DOI: 10.12398/j.issn.2096-7217.2026.01.017

海南大叶茶种质资源研究与鉴定评价

胡云彬[1, 2, 3, 4]，王星画[1]，苏凡[1, 2, 3*]

(1. 中国热带农业科学院香料饮料研究所，海南万宁，571533；2. 农业农村部香辛饮料作物遗传资源利用重点实验室，海南万宁，571533；3. 海南省热带香辛饮料作物遗传改良与品质调控重点实验室，海南万宁，571533；4. 云南农业大学热带作物学院，云南普洱，665000)

摘要：本研究以海南省7个地区60份海南大叶茶(*Camellia sinensis* var. *assamica*)种质为材料，系统调查了28个表型性状(包括19个质量性状和9个数量性状)，并采用多样性分析、相关性分析、主成分分析及K-means聚类等方法，全面评价其形态变异与遗传多样性。结果表明：海南大叶茶种质具有丰富的表型变异，9个数量性状多样性指数平均为4.13，19个质量性状平均为4.29，其中芽长、一芽两叶长和叶基等性状变异尤为突出。性状间存在复杂关联，叶长与叶脉对数、芽叶茸毛呈显著正相关，叶形与叶尖、叶齿密度与锐度呈负相关。主成分分析提取的前9个主成分累计方差贡献率达76.77%，分别表征叶片形态、树型结构、果实形状等关键性状组合。聚类分析将60份种质划分为5个表型类群，各类群特征差异明显，与生态适应性相关。本研究构建的表型数据库为海南大叶茶种质资源保护、品种选育及茶园机械化生产如修剪设备优化、输送带防损伤设计等提供了重要的形态学依据。

关键词：海南大叶茶；表型性状；多样性分析；相关性；主成分分析；聚类分析

中图分类号：S2；S571.1　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：2096-7217 (2026) 01-0158-09

胡云彬，王星画，苏凡. 海南大叶茶种质资源研究与鉴定评价[J]. 智能化农业装备学报(中英文)，2026，7(1)：158－166

HU Yunbin, WANG Xinghua, SU Fan. Research and evaluation of germplasm resources of *Camellia sinensis* var. *assamica* in Hainan [J]. Journal of Intelligent Agricultural Mechanization, 2026, 7(1): 158－166

0 引言

海南大叶茶(*Camellia sinensis* var. *assamica*)隶属山茶科山茶属[1-2]，因集中分布于五指山水满乡又称水满茶等[3]。其叶片大而薄、酚氨比高，适配高品质红茶加工[4-5]，但机械揉捻易破碎、发酵难标准化，推高了智能化设备改造成本；当前海南大叶茶种植面积达2.4 khm^2，但综合机械化率不足30%，人工成本占比超六成，制约产业发展。本研究通过解析其表型性状，可为低损伤智能采茶设备、精准发酵模块等研发提供形态学依据，助力产业智能化升级，支撑热带特色茶产业高效发展与国家饮料供给安全。

植物表型性状兼具变异性与稳定性，是开展种质资源研究的核心依据[6-9]。在茶树种质资源领域，形态多样性研究多聚焦于树体、芽叶、花果等性状[10-15]，其中芽叶性状因直接关联茶叶产量与加工适制性，更是茶树育种的核心关注目标。近年来，国内诸多学者将形态学表型性状分析手段应用于各类作物的多样性研究与综合评价[16-20]，在茶树种质资源研究中亦有广泛实践：吴学琴等[21]明确叶片表型在山茶分类中的价值；宁功伟等[22]解析古茶树表型与生化多样性；倪尔冬等[23]筛选出优质红茶种质；魏春梅等[24]分析49份茶树种质叶片表型遗传多样性，经主成分及聚类分析将其分为4类，明确叶长、叶面积等是表型变异主因；刘东娜等[25]探究峨眉山野生茶树农艺性状多样性，通过因子分析等揭示芽叶色泽、叶片大小等评价价值。国外学者同样运用形态学标记开展茶树研究，RAJKUMAR等[26]研究印度3地茶树种质，发现叶片大小性状可用于品种鉴定与产量表征；LO等[27]分析花形态与产量关联。但海南大叶茶的系统表型研究仍较匮乏，限制了其资源开发利用。

茶树种质资源是保障茶产业高质量发展的战略性资源，同时也是茶科技原始创新、茶树育种以及新产品开发的物质基础[28-29]。海南大叶茶多处于野生或半野

收稿日期：2025-06-07　　修回日期：2025-12-03

基金项目：海南省自然科学基金青年基金项目(323QN274)

第一作者：胡云彬，女，2003年生，云南昭通人；研究方向为海南大叶茶资源收集与鉴定。E-mail：2473136861@qq.com

*通信作者：苏凡，女，1992年生，海南定安人，硕士，助理研究员；研究方向为香料饮料植物资源收集与利用。E-mail：xyssufan@163.com

生状态，受人工选择的影响较小，遗传多样性丰富，在选育新品种、改良茶叶品质以及实现增产增效等方面发挥着关键作用。然而，长期以来针对海南境内大叶茶种质的表型研究缺乏全面系统性，严重阻碍了其种质资源的开发与利用。基于此，本研究旨在全面、系统地对海南大叶茶优质种质资源进行表型鉴定和系统评价。

1　材料与方法

1.1　材料来源

本研究将观测海南7个不同地区的60株海南大叶茶的表型特征并分析形态多样性，60份海南大叶茶种质资源具体来源及数量分析详见（表1）。所有种质资源现保存于中国热带农业科学院香料饮料研究所的省级茶树种质资源圃，该种质圃地处海南省万宁市南桥镇高龙村。

