植物遗传资源学报
Journal of Plant Genetic Resources
ISSN 1672-1810,CN 11-4996/S

《植物遗传资源学报》网络首发论文

题目：临沧古茶树种质资源表型性状遗传多样性研究
作者：马春莲，刘学艳，曹琦，余金慧，徐婷，刘艳红，李友勇，罗伟宏，黄飞燕，谢艳兰，王绍梅，李晓君
DOI：10.13430/j.cnki.jpgr.20250912002
收稿日期：2025-09-12
网络首发日期：2025-11-27
引用格式：马春莲，刘学艳，曹琦，余金慧，徐婷，刘艳红，李友勇，罗伟宏，黄飞燕，谢艳兰，王绍梅，李晓君．临沧古茶树种质资源表型性状遗传多样性研究[J/OL]．植物遗传资源学报. https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20250912002

植物遗传资源学报
Journal of Plant Genetic Resources　DOI:10.13430/j.cnki.jpgr.20250912002

临沧古茶树种质资源表型性状遗传多样性研究

马春莲[1]，刘学艳[1]，曹琦[1]，余金慧[1]，徐婷[1]，刘艳红[1]，李友勇[2]，罗伟宏[3]，
黄飞燕[1]，谢艳兰[1]，王绍梅[1]，李晓君[1]

（[1]滇西科技师范学院/云南省澜沧江流域茶树资源保护与创新利用重点实验室，云南临沧 677000；[2]云南省农业科学院茶叶研究所，云南昆明 650000；[3]耿马县地方产业发展服务中心，云南耿马 677500）

摘要：为鉴定和评价临沧 200 份古茶树种质资源表型性状遗传多样性，采用相关性分析、主成分分析及聚类分析等方法对其表型性状的遗传多样性进行研究。结果表明，28 个质量性状在供试种质中表现出丰富的变异程度，各性状的遗传多样性指数存在明显差异，遗传多样性指数在 0.056~1.106 之间，平均遗传多样性指数为 0.670；14 个数量性状变异系数在 5.03%～34.30%之间，平均为 20.97%；相关性分析显示，大部分表型性状存在显著或极显著的相关性；主成分分析共提取出 14 个主成分，其累计贡献率为 70.97%，分别侧重反映茶树的主脉茸毛、叶背茸毛、叶柄茸毛、花瓣颜色、叶面积、叶长、叶宽、叶片大小和叶柄长等特征；在欧氏距离 20 时，临沧 200 份古茶树种质资源可被划分为 4 大类群，聚类分析并未完全依地理分布划分，而主要依据表型性状的遗传多样性特征。研究结果表明，临沧市 8 个县（区）的古茶树种质资源表型变异丰富，遗传多样性水平较高，展现出良好的茶树良种选育潜力。本研究为临沧古茶树资源的保护与可持续利用提供了依据。

关键词：临沧；古茶树资源；表型性状；遗传多样性

Research on the Genetic Diversity of Phenotypic Traits of Ancient Tea Tree Germplasm Resources in Lincang City

MA Chunlian[1], LIU Xueyan[1], CAO Qi[1], YU Jinhui[1], XU Ting[1], LIU Yanhong[1], LI Youyong[2], LUO Weihong[3],
HUANG Feiyan[1], XIE Yanlan[1], WANG Shaomei[1], LI Xiaojun[1]

（*[1]West Yunnan University/Yunnan Key Laboratory of Tea Plant Germplasms Conservation and Utilization in the Lancang River Basin, Lincang 677000, Yunnan; [2]Tea Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650000, Yunnan; [3] Local Industry Development Service Center of Gengma County, Gengma 677500, Yunnan*）

Abstract: To identify and evaluate the phenotypic trait genetic diversity of 200 ancient tea tree germplasms in Lincang, correlation analysis, principal component analysis and cluster analysis were used to study the genetic diversity of their phenotypic traits. The results showed that 28 qualitative traits exhibited rich variation degrees in the tested germplasms, and the genetic diversity indices of each trait had significant differences, ranging from 0.056 to 1.106, with an average genetic diversity index of 0.670. The coefficient of variation of 14 quantitative traits ranged from 5.03% to 34.30%, with an average of 20.97%. Correlation analysis indicated that most phenotypic traits had significant or extremely significant correlations. Principal component analysis extracted 14 principal components, with a cumulative contribution rate of 70.97%, which mainly reflected the characteristics of the main vein hair, back hair, petiole hair, petal color, leaf area, leaf length, leaf width, leaf size and petiole length of tea trees. When the Euclidean distance was 20, the 200 ancient tea tree germplasms in Lincang could be divided into 4 major groups. Cluster analysis did not completely follow the geographical distribution, but mainly relied on the genetic diversity characteristics of phenotypic traits. The [1]research results indicated that the phenotypic variation of ancient tea tree germplasms in 8 counties (districts) of Lincang was rich,

收稿日期：2025-09-12
第一作者研究方向为茶树逆境抗性研究，E-mail : 907017346@qq.com
通信作者：王绍梅，研究方向为茶叶加工、审评和茶文化研究，E-mail : 2496160754@qq.com
李晓君，研究方向为茶树种质资源评价与创新利用，E-mail :lxj-148@163.com
基金项目：云南省科技厅重点实验室建设项目（202449CE340010）；临沧市建设国家可持续发展议程创新示范区科技专项（202204AC100001-A01）
Foundation projects ： Key Laboratory Construction Project of Yunnan Provincial Department of Science and Technology（202449CE340010）；Science and Technology Special Project for the Construction of National Sustainable Development Agenda Innovation Demonstration Zone in Lincang City（202204AC100001-A01）

and the genetic diversity level was high, showing good potential for tea tree breeding. This research provides a basis for the protection and sustainable utilization of the ancient tea tree resources in Lincang.

Key words: Lincang; ancient tea tree resources; phenotypic traits; genetic diversity

古茶树是指树龄超过百年的野生或栽培型茶树，属于茶组植物（Sect. Thea (L.)）[1-2]。这类茶树通常兼具优异的环境适应力、抗逆性，并保持了原始茶树的多种生物学性状。研究表明，古茶树可能蕴含丰富的优良基因资源，包括调控氨基酸、茶多酚、儿茶素等次生代谢产物合成的基因，以及抗病虫害、抗旱、抗寒等抗性基因[3]。因此，对古茶树种质资源进行系统鉴定与评价，对于解析茶树的起源与驯化历史、探讨系统发育关系、开展遗传分析以及指导育种和资源利用均具有重要意义[4-5]。近年来，关于古茶树鉴定与评价的研究已取得较多进展。牛小军等[6] 针对四川九龙地区的 67 份古茶树种质资源展开遗传多样性分析与评价，研究发现，该地区茶树资源在表型性状上存在丰富变异，其中叶宽、叶长、叶色及花瓣颜色等性状，是造成该区域古茶树种质资源表型性状呈现差异的主要因素。刘青[7]对贵州三都县 5 个古茶树群体的遗传多样性进行研究，发现不同株系间遗传背景差异显著，遗传多样性较高，且该区域内灌木型茶树种质资源的遗传多样性水平，明显低于乔木型茶树种质资源。宁功伟等[8]以保山市 73 份代表性古茶树资源为研究对象，对表型性状进行系统评价，并筛选出生化组分特异的茶树种质资源。

云南省作为世界茶树的起源中心和遗传多样性中心，拥有全球规模最广、数量最丰富的古茶树资源[9]。临沧市地处云南省西南部（东经 98°40′-100°33′，北纬 23°05′-25°03′），横跨北回归线，与普洱市、保山市、大理市以及缅甸接壤。该地区位于澜沧江与怒江之间的横断山脉南段，地形复杂多样，海拔高度介于 450-3504 m 之间。临沧市具有明显的干湿季气候特征，降水充沛，光照充足，土壤呈酸性且肥沃，为茶树的生长发育提供了优越的自然条件[10]。这些独特的地理环境和气候特征使临沧成为云南省乃至全国古茶树资源最集中的区域之一。目前，针对云南古茶树资源的研究多集中于保山[8]、西双版纳[11]、普洱[4]、沧源[12]等地区，而临沧市所辖 8 个县（区）的古茶树尚未得到系统性的调查研究，这极大地限制了该地区古茶树资源的有效保护与可持续开发利用。表型性状的系统调查与鉴定，是分析茶树种质资源分类、进化以及遗传多样性的一项重要基础，不仅为重要种质资源的保护、高效利用提供科学依据，更对茶树新品种的选育具有不可或缺的支撑作用[13-14]。茶树是典型的叶用作物，其表型性状因能直观反映茶树生物学特性与利用价值，常作为筛选茶树育种材料的重要指标[15]。利用表型性状进行种质资源的鉴定评价与遗传多样性研究，已在多个主要茶区广泛应用，成效显著，涉及地区包括云南[8,11-12]、陕西[13,16-17]、四川[15]、江苏[18]、河南[19]、贵州[20]、安徽[21]、广西[14]、浙江[22]及江西[23]等。因此，为全面了解临沧茶区古茶树种质资源现状，促进资源保护与开发利用，本研究系统调查了临沧市 8 个县（区）200 份古茶树资源的表型性状，并进行了遗传多样性分析，以期为该地区优良种质的筛选、保护与开发利用提供理论依据，同时为提升当地茶产业质量效益与推动可持续发展提供重要支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

