

覃爱颖,陈恩海,陈达辉,等. 60 份茶树品种(系)表型多样性分析与评价[J]. 江苏农业科学,2026,54(11):138-146.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2026.11.018

60 份茶树品种(系)表型多样性分析与评价

覃爱颖¹, 陈恩海¹, 陈达辉¹, 劳福增¹, 莫干辉²

(1. 广西职业技术学院农业工程学院,广西南宁 530226; 2. 广西壮族自治区亚热带作物研究所/

农业农村部亚热带果蔬质量安全控制重点实验室/广西亚热带特色水果质量安全控制重点实验室,广西南宁 530001)

摘要:为揭示亚热带茶树资源的表型多样性并筛选优质材料,以种植于广西职业技术学院茶树资源圃的 60 份茶树品种(系)为对象,参照 NY/T 2422—2013《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 茶树》技术规程,对其植株、新梢及叶片的 23 个表型性状进行观测,其中,对 18 项描述型性状进行赋值,5 项数量型性状取均值,随后采用表型多样性分析、相关性分析、聚类分析和主成分分析方法对其进行综合评价。结果表明,23 个表型性状的变异系数范围为 15.15%~44.20%,叶片横切面形态的变异系数最大(44.20%),遗传多样性指数范围在 0.62~2.08,一芽三叶长度的遗传多样性指数最高(2.08);叶尖形状与植株树型、新梢发芽密度与植株生长势、叶片着生姿态与新梢持嫩性存在极显著相关关系;聚类分析将 60 份茶树品种(系)分为 3 大类群;主成分分析将表型性状因子简化为 9 个主成分,累计贡献率达 69.55%,叶片长、叶片宽、一芽三叶长度、一芽三叶百芽重、植株树型是茶树表型变异的主要因素;以综合得分排序,前 10 名的得分范围在 0.51~1.00,筛选出蒙山九号、桂职 1 号、黄旦、台茶 12 号金萱等综合性状表现优异的品种(系)。综上所述,茶树品种间存在显著的表型多样性,综合评分前 10 名的品种(系)有推广或育种潜力,为茶树遗传研究及新品种选育提供科学依据。

关键词:茶树;品种;表型性状;聚类分析;广西;多样性

中图分类号:S571.103.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2026)11-0138-09

茶树(*Camellia sinensis*)属山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia* L.),起源于我国西南地区,至今已有三千多年的栽培历史,先后传入日本、印度、斯里兰卡等 50 多个国家,目前已成为全世界三大饮料作物之一^[1]。广西与云南、贵州相邻的地区被认为是茶树的次生起源中心,拥有世界上最多的茶组植物,出土了最早的与茶组植物最为近缘的山茶属木村化石^[2]。高效保护、改良和创新利用资源的基础就是对现有资源进行精准鉴定和评价^[3]。表型性状因其直观性和易于获取的特性,成为了资源评价中最经典的方法之一,这种方法被广泛应用于核心种质的构建以及资源的分类中^[3-4]。基于表型性状

进行资源的鉴定评价和遗传多样性分析,在南荻、板栗、蒙古黄芪、木槿、牡丹、山西大豆等植物种质资源研究中得到了广泛的应用,为该属植物优良种质资源保存及品种选育奠定了理论基础^[5-10]。

目前,已有许多学者涉足茶树资源遗传多样性的研究领域。张明泽等通过高效液相色谱仪(HPLC)对 11 份都匀市茶树种质资源的咖啡碱、没食子酸和儿茶素等 9 项生化成分进行检测,发现该市茶树资源生化成分存在丰富的多样性和变异,平均变异系数达 28.80%^[11]。刘燕等对威宁地区的 9 份茶树资源进行叶片解剖结构观察,以及抗氧化酶活性(SOD、CAT、POD)和渗透调节物质含量的测定,发现其抗氧化酶活性、渗透调节物质均存在差异,并影响茶树资源的抗旱能力^[12]。尚卫琼等对来自景洪市 12 个茶区的 88 份古茶树的树姿、干径、叶形等农艺性状进行了观测分析,发现其变异系数介于 15.51%~57.74%之间,表明其具有较为丰富的遗传多样性^[13]。此外,陈洪宇等对 56 份古茶树样本的 22 个表型性状的研究,揭示了叶缘、叶面、叶基、叶脉对数以及叶齿深度等表型因素在区分茶树种质资源差异上的作用^[14]。茶树的表型性状中,芽叶色泽、叶质、百芽重、发芽密度、树型、树姿等表型

收稿日期:2025-03-22

基金项目:2023 年度广西高校中青年教师科研基础能力提升项目(编号:桂教科研[2023]2 号 2023KY1030);国家现代农业产业技术体系广西创新团队建设专项(编号:桂财农函[2025]9 号);2025 年度广西高校中青年教师科研基础能力提升项目(编号:桂教科研[2025]1 号 2025KY1408)。

