

贵州古茶树种质资源基于形态特征的多样性研究

牛素贞^{1,2,3}, 宋勤飞³, 安红卫³, 黄政³, 刘霞³, 赵德刚^{1,2,*}, 陈正武¹¹

1. 贵州省农业科学院 茶叶研究所/贵州省茶叶研究所, 贵州 贵阳 550006

2. 贵州大学 农业生物工程研究院, 山地植物资源保护与种质创新教育部重点实验室, 贵州 贵阳 550025

3. 贵州大学 茶学院, 贵州 贵阳 550025

摘要: 以分布在贵州的 32 个分布地的古茶树种质资源为材料, 从形态学上对 144 份贵州古茶树种质资源进行多样性评价, 结果表明:除树姿外, 其他 9 个形态性状变异系数均达 35%以上, 10 个形态性状多样性指数均达到 0.85 以上;前 4 个主成分因子累计贡献率仅达到 85.97%;5 个生态区中, 黔西南分布区的古茶树种质资源的形态遗传多样性与其他分布区相比较广泛;在欧氏距离 5.60 处供试材料明显分为 3 大类型;第 I 类包括 27 个材料, 该类材料主要来自于黔东南分布区、黔中分布区、黔西南分布区和黔北分布区, 第 II 类包括 10 个材料, 主要来自黔西南分布区的晴隆县, 第 III 类包括 107 份材料, 分布较为广泛。

关键词: 古茶树种质资源; 贵州; 形态特征; 多样性

中图分类号:S571.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-1524(2019)10-1689-11

植物多样性是地球上极为重要的财富, 是人类赖以生存和发展的重要物质基础。遗传多样性越丰富, 改良栽培品种或选育新品种的潜力就越大。然而, 随着农业耕作方式和人们生活方式的不断改变, 生态环境的恶化加剧, 植物的遗传多样性正在逐步减少^[1]。茶树种质资源遗传多样性评价是茶树育种研究的重要组成部分, 对于更有效地利用现有的种质资源, 提高育种的准确性具有重要意义。目前, 伴随着生物学、遗传学和分子生物学的发展, 遗传多样性的检测方法不断完善, 已经从形态学、细胞学(染色体)、生理生化水平逐渐发展到分子水平。同时我们也注意到, 各种方法在理论或实际研究中都有其各自的优点和局限性^[2, 3, 4]。形态多样性研究是目前种质资源研究的重要内容, 也是物种遗传多样性研究的重要组成部分。不同植物生理生态特性的改变以及遗传分化, 一般会从形态特征反映出来。因此, 根据形态特征的不同, 在很大程度上能够反映同种植物之间的相似性以及不同种植物之间的本质差异^[5, 6, 7]。本研究对 144 份贵州古茶树种质资源进行形态性状的多样性分析, 目的在于分析贵州 32 个分布地古茶树种质资源形态性状的变异, 从形态学上评价贵州古茶树种质资源的多样性, 为贵州古茶树种质资源的利用提供理论依据。

¹ *通信作者, 赵德刚, E-mail: dgzhao@gzu.edu.cn

作者简介: 牛素贞(1980—), 女, 河南鹿邑人, 博士, 副教授, 主要从事茶树种质资源与遗传育种研究。E-mail: niusuzhen@163.com

收稿日期: 2019-03-30

基金资助: 国家自然科学基金(31560222); 贵州省科技厅农业攻关项目(黔科合支撑(2017)2558); 贵州省自然科学基金(黔科合基础(2019)1404号); 贵州省科技厅农业攻关项目(黔科合支撑(2017)2557); 贵州大学培育项目(黔科合平台人才(2018)5781-37); 黔西南州科技计划(2018-1-56, 2018-1-53)

1 材料与方法

1.1 材料

以分布在贵州的 32 个分布地的古茶树种质资源为材料(表 1)。

表 1 贵州古茶树种质资源分布地信息

编号	调查地点	东经		北纬		海拔	材料数量	种质
No.	Origin	East longitude/E		North latitude/N		Altitude/m	Sample number	Species and varieties
1	黔东南	108 ° 41’	11’-108 °	26 ° 29’	23’-26 °	613-1478	18	7 C.sinensis, 11 Camellia ssp
	Southeastern Guizhou							
2	黔西南	104 ° 36’	44’-105 °	24 ° 13’	56’-26 °	1147-1900	54	9 C. sinensis, 22 C. tachangensis,
	Southwestern Guizhou							17 Camellia ssp., 6 C. taliensis
3	黔南	106 ° 54’	35’-107 °	25 ° 30’	21’-26 °	772-1457	28	20 C. sinensis, 3 C. tachangensis,
	Southern Guizhou							5 Camellia ssp.
4	黔北	105 ° 36’	53’-108 °	27 ° 27’	27’-29 °	621-1239	36	11 C. gymnogyna, 15 C. sinensis,
	Northern Guizhou							10 Camellia ssp.
5	黔中	105 ° 36’	36’-106 °	26 ° 32’	13’-26 °	1154-1308	8	8 Camellia ssp.
	Central Guizhou							

