

DOI:CNKI:61-1390/S.20110907.1108.031

网络出版时间:2011-09-07 11:08

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20110907.1108.031.html>

SST 基因多态性及其与牛生长性状的关联分析

高 丽¹, 咎林森^{1,2}, 薛 梅¹, 焦 阳¹, 宋付标¹, 王洪程¹

(1 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100; 2 国家肉牛改良中心, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] **【目的】**对秦川牛、鲁西牛、鲁西与西门塔尔杂种牛(简称鲁杂牛)、南阳牛、夏南牛和郟县红牛 6 个品种中国黄牛 *Somatostatin* 基因(SST)的第 1 外显子和第 2 外显子进行 SNPs 检测,研究其与 6 个品种中国黄牛部分生长性状的相关性。**【方法】**采用 DNA 直接测序技术和 PCR-SSCP 方法,对 669 头中国黄牛 SST 基因第 1 和第 2 外显子进行多态性分析,运用最小二乘线性模型对 SST 基因的不同基因型与 6 个品种中国黄牛生长性状进行关联性分析。**【结果】**在 SST 基因第 126 个碱基处找到 1 处多态位点,除秦川牛和鲁杂牛有 GG 和 AG 2 种基因型外,其他 4 个品种牛中均存在 AA、AG、GG 3 种基因型。运用卡方检验模型对 6 个品种黄牛中等位基因 A/G 的频率、基因型频率、多态信息含量等进行了统计分析,结果表明,各供试品种在这一位点上均处于 Hardy-Weinberg 平衡状态($P > 0.05$);该位点的 A、G 等位基因频率和多态信息含量在 6 个品种中国黄牛中分别为 0.053 8~0.218 8, 0.781 2~0.946 2 和 0.096 6~0.283 4。SST 基因的多态性与 6 个品种黄牛的 8 个生长指标的相关性分析结果显示,该位点对 669 个个体中的某些生长性状指标具有显著影响;其中 24 月龄秦川牛品种中,GG 型个体的体斜长、腰角宽和坐骨端宽均高于 AG 型个体($P < 0.05$);12 月龄鲁西牛品种中,GG 型个体的体斜长均高于 AA 型个体($P < 0.05$);12 月龄鲁杂牛牛群体中,GG 型个体的体斜长和体高均高于 AG 型个体($P < 0.05$);其他品种牛各基因型个体之间的生长性状指标差异均不显著。**【结论】**SST 基因可能与秦川牛、鲁西牛和鲁杂牛的生长性状有密切的相关性,可作为秦川牛、鲁西牛和鲁杂牛生长性状的候选基因。

[关键词] 生长抑素基因;PCR-SSCP 多态性;中国黄牛;生长性状

[中图分类号] S823.12

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2011)11-0065-06

Polymorphism of SST gene and its association with growth traits in cattle breeds

GAO Li¹, ZAN Lin-sen^{1,2}, XUE Mei¹, JIAO Yang¹,

SONG Fu-biao¹, WANG Hong-cheng¹

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

2 National Beef Cattle Improvement Centre in China, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】**The variation of exon 1 and exon 2 of *Somatostatin* (SST) gene were examined and the association of this polymorphism with growth traits in Qinchuan, Nanyang, Luxi, Luxi×Simmental, Xia'nian and Jiaxian six cattle breeds was investigated. **【Method】**Using PCR-SSCP and DNA sequencing technology, 669 individuals from six Chinese cattle breeds were selected to check the polymorphism of exon 1, exon 2 of SST gene. Least squares regressions analysis with linear mode was used to analyze the relationship between the genotypes and growth traits. **【Result】**Mutations of G126A was detected in the ex-

* [收稿日期] 2011-04-11

[基金项目] 国家肉牛牦牛产业技术体系建设专项(CARS-38);国家转基因生物新品种培育科技重大专项(2008ZX08007-002);教育部“长江学者与创新团队”发展支持计划项目(IRT0940);陕西省“13115”科技创新工程专项(2010ZDGC-01)

