

Myf-6 基因在不同猪种中的 PCR-RFLP 遗传多态性及其遗传效应分析

朱 砾, 李学伟

(四川农业大学动物科技学院, 雅安 625014)

摘要: 作为生肌调节因子家族的一个成员, Myf-6 基因在肌形成的过程中发挥着重要的作用。采用 PCR-RFLP 技术分析 Myf-6 基因在 12 个中外猪种及部分杂交群体中的分布情况, 并分析了 Myf-6 基因对肌纤维、胴体品质、胴体等级性状和肉质性状的遗传效应。结果表明: Myf-6 基因内含子 1 内的 Ava I 酶切位点多态性不丰富, 多数中国地方猪种群中 A 等位基因已经完全固定, B 等位基因仅以较低频率存在于外种猪或含外种猪血缘的杂交群体中。尽管没有检测到 BB 纯合个体, 但 AB 杂合子的平均瘦肉率为 50.344%, 极显著地高于 AA 纯合子的 45.875% ($P < 0.01$)。AB 杂合子的眼肌面积为 27.097 cm², 极显著地大于 AA 纯合子的 22.572 cm² ($P < 0.01$)。AB 杂合子的皮脂率 (39.889%) 极显著地低于 AA 纯合子 (44.503%) ($P < 0.01$)。上述结果说明本次实验群体中的 B 等位基因具有增加胴体瘦肉率和眼肌面积, 降低胴体脂肪含量从而改善胴体品质的遗传效应。此外, Myf-6 基因对肌纤维生长性状、FOM 肉脂测定胴体等级性状以及肉质性状等都没有显著影响 ($P > 0.05$)。

关键词: 猪; MRFs; Myf-6 基因; 遗传多态性; 遗传效应

中图分类号: S828

文献标识码: A

文章编号: 0253-9772(2005)06-0887-06

The Genetic Diversity and Genetic Effects of Myf-6 Gene in Different Pig Breeds

ZHU Li, LI Xue-Wei

(College of Animal Science and Technology, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

Abstract: As a member of MRFs, Myf-6 gene plays an important role in the progress of myogenesis. The PCR-RFLP technique was applied in this study to analyze the distribution of Myf-6 gene in 12 different pig breeds and hybrid breeds. The genetic effects of Myf-6 gene on muscle fiber, carcass quality, carcass grading traits and meat quality traits were analyzed. The results indicated that: The polymorphisms of Myf-6/Ava I genotypes (intron1) were not abundant. Most of Chinese native pigs were AA homozygotes. B allele can be found only in foreign pig breeds and hybrid pigs originated from foreign pig breeds. Although no BB individuals were found in the experiment, the carcass lean percent of AB individuals (50.344%) was significantly higher than that of AA individuals (45.875%) ($P < 0.01$), the loin eye area of AB individuals (27.097 cm²) was significantly larger than that of AA individuals (22.572 cm²) ($P < 0.01$), and the carcass fat content of AB individuals (39.889%) was significantly lower than that of AA individuals (44.503%) ($P < 0.01$). That means that the B allele can increase carcass lean percent and loin eye area, and decrease the carcass fat content, thus cause better carcass quality. No significant effects of the genotypes were found on the muscle fiber, FOM carcass grading traits and meat quality traits ($P > 0.05$).

Key words: pig; MRFs; Myf-6 gene; genetic diversity; genetic effect

收稿日期: 2004-08-14; 修回日期: 2005-01-21

基金项目: 国家科技攻关项目: “瘦肉型猪规模化养殖技术体系研究与产业化示范”; 四川省科技厅重点项目: “四川省外种猪联合育种研究”基金资助 [Supported by National Project, “Research on the Technical System of Lean Pig Raise” and the major programmer of Sichuan Science & Technology Office, “Foreign Pig Breeding in Sichuan”]