200 份材料来自于临沧市临翔区、云县、凤庆县、永德县、镇康县、耿马傣族佤族自治县、沧源佤族自治县、双江拉祜族佤族布朗族傣族自治县就地保存的古茶树种质资源，基本信息见表 1。

1.2 表型性状测定

参照《茶树种质资源描述规范和数据标准》[24]和 NY/T1312-2007《农作物种质资源鉴定技术规程 茶树》[25]，于 2022—2024 年对 200 份古茶树种质资源开展表型性状的系统观测、形态描述及数据测定，包括 28 个质量性状（树型、树姿、叶面形态、叶形、叶色、叶身形态、花瓣颜色及花柱裂位等）和 14 个数量性状（叶长、叶脉对数、叶宽、叶面积、长宽比、叶柄长、花瓣数和花柱长度等）。质量性状依据表 2 所示标准进行分级赋值，各性状均重复测定 10 次。

1.3 数据处理

采用 Excel 2021 进行数据的统计与分析，遗传多样性指数（H′）采用 Shannon-wiener 指数法[26]进行计算；采用 SPSS 21.0 进行主成分分析，采用 Origin 2024 进行相关性分析、系统聚类分析。

表 1 临沧不同茶区 200 份古茶树资源分布

Table 1 Distribution of 200 ancient tea tree resources in different tea-growing areas of Lincang

序号 Number	采样县区 Sampling county	采样数量 Sampling quantity	树龄 Tree age	资源编号 Resource number
1	临翔区	27	百年以上	1~27
2	云县	44	百年以上	28~71
3	凤庆	25	百年以上	72~96
4	永德	15	百年以上	97~111
5	镇康	29	百年以上	112~140
6	耿马	16	百年以上	141~156
7	沧源	25	百年以上	157~181
8	双江	19	百年以上	182~200

表 2 质量性状及赋值标准

Table 2 Quality traits and their scoring criteria

质量性状 Quality traits	赋值标准 Assignment
树型 Tree type	灌木（1）、小乔木（2）、乔木（3）
树姿 Tree posture	直立（1）、半开张（2）、开张（3）
分枝密度 Branching density	稀（1）、中（2）、密（3）
叶片着生状态 Leaf attitude	上斜（1）、稍上斜（2）、水平（3）、下垂（4）
叶片大小 Leaf size	小叶（1）、中叶（2）、大叶（3）、特大叶（4）
叶形 Leaf shape	近圆形（1）、卵形（2）、椭圆形（3）、长椭圆形（4）、披针形（5）
叶柄茸毛 Petiole pubescence	无（1）、有（2）
主脉茸毛 Midrib pubescence	无（1）、有（2）
叶色 Leaf color	黄绿色（1）、浅绿色（2）、绿色（3）、深绿色（4）
叶背茸毛 Abaxial pubescence	无（1）、有（2）
叶面 Leaf surface	平（1）、微隆起（2）、隆起（3）
叶身 Transection shape	内折（1）、平（2）、稍背卷（3）
叶质 Leaf texture	柔软（1）、中（2）、硬（3）
叶片亮度 Leaf brightness	无光泽（1）、有光泽（2）
叶齿锐度 Leaf tooth sharpness	锐（1）、中（2）、钝（3）
叶齿密度 Density of leaf teeth	稀（1）、中（2）、密（3）
叶齿深度 Leaf tooth depth	浅（1）、中（2）、深（3）
叶基 Leaf base	楔形（1）、近圆形（2）
叶尖 Leaf apex	急尖（1）、渐尖（2）钝尖（3）圆尖（4）
叶缘 Leaf margin	平（1）、微波（2）、波（3）
花萼色泽 Calyx anthocyanin colouring	绿色（1）、紫红色（2）
萼片茸毛 Calyx hair	无（1）、有（2）
花瓣颜色 Petal color	白色（1）、淡绿色（2）、淡红色（3）
花瓣质地 Petal texture	薄（1）、中（2）、厚（3）
花瓣茸毛 Petal down	无（1）、有（2）
子房茸毛 Ovary pubescence	无（1）、有（2）
花柱裂位 Stylet cracking location	低（1）、中（2）、高（3）
雌雄蕊相对高度 Pistil stamen relative height	雌蕊低（1）、雌雄蕊等高（2）、雌蕊高（3）

括号外为性状描述，括号内为该性状的量化赋值

The descriptions outside the brackets are the trait descriptions, and the values inside the brackets are the quantified assignments of these traits

2 结果与分析

2.1 古茶树种质资源表型变异与多样性分析

2.1.1 **质量性状的频率分布与多样性分析** 200 份古茶树种质资源的质量性状频率分布结果如表 3 所示，其树姿半开张，树型乔木型为主，叶片着生状态多水平，叶形多为椭圆形或长椭圆形，叶质中，叶基呈楔形，叶尖渐尖，叶缘平或微波，叶片大小多大叶，叶色以绿色为主，叶面多呈微隆起或隆起，叶身普遍多平或内折，叶齿锐度及叶齿密度大多均为中，叶齿深度多为浅或中。花萼颜色以绿色为主，花瓣质地为中，花柱裂位普遍较高，雌蕊与雄蕊的相对高度大多处于等高状态。28 个质量性状的遗传多样性指数（H'）在 0.056~1.106 之间，平均为 0.670，其中叶片着生状态、叶片大小、雌雄蕊相对高度、叶面、树姿的较大，分别为 1.106、1.088、1.075、1.054、1.026；花萼色泽的最小，为 0.056，这表明 200 份古茶树种质资源在叶片着生状态、叶片大小等 5 个性状上表现出丰富的变异类型，这些性状可作为茶树品种选育与遗传改良的重要评价指标。

表 3 质量性状的分布频率和多样性指数

Table 3 Distribution Frequency and diversity Index of quality traits

质量性状 Quality traits	不同表型级别频率（%） Frequencies of different phenotypic levels					遗传多样性指数（*H'*） Shannon-wiener index
	1	2	3	4	5	
树型 Tree type	1.50	38.00	60.50	—	—	0.735
树姿 Tree posture	17.00	46.00	37.00	—	—	1.026
分枝密度 Branching density	4.50	50.00	45.50	—	—	0.844
叶片着生状态 Leaf attitude	28.00	14.00	53.50	4.50	—	1.106
叶片大小 Leaf size	1.00	26.00	49.00	24.00	—	1.088
叶形 Leaf shape	5.00	0.00	66.50	28.00	0.50	0.804
叶柄茸毛 Petiole pubescence	12.00	88.00	—	—	—	0.367
主脉茸毛 Midrib pubescence	11.00	89.00	—	—	—	0.347
叶色 Leaf colour	2.50	1.50	65.50	30.50	—	0.795
叶背茸毛 Abaxial pubescence	11.00	89.00	—	—	—	0.347
叶面 Leaf surface	20.50	44.00	35.50	—	—	1.054
叶身 Transection shape	34.00	56.00	10.00	—	—	0.922
叶质 Leaf texture	8.50	68.50	23.00	—	—	0.807
叶片亮度 Leaf brightness	4.00	96.00	—	—	—	0.168
叶齿锐度 Leaf tooth sharpness	24.50	59.00	16.50	—	—	0.953
叶齿密度 Leaf tooth density	13.00	75.50	11.50	—	—	0.726
叶齿深度 Leaf tooth depth	52.00	44.00	4.00	—	—	0.830
叶基 Leaf base	84.00	16.00	—	—	—	0.440
叶尖 Leaf apex	5.50	79.50	12.50	2.50		0.694
叶缘 Leaf margin	52.00	43.50	4.50	—	—	0.842
花萼色泽 Calyx anthocyanin colouring	99.00	1.00	—	—	—	0.056
萼片茸毛 Calyx hair	95.50	4.50	—	—	—	0.184
花瓣颜色 Petal color	21.00	78.50	0.50	—	—	0.544
花瓣质地 Petal texture	26.50	57.00	16.50	—	—	0.970
花瓣茸毛 Petal down	97.50	2.50	—	—	—	0.117
子房茸毛 Ovary pubescence	4.50	95.50	—	—	—	0.184
花柱裂位 Stylet cracking location	8.50	18.50	73.00	—	—	0.751
雌雄蕊相对高度 Pistil stamen relative height	30.50	43.50	26.00	—	—	1.075