作者简介:覃爱颖(1992—),女,广西东兰人,硕士,农艺师,主要从事茶树生理研究。E-mail:993204912@qq.com。

通信作者:莫干辉,硕士,助理研究员,主要从事茶树育种和病理研究。E-mail:394993113@qq.com。

性状与茶树次生代谢、茶叶品质、产量及遗传进化密切相关^[15-16]。广西作为我国茶叶主产区之一,通过引进、本地资源收集和保护等方式,保存了大量的茶树种质资源。陈杏等基于表型性状对广西凌云和福建的 23 份茶树种质资源进行了遗传多样性分析,发现不同表型性状在不同种质之间存在不同程度的多样性,其中芽叶茸毛的变异系数最大,为 63.20%;叶片大小变异系数最小,为 17.94%^[17]。倪尔冬等对广西浦北 53 个代表性的茶树资源单株树形、地径、叶片等表型性状进行了调查研究,发现大多表型性状变异系数差异显著,最高的是树高,为 77.69%^[18]。韦圻等以广西大苗山区的 65 份茶树种质资源为研究对象,对其咖啡碱和儿茶素组分等主要品质化学成分进行测定,通过主成分分析、聚类分析和相关性分析等方式,发现其遗传多样性指数为 1.45 ~ 2.07,变异系数为 17.37% ~ 97.70%,表现出丰富的遗传变异^[19]。然而,关于全国各地茶树品种(系)在广西的适应性,以及本地品种(系)与引进品种(系)之间的遗传多样性和亲缘关系的研究却鲜有报道。因此,本试验以广西职业技术学院茶树种质资源圃保存的 60 份茶树品种(系)为研究对象,在相同的生长环境和田间管理下,对其树型、一芽三叶百芽重、生长势、一芽一叶期、发芽密度等 23 项表型性状进行观测、分析与综合评价,并基于表型性状,分析同一生长条件下不同茶树品种(系)的遗传多样性与亲缘关系,通过描述型性状标准化赋值法,对其进行综合评价,筛选出适应性好,长势佳的茶树品种(系),旨在进一步拓展我国茶树种质资源的遗传多样性信息,为今后广西茶树新品种的选育以及茶产业的可持续发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本研究供试的 60 份茶树品种(系)种植于广西壮族自治区南宁市广西职业技术学院茶叶教学科研基地(108°13' ~ 108°24'E, 22°34' ~ 22°58'N),具体茶树品种(系)名称及来源见表 1。该地区属于亚热带季风气候,年均气温为 22.0℃,年日照时数 1 584.70 h,年降水量 1 304.20 mm,适合茶树生长^[20]。

1.2 试验设计

资源圃地势平缓,圃内每小区种植 1 份茶树品种(系),小区长×宽为 25.00 m×20.00 m,双行单

株条列式种植,行距×株距为 0.50 m×0.40 m,每份品种(系)种植 155 株。所有茶树资源均遵循科学的管理模式,每年施用基肥 1 次、追肥 2 次,人工除杂草,每年 1 耕 3 锄,同时,坚持每年进行 1 次深耕和 3 次细锄,8 月和 12 月各修剪 1 次,并根据病虫害发生情况统一进行防治管理。

1.3 性状鉴定和测定

2024 年 3—5 月调查各份资源的性状,依据 NY/T 2422—2013《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 茶树》技术规程,对 60 份茶树品种(系)资源选取 23 个茶树基本性状进行调查统计,每个品种选取 5 株进行观测和测量,每个指标测量 3 次,并计算其平均值,包含一芽三叶长、一芽三叶百芽重、叶片长等 5 个数量型性状和植株树型、植株树姿和植株生长势等 18 个描述型性状,描述型性状标准化赋值与数值型性状测量方法见表 2。

1.4 数据分析

采用 WPS Office V12.1.0.16388 版本软件对试验数据进行整理,遗传多样性指数(H')采用 Shannon - Weaver 指数法进行计算^[21],即 $H' = -\sum (P_i \ln P_i)$,式中: P_i 为某性状第 i 级出现的频率。每个性状的观察值(X)分为 10 级,1 级为 $X < X - 2\sigma$,10 级为 $X \geq X + 2\sigma$,中间每级相差 0.5σ , σ 为标准差^[22],使用 IBM SPSS Statistics 23 进行主成分分析,采用方差最大化正交旋转,提取累计贡献率大于 60% 的主成分。聚类分析使用 Origin 2024 统计分析软件进行,聚类方法选用层次聚类法。

2 结果与分析

2.1 茶树品种(系)基本性状的变异和遗传多样性分析

2.1.1 描述型性状的变异及多样性 对 60 份茶树品种(系)18 个描述型性状指标的观测结果进行统计分析,结果见图 1。60 份茶树品种(系)植株树姿大体呈现半开张(68.33%)、植株生长势强(66.67%)、植株树型多为灌木型(46.67%)和小乔木型(53.33%)的形态特征,叶片呈现以横切面形态内折(68.33%)、基部形态钝(63.33%)、边缘锯齿(56.67%)、边缘波状程度弱(53.33%)、叶片形状窄椭圆形(48.33%)、叶尖急尖(71.67%)、叶绿色程度中(60.00%)、叶面隆起若(45.00%)、叶片着生姿态水平(46.67%)为主的形态特征,新梢特征以持嫩性强(48.33%)、芽茸毛中(36.67%)、一

表 1 60 份茶树品种(系)名称及来源

编号	名称	来源	编号	名称	来源
1	佛手	福建永春	31	白叶单枞	广东饶平
2	龙井长叶	安徽	32	桂绿 1 号	广西桂林
3	红旗 1 号	安徽红旗	33	桂红 3 号	广西桂林
4	福云六号	福建	34	桂红 4 号	广西桂林
5	丹桂	福建	35	罗香白牛茶	广西金秀
6	金观音	福建	36	桂香 22 号	广西凌云
7	春波绿	福建	37	桂职 1 号	广西南宁
8	铁观音	福建安溪	38	桂红 2 号	广西南宁
9	毛蟹	福建安溪	39	白毫早	湖南省农业科学院茶叶研究所
10	黄旦	福建安溪	40	特早 213	四川
11	梅占	福建安溪	41	川茶 1 号	四川峨眉山
12	软枝乌龙	福建草洋	42	川农黄	四川名山
13	福鼎大毫	福建福鼎	43	蒙山九号	四川名山
14	肉桂	福建慧苑岩	44	台茶 12 号金萱	中国台湾
15	水仙	福建建阳	45	翠玉	中国台湾
16	半天腰	福建南平	46	云抗 10 号	云南省农业科学院茶叶研究所
17	金牡丹	福建省农业科学院茶叶研究所	47	玫瑰	云南省农业科学院茶叶研究所
18	紫牡丹	福建省农业科学院茶叶研究所	48	紫娟茶	云南省农业科学院茶叶研究所
19	黄玫瑰	福建省农业科学院茶叶研究所	49	黄金芽	浙江
20	瑞香	福建省农业科学院茶叶研究所	50	浙弄 113	浙江
21	黄观音	福建省农业科学院茶叶研究所	51	安吉白茶	浙江安吉
22	白芽奇兰	福建平和	52	黄金叶	浙江安吉
23	奇兰	福建平和	53	尧山秀绿	浙江淳安
24	白鸡冠	福建武夷山	54	中黄 2 号	浙江缙云
25	铁罗汉	福建武夷山	55	浙农 117	浙江余姚
26	大红袍	福建武夷山	56	乌牛早	浙江永嘉
27	奇种	福建武夷山	57	中茶 108	中国农业科学院茶叶研究所
28	玉麒麟	福建武夷山	58	龙井 43	中国农业科学院茶叶研究所
29	本山	福建西坪尧阳	59	中黄 1 号	中国农业科学院茶叶研究所
30	元宵绿	福建崇儒	60	中茶 102	中国农业科学院茶叶研究所