[作者简介] 高 丽(1984—),女,内蒙古鄂尔多斯人,在读硕士,主要从事动物生理调控研究。E-mail:1984yuanwen@163.com

[通信作者] 咎林森(1963—),男,陕西扶风人,教授,博士生导师,主要从事动物生长发育调控及牛遗传育种与繁殖研究。

E-mail:zanls@yahoo.com.cn

on 1 of the *SST* gene. The electrophoretic result showed that there were three genotypes, namely AA, AG and GG in all cattle breeds but for Qinchuan and Luxi×Simmental which had two (GG, AG) genotypes. Allelic frequencies, genotype frequencies and polymorphism information content (PIC) of this SNP were investigated and evaluated by the χ^2 test in 669 cattle populations. The result showed that all cattle breeds were in Hardy-Weinberg equilibrium. Allelic frequencies of A, G and polymorphism information content of the bovine *SST* locus in six breeds varied from 0.053 8 to 0.218 8, 0.781 2 to 0.946 2, and 0.096 6 to 0.283 4, respectively. We also observed a potential association of this SNP with 8 growth traits indexes in 669 individuals and found significant effect on some of the growth indexes. The indexes of animals with the genotype GG were significantly higher than those of AG on bodylength, hip width and hucklebone width in 24-month-old Qinchuan cattle ($P<0.05$); The indexes of animals with the genotype GG were significantly higher than those of AA on bodylength in 12-month-old Luxi cattle ($P<0.05$); While the indexes of animals with the genotype GG were higher than those of AG on bodylength and bodyheight in 12-month-old Luxi×Simmental cattle, the indexes between genotypes were not significant ($P<0.05$). **【Conclusion】** We conclude that polymorphisms of the *SST* gene is potentially associated with cattle growth traits and may be a candidate gene responsible for growth trait in Qinchuan, Luxi and Luxi×Simmental cattle.

Key words: *SST* gene; PCR-SSCP polymorphism; Chinese yellow cattle; growth traits

生长抑素(somatostatin, SST)是一种环状的 14 肽类激素,从羊的下丘脑中分离得到。SST 广泛分布于动物的脑、胰腺、胃肠道等神经系统和外周组织,其主要形式有 14 肽和 28 肽 2 种^[1]。所有动物的 SST 在分子结构上密切关联且在生物效应上高度相似,并且所有哺乳动物的 SST 氨基酸序列相同^[2-3]。经研究证实, SST 具有极其强大的生物学活性,如对生长激素分泌和释放的抑制作用^[4],对处于基础状态和受刺激状态下的多种内分泌、外分泌细胞功能均具有强大的抑制效应。另外, SST 作为一种抑制性因子,对动物体的生长、发育和代谢等多种生理过程均有极其重要的作用^[3,5]。

目前,有关 SST 基因的研究多集中在通过耗竭或免疫中和体内 SST 的水平相应地提高生长激素水平^[6],以促进动物生长。采用主动免疫来促进动物生长的研究多见于羊上,在其他动物(如猪、牛)上也有少量报道^[7-9],尚未见有关 SST 基因在牛上的多态性及其与生长性能和胴体性状关系的研究报道,因此有必要运用一些先进技术和科学方法,对黄牛 SST 基因外显子进行 SNPs 筛选及相关性状的分析,为我国黄牛育种提供可靠的方法和有效的途径。

中国黄牛具有耐粗饲、抗逆性强、适应性好、肉质鲜美等优点,其许多特征和特性是国外某些品种所不可比拟的^[10]。但其也存在许多缺点,例如体格较小、屠宰率低等,严重影响了中国黄牛的经济效益及其产业化发展^[11-12]。为此,考虑到 SST 基因的多功能性和对动物生长调节的不可替代作用,本研

