

# 豫南黑猪及3个引进猪种 *FSH $\beta$* 和 *PRLR* 基因多态性与产仔性能的关系

冯富彦 李新建 吕 刚 郜军伟 任广志

(河南农业大学 牧医工程学院 河南 郑州 450002)

**摘要:** 检测 *FSH $\beta$*  和 *PRLR* 基因多态性及其对豫南黑猪和3个引进猪种产仔性能的影响。采用 PCR-RFLP 方法,对豫南黑猪、杜洛克猪、长白猪和大约克夏猪4个猪种进行 *FSH $\beta$*  基因和 *PRLR* 基因多态性检测,并采用最小二乘法分析其对产仔性能的影响。结果表明,对于 *FSH $\beta$*  亚基基因,豫南黑猪在初产总产仔数与产活仔数方面,基因型 CC 型比 AC 型的分别多 2.67 2.79 头 ( $P < 0.05$ ); 在经产总产仔数和产活仔数方面,基因型 CC 型比 AC 型分别多 2.03 和 2.14 头 ( $P < 0.05$ ); 而引进猪种基因型对产仔数没有显著差异。对于 *PRLR* 基因,豫南黑猪不同基因型对产仔数没有显著影响,但呈现 BB 型 > AB 型 > AA 型的趋势。而引进猪种在经产总产仔数与产活仔数方面,BB 基因型比 AB 基因型平均多产 2.04 2.47 头,差异显著 ( $P < 0.05$ )。因此,将 *FSH $\beta$*  基因和 *PRLR* 基因作为猪繁殖性能的候选基因,可能有利于其繁殖性能的提高。

**关键词:** 猪; *FSH $\beta$*  基因; *PRLR* 基因; 多态性; 产仔数

中图分类号: S828.8 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2011)05-0066-05

## Relationship of Genetic Polymorphism of *FSH $\beta$* and *PRLR* Genes with Litter Size Traits in Yunan Black Pig and Three Foreign Pig Breeds

FENG Fu-yan, LI Xin-jian, LU Gang, GAO Jun-wei, REN Guang-zhi

(College of Animal Husbandry and Veterinary, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** The aim of the paper was to detect the polymorphism of *FSH $\beta$*  and *PRLR* genes and study the effects of the polymorphic site on litter size traits in Yunan black pig and three foreign pig breeds. The polymorphism of *FSH $\beta$*  and *PRLR* genes in Yunan black pigs, Duroc, Landrace and Yorkshire was studied by PCR-RFLP, and the effect of *FSH $\beta$*  and *PRLR* genes on litter size traits of four breeds was analyzed by the Least Square Analysis. The results showed that for *FSH $\beta$*  gene, CC genotype of Yunan black pig produced 2.67 TNB and 2.79 NBA more than AC genotype in the first parity ( $P < 0.05$ ) and produced 2.03 TNB and 2.14 NBA more than AC genotype in the later parity ( $P < 0.05$ ). However, the effects of combined genotypes on litter size was insignificant in foreign pig breeds. For *PRLR* gene, there were no significant difference between the different genotypes of Yunan black pigs in litter size, but a trend of BB > AB > AA existed. BB genotype of foreign pig breeds produced 2.04 TNB and 2.47 NBA more than AB genotype in the later parity ( $P < 0.05$ ). This indicated that the reproduction performance of pigs could be improved if *FSH $\beta$*  and *PRLR* were taken as the candidate genes for pig reproductive performance.