芽二叶期第 2 叶颜色浅绿色(43.33%)、发芽密度大(60.00%)、一芽一叶期中(50.00%)为主,枝条以无“之”字形(68.33%)为主。

变异系数分析结果(表 3)显示,60 份茶树品种(系)的 18 个描述型性状的变异系数范围为 19.25%~44.20%,平均为 30.57%,各性状的变异系数从大到小依次为叶片横切面形态(44.20%)>叶片着生姿态(39.31%)>新梢一芽一叶期(37.78%)>枝条“之”字形(35.61%)>叶片叶面隆起(35.29%)>新梢持嫩性(33.04%)>叶片边缘波状程度(32.79%)>植株树型(32.68%)>叶片基部形态(31.58%)>叶片形状(30.00%)>新梢芽茸毛(28.47%)>新梢一芽二叶期第 2 叶颜色

(28.22%)>植株树姿(27.32%)>叶尖形状(25.85%)>新梢发芽密度(24.51%)>叶片绿色程度(24.35%)>叶片边缘锯齿(20.00%)>植株生长势(19.25%)。叶片横切面形态、叶片着生姿态、新梢一芽一叶期、枝条“之”字形、叶片叶面隆起、新梢持嫩性、叶片边缘波状程度、植株树型、叶片基部形态的变异系数大于平均值,表明这 9 个基本性状在 60 份品种(系)中变异较大。

遗传多样性分析结果(表 3)显示,60 份茶树品种(系)的 18 个描述型性状的遗传多样性指数范围为 0.62~1.22,平均为 0.91,表现出丰富的遗传变异,遗传多样性指数从大到小依次为叶片叶面隆起(1.22)>新梢芽茸毛(1.16)>新梢一芽二叶期第

表 2 描述型性状描述及赋值

基本性状	赋值情况
植株树型	灌木型=1,小乔木型=2,乔木型=3
植株树姿	直立=1,半开张=2,开张=3
植株生长势	弱=1,一般=2,强=3
枝条“之”字形	无=1,有=2
一芽一叶期	早=1,中=2,晚=3
发芽密度	稀=2,中=2,密=3
一芽二叶期第2叶颜色	白色=1,黄绿色=2,浅绿色=3,中等绿色=4,紫绿色=5
新梢芽茸毛	无=1,稀=2,中=3,密=4
新梢持嫩性	中=1,较强=2,强=3
叶片着生姿态	向上=1,水平=2,向下=3
叶片叶面隆起	无=1,弱=2,中=3,强=4
叶片绿色程度	浅=1,中=2,深=3
叶尖形状	钝=1,急尖=2,渐尖=3
叶片形状	披针形=1,窄椭圆形=2,中等椭圆形=3,阔椭圆形=4
叶片边缘波状程度	无=1,弱=2,中=3,强=4
叶片边缘锯齿	无=1,弱=2,中=3,深=4
叶片基部形态	楔形=1,钝=2,近圆形=3
叶片横切面形态	内折=1,平=2,背卷=3

