

DOI: 10.1360/yc-007-1497

北京黑猪 *FSH β* 亚基基因的多态性与繁殖性状的关联分析

罗仍卓么^{1,2}, 王立贤¹, 孙世铎²

1. 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 北京 100094;
2. 西北农林科技大学动物科技学院, 陕西杨凌 712100

摘要: 本研究以北京黑猪为研究对象, 以*FSH β* 亚基基因为产仔性状的候选基因, 分别采用PCR产物直接电泳和PCR-RFLP方法来检测*FSH β* 亚基基因2个位点的多态性。结合测序发现:*FSH β -1*位点上, 北京黑猪BB型的134与135 bp (D00621序列的6 473与6 474 bp)之间插入273 bp的片段而产生多态, 序列分析表明该插入片段为一典型的逆转座子, 在插入片段中还发现了一个RNA聚合酶内部启动子;*FSH β -2*位点上, 由于扩增片段173 bp处存在C→T的突变, 使得Hae III酶切位点消失而产生多态; 2个位点的A、B等位基因在北京黑猪群体中都有分布, 且处于低度多态。 χ^2 适合性检验结果表明, 该群体在这2个位点的突变都达到Hardy-Weinberg平衡状态($P>0.05$)。用SAS 8.2软件最小二乘法拟合线性模型, 将基因座不同基因型与繁殖性状总产仔数(TNB)、产活仔数(NBA)和出生重(WB)进行了关联分析, 结果表明: 就初产母猪而言, *FSH β -1*位点上, AA型比AB和BB型个体的TNB分别多0.96头和1.85头($P<0.05$), AA和AB型比BB型个体的NBA分别多0.95头和1.69头($P<0.05$)。 *FSH β -2*位点上, AA型比AB型和BB型个体的TNB分别多1.57头和2.15头($P<0.05$); AA和AB型比BB型个体的NBA分别多1.00头和0.94头($P<0.05$); 就经产母猪而言, *FSH β -2*位点上, AA型个体的WB比BB型的WB重0.25 kg ($P<0.05$)。全部群体的*FSH β -1*位点的A等位基因和初产母猪*FSH β -2*位点的A等位基因对TNB、NBA和WB表现为正效应。

关键词: 北京黑猪; *FSH β* 亚基基因; 多态性; 繁殖性状; 候选基因

Genetic polymorphism of *FSH β* subunit gene and correlation with reproductive traits in Beijing black pig

LUORENG Zhuoma^{1,2}, WANG Li-Xian¹, SUN Shi-Duo²

1. Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100094, China;
2. Animal Science-Technology College of Northwest A & F University, Yangling 712100, China

Abstract: *FSH β* subunit gene was regarded as a candidate gene for reproductive traits of Beijing Black Pig in this study. The polymorphism of two loci *FSH β -1* and *FSH β -2* was detected by electrophoretic method and PCR-RFLP with restriction endonuclease Hae III. Sequencing results showed that a 273 bp sequence, which was a retrotransposons including a RNA Polymerase III inter promoter, was inserted between the 134th and 135th nucleotide of the PCR product in *FSH β -1*, and the mutation (C→T) was revealed at the 173th nucleotide of the PCR product in *FSH β -2*. Both alleles (A and B) of both loci were found in the population that showed low polymorphism. Chi-square test indicated that the two polymorphism sites

收稿日期: 2007-06-04; 修回日期: 2007-07-01

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(编号: 2006BAD01A08)和国家高技术研究发展计划(863)项目(编号: 2006AA10Z199)资助[Supported by 11th National Key Technology R&D Program (No. 2006BAD01A08) and Chinese National Programs for High Technology Research and Development(No. 2006AA10Z199)]

作者简介: 罗仍卓么(1978-), 女, 藏族, 青海人, 硕士研究生, 专业方向: 生物技术与家畜育种。E-mail: luorenzhuoma@163.com

