

四川九龙古茶树种质资源农艺性状遗传多样性研究

牛小军¹, 包兴伟², 郑旭霞¹, 秦秀珍³, 邱金华³, 王小亚², 沈世魁³, 辛国田³, 赵芸¹, 黄海涛¹

(¹杭州市农业科学研究院茶叶研究所, 杭州 310024; ²浙江省茶叶集团股份有限公司, 杭州 310008;

³九龙县魁多镇人民政府, 四川甘孜 626299)

摘要: 为探究甘孜九龙古茶树种质资源的分布区域、形态特征和农艺性状的遗传多样性, 通过基本统计分析、变异系数、多样性指数、主成分分析和聚类分析, 对67份九龙古茶树种质资源的21个质量性状和12个数量性状进行了遗传多样性分析和评价。结果表明: 九龙古茶树资源农艺性状变异丰富, 除树型和树姿外, 质量性状的遗传多样性指数范围为0.17~1.27, 平均为0.82, 其中以花瓣颜色多样性指数最小, 果实形状的多样性指数最大; 数量性状变异系数范围为1.38%~29.94%, 平均为15.27%, 以叶面积的变异系数最高, 萼片数的变异系数最低。主成分分析显示, 前11个主成分累计贡献率在76.49%, 其中叶宽、叶长、叶色和花瓣颜色等性状是九龙古茶树种质资源农艺性状表现出差异的主要因素。21个质量性状聚类分析结果显示, 在欧式距离为16.9时, 可将67份九龙古茶树种质资源划分为4个类群, 聚类结果与海拔高度及地理位置无明显相关性。本次调查的古茶树种质资源中有13份种质位于海拔2400 m以上, 长势良好, 展现出良好的抗寒性和抗旱性。此外, 还有2份种质花瓣颜色特异, 1份种质籽粒较大且结果率高。研究结果为九龙古茶树种质资源收集、保护和利用奠定一定基础。

关键词: 九龙; 古茶树; 农艺性状; 多样性分析

The Phenotypic Diversity Analysis of Ancient Tea Germplasm Resources in Jiulong County, Sichuan Province, China

NIU Xiaojun¹, BAO Xingwei², ZHENG Xuxia¹, QIN Xiuzhen³, QIU Jinhua³, WANG Xiaoya², SHEN Shikui³, XIN Guotian³, ZHAO Yun¹, HUANG Haitao¹

(¹Tea Research Institute, Hangzhou Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310024; ²Zhejiang Tea Group Co., Ltd, Hangzhou 310008; ³People's Government of Kuiduo Town, Jiulong County, Ganzi 626299, Sichuan)

Abstract: To explore the distribution area, morphological characteristics, and genetic diversity of agronomic traits of Jiulong ancient tea germplasm resources in Ganzi, Sichuan province, China. 21 qualitative traits and 12 quantitative traits in 67 Jiulong ancient tea germplasm resources were evaluated, followed by the genetic diversity using basic statistical analysis, coefficient of variation, diversity index, principal component analysis and cluster analysis. The results showed that Jiulong ancient tea resources had rich variation at different agronomic traits. Except for tree type and growth habit, the genetic diversity index of qualitative traits ranges from 0.17 to 1.27, with an average of 0.82. Among them, the smallest of diversity index is petal color, and the largest is the fruit shape. The coefficient of variation of quantitative traits ranges from 1.38% to 29.94%, with an average of 15.27%. The highest coefficient of variation is leaf area, while the lowest is the number of sepal. Principal component analysis showed that the cumulative contribution rate of the first 11 principal components was 76.49%, among which leaf width, leaf length, leaf color, and petal color were the main factors that affected the differences at agronomic traits of Jiulong ancient tea germplasm resources. The cluster analysis showed that these ancient tea resources divided into four categories when the distance coefficient was 16.9, and the clustering

收稿日期: 2023-07-31 修回日期: 2023-08-22 网络出版日期: 2023-09-13

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230731001>

第一作者研究方向为茶树遗传育种, E-mail: xiaojunwords@126.com

通信作者: 黄海涛, 研究方向为茶树育种与栽培技术, E-mail: hthuang309@hotmail.com

基金项目: 浙江省“十四五”农业新品种选育重大科技专项(2021C02067-4); 九龙县茶叶现代农业产业融合示范项目(N5133242022000038)

Foundation projects: New Varieties Breeding Project the Major Science and Technology Projects of Zhejiang Province (2021C02067-4); Tea Modern Agriculture Industry Integration Demonstration Project of Jiulong County(N5133242022000038)

results have no significant correlation with altitude and region. Among the germplasm resources investigated in this study, 13 of them are located at an altitude of 2400 meters or above, showing good growth, satisfactory cold and drought resistance. In addition, there are two germplasms with unique petal color and one germplasm has larger grains and higher fruiting rate. The results laid a foundation for the collection, protection, and utilization of germplasm resources of Jiulong ancient tea germplasm resources.