2 叶颜色(1.14) = 叶片边缘波状程度(1.14) > 叶片形状(1.04) > 新梢持嫩性(1.03) > 新梢一芽一

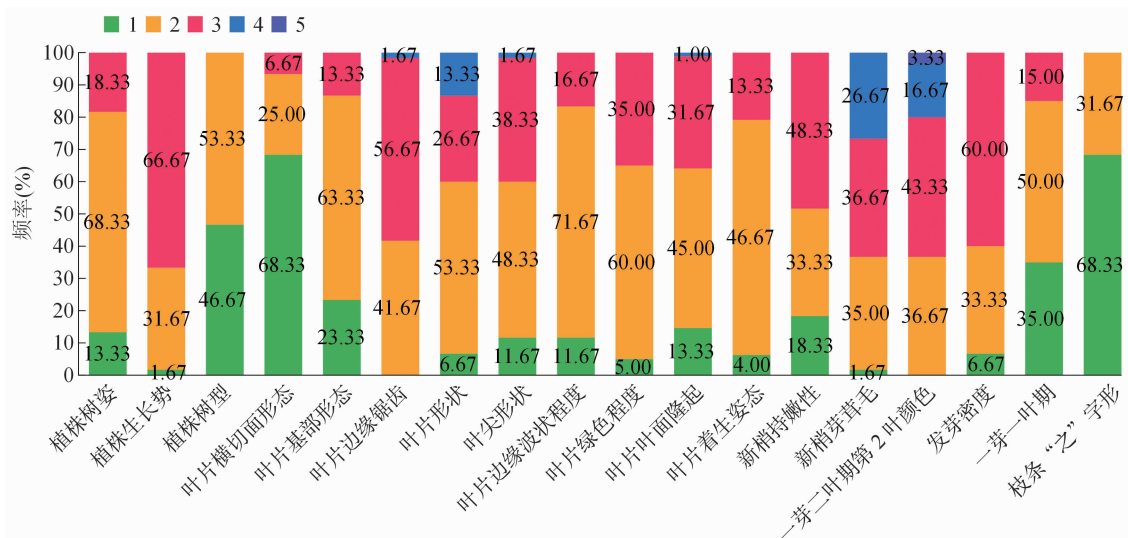


图1 60份茶树品种(系)18个描述型性状频率分布

2.2 茶树品种(系)描述型性状的相关性分析

对 60 份茶树品种(系)18 个描述型性状进行相关性分析,结果如图 2 所示,呈极显著($P < 0.01$)正相关的有 3 对性状,分别为叶尖形状与植株树型、新梢发芽密度与植株生长势、叶片着生姿态与新梢持嫩性;呈显著($P < 0.05$)正相关的有 5 对性状,分别

叶期(1.00) > 叶片着生姿态(0.99) > 叶片基部形态(0.90) > 新梢发芽密度(0.85) > 植株树姿(0.84) > 叶片绿色程度(0.82) > 叶尖形状(0.79) > 叶片横切面形态(0.78) > 叶片边缘锯齿(0.75) > 植株生长势(0.70) > 植株树型(0.69) > 枝条“之”字形(0.62)。叶片叶面隆起、新梢芽茸毛、新梢一芽二叶期第 2 叶颜色、叶片边缘波状程度、叶片形状、新梢持嫩性 6 个性状多样性系数较大(> 1.00),说明这 6 个性状变异类型丰富;植株树型及枝条“之”字形这 2 个基本性状多样性系数较小(< 0.70),说明变异类型少。

2.1.2 数量型性状的变异及多样性 对 60 份茶树资源的 5 个数量型性状统计分析,结果如表 4 所示,从数量型性状的极大值和极小值范围可以看出,数量性状之间的跨度较大,变异系数范围为 15.15% ~ 27.49%,均值为 22.17%,其中一芽三叶长变异系数最大(27.49%),变异系数超过平均值的有一芽三叶长、一芽三叶百芽重 2 个性状,表明这些性状的遗传变异较大。多样性指数变化范围在 1.74 ~ 2.08,均值为 1.91,样本整体的多样性指数较大,说明样本在数量型性状上的遗传多样性丰富。多样性程度从大到小依次排序为一芽三叶长度、叶片厚度、叶片长、叶片宽、一芽三叶百芽重。

为叶片基部形态与植株树型、枝条“之”字形与植株树姿、叶片形状与新梢发芽密度、叶片边缘波状程度与叶片绿色程度、叶片横切面形态与叶片边缘锯齿。除此之外,其他各性状间无显著相关性($P > 0.05$)。相关系数最高的是叶片着生姿态与新梢持嫩性(0.41),其次是新梢发芽密度与植株生长势

表 3 60 份茶树品种(系)描述型性状统计与遗传多样性分析

基本性状	极小值	极大值	均值	标准差	方差	变异系数(%)	遗传多样性指数
植株树型	1	2	1.53	0.50	0.26	32.68	0.69
植株树姿	1	2	2.05	0.56	0.34	27.32	0.84
植株生长势	1	3	2.65	0.51	0.33	19.25	0.70
枝条“之”字形	1	2	1.32	0.47	0.22	35.61	0.62
一芽一叶期	1	3	1.80	0.68	0.47	37.78	1.00
发芽密度	1	3	2.53	0.62	0.44	24.51	0.85
一芽二叶期第 2 叶颜色	2	5	2.87	0.81	0.71	28.22	1.14
新梢芽茸毛	1	4	2.88	0.82	0.73	28.47	1.16
新梢持嫩性	1	3	2.30	0.76	0.61	33.04	1.03
叶片着生姿态	1	3	1.73	0.68	0.47	39.31	0.99
叶片叶面隆起	1	4	2.38	0.84	0.73	35.29	1.22
叶片绿色程度	1	3	2.30	0.56	0.35	24.35	0.82
叶尖形状	1	3	2.05	0.53	0.31	25.85	0.79
叶片形状	1	4	2.30	0.69	0.51	30.00	1.04
叶片边缘波状程度	1	4	2.47	0.81	0.68	32.79	1.14
叶片边缘锯齿	2	4	2.60	0.52	0.34	20.00	0.75
叶片基部形态	1	3	1.90	0.60	0.38	31.58	0.90
叶片横切面形态	1	3	1.38	0.61	0.37	44.20	0.78

表 4 60 份茶树品种(系)数量型性状统计与遗传多样性分析

基本性状	极小值	极大值	均值	标准差	方差	变异系数(%)	遗传多样性指数
一芽三叶长(mm)	117.82	21.73	71.30	19.60	384.25	27.49	2.08
一芽三叶百芽重(g)	68.83	18.67	31.26	8.66	75.01	27.70	1.74
叶片长(mm)	105.97	50.68	71.51	12.49	156.01	17.47	1.90
叶片宽(mm)	67.34	21.18	32.20	7.42	55.04	23.04	1.87
叶片厚度(mm)	0.55	0.23	0.33	0.05	0.01	15.15	1.98

(0.38)、叶尖形状与植株树型(0.34)。

2.3 茶树品种(系)表型性状聚类分析

为筛选适用的品种,对 60 份茶树品种(系)的 23 个表型性状进行聚类分析,结果(图 3)表明,60 份品种可划分为 3 大类群,整体与品种来源无明显相关。第Ⅰ类群包含 39 个品种,占比 65.00%。该类群茶树的叶片相对较小,叶长小于 6.53 cm,叶片较为细小,叶肉较薄,尤其是高档名优绿茶。第Ⅱ类群包含 11 个品种,占比 18.33%。该类群茶树的叶长通常在 6.53 ~ 8.87 cm,叶片适中,叶肉厚度适中,既有一定的养分积累能力,又能较好地保持水分,适合制作多种类型的茶叶。第Ⅲ类群包含 10 个品种,占比 16.67%。该类群茶树的叶片相对较大,叶长一般超过 8.87 cm,叶片宽厚,叶肉丰富,茶汁浓厚,适合制作红茶、普洱茶等发酵程度较高的

