

山羊级进杂交后代 *GH* 基因第4和第5外显子的多态性与体重性状的相关分析

王利心,孙瑞萍,朱广琴,宋宇轩,王建刚,
梁昭义,程雪妮,曹斌云

(西北农林科技大学 动物科技学院,陕西 杨凌 712100)

【摘要】 **【目的】**研究波尔山羊级进杂交后代 *GH* 基因第4、5外显子的遗传多态性及其与体重性状的相关性。**【方法】**采集波尔山羊及其与关中奶山羊级进杂交 F_1 、 F_2 和 F_3 代羊的血样,利用 PCR-SSCP 技术分析其 *GH* 基因第4、5外显子的多态性,并用最小二乘法研究了第5外显子多态性与体重性状的关系。**【结果】**第4外显子在山羊群体中不存在多态性,而第5外显子在该群体存在多态性(有 AA,AB,AC,AD 4种基因型);第5外显子发生了2处突变,AB基因型在237 bp位发生了 C→T 突变,AD基因型在第289 bp位发生了 C→A 突变,但突变均没有导致氨基酸的变化。波尔山羊及其 F_1 代群体中 AD型个体的初生重极显著高于 AC型($P<0.01$);在 F_2 代群体中,AB型个体的初生重和1月龄体重显著高于 AA型($P<0.05$);不同基因型个体的3月龄体重均差异不显著($P>0.05$)。**【结论】**第4外显子在山羊群体中不存在多态性,而第5外显子在该群体存在多态性。*GH* 基因第5外显子可能对波尔山羊级进杂交后代体重性状有影响。

【关键词】 *GH* 基因;PCR-SSCP;遗传多态性;山羊

【中图分类号】 S827.3⁺2

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2008)08-0001-06

Analysis of polymorphism and weight traits of the 4th and 5th exon of *GH* gene in descendants by grading hybridization from goats

WANG Li-xin, SUN Rui-ping, ZHU Guang-qin, SONG Yu-xuan, WANG Jian-gang,
LIANG Zhao-yi, CHENG Xue-ni, CAO Bin-yun

(College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** The experiment studied the relation between the genetic polymorphisms and the weight traits of the fourth and fifth exon of *GH* gene of Boer and their progeny. **【Method】** Blood samples were collected from boar goat and their F_1 , F_2 and F_3 generation. PCR-SSCP and sequencing were applied to analyze the effect of the genetic variation, and least square was applied to analyze the correlation of different genotypes and body weight in fifth exon of *GH* gene. **【Result】** There were no polymorphisms in the fourth exon and four genotypes of AA, AB, AC, AD in the fifth exon. Two polymorphisms were detected in the fifth exon AB genotype at 237 site(C→T) and AD genotype at 289 site(C→A), and two mutations occurred in the fifth exon. The association of the variation in the fifth exon of *GH* gene with the birth weight trait in the population were analyzed. The results showed that the birth weight of the individuals with a

* [收稿日期] 2007-09-07

[基金项目] 国家高技术研究发展计划(863)项目(2007AA10Z167);国家“十一五”奶业重大科技支撑项目(2006BAD04A11)

[作者简介] 王利心(1981—),女,河南通许人,在读硕士,主要从事动物遗传育种与繁殖研究。

[通讯作者] 曹斌云(1955—),男,陕西周至人,教授,博士生导师,主要从事动物遗传育种与繁殖研究。

E-mail: caobinyun@yahoo.com.cn

genotype AD was significantly higher($P<0.01$) than that with a genotype AC in the Boer and their F_1 generation. But in the F_2 generation the individuals with a genotype AB had a higher birth weight and one month weight than that with a genotype AA ($P<0.05$).【Conclusion】The result showed that there were no polymorphisms in the fourth exon and the polymorphism in the fifth exon of gGH gene had significant effect on weight traits.