通讯作者: 王立贤(1965-), 男, 研究员, 博士生导师, 研究方向: 猪遗传育种。Tel: 010-62816011; E-mail: iaswlx@263.net

fitted Hardy-Weinberg equilibrium ($P>0.05$). The effects of polymorphism of *FSH* β subunit gene on total born number (TNB), number born alive (NBA), and birth weight (WB) were analyzed. For *FSH* β -1 locus, pigs of the first parity with genotype *AA* had 0.96 and 1.85 TNB more than those with genotypes *AB* and *BB*. The pigs of the first parity with genotypes *AA* and *AB* had 0.95 and 1.69 NBA more than those with genotype *BB*, respectively. For *FSH* β -2 locus, pigs of the first parity with genotype *AA* had 1.57 and 2.15 TNB more than those with genotypes *AB* and *BB*. The pigs of the first parity with genotypes *AA* and *AB* had 1.00 and 0.94 NBA more than those with genotype *BB*, respectively. The pigs of multiparous with genotype *AA* had 0.25 kg of WB more than those with genotype *BB*. The results of combined genotype effects indicated that *A* allele of *FSH* β -1 locus in all the population and *FSH* β -2 locus in pigs of the first parity had the positive effective on TNB, NBA, and WB.

Keywords: Beijing black pig; *FSH* β ; polymorphism; reproductive traits; candidate gene

繁殖力是影响养猪业生产效率的一个主要因素,在很大程度上取决于遗传改良和经营管理的提高。由于繁殖性状的遗传力比较低,常规育种取得的效果很不理想^[1],而候选基因法可为标记辅助选择提供依据,快速提高猪的繁殖力。*FSH* β 可刺激卵泡的生长和发育,影响生长卵泡的数量,激发卵泡的最后成熟,诱发排卵,在母猪繁殖过程中起重要作用。因而常把*FSH* β 亚基基因作为影响猪产仔数的一个主要基因来研究,其多态性与猪繁殖性状关联是研究的热点。近年来,在大白、长白、杜洛克等外来猪种^[2-5]及我国一些地方猪种,如香猪、二花脸猪、民猪、梅山猪、莱芜黑猪和金华猪等上都有研究^[5-9],但结果显示在不同的猪种中其结果不同。到目前为止,尚未有北京黑猪的报道,北京黑猪是北京地区现在唯一的一个具有一定群体规模和开发价值的地方培育品种,瘦肉率适中、适应性好、抗病力强,不需要复杂的杂交配套,能够直接生产优质肉,现已成为北京优质肉市场的主要品牌,但繁殖性能低。本试验以繁殖性能较低的北京黑猪为研究对象,检测了*FSH* β 亚基基因的多态性,探讨了多态性与繁殖性状之间的关系,旨在寻找北京黑猪与繁殖性能有关的标记位点,为标记辅助育种、提高北京黑猪的繁殖性能提供依据。

1 材料和方法

1.1 实验材料

1.1.1 样本来源

实验猪群及其耳组织样品来自北京黑猪原种猪场,共 321 头。整理 2001 年到 2006 年的母猪群生产记录,共有 607 窝仔猪记录。

1.1.2 主要试剂

Taq DNA 聚合酶、dNTP 混合物购自北京天为

时代公司; *Hae* 限制性内切酶购自宝生物(大连)工程有限公司。Marker 购自天根生物技术有限公司,条带大小分别为 600、500、400、300、200、100 bp。

1.2 实验方法

1.2.1 基因组 DNA 提取

用酚-氯仿抽提法从猪耳组织样品中提取基因组 DNA, 0.8%琼脂糖凝胶电泳检测其纯度,用紫外分光光度计法估计含量,稀释 DNA 样品至 50 ng/ μ L。

1.2.2 引物设计

本实验所用引物参照文献[3,4],序列为 F1: 5'-CCTTTAAGACAGTCAATGGC-3', R1: 5'-ACTGTCTATTTCATCCTCTC-3'; F2: 5'-AGTTCTGAAATGATTTTTTCGGG-3', R2: 5'-TTTGCCATTGACTGTCTAAAGG-3'。引物由上海英骏生物技术有限公司合成,灭菌双蒸水溶解至浓度为 10 μ mol/L, 4 $^{\circ}$ C 保存。