Key words: Jiulong; ancient tea trees; agronomic traits; diversity analysis

古茶树一般指经过长期的自然生长或人工栽培,树龄在百年以上的茶树,往往呈现出较强的抗逆性和适应性,并保留了部分原始茶树的特征。按照进化选择方式,古茶树可以分为野生型古茶树、栽培型古茶树和介于野生与栽培之间的过渡型古茶树^[1]。古茶树种质资源的调查、收集、鉴定和评价对茶树的起源与分化、系统发育、遗传分析及开发利用具有重要的价值^[2]。四川是茶树发源地之一,境内野生古茶树分布广泛,古茶树主要集中在海拔700~1500 m的长江及其上游金沙江沿岸和四川盆地西部边缘地区,树型多以乔木和小乔木为主^[3-4]。

甘孜藏族自治州九龙县位于四川省西部,北连康定市,东南毗邻石棉县、冕宁县,西南与木里县接壤。其地理坐标介于北纬28°19'~29°20',东经101°17'~102°10'之间,年平均温度约8.8℃,平均降雨量约890 mm。九龙县地处横断山系北段,境内大雪山山脉自北向南纵贯全境,地势北高南低,北部海拔最高达6010 m,南部最低仅1440 m,平均海拔在2000~5500 m之间。因海拔高低悬殊,且受高原气候和季风的影响,该地区旱、雨季分明,日照充足,呈典型立体气候,野生动植物资源十分丰富。先前对该县古茶树的资源普查发现,树龄在

100年以上的古茶树约有14.7万株^[5],然而由于缺乏系统研究与保护,近些年部分古茶树资源面临日益减少甚至濒临灭绝的风险。

茶树农艺性状调查、鉴定和综合分析是研究茶树种质资源分类、进化和遗传多样性最基础的方法,对茶树重要种质资源保护、利用及优良品种选育具有重要意义。本研究通过对九龙县67份古茶树种质资源主要农艺性状的形态特征进行遗传多样性分析,旨在为该地区优异种质资源挖掘、保护和利用提供一定的理论依据和育种材料,同时为促进藏区茶产业高质量发展起积极推动作用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2022年9月至2023年4月,在当地政府部门的带领下,杭州市农业科学研究院茶叶研究所茶树育种栽培团队联合浙江省茶叶集团股份有限公司部分工作人员对九龙县古茶树种质资源进行调查和收集。调查范围主要集中在古茶树资源集中分布的魁多镇、烟袋镇及子耳乡,共计16处67份古茶树资源,基本信息见表1。

表1 67份九龙县古茶树种质资源居群信息

Table 1 Information of 67 populations of ancient tea tree resources in Jiulong

序号 Code	采样点 Sampling site	海拔(m) Altitude	采样数量 Sampling number	树龄 Tree age	资源编号 Resource number
1	魁多镇中海底村	2812.8	1	百年以上	1
2	魁多镇里伍村大茶树	2379.7	1	百年以上	2
3	魁多镇里伍村大茶树群	2407.1	10	百年以上	3~12
4	魁多镇里伍村里伍组大茶树	2163.5	1	百年以上	13
5	魁多镇里伍村10月茶树群体	2206.8	10	百年以上	14~23
6	魁多镇里伍铜矿	2379.7	5	百年以上	24~28
7	魁多镇里伍铜矿峡湾(托尼组)	2637.7	2	百年以上	29~30
8	魁多镇江郎村	2324.3	7	百年以上	31~37
9	魁多镇里伍村上申古组	2162.4	7	百年以上	38~44
10	魁多镇里伍村下申古组	1896.7	4	百年以上	45~48
11	魁多镇里伍村大槽组	1947.9	1	百年以上	49
12	魁多镇镇政府门前	2202.6	1	百年以上	50
13	魁多镇魁多村	2274.2	4	百年以上	51~54
14	魁多镇里伍村先林组	2176.8	4	百年以上	55~58
15	烟袋镇桤木林村中心组	1969.9	8	百年以上	59~66
16	子耳乡杜公村	2187.9	1	百年以上	67

1.2 试验方法

根据《茶树种质资源描述规范和数据标准》^[6]和《农作物种质资源鉴定技术规程 茶树》^[7],对当地67份古茶树种质资源的形态特征进行调查、描述和测量。其中包括树型、树姿、叶形、叶色等21个质量性状和成熟叶叶长、叶宽、叶面积、花冠大小、种子大小等12个数量性状。质量性状采用原生境就地重复观察5次,以多数为准(例:叶色,取5片叶子观察,3片以上为绿色,则记录该古茶树叶色为绿色),质量性状标准分级赋值如表2所示;数量性状利用测量尺及人工计数重复测量10次后取平均值。

表2 质量性状指标及其标准

Table 2 Qualitative traits and assignment criterion

编号 No.	性状 Traits	记录标准 Criterion for documenting
1	树型 TT	灌木型=1,小乔木型=3,乔木型=5
2	树姿 GH	直立=1,半开张=3,开张=5
3	叶色 LC	黄绿色=1,淡绿色=2,绿色=3,深绿色=4
4	叶面隆起性 LUS	平=1,微隆起=2,隆起=3
5	叶形 LS	近圆形=1,卵圆形=2,椭圆形=3,长椭圆形=4,披针形=5
6	叶身形态 LCS	平=1,稍内折=2,内折=3,稍背卷=4
7	叶片质地 LT	柔软=1,中=2,硬=3
8	叶齿密度 DLT	疏=1,中=2,密=3
9	叶齿深度 LTD	浅=1,中=2,深=3
10	叶齿锐度 LTS	锐=1,中=2,钝=3
11	叶基形态 LBS	楔形=1,近圆形=2
12	叶尖形态 LTS	急尖=1,渐尖=2,钝尖=3,圆尖=4
13	叶缘形态 LMS	平=1,微波=2,波=3
14	花瓣颜色 PC	白=1,淡绿=2,淡红=3
15	花瓣质地 PT	薄=1,中=2,厚=3
16	子房茸毛 OP	无=1,有=2
17	柱头裂位 SPS	低=1,中=2,高=3
18	雌雄蕊相对高度 RHGA	雌蕊低=1,雌雄蕊等高=2,雌蕊高=3
19	果实形状 FS	球形=1,肾形=2,三角形=3,四方形=4,梅花形=5
20	种子形状 SS	球形=1,半球=2,锥形=3,肾形=4,不规则=5
21	种皮颜色 SCC	棕色=1,棕褐色=2,褐色=3