Key words: growth hormone gene; PCR-SSCP; genetic polymorphism; goat

生长激素(Growth hormone gene, GH)是由脑垂体前叶嗜酸性细胞分泌的一种单肽链蛋白质激素,由 191 个氨基酸组成。GH 是一种具有多种生理功能的生长调节素,通过与相应的受体结合可加快肌肉、骨骼的生长,降低脂肪沉积,增加产乳量,提高瘦肉率^[1-7]。Yao 等^[8]用 PCR-SSCP 法在牛 GH 基因上检测到 6 个突变位点,其中 2 处突变与泌乳量显著相关。相对于其他动物而言,山羊 GH 基因的研究还较少。闵令江等^[9]研究表明,山羊 GH 基因 5'调控区与山羊体重显著相关,存在 5 处突变。Malveiro 等^[10]和 Marques 等^[11]分别对山羊 GH 基因的 5 个外显子进行了多态性检测,结果发现第 4 和第 5 外显子存在与山羊产奶性状相关的多态性位点。

我国山羊养殖业发展迅速,成就显著。2005 年山羊存栏数达 1.96 亿只,约占世界山羊总数的 24.24%,但是目前我国山羊普遍存在着生长发育缓慢、个体瘦小、出栏晚等缺陷,严重制约了养羊业的发展^[12]。因此,加快对优秀肉山羊品种的选育,培育出生长快、肉质好、饲料报酬高的山羊新品系已成为当务之急。用波尔山羊改良本地山羊,杂交一代生长速度快、产肉多、肉质好,体重比本地山羊提高 30%~60%以上,显示出很强的杂交优势,故波尔山羊对提高我国山羊生产性能,加速山羊生产产业化有重要意义。王锋等^[13]研究了波尔山羊与睢宁白山羊杂交 F_1 代、 F_2 代的生长发育情况,结果发现,杂交优势显著, F_1 代体重的杂种优势率为 18.96%。杨廷位等^[14]通过波尔山羊与南江黄羊杂交试验表明,杨×南 F_1 代具有明显的杂种优势,体重显著增

加,生长速度加快,胴体重、净肉重、屠宰率明显提高,适应性增强。但上述研究只是从宏观方面探讨了波尔山羊改良我国本地山羊的生长发育状况,而目前从基因水平探讨波尔山羊级进杂交后代的杂种优势尚未见报道。为此,本研究选用 GH 基因作为体重性状的候选基因,采用 PCR-SSCP 技术分析了波尔山羊及其与关中奶山羊级进杂交后代 GH 基因第 4、第 5 外显子多态性与体重性状的关系,以期寻找与生产性能相关的多态位点,为波尔山羊杂交后代生长发育性状的标记研究提供科学资料,为我国肉用山羊品种的遗传改良提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验动物 试验羊为陕西省杨凌金坤公司洛南分公司有完整生长记录的纯种波尔山羊及其与关中奶山羊级进杂交后的 F_1 , F_2 , F_3 代羊,共计 131 只,其中纯种波尔山羊 42 只, F_1 代羊 29 只, F_2 代羊 48 只, F_3 代羊 12 只。

1.1.2 主要试剂 Taq DNA 聚合酶、dNTPs 和 Markers 购自北京鼎国公司;蛋白酶 K 购自 Amresco 公司。

1.2 山羊血样 DNA 的提取

采集山羊全血,用酚氯仿抽提法提取基因组 DNA,并用紫外分光光度计测 DNA 浓度与纯度。

1.3 引物设计与合成

据 Kioka 等^[15]在 Genbank 中登载的山羊 GH 基因序列(登陆号为:D00476)设计了 2 对引物(表 1),引物由上海生工生物工程有限公司合成。

表 1 引物序列、扩增产物长度及退火温度

Table 1 Primer sequence, product sizes and annealing temperature

引物名称 Primer	引物序列 Sequences	扩增片段长度/bp Length of products	退火温度/℃ Annealing
GH exon-4	F ₁ 5'-AGGGTGTTGGATGGCAGTGGA-3'	307	66
	R ₁ 5'-GACCCAACAACGCCATCCTCA-3'		
GH exon-5	F ₂ 5'-TAGGGGAGGGTGGAAAATGGA-3'	326	66
	R ₂ 5'-TCTAGGAAGGCACGGGGAGG-3'		

注:F 为上游引物,R 为下游引物。
Note: F means upper primer; R means lower primer.