1.2.3 PCR 扩增

采用 PCR 技术分别扩增 *FSH* β 亚基基因的 2 个片段,其反应体系为: 10 \times buffer 2.0 μ L, 25 μ mol/L Mg^{2+} 2.0 μ L, 10 μ mol/L dNTPs 0.4 μ L, 10 μ mol/L 上、下游引物各 0.4 μ L, 模板 DNA 50 ng, *Taq* DNA 聚合酶 0.3 μ L, 超纯水至 20 μ L。PCR 反应条件为: 95 $^{\circ}$ C 预变性 5 min; 94 $^{\circ}$ C 变性 30 s, 55 $^{\circ}$ C 复性 30 s, 72 $^{\circ}$ C 延伸 30 s, 35 个循环,最后 72 $^{\circ}$ C 延伸 10 min。其 PCR 产物位置及大小如表 1 所示, PCR 产物用 1.5%的琼脂糖凝胶电泳检测。

1.2.4 PCR 产物酶切及基因分型

FSH β -1 基因分型: 采用直接电泳。将 *FSH* β -1 的 PCR 产物 4 μ L 进行 1.5%的琼脂糖凝胶电泳, 120 V 30 min, 照像, 统计基因型。

FSH β -2 基因分型: 采用酶切方法。酶切总体系 10 μ L, 其中 PCR 产物 4 μ L, *Hae* 内切酶(10 U/ μ L)

表 1 PCR 产物位置及大小

Table1 The positions and sizes of PCR products

片段名称 Fragment name	引物 Primer	扩增位置 Position of PCR	区域* Region(bp)	大小 Size(bp)
<i>FSHβ-1</i>	F1, R1	部分 Intron 1 和部分 Exon 2	6338~6561	495/222
<i>FSHβ-2</i>	F2, R2	部分 Intron 1	5736~6359	624

*注: 扩增位置以 GenBank 上的序列 D00621 为参照。

*Note: The position of PCR product is described relative to the sequence in GenBank (accession No. D00621).

0.6 μL, 10×buffer 1 μL, 超纯水 4.5 μL, 37 过夜消化, 12%的聚丙烯酰胺 (39:1) 凝胶 160 V 电泳 6 h, 照像, 统计基因型。

1.3 数据统计

用 POPGENE1.31 计算基因频率、基因型频率、多态信息含量、有效等位基因数、群体杂合度和 χ^2 Hardy-Weinberg 平衡检验, 并进行基因效应的估计, 方法见文献[7]。

根据影响猪繁殖性能的因素, 用 SAS(8.2 版本)的 GLM(General Linear Model)过程, 配合下列模型进行最小二乘方差分析, 比较北京黑猪的总产仔数(TNB)、产活仔数(NBA)和出生重(WB)在各基因型之间的差异: $Y = \text{均数} + \text{胎次效应} + \text{季节效应} + \text{基因型效应} + \text{残差效应}$

2 结果与分析

2.1 PCR 产物及酶切结果

2.1.1 *FSHβ-1* 的 PCR 长度多态性

以北京黑猪基因组 DNA 为模板, 用 F1 和 R1 引物,

扩增 6338~6561 bp (GenBank 登录号: D00621) 的异性片段, 结果得到 3 种带型: 495 bp、495/222 bp 和 222 bp, 命名为 AA、AB 和 BB 型, 如图 1 所示。

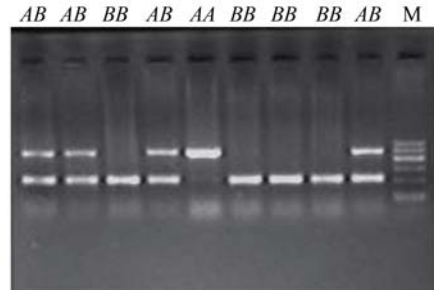


图 1 *FSHβ* 片段 1 扩增结果

Fig. 1 A profile of *FSHβ* PCR product 1

选取纯合子个体的 PCR 产物, 经纯化后送北京诺赛基因公司测序, 其比对结果表明, 北京黑猪扩增片段 BB 型的 134 与 135 bp (D00621 序列的 6473 与 6474 bp) 之间插入 273 bp 而产生 AA 型 (图 2), 从而造成多态。插入的位置位于 *FSHβ* 亚基因的内含子 1 中, 且靠近外显子 2。插入片段含有 poly(A)₁₅