TT: Tree type; GH: Growth habit; LC: Leaf color; LUS: Leaf upper surface; LS: Leaf shape; LCS: Leaf cross section; LT: Leaf texture; DLT: Density of leaf tooth; LTD: Leaf tooth depth; LTS: Leaf tooth sharpness; LBS: Leaf base shape; LTS: Leaf tip shape; LMS: Leaf margin shape; PC: Petal color; PT: Petal texture; OP: Ovary pubescence; SPS: Splitting position of style; RHGA: Relative height between gynoecium and androecium; FS: Fruit shape; SS: Seed shape; SCC: Seed coat color; The same as below

叶片选取树体中部有代表性且叶形完整的成熟叶叶片,叶片大小参照刘声传等^[8]定义:小叶(叶面积 $<20.0\text{ cm}^2$),中叶($20.0\text{ cm}^2\leq\text{叶面积}<40.0\text{ cm}^2$),大叶($40.0\text{ cm}^2\leq\text{叶面积}<60.0\text{ cm}^2$),叶面积(cm^2)=叶长 \times 叶宽 $\times 0.7$ (系数)。在盛花期选择树体枝条中上部完全开放花冠的新鲜花朵作为调查对象,果实选择树体中下部鲜果饱满且大小均匀的果实作为调查对象。此外,由于不同种质资源在开花时间、结果率上差异较大,导致其中16份材料的花和果实未收集到,因此进行成熟叶叶片相关性状统计分析的材料为67份,而花与果实相关性状的统计分析材料为51份。

九龙县气象数据从<https://www.tianqi24.com>网站获得,选取年平均温度、年极端最高气温和最低气温作为气象因子指标。魁多镇气象数据中的温度、降雨量等数据由当地镇政府提供。

1.3 数据处理

利用 Excel 2019 对全部农艺性状的数据进行统计处理,应用 SPSS 18 软件对数量性状进行最大值、最小值、平均值、标准差、变异系数等基本统计分析、主成分分析,对质量性状进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 九龙古茶树种质资源农艺性状表型变异统计分析

此次调查的古茶树种质资源树型均为灌木型(频率分布为100%),平均叶长为9.5 cm,叶宽为3.8 cm,叶面积为25.8 cm²。其中18份茶树资源的叶面积小于20 cm²,45份资源的叶面积介于20~40 cm²之间,仅4份资源的叶面积大于40 cm²,整体表现为中小叶种。67份资源中最高的位于海拔2812.8 m的魁多镇中海底村,最低处位于海拔1896.7 m的魁多镇里伍村下申古组,二者海拔高度相差近1000 m。成熟叶叶片、花、果实和种子等农艺性状变异丰富,展现出较高的遗传多样性(图1,表3)。

质量性状的分布频率(表3)显示,叶形包含卵圆形(10.45%)、椭圆形(29.85%)、长椭圆形(43.28%)和披针形(16.42%)。叶色为黄绿色(7.46%)、淡绿色(2.99%)、绿色(67.16%)和深绿色(22.39%)。叶面隆起性由平(35.82%)、微隆起(46.27%)、隆起(17.91%)构成。花瓣颜色为白色(96.08%)和淡红色(3.92%)。果实形状为球形(39.22%)、肾形(21.57%)、三角形(33.33%)、四方形(3.92%)和梅花形(1.96%)。其他性状的统计分析



A: 典型灌木型古茶树形态特征; B: 较大茎粗的古茶树; C: 古茶树侧枝分枝; D: 古茶树叶片特征;

E: 古茶树花的形态; F: 古茶树的果实形状; G: 古茶树种子形状; Bars=2 cm

A: Morphological characteristics of typical shrubby ancient tea trees; B: Ancient tea trees with larger stem thickness;
C: Branching of ancient tea trees; D: Leaf morphology of ancient tea trees; E: Flower morphology of ancient tea trees;

F: Fruit shape of ancient tea trees; G: Seed shape of ancient tea trees; Bars=2 cm

图1 九龙古茶树种质资源部分农艺性状形态特征

Fig. 1 Morphological characteristics of part agronomic traits of Jiulong ancient tea germplasm resources

表3 质量性状的遗传多样性指数

Table 3 Diversity index of qualitative traits

性状 Traits	频率分布(%) Distribution frequency					遗传多样性指数 H'
	1	2	3	4	5	
树型 TT	100.00	—	0	—	0	0
树姿 GH	0	—	100.00	—	0	0
叶形 LS	0	10.45	29.85	43.28	16.42	1.26
叶色 LC	7.46	2.99	67.16	22.39	—	0.90
叶面隆起性 LUS	35.82	46.27	17.91	—	—	1.03
叶身形态 LCS	49.25	37.31	11.94	1.49	—	1.03
叶片质地 LT	0	44.78	55.22	—	—	0.69
叶齿密度 DLT	38.81	38.81	22.39	—	—	1.07
叶齿深度 LTD	52.24	47.76	0	—	—	0.35
叶齿锐度 LTS	14.93	52.24	32.84	—	—	0.99

表 3 (续)

