

3 个绵羊群体 *BMPR-IB* 基因的遗传多态性 及其对产羔数的影响

田秀娥, 孙红霞, 王永军

(西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】【目的】比较滩羊、蒙古羊和小尾寒羊 *BMPR-IB* 基因的多态性, 分析不同基因型对产羔数的影响, 为绵羊繁殖力的标记辅助选择和育种提供理论依据。【方法】利用 PCR-RFLP 方法检测和分析 *BMPR-IB* 基因的多态性, 通过最小二乘分析方法研究不同基因型对产羔数的影响。【结果】(1) 滩羊和小尾寒羊均发现了 ++、B+ 和 BB 3 种基因型, 其基因型频率分别为 0.660, 0.240, 0.100 和 0.118, 0.353, 0.529, + 和 B 的基因频率分别为 0.780, 0.220 和 0.294, 0.706, 蒙古羊仅表现 ++ 1 种基因型; 滩羊、小尾寒羊 *BMPR-IB* 基因位点的多态信息含量 (PIC) 分别为 0.439 和 0.501, 表现为中度多态 ($0.25 < PIC < 0.5$) 和高度多态 ($PIC > 0.5$); (2) 小尾寒羊 BB 基因型个体平均产羔数较 B+ 基因型多 0.541 只, 差异达显著水平 ($P < 0.05$), 较 ++ 基因型多 1.208 只, 差异达极显著水平 ($P < 0.01$); 滩羊 BB 基因型个体平均产羔数较 B+ 和 ++ 基因型分别多 0.076 和 0.159 只, 差异均不显著 ($P > 0.05$)。【结论】(1) 小尾寒羊和滩羊 *BMPR-IB* 基因编码序列第 746 位相邻 2 个碱基处发生了与布鲁拉美利奴绵羊 (Booroola Merino) 相同的突变 (A746G); (2) *BMPR-IB* 基因位点的突变基因 B 可能是控制小尾寒羊和滩羊多胎性能的主效基因, 或者是与之紧密连锁的遗传标记, 可以用于提高繁殖力的标记辅助选择和育种工作。

【关键词】 滩羊; 蒙古羊; 小尾寒羊; *BMPR-IB* 基因; 产羔数

【中图分类号】 S826.2

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)11-0031-06

Genetic polymorphism of *BMPR-IB* gene and effect on litter size in three sheep breeds

TIAN Xiu-e, SUN Hong-xia, WANG Yong-jun

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

Abstract: 【Objective】 The study compared the gene polymorphism of *BMPR-IB* gene in the Tan sheep, Mongolian Sheep and Small Tailed Han Sheep, and analyzed the effect on the litter size of the different genotype, which would provide a theoretical basis for marker-assisted selection and breeding for prolificacy in sheep. 【Method】 The gene polymorphism of *BMPR-IB* gene was analyzed by PCR-RFLP and the effect on litter size of different genotypes was studied by least squares mean. 【Result】 (1) There were three genotypes ++, B+ and BB in the Tan Sheep and Small Tailed Han Sheep, the genotype frequencies were 0.660, 0.240, 0.100 and 0.118, 0.353, 0.529 respectively, 0.780, 0.220 and 0.294, 0.706 were gene frequencies of + and B, and only ++ genotype existed in Mongolian Sheep. The polymorphism information contents (PIC) were 0.439 and 0.501 in the Tan Sheep and Small Tailed Han Sheep, which means moderate diversity ($0.25 < PIC < 0.5$) and high diversity ($PIC > 0.5$) respectively. (2) The average litter size of

* [收稿日期] 2009-02-23

[基金项目] 宁夏滩羊选育及养殖配套技术与示范推广项目

[作者简介] 田秀娥(1964—), 女, 陕西泾阳人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事动物遗传育种与繁殖研究。

E-mail: txe82@yahoo.com.cn

[通信作者] 王永军(1964—), 男, 陕西礼泉人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事动物遗传育种与繁殖研究。

