

中国荷斯坦牛 *GlyCAM1* 基因遗传多态性与乳房炎关联性分析

李晶^{1,2}, 王洪梅¹, 王长法¹, 柳楠², 李秋玲¹,
侯明海¹, 李建斌¹, 仲跻峰¹

(1. 山东省农业科学院奶牛研究中心, 济南 250100; 2. 青岛农业大学, 山东 青岛 266109)

摘要:以 273 头中国荷斯坦牛为研究对象, 利用 CRS-PCR、PCR-SSCP 及 DNA 测序技术检测糖基化依赖细胞粘附分子 1 (*GlyCAM1*) 基因外显子 3、内含子 3 的遗传多态性。结果表明: *GlyCAM1* 基因分别在外显子 3 和内含子 3 的第 2081 (A/C)、2417 (C/T) 位存在突变, 两位点在牛群中的等位基因频率 A/B 分别为 0.752 5/0.247 5, 0.904 6/0.095 4; 经 χ^2 适合性检验, 中国荷斯坦牛群 2417 位点的突变达到 Hardy-Weinberg 平衡状态 ($P > 0.05$), 但 2081 位点的突变未达到 Hardy-Weinberg 平衡状态 ($P < 0.05$)。采用最小二乘法拟合线性模型将该基因座不同基因型与奶牛乳房炎进行了关联分析, 结果表明: 胎次效应 ($P < 0.01$)、场效应 ($P < 0.01$) 和泌乳月 ($P < 0.05$) 对乳房炎的影响较大。2081 位基因型效应对 SCS 的影响达到了显著水平 ($P < 0.05$), 且 AA 基因型个体的 SCS 显著低于 AB 和 BB 基因型个体 ($P < 0.05$)。

关键词: 中国荷斯坦牛; 糖基化依赖细胞粘附分子 1 基因; 遗传多态性; SCS; 乳房炎

中图分类号: Q953

文献标识码: A

文章编号: 1008-0864(2008)06-0068-06

Analyzing Relationship between *GlyCAM1* Gene Polymorphisms and Mastitis in China Holstein Cow

LI Jing^{1,2}, WANG Hong-mei¹, WANG Chang-fa¹, LIU nan², LI Qiu-ling¹,
HOU Ming-hai¹, LI Jian-bin¹, ZHONG Ji-feng¹

(1. Dairy Cattle Research Center, Shandong Academy of Agricultural Science, Jinan 250100, China;

2. Qingdao Agricultural University, Shandong Qingdao, 266109, China)

Abstract: The genetic polymorphism of *GlyCAM1* gene exon 3 and intron 3 in 273 heads of China Holstein cow were studied by CRS-PCR and PCR-SSCP and DNA sequencing. The results showed that two polymorphic sites were identified, which were located at position 2081 (A/C) and 2417 (C/T) in the *GlyCAM1* gene exon 3 and intron 3, respectively. At the 2081 site and 2417 site, the allelic frequencies of A and B were 0.752 5/0.247 50 and 0.904 6/0.095 4, respectively. χ^2 adaptability test indicated that the polymorphic site 2417 was in accordance with the Hardy-Weinberg equilibrium ($P > 0.05$) in China Holstein cow. But the polymorphic site 2081 was not in accordance with Hardy-Weinberg equilibrium ($P < 0.05$). Meanwhile, the results indicated that the mastitis were significantly affected by fetal effect ($P < 0.01$) and field effect ($P < 0.01$) and lactation month effect ($P < 0.05$). At the 2081 site, SCS was significantly affected by genotype effect, which the cow with genotype AA showed lower somatic cell score than that of genotype AB and BB ($P < 0.05$).

