

DOI: 10.3724/SP.J.1005.2009.00921

广西 4 个少数民族 17 个 Y-STR 基因座的多态性分析

冯冬亮¹, 刘长晖², 梁祚仁³, 刘超²

1. 中山大学中山医学院法医学系, 广州 510080;
2. 广州市刑事科学技术研究所, 广州 510030;
3. 右江民族医学院, 广西百色 533000

摘要: 应用 Yfiler 复合扩增试剂盒及基因分型技术, 调查了广西瑶、彝、京、壮 4 个少数民族人群 17 个 Y-STR 基因座的多态性分布, 计算等位基因频率和单体型多样性, 并结合国内其他 4 个群体相应基因座的遗传学资料, 分析其遗传距离和聚类关系。瑶族 100 名无关男性个体中检出 61 种单体型, 单体型多样性为 0.9784; 彝族 105 名无关男性个体中检出 67 种单体型, 单体型多样性为 0.9866; 京族 103 名无关男性个体中检出 79 种单体型, 单体型多样性为 0.9911; 壮族 107 名无关男性个体中检出 91 种单体型, 单体型多样性为 0.9956。在 4 个少数民族中, 京族和壮族的遗传距离最小(0.0391), 彝族和瑶族的遗传距离最大(0.3376)。结果表明, 该 17 个 Y-STR 基因座在广西 4 个少数民族人群中均具有较高的多态性, 在法医学、群体遗传学等方面有重要的应用价值。

关键词: Y 染色体; 单体型; 遗传多态性; 遗传距离; STR

Genetic polymorphism of 17 Y-STR loci in four minority populations in Guangxi of China

FENG Dong-Liang¹, LIU Chang-Hui², LIANG Zuo-Ren³, LIU Chao²

1. Department of Forensic Biology, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510080, China;
2. Guangzhou Institute of Criminal Science and Technology, Guangzhou 510030, China;
3. Youjiang Medical College for Nationalities, Baise, Guangxi 533000, China

Abstract: To investigate the genetic polymorphism of Y-chromosomal short tandem repeats (STR) loci in Jing, Yi, Yao, and Zhuang minority populations from Guangxi Province, China. 17 Y-STR loci were co-amplified using AmpFISTR[®] Yfiler[™] PCR Amplification Kit System, and the PCR products were analyzed by genetic analyzer. Cluster and phylogenetic tree analyses were conducted to show the genetic distance among the populations. There were 61 different haplotypes in 100 unrelated Yao males, 67 in 105 unrelated Yi males, 79 in 103 unrelated Jing males, and 91 in 107 unrelated Zhuang males. The haplotype diversities of Jing, Yi, Yao and Zhuang were determined as 0.9784, 0.9866, 0.9911, and 0.9956, respectively. Among these 4 minority populations, the genetic distance between Jing and Zhuang was the smallest (0.0391), while the genetic distance between Yi and Yao was the largest (0.3376). The 17 Y-STR loci in the 4 minority populations from Guangxi Province revealed a highly polymorphic genetic distribution, which show a high potential for population genetics and forensic practice.

Keywords: Y-chromosome; haplotype; genetic polymorphism; genetic distance; STR

收稿日期: 2009-03-09; 修回日期: 2009-05-04

基金项目: 国家科技部科技基金项目“人体个体识别与物证溯源关键技术研究”项目(编号: 2006B-AK07B01)资助

作者简介: 冯冬亮(1984-), 女, 在读硕士, 研究方向: 法医遗传学。E-mail: feng_sharon@hotmail.com

通讯作者: 刘超(1963-), 男, 博士, 主任法医师, 研究方向: 法医 DNA 多态性及法医学应用。E-mail: LiuChaogaj@21cn.com

人类Y染色体属于性染色体,除小部分拟常染色体区外,其余大部分为非重组的特异区域,具有男性伴性遗传的特点,其基因座的多态性分布因种族、民族、地域的不同具有明显的差异,在法医学个人识别、亲缘关系分析、群体遗传学分析和人类起源、进化等方面有重要意义^[1-3]。本文研究了 17 个 Y-STR 基因座(*DYS456*、*DYS389I*、*DYS390*、*DYS389II*、*DYS458*、*DYS19*、*DYS385*、*DYS393*、*DYS391*、*DYS439*、*DYS635*、*DYS392*、*GATA_H4*、*DYS437*、*DYS438* 和 *DYS448*) 在广西壮族、彝族、瑶族、京族 4 个少数民族人群的等位基因频率、基因座多样性、单体型多样性及遗传距离等遗传多样性参数,为我国 Y 染色体单体型群资料的完善、法医学应用、民族起源研究提供了基础数据。

1 材料和方法

1.1 材料的采集

本研究的标本来自广西壮族自治区罗城、环江、巴马、隆林、东兴 5 个县的少数民族聚居地。按照“知情同意”的原则,追溯其家族史,保证其父系 3 代为本民族,每户只取 1 名男性个体,不限年龄,共采集了 415 名男性口腔拭子,其中壮族 107 名,彝族 105 名,京族 103 名,瑶族 100 名。被采样者采样前均用清水清洁口腔,用无菌脱脂棉签在被采样者口腔两侧内颊部擦拭采集口腔粘膜细胞,装入纸质样品袋,于室内阴凉处自然干燥后保存。

1.2 方法

1.2.1 DNA 的提取

所有样本用 TECAN[®] 公司的 Freedom EVO 全自动化工作站平台以磁珠法提取,磁珠提取试剂盒采用北京东胜创新生物科技有限公司的 EQ1000 法医提取试剂盒。

1.2.2 PCR 扩增

使用 AmpFLSTR[®] Yfiler[™] PCR Amplification Kit 荧光标记复合扩增试剂盒在 GeneAmp 9700 型扩增仪上对所提取的 DNA 进行扩增,扩增体系为 8 μ L,其中含 PCR Reaction Mix 3 μ L,引物 1.8 μ L,Ampli Taq Gold[™] DNA (5 U/ μ L) 0.25 μ L,模板 DNA 0.5~1 ng。PCR 扩增条件为: 95 预变性 11 min; 94 变性

1 min, 61 复性 1 min, 72 延伸 1 min, 30 个循环; 最后 60 延伸 80 min, 4 保存。

1.2.3 扩增片段的电泳与分型

取 PCR 产物 1 μ L 加入 10 μ L Hi-Di[™] formamide 和 0.2 μ L GeneScan[™] 500 LIZ[®] Size Standard 的混合液中,在 ABI-3130xl 全自动遗传分析仪上进行毛细管电泳。使用 GeneMapper ID 3.2 软件通过与试剂盒里的等位基因分型标准物(Ladder)比较对电泳数据进行基因分型分析。

1.2.4 数据处理

各基因座的等位基因频率与单体型检出频率用直接计数法计算,基因多样性(Gene diversity, GD)及单体型多样性(Haplotype diversity, HD)按公式 $h=n(1-\sum P_i^2)/(n-1)$ (n 为样本例数, P_i 为等位基因频率) 计算^[4]。用 Arlequin 3.01 软件进行 AMOVA 分析,计算群体间遗传距离 Rst 矩阵^[5]。根据遗传距离 Rst 值用 MEGA4.0 软件进行各民族之间的聚类分析,并绘制系统进化树^[6]。