茶叶。

2.4 茶树优良品种筛选

2.4.1 主成分分析 对 60 份茶树品种(系)的 23 个性状进行主成分因子分析,得到 9 个主成分(表 5),累计贡献率达 69.546%,基本涵盖了 23 个性状的主要信息。主成分 1 的贡献率达到了 13.090%,主要代表叶片长(0.425)、叶片宽(0.395)、一芽三叶长度(0.388)、一芽三叶百芽重(0.314)、植株树型(0.259);主成分 2 贡献率为 10.080%,主要代表了与茶树生长状态相关的因子,叶片形状(0.393)、叶尖形状(0.359)、新梢芽茸毛(0.346);主成分 3 的贡献率为 9.497%,对其贡献最大的是叶片边缘波状程度(0.365);主成分 4 的贡献率为 8.585%,主要代表植株树姿(0.379);主成分 5 的贡献率为 6.963%,主要代表叶片叶面隆起(0.393)。

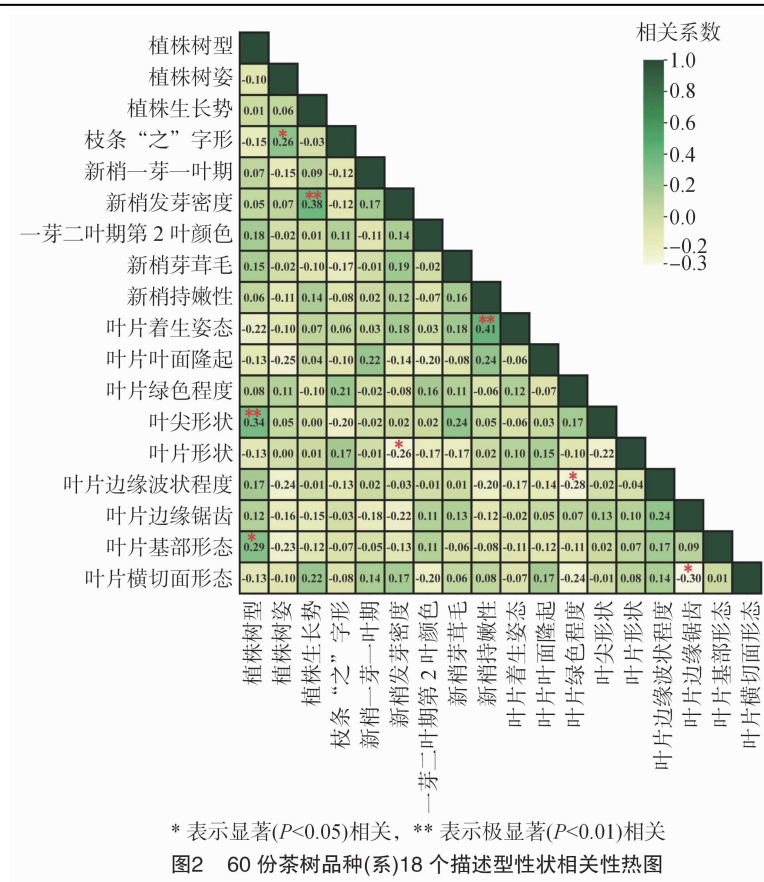


图2 60份茶树品种(系)18个描述型性状相关性热图

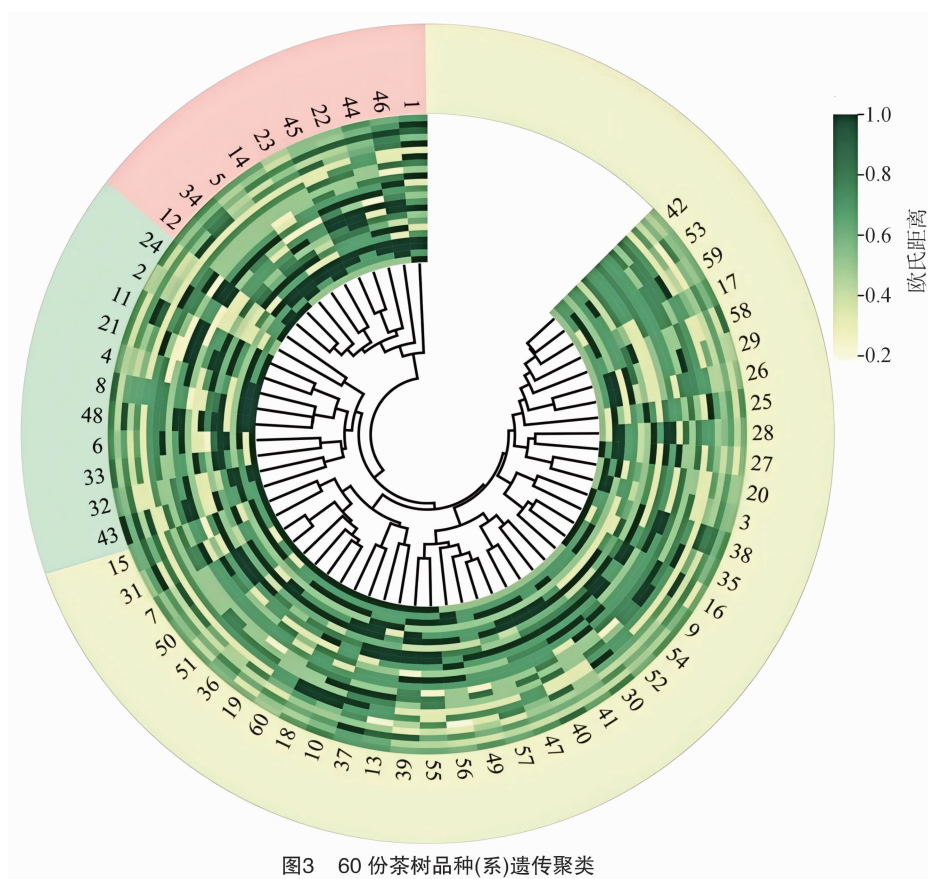


图3 60份茶树品种(系)遗传聚类

表 5 60 份茶树品种(系)性状的主成分分析

性状	载荷绝对值								
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
植株树型	0.259	0.291	0.224	0.143	0.109	0.020	0.120	0.129	0.328
植株树姿	0.067	0.135	0.182	0.379	0.250	0.188	0.049	0.312	0.026
植株生长势	0.007	0.086	0.317	0.174	0.316	0.117	0.204	0.027	0.213
枝条“之”字形	0.206	0.341	0.105	0.202	0.093	0.140	0.110	0.144	0.110
一芽一叶期	0.087	0.098	0.090	0.278	0.020	0.391	0.172	0.315	0.361
发芽密度	0.028	0.314	0.326	0.034	0.323	0.165	0.116	0.142	0.050
一芽二叶期第 2 叶颜色	0.238	0.161	0.080	0.151	0.137	0.192	0.027	0.518	0.051
新梢芽茸毛	0.039	0.346	0.035	0.025	0.216	0.006	0.426	0.212	0.121
新梢持嫩性	0.08	0.062	0.353	0.259	0.291	0.255	0.024	0.184	0.195
叶片着生姿态	0.092	0.002	0.334	0.048	0.295	0.319	0.389	0.125	0.023
叶片叶面隆起	0.153	0.021	0.095	0.274	0.393	0.247	0.377	0.102	0.097
叶片绿色程度	0.147	0.109	0.048	0.376	0.259	0.242	0.030	0.223	0.100
叶尖形状	0.171	0.359	0.051	0.026	0.109	0.246	0.091	0.407	0.006
叶片形状	0.136	0.393	0.005	0.278	0.119	0.115	0.029	0.023	0.241
叶片边缘波状程度	0.070	0.066	0.365	0.220	0.238	0.121	0.267	0.068	0.276
叶片边缘锯齿	0.108	0.034	0.343	0.039	0.304	0.183	0.008	0.016	0.422
叶片基部形态	0.103	0.005	0.321	0.203	0.116	0.179	0.073	0.033	0.282