图 2 *FSHβ-1* 的序列特征及比对结果

注: ↓表示片段插入位置; □表示 RNA 聚合酶 启动子的 A 区和 B 区序列; 斜体字阴影为引物序列。

Fig. 2 Sequence character and alignment of porcine *FSHβ-1*

Note: ↓ indicates the position of sequence insert; □ indicates box A and box B region of RNA polymerase promoter; Italic and shadowed letters indicate the primer sequence.

表 2 京黑猪 *FSH β* 亚基因型和基因频率Table 2 Genotypic and allelic frequencies of *FSH β* gene in Beijing black pig

位点 Loci	个体数 Number	基因型分布 Genotype distribution			基因型频率 Genotypic frequency			等位基因频率 Allelic frequency	
		<i>AA</i>	<i>AB</i>	<i>BB</i>	<i>AA</i>	<i>AB</i>	<i>BB</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
<i>FSHβ-1</i>	321	1	19	301	0.0031	0.0592	0.9377	0.0327	0.9673
<i>FSHβ-2</i>	319	2	34	283	0.0063	0.1066	0.8871	0.0596	0.9404

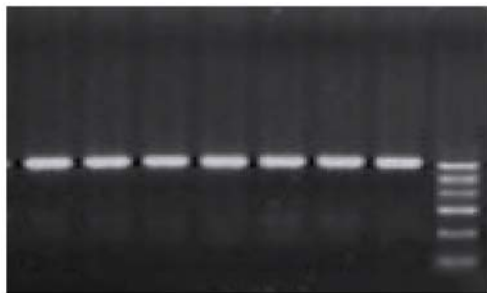
表 3 基因座位在北京黑猪群体中的多态信息含量、杂合度、有效等位基因数及 χ^2 检验Table 3 Data of heterozygosities (*H*), effective number of alleles (*Ne*), polymorphism information contents (*PIC*)

位点 Loci	多态信息含量 Polymorphism information content	杂合度 Heterozygosity	有效等位基因数 Effective number of alleles	卡方 χ^2
<i>FSHβ-1</i>	0.0613	0.0633	1.0676	0.1040
<i>FSHβ-2</i>	0.1058	0.1120	1.1262	0.1632

结构,且插入片段的两端具有相同序列(AAGAAA CGTTTG),其中AAACGTTT为回文序列,从而表明这一插入片段为一典型的逆转座子。另外,在插入片段中还发现了一个RNA聚合酶内部启动子^[10],A区序列为GGCGCAGTGG,B区序列为GATTCGACCC,与柳淑芳等在莱芜猪上的研究结果相似,但也有不同之处^[8]。

2.1.2 *FSH β -2* 的 PCR-RFLP 结果

以北京黑猪基因组 DNA 为模板,用 F2 和 R2 引物,扩增 *FSH β* 亚基因的部分 Intron 1(D00621 序列的 5 736~6 359 bp) 的特异性片段,大小为 624 bp (图 3)。

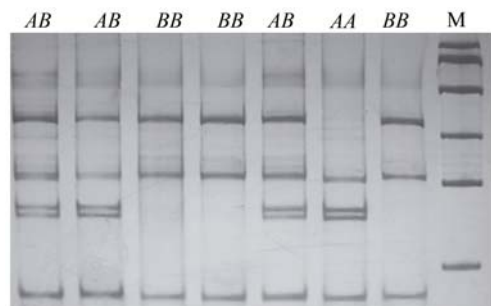
图 3 *FSH β -2* 扩增结果Fig. 3 PCR product 2 of *FSH β* gene