Key words: China Holstein cow; *GlyCAM1* gene; genetic polymorphism; SCS; mastitis

乳房炎是奶牛业生产中花费最高的常见病、多发病。虽然在防治乳房炎的药物和方法上进行了大量的研究和改进, 但均不能显著减少其所造成的巨大经济损失, 也不能改变使用抗生素后因

药物残留所带来的一系列经济和社会问题。研究表明, 同一环境下不同个体对乳房炎的易感性或抗性不同^[1], 因而从遗传水平上选育具有乳房炎抗性的奶牛, 有望渐进并长久地改变群体的遗传

收稿日期: 2008-09-03; 修回日期: 2008-10-10

基金项目: 国家 863 计划项目 (2006AA10Z1D9); 国家公益性行业科研专项 (nyhyzx07-036-09) 和山东省科技发展计划项目 (2006GG2209011) 资助。

作者简介: 李晶, 硕士研究生, 研究方向为动物繁育。E-mail: lijing811020@163.com。通讯作者: 仲跻峰, 研究员, 博士, 研究方向为动物繁育。E-mail: sdox2@163.com

结构,从根本上提高奶牛对乳房炎的抗性,具有治本的功效。但是乳房炎性状是多基因控制的数量性状,遗传力较低($h_2 < 0.1$),难以直接选择^[2],而乳中的体细胞数能准确的反映乳房炎的发病程度^[3],Shook 等^[4]报道体细胞数的转换值体细胞评分(somatic cell score, SCS)与乳房炎有 0.6 ~ 0.8 程度遗传相关性,SCS 的遗传力为 0.1 ~ 0.2,因此,可利用对 SCS 有显著影响的候选基因进行乳房炎抗性的研究,选择出对乳房炎性状有显著影响的候选基因分子标记,通过实现标记辅助选择育种,培育出具有乳房炎抗性的牛群。

糖基化依赖细胞粘附分子 1 (glycosylation-dependent cell-adhesion molecule1, GlyCAM1) 是一种粘液样内皮糖蛋白^[5], Laskya 等^[6]证实 GlyCAM1 是白细胞选择素(L 选择素)的配体,具有参与细胞识别、信号转导以及介导白细胞粘附和淋巴细胞归巢等生物学功能,而且在免疫应答、炎症反应等过程中起重要作用。Laegreid 等^[7]研究表明, GlyCAM1 具有抗菌和防止幼畜呼吸道和胃肠道发病的功能。通过荧光原位杂交定位 *GlyCAM1* 基因,发现山羊、绵羊、牛、小鼠的 *GlyCAM1* 基因分别定位于 5q21、3q21、5q21 和 15 号染色体上^[8]。牛 *GlyCAM1* 基因长度为 4.5 kb, 包含 4 个外显子和 3 个内含子, mRNA 长度为 679 bp, 编码 153 个氨基酸^[9]。牛和鼠 *GlyCAM1* 基因的 cDNA 具有同源性, 并且鼠 *GlyCAM1* 基因的组织特异性表达与泌乳期奶牛 *GlyCAM1* 基因的组织特异性表达一致^[10]。通过对乳成分的分析发现, GlyCAM1 蛋白存在于小鼠可溶性乳清成分中^[11], 并在泌乳期牛的乳腺上皮细胞中特异性表达^[12]。

因此,可将 *GlyCAM1* 基因作为奶牛乳房炎的候选基因进行研究。

目前,有关家畜 *GlyCAM1* 基因遗传多态性的研究报道很少,而作为大家畜的牛在此方面的研究更少。因此,本试验利用 PCR-SSCP、CRS-PCR 及 DNA 测序技术对 *GlyCAM1* 基因单核苷酸多态性进行了研究,并统计分析了不同位点各基因型与 SCS 的关系,确定了乳房炎抗性优良基因型,并为进一步应用于标记辅助选择奠定了理论基础,对开展奶牛乳房炎的抗性育种有着重要的意义。

1 材料和方法

1.1 基因组 DNA 提取

自天津、济南、泰安等地采集 273 头中国荷斯坦牛的血液样本,柠檬酸钠抗凝。用常规酚-氯仿抽提法从血样中提取基因组 DNA, 1% 琼脂糖凝胶电泳检测基因组 DNA 的质量, -20℃ 保存备用。

1.2 引物设计及 PCR 扩增

通过比对 GenBank 收录的牛 *GlyCAM1* 基因序列,发现外显子 3 存在一个潜在的 SNP 位点,因此,应用 oligo6.0 软件,参考牛 *GlyCAM1* 基因序列(GenBank 登录号为 NC007303)对外显子 3 设计创造酶切位点 PCR(created restriction site PCR, CRS-PCR)引物及测序引物,同时对内含子 3 设计 PCR-SSCP 引物,由上海生工生物工程技术有限公司合成。

表 1 *GlyCAM1* 基因的引物序列
Table 1 Primer sequences of *GlyCAM1* gene.

