



英德野生茶树叶片表型性状的遗传多样性分析

郑佳嫻, 谢曼卫, 曾贞, 黄亚辉, 晏嫦好

引用本文:

郑佳, 谢曼卫, 曾贞, 黄亚辉, 晏嫦好. 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.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4731>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

橄榄种质资源花序表型性状遗传多样性研究

Studies on Genetic Diversity on Inflorescence Phenotypic Characteristics of *Canarium album* Germplasm Resource
热带亚热带植物学报. 2019, 27(1): 1–10 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3940>

优良单株家系辣木叶的表型性状分析

Analysis on Leaf Phenotypic Traits of Excellent Single Plant Family *Moranga oleifera*
热带亚热带植物学报. 2020, 28(2): 185–191 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4096>

基于表型性状和SSR标记的57份辣椒种质遗传多样性分析

Genetic Diversity Analysis of 57 Germplasms of *Capsicum annuum* Based on Phenotypic Traits and SSR Markers
热带亚热带植物学报. 2020, 28(4): 356–366 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4185>

火龙果种质资源果实特性的遗传多样性分析

Genetic Diversity Analysis of Fruit Traits of *Hylocereus undatus* Germplasm Resources
热带亚热带植物学报. 2019, 27(4): 432–438 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4007>

乐昌含笑不同家系的叶形态与生长差异分析

Analysis of Leaf Morphology and Growth Differences among *Michelia chapensis* Families
热带亚热带植物学报. 2021, 29(5): 503–508 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4331>

向下翻页, 浏览PDF全文

英德野生茶树叶片表型性状的遗传多样性分析

郑佳媛, 谢曼卫, 曾贞, 黄亚辉*, 晏嫦妤*

(华南农业大学园艺学院, 广州 510642)

摘要: 为了解英德野生茶树的叶片表型性状的遗传多样性及进化特点, 对英德 89 份野生茶树资源的表型性状的变异系数、遗传多样性指数、表型分化系数进行分析。结果表明, 89 份资源的 18 项叶片性状的变异系数为 12.90%~43.11%, 平均 27.86%; 平均遗传多样性指数为 1.12, 表型分化系数为 17.07%~45.51%, 平均 33.40%。聚类分析结果表明, 当欧氏距离为 21.5 时, 所有材料可分为 4 大类, 分类结果与地域分布有一定相关性。巢氏方差分析表明, 在不同种群间和种群内, 数量性状均有极显著差异。相关性分析表明, 叶长与叶宽、叶面积、叶脉对数、叶长宽比、叶形呈极显著相关; 叶形与叶长宽比、叶脉对数之间呈极显著相关; 叶基与叶宽之间呈极显著相关; 叶长宽比与叶尖、着生状态呈极显著负相关。因此, 英德野生茶树资源存在丰富的遗传多样性, 茶树种质资源类型原始型、进化型以及中间类型并存, 但以中间类型和进化型为主。

关键词: 野生茶树; 叶片; 形态学; 表型性状; 遗传多样性

doi: 10.11926/jtsb.4731

Genetic Diversity and Primitive Analysis of Leaf Phenotypic Traits of Wild Tea in Yingde

ZHENG Jiayuan, XIE Manwei, ZENG Zhen, HUANG Yahui*, YAN Changyu*

(College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: In order to understand the genetic diversity and evolutionary characteristics of phenotypic traits of 89 wild tea trees from Yingde, Guangdong Province, the coefficients of variation, genetic diversity index, phenotypic differentiation coefficient of phenotypic traits were analyzed. The results showed that the variation coefficient of 18 leaf traits of 89 resources ranged from 12.90% to 43.11%, with an average of 27.86%. The average genetic diversity index was 1.12, and the phenotypic differentiation coefficient ranged from 17.07% to 45.51%, with an average of 33.40%. The cluster analysis results showed that when the Euclidean distance was 21.5, all the materials could be divided into four categories, and the classification results had correlation with the geographical distribution. The variance analysis showed that there were significant differences in quantitative traits between and within different populations. The correlation analysis showed that leaf length was significantly correlated with leaf width, leaf area, leaf vein number, ratio of leaf length to width and leaf shape. The leaf shape was significantly correlated with ratio of leaf length to width and leaf vein number. There was a significant correlation between leaf base and leaf width. The ratio of leaf length to width had negatively significant correlation with leaf tip and leaf direction. Therefore, there were abundant genetic diversity in wild tea resources in Yingde, and the types of wild tea germplasm resource were primitive, evolutionary and intermediate, but the evolutionary and intermediate types were the main ones.

Key words: Wild tea tree; Leaf; Morphology; Phenotypic character; Genetic diversity

收稿日期: 2022-10-13 接受日期: 2023-06-06

基金项目: 广东省现代农业产业技术体系创新团队建设项目(2022KJ120); 广东省农业产业园项目([2018]32)资助

This work was supported by the Project for Modern Agriculture Industry Technology Innovation Teams Construction in Guangdong (Grant No. 2022KJ120), and the Project of Guangdong Modern Agricultural Industrial Park (Grant No. [2018]32).

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: cyyan@scau.edu.cn

野生茶树是指生存在人迹罕至的原始森林或自然林中, 未被人工栽培驯化管理过的茶或茶组植物。野生茶树资源是重要的茶树基因资源库, 野生茶树资源的调查对研究茶树进化和资源利用具有重要意义^[1]。20 世纪 80 年代, 中国作物种质资源考察队在中国华南地区发现有野生大茶树分布^[2]。地处南岭一带的广东英德位于南亚热带向中亚热带过渡地区, 属亚热带季风气候。县域四周山地环绕向南倾斜, 弧形构造明显, 山体部分岩石为喀斯特地貌^[3]。因其独特地理位置和优越自然气候, 形成了适合茶树生长发育的环境。英德的野生茶树分布广泛, 但相关的调查研究较少, 许多野生茶树的资源尚待挖掘研究。尽管目前分子技术已广泛应用于茶树的种质资源鉴定与分类研究, 但叶片形态学调查仍是基础。同时茶树叶片形态性状的鉴定和描述不仅是开展茶树种质资源调查和分类研究的最传统方法, 也是综合分析茶树性状的重要依据^[4]。为了解英德野生茶树资源的现状, 本研究团队对英德栏杆山、五郎嶂和石门台自然保护区共 3 处野生茶树资源聚集地进行了实地考察, 并对英德野生茶树叶片形态特征进行了初步调查和分析, 为判断英德地区野生茶树资源的类型以及为英德野生茶树资源的开发利用提供参考。

