

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.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2020.01.024

江西省茶树种质化学特性多样性分析与鉴定评价

王治会, 岳翠男, 李琛, 蔡海兰, 彭华, 李文金, 胡瑶根, 杨普香
(江西省蚕桑茶叶研究所/江西省茶叶质量与安全控制重点实验室, 江西 南昌 330202)

摘要: 以江西省内不同区域和省外引种驯化的 45 份茶树种质资源为材料, 对其 16 个化学成分进行遗传多样性分析与鉴定评价。结果表明: 江西茶树种质的化学成分存在丰富的多样性和变异, 平均遗传多样性指数为 1.91, 平均变异系数为 31.36%; 通过主成分分析提取的前 5 个主成分代表了茶树化学成分多样性的 80.135% 信息, 16 个化学成分在各主成分中均有贡献, 载荷图分析结果显示部分化学成分之间存在较大相关性; 通过聚类分析将 45 份种质资源分为 3 个类群, 每个类群中均有亚组, 第 1 类群属于红、绿茶兼制类型, 第 2 类群适合制作红茶, 第 3 类群适合制作绿茶; 从茶树种质资源中初步筛选出高水浸出物资源 3 份, 高表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)资源 6 份, 高儿茶素资源 11 份, 低咖啡碱资源 1 份, 低茶多酚资源 4 份。

关键词: 茶树; 种质资源; 化学成分; 多样性; 鉴定评价

中图分类号: S571.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-4440(2020)01-0172-08

Diversity analysis and evaluation of chemical characteristics of tea germplasm in Jiangxi province

WANG Zhi-hui, YUE Cui-nan, LI Chen, CAI Hai-lan, PENG Hua, LI Wen-jin, HU Yao-gen, YANG Pu-xiang

(*Jiangxi Sericulture and Tea Research Institute/Jiangxi Key Laboratory of Tea Quality and Safety Control, Nanchang 330202, China*)

Abstract: The genetic diversity of 16 chemical components of 45 tea germplasm resources, which came from different regions of Jiangxi province and introduced-domesticated from others, was analyzed and evaluated. The results showed that there were abundant diversity and variation in chemical composition of tea germplasms in Jiangxi province, with an average genetic diversity index of 1.91 and an average coefficient of variation of 31.36%. The top five principal components extracted by principal component analysis represented 80.135% information of chemical composition diversity of tea resources, and 16 chemical components contributed to each principal component. In addition, the load diagram analysis results showed that some chemical components were highly correlated. The 45 germplasm resources were divided into three groups by cluster analysis, which contained subgroups. The first group was suitable for making black tea and green tea, the second group was suitable for making black tea, and the third group was suitable for making green tea. Three high water extract resources, six high epigallocatechin gallate (EGCG) resources, 11 high catechin resources, one low caffeine resource

and four low tea polyphenols resources were selected from tea germplasm resources.

Key words: tea plant; germplasm; chemical composition; diversity; identification and evaluation

收稿日期: 2019-06-17

基金项目: 江西省科技计划项目(20143ACF60006); 江西省现代农业产业技术体系建设专项(JXARS-02); 国家现代产业技术体系建设项目(CARS-19); 江西省茶叶质量与安全控制重点实验室项目(20192BCD40007)

作者简介: 王治会(1992-), 河南驻马店人, 硕士研究生, 主要从事茶树资源开发利用研究。(E-mail) 1246900265@qq.com

通讯作者: 杨普香, (E-mail) 1185812469@qq.com

江西省是中国重点产茶省份之一, 属于茶树迁移、演化的过渡地带, 具有悠久的茶树栽培历史, 自然

条件极其优越,山区与丘陵地区都有茶树分布,且经过长期自然选择、人工栽培驯化以及特有的生态环境形成了丰富的茶树种质,其中也存在大量的特异性种质^[1-3]。因此,系统地对江西省茶树种质进行鉴定与评价,对于加快开发利用其丰富的种质资源具有非常重要的意义。茶树鲜叶中的化学成分是茶叶品质、判断品种适制性以及发挥茶叶本身功能的物质基础^[4-5],可以决定茶树资源的开发效益与利用价值。且研究茶树资源中化学成分的遗传多样性,对优异茶树资源的发掘、保护与利用等方面都极其重要。