位点 Site	引物序列 5'→3' Primer sequences 5'→3'	复性温度 Anneal Temp	片段长度(bp) Size(bp)
Exon 3	CRS-F: AGCAAATGTGATCAGATCTTCCAGG CRS-R: GGGTAGCATTTCTGAGATGTTTTCCAT	60℃	96
	Seq-F: CCCTCACCTCCTCCATCAT Seq-R: AATCCAACCACTTCCACCC	62℃	324
Intron 3	SSCP-F: AGGTGGGAGGGAGGGAACA SSCP-R: CCCACACTCCAGCAACAGC	63℃	204

注:下划线位置为创造限制性内切酶 *Hin1* II 酶切位点处。

Note: The underlined nucleotide indicates creation site of a restriction enzyme *Hin1* II.

PCR 反应体系(20 μL)为: 2.0 μL 10 \times Buffer、1.2 μL 25 mmol/L Mg^{2+} 、0.3 μL 10 mmol/L dNTP、5 U/ μL Taq DNA 聚合酶 0.3 μL 、10 $\mu\text{mol/L}$ 上下游引物各 0.8 μL 、100 ng 模板 DNA。PCR 反应条件为: 94 $^{\circ}\text{C}$ 预变性 4 min; 94 $^{\circ}\text{C}$ 变性 35 s, 复性 30 s (复性温度见表 1), 72 $^{\circ}\text{C}$ 延伸 30 s, 33 个循环; 72 $^{\circ}\text{C}$ 延伸 4 min。PCR 产物用 1.0% 的琼脂糖凝胶电泳检测。

1.3 中国荷斯坦牛 *GlyCAM1* 基因外显子 3 和内含子 3 的多态性检测

利用 PCR-RFLP 方法对牛 *GlyCAM1* 基因外显子 3 进行多态性分析。PCR 产物酶切体系: 6U 限制性内切酶 *Hin*1II, 4 μL PCR 产物, 1.0 μL 10 \times Buffer, 加灭菌纯水至 10 μL , 37 $^{\circ}\text{C}$ 消化过夜, 12% 的聚丙烯酰胺凝胶电泳, 进行检测。

利用 PCR-SSCP 方法对牛 *GlyCAM1* 基因内含子 3 进行多态性分析。3 μL PCR 产物和 6 μL 的变性缓冲液 (98% 去离子甲酰胺、10 mmol/L EDTA、0.025% 二甲苯青、0.02% 溴酚蓝) 混匀, 100 $^{\circ}\text{C}$ 变性 8 min, 然后冰浴 10 min, 上样于 10% 聚丙烯酰胺凝胶, 150 V 电泳, 6 h 后银染显色。

1.4 PCR 产物测序

将外显子 3 和内含子 3 的不同基因型的个体进行 DNA 测序, 每个基因型个体 3 头。由于设计外显子 3 的 CRS-PCR 引物的扩增片段仅为 96 bp, 太短, 难以进行 PCR 产物测序, 因此, 设计测序引物 Seq-F 和 Seq-R (表 1), 扩增片段为 324 bp (图 2), 送上海生工生物工程技术有限公司测序。

1.5 数据统计处理

对测得的基因型进行统计, 计算出基因频率和基因型频率, 并进行 Hardy-Weinberg 平衡检验。计算多态信息含量 (PIC)、有效等位基因数 (N_e) 和群体杂合度 (H)。按照 Shook 等^[13] 的方法, 将体细胞数 (SCC) 转换为体细胞评分 (SCS), 公式为: $SCS = \log_2 (SCC/100\ 000) + 3$, 并进行校正, 消除了泌乳天数和采样时期对 SCS 的影响。

根据影响体细胞评分的因素, 在对基因型效应配合下列模型进行最小二乘方差分析, 采用 SAS8.0 统计软件的 GLM 过程完成, 对基因型与乳房炎性状 (SCS) 的关联进行差异显著性检验:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + C_j + G_k + S_l + e_{ijkl}$$