表 1　海南大叶茶种质的来源及数目

Tab. 1　Origin and number of *Camellia sinensis* var. *assamica* in Hainan germplasm resources

序号	来源地点	数目
1	万宁（WN）	7
2	白沙（XL）	3
3	白沙鹦哥岭（YGL）	22
4	陵水吊罗山（LS）	4
5	琼中黎母山（LMS）	5
6	五指山通什（WZS）	10
7	昌江（WL）	9

1.2　实验方法

依据NY/T 1312—2007《农作物种质资源鉴定技术规程 茶树》，采用随机取样法对60份海南大叶茶种质资源的芽、叶、果、种子等部位行进取样，并根据规程所述方法对茶树进行观察和测量，并记录在相应的数据采集表中。质量性状采用原生境就地重复观察3次，以多数为准；数量性状利用测量尺重复测量10次后取平均值。叶面积（cm^2）＝叶长×叶宽×0.7（系数）。由于不同种质资源在开花时间、结果率上差异较大，本研究仅统计其成熟叶片相关性状进行后续分析。

1.3　统计分析

依据《茶树种质资源描述规范和数据标准》[30]《农作物种质资源鉴定技术规程 茶树》[31]，描述的性状有树型、树姿、叶色、叶面、叶身、叶片大小、叶形、叶基、叶尖、叶缘、叶质、叶齿密度、叶齿深度、叶齿锐度、芽叶色泽、芽叶茸毛、果实形状、种子形状、种皮颜色共19个质量性状并分别予以赋值（表2）。

本研究利用Excel软件对各性状的数据进行统计处理，采用PAST软件计算Shannon-Weiner指数来判断形态多样性高低，计算公式：应用SPSS V. 26对所有质量性状数据和数量性状数据进行基本统计分析、主成分分析和聚类分析。聚类方法为K-means，距离系数选择欧式距离平方。

表 2　海南大叶茶种质资源质量性状赋值标准表

Table 2　Criteria for assigning quality traits of *Camellia sinensis* var. *assamica* in Hainan germplasm resources

性状	赋值					
	1	2	3	4	5	6
树型	灌木	小乔	乔木			
树姿	直立	半开	开张			
叶色	黄绿色	淡绿色	绿色	深绿色		
叶面	平整	微隆起	隆起			
叶身	内折	平整	稍背卷			
叶片大小	小叶	中叶	大叶	特大叶		
叶形	近圆形	卵圆形	椭圆形	长椭圆形	披针形	长椭圆状披形
叶基	楔形	近圆形				
叶尖	急尖	渐尖	钝尖	圆尖		
叶缘	平整	微波	波			
叶质	软	中	硬			
叶齿密度	疏	中	密			
叶齿深度	浅	中	深			
叶齿锐度	锐	中	钝			
芽叶色泽	玉白色	黄绿色	淡绿色	绿	紫绿色	
芽叶茸毛	无					
果实形状	三角形	肾形	球形	四方		
种子形状	球形	半球形	锥形	似肾形	不规则形	
种皮颜色	棕色	棕褐色	褐色			

2 结果与分析

2.1 海南大叶茶种质表型性状遗传多样性分析

对60份海南大叶茶资源的28个形态学性状进行变异系数与多样性分析(表3),结果表明其种质具有丰富遗传特征。9个数量性状的多样性指数介于3.95～4.28,均值为4.13,其中芽长多样性指数最高(4.28),一芽两叶长(4.2)和叶宽(4.17)次之,为相关性状选育提供了充足遗传基础。

19个质量性状的多样性指数分布在4.15～4.57,均值为4.29,叶基的多样性指数最高(4.57),遗传变异最为丰富。

表3 60份海南大叶茶种质资源28个形态性状的变异分析及遗传多样性分析

Table 3 Analysis of 28 morphological traits and genetic diversity in 60 germplasm accessions of *Camellia sinensis* var. *assamica* in Hainan

性状	最大值	最小值	平均值	标准差	变异系数/%	变异幅度	多样性指数H'	偏度	峰度
树型	2.00	1.00	1.80	0.40	22.41	1.00	4.34	−1.54	0.38
树姿	2.00	1.00	1.42	0.56	39.62	1.00	4.37	0.94	−0.11
叶色	3.00	1.00	3.05	0.22	7.21	2.00	4.25	4.24	16.49
叶面	3.00	1.00	1.90	0.57	30.18	2.00	4.31	−0.01	0.10
叶身	3.00	1.00	2.15	0.48	22.37	2.00	4.30	0.42	0.88
叶质	3.00	1.00	2.43	0.53	21.89	2.00	4.27	−0.07	−1.26
叶片大小	4.00	1.00	3.35	0.61	18.08	3.00	4.22	−0.34	−0.62
叶形	6.00	1.00	4.13	1.27	30.69	5.00	4.16	−0.16	−0.73
叶齿锐度	3.00	1.00	1.48	0.75	50.41	2.00	4.32	1.19	−0.12
叶齿密度	3.00	1.00	2.27	0.86	37.98	2.00	4.23	−0.55	−1.43
叶齿深度	3.00	1.00	1.45	0.72	49.87	2.00	4.33	1.29	0.19
叶基	2.00	1.00	1.02	0.13	12.70	1.00	4.57	7.75	60.00
叶尖	3.00	1.00	2.40	0.53	21.97	2.00	4.28	0.06	−1.23
叶缘	3.00	1.00	1.32	0.54	40.75	2.00	4.40	1.47	1.32
芽叶色泽	5.00	1.00	3.22	0.56	17.26	4.00	4.23	1.90	3.88
芽叶茸毛	5.00	1.00	2.27	1.12	49.32	4.00	4.20	0.95	0.46
果实形状	3.00	1.00	1.57	0.91	58.01	2.00	4.26	0.99	−1.06
种子形状	5.00	1.00	2.03	1.30	64.01	4.00	4.15	0.84	−0.95
种皮颜色	3.00	1.00	2.38	0.85	35.48	2.00	4.23	−0.84	−1.07
一芽两叶长	5.14	2.91	4.27	0.57	13.26	2.23	4.20	−0.64	−0.38
芽长	3.33	1.84	2.59	0.35	13.43	1.49	4.28	0.11	−0.92
百芽重	41	20.22	33.39	3.73	11.16	20.78	4.10	−1.32	2.71
叶长	19.17	10.88	14.72	1.98	13.47	8.29	4.12	0.33	−0.39
叶宽	8.01	3.89	5.64	0.76	13.51	4.12	4.17	0.48	1.21
叶面积	108.3	33.37	58.85	15.35	26.08	74.93	4.07	1.09	1.2
长宽比比值	61.53	2.53	32.03	17.46	54.52	59	3.95	0	−1.2
果实周长	11.59	7.17	9.58	0.95	9.87	4.42	4.14	−0.55	0.18
叶脉对数	13.2	7.9	10.15	1.34	13.24	5.3	4.13	0.01	−0.74