—: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

2.1.2 **数量性状的变异与多样性分析** 对临沧市古茶树种质资源的 14 个数量性状进行统计分析，从表 4 可看出，各类群的 14 个数量性状的变异幅度在 1.18～98.07 之间，平均为 12.65，变异系数在 5.03%～34.30%之间，平均为 20.97%，进一步对比各性状变异系数大小发现，14 个数量性状中，花柱长度的变异系数最高

（34.30%），其次依次为叶面积（31.12%）、叶脉对数（25.18%）、花冠直径（24.53%）、花瓣长（23.83%）、花瓣数（23.52%）与叶柄长（22.53%）。从变异幅度来看，叶长为 6.90～19.76 cm，叶宽为 3.25～8.21 cm，叶面积 15.94～114.01 cm^2，叶片长宽比为 1.81～2.99，叶柄长为 2.43～11.80 mm，叶脉对数为 6.00～21.00 对，萼片数为 5.00～8.00 枚，萼片长 3.00～8.83 mm，花冠直径 2.10～6.57 cm，花瓣长 0.99～3.41 cm，花瓣数 3.00～13.00 枚，子房数 3.00～5.00 室，柱头开裂数 2.00～5.00 裂，花柱长度 0.34～5.29 cm，通过对临沧茶树各类数量性状的变异系数及变异幅度进行综合比较，发现 200 份种质材料数量性状变异幅度广泛，遗传多样性丰富。花柱长度、叶面积及叶脉对数等性状遗传差异尤为显著，说明表型性状筛选在茶树种质资源评价与利用方面具有重要潜力。

表 4 数量性状统计分析结果

Table 4 Statistical analysis Results of quantitative traits

数量性状 Quantitative traits	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 *SD*	变异幅度 *CR*	变异系数（%）*CV*
叶长（cm）Leaf length	6.90	19.76	12.79	2.21	12.86	17.26
叶宽（cm）Leaf width	3.25	8.21	5.43	0.85	4.96	15.59
叶面积（cm^2）leaf area	15.94	114.01	49.99	15.56	98.07	31.12
长宽比 Leaf aspect ratio	1.81	2.99	2.37	0.23	1.18	9.90
叶柄长（mm）Petiole length	2.43	11.80	6.61	1.49	9.37	22.53
叶脉对数（对）Vein pairs	6.00	21.00	11.59	2.92	15.00	25.18
萼片数（枚）Calyx number	5.00	8.00	5.04	0.25	3.00	5.03
萼片长（mm）Calyx length	3.00	8.83	4.61	0.95	5.83	20.60
花冠直径（cm）Corolla diameter	2.10	6.57	3.70	0.91	4.47	24.53
花瓣长（cm）petal length	0.99	3.41	1.71	0.41	2.42	23.83
花瓣数（枚）Petals number	3.00	13.00	6.90	1.62	10.00	23.52
子房数（室）Ovary number	3.00	5.00	3.38	0.68	2.00	20.02
柱头开裂数（裂）Stylet dehiscence number	2.00	5.00	3.37	0.68	3.00	20.25
花柱长度（cm）Stylet length	0.34	5.29	1.24	0.43	4.95	34.30

2.2 古茶树种质资源表型性状主成分分析

主成分分析通过将多个变量降维为少数几个综合指标，有效简化数据结构，同时更好地揭示总体变异的主要特征[27]。以特征值大于 1 为筛选标准，42 个表型性状被归纳为 14 个主成分，累计贡献率达 70.97%，涵盖了性状变异的主要信息，适用于综合评估分析（表 5）。其中，第一主成分特征值为 7.60，贡献率为 18.10%，对应的特征向量与主脉茸毛、叶柄茸毛、叶背茸毛和花瓣颜色关系密切，为高度相关因子；第二主成分特征值为 4.29，贡献率为 10.22%，对叶面积、叶长、叶宽、叶片大小和叶柄长影响较大；第三主成分特征值为 2.70，贡献率为 6.43%，影响长宽比和叶形。各其余主成分的贡献率均未超过 5%。综上分析表明，主脉茸毛、叶背茸毛、叶柄茸毛、花瓣颜色、叶面积、叶长、叶宽、叶片大小及叶柄长等性状是造成古茶树种质表型差异的主要因素。

表 5 表型性状的主成分分析

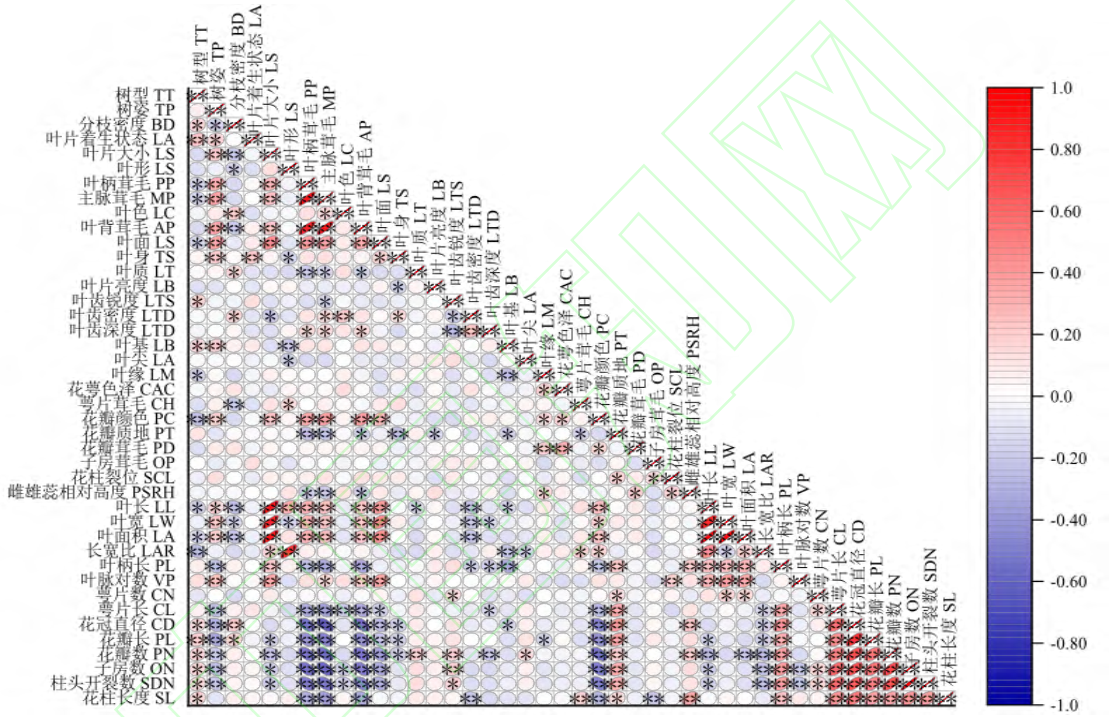
Table 5 Principal Component Analysis of phenotypic traits

性状 Traits	主成分 Principal component													
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11	PC12	PC13	PC14
子房数 ON	-0.82	0.26	0.11	-0.11	-0.02	0.13	-0.07	0.13	-0.05	0.15	0.14	0.04	0.09	-0.02
花冠直径 CD	-0.81	0.29	0.06	0.17	-0.16	-0.02	0.01	0.10	0.02	0.03	0.06	-0.01	-0.03	-0.08
主脉茸毛 MP	0.80	-0.10	0.19	0.02	-0.18	0.12	-0.06	0.17	-0.03	0.25	0.16	0.08	-0.20	0.10

