

## 5 个肉用绵羊品种血液蛋白(酶)遗传多态性及聚类分析

张彦<sup>1</sup>, 任春环<sup>1</sup>, 张子军<sup>1\*</sup>, 程箫<sup>1</sup>, 王强军<sup>1</sup>, 葛泽涌<sup>1</sup>, 张任政<sup>1</sup>, 赵有璋<sup>2</sup>

(1. 安徽农业大学动物科技学院, 合肥 230036; 2. 甘肃农业大学动物科技学院, 兰州 730070)

**摘要:** 采用垂直板不连续聚丙烯酰胺凝胶电泳技术对 170 只甘肃肉用绵羊(波德代羊、无角陶赛特羊、蒙古羊、滩羊和小尾寒羊)的 4 种血液蛋白(Hb、Alb、Tf 和 Es)进行多态性检测。计算 4 种蛋白各位点的基因型频率、等位基因频率和遗传杂合度, 并通过聚类分析探讨不同群体间的遗传距离和亲缘关系。结果表明, 4 个蛋白(酶)位点均表现出不同程度的多态性。4 个蛋白(酶)位点的平均杂合度分别为: 波德代羊 0.434 1, 无角陶赛特羊 0.417 6, 蒙古羊 0.339 3, 滩羊 0.332 5 和小尾寒羊 0.371 0。根据 Nei 氏标准遗传距离进行聚类分析, 发现无角陶赛特羊和波德代羊亲缘关系最近, 和滩羊亲缘关系最远; 3 个地方品种和 2 个引入品种间亲缘关系较远。

**关键词:** 肉用绵羊; 血液蛋白多态性; 聚类分析

中图分类号: S826.92

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2018)04-0605-06

## Genetic polymorphism and cluster analysis on blood protein (enzyme) of five meat sheep breeds

ZHANG Yan<sup>1</sup>, REN Chunhuan<sup>1</sup>, ZHANG Zijun<sup>1</sup>, CHENG Xiao<sup>1</sup>, WANG Qiangjun<sup>1</sup>,  
GE Zeyong<sup>1</sup>, ZHANG Renzheng<sup>1</sup>, ZHAO Youzhang<sup>2</sup>

(1. School of Animal Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. College of Animal Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070)

**Abstract:** Four types of blood proteins (Hb, Alb, Tf, Es) in serum samples from one hundred seventy Gansu meat sheeps (including Borderdale, Poll Dorset, Mongolian sheep, Tan sheep and Small Tail Han sheep) were detected on polymorphism by vertical plate discontinuous polyacrylamide gel electrophoresis(PAGE). Genotype frequencies, allele frequencies and genetic heterozygosity of four proteins sites were calculated and the genetic distance and the relationship between different groups were discussed through cluster analysis. The results indicated that four blood proteins (enzymes) sites were of polymorphism in varying degrees. The statistical results showed that the average heterozygosity (*H*) of four proteins (enzymes) sites in Borderdale, Poll Dorset, Mongolian sheep, Tan sheep and Small Tail Han sheep were 0.434 1, 0.417 6, 0.339 3, 0.332 5 and 0.371 0, respectively. The cluster analysis suggested that the genetic distance between Poll Dorset and Borderdale was the closest, while which between Poll Dorset and Tan sheep was the farthest. The genetic distance between three indigenous breeds and two introduced breeds was relatively farther.

**Key words:** meat sheep; blood protein polymorphism; cluster analysis

我国绵羊约占世界绵羊存栏数的 15%<sup>[1]</sup>, 主要分布于北方地区。据统计 2010 年我国北方地区绵羊存栏约 0.99 亿只, 包括 47 个绵羊品种, 其中波德代、无角陶赛特、蒙古羊、滩羊和小尾寒羊等是北方地区绵羊品种的典型代表。这些绵羊品种也属近几年甘肃育成的肉用绵羊新类群成员<sup>[2]</sup>。