2 结果与分析

2.1 17 个 Y-STR 基因座的遗传多态性

本研究中,17 个 Y-STR 基因座在京、彝、瑶、壮 4 个少数民族的基因多样性(GD 值)分别为 0.380~0.945、0.110~0.841、0.115~0.904、0.298~0.941 (表 1)。在京族中等位基因频率较高的为 *DYS437* 的等位基因 15 和 *DYS438* 的等位基因 10,等位基因频率为 0.718~0.767。在彝族中等位基因频率较高的为 *DYS389I* 的等位基因 13、*DYS391* 的等位基因 10、*GATA_H4* 的等位基因 11、*DYS437* 的等位基因 14 和 *DYS438* 的等位基因 10,等位基因频率为 0.800~0.943。在瑶族中等位基因频率较高的为 *DYS456* 的等位基因 15、*DYS391* 的等位基因 10、*DYS439* 的等位基因 11 和 *DYS438* 的等位基因 10,等位基因频率为 0.800~0.940。在壮族中等位基因频率较高的为 *DYS456* 的等位基因 15 和 *DYS391* 的等位基因 10,等位基因频率为 0.813~0.822。本研究中,4 个少数民族 17 个 Y-STR 基因座的单体型见表 2: 瑶族观察到 61 种单体型,其中 44 种单体型观察到 1 次,10 种单体型观察到 2 次,3 种单体型观察到 3 次,最多一种单体型出现 11 次; 彝族观察到单体型 67 种,其中 47 种单

体型观察到 1 次, 9 种单体型观察到 2 次, 6 种单体型观察到 3 次, 最多一种单体型出现 6 次; 京族观察到单体型 79 种, 其中 66 种单体型观察到 1 次, 8 种单体型观察到 2 次, 2 种单体型观察到 3 次, 最多一种单体型出现 7 次; 壮族观察到单体型 91 种, 其中 80 种单体型观察到 1 次, 9 种单体型观察到 2 次, 最多一种单体型出现 4 次, 各单体型均为民族特有的单体型, 未观察到任何不同人群共有的单体型。4 个民族的单体型多样性(HD 值)依次为瑶族 0.9784, 彝族 0.9866, 京族 0.9911, 壮族 0.9956。

表 1 广西瑶、彝、京、壮群体 17 个 Y-STR 基因座的等位基因频率及基因多样性($n_1=103, n_2=105, n_3=100, n_4=107$)

等位基因	等位基因频率				等位基因	等位基因频率			
	京族	彝族	瑶族	壮族		京族	彝族	瑶族	壮族
<i>DYS456</i>					<i>DYS393</i>				
13	0.078	0.000	0.000	0.019	12	0.447	0.095	0.600	0.355
14	0.175	0.000	0.040	0.084	13	0.194	0.238	0.070	0.168
15	0.495	0.419	0.840	0.813	14	0.340	0.657	0.270	0.206
16	0.184	0.495	0.100	0.047	15	0.019	0.010	0.060	0.271
17	0.068	0.086	0.010	0.037	GD	0.653	0.507	0.564	0.737
18	0.000	0.000	0.010	0.000	<i>DYS390</i>				
GD	0.686	0.577	0.285	0.331	21	0.000	0.010	0.150	0.019
<i>DYS389I</i>					22	0.068	0.000	0.010	0.121
11	0.019	0.000	0.000	0.019	23	0.223	0.314	0.240	0.131
12	0.408	0.133	0.690	0.589	24	0.427	0.505	0.500	0.579
13	0.320	0.819	0.080	0.178	25	0.146	0.124	0.100	0.140
14	0.252	0.048	0.230	0.187	26	0.136	0.048	0.000	0.009
15	0.000	0.000	0.000	0.028	GD	0.730	0.635	0.666	0.618
GD	0.674	0.312	0.469	0.591	<i>DYS439</i>				
<i>DYS391</i>					10	0.000	0.000	0.030	0.019
7	0.039	0.000	0.000	0.000	11	0.320	0.105	0.800	0.495
9	0.039	0.010	0.010	0.009	12	0.417	0.771	0.130	0.393
10	0.573	0.800	0.940	0.822	13	0.204	0.124	0.030	0.084
11	0.350	0.190	0.050	0.168	14	0.029	0.000	0.010	0.009
GD	0.552	0.327	0.115	0.298	15	0.029	0.000	0.000	0.000
<i>DYS389II</i>					GD	0.686	0.382	0.345	0.599
26	0.010	0.000	0.000	0.009	<i>DYS635</i>				
27	0.029	0.000	0.030	0.075	19	0.068	0.048	0.010	0.065
28	0.301	0.143	0.580	0.336	20	0.204	0.038	0.050	0.336
29	0.330	0.743	0.120	0.262	21	0.252	0.038	0.100	0.131
30	0.243	0.076	0.240	0.243	22	0.301	0.305	0.070	0.140
31	0.058	0.038	0.020	0.056	23	0.117	0.429	0.480	0.215
32	0.029	0.000	0.010	0.019	24	0.058	0.143	0.140	0.047
GD	0.744	0.425	0.596	0.757	25	0.000	0.000	0.150	0.065
<i>DYS385</i>					GD	0.790	0.705	0.717	0.801
11-11	0.010	0.000	0.000	0.009	<i>DYS392</i>				
11-12	0.039	0.010	0.010	0.019	7	0.000	0.000	0.000	0.000
11-13	0.000	0.000	0.010	0.000	8	0.000	0.010	0.000	0.000
11-15	0.000	0.000	0.000	0.009	10	0.039	0.000	0.000	0.009
11-17	0.000	0.010	0.140	0.000	11	0.107	0.600	0.170	0.084
11-18	0.019	0.000	0.010	0.028	12	0.000	0.029	0.020	0.037
11-19	0.010	0.000	0.000	0.000	13	0.612	0.276	0.740	0.486
11-20	0.010	0.000	0.000	0.000	14	0.243	0.086	0.070	0.383

(续表 1)