究对 6 个品种中国黄牛 SST 基因进行了多态性及生长性状的相关性分析,以期为中国肉牛优良品种的选育及分子遗传标记的选择提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验动物共 669 头,均颈静脉采血,ACD 抗凝, -20℃ 保存备用。669 份血样中包括 12 月龄纯种鲁西牛(LX)血样 79 份,12 月龄鲁西与西门塔尔杂种牛(以下简称鲁杂牛,LS)血样 93 份,均采自山东省鲁西牛保种场;24 月龄纯种秦川牛(QC)血样 309 份,采自陕西省秦川牛良种繁育中心、陕西省秦川牛保种场和大荔县;48 月龄南阳牛(NY)血样 48 份,采自河南省南阳牛保种场;36 月龄夏南牛(XN)血样 67 份,采自河南省南阳市夏南牛繁育场;24 月龄郟县红牛(JX)血样 73 份,采自河南省郟县红牛保种场。试验动物的相关体尺数据来自所在牛场的记录。

1.2 试验方法

1.2.1 基因组 DNA 的提取 利用常规的苯酚/氯仿抽提方法^[13]提取基因组 DNA,用 TE 溶液将 DNA 样品稀释备用。

1.2.2 PCR 扩增 PCR 反应所用引物参照 Vogeli 等^[14]的方法,根据 GenBank 序列号(No. NC_007299)用 Primer 5.0 软件设计。引物由南京金丝瑞生物科技有限公司合成,第 1、2 外显子引物序列分别为:第 1 外显子:5'-GTTTGACCAACCG CACTC-3',5'-AGTTAGGGGATTCGGGTG-3';第

2 外显子 5'-TTCTGTCTTCCTTCCACCC-3', 5'-AGCAGCTGGGACAAATC-3'。扩增外显子 1、2 的目的片段长度分别为 234 和 450 bp,均包含 SST 基因。总 PCR 反应体系为 15 μ L,其中模板 DNA (56 ng/ μ L) 1 μ L,2 $\times$ Taq 酶混合物 7.5 μ L,ddH₂O 5.9 μ L,上、下游引物 (10 pmol/ μ L) 各 0.3 μ L。PCR 反应程序为:95 $^{\circ}$ C 变性 5 min;94 $^{\circ}$ C 变性 30 s,分别于 57 $^{\circ}$ C/52 $^{\circ}$ C 复性 35 s,72 $^{\circ}$ C 延伸 35 s,31 个循环;最后 72 $^{\circ}$ C 延伸 10 min。PCR 产物经 5 g/L 琼脂糖凝胶电泳检测后置于 4 $^{\circ}$ C 冰箱中冷冻保存。

1.2.3 PCR 产物的 SSCP 分析 取 4.0 μ L PCR 产物与 9.0 μ L 上样缓冲液(体积分数 98%甲酰胺,0.25 g/L 溴酚蓝,0.25 g/L 二甲苯菁,0.5 mol/L EDTA (pH 8.0))混合。98 $^{\circ}$ C 变性 10 min,迅速置于冰上冷却 5~10 min,上样于聚丙烯酰胺凝胶,在 110 V 电压下电泳 14 h。电泳结束后,用质量分数 0.1% 硝酸银染色 10 min,再用质量分数 2% 的 NaOH 染色 20 min 显带,利用凝胶成像系统观察,发现外显子 1 上呈现出 3 种带型,外显子 2 只有 1 种带型。因此,根据外显子 1 的带型确定电泳图谱的基因型,而对外显子 2 的结果不作讨论。

1.2.4 测 序 经 SSCP 分析后,挑选不同纯合子基因型个体的 PCR 扩增产物,送南京金丝瑞生物科技有限公司测序。用 DNASTar 软件对测序结果进行分析比对,确定多态型及其位置。

1.3 数据统计分析

运用 χ^2 检验对 6 个品种中国黄牛进行遗传多样性指标的统计计算,运用 SPSS(ver. 17.0)软件对数据进行分析,根据最小二乘线性模型,对 6 个品种黄牛建立双因素方差分析模型:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + G_j + (AG)_{ij} + E_{ij}.$$

式中: Y_{ij} 为性状表型值; μ 为群体平均值; A_i 为年龄效应; G_j 为基因型效应; $(AG)_{ij}$ 为年龄与基因型之间的交互效应; E_{ij} 为随机误差。