蛋白质(酶)多态性研究作为从分子水平阐明群体中基因频率变化的有效手段之一, 对于揭示畜禽的种质特性、遗传类型、亲缘关系、品种起源、进化历程等方面的内容均有潜在意义<sup>[3-5]</sup>。其中, 血液蛋白多态性分析为研究畜禽品种起源、分化及遗传变异等提供参考依据, 目前, 该方法已广泛应用

收稿日期: 2017-06-01

基金项目: 国家现代肉羊产业技术体系专项(11004986), 国家高技术研究发展计划(863)计划项目(SQ2010AA1000688008)和公益性行业(农业)科研专项(201303145)共同资助。

作者简介: 张彦, 博士研究生。E-mail: 2013903654@qq.com

\* 通信作者: 张子军, 博士, 教授。E-mail: zhangzijun@ahau.edu.cn

于品种资源调查、种质特性鉴定等实际工作中<sup>[6]</sup>。本试验以波德代羊、无角陶赛特羊、蒙古羊、滩羊和小尾寒羊为研究对象,应用非变性聚丙烯酰胺垂直板凝胶电泳(PAGE)检测5个亲本绵羊品种的170个个体血液样品中4个蛋白位点(Hb、Tf、Alb、Es),分析其遗传多样性,为评估绵羊品种资源遗传变异和群体结构等提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

本试验共采集170只绵羊(5个品种)血样,包括无角陶赛特35只,波德代35只,小尾寒羊35只,蒙古羊35只,滩羊30只。其中,无角陶赛特和波德代羊来自甘肃永昌肉用种羊场,小尾寒羊来自甘肃武威和永昌农户,蒙古羊来自甘肃红光园艺场和甘肃永场肉用种羊场,滩羊来自甘肃条山农场农户。不同品种的个体均为健康状况良好的2~3岁纯种,个体之间无血缘关系。通过绵羊颈静脉采血9~10 mL,分装于2个离心管中;其中1管低温离心分离出血清于-20℃冰箱保存备用,另1管用肝素钠(250 U·mL<sup>-1</sup>)抗凝用于制备红细胞溶血液并于-20℃冰箱保存备用。

### 1.2 方法

采用垂直板pH不连续聚丙烯酰胺凝胶电泳系统<sup>[7]</sup>测定5个绵羊品种血样的血红蛋白(hemoglobin, Hb)、转铁蛋白(transferrin, Tf)、血清酯酶(esterase, Es)和白蛋白(albumin, Alb)的蛋白位点多态性。各蛋白的等位基因及表型识别均参照已知标准进行<sup>[8]</sup>,酯酶的判型参照文献<sup>[9]</sup>。

### 1.3 数据分析

应用GENEPOP Version 3.3程序<sup>[10]</sup>计算基因频

率、遗传杂合度( $H$ )<sup>[11]</sup>和 $F$ -统计量<sup>[12]</sup>,检验群体Hardy-Weinberg平衡符合度;通过DISPAN程序<sup>[13]</sup>计算各座位总遗传多样性(HT)和群体内的遗传多样性(HS)<sup>[14]</sup>及群体间的Nei氏标准遗传距离(DS)和Nei氏遗传距离(DA)<sup>[15]</sup>;应用PLYLIP Version 3.6中的Neighbor程序<sup>[16]</sup>进行NJ/UPGMA聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 聚丙烯酰胺凝胶电泳和多态位点基因型

应用不连续聚丙烯酰胺凝胶电泳技术检测5个绵羊群体的血红蛋白(Hb)、白蛋白(Alb)、转铁蛋白(Tf)和血清酯酶(Es)4个基因座血清蛋白(酶)多态性位点。结果发现在Hb位点共检测到4种基因型即AA、AB、BB和BC,其中BC属滩羊群体特有,AA存在于无角陶赛特羊和波德代羊2个群体中,5个群体中都存在AB和BB基因型。在Alb位点共检测到3种基因型,分别是SS、FS和SW,蒙古羊、滩羊和小尾寒羊群体中仅存在SS基因型,无角陶赛特羊和波德代羊群体中则检测到3种基因型。在Tf位点共检测到10种基因型,分别是TfAA、TfAB、TfAC、TfAD、TfBB、TfBC、TfBD、TfCC、TfCD和TfDD,其中TfAD、TfBD、TfCD和TfDD只在滩羊和小尾寒羊群体中出现,无角陶赛特羊和波德代羊有相同的5种基因型(TfAA、TfAB、TfAC、TfBB和TfBC),蒙古羊有5种基因型(TfAA、TfAB、TfBB、TfBC和TfCC),滩羊共有8种基因型(除了TfAA、TfAC以外的其他8种),小尾寒羊有9种基因型(除了TfAA以外的其他9种基因型)。在Es位点共检测到3种基因型,其分别为Es++、Es--和Es+-,每个群体均存在3种基因型。