等位基因	等位基因频率				等位基因	等位基因频率			
	京族	彝族	瑶族	壮族		京族	彝族	瑶族	壮族
12-12	0.000	0.000	0.020	0.009	GD	0.559	0.561	0.422	0.614
12-13	0.010	0.000	0.000	0.000	<i>GATA_H4</i>				
12-14	0.010	0.000	0.000	0.000	10	0.058	0.000	0.080	0.262
12-16	0.000	0.000	0.000	0.009	11	0.563	0.848	0.230	0.318
12-17	0.000	0.010	0.020	0.000	12	0.340	0.143	0.670	0.374
12-18	0.010	0.000	0.000	0.028	13	0.039	0.010	0.020	0.047
12-19	0.019	0.000	0.000	0.009	GD	0.568	0.264	0.496	0.695
12-20	0.087	0.000	0.000	0.019	<i>DYS437</i>				
12-21	0.000	0.000	0.000	0.009	13	0.000	0.038	0.000	0.000
12-23	0.019	0.000	0.000	0.000	14	0.019	0.886	0.480	0.682
12-24	0.000	0.000	0.010	0.000	15	0.718	0.076	0.240	0.290
13-13	0.039	0.029	0.010	0.028	16	0.252	0.000	0.280	0.028
13-14	0.019	0.105	0.010	0.103	17	0.010	0.000	0.000	0.000
13-16	0.010	0.010	0.010	0.000	GD	0.424	0.210	0.640	0.454
13-17	0.068	0.000	0.020	0.131	<i>DYS438</i>				
13-18	0.078	0.038	0.020	0.075	9	0.000	0.000	0.000	0.019
13-19	0.039	0.114	0.020	0.047	10	0.767	0.943	0.870	0.701
13-20	0.000	0.010	0.020	0.019	11	0.184	0.029	0.130	0.271
13-21	0.029	0.000	0.010	0.009	12	0.039	0.029	0.000	0.009
13-22	0.019	0.000	0.120	0.009	13	0.010	0.000	0.000	0.000
13-23	0.000	0.000	0.170	0.000	GD	0.380	0.110	0.228	0.439
13-24	0.000	0.000	0.050	0.000	<i>DYS448</i>				
13-25	0.000	0.000	0.010	0.000	17	0.000	0.048	0.010	0.009
14-14	0.000	0.276	0.000	0.009	18	0.320	0.238	0.320	0.523
14-15	0.000	0.238	0.180	0.019	19	0.437	0.571	0.090	0.140
14-16	0.000	0.000	0.050	0.093	20	0.194	0.133	0.560	0.262
14-17	0.000	0.000	0.010	0.121	21	0.039	0.000	0.010	0.065
14-18	0.029	0.000	0.020	0.019	22	0.010	0.010	0.010	0.000
14-19	0.126	0.000	0.000	0.009	GD	0.674	0.602	0.581	0.640
14-20	0.010	0.000	0.000	0.009	<i>DYS19</i>				
14-22	0.000	0.000	0.000	0.009	13	0.058	0.600	0.020	0.009
14-24	0.000	0.000	0.010	0.000	14	0.184	0.067	0.060	0.336
15-15	0.000	0.038	0.010	0.000	15	0.417	0.181	0.480	0.514
15-16	0.029	0.000	0.000	0.037	16	0.311	0.124	0.100	0.112
15-17	0.010	0.000	0.000	0.019	17	0.029	0.029	0.330	0.028
15-18	0.078	0.067	0.010	0.000	18	0.000	0.000	0.010	0.000
15-19	0.117	0.000	0.000	0.009	GD	0.698	0.592	0.653	0.615
15-20	0.000	0.038	0.010	0.000	<i>DYS458</i>				
15-21	0.010	0.000	0.000	0.019	14	0.000	0.000	0.000	0.000
15-22	0.010	0.000	0.000	0.000	15	0.184	0.029	0.220	0.150
16-17	0.000	0.000	0.000	0.028	16	0.136	0.095	0.050	0.103
16-18	0.000	0.000	0.010	0.000	17	0.194	0.248	0.140	0.215
16-19	0.019	0.000	0.000	0.009	18	0.272	0.467	0.270	0.252
16-20	0.019	0.000	0.000	0.000	19	0.126	0.133	0.200	0.150
17-18	0.000	0.000	0.000	0.009	20	0.087	0.029	0.120	0.131
17-20	0.000	0.010	0.000	0.000	GD	0.820	0.699	0.810	0.825
17-21	0.000	0.000	0.000	0.009					
GD	0.945	0.841	0.904	0.941					

GD: 基因多样性。

表 2 广西 4 个少数民族 17 个 Y-STR 基因座的单体型

单体型	17 个 Y-STR 基因座																	次数			
	DYS 456	DYS 389I	DYS 390	DYS 389II	DYS 458	DYS 19	DYS 385a	DYS 385b	DYS 393	DYS 391	DYS 439	DYS 635	DYS 392	GATA _H4	DYS 437	DYS 438	DYS 448	瑶族	彝族	京族	壮族
H1	13	12	24	30	16	14	15	16	13	10	11	19	11	12	15	11	19			1	
H2	13	12	24	30	17	14	15	16	13	10	11	19	11	12	15	11	19				1
H3	13	12	25	29	18	15	12	20	12	10	12	23	13	12	13	10	19			2	
H4	13	12	25	29	18	15	12	19	12	10	12	22	13	13	14	10	19				1
H5	13	12	26	29	18	15	12	20	12	10	12	23	13	11	14	10	19			4	
H6	13	12	26	29	18	15	12	20	12	10	12	23	13	12	14	10	19			1	
H7	14	12	22	28	18	16	12	20	13	10	11	19	13	12	15	11	19			1	
H8	14	12	23	28	19	15	12	17	12	10	12	21	12	12	15	10	19	2			
H9	14	12	23	28	19	15	14	19	12	10	11	22	13	10	15	11	20			1	
H10	14	12	24	30	16	14	15	15	13	10	11	19	11	12	15	11	19	1			
H11	14	12	24	28	17	15	15	16	13	10	13	19	11	12	15	11	19			1	
H12	14	12	24	28	16	16	12	19	12	9	13	22	13	12	15	10	19			1	
H13	14	12	24	28	17	16	12	20	12	9	11	21	13	12	14	10	19			1	
H14	14	12	24	28	19	14	13	17	12	10	12	21	14	12	15	11	20				2
H15	14	12	24	30	16	14	15	16	13	10	11	19	11	12	15	11	19				2
H16	14	12	24	28	19	14	13	17	12	10	12	20	14	12	15	11	20				1
H17	14	12	24	29	16	14	15	16	13	10	11	19	11	12	15	11	20				1
H18	14	12	24	29	18	15	15	19	13	10	12	22	14	11	16	10	20			1	
H19	14	12	25	28	19	16	14	19	12	10	13	22	13	11	14	10	19			1	
H20	14	12	25	28	18	16	12	19	12	10	12	23	13	11	15	10	19			1	
H21	14	12	26	28	20	16	14	19	12	10	13	22	13	11	14	10	19			4	
H22	14	12	26	28	20	16	14	19	12	10	14	22	13	11	14	10	19			1	
H23	14	12	26	28	19	16	14	19	12	10	13	22	13	11	14	10	19			1	
H24	14	12	26	28	20	16	14	18	12	10	13	22	13	11	14	10	19			1	
H25	14	12	26	28	19	16	14	19	12	10	14	22	13	11	14	10	19			1	
H26	14	13	24	30	20	15	13	14	14	11	11	22	13	10	14	10	18				1
H27	14	13	25	29	16	15	16	18	13	9	12	23	13	11	14	10	17	1			
H28	14	13	25	29	17	15	15	21	14	11	12	21	13	11	14	10	18			1	
H29	14	13	25	28	17	15	12	20	12	10	13	20	13	11	14	10	19				2
H30	14	14	23	30	17	14	11	12	13	11	11	20	14	11	14	10	18			1	
H31	14	14	24	32	19	17	11	15	12	11	12	20	12	12	15	10	19				1