**Key words:** Pig; *FSH $\beta$*  gene; *PRLR* gene; Polymorphism; Litter size

卵泡刺激素  $\beta$  亚基基因 (*FSH $\beta$* ) 和催乳素受体基因 (*PRLR*) 是繁殖性状的主效基因或候选基因,在母猪繁殖过程中起重要作用。豫南黑猪是以地方猪

种—淮南猪为母本,美系杜洛克猪为父本,经过杂交、横交固定,培育出的一个瘦肉型新品种<sup>[1]</sup>。目前为止,对豫南黑猪繁殖性能的主效基因的研究较

收稿日期: 2010-07-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(30571346)

作者简介: 冯富彦(1982-),男,河南扶沟人,硕士,主要从事动物遗传育种研究。

通讯作者: 任广志(1955-),男,河南商丘人,教授,硕士生导师,主要从事猪遗传育种研究。

少。鉴此,本试验主要研究豫南黑猪与引进猪种 *FSH $\beta$*  亚基基因和 *PRLR* 基因对产仔性状的影响,从而为新品种的进一步选育提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 样本来源

122 头豫南黑猪选自河南省豫南黑猪育种中心;外来猪种杜洛克猪 68 头,大白猪 60 头及长白猪 13 头选自河南省黄泛区鑫欣牧业有限公司。4 个猪种共 263 头,共统计产仔 463 窝。前腔静脉采血,柠檬酸钠(ACD)抗凝,二者比例为 6:1。冷冻保存,带回实验室提取基因组 DNA。

### 1.2 试验方法

1.2.1 基因组 DNA 的提取 用 KI 法<sup>[2]</sup>提取基因组 DNA,0.8% 的琼脂糖凝胶电泳检测纯度,用紫外分光光度仪测含量,稀释样品至 50 ng/ $\mu$ L, -20℃ 保存备用。

1.2.2 引物设计及 PCR 扩增 参照 Zhao 等<sup>[3]</sup>和 Drogemuller 等<sup>[4]</sup>所发表的引物序列,分别合成引物 *FSH $\beta$*  亚基基因序列为 F: 5'-CCTTTAAGACAGT-CAATGGC-3', R: 5'-ACTGGTCTATTCATCCTCTC-3'。*PRLR* 基因序列为 F: 5'-CGTGGCTCCGTTTGAAGAAC-3', R: 5'-CTGAAAGGACTGCATAAAGCC-3'。引物由北京鼎国昌盛生物技术有限公司合成。

猪 *FSH $\beta$*  亚基基因 PCR 扩增反应体系为: 2  $\times$  PCR *Taq* Mix 12  $\mu$ L, 10 pmol/ $\mu$ L 的上、下游引物各 0.5  $\mu$ L, 模板 DNA 1  $\mu$ L, 加超纯水至 25  $\mu$ L。PCR 反应条件为: 95℃ 预变性 5 min; 95℃ 变性 30 s, 58℃ 退火 30 s, 72℃ 延伸 50 s, 30 个循环; 72℃ 延伸 10 min。取 PCR 产物 5  $\mu$ L, 直接用 1.5% 的琼脂糖凝胶进行电泳检测。

猪 *PRLR* 基因 PCR 扩增反应体系为: 2  $\times$  PCR *Taq* Mix 12  $\mu$ L, 10 pmol/ $\mu$ L 的上、下游引物各 0.5

$\mu$ L, 模板 DNA 1  $\mu$ L, 加超纯水至 25  $\mu$ L。PCR 反应条件为: 95℃ 预变性 5 min; 95℃ 变性 30 s, 55℃ 退火 30 s, 72℃ 延伸 50 s, 30 个循环; 72℃ 延伸 10 min。取 PCR 产物 5  $\mu$ L, 直接用 1.5% 的琼脂糖凝胶进行电泳检测。

1.2.3 PCR 产物酶切及基因分型 *FSH $\beta$*  亚基基因 PCR 产物酶切总体系为 10  $\mu$ L, 其中 PCR 产物为 5  $\mu$ L, *Bam*H I 内切酶(15 U/ $\mu$ L) 0.5  $\mu$ L, 10  $\times$  K Buffer 2  $\mu$ L, 超纯水 2.5  $\mu$ L, 37℃ 消化过夜, 1.5% 的琼脂糖凝胶进行电泳检测, 统计基因型。