表1 各群体血红蛋白(Hb)基因型频率和基因频率

Table 1 Genotypes and allele frequencies of Hb in five sheep populations

群体/Populations	数量 Number	基因频率 Gene frequency			基因型频率 Genotype frequency			
		HbA	HbB	HbC	AA	AB	BB	BC
无角陶赛特羊 Poll Dorset	35	0.471 4	0.528 6	0.000 0	0.057 1	0.828 6	0.114 3	0.000 0
蒙古羊 Mongolian sheep	35	0.114 3	0.885 7	0.000 0	0.000 0	0.228 6	0.771 4	0.000 0
滩羊 Tan sheep	30	0.116 6	0.866 7	0.016 7	0.000 0	0.233 3	0.733 3	0.033 3
波德代羊 Borderdale	35	0.485 7	0.514 3	0.000 0	0.114 3	0.742 9	0.142 9	0.000 0
小尾寒羊 Small Tail Han sheep	35	0.171 4	0.828 6	0.000 0	0.000 0	0.342 9	0.657 1	0.000 0

### 2.2 血液蛋白(酶)多态位点基因频率和基因型频率分析

2.2.1 Hb基因频率及基因型频率 如表1所示:5个绵羊品种的HbB基因频率分别较HbA和HbC

高;HbB等位基因除了在无角陶赛特羊和波德代羊群体中优势不明显外,该等位基因在其他3个品种中均为优势等位基因。无角陶赛特羊和波德代羊的基因型频率大小关系均表现为 $AB > BB > AA$ , AB

作为优势等位基因型其在 2 个品种中的基因型频率分别为 0.828 6 和 0.742 9; 小尾寒羊和蒙古羊的基因型频率大小均为 BB>AB, BB 作为优势等位基

因型其在 2 个品种中的基因型频率分别为 0.657 1 和 0.771 4; 滩羊的基因型频率为 BB>AB>BC, BB (0.733 3) 基因型占优势。

表 2 各群体白蛋白(Alb) 基因型频率和基因频率

Table 2 Genotypes and allele frequencies of Alb in five sheep populations

群体 Populations	数量 Number	基因频率 Gene frequency			基因型频率 Genotype frequency		
		S	F	W	SS	FS	SW
无角陶赛特羊 Poll Dorset	35	0.696 4	0.267 9	0.035 7	0.400 0	0.542 9	0.057 1
蒙古羊 Mongolian sheep	35	1.000 0	0.000 0	0.000 0	1.000 0	0.000 0	0.000 0
滩羊 Tan sheep	30	1.000 0	0.000 0	0.000 0	1.000 0	0.000 0	0.000 0
波德代羊 Borderdale	35	0.685 7	0.242 9	0.071 4	0.371 4	0.485 7	0.142 9
小尾寒羊 Small Tail Han sheep	35	1.000 0	0.000 0	0.000 0	1.000 0	0.000 0	0.000 0