作者简介: 朱砾 (1975—), 男, 四川旺苍人, 博士, 研究方向: 动物遗传育种。E-mail: zhuli@sicau.edu.cn

通讯作者: 李学伟 (1963—), 男, 重庆市人, 博士, 教授, 研究方向: 动物遗传育种。Tel: 0835-2883015

猪肉的产量、加工学性状、组织学性状,尤其是食用品质(嫩度、风味、多汁性和系水力等)都直接决定于肌纤维的发育情况^[1~3]。肌纤维是在胚胎发育过程中由体节细胞经过一系列的增殖、迁移、分化而形成,在肌肉发生过程中还包括成体表型的维持与组织再生^[4~8]。个体的肌纤维数量在胚胎发育的第70 d左右就已经定型,出生后肌肉的生长过程是肌纤维加粗和肌束增大的过程,肌纤维的数量不再发生变化。生肌调节因子家族(Myogenic regulatory factors, MRFs),也称为成肌细胞增殖和分化生肌决定因子(Myogenic determination gene, MyoD)是肌肉发生过程中参与分子调控的一个重要基因家族,是启动和维持骨骼肌细胞分化发育和生长的一个主要调控基因家族^[9~14]。生肌调节因子家族包括4个含碱性螺旋-环-螺旋(bHLH)特征结构的基因:MyoD1(Myf-3或MyoD)、Myogenin(Myf-4或MyoG)、Myf-5、Myf-6(MRF4或herculin)。

MRFs家族中各基因在肌肉发生过程中具有不同的时空表达模式,各自发挥不同的作用^[9,12]。Myf-6基因主要参与肌管的终端分化过程,人Myf-6基因的突变与肌肉病变和严重的肌营养不良相联系^[11,15]。在小鼠实验中,Myf-6(在小鼠中称为MRF4)基因表达量减少的个体虽有骨骼肌形成,但却出现了严重的肋骨生长缺陷而在出生时死亡^[11]。猪Myf-6基因完整的核苷酸序列至今尚未完全测定,仅有Vykoukalova等^[15]于2003年利用两点连锁分析和放射性杂交技术将其定位于第5号染色体上,并通过对人和小鼠序列的比较设计引物扩增出包含部分外显子1和外显子2及其间的内含子1的一段长379 bp的序列,在该序列中发现了3个位于内含子1的SNP突变位点。并检测了这3个位点在8个不同猪种中的多态性分布情况,但未见与功能相关的报道。本实验运用PCR-RFLPs的方法对Myf-6基因的遗传多态性及其遗传效应进行了研究。

1 材料和方法

1.1 实验材料

以雅南猪(Yanan pig)、荣昌猪(Rongchang pig)、成华猪(Chenghua pig)、内江猪(Neijiang pig)、藏猪(Tibetan pig)、五指山猪(Wuzhishan pig)、大河猪(Dahe pig)等7个中国地方猪种,杜洛克(Duroc)和长白猪(Landrace)两个引进猪种,一个培育品种

大河乌猪(Dahewu pig),以及长雅(L×Yanan)和DLY两种杂交猪共12个品种(群体)200头个体为实验材料。各地方猪种和大河乌猪均采自原产地保种场,外种猪采自四川省原种猪场和内江市种猪场,杂交猪采自四川农业大学试验猪场。采耳组织约1.0 g,冰冻处理后带回实验室分析。

1.2 屠宰测定

选取部分实验猪于相同环境条件下饲养,达适宜体重后分批屠宰,进行现场肉质性状、胴体等级性状和胴体性状测定。屠宰时采最后胸椎处眼肌中部肌肉组织块制成肌纤维石蜡组织切片以测定肌纤维生长性状,主要测定各肌束内肌纤维的长径和短径,肌纤维面积=0.7×长径×短径。

1.3 实验方法

运用PCR-RFLP的方法,按照Vykoukalova等^[15]的实验设计引物,扩增出379 bp的Myf-6基因内含子1和外显子2及部分外显子1序列后用Ava I内切酶酶切,对Myf-6基因在不同猪品种群体中的多态性分布进行分析。