2 结果与分析

2.1 SST 基因 PCR 扩增产物的电泳检测

运用 Primer 5.0 设计包含外显子 1 片段的引

物,以基因组 DNA 为模板进行 PCR 扩增,所得产物用 5 g/L 琼脂糖凝胶进行电泳检测,结果(图 1)表明,扩增片段长度与预期大小一致,均为 234 bp,且条带清晰,特异性良好,可以直接用于 SSCP 分析。

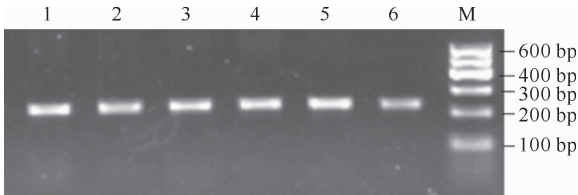


图 1 SST 基因 PCR 扩增产物的琼脂糖凝胶电泳图谱
1~6. PCR 扩增产物;M. Marker

Fig. 1 Agarose gel electrophoresis profiles of PCR products of SST gene
1-6. PCR amplified products; M. Marker

2.2 SST 基因 PCR 产物的 SSCP 分析与序列测定

对 6 个供试黄牛品种共计 669 个个体牛基因组 DNA 的扩增产物,用 100 g/L 聚丙烯酰胺凝胶进行电泳检测,结果(图 2)显示,在鲁西牛、南阳牛、夏南牛和郟县红牛上均发现有 3 种不同的基因型,分别定义为 AA、AG 和 GG;秦川牛和鲁杂牛上只发现了 AG 和 GG 2 种基因型。

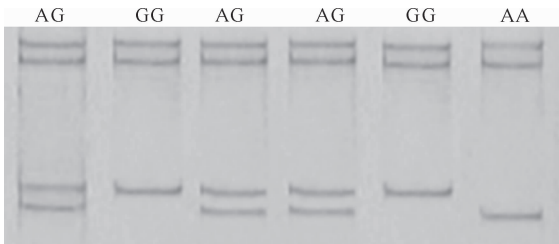


图 2 SST 基因 PCR 扩增产物的 SSCP 分析(部分结果)
Fig. 2 SSCP profiles of PCR products of SST gene (Partial results)

对不同基因型的 PCR 产物进行测序,将测序结果与 NC_007299 进行比对,发现扩增片段在 126 位发生 G→A 突变,引发了谷氨酰胺的同义突变(图 3)。其中 AA 型与 GenBank 中提供的牛序列一致。

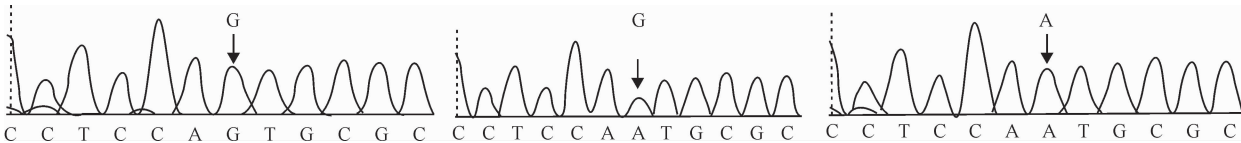


图 3 SST 基因外显子 1 不同基因型序列的比较

Fig. 3 DNA sequencing comparison of different genotype in SST gene exon 1

2.3 SST 基因多态位点的遗传分析

6 个供试黄牛品种 SST 基因座的遗传多态性指标见表 1。由表 1 可以看出,6 个品种共计 669 个个体的 PCR-SSCP 结果均表现出多态性,除秦川牛和鲁杂牛只有 GG 和 AG 2 种基因型外,在其他品种牛中,在 G→A 位点均发现了 GG、AG 和 AA 3 种基因型,且 GG 型纯合体多于 AA 型纯合体。在这 6 个品种牛中,鲁西牛、南阳牛和夏南牛处于中度