表 3 各群体转铁蛋白(Tf) 基因频率和基因型频率

Table 3 Genotypes and allele frequencies of Tf in five sheep populations

项目 Item		无角陶赛特羊	蒙古羊	滩羊	波德代羊	小尾寒羊
		Poll Dorset	Mongolian sheep	Tan sheep	Borderdale	Small Tail Han sheep
基因频率 Gene frequency	A	0.600 0	0.342 9	0.050 0	0.514 3	0.128 6
	B	0.271 4	0.257 1	0.283 3	0.400 0	0.271 4
	C	0.128 6	0.400 0	0.433 3	0.085 7	0.342 9
	D			0.233 3		0.257 1
基因型频率 Genotype frequency	AA	0.257 1	0.314 3	0.000 0	0.171 4	0.000 0
	AB	0.457 1	0.057 1	0.066 7	0.600 0	0.114 3
	AC	0.228 6	0.000 0	0.000 0	0.085 7	0.057 1
	AD	0.000 0	0.000 0	0.033 3	0.000 0	0.085 7
	BB	0.028 6	0.171 4	0.033 3	0.057 1	0.028 6
	BC	0.028 6	0.114 3	0.366 7	0.085 7	0.285 7
	BD	0.000 0	0.000 0	0.066 7	0.000 0	0.085 7
	CC	0.000 0	0.342 9	0.100 0	0.000 0	0.057 1
	CD	0.000 0	0.000 0	0.300 0	0.000 0	0.228 5
	DD	0.000 0	0.000 0	0.033 3	0.000 0	0.057 1

表 4 各群体酯酶(Es) 基因频率和基因型频率

Table 4 Genotypes and allele frequencies of Es in five sheep populations

群体 Populations	数量 Number	基因频率 Gene frequency		基因型频率 Genotype frequency		
		Es+	Es-	Es++	Es+-	Es--
无角陶赛特羊 Poll Dorset	35	0.100 0	0.900 0	0.057 1	0.085 7	0.857 1
蒙古羊 Mongolian sheep	35	0.528 6	0.471 4	0.142 9	0.771 4	0.085 7
滩羊 Tan sheep	30	0.700 0	0.300 0	0.566 7	0.266 7	0.166 7
波德代羊 Borderdale	35	0.114 3	0.885 7	0.085 7	0.057 1	0.857 1
小尾寒羊 Small Tail Han sheep	35	0.385 7	0.614 3	0.228 6	0.314 3	0.457 1

**2.2.2 Alb 基因频率及基因型频率** 如表 2 所示: Alb 位点检测发现无角陶赛特羊等位基因频率 S>F>W, S (0.696 4) 为优势基因; 其基因型频率表现为 FS>SS>SW, FS (0.542 9) 和 SS (0.400 0) 占优势; 波德代羊等位基因频率 S>F>W, 其中 S (0.685 7) 为优势等位基因, 其基因型频率为 FS>SS>SW, FS (0.485 7) 及 SS (0.371 4) 占优势;

其他 3 个绵羊品种的等位基因频率和基因型频率呈单态分布。

**2.2.3 Tf 基因频率及基因型频率** 如表 3 所示: 无角陶赛特羊血清 Tf 位点等位基因频率为 A>B>C, 其中 A (0.600 0) 为优势等位基因, 其基因型频率 AB>AC=BB=BC>AA, AB (0.457 1) 基因型占优势; 波德代羊等位基因频率 A>B>C, A (0.514 3)、

B (0.400 0) 为优势等位基因, 基因型频率  $AB > AA > AC > BB = BC$ , AB (0.457 1) 基因型占优势; 小尾寒羊等位基因频率  $C > B > D > A$ , 其中等位基因优势不明显, 其基因型频率  $BC > CD > AB > AD = BD > AC = CC = DD > BB$ , BC (0.285 7) 和 CD (0.228 5) 略占优势; 滩羊等位基因频率  $C > B > D > A$ , C (0.433 3) 为优势等位基因, 其基因型频率  $BC > CD > CC > AB = BD > AD = BB = DD$ , BC (0.367 7) 和 CD (0.300 0) 基因型占优势; 蒙古羊等位基因频率  $C > A > B$  且等位基因优势不明显, 基因型  $CC > AA > BB > BC > AB$ , CC (0.342 9) 及 AA (0.314 3) 基因型占优势。

