



董方, 李小飞, 沈思言, 等. 江西茶树资源的遗传多样性分析及优异种质筛选[J]. 江西农业大学学报, 2022, 44(6): 1466-1477.

DONG F, LI X F, SHEN S Y, et al. Genetic diversity analysis and screening of excellent germplasm of tea plant resources in Jiangxi [J]. Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis, 2022, 44(6): 1466-1477.

江西茶树资源的遗传多样性分析及优异种质筛选

董方¹, 李小飞¹, 沈思言¹, 杨菲颖¹, 金玲莉¹, 涂娟¹,
吴月坤¹, 董越^{1,2}, 陈罗君², 谢枫^{1*}

(1. 江西省农业科学院 园艺研究所, 江西 南昌 330200; 2. 江西省修水县茶叶科学研究所, 江西 九江 332400)

摘要:【目的】分析江西茶树种质资源的遗传多样性, 为地方茶树品种的改良、利用和创新提供理论参考。【方法】2020—2021年以筛选收集的28份茶树资源单株为材料进行生物学性状鉴定和遗传多样性分析, 并对生长综合表现良好的15份茶树资源的特征性生化成分进行主成分分析和聚类分析, 筛选出品质性状较优异资源。【结果】28份茶树种质资源以灌木型、树姿半开张、中叶种为主, 芽叶色泽多为淡绿色, 芽叶茸毛少或中等, 生物学性状变异系数为12.66%~47.94%, 遗传多样性指数变幅为0.04~2.03, 其中15份茶树资源特征性生化成分的变异系数为14.18%~33.03%, 多样性指数变幅为1.84~1.99。通过聚类分析将15份茶树资源聚为4大类, 第1、2类群为适制红茶型资源, 第3、4类群为红绿茶兼制型资源。主成分分析结果表明, 前2个主成分保留了6个主要生化成分多样性78.38%的信息, 经主成分综合得分计算, 排名前5的资源依次为M2111、M2112、M2125、M2115、M2127, 初步筛选出高茶多酚资源5份、高咖啡碱资源2份、高水浸出物资源8份。【结论】江西茶树种质资源具有丰富的遗传多样性, 叶长、叶宽、锯齿数等芽叶性状及儿茶素、茶多酚等品质性状改良潜力较大, 筛选出的优异资源可在茶叶生产上直接利用或作为宁红茶新品种改良的亲本材料。

关键词: 茶树; 种质资源; 江西; 遗传多样性; 聚类分析; 主成分分析

中图分类号: S571.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2022)06-1466-12

Genetic Diversity Analysis and Screening of Excellent Germplasm of Tea Plant Resources in Jiangxi

DONG Fang¹, LI Xiaofei¹, SHEN Siyan¹, YANG Feiying¹, JIN Lingli¹, TU Juan¹,
WU Yuekun¹, DONG Yue^{1,2}, CHEN Luojun², XIE Feng^{1*}

(1. Institute of Horticultural, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China; 2. Xiushui Institute of Tea Science, Jiujiang, Jiangxi 332499, China)

Abstract: [Objective] This study analyzes the genetic diversity of tea plant germplasm resources in Jiangxi, thus providing theoretical reference for the improvement and utilization of local tea varieties. [Method]

收稿日期: 2022-09-07 修回日期: 2022-10-02

基金项目: 江西省重点研发计划项目(20203BBFL63067, 20212BBF63006)

Project supported by Jiangxi Provincial Key R&D Program (20203BBFL63067, 20212BBF63006)

作者简介: 董方, orcid.org/0000-0003-0690-6834, 18305811752@163.com; *通信作者: 谢枫, 副研究员, 博士, 主要从事茶树病虫害防控技术研究, orcid.org/0000-0002-6618-5138, xfeng415@163.com。

From 2020 to 2021, biological trait identification and genetic diversity analysis were implemented with 28 individual tea plant resources collected through screening. Principal component analysis and cluster analysis were carried out on the characteristic biochemical components of 15 tea resources with better comprehensive growth performance, and the resources with higher quality traits were screened out. [Result] 28 tea germplasm resources were mainly shrub-type, semi-open tree, and middle-leaf species. The color of buds and leaves was mostly light green, and the amount of hairs of buds and leaves were at a low or medium level. The coefficient of variation of biological characteristics of 28 tea resources was 12.66%–47.94%, and the variation range of genetic diversity index was 0.04–2.03. Among the 28 resources, the coefficient of variation of characteristic biochemical components of the 15 tea resources was 14.18%–33.03%, and the variation range of the diversity index was 1.84–1.99. The 15 tea plant resources were clustered into 4 categories by cluster analysis, the first and second groups were suitable for black tea production, and the third and fourth ones were both red and green tea resources. The results of principal component analysis showed that the first two principal components retained 78.38% of the diversity information of the six main biochemical components. According to the comprehensive score calculation of the principal components, the top five resources are M2111, M2112, M2125, M2115, M2127. Five high tea polyphenol resources, two high caffeine resources, and eight high water extract resources are preliminarily identified. [Conclusion] Jiangxi tea germplasm resources are rich in genetic diversity and of huge potential for improvement of bud and leaf traits such as leaf length, leaf width, and number of teeth, as well as quality traits such as catechins and tea polyphenols. The excellent resources screened out can be directly used in production or used as parent materials for the improvement of new varieties of Ninghong black tea.