1.4 山羊 GH 基因第 4、5 外显子的 PCR 扩增

PCR 反应体系为 20 μ L: Taq 酶(0.5 m/ μ L) 1.5 μ L, 10 $\times$ buffer(含 20 mmol/L Mg²⁺) 2.0 μ L, dNTPs(2.5 mmol/L) 1.5 μ L, 上、下游引物各 0.5 μ L(10 pmol/ μ L), DNA 模板 1.0 μ L, 加灭菌双蒸水至 20 μ L。PCR 反应程序: 94 $^{\circ}$ C 预变性 5 min; 94 $^{\circ}$ C 变性 30 s, 66 $^{\circ}$ C 退火 30 s, 72 $^{\circ}$ C 延伸 1 min, 30 个循环; 72 $^{\circ}$ C 延伸 10 min。取扩增产物进行琼脂糖凝胶电泳检测。

1.5 山羊 GH 基因第 4、5 外显子的 PCR-SSCP 分析

取 6 mL 的 PCR 产物与 6 mL 的上样缓冲液(950 g/L 的去离子甲酰胺, 0.25 g/L 的溴酚蓝, 0.25 g/L 的二甲苯氰, 0.5 mol/L EDTA (pH = 8.0)) 混合, 98 $^{\circ}$ C 变性 10 min, 然后迅速放入冰水混合物中作用 15 min, 最后点样于 10 g/L 的非变性聚丙烯酰胺(丙烯酰胺: N, N'-亚甲双丙烯酰胺 = 29 : 1) 凝胶溶液中, 于 4 $^{\circ}$ C、180 V 衡压条件下电泳 3 h。电泳结束后, 加入 1 g/L 的硝酸银溶液, 于摇床上轻摇 15 min, 然后用蒸馏水洗涤凝胶 1~2 次, 加入显色液, 待凝胶上显现电泳带时用扫描仪成像保存^[16]。

1.6 山羊 GH 基因第 4、5 外显子 PCR 产物的回收测序

经 SSCP 分析后, 回收纯化不同基因型个体的

PCR 扩增产物, 送上海生工生物技术有限公司进行测序。

1.7 数据处理

1.7.1 基因频率和基因型频率的计算 设某一基因位点有 A 和 B 2 个等位基因, 基因频率分别为 p 和 q , 则:

$$p=(2X+Z)/2N,q=(2Y+Z)/2N。$$

式中: X 为 AA 基因型的个体数; Z 为 AB 基因型的个体数; N 为总样本数; Y 为 BB 基因型的个体数。基因型频率 = 基因型个体数 / 测定样本总数。

1.7.2 统计分析 PCR-SSCP 标记条带效应值的最小二乘分析模型为:

$$Y_{ij}=\mu+G_i+E_{ij}。$$

式中: Y_{ij} 为第 i 个个体的性状观察值; μ 为群体均值; G_i 为第 i 个个体的基因型效应值; E_{ij} 为随机误差。根据以上线性模型, 用 SPSS(13.0) ANOVA 软件对初生重、1 月龄重和 3 月龄重进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 山羊 GH 基因第 4、5 外显子的 PCR 扩增

对受试山羊品种 GH 基因的第 4、5 外显子进行 PCR 扩增, 结果(图 1、2)显示, 扩增的第 4、5 外显子片段长度分别为 307 和 326 bp, 均与预期的长度相符。