按照陈亮等[8]的分类, 包括山茶属 Camellia L. 茶组 Sect.Thea(L.) Dyer 的大厂茶(C. tachangensis F.C. Zhang)25 份、大理茶(C. taliensis(W.W. Smith) Melchior)9 份、秃房茶(C. gymnogyna Chang)9 份、茶(C. sinensis(L.) O. Kuntze)57 份、待分类的茶组植物(Camellia ssp.) 44 份。

1.2 方法

1.2.1 形态学性状调查方法

2009年10月—2011年11月对分布在贵州省的古茶树种质资源进行野外调查，参照江昌俊^[9]的方法，调查的性状是：树型、树姿、叶面积、叶色、叶脉对数、叶身、叶尖、柱头分裂数、子房室数、叶形10个形态性状。数据调查基本为单人调查，避免了某些性状的视觉误差。根据调查的数据对部分质量性状进行赋值，数量性状按照测量值进行记录和统计。将数据汇集以后进行数据的标准化转换，以便进行性状的遗传多样性分析。

1.2.2 形态学性状的数据标准化及统计分析

参考陈亮等^[8]对茶树叶片形态性状的分级标准进行分级和标准化(表2)。根据调查的数据对部分质量性状进行赋值。数量性状按照测量值进行记录和统计。将所有数据录入 Excel 表格，然后对数据进行标准化，构成性状原始数据矩阵。依据叶长和叶宽计算叶面积，叶面积=叶长× 叶宽× 0.7，再根据叶面积的平均值，确定叶片的大小并进行赋值。

表2 茶树主要形态形状特征及数量化

性状指标	质量性状数量化 Quantification of qualitative trait				
Trait	1	2	3	4	5
树型 Plant type	乔木 Arbor	小乔木 Semi-arbor	灌木 Shrub		
树 姿 Growth habit	开展 Horizontal spreading	半开展 Semi-erect	直立 Erect		
叶 面 积 Leaf area/cm ²	小叶 Small(< 20)	中叶 Medium(20~40)	大 Large(40~60)	叶 特 大 叶 Extra large(60~80)	超特大叶 Super extra large(≥ 80)
叶色 Leaf colour	黄 绿 色 Yellow green	浅绿色 Light green	绿色 Medium green	深绿色 Dark green	紫 绿 色 Purple green
叶脉对数	7~8	9~10	11~12	13~14	
Number of vein pairs					
叶身 Leaf cross section	内折 Convex	平 Flat	稍背卷 Concave		

叶尖 Leaf apex shape	急尖 Acute	渐尖 Attenuate	钝尖 Blunt	圆尖 Obtuse
柱头分裂数 Number of style splittings	3	4	5	
子房室数 Locule number	3	4	5	
叶形 Leaf shape	披针形 Lanceolate	长椭圆形 Oblong	椭圆形 Elliptic	近圆形 Near round

1.2.3 统计分析

将数据汇集以后进行数据的标准化转换，采用 SPSS 15.0 统计软件对 10 个形态性状的遗传多样性和主成分进行分析。形态性状的遗传多样性指数采用 Shannon-weaver 指数 H，计算公式为:多样性指数 $H=-\sum (P_j) \times \ln(P_j)$ ，其中 Pj 为某性状第 j 个代码出现的频率^[10]。

2 结果与分析

2.1 贵州古茶树种质资源 10 个形态性状的频率分布

表 3 显示，10 个形态性状观测值上的频率分布，按照前面数据的标准化，叶面积和叶色等性状指标分为 5 个等级，叶形、叶脉对数和叶尖等性状指标分为 4 个等级，树型、树姿、叶身、柱头分裂数、子房室数等性状指标分为 3 个等级。144 个古茶树种质资源的树型主要分布在等级 3(灌木型)上，等级 2(小乔木型)分布较少；树姿主要分布在等级 1(开展)和等级 2(半开展)上，等级 3(直立)分布较少；叶面积主要分布在等级 2(叶面积 20~40 cm²)上，等级 1(叶面积< 20 cm²)和 5(叶面积≥ 80 cm²)的分布较少，分别为 7%和 4%，即材料中超特大叶类型和小叶类型较少；叶形和叶色在等级 3 上分布最多，达 59%以上，叶形在等级 1(披针形)上分布最少，仅为 1%，即材料中披针形叶片分布较少，椭圆形、绿色叶片类型的分布较多；叶脉对数主要集中在等级 2 上，也就是 9~10 对叶脉的材料较多；叶身主要分布在等级 3 上，即叶身稍背卷的材料较多；叶尖基本均匀分布在 4 个等级上；子房室数和柱头分裂数主要分布在 1、3 等级上，等级 2 也就是 4 个子房室数和 4 个柱头分裂数的材料分布较少。