性状 Traits	频率分布(%) Distribution frequency					遗传多样性指数 H'
	1	2	3	4	5	
叶基形态 LBS	83.58	16.42	—	—	—	0.45
叶尖形态 LTS	17.91	50.75	20.90	10.45	—	1.22
叶缘形态 LMS	46.27	49.25	4.48	—	—	0.84
花瓣颜色 PC	96.08	0	3.92	—	—	0.17
花瓣质地 PT	9.80	62.75	27.45	—	—	0.86
子房茸毛 OP	5.88	94.12	—	—	—	0.22
柱头裂位 SPS	74.51	15.69	9.80	—	—	0.74
雌雄蕊相对高度 RHGA	66.67	27.45	5.88	—	—	0.79
果实形状 FS	39.22	21.57	33.33	3.92	1.96	1.27
种子形状 SS	62.75	5.88	15.69	0	15.69	1.04
种皮颜色 SCC	74.51	9.80	15.69	—	—	0.74

— 表示未对该质量性状对应的类型赋值

— represent that the qualitative trait has not been assigned a value

结果具体见表 3。除树型和树姿外,其他农艺性状的遗传多样性指数范围为 0.17~1.27,平均 0.82,其中果实形状遗传多样性指数最高,为 1.27,叶形次之,为 1.26,两者均存在较高的遗传变异;花瓣颜色的遗传多样性指数最低,为 0.17,说明该性状受到较高的遗传控制。

12 个数量性状的变异程度存在明显差异(表 4),

平均变异系数为 15.27%。其中叶面积的变异系数最大,为 29.94%,其次为果实大小,变异系数为 22.52%,表明叶面积与果实大小在该群体中的变异幅度较大,遗传多样性较丰富;萼片数的变异系数最小,仅为 1.38%,其次为花柱开裂数,变异系数为 10.95%,表明这两个性状受选择较少,表型遗传多样性较低。

表 4 数量性状的统计分析

Table 4 Statistical analysis of quantitative traits

性状 Traits	最小值 Min.	最大值 Max.	均值 Mean	标准差 SD	变异系数(%) CV	峰度 Kurtosis	偏度 Skewness
叶长(cm)LL	5.80	14.30	9.45	1.64	17.32	0.58	0.54
叶宽(cm)LW	2.80	5.30	3.84	0.60	15.72	-0.52	0.48
叶面积(cm ²)LA	12.74	50.05	25.81	7.73	29.94	0.67	0.88
长宽比 LWR	1.72	3.69	2.48	0.38	15.16	0.62	0.42
叶脉对数 LVL	4.60	10.00	7.11	1.07	15.09	-0.04	0.27
萼片数 NS	4.70	5.20	4.98	0.07	1.38	7.51	-2.08
花冠大小(cm)CD	3.70	6.00	4.81	0.57	11.75	-0.44	0.25
花瓣数 NP	5.00	8.00	6.60	0.76	11.51	-0.15	-0.18
花柱长度(cm)SL	1.10	1.80	1.35	0.18	13.20	-0.07	0.73
花柱开裂数 NSP	2.90	4.00	3.20	0.35	10.95	0.51	1.41
果实大小(cm)FZ	1.60	3.90	2.51	0.56	22.52	-0.62	0.10
种子大小(cm)SZ	0.70	1.80	1.30	0.24	18.69	-0.31	-0.10

LL: Leaf length; LW: Leaf width; LA: Leaf area; LWR: length-width ratio; LVL: Leaf vein logarithm; NS: number of sepal; CD: Corolla diameter; NP: Number of petal; SL: Style length; NSP: Number of style splitting; FZ: Fruit size; SZ: Seed size; The same as below

2.2 筛选出的优异资源

气象数据显示九龙县2022年最低气温-15℃,最高温度33℃,平均温度为9.5℃。古茶树集中分布的魁多镇冬季(2022年12月至2023年1月)海拔2400 m以下最低温度5℃,最高温度20℃;海拔在2400 m以上的茶园则常有冰雪覆盖。此外,魁多镇2022年10月26日至2023年6月13日期间,仅2023年4月23日在小部分地区有8 mm降水,导致部分无人管理的古

茶树有超过半年时间处于干旱状态。从表5可知,此次调查编号为1、3~12、29、30的古茶树均位于海拔2400 m以上,叶色多数为绿色,叶形以长椭圆为主,叶长平均9.7 cm,叶宽平均4.2 cm,且长势良好,展现出较好的抗寒性和抗旱性。编号33、45的古茶树叶色为绿色,叶正面隆起,花瓣颜色为淡红色,可用于观赏茶园资源。编号41号的古茶树果实为梅花型,籽粒大且结果率高可作为高产茶叶籽的优异资源。

表5 筛选获得的优异资源

Table 5 Excellent landraces obtained by screening

类型 Type	资源编号 Resource number	海拔 (m) Altitude	花瓣 颜色 PC	果实 形状 FS	叶长 (cm) LL	叶宽 (cm) LW	叶面积 (cm ²) LA	花冠大小 (cm) CD	果实大小 (cm) FZ	种子大小 (cm) SZ
高海拔抗寒资源 High altitude and cold	1	2812.8	—	—	10.60	3.70	27.45	—	—	—
Resistant resources	3	2407.1	白	四方	14.30	5.00	50.05	5.80	3.00	1.50
	4	2407.1	白	四方	9.50	5.10	33.92	5.50	3.10	1.20
	5	2407.1	白	三角	10.60	4.00	29.68	5.00	2.60	1.10
	6	2407.1	白	三角	8.80	4.30	26.49	5.10	2.60	1.00
	7	2407.1	白	三角	7.70	4.20	22.64	5.60	2.80	1.10
	8	2407.1	白	三角	10.30	4.60	33.17	4.70	2.80	1.00
	9	2407.1	白	三角	10.40	4.60	33.49	5.30	2.90	0.90
	10	2407.1	白	球形	8.60	3.80	22.88	5.50	2.20	1.30
	11	2407.1	白	肾形	10.60	4.40	32.65	5.20	2.20	1.10
	12	2407.1	白	肾形	8.70	4.60	28.01	5.20	2.00	1.00
	29	2637.7	白	球形	7.90	3.00	16.59	4.80	1.70	1.20
	30	2637.7	白	球形	8.60	3.80	22.88	4.60	1.80	1.40
观赏茶园资源 Ornamental tea garden resources	33	2324.3	淡红	球形	11.40	4.60	36.71	4.80	2.30	1.50
	45	1896.7	淡红	球形	11.70	4.80	39.31	4.40	2.50	1.20
高产茶叶籽资源 High yield tea seed resources	41	2162.4	白	梅花	8.60	3.80	22.88	5.00	3.90	1.60