多态($0.5>PIC>0.25$),其他 3 个品种牛均属于低度多态($0.25>PIC$),6 个品种牛均处于 Hardy-Weinberg 平衡状态。其中秦川牛(QC)、鲁西牛(LX)及鲁杂牛(LS)群体基因座的等位基因 A/G 频率分别为:0.145 6/0.854 4,0.215 2/0.784 8 和 0.053 8/0.946 2;从位点间多态信息含量(PIC)来看,表现为:LX>QC>LS。

表 1 6 个品种牛 SST 基因外显子 1 的基因型频率和等位基因频率
Table 1 Genotype and allele frequencies of SST gene exon 1 in six cattle breeds

品种 Breed	数量 Number	基因型频率 Genotypic frequency			等位基因频率 Allele frequency		多态信息 含量 PIC
		AA	AG	GG	A	G	
鲁西牛 LX	79	0.088 6(7)	0.253 2(20)	0.658 2(52)	0.215 2	0.784 8	0.280 7
鲁杂牛 LS	93	0.000 0(0)	0.107 5(10)	0.892 5(83)	0.053 8	0.946 2	0.096 6
秦川牛 QC	309	0.000 0(0)	0.291 3(90)	0.708 7(219)	0.145 6	0.854 4	0.217 9
南阳牛 NY	48	0.104 2(5)	0.229 1(11)	0.666 7(32)	0.218 8	0.781 2	0.283 4
夏南牛 XN	67	0.089 6(6)	0.194 0(13)	0.716 4(48)	0.186 6	0.813 4	0.257 5
郟县红牛 JX	73	0.095 9(7)	0.205 5(15)	0.698 6(51)	0.198 6	0.801 4	0.126 7

2.4 SST 基因多态性与牛生长性状的相关性

通过构建最小二乘线性模型,测定 6 个供试黄牛共计 669 个个体的体斜长、体高、腰高、尻长、腰角宽、胸深、胸围和坐骨端宽 8 个生长性状;并分析 SST 基因多态性与各品种牛生长性状的关系,并对不同基因型群体进行相关性检验,部分结果见表 2。由表 2 可知,24 月龄秦川牛品种中,GG 型个体的体斜长、腰角宽和坐骨端宽均显著高于 AG 型个体

($P<0.05$);12 月龄鲁西牛群体中,GG 型个体的体斜长均显著高于 AA 型个体($P<0.05$);12 月龄鲁杂牛群体中,GG 型个体体斜长和体高均显著高于 AG 型个体($P<0.05$),但鲁西和鲁杂 2 个品种牛个体的其他生长性状指标差异不显著。其他 3 个品种的各基因型个体的生长性状指标差异亦不显著。表明 SST 基因第 126 位 G→A 突变对黄牛的部分生长指标具有显著影响。

表 2 SST 基因外显子 1 的多态性与秦川牛、鲁西牛、鲁杂牛 3 个品种牛生长性状的相关性分析

Table 2 Associations of exon 1 genotypes with growth traits of SST gene
in Qinchuan,Luxi and Luxi×Simmental

群体 Population	基因型 Genotype	体尺性状 Body measurement traits			
		体斜长 Body length	体高 Body height	腰角宽 Rump width	坐骨端宽 Hucklebone width
秦川牛 QC	AG	123.25±2.33 b	120.13±1.65	38.72±1.09 b	21.61±0.99 b
	GG	134.63±2.47 a	118.19±1.56	42.78±1.16 a	26.41±1.05 a
鲁西牛 LX	AA	119.43±1.12 b	125.00±2.26	42.00±3.68	22.50±1.12
	AG	126.00±1.55	123.29±1.40	40.00±2.60	21.29±0.42
鲁杂牛 LS	GG	129.50±1.83 a	122.50±3.71	39.14±0.98	21.00±1.58
	AG	127.41±0.77 b	129.35±1.12 b	39.04±0.56	20.59±0.42
	GG	134.67±2.15 a	137.83±3.10 a	39.50±1.56	22.17±1.16

注:同一性状后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

Note: Different small letters behind the data for the same trait show significant difference ($P<0.05$).