表 3 十个形态性状的频率分布

等级 Grade	树型 Plant type	树姿 Growth habit	叶面积 Leaf area	叶形 Leaf shape	叶脉对数 Number of vein pairs	叶身 Leaf cross section	叶尖 Leaf apex shape	叶色 Leaf colour	子房室数 Locule number	柱头分裂数 Number of style splittings
等 1 Grade 1	35	43	7	1	17	26	25	4	49	37

等级 Grade	树型 Plant type	树姿 Growth habit	叶面积 Leaf area	叶形 Leaf shape	叶脉对数 Number of vein pairs	叶身 Leaf cross section	叶尖 Leaf apex shape	叶色 Leaf colour	子房室数 Locule number	柱头分裂数 Number of style splittings
等级 2 Grade 2	15	42	41	35	50	27	18	6	8	23
等级 3 Grade 3	50	16	28	59	21	47	23	66	43	40
等级 4 Grade 4	—	—	20	5	12	—	34	21	—	—
等级 5 Grade 5	—	—	4	—	—	—	—	3	—	—

2.2 贵州古茶树种质资源 10 个形态性状的变异

对 144 份贵州古茶树种质资源的 10 个主要形态性状进行统计分析，结果表明(表 4)，10 个形态性状变异系数除树姿外，其他 9 个性状变异系数均达 35%以上，其中叶面积变异系数达 100%以上，变异系数的大小依次为叶面积、柱头分裂数、子房室数、叶尖、树型、叶色、叶脉对数、叶身、叶形、树姿。10 个形态性状多样性指数均达到 0.85 以上，叶面积的多样性指数最高，达 1.74，叶形多样性指数最低，为 0.87。

表 4 十个形态性状的统计参数和遗传多样性指数

性状 Trait	平均值 Mean	最小值 Min	最大值 Max	变异系数 CV/%	多样性指数 H
树型 Plant type	2.11	1	3	44.53	0.99
树姿 Growth habit	2.11	1	3	21.86	1.02
叶面积 Leaf area/cm2	33.93	11.64	100.08	109.58	1.74
叶形 Leaf shape	1.72	1	4	36.71	0.87
叶脉对数 Number of vein pairs	10.12	7	14	39.43	1.33
叶身 Leaf cross section	2.2	1	3	39.05	1.06
叶尖 Leaf apex shape	2.54	1	4	44.57	1.36
子房室数 Locule number	1.93	1	3	46.14	0.91
柱头分裂数 Number of style splittings	1.93	1	3	46.14	0.91

叶色 Leaf colour	3.2	1	5	40.75	0.92
----------------	-----	---	---	-------	------

2.3 贵州古茶树种质资源 10 个形态性状的主成分分析

由表 5 可见，前 4 个成分的累计贡献率仅达到 85.97%，表明前 4 个主成分基本反映了 10 个指标的信息。PC1、PC2、PC3 和 PC4 的贡献率分别为 48.63%、15.87%、11.17%和 10.30%。

原始变量和前 4 个主成分之间的相关性见表 6。PC1 主要代表树型、树姿、叶面积、叶尖和柱头分裂数；PC2 主要代表叶形、叶身；PC3 主要代表叶脉对数、子房室数；PC4 主要代表叶色。

表 5 十个形态性状主成分的特征向量及贡献率

主成分	特征值	贡献率	累计百分率
Principal	Eigen	Contribution	Cumulative
component	value	rate/%	percentage/%
PC1	4.86	48.63	48.63
PC2	1.58	15.87	64.5
PC3	1.11	11.17	75.67
PC4	1.03	10.3	85.97

表 6 贵州古茶树种质资源性状变量因子负荷量

变量	因子负荷量 Factor loadings			
Variable	PC1	PC2	PC3	PC4
树型 Plant type	-0.722	0.332	-0.108	-0.217
树姿 Growth habit	0.511	-0.39	-0.009	-0.064
叶面积 Leaf area	0.691	0.083	-0.023	-0.36
叶形 Leaf shape	-0.328	-0.556	0.365	-0.073
叶脉对数 Number of vein pairs	0.249	0.336	-0.553	0.199

叶身 Leaf cross section	0.014	0.525	-0.475	-0.224
叶尖 Leaf apex shape	-0.588	0.211	0.277	-0.191
子房室数 Locule number	0.169	0.282	0.667	-0.066
柱头分裂数 Number of style splittings	0.538	0.253	0.393	0.251
叶色 Leaf colour	-0.274	0.136	-0.079	0.806

贵州古茶树种质资源主成分得分见表 7。PC1 较高的正值表明古茶树种质资源的树姿趋向直立，叶面积、柱头分裂数都较大，G3、G11、G20、G23、G88、G90、G91、G92、G109、G34、G35、G101、G102、G103、G39、G45、G53、G54、G55、G57、G68、G69、G121、G130、G139 等材料属于此类。PC1 的较低的负值表明古茶树种质资源的树型趋向于灌木，叶尖趋向圆尖，G28、G74、G79、G80、G81、G82、G83、G85、G86、G94、G37、G38、G43、G129、G112、G113、G66 等材料属于此类。高的 PC2 正值表明古茶树种质资源叶身趋向稍背卷，G15、G27、G100、G35、G42、G114、G47、G54、G129、G138 等材料属于此类；低的 PC2 负值表明叶形趋向于近圆形，G33、G79、G89、G95、G96、G36、G111、G71 等材料属于此类；PC3 较高的正值表明古茶树种质资源具有较多的子房室数，如材料 G14、G59、G62、G132 等；低的 PC3 负值表明古茶树种质资源具有较多的叶脉对数，如 G1、G17、G19、G67、G141 等材料。