1 材料和方法

1.1 材料

于 2019 年 7 月、2020 年 7 月, 在英德栏杆山、五郎嶂、石门台自然保护区 3 处野生茶树资源聚集地共采集了 89 份野生茶树资源, 取当年生枝梢中部成熟健康定型叶片 5 片进行性状调查。材料编号 1~33 号为五郎嶂 1~33 号, 34~56 号为栏杆山 1~23 号, 57~89 号为石门台 1~33 号。

1.2 调查方法

根据陈亮等的《茶树种质资源描述规范和数据标准》^[5]对叶长、叶宽、叶面积、叶片大小、叶长宽比、叶形、叶脉对数、叶色、叶基、叶尖、叶身、叶面、叶缘、叶质、叶齿密度、叶齿深度、叶齿锐度、着生状态等主要表型性状进行观察并按照规范赋值记录。

1.3 统计分析

利用 SPSS 22.0 版软件进行聚类分析、显著性分析、方差分析和相关性分析, 应用 WPS Excel 进

行变异系数(CV)、香农维纳遗传多样性指数(I')、表型分化系数(V_{st})的计算。 $I' = P_i \times \ln P_i$, 其中 P_i 表示某性状第 i 级内材料数占总数的百分比^[6]。 V_{st} 表示群体数量性状的表型分化程度, $V_{st} = [\delta^2_{vs} / (\delta^2_{vs} + \delta^2_s)] \times 100\%$, 其中, δ^2_{vs} 为群体间的方差分量, δ^2_s 为群体内的方差分量^[7]。

2 结果和分析

2.1 叶片特征类型分析

从表 1 可见, 叶片性状均呈现不同程度的遗传分化, 其中分化程度较高的为叶形、叶尖、叶脉、叶缘、叶身、叶质、叶片着生状态等, 均具有 3 种及以上分化类型, 分化较少的为叶面、叶基和叶齿深度, 仅有 2 种分化。

89 份英德野生茶树资源中 61 份为中叶, 占 68.54%, 叶脉对数为 5~10 对; 叶色多为深绿色(73.03%); 叶质主要表现为中(73.03%)。叶形以椭圆形(49.44%)和长椭圆形(33.71%)为主; 叶基主要为近圆形(75.28%); 叶尖以渐尖(74.16%)为主; 叶身以内折(40.45%)为主, 辅以平(35.96%); 叶面以平(77.53%)为主。叶缘以平与微波为主, 分别占 47.19%和 46.07%, 少数为波状, 五郎嶂茶树 78.08% 叶缘为微波; 叶齿密度主要为中(66.29%); 叶齿深度中浅和中接近 1:1; 叶齿锐度主要为钝(51.69%), 其次为中等(41.57%); 叶片着生状态以上斜(46.07%)和稍上斜(41.57%)为主, 五郎嶂与栏杆山茶树叶多为上斜着生, 石门台以稍上斜着生为主要方式, 石门台的着生状态分化方式较多, 还存在叶片下垂着生。

2.2 多样性分析

变异系数作为相对指标, 反映了性状表现的离散范围。从表 2 可见, 18 个叶片表型性状的变异系数为 12.90%~43.11%, 平均为 27.86%, 其中叶面积(42.54%)、叶片大小(31.35%)、叶形(28.49%)、叶面(34.43%)、叶身(37.50%)、叶齿深度(33.56%)、叶缘(38.75%)、着生状态(43.11%)等 8 个性状的变异系数高于平均值, 表明这 8 个性状的变异丰富, 离散程度较大, 其余性状的遗传特性则相对稳定。

遗传多样性指数是反映性状多样性的一种指标, 18 个叶片表型性状的平均遗传多样性指数为 1.12, 其中叶面最小(0.53), 叶长最大(2.03), 数量性状的平均多样性指数大于质量性状, 呈现出更丰富的遗传多样性, 变异更广泛。

表 1 英德野生茶树叶片性状

Table 1 Leaf character of Yingde wild tea trees

性状 Trait	五郎嶂 Wulangzhang (33)	栏杆山 Langanshan (23)	石门台自然保护区 Shimentai Nature Reserve (33)
LS	小叶(2), 中叶(26), 大叶(4), 特大叶(1)	小叶(3), 中叶(18), 大叶(2)	小叶(16), 中叶(17)
LVN	5 对(1), 6 对(10), 7 对(15), 8 对(5), 9 对(2)	6 对(1), 7 对(7), 8 对(7), 9 对(7), 10 对(1)	5 对(1), 6 对(5), 7 对(13), 8 对(13), 9 对(1)
LC	浅绿(1), 绿色(5), 深绿(27)	绿色(5), 深绿(18)	绿色(13), 深绿(20)
LSP	椭圆形(18), 长椭圆形(15)	椭圆形(6), 长椭圆形(10), 披针形(7)	近圆形(7), 椭圆形(20), 长椭圆形(5), 披针形(1)
LB	楔形(2), 近圆形(31)	楔形(3), 近圆形(20)	楔形(17), 近圆形(16)
LT	渐尖(31), 钝尖(2)	渐尖(22), 钝尖(1)	急尖(3), 渐尖(13), 钝尖(15), 圆尖(2)
LBD	平(12), 内折(13), 平-内折(8)	平(12), 内折(6), 稍背卷(1), 平-内折(2), 平-稍背卷(2)	平(8), 内折(17), 稍背卷(5), 平-内折(3)
LSF	平(29), 微隆起(4)	平(18), 微隆起(5)	平(22), 微隆起(11)
LM	平(7), 微波(26)	平(9), 微波(11), 波(3)	平(26), 微波(4), 波(3)
LTT	柔软(5), 中(24), 硬(4)	柔软(1), 中(20), 硬(2)	柔软(2), 中(21), 硬(10)
LMSD	密(9), 中(24)	密(6), 中(16), 稀(1)	密(11), 中(19), 稀(3)
LMSS	钝(18), 中(15)	钝(16), 中(7)	钝(12), 中(15), 锐(6)
LMSDP	浅(16), 中(17)	浅(12), 中(11)	浅(17), 中(16)
LGD	上斜(20), 稍上斜(13)	上斜(12), 稍上斜(6), 水平(5)	上斜(9), 稍上斜(18), 水平(5), 下垂(1)