扩增片段经 *Hae* 酶切后,得到 3 种带型: 208/173/159/84 bp、332/208/173/159/84 bp 和 332/208/84 bp,命名为 *AA*、*AB* 和 *BB* 型(图 4)。由于扩增片段的 173 bp 处存在 C→T 的突变,使得酶切位点消失,从而产生多态,与文献[4]结果一致。

2.2 北京黑猪 *FSH β* 基因型频率、基因频率

基因型频率和基因频率见表 2。*FSH β -1* 基因在北京黑猪群体中的优势基因是 *B* 等位基因;*BB* 基因型频率最大,*AA* 基因型频率最小,*AB* 在两者之间;

同样,*FSH β -2* 基因在北京黑猪群体中的优势基因是 *B* 等位基因;*BB* 基因型频率最大,*AA* 基因型频率最小,*AB* 在两者之间。

图 4 *FSH β -2* 的 *Hae* 酶切结果Fig. 4 PCR product 2 of *FSH β* digested by *Hae*

2.3 北京黑猪 *FSH β* 亚基因的 2 个座位的群体遗传特性

FSH β 亚基因的 2 个位点在群体中的杂合度、有效等位基因数、多态信息含量及 χ^2 检验结果见表 3。由表 3 看出,在 *FSH β -1* 和 *FSH β -2* 2 个位点上,北京黑猪群体的多态信息含量小于 0.25,杂和度值很小,说明该群体在这 2 个基因座位的多态性低,遗传变异小。经过 χ^2 适合性检验,北京黑猪群体在这 2 个位点的 χ^2 值分别为 0.1040 ($P>0.05$) 和 0.1632 ($P>0.05$),说该群体在这 2 个位点的突变(缺失)已达到 Hardy-Weinberg 平衡状态。

2.4 *FSH β* 亚基因多态性与北京黑猪繁殖性状的关联分析

2.4.1 基因型效应分析

FSH β 基因 2 个位点的不同基因型个体的总产仔数(TNB)、产活仔数(NBA)和初生重(WB)的最小

二乘均值及标准误见表 4。

由表 4 可以看出, 就初产母猪而言, *FSHβ-1* 位点上, *AA* 型比 *AB* 和 *BB* 型个体的 TNB 分别多 0.96 头和 1.85 头 ($P < 0.05$), *AA* 型和 *AB* 型比 *BB* 型个体的 NBA 分别多 0.95 头和 1.69 头 ($P < 0.05$)。 *FSHβ-2* 位点上, *AA* 型比 *AB* 型和 *BB* 型个体的 TNB 分别多 1.57 头和 2.15 头 ($P < 0.05$); *AA* 型和 *AB* 型比 *BB* 型个体的 NBA 分别多 1.00 头和 0.94 头 ($P < 0.05$)。

就经产母猪而言, *FSHβ-2* 位点上, *AA* 型个体的 WB 比 *BB* 型的 WB 重 0.25 kg ($P < 0.05$)。在 *FSHβ-1* 位点上的 TNB、NBA 和 WB 以及 *FSHβ-2* 位点上的 TNB 和 NBA, *AA* 型均高于 *BB* 型, 但各基因型间的差异不显著。

就经产母猪而言, *FSHβ-2* 位点上, *AA* 型个体的 WB 比 *BB* 型的 WB 重 0.25 kg ($P < 0.05$)。在 *FSHβ-1* 位点上的 TNB、NBA 和 WB 以及 *FSHβ-2* 位点上的 TNB 和 NBA, *AA* 型均高于 *BB* 型, 但各基因型间的差异不显著。

基因效应结果表明, 初产母猪在 2 个位点上 *A* 等位基因对 TNB、NBA 和 WB 都表现为正效应, 而 *B* 等位基因表现为负效应, 对 WB 来说, 则相反。经产母猪在 2 位点上, *B* 等位基因对 TNB 和 NBA 都具有正效应, 而 *A* 等位基因为负效应, 对 WB 来说, 则相反。