— 表示该性状值缺失

— represent that the trait value is missing

2.3 九龙古茶树种质资源农艺性状主成分分析

除树型和树姿外,对67份九龙古茶树资源的其余31个主要农艺性状进行主成分分析(表6)。31个农艺性状前11个主成分累计贡献率达到76.49%,包含了原始因子的大部分信息。第1主成分贡献率为15.83%,对应特征向量中贡献最大的是叶宽,其次是叶面积和叶长,说明该主成分是叶片大小性状的相关因子;第2主成分贡献率是13.43%,对应特

征向量中贡献最大的是叶长,其次是长宽比和柱头裂位;第3主成分贡献率是7.84%,对应特征向量中贡献最大的是叶色,其次是子房茸毛和花柱开裂数;第4主成分贡献率是7.14%,对应特征向量中贡献最大的是花瓣颜色,其次是叶片质地和果实形状。其余主成分贡献率均低于7%。综上所述,叶宽、叶长、叶色和花瓣颜色等性状是九龙古茶树种质资源农艺性状表现出差异的主要因素。

表 6 农艺性状的主成分分析

Table 6 Principal component analysis of agronomic traits

性状 Traits	主成分 Principal content										
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11
叶色 LC	-0.128	0.048	0.579	0.217	0.067	-0.353	-0.023	0.059	0.207	0.193	0.307
叶面隆起性 LUS	0.108	0.546	0.148	-0.132	0.244	0.130	0.129	-0.150	-0.305	-0.244	0.111
叶形 LSP	-0.247	0.587	-0.413	0.058	0.105	-0.140	-0.139	0.094	0.255	0.194	-0.222
叶身形态 LCS	-0.265	0.007	-0.424	0.222	-0.152	0.051	-0.002	0.373	-0.216	-0.258	0.246
叶片质地 LT	-0.045	0.212	-0.026	-0.548	0.085	0.263	0.231	-0.096	0.513	0.193	-0.003
叶齿锐度 LTS	-0.464	0.418	0.141	-0.049	0.069	0.105	0.249	0.044	0.303	-0.366	-0.053
叶齿密度 DLT	-0.599	0.220	0.287	0.098	0.067	-0.092	-0.056	0.200	-0.289	0.298	-0.112
叶齿深度 LTD	0.570	-0.354	-0.351	0.233	0.025	0.232	-0.234	0.043	0.134	-0.152	0.071
叶基形态 LBS	0.223	-0.338	-0.049	-0.148	0.370	-0.004	0.411	-0.270	0.133	-0.042	0.264
叶尖形态 LTS	0.584	-0.499	0.021	0.222	0.025	-0.210	0.154	-0.067	0.030	0.002	0.006
叶缘形态 LMS	-0.428	0.117	-0.156	0.426	-0.012	0.018	-0.296	-0.311	-0.037	0.032	0.449
花瓣颜色 PC	0.145	0.358	0.251	-0.661	-0.061	0.042	-0.228	0.111	-0.243	-0.200	0.143
花瓣质地 PT	0.020	0.001	-0.388	0.121	0.409	0.394	0.398	0.402	-0.041	0.127	-0.169
子房茸毛 OP	0.060	0.107	0.466	0.226	-0.196	-0.048	0.086	0.535	0.332	-0.134	0.128
柱头裂位 SPS	0.275	0.670	-0.045	0.128	-0.060	-0.076	0.089	-0.148	-0.152	-0.126	-0.092
雌雄蕊相对高度 RHGA	0.035	0.457	-0.050	0.190	-0.318	0.410	0.274	0.056	-0.078	0.208	0.403
果实形状 FS	0.534	-0.057	0.371	0.488	0.205	-0.106	0.125	-0.091	0.021	0.015	-0.022
种子形状 SS	0.148	-0.002	-0.027	0.381	0.127	0.630	-0.219	0.013	0.034	-0.317	-0.072
种皮颜色 SCC	0.033	-0.081	0.416	-0.238	0.022	0.484	-0.374	0.218	0.104	0.182	0.215
叶长 LL	0.570	0.729	-0.141	0.056	0.112	-0.146	-0.158	0.069	-0.041	0.089	-0.011
叶宽 LW	0.881	0.098	0.021	-0.151	0.019	0.058	0.081	0.049	-0.236	0.215	0.036
叶面积 LA	0.794	0.487	-0.061	-0.053	0.061	-0.059	-0.055	0.080	-0.152	0.162	-0.015
长宽比 LWR	-0.334	0.695	-0.213	0.227	0.111	-0.247	-0.300	-0.029	0.209	-0.111	-0.081
叶脉对数 LVL	0.348	0.551	-0.332	-0.082	0.171	-0.227	0.174	0.068	0.232	-0.033	0.374
萼片数 NS	-0.197	-0.204	-0.058	0.275	0.705	-0.030	-0.075	0.305	-0.080	0.248	0.061
花冠大小 CD	0.427	-0.106	-0.103	0.080	-0.495	-0.240	0.301	0.333	0.103	-0.117	-0.074
花瓣数 NP	-0.581	-0.068	-0.267	0.103	-0.086	-0.081	0.441	-0.172	-0.205	0.048	0.147
花柱长度 SL	-0.033	0.243	0.144	0.308	-0.585	0.162	0.160	-0.008	-0.074	0.198	-0.121
花柱开裂数 NSP	-0.212	0.099	0.442	-0.037	0.370	-0.185	0.246	0.224	-0.242	-0.312	-0.020
果实大小 FZ	0.455	0.222	0.393	0.417	0.117	0.128	-0.018	-0.281	0.136	-0.087	-0.130
种子大小 SZ	-0.295	0.447	0.296	0.177	0.027	0.338	0.304	-0.198	-0.015	0.118	-0.155
特征值 Eigenvalue	4.907	4.164	2.430	2.212	1.926	1.723	1.617	1.362	1.256	1.083	1.032
贡献率(%) Contribution	15.83	13.43	7.84	7.14	6.21	5.56	5.22	4.39	4.05	3.49	3.33
累计贡献率(%) Cumulative contribution	15.83	29.26	37.10	44.24	50.45	56.01	61.23	65.62	69.67	73.17	76.49