28个性状的变异程度存在明显差异,平均变异系数为28.53%。其中种子形状变异系数最大,为64.01%;果实形状次之,变异系数为58.01%。变异系数从大到小依次为:种子形状>果实形状>长宽比比值>叶齿锐度>叶齿深度>芽叶茸毛>叶缘>树姿>叶齿密度>种皮颜色>叶形>叶面>叶面积>树型>

叶身＞叶尖＞叶质＞叶片大小＞芽叶色泽＞叶宽＞叶长＞芽长＞一芽两叶长＞叶脉对数＞叶基＞百芽重＞果实周长＞叶色。

2.2　海南大叶茶资源表型性状相关性

用皮尔逊相关系数对 60 份海南大叶茶种质资源的 19 个质量性状形态性行分析(图 1)，表现出极显著正相关($P<0.001$)的性状有 9 对；呈极显著正相关($P<0.01$)的有 12 对性状；显著正相关($0.01<P<0.05$)的有 18 对性状。呈极显著负相关($P<0.001$)的有 8 对性状；呈极显著负相关($P<0.01$)的有 8 对性状，显著负相关($0.01<P<0.05$)的有 14 对性状。

叶片形态和茶树品质密切相关，从叶片大小来说，叶长同茶树的关联性强于叶宽，更能表现其特征点；叶长的往往叶脉对数越多、芽叶茸毛越多；芽叶茸毛和叶背茸毛极显著相关因为二者是同一部位的不同时期，但是成年叶的茸毛会不断掉落肯定比芽叶要少。极显著负相关中叶形越长叶尖越急、叶齿密度越密，叶齿就越锐。