其中: Y_{ijkl} 为个体性状表型值; μ 为群体平均值; T_i 为第 i 个胎次的固定效应; C_j 为第 j 个环境的固定效应; G_k 为第 k 个标记基因型的固定效应; S_l 为第 l 个季节的固定效应; e_{ijkl} 为随机残差效应。

2 结果与分析

2.1 *GlyCAM1* 基因外显子 3 的基因型分型及测序分析

对 *GlyCAM1* 基因外显子 3 进行 *Hin* 1II 酶切分型, AA 基因型为仅有 96 bp 条带, AB 基因型表现为 96 bp、68 bp 和 28 bp 三种带型, BB 基因型表现为 68 bp 和 28 bp 两种带型, 其中由于 28 bp 片段太小, 故在酶切图谱上没有体现出来 (图 1)。应用测序引物对不同基因型个体的 PCR 扩增产物 (片段长度约为 324 bp, 图 2) 进行测序, 发现第 3 外显子发生 A/C 置换突变 (即位于参考序列的第 2081 位处) (见图 3), 但仍编码苯丙氨酸, 属于同义突变。

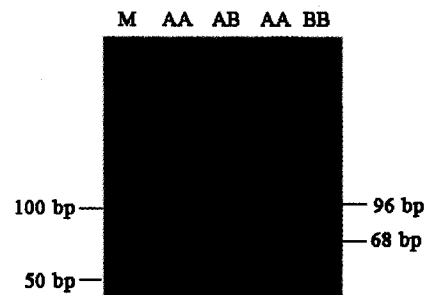


图 1 *GlyCAM1* 基因外显子 3 的 RFLP 结果

Fig. 1 RFLP genotyping of *GlyCAM1* gene exon 3.

M: 50 bp ladder.

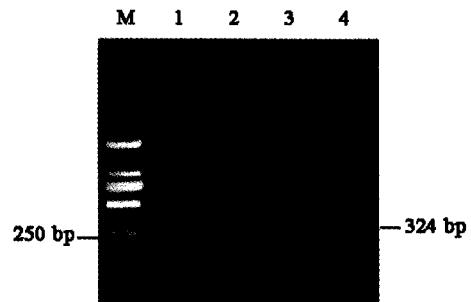


图 2 *GlyCAM1* 基因外显子 3 用于测序的 PCR 扩增产物

Fig. 2 The PCR amplification of *GlyCAM1* gene exon 3.

M: DNA marker DL2000; 1~4: PCR products

M: DNA marker DL2000; 1~4: PCR products

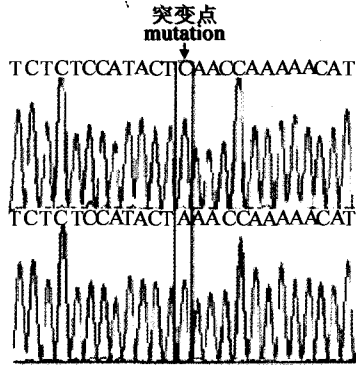


图3 *GlyCAM1* 基因第3外显子序列分析
Fig.3 Sequence analysis of *GlyCAM1* gene exon 3.

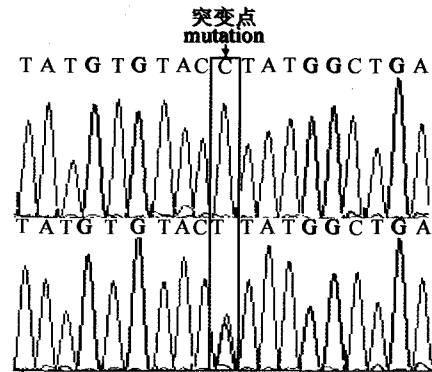


图6 *GlyCAM1* 基因第3内含子序列分析
Fig.6 Sequence analysis of *GlyCAM1* gene intron 3.