LS: 叶片大小; LVN: 叶脉对数; LC: 叶色; LSP: 叶形; LB: 叶基; LT: 叶尖; LBD: 叶身; LSF: 叶面; LM: 叶缘; LTT: 叶质; LMSD: 叶齿密度; LMSS: 叶齿锐度; LMSDP: 叶齿深度; LGD: 着生状态; 括号内的数字表示资源数量。下同

LS: Leaf size; LVN: Leaf vein number; LC: Leaf color; LSP: Leaf shape; LB: Leaf base; LT: Leaf tip; LBD: Leaf blade; LSF: Leaf surface; LM: Leaf margin; LTT: Leaf texture; LMSD: Serration density of leaf margin; LMSS: Serration sharpness of leaf margin; LMSDP: Serration depth of leaf margin; LGD: Leaf growing direction; the numbers in parentheses indicate the amount of resources. The same below

表 2 英德野生茶树叶片主要性状的遗传多样性指数

Table 2 Genetic diversity index of main characters of leaf of Yingde wild tea trees

性状 Trait	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 S.D	变异系数 CV/%	遗传多样性指数 (<i>I'</i>) Genetic diversity index
LL (cm)	5.92	16.32	9.68	2.28	23.55	2.03
LW (cm)	2.86	5.78	3.95	0.84	21.27	2.02
LA (cm ²)	13.70	66.49	27.27	11.60	42.54	1.94
LWR	1.42	3.74	2.48	0.44	17.74	2.05
LVN	5	10	7.31	1.01	13.82	1.41
LS	1	4	1.85	0.58	31.35	0.83
LC	2	4	3.72	0.48	12.90	0.63
LSP	1	5	3.37	0.96	28.49	1.14
LSF	1	2	1.22	0.42	34.43	0.53
LBD	1	3	1.60	0.60	37.50	1.28
LTT	1	3	2.09	0.51	24.40	0.75
LMSS	1	3	2.45	0.62	25.31	0.89
LMSD	1	3	2.25	0.53	23.56	0.77
LMSDP	1	2	1.49	0.50	33.56	0.69
LB	1	2	1.75	0.43	25.29	0.56
LM	1	3	1.60	0.62	38.75	0.89
LT	1	4	2.21	0.53	23.98	0.74
LGD	1	4	1.67	0.72	43.11	1.02
平均 Mean					27.86	1.12

LL: 叶长; LW: 叶宽; LA: 叶面积; LWR: 叶长宽比。下同

LL: Leaf length; LW: Leaf width; LA: Leaf area; LWR: Ratio of leaf length to width. The same below

2.3 聚类分析

对 89 份英德野生茶树资源的叶片性状进行聚类分析(图 1), 结果表明, 当欧氏距离为 21.5 时, 所有材料可分为 4 个类群, I 类群共 27 份材料, 以石门台资源为主; II 类群为 3 份石门台茶树资源; III 类群共 30 份材料, 栏杆山资源占比最大; IV 类群共 27 份材料, 以五郎嶂资源为主。类群 III、IV 中的茶树资源叶片性状特征与石门台资源为主的类群 I、II 的差异大; 五郎嶂资源分布在 3 个类群中, 且类群 III、IV 中占比不低, 表现出五郎嶂的茶树种质资源变异的多样性更丰富。鉴于五郎嶂 1 号的叶色浅绿, 五郎嶂 20 号表现为特大叶, 石门台 8 号和石门台 16 号叶尖表现为圆尖, 石门台 23 号着生状态表现下垂, 这些资源的叶片性状具有显著特异性, 待将来进一步挖掘研究, 为英德野生茶树资源的综合利用提供基础。

从表 3 可见, 类群 II 的部分性状完全统一, 可作为该类群的主要特征, 如叶片大小均为中叶, 叶形近圆形, 叶质硬, 叶基近圆, 叶尖钝尖、稍上斜着生。类群 III 的叶长最长, 与类群 I、II、IV 存在显著差异。类群 II 的叶宽最宽, 但与类群 IV 无显著差异, 与类群 I、III 有显著差异。类群 II、III、IV 间的叶面积无显著差异, 类群 IV 与 I 的叶面积差异达到显著水平。4 个类群间的叶长宽比均有显著差异。

类群 III 的叶形显著区别于其他 3 个类群, 形状为披针形; 叶质上类群 I 和 III 的差异不显著, 均表现为叶质中等; 类群 IV 的叶齿深度、叶缘表现与其他类群存在差异, 叶齿深度多表现为浅, 叶缘多为微波; 类群 II 的叶齿密度最稀, 与其余类群存在显著差异; 类群 I 与 II 的叶基表现出显著差异, 类群 II 为近圆形; 类群 II 的叶尖为钝尖, 与其他类群有显著差异; 类群 III 的着生状态多为稍上斜, 与其他类群存在较显著差异。4 个类群仅叶片大小、叶色无显著差异, 这说明在英德野生茶树资源存在丰富的变异。

2.4 种群间与种群内表型分化分析

对数量性状进行不同种群间与种群内的巢式方差分析, 结果表明(表 4), 英德野生茶树资源在不同种群之间和种群之内各个性状的差异均达到极显著水平($P < 0.01$), 即数量性状在不同种群间与种群内均存在一定的变异。