叶片横切面形态	0.187	0.067	0.143	0.314	0.223	0.304	0.089	0.072	0.307
一芽三叶长	0.388	0.0571	0.151	0.119	0.002	0.208	0.380	0.001	0.069
一芽三叶百芽重	0.314	0.065	0.163	0.102	0.065	0.084	0.251	0.117	0.223
叶片长	0.425	0.130	0.041	0.134	0.088	0.131	0.298	0.176	0.047
叶片宽	0.395	0.294	0.055	0.248	0.048	0.059	0.122	0.012	0.134
叶片厚度	0.255	0.315	0.069	0.078	0.040	0.332	0.067	0.317	0.255
特征值	3.011	2.318	2.184	1.975	1.602	1.340	1.287	1.220	1.058
方差解释值	0.131	0.101	0.095	0.086	0.070	0.058	0.056	0.053	0.046
累计贡献率(%)	13.090	23.170	32.667	41.252	48.215	54.043	59.641	64.945	69.546

2.4.2 综合评价 对 60 份茶树品种(系)的 23 个性状数值进行标准化处理,获得前 9 个主成分得分,利用表 5 的各主成分得分系数得到如下方程式,以主成分 1 为例, $F_1 = 0.259 \times \text{植株树型} + 0.067 \times \text{植株树姿} - 0.007 \times \text{植株生长势} + 0.206 \times \text{枝条“之”字形} - 0.087 \times \text{新梢一芽一叶期} - 0.028 \times \text{新梢发芽密度} + 0.238 \times \text{新梢早期第 2 叶颜色芽叶色泽} + 0.039 \times \text{新梢芽茸毛} + 0.080 \times \text{新梢持嫩性} + 0.092 \times \text{叶片着生姿态} - 0.153 \times \text{叶片叶面隆起} + 0.147 \times \text{叶片绿色程度} + 0.171 \times \text{叶尖形状} + 0.136 \times \text{叶片形状} - 0.070 \times \text{叶片边缘波状程度} + 0.108 \times \text{叶片边缘锯齿} + 0.103 \times \text{叶片基部形态} - 0.187 \times \text{叶片横切面形态} + 0.388 \times \text{一芽三叶长度} + 0.314 \times \text{一芽三叶百芽重} + 0.425 \times \text{叶片长} + 0.395 \times \text{叶片宽} + 0.255 \times \text{叶片叶厚}$,再以各性状方差解释率计算各主成分权重系数,利用前 9 个主成分得分值与其对应的权重

乘积之和作综合指标, $F_{\text{综合}} = 0.131F_1 + 0.101F_2 + 0.095F_3 + 0.086F_4 + 0.070F_5 + 0.058F_6 + 0.056F_7 + 0.053F_8 + 0.046F_9$,对各品种(系)进行综合评分和排序(表 6),得分越高,综合表现越好。

60 份茶树品种(系)中,前 10 名品种的得分范围在 0.51 ~ 1.00,蒙山九号和桂职 1 号综合得分较高,分别为 1.00 与 0.91。10 个品种的平均叶片长 84.83 mm,平均叶片宽 35.36 m,平均一芽三叶长 81.18 m,平均一芽三叶百芽重 40.60 g(表 6),综合性状表现较好,可结合每个品种的性状特点,直接作为优良育种材料。