1.4 数据处理

采用HWSIM程序(<http://krunch.med.yale.edu/hwsim/>)对各群体内不同基因型分布进行Hardy-Weinberg平衡的卡方适合性检验。采用SAS软件包(Version 6.12)的GLM程序检验各基因型频率和基因频率在品种间的差异性。以单标记回归模型分析各基因位点与相关性状间的关联性,数学模型如下:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + G_j + S_k + b_{ijk}X + E_{ijkl}$$

式中, Y_{ijkl} 表示各性状表型值, μ 表示总体平均值, B_i 为第*i*品种效应($i=1,2,3,4$), G_j 为第*j*种基因型效应($j=1,2,3$), S_k 为性别效应, b_{ijk} 为屠宰体重的回归系数, X 为屠宰体重, E_{ijkl} 为随机误差效应。

2 结果与分析

2.1 Myf-6基因的PCR-RFLP多态性分析

扩增产物的内含子1内存在一处Ava I酶切位点多态性,缺乏该位点的为A等位基因,长379 bp;被切为216 bp和163 bp两条带的为B等位基因。各群体内Myf-6基因的Ava I酶切基因型频率与基因频率以及对不同品种群体内基因型分布的检验结果列于表1。

由表1可知:仅大河猪中出现一头杂合子,其他6个中国地方猪种中都没有检测到B等位基因,表

明大多数中国地方猪种该位点上的 *A* 等位基因已经完全固定。*A* 等位基因的频率除完全纯合的 6 个地方猪种外,以大河猪和长白猪群体最高,达 0.9500,而在杜洛克和大河乌猪中最低,均为 0.9000。在两个杂交群体 DLY 和长雅猪中,*A* 等位基因的频率相近,分别各为 0.9359 和 0.9355。经检验,*A* 等位基因的分布频率在上述各群体间的差异均未达到显著水平 ($P>0.05$)。

在各群体中都没有发现 *BB* 纯合子,*B* 等位基因均以杂合子的形式和较小的频率存在于少数群体

中。除大河猪的 *B* 等位基因频率为 0.05 外,大多数地方猪种群体中都没有 *B* 等位基因存在。*B* 等位基因主要存在于引进品种以及含引进品种血缘的培育品种和杂交群体中,且频率较低。

对各群体内 *Myf-6* 基因的不同基因型分布进行服从 Hardy-Weinberg 平衡的卡方适合性检验,结果表明 *Myf-6* 基因的基因型分布在所有检测群体内都符合 Hardy-Weinberg 平衡,说明就 *Myf-6* 基因的 *Ava I* 酶切位点而言,这些群体都遵循随机交配模式。

表 1 *Myf-6* 基因 *Ava I* 酶切基因型及其等位基因在不同猪种中的分布

Table 1 Frequencies of *Myf-6* Gene *Ava I* locus genotypes and alleles in different populations

类群 Breed type	品种 Breeds	n	基因型频率 Genotype frequency			基因频率 Gene frequency		χ^2 值
			AA	AB	BB	A	B	
地方品种 Native breeds	Yanan pig	30	100.00±0.00	0	0	100.00±0.00	0	0
	Rongchang pig	10	100.00±0.00	0	0	100.00±0.00	0	0
	Wuzhishan pig	15	100.00±0.00	0	0	100.00±0.00	0	0
	Tibetan pig	6	100.00±0.00	0	0	100.00±0.00	0	0
	Dahe pig	10	90.00±10.00	10.00±10.00	0	95.00±5.00	5.00±5.00	0.0277 ^{ns}
	Chenghua pig	15	100.00±0.00	0	0	100.00±0.00	0	0
培育品种 Developed breeds	Neijiang pig	14	100.00±0.00	0	0	100.00±0.00	0	0
	Dahewu pig	10	80.00±13.33	20.00±13.33	0	90.00±6.67	10.00±6.67	0.1235 ^{ns}
杂交群体 Hybrid breeds	L×Yanan	31	87.10±6.12	12.90±6.12	0	93.55±3.06	6.45±3.06	0.1474 ^{ns}
引进品种 Foreign breeds	Duroc	10	80.00±13.33	20.00±13.33	0	90.00±6.67	10.00±6.67	0.1235 ^{ns}
	Landrace	10	90.00±10.00	10.00±10.00	0	95.00±5.00	5.00±5.00	0.0277 ^{ns}
总计 Total		200	92.50±1.87	7.5±1.87	0	96.25±0.93	3.75±0.93	