花瓣数 PN	-0.79	0.16	0.08	0.00	0.09	0.06	-0.06	-0.04	-0.02	0.16	0.09	0.00	-0.06	0.03
柱头开裂数 SDN	-0.78	0.24	0.13	-0.11	-0.04	0.15	-0.11	0.15	-0.05	0.16	0.14	0.04	0.09	-0.03
叶柄茸毛 PP	0.77	-0.03	0.19	0.01	-0.20	0.11	-0.05	0.18	0.03	0.23	0.22	0.08	-0.21	0.13
叶背茸毛 AP	0.75	-0.08	0.22	-0.01	-0.21	0.14	0.03	0.12	-0.08	0.27	0.24	0.03	-0.23	0.12
花瓣长 PL	-0.68	0.18	0.08	0.20	-0.30	-0.08	0.04	0.02	0.09	0.08	0.10	0.07	-0.09	-0.11
花瓣颜色 PC	0.60	-0.01	-0.13	0.11	0.08	0.19	-0.05	-0.08	-0.10	-0.24	0.06	-0.06	0.01	-0.06
萼片长 CL	-0.58	0.30	0.12	-0.03	-0.07	0.15	-0.21	0.28	0.02	-0.02	0.08	-0.12	-0.11	0.04
叶面 LS	0.50	0.32	0.29	0.17	0.07	-0.17	-0.03	0.05	-0.01	0.13	-0.08	-0.09	0.22	-0.05
花柱长度 SL	-0.45	0.34	-0.02	0.24	0.22	-0.26	-0.01	0.28	-0.23	0.16	0.11	0.02	-0.04	0.02
树姿 TP	0.43	0.06	0.32	0.08	0.30	-0.05	0.13	0.14	-0.29	0.11	0.08	-0.02	0.11	-0.04
叶面积 LA	0.43	0.86	0.05	-0.02	-0.06	0.00	-0.08	-0.05	0.07	-0.10	0.03	0.06	0.07	-0.03
叶长 LL	0.47	0.82	-0.16	-0.06	-0.08	-0.06	0.00	-0.01	0.08	-0.10	0.05	0.07	0.07	0.00
叶宽 LW	0.36	0.82	0.31	0.01	-0.02	0.05	-0.14	-0.08	0.09	-0.10	0.01	0.03	0.04	-0.05
叶片大小 LS	0.44	0.80	0.04	-0.01	-0.04	-0.03	-0.04	-0.07	0.10	-0.07	-0.04	0.05	0.04	-0.05
叶柄长 PL	-0.37	0.54	-0.10	0.05	-0.03	-0.05	0.06	0.01	0.28	0.04	-0.06	0.14	-0.17	0.18
叶齿密度 LTD	0.09	-0.36	0.08	0.34	-0.25	0.05	-0.23	0.19	0.27	0.13	-0.19	0.08	0.19	0.03
长宽比 LAR	0.24	0.14	-0.79	-0.12	-0.12	-0.16	0.25	0.10	0.00	0.00	0.06	0.10	0.06	0.08
叶形 LS	0.10	0.15	-0.73	-0.09	-0.14	-0.21	0.36	0.13	-0.10	0.09	0.06	0.09	0.12	0.05
树型 TP	-0.25	-0.08	0.38	-0.02	0.05	-0.32	0.33	0.11	0.04	-0.24	0.18	0.10	-0.16	0.11
叶脉对数 VP	0.25	0.32	0.36	0.35	-0.05	-0.29	0.19	-0.23	-0.10	0.00	-0.12	-0.14	-0.10	0.07
叶色 LC	0.12	-0.15	0.01	0.53	0.02	-0.15	-0.04	0.02	-0.06	0.14	-0.15	0.52	-0.11	0.09
雌雄蕊相对高度 PSRH	-0.18	0.19	-0.18	0.51	0.25	-0.09	0.12	0.03	-0.11	0.26	0.04	-0.38	0.07	0.12
分枝密度 BD	-0.22	-0.20	0.15	0.43	-0.08	-0.16	0.03	-0.05	0.30	-0.31	0.02	0.28	0.13	0.09
叶齿深度 LTD	0.13	-0.25	-0.09	0.23	-0.48	-0.22	-0.17	0.17	-0.15	-0.01	0.16	-0.18	0.09	-0.06
叶缘 LM	0.09	0.07	-0.29	0.18	0.41	0.40	-0.20	0.10	0.01	-0.09	-0.14	-0.11	-0.27	0.21
花瓣质地 PT	-0.32	0.28	0.08	0.18	-0.33	0.27	0.26	0.04	-0.24	-0.18	-0.08	-0.03	-0.19	-0.11
萼片数 CN	-0.05	0.21	0.11	-0.15	-0.10	0.43	-0.04	0.12	-0.35	0.00	-0.13	0.25	0.37	0.14
花萼色泽 CAC	0.04	-0.12	-0.20	0.37	0.14	0.39	0.14	0.07	0.25	0.00	0.34	0.17	0.02	-0.22
花瓣茸毛 PD	0.13	0.03	-0.12	0.37	0.35	0.37	0.12	-0.11	0.12	-0.07	0.35	0.04	0.20	-0.12
花柱裂位 SCL	0.09	0.04	0.12	0.24	-0.09	0.23	0.53	-0.07	-0.14	0.31	-0.34	-0.16	0.12	-0.22
叶齿锐度 LTS	-0.21	0.01	0.20	-0.28	0.19	0.08	0.43	-0.29	-0.05	0.21	0.07	0.39	0.01	0.16
叶尖 LA	-0.14	-0.04	0.15	-0.06	0.13	-0.06	-0.07	-0.56	0.04	0.17	0.01	-0.01	-0.33	-0.25
叶身 TS	0.17	-0.06	0.25	-0.06	0.37	-0.11	-0.01	0.46	0.30	0.05	-0.44	0.08	0.08	-0.10
叶片亮度 LB	-0.07	0.08	-0.16	0.06	0.07	-0.14	-0.27	-0.39	0.23	0.39	0.19	-0.13	0.25	0.38
叶质 LT	-0.21	-0.08	0.08	0.15	0.04	0.01	-0.26	-0.22	-0.48	-0.13	-0.14	0.18	0.11	0.35
子房茸毛 OP	-0.07	-0.11	0.18	-0.20	-0.29	0.20	0.15	-0.12	0.36	0.27	-0.17	-0.05	0.22	0.05
叶基 LB	0.12	-0.26	0.39	-0.12	0.09	-0.23	-0.05	-0.03	-0.11	-0.11	0.41	0.03	0.35	-0.23
叶片着生状态 LA	-0.02	0.00	0.32	-0.19	0.24	-0.04	0.33	0.33	0.18	-0.11	0.13	-0.20	0.00	0.38
特征值 Eigenvalues	7.60	4.29	2.70	1.89	1.68	1.57	1.50	1.49	1.33	1.29	1.23	1.11	1.08	1.04
贡献率（%）Contribution rate	18.10	10.22	6.43	4.51	3.99	3.75	3.57	3.54	3.17	3.07	2.93	2.65	2.57	2.48
累计贡献率（%）Accumulative contribution rate	18.10	28.31	34.74	39.25	43.24	46.98	50.56	54.10	57.27	60.34	63.27	65.92	68.49	70.97

2.3 古茶树种质资源表型性状相关性分析

利用性状间的相关关系，可借助对一个性状的选择实现对其相关性状的间接改良，进而提升选育效率，缩短育种周期[28]。对临沧 200 份古茶树种质资源 42 个表型性状进行相关性分析，结果见图 1。其中有树型与分枝密度、花瓣长；树姿与叶片大小、叶柄茸毛、主脉茸毛、叶背绒毛、叶面、叶身、花瓣颜色、叶宽、叶面积、叶脉对数等 111 对性状存在极显著正相关关系；树型与树姿、叶齿锐度、叶基、花冠直径、花瓣数、子房数、柱头开裂数、花柱长度；树姿与叶片着生状态等 45 对性状呈显著正相关；树型与花瓣颜色、长宽比；树姿与叶柄长、萼长、花冠直径、花瓣长、花瓣数、子房数、柱头开裂数；分枝密度与叶面积、叶长、萼片茸毛、叶背茸毛、叶片大小等 75 对性状呈极显著负相关；树型与叶柄茸毛、主脉茸毛、叶面、叶缘、叶长、叶面积；树姿与分枝密度；分枝密度与叶宽、叶形；叶片大小与叶齿密度等 44 对性状呈显著负相关。综上分析可知，各性状间存在紧密而复杂的关联，表明临沧市 8 个县（区）古茶树资源的性状并非独立存在，而是相互影响、彼此制约的。因此，在开展种质创新与利用过程中，需对各性状进行系统性综合评价。



*：在 $P \leq 0.05$ 水平上显著相关，**：在 $P \leq 0.01$ 水平上极显著相关

*: Significantly correlated at $P \leq 0.05$ level; **: Highly significantly correlated at $P \leq 0.01$ level

图 1 表型性状相关性分析结果

Fig. 1 The results of phenotypic trait correlation analysis

2.4 古茶树种质资源表型性状聚类分析

对 42 个表型指标进行聚类分析，结果表明，在欧式距离 20 时，可将其划分为 4 个类群（图 2）。类群I包含编号 1、3~5、7~8、10~11、13~14、16~18、21~24、26~29、196~197、199~200 等共计 115 份资源，茶树种类为普洱茶、大理茶和过渡型，散布在临沧市临翔区、云县、凤庆县、永德县、镇康县、耿马傣族佤族自治县、沧源佤族自治县、双江拉祜族佤族布朗族傣族自治县；类群II包含 28 份资源：编号 25、30~32、35、46~47、51、55~59、63、66~67、75、86、88~89、91~92、141、146、158~159、174、179，茶树种类为普洱茶、大理茶和过渡型，散布在临沧市临翔区、云县、凤庆县、耿马傣族佤族自治县、沧源佤族自治县；类群III包含编号 2、6、9、12、15、19~20、39、48、65、70~72、78、80、83~84、97~99、101~102、105、111~113、115~119、122~123、125~130、132~133、135、138~140、142、150、153~154、170~171、176、182、188、195、198 共计 56 份资源，茶树种类为普洱茶、大理茶和过渡型，散布在临沧市临翔区、