2.4 九龙古茶树农艺性状聚类分析

67份资源中有16份资源缺失花、果实的农艺性状,因此依据21个质量性状对51份九龙古茶树种质资源聚类分析,在欧式距离为16.9时,可将其划分为4个类群(图2)。第I类群包括编号3~12、24~26、28~32、34~40、43、46~48、51~54、56~58、60~62和64~66共计40份种质资源,叶形以长椭圆形和椭圆形为主,叶面积 $16.6\sim 50.1\text{ cm}^2$,主要分布在魁多镇里伍村、江郎村及烟袋镇桤木林村;第II类群包括编号为27、39、41、42、44和53共计6份资源,主要特征为叶正面隆起、花瓣质地较厚、叶面积 $20.5\sim 41.3\text{ cm}^2$,主要分布在魁多镇里伍村上申古组和魁多镇魁多村;第III类群包括编号55、59和63共计3份种质,主要特征表现为叶正面稍隆起、叶缘形态为微波,叶面积 $18.9\sim 33.4\text{ cm}^2$,子房茸毛为无,表现为凸房,主要分布烟袋镇桤木林村和魁多镇里伍村先林组;第IV类群包括编号33和45号资源,主

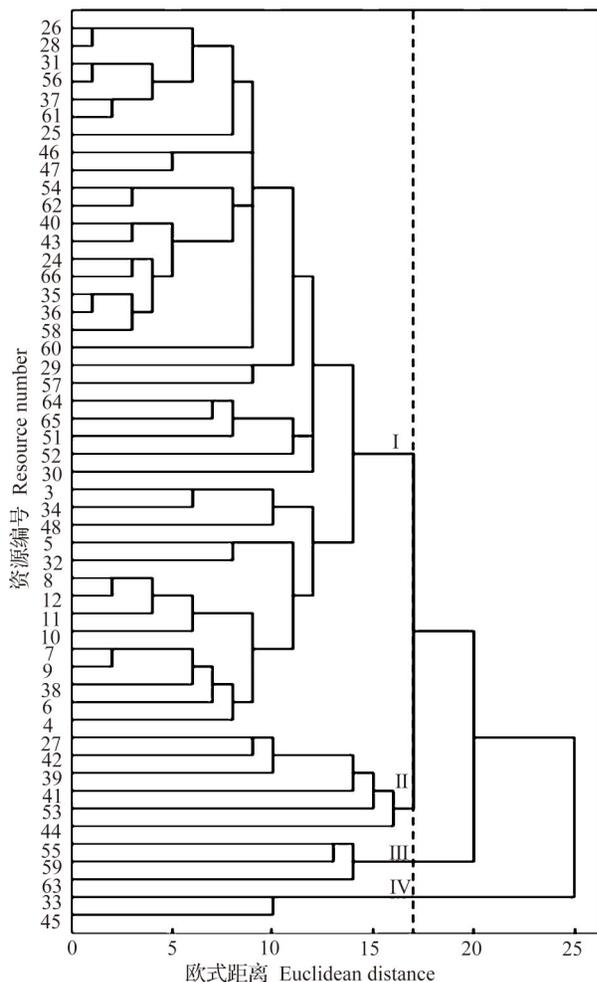


图2 九龙古茶树种质资源聚类分析

Fig. 2 Cluster analysis of germplasm resources of ancient tea in Jiulong

要特征表现为叶正面隆起、花瓣颜色为淡红色、叶面积 $36.7\sim 39.3\text{ cm}^2$,主要分布在魁多镇里伍村下申古组和魁多镇江郎村。综上所述,按照质量性状遗传多样性对九龙古茶树种质资源进行聚类分析,结果并未严格按照海拔高度及地域分布进行聚类,而是以农艺性状聚类为主。此外,魁多镇的古茶树种质资源在4个类群中均有分布,且古茶树保留面积最大,遗传多样性丰富,具有较大的育种应用价值。