Keywords: tea plant; germplasm resources; Jiangxi; genetic diversity; cluster analysis; principal component analysis

【研究意义】茶树种质资源不仅是茶树种质创新、新品种选育的重要基础,也是茶叶生产最基本、最重要的农业生产资料之一,对实现茶叶的优质高产高效发挥着不可替代的作用^[1-2]。江西种茶历史悠久,2020年全省茶园面积达11.3万hm²,遍布11个设区市91个县,茶叶产量7.2万t,当前茶产业已成为脱贫攻坚、乡村振兴的支柱性产业。江西省地处江南茶区,属于茶树迁移、演化的过渡带,孕育了包括栽培种、地方群体种、野生种以及近源种等丰富的茶树种质资源^[3-4]。地方种和野生种蕴含着丰富的变异类型以及稀有或者特有性状,因此这些茶树资源的发掘与利用对江西特色茶产业的发展具有重要意义。【前人研究进展】茶树鲜叶的遗传性状和生化组分不仅是茶树育种的物质基础,同时也决定了名优茶的适制性和茶叶品质^[5-6]。目前,已有研究者针对江西省茶树种质开展了遗传多样性分析,并筛选出一些优异资源。王治会等^[7]以江西省内不同区域和省外引种驯化的茶树资源为材料,通过对其化学成分的遗传多样性分析和鉴定评价,从24份江西茶树资源中筛选出8份优异资源,主要表现为高儿茶素、高水浸出物等。蔡翔等^[8]采用SSR标记对江西赣东北17份茶树种质资源进行遗传多样性评价和亲缘关系分析,基于Nei遗传距离,将其分成4个类群,表现出相对丰富的遗传多样性。【本研究切入点】收集和鉴定茶树种质资源的生物学性状和主要生化成分,筛选优异种质,是茶树育种的主要工作。但在前期研究中,针对江西地方种、野生种质资源生物学性状和主要生化成分的鉴定和综合评价缺乏系统性报道,有待完善和补充。【拟解决的关键问题】以收集保存的28份茶树种质资源单株为材料,通过生物学性状调查和遗传多样性分析,并对特征性生化成分构成的品质性状进行综合评价,筛选出品质性状较优异种质资源,以期为江西地方茶树品种的改良和利用提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以江西省修水县境内保存的茶树资源为主,经现场考察后根据形态差异收集28份有代表性单株(表1),于2020年移栽至国家东南山地种质资源圃——九岭山原生境茶树种质资源保护分圃(28°54′19″N, 114°53′53″E),分别于2021年春、秋两季对28份茶树种质资源进行生物学性状调查,经观察,选择生长综

合性状较优的15份茶树资源进行主要生化成分测定分析。

表1 28份江西茶树种质资源基本信息

Tab.1 Basic information of 28 tea plant germplasm resources in Jiangxi Province

序号 Number	资源编号 Germplasms accession	名称 Name	树型 Plant type	来源地 Origin
1	M2101	猴子脑3号	灌木	江西定南县
2	M2102	全杨早	灌木	江西修水县
3	M2103	新湾2号	灌木	江西修水县
4	M2104	椿仙早2号	灌木	江西修水县
5	M2105	东港5号	灌木	江西修水县
6	M2106	仙姑3号	灌木	江西修水县
7	M2107	程风绿	灌木	江西修水县
8	M2108	程晚1号	灌木	江西修水县
9	M2109	婺源种	灌木	江西婺源县
10	M2110	杏林	灌木	江西南昌县
11	M2111	九龙野生种	灌木	修水九岭山
12	M2112	九龙野生种	灌木	修水九岭山
13	M2113	九龙野生种	灌木	修水九岭山
14	M2114	九龙野生种	灌木	修水九岭山
15	M2115	九龙野生种	灌木	修水九岭山
16	M2116	九龙野生种	灌木	修水九岭山
17	M2117	九龙野生种	灌木	修水九岭山
18	M2118	九龙野生种	灌木	修水九岭山
19	M2119	港源野生种	灌木	修水港源村
20	M2120	港源野生种	灌木	修水港源村
21	M2121	港源野生种	灌木	修水港源村
22	M2122	宁州紫化种	灌木	修水港源村
23	M2123	宁州野生种	灌木	修水港源村
24	M2124	横岗半野生种	灌木	南昌县横岗
25	M2125	横岗半野生种	灌木	南昌县横岗
26	M2126	华坛山62号	灌木	江西修水县
27	M2127	黄金菊	灌木	江西修水县
28	M2128	大叶龙	灌木	江西修水县

1.2 试验方法

生物学性状评价观察和样品制作参照陈亮等^[9]《农作物种质资源鉴定技术规程茶树》(NY/T 1312—2007)的方法,于2022年春季按一芽二叶标准采摘新梢,采用微波杀青后,75℃烘干制成生化样,干燥保存用于生化成分测定。水浸出物含量测定参照GB/T 8305—2013;茶多酚含量测定参照GB/T 8313—2008;氨基酸含量测定参照GB/T 8314—2013;咖啡碱含量测定参照GB/T 8312—2013;儿茶素含量测定参照单虹丽等^[10]方法。

1.3 统计分析

基础统计数据 and 生化成分多样性指数分析采用Excel 2003,主成分分析和聚类分析采用SPSS 22.0统计软件^[11]。多样性指数计算参照宁静等^[12]的方法,采用Shannon-Weaver信息指数。

2 结果与分析

2.1 茶树种质资源生物学形状及遗传多样性

对28份茶树种质资源进行了生物学形状鉴定,质量性状(表2)分析表明,28份江西地方茶树资源以灌木型(100%)、树姿半张开(71.43%)、中叶种(82.15%)为主,叶形多为椭圆形(46.43%)或长椭圆形(39.29%),叶色偏深绿(57.14%),叶质中等(60.71%),叶尖渐尖(78.57%),芽叶色泽以淡绿(39.29%)为主,芽叶茸毛多为少(53.57%)或中等(39.29%)。13个质量性状指标的变异系数范围为17.61%~47.94%,平均值为30.02%,其中变异系数最大的是发芽密度,变异系数最小的是叶基,遗传多样性变幅为0.04~1.39,平均值为0.84。

表2 28份江西茶树种质资源质量性状分布频率及多样性

Tab.2 Distribution frequency and diversity of quality characters of 28 tea plant resources from Jiangxi