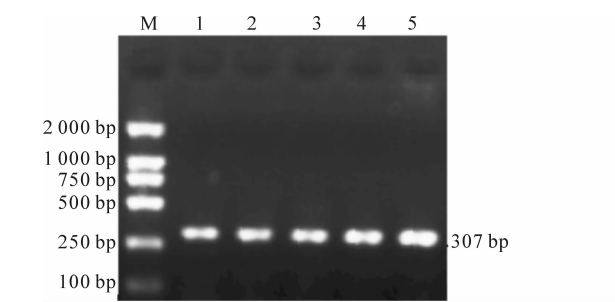


图 1 山羊 GH 基因第 4 外显子 PCR 产物电泳结果
1~2. 波尔山羊个体; 3. F₁ 代个体; 4. F₂ 代个体;
5. F₃ 代个体; M. Marker DL2000
Fig. 1 Electrophoretic result of the 4th exon
of GH gene amplified by PCR
1—2. Boer goat; 3. Hybrid 1; 4. Hybrid 2; 5. Hybrid 3;
M. Marker DL2000

2.2 山羊 GH 基因第 4、5 外显子的 SSCP 分析

SSCP 分析结果显示, 第 4 外显子不存在多态性, 所有山羊个体均表现相同的带型(图 3); 第 5 外

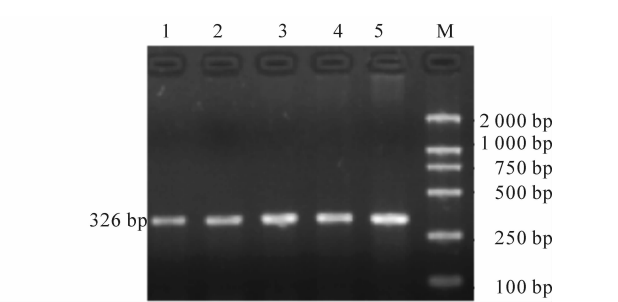


图 2 山羊 GH 基因第 5 外显子 PCR 产物电泳结果
1~2. 波尔山羊个体; 3. F₁ 代个体; 4. F₂ 代个体;
5. F₃ 代个体; M. Marker DL2000
Fig. 2 Electrophoretic result of the 5th exon
of GH gene amplified by PCR
1—2. Boer goat; 3. Hybrid 1; 4. Hybrid 2; 5. Hybrid 3;
M. Marker DL2000

显子存在多态性, 有 4 种基因型, 分别定义为 AA、AB、AC、AD 型(图 4)。

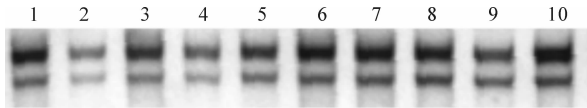


图 3 山羊 *GH* 基因第 4 外显子的 SSCP 分析
1~2. 波尔山羊个体;3~5. F₁ 个体;6~8. F₂ 个体;9~10. F₃ 个体
Fig. 3 Electrophoresis patterns of PCR-SSCP in the exon 4 of *GH* gene
1—2. Boer goat;3—5. Hybrid 1;6—8. Hybrid 2;9—10. Hybrid 3

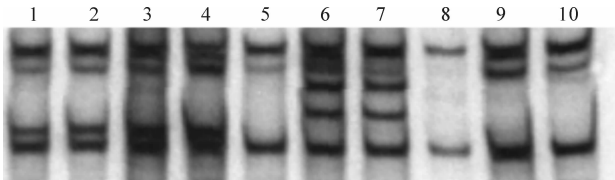


图 4 山羊 *GH* 基因第 5 外显子的 SSCP 分析
1~4. AC 型;5,9,10. AB 型;6,7. AD 型;8. AA 型
Fig. 4 Electrophoresis pattern of PCR-SSCP in the exon 5 of *GH* gene
1—4. Genotype AC;5,9,10. Genotype AB;6,7. Genotype AD;8. Genotype AA

2.3 山羊不同基因型个体 *GH* 基因第 5 外显子的测序

为了确定突变位点的位置及突变情况,将第 5 外显子 AA、AB、AC、AD 型个体的 PCR 产物纯化后进行测序。结果(图 5)表明,与 AA 基因型相比,AB 基因型在 237 bp 位发生了 C→T 突变,AD 基因