																		(续表 2)			
17 个 Y-STR 基因座																		次数			
单体 型	DYS 456	DYS 389I	DYS 390	DYS 389II	DYS 458	DYS 19	DYS 385a	DYS 385b	DYS 393	DYS 391	DYS 439	DYS 635	DYS 392	GATA _H4	DYS 437	DYS 438	DYS 448	瑶 族	彝 族	京 族	壮 族
H32	15	11	23	30	18	15	11	12	14	10	14	21	11	11	14	10	20			1	
H33	15	11	24	28	19	16	13	18	13	11	12	22	13	11	14	10	18			1	
H34	15	11	24	28	18	15	14	17	15	10	12	23	13	10	14	10	18				1
H35	15	11	24	28	18	15	14	17	15	10	11	23	13	10	14	10	18				1
H36	15	12	21	28	17	15	11	17	12	10	11	23	11	11	14	10	20	2			
H37	15	12	21	28	18	15	11	17	12	10	11	23	11	11	14	10	20	6			
H38	15	12	21	28	18	15	11	17	12	11	11	23	11	11	14	10	20	1			
H39	15	12	21	28	18	15	11	17	12	10	11	24	11	11	14	10	20		1		
H40	15	12	21	28	18	15	11	18	12	10	11	24	11	11	14	10	21				1
H41	15	12	22	29	17	14	13	19	12	10	11	20	14	12	15	11	20				2
H42	15	12	22	29	18	15	13	18	12	10	11	24	11	11	14	10	20				1
H43	15	12	23	28	18	14	13	17	12	10	12	20	14	12	15	11	20	1			
H44	15	12	23	30	15	15	13	13	13	10	13	21	14	13	14	10	20	1			
H45	15	12	23	28	17	16	15	18	12	11	11	21	13	12	15	10	20	1			
H46	15	12	23	30	19	15	12	17	12	10	11	19	8	12	15	10	19		1		
H47	15	12	23	29	18	15	12	18	14	10	11	20	13	12	14	10	20			1	
H48	15	12	23	29	18	14	15	22	12	11	11	20	14	12	15	11	20			1	
H49	15	12	23	27	16	15	13	18	12	10	11	20	14	13	15	11	19			1	
H50	15	12	23	28	19	14	13	17	12	10	13	20	14	12	15	11	21				1
H51	15	12	23	28	17	14	13	19	12	10	11	20	14	12	14	11	20				1
H52	15	12	23	29	17	15	12	16	12	10	12	21	12	12	15	10	19				1
H53	15	12	23	30	17	15	12	18	14	10	11	20	13	12	14	10	20				1
H54	15	12	23	30	17	15	12	18	15	10	11	20	13	12	14	10	20				1
H55	15	12	23	30	18	16	13	13	12	10	12	20	12	11	16	10	19				1
H56	15	12	23	29	17	16	14	19	12	11	11	20	13	12	15	10	19			1	
H57	15	12	24	28	20	17	13	22	12	10	11	23	13	12	15	10	19	2			
H58	15	12	24	28	19	17	13	22	13	10	11	23	13	12	15	10	20	2			
H59	15	12	24	28	20	17	13	23	12	10	11	22	13	12	16	10	20	2			
H60	15	12	24	28	19	17	13	23	12	10	11	23	13	12	16	10	20	4			
H61	15	12	24	28	20	17	13	23	12	10	11	23	13	12	16	10	20	4			
H62	15	12	24	28	19	17	13	24	12	10	11	23	13	12	16	10	20	3			
H63	15	12	24	28	20	17	13	23	12	10	12	23	13	12	16	10	20	2			

(续表 2)

单体 型	17 个 Y-STR 基因座																	次数			
	DYS 456	DYS 389I	DYS 390	DYS 389II	DYS 458	DYS 19	DYS 385a	DYS 385b	DYS 393	DYS 391	DYS 439	DYS 635	DYS 392	GATA _H4	DYS 437	DYS 438	DYS 448	瑶 族	彝 族	京 族	壮 族
H64	15	12	24	29	18	15	14	16	15	10	11	24	13	10	14	10	18	4			
H65	15	12	24	28	19	17	13	23	12	10	11	24	13	12	16	10	20	1			
H66	15	12	24	28	19	16	12	24	12	10	12	23	13	12	16	10	20	1			
H67	15	12	24	28	19	15	13	23	12	10	11	23	13	12	16	10	19	1			
H68	15	12	24	28	18	17	14	24	12	10	11	23	13	12	16	10	20	1			
H69	15	12	24	28	19	17	13	22	12	10	11	22	13	12	16	10	20	1			
H70	15	12	24	28	19	17	13	22	12	10	11	24	13	12	16	10	20	1			
H71	15	12	24	28	19	16	13	24	12	10	11	23	13	12	16	10	20	1			
H72	15	12	24	28	19	18	13	24	12	10	11	24	13	12	16	10	20	1			
H73	15	12	24	27	18	17	13	22	12	10	11	23	13	12	16	10	20	1			
H74	15	12	24	27	17	14	13	19	12	11	12	21	14	12	15	11	22	1			
H75	15	12	24	30	18	15	14	17	15	10	11	22	13	10	14	10	18	1			
H76	15	12	24	28	18	17	13	25	12	10	11	23	13	12	16	10	20	1			
H77	15	12	24	27	18	17	13	23	12	10	11	23	13	12	16	10	20	1			
H78	15	12	24	28	19	17	13	22	12	10	11	23	13	12	16	10	20	1			
H79	15	12	24	28	20	16	13	23	12	10	11	23	13	12	16	10	20	1			
H80	15	12	24	28	20	17	13	23	12	10	11	23	13	12	15	10	20	1			
H81	15	12	24	30	17	17	13	20	12	10	10	22	13	12	15	10	20	1			
H82	15	12	24	29	17	16	13	20	12	10	10	23	13	12	15	10	21	1			
H83	15	12	24	28	20	14	13	17	12	10	12	21	14	12	15	11	20			2	
H84	15	12	24	28	19	15	15	16	12	9	11	20	10	11	14	10	19			1	
H85	15	12	24	26	18	14	13	16	13	10	12	21	14	12	15	11	20			1	
H86	15	12	24	29	18	16	13	17	14	11	12	24	13	11	14	10	18			1	
H87	15	12	24	28	20	14	13	17	12	10	12	20	14	11	14	11	20				2
H88	15	12	24	29	19	14	13	17	12	10	12	20	14	11	15	11	20				2
H89	15	12	24	28	19	15	13	18	12	10	12	21	14	11	16	11	20				2
H90	15	12	24	28	18	15	14	16	15	10	11	23	13	10	14	10	18				5
H91	15	12	24	27	18	15	14	17	15	10	11	23	13	10	14	10	18				2
H92	15	12	24	26	18	14	13	18	13	10	12	22	14	12	15	11	20				1
H93	15	12	24	27	17	15	14	17	15	10	11	23	13	11	14	10	18				1
H94	15	12	24	27	18	15	14	14	15	10	11	23	13	10	14	10	18				1
H95	15	12	24	27	18	15	14	17	14	10	11	22	13	10	14	10	18				1

(续表 2)

17 个 Y-STR 基因座																		次数			
单体	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	GATA	DYS	DYS	DYS	瑶	彝	京	壮
型	456	389I	390	389II	458	19	385a	385b	393	391	439	635	392	_H4	437	438	448	族	族	族	族
H96	15	12	24	27	18	15	14	17	15	10	11	22	13	10	14	10	18				1
H97	15	12	24	27	18	15	15	17	15	10	11	23	13	10	14	10	18				1
H98	15	12	24	28	16	15	13	13	13	10	12	20	14	12	14	10	18				1
H99	15	12	24	28	16	16	13	20	12	10	11	21	13	12	15	10	21				1
H100	15	12	24	28	17	15	14	17	15	10	11	22	13	10	14	10	18				1
H101	15	12	24	28	17	15	14	16	15	10	11	22	13	10	14	10	18				1
H102	15	12	24	28	18	15	14	16	14	10	11	22	13	10	14	10	18				1
H103	15	12	24	28	19	14	13	17	12	10	12	20	14	12	15	11	20				1
H104	15	12	24	28	20	14	12	18	12	10	12	20	14	12	15	11	20				1
H105	15	12	24	28	20	14	13	17	12	10	11	20	14	12	15	11	20				1
H106	15	12	24	28	20	14	13	17	12	10	12	20	14	12	15	11	21				1
H107	15	12	24	28	20	14	13	17	12	10	12	20	14	13	15	11	20				1
H108	15	12	24	28	20	14	13	17	12	10	14	20	14	13	15	11	20				1
H109	15	12	24	28	20	14	14	17	12	10	13	20	14	12	15	11	20				1
H110	15	12	24	29	17	16	14	18	15	11	11	20	13	10	14	10	18				1
H111	15	12	24	29	17	15	14	17	15	10	11	23	13	10	14	10	18				1
H112	15	12	24	29	17	17	13	21	12	10	10	23	13	12	15	10	20				1
H113	15	12	24	29	18	15	14	16	15	10	11	23	13	10	14	10	18				1
H114	15	12	24	29	19	15	14	17	15	10	11	23	13	10	14	10	18				1
H115	15	12	24	29	19	15	14	16	15	10	11	23	13	10	14	10	18				1
H116	15	12	24	29	20	14	13	17	12	10	12	20	14	12	15	11	20				1
H117	15	12	24	30	17	15	14	17	15	11	11	23	13	10	14	10	18				1
H118	15	12	24	29	18	13	13	13	13	10	12	22	11	12	14	10	19		1		
H119	15	12	24	29	19	14	7	14	14	10	12	22	11	11	14	10	18		1		
H120	15	12	25	28	19	14	13	17	12	10	14	20	14	12	15	11	20	1			
H121	15	12	25	28	18	13	13	16	12	10	13	20	14	12	15	11	20	1			
H122	15	12	25	28	18	13	12	12	13	10	13	23	13	12	15	11	19	1			
H123	15	12	25	28	19	14	13	17	12	10	13	20	14	12	15	11	20			1	
H124	15	12	25	27	19	14	13	19	12	11	12	22	14	12	15	11	19				1
H125	15	12	25	28	20	16	14	18	14	10	11	20	13	11	15	10	18				1
H126	15	12	25	29	19	16	13	22	12	10	11	23	13	12	15	10	20				1