2.4.2 合并基因型效应分析

分析了 *FSHβ* 基因 2 个位点的合并基因型与产仔性能的关系, 结果见表 5。可以看出, 就初产母猪而言, *AAAA* 和 *ABAB* 型个体的 TNB 显著的高于 *ABBB* 和 *BBBB* 型个体 ($P < 0.05$); *ABAB* 型的 NBA 显著的高于 *ABBB*、*BBAB* 和 *BBBB* 型; 各合并基因型的 WB 之间无显著差异。就经产母猪而言, 随着 *A* 等位基因的渗入, 各合并基因型的 TNB 的值在增加, 但各合并基因型之间差异不显著 ($P > 0.05$); *AAAA* 型个体的 NBA 显著的高于其他合并基因型 ($P < 0.05$); *AAAA* 型个体的 WB 显著的高于 *ABAB*、*BBAB* 和 *BBBB* 型, 不难看出, 无论是 *FSHβ-1* 位点还是 *FSHβ-2* 位点, *A* 等位基因对 TNB 和 NBA 都为正效应。

3 讨论

3.1 关于 *FSHβ* 基因多态性及群体遗传分析

本实验采用 PCR 技术分离了北京黑猪 *FSHβ-1* 位点和 *FSHβ-2* 位点的片段, 测序比后发现北京黑猪群体中 *FSHβ-1* 位点存在一个逆转座子的插入突变, 与二花脸猪、香猪、长白^[5]和莱芜黑猪^[8]上的研究结果一致, 但是插入片段中部分碱基存在有差异: 北京黑猪插入片段中的 poly(A) 结构为 15 个 *A*, 而莱

表 4 *FSHβ* 基因 2 个位点的单基因型对北京黑猪产仔性状的影响
Table 4 Effects of different genotypes of two loci in *FSHβ* gene on litter traits

基因座 Loci	初产 First parity			经产 Multiparous			
	TNB	NBA	WB	TNB	NBA	WB	
<i>FSHβ-1</i>	<i>AA</i>	11.05±0.70 ^a	9.20±0.73 ^a	0.62±0.25	14.42±3.05	13.76±2.87	1.22±0.26
	<i>AB</i>	10.19±0.75 ^b	9.94±0.76 ^a	1.01±0.07	11.65±0.76	9.50±0.72	0.97±0.06
	<i>BB</i>	9.20±0.17 ^b	8.25±0.18 ^b	0.98±0.02	11.08±0.36	9.34±0.34	0.99±0.03
	d	0.0650	1.2150	0.2100	-1.1000	-2.0500	-0.1350
	a	-0.9250	-0.4750	0.1800	-1.6700	-2.2100	-0.1150
	A	0.9535	1.5579	0.0157	0.6209	0.2845	-0.0108
<i>FSHβ-2</i>	<i>AA</i>	11.34±0.70 ^a	9.23±0.74 ^a	0.62±0.25	12.04±1.79	11.25±1.69	1.24±0.15 ^a
	<i>AB</i>	9.77±0.49 ^b	9.17±0.50 ^a	1.01±0.05	10.96±0.64	9.14±0.60	1.06±0.05 ^{ab}
	<i>BB</i>	9.19±0.18 ^b	8.23±0.18 ^b	0.98±0.02	11.11±0.36	9.35±0.34	0.99±0.03 ^b
	d	-0.6250	0.4400	0.2100	-0.6150	-1.1600	-0.0550
	a	-1.2050	-0.5000	0.1800	-0.4650	-0.9500	-0.1250
	A	0.6155	0.8347	0.0047	-0.0721	-0.0675	0.0720
B	-0.0390	-0.0529	-0.0003	0.0046	0.0043	-0.0046	

注: d 为显性效应, a 为加性效应; A 为 *A* 等位基因的效应; B 为 *B* 等位基因的效应

Note: Letters d and a mean dominant and additive effect, respectively. Letters A and B mean effective of allele *A* and allele *B*, respectively.