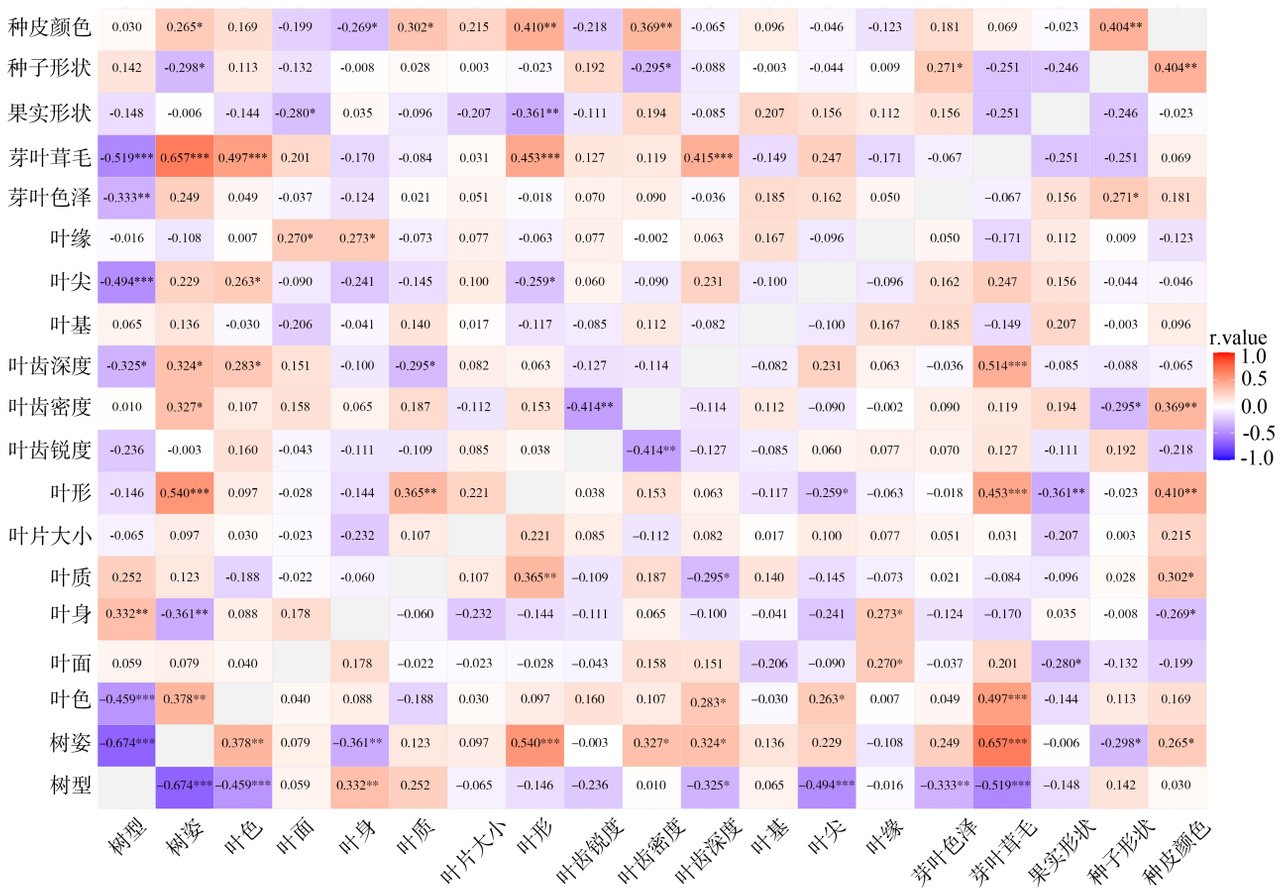


图 1　海南大叶茶种质资源的 19 个质量表型性状间相关性热点图

Figure 1　Heatmap of the correlation among 19 quality phenotypic traits of *Camellia Sinensis* var. *assamica* in Hainan germplasm resources

注：***代表极显著正相关($P<0.001$)；**代表极显著正相关($P<0.01$)；*代表显著正相关($0.01<P<0.05$)。－***代表极显著负相关($P<0.001$)；－**极显著负相关($P<0.01$)；－*代表显著负相关($0.01<P<0.05$)。

2.3　海南大叶茶种质资源表型性状的主成分分析

本研究采用 SPSS 26.0 对 60 份海南大叶茶种质的 28 个表型性状(19 个质量性状、9 个数量性状)进行主成分分析(表 4，图 2)。*KMO* 值(Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy) 0.502＞0.5、Bartlett 球形度检验 $P<0.05$，表明分析条件适宜；所有研究项共同度值均高于 0.4，说明主成分可有效提取性状信息。结果显示，前 9 个主成分累计方差解释率达 76.770%，各主成分的核心表征性状及相关性存在明显差异：第 1 主成分与长宽比比值、叶脉对数正相关，反映叶片形状特征；第 2 主成分与树姿正相关、与树型负相关；第 3 主成分与果实形状、叶基正相关，与叶形、芽长、芽叶茸毛负相关；第 4 主成分与一芽两叶长正相关、与叶齿密度负相关；第 5 主成分与叶面正相关，与种子形状、种皮颜色负相关；第 6 主成分与叶身、叶缘正相关，因子得分越高叶身越卷、叶缘波越多；第 7 主成分与叶齿深度正相关、与叶齿锐度负相关，聚焦叶齿特征；第 8 主成分各性状贡献率差异小且整体偏低；第 9 主成分与芽叶色泽正相关，因子得分越高芽叶色泽越深。

表4 海南大叶茶种质资源28个表型性状的主成分分析

Table 4 Principal component analysis of 28 phenotypic traits *Camellia sinensis* var. *assamica* in Hainan germplasm resources

名称	载荷系数									共同度(公因子方差)
	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4	主成分5	主成分6	主成分7	主成分8	主成分9	
叶质	0.686	0.062	0.138	−0.170	−0.053	−0.035	−0.377	0.135	−0.049	0.688
叶形	0.465	0.360	−0.452	−0.366	−0.069	0.030	−0.044	0.288	0.264	0.845
叶脉对数	0.767	−0.218	0.074	−0.282	−0.220	−0.026	−0.192	−0.087	−0.169	0.842
长宽比比值	0.829	−0.249	−0.128	−0.282	−0.079	0.007	−0.022	−0.085	−0.024	0.861
果实周长	0.477	0.106	0.314	−0.121	0.016	0.303	0.111	0.307	−0.368	0.686
叶长	0.645	0.561	0.205	0.179	0.029	0.166	0.006	−0.036	0.010	0.834
百芽重	0.610	−0.317	−0.217	0.243	0.234	−0.232	0.166	−0.038	0.182	0.749
芽长	0.603	−0.021	−0.440	0.367	0.246	−0.069	0.250	0.030	0.094	0.829
一芽两叶长	0.581	−0.294	−0.308	0.494	0.029	−0.101	0.121	−0.022	0.124	0.804
种皮颜色	0.525	0.279	0.087	−0.359	−0.445	0.027	0.322	−0.137	0.070	0.816
树型	0.434	−0.756	0.105	−0.150	0.146	0.096	0.015	−0.035	−0.180	0.858
树姿	0.049	0.844	−0.167	−0.164	0.064	−0.198	0.029	0.107	0.264	0.894
叶色	−0.357	0.513	−0.128	−0.333	−0.176	0.412	0.158	0.004	−0.029	0.745
叶尖	−0.406	0.409	0.031	0.213	−0.213	−0.222	−0.020	−0.250	−0.339	0.651
芽叶茸毛	−0.145	0.680	−0.473	−0.236	0.175	−0.017	0.001	0.095	0.009	0.803
叶面积	0.542	0.663	0.254	0.267	0.121	0.096	−0.158	−0.097	−0.092	0.936
叶宽	0.410	0.639	0.253	0.259	0.201	−0.002	−0.275	−0.128	−0.197	0.879
叶基	0.218	0.122	0.452	0.295	0.035	0.042	0.355	0.391	0.175	0.667
果实形状	−0.269	0.038	0.715	0.058	0.019	−0.305	0.115	0.157	0.068	0.725
叶齿密度	0.239	0.283	0.381	−0.493	0.333	−0.137	0.095	−0.131	0.204	0.723
叶面	0.027	0.077	−0.231	0.030	0.618	0.368	−0.228	−0.379	0.029	0.775
种子形状	0.182	−0.206	−0.065	0.085	−0.667	0.449	0.177	−0.327	0.105	0.883
叶身	−0.176	−0.387	0.160	−0.217	0.368	0.458	0.050	−0.012	0.179	0.634
叶缘	−0.082	−0.023	0.227	0.190	0.268	0.621	0.053	0.200	0.082	0.602
叶齿锐度	−0.277	0.034	−0.279	0.301	−0.344	0.246	−0.452	0.357	0.179	0.789
叶齿深度	−0.224	0.416	−0.293	0.057	0.219	0.094	0.442	−0.149	−0.321	0.689
叶片大小	0.266	0.191	−0.247	0.250	−0.190	0.122	0.107	0.261	−0.381	0.507
芽叶色泽	0.074	0.383	0.319	0.355	−0.305	0.127	−0.041	−0.347	0.416	0.783