云县、凤庆县、永德县、镇康县、耿马傣族佤族自治县、沧源佤族自治县、双江拉祜族佤族布朗族傣族自治县；类群IV包含编号 85 共计 1 份资源，茶树种类为过渡型，散布在临沧市凤庆县。

对 4 个类群的表型性状进行统计分析，结果见表 6，由表 6 可知，4 个类群在树型、树姿、分枝密度、叶片着生状态、叶片大小、叶柄茸毛、叶面、叶身、花冠直径、叶齿深度、叶缘、子房数、子房茸毛、叶宽、花柱裂位、叶长、叶面积、叶柄长、叶脉对数、柱头开裂数 20 个性状上存在显著差异。第I类群主要表现为乔木或小乔木型茶树，树姿半开张或开张，叶片大小多为中叶、大叶，叶面微隆起，叶身平，叶长、叶宽、叶面积较小，柱头 3～4 裂，裂位较高，花冠直径普遍偏小；第II类群以乔木或小乔木型为主，树姿多为直立或半开张，叶片大小以小叶、中叶为主，叶面微隆起，叶身平，叶长、叶宽、叶面积最小，柱头 3～4 裂，裂位较高，花冠直径普遍较大；第III类群以乔木或小乔木型为主，树姿多为半开张或开张，叶片大小多为大叶、特大叶，叶身平，叶面隆起，叶长、叶宽、叶面积较大，柱头 3～4 裂，裂位较高，花冠直径小；第IV类群主要表现为小乔木型茶树，树姿直立，叶片大小为特大叶，叶身内折。叶面隆起，叶长、叶宽、叶面积最大，柱头 4 裂，裂位低，花冠直径大。

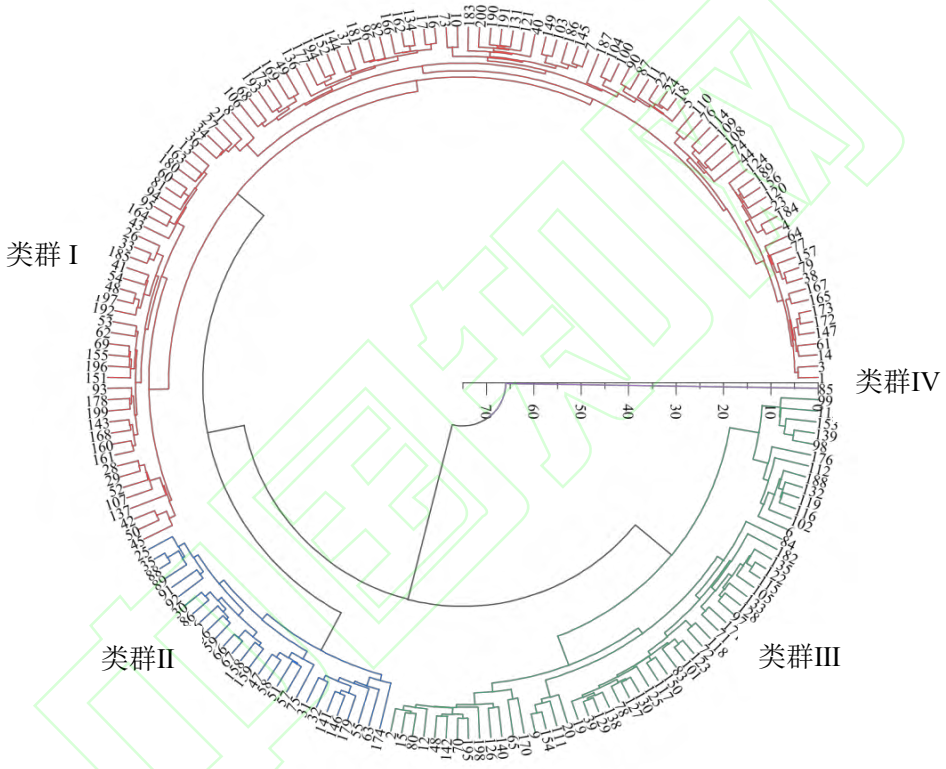


图 2 表型性状聚类分析结果

Fig. 2 The results of phenotypic trait cluster analysis

表 6 不同类群间表型性状的比较

Table 6 Comparison of phenotypic characters among different groups

性状 Traits	第I类群 Group I		第II类群 Group II		第III类群 Group III		第IV类群 Group IV
	平均值±标准差 Mean ± *SD*	变异系数（%）*CV*	平均值±标准差 Mean ± *SD*	变异系数（%）*CV*	平均值±标准差 Mean ± *SD*	变异系数（%）*CV*	平均值 Mean
树型 TT	2.67±0.49a	18.35	2.54±0.64a	25.13	2.44±0.50ab	20.54	2.00b
树姿 TP	2.18±0.72a	32.96	1.93±0.81a	42.17	2.38±0.59a	24.89	1.00b
分枝密度 BD	2.41±0.58b	24.05	2.68±0.48ab	17.76	2.27±0.59b	26.04	3.00a
叶片着生状态 LA	2.40±0.94a	39.18	2.18±0.90a	41.53	2.25±0.95a	42.01	1.00b
叶片大小 LS	2.77±0.42b	15.15	1.93±0.26c	13.60	3.84±0.37a	9.65	4.00a

叶形 LS	3.11±0.61a	19.49	3.14±0.89a	28.35	3.31±0.70a	20.99	3.00a
叶柄茸毛 PP	1.87±0.33ab	17.88	1.68±0.48b	28.33	1.98±0.13a	6.80	2.00a
主脉茸毛 MP	1.89±0.31a	16.56	1.71±0.46a	26.84	1.96±0.19a	9.62	2.00a
叶色 LC	3.24±0.57a	17.72	3.32±0.67a	20.16	3.22±0.66a	20.45	3.00 a
叶背茸毛 AP	1.89±0.31a	16.56	1.71±0.46a	26.84	1.96±0.19a	9.62	2.00a
叶面 LS	2.06±0.71bc	34.28	1.61±0.69c	42.64	2.56±0.60ab	23.46	3.00 a
叶身 TS	1.76±0.65a	36.78	1.61±0.63a	39.13	1.80±0.52a	29.08	1.00 b
叶质 LT	2.11±0.55a	25.97	2.36±0.49a	20.70	2.15±0.56a	26.03	2.00 a
叶片亮度 LB	1.95±0.21a	10.71	2.00±0.00a	0.00	1.98±0.13a	6.80	2.00a
叶齿锐度 LTS	2.00±0.57a	28.73	1.86±0.71a	37.97	1.75±0.70a	40.09	2.00a
叶齿密度 LTD	1.98±0.47a	23.66	2.21±0.57a	25.66	1.89±0.50a	26.29	2.00 a
叶齿深度 LTD	1.49±0.54ab	36.05	1.68±0.61a	36.45	1.49±0.63ab	42.56	1.00b
叶基 LB	1.18±0.39a	32.79	1.18±0.39a	33.09	1.09±0.29a	26.60	1.00a
叶尖 LA	2.17±0.52a	24.03	2.11±0.42a	19.76	2.07±0.50a	24.31	2.00a
叶缘 LM	1.46±0.57ab	38.91	1.57±0.69a	43.91	1.64±0.56a	34.01	1.00b
花萼色泽 CAC	1.01±0.10a	9.45	1.04±0.19a	18.25	1.00±0.00a	0.00	1.00a
萼片茸毛 CH	1.03±0.16a	15.93	1.04±0.19a	18.25	1.09±0.29a	26.60	1.00a
花瓣颜色 PC	1.77±0.42a	23.75	1.68±0.55a	32.64	1.91±0.29a	15.20	2.00a
花瓣质地 PT	1.85±0.69a	37.13	1.96±0.51a	25.86	1.93±0.66a	34.38	2.00a
花瓣茸毛 PD	1.01±0.10a	9.45	1.04±0.19a	18.25	1.05±0.23a	21.73	1.00a
子房茸毛 OP	1.98±0.13a	6.77	2.00±0.00a	0.00	1.95±0.23a	11.78	1.00b
花柱裂位 SCL	2.58±0.68a	26.43	2.75±0.44a	16.03	2.73±0.59a	21.70	1.00b
雌雄蕊相对高度 PSRH	1.87±0.76a	40.34	2.04±0.64a	31.30	2.04±0.82a	40.06	2.00a
叶长 LL	12.25±0.95c	7.72	9.49±0.91d	9.59	15.42±1.14b	7.40	19.76a
叶宽 LW	5.29±0.45c	8.44	4.12±0.43d	10.45	6.31±0.49b	7.71	8.21a
叶面积 LA	45.79±5.93c	12.96	27.67±4.32d	15.63	68.65±8.57b	12.49	114.01a
长宽比 LAR	2.34±0.23a	9.83	2.33±0.25a	10.83	2.46±0.22a	8.80	2.43a
叶柄长 PL	6.52±1.38b	21.16	6.26±1.75b	27.94	6.88±1.39b	20.23	11.80a
叶脉对数 VP	11.47±2.80b	24.40	10.18±2.93b	28.81	12.39±2.71b	21.91	20.00a
萼片数 CN	5.03±0.16a	3.19	5.00±0.00a	0.00	5.07±0.42a	8.29	5.00a
萼片长 CL	4.63±0.96a	20.66	4.60±1.20a	26.08	4.56±0.80a	17.61	5.40 a
花冠直径 CD	3.67±0.88b	23.93	3.97±1.24ab	31.20	3.60±0.75b	20.79	4.60a
花瓣长 PL	1.71±0.40a	23.50	1.81±0.41a	22.94	1.64±0.41a	24.94	1.90a
花瓣数 PN	6.92±1.67a	24.06	7.57±1.89a	25.02	6.52±1.28a	19.62	7.00a
子房数 ON	3.40±0.66ab	19.40	3.57±0.88b	24.61	3.21±0.56ab	17.51	4.00 a
柱头开裂数 SDN	3.38±0.67ab	19.81	3.57±0.88ab	24.61	3.21±0.56b	17.51	4.00a
花柱长度 SL	1.23±0.35a	28.64	1.24±0.29a	23.02	1.26±0.60a	47.36	1.37 a

