖性状^[10-14]。鉴于 *ESR* 和 *FSH β* 基因在畜禽繁殖性状上的重要作用,而安徽省主要地方猪种在这方面还缺乏系统研究。因此,本研究以安徽 4 个主要的地方猪种为试验材料,对 *ESR* 和 *FSH β* 基因的多态性进行检测,并与产仔数进行关联分析,探讨不同基因型对产仔数影响的遗传效应,旨在为基于 *ESR* 和 *FSH β* 基因多态性进行标记辅助选择提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

4 个安徽地方猪种:定远猪 73 头,来自定远县种畜场(定远县家畜改良站);安庆六白猪 34 头,来自安庆六白猪保种场;皖南花猪 55 头,来自黟县皖南花猪保种场;皖南黑猪 51 头,来自宁国凤形农林开发有限公司种猪场。4 个猪种总计 213 头,采集耳组织作为试验样本。并搜集了本研究所需的繁殖性状记录,包括初产和经产的总产仔数 (total number born, TNB) 和产活仔数 (number born alive, NBA),其中总产仔数按产活仔数加死胎计。

1.2 基因组 DNA 提取

采用常规的酚-氯仿法提取基因组 DNA,1% 琼脂糖凝胶电泳和紫外分光光度法测定基因组 DNA 浓度和纯度,稀释至 $100 \text{ ng}\cdot\text{mL}^{-1}$, -20°C 保存备用^[15]。

1.3 引物合成

参照 Short 等^[16]所发表的引物序列,扩增 *ESR* 基因第 5 外显子约 120 bp 的序列,包含 *Pvu* II 酶切位点,上游引物为:5'-CCTGTTTTTACAGTGACTTTTACAGAG-3',下游引物为:5'-CACTTCGAGGGTCAGTCCAATTAG-3'。参照 Zhao 等^[6]所发表的引物序列合成引物,扩增 *FSH β* 基因内含子 1 中包含 292 bp 逆转座子插入突变的部分序列,上游引物为:

5'-CCTTTAAGACAGTCAATGGC-3',下游引物为:5'-ACTGGTCTATTCATCCTCTC-3'。引物由上海生物工程技术有限公司合成。

1.4 PCR 扩增

ESR 基因 PCR 反应体系 (25 μL):模板 DNA (50 $\text{ng}\cdot\mu\text{L}^{-1}$), 3.0 μL ; 10 \times PCR buffer (含 Mg^{2+}), 2.5 μL ; 4 \times dNTPs (2.5 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$), 2.0 μL ; 正向引物 F (66 $\text{ng}\cdot\mu\text{L}^{-1}$), 1.0 μL ; 反向引物 R (66 $\text{ng}\cdot\mu\text{L}^{-1}$), 1.0 μL ; *Taq* DNA 聚合酶 (5 $\text{U}\cdot\mu\text{L}^{-1}$), 0.5 μL ; ddH₂O, 15 μL 。扩增条件:首先 94°C 预变性 4 min,接着 58°C 退火 1 min, 70°C 延伸 1 min,然后 31 个循环 (94°C 变性 1 min, 58°C 退火 1 min, 70°C 延伸 1 min),最后 72°C 延伸 8 min, 4°C 保存。采用 3.0% 琼脂糖凝胶检测 PCR 产物,在凝胶成像系统下观察 PCR 扩增情况。

FSH β 基因 PCR 反应体系 (25 μL):模板 DNA (50 $\text{ng}\cdot\mu\text{L}^{-1}$), 1.0 μL ; 10 \times PCR buffer (含 Mg^{2+}), 2.5 μL ; 4 \times dNTPs (2.5 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$), 2.0 μL ; 正向引物 F (66 $\mu\text{g}\cdot\mu\text{L}^{-1}$), 1.0 μL ; 反向引物 R (66 $\mu\text{g}\cdot\mu\text{L}^{-1}$), 1.0 μL ; *Taq* DNA 聚合酶 (5 $\text{U}\cdot\mu\text{L}^{-1}$), 1.0 μL ; ddH₂O, 16.5 μL 。扩增条件:首先 94°C 预变性 5 min,接着 35 个循环 (94°C 变性 30 s, 58°C 退火 30 s, 72°C 延伸 30 s),最后 72°C 延伸 7 min, 4°C 保存。采用 1.0% 琼脂糖凝胶检测 PCR 产物,在凝胶成像系统下观察 PCR 扩增情况并判定基因型。