2.4 海南大叶茶种质资源聚类分析

采用SPSS Statistics 26软件，基于欧式距离的K-means聚类算法对60份海南茶树资源的28个性状指标进行聚类分析，如图3所示，当距离系数为5时，60份资源可划分为5个类群：第Ⅰ类群共26份，包含白沙鹦哥岭YGL1-7、9-16、18、20-21，白沙XL1-3及万宁WN1-4，该类群多为小乔木、大叶种，叶缘以平状为主，叶尖常为钝尖；第Ⅱ类群仅2份，为万宁WN5、WN7，其叶片偏大，芽叶呈淡绿色，种皮为棕褐色且叶质中等；第Ⅲ类群仅有万宁WN-6这1份资源，其为半开张灌木；第Ⅳ类群同样有26份，涵盖昌江WL1-9、五指山WZS2-10、琼中黎母山LMS1-5与4LS-1，以及白沙鹦哥岭YGL17、19、20，该类群为小乔木，叶片呈绿色，叶身平状、叶面微隆起，叶基均为楔形，芽叶多为淡绿色且种皮为褐色；第Ⅴ类群共5份，包括五指山通什WZS1、3和陵水吊罗山LS2-4，其叶身平状，属特大叶类型，种子为球形且叶齿密度较密。

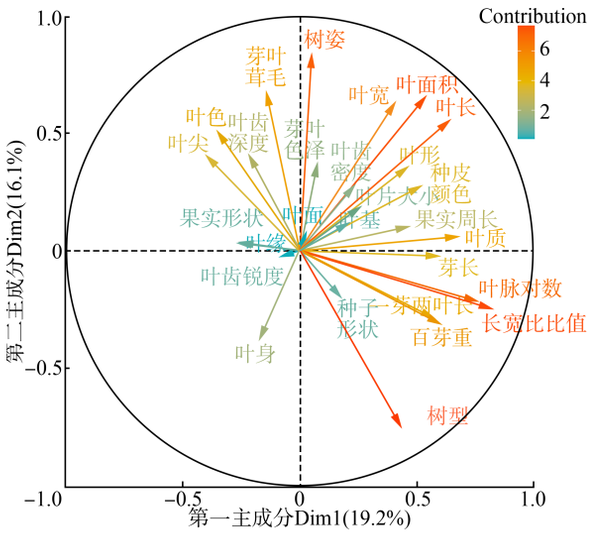


图 2　60 份海南大叶茶种质资源 PCA 载荷图–贡献度

Figure 2　Principal component analysis loading map of 60 *Camellia sinensis* var. *assamica* germplasm resources in Hainan-Contribution degree analysis

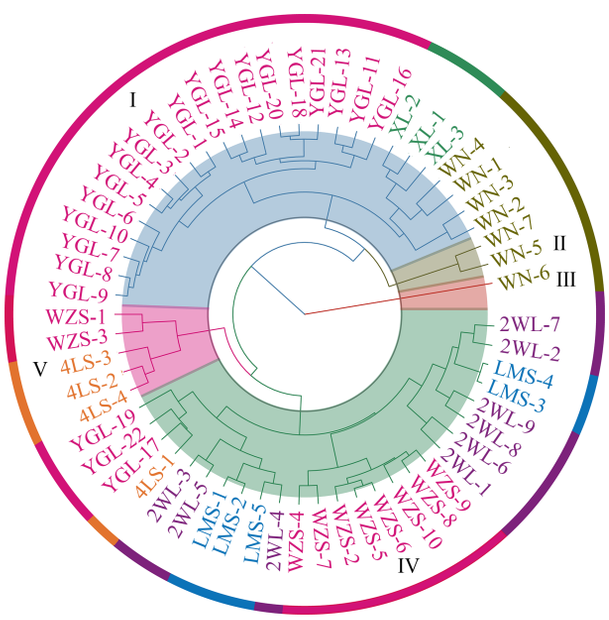


图 3　60 份海南大叶茶种质资源聚类分析图

Figure 3　Cluster analysis of germplasm resources for 60 *Camellia sinensis* var. *assamica* in Hainan

3　讨论与结论

3.1　海南大叶茶形态学特征有丰富变异

植物表型多样性是遗传与环境共同作用的结果，也是鉴定遗传变异的有效手段[32-33]。本研究对 60 份海南大叶茶 28 个表型性状（19 个质量性状、9 个数量性状）的分析显示，其种质遗传特征丰富：数量性状多样性指数均值 4.13，芽长等性状差异显著，为选育提供基础；质量性状多样性指数均值 4.29，叶基多样性最高（或关联环境适应性），种子形状多样性最低（改良难度大）；28 个性状平均变异系数 28.53%，种子及果实形状变异高，叶色等性状稳定。相较于符溶等[34]仅针对五指山 81 份茶树 18 个性状的研究，本研究性状覆盖更广、多样性指数更高，可为选育、生态研究及遗传改良提供方向。