3 讨论

鉴于古茶树种质资源的生态稀缺性、特异性及其在茶产业地位中逐步占据一定地位,古茶树种质资源的研究越来越受到广泛关注。开展古茶树种质资源研究,一方面为培育茶树优良新品种提供材料,另一方面其丰富的遗传多样性对构建核心种质库(圃)及稀缺资源保护具有重要价值^[9-10]。本研究通过对67份九龙古茶树种质资源的21个质量农艺性状和12个数量农艺性状的调查分析,发现该地区古茶树种质资源农艺性状变异丰富,数量性状变异系数范围为 $1.38\%\sim 29.94\%$,平均变异系数是 15.27% ;质量性状的遗传多样性指数范围为 $0.17\sim 1.27$,平均 0.82 ,具有较强的遗传多样性,可为今后高原地区优良茶树新品种选育、推广和利用提供丰富的种质资源。

种质资源多样性研究对于茶树起源和演化具有重要的参考价值。我国野生古茶树种质资源主要集中在云南、贵州和四川等茶树起源中心,已有的研究表明这些古茶树资源树型多以乔木、小乔木为主,鲜有灌木^[1,11-16]。此次调查的九龙古茶树种质资源树型为灌木型,叶面积平均为 25.8 cm^2 ,整体表现为中小叶种。胡灿^[4]对四川主要野生大茶树的种质资源形态多样性进行研究,发现雷波、大邑、古蔺和叙永等西南地区的野生大茶树树型以灌木为主,而崇州、荃经则多为乔木。从地理位置上,九龙县位于四川省西部,毗邻云南省西北部,已有的研究显示云南古茶树种质资源树姿和叶形主要以乔木、大叶型为主。此外,九龙县制茶历史悠久,历史上的茶马古道曾经穿过这里,目前仍为连接甘孜藏族自治州与四川西南地区间的重要通道^[17]。因此,推测九龙古茶树种质资源可能是从四川西南地区经茶马古道引种后种植到此。

古茶树种质资源是重要的茶树基因资源库,其经过百年以上的自然生长,慢慢适应了当地特定的自然环境,同时保持一定的动态进化,形成了某些

特定的优异性状^[18]。目前已知的古茶树种质资源主要集中分布在海拔400~2500 m^[3, 4, 12, 15, 19], 鲜有超过2800 m, 本研究中的九龙古茶树种质资源呈梯状分布于海拔1896.7~2812.8 m的高原上。其中, 古茶树种质资源分布最为集中的魁多镇冬季干旱少雨, 甚至有长达半年以上的旱季, 海拔2400 m以上的茶园冬季经常冰雪覆盖, 并伴随极端低温天气。然而生长在这里的古茶树种质资源长势良好, 枝繁叶茂, 展现出较强的抗旱性和抗寒性, 是茶树遗传育种研究的优异资源, 具有潜在的应用价值。