性状 Character	性状描述 Character description	性状分布比例/% Proportion	分级 Classification	变异系数/% CV	多样性指数(H') Diversity index
树姿 Growth habit	直立	14.29			
	半张开	71.43	3	26.26	0.80
	张开	14.29			
叶片大小 Leaf size	小	3.57			
	中	82.15	4	27.10	0.63
	大	7.14			
	特大	7.14			
叶形 Leaf shape	近圆形	0.00			
	卵圆形	14.29	4	20.80	1.00
	椭圆形	46.43			
	长椭圆	39.29			
叶色 Leaf color	黄绿	0.00			
	浅绿	14.29	4	20.88	0.96
	绿	28.57			
	深绿	57.14			
叶质 Leaf texture	柔软	21.43			
	中	60.71	3	31.30	0.94
	硬	17.86			
叶身 Leaf body	内折	42.86			
	平	25.00	3	44.61	1.07
	背卷	32.14			
叶面 Leaf upper surface	平	36.00			
	微隆	52.00	3	35.59	0.95
	隆起	12.00			
叶基 Leaf base	楔形	96.43	2	17.61	0.04
	近圆形	3.57			
	急尖	14.29			
叶尖 Leaf apex	渐尖	78.57	4	32.16	0.66
	钝尖	0.00			
	圆尖	7.14			
	平	0.00			
叶缘 Leaf margin undulation	微波	35.71	3	17.81	0.65
	波	64.29			

续表

性状 Character	性状描述 Character description	性状分布比例/% Proportion	分级 Classification	变异系数/% CV	多样性指数(H') Diversity index
芽叶色泽 Young bud and leaf color	黄白	3.57			
	黄绿	21.43			
	淡绿	39.29			
	绿	3.57	7	43.89	1.39
	紫绿	21.43			
	红	0.00			
	紫红	10.71			
芽叶茸毛 Young bud and leaf hair	无	0.00			
	少	53.57			
	中	39.29	5	24.25	0.87
	多	7.14			
发芽密度 Germination density	特多	0.00			
	稀	50.00			
	中	17.86	3	47.94	0.97
	密	32.14			

数量性状(表3)分析表明,28份茶树资源的6个数量性状指标的变异系数范围为12.66%~20.00%,平均值为16.65%,其中变异系数最大的是叶层厚度(20.00%),变异系数较小的为叶形指数(12.66%)。6个数量性状多样性指数变幅为0.93~2.03,平均值为1.64,其中多样性指数最大的为叶形指数(2.03),其次为叶长(2.00)、锯齿数(1.96)、叶宽(1.49)、叶厚度(1.45)、叶脉对数(0.93)。

表3 28份江西茶树种质资源数量性状差异及多样性

Tab.3 Difference and diversity of quantitative characters of 28 Jiangxi tea germplasm resources

性状 Character	最大值 Maximum	最小值 Minimum	平均值 Average	标准差 SD	极差 R	变异系数/% CV	多样性指数(H') Diversity index
叶长 Leaf length	11.40	6.00	8.42	1.26	5.40	14.96	2.00
叶宽 Leaf width	5.15	2.28	3.62	0.63	2.87	17.40	1.49
叶形指数 Leaf shape index	2.98	1.79	2.37	0.30	1.19	12.66	2.03
锯齿数 Number of leaf serration	92.00	38.50	63.02	12.36	53.50	19.61	1.96
叶层厚度 Leaf thickness	0.35	0.13	0.25	0.05	0.22	20.00	1.45
叶脉对数 Pairs of leaf veins	13.00	7.00	9.22	1.41	8.00	15.29	0.93

2.2 茶树种质资源主要生化成分及遗传多样性

对28份资源中的15份茶树种质资源进行主要生化成分分析(表4),6个主要生化成分指标中,变异系数最大的为总游离氨基酸(33.03%),其次为酚氨比(28.11%)、咖啡碱(26.59%)、儿茶素(21.77%)、茶多酚(15.62%),水浸出物含量变异系数最小,为14.18%,平均变异系数为23.22%。由此说明,游离氨基酸在6项指标中的改良潜力最大,而水浸出物的改良潜力最小。总游离氨基酸含量范围为1.37%~

3.68%,平均值为2.18%,10份资源的总游离氨基酸含量高于平均值。水浸出物含量范围为32.9%~57.65%,平均值为45.85%,8份资源的水浸出物含量高于45%,由此表明江西茶叶的内含物较为丰富。咖啡碱含量范围为2.16%~5.30%,平均值3.61%,2份茶树资源咖啡碱含量高于5%,属高咖啡碱资源;茶多酚含量范围为15.57%~26.55%,平均值为22.85%,5份茶树资源茶多酚含量高于25%;儿茶素是茶多酚最主要的成分,对绿茶茶汤苦涩味和红茶茶汤的色泽、浓强度起决定作用,儿茶素的含量范围为5.94%~14.18%,平均值为10.29%,8份茶树资源的儿茶素含量高于平均值,结合咖啡碱、茶多酚含量说明15份茶树资源中绝大多数资源对红茶茶汤、滋味品质的形成较为有利。从酚氨比来看,15份资源中,低于8的资源共2份,介于8~11的资源有5份,高于11的资源有8份。

由表4可知,15份茶树资源的主要生化成分的遗传多样性指数(H')变幅为1.84~1.99,平均遗传多样性指数为1.93,表现出丰富的生化多样性。6个生化成分指标中,多样性指数最大的是咖啡碱含量(1.99);其次为酚氨比(1.96)、茶多酚(1.93)、游离氨基酸(1.93)和儿茶素含量(1.93),最小的为水浸出物(1.84),表明咖啡碱在调查的江西茶树种质中的多样性最广泛。

表4 主要生化成分的基本统计参数和遗传多样性指数

Tab.4 Basic statistical parameters and genetic diversity index of the main biochemical components