3.2　海南大叶茶表型多样性的主成分分析及其对种质资源研究

本研究对 28 个表型性状的主成分分析（PCA）显示，前 9 个主成分累计方差解释率 76.770%，可有效捕捉核心变异信息。符溶等[34]提取 6 个主成分（累计贡献率 73.196%），而本研究因性状覆盖更全且解析载荷系数及生物学意义，能更深入揭示多样性。各主成分功能明确：第 1 主成分（19.193%）以长宽比（0.829）、叶脉对数（0.767）为核心，反映叶片形态；第 2 主成分（16.105%）关联树姿（0.844）与树型（−0.756），体现二者对立关系；第 3～9 主成分分别聚焦果实形状、芽叶发育等性状组合。所有研究项共同度均＞0.4，验证了信息提取有效性。

3.3　海南大叶茶种质资源表型聚类分析及其对资源保护与育种的指导意义

相较于符溶等将种质划分为 3 类，本研究通过 K-means 聚类将 60 份种质划分为 5 个类群，更清晰揭示其多样性与群体结构：第Ⅰ、Ⅳ类群（各 26 份）均以小乔木大叶种为主，Ⅳ类群叶基楔形、芽叶淡绿等性状更一致，反映地理亚群微环境适应性；第Ⅴ类群（5 份，集中于五指山通什、陵水吊罗山）具特大叶、球形种子等特征，或适应高海拔湿润生境，利于光合与抗逆；第Ⅱ类群（WN5、WN7）叶片偏大、芽叶淡绿，与主成分分析中芽叶色泽和叶色的负相关性一致，具低叶绿素高持嫩性潜力。育种与保护方面，Ⅰ、Ⅳ类群分布广、占比高，可作为核心种质保存；Ⅴ类群特大叶及Ⅲ类群半开张灌木种质，需优先保护并评估其抗逆性与品质价值。

参　考　文　献

[1] 陈焕镛. 海南植物志 I[M]. 北京：科学出版社，1964.

[2] 杨小波，李东海，陈玉凯，等. 海南植物图志（第四卷）[M]. 北京：科学出版社，2015.

[3] 李苑菱，张丽，杨小波，等. 海南岛野生茶树空间分布及种群动态研究[J]. 林业资源管理，2017(2)：81－87，138.
LI Yuanling，ZHANG Li，YANG Xiaobo，et al. Study on spatial distribution and population dynamics of wild tea in Hainan island [J]. Forestry Resources Management，2017(2)：81－87，138.

[4] 徐畅，陈诗典，何华锋，等. 海南大叶种红茶加工关键工序工艺优化及品质分析[J]. 中国茶叶，2021，43(12)：36－41.
XU Chang，CHEN Shidian，HE Huafeng，et al.

Optimization and quality analysis of the crucial procedure for the manufacture of Hainan black tea [J]. China Tea, 2021, 43(12): 36－41.

[5] 苏凡, 杨小波, 李东海, 等. 五指山水满茶的茶多酚、总黄酮含量与抗氧化活性研究[J]. 热带作物学报, 2018, 39(4): 675－680.
SU Fan, YANG Xiaobo, LI Donghai, et al. The content of tea flavonoids, total phenols and antioxidant activities of Wuzhishan-Shuiman tea [J]. Journal of Tropical Crops, 2018, 39(4): 675－680.

[6] 董知洋, 张蕾, 张辉, 等. 5个地域野生大百合种实表型多样性研究[J]. 种子, 2024, 43(8): 93－102, 157.
DONG Zhiyang, ZHANG Lei, ZHANG Hui, et al. Study on phenotypic diversity of fruits and seeds of wild *Cardiocrinum giganteum* in 5 regions [J]. Seeds, 2024, 43(8): 93－102, 157.

[7] 赵正楠, 孙宏彦, 陈晓, 等. 槭叶铁线莲表型性状多样性分析[J]. 分子植物育种, 2023, 21(20): 6866－6873.
ZHAO Zhengnan, SUN Hongyan, CHEN Xiao, et al. Phenotypic diversity analysis of *Clematis acerifolia* [J]. Molecular Plant Breeding, 2023, 21(20): 6866－6873.

[8] 袁扬, 曾兵, 王胤晨, 等. 贵州不同地区盐麸木表型性状遗传多样性分析[J]. 林业资源管理, 2023(4): 107－114.
YUAN Yang, ZENG Bing, WANG Yinchen, et al. Genetic diversity analysis of phenotypic traits of *Rhus chinensis* in different regions of Guizhou Province [J]. Forestry Resources Management, 2023(4): 107－114.

[9] 李彩云, 宋勤飞, 牛素贞, 等. 大厂茶优势株系芽叶性状与生化成分的鉴定与评价[J]. 热带作物学报, 2022, 43(12): 2564－2575.
LI Caiyun, SONG Qinfei, NIU Suzhen, et al. Identification and evaluation on leaf bud traits and biochemical components of dominant strains of *Camellia tachangensis* [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2022, 43(12): 2564－2575.

[10] 黄寿辉, 彭靖茹, 温立香, 等. 60份广西茶树种质资源的染色体倍性鉴定[J]. 安徽农业科学, 2025, 53(5): 10－13, 17.
HUANG Shouhui, PENG Jingru, WEN Lixiang, et al. Chromosome ploidy identification of 60 germplasm resources of tea plants in Guangxi [J]. Anhui Agricultural Sciences, 2025, 53(5): 10－13, 17.