同行数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著（类群间比较）

Different lowercase letters following the data indicate significant differences at the 0.05 level (comparisons among groups)

3 讨论

作物种质资源是培育优良新品种的关键遗传材料，对其开展全面系统的鉴定与评估是农业科研的重要基础[29-30]。当前，种质资源的收集保存以及系统鉴定评价已成为全球育种领域的研究重点，而表型性状或农艺性状的分析仍然是资源鉴定筛选中最直观且可靠的方法。在种质资源研究领域，常用的分析方法包括遗传多样性分析、相关性分析、聚类分析和主成分分析等[31-32]。

变异系数（CV）和多样性指数（H'）常用于衡量种质资源的遗传多样性。H'值越高，表明性状变异范围越广，多样性越丰富，对种质创新的潜在贡献越大；反之，变异越小则性状稳定性越强[33]。本研究对 28 个质量性状的分析显示，不同性状的遗传多样性指数（H'）存在差异，其范围为 0.056~1.106，平均值为 0.670。

根据 Shannon-Wiener 多样性指数标准，H'>1 表明性状具有较高的多样性水平[34]，叶片着生状态（1.106）、叶片大小（1.088）、雌雄蕊相对高度（1.075）、叶面（1.054）和树姿（1.026）等性状的多样性较高。这一结果与肖巧梅[35]和潘宇婷等[19]的研究结论一致。相比之下，花萼色泽的多样性指数最低，表明该性状可能受较强的遗传控制。变异系数是用于评估观测值变异程度的统计指标。通常认为，当变异系数超过 10%时，表明个体间存在较为显著的差异[36]。翟秀明等[37]对重庆 30 份茶树种质资源的 30 项农艺性状进行遗传多样性分析，结果表明重庆茶树资源农艺性状的遗传多样性指数分布 0.32～2. 04 之间，平均多样性指数 1. 16；变异系数分布在 11. 01%～53. 54%之间。丁帅涛等[17]对陕西古茶树种质资源叶片表型性状遗传多样性分析结果表明，38 份古茶树资源的表型性状的平均变异系数和遗传多样性指数分别为 26.3930%和 0.8811。本研究中，14 个数量性状的变异系数介于 5.03%～34.30%之间（平均 20.97%），以上研究结果表明，不同省份茶树资源变异系数和多样性指数存在较大差异。

主成分分析（PCA）通过降维技术实现对种质资源的系统性评价，结合聚类分析可高效筛选各类群中的优异种质，为资源优化利用和育种目标达成提供科学依据[38]。目前，该技术已成功应用于核桃[39]、酸枣[40]、月季[41]、软枣猕猴桃[42]、枇杷[43]等植物的种质评价。本研究显示，前 14 个主成分累计贡献率达 70.97%，其中主脉茸毛、叶背茸毛、叶柄茸毛、花瓣颜色、叶面积、叶长、叶宽、叶片大小和叶柄长这 9 个表型性状的特征值较高，可作为茶树遗传多样性评估和品种改良的核心指标。聚类分析（欧式距离=20）将供试材料划分为 4 个类群（图 2），这 4 个类群在树型、树姿、分枝密度、叶片着生状态、叶片大小、叶柄茸毛、叶面、叶身、花冠直径、叶齿深度、叶缘、子房数、子房茸毛、叶宽、花柱裂位、叶长、叶面积、叶柄长、叶脉对数、柱头开裂数 20 个性状上存在显著差异。值得注意的是，聚类结果未呈现明显的地域性分布，而是基于表型遗传多样性形成，这与牛小军等[6]对四川九龙古茶树种质资源农艺性状研究结果一致。该发现为揭示茶树种质的形态分化规律及进化关系提供了重要线索。

研究表明，表型性状间的相关性分析有助于阐明不同性状间的内在联系。通过关键性状的表型筛选和遗传优化，可实现对次要性状的协同改良，进而提升育种效率[44]。本研究相关性分析结果表明，各表型性状之间存在错综复杂的关系，其中树型与分枝密度、花瓣长；树姿与叶片大小、叶柄茸毛、主脉茸毛、叶背绒毛、叶面、叶身、花瓣颜色、叶宽、叶面积、叶脉对数等 111 对性状呈极显著正相关。树型与树姿、叶齿锐度、叶基、花冠直径、花瓣数、子房数、柱头开裂数、花柱长度；树姿与叶片着生状态等 45 对性状呈显著正相关。树型与花瓣颜色、长宽比；树姿与叶柄长、萼长、花冠直径、花瓣长、花瓣数、子房数、柱头开裂数；分枝密度与叶面积、叶长、萼片茸毛、叶背茸毛、叶片大小等 75 对性状呈极显著负相关。树型与叶柄茸毛、主脉茸毛、叶面、叶缘、叶长、叶面积；树姿与分枝密度；分枝密度与叶宽、叶形；叶片大小与叶齿密度等 44 对性状呈显著负相关。基于这些性状间的相关性，育种人员可针对性选定亲本材料，推进多性状协同改良工作，同时搭配科学的栽培管理措施，对目标性状进行直接干预或间接调控，能够有效提高茶树栽培的综合效益，且对鲜叶产量的增加与品质的提升具有积极作用。

综上分析认为，临沧市所辖临翔区、凤庆县、云县、双江拉祜族佤族布朗族傣族自治县、永德县、镇康县、耿马傣族佤族自治县与沧源佤族自治县等地，拥有丰富多样的茶树种质资源，其表型性状变异显著，且各性状之间存在复杂的相关性；通过聚类分析，可将不同来源的种质资源划分为四个类群，各类群在表型特征与进化类型上存在明显区别；主成分分析则进一步提取出多项关键形态指标，为茶树亲本的综合评估提供了依据。但仅基于表型性状进行种质鉴定与遗传多样性分析仍存在一定局限，后续研究可整合分子标记等现代生物学技术，以更全面揭示其遗传背景与多样性特征。

参考文献

[1] Li M M, Meegahakumbura M K, Wambulwa M C, Burgess K S, Möller M, Shen Z F, Li D Z, Gao L M. Genetic analyses of ancient tea trees provide insights into the breeding history and dissemination of Chinese Assam tea (*Camellia sinensis* var. *assamica*). Plant Diversity, 2024, 46(2):229-237

[2] Niu S, Song Q, Koiwa H, Qiao D, Zhao D, Chen Z, Liu X, Wen X. Genetic diversity, linkage disequilibrium, and population

structure analysis of the tea plant (*Camellia sinensis*) from an origin center, Guizhou plateau, using genome-wide SNPs developed by genotyping-by-sequencing. BMC Plant Biology, 2019, 19(1): 328

[3] Wang W, Zhang J, Zhao Y, Yang S, Yang K, Li J H. Biochemical evaluation and analysis of ancient tea tree resource diversity in some tea areas of Lancang River Basin. Molecular Plant Breeding, 2020, 18(2): 665-679

[4] 陶萍, 宋燚, 张晴晖, 李俊萩, 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, 157

Tao P, Song Y, Zhang Q H, Li J Q, Dai Y, Lan Z Q. Data analysis of phenotypic traits of ancient tea tree resources of Yunnan Pu'er tea variety. Journal of West China Forestry Science, 2020, 49(6): 144-151, 157