2.2.4 Es 基因频率及基因型频率 如表 4 所示: 无

角陶赛特羊的 Es 位点其等位基因频率为  $Es \rightarrow Es+$ ,  $Es-$  (0.900 0) 为绝对优势基因, 基因型频率表现为  $Es \rightarrow Es+ \rightarrow Es++$ , 其中  $Es--$  (0.857 1) 基因型占绝对优势; 波德代羊等位基因频率  $Es \rightarrow Es+$ ,  $Es-$  (0.885 7) 为绝对优势基因, 基因型频率  $Es \rightarrow Es++ > Es+-$ ,  $Es--$  (0.857 1) 基因型占绝对优势; 小尾寒羊等位基因频率  $Es \rightarrow Es+$ ,  $Es-$  (0.614 3) 为绝对优势基因, 基因型频率  $Es \rightarrow Es+ \rightarrow Es++$  且基因型优势不明显; 蒙古羊等位基因频率  $Es+ > Es-$ , 等位基因优势不明显, 其基因型频率  $Es+ \rightarrow Es++ > Es--$ ,  $Es+-$  (0.771 4) 基因型占明显优势; 滩羊等位基因频率  $Es+ > Es-$ ,  $Es+$  (0.700 0) 为优势基因, 基因型频率  $Es++ > Es+- > Es--$ ,  $Es++$  (0.566 7) 基因型占优势。

表 5 不同血液蛋白(酶)表型频率卡方检验

Table 5 Chisquare test for Hardy-Weinberg of different blood protein(enzyme) phenotype frequencies

群体 Populations	Hb		Tf		Es		Alb	
	$R^2$	df	$R^2$	df	$R^2$	df	$R^2$	df
无角陶赛特羊 Poll Dorset	12.214 2**	2	5.954 6	4	9.603 2**	2	3.262 0	2
蒙古羊 Mongolian sheep	0.125 4	1	28.947 2**	4	10.507 3**	2	—	—
滩羊 Tan sheep	0.177 3	1	8.171 9	7	3.998 6	2	—	—
波德代羊 Borderdale	8.298 6*	2	6.138 6	4	18.028 9**	2	3.894 7	2
小尾寒羊 Small Tail Han sheep	0.470 4	1	6.807 6	8	3.007 8	2	—	—

注: “—”表示该位点呈单态, 没有计算 $\chi^2$ 值, “\*\*”表示  $P < 0.01$ , “\*”表示  $P < 0.05$ 。

“--”represents singleton of protein loci and no  $\chi^2$  value, “\*\*” indicates  $P < 0.01$  and “\*” indicates  $P < 0.05$ .

表 6 Nei 氏预期基因平均杂合度 (H)

Table 6 Nei's expected average heterozygosity in blood protein loci of five sheep breeds

位点 Locus	无角陶赛特羊 Poll Dorset	蒙古羊 Mongolian sheep	滩羊 Tan sheep	波德代羊 Borderdale	小尾寒羊 Small Tail Han sheep
Hb	0.498 4	0.202 5	0.235 0	0.500 0	0.284 0
Tf	0.549 8	0.656 3	0.675 1	0.568 2	0.726 1
Alb	0.442 0	0.000 0	0.000 0	0.465 7	0.000 0
Es	0.180 0	0.498 4	0.420 0	0.202 5	0.473 9
$H \pm StDev$	0.417 6 $\pm$ 0.164 4	0.339 3 $\pm$ 0.294 2	0.332 5 $\pm$ 0.285 8	0.434 1 $\pm$ 0.160 2	0.371 0 $\pm$ 0.306 5

注: H 为 Nei 氏遗传杂合度; StDev 为标准偏差。

H represents Nei's genetic heterozygosity and StDev represents standard deviation.