2.2 *GlyCAM1* 基因内含子3的基因型分型测序分析

PCR-SSCP 检测在中国荷斯坦牛 *GlyCAM1* 基因内含子3扩增片段上发现2种基因型,分别命名为AA和AB(图5)。应用上游引物对AA基因型和AB基因型个体测序,发现内含子3发生C/T置换突变(即位于参考序列的第2417位处)(见图6)。

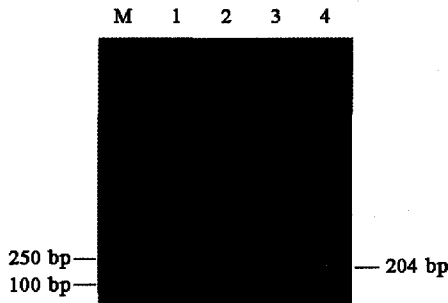


图4 *GlyCAM1* 基因内含子3用于SSCP的扩增产物
Fig.4 The PCR amplification of *GlyCAM1* gene intron 3 for SSCP.

M: DNA marker DL2000; 1~4: PCR 产物
M: DNA marker DL2000; 1~4: PCR products

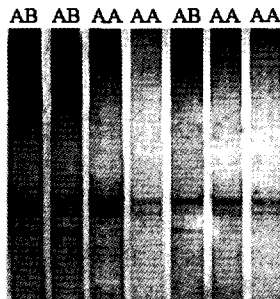


图5 *GlyCAM1* 基因第3内含子SSCP分析
Fig.5 SSCP analysis of *GlyCAM1* gene intron 3.

2.3 *GlyCAM1* 的基因型频率、基因频率统计结果。

计算中国荷斯坦牛的 *GlyCAM1* 基因型频率和等位基因频率(见表2)。*GlyCAM1* 基因2081位点在该群体中的优势基因型为AA,优势等位基因为A。*GlyCAM1* 基因2417位点优势基因型为AA,没有检测到BB基因型,优势基因为A。

2.4 *GlyCAM1* 基因座的多态信息含量、杂合度及有效等位基因数

表3为外显子3和内含子3在群体中的多态信息含量、杂合度及有效等位基因数。

中国荷斯坦牛2081位点和2417位点的多态信息含量(PIC)分别为0.3031和0.1577,在2081位点该牛群的多态信息含量达到中等多态(0.25 < PIC < 0.50),但在2417位点多态信息含量为低度多态(PIC < 0.25)。经过 χ^2 适合性检验,中国荷斯坦牛群在2417位点的突变达到Hardy-Weinberg平衡状态($P > 0.05$),但在2081位点的突变未达到Hardy-Weinberg平衡状态($P < 0.05$)。

2.5 *GlyCAM1* 基因多态性与中国荷斯坦牛乳房炎抗性的关联分析

GlyCAM1 基因不同位点各基因型对中国荷斯坦牛乳房炎和产奶量的影响见表4。2081位点BB基因型个体的SCS显著高于AA和AB基因型个体($P < 0.05$),AA基因型个体与AB基因型个体间差异不显著($P > 0.05$);在2417位点,由于缺少BB基因型个体,因此仅有AA和AB型的最小二乘均值和标准误,而不能对差异显著性进行分析(见表5)。

表2 *GlyCAM1* 的基因型频率和等位基因频率
Table 2 Genotypic and allelic frequencies of *GlyCAM1* gene.

品种 Breed	基因座 Loci	个体数 Number	基因型频率 Genotypic frequency			等位基因频率 Allelic frequency	
			AA	AB	BB	A	B
中国荷斯坦 Chinese Holstein	2081(A/C)	200	0.525 0(105)	0.455 0(91)	0.020 0(4)	0.752 5	0.247 5
	2417(C/T)	273	0.809 5(221)	0.190 5(52)	0.000 0(0)	0.904 6	0.095 4

表3 *GlyCAM1* 基因座的多态信息含量、杂合度及有效等位基因数
Table 3 Polymorphism information contents (PIC), heterozygosities (H), effective of alleles (N_e) of *GlyCAM1* gene.