型在第 289 bp 位发生了 C→A 突变,但突变均没有导致氨基酸的变化。AA 基因型序列与 Genbank 中登载的山羊 *GH* 基因序列(登陆列号为:DQ00476)相比,在 135,153,246,255 处发生了 G→C 颠换,但这些突变均没有引起氨基酸的改变,为沉默突变。



图 5 山羊不同基因型个体 *GH* 基因第 5 外显子基因序列的比较
Fig. 5 The sequence comparisons of different genotypes of *GH* gene exon5 locus

2.4 山羊 *GH* 基因第 5 外显子基因型频率及基因频率的分布

由表 2 可以看出,纯种波尔山羊和 F₂ 代羊 *GH* 基因第 5 外显子以 AA 型占多数;波尔山羊、F₁ 代、

F₂ 代和 F₃ 代等位基因 A 的频率分别为 0.797 6, 0.551 7, 0.802 0 和 0.500 0;AD 基因型的频率在除 F₁ 代羊外的其他群体中均比较低。

表 2 山羊 *GH* 基因第 5 外显子基因型及基因频率分布

品种 Breed		基因型频率 Genotype frequency				等位基因频率 Gene frequency			
		AA(<i>n</i>)	AB(<i>n</i>)	AC(<i>n</i>)	AD(<i>n</i>)	A	B	C	D
Boer	42	0.595 2(25)	0.166 7(7)	0.142 9(6)	0.095 0(4)	0.797 6	0.083 4	0.071 4	0.047 6
F ₁	29	0.103 5(3)	0.551 7(16)	0.206 9(6)	0.137 9(4)	0.551 7	0.275 9	0.103 4	0.069 0
F ₂	48	0.604 1(29)	0.104 2(5)	0.229 2(11)	0.062 5(3)	0.802 0	0.052 1	0.114 6	0.031 3
F ₃	12	0.000 0(0)	0.750 0(9)	0.250 0(3)	0.000 0(0)	0.500 0	0.375 0	0.125 0	0.000 0

注:*n* 为样本中的基因型个数。
Note: *n* means the number of genotypes in herds.

2.5 山羊 *GH* 基因第 5 外显子的多态性与生产性能的关系

从表 3 可以看出,纯种波尔山羊 AD 型个体的

初生重极显著高于 AC 型($P<0.01$),AA 和 AB 型显著高于 AC 型($P<0.05$);F₁ 代 AD 型个体的初生重也极显著高于 AC 型($P<0.01$);F₂ 代 AB 型

个体的初生重显著高于 AA 型($P<0.05$)。1 月龄重 F_2 代 AB 型个体极显著高于 AC 型($P<0.01$)，显著高于 AA 型($P<0.05$)。不同基因型个体的 3 月龄体重差异均不显著($P>0.05$)。

表 3 山羊 GH 基因第 5 外显子多态性与体重性状的相关性分析

Table 3 Association of polymorphism of the exon 5 of gGH gene with goat weight traits

基因型 Genotype	初生重/kg Birth weight				1 月龄重/kg 1-month weight				3 月龄重/kg 3-month weight			
	Boer	F ₁	F ₂	F ₃	Boer	F ₁	F ₂	F ₃	Boer	F ₁	F ₂	F ₃
AA	3.88 a	3.97 a	3.62 a	—	6.87 a	9.60 a	7.76 a	—	15.25 a	20.67a	14.64a	—
AB	3.93 a	3.83 a	4.08 b	4.03 a	7.31 a	10.2 a	8.40 bA	9.20 a	15.23 a	19.35 a	16.04 a	18.91 a
AC	3.28 bA	3.30 A	3.70 ab	4.00 a	6.58 a	11.02 a	6.70 aB	8.37 a	13.33 a	18.83 a	15.87 a	19.33 a
AD	4.40aB	4.22 B	3.67 ab	—	7.78 a	10.03 a	7.77 ab	—	17.00 a	18.82a	15.17a	—

注:同列数据后标不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$),标不同大写字母者表示差异极显著($P<0.01$)。

Note: Different small letters behind the date in the same row show significant difference ($P<0.05$),different capital letters behind the date in the same row show highly significant difference ($P<0.01$).