(续表 2)

单体 型	17 个 Y-STR 基因座																	次数			
	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	GATA	DYS	DYS	DYS	瑶	彝	京	壮
	456	389I	390	389II	458	19	385a	385b	393	391	439	635	392	_H4	437	438	448	族	族	族	族
H127	15	12	25	29	18	15	14	16	15	10	11	25	13	10	14	10	18				1
H128	15	12	25	29	18	16	7	14	14	10	12	23	13	11	14	10	19		1		
H129	15	12	26	28	19	14	13	18	12	10	13	23	13	12	15	10	20		3		
H130	15	13	21	29	17	15	11	17	12	10	11	23	11	11	14	10	20	1			
H131	15	13	21	29	20	15	11	18	12	10	11	24	11	11	14	10	20				1
H132	15	13	22	29	17	13	12	23	13	11	12	21	13	11	14	10	19			2	
H133	15	13	23	28	17	14	13	13	13	9	12	19	14	12	14	10	18		1		
H134	15	13	23	29	17	14	13	14	13	10	13	19	14	12	15	10	18			1	
H135	15	13	23	30	18	15	11	18	15	10	12	21	11	11	14	10	22			1	
H136	15	13	23	29	15	15	11	11	15	11	12	21	11	11	14	10	20			1	
H137	15	13	23	28	15	14	13	14	13	11	12	19	14	12	14	10	18			1	
H138	15	13	23	28	18	17	15	18	12	10	11	23	13	12	15	10	20			1	
H139	15	13	23	28	18	17	15	17	12	10	11	21	13	12	15	10	20			1	
H140	15	13	23	28	18	17	15	18	12	10	11	21	13	12	15	10	20			1	
H141	15	13	23	29	15	15	11	12	15	10	11	21	11	11	14	10	21				1
H142	15	13	23	29	16	14	13	14	13	10	11	19	14	12	14	10	18				1
H143	15	13	23	31	15	15	11	11	15	10	11	22	10	11	14	10	21				1
H144	15	13	23	31	15	15	11	18	15	10	12	20	11	11	14	10	21				1
H145	15	13	23	28	18	13	7	14	14	10	12	23	11	11	14	10	20		1		
H146	15	13	23	29	19	13	13	18	12	10	12	22	11	11	14	10	18		1		
H147	15	13	23	29	18	13	14	15	13	10	12	24	12	11	14	10	17		1		
H148	15	13	23	29	17	13	14	15	14	10	12	23	11	11	14	10	19		1		
H149	15	13	23	29	18	13	15	18	14	10	13	23	11	11	14	10	19		1		
H150	15	13	23	31	19	15	15	18	14	10	13	22	13	11	15	10	20			1	
H151	15	13	24	30	18	15	14	16	15	10	12	23	13	10	14	10	18	1			
H152	15	13	24	29	17	13	14	15	14	10	12	22	11	11	14	10	19		2		
H153	15	13	24	29	17	13	14	15	13	10	12	23	11	11	14	10	19		6		
H154	15	13	24	29	18	15	13	19	14	11	12	24	13	11	14	10	18		2		
H155	15	13	24	29	18	16	13	19	14	11	12	24	13	11	14	10	18		5		
H156	15	13	24	29	18	13	14	15	13	10	12	23	11	11	14	10	19		1		
H157	15	13	24	29	17	13	15	15	13	10	12	23	11	11	14	10	19		1		

(续表 2)

17 个 Y-STR 基因座																		次数			
单体	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	GATA	DYS	DYS	DYS	瑶	彝	京	壮
型	456	389I	390	389II	458	19	385a	385b	393	391	439	635	392	_H4	437	438	448	族	族	族	族
H158	15	13	24	31	17	16	13	19	14	11	15	23	13	11	14	10	18			2	
H159	15	13	24	27	20	14	13	17	12	10	12	21	14	12	17	13	20			1	
H160	15	13	24	29	17	14	13	21	12	10	13	22	13	11	15	10	19			1	
H161	15	13	24	28	18	16	13	18	14	11	12	24	13	11	14	10	18			1	
H162	15	13	24	29	17	15	13	22	12	11	13	22	13	11	15	10	19			1	
H163	15	13	24	29	15	15	15	18	13	10	12	22	13	11	14	10	19			1	
H164	15	13	24	29	18	16	13	18	14	10	12	21	13	11	14	10	18			1	
H165	15	13	24	31	17	16	13	19	14	11	12	24	13	11	14	10	18			1	
H166	15	13	24	29	18	15	13	22	12	10	13	22	13	11	15	10	19			1	
H167	15	13	24	29	18	15	14	20	12	10	13	21	13	11	15	10	19			1	
H168	15	13	24	29	18	15	13	21	12	10	13	21	13	11	15	10	19			1	
H169	15	13	24	28	15	15	15	21	15	11	12	21	14	11	14	9	18				1
H170	15	13	24	28	18	15	14	17	15	10	11	22	13	10	14	10	18				1
H171	15	13	24	28	18	15	15	19	14	10	12	23	13	11	14	10	18				1
H172	15	13	24	29	18	16	13	19	14	11	13	25	14	11	14	10	18				1
H173	15	13	24	29	17	16	13	18	14	11	12	22	13	11	14	10	18				1
H174	15	13	24	30	19	16	13	20	14	11	13	21	13	12	14	10	18				1
H175	15	13	24	30	17	16	7	14	14	10	12	23	11	11	14	10	18		1		
H176	15	13	24	31	17	16	14	14	14	10	11	22	13	11	14	10	19		1		
H177	15	13	24	29	18	13	14	14	14	10	13	23	13	11	14	10	19		1		
H178	15	13	24	29	18	15	14	15	14	11	13	23	11	12	13	10	19		1		
H179	15	13	25	29	17	16	13	18	14	10	12	21	13	11	15	11	18	2			
H180	15	13	25	28	17	15	12	12	14	10	11	21	13	11	14	10	18	1			
H181	15	13	25	32	16	16	11	13	14	11	10	24	11	13	14	11	19	1			
H182	15	13	25	29	16	15	15	18	14	10	12	22	13	11	14	10	18		4		
H183	15	13	25	29	16	15	17	20	14	10	12	24	13	11	14	10	18		1		
H184	15	13	25	29	19	16	13	18	14	10	12	21	13	11	14	10	18			3	
H185	15	13	25	28	17	16	13	19	12	10	12	22	13	12	15	10	21			1	
H186	15	13	25	29	19	16	13	18	14	11	12	22	13	11	14	10	18				1
H187	15	13	25	30	18	16	14	19	14	10	12	21	13	10	14	10	18				1
H188	15	13	25	31	16	15	13	18	13	11	12	24	13	11	14	10	18				1
H189	15	13	26	29	18	15	15	18	13	11	13	23	13	11	14	10	18		1		
H190	15	13	26	28	15	14	15	19	14	9	12	22	11	11	15	10	18			1	
H191	15	14	22	30	15	14	13	14	13	10	11	25	14	12	14	10	18	1			
H192	15	14	22	30	17	16	15	18	12	10	11	22	10	12	14	10	18			3	
H193	15	14	22	30	15	14	13	14	13	10	11	20	14	12	14	10	18				2