表 7 Nei 氏遗传同质度和标准遗传距离

Table 7 Nei's original measure of genetic identity and standard genetic distance

群体 Populations	无角陶赛特羊 Poll Dorset	蒙古羊 Mongolian sheep	滩羊 Tan sheep	波德代羊 Borderdale	小尾寒羊 Small Tail Han sheep
无角陶赛特羊 Poll Dorset	*****	0.815 1	0.686 5	0.993 9	0.826 7
蒙古羊 Mongolian sheep	0.204 5	*****	0.962 1	0.812 8	0.889 6
滩羊 Tan sheep	0.376 2	0.038 6	*****	0.695 5	0.958 5
波德代羊 Borderdale	0.006 1	0.207 3	0.363 1	*****	0.832 7
小尾寒羊 Small Tail Han sheep	0.190 3	0.116 9	0.042 4	0.183 1	*****

注: 对角线以上为 Nei 氏遗传同质度, 对角线以下为 Nei 氏标准遗传距离。

Note: Genetic identity (above diagonal) and genetic distanc (below diagonal).

### 2.3 血液蛋白多态位点 Hardy-Weinberg 平衡状态分析

对 5 个绵羊群体的 4 种血液蛋白(酶)表现型频率进行  $R^2$  检验, 结果如表 5 所示。无角陶赛特羊群体血红蛋白(Hb)和血清酯酶(Es)属于高度不平衡位点( $P < 0.01$ ), 转铁蛋白(Tf)和白蛋白(Alb)为平衡位点( $P > 0.05$ ); 波德代羊群体中 Es 为高度不平衡位点( $P < 0.01$ ), Hb 为不平衡位点( $P < 0.05$ ), 而 Tf 和 Alb 为平衡位点( $P > 0.05$ ); 蒙古羊群体中 Tf 和 Es 呈高度不平衡位点( $P < 0.01$ ), Hb 为平衡位点( $P > 0.05$ ), 而 Alb 呈单态; 小尾寒羊和滩羊群体中 Hb、Tf 和 Es 均呈位平衡位点( $P > 0.05$ ), 而 Alb 表现为单态。

### 2.4 Nei 氏预期基因平均杂合度

根据血液蛋白多态位点基因型频率和基因频率计算 5 个品种的遗传杂合度( $H$ ), 由表 6 可知 5 个被检测的绵羊品种中无角陶赛特羊和波德代羊 2 个品种的种内遗传变异较大, 其  $H$  值分别为 0.417 6 和 0.434 1; 而蒙古羊、滩羊和小尾寒羊 3 个群体无明显的种内遗传变异。

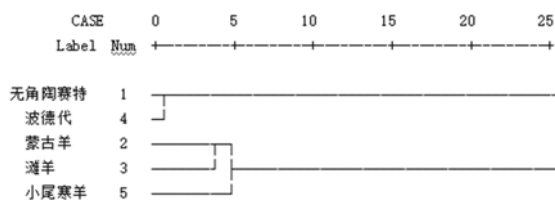


图 1 5 个绵羊血液蛋白(酶)聚类分析

Figure 1 Tree diagram of blood proteins (enzymes) in five sheep breeds

### 2.5 5 个绵羊品种的遗传同质度、标准遗传距离及蛋白水平的系统发育树

**2.5.1 Nei 氏遗传同质度和标准遗传距离** 如表 7 所示, 对角线以上表示 Nei 氏遗传同质度( $I$ ), 对角线以下表示标准遗传距离( $D$ )。5 个绵羊群体中无角陶赛特羊和波德代羊的遗传遗传同质度最大( $I=0.993 9$ ), 其遗传距离最近( $D=0.006 1$ ); 滩羊和无角陶赛特羊的遗传同质度最小( $I=0.686 5$ )且遗传距离最远( $D=0.376 2$ )。

**2.5.2 5 个绵羊蛋白水平系统发育树** 在 Nei 标准遗传距离的基础上分析 5 个绵羊群体的系统发育聚类关系, 结果(图 1)显示 5 个亲本绵羊品种间的亲缘关系各不相同。无角陶赛特羊和波德代羊的亲缘关系最近; 蒙古羊、滩羊和小尾寒羊的亲缘关系非常近; 2 个引入品种(无角陶赛特和波德代羊)和 3 个本土绵羊(蒙古羊、滩羊和小尾寒羊)之间的亲