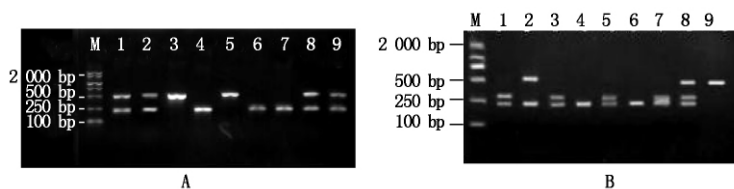
*PRLR* 基因 PCR 酶切总体系为 15  $\mu$ L, 其中 PCR 产物为 10  $\mu$ L, *Alu* I 内切酶(10 U/ $\mu$ L) 0.3  $\mu$ L, 10  $\times$  Buffer Tango<sup>TM</sup> 2  $\mu$ L, 超纯水 2.7  $\mu$ L, 37℃ 消化 5 h, 10% 的丙烯酰胺凝胶电泳, 120 V 电压电泳 4.3 h, 银染, 统计基因型。

1.2.4 数据统计分析 用 POPGENE1.32 软件计算基因频率、基因型频率; 运用 SAS8.1 的 GLM 程序, 配合以下模型进行最小二乘分析, 比较猪的总产仔数、产活仔数在各个基因型之间的差异。模型:  $Y = \text{均数} + \text{基因型效应} + \text{品种效应} + \text{胎次效应} + \text{场效应} + \text{残差效应}$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 PCR 扩增及酶切结果

猪 *FSH $\beta$*  亚基基因现已证实含有一条大约 270 bp 的缺失片段<sup>[3]</sup>, PCR 产物经 1.5% 琼脂糖凝胶电泳检测, 得到 3 种带型: 499, 499/222, 222 bp(图 1-A)。插入片段含有限制性内切酶 *Bam*H I 的酶切位点(G/GATC), 酶切后产生 2 种条带: 272, 227 bp。所以 3 个等位基因形成 6 种基因型: AA(499 bp)、AB(499/222 bp)、AC(499/272/227 bp)、BB(222 bp)、BC(272/227/222 bp)、CC(272/227 bp)(图 1-B)。



A: 1~9. PCR 产物; M. DL 2000 Marker; B: 1, 3, 5. CC 基因型; 2. AB 型; 4. BB 型; 7. BC 型; 8. AC 型; 9. AA 型。

A: 1-9. PCR products; M. DL 2000 Marker; B: 1, 3, 5. CC; 2. AB; 4. BB; 7. BC; 8. AC lane; 9. AA.

图 1 *FSH $\beta$*  亚基基因 PCR 产物(A) 及 *Bam*H I 酶切结果(B)

Fig. 1 PCR amplification of porcine *FSH $\beta$*  and the results of *FSH $\beta$*  digested by *Bam*H I

猪 *PRLR* 基因 PCR 产物经 1.5% 琼脂糖凝胶电泳检测, 得到 1 条 163 bp 的特异性条带, PCR 产物经限制性内切酶 *Alu* I 酶切后产生 3 种带型: 85/59/

19 bp, 104/85/59/19 bp, 104/59 bp, 分别命名为 AA 型, AB 型和 BB 型, 结果见图 2。

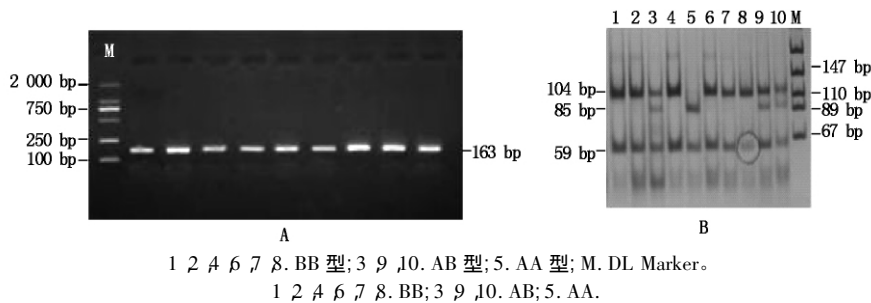


图2 *PRLR* 基因 PCR 产物 (A) 及 *Alu* I 酶切结果 (B)