(续表 2)

17 个 Y-STR 基因座																		次数			
单体	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	GATA	DYS	DYS	DYS	瑶	彝	京	壮
型	456	389I	390	389II	458	19	385a	385b	393	391	439	635	392	_H4	437	438	448	族	族	族	族
H194	15	14	22	30	15	14	13	14	13	10	12	20	14	12	14	10	18				4
H195	15	14	22	30	15	14	13	14	13	10	12	21	14	12	14	10	18				1
H196	15	14	22	31	15	14	13	14	13	10	12	20	14	12	14	10	18				1
H197	15	14	23	30	15	15	14	15	14	10	11	24	13	12	14	10	18	4			
H198	15	14	23	29	15	15	14	15	14	10	11	25	13	12	14	10	18	2			
H199	15	14	23	30	15	15	14	15	14	10	11	25	13	12	14	10	18	11			
H200	15	14	23	30	15	15	14	15	14	10	11	25	13	11	14	10	18	1			
H201	15	14	23	31	15	14	11	12	13	11	11	24	14	12	14	11	19		1		
H202	15	14	23	30	15	14	11	12	13	11	12	24	14	13	14	11	19			2	
H203	15	14	23	32	16	15	11	18	14	10	11	20	11	11	14	10	21			1	
H204	15	14	23	30	18	15	12	12	12	10	13	19	12	12	15	10	19				1
H205	15	14	24	31	16	15	14	18	14	10	11	20	13	10	14	11	18	2			
H206	15	14	24	31	18	17	13	19	14	11	12	22	13	11	14	10	17		2		
H207	15	14	24	30	18	15	14	18	14	11	13	22	13	11	14	10	18			2	
H208	15	14	24	29	20	16	14	22	12	10	13	21	14	13	15	10	20				1
H209	15	14	24	30	16	13	17	21	14	9	12	22	14	10	14	12	19				1
H210	15	14	24	28	15	14	14	19	12	11	13	21	13	11	15	10	18			1	
H211	15	14	25	30	15	15	15	20	14	11	11	21	13	11	14	10	18	1			
H212	15	14	25	32	16	15	13	13	13	11	12	21	11	12	14	10	21			2	
H213	15	14	25	29	17	15	16	17	14	11	12	25	13	11	14	10	18				1
H214	15	14	25	30	17	15	16	17	14	11	12	25	13	11	14	10	18				1
H215	15	14	25	30	17	15	16	17	14	11	11	25	13	11	14	10	18				1
H216	15	14	25	30	18	15	14	19	12	10	12	23	13	11	15	11	19			1	
H217	15	15	24	30	15	15	15	21	15	11	12	21	14	11	14	9	18				1
H218	15	15	25	32	17	15	17	18	14	11	13	24	13	11	14	10	18				1
H219	15	15	26	31	17	15	15	17	14	10	12	25	13	11	14	10	18				1
H220	16	12	21	28	18	15	11	17	12	10	12	23	11	11	14	11	20	1			
H221	16	12	21	28	18	15	11	17	12	10	11	24	11	11	14	10	20	1			
H222	16	12	21	28	18	15	11	17	12	10	11	22	11	11	14	10	20	1			
H223	16	12	21	28	18	15	11	18	12	10	11	24	11	11	14	10	20	1			
H224	16	12	21	28	18	15	11	17	12	10	11	23	11	11	14	10	20	1			
H225	16	12	22	29	16	15	12	13	13	10	12	21	14	12	14	10	19			1	
H226	16	12	23	28	18	16	14	15	13	10	11	21	14	12	13	10	17		2		
H227	16	12	23	29	20	16	13	16	12	10	12	19	12	12	15	10	19		1		

(续表 2)

17 个 Y-STR 基因座																		次数			
单体	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	DYS	GATA	DYS	DYS	DYS	瑶	彝	京	壮
型	456	389I	390	389II	458	19	385a	385b	393	391	439	635	392	_H4	437	438	448	族	族	族	族
H228	16	12	23	28	19	16	14	15	13	10	11	20	14	12	13	10	22		1		
H229	16	12	23	30	15	15	12	14	13	10	12	21	14	13	14	11	19			1	
H230	16	12	24	28	17	17	13	22	12	10	11	23	13	12	15	10	20	2			
H231	16	12	24	28	17	16	13	21	12	10	11	23	13	12	15	10	20	1			
H232	16	12	24	28	18	17	13	22	12	10	11	23	13	12	15	10	20	1			
H233	16	12	24	28	18	14	15	18	12	10	12	20	14	12	15	11	20			1	
H234	16	12	24	30	17	15	13	18	12	10	12	21	14	10	16	10	18			1	
H235	16	12	25	28	19	14	13	17	12	10	13	20	14	12	15	11	20			1	
H236	16	12	25	27	16	14	14	19	12	11	12	20	14	12	15	11	20			1	
H237	16	12	26	28	17	13	14	15	13	11	12	21	13	11	14	10	19		1		
H238	16	13	23	30	17	13	13	14	14	10	12	22	11	11	14	10	19		3		
H239	16	13	23	29	18	13	15	15	14	10	12	22	11	11	14	10	19		2		
H240	16	13	23	29	18	13	14	14	14	10	12	23	11	11	14	10	19		3		
H241	16	13	23	29	19	13	14	14	14	10	13	22	11	11	14	12	20		3		
H242	16	13	23	29	18	13	14	14	14	10	12	24	11	11	14	10	19		1		
H243	16	13	23	29	18	13	13	14	14	10	13	23	11	11	14	10	19		1		
H244	16	13	23	29	18	13	14	14	14	10	12	21	11	11	14	10	19		1		
H245	16	13	23	30	17	13	13	14	14	10	12	23	11	11	14	10	19		1		
H246	16	13	23	29	16	16	11	19	14	10	15	22	11	12	14	11	20			1	
H247	16	13	23	29	16	16	11	20	14	10	12	22	11	12	14	11	20			1	
H248	16	13	23	30	15	15	14	15	14	10	11	23	13	11	14	10	18				1
H249	16	13	23	30	15	17	14	14	14	10	12	23	11	12	14	10	20		1		
H250	16	13	23	29	16	13	14	14	14	10	12	22	14	11	14	10	19		1		
H251	16	13	23	29	18	13	14	15	14	10	12	23	11	11	14	10	18		1		
H252	16	13	24	29	18	13	13	14	14	10	12	22	11	11	14	10	19		2		
H253	16	13	24	29	18	13	14	14	13	10	12	23	11	11	14	10	19		3		
H254	16	13	24	29	18	13	14	14	14	10	12	23	11	11	14	10	19		6		
H255	16	13	24	28	16	15	15	20	14	11	13	23	13	11	14	10	18		2		
H256	16	13	24	29	18	13	14	14	13	11	12	23	11	11	14	10	19		1		
H257	16	13	24	29	18	13	14	14	14	10	12	23	11	11	14	11	19		1		
H258	16	13	24	29	18	13	13	19	14	11	12	22	11	11	15	11	20		1		
H259	16	13	24	29	17	13	14	14	14	10	12	24	11	11	14	10	18		1		
H260	16	13	24	29	17	15	14	14	14	10	12	19	11	11	15	10	19		1		
H261	16	13	24	28	19	14	14	15	13	10	12	24	11	11	14	10	19		1		
H262	16	13	24	29	18	15	14	15	14	10	12	24	11	11	14	10	19		1		
H263	16	13	24	29	18	13	15	15	12	10	12	23	11	11	14	10	19		1		