1.5 酶切鉴定

酶切反应体系 (20 μL):*ESR* 基因的 PCR 产物 10 μL , *Pvu* II 限制性内切酶 6 U, 10 \times buffer 2 μL , 加 ddH₂O 至 20 μL 。 37°C 反应 4 h,酶切产物用 5.0% 琼脂糖凝胶电泳分析。

1.6 统计分析

统计基因频率和基因型频率,并做品种内的群体遗传平衡 (Hardy-Weinberg) 检验。采用 SPSS 13.0 软件的 GLM 过程分析基因型与总产仔数 (TNB) 及产活仔数 (NBA) 的相关性,结果采用 LSD 法进行多重比较,不同基因型对应的 TNB 与 NBA 均用“最小二乘均数 \pm 标准误 (LSM \pm SE)”来表示,其线性模型如下:

$$Y_{ijkl} = \mu + a_i + b_j + c_k + e_{ijkl}$$

式中, Y_{ijkl} 为性状观察值; μ 为总体均值; a_i 为基因型效应; b_j 为场、年、季效应; c_k 为胎次效应, e_{ijkl} 为随机残差效应^[17]。

2 结果与分析

2.1 *ESR* 基因的 PCR-RFLP 分析

ESR 基因 PCR 扩增产物的琼脂糖凝胶电泳结果

见图 1, 可见安徽 4 个地方猪种的扩增片段大小一致, 约为 120 bp, 符合预期结果; 条带清晰, 没有非特异性扩增带, PCR 产物可以直接进行 RFLP 分析。*ESR* 基因 PCR-RFLP 分析结果见图 2, 根据条带的数目和位置, 确定有 3 种基因型, 分别命名为 AA (1 条带, 约 120 bp), AB (3 条带, 65+55+120 bp) 和 BB (2 条带, 65+55 bp)。

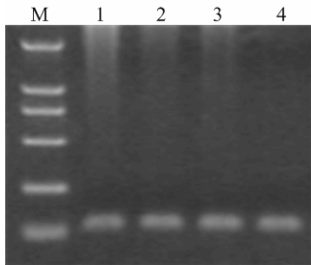
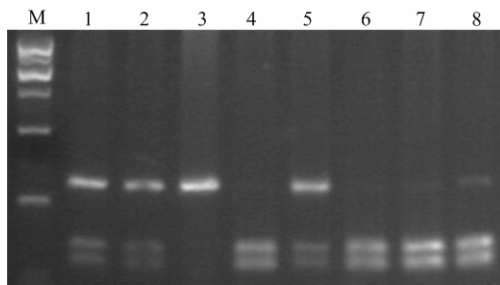


图 1 *ESR* 基因 PCR 产物的琼脂糖凝胶电泳

Figure 1 Agarose gel electrophoresis of PCR product of *ESR* gene



1、2、5、8 为 AB 型; 3 为 AA 型; 4、6、7 为 BB 型; M 为 DL 2000

lane 1, 2, 5, 8: AB genotype; lane 3: AA genotype; lane 4, 6, 7: BB genotype; M: DL 2000 Marker