3 讨 论

3.1 SST 基因的多态性

本研究检测的是 SST 的 106~243 bp 序列,其单核苷酸多态性为 126 bp(G/A),是谷氨酰胺的同义突变。在鲁西牛、南阳牛、夏南牛和郟县红牛中均检测到 3 种基因型(AA、AG、GG),而秦川牛和鲁杂

牛中缺少(AA)基因型,产生这种结果的原因可能是:(1)在这 2 个牛品种中确实没有 AA 纯合型;(2)所检测的样本数量较少。

3.2 SST 基因与生长性状的关系

SST 基因在动物体内有广泛的抑制作用,特别是对动物的生长具有明显的影响。如严婷等^[15]用 SST 基因疫苗免疫小鼠后,发现小鼠体内的 SST

阳性细胞数量减少,且明显促进了小鼠的生长;王子荣等^[16]研究表明,SST 基因工程疫苗免疫可以提高羔羊身体质量的增长速度;赵永安等^[17]研究证明,用 SST 疫苗免疫牦牛、绵羊后对体质量的增长效果明显,日增质量分别提高 34% 和 43%。此外,SST 基因还具有广泛的生理功能,其在大脑中作为一种神经递质,对认知、运动、感觉以及自主功能起调节作用,它还对一些神经性疾病如老年性痴呆、抑郁症以及其他一些代谢性和传染性疾病都有很好的治疗价值^[18-19]。本研究结果表明,在 24 月龄秦川牛群体中,SST 基因座 AG 基因型个体的体斜长、腰角宽和坐骨端宽性状均显著($P < 0.05$)低于 GG 基因型个体;12 月龄鲁西牛 SST 基因座 AA 基因型个体体斜长低于 GG 基因型个体,差异显著($P < 0.05$);12 月龄鲁杂牛 SST 基因座 AG 基因型个体体斜长和体高均显著低于 GG 基因型个体($P < 0.05$)。体高、体斜长、腰角宽及坐骨端宽等生长性状指标是衡量肉牛体格健壮与否、产肉多少的重要标志,尤其是坐骨端宽,是肉牛后驱是否发达的标志。本研究结果表明,SST 基因 G→A 位点的突变,对秦川牛、鲁西牛和鲁杂牛的体斜长性状均有影响,此外其还对秦川牛腰角宽和坐骨端宽及鲁杂牛体高有显著影响,推测 SST 对秦川牛的生长发育影响更大。本研究各品种牛的多态信息含量均比较低,未达到高度多态,表明 6 个品种牛的遗传纯度较高。本研究将 SST 基因多态性与 8 个生长性状的关联分析后发现,GG 基因型个体的生产数据都高于 AG 基因型个体,推测 G 等位基因很可能是秦川牛、鲁西牛和鲁杂牛生长性状的一个有利基因,因此可以通过人工选择来增加 G 等位基因在群体中的基因频率,进而解决我国一些牛品种体格较小、生长缓慢等问题,以促进牛肉人均占有量的增加。本研究中牛各生长性状差异均未达到极显著水平,说明 G→A 位点有利突变的作用比较微弱,这就提示在进行育种工作时应结合多个基因位点来选择有利的生长性状,还需要增加牛品种数、扩大样本数,通过标记与生产性能关联的深入研究,为研究牛 SST 基因与生产性状的关系积累足够多的分子数量遗传学基础数据。

对于寻找畜禽重要生长性状的连锁标记,候选基因法是非常有效的方法,它可以更直接地研究基因的多态性与生长性状的关系。由于 SST 在动物的生长发育中起着极其重要的作用,可以认为牛的生长性状是影响牛生长性状的重要候选基因之一,

本研究得到的 1 个单核苷酸多态性位点,可为牛生长性状的后续研究提供一定的分子基础。

[参考文献]