E-mail: dkxywyj2008@yahoo.com.cn

Small Tailed Han Sheep with genotype BB had 0.541 ($P < 0.05$) and 1.208 ($P < 0.01$) lambs more than B+ and ++ genotypes. Tan Sheep were more than 0.076 and 0.159 ($P > 0.05$) lambs. 【Conclusion】 (1) There is the same mutation in *BMPR-IB* gene's consecutive two basic (A746G) of Small Tailed Han Sheep and Tan Sheep as that of the Booroola Merino; (2) The B gene of *BMPR-IB* gene mutation locus may be a major gene which affects the prolificacy trait of Tan Sheep and Small Tailed Han Sheep or it is regarded as a genetic makers closely linked to target gene and could be as a marker assisting selection and breeding of improve fecundity.

Key words: Tan Sheep; Mongolian Sheep; Small Tailed Han Sheep; *BMPR-IB* gene; litter size

绵羊的繁殖性能是一个重要的经济性状,在群体内表现连续变异,是由一系列主基因或数量性状基因座(Quantitative trait locus, QTL)决定的。有关绵羊繁殖性能的主基因或数量性状基因座的鉴别,以及 DNA 分子标记的发展和运用,为绵羊繁殖性能的遗传改良开辟了新的途径。在国外的一些绵羊品种中,已鉴定并报道了多个控制排卵率与产羔数的主效基因,越来越多的高产绵羊品种被证实确实存在影响排卵率的主效基因^[1]。现有研究表明,所有调节绵羊性腺轴发育的基因都是影响绵羊高繁殖力性能潜在的主效候选基因,其中将 *BMPR-IB* 基因作为控制绵羊多胎性能主效候选基因的研究较为活跃^[1-13]。

对布鲁拉美利奴羊多胎性状遗传分离规律的研究发现,控制多胎性能的基因是位于 6 号常染色体,对应于人染色体 4q22~23 区间 *BMPR-IB* 基因(*BMPR-IB* 基因是 TGF2 β 受体超家族的成员之一)编码区发生的 1 处突变(编码区第 746 碱基由 A 变为 G, A746G),导致了该受体激酶结构域的第 249 位氨基酸由谷氨酰胺突变为精氨酸,造成该受体部分失活,影响了与之识别的配体 GDF-5 和 BMP-4 对类固醇生成作用的反应,结果使携带 *BMPR-IB* 突变基因的母羊颗粒细胞分化加快,进而加速卵泡成熟,使排卵数增多^[3-6]。关联分析证明,基因 *BMPR-IB* 是控制布鲁拉美利奴羊高繁特性的主效基因^[3-5]。1989 年,该基因被绵、山羊遗传命名委员会命名为 *FecB* (Fec=Fecundity, B=Booroola)。

近年来,国内外关于绵羊 *BMPR-IB* 基因遗传变异的报道较多^[3-4, 8-13]。研究发现,对某些绵羊品种通过 *BMPR-IB* 突变基因选择后,母羊产羔率显著提高^[3, 10]。但目前有关滩羊、蒙古羊和小尾寒羊的类似研究报道还不多见。为此,本研究在前人研究的基础上,以滩羊(多胎选育群,以下简称滩羊)、蒙古羊和小尾寒羊为研究对象,利用 PCR-RFLP、DNA 测序技术和 DNA 序列分析方法,检测和分

析了 *BMPR-IB* 基因的 RFLP 多态性,研究不同基因型对产羔数的影响,以期为绵羊繁殖力的标记辅助选择和育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物及血样采集

分别以 68 只小尾寒羊(陕西唯康养殖场)、250 只滩羊(宁夏回族自治区盐池县滩羊繁育基地)和 54 只蒙古羊(内蒙古鄂托克旗三北斯奶麒羊场)成年母羊(试验羊常规饲养与管理,体况适中,至少有连续 2 胎产羔记录)为研究对象,每只羊颈静脉采集血液 8 mL,装在预先加有 1.5 mL ACD 抗凝剂的 10 mL Ep 管中,盖严,快速振荡混匀,低温下带回实验室,于 -80℃ 冷冻保存备用。