生化成分 Biochemical composition	最大值 Maximum	最小值 Minimum	平均值 Average	标准差 SD	极差 R	变异系数/% CV	多样性指数(H') Diversity index
茶多酚/% TP	26.55	15.57	22.85	3.57	10.98	15.62	1.93
游离氨基酸/% FAA	3.68	1.37	2.18	0.72	2.31	33.03	1.93
咖啡碱/% Caffeine	5.30	2.16	3.61	0.96	3.14	26.59	1.99
儿茶素/% Catechin	14.18	5.94	10.29	2.24	8.24	21.77	1.93
水浸出物/% Water extraction	57.65	32.9	45.85	6.50	24.75	14.18	1.84
酚氨比 TP/AA	17.94	6.48	11.56	3.25	11.46	28.11	1.96

2.3 生化成分主成分分析评价

以15份资源的6个主要生化成分进行主成分分析(表5),前2个主成分的累积贡献率达到78.38%,涵盖了所有性状的大部分信息,可用来综合评价15份资源。第1主成分的贡献率达43.68%,贡献最大的是儿茶素(0.94),其次为茶多酚(0.92);而第2主成分的贡献率达34.70%,贡献最大的为负值的游离氨基酸(-0.90),其次为酚氨比(0.89)。

表5 江西茶树种质资源主成分分析

Tab.5 Analysis of the main component of Jiangxi tea germplasm resources

项目 Item	主成分1 PC1	主成分2 PC2	项目 Item	主成分1 PC1	主成分2 PC2
茶多酚 TP	0.92	-0.11	酚氨比 TP/AA	0.14	0.89
游离氨基酸 FAA	0.37	-0.90	特征根 Eigenvalues	2.62	2.08
咖啡碱 Caffeine	0.16	0.66	贡献率/% CR	43.68	34.70
儿茶素 Catechin	0.94	0.06	累计贡献率/% CCR	43.68	78.38
水浸出物 Water extraction	0.85	0.16			

对15份茶树资源进行主成分得分和综合得分计算(表6)。从主成分得分来看,主成分 Y_1 得分较高的为资源M2111、M2112、M2115,表明3份野生茶树资源相较其他12份野生资源或地方茶树资源的在多酚类物质和内含物含量等方面的品质表现优异,而得分较低3份资源为M2123、M2106、M2124,品质成分含量相对较低。主成分 Y_2 得分较高的为资源M2111、M2125、M2112,表明3份野生茶树资源或半野生资源较其余茶树资源在氨基酸含量方面的品质表现更优异。从综合得分来看,得分排前5名的依次为M2111、M2112、M2125、M2115、M2127,其中2份修水九岭山野生茶树资源和1份半野生种资源综合表现

优异,得分均超过了0.5分,这些茶树资源可为修水地区宁红优质茶的栽培选育提供材料基础。

表6 茶树种质资源主要生化成分的主成分得分和排名

Tab.6 The main component score and ranking of the main biochemical components of tea plant resources

资源编号 Germplasms accession	主成分 Y_1 得分 Y_1 score	主成分 Y_2 得分 Y_2 score	综合得分 Integrate score	排名 Ranking
M2111	1.53	1.49	1.51	1
M2112	1.05	1.19	1.11	2
M2125	0.32	1.38	0.79	3
M2115	0.94	-0.47	0.32	4
M2127	0.91	-0.69	0.2	5
M2107	0.14	0.3	0.21	6
M2126	-0.11	0.2	0.02	7
M2128	-0.65	0.54	-0.12	8
M2118	0.35	-0.78	-0.15	9
M2116	0.52	-1.59	-0.42	10
M2124	-0.75	-0.17	-0.49	11
M2109	-0.6	-0.41	-0.52	12
M2106	-1.84	0.67	-0.72	13
M2117	0.09	-1.88	-0.78	14
M2123	-1.89	0.23	-0.95	15

2.4 生化成分聚类分析

根据6个主要生化成分指标,将15份江西地方茶树资源进行聚类分析。如图1所示,当遗传距离为5时,可以将15份茶树资源分为4个类群。同时根据聚类结果对4个类群的主要生化成分进行了比较分析(表7)。

第1类群包含了5份茶树资源,占样本总体的33.33%,此类群茶树资源在主成分的综合得分排名中居于前5,除总游离氨基酸含量的平均值(2.08%)较第3类群(2.82%)低外,茶多酚含量、咖啡碱含量、水浸出物含量、儿茶素含量均最高,平均值分别为25.95%、4.23%、52.70%、12.10%,酚氨比平均值达13.47,是适制红茶类型的资源。第2类群包含了3份资源,占样本总体的13.33%,茶多酚、总游离氨基酸、水浸出物含量、儿茶素含量均相对第4类群较高,低于第1、3类群,平均值分别为22.43%、1.73%、42.18%、8.82%,咖啡碱含量最低,平均值为2.83%,酚氨比为13.19,属于适制红茶类型资源。第3类群包含5份茶树资源,占样本总体33.33%,氨基酸含量最高,平均值为2.82%,茶多酚、水浸出物和儿茶素含量仅次于第1类群,平均值分别为22.76%、46.15%、10.52%,咖啡碱含量较低,平均值为3.22%,酚氨比达8.34,属红绿兼制型资源。而第4类群包含了2份资源,此类群在主成分综合得分排名中居于后两位,茶多酚、总游离氨基酸、水浸出物含