- [1] Müller E E, Locatelli V, Coocchi D. Neuroendocrine control of growth hormone secretion [J]. *Physiological Reviews*, 1999, 70 (2): 511-579.
- [2] Goodman R H, Jacobs J W, Dee P C, et al. Somatostatin-28 encoded in a cloned cDNA obtained from a rat medullary thyroid carcinoma [J]. *J Biol Chem*, 1982, 257(3): 1156-1159.
- [3] Patel Y C. Somatostatin and its receptor family [J]. *Front Neuroendocrinol*, 1999, 20(3): 157-198.
- [4] Prevost G, Verber N, Viollet C, et al. Somatostatin in-14 mainly binds the somatostatin receptor subtype 2 in human neuroblastoma tumors [J]. *Neuroendocrinology*, 1996, 63(2): 188-197.
- [5] Lin X W, Peter R E. Somatostatins and the receptors in fish [J]. *Comp Biochem Physiol*, 2001, 129: 543-550.
- [6] 韩正康, 林 玲. 生长抑素抑制剂: 半胱胺促进肉用仔鸡生长的研究 [J]. *畜牧兽医学报*, 1992, 23(4): 314-318.
Han Z K, Lin L. Somatostatin inhibitors: Study on the improvement of the growth of chicken by cysteamine [J]. *Chinese Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 1992, 23(4): 314-318. (in Chinese)
- [7] Fahnler C, Dubreuil P, Pettelerc G. Active immunization against somatostatin in gestating gilts and the effect of transferred immunity on piglets [J]. *Can J Anim Sci*, 1990, 70: 211-218.
- [8] 杜念兴, 杨 宏, 吉传义, 等. 生长抑素基因工程活载体疫苗田间试验总结初报 [J]. *畜牧与兽医*, 2001, 33(2): 23-24.
Du N X, Yang H, Ji C Y, et al. Field test preliminary study of genetic engineering somatostatin vaccine [J]. *Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 2001, 33(2): 23-24. (in Chinese)
- [9] 韦习会, 夏 东, 高勤学, 等. 半胱胺对育肥后期猪胴体性状和肉质性状的影响 [J]. *南京农业大学学报*, 2003, 26(3): 73-75.
Wei X H, Xia D, Gao Q X, et al. Effect of cysteamine on carcass traits and meat quality of fattening hog [J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2003, 26(3): 73-75. (in Chinese)
- [10] 陈宴冲, 姜传喜, 刘召乾, 等. 鲁西牛新品系核心选育目标及建设 [J]. *中国畜禽种业*, 2009(11): 60-61.
Chen Y C, Jiang C X, Liu Z Q, et al. New strains core target and construction of Luxi cattle breeding [J]. *Chinese Livestock and Seeds Industry*, 2009(11): 60-61. (in Chinese)
- [11] An L L. A famous cattle breed used for meat and labour in China Qinchuan cattle [J]. *Ecology of Domestic Animal*, 2001, 22(1): 58-59.
- [12] Chen H, Zhang Y H. Selection and breeding for beef performance in Qinchuan cattle and technical measures [J]. *Journal of Yellow Cattle Science*, 2002, 28(2): 1-4.
- [13] 梁宏伟, 管林森, 孟 彦, 等. 秦川牛和中国荷斯坦奶牛 *FSH β* 基因 SSCP 多态性分析 [J]. *中国农学通报*, 2005, 21(5): 82-83.
Liang H W, Zan L S, Meng Y, et al. Study on the *FSH β* gene 5 flank region of the Qinchuan cattle and China Holstein by

PCR-SSCP [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(5):82-83. (in Chinese)

[14] Vogeli P, Bertschinger H U, Stamm M, et al. Genes specifying receptors for F18 fimbriated *Escherichia coli*, causing oedema disease and postweaning diarrhoea in pigs, map to chromosome 6 [J]. Anim Genet, 1996, 27(5):321-328.

[15] 严 婷, 杜念兴, 杨 倩. 口服生长抑素基因疫苗对小鼠免疫影响的初步研究 [J]. 免疫学杂志, 2007, 23(1):46-51.

Yan T, Du N X, Yang Q. Effects of oral somatostatin DNA vaccine on immune of mice [J]. Immunological Journal, 2007, 23(1):46-51. (in Chinese)

[16] 王子荣, 陈伟华, 陈 杰. 生长抑素基因工程苗和半胱胺对放牧羔羊增重效果的影响 [J]. 畜牧与兽医, 2001, 33(1):3-5.