1.2 基因组 DNA 提取

参照 Chen 等^[7]的方法,采用常规的酚-氯仿抽提法提取基因组 DNA,于 -20℃ 保存备用。

1.3 绵羊 *BMPR-IB* 基因(*FecB*)引物的设计与扩增

1.3.1 引物设计与合成 根据绵羊 *BMPR-IB* 基因序列(GenBank 登录号:AF312016)查找酶切位点,用 Primer5.0 软件设计 1 对引物:上游引物 F,序列为 5'-CCAGAGGACAATAGCAAAGCAA-3';下游引物 R,序列为 5'-CAAGATGTTTTCA TGCCTCAACAGGTC-3'。引物均由北京三博远志有限责任公司合成。

1.3.2 PCR 扩增 PCR 反应总体积为 25 μ L,其中 10 \times Buffer(20 mmol/L, Mg²⁺) 2.5 μ L, dNTPs(2.5 mmol/L) 2.5 μ L, *Taq* DNA 聚合酶(0.5 U/ μ L) 2.5 μ L,上下游引物(10 pmol/ μ L)各 0.5 μ L,模板 DNA(50 ng/ μ L) 1.0 μ L,加双蒸水至 25 μ L。PCR 反应程序为:94℃ 预变性 5 min;94℃ 变性 30 s, 54.3℃ 退火 30 s, 72℃ 延伸 30 s,共 33 个循环;最后 72℃ 延伸 10 min, 4℃ 保存。扩增产物用 15 g/L 的琼脂糖凝胶进行电泳检测。

1.4 PCR 产物的酶切

酶切反应总体积为 20 μ L,其中 10 \times Buffer(含 BSA)2 μ L, *AVa* II (10 U/ μ L) 1 μ L, PCR 产物 6 μ L,加双蒸水至 20 μ L。37 $^{\circ}$ C 消化 6 h。酶切产物用 120 g/L 的聚丙烯酰胺凝胶进行电泳检测。

1.5 测序

经酶切分析后,将不同基因型个体的 PCR 产物用柱式胶回收试剂盒回收纯化,送往北京三博远志有限责任公司进行正反双向测序,用 DNASTar 进行序列比较分析。

1.6 统计指标分析

1.6.1 *BMPR-IB* 基因 RFLP 多态性分析 按照常规方法分别计算 *BMPR-IB* 多态基因位点的基因型频率、基因频率、多态信息含量(PIC)、有效等位基因数(N_e)和位点杂合度(H_e)^[8-11]。

1.6.2 *BMPR-IB* 基因不同基因型对产羔数的遗传效应分析 在本研究中,影响母羊产羔性能的因素主要包括遗传效应(*BMPR-IB* 基因各基因型效应)、环境效应(胎次效应和年际效应)和随机效应(随机残差效应),据此构建产羔性能的统计模型如下:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_k + \epsilon.$$

式中: Y_{ijk} 为不同基因型个体在不同胎次、不同年度的实际产羔数, μ 为群体平均值, α_i 为 *BMPR-IB* 基因各基因型效应, β_j 为胎次效应, τ_k 为年际效应, ϵ 为随机残差效应。根据按上述统计模型估计的 *BMPR-IB* 基因各基因型的效应值,分别计算该位

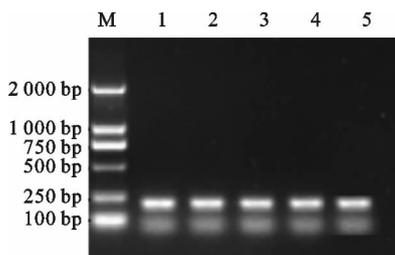


图 1 *BMPR-IB* 基因的 PCR 扩增

M. Marker 2000;1~5. 扩增产物

Fig. 1 Image of PCR products of *BMPR-IB* gene

M. Marker 2000;1-5. PCR products

2.3 *BMPR-IB* 基因的测序及序列分析

经酶切消化后,将不同基因型个体的 PCR 产物回收纯化,送往北京三博远志生物技术有限责任公司测序(由于片断太小,采用双向测序),并将测序结果上传到 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast/>