表 7 贵州古茶树种质资源主因子分析

种质	因子值 Factor score				种质	因子值 Factor score			
Germplasm	PC1	PC2	PC3	PC4	Germplasm	PC1	PC2	PC3	PC4
G1	1.432	0.681	-1.598	-0.022	G36	1.28	-2.152	0.614	1.335
G2	0.779	-0.75	-0.753	-0.403	G37	-1.569	-0.598	-0.693	0.05
G3	2.398	-0.244	0.976	0.698	G38	-1.573	0.417	-1.25	-0.157
G4	0.383	1.082	1.378	-1.84	G39	1.857	0.619	0.602	0.435
G5	0.829	1.187	0.802	0.278	G40	-1.424	0.1	0.374	0.535
G6	0.782	0.143	-1.054	0.515	G41	-1.339	0.226	-0.056	0.444
G7	0.525	0.727	-1.188	0.405	G42	0.83	1.798	-0.144	0.372
G8	0.279	-1.081	0.906	0.617	G43	-1.659	0.636	0.331	-0.556
G9	-0.141	1.032	-0.107	-0.174	G44	0.669	-0.715	0.603	1.179

G10	1.386	0.285	-1.204	-0.487	G45	2.354	0.653	-1.229	-1.476
G11	1.859	-0.809	-0.116	-0.861	G46	-0.384	1.322	-0.24	0.141
G12	1.016	0.176	1.18	0.197	G47	1.29	2.243	-0.316	1.146
G13	0.916	0.794	-1.411	0.823	G48	1.357	0.718	-0.723	-0.341
G14	0.286	0.916	1.708	0.616	G49	-1.339	0.226	-0.056	0.444
G15	0.021	1.582	-1.209	0.324	G50	-1.154	-0.885	1.03	-0.118
G16	1.312	-0.093	1.421	0.204	G51	-1.154	-0.869	-0.521	-1.778
G17	1.146	-0.638	-1.536	-2.389	G52	-0.538	0.544	-0.605	0.96
G18	0.677	1.304	0.192	-1.833	G53	-0.345	1.001	-1.112	-1.033
G19	-0.378	0.812	-1.777	0.231	G54	0.257	1.967	0.861	-0.79
G20	2.316	-0.06	1.219	-1.863	G55	-0.649	1.152	-0.231	-0.071
G21	-0.17	0.986	0.629	-2.174	G56	-1.343	0.428	0.59	-0.082
G22	-0.327	0.819	0.781	-0.116	G57	2.272	-0.767	-0.928	-0.193
G23	1.885	1.26	0.725	-1.013	G58	-1.267	0.09	1.237	-1.922
G24	0.379	0.944	0.216	-0.391	G59	1.536	-0.827	1.857	-0.321
G25	1.393	0.715	-0.27	0.312	G60	1.119	0.23	1.37	1.454
G26	-0.942	1.2	0.475	-0.067	G61	0.525	0.024	-1.369	0.8
G27	-1.017	1.537	0.011	0.082	G62	-1.777	-1.393	3.646	0.615
G28	-1.896	-0.92	-0.428	-0.167	G63	-0.48	0.474	1.853	0.782
G29	-0.554	2.227	0.568	0.153	G64	-0.859	-0.172	-1.466	-0.32
G30	-0.179	0.93	1.395	-0.467	G65	-0.886	0.256	0.127	1.613

G31	-1.216	-0.229	-1.449	-0.041	G66	-1.896	-0.92	-0.428	-0.167
G32	-1.19	-0.247	1.455	0.236	G67	0.24	0.02	-2.072	-1.868
G33	-1.269	-1.636	0.297	0.875	G68	2.063	-1.074	0.306	0.036
G34	1.866	-0.853	-0.29	0.101	G69	1.829	-0.891	0.074	-0.354
G35	2.138	1.775	-0.439	1.54	G70	-1.339	0.226	-0.056	0.444