[11] 向芬, 宁静, 刘红艳, 等. 茶树秋季打顶封园模式对春茶新梢内源激素与茶叶氨基酸组分的影响[J/OL]. 作物杂志, 1－7[2025－03－25]. https://link.cnki.net/urlid/11.1808.S.20250313.1714.004.
XIANG Fen, NING Jing, LIU Hongyan, et al. Effects of topping and garden closing mode of tea trees in autumn on endogenous hormones and amino acid composition of spring tea shoots [J/OL]. Crops, 1－7[2025－03－25]. https://link.cnki.net/urlid/11.1808.S.20250313.1714.004.

[12] 张丽华, 陈偲, 吴锐军, 等. 六堡茶产地野生茶树的主要性状与资源利用[J]. 智慧农业导刊, 2025, 5(4): 56－59.
ZHANG Lihua, CHEN Si, WU Ruijun, et al. Main characters and resource utilization of wild tea plants in Liubao tea producing area [J]. Smart Agriculture Guide, 2025, 5(4): 56－59.

[13] 周慧, 张凯凯, 张欢, 等. 茶树花青素的代谢调控研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(3): 106－114.
ZHOU Hui, ZHANG Kaikai, ZHANG Huan, et al. Research progress on the regulation of anthocyanidins metabolism in tea plant [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(3): 106－114.

[14] 唐梦婷, 廖献盛, 张文敬, 等. 不同茶季金牡丹五大类茶主要品质成分差异分析[J]. 福建农业学报, 2025, 40(2): 158－170.
TANG Mengting, LIAO Xiansheng, ZHANG Wenjing, et al. Chemical differentiations of spring, summer, and autumn Jinmudan teas [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2025, 40(2): 158－170.

[15] 虞富莲. 论茶树原产地和起源中心[J]. 茶叶科学, 1986(1): 1－8.
YU Fulian. Discussion on the originating place and the originating center of tea plant [J]. Journal of Tea Science, 1986(1): 1－8.

[16] 连植, 王正伟, 万畅, 等. 40份碱茅种质资源表型性状综合评价分析[J/OL]. 草业科学, 1－15[2025－03－25]. https://link.cnki.net/urlid/62.1069.S.20250318.1312.004.
LIAN Zhi, WANG Zhengwei, WAN Chang, et al. Phenotypic traits analysis and comprehensive evaluation of 40 *Puccinellia* germplasm resources [J/OL]. Pratacultural Science, 1－15[2025－03－25]. https://link.cnki.net/urlid/62.1069.S.20250318.1312.004.

[17] 李贵龙, 何浩宁, 匡博文, 等. 385份甘蔗种质资源的表型评价[J]. 西南农业学报, 2024, 37(3): 524－531.
LI Guilong, HE Haoning, KUANG Bowen, et al. Phenotypic evaluation of 385 sugarcane germplasms [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2024, 37(3): 524－531.

[18] 王黎明, 焦少杰, 姜艳喜, 等. 不同来源甜高粱种质资源的表型遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(2): 411－416.
WANG Liming, JIAO Shaojie, JIANG Yanxi, et al. Genetic diversity analysis on sweet sorghum germplasm resources of different origins based on agronomical traits [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2014, 15(2): 411－416.

[19] 吕伟，韩俊梅，文飞，等．不同来源芝麻种质资源的表型多样性分析[J]．植物遗传资源学报，2020，21(1)：234－242，251.
LÜ Wei，HAN Junmei，WEN Fei，et al. Phenotypic diversity analysis of sesame germplasm resources [J]. Journal of Plant Genetic Resources，2020，21(1)：234－242，251.

[20] 经建永，颉刚刚，欧阳丽婷，等．新疆野生欧洲李表型性状多样性分析[J]．植物资源与环境学报，2020，29(2)：28－37.
JING Jianyong，XIE Ganggang，OUYANG Liting，et al. Analysis on diversity of phenotypic traits of wild *Prunus domestica* in Xinjiang [J]. Journal of Plant Resources and Environment，2020，29(2)：28－37.

[21] 吴学琴，申开成，肖红星，等．50种茶花叶表型性状的多样性分析[J]．中南林业科技大学学报，2024，44(10)：165－180.
WU Xueqin，SHEN Kaicheng，XIAO Hongxing，et al. Diversity analysis of leaf phenotypic traits in 50 *Camellia* species [J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology，2024，44(10)：165－180.

[22] 宁功伟，陈晓明，成雅容，等．保山市代表性古茶树资源表型与生化组分多样性研究[J]．植物遗传资源学报，2025，26(5)：942－961.
NING Gongwei，CHEN Xiaoming，CHENG Yarong，et al. Phenotypic and biochemical components diversity of representative ancient tea germplasm resources in Baoshan City，China [J]. Journal of Plant Genetic Resources，2025，26(5)：942－961.

[23] 倪尔冬，林彩容，操君喜，等．广西浦北茶树资源性状调研与其红茶适制性探究[J]．食品安全质量检测学报，2024，15(20)：200－207.
NI Erdong，LIN Cairong，CAO Junxi，et al. Investigation on the characteristics of tea germplasms and suitability of black tea in Pubei County，Guangxi [J]. Journal of Food Safety and Quality，2024，15(20)：200－207.

[24] 魏春梅，安福全，苏奇倩，等．49份茶树种质资源叶片表型性状的遗传多样性分析[J]．茶叶学报，2024，65(4)：21－32.
WEI Chunmei，AN Fuquan，SU Qiqian，et al. Genetic diversity of 49 tea germplasms classified by leaf phenotypes [J]. Journal of Tea Research，2024，65(4)：21－32.