点加性效应、显性效应和显性度,其中加性效应 $a = \frac{a_{BB} + a_{++}}{2}$,显性效应 $d = a_{B+} - \frac{a_{BB} - a_{++}}{2}$,显性度 $D = \frac{d}{a}$ 。

1.7 数据处理

试验数据采用 SPSS(13.0)软件 ANOVA 进行显著性分析,结果以“平均值 \pm 标准误”表示。

2 结果与分析

2.1 *BMPR-IB* 基因 *FecB*(Q249R) 突变区的 PCR 扩增

用 *FecB* 引物对 3 个绵羊基因组 DNA 进行扩增,扩增产物经 15 g/L 的琼脂糖凝胶电泳检测,得到长度为 190 bp 的特异性条带(图 1),与预期结果相符,且目的条带清晰,特异性好,可直接进行酶切分析。

2.2 PCR 扩增产物的 *AVa* II 酶切

用 *AVa* II 内切酶对 PCR 产物进行酶切,消化后用 120 g/L 的聚丙烯酰胺凝胶进行电泳检测。由图 2 可见,该基因位点在小尾寒羊和滩羊上得到 3 种带型,分别是 190 bp 的酶切条带(++)、190 和 160 bp 的酶切条带(B+)和 160 bp 的酶切条带(BB);在蒙古羊上只有 190 bp 的酶切条带(++),其中++型为野生型,B+为突变杂合型,BB 型为突变纯合型。上述结果表明,小尾寒羊和滩羊在该基因位点存在多态性,而蒙古羊在该基因位点不存在多态性。

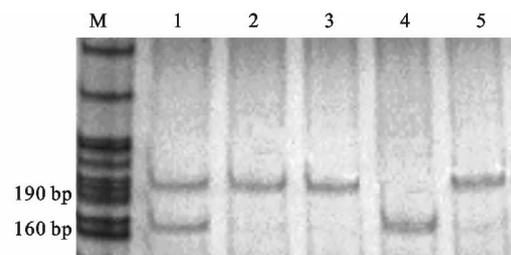


图 2 *BMPR-IB* 基因 PCR 产物的 *AVa* II 酶切

M. pBR322 DNA/*Msp* I Markers;

1. 杂合子 B+;2,3,5. 野生型 ++;4. 突变纯合型 BB;

Fig. 2 Electrophoresis of PCR products of *BMPR-IB*

gene digested by *AVa* II enzyme

M. pBR322 DNA/*Msp* I Markers;1. Heterozygote B+;2,3,5.

Wild genotype ++; 4. Mutation homozygous genotype BB

blast.cgi 网站进行 BLAST 比较,同时对编码区的氨基酸序列利用 <http://www.ncbi.com/CLAST-WL> 网站进行比较。测序结果(图 3)显示,该段 DNA 序列中存在 2 个 SNP 位点,即编码区第 746 位相邻 2 个核苷酸均发生了 A \rightarrow G 置换,该位点突

变使野生型的谷氨酰胺变成了精氨酸(Q249R)。据此说明,小尾寒羊和滩羊 *BMPRI-IB* 基因编码序列的第 746 位相邻 2 处碱基发生了与布鲁拉美利奴绵羊相同的突变(A746G),而蒙古羊则没有这种突变发生。