种质					因子值				
因子值 Factor score					Factor score				
Germplasm	PC1	PC2	PC3	PC4	Germplasm	PC1	PC2	PC3	PC4
G71	1.024	-2.38	1.416	0.087	G108	0.183	-1.051	-1.001	-0.361
G72	-0.358	-0.979	1.2	-0.51	G109	1.86	-0.757	1.142	1.112
G73	-1.339	0.226	-0.056	0.444	G110	-0.328	-0.387	0.162	0.899
G74	-1.902	0.177	-1.481	-0.032	G111	0.873	-2.359	-0.005	0.067
G75	-0.452	0.737	-0.665	0.553	G112	-2.239	-0.759	-0.196	-0.333
G76	-0.357	1.368	-0.731	-0.167	G113	-2.239	-0.759	-0.196	-0.333
G77	-1.067	0.156	0.357	0.256	G114	-0.554	2.227	0.568	0.153
G78	-0.978	-1.268	-0.39	-1.922	G115	-0.473	1.316	0.591	0.713
G79	-1.822	-1.815	0.29	-2.109	G116	-0.216	-1.372	-0.707	0.671
G80	-1.544	0.234	-1.498	-0.311	G117	-0.162	-0.495	0.231	0.168
G81	-1.558	-0.067	-1.217	-0.208	G118	-0.926	-0.483	-0.699	0.74
G82	-1.558	-0.067	-1.217	-0.208	G119	-1.339	0.226	-0.056	0.444
G83	-1.569	-0.598	-0.693	0.05	G120	-0.833	-0.081	0.053	0.672

G84	-0.564	0.91	1.407	0.462	G121	1.61	-1.225	0.4	0.252
G85	-1.864	-0.736	-0.003	0.384	G122	-0.808	-0.128	0.039	0.631
G86	-1.526	0.117	-0.791	0.343	G123	-0.808	-0.128	0.039	0.631
G87	-0.666	0.928	0.241	0.271	G124	-0.808	-0.128	0.039	0.631
G88	1.799	-1.033	-0.045	-1.624	G125	-0.808	-0.128	0.039	0.631
G89	0.563	-2.716	0.471	0.846	G126	-0.808	-0.128	0.039	0.631
G90	2.314	-0.389	-0.981	0.975	G127	-1.339	0.226	-0.056	0.444
G91	2.335	-1.414	0.033	0.891	G128	-0.808	-0.128	0.039	0.631
G92	1.735	-1.064	0.225	-0.385	G129	-1.538	1.545	0.04	0.29
G93	1.394	-1.688	0.772	-0.499	G130	1.51	-0.935	0.413	-1.469
G94	-1.736	-0.005	0.854	-0.127	G131	-0.768	-0.475	-0.805	-0.537
G95	1.277	-2.037	0.148	-0.74	G132	-0.288	0.248	1.675	-0.292
G96	1.288	-1.507	-0.376	-0.998	G133	-0.771	-0.499	0.164	0.806
G97	0.551	0.535	1.33	-1.479	G134	-0.024	-1.165	1.151	0.565
G98	-0.47	-0.489	-0.803	-1.841	G135	0.242	0.139	-0.236	0.712
G99	-1.45	0.298	-0.102	0.931	G136	0.138	1.348	-1.038	-0.006
G100	0.564	1.539	1.23	-1.976	G137	-0.808	-0.128	0.039	0.631
G101	1.59	-0.672	-0.405	1.319	G138	-0.971	1.685	0.529	-0.162
G102	1.941	0.483	-1.475	1.176	G139	1.642	-0.381	1.109	-1.532
G103	1.59	-0.672	-0.405	1.319	G140	-0.918	-0.366	-0.655	-0.618
G104	-0.328	-0.387	0.162	0.899	G141	-0.026	-0.653	-1.786	0.01

G105	1.049	0.403	-0.462	0.386	G142	1.098	-0.286	-0.673	0.626
G106	0.153	-0.785	-1.248	0.135	G143	-0.918	-0.475	-0.006	-0.236
G107	1.158	1.426	1.033	0.153	G144	-0.288	-0.128	-0.499	-0.024

2.4 五个分布区古茶树种质资源叶片形态性状变异

由表 8 可见，黔西南分布区的古茶树种质资源的形态遗传多样性与其他分布区相比较广泛，除了树姿和叶形遗传多样性指数分别为 0.93 和 0.87 外，其他各性状的遗传多样性指数均在 1.0 以上。形态遗传多样性指数中，树型、叶尖和子房室数遗传多样性指数黔西南分布区最高，其次是黔南分布区、黔北分布区、黔中分布区分布区、黔东南分布区；树姿遗传多样性指数是黔西南分布区最高，其次是黔南分布区、黔东南分布区、黔北分布区和黔中分布区；叶面积的多样性指数以黔西南分布区最高为 1.30，黔北分布区、黔中分布区、黔东南分布区次之，黔东南分布区最低为 0.72；叶形遗传多样性指数除了黔中分布区最低为 0.45，其他分布区在 0.72~0.87，属于中等遗传变异；叶脉对数的遗传多样性指数黔南分布区最高，其次是黔西南分布区、黔北分布区、黔东南分布区、黔中分布区；叶身和花柱分裂数的遗传多样性指数黔西南分布区最高，其次是黔南分布区、黔北分布区、黔东南分布区，最低是黔中分布区；黔西南分布区、黔东南分布区和黔南分布区叶色的变异程度相对一致，黔北分布区和黔中分布区相对较低。