[25] 刘东娜，李兰英，龚雪蛟，等．峨眉山野生茶树资源农艺性状多样性分析[J]．中国农学通报，2020，36(13)：103－109.
LIU Dongna，LI Lanying，GONG Xuejiao，et al. Diversity analysis of agronomic traits of wild tea plants in Emei Mountain [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin，2020，36(13)：103－109.

[26] RAJKUMAR S，KARTHIGEYAN S，SUD R K，et al. Genetic diversity of Indian tea (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) germplasm detected using morphological characteristics [J]. Journal of Cell & Plant Sciences，2010，1(1)：13－22.

[27] LO S K，HU C Y，ROAN S F，et al. Relationship between flower phenotypic traits and fruit yields in tea (*Camellia sinensis* L.) varieties [J]. Horticulturae，2023，9(4)：440.

[28] MAXISELLY Y，BAKTI C，MURGAYANTI M，et al. Relationship analysis and genetic diversity of tea (*Camellia sinensis*) germplasm from illegitimate seeds based on morphological characters [J]. Biodiversitas Journal of Biological Diversity，2024，25(8)：3486－3495.

[29] 金基强，张晨禹，陈亮，等．茶树种质资源研究“十三五”进展及“十四五”发展方向[J]．中国茶叶，2021，43(9)：42－49，76.
JIN Jiqiang，ZHANG Chenyu，CHEN Liang，et al. Research progress on tea germplasms during the 13th Five-Year Plan Period and development direction in the 14th Five-Year Plan Period [J]. China Tea，2021，43(9)：42－49，76.

[30] 陈亮，杨亚军，虞富莲，等．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.

[31] 农作物种质资源鉴定技术规程 茶树：NY/T 1312－2007 [S]，2007.

[32] 邓少春，田易萍，赵红艳，等．大叶茶树群体种及杂交F1代表型性状遗传多样性分析及评价[J]．江苏农业科学，2023，51(22)：132－137.
DENG Shaochun，TIAN Yiping，ZHAO Hongyan，et al. Analysis and evaluation of phenotypic character genetic diversity of large-leaf tea tree population species and hybrid F1 generation [J]. Jiangsu Agricultural Sciences，2023，51(22)：132－137.

[33] 吴雨婷，王小云，韦柳花．高露茶群体种表型性状多样性及适制性调查分析[J]．现代农业科技，2024(4)：117－119，129.
WU Yuting，WANG Xiaoyun，WEI Liuhua. Diversity and suitability investigation and analysis of phenotypic traits of Gaolu tea population [J]. Modern Agricultural Science and Technology，2024(4)：117－119，129.

[34] 符溶，符生波，符明珠，等．海南大叶茶野生种质表型性状多样性及相关分析[J]．林业科技通讯，2024(9)：17－23.
FU Rong，FU Shengbo，FU Mingzhu，et al. Diversity and correlation analysis of phenotypic traits on wild germplasm of *Camellia sinensis* var. *Assamica* [J]. Forestry Science and Technology Communications，2024(9)：17－23.

Research and evaluation of germplasm resources of *Camellia sinensis* var. *assamica* in Hainan

HU Yunbin[1, 2, 3, 4], WANG Xinghua[1], SU Fan[1, 2, 3*]

(1. *Spice and Beverage Research Institute, CATAS, Wanning* 571533, *China*; 2. *Ministry of Agriculture Key Laboratory of Genetic Resources Utilization of Spice and Beverage Crops, Wanning* 571533, *China*; 3. *Key Laboratory of Genetic Improvement and Quality Regulation for Tropical Spice and Beverage Crops of Hainan Province, Wanning* 571533, *China*; 4. *Tropical crops college, Yunnan Agricultural University, Puer* 665000, *China*)

Abstract: This study selected 60 accessions of *Camellia sinensis* var. *assamica* from 7 regions in Hainan Province as research materials. It systematically examined 28 phenotypic traits (comprising 19 qualitative traits and 9 quantitative traits) and comprehensively assessed their morphological variation and genetic diversity through diversity analysis, correlation analysis, principal component analysis, and K-means clustering. The findings indicated that the accessions of *Camellia sinensis* var. *assamica* in Hainan exhibited rich phenotypic variation with an average diversity index of 4.13 for the 9 quantitative traits and 4.29 for the 19 qualitative traits. Among these traits, the variations in bud length, the length of one bud with two leaves, and leaf base were especially notable. There were intricate correlations among the traits. Leaf length was significantly and positively correlated with the number of leaf veins and bud-leaf trichomes, whereas leaf shape was negatively correlated with leaf tip, leaf tooth density, and sharpness. The cumulative variance contribution rate of the first 9 principal components extracted by principal component analysis was 76.77%, which respectively represented key trait combinations such as leaf morphology, tree structure, and fruit shape. The clustering analysis classified the 60 accessions into 5 phenotypic groups, and the characteristics of each group differed significantly, which were associated with ecological adaptability. The phenotypic database established in this study provided an important morphological foundation for the conservation of *Camellia sinensis* var. *assamica* germplasm resources in Hainan, variety breeding, and mechanized production in tea gardens, such as the optimization of pruning equipment and the design of conveyor belts to prevent damage.

Keywords: *Camellia sinensis* var. *assamica* in Hainan; phenotypic traits; analysis of diversity; relevance assessment; principal component analysis (PCA); cluster analysis

Foundation items: Hainan Provincial Natural Science Foundation of China(323QN274)

First Author: HU Yunbin, E-mail: 2473136861@qq.com

* **Correspondence Author:** SU Fan, E-mail: xyssufan@163.com