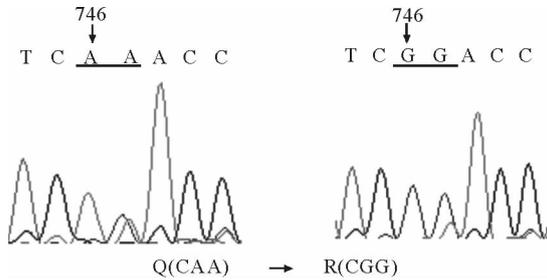


图 3 小尾寒羊和滩羊 *BMPRI-IB* 基因的突变

Fig. 3 *BMPRI-IB* gene mutation of Small Tailed Han Sheep and Tan Sheep

2.4 滩羊、蒙古羊和小尾寒羊 *BMPRI-IB* 基因 RFLP 遗传多态性

3 个绵羊品种 *BMPRI-IB* 基因多态位点基因型

频率、基因频率、多态信息含量(*PIC*)、有效等位基因数(N_e)、位点杂合度(H_e)和位点纯合度(H_o)的计算结果见表 1。由表 1 可知,滩羊和小尾寒羊均发现了++、B+和 BB 3 种基因型,蒙古羊仅表现++ 1 种基因型。滩羊、蒙古羊和小尾寒羊++、B+和 BB 基因型频率分别为 0.660,0.240,0.100;1.000,0.000,0.000 和 0.118,0.353,0.529, + 和 B 基因频率分别为 0.780,0.220;1.000,0.000 和 0.294,0.706,小尾寒羊 BB 基因型频率明显高于滩羊和蒙古羊。经 χ^2 适合性检验,滩羊该基因位点处于 Hardy-Weinberg 不平衡状态,而小尾寒羊则处于平衡状态。

进一步分析发现,滩羊、小尾寒羊该位点 H_e 和 PIC 分别为 0.500,0.439 和 0.580,0.501,分别表现为中度多态和高度多态,表明这两个绵羊品种 *BMPRI-IB* 基因的多态性较高,遗传变异较大,可作为性状与标记间连锁分析的候选主效基因,用于提高绵羊繁殖力的标记辅助选择。

表 1 3 个绵羊品种 *BMPRI-IB* 基因位点的群体遗传结构

Table 1 Polymorphism of *BMPRI-IB* gene in three sheep groups

品种 Breed	样本 Sample	基因型频率 Genotype frequency			基因频率 Gene frequency		H_o	H_e	PIC	N_e	χ^2
		++	B+	BB	+	B					
滩羊 Tan Sheep	250	0.660 (165)	0.240 (60)	0.100 (25)	0.780	0.220	0.500	0.500	0.439	1.980	22.605
蒙古羊 Mongolian Sheep	54	1.000 (54)	0.000 (0)	0.000 (0)	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	/
小尾寒羊 Small Tailed Han Sheep	68	0.118 (8)	0.353 (24)	0.529 (36)	0.294	0.706	0.420	0.580	0.501	2.390	1.530

注: $PIC > 0.5$ 为高度多态, $0.25 < PIC < 0.5$ 为中度多态, $PIC < 0.25$ 为低度多态。

Note: $PIC > 0.5$ means high diversity, $0.25 < PIC < 0.5$ means moderate diversity, $PIC < 0.25$ means low diversity.

2.5 滩羊、蒙古羊和小尾寒羊 *BMPRI-IB* 基因位点不同基因型对绵羊产羔数的影响

通过最小二乘分析估计的滩羊、蒙古羊和小尾

寒羊 *BMPRI-IB* 基因位点不同基因型个体的平均产羔数(基因型效应),以及据此计算的加性效应、显性效应、显性度结果见表 2。

表 2 滩羊、蒙古羊和小尾寒羊 *BMPRI-IB* 基因不同基因型对产羔率的遗传效应

Table 2 Genetic effect of *BMPRI-IB* genotype on litter size in different sheep breeds

基因型 Genotypes	小尾寒羊 Small Tailed han Sheep			滩羊 Tan Sheep			蒙古羊 Mongolian Sheep		
	N	LSM	SE	N	LSM	SE	N	LSM	SE
++	8	1.625	0.263	179	1.270	0.074	54	1	0
B+	24	2.292	0.095	65	1.353	0.083	0	0	0
BB	36	2.833	0.063	38	1.429	0.111	0	0	0
加性效应 Additive effect		0.604			0.080			/	
显性效应 Dominant effect		0.063			0.019			/	
显性度 Dominant degree		0.104			0.004			/	

注:“N”为总记录数,“LSM”为最小二乘中的平均产羔数,“SE”为标准误。

Note:“N” means test number,“LSM” means lsmean,“SE” means standard error.