注:基因型及基因频率值均×100,表达式为最小二乘平均值±标准误; χ^2 值为对各品种群体内不同基因型分布的 Hardy-Weinberg 平衡检验值;上标 ns 表示没有达到显著水平 ($P>0.05$);

Note: Genotypes and alleles frequencies are given by $n \times 100$, Score values are LSM±standard error (SE). The values of χ^2 are from the test of the distribution of different genotypes for Hardy-Weinberg equilibrium in different pig breeds. All the values are not significantly different in the experiment ($P>0.05$).

2.2 *Myf-6* 基因的 PCR-RFLP 多态性与肌纤维生长性状的关联性分析

影响作用不显著,各基因型个体的肌纤维生长性状间差异都不显著 ($P>0.05$)。

由表 2 可知,*Myf-6* 基因对肌纤维生长性状的

表 2 *Myf-6* 基因的不同基因型对肌纤维生长性状的影响

Table 2 Effect of different genotype in *Myf-6* gene on muscle fiber traits

基因型 Genotype	n	肌纤维面积 (μm^2)		直径 1 (μm)		直径 2 (μm)	
		Muscle fiber size		Diameter 1		Diameter 2	
		LSM	SE	LSM	SE	LSM	SE
AA	45	3728.920 ^{ns}	1264.800	72.503 ^{ns}	45.000	3728.920 ^{ns}	1264.800
AB	6	3524.990 ^{ns}	1157.880	70.822 ^{ns}	6.000	3524.990 ^{ns}	1157.880

注:直径 1 表示肌纤维长短径的算术平均数;直径 2 表示肌纤维长短径的几何平均数;上标 ns 表示差异不显著 ($P>0.05$);

Note: Diameter 1 represents the arithmetical means of muscle fiber, Diameter 2 represents the geometrical means of muscle fiber; all the values are not significantly different in the experiment ($P>0.05$).

2.3 Myf-6 基因的 PCR-RFLP 多态性与胴体性状的关联性分析

由表 3 可知,尽管没有检测到 BB 纯合个体,但从 Myf-6 基因的不同基因型个体表现来看,B 等位基因具有增加胴体瘦肉率和眼肌面积,降低皮脂含量的作用。具体讲,AB 杂合子的瘦肉率为 50.344%,极显著高于 AA 纯合子的 45.875% ($P < 0.01$)。同时,AB 杂合子的眼肌面积为 27.097cm²,

极显著大于 AA 纯合子个体的 22.572 cm² ($P < 0.01$)。表明 B 等位基因具有增加胴体瘦肉率的遗传效应;皮脂率表现为 AB 杂合子(39.889%)极显著地低于 AA 纯合子(44.503%) ($P < 0.01$)。表明 B 等位基因具有降低皮脂含量的遗传效应。此外,AB 纯合子的胴体长和屠宰率都显著大于 AA 纯合子 ($P < 0.05$)。以上结果表明,本次试验各群体中 Myf-6 基因的 B 等位基因可以改善猪的胴体品质。