表 8 五个分布区古茶树种质资源形态性状的多样性指数

性状	黔西南	黔东南	黔南	黔北	黔中
Trait	Southwestern Guizhou	Southeastern Guizhou	Southern Guizhou	Northern Guizhou	Central Guizhou
树型 Plant type	1.1	0.56	0.85	0.69	0.6
树姿 Growth habit	0.93	0.65	0.77	0.5	0.45
叶面积 Leaf area	1.3	0.72	1.02	1.13	1.12
叶形 Leaf shape	0.87	0.72	0.87	0.84	0.45
叶脉对数 Number of vein pairs	1.24	0.89	1.29	1.02	0.87
叶身 Leaf cross section	1.08	0.83	0.92	1.06	0.69
叶尖 Leaf apex shape	1.38	0.6	1.37	1.09	1.01
子房室数 Locule number	1.09	0.61	0.82	0.8	0.69
柱头分裂数 Number of style	1.08	0.67	0.85	0.84	0.66

splittings

叶色 Leaf colour	1.08	0.96	0.9	0.51	0.68
----------------	------	------	-----	------	------

不同分布区古茶树种质资源的形态变异存在差异，其中黔西南分布区种质资源的树型、树姿、叶面积、叶身、叶尖、子房室数、花柱分裂数、叶色等变异系数最大，黔南分布区种质资源的叶形和叶脉对数变异系数最大(表 9)。树型变异系数以黔西南分布区最大，为 53.36，黔东南分布区树型变异最小；树姿在 5 个地区变异幅度均较小；叶面积的变异系数各地区的差异较大，变异系数以黔西南分布区最大，为 110.11%，黔东南地区的叶面积变异系数最小，为 44.23%；叶形变异系数黔南分布区最高，为 52.84%，黔东南分布区最低，为 26.87%；叶身、叶尖、子房室数和花柱分裂数的变异系数以黔西南分布区最高，分别为 58.79%、64.76%、73.12%和 79.37%，黔东南地区最低，分别为 27.66%、25.33%、25.86%、25.18%；叶色变异系数以黔西南分布区为最大，达 62.05%，黔北分布区最小，为 25.02%。5 个群体 10 个形态性状的平均变异系数从大到小的排序为：黔西南分布区、黔南分布区、黔北分布区、黔中分布区、黔东南地区。黔西南分布区的古茶树种质资源是变异系数最大的群体，说明黔西南分布区古茶树种质资源的形态多样性较丰富，黔东南地区的形态多样性程度较低。

表 9 五个分布区古茶树种质资源形态性状的变异系数

性状	黔西南	黔东南	黔南	黔北	黔中
Trait	Southwestern Guizhou	Southeastern Guizhou	Southern Guizhou	Northern Guizhou	Central Guizhou
树型 Plant type	53.36	19.74	34.66	41.58	23.71
树姿 Growth habit	28.62	24.96	9.45	17.44	22.25
叶面积 Leaf area	110.11	44.23	79.66	46.33	46.25
叶形 Leaf shape	50.07	26.87	52.84	49.25	36.35
叶脉对数 Number of vein pairs	52.86	35.52	65.04	53.05	56.7
叶身 Leaf cross section	58.79	27.66	51.72	42.04	48.04
叶尖 Leaf apex shape	64.76	25.33	46.53	51.4	51.23
子房室数 Locule number	73.12	25.86	65.1	53.48	45.67
柱头分裂数 Number of style splittings	79.37	25.18	55.96	49.99	46.77
叶色 Leaf colour	62.05	29.54	59.08	25.02	47.32
平均值 Mean	63.31	28.49	52	42.96	42.43

叶色变异系数以黔西南分布区为最大, 达 62.05%, 黔北分布区最小, 为 25.02%。5 个群体 10 个形态性状的平均变异系数从大到小的排序为: 黔西南分布区、黔南分布区、黔北分布区、黔中分布区、黔东南地区。黔西南分布区的古茶树种质资源是变异系数最大的群体, 说明黔西南分布区古茶树种质资源的形态多样性较丰富, 黔东南地区的形态多样性程度较低。

2.5 贵州古茶树种质资源 10 个形态性状的聚类分析

对贵州古茶树种质资源 10 个形态指标的调查测定值标准化后, 进行聚类分析(图 1)。结果表明, 在欧氏距离 5.60 处供试材料明显分为 3 大类型; 第 I 类包括: G40、G47、G48、G49、G67、G68、G69、G70、G71、G72、G91、G92、G98、G103、G109、G116、G118、G119、G120、G121、G123、G131、G133、G134、G136、G137、G139 共 27 个材料, 该类材料来自于黔东南地区的雷山, 黔中分布区的贵定、都匀、安顺西秀、贵阳花溪, 黔西南分布区的兴仁、晴隆、普安、安龙, 黔北分布区的道真、务川、正安; 第 II 类包括 G57、G64、G122、G124、G125、G127、G128、G129、G130、G138 共 10 个材料, 该类材料大部分来自黔西南分布区的晴隆, 部分来自黔中分布区的贵定、花溪区和都匀市; 第 III 类包括其余的 107 份材料, 该类材料来自于表 4 中除安龙仙鹤平自然保护区、雷山方祥乡和西江、普安江西坡、务川涪洋等以外的 28 个分布地。从形态性状来看, 各个分布区的古茶树没有明显的地域特征。