3 讨论

茶树全基因组的深入解析及现代生物技术的飞速进步,使得茶树育种研究得到了显著的推动,特别是叶色和形态突变等表型突出的茶树品种

表 6 茶树综合评价前 10 名的品种(系)

品种(系)	叶片长 (mm)	叶片宽 (mm)	一芽三叶长 (mm)	一芽三叶百芽重 (g)	综合得分	排名
蒙山九号	95.59	40.36	104.37	31.50	1.00	1
桂职 1 号	105.58	43.67	83.59	35.00	0.91	2
黄旦	68.61	36.18	64.88	32.67	0.85	3
台茶 12 号金萱	89.36	38.57	70.68	37.33	0.83	4
梅占	68.66	23.67	98.73	68.83	0.69	5
云抗 10 号	102.30	46.60	91.70	52.50	0.69	6
桂红 4 号	76.79	36.68	94.33	52.50	0.66	7
紫娟茶	91.47	29.94	76.34	31.50	0.60	8
白毫早	84.50	29.89	51.67	19.83	0.53	9
铁观音	65.45	28.05	75.53	44.33	0.51	10
平均值	84.83	35.36	81.18	40.60		

(系),不仅为茶树的生物学、形态学和品质化学研究提供了宝贵的资源,更成为了培育特色茶树品种的重要基础^[23]。本研究对 60 份茶树品种(系)的表型性状进行了变异系数和遗传多样性指数分析,旨在评估这些品种的遗传变异和改良潜力,结果表明,这些性状的变异系数范围为 24.76%~45.68%,平均值为 33.70%。根据孙铭等的研究,品种(系)间变异系数超过 10% 即表示存在显著差异^[24],而本研究中所有性状的变异系数均超过了这一阈值,显示出茶树品种间显著的表型多样性。其中叶片横切面形态、叶片着生姿态、新梢一芽一叶期的变异系数较大,分别为 44.20%、39.31% 和 37.78%,表明这些性状在品种(系)个体间的变异程度最高。这些性状的高变异性与田甜等的研究结果^[25]相一致,均指出茶树叶片着生姿态、新梢一芽一叶期性状变异程度较大,性状易分离。

相关性分析在种质资源性状遗传分析研究中广泛应用^[26]。本研究对 60 份茶树品种(系)的植株树型、植株树姿和植株生长势等 18 个描述型性状进行了相关性分析,结果表明,叶尖形状与植株树型、新梢发芽密度与植株生长势、叶片着生姿态与新梢持嫩性 3 对性状呈极显著正相关($P < 0.01$),表明这些性状在遗传上可能受到相似基因的控制或受到相同环境因素的影响。这种显著的相关性提示在育种目标中需要综合考虑这些性状。潘宇婷等对 113 份地方茶树种质资源的表型性状进行了相关性分析,发现叶长与叶面积的相关性最高,相关系数为 0.85^[27]。这与本研究中发现的性状之间的相

关性不同,表明虽然不同研究在性状相关性方面存在一定的共性,但由于研究对象、性状选择、环境因素和遗传背景等方面的差异,导致具体的相关性结果有所不同。此外,叶片基部形态与植株树型、枝条“之”字形与植株树姿、叶片形状与新梢发芽密度、叶片边缘波状程度与叶片绿色程度、叶片横切面形态与叶片边缘锯齿 5 对性状呈显著正相关($P < 0.05$),这些相关性虽然较极显著正相关性弱,但品种(系)的部分性状存在一定的关联性,下一代可能会遗传存在显著相关的性状特征^[28]。相关系数最高的是叶片着生姿态与新梢持嫩性(0.41),其次是新梢发芽密度与植株生长势(0.38)、叶尖形状与植株树型(0.34)。茶树作为常异花授粉植物,具有高度杂合性,其复杂的群体遗传结构使得性状间存在一定的连锁关系,这些高相关系数的性状意味着通过改良一个性状可以间接影响另一个性状的表现,为进一步的遗传研究和分子标记辅助育种提供了潜在的靶性状,同时为茶树品种的遗传结构和指导未来的育种实践提供了重要信息^[29-30]。

揭示物种遗传和变异规律的最好方法就是对稳定遗传的描述型性状和大样本量的数值型性状开展研究^[31]。本研究对 60 份茶树品种(系)的 23 个表型性状进行聚类分析,可将其分为 3 大类。对 3 大类群进行比较,可判断出不同类群的一芽三叶长度、一芽三叶百芽重、叶片大小为主导分类因素。由于形态学性状受到环境与遗传因素的双重影响,若要深入揭示茶树品种的遗传变异特性需要排除外界干扰,采用分子标记等现代生物技术进行更深

层次探索^[32]。

4 结论

综上所述,本研究主要围绕表型性状,对 60 份茶树品种(系)的表型性状进行变异系数和遗传多样性指数分析,揭示了这些品种在描述型性状上的显著遗传差异。结果显示,所有性状的变异系数均超过 10%,表明茶树品种间存在显著的表型多样性,尤其是叶片横切面形态、叶片着生姿态和新梢一芽一叶期等性状的变异系数最大。相关性分析进一步表明,部分性状之间存在显著的正相关,提示这些性状可能受到相似基因的控制或相同环境因素的影响。通过聚类分析,将茶树品种分为 3 大类,一芽三叶长度、一芽三叶百芽重和叶片大小为主要分类因素。综合评分前 10 名的品种(系)有推广或育种潜力。这些结果可为茶树品种改良提供丰富的遗传资源和重要的育种靶性状,同时也为未来的遗传研究和分子标记辅助育种奠定基础,为茶树品种的推广应用及新品种选育创新提供科学依据。

参考文献:

- [1] 林喜盈. 24 个福鼎地方茶树种质资源遗传多样性与亲缘关系分析[J]. 茶叶学报, 2024, 65(2): 19–26.
- [2] 杨世雄. 广西的茶树资源[J]. 广西林业科学, 2021, 50(4): 414–416.
- [3] 李国强, 李锡香, 沈 镒, 等. 基于形态数据的大白菜核心种质构建方法的研究[J]. 园艺学报, 2008, 35(12): 1759–1766.
- [4] 李 宁, 姚明华, 焦春海, 等. 亚洲及非洲茄子种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(23): 5769–5774.
- [5] 吴春妍, 肖 亮, 吴碧珊, 等. 41 份获、南获种质资源的表型多样性分析[J]. 草地学报, 2025, 33(5): 1473–1485.
- [6] 张馨方, 郭 燕, 张树航, 等. 210 份板栗种质资源坚果表型性状多样性分析[J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(1): 90–103.
- [7] 张浩博, 侯对虎, 吴宇涵, 等. 基于表型性状和 TOPSIS 模型联合分析的蒙古黄芪种质资源评价[J]. 中药材, 2024, 47(12): 2974–2979.
- [8] 赵文静, 闫红民, 郑 旭, 等. 40 个木槿品种的表型性状多样性及 ISSR 遗传多样性分析[J]. 温带林业研究, 2024, 7(4): 62–69.
- [9] 智 慧, 杨菁菁, 罗建让. 牡丹 96 个品种表型多样性分析与观赏性综合评价[J]. 园艺学报, 2025, 52(3): 635–645.
- [10] 陈 妍, 杨 午, 万 坤, 等. 基于表型多样性构建山西大豆地方品种核心种质[J]. 中国油料作物学报, 2025, 47(1): 105–114.
- [11] 张明泽, 姚玉仙, 刘丽萍, 等. 都匀茶树种质资源生化成分多样性分析[J]. 湖南农业科学, 2021(9): 45–48.
- [12] 刘 燕, 罗文敏, 段如雁, 等. 威宁地区茶树种质资源的抗旱性研究[J]. 西南农业学报, 2022, 35(3): 530–535.
- [13] 尚卫琼, 杨 勇, 段志芬, 等. 云南省景洪市古茶树资源农艺性状多样性分析[J]. 山东农业科学, 2015, 47(11): 23–26.
- [14] 陈洪宇, 陶燕蓝, 罗义菊, 等. 西南地区 10 种茶组植物表型多样性分析[J]. 分子植物育种, 2025, 23(10): 3370–3380.
- [15] 宁秋燕, 冯亚顺, 何卫中, 等. 茶树种质叶片色素含量与叶色参数的关系[J]. 西北植物学报, 2024, 44(6): 870–879.
- [16] 杨可航. 基于茶树种质差异分析 miRNA529 对儿茶素类物质代谢的影响[D]. 福州: 福建农林大学, 2024: 10–11.
- [17] 陈 杏, 农玉琴, 廖春文, 等. 基于表型性状的广西茶树种质资源遗传多样性分析[J]. 中国热带农业, 2019(4): 49–52.
- [18] 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.
- [19] 韦 圻, 吴河饶, 陈美丽, 等. 广西大苗山区 65 个茶树新品(株)系主要品质化学成分分析[J]. 南方农业学报, 2022, 53(11): 3037–3048.
- [20] 郑淑琳, 石玉涛, 王飞权, 等. 乌龙茶种质资源矿质元素含量特征分析与评价[J]. 福建农业学报, 2020, 35(2): 150–160.
- [21] 王治会, 彭 华, 江新风, 等. 江西茶树种质资源芽叶表型多样性分析[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(1): 134–138, 142.
- [22] 汪 莹. 安溪县地方茶树种质的遗传多样性分析及优异种质筛选[D]. 福州: 福建农林大学, 2024: 12–13.
- [23] 张亚真, 张 弋, 韩奥迪, 等. 新梢表型性状特异性茶树种质资源研究进展[J]. 茶叶学报, 2023, 64(1): 21–29.
- [24] 孙 铭, 符开欣, 范 彦, 等. 15 份多花黑麦草优良引进种质的表型变异分析[J]. 植物遗传资源学报, 2016, 17(4): 655–662.
- [25] 田 甜, 韦锦坚, 韦持章, 等. 35 份茶树种质资源农艺性状及生化成分多样性分析[J]. 西北农业学报, 2017, 26(5): 797–804.
- [26] 姚陆铭, 袁 娟, 马晓红, 等. 基于表型性状及 SSR 标记的扁豆种质资源遗传多样性分析[J]. 作物杂志, 2025(1): 35–45.
- [27] 潘宇婷, 袁正仿, 袁红雨, 等. 河南省地方茶树种质资源表型性状遗传多样性研究[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2018, 31(4): 578–585.
- [28] 郑佳嫒, 谢曼卫, 曾 贞, 等. 英德野生茶树叶片表型性状的遗传多样性分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2024, 32(2): 219–228.
- [29] 杨 军, 王让剑, 孔祥瑞, 等. 4 个茶树品种自交后代群体遗传结构分析[J]. 茶叶学报, 2016, 57(2): 59–63.
- [30] 贵文静, 于文涛, 刘玲玉, 等. 基于 SNP 分子标记的福建玳瑁山脉茶树种质遗传多样性分析及 DNA 指纹图谱构建[J]. 南方农业学报, 2025, 56(1): 160–168.
- [31] 江锡兵, 龚榜初, 刘庆忠, 等. 中国板栗地方品种重要农艺性状的表型多样性[J]. 园艺学报, 2014, 41(4): 641–652.
- [32] 王丽鸳, 姜燕华, 段云裳, 等. 利用 SSR 分子标记分析茶树地方品种的遗传多样性[J]. 作物学报, 2010, 36(12): 2191–2195.