图 2 *ESR* 基因 *Pvu* II 酶切产物的琼脂糖凝胶电泳

Figure 2 Agarose gel electrophoresis of digested PCR product with *Pvu* II

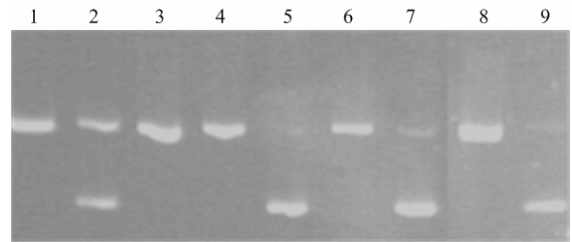
2.2 *FSHβ* 基因的 PCR 扩增和基因型判定

FSHβ 基因的 PCR 扩增结果见图 3, 根据条带的数目和位置确定为 3 种基因型, 分别命名为 CC (1 条带, 约 0.5 kb)、CD (2 条带, 0.5 kb+0.2 kb) 和 DD (1 条带, 约 0.2 kb)。

2.3 群体遗传特征分析

对安徽 4 个地方猪种 *ESR* 和 *FSHβ* 基因多态位点的等位基因频率和基因型频率进行统计, 并作群体内的 Hardy-Weinberg 平衡检验, 结果见表 1 和表 2。由表 1 可知, *ESR* 基因在安庆六白猪和定远猪中都出现了 AA、AB 和 BB 3 种基因型, 而在皖南黑猪和皖南花猪中只出现了 AA 和 AB 2 种基因型。*ESR* 基因多态位点的等位基因频率和基因型频率分布不均, 其中等位基因 A 的频率较高; 安庆六白猪

检测群体基因频率和基因型频率处于 Hardy-Weinberg 平衡状态 ($P>0.05$), 而定远猪、皖南黑猪和皖南花猪检测群体基因频率和基因型频率都处于 Hardy-Weinberg 不平衡状态 ($P<0.01$)。



1、3、4、6、8 为 CC 型; 5、7、9 为 CD 型; 2 为 DD 型
Lanes of 1, 3, 4, 6 and 8: CC genotype; lanes of 5, 7 and 9: DD genotype; lane 2: CD type

图 3 *FSHβ* 基因 PCR 产物的琼脂糖凝胶电泳

Figure 3 Agarose gel electrophoresis of PCR product of *FSHβ* gene

由表 2 可知, *FSHβ* 基因在皖南黑猪和皖南花猪中都出现了 CC、CD 和 DD 3 种基因型, 而安庆六白猪和定远猪中只出现了 CC 和 CD 2 种基因型。*FSHβ* 基因多态位点的等位基因频率和基因型频率分布不均, 其中等位基因 C 的频率较高; 定远猪、皖南黑猪和皖南花猪检测群体基因频率和基因型频率都处于 Hardy-Weinberg 平衡状态 ($P>0.05$), 而安庆六白猪检测群体基因频率和基因型频率处于 Hardy-Weinberg 不平衡状态 ($P<0.01$)。

2.4 不同基因型与产仔数的关联分析

ESR 和 *FSHβ* 基因不同基因型与安徽 4 个地方猪种产仔数的关联分析结果见表 3 和表 4。由表 3 可知, 安庆六白猪 *ESR* 不同基因型个体间的 TNB 和 NBA 差异不显著 ($P>0.05$); 在定远猪经产母猪群体中, BB 和 AB 型个体的 TNB 和 NBA 均显著高于 AA 型个体 ($P<0.05$); 皖南黑猪不同基因型个体间的 TNB 和 NBA 差异不显著 ($P>0.05$); 在皖南花猪经产母猪群体中, AA 型个体的 TNB 和 NBA 均显著高于 AB 型个体 ($P<0.05$)。

由表 4 可知, 安庆六白猪 *FSHβ* 不同基因型个体间的 TNB 和 NBA 差异不显著 ($P>0.05$); 在定远猪经产母猪群体中, CD 型个体的 TNB 和 NBA 均显著高于 CC 型个体 ($P<0.05$); 皖南黑猪初产母猪群体中, DD 型个体的 TNB 和 NBA 均显著高于 CC 型个体 ($P<0.05$), 经产母猪群体中, DD 型个体的 NBA 显著高于 CC 型个体 ($P<0.05$); 皖南花猪不同基因型个体间的 TNB 和 NBA 差异不显著 ($P>0.05$)。