陈正武等^[6]对贵州省的 28 份茶树资源进行化学成分鉴定与遗传多样性分析,结果表明贵州省茶树资源化学成分的遗传多样性丰富,多样性指数平均值为 2.31,变异系数平均值为 25.45 %,并从中筛选出了高氨基酸茶树资源 2 份和一批潜在的优良茶树资源。王新超等^[7]对广西省的 98 份茶树资源进行化学成分鉴定,发现广西省地方茶树资源的化学成分多样性丰富,遗传多样性指数平均值为 1.90,变异系数平均值为 25.8%,并从中筛选出了一批特异性资源。班秋艳等^[8]对陕西省的 88 份茶树资源进行化学成分分析,发现陕西省茶树种质化学成分多

样性丰富,多样性指数平均值为 2.01,变异系数平均值为 28.00%,从中筛选出高咖啡碱资源 1 份、低咖啡碱资源 1 份和低茶多酚资源 1 份。另外还有其他地区茶树资源化学成分鉴定与多样性分析的报道^[9-12]。目前关于江西省茶树资源主要化学成分的系统研究与特异茶树资源的筛选尚无报道。为了充分挖掘江西省茶树资源的利用潜力,本研究以江西省内不同区域和省外引种驯化的 45 份茶树种质资源为研究对象,在相同生境下进行鉴定与评价,分析研究其主要化学成分的遗传多样性,初步判断其适制性,并从中发掘特异茶树资源,为深入研究与利用江西省茶树资源提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以江西省内不同区域和省外引种驯化的 45 份茶树种质资源为供试材料,其中编号 1~24 为江西省内不同区域的新资源,编号 25~45 为从省外引进且经本地驯化的茶树种质资源 21 份(表 1)。2017~2018 年春季采摘其一芽二叶鲜叶,使用相同标准进行微波杀青,之后 80 ℃烘干,用于化学成分检测。

表 1 45 份茶树种质资源的编号与来源
Table 1 Number and source of 45 tea germplasm resources

样品编号	样品名称	来源	样品编号	样品名称	来源	样品编号	样品名称	来源
1	N-1	江西南昌	16	N-16	江西永修	31	鄂茶 1 号	湖北
2	N-2	江西南昌	17	N-17	江西浮梁	32	金萱	台湾
3	N-3	江西南昌	18	N-18	江西浮梁	33	川茶 3 号	四川
4	N-4	江西修水	19	N-19	江西浮梁	34	马边绿	四川
5	N-5	江西南昌	20	N-20	江西遂川	35	川茶 2 号	四川
6	N-6	江西修水	21	N-21	江西婺源	36	名山白毫	四川
7	N-7	江西浮梁	22	N-22	江西宁都	37	紫鹃	云南
8	N-8	江西庐山	23	N-23	江西宁都	38	黄金芽	浙江
9	N-9	江西抚州	24	78-35	江西南昌	39	天台黄	浙江
10	N-10	江西修水	25	湘波绿 2 号	湖南	40	黄魁	浙江
11	N-11	江西南昌	26	玉笋	湖南	41	浙农 117	浙江
12	N-12	江西南昌	27	黄金茶	湖南	42	浙农 113	浙江
13	N-13	江西南昌	28	福鼎大白茶	福建	43	春雨 1 号	浙江
14	N-14	江西永修	29	黄旦	福建	44	春雨 2 号	浙江
15	N-15	江西永修	30	308	福建	45	浙农 902	浙江

1.2 化学成分测定方法

水浸出物含量测定采用 GB/T 8305-2013 方法,总游离氨基酸含量测定采用 GB/T 8314-2013

方法,茶多酚含量测定采用 GB/T 8313-2018 方法。儿茶素组分、咖啡碱含量测定采用高效液相色谱法,采用 Hypersil BDS C18 色谱柱(250 mm×4.6 mm,5