品种 Breed	基因座 Loci	杂合度 H_e	有效等位基因数 N_e	多态信息含量 PIC	卡方 χ^2
中国荷斯坦 Chinese Holstein	2081(A/C)	0.372 4	1.593 4	0.303 1	8.908 2
	2417(C/T)	0.172 6	1.208 6	0.157 7	2.008 8

表4 各因素对中国荷斯坦牛群的产奶量和体细胞评分的影响
Table 4 Effect of different factors of milk yield and SCS in Chinese Holstein cows.

因素 Factor	基因座 Loci	基因型 Genotype	胎次 Parity	场次 Session	季节 Season
F 值 (Milk yield)	2081(A/C)	0.59	4.85**	0.16	0.01
	2417(C/T)	0.44	4.99**	2.22	0.02
F 值 (SCS)	2081(A/C)	3.31*	4.35**	4.43*	4.29*
	2417(C/T)	1.42	9.81**	29.61**	1.56

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

表5 *GlyCAM1* 基因不同基因型与体细胞评分、产奶量间的最小二乘均值及标准误
Table 5 Least squares means and standard errors in China Holstein cow with *GlyCAM1* genotypes in milk yield and SCS.

性状 Traits	基因座 Loci	基因型 Genotypes		
		AA	AB	BB
产奶量(kg) Milk yield(kg)	2081(A/C)	8 493.70 ± 417.67	8 305.90 ± 384.66	9 170.80 ± 972.74
	2417(C/T)	8 027.70 ± 314.44	8 208.90 ± 395.23	0.000 0 ± 0.000 0
SCS	2081(A/C)	3.617 6 ± 0.355 6b	4.048 2 ± 0.331 1a	4.627 1 ± 0.833 9a
	2417(C/T)	4.843 4 ± 0.247 8	4.584 3 ± 0.342 7	0.000 0 ± 0.000 0

注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different small letters show significant difference ($P < 0.05$).

3 讨论

3.1 关于中国荷斯坦牛 *GlyCAM1* 基因的多态性的探讨

目前,有关家畜 *GlyCAM1* 基因的多态性报道很少,而作为大家畜的牛在此方面的研究更少,仅见于 Karall 等^[14] 通过荧光定位检测到 *Gly-*

CAM1 基因内含子 3 有 A、B 两个等位基因,但明确的碱基突变位点没有具体报道。本研究以中国荷斯坦牛为研究对象,首次发现了 *GlyCAM1* 基因的 2 个 SNP,即在第 3 外显子的 2081 位存在的 A/C 突变和第 3 内含子的 2417 位存在的 C/T 突变。*GlyCAM1* 基因 2081 位点的优势基因型为 AA,优势等位基因为 A;在 2417 位点优势基因型为 AA,但没有检测到 BB 基因型,优势基因为 A。

经 χ^2 适合性检验, 在 2417 位点的突变达到 Hardy-Weinberg 平衡状态 ($P > 0.05$), 这可能是由于相应的多态位点和基因型在适应性方面具有遗传优势, 并通过长期进化和选择所致。而在 2081 位点缺少 BB 基因型, 可能是由于样本数量少, 也可能与长期的人工选择有关, 因此, 可增大样本量展开进一步的研究。

3.2 *GlyCAM1* 基因与中国荷斯坦牛乳房炎关系的分析

2001 年, Nishimura 等^[15] 发现大鼠乳腺细胞表达 *GlyCAM1* 能促使嗜中性多形核白细胞向乳腺组织中的迁移, 通过改变血管渗透性, 使液体自由进入乳腺组织, 从而稀释、中和乳腺的有毒产物, 并能吞噬和消化细菌, 减少细菌数量。因此, *GlyCAM1* 基因可能与乳房炎抗性有关。本研究对 *GlyCAM1* 基因多态性与 *SCS* 和产奶量进行了关联分析, 结果显示, 胎次效应 ($P < 0.01$)、场效应 ($P < 0.01$) 和泌乳月 ($P < 0.05$) 对乳房炎的影响较大。2081 位点的基因型效应对 *SCS* 的影响达到了显著水平 ($P < 0.05$), 且 AA 基因型个体的 *SCS* 显著低于 AB 和 BB 基因型个体 ($P < 0.05$)。因此, 可将 2081 位 AA 基因型作为乳房炎性状和产奶量性状的优良基因型, 进行进一步的验证, 将其作为分子标记应用于奶牛乳房炎抗病育种研究。