表 1 *ESR* 基因多态位点的基因频率和基因型频率
Table 1 Allele and genotype frequency of *ESR* gene polymorphic site

品种 Breed	样本数 Test number	基因型频率 Genotype frequencies			等位基因频率 Allele frequencies		χ^2 值 χ^2 value
		AA	AB	BB	A	B	
安庆六白猪 Anqingliubai	34	0.206(7)	0.676(23)	0.118(4)	0.544	0.456	3.467
定远猪 Dingyuan	73	0.288(21)	0.671(49)	0.041(3)	0.623	0.377	12.092
皖南黑猪 Wannanhei	51	0.176(9)	0.824(42)	0.000(0)	0.588	0.412	22.845
皖南花猪 Wannanhua	55	0.236(13)	0.764(42)	0.000(0)	0.618	0.382	19.028

注: 括号内为该基因型个体的数量; $\chi^2_{0.05(2)}=5.99$, $\chi^2_{0.01(2)}=9.21$ 。下同。

Note: Numbers in the brackets indicate the sample number. The same below.

表 2 *FSH β* 基因多态位点的基因频率和基因型频率
Table 2 Allele and genotype frequency of *FSH β* gene polymorphic site

品种 Breed	样本数 Test number	基因型频率 Genotype frequencies			等位基因频率 Allele frequencies		χ^2 值 χ^2 value
		CC	CD	DD	C	D	
安庆六白猪 Anqingliubai	34	0.353(12)	0.647(22)	0.000(0)	0.676	0.324	6.163
定远猪 Dingyuan	73	0.918(67)	0.082(6)	0.000(0)	0.959	0.041	1.262
皖南黑猪 Wannanhei	51	0.922(47)	0.039(2)	0.039(2)	0.941	0.059	2.392
皖南花猪 Wannanhua	55	0.472(26)	0.364(20)	0.164(9)	0.654	0.346	1.498

表 3 *ESR* 基因不同基因型与产仔数的关联分析
Table 3 Association between *ESR* gene genotypes and litter size in Anhui local four pig breeds

品种 Breed	基因型 Genotype	样本数 Test number	初产 First parity		经产 Latter parity	
			总产仔数(TNB)	产活仔数(NBA)	总产仔数(TNB)	产活仔数(NBA)
安庆六白猪 Anqingliubai	AA	7	8.71±1.80	7.29±1.38	12.29±1.80	10.71±1.70
	AB	23	8.30±1.33	7.13±1.52	12.17±1.30	10.61±1.70
	BB	4	7.50±1.00	6.75±1.26	11.50±1.29	10.00±1.15
定远猪 Dingyuan	AA	21	10.29±1.85	9.29±1.93	11.33±1.59 ^a	10.29±1.45 ^a
	AB	49	10.63±1.73	9.90±1.92	13.39±1.91 ^b	12.55±1.96 ^b
	BB	3	11.67±1.53	10.33±1.53	14.33±0.58 ^b	13.67±0.58 ^b
皖南黑猪 Wannanhei	AA	9	9.22±1.48	7.22±1.64	12.56±2.65	10.78±1.99
	AB	42	9.57±1.25	8.19±1.49	12.88±2.05	10.81±1.81
	BB	—	—	—	—	—
皖南花猪 Wannanhua	AA	13	9.38±1.45	7.92±1.55	12.92±1.71 ^a	11.38±1.76 ^a
	AB	42	8.69±1.32	7.43±1.36	11.67±1.63 ^b	10.29±1.64 ^b
	BB	—	—	—	—	—

注: 数值为最小二乘均值±标准误; 同列同品种间数据标注不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$), TNB. 总产仔数; NBA 产活仔数。下同。

Note: The data are expressed as least-square mean ± standard error. Value with different small letters within the same column differ significantly ($P<0.05$). TNB, total number born; NBA, number born alive. The same below.