基于方差分析, 计算叶片数量性状在不同种

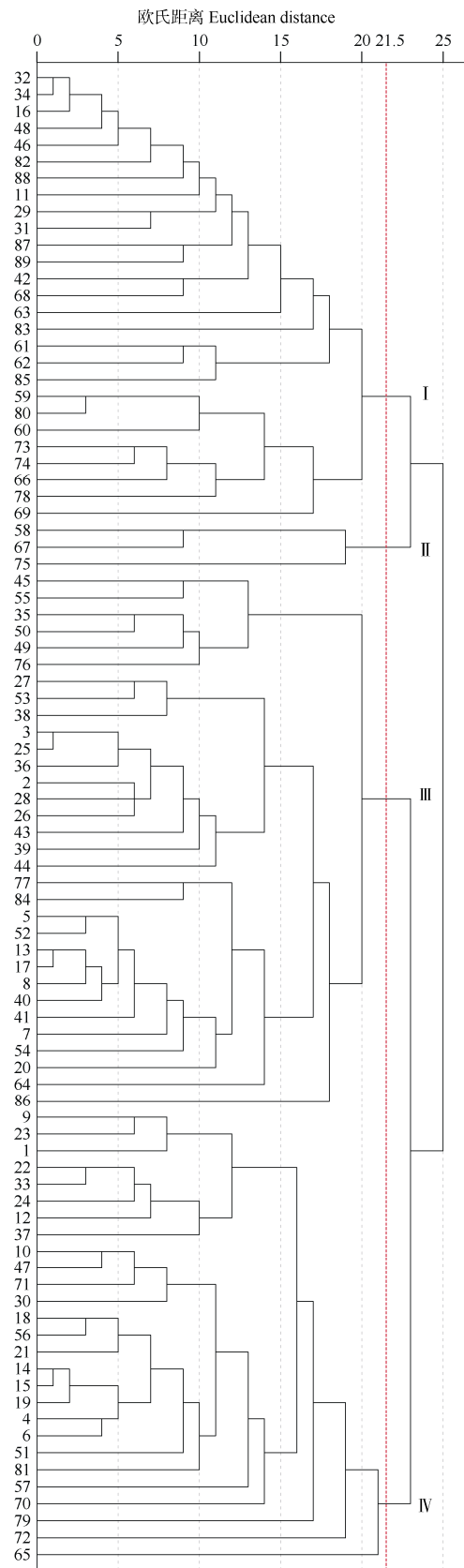


图 1 英德野生茶树叶片性状的聚类分析。1~89 为野生茶树编号。

Fig. 1 Cluster analysis of leaf traits of Yingde wild tea trees. 1~89 are code of wild tee trees.

表 3 英德野生茶树资源数量性状的显著性分析

Table 3 Significance analysis of quantitative character of Yingde wild tea resources

性状 Trait	项目 Item	类群 Group			
		I	II	III	IV
LL (cm)	Mean±S.D	8.83±1.77c	8.51±1.57c	10.43±2.28a	9.77±2.45b
	CV/%	20.10	18.47	21.88	25.08
LW (cm)	Mean±S.D	3.90±0.76b	4.44±0.70a	3.79±0.80b	4.13±0.91a
	CV/%	19.49	15.67	21.09	22.06
LA (cm ²)	Mean±S.D	24.88±9.88b	27.13±9.27ab	28.66±12.05a	29.22±12.48a
	CV/%	39.72	34.18	42.05	42.70
LWR	Mean±S.D	2.28±0.26c	1.91±0.12d	2.78±0.42a	2.38±0.42b
	CV/%	11.63	6.46	14.97	17.62
LVN	Mean±S.D	7.05±0.99c	7.33±0.98bc	7.62±1.54a	7.34±1.60b
	CV/%	14.00	13.31	20.18	21.84
LS	Mean±S.D	1.67±0.56a	2.00±0.00a	1.84±0.10a	2.04±0.11a
	CV/%	33.23	0.00	31.20	28.77
LC	Mean±S.D	3.67±0.09a	3.67±0.33a	3.88±0.06a	3.59±0.11a
	CV/%	13.08	15.72	8.66	15.93
LSP	Mean±S.D	2.89±0.11b	1.00±0.00a	4.22±0.10c	3.11±0.15b
	CV/%	19.97	0.00	13.10	24.15
LSF	Mean±S.D	1.15±0.07a	1.67±0.33b	1.13±0.06a	1.37±0.04ab
	CV/%	31.48	34.55	29.73	35.91
LBD	Mean±S.D	1.52±0.11a	2.33±0.67b	1.67±0.10a	1.52±0.12a
	CV/%	37.04	49.57	32.81	39.21
LTT	Mean±S.D	2.26±0.09b	3.00±0.00c	2.19±0.07b	1.70±0.09a
	CV/%	19.78	0.00	18.13	27.35
LMSS	Mean±S.D	2.33±0.14a	2.67±0.33a	2.5±0.10a	2.48±0.11a
	CV/%	31.50	21.61	22.72	23.39
LMSD	Mean±S.D	2.31±0.54a	1.67±0.49c	2.14±0.59b	2.24±0.59a
	CV/%	23.32	29.28	27.51	26.31
LMSDP	Mean±S.D	1.67±0.09b	1.67±0.33b	1.59±0.09ab	1.19±0.08a
	CV/%	28.74	34.55	31.38	33.28
LB	Mean±S.D	1.56±0.10a	2.00±0.00b	1.75±0.08ab	1.93±0.05ab
	CV/%	32.44	0.00	25.14	13.83
LT	Mean±S.D	2.52±0.10b	3.00±0.00c	2.00±0.08a	2.07±0.09a
	CV/%	20.20	0.00	22.00	22.90
LM	Mean±S.D	1.19±0.08a	1.33±0.33a	1.66±0.12ab	1.96±0.08b
	CV/%	33.28	43.38	42.23	22.30
LGD	Mean±S.D	2.00±0.13b	2.00±0.00b	1.31±0.11a	1.74±0.14ab
	CV/%	33.95	0.00	49.16	40.92

同行数据后不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

Data followed different letters in the same line indicate significant difference at 0.05 level.