Fig. 2 PCR amplification of porcine *PRLR* and the results of *PRLR* digested by *Alu* I

## 2.2 *FSHβ* 和 *PRLR* 基因频率、基因型频率

4 个猪种的 *FSHβ* 基因频率和基因型频率见表 1。由表 1 可见, *FSHβ* 亚基基因在 4 个猪种中的优

势基因都为 B 基因, 基因频率都在 0.5 以上, 基因型 BB 型在豫南黑猪、长白猪、大约克夏猪中频率最高, 杜洛克猪 BC 基因型频率最高。

表 1 四个猪种 *FSHβ* 基因频率和基因型频率分布

Tab. 1 The frequencies of genotype and allele of four pig breeds in *FSHβ*

品种 Breed	总头数 Number	基因型频率( 频率/头数) Genotype frequency						基因频率 Allele frequency		
		AA	AB	BB	AC	BC	CC	A	B	C
B	122	0.016 4/2	0.024 6/3	0.442 6/54	0.090 2/11	0.385 2/47	0.041 0/5	0.073 8	0.647 5	0.278 7
D	68	0.029 4/2	0.102 9/7	0.352 9/24	0.044 1/3	0.411 8/28	0.058 8/4	0.102 9	0.610 3	0.286 8
L	13	0.000 0/0	0.076 9/1	0.692 3/9	0.000 0/0	0.230 8/3	0.000 0/0	0.038 5	0.846 2	0.115 4
Y	60	0.016 7/1	0.200 0/120	0.550 0/33	0.016 7/1	0.216 7/13	0.000 0/0	0.125	0.758 3	0.116 7

注: B. 豫南黑猪; D. 杜洛克猪; L. 长白猪; Y. 大约克夏猪。

Note: B. Yunan Black pig; D. Duroc; L. Landrace; Y. Yorkshire.

4 个猪种的 *PRLR* 基因频率和基因型频率见表 2。由表 2 可见, *PRLR* 基因在豫南黑猪、杜洛克猪和长白猪 3 个猪种中的优势基因为 A 基因, 基因频率都在 0.5 以上; 在大白猪种中的优势基因为 B 基

因。基因型 AB 型在四个猪种中都是优势基因型。经  $\chi^2$  检验, 各群体的基因型分布达到哈代-温伯格平衡 ( $P > 0.05$ )。

表 2 四个猪种 *PRLR* 基因频率和基因型频率分布

Tab. 2 The frequencies of genotype and allele of four pig breeds in *PRLR*

品种 Breed	总头数 Number	基因型频率( 频率/头数) Genotype frequency			基因频率 Allele frequency	
		AA	AB	BB	A	B
B	122	0.319 7/39	0.516 4/63	0.163 9/20	0.577 9	0.422 1
D	68	0.455 9/31	0.470 6/32	0.073 5/5	0.691 2	0.308 8
L	13	0.230 8/3	0.692 3/9	0.076 9/1	0.576 9	0.423 1
Y	60	0.150 0/9	0.550 0/33	0.300 0/18	0.425 0	0.575 0

注: B. 豫南黑猪; D. 杜洛克猪; L. 长白猪; Y. 大约克夏猪。

Note: B. Yunan Black pig; D. Duroc; L. Landrace; Y. Yorkshire.