3 讨论

产仔数是由多种因素决定的, 如配种技术、公猪精液品质、母猪营养状况、排卵数、激素分泌水平、子宫环境、胎次和季节等。其中排卵数是重要的影响因素之一, 由于排卵是受下丘脑-垂体-性腺轴调控的, 因此参与垂体性腺轴调控的各类激素都有可能对产仔数产生影响, 而编码各类激素的基因

则是在分子水平上影响猪产仔数的主要因素^[18]。目前普遍认可的与猪产仔性状有关的候选基因有 *ESR* 基因、*FSH β* 基因及催乳素受体(Prolactin receptor, PRLR)基因等^[19]。关于 *ESR* 和 *FSH β* 基因对猪产仔数的影响, 国内外进行了大量的研究。Rothschild 等系统研究了 *ESR* 基因 Pvu II 酶切多态性与猪产仔数的关系, 证明了等位基因 B 为产仔数的优势基因^[2,20]; 同样, 陈克飞等也证明无论是中国地方猪种

还是外来猪种, *ESR* 基因的 BB 基因型有助于提高猪产仔数^[21]。王宵燕等研究表明, 苏姜猪 *ESR* 基因的 *Pvu* II 酶切位点的 B 等位基因频率和 BB 型个体数随世代的增加在不断上升, BB 型个体的公猪产仔数有增加的趋势, 在与 AA 型母猪交配后产仔数相对于基因型分别为 ABAA、ABAB 的公母猪交配后的产仔数显著提高^[22]。然而, 他们在 2009 年的研究却表明, *ESR* 基因的 B 等位基因与猪部分生长有显著负效应, 在选择过程中过分注重肉质和生长速度的选择可能会导致 BB 型纯合子被淘汰^[23]。在本研究中, 也出现了 BB 型个体较少的情况, 皖南花猪和皖南黑猪甚至没有出现 BB 型个体, 这可能与目前地方品种的选育重点也逐渐偏向肉质和长速有关。4 个品种中只有安庆六白猪群体处于哈代-温伯格平衡状态, 定远猪、皖南黑猪和皖南花猪群体均极显著偏离哈代-温伯格平衡, 这可能是因为保种群本身规模较小, 选育过程中缺乏系统的育种目

标和规划, 导致群体内近交程度较高, 交配机会不均等造成的影响^[24]。而随着选育群体规模的扩大, 以及在后期制定配种计划时考虑近交系数不至增长过快, 可使得 *ESR* 基因的 *Pvu* II 酶切位点处于动态平衡中。本研究发现, 在定远猪经产母猪群体中, BB 和 AB 型个体的 TNB 和 NBA 均显著高于 AA 型个体; 同样, 在皖南黑猪群体中也存在 AB>AA 型的趋势, 可见 B 等位基因是这两个品种优势基因, 这点与前人的研究相一致。然而, 在安庆六白猪群体中, *ESR* 基因型非但对 TNB 和 NBA 的影响不显著, 而且出现了 AA>AB>BB 型的趋势, 在皖南花猪检群体中, 也存在 AA>AB 型的趋势, 这似乎说明 A 等位基因对于这两个地方猪种是有利基因, 这点与前人报道不一致, 是否是由于试验样本量较少导致的, 还是品种特有的情况, 仍需在大规模中进一步验证。

表 4 *FSH β* 基因不同基因型与产仔数的关联分析

Table 4 Association between *FSH β* gene genotypes and litter size in Anhui local four pig breeds