[5] Yang G, Zhou D, Wan R, Wang C, Xie J, Ma C, Li Y. HPLC and high-throughput sequencing revealed higher tea-leaves quality, soil fertility and microbial community diversity in ancient tea plantations: compared with modern tea plantations. BMC Plant Biology, 2022, 22(1):1-14

[6] 牛小军, 包兴伟, 郑旭霞, 秦秀珍, 邱金华, 王小亚, 沈世魁, 辛国田, 赵芸, 黄海涛. 四川九龙古茶树种质资源农艺性状遗传多样性研究. 植物遗传资源学报, 2024, 25 (2): 249-258

Niu X J, Bao X W, Zheng X X, Qin X Z, Qiu J H, Wang X Y, Shen S K, Xin G T, Zhao Y, Huang H T. Genetic diversity of agronomic traits in ancient tea plant germplasm resources from Jiulong, Sichuan. Journal of Plant Genetic Resources, 2024, 25(2): 249-258

[7] 刘青. 贵州三都县古茶树遗传多样性研究. 贵阳: 贵州大学, 2020

Liu Q. Study on genetic diversity of ancient tea plants in Sandu county, Guizhou. Guiyang: Guizhou University, 2020

[8] 宁功伟, 陈晓明, 成雅容, 段学良, 杨旭, 孙超, 李友勇, 邵金良, 刘本英, 王洪斌. 保山市代表性古茶树资源表型与生化组分多样性研究. 植物遗传资源学报, 2025, 26 (5): 942-961

Ning G W, Chen X M, Cheng Y R, Duan X L, Yang X, Sun C, Li Y Y, Shao J L, Liu B Y, Wang H B. Diversity of phenotypic and biochemical components in representative ancient tea plant resources from Baoshan City. Journal of Plant Genetic Resources, 2025, 26(5): 942-961

[9] 何青元. 制定《云南省古茶树保护条例》的建议. 云南农业科技, 2022, 50(6): 4-9

He Q Y. Suggestions for formulating the "Yunnan Ancient Tea Tree Protection Regulations". Yunnan Agricultural Science and Technology, 2022, 50(6): 4-9

[10] 黎鹏, 雷永琴, 田燕, 马潇源. 临沧市古茶树(园)保护和开发利用研究. 现代农业研究, 2022, 28 (7): 80-82

Li P, Lei Y Q, Tian Y, Ma X Y. Research on the protection and utilization of ancient tea trees (gardens) in Lincang city. Modern Agricultural Research, 2022, 28(7): 80-82

[11] 杨金玲. 西双版纳地区古茶树种质资源的遗传多样性分析. 昆明: 云南大学, 2020

Yang J L. Genetic diversity analysis of ancient tea germplasm resources in Xishuangbanna area. Kunming: Yunnan University, 2020

[12] 唐杰, 杨煊禹, 李绍华, 刘晓慧, 梁名志, 刘丹丹. 沧源佤族自治县古茶树资源多样性分析. 农学学报, 2023, 13 (9): 67-73

Tang J, Yang X Y, Li S H, Liu X H, Liang M Z, Liu D D. Diversity analysis of ancient tea plant resources in Cangyuan Wa Autonomous County. Journal of Agriculture, 2023, 13(9): 67-73

[13] 丁帅涛, 程晓梅, 张亚, 万斌, 任华江, 江昌俊, 余有本, 纪晓明, 胡歆. 基于表型性状和生化成分的陕西茶树种质资源遗传多样性研究. 西北农业学报, 2019, 28 (4): 607-619

Ding S T, Cheng X M, Zhang Y, Wan B, Ren H J, Jiang C J, Yu Y B, Ji X M, Hu X. Genetic diversity of tea germplasm resources in Shaanxi based on phenotypic traits and biochemical components. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2019, 28(4): 607-619

[14] 陈杏, 农玉琴, 廖春文, 李金婷, 骆妍妃, 陈远权, 韦锦坚. 基于表型性状的广西茶树种质资源遗传多样性分析. 中国热带农业, 2019, (4): 49-52

Chen X, Nong Y Q, Liao C W, Li J T, Luo Y F, Chen Y Q, Wei J J. Genetic diversity analysis of tea germplasm resources in Guangxi based on phenotypic traits. Chinese Tropical Agriculture, 2019(4): 49-52.

[15] 王小萍, 张厅, 黄梅, 唐晓波, 王迎春, 刘飞, 李春华, 王云. 四川地区茶树种质资源叶表型性状多样性分析. 中国农学通报, 2018, 34 (4): 89-94
Wang X P, Zhang T, Huang M, Tang X B, Wang Y C, Liu F, Li C H, Wang Y. Diversity analysis of leaf phenotypic traits in tea germplasm resources from Sichuan region. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2018, 34(4): 89-94
[16] 班秋艳, 纪晓明, 余有本, 闫满朝, 胡歆, 潘宇婷, 任华江, 丁帅涛, 江昌俊. 陕西茶树种质资源表型性状的遗传多样性研究. 安徽农业大学学报, 2018, 45 (4): 575-579
Ban Q Y, Ji X M, Yu Y B, Yan M Z, Hu X, Pan Y T, Ren H J, Ding S T, Jiang C J. Study on genetic diversity of phenotypic traits in tea germplasm resources in Shaanxi. Journal of Anhui Agricultural University, 2018, 45(4): 575-579
[17] 丁帅涛, 程晓梅, 张亚, 任华江, 江昌俊, 纪晓明, 胡歆. 陕西古茶树种质资源表型性状遗传多样性研究. 广东农业科学, 2018, 45 (2): 52-60
Ding S T, Cheng X M, Zhang Y, Ren H J, Jiang C J, Ji X M, Hu X. Genetic diversity of phenotypic traits in ancient tea germplasm resources in Shaanxi. Guangdong Agricultural Sciences, 2018, 45(2): 52-60
[18] 俞文生, 倪佳成, 陈慧, 李浩宇. 茶树种质资源表型遗传多样性分析. 安徽农业科学, 2017, 45 (25): 40-42, 50
Yu W S, Ni J C, Chen H, Li H Y. Genetic diversity analysis of phenotypic traits in tea germplasm resources. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2017, 45(25): 40-42, 50
[19] 潘宇婷, 袁正仿, 袁红雨, 班秋艳, 江昌俊. 河南省地方茶树种质资源表型性状遗传多样性研究. 信阳师范学院学报:自然科学版, 2018, 31 (4): 578-585
Pan Y T, Yuan Z F, Yuan H Y, Ban Q Y, Jiang C J. Genetic diversity of phenotypic traits of local tea germplasm resources in Henan province. Journal of Xinyang Normal University:Natural Science Edition, 2018, 31(4): 578-585
[20] 牛素贞, 宋勤飞, 安红卫, 黄政, 刘霞, 赵德刚, 陈正武. 贵州古茶树种质资源基于形态特征的多样性研究. 浙江农业学报, 2019, 31 (10): 1689-1699
Niu S Z, Song Q F, An H W, Huang Z, Liu X, Zhao D G, Chen Z W. Diversity study of ancient tea germplasm resources in Guizhou based on morphological characteristics. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2019, 31(10): 1689-1699
[21] 丁洲, 李烨昕, 袁艺, 王海燕, 刘学诗, 江昌俊. 安徽茶区优良群体种的表型性状和遗传多样性分析. 茶叶科学, 2018, 38 (2): 155-161
Ding Z, Li Y X, Yuan Y, Wang H Y, Liu X S, Jiang C J. Analysis of phenotypic traits and genetic diversity of elite population varieties in Anhui tea-growing regions. Journal of Tea Science, 2018, 38(2): 155-161
[22] 郑旭霞, 黄海涛, 沈林章, 余继忠. 紫笋群体种茶树资源表型性状特性和遗传多样性分析. 茶叶, 2020, 46 (4): 223-228
Zheng X X, Huang H T, Shen L Z, Yu J Z. Analysis of phenotypic characteristics and genetic diversity of Zisun population tea plant resources. Tea, 2020, 46(4): 223-228
[23] 王治会, 彭华, 江新凤, 杨普香. 江西茶树种质资源芽叶表型多样性分析. 江苏农业科学, 2020, 48 (1): 134-138，142
Wang Z H, Peng H, Jiang X F, Yang P X. Analysis of bud and leaf phenotypic diversity in tea germplasm resources in Jiangxi. Jiangsu Agricultural Sciences, 2020, 48(1): 134-138，142
[24] 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* spp.) germplasm resources. Beijing: China Agriculture Press, 2005.
[25] 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/T1312-2007 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/T1312-2007 Technical code for evaluating crop germplasm resources—Tea plant. Beijing: Agricultural Standard Publishing Center, 2007
[26] 王新超, 陈亮, 杨亚军. 广西茶树资源生化成分多样性分析. 植物遗传资源学报, 2010, 11(3): 309-314
Wang X C, Chen L, Yang Y J. Diversity analysis of biochemical components of tea germplasm resources in Guangxi. Journal of Plant Genetic Resources, 2010, 11(3): 309-314
[27] 张莹, 曹玉芬, 霍宏亮, 徐家玉, 田路明, 董星光, 齐丹, 张小双, 刘超, 王立东. 基于枝条和叶片表型性状的梨种质资源