表 3 Myf-6 基因的不同基因型对胴体性状的影响

Table 3 Effect of different genotype in Myf-6 gene on carcass quality traits

基因型 Genotype	n		屠宰率	胴体长	6~7 肋膘厚	三点平均膘厚	眼肌面积	腿臀比	骨率	皮脂率	瘦肉率
			Dressing percent (%)	Carcass length (cm)	Backfat thickness (cm)	Mean backfat thickness(cm)	Loin eye area(cm ²)	Hog percent (%)	Bone percent (%)	Carcass fat percent (%)	lean percent (%)
AA	74	LSM	72.416 ^b	74.155 ^b	3.853	3.641	22.572 ^B	2154	9.681	44.503 ^A	45.875 ^B
		SE	3.700	3.875	0.715	0.545	5.080	1.598	1.269	5.840	5.418
AB	7	LSM	75.530 ^a	76.429 ^a	3.534	3.407	27.097 ^A	26.679	9.625	39.889 ^B	50.344 ^A
		SE	3.891	4.614	0.709	0.654	4.725	2.384	1.380	4.264	4.926

注:三点平均背膘厚表示肩部最厚处、胸腰椎结合处和腰荐椎结合处三点背膘厚的平均值;上标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$),上标不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

Note: The mean backfat thickness is the mean value of 3 points of backfat thickness tested over the shoulder, at the last rib and sacrum respectively. In the rows and individual gene genotypes the means bearing different superscripts of small letter differ significantly at $P < 0.05$, and those bearing different superscripts of capital letter differ significantly at $P < 0.01$.

2.4 Myf-6 基因的 PCR-RFLP 多态性与胴体等级性状的关联性分析

用 FOM 肉脂仪(丹麦,SFK)在屠宰现场对实验猪进行了胴体等级性状的测定,结果见表 4。关联

性分析表明 Myf-6 基因对胴体等级性状的影响作用不显著,各种基因型个体的胴体等级性状间差异都不显著 ($P > 0.05$)。

表 4 Myf-6 基因的不同基因型对 FOM 肉脂仪测定胴体等级性状的影响

Table 4 Effect of different genotype in Myf-6 gene on carcass grading traits

基因型 Genotype	n		最后肋骨膘厚	倒数 3~4 肋骨膘厚	倒数 3~4 肋骨 处眼肌厚度	FOM 测定瘦肉率	光反射值	胴体重
			Backfat thickness at last rib(mm, P2)	Backfat thickness at last 3~4 rib (mm, RF)	Loin thickness at last 3~4 rib(mm, RM)	FOM lean percent (%)	Reflex value (REFL)	Carcass weight (KG)
AA	34	LSM	14.000	16.559	45.794	53.203	25.529	58.935 ^b
		SE	4.320	8.039	4.715	4.20	5.02	5.65
AB	5	LSM	16.400	17.200	47.200	52.060	23.400	64.200 ^a
		SE	4.775	5.215	4.764	5.064	2.966	6.334

注:测定部位为相应部位离背中线 4~5cm 处。

NOTE: the test site is 4 to 5cm from the midline of relevant site.

2.5 Myf-6 基因的 PCR-RFLP 多态性与肉质性状的关联性分析

由表 5 可知,Myf-6 基因对肉质性状的影响作

用不显著,各种基因型个体间的肉质性状差异都没有达到显著水平 ($P > 0.05$)。

表 5 *Myf-6* 基因的不同基因型对肉质性状的影响
Table 5 Effect of different genotype in *Myf-6* gene on meat quality traits

基因型 Genotype	n		储存损失 Drip loss (%)	pH1	失水率 Water loss (%)	CS1	L1	pH2
AA	108	LSM	2.089	6.254	19.305	3.134	42.029	5.895
		SE	1.163	0.313	8.347	0.438	3.227	0.335
AB	12	LSM	1.757	6.285	17.279	3.083	43.338	5.900
		SE	0.375	0.267	10.381	0.557	1.970	0.327