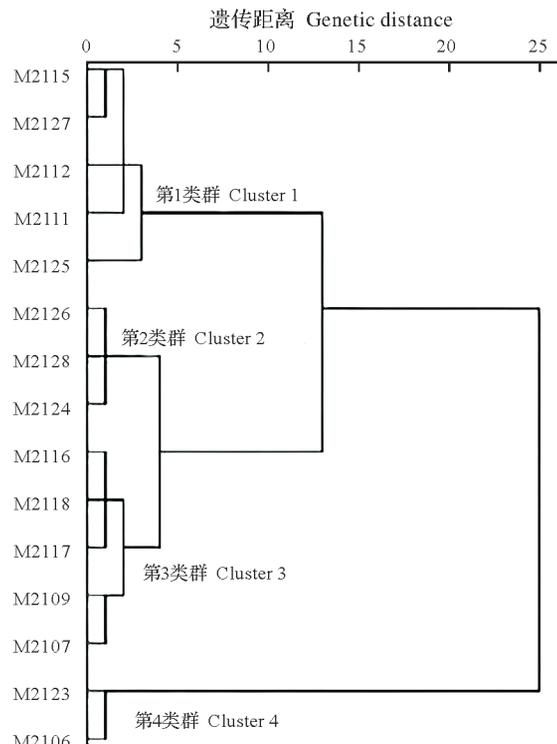


图1 基于主要生化成分构建的江西茶树种质资源聚类分析
Fig.1 Cluster analysis plot of Jiangxi tea plant germplasm resources based on main biochemical components traits

量、儿茶素含量相较前3类群均最低,分别为15.96%、1.49%、30.83%、7.38%,咖啡碱含量较高,仅次于第1类群,平均值为4.19%,酚氨比为10.76%,属适制红绿兼制型资源。

表7 不同类群主要生化成分比较

Tab.7 The main biochemical component comparison of different clusters

类群 Clusters	第1类群 Cluster I			第2类群 Cluster 2			第3类群 Cluster 3			第4类群 Cluster 4		
	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均值 Average									
茶多酚/% TP	24.66	26.55	25.95	21.53	23.58	22.43	18.34	25.90	22.76	15.57	16.35	15.96
总游离氨基酸/% FAA	1.37	2.78	2.08	1.39	2.05	1.73	1.96	3.68	2.82	1.38	1.60	1.49
咖啡碱/% Caffeine	3.23	5.21	4.23	2.37	3.32	2.83	2.16	4.10	3.22	3.07	5.30	4.19
水浸出物/% Water extraction	49.55	57.65	52.70	41.54	43.04	42.18	44.31	48.14	46.15	27.61	34.05	30.83
儿茶素/% Catechin	9.53	14.18	12.10	5.94	12.04	8.82	9.68	11.78	10.52	6.96	7.79	7.38
酚氨比 TP/AA	9.36	17.94	13.47	11.53	15.46	13.19	6.48	10.76	8.34	10.25	11.27	10.76

2.5 优异茶树资源筛选

根据生化成分测定的结果(表8)可知,茶多酚含量高于25%的资源有5份,分别为M2111、M2112、M2115、M2125、M2127,属高茶多酚资源;咖啡碱含量高于5%的资源有2份,分别为M2111和M2112,属高咖啡碱资源;M2107、M2111、M2112、M2115、M2116等8份茶树资源水浸出物含量高于45%,属高水浸出物资源。综合而言,M2111和M2112资源品质表现在15份茶树资源中最为优异,其次为M2125、M2115和M2127,这5份茶树资源可深入挖掘,作为茶树杂交育种的亲本材料或直接利用,对改良宁红茶品质具有重要作用。

表8 主要生化成分较特异资源

Tab.8 The relatively special resources of main biochemical components

资源类型 Germplasm types	性状指标 Character	资源编号 Germplasm number
高茶多酚 High in total polyphenol (TP)	茶多酚含量 $\geq 25\%$ TP $\geq 25\%$	M2111, M2112, M2115, M2125, M2127
高咖啡碱 High in caffeine	咖啡碱含量 $> 5\%$ Caffeine $> 5\%$	M2111, M2112
高水浸出物 High in water extraction	水浸出物含量 $\geq 45\%$ Water extraction $\geq 45\%$	M2107, M2111, M2112, M2115, M2116, M2118, M2125, M2127

3 结论与讨论

3.1 28份茶树种质资源的生物学性状特征与多样性分析

植物的生物学性状多样性是其芽叶遗传多样性与环境多样性的综合表现,具有遗传变异性和相对稳定性^[13-14]。茶树作为多年生的叶用经济作物,通过芽叶的生物学性状多样性来分析茶树的遗传多样性是一种直观且简单易行的方式^[3,15]。通过对28份江西茶树种质资源的19个芽叶生物学性状进行多样性分析发现,13个质量性状的变异系数在17.61%~47.94%,平均值为30.02%,遗传多样性指数变幅为0.04~1.39,均值为0.84;6个数量性状的变异系数在12.66%~20.00%,均值为16.65%,遗传多样性指数变幅为

0.93~2.03,均值为1.64。江西茶树资源生物学质量性状的平均变异系数(30.02%)与生物学数量性状(16.65%)、品质性状(23.22%)相比,明显高于后两者,由于质量性状稳定性高于数量性状,且所选择生物学性状多为质量性状,因此在28份江西茶树资源构成的群体内具有较大的变异幅度。

对江西茶树资源遗传多样性分析结果发现,茶树资源生物学质量性状的平均遗传多样性指数(0.84)与生物学数量性状(1.64)、品质性状(1.93)相比,明显低于后两者,说明江西茶树种质资源在生物学性状方面的离散程度较低、分布较为集中,尤其在树型、叶基、叶片大小等方面表现较为一致,而在叶长、锯齿数、叶宽等方面具有明显的遗传多样性,改良潜力较大。对比其他地区茶树遗传多样性分析结果发现,江西茶树资源生物学性状平均遗传多样性指数(1.09)高于四川古蔺野生大茶树资源(0.79)^[16]、南京栖霞山野生茶树资源(0.42)^[17]、贵定鸟王种质资源(0.68)^[18],总体低于云南茶树地方品种(1.94)^[19];质量性状的平均遗传多样性指数(0.84)与杭州鸠坑茶树资源(0.96)^[20]、重庆茶树资源(0.85)^[21]、武夷山地方资源(0.87)^[22]结果相似,数量性状的平均多样性指数(1.64)高于杭州鸠坑(1.06)^[20]、重庆茶树资源(1.53)^[21],与武夷山地方资源(1.79)^[22]结果相似。综合而言,所调查的28份江西茶树种质资源以灌木型、树姿半张开的中叶种为主,生物学性状遗传变异类型比较丰富,部分芽叶性状的改良潜力较大。