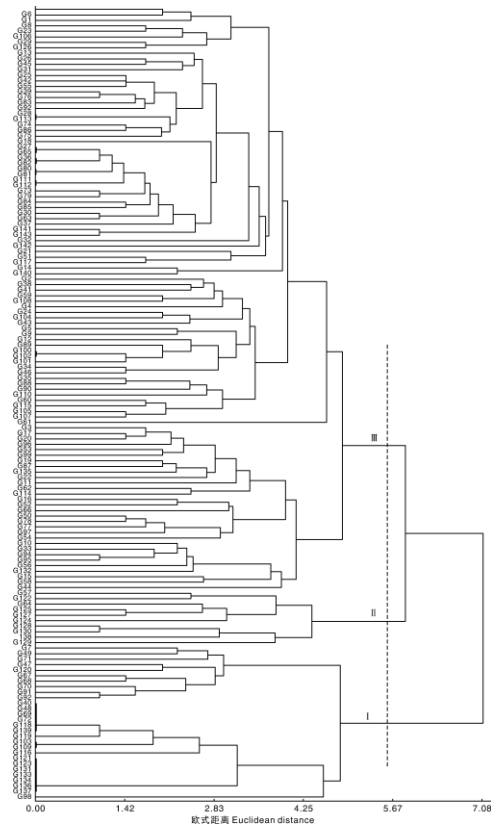


图 1 一百四十四份古茶树种质资源形态性状聚类图

3 讨论

3.1 贵州古茶树种质资源 10 个形态性状的频率分布

孙雪梅等^[11]对云南古茶树的形态性状研究发现, 云南古茶树的形态性状多以叶面积大、叶面平或稍隆起、叶色为绿色、柱

头 4、5 裂为主。本研究对贵州古茶树种质资源研究的结果表明, 灌木型和乔木型树型茶树较多, 树姿直立的较少; 中叶类型较多, 超特大叶类型和小叶类型较少; 叶形多以稍背卷、叶色以绿色为主; 材料中披针形叶片分布较少, 椭圆形叶片和绿色叶片分布较多; 叶脉对数主要以 9~10 对的较多; 叶身稍背卷、子房 3 室和 5 室、花柱 3 裂和 5 裂的材料居多。这些表明贵州古茶树种质资源与云南古茶树种质资源具有一定的地域差异性, 贵州独特的气候特征孕育了其独特的资源类型和多样性。

3.2 贵州古茶树种质资源 10 个形态性状的变异

古茶树资源是变异最为广泛的一类群体^[12, 13]。众多学者对茶树的研究表明^[3, 14, 15, 16], 古茶树资源的变异较为丰富。本研究结果表明, 贵州古茶树种质资源表现出显著的形态多样性, 在所调查的性状中, 叶面积最小值为 11.64 cm², 最大值超过 100 cm², 差距超过 85 cm²。

性状的变异系数是性状遗传多样性的数量化体现。变异系数越大, 则说明所试材料遗传多样性越高^[2, 3]。本研究中 10 个形态性状变异系数除树姿外, 其他 9 个性状均达到 35%以上, 其中叶面积变异系数达 100%以上, 说明叶面积较其他性状变异性大, 这可能与古茶树的立地生态环境存在较大关系; 其次是花柱分裂数、子房室数、叶尖等变异也较大, 这些性状在分类学研究中处于较为重要的地位, 且能够稳定遗传^[4, 17], 进一步说明贵州古茶树的遗传变异较为广泛。另外, 遗传多样性指数也是反映遗传多样性的指标, 多样性指数越高, 说明该物种的遗传多样性水平越高^[1, 18, 19]。本研究结果显示, 10 个形态性状多样性指数均达到 0.85 以上, 表明贵州古茶树种质资源的 10 个形态性状均存在较为显著的遗传变异。

3.3 贵州古茶树种质资源 10 个形态性状的聚类

形态性状的聚类是遗传因素与环境因子共同作用的结果, 在一定程度上反映了种质的遗传多样性^[20], 本研究在欧氏距离 5.60 处把贵州古茶树种质资源明显分为 3 大类型, I 类包括 27 个材料, 该类材料来自于 14 个分布区, II 类包括 10 个材料, 该类材料大部分来自晴隆, III 类包括其余的 107 份材料, 该类材料来自 28 个分布区; 3 大类型中仅 II 类材料有明显的区域特征, I 类和 III 类材料均没有明显的地域特征, 这可能是贵州多样性的立体生态气候, 每一个小区域范围内均形成了非常广泛的变异, 也可能由于调查的性状较少、环境不统一产生的误差, 这需要进一步验证聚类的结果, 来证明基于形态性状评价的遗传多样性分析结果是否可靠^[8, 21]。