多样性. 中国农业科学, 2018, 51 (17): 3353-3369
Zhang Y, Cao Y F, Huo H L, Xu J Y, Tian L M, Dong X G, Qi D, Zhang X S, Liu C, Wang L D. Diversity of pear germplasm resources based on phenotypic traits of branches and leaves. Scientia Agricultura Sinica, 2018, 51(17): 3353-3369

[28] 周瑜, 李泽碧, 黄娟, 吴毓, 张亚勤, 张志良, 张晓春. 高粱种质资源表型性状的遗传多样性分析. 植物遗传资源学报, 2021, 22 (3): 654-664
Zhou Y, Li Z B, Huang J, Wu Y, Zhang Y Q, Zhang Z L, Zhang X C. Genetic diversity of sorghum germplasms based on phenotypic traits. Journal of Plant Genetic Resources, 2021, 22(3): 654-663

[29] 王现丽, 党选民, 贺滢, 詹园凤. 小型黄皮西瓜种质资源表型多样性分析与综合评价. 长江蔬菜, 2024, 38(18): 35-41
Wang X L, Dang X M, He H, Zhan Y F. Phenotypic diversity analysis and comprehensive evaluation of mini yellow-rind watermelon germplasm resources. Journal of Changjiang Vegetables, 2024, 38(18): 35-41

[30] 全成哲, 李淑芳, 李鹤南, 于维, 金京花. 吉林省 73 份审定水稻品种的表型性状遗传多样性研究. 作物杂志, 2024, 40(3): 64-75
Quan C Z, Li S F, Li H N, Yu W, Jin J H. Genetic diversity study of phenotypic traits of 73 rice varieties approved in Jilin province. Crops, 2024, 40(3): 64-75

[31] 钱景扬, 卢莉莉, 李芹, 汤寓涵, 陶俊, 赵大球. 中国芍药品种资源表型性状多样性分析. 园艺学报, 2025, 52 (2): 349-364
Qian J Y, Lu L L, Li Q, Tang Y H, Tao J, Zhao D Q. Diversity analysis of phenotypic traits for Chinese herbaceous peony cultivar resources. Acta Horticulturae Sinica, 2025, 52(2): 349-364

[32] 谢雪果, 彭晓云, 李云驹, 张白鸽, 汤俊瑜, 施延达, 冯元姣, 常静静, 许玲, 于冬冬. 115 份设施番茄表型性状遗传多样性分析. 江苏农业学报, 2024, 40 (8): 1361-1370
Xie X G, Peng X Y, Li Y J, Zhang B G, Tang J Y, Shi Y D, Feng Y J, Chang J J, Xu L, Yu D D. Genetic diversity and analysis of phenotypic traits in 115 facility tomatoes. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2024, 40(8): 1361-1370

[33] 冯章丽, 于文全, 顾广军, 刘畅, 卜海东, 程显敏, 刘延杰, 董雪梅, 邢星. 东北部分地区山荆子种质资源表型多样性及聚类分析. 植物遗传资源学报, 2016, 17 (6): 984-992
Feng Z L, Yu W Q, Gu G J, Liu C, Bu H D, Cheng X M, Liu Y J, Dong X M, Xing X. Phenotypic diversity and cluster analysis of *Malus baccata* germplasm resources in parts of Northeast China. Journal of Plant Genetic Resources, 2016, 17(6): 984-992

[34] 吴根松, 孙丽丹, 郝瑞杰, 石文芳, 张杰, 陈晶鑫. 梅花种质资源表型多样性研究. 安徽农业科学, 2011, 39(20): 12008-12012
Wu G S, Sun L D, Hao R J, Shi W F, Zhang J, Chen J X. Study on the phenotypic diversity of *P. mume* Sieb. et Zucc. germplasm resources. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(20): 12008-12012

[35] 肖巧梅. 云南白莺山茶树表型性状、生化成分及遗传多样性分析. 昆明: 云南农业大学, 2023
Xiao Q M. Analysis of phenotypic traits, biochemical components and genetic diversity of tea plants in Baiyingshan, Yunnan. Kunming: Yunnan Agricultural University, 2023

[36] 王治会, 岳翠男, 李琛, 蔡海兰, 彭华, 李文金, 胡瑶根, 杨普香. 江西省茶树种质化学特性多样性分析与鉴定评价. 江苏农业学报, 2020, 36 (1): 172-179
Wang Z H, Yue C N, Li C, Cai H L, Peng H, Li W J, Hu Y G, Yang P X. Diversity analysis and identification evaluation of chemical characteristics of tea germplasm in Jiangxi province. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2020, 36(1): 172-179

[37] 翟秀明, 李解, 唐敏, 胡方洁, 张军, 侯渝嘉, 徐泽. 重庆 30 份茶树种质资源农艺性状与生化成分多样性. 浙江农业学报, 2021, 33(7): 1244-1255
Zhai X M, Li J, Tang M, Hu F J, Zhang J, Hou Y J, Xu Z. Diversity of agronomic traits and biochemical components of 30 tea germplasm resources in Chongqing. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2021, 33(7): 1244-1255

[38] 蒋瑶, 陈文波, 陈仙君, 罗家雄. 黄秋葵种质资源引种鉴定评价. 种子, 2025, 44 (2): 150-161
Jiang Y, Chen W B, Chen X J, Luo J X. Identification and evaluation on the introduction of *Abelmoschus esculentus* germplasm resources. Seed, 2025, 44(2): 150-161

[39] 张赟齐, 董宁光, 郝艳宾, 陈永浩, 张俊佩, 侯智霞, 苏淑钗, 吴佳庆, 齐建勋. 109 份丰产核桃单株坚果表型多样性分析及性状评价. 南京林业大学学报:自然科学版, 2023, 47 (3): 87-96
Zhang Y Q, Dong N G, Hao Y B, Chen Y H, Zhang J P, Hou Z X, Su S C, Wu J Q, Qi J X. Nuts' phenotypic diversity analysis and character evaluation of 109 high-yield walnut individual trees. Journal of Nanjing Forestry University :Natural Sciences Edition, 2023, 47(3): 87-96

[40] 石倩倩, 琚思伟, 李新岗. 陕北 24 个酸枣种仁品质分析及综合评价. 果树学报, 2024, 41(12): 2472-2485
Shi Q Q, Ju S W, Li X G. Quality analysis and comprehensive evaluation of 24 jujube seed kernels in northern Shaanxi. Journal of Fruit Science, 2024, 41(12): 2472-2485

[41] 程雯慧, 梁琪, 穆文静, 张彤钰, 程培蕾, 偶春, 杨绍宗, 黄长兵. 226 份月季种质资源表型多样性分析及综合评价. 江苏农业科学, 2024, 52 (9): 173-181
Cheng W H, Liang Q, Mu W J, Zhang T Y, Cheng P L, Ou C, Yang S Z, Huang C B. Phenotypic diversity analysis and comprehensive evaluation of 226 Chinese rose germplasm resources. Jiangsu Agricultural Sciences, 2024, 52(9): 173-181

[42] 何艳丽, 秦红艳, 温锦丽, 范书田, 杨义明, 张宝香, 曹炜玉, 路文鹏, 李昌禹. 35 份软枣猕猴桃资源果实品质分析与综合评价. 果树学报, 2023, 40 (8): 1523-1533
He Y L, Qin H Y, Wen J L, Fan S T, Yang Y M, Zhang B X, Cao W Y, Lu W P, Li C Y. Quality analysis and comprehensive evaluation of 35 *Actinidia arguta* accessions. Journal of Fruit Science, 2023, 40(8): 1523-1533

[43] 赵双, 尤伟忠, 黄颖宏, 郤红丽. 基于主成分分析综合评价 23 个白沙枇杷品种果实品质. 中国南方果树, 2023, 52 (6): 114-118
Zhao S, You W Z, Huang Y H, Qie H L. Comprehensive evaluation of fruit quality of 23 white flesh loquats based on principal component analysis. South China Fruits, 2023, 52(6): 114-118

[44] 刘舒, 马正兵, 于晓丽. 不同种源桃金娘果实表型性状多样性. 经济林研究, 2024, 42(2): 54-61
Liu S, Ma Z B, Yu X L. Phenotypic diversity of *Rhodomyrtus tomentosa* fruit introduced from different provenances. Non-wood Forest Research, 2024, 42(2): 54-61