3.2 15份茶树种质资源主要生化成分鉴定评价及多样性分析

对优选的江西15份茶树资源主要生化成分进行系统鉴定评价,发现6个生化成分指标的平均变异系数为23.22%,高于贵定鸟王种(22.37%)^[18]、云南茶树地方品种(16.53%)^[19]、陕西茶树资源(21.78%)^[23],低于广西茶树资源(25.80%)^[24]、四川茶树资源(26.80%)^[25]、湖南莽山资源(28.29%)^[6];平均遗传多样性指数达1.93,低于重庆资源(2.00)^[21],但高于湖南莽山(1.86)^[6]、广西(1.90)^[24]、四川(1.92)^[25]等地资源。表明15份江西茶树资源的品质性状具有较高的遗传多样性,变异类型比较丰富,挖掘利用潜力大,具有改良应用的前景。这可能是因为江西属于江南茶区,是茶树迁移、演化的过渡地带,长期的自然选择和人工选择使江西省域内野生、半野生、地方群体种质资源较为丰富^[26]。江西茶树资源与部分地区相比,存在主要生化成分遗传多样性大但变异系数小的情况,由此说明生化成分的遗传多样性具有一定区域和种群间差异性,在15份茶树资源主要生化成分构成的群体内变异幅度相对较小,但生化成分在遗传多样性划分的各个等级中均有分布,因此多样性丰富。

主成分分析通过降维的方法可以清晰地反映造成群体差异的主要原因^[21]。根据对15份江西茶树资源的主要生化成分指标进行主成分分析,结果发现前2个主成分保留了6个主要生化成分多样性78.38%的信息,特征值总和为4.70,比较客观地反映了各主成分控制的性状间的关系,可以对江西茶树资源进行综合评价。第1主成分主要反映了儿茶素、茶多酚、水浸出物的信息,对茶树资源为正影响,第2主成分主要反映了总游离氨基酸、酚氨比、咖啡碱的信息,总游离氨基酸为负影响,酚氨比和咖啡碱为正影响。儿茶素是茶多酚的主要成分,对茶汤的苦涩味具有重要影响,在红茶制作中,儿茶素可氧化成茶黄素、茶红素和茶褐素,进而决定红茶的品质^[7]。从各主成分贡献率而言,第1主成分有价值因子偏大,第2主成分适中偏小,表明儿茶素在6个生化成分指标中对茶叶的品质形成贡献最大,这一结果与陈正武^[27]等研究结果相似。

酚氨比是判定茶树资源适制性的一个标准,大部分学者^[28-30]在进行适制性分类时一般按照酚氨比小于8适制绿茶,大于15适制红茶的标准执行,但新标准GB/T 8313-2008的检测方法使茶多酚含量较GB/T 8313-2002方法有所降低,综合各项数据及杨亚军等^[31]提出的适制性分类方法,将酚氨比调整为小于8适制绿茶,大于11适制红茶较为合理。因此,在15份资源中按酚氨比大小进行比较,适制绿茶资源仅有2份,适制红茶资源有8份,红绿兼制型茶树资源有5份。通过聚类分析,当欧式平方距离为5时,可将15份江西茶树资源分为4大类。第1类群主要为野生种和半野生种,除总游离氨基酸外,其余生化指标的平均含量均最大,酚氨比达13.47,因此第1类群属于红茶适制型;第2类群以地方品种为主,咖啡碱、总游离氨基酸含量均较其他类群小,酚氨比达13.19,属红茶适制型;第3类群包含了2份适制绿茶资源,除酚氨比(8.34)为4个类群中最低外,其余生化成分含量均相对较高,适制品种大多数资源属于红绿

兼制型;第4类群除咖啡碱和酚氨比略高之外,其主要生化成分含量均较4个类群低,酚氨比达10.76,属于红绿兼制型。这一结果与宁静等^[12]研究结果相似,分类结果与实际结果大体一致,也进一步证实了修水地区茶树资源更具红茶适制性。

3.3 茶树种质资源评价与优异种质筛选

种质资源评价是优异种质资源筛选的关键环节,采用生化成分的主成分分析评价茶树资源已有广泛报道^[32-34]。通过对15份茶树资源进行综合得分计算与排名(表6),排名前5的茶树资源依次为M2111、M2112、M2125、M2115、M2127,这些资源在聚类分析中全部聚在第1类群,酚氨比均值最大,为13.47(表7),因此这些资源可作为宁红茶优良种质资源的备选。M2111、M2125、M2127新梢芽叶色泽分别为黄绿色、紫绿色、黄白色,可作为特异性表型性状的优良种质。经系统筛选(表8),选出水浸出物含量 $\geq 45\%$ 的资源有8份,其中M2111和M2112为高咖啡碱特异资源($>5\%$),M2111、M2112、M2115、M2116、M2127为高茶多酚($>25\%$)资源,可以在生产上直接利用或作为茶树新品种改良的亲本材料,为培育江西地方优异新品种提供理论和实践基础。

致谢:江西省现代农业科研协同创新专项(JXXTCX202203)同时对本研究给予了资助,谨致谢意!