3 讨 论

3.1 山羊 GH 基因第 4、5 外显子的基因多态性

本试验利用 PCR-SSCP 技术分析了波尔山羊及其与关中奶山羊级进杂交后代的 GH 基因第 4、5 外显子的多态性。结果发现,第 4 外显子没有多态性,说明山羊 GH 基因第 4 外显子比较保守,这与 Malveiro 等^[10]研究结果不一致,可能是由于山羊品种、用途和选育程度不同所致;山羊 GH 基因第 5 外显子存在多态性,具有 AA、AB、AC 和 AD 4 种基因型,基因型之间有 2 处突变(分别为 AB 基因型在 237 bp 位发生了 C→T 转换,AD 基因型在第 289 bp 位发生了 C→A 突变),但均没有导致氨基酸的变化,为沉默突变。这与高雪等^[17]在牛 GH 基因第 5 外显子发现 2 141 bp 处碱基 C→G 突变不同,揭示山羊和普通牛 GH 基因第 5 外显子存在物种间多样性。

3.2 山羊 GH 基因第 5 外显子对体重性状的影响

GH 由 GH 基因编码,其释放受下丘脑分泌的生长释放因子及生长激素释放抑制因子调节,并可与肝脏的生长激素受体(Growth hormone receptor,GHR)结合,通过控制胰岛素生长因子(IGF-I)的水平来发挥生物学作用^[18]。GH 基因被认为是对动物生长、产肉、产奶有显著影响的基因,故将其作为候选基因研究动物的生长发育等经济性状是合理的。Chung 等^[6]对朝鲜牛 GH 基因 *Dra* I 酶切位点的多态性及其与生长性状的关系进行了研究,结果表明,GH 基因对牛的生长、新陈代谢及泌乳性能有显著影响。本研究结果表明,波尔山羊及其与关中奶山羊级进杂交后代 GH 基因第 5 外显子在 1 月龄 F_1 代的体重显著高于其他群体。这与程雪妮

等^[19]的研究结果相符。由此认为,山羊 GH 基因第 5 外显子可能是影响山羊体重性状的主基因或与控制体重性状的主基因相连锁。但由于本研究样本数量有限,该位点能否作为山羊体重性状辅助选择的有效分子标记,还需要扩大样本数量做进一步深入研究。

[参考文献]

[1] 秦巧梅,高 雪.生长激素多态性与生产性能关系的最新研究[J].中国畜牧兽医,2006,33(6):49-52.
Qin Q M,Gao X. Studies on relations of growth hormone polymorphism and production performance [J]. Chinese Animal Since and Veterinary,2006,33(6):49-52. (in Chinese)

[2] Elio F,De Palo,Vincenzo De Filippis,et al. Growth hormone isoforms and segments/fragments;Molecular structure and laboratory measurement [J]. Clinica Chimica Acta,2006,364:67-76.

[3] Ips C,Zhang X,Leung F C. Genomic growth hormone gene polymorphism in native Chinese chickens [J]. Exp Biol Med,2001,226(5):458-462.

[4] Cheng W T,Lee G H,Hung C M,et al. Growth hormone gene poly-morphisms and growth performance traits in Duroc,Landrace and Tao-Yuan pigs [J]. Theriogenology,2000,54(8):1225-1237.

[5] Lechniak D,Machnik G,Szydlowski M,et al. Growth hormone gene polymorphisms and reproductive performance of AI bulls [J]. Theriogenology,1999,52(7):1145-1152.

[6] Chung E R, Lee C S. A previously unreported *Dra* I polymorphism with in the regulatory region of the bovine growth hormone gene and its association with growth traits in Korean Hanwoo cattle [J]. Animal Genetics Volume,2004,35(2):152-158.