由表 2 可知,小尾寒羊 BB 基因型个体平均产羔数较 B+ 基因型多 0.541 只,差异显著 ($P < 0.05$),较 ++ 基因型多 1.208 只,差异极显著 ($P < 0.01$);滩羊 BB 基因型个体平均产羔数较 B+ 和 ++ 基因型分别多 0.076 和 0.159 只,差异均不显著 ($P > 0.05$),其该位点加性效应、显性效应和显性度分别较小尾寒羊低 0.524,0.044 和 0.100。

虽然小尾寒羊和滩羊 *BMPR-IB* 基因位点不同基因型对产羔数的遗传效应存在较大差异,其中突变基因 B 可以显著增加小尾寒羊的产羔数,而对于滩羊则仅表现为具有提高产羔数的趋势,但根据现有研究结果仍然可以作出如下判断:*BMPR-IB* 基因位点的突变基因 B 可能是控制小尾寒羊和滩羊多胎性能的主效基因,或者是与之存在紧密连锁的遗传标记,可以用于提高繁殖力的标记辅助选择和育种工作;至于 *BMPR-IB* 基因位点不同基因型对小尾寒羊和滩羊产羔数遗传效应的差异,尚需扩大样本数和增加产羔统计胎次作进一步深入研究。

3 讨 论

3.1 滩羊、蒙古羊和小尾寒羊 *BMPR-IB* 基因 RFLP 群体的遗传结构

近年来,国内关于绵羊 *BMPR-IB* 基因遗传变异的报道较多。杜立新^[12]在滩羊中发现了 1 个多羔家系,经初步杂交和性激素测定发现,其性状表现与布鲁拉美利奴羊的 *FecB* 基因接近;柳淑芳等^[8]、殷子惠等^[9]先后报道了小尾寒羊 *BMPR-IB* 基因位点存在 ++、B+ 和 BB 3 种基因型。本研究发现,小尾寒羊和滩羊 *BMPR-IB* 基因编码序列的第 746 位相邻 2 处碱基发生了与布鲁拉美利奴羊相同的突变(A746G),导致小尾寒羊和滩羊在该位点存在 ++、B+ 和 BB 3 种基因型,该结果与上述研究结果基本一致^[8-9];蒙古羊 *BMPR-IB* 基因位点没有发生突变,全部是 ++ 型,这与刘凤丽等^[13]的研究结果完全一致。

在本研究中,滩羊和小尾寒羊 ++、B+ 和 BB 基因型频率分别为 0.660,0.240,0.100 和 0.118,0.353,0.529,++ 和 B 基因频率分别为 0.780,0.220 和 0.294,0.706, *He* 和 *PIC* 分别为 0.500,0.439 和 0.580,0.501。群体多态信息含量和群体杂合度数值的大小反映了群体遗传变异水平的高低,数值越大,表明群体的遗传多样性越丰富,其选择潜力越高。小尾寒羊和滩羊在该位点分别表现为中度多态和高度多态,表明 *BMPR-IB* 基因多态性较高,遗传