群间和种群内的表型分化系数, 结果表明(表 5), 在总方差分量中, 种群间方差分量占 17.42%, 种群内占 32.50%, 随机误差占 50.08%。种群间性状的变异幅度来看, 叶脉对数的变异最小, 方差分量为 6.05%, 叶长最大为 25.43%。从种群内的变异幅度来看, 叶脉对数的变异最小, 方差分量为 29.38%, 叶长宽比最大, 方差分量为 37.08%。数量性状表型分化系数为 17.07%~45.51%, 其中叶脉对数最小, 叶

长最大, 平均为 33.40%, 说明在英德野生茶树资源的数量性状变异主要来自于种群内。

2.5 相关性分析

英德野生茶树资源的叶片性状间存在极显著相关性(表 6, 7)。数量性状间呈极显著相关($P<0.01$)的有: 叶长与叶宽、叶面积、叶长宽比、叶脉对数, 叶宽与叶面积, 叶面积与叶脉对数, 叶长宽比与叶脉对数。呈显著相关($P<0.05$)的有叶面积与叶长宽

比；显著负相关的有叶宽与叶长宽比。

质量性状间呈极显著相关($P<0.01$)的有：叶色与叶质；极显著负相关的有叶色与叶齿锐度，叶形与叶尖、着生状态，叶质与叶缘，叶缘与叶尖；呈

显著相关($P<0.05$)的有：叶片大小与叶色、叶基、叶缘，叶面与叶身，叶身与叶齿密度，叶基与叶缘；显著负相关的叶形与叶面，叶质与叶齿锐度、叶基，叶齿锐度与着生状态，叶基与叶尖。

表 4 英德野生茶树资源数量性状的巢式方差分析

Table 4 Variance analysis of quantitative character of Yingde wild tea tree resources

性状 Trait	均方 Mean square			F		
	种群间 Among groups	种群内 Within group	随机误差 Random error	种群间 Among groups	种群内 Within group	
LL	295.839	10.288	2.311	127.993**	4.451**	
LW	21.112	1.530	0.382	55.269**	4.006**	
LA	6 316.644	288.382	62.761	100.647**	4.595**	
LWR	9.360	0.449	0.082	113.607**	5.454**	
LVN	27.172	4.280	1.307	20.794**	3.275**	

**： $P<0.01$

表 5 英德野生茶树资源数量性状的表型分化系数

Table 5 Phenotypic differentiation coefficient of quantitative characters of leaf of Yingde wild tea tree resources

性状 Trait	方差分量 Variance component						表型分化系数 /% Phenotypic differentiation coefficient
	种群间 Among groups	%	种群内 Within group	%	随机误差 Random error	%	
LL	1.333	25.43	1.595	30.45	2.311	44.12	45.51
LW	0.095	13.46	0.230	32.50	0.382	54.05	29.28
LA	28.453	20.87	45.124	33.10	62.761	46.03	38.67
LWR	0.042	21.30	0.073	37.08	0.082	41.62	36.49
LVN	0.122	6.05	0.595	29.38	1.307	64.57	17.07
平均 Mean	6.009	17.42	9.523	32.50	13.369	50.08	33.40

表 6 英德野生茶树资源的数量性状与质量性状的相关性分析

Table 6 Correlation analysis between quantitative and qualitative traits of Yingde wild tea tree resources

性状 Trait	LL	LW	LA	LWR	LVN
LL	1				
LW	0.684**	1			
LA	0.930**	0.894**	1		
LWR	0.553**	-0.220*	0.217*	1	
LVN	0.364**	0.102	0.272**	0.368**	1
LS	0.780**	0.734**	0.820**	0.207*	0.159
LC	0.229*	0.082	0.182*	0.223*	0.210*
LSP	0.484**	-0.210*	0.177*	0.898**	0.266**
LSF	-0.074	0.089	-0.011	-0.191*	0.180*
LBD	-0.079	-0.008	-0.055	-0.083	0.079
LTT	0.005	0.080	0.040	-0.072	-0.033
LMSS	0.167	0.100	0.132	0.124	0.026
LMSD	-0.124	-0.212*	-0.165	0.024	0.002
LMSDP	0.075	0.118	0.099	-0.043	-0.154
LB	0.207*	0.262**	0.242*	-0.019	-0.132
LM	0.202*	0.140	0.180*	0.094	0.061
LT	-0.218*	0.047	-0.102	-0.342**	-0.063
LGD	-0.170	0.070	-0.059	-0.308**	0.033

**： $P<0.01$ ；*： $P<0.05$ 。下同

**： $P<0.01$ ；*： $P<0.05$ 。The same below

表7 英德野生茶树资源的质量性状相关性分析

Table 7 Correlation analysis of qualitative traits of wild tea tree resources in Yingde

性状 Trait	LS	LC	LSP	LSF	LBD	LTT	LMSS	LMSD	LMSDP	LB	LM	LT	LGD
LS	1												
LC	0.180*	1											
LSP	0.141	0.156	1										
LSF	-0.004	0.092	-0.181*	1									
LBD	-0.039	0.121	-0.116	0.225*	1								
LTT	-0.032	0.290**	-0.138	0.116	0.062	1							
LMSS	0.122	-0.259**	0.080	-0.087	0.075	-0.199*	1						
LMSD	-0.142	-0.037	0.064	0.003	0.189*	-0.166	0.073	1					
LMSDP	0.056	0.064	-0.007	-0.155	0.096	0.222*	-0.137	0.005	1				
LB	0.218*	0.045	-0.050	-0.004	0.075	-0.205*	0.122	-0.028	-0.111	1			
LM	0.184*	-0.120	0.141	-0.084	-0.119	-0.350**	-0.084	0.066	0.103	0.217*	1		
LT	-0.045	-0.164	-0.402**	0.037	0.021	0.095	-0.019	0.053	0.153	-0.212*	-0.288**	1	
LGD	-0.061	0.061	-0.268**	0.132	0.038	0.141	-0.202*	-0.115	0.136	-0.043	-0.096	0.065	1