基因型 Genotype	n		大理石纹评分 Marbling score	熟肉率 (%) Cooking loss	肌间脂肪含量 (%) Intramuscular fat content	CS2	L2
AA	108	LSM	2.986	72.208	4.079	3.097	44.933
		SE	0.715	5.055	2.031	0.566	5.415
AB	12	LSM	2.708	72.253	2.944	3.000	44.730
		SE	0.620	4.196	0.969	0.640	4.918

注: pH 1 表示屠宰后 45 min 测定的 pH 值, pH 2 表示屠宰后冷冻 24 h 后测定的 pH 值; CS1 表示屠宰后 45 min 用比色板评定法测定的肉色评分, CS2 表示屠宰后冷冻 24 h 后用比色板评定法测定的肉色评分; L1 表示屠宰后 45 min 用 Minota CR300 测定的光反射值, L2 表示屠宰后冷冻 24 h 后用 Minota CR300 测定的光反射值; 上标不同的小写字母表示差异达到显著水平 ($P < 0.05$), 上标不同的大写字母表示差异达到极显著水平 ($P < 0.01$)。

Note: pH 1 and pH 2 are the pH values tested at 45 minutes and 24 hours after slaughtered; CS1 and CS2 are the meat colour scores tested by colour plate at 45 minutes and 24 hours after slaughtered; L1 and L2 are the reflected scores of light tested by Minota CR300 at 45 minutes and 24 hours after slaughtered; In rows and individual gene genotypes the means bearing different superscripts of small letter differ significantly at $P < 0.05$, and those bearing different superscripts of capital letter differ significantly at $P < 0.01$.

3 讨论

总体来讲, *Myf-6* 基因的 *Ava* I 酶切位点的多态性不丰富。在所有检测的各群体中都没有发现 *BB* 纯合子, *B* 等位基因均以杂合子的形式以较小的频率存在于少数检测群体中。在大多数中国地方猪种中, *A* 等位基因已经完全固定, 且基因型在各品种群体内的分布都符合 Hardy-Weinberg 平衡。以上结果与 Vykoukalova 等^[15] 的实验结果相一致。实验中出现了培育品种大河乌猪的 *B* 等位基因频率等于杜洛克群体并高于长白猪群体的现象。这是由于大河乌猪是由杜洛克与大河猪杂交选育形成的一个新培育品种, 群体还处于闭锁群体选育的阶段, 个体间存在一定程度的亲缘关系, 受其群体规模限制, 采样过程中产生了抽样误差, 但这并不影响总体的分布规律。

Myf-6 基因对肌纤维生长性状的影响作用不显著, 关于 *Myf-6* 基因与肌纤维生长方面的关联性未见文献报道, 出现本次实验的结果可能是因为 *Myf-6* 基因的主要作用期是在个体出生后, 而决定肌纤

维生长发育的关键阶段在于个体的早期胚胎发育时期^[11]。

Myf-6 基因对肉质性状的影响作用不显著, 但本次实验群体中 *Myf-6* 基因的 *B* 等位基因能增加胴体瘦肉率和眼肌面积, 降低皮脂含量, 提高屠宰率, 从而提高胴体品质。考虑到 *Myf-6* 基因对肌纤维生长性状的作用不显著, 故 *Myf-6* 基因对胴体性状的作用机理还需要进一步的研究。

关于 *MRFs* 基因家族内各基因对胴体等级性状的遗传效应的相关报道较少。仅有 Cieslak 等^[16] 对波兰两个种猪场场内 7 个品种共 229 头猪进行了 *MyoD* 基因型与胴体等级性状间的相关性分析, 结果表明 *MyoD* 基因型会对胴体的分割肉产生显著影响, 但是在两次重复试验间的试验结果却完全相反。据此, 他们推断可能还存在一个未知的连锁位点在影响相关性状的表型。本次实验结果表明 *Myf-6* 基因对 FOM 肉脂仪测定的胴体等级性状的影响作用不显著。

综合考虑 *Myf-6* 基因在地方猪种与引进猪种中的分布频率差异和中外猪种间在胴体品质上的差

异,以及本实验中所证明的 *Myf-6* 基因等位基因 *B* 对提高实验群体胴体品质的遗传效应表明有必要将 *Myf-6* 基因作为提高胴体品质的候选基因进行深入研究。