缘关系非常远, 暗示其之间的杂种优势可能较大。

## 3 讨论与结论

国内关于绵羊血红蛋白(Hb)多态性的研究已有相关报道。研究发现滩羊 Hb 位点存在 3 种基因型(AA、AB、BB), 其分别由 A 和 B 这 2 个共显性等位基因控制<sup>[17]</sup>; 在豫西脂尾羊和青海高原毛肉兼用半细毛羊的血液蛋白 Hb 位点同样存在由 A 和 B 等位基因所控制的 3 种基因型(AA、AB、BB)<sup>[18-19]</sup>; 新疆细毛羊和阿勒泰羊 Hb 位点存在 AA、AC、BC 和 CC 共 4 种基因型<sup>[20]</sup>。在本试验中, 对 5 个绵羊群体血液蛋白 Hb 检测发现各群体共有基因型为 AB 和 BB; 此外, 发现滩羊亲本也存在 BC 基因型, 引入品种(无角陶赛特和波德代羊) Hb 位点存在 AA 基因型; 暗示 5 个亲本绵羊群体在 Hb 位点有不同程度的遗传多态性。同时, 本研究检测血液白蛋白(Alb)位点多态发现其存在 SS、FS 和 SW 共 3 种基因型; 其中, 引入品种均存在 3 种基因型, 而本土绵羊亲本(蒙古羊、滩羊、小尾寒羊)仅存在 SS 基因型。为此, 其多态差异值得进一步研究。

藏系绵羊(红原羊、贾洛羊及青海欧拉羊)血清转铁蛋白(Tf)多态性分析<sup>[21]</sup>发现不同类群其 Tf 存在差异: 红原羊 Tf 存在 AB、BB 和 BC 共 3 种基因型且 B 等位基因略占优势( $P > 0.05$ ); 欧拉羊 Tf 有 AA、AB 和 BB 共 3 种基因型, 其中优势等位基因不明显; 而贾洛羊仅存在 TfAB 基因型且优势等位基因不明显( $P > 0.05$ )。在本试验中, 引入品种存在 5 种 Tf 多态基因型(AA、AB、AC、BB 和 BC); 本土绵羊则共有 TfAB、TfBB、TfBC 和 TfCC 4 种基因型, 且其优势等位基因及基因型不是特别明显; 这与前人的研究基本一致。

欧拉型藏羊血清酯酶(Es)位点有 Es+和 Es- 2 种表型, 其中 Es+占优势<sup>[22]</sup>; 中国美利奴多胎及小尾寒羊的 Es-表型具有多羔趋势<sup>[23]</sup>。本试验中各群体血清 Es 存在 3 种基因型(Es++, Es+-和 Es--), Es--及其等位基因在引入品种中占优势, 本土绵羊群体中 Es 多态等位基因和基因型优势不明显。上述结果提示绵羊血清 Es-等位基因对产羔数有一定影响。

此外, 对 5 个品种的绵羊群体进行遗传变异比较和遗传距离及聚类分析。发现引入品种之间的遗传同质度最大、遗传距离最近, 亲缘关系最近; 本土绵羊品种间的亲缘关系最近; 而引入品种和本土品种之间的亲缘关系较远; 引入品种与本土品种相比, 无角陶赛特羊和滩羊间的遗传同质度最小, 遗传距离最远, 暗示其杂种优势较大。这符合各品