参考文献 References:

- [1] 王新超,王璐,郝心愿,等.中国茶树遗传育种40年[J].中国茶叶,2019,41(5):1-6.
WANG X C, WANG L, HAO X Y, et al. 40 years of tea genetic breeding in China [J]. China tea, 2019, 41(5): 1-6.
- [2] 陈亮,杨亚军,虞富莲.中国茶树种质资源研究的主要进展和展望[J].植物遗传资源学报,2004,5(4):389-392.
CHEN L, YANG Y J, YU F L. Tea germplasm research in China: recent progresses and prospects [J]. Journal of plant genetic resources, 2004, 5(4): 389-392.
- [3] 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.
WANG Z H, PENG H, JIANG X F, et al. Phenotypic diversity of buds and leaves of tea germplasm resources from Jiangxi province [J]. Jiangsu agricultural sciences, 2020, 48(1): 134-138.
- [4] 刘振,赵洋,杨培迪,等.湖南省茶树种质资源现状及研究进展[J].茶叶通讯,2011,38(3):7-10.
LIU Z, ZHAO Y, YANG P D, et al. The status and research progress of Hunan tea germplasm [J]. Journal of tea communication, 2011, 38(3): 7-10.
- [5] 闫满朝,肖长顺,陈志龙,等.西乡县地方茶树种质资源的生物学性状观察及生化成分分析[J].西北农业学报,2020,29(8):1224-1231.
YAN M Z, XIAO C S, CHEN Z L, et al. Analysis of biological characteristics and biochemical components of tea germplasm resources in Xixiang County [J]. Acta agriculturae boreali-occidentalis Sinica, 2020, 29(8): 1224-1231.
- [6] 黄飞毅,陈宇宏,刘伟,等.湖南莽山茶树种质资源调查与品质性状的遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2021,22(2):328-337.
HUANG F Y, CHEN Y H, LIU W, et al. Germplasm resources and genetic diversity of quality characters of tea plants from Mangshan in Hunan [J]. Journal of plant genetic resources, 2021, 22(2): 328-337.
- [7] 王治会,岳翠男,李琛,等.江西省茶树种质化学特性多样性分析与鉴定评价[J].江苏农业学报,2020,36(1):172-179.
WANG Z H, YUE C N, LI C, et al. Diversity analysis and evaluation of chemical characteristic of tea germplasm in Jiangxi Province [J]. Jiangsu journal of agricultural sciences, 2020, 36(1): 172-179.
- [8] 蔡翔,胡桂萍,王礼献,等.基于SSR标记评价江西赣东北茶树遗传多样性[J].茶叶通讯,2021,48(3):409-414.
CAI X, HU G P, WANG L X, et al. Genetic diversity of tea plant from northeast of Jiangxi based on SSR markers [J]. Journal of tea communication, 2021, 48(3): 409-414.
- [9] 陈亮,虞富莲,杨亚军.茶树种质资源与遗传改良[M].北京:中国农业科学技术出版社,2006.
CHEN L, YU F L, YANG Y J. Germplasm and genetic improvement of tea plant [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2006.
- [10] 单虹丽,卿钰,杜晓,等.茶叶儿茶素总量比色测定的盐酸(硫酸)香草醛显色反应能力评价[J].林产化学与工业,

- 2012,32(3):71-76.
- SHAN H L, QING Y, DU X, et al. Evaluation of chromogenic reaction ability of hydrochloric acid (sulfuric acid)-vanillin by the colorimetry for determining tea catehins aggregates[J]. Chemistry and industry of forest products, 2012, 32(3): 71-76.
- [11] 吕振通, 张凌云. SPSS 统计分析与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- LYU Z T, ZHANG L Y. SPSS statistical analysis and application[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2010.
- [12] 宁静, 刘振, 杨拥军, 等. 城步岷茶资源主要生化成分遗传多样性分析[J]. 茶叶通讯, 2019, 46(3): 269-275.
- NING J, LIU Z, YANG Y J, et al. Genetic diversity analysis for main biochemical components of Chengbu Dong tea germplasm resources[J]. Journal of tea communication, 2019, 46(3): 269-275.
- [13] 韩振诚, 潘学军, 安华明, 等. 贵州柿地方品种表型性状遗传多样性分析[J]. 西北植物学报, 2014, 34(6): 1152-1163.
- HAN Z C, PAN X J, AN H M, et al. Genetic diversity of local persimmon in Guizhou based on phenotypic traits[J]. Acta botanica boreali-occidentalia Sinica, 2014, 34(6): 1152-1163.
- [14] DOMINGO R M J, GUTIERREZE M A, RAMIREZ V P, et al. Descriptors for macadamia (*Macadamia* spp.) [J]. Acta horticulturae, 2004, 634: 203-208.
- [15] NGUYEN H P, PONGNAK W, SOYTONG K, et al. Diversity of tea (*Camellia sinensis*) grown in Vietnam based on morphological characteristics and inter-primer binding sites (iPBS) marker [J]. International journal of agriculture and biology, 2016, 18(2): 385-392.
- [16] 熊元元, 王云, 刘晓, 等. 古蔺野生大茶树资源农艺性状多样性分析[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(9): 33-37.
- XIONG Y Y, WANG Y, LIU X, et al. Diversity analysis of agronomic traits of big wild tea plants in Gulin [J]. Journal of Anhui agricultural sciences, 50(9): 33-37.
- [17] 王梦荷, 杨彬, 田茂荣, 等. 南京市栖霞山野生茶树种质资源调查与品质性状遗传多样性分析[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(1): 126-132.
- WANG M H, YANG B, TIAN M R, et al. Investigation of wild tea tree germplasm resources and their genetic diversity of quality traits in Qixia Mountain of Nanjing City [J]. Jiangsu agricultural sciences, 2022, 50(1): 126-132.
- [18] 张小琴, 周富裕, 杨春, 等. 贵定鸟王种茶树资源农艺性状和品质性状多样性分析[J]. 分子植物育种, 2015, 13(2): 415-423.
- ZHANG X Q, ZHOU F Y, YANG C, et al. Diversity of tea germplasm resource (*Camellia sinensis* 'Guiding-niaowangzhong') revealed based on agronomic and quality traits [J]. Molecular plant breeding, 2015, 13(2): 415-423.
- [19] 蒋会兵, 田易萍, 陈林波, 等. 云南茶树地方品种农艺性状与品质性状遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(4): 634-640.
- JIANG H B, TIAN Y P, CHEN L B, et al. Diversity of tea landraces based on agronomic and quality traits in Yunan Province [J]. Journal of plant genetic resources, 2013, 14(4): 634-640.
- [20] 黄海涛, 王风雷, 王贤波, 等. 鸠坑茶树资源芽叶表型性状的多样性分析[J]. 浙江农业科学, 2013, 54(3): 251-254.
- HUANG H T, WANG F L, WANG X B, et al. Diversity analysis of leaf phenotypic characters of tea germplasms from Jiukeng [J]. Journal of Zhejiang agricultural sciences, 2013, 54(3): 251-254.
- [21] 翟秀明, 李解, 唐敏, 等. 重庆30份茶树种质资源农艺性状与生化成分多样性[J]. 浙江农业学报, 2021, 33(7): 1244-1255.
- ZHAI X M, LI J, TANG M, et al. Diversity analysis of 30 tea (*Camellia sinensis*) germplasm resources in Chongqing based on agronomic traits and biochemical components [J]. Acta agriculturae Zhejiangensis, 2021, 33(7): 1244-1255.
- [22] 王飞权, 冯花, 罗盛财, 等. 武夷名丛茶树种质资源农艺性状多样性分析[J]. 中国农业科技导报, 2019, 21(6): 43-54.
- WANG F Q, FENG H, LUO S C, et al. Diversity analysis of agronomic traits of Wuyi Mingcong tea plant germplasm resources [J]. Journal of agricultural science and technology, 2019, 21(6): 43-54.
- [23] 丁帅涛, 程晓梅, 张亚, 等. 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[J]. 西北农业学报, 2019, 28(4): 607-619.
- DING S T, CHENG X M, ZHANG Y, et al. Genetic diversity in phenotypic traits and biochemical components of tea germplasm resources in Shaanxi [J]. Acta agriculturae boreali-occidentalis Sinica, 2019, 28(4): 607-619.
- [24] 王新超, 陈亮, 杨亚军. 广西茶树资源生化成分多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(3): 309-314.