表 5 *FSH β* 基因 2 个位点的合并基因型对北京黑猪产仔性状的影响
Table 5 Effect of combined genotypes of two loci in *FSH β* gene on litter traits

合并基因型 Combined genotype	初产 First parity			经产 Multiparous		
	TNB	NBA	WB	TNB	NBA	WB
<i>AA AA</i>	13.36±2.69 ^{ac}	8.24±2.72 ^{ab}	0.62±0.25	14.33±3.06	13.71±2.89 ^a	1.24±0.06 ^b
<i>AB AB</i>	10.78±0.81 ^{ac}	10.63±0.82 ^a	1.02±0.08	11.63±0.78	9.45±0.74 ^b	0.97±0.07 ^a
<i>AB BB</i>	6.87±1.91 ^b	6.10±1.93 ^b	0.98±0.18	11.17±3.06	10.25±2.89 ^b	1.06±0.26 ^{ab}
<i>BB AA</i>	—	—	—	10.87±2.17	10.01±2.05 ^b	1.25±0.18 ^{ab}
<i>BB AB</i>	9.18±0.62 ^{abc}	8.32±0.62 ^b	1.01±0.06	10.12±0.87	8.77±0.82 ^b	1.17±0.17 ^a
<i>BB BB</i>	9.21±0.18 ^b	8.25±0.18 ^b	0.98±0.02	11.10±0.36	9.35±0.34 ^b	0.99±0.03 ^a

莱芜黑猪有 17 个 *A*, 而赵要风等^[5]的研究表明有 20 个 *A*。多态性分布方面, 本试验研究结果显示, 北京黑猪在这 2 个位点上, *B* 等位基因占绝对优势。赵要风等^[5]研究结果显示二花脸猪、香猪 *FSH β -1* 的位点 *A* 等位基因占优势, 长白猪、约克夏猪则 *B* 等位基因占优势。Rohrer 研究^[4]结果表明 *FSH β -2* 位点上杂种猪的 *A* 和 *B* 等位基因频率相当, 但在波兰合成系猪 (Polish synthetic line) 上 *B* 等位基因占优势, 综上, 说明了这 2 个位点的等位基因频率在不同品种中的分布不同, 造成这样的现象可能与品种形成时的血缘成分和长期选育有关。

3.2 *FSH β* 基因多态性与猪产仔性状的关系

猪卵泡刺激素 (Follicle-stimulating hormone, *FSH*) 是一种由垂体前叶分泌的糖蛋白, 它与性腺靶细胞受体结合, 调控配子细胞的发育和成熟。近年来, 它被当作猪繁殖性能的候选基因之一, 是人们研究的热点^[11,12]。本研究将 *FSH β* 基因作为影响北京黑猪繁殖性能的候选基因, 进行了北京黑猪 *FSH β* 基因 2 个位点的多态性与繁殖性状的关联分析, 结果发现 *FSH β -1* 位点上 *A* 等位基因对总产仔数、产活仔数和初生表现为正效应, 与柳淑芳等^[8]在莱芜黑猪上的研究结果一致, 但与赵要风等人对二花脸猪、香猪、长白猪的研究结果相反。在 *FSH β -2* 位点上, 本试验结果表明初产母猪 *A* 等位基因对总产仔数、产活仔数和初生重表现为正效应, 与 Rohrer 等^[4]波兰合成系经产母猪上的研究结果一致, 与初产母猪的结果有差异。与前人研究结果不一致的原因可能是这 2 个位点的基因效应在不同的品种上的强弱不同, 毕竟产仔性状受遗传、管理、营养水平和周围环境等各方面的影响。综合考虑, 本研究结果表明 *FSH β* 亚基基因可作为北京黑猪繁殖性状的主效基因或者与主效基因相连锁的标记基因。

参考文献 (References):