(续表 2)

单体 型	17 个 Y-STR 基因座																	次数			
	DYS 456	DYS 389I	DYS 390	DYS 389II	DYS 458	DYS 19	DYS 385a	DYS 385b	DYS 393	DYS 391	DYS 439	DYS 635	DYS 392	GATA _H4	DYS 437	DYS 438	DYS 448	瑶 族	彝 族	京 族	壮 族
H264	16	13	24	29	16	13	15	20	14	10	12	22	11	11	14	10	19		1		
H265	16	13	24	29	16	16	13	17	14	11	11	20	13	12	15	10	19			1	
H266	16	13	25	29	17	16	13	19	14	10	12	21	13	11	15	10	18	1			
H267	16	13	25	29	17	13	14	15	14	10	12	22	11	11	14	10	19		3		
H268	16	13	25	29	20	15	15	20	15	11	11	20	13	11	14	10	18		1		
H269	16	13	25	28	18	15	16	19	14	10	12	23	13	11	14	10	18				1
H270	16	13	25	29	17	13	14	14	14	10	12	23	13	11	14	10	18		1		
H271	16	13	25	28	20	13	15	18	13	11	11	20	14	11	14	10	19		1		
H272	16	14	22	30	16	14	13	14	13	10	12	20	14	12	14	10	18				1
H273	16	14	23	30	15	15	14	15	14	10	11	23	13	11	14	10	18				1
H274	16	14	24	30	15	15	15	19	14	11	11	20	13	11	14	10	18			7	
H275	16	14	24	31	15	15	15	19	14	11	11	20	13	11	14	10	18			2	
H276	16	14	24	29	17	16	13	21	14	11	12	24	13	11	14	10	18			1	
H277	16	14	24	31	17	15	13	18	14	10	11	20	13	10	14	11	18				1
H278	16	14	25	29	18	15	13	19	13	11	11	22	13	11	14	10	18		1		
H279	17	12	23	28	15	15	13	13	13	10	11	19	14	12	14	10	19			1	
H280	17	12	23	29	15	15	13	13	13	11	11	19	14	11	14	10	19			1	
H281	17	12	24	28	15	16	13	13	13	10	11	19	14	12	14	10	18		1		
H282	17	12	24	29	20	17	14	20	12	10	11	22	13	11	15	10	19				1
H283	17	12	24	29	15	15	13	13	13	11	11	19	14	12	14	10	17				1
H284	17	13	23	29	19	13	14	14	14	10	12	23	11	11	14	10	20		2		
H285	17	13	23	29	16	13	14	14	12	10	12	22	13	11	14	10	20		1		
H286	17	13	24	29	17	13	14	15	14	10	12	22	11	11	14	10	19		2		
H287	17	13	24	29	19	13	14	15	14	10	12	23	12	11	14	10	19		1		
H288	17	13	24	29	16	13	16	19	14	7	11	22	14	10	14	12	19			1	
H289	17	13	24	30	19	14	15	19	14	11	12	21	13	11	14	10	18			1	
H290	17	13	24	29	18	15	13	19	14	10	12	23	13	12	14	10	19		1		
H291	17	14	22	30	16	16	12	21	12	10	11	21	13	11	14	10	19				1
H292	17	14	23	30	15	14	11	12	14	10	11	22	14	11	14	11	19	1			
H293	17	14	23	29	16	14	11	12	14	11	10	25	14	13	14	11	19				1
H294	17	14	24	30	18	15	13	20	12	10	12	20	14	13	15	10	20		1		
H295	17	14	24	30	17	13	16	20	14	7	11	22	14	10	14	12	19			1	
H296	17	14	24	30	16	13	16	19	14	7	11	22	14	10	14	12	19			1	
H297	17	14	24	30	16	13	16	20	14	7	11	22	14	10	14	12	19			1	
H298	18	12	24	28	18	17	13	22	12	10	11	23	13	12	15	10	20	1			

2.2 瑶、京、彝、壮族与国内 4 个群体的遗传距离与聚类分析

应用本研究 4 个少数民族的 Y 染色体单体型数据, 计算与国内潮汕汉族^[7]、闽南汉族^[8]、青海藏族^[9]和青海撒拉族^[10] 4 个群体的遗传距离。结果显示, 本研究中广西 4 个少数民族之间的遗传距离不等, 彝族和瑶族的遗传距离最大(0.3376), 其次是彝族和壮族的遗传距离(0.2037), 京族和壮族的遗传距离最小(0.0391)。与国内其他群体比较, 广西瑶族、京族和壮族与潮汕汉族间的遗传距离相对较近, 广西 4 个少数民族与青海藏族的遗传距离相对较远(表 3)。根据遗传距离进行聚类分析并绘制系统发生树, 可以看出广西京族和壮族聚为一类, 潮汕和闽南的汉族聚为一类, 青海的藏族和撒拉族聚为一类(图 1), 系统发生树的结果(图 2)与聚类分析结果基本相符。

3 讨论

男性的 Y 染色体两端的拟常染色体区在减数分裂可与 X 染色体的相应区段进行交换、重组, 其余部分为 Y 染色体非重组的特定区域。Y-STR 基因座位于 Y 染色体特异区域, 呈典型男性伴性遗传, 在法医学混合斑的分析^[11]、父权认定、家系调查和群体遗传研究等方面有特殊意义。

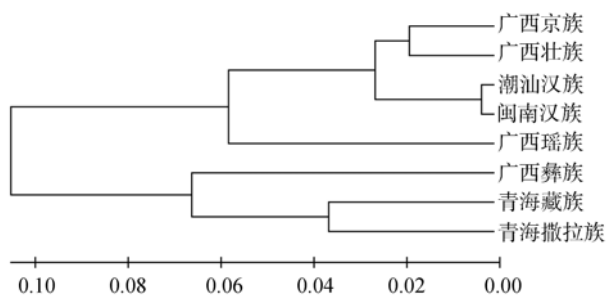


图 1 8 个中国群体的聚类分析结果

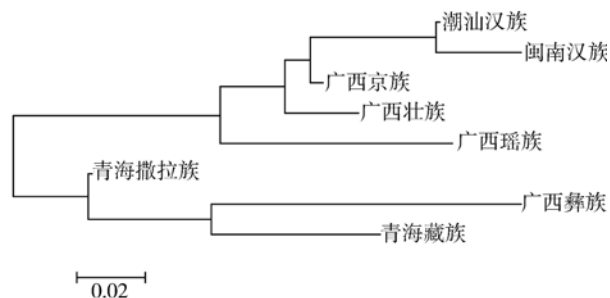


图 2 8 个中国群体的系统发生树

Y-STR 的多态性分布具有明显的民族特异性和地域间的差异性^[1,2], 在本调查中可见同一个基因座在不同民族中的多态性会有差异, 如 *GATA_H4* 在彝族的 GD 值为 0.264, 壮族中高达 0.695; *DYS456* 在瑶族和壮族的 GD 值分别为 0.285 和 0.331, 在京族中高达 0.686。Y 染色体上各个基因座都是连锁非重组的, 因此其研究的意义在于单体型多态性。本研究的单体型由 17 个 Y-STR 基因座组成。除了 *DYS385* 以外, 每个基因座只有一个等位基因。经统计分析, 该 4 个少数民族的单体型多样性 (HD 值) 都较高, 均在 0.978 以上。单体型的多样性与有效群体的大小有关^[12], 壮族的 HD 值在 4 个民族中最高(0.9956), 由于 90% 以上的壮族人口聚居在广西, 有效人群大, 能观察到的单体型较多。在这 4 个少数民族间没有任何共享的单体型, 意味着各民族都有自己独特的单体型。