变异较大,使其作为性状与标记间连锁分析的候选标记,用于提高绵羊繁殖力的标记辅助选择和育种工作成为可能。

3.2 滩羊、蒙古羊和小尾寒羊 *BMPR-IB* 基因不同基因型对产羔率的遗传效应

国内外大量相关研究结果表明,许多绵羊品种 *BMPR-IB* 基因位点的 B 基因是提高产羔数的“主效基因”^[1,3,5,8-11]。王启贵等^[10]研究了 *BMPR-IB* 基因型在绵羊各品系间的分布及各种基因型绵羊的实际产羔情况,结果表明 *BMPR-IB* 是影响绵羊产羔数的主效基因,可以用于对绵羊产羔数的选择;柳淑芳等^[8]研究发现,初产和经产小尾寒羊 BB 基因型分别平均较 ++ 基因型多产羔 0.9 ($P < 0.05$) 和 1.5 只 ($P < 0.01$);殷子惠等^[9]研究表明,小尾寒羊 BB 基因型第 1 胎和第 2 胎平均产羔数分别较 ++ 基因型多 0.77 和 1.02 只;朱二勇等^[11]报道,小尾寒羊 BB、B+ 和 ++ 基因型的平均产羔数分别为 2.81,2.76 和 2.25 只,BB 基因型较 ++ 基因型多产羔 0.56 只;杜立新^[12]在滩羊中发现了 1 个多羔家系,经初步杂交和性激素测定发现,其性状表现与布鲁拉美利奴羊的 *BMPR-IB* 突变基因 (*FecB* 基因)接近,平均每只产羔 1.9 只,而同一地区其他滩羊的产羔数仅为 0.80 只左右,据此可推测此家系有多胎主基因存在。本研究发现,小尾寒羊 BB 基因型平均产羔数较 B+ 基因型多 0.54 只,差异显著 ($P < 0.05$),较 ++ 基因型多产 1.21 只,差异极显著 ($P < 0.01$),与上述结果基本一致;滩羊 BB 基因型平均产羔数较 B+ 和 ++ 分别多 0.08 和 0.16 只,但差异不显著 ($P > 0.05$),其加性效应、显性效应和显性度分别较小尾寒羊低 0.524,0.044 和 0.100。*BMPR-IB* 基因多态位点突变基因 B 可以显著增加小尾寒羊的产羔数,对于滩羊则仅表现为具有提高产羔数的趋势,这是否预示 *BMPR-IB* 基因位点的 B 基因效应存在品种特异性,尚需要扩大样本数和增加绵羊品种数作进一步深入研究。另外,滩羊群体中 B 基因提高产羔数的遗传效应未能较好发挥,也可能与滩羊的饲养管理条件有关。

根据数量遗传学理论,表现型 = 遗传效应 + 环境效应。众所周知,绵羊繁殖性能的遗传力很低,大约为 0.03~0.1,该性状不但受到遗传因素的影响,而且还受到环境条件、饲养方式、营养水平等环境因素的影响。与小尾寒羊相比,滩羊的饲养环境包括养殖地的气候条件、饲养管理条件和培育条件等均远不及小尾寒羊,多胎的小尾寒羊长久以来多采用

舍饲圈养的饲养方式,而滩羊的产地气候条件较为恶劣、饲料单一、管理粗放,从而有可能导致其主效基因 *B* 对产羔数的提高作用不能得到充分发挥。综上所述,提高滩羊的繁殖力,在以 *BMPR-IB* 基因作为标记基因、通过选择提高群体中 *B* 等位基因频率的同时,加强饲养管理也是加快遗传进展的重要保障之一。

4 结 论

1) 滩羊和小尾寒羊 *BMPR-IB* 基因编码序列第 746 位相邻 2 处碱基发生了与布鲁拉美利奴绵羊相同的突变(A746G),存在多态性,而蒙古羊则未发生这种突变。

2) *BMPR-IB* 基因位点的突变基因 *B* 可能是控制小尾寒羊和滩羊多胎性能的主效基因或者是与之存在紧密连锁的遗传标记,可以用于提高繁殖力的标记辅助选择和育种工作。

[参考文献]