Wang Z R, Chen W H, Chen J. Effects of somatostatin gene engineering vaccine and cysteamine on weight gain of grazing lambs [J]. Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2001, 33(1):3-5. (in Chinese)

[17] 赵永安, 马尔玉, 张佩君, 等. 生长抑素基因工程疫苗免疫牦牛绵羊试验 [J]. 四川畜牧兽医, 2004, 31(5):31-33.

Zhao Y A, Ma E Y, Zhang P J, et al. Immune experiment on yaks and sheep with the genetic engineered SS vaccine [J]. Sichuan Animal and Veterinary Sciences, 2004, 31(5):31-33. (in Chinese)

[18] Buckmaster P S, Otero-Corchon V, Rubinstein M, et al. Heightened seizure severity in somatostatin knockout mice [J]. Epilepsy Res, 2002, 48:43-56.

[19] Nilsson C L, Brinkmalm A, Minthon L, et al. Processing of neuropeptide Y, galanin and somatostatin in the cerebrospinal fluid of patients with Alzheimer's disease and frontotemporal dementia [J]. Peptides, 2001, 22:2105-2112.

(上接第 64 页)

[20] Berman A. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows [J]. Journal of Animal Science, 2005, 83(6):1377-1384.

[21] 安立龙. 家畜环境卫生学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 92.

An L L. Animal environmental hygiene [M]. Beijing: Higher Education Press, 2004:92. (in Chinese)

[22] Berman A. Increasing heat stress relief produced by coupled coat wetting and forced ventilation [J]. Journal of Dairy Science, 2008, 91(12):4571-4578.

[23] Gaughan J B, Davis M S, Mader T L. Wetting and the physiological responses of grain-fed cattle in a heated environment [J]. Australian Journal of Agricultural Research, 2004, 55(3):253-260.

[24] 金 鑫, 刘 凯, 朱树群, 等. 喷雾吹风和淋水吹风对奶牛热应激的影响 [J]. 中国奶牛, 2008(12):25-27.

Jin X, Liu K, Zhu S Q, et al. Effects of spray ventilation and shower ventilation on heat stress in dairy cows [J]. China Dairy Cattle, 2008(12):25-27. (in Chinese)

[25] 高腾云, 赵芙蓉, 李敬波, 等. 夏季遮阳与喷淋对奶牛产奶性能生理指标和行为的影响 [J]. 农业工程学报, 1999, 15(增刊): 67-70.

Gao T Y, Zhao F R, Li J B, et al. Effects of shading and spraying on the milking performance, physiological indices and behavior of heat-stress dairy cow [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1999, 15(Suppl.): 67-70. (in Chinese)

[26] Brown-Brandl T M, Eigenberg R A, Hahn G L, et al. Analysis of thermoregulatory responses of feeder cattle exposed to simulated heat waves [J]. International Journal of Biometeorol, 2005, 49(5):285-296.

[27] Mitlohner F M, Morrow J L, Dailey J W, et al. Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle [J]. Journal of Dairy Science, 2001, 79(9):2327-2335.

[28] Berman A. Extending the potential of evaporative cooling for heat-stress relief [J]. Journal of Dairy Science, 2006, 89(10): 3817-3825.

[29] 邹胜龙, 冯定远. 动物热应激机理及其研究进展 [J]. 广东饲料, 2000, 9(4):20-23.

Zou S L, Feng D Y. Mechanism and research advances in animal heat stress [J]. Guangdong Feed, 2000, 9(4):20-23. (in Chinese)

[30] Davis M S, Mader T L, Gaughan J B. Effect of sprinkling on heat stressed heifers [R]. Lincoln: University of Nebraska, 2002:57-61.

[31] Darcan N, Cankaya S. The effects of ventilation and showering on fattening performances and carcass traits of crossbred kids [J]. Small Ruminant Research, 2008, 75(2/3):192-198.