## 2.3 *FSHβ* 和 *PRLR* 基因对 4 个猪种产仔数性状的影响

将大约克夏猪、长白猪和杜洛克猪归结为引进猪种类与豫南黑猪进行比较分析, 豫南黑猪和引进猪种 *FSHβ* 亚基基因不同基因型总产仔数和产活仔数的最小二乘分析结果见表 3。由表 3 可以看出, 豫南黑猪在初产总产仔数与产活仔数上 CC 基因型比 AC 基因型平均多产 2.67 和 2.79 头, 差异显著 ( $P < 0.05$ ); 在经产总产仔数和产活仔数上 CC 型比

AC 型分别多 2.03 2.14 头, 差异显著 ( $P < 0.05$ )。引进猪种各基因型对产仔数的影响均为不显著 ( $P > 0.05$ )。

*PRLR* 基因不同基因型总产仔数和产活仔数的最小二乘分析结果见表 4。由表 4 可见, 豫南黑猪群体中 *PRLR* 基因的基因型对产仔数的影响不显著 ( $P > 0.05$ ), 引进猪种在经产总产仔数与产活仔数上 BB 基因型比 AB 基因型平均多产 2.04 2.47 头, 差异显著 ( $P < 0.05$ )。

表 3 *FSHβ* 亚基基因不同基因型对种猪产仔数的影响

Tab.3 Least square means for litter size at *FSHβ* gene

猪种 Breed	基因型 Genotype	初产 First parity		经产 Later parity	
		TNB	NBA	TNB	NBA
豫南黑猪 Yunan black pig	AA	10.00 ± 1.19	10.00 ± 1.38	10.50 ± 1.17	10.50 ± 1.24
	AB	10.00 ± 1.19	10.00 ± 1.38	9.83 ± 0.95	8.83 ± 1.01
	BB	8.10 ± 0.41a	8.06 ± 0.41	9.03 ± 0.27	8.54 ± 0.28
	AC	8.08 ± 0.43a	7.71 ± 0.90	8.35 ± 0.57a	8.11 ± 0.57a
	BC	8.08 ± 0.43a	7.76 ± 0.44a	8.95 ± 0.30	8.64 ± 0.30
	CC	10.75 ± 1.09b	10.50 ± 1.19b	10.38 ± 0.84b	10.25 ± 0.88b
引进猪种 Foreign pig	AA	10.00 ± 1.77	10.00 ± 1.94	9.78 ± 1.12	9.22 ± 1.12
	AB	8.78 ± 0.72	7.67 ± 0.79	10.68 ± 0.55	9.43 ± 0.55
	BB	8.63 ± 0.38	7.77 ± 0.42	9.76 ± 0.29	8.66 ± 0.29
	AC	9.75 ± 1.53	9.5 ± 1.68	11.38 ± 1.19	10.75 ± 1.19
	BC	8.75 ± 0.48	7.55 ± 0.53	9.80 ± 0.36	8.51 ± 0.36
	CC	9.75 ± 1.53	9.5 ± 1.68	9.33 ± 1.37	9.17 ± 1.38

注: 表中数值为最小二乘均数 ± 标准误, 同列中不同肩标字母为差异显著 ( $P < 0.05$ ); TNB 表示总产仔数; NBA 表示产活仔数。表 4 同。  
Note: The data are expressed as least square mean ± standard error. Values with the different superscripts within the same column differ significantly ( $P < 0.05$ ). TNB represents Total number born; NBA represents Number born alive. The same as Fig. 4.

表 4 *PRLR* 基因不同基因型对种猪产仔数的影响

Tab.4 Least square means for litter size at *PRLR* gene

猪种 Breed	基因型 Genotype	初产 First parity		经产 Later parity	
		TNB	NBA	TNB	NBA
豫南黑猪 Yunan black pig	AA	7.8 ± 0.45	7.32 ± 0.45	9.57 ± 0.31	9.06 ± 0.33
	AB	8.49 ± 0.38	8.23 ± 0.42	9.70 ± 0.29	9.24 ± 0.30
	BB	8.73 ± 0.68	8.64 ± 0.75	10.10 ± 0.47	9.85 ± 0.50
引进猪种 Foreign pig	AA	8.79 ± 0.54	8.11 ± 0.58	10.94 ± 0.51ab	9.77 ± 0.50a
	AB	9.11 ± 0.45	8.16 ± 0.48	10.71 ± 0.45a	9.45 ± 0.45a
	BB	8.91 ± 1.00	8.27 ± 1.08	12.75 ± 0.87b	11.92 ± 0.86b