- [1] Davis G H, Galloway S M, Ross I K, et al. DNA tests in prolific sheep from eight countries provide new evidence on origin of the Booroola (*FecB*) mutation [J]. *Biol Reprod*, 2002, 66 (6): 1869-1874.
- [2] Galloway S M, McNatty K P, Cambridge L M, et al. Mutations in an oocyte-derived growth differentiation factor gene (*BMP15*) cause increased ovulation rate and infertility in a dosage-sensitive manner [J]. *Nature Genetics*, 2000, 25: 279-283.
- [3] Wilson T, Wu X Y, Juengel J L, et al. Highly prolific Booroola sheep have a mutation in the intracellular kinase domain of bone morphogenetic protein IB receptor (ALK-6) that is expressed in both oocytes and granulosa cells [J]. *Biol Reprod*, 2001, 64(4): 1225-1235.
- [4] Souza C J, MacDougall C, Campbell B K, et al. The Booroola (*FecB*) phenotype is associated with a mutation in the bone morphogenetic receptor type IB (*BMPR-IB*) gene [J]. *J Endocrinol*, 2001, 169(2): 1-6.
- [5] Mulsant P, Lecerf F, Fabre S, et al. Mutation in bone morphogenetic protein receptor-IB is associated with increased ovulation rate in Booroola Merino ewes [J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2001, 98(9): 5104-5109.
- [6] 葛 燕, 张家骅. 骨形态发生蛋白在动物繁殖上的研究进展 [J]. *动物医学进展*, 2006, 27(6): 33-37.
- Ge Y, Zhang J H. Research progress of bone morphogenetic protein in animal prolificacy [J]. *Progress in Veterinary Medicine*, 2006, 27(6): 33-37. (in Chinese)
- [7] Chen H, Leibenguth F. Studies on multilocus fingerprints, RAPD markers and mitochondrial DNA of a gynogenetic fish (*Carassius auratus gibelio*) [J]. *Biochem Genet*, 1995, 33: 297-306.
- [8] 柳淑芳, 姜运良, 杜立新. *BMPR-IB* 和 *BMP15* 基因作为小尾寒羊多胎性能候选基因的研究 [J]. *遗传学报*, 2003, 30(8): 755-760.
- Liu S F, Jiang Y L, Du L X. Studies of *BMPR-IB* and *BMP15* as candidate genes for fecundity in Little Tailed Han sheep [J]. *Acta Genetica Sinica*, 2003, 30(8): 755-760. (in Chinese)
- [9] 殷子惠, 姜运良, 樊新忠, 等. 小尾寒羊 *BMPR-IB* 基因的多态性、效应及连锁分析 [J]. *畜牧兽医学报*, 2006, 37(5): 510-513.
- Yin Z H, Jiang Y L, Fan X Z, et al. Polymorphism, effect and linkage analysis of *BMPR-IB* gene in Small Tailed Han Sheep [J]. *Acta Veterinariae Zootechnica Sinica*, 2006, 37(5): 510-513. (in Chinese)
- [10] 王启贵, 钟发刚, 李 辉, 等. 绵羊 *BMPR-IB* 基因多态性与其产羔数的相关研究 [J]. *草食家畜*, 2003(2): 20-23.
- Wang Q G, Zhong F G, Li H, et al. The polymorphism of *BMPR-IB* gene associated with litter size in sheep [J]. *Journal of Livestock Grazing*, 2003(2): 20-23. (in Chinese)
- [11] 朱二勇, 史洪才, 武 坚, 等. *BMPR-IB* 基因作为绵羊多胎性能候选基因的研究 [J]. *西北农业学报*, 2006, 15(6): 20-23.
- Zhu E Y, Shi H C, Wu J, et al. Studies of *BMPR-IB* as candidate genes for fecundity in sheep [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2006, 15(6): 20-23. (in Chinese)
- [12] 杜立新. 滩羊多胎基因突变生化遗传标记的研究 [C]// 第九次全国动物遗传育种学术讨论论文集. 北京: 中国农业科技出版社, 1997: 126-129.
- Du L X. Study on the superfoetation gene mutation biochemistry genetic marker of Tan Sheep [C]// Proceedings of 9th National Symposium on Animal Genetics and Breeding. Beijing: Agricultural Science and Technology of China Press, 1997: 126-129. (in Chinese)
- [13] 刘凤丽, 刘永斌, 王 峰, 等. 中国部分绵羊品种 *BMPR-IB* 基因 RFLP 多态性的研究 [J]. *华北农学报*, 2007, 22(4): 151-154.
- Liu F L, Liu Y B, Wang F, et al. Study on the polymorphism of bone morphogenetic protein receptor IB in China partial sheep [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2007, 22(4): 151-154. (in Chinese)