品种 Breed	基因型 Genotype	样本数 Test number	初产 First parity		经产 Latter parity	
			总产仔数(TNB)	产活仔数(NBA)	总产仔数(TNB)	产活仔数(NBA)
安庆六白猪 Anqingliubai	CC	12	8.67±1.56	7.42±1.62	12.25±1.60	10.58±2.11
	CD	22	8.09±1.31	6.95±1.33	12.05±1.29	10.55±1.34
	DD	—	—	—	—	—
定远猪 Dingyuan	CC	67	10.48±1.74	9.64±1.87	12.69±2.03 ^a	11.78±2.08 ^a
	CD	6	11.67±1.75	10.83±2.14	14.50±1.05 ^b	13.83±0.75 ^b
	DD	—	—	—	—	—
皖南黑猪 Wannanhei	CC	47	9.36±1.22 ^a	7.87±1.50 ^a	12.62±2.09	10.60±1.74 ^a
	CD	2	11.00±0.00 ^{ab}	9.00±0.00 ^{ab}	15.00±1.41	13.00±0.00 ^{ab}
	DD	2	11.50±0.71 ^b	10.50±0.71 ^b	15.50±0.71	13.50±0.71 ^b
皖南花猪 Wannanhua	CC	26	8.62±1.47	7.19±1.60	11.81±1.88	10.46±1.84
	CD	20	9.00±1.30	7.75±1.21	12.10±1.68	10.50±1.82
	DD	9	9.22±1.20	8.11±1.05	12.11±1.45	10.89±1.17

关于 *FSH β* 基因, 赵要凤等曾经做过系统的研究, 他们发现在 *FSH β* 基因内含子 1 中的逆转座子插入突变多态性位点上, D 等位基因为国外引进猪种的优势基因, 但是 DD 优势基因型在产仔数较高的金华猪、莱芜猪、二花脸猪和香猪中分布频率较低甚至没有出现^[6]。而陈来华等在对大白猪的研究中却发现了与前者相反的结果, 他们发现 CC 基因型为大白猪的优势基因型, C 等位基因对 TNB、NBA 和 PE (胎盘效率) 均表现为正效应^[25]。本试验中我们也发现 C 等位基因在安徽 4 个地方猪中的分布频率较高, 而且在六白猪中不同基因型个体间的 TNB、NBA 差异虽不显著, 但存在 CC 型>CD 型

的趋势; 相反, 在定远猪、皖南黑猪和皖南花猪中, 不同基因型个体间 TNB 和 NBA 均存在不同程度的差异, 且表现出 CC 型<CD 型<DD 型的趋势, 似乎 D 等位基因可作为其高产选择的一个依据。综上所述, 本研究结果表明 *FSH β* 基因内含子 1 中的逆转座子插入突变在安徽 4 个地方猪种中呈现不同的形式, 不同品种的不同基因型之间产仔数有的存在差异, 有的不存在差异, 这些结果或符合前人研究结果, 或与前人研究相反。究其原因, 我们认为不同的品种、地理环境以及选育方式都可能造成个体的遗传变异。本研究中 4 个安徽地方猪种均来自省内群体规模不大的保种群, 长期的封闭选育不可避免

地带来了近交程度的加大,造成一些基因型甚至等位基因的丢失,这就提示我们在未来的保种道路上,要继续扩大种群数量,适当提高家系公猪的数量,以维护种群的延续与发展。

参考文献:

- [1] Niu B, Li F, Xiong Y, et al. Characterization and association analysis with litter size traits of porcine matrix metalloproteinase-9 gene (pMMP-9)[J]. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 2013,171(3): 1-9.
- [2] Rothschild M F, Jacobson C, Vaske D A, et al. The estrogen receptor locus is associated with a major gene influencing litter size in pigs[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1996, 93(1): 201-205.
- [3] Ma J, Li M, Wang H, et al. Genotyping of the porcine ryanodine receptor 1 (RYR1) and estrogen receptor 1 (ESR1) genes by high resolution melting (HRM) approach[J]. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 2012, 17(5): 1076-1079.
- [4] Renaville B, Piasentier E, Bacciu N, et al. Association of the estrogen receptor 1 and 2 polymorphisms with fat distribution in heavy pigs[J]. *Livestock Science*, 2012, 146(1): 54-58.
- [5] Liu H, Yang L, Jin M W, et al. The selective estrogen receptor modulator raloxifene inhibits cardiac delayed rectifier potassium currents and voltage-gated sodium current without QTc interval prolongation[J]. *Pharmacological Research*, 2010, 62(5): 384-390.
- [6] Zhao Y F, Li N, Xiao L, et al. Research on inserted mutation of the retrotransposon in FSH β subunit and its relationship with litter size in pig [J]. *Science in China (Series C)*, 1999, 29(1): 81-86.
- [7] Zhang D J, Liu D, Yang G W, et al. Impact of the GPX5, FUT1, FSH β and PRLR genes on individual weight at birth and 30 days in hybrid pig[J]. *Journal of Applied Animal Research*, 2010, 38(2): 239-243.
- [8] Feng F, Li X, Lu G, et al. Relationship of genetic polymorphism of FSH β and PRLR genes with litter size traits in Yunan Black Pig and three foreign pig breeds[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2011(5): 015.
- [9] Justice N J, Blount A L, Pelosi E, et al. Impaired FSH β expression in the pituitaries of Foxl2 mutant animals[J]. *Molecular Endocrinology*, 2011, 25(8): 1404-1415.
- [10] Terman A, Kumalska M. The effect of a SNP in ESR gene on the reproductive performance traits in Polish sows[J]. *Russian Journal of Genetics*, 2012, 48(12): 1260-1263.
- [11] Rybalko V P, Semenov V V, Rachkov I G, et al. Polymorphism of H-FABP and ESR genes and their role in forming productivity of pig meat breeds[J]. *Russian Agricultural Sciences*, 2012, 38(5/6): 393-395.
- [12] 汤青萍, 朱文奇, 吴旭, 等. ESR 基因与文昌鸡产蛋性状的关联性研究[J]. *云南农业大学学报*, 2009, 24(1): 67-70.
- [13] Tao F, You Z Z, Ran D, et al. Polymorphism analysis on partial exons of estrogen receptor (ESR) gene in goats[J]. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 2009, 17(2): 237-242.
- [14] 梁宏伟, 咎林森, 孟彦, 等. 秦川牛和中国荷斯坦奶牛 FSH β 基因 SSCP 多态性分析[J]. *中国农学通报*, 2005, 21(5): 81-83.
- [15] J. 萨姆布鲁克, D W. 拉塞尔. 分子克隆实验指南[M]. 3 版. 黄培堂, 王嘉玺, 朱厚础, 等译. 北京: 科学出版社, 2002: 479-485.
- [16] Short T H, Rothschild M F, Southwood O I, et al. Effect of the estrogen receptor locus on reproduction and production traits in four commercial pig lines[J]. *Journal of Animal Science*, 1997, 75(12): 3138-3142.
- [17] 张沅, 张勤. 畜禽育种中的线性模型[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1993: 52- 86.
- [18] 杨公社. 猪生产学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 205-207.
- [19] 张陈华, 丁月云, 王阳, 等. 圩猪和定远猪 PRLR 基因多态性与产仔数的关联分析[J]. *中国农业大学学报*, 2011, 16(3): 117-121.
- [20] Rothschild M F, Jacobson C, Vaske D A, et al. A major gene for litter size in pigs[C]//*Proceedings of the 5th world congress on genetics applied to livestock production*. Guelph: University of Guelph, Canada, 1994, 21: 225-228.
- [21] 陈克飞, 黄路生, 李宁, 等. 猪雌激素受体基因(ESR)对产仔数性状的影响[J]. *遗传学报*, 2000, 27(10): 853- 857.
- [22] 王宵燕, 何庆玲, 经荣斌, 等. ESR 基因在苏姜猪世代选育中的遗传变异及与猪群繁殖性状的关联[J]. *中国农业科学*, 2012, 45(4): 768-773.
- [23] 王宵燕, 曹国林, 孙丽亚, 等. 苏姜猪 ESR 基因和 FSH β 基因的多态性及其对部分生长性状的影响[J]. *中国畜牧杂志*, 2009, 13: 1-3.
- [24] 陈宏权, 王治华, 殷宗俊. 动物遗传学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002: 110- 119.
- [25] 陈来华, 王立贤, 季跃光, 等. FSH β 亚基基因与繁殖性能及胎盘性状的关联分析[J]. *畜牧兽医学报*, 2010, 41(11): 1365-1370.