数量性状与质量性状间也具有显著相关性。呈极显著相关($P<0.01$)的有: 叶片大小与叶长、叶宽、叶面积之间, 叶形与叶长、叶长宽比、叶脉对数之间, 叶基与叶宽之间; 极显著负相关有叶长宽比与叶尖、着生状态之间。呈显著相关($P<0.05$)的有: 叶片大小与叶长宽比, 叶色与叶长、叶面积、叶长宽比、叶脉对数, 叶形与叶面积, 叶面与叶脉对数, 叶长与叶基、叶缘, 叶面积与叶基、叶缘; 显著负相关的有叶形与叶宽, 叶面与叶长宽比, 叶齿密度与叶宽, 叶长与叶尖。

3 讨论和结论

3.1 叶片表型性状分化与茶树类型的关系

茶树对环境的适应性导致野生茶树叶形变化较多, 研究表明, 原产于热带的茶树叶片形态表现为大叶, 叶质柔软带黄绿。随着茶树种植的地理位置逐步向亚热带地区扩展, 为了适应夏秋高温干旱与冬季低温冻害, 茶树叶片形成小叶形态, 叶质硬, 且叶色深, 叶尖较钝等形态特征^[8]。刘宝祥等^[9-10]的研究表明, 亚热带森林湿热多雨, 茶树叶片大而平滑, 侧脉不明显, 延长的叶尖适于雨水下泻, 属于茶树的原始型; 而叶面积小且叶尖浑圆, 叶脉明显, 叶面隆起波缘, 认为是茶树的次生结构。

本研究结果表明, 英德野生茶树群体的表型性状存在一定程度的变异, 英德野生茶树群体主要为中小叶种, 也存在部分大叶种; 叶脉对数 5~9 对; 叶形以长椭圆形和椭圆形为主, 部分变异为近圆形和

披针形; 叶色集中为深绿, 辅以绿色; 叶基多为近圆形, 辅以长椭圆形; 叶尖多为渐尖和钝尖, 存在急尖和圆尖变异; 叶齿密度以中等为主; 叶身多为内折; 叶缘以微波和平为主要表现。整个英德群体以过渡型野生茶树为主, 原始型、进化型以及中间类型并存。3 个地域种群中五郎嶂种群有少数资源具有原始型茶树特征, 参考云南野生茶树资源分布地区特点, 古茶树野生种散生于高山、温度低、土壤湿润的环境, 海拔由高至低, 森林植被退化, 野生茶树分布减少, 阳光照射增强, 分布有半驯化野生种和栽培种^[11]。位于南岭山脉附近的五郎嶂海拔比其余两地更高, 受人为活动影响更低, 山顶云雾多, 漫射光丰富, 山峰属于五点梅花山脉, 山体复杂, 水源充沛, 土壤肥沃, 环境与野生茶树的生长环境相似, 这可能是五郎嶂部分少数资源具有原始型茶树特征的原因。

3.2 表型性状聚类分析

从不同种群的地理分布看, 聚类分析结果与各个种群的地理分布有一定的相关, 即聚类结果有一定比例的茶树资源按照地域进行分类。叶片是对环境变化较敏感且可塑性较大的器官, 其表型特征在不同的环境条件下具有很强的可塑性, 本研究中的 18 个叶片性状呈现出较为丰富的变异。

3.3 数量性状分化

英德野生茶树资源叶片数量性状的表型分化系数平均值为 33.04%, 意味着种群间数量性状的变异占总变异的 33.04%, 因而, 英德野生茶树资源的数量性状变异主要存在于种群内, 叶长宽比变异幅

度较大, 而叶脉对数相对稳定, 变异较小。不同种群间叶长的变异幅度较大。不同群体间差异是遗传和环境共同作用的结果, 方差分析结果显示英德野生茶树种群间呈现极显著差异, 表明其种群间不同个体的遗传差异及其所承受的环境压力差异都比较大, 从而产生了不同的表型变异, 这些是英德野生茶树遗传多样性保护的基础。

3.4 遗传多样性分析

英德野生茶树遗传多样性指数结果表明, 质量性状多样性指数平均为 0.82, 数量性状多样性指数平均达到 1.89, 平均多样性指数为 1.12, 叶片各项性状变异系数为 12.90%~43.11%。对比全国 14 个省 308 份茶树样品的研究^[12], 国内茶树数量性状平均多样性指数为 1.89, 质量性状的平均多样性指数达 0.91。蒋会兵等^[13]报道 830 份云南茶树资源质量性状的多样性指数为 1.04, 数量性状的变异系数为 10.27%~48.14%, 属于变异程度高, 遗传多样性丰富的野生茶树群体。谢文刚等^[14]的研究表明, 四川地方茶树品种农艺性状的平均变异系数和多样性指数分别为 32.27%和 0.98, 呈现变异范围广、遗传多样性丰富的特点。这说明英德野生茶树资源无论从变异水平和遗传多样性的丰富程度来看, 都与其他地区的野生茶树农艺性状的变化趋势相似。从叶片外形特征综合判断, 英德野生茶树资源具有一定的变异水平和丰富的遗传多样性。

3.5 相关性

相关性分析表明, 叶长与叶宽、叶面积、叶脉对数、叶长宽比、叶形, 叶形与叶长宽比、叶脉对数, 叶基与叶宽呈极显著相关; 叶长宽比与叶尖、着生状态呈极显著负相关。英德野生茶树叶片的性状规律表现出叶形越接近披针形, 叶脉对数越多; 叶宽越大, 叶基越趋向近圆形; 叶长宽比值越大, 尖越向急尖、渐尖靠近, 叶片越向上斜着生。在遗传过程中, 部分性状可能会具有一定关联性, 可能存在显著相关的性状特征同时被遗传给下一代。丁帅涛等^[15]认为陕西古茶树的叶长与叶宽极显著相关、与叶脉对数显著相关。俞文生等^[16]的研究表明, 苏州茶树品种的叶长、叶宽与叶片大小呈显著相关, 和本研究结果相似。不同性状间的关联在遗传上可能与连锁基因群有关, 对遗传改良和品种选育有重要参考意义^[17-18]。