- [1] Terqui M. Mechanisms Involved in the High Prolificacy of the Meishan Breed. In: Proceedings of the Chinese Pig Symposium. Beijing: International Academic Press, 1990, 20–32.
- [2] Drogemuller C, Hamann H, Distl O. Candidate gene markers for litter size in different German pig lines. *J Anim Sci*, 2001, 79(10): 2565–2570.
- [3] Korwin-Kossakowska A, Kamyczek M, Cieslak D, Pierzchała M, Kurył J. Candidate gene markers for reproductive traits in polish 990 pig line. *Anim Breed Genet*, 2003(120): 181–191.
- [4] Rohrer GA, Alexander LJ, Beattie CW. Mapping the β subunit of follicle stimulating hormone. *Mamm Genome*, 1994, 5(5): 315–317. [DOI]
- [5] ZHAO Yao-Feng, LI Ning, XIAO Lu, CAO Geng-Sheng, CHEN Yi-Zhen, ZHANG Shun, CHEN Yong-Fu, WU Chang-Xin. The retrotransposons insert mutation of pig *FSH β* subunit gene and correlation with litter size. *Science in China (Series C)*, 1999, 29(1): 81–86.
赵要风, 李宁, 肖璐, 曹更生, 陈怡真, 张顺, 陈永福, 吴常信. 猪 *FSH β* 亚基基因结构区逆转座子插入突变及其与猪产仔数关系的研究. *中国科学(C 辑)*, 1999, 29(1): 81–86.
- [6] ZHAO Yao-Feng, ZHANG Shun, LI Ning, ZHAO Xing-Bo, WU Chang-Xin. Polymorphism analysis of *FSH β* subunit gene in Xiang Pig and Ming Pig. *Hereditas (Beijing)*, 1997, 19(Suppl.): 27–28.
赵要风, 张顺, 李宁, 赵兴波, 吴常信. 香猪、民猪 *FSH β* 亚基基因位点的多态性分析. *遗传*, 1997, 19(增刊): 27–28.
- [7] LIU Gui-Qiong, CAO Qin-Zhong, JIANG Xun-Ping, WANG Jin-Yu. Polymorphism of *FSH* beta gene and its association with reproductive traits in small Meishan pig. *Journal of Animal Science in China*, 2004, 40(12): 6–8.
刘桂琼, 曹勤忠, 姜勋平, 王金玉. 小梅山猪促卵泡

- 素 β 基因多态性及其与繁殖性能的关系. 中国畜牧杂志, 2004, 40(12): 6-8.
- [8] LIU Shu-Fang, YAN Yan-Chun, DU Li-Xin. Analysis on polymorphisms at FSH subunit gene in Laiwu pigs. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science)*, 2002, 33(4): 403-408.
柳淑芳, 闫艳春, 杜立新. 莱芜黑猪 FSH β 亚基因的多态性分析. 山东农业大学学报(自然科学版), 2002, 33(4): 403-408.
- [9] XU Ning-Ying, ZHANG Sheng-Qiao, PENG Shu-Hong. Investigation on the distribution and their effects on reproduction traits of three major genes in Jinhua pigs. *Acta Genetica Sinica*, 2003, 30(12): 1090-1096.
徐宁迎, 章胜乔, 彭淑红. 金华猪 3 个繁殖性状主基因的分布及其效应的研究. 遗传学报, 2003, 30(12): 1090-1096.
- [10] MI Jun, TANG Yu-Cheng, CHEN Shi-Shu. The structure and function of RNA PolymeraseIII promoter. *Bio-Chemistry*, 2000, 20(2): 80-81.
糜军, 汤宇澄, 陈诗书. RNA 聚合酶 III 启动子的结构与功能. 生命的化学, 2000, 20(2): 80-81.
- [11] Linville RC, Pomp CD, Johnson RK, Rothschild MF. Candidate gene analysis for loci affecting litter size and ovulation rate in swine. *J Anim Sci*, 2001, 79(1): 60-67.
- [12] DU Li-Xin, LIU Shu-Fang, YAN Yan-Chun, JIANG Yun-Liang. Research on Alu element inserted mutation in porcine FSH beta subunit gene. *Acta Genetica Sinica*, 2002, 29(11): 977-982.
杜立新, 柳淑芳, 闫艳春, 姜运良. 猪 FSH β 亚基因结构区 Alu 序列插入突变的研究. 遗传学报, 2002, 29(11): 977-982.