3 讨论

3.1 *FSHβ* 亚基基因不同基因型与产仔数的关系

Zhao 等<sup>[3]</sup>对 *FSHβ* 亚基基因进行研究时发现, 在第 1 内含子靠近第 2 外含子之间有 1 个大约 0.3 kb 的插入片段, 从而产生多态性。关于 *FSHβ* 亚基基因对产仔数的影响研究方面, 曹果清<sup>[5]</sup>提出, 国内学者依据 PCR 扩增结果来判断基因型而不是根据 PCR-RFLP 结果来判断, 这样只是考虑到插入突变对产仔数的影响, 而没有考虑点突变对产仔数的影响, 尤其是酶切位点的突变对产仔数的影响。赵要风等<sup>[6]</sup>对只有 AA 基因型的香猪进行 *Bam*H I 酶切试验发现, 产生 3 种基因型分别为 0.5 kb、0.5/0.21/0.29 kb、0.21/0.29 kb, 证实了在插入片段有 *Bam*H I 酶切突变位点的存在。所以针对 *FSHβ* 亚基基因, 采用 PCR-RFLP 或 PCR-SSCP 来研究多态性与产仔数之间的关系相对较为准确。本研究发现, 豫南黑猪群体中 *FSHβ* 亚基基因基因型对产仔数的影响部分表现为显著 ( $P < 0.05$ ), 初产总产仔数与产活仔数 CC 基因型比 AC 基因型平均多产

2.67~2.79 头, 差异显著 ( $P < 0.05$ ); 在经产总产仔数和产活仔数方面, CC 型比 AC 型分别多 2.03, 2.14 头, 差异显著 ( $P < 0.05$ )。引进猪种基因型对产仔数的影响均为不显著 ( $P > 0.05$ )。但是引进猪种经产 AC 为优势基因型, 比豫南黑猪优势基因型 AA 型在总产仔数和产活仔数上平均多 0.88, 0.25 头。说明 *FSHβ* 亚基基因不同基因型在豫南黑猪群体中对产仔数的影响有很大的差异, 经产产仔数上优势基因型仍赶不上引进猪种的优势基因型。豫南黑猪作为一个导入外来血统培育的而成的新品种, *FSHβ* 亚基基因在其群体中不同的基因型对产仔数的影响有显著差异, 能为新品种的进一步选育提供理论依据。

3.2 *PRLR* 基因不同基因型与产仔数的关系

1998 年 Vincent 等<sup>[7]</sup>研究发现, *PRLR* 基因与猪的产仔性状存在着相关。国内外学者对不同的猪种进行 *PRLR* 基因与产仔数性状关联性分析研究, 但是结果各异。本研究发现, 豫南黑猪 *PRLR* 不同基因型对产仔数没有显著影响 ( $P > 0.05$ ), 但都呈现 BB 型 > AB 型 > AA 型的趋势。引进猪种在经产总

产仔数和产活仔数上 BB 型要比 AB 型分别多 2.04 2.53 头 ( $P < 0.05$ )。孙延晓等<sup>[8]</sup>对引进猪、张淑君等<sup>[9]</sup>对二花脸猪、Barreras 等<sup>[10]</sup>对杜洛克猪、李小平<sup>[11]</sup>对大白猪、长白猪进行了研究,研究结论都是不同基因型对产仔性能具有显著差异。然而,林长光等<sup>[12]</sup>对长白猪、大白猪及长大杂种的研究,刘文举等<sup>[13]</sup>对监利猪、李国治等<sup>[14]</sup>对撒坝猪、曾昭智等<sup>[1]</sup>对西藏小型猪、Marek 等<sup>[16]</sup>对长白猪、Droge-muller 等<sup>[4]</sup>对德国长白猪和杜洛克猪的研究结果表明 *PRLR* 基因不同基因型对产仔数没有显著影响。所以 *PRLR* 基因对猪产仔性状的影响还没有完全定论,不同的猪种甚至同一猪种不同的研究结果差异较大,造成这样的原因可能与所研究的群体大小及不同猪种的选育背景和饲养环境有关。