在人类群体遗传学中, 遗传距离是群体间遗传差异和遗传分化的重要指标。本研究的遗传距离 R_{st} 矩阵中各个群体遗传距离的差异都具有统计学意义, 可见我国的群体分布具有一定的民族特异性和地区差异性。本研究的 4 个少数民族中, 京族和壮族的遗传关系较近(0.0391), 与其地理分布较近相吻合; 瑶族和彝族的遗传关系最远(0.3376), 提示 2 个少数

表 3 8 个中国群体 R_{st} 值遗传距离矩阵(对称轴上是对应的 P 值, 对称轴下是 R_{st} 值)

	广西瑶族	广西京族	广西彝族	广西壮族	潮汕汉族	闽南汉族	青海藏族	青海撒拉族
广西瑶族	\	+	+	+	+	+	+	+
广西京族	0.1070	\	+	+	+	+	+	+
广西彝族	0.3376	0.1926	\	+	+	+	+	+
广西壮族	0.1106	0.0391	0.2037	\	+	+	+	+
潮汕汉族	0.0968	0.0251	0.2773	0.0458	\	+	+	+
闽南汉族	0.1536	0.0641	0.3288	0.0806	0.0080	\	+	+
青海藏族	0.2142	0.1813	0.1400	0.2387	0.2409	0.2686	\	+
青海撒拉族	0.1257	0.0953	0.1249	0.1205	0.1513	0.1828	0.0734	\

“+”: $P < 0.05$ 。

民族虽然现在都聚居在广西,但它们各自的祖先可能在地域上相差很远;对广西其他3个少数民族而言,彝族和青海藏族的遗传关系较近,可能与历史上彝族是西北氏羌族的后裔有关;与离广西较远的闽南汉族相比,这4个少数民族与地理较近的潮汕汉族间的遗传关系也较近,体现了地区远近对遗传关系的影响。聚类分析和系统发生树也说明了相似的结果。在系统发生树上,广西的京族、壮族和瑶族聚为一大分支上,青海藏族和撒拉族也聚为一大分支上,由于少数民族所居住的地区闭塞,交通不发达,而且有“不与外族通婚”的习俗,因此地域对Y染色体单体群遗传有很大的影响。

本研究所采用的AmpFLSTR®Yfiler™ PCR Amplification Kit荧光标记复合扩增系统具有基因座较多、扩增稳定、分型准确、重复性好、突变率低、灵敏度高特点,被广泛应用于各法医DNA检验实验室^[13~15]。但是根据本研究 and 国内相关研究结果^[7~10]显示,该系统中部分Y-STR基因座(如DYS437、DYS438)在中国各人群的多样性较差,应采用在中国各人群中多态性较高、稳定性较好的Y-STR基因座,以提高单体型多态性,从整体水平上提高Y染色体的系统鉴定能力。

参考文献(References):

- [1] Leite FP, Callegari-Jacques SM, Carvalho BA, Kommers T, Matte CH, Raimann PE, Schwengber SP, Sortica VA, Tsuneto LT, Petzl-Erler ML, Salzano FM, Hutz MH. Y-STR analysis in Brazilian and South Amerindian populations. *Am J Hum Biol*, 2008, 20(3): 359–363. [\[DOI\]](#)
- [2] Barrot C, Sanchez C, Xifro A, Ortega M, Mas J, Huguet E, Corbella J, Gene M. Data for Y-chromosome haplotypes in Fang and Bubi populations from Bioko (Equatorial Guinea). *Forensic Sci Int*, 2007, 168(1): 10–12. [\[DOI\]](#)
- [3] 刘超, 陈玲, 陈晓辉, 刘长晖, 王慧君. 广州汉族人群12个Y-STR基因座多态性及法医学应用研究. *南方医科大学学报*, 2007, 27(5): 599–600.
- [4] Nei M. *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University Press, New York, 1987.
- [5] Excoffier L, Laval G, Schneider S. Arlequin ver. 3.0: An integrated software package for population genetics data analysis. *Evol Bioinform Online*, 2005, 1: 47–50.
- [6] Tamura K, Dudley J, Nei M, Kumar S. MEGA4: Molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) software version 4.0. *Mol Biol Evol*, 2007, 24(8): 1596–1599. [\[DOI\]](#)
- [7] Hu SP. Polymorphism of Y-chromosomal STR haplotypes in the Chaoshan Han Chinese in South China. *Forensic Sci Int*, 2006, 158(1): 80–85. [\[DOI\]](#)
- [8] Hu SP. Genetic polymorphism of 12 Y-chromosomal STR loci in the Minnan Han Chinese in Southeast China. *Forensic Sci Int*, 2006, 159(1): 77–82. [\[DOI\]](#)
- [9] Zhu BF, Wu YM, Shen CM, Yang TH, Deng YJ, Xun X, Tian YF, Yan JC, Tao L. Genetic analysis of 17 Y-chromosomal STRs haplotypes of Chinese Tibetan ethnic group residing in Qinghai Province of China. *Forensic Sci Int*, 2007, 175(1): 9–10, 11.
- [10] Zhu BF, Shen CM, Xun X, Yan JW, Deng YJ, Zhu J, Liu Y. Population genetic polymorphisms for 17 Y-chromosomal STRs haplotypes of Chinese Salar ethnic minority group. *Legal Med*, 2007, 9(4): 7–8, 9.
- [11] Prinz M, Ishii A, Coleman A, Baum HJ, Shaler RC. Validation and casework application of a Y chromosome specific STR multiplex. *Forensic Sci Int*, 2001, 120(3): 177–188. [\[DOI\]](#)
- [12] Handley LJ, Berset-Brandli L, Perrin N. Disentangling reasons for low Y chromosome variation in the greater white-toothed shrew (*Crocidura russula*). *Genetics*, 2006, 173(2): 935–942. [\[DOI\]](#)
- [13] Gross AM, Liberty AA, Ulland MM, Kuriger JK. Internal validation of the AmpFISTR Yfiler amplification kit for use in forensic casework. *J Forensic Sci*, 2008, 53(1): 125–134. [\[DOI\]](#)
- [14] Hanson EK, Ballantyne J. An ultra-high discrimination y chromosome short tandem repeat multiplex DNA typing system. *PLoS ONE*, 2007, 2(1): 688. [\[DOI\]](#)
- [15] Mayntz-Press KA, Ballantyne J. Performance characteristics of commercial Y-STR multiplex systems. *J Forensic Sci*, 2007, 52(5): 1025–1034. [\[DOI\]](#)