3.6 叶片特征形成原因

根据魏小平等^[19]对野生茶树资源的定义, 英德

野生茶树分布呈单株零星分布, 生长位置人迹罕至, 初步判断为野生型茶树。当前南方茶区的云南、贵州、海南、福建、广西等地均对野生大茶树有较为系统的研究^[8,20,23], 英德的野生茶树与这些地区的野生茶树相比较, 叶片形态上呈现一定差异, 叶片表现大叶、中小叶, 叶型呈长椭圆或椭圆, 叶色深绿, 叶面隆起, 叶质中硬与贵州和云南部分野生茶树叶片形态较为相似。英德野生茶树叶片质量性状平均变异系数大于数量性状, 这种特点与云南野生茶树叶片性状调查结果吻合^[11,21,24]。当前研究较为认可西南地区是茶树的原产地和起源中心, 而当今最古老树体最大、数量最多的野生大茶树几乎都集中在云南^[2,11], 英德野生茶树是否与云南野生茶树具有近缘关系, 有待进一步研究。英德野生茶树的形态特征虽保留了一些原始性状特点, 但出现一定的变异, 推测是由于英德地处粤北, 在南亚热带向中亚热带过度地区, 夏季暖湿, 冬季干冷行偏北风, 英德野生茶树可能受到低温冻害、暴雨、干旱等气象灾害的影响^[25], 长期对环境的适应可能导致了部分性状发生变异, 形成叶片由原始型的大而软向小而硬变化。

本研究从叶片表型性状角度揭示了英德野生茶树资源的遗传多样性情况, 初步了解了英德野生茶树资源类型, 对于具有显著差异性状及优良性状的单株, 可以作为单株选育或杂交亲本进行开发利用, 为英德野生茶树资源的遗传育种工作奠定了基础, 同时对加快华南地区野生茶树资源的开发利用具有促进作用。

参考文献

- [1] WANG X P, TANG X B, PENG H, et al. Leaf phenotypic diversity of big natural tea resource in Gulin [J]. *J. Anhui Agric Sci*, 2018, 46(8): 1-6. [王小萍, 唐晓波, 彭海, 等. 古蔺野生大茶树资源叶表型多样性研究 [J]. *安徽农业科学*, 2018, 46(8): 1-6. doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2018.08.001.]
- [2] WANG P S, YU F L. The geographic distribution, diversity and utilization of wild tea camellias in China [J]. *J. Tea Sci*, 2002, 22(2): 105-108. [王平盛, 虞富莲. 中国野生大茶树的地理分布、多样性及其利用价值 [J]. *茶叶科学*, 2002, 22(2): 105-108. doi: 10.3969/j.issn.1000-369X.2002.02.003.]
- [3] XIE M W, ZENG Z, HUANG Y H, et al. Preliminary investigation on wild tea camellias in Langangshan, Macaokeng, Yingde [J]. *Guangdong Tea Ind*, 2018(3): 16-17. [谢曼卫, 曾贞, 黄亚辉, 等. 英德马槽坑栏