参 考 文 献

- [1] 储明星. 奶牛乳房炎的危害及其发生规律与防治[J]. 中国奶牛, 1999, 4: 55 - 56.
- [2] Gaunt S N, Raffio N, Kingsbury E T, et al. Variation of lactoferrin and mastitis and their heritabilities [J]. Dairy Sci., 1980, 63(11): 1874 - 1880.
- [3] Banos G, Shook G E. Genotype by environment interaction and genetic correlations among parities for somatic cell count and milk yield [J]. Dairy Sci, 1990, 73(9): 2563 - 2573.
- [4] Shook G E, Schutz M. Selection on somatic cell score to improve resistance to mastitis in the United States [J]. Dairy Sci., 1994, 77(2): 648 - 658.
- [5] Hwang S T, Singer M S, Giblin PA, et al. GlyCAM-1, a physiologic ligand for L-selectin, activates $\beta 2$ integrins on naive peripheral lymphocytes [J]. Exp. Med., 1996, 184: 1343 - 1348.
- [6] Lasky L A, Singer M S, Dowbenko D, et al. An endothelial ligand for L-selectin is a novel mucin-like molecule [J]. Cell, 1992, 69(6): 927 - 938.
- [7] Laegreid A, Kolst-Otnaess A, Orstavik I, et al. Neutralizing activity in human milk fractions against respiratory syncytial virus [J]. Acta Paediatr. Scand, 1986, 75: 696 - 701.
- [8] Dowbenko D, Kikuta A, Fennie C, et al. Glycosylation-dependent cell adhesion molecule 1 (GlyCAM1) mucin is expressed by lactating mammary gland epithelial cells and is present in milk [J]. Clin. Invest., 1993, 92(2): 952 - 960.
- [9] Leprovost F, Cassy S, Hayes H, et al. Structure and expression of goat *GLYCAM1* gene: lactogenic-dependent expression in ruminant mammary gland and interspecies conservation of the proximal promoter [J]. Gene, 2003, 313: 83 - 89.
- [10] Johnsen L B, Sorenson E S, Petersen T E, et al. Characterization of a bovine mammary gland PP3 cDNA reveals homology with mouse and rat adhesion molecule GlyCAM-1 [J]. Biochim. Biophys. Acta, 1995, 1260(1): 116 - 118.
- [11] Rasmussen L K, Johnson L B, Perersen T E, et al. Human *GlyCAM-1* mRNA is expressed in the mammary gland as slicing variants and encodes various aberrant truncated proteins [J]. Immunol. Lett., 2002, 83: 73 - 75.
- [12] Groenen M A, Dijkhof R J, van der Poel J J. Characterization of a *GlyCAM1*-like gene (glycosylation dependent cell adhesion molecule 1) which is highly and specifically expressed in the lactating bovine mammary gland [J]. Gene, 1995, 158(2): 189 - 195.
- [13] Shook G E. Approaches to summarizing somatic cell counts which improve interpretability [A]. In: Proceedings of 21 st Ann. meet Natl. Mastitis Council [C]. Arlington, Madison, WI; Natl. Mastitis Council, Inc., 1982, 150 - 166.
- [14] Karall C, Looft C, Kalm E. Rapid communication: detection and mapping of polymorphisms in the bovine *Lactoperoxidase (LPO)* gene and in the glycosylation-dependent cell adhesion molecule 1 (*GlyCAM1*) gene using fluorescent single-strand conformation polymorphism analysis [J]. J. Anim. Sci., 1997, 75: 1425.
- [15] Nishimura T, Kohmoto K. Regulation of glycosylation-dependent cell adhesion molecule 1 (*GlyCAM-1*) gene in the mouse mammary gland differs from that of casein genes [J]. Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol., 2001, 129: 149 - 156.

本文基金项目介绍见 67 页。

更正说明: 本刊 2008 年第 5 期“基于 MODIS-NDVI 的草地长势变化监测——以锡林郭勒盟为例”一文由国家 863 课题“退化草地封育恢复的数字化管理技术研究”资助, 课题资助号为: 2006AA10Z250。