[7] Lagziel A,Lipkin E,Ezra E,et al. An *Msp*I polymorphisms at the bovine gowth hormone(bGH) gene is linked to a locus affecting milk protein percentage [J]. Anim Genet,1999,30(4):196-299.

[8] Yao J, Aggrey S E, Zadwomy D, et al. Sequence variations in the bovine growth hormone gene characterized by single strand conformation polymorphism(SSCP) analysis and their association with milk production traits in Holsteins[J]. Genetics, 1996, 144(4): 1809-1816.

[9] 闵令江, 李美玉, 陈宏, 等. 生长激素基因多态性与山羊体重性状的关系[J]. 遗传学报, 2005, 32(6): 650-654.
Min L J, Li M Y, Chen H, et al. Relationship between polymorphism of growth hormone gene and production traits in goats[J]. Acta Genetica sinica, 2005, 32(6): 650-654. (in Chinese)

[10] Malveiro E, Pereira M, Marques P X, et al. Polymorphisms at the five exons of the growth gene in the algarvia goat: possible Association with milk traits[J]. Small Ruminant Research, 2001, 41: 163-170.

[11] Marques P X, Pereira M, Marques M R, et al. Association of milk traits with SSCP polymorphisms at the growth hormone gene in the Serranagoat[J]. Small Ruminant Research, 2003, 50: 177-185.

[12] 呼格吉乐图, 旭日干. 我国山羊业的发展现状及趋势分析[J]. 草食家畜, 2005, 12(4): 1-7.
Hu G J L T, Xu R G. Analysis of present situation, problems and countermeasures of the goat husbandries in China[J]. Grass-feeding livestock, 2005, 12(4): 1-7. (in Chinese)

[13] 王锋, 杨利国, 孔彦霞, 等. 波尔山羊与睢宁白山羊杂交羔羊生长性能研究[J]. 畜牧与兽医, 2000, 32(2): 4-6.
Wang F, Yang L G, Kong Y X, et al. Growth trait of the crossbred lamb of Boer and Suining white goat[J]. Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2000, 32(2): 4-6. (in Chinese)

[14] 杨廷位, 崔保维. 波尔山羊改良南江黄羊的效应研究[J]. 福建畜牧兽医, 2004, 26(2): 30-32.

Yang Y W, Sui B W. Study on growth traits in descendants by hybridization from boar goat and Nanjiang goat[J]. Fujian Journal of Animal Husbandry and Veterinary, 2004, 26(2): 30-32. (in Chinese)

[15] Kioka N, Manabe E, Abe M, et al. Cloning and sequencing of goat growth hormone gene[J]. Agric Biol Chem, 1989, 53: 1583-1587.

[16] Ji Y T, Qu C Q. Optimized method of DNA silver staining in polyacrylamide gels[J]. Electrophoresis, 2007, 28(8): 1173-1175.

[17] 高雪, 许尚忠. 影响牛生长发育性状的 GH 基因遗传效应分析[J]. 中国农业科学, 2006, 39(3): 606-611.
Gao X, Xu S Z. Study on genetic effect on growth and development traits in beef cattle[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(3): 606-611. (in Chinese)

[18] 曹红鹤, 王雅春, 陈幼春. 探讨微卫星 DNA 作为皮埃蒙特和南阳牛生长激素性状的遗传标记[J]. 畜牧兽医报, 1999, 26: 621-626.
Cao H H, Wang Y C, Chen Y C. Studies of beef performance traits in Piemontese×Nangyang crossbred using microsatellites as genetics markers[J]. The Journal of Husbandry and Veterinary, 1999, 26: 621-626. (in Chinese)

[19] 程雪妮, 曹斌云. 波尔山羊与关中奶山羊级进杂交后代的生长发育研究[J]. 西北农业学报, 2006, 15(3): 6-8.
Cheng X N, Cao B Y. Study on growth and development traits in descendants by grading hybridization from boar goat and guanzhong dairy goat[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2006, 15(3): 6-8. (in Chinese)