#### 参考文献:

- [1] 王 明,李新建,冯富彦,等. 豫南黑猪生理生化指标的初步分析 [J]. 江苏农业科学, 2009(1): 196 - 199.
- [2] 陈 冰,王富强,刘德稳,等. 简易快速从微量羊血中提取高质量基因组的方法 [J]. 江西农业学报, 2008, 20(1): 103 - 104.
- [3] Zhao Y F, Li N, Xiao L *et al.* *FSH $\beta$*  subunit gene is associated with major gene controlling litter size in commercial pig breeds [J]. Science in China, 1998, 6: 664 - 668.
- [4] Drogemuller C, Hamann H, Distl O. Candidate gene markers for litter size in different German pig lines [J]. Journal of Animal Science, 2001, 79(10): 2565 - 2570.
- [5] 曹果清. 猪 *PRLR* 基因和 *FSH $\beta$*  亚基基因多态性研究 [D]. 太谷: 山西农业大学, 2004.
- [6] 赵要风,张 顺,李 宁,等. 香猪、民猪 *FSH $\beta$*  亚基基因位点的多态性分析 [J]. 遗传, 1997, 19(增刊): 27 - 28.
- [7] Vincent A L, Evans G, Short T H. The prolactin receptor gene is associated with increased litter size in pigs [C]// Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Armidale Australia, 1998, 27: 15 - 18.
- [8] 孙延晓,曾勇庆,唐 辉,等. 猪 *PRLR* 和 *RBP<sub>4</sub>* 基因多态性与产仔性能的关系 [J]. 遗传, 2009, 31(1): 63 - 68.
- [9] 张淑君,曾凡同,邱祥聘,等. 母猪的二个基因位点的多态性及其与产仔数连锁关系研究 [J]. 四川农业大学学报, 2001, 19(1): 1 - 4.
- [10] Barreras Serrano A, Herrera Hato J G, Hori-Oshima S *et al.* Prolactin receptor (*PRLR*) gen polymorphism and associations with reproductive traits in pigs [J]. Journal of Animal and Veterinary Advances, 2009, 8(3): 469 - 475.
- [11] 李小平,施启顺,柳小春,等. 催乳素受体基因对大白、长白猪产仔数的影响 [J]. 养猪, 2005, 6: 19 - 20.
- [12] 林长光,朱志明,李盛霖,等. 猪 *PRLR* 基因 *Alu I* 多态与繁殖性状相关性的研究 [J]. 福建农业学报, 2008, 23(2): 137 - 140.
- [13] 刘文举,何年华,左本武,等. 中国监利猪 *PRLR* 和 *FSH $\beta$*  基因的多态性及其与繁殖性能相关性初步分析 [J]. 上海畜牧兽医通讯, 2009(2): 11 - 13.
- [14] 李国治,连林生,鲁昭雄,等. 以催乳素受体基因作为撒坝猪部分生产性能候选基因的研究 [J]. 养猪, 2005(4): 36 - 38.
- [15] 曾昭智,江 涛,张锦红,等. 催乳素受体基因多态性对西藏小型猪繁殖性能的影响 [J]. 实验动物与比较医学, 2009, 29(3): 181 - 184.
- [16] Marek K, Arkadiusz T. Polymorphism in the *PRLR/Alu I* gene and its effect on litter size in Large White sows [J]. Animal Science Papers and Reports, 2004, 22(4): 523 - 527.