参考文献(References):

- [1] Brocks L, Hulsegge B, Merkus G. Histochemical characteristics in relation to meat quality properties in the *Longissimus Lumborum* of fast and lean growing lines of Large White pigs. *Meat Science*, 1998, 50(4): 441~420.
- [2] Klont R E, Eikelenboom G, Brocks L. Muscle fiber type and meat quality. *Proceedings of the 44th International Congress of Meat Science and Technology*, August 30-September 4, Barcelona, 1998, 1: 98~105.
- [3] Wicke M, Maak S, Lengerken Von G. Structural and functional traits of the skeletal muscle for the improvement of pork quality. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*, 1998, 7(4), 21~31.
- [4] Te Pas M F, Visscher A H. Genetic regulation of meat production by embryonic muscle formation—a review. *Journal of Animal Breeding and Genetic*, 1994, 111, 404~412.
- [5] Arnold H H, Winter B. Muscle differentiation: more complexity to the network of myogenic regulators. *Curr Opin Genet Dev*, 1998, 13(2): 213.
- [6] Smith C K, Janney M J, Allen R E. Temporal expression of myogenic regulatory genes during activation, proliferation, and differentiation of rat skeletal muscle satellite cells. *J Cell Physiol*, 1994, 159: 379~385.
- [7] Rehfeldt C, Fiedler I, Dietl G, Ender K. Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection. *Live-stock Production Science*, 2000, 66: 177~188.
- [8] Olson E, Brennan T J, Charkraborty T C, Edmondson D, James G, Li L. Molecular control of myogenesis: antagonism between growth and differentiation. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 1991, 104: 7~13.
- [9] Weintraub H. The *MyoD* family and myogenesis: redundancy, networks and thresholds. *Cell*, 1993, 75: 1241~1244.
- [10] Olson E. *MyoD* family: a paradigm for development? *Genes Dev*, 1990, 4: 1454~1461.
- [11] Megeney L A, Kablar B, Garrett K, Anderson J E, Rudnicki M A. *MyoD* is required for myogenic stem cell function in adult skeletal muscle. *Genes Dev*, 1996, 10, 1173~1183.
- [12] Te Pas M F, Verbung F J, Gerritsen C L, Greef K H. Messenger ribonucleic acid expression of the *MyoD* gene family in muscle tissue at slaughter in relation to selection for porcine growth rate. *Journal of Animal Science*, 2000, 78, 69~77.
- [13] JIANG Yun-Liang, LI Ning, WU Chang-Xin. Studies on the molecular biology of myogenesis (review). *Journal of Agriculture Biotechnology*, 1997, 7(2): 201~204.
姜运良, 李 宁, 吴常信. 肌肉生成的分子生物学研究进展. 农业生物技术学报, 1999, 7(2): 201~204.
- [14] LIU Chou-Sheng, ZHAO Xing-Bo, LI Ning, ZHAO You-Zhang. Advances on functional gene of regulation of skeletal muscle growth in animals. *Chinese Journal of Animal Science*, 2003, 5(39): 48~49.
刘丑生, 赵兴波, 李 宁, 赵有璋. 动物肌肉生长发育调控的功能基因研究进展. 中国畜牧杂志, 2003, 5(39): 48~49.
- [15] Vykoukalova Z, Knoll A, Dvorak J, Rochrer G A, Cepica S. Linkage and radiation hybrid mapping of the porcine *Myf-6* gene to chromosome 5. *Animal Genetics*, 2003, 34: 232~240.
- [16] Cieslak D, Kapelanski W, Blicharski T, Pierzchala M. Restriction fragment length polymorphisms in myogenin and *myf-3* genes and their influence on lean meat content in pigs. *J Anim Breed Genet*, 2000, 17: 43~55.