- 杆山野生茶树初步调查 [J]. 广东茶业, 2018(3): 16–17. doi: 10.3969/j.issn.1672-7398.2018.03.004.]
- [4] LI R, XIAO B, SONG H X, et al. Agronomic traits and cluster analysis of 50 tea germplasm resources [J]. Acta Agric Boreali-Occid Sin, 2011, 20(10): 107–111. [李瑞, 肖斌, 宋红霞, 等. 50份茶树种质资源农艺性状及其聚类分析 [J]. 西北农业学报, 2011, 20(10): 107–111. doi: 10.3969/j.issn.1004-1389.2011.10.022.]
- [5] CHEN L, YANG Y J, YU F L. Description and Data Standard for Tea (*Camellia* spp.) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2005: 10–15. [陈亮, 杨亚军, 虞富莲. 茶树种质资源描述规范和数据标准 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 10–15.]
- [6] SHANNON C E, WEAVER W. The Mathematical Theory of Communication [M]. Urbana: University of Illinois Press, 1949: 3–14.
- [7] GE S, WANG M M, CHEN Y W. An analysis of population genetic structure of masson pine by isozyme technique [J]. Sci Silv Sin, 1988, 24(4): 399–409. [葛颂, 王明麻, 陈岳武. 用同工酶研究马尾松群体的遗传结构 [J]. 林业科学, 1988, 24(4): 399–409.]
- [8] HUANG Y H, LU Z T, WU C L, et al. Morphological characteristics of wild tea plants in Jinxiu, Guangxi [J]. J Fujian Tea, 2014, 36(1): 14–21. [黄亚辉, 卢政通, 吴春兰, 等. 广西金秀野生茶树的形态学特征研究 [J]. 福建茶叶, 2014, 36(1): 14–21.]
- [9] LIU B X. The original type of *Camellia sinensis* (L.) O. Ktze. [J]. J Tea, 1981(4): 2–4. [刘宝祥. 茶树的原始型 [J]. 茶叶, 1981(4): 2–4.]
- [10] LIU B X, LIU X W. Study on the origin of *Camellia sinensis* (L.) O. Ktze. in Yunnan [J]. J Tea Busin, 1981(1): 11–15. [刘宝祥, 刘湘鸣. 云南茶树原产地考察 [J]. 茶业通报, 1981(1): 11–15. doi: 10.16015/j.cnki.jteabusiness.1981.01.004.]
- [11] JIANG H B, TANG Y C, CHEN L B, et al. Survey and analysis of ancient tea plant resources in Yunnan Province, China [J]. J Plant Genet Res, 2020, 21(2): 296–307. [蒋会兵, 唐一春, 陈林波, 等. 云南省古茶树资源调查与分析 [J]. 植物遗传资源学报, 2020, 21(2): 296–307. doi: 10.13430/j.cnki.jpgr.20190422001.]
- [12] QIAO T T. Genetic diversity of tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) and association analysis of phenotypic traits with EST-SSR markers [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2010. [乔婷婷. 茶树资源遗传多样性及其表型性状关联 EST-SSR 位点的初步鉴定 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.]
- [13] JIANG H B, SONG W X, YI B, et al. Genetic diversity of tea germplasm resources in Yunnan Province based on phenotypic characteristics [J]. Acta Agron Sin, 2013, 39(11): 2000–2008. [蒋会兵, 宋维希, 矣兵, 等. 云南茶树种质资源的表型遗传多样性 [J]. 作物学报, 2013, 39(11): 2000–2008. doi: 10.3724/SP.J.1006.2013.02000.]
- [14] XIE W G, LI X S, LI W, et al. Genetic diversity of “small & medium leaf” tea resources in Sichuan Province based on phenotypic characteristics [J]. Acta Agric Zhejiang, 2019, 31(9): 1405–1415. [谢文钢, 李晓松, 李伟, 等. 四川地方中小叶茶树资源的表型遗传多样性 [J]. 浙江农业学报, 2019, 31(9): 1405–1415. doi: 10.3969/j.issn.1004-1524.2019.09.02.]
- [15] DING S T, CHENG X M, ZHANG Y, et al. The research on phenotypic traits genetic diversity of the ancient tea germplasm resources in Shaanxi Province [J]. Guangdong Agric Sci, 2018, 45(2): 52–60. [丁帅涛, 程晓梅, 张亚, 等. 陕西古茶树种质资源表型性状遗传多样性研究 [J]. 广东农业科学, 2018, 45(2): 52–60. doi: 10.16768/j.issn.1004-874X.2018.02.010.]
- [16] YU W S, NI J C, CHEN H, et al. Genetic diversity of tea germplasm resources based on phenotypic characteristics [J]. J Anhui Agric Sci, 2017, 45(25): 40–42. [俞文生, 倪佳成, 陈慧, 等. 茶树种质资源表型遗传多样性分析 [J]. 安徽农业科学, 2017, 45(25): 40–42. doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2017.25.014.]
- [17] TAO P, SONG Y, ZHANG Q H, et al. Data analysis of phenotypic characteristics of ancient tea resources of Yunnan Pu'er tea species [J]. J W China For Sci, 2020, 49(6): 144–151. [陶萍, 宋隼, 张晴晖, 等. 云南普洱茶种古茶树资源表型性状数据分析研究 [J]. 西部林业科学, 2020, 49(6): 144–151. doi: 10.16473/j.cnki.xblykx1972.2020.06.020.]
- [18] CHEN T L, ZHENG D L, WANG X F, et al. Study on the morphological diversity and correlation of ancient tea tree resources in Jiuzhou Mountain of Liuzhou [J]. Mol Plant Breed, 2019, 17(16): 5488–5503. [陈涛林, 郑丹琳, 王熙富, 等. 柳州九万山古茶树资源形态多样性及相关性研究 [J]. 分子植物育种, 2019, 17(16): 5488–5503. doi: 10.13271/j.mpb.017.005488.]
- [19] WEI X P, LIU Z M, TAO J. Resource survey of ancient tea plantation (tree) in Yunnan [J]. Yunnan Geogr Environ Res, 2017, 29(1): 51–58. [魏小平, 刘泽铭, 陶晶. 云南古茶园(树)资源调查研究 [J]. 云南地理环境研究, 2017, 29(1): 51–58. doi: 10.3969/j.issn.1001-7852.2017.01.008.]
- [20] XU M, WANG P S, TANG Y C, et al. Studied on the distribution and diversity about ancient tea trees ceno species in Yunnan, China [J]. SW China J Agric Sci, 2006, 19(1): 123–126. [许玫, 王平盛, 唐一春, 等. 中国云南古茶树群落的分布和多样性 [J]. 西南农业学报, 2006, 19(1): 123–126. doi: 10.3969/j.issn.1001-4829.2006.01.030.]
- [21] LIU S C, CAO Y, YAN D H, et al. Geographical distribution and morphology of wild tea germplasm resources in Guizhou and its relationship with climatic factors [J]. J Tea Sci, 2013, 33(6): 517–525. [刘声传, 曹雨, 鄢东海, 等. 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 [J]. 茶叶科学, 2013, 33(6): 517–525. doi: 10.

- 3969/j.issn.1000-369X.2013.06.006.]
- [22] SU F, YANG X B, LI D H. The classification status of Wuzhishan wild tea based on morphological features and *psbA-trnH* chloroplast encoding gene sequence [J]. *Chin J Trop Crops*, 2019, 40(8): 1565–1570. [苏凡, 杨小波, 李东海. 基于形态学特征和 *psbA-trnH* 叶绿体编码基因序列明确五指山野生茶的分类地位 [J]. *热带作物学报*, 2019, 40(8): 1565–1570. doi: 10.3969/j.issn.1000-2561.2019.08.016.]
- [23] YANG R X, CHEN Z Z, ZHANG L, et al. Conservation and utilization of wild tea germplasm in Fujian [J]. *Acta Tea Sin*, 2017, 58(3): 96–101. [杨如兴, 陈芝芝, 张磊, 等. 福建野生茶树种质资源保护与利用 [J]. *茶叶学报*, 2017, 58(3): 96–101. doi: 10.3969/j.issn.1007-4872-2017.03.003.]
- [24] DUAN Z F. Study on agronomic traits and main chemical characteristics of wild tea plants resources in Yunnan [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2013: 23–28. [段志芬. 云南野生茶树资源农艺性状及主要生化特性研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2013: 23–28.]
- [25] ZHANG L H, CHEN Z H, WANG H, et al. Analysis of the climatic conditions of tea production in Yingde [J]. *Guangdong Meteor*, 2019, 41(4): 68–70. [张柳红, 陈卓煌, 王华, 等. 英德市茶叶生产的气候条件分析 [J]. *广东气象*, 2019, 41(4): 68–70. doi: 10.3969/j.issn.1007-6190.2019.04.018.]