3.4 贵州古茶树种质资源形态多样性与分布的关系

各分布区由于生态环境、传播的时间不同, 其多样性会存在差异^[22], 本研究结果显示, 同一性状在 5 个分布区内的变异幅度有差异, 总体来看, 黔西南分布区的古茶树种质资源的形态遗传多样性比其他地区广泛, 除了树姿和叶形遗传多样性指数分别为 0.93 和 0.87 外, 其他各性状的遗传多样性指数均在 1.0 以上, 其次是黔南分布区、黔北分布区, 黔中分布区、黔东南地区。变异系数及其平均值也验证了 5 个地区的变异幅度是黔西南分布区> 黔南分布区> 黔北分布区> 黔中分布区> 黔东南地区, 这可能与黔西南分布区是茶树的起源地有关, 排在第二位的地区是黔南分布区, 其与黔西南分布区相隔较近, 变异最小的区域是黔东南地区, 与黔西南分布区距离相对较远, 这可能是区域的多样性与起源地的远近有关^[17]。

参考文献:

- [1] 叶卫军, 陈圣男, 杨勇, 等. 绿豆 SSR 标记的开发及遗传多样性分析[J]. 作物学报, 2019, 45(8): 1176-1188.
- [2] 周炎花. 基于叶片形态和 EST-SSR 茶树遗传多样性与遗传演化研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2010.
- [3] 陈涛林, 郑丹琳, 王熙富, 等. 柳州九万山古茶树资源形态多样性及相关性研究[J]. 分子植物育种, 2019, 17(16):

5488-5503.

[4] 徐礼羿, 王丽鸳, 苏静静, 等. 云南双江勐库大叶种茶树基因型和种群结构分析[J]. 植物遗传资源学报, 2019, 20(4): 1052-1064.

[5] 祁娟. 披碱草属(*Elymus* L.)植物野生种质资源生态适应性研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2009.

[6] 班秋艳, 纪晓明, 余有本, 等. 陕西茶树种质资源表型性状的遗传多样性研究[J]. 安徽农业大学学报, 2018, 45(4): 575-579.

[7] 丁洲, 李焯昕, 袁艺, 等. 安徽茶区优良群体种的表型性状和遗传多样性分析[J]. 茶叶科学, 2018, 38(2): 155-161.

[8] 陈亮, 杨亚军, 虞富莲. 茶树种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.

[9] 江昌俊. 茶树育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005. [本文引用:1]

[10] 刘玉皎, 宗绪晓. 青海蚕豆种质资源形态多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(1): 79-83.

[11] 孙雪梅, 黄玫, 刘本英, 等. 云南野生茶树的地理分布及形态多样性[J]. 中国农学通报, 2012, 28(25): 277-288.

[12] 贾子瑞, 张守攻, 王军辉. 林芝云杉天然群体针叶与种实的变异及其地理趋势[J]. 林业科学研究, 2011, 24(4): 428-436.

[13] 岁立云, 刘义飞, 黄宏文. 红肉猕猴桃种质资源果实性状及 AFLP 遗传多样性分析[J]. 园艺学报, 2013, 40(5): 859-868.

[14] 段志芬, 刘本英, 汪云刚, 等. 云南野生茶树资源农艺性状多样性分析[J]. 西北农业学报, 2013, 22(1): 125-131.

[15] 陈亮, 王平盛, 山口聪. 应用 RAPD 分子标记鉴定野生茶树种质资源研究[J]. 中国农业科学, 2002, 35(10): 1186-1191.

[16] 乔小燕, 乔婷婷, 周炎花, 等. 基于 EST-SSR 的广东与广西茶树资源遗传结构和遗传分化比较分析[J]. 中国农业科学, 2011, 44(16): 3297-3311.

[17] 陈亮, 虞富莲, 杨亚军. 茶树种质资源与遗传改良[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006.

[18] 宗绪晓, 关建平, 王海飞, 等. 世界栽培豌豆(*Pisum sativum* L.)资源群体结构与遗传多样性分析[J]. 中国农业科学, 2010, 43(2): 240-251.

[19] 孙萍, 宗宇, 刘晶, 等. 基于 SSR 标记的清凉峰地区三叶海棠遗传多样性研究[J]. 果树学报, 2013, 30(1): 8-15.

[20] 郭宁, 杨树华, 葛维亚, 等. 新疆天山山脉地区疏花蔷薇天然居群表型多样性分析[J]. 园艺学报, 2011, 38(3):

495-502.

[21] 王小萍, 唐晓波, 王迎春, 等. 52 份茶树资源生化组分的表型多样性分析[J]. 茶叶科学, 2012, 32(2): 129-134.

[22] 杨树华, 郭宁, 葛维亚, 等. 新疆东天山地区宽刺蔷薇居群表型多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(3): 455-461.