参考文献

- [1] 尚卫琼, 杨勇, 段志芬, 杨毅坚, 李友勇, 孙承冕, 郭顺云, 刘本英. 云南省景洪市古茶树资源农艺性状多样性分析. 山东农业科学, 2015, 47(11):23-26
Shang W Q, Yang Y, Duan Z F, Yang Y J, Li Y Y, Sun C M, Guo S Y, Liu B Y. Diversity analysis on agronomic traits of ancient tea trees in Jinghong city of Yunnan province. Shandong Agricultural Sciences, 2015, 47(11):23-26
- [2] 虞富莲. 中国古茶树. 昆明: 云南科技出版社, 2016: 311-322
Yu F L. The Chinese ancient tea trees. Kunming: Yunnan Science and Technology Publishing Press, 2016: 311-322
- [3] 钟渭基. 四川野生大茶树与茶树原产地问题. 四川农业科技, 1980 (2): 32-36
Zhong W J. The problem of wild tea trees and the origin of tea trees in Sichuan. Sichuan Agriculture Science and Technology, 1980 (2): 32-36
- [4] 胡灿. 四川主要野生大茶树种质资源形态多样性及遗传多样性的初步研究. 成都: 四川农业大学, 2019
Hu C. Preliminary study on species diversity and genetic diversity of the main wild tea tree population in Sichuan. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2019
- [5] 付涛. 九龙县完善古茶树保护体系. 甘孜日报. (2023-03-01) [2023-09-13]. http://paper.kbcmw.com/pc/202303/01/content_60117.html
Fu T. Improves the protection system of ancient tea trees of Jiulong county. Ganzi Daily. (2023-03-01) [2023-09-13]. http://paper.kbcmw.com/pc/202303/01/content_60117.html
- [6] 陈亮, 杨亚军, 虞富莲. 茶树种质资源描述规范和数据标准. 北京: 中国农业出版社, 2005
Chen L, Yang Y J, Yu F L. Descriptors and data standard for tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Ktze). Beijing: China Agriculture Press, 2005
- [7] 陈亮, 虞富莲, 杨亚军, 姚明哲, 王新超, 赵丽萍, 王平盛, 许玫, 钱永忠. NY/T312-2007 农作物种质资源鉴定技术规程 (茶树). 北京: 农业标准出版研究中心, 2007
Chen L, Yu F L, Yang Y J, Yao M Z, Wang X C, Zhao L P, Wang P S, Xu M, Qian Y Z. NY/T312-2007 technical code for evaluating crop germplasm tea plant (*Camellia sinensis*). Beijing: Agricultural Standard Publishing Research Center, 2007
- [8] 刘声传, 曹雨, 鄢东海, 魏杰, 赵华富, 段学艺. 贵州野生茶树资源地理分布和形态特征与气候要素的关系. 茶叶科学, 2013, 33(6): 517-525
Liu S C, Cao Y, Yan D H, Wei J, Zhao H F, Duan X Y. Geographical distribution and morphology of wild tea germplasm resources in Guizhou and its relationship with climatic factors. Journal of Tea Science, 2013, 33 (6) : 517-525
- [9] 陶萍, 宋焱, 张晴晖, 李俊菽, 戴杨, 蓝增全. 云南普洱茶种古茶树资源表型性状数据分析研究. 西部林业科学, 2020, 49(6): 144-151
Tao P, Song Y, Zhang Q H, Li J Q, Dai Y, Lan Z Q. Data analysis of phenotypic characteristics of ancient tea resources of Yunnan Pu'er tea species. Journal of West China Forestry Science, 2020, 49 (6) : 144-151
- [10] 陈涛林, 郑丹琳, 王熙富, 陈美丽, 葛智文, 廖寅平, 杨绍意, 杨雪梅, 李稳, 梁浩, 张征, 罗军武, 冉立群. 柳州九万山古茶树资源形态多样性及相关性研究. 分子植物育种, 2019, 17(16): 5488-5503
Chen T L, Zheng D L, Wang X F, Chen M L, Ge Z W, Liao Y P, Yang S Y, Yang X M, Li W, Liang H, Zhang Z, Luo J W, Ran L Q. Study on the morphological diversity and correlation of ancient tea tree resources in Jiuzhou mountain of Liuzhou. Molecular Plant Breeding, 2019, 17 (16) : 5488-5503
- [11] 蒋会兵, 宋维希, 矣兵, 李友勇, 马玲, 陈林波, 田易萍, 段志芬, 刘本英, 梁名志. 云南茶树种质资源的表型遗传多样性. 作物学报, 2013, 39(11): 2000-2008
Jing H B, Song W X, Yi B, Li Y Y, Ma L, Chen L B, Tian Y P, Duan Z F, Liu B Y, Liang M Z. Genetic diversity of tea germplasm resources in Yunnan province based on phenotypic characteristics. Acta Agronomica Sinica, 2013, 39(11): 2000-2008
- [12] 蒋会兵, 唐一春, 陈林波, 王平盛, 蔡新, 虞富莲, 杨柳霞, 王兴华, 李崇兴, 江鸿键, 王本忠, 段学良, 李静, 何月波, 王东, 李少峰, 卜保国. 云南省古茶树资源调查与分析. 植物遗传资源学报, 2020, 21(2): 296-307
Jiang H B, Tang Y C, Chen L B, Wang P S, Cai X, Yu F L, Yang L X, Wang X H, Li C X, Jiang H J, Wang B H, Duan X L, Li J, He Y B, Wang D, Li S F, Bu B G. Survey and analysis of ancient tea plant resources in Yunnan province, China. Journal of Plant Genetic Resources, 2020, 21 (2) : 296-307
- [13] 张俊, 王平盛, 陈红伟, 矣兵. 云南双江勐库野生古茶树群落. 茶叶, 2003, 29(4): 220-221
Zhang J, Wang P S, Chen H W, Yi B. Wild ancient tea tree community in Mengku, Shuangjiang, Yunnan. Journal of Tea, 2003, 29(4): 220-221
- [14] 刘福桥, 李强, 戎玉廷, 王丽莺, 徐礼弄, 虞富莲, 段红睿, 成浩. 云南双江县古茶树种质资源的表型多样性. 中国茶

- 叶, 2017, 39(4): 22-25
Liu F Q, Li Q, Rong Y T, Wang L Y, Xu L N, Yu F L, Duan H R, Chen H. Phenotypic diversity of ancient tea tree germplasm resources in Shuangjiang county, Yunnan province. *China Tea*, 2017, 39(4):22-25
- [15] 田永辉, 梁远发, 鄢东海, 罗显扬, 周国兰. 贵州野生茶树资源的地理分布与生态型. *贵州科学*, 2008, 90(2): 97-99
Tian Y H, Liang Y F, Yan D H, Luo X Y, Zhou G L. Geographical distribution and ecotype of Guizhou wild tea tree resources. *Guizhou Science*, 2008, 90(2): 97-99
- [16] 温顺位, 徐代刚, 刘学, 陈学芝, 杨琴. 铜仁市古茶树和野生茶树资源调查与保护利用. *贵州农业科学*, 2014, 42(7): 145-149
Wen S W, Xu D G, Liu X, Chen X Z, Yang Q. Investigation, protection and utilization of ancient tea and wild tea resources in Tongren city. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2014, 42(7): 145-149
- [17] 李景华. 九龙天乡, 以茶之道待客来. *中国机关后勤*, 2021 (8):74-75
Li J H. Jiulong Tianxiang, welcoming guests with the way of tea. *Chinese Government General Services*, 2021 (8):74-75
- [18] 何露, 闵庆文, 袁正. 澜沧江中下游古茶树资源、价值及农业文化遗产特征. *资源科学*, 2011, 33(6): 1060-1065
He L, Min Q W, Yuan Z. Resources, value and agricultural heritage characteristics of the ancient tea plant in the middle and lower reaches of the Lancang River. *Resources Science*, 2011, 33(6): 1060-1065
- [19] 王守生, 湛方栋, 梁挺, 焦春慧, 张键, 刘勤晋. 重庆大茶树资源新考. *中国农学通报*, 2003 (1): 87-90
Wang S S, Zhan F D, Liang T, Jiao C H, Zhang J, Liu Q J. Re-Investigation of the resources of giant tea trees in Chongqing. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2003 (1): 87-90