- WANG X C, CHEN L, YANG Y J. Biochemical diversity analysis of tea germplasms in Guangxi [J]. Journal of plant genetic resources, 2010, 11(3): 309-314.
- [25] 王小萍, 唐晓波, 王迎春, 等. 52份茶树资源生化组分的表型多样性分析[J]. 茶叶科学, 2012, 32(2): 129-134.
WANG X P, TANG X B, WANG Y C, et al. Phenotypic diversity analysis of biochemical composition in 52 tea germplasms [J]. Journal of tea science, 32(2): 129-134.
- [26] 刘跃清, 张斐斐, 朱恩华, 等. 江西省茶树野生资源调查[J]. 现代农业科技, 2020, (20): 129-131.
LIU Y Q, ZHANG F F, ZHU E H, et al. Investigation on wild tea resources in Jiangxi Province [J]. Modern agricultural science and technology, 2020, (20): 129-131.
- [27] 陈正武, 陈娟, 龚雪, 等. 28份贵州茶树种质资源的生化成分多样性分析[J]. 西南农业学报, 2015, 28(4): 1517-1523.
CHEN Z W, CHEN J, GONG X, et al. Diversity analysis for biochemical components of 28 tea germplasm resources in Guizhou [J]. Southwest China journal of agricultural sciences, 2015, 28(4): 1517-1523.
- [28] 尹杰, 牛素贞, 宋勤飞, 等. 黔西南州野生茶树的性状特征及品质分析[J]. 浙江农业学报, 2013, 25(4): 782-786.
YIN J, NIU S Z, SONG Q F, et al. Analysis on the leaf bud characters and biochemical components in the spring shoots of wild tea plant from Qianxinan [J]. Acta agriculturae Zhejiangensis, 2013, 25(4): 782-786.
- [29] 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.
DUAN Z F. Study of agronomic traits and main chemical characteristics of wild tea plants resources in Yunnan [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2013.
- [30] 段小凤, 唐茜, 郭雅丹, 等. 中茶108、中茶302和中茶102的绿茶适制性及制茶品质[J]. 食品科学, 2014, 35(7): 33-37.
DUAN X F, TANG Q, GUO Y D, et al. Suitability for processing green tea and quality of tea leaves from Zhongcha 108, 302 and 102 [J]. Food science, 2014, 35(7): 33-37.
- [31] 杨亚军. 评茶员培训教材[M]. 北京: 金盾出版社, 2011: 287-293.
YANG Y J. Tea-taster training materials [M]. Beijing: Jindun Press, 2011: 287-293.
- [32] 戴前莉, 朱恒星, 卢敏, 等. 重庆老鹰茶种质资源调查与评价[J]. 浙江农业学报, 2022, 34(3): 447-456.
DAI Q L, ZHU H X, LU M, et al. Investigation and evaluation of litsea coreana germplasm resources in Chongqing [J]. Acta agriculturae Zhejiangensis, 2022, 34(3): 447-456.
- [33] 刘玉飞, 庞丹丹, 蒋会兵, 等. 66份云南茶树种质生化成分的分析及特异种质筛选[J]. 南方农业学报, 2021, 52(3): 693-699.
LIU Y F, PANG D D, JIANG H B, et al. Biochemical component analysis and specific resource selection of 66 accessions of tea germplasms in Yunnan [J]. Journal of southern agriculture, 2021, 52(3): 693-699.
- [34] 江新风. 江西特异茶树资源评价、鉴定及“黄金菊”新梢黄化的多组学分析[D]. 武汉: 华中农业大学, 2021.
JIANG X F. Identification and evaluation of specific tea germplasm resources in Jiangxi Province and multiomics analysis of shoot etiolation in *Camellia sinensis* var. Huangjinju [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2021.