种因地理分布不同而存在遗传变异的理论,与绵羊品种的育成史<sup>[24]</sup>基本吻合。

### 参考文献:

- [1] 刘秋月, 胡文萍, 贺小云, 等. 绵羊多羔主效基因 *FecB* 高通量检测方法的建立及应用[J]. 畜牧兽医学报, 2017, 48(1): 39-51.
- [2] 张子军, 凌英会, 任春环, 等. 甘肃 5 个肉用绵羊品种的微卫星遗传多样性及其与生产性能的关联性分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(8): 31-37.
- [3] 杨虹, 孟克, 王烨辉, 等. 蒙古马血液蛋白(酶)遗传多态性及聚类分析[J]. 畜牧兽医学报, 2008, 39(5): 570-575.
- [4] 潘光照, 张奎, 李重阳, 等. 家蚕组织蛋白酶 L(*BmCathepsin L*)基因鉴定、表达及其功能分析[J]. 中国农业科学, 2017, 50(16): 3236-3246.
- [5] PATRIE S M, ROTH M J, PLYMIRE D A, et al. Measurement of blood protease kinetic parameters with self-assembled monolayer ligand binding assays and label-free MALDI-TOF MS[J]. *Anal Chem*, 2013, 85(21): 10597-10604.
- [6] 马小明, 康晓冬, 柴君秀, 等. 国外引种肉羊与宁夏本地品种羊血液蛋白(酶)多态性的比较研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2013(21):54-57.
- [7] 唐海东. 家畜蛋白质多态性研究的电泳方法进展[J]. 黄牛杂志, 1990, 16(2): 55-57.
- [8] TYERS M, MANN M. From genomics to proteomics[J]. *Nature*, 2003, 422(6928):193-197.
- [9] YAN J X, WAIT R, BERKELMAN T, et al. A modified silver staining protocol for visualization of proteins compatible with matrix-assisted laser desorption/ionization and electrospray ionization- mass spectrometry[J]. *Electrophoresis*, 2000, 21(17): 3666-3672.
- [10] RAYMOND M, ROUSSET F. GENEPOP (version-3.3) population genetics software for exact tests and ecumenicism[EB/OL].[2001-03-01]. <https://www.scienceopen.com/document?vid=ef3659b5-8acd-4986-be6d-f21ff6efcf86>.
- [11] SAKHANENKO N A, KUNERT-GRAF J, GALAS D J. The information content of discrete functions and their application in genetic data analysis[J]. *J Comput Biol*, 2017, 24(12): 1153-1178.
- [12] NEI M. F-statistics and analysis of gene diversity in subdivided populations[J]. *Ann Hum Genet*, 1977, 41(2): 225-233.
- [13] OTA T. DISPAN: genetic distance and phylogenetic analysis[D]. State College: Pennsylvania State University, University Park, PA, 1993.
- [14] NEI M. *Molecular Evolutionary Genetics*[M]. New York: Columbia University Press, 1987.
- [15] OGILVIE H A, HELED J, XIE D, et al. Computational performance and statistical accuracy of \*BEAST and comparisons with other methods[J]. *Syst Biol*, 2016, 65(3): 381-396.
- [16] CUPPEN B, FRITSCH-STORK R, EEKHOUT I, et al. Proteomics to predict the response to tumour necrosis factor- $\alpha$  inhibitors in rheumatoid arthritis using a supervised cluster-analysis based protein score[J]. *Scand J Rheumatol*, 2018, 47(1): 12-21.
- [17] 刘霞, 李积友, 武广善, 等. 甘肃滩羊血红蛋白(Hb)及红细胞蛋白质(Ep)多态性的研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2001, 36(3): 316-321.
- [18] 白俊艳, 赵淑娟, 王玉琴, 等. 豫西脂尾羊血液蛋白的多态性研究[J]. 中国畜牧兽医, 2011, 38(12):134-137.
- [19] 付弘熨, 安贝, 卢福山. 青海高原毛肉兼用半细毛羊血液蛋白多态性研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2015(9): 37-40.
- [20] 胡健, 徐亚欧, 郑玉才, 等. 藏系绵羊(贾洛、红原、欧拉类群)、新疆细毛羊与阿勒泰羊血液蛋白多态性的研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2013(11): 6-10.
- [21] 海思源, 杨虎林, 陈增国, 等. 3 个藏系绵羊品种血清运铁蛋白的多态性比较[J]. 四川畜牧兽医, 2010, 37(4): 30-32.
- [22] 雷良煜. 欧拉型藏羊血清酯酶的多态性研究[J]. 畜牧与兽医, 2014, 46(1):58-60.
- [23] 朱文渊, 雒秋江, 陈勇, 等. 6 个绵羊品种(系)不同血液蛋白基因型母羊间多羔性状差异性的研究[J]. 新疆农业大学学报, 2009, 32(1): 5-11.
- [24] 国家畜禽遗传资源委员会. 中国畜禽遗传资源志·羊志[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.