μm),流动相 A:3%冰乙酸水溶液,流动相 B:乙腈。流动相 A 的梯度变化:0~5 min 为 95%~92%,5~15 min 为 92%~88%,15~30 min 为 88%~80%,30~31 min 为 88%~0,31~35 min 为 0;流动相 B 的梯度变化:0~5 min 为 5%~8%,5~15 min 为 8%~12%,15~30 min 为 12%~20%,30~31 min 为 20%~100%,31~35 min 为 100%;进样量:10 μl ;柱温:35 $^{\circ}\text{C}$;流速:1 ml/min;检测波长:278 nm。各个化学成分测定每个茶样重复 3 次。表儿茶素(EC)、没食子儿茶素没食子酸酯(GCG)、儿茶素没食子酸酯(CG)、没食子酸(GA)、表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)、表没食子儿茶素(EGC)、表儿茶素没食子酸酯(ECG)、儿茶素(C)、咖啡碱的标准品纯度均为 98%,成都普瑞法科技开发有限公司产品,乙醇、乙腈为色谱纯,其他试剂均为国产分析纯。

1.3 数据统计

采用 SPSS 19.0 软件对数据进行描述性统计、方差分析、主成分分析、聚类分析。Shannon-Weaver 遗传多样性指数计算公式: $H' = -\sum P_j \ln P_j$,式中 P_j 是某性状第 j 个代码出现的频率。利用平均数和标准差分为 10 级:第 1 级为 $X_1 < (X - 2S)$,第 10 级为 $X_{10} \geq (X + 2S)$, X 为总平均数, S 为标准差,每 0.5S 为 1 级。

2 结果与分析

2.1 茶树种质化学成分多样性分析

对 45 份茶树资源的 16 个化学成分进行描述性统计与遗传多样性指数计算(表 2)。从变异系数和遗传多样性指数来看,变异系数的范围为 7.35%~74.05%,平均值为 31.36%,相比于云南省(16.53%)^[9]、四川省(26.80%)^[10]、广西省(25.80%)^[7]、陕西省(28.00%)^[8]的偏高,说明江西省茶树种质资源的化学成分含量差异性较大,茶树资源的改良潜力更大。变异系数大小依次为 ECG>GCG>EC>GA>CG>非酯型儿茶素>C>酚氨比>ECG>总游离氨基酸>EGCG>酯型儿茶素>总儿茶素>茶多酚>咖啡碱>水浸出物。遗传多样性指数的范围为 1.25~2.11,平均值为 1.91,与广西省(1.90)^[7]、四川省(1.92)^[10]的相近,低于贵州省(2.00)^[6]、杭州市(1.99)^[11]、陕西省(2.01)^[8],说明江西省茶树资源的化学成分遗传多样性丰富。遗传多样性指数大小依次为 CG>EGCG>ECG>茶多

酚>GCG>C>总游离氨基酸>总儿茶素>酯型儿茶素>酚氨比>EC>GA>非酯型儿茶素>水浸出物>EGC>咖啡碱。对比变异系数与遗传多样性指数的大小顺序,两者之间存在一些差别,如 EGC、EC、GCG 的变异系数在 50%以上,但遗传多样性指数在 2.01 以下,变异系数较大但遗传多样性指数较小;茶多酚的变异系数为 13.06%,遗传多样性指数为 2.03,变异系数较小但遗传多样性指数较大,主要原因是 EGC、EC、GCG 这几个成分在茶树资源中含量离散度较大,存在一些特异性资源。变异系数较小但遗传多样性指数较大的原因是此化学成分在遗传多样性划分的各个等级中均有分布,所以多样性较为丰富。

茶多酚、咖啡碱、总游离氨基酸和水浸出物等含量是影响茶树品质较大的化学成分^[13],在江西省茶树种质中此 4 个成分的变异系数最大的为总游离氨基酸,其次为茶多酚、咖啡碱,最小的是水浸出物,顺序与云南省和广西省的一致^[7,9]。说明在江西省茶树资源改良中,总游离氨基酸的改良潜力最大,其次为茶多酚、咖啡碱,水浸出物的改良潜力最小。水浸出物含量范围为 34.76%~52.84%,均值为 41.70%,其中有 20 份资源超过均值,说明江西省茶树资源较为丰富。总游离氨基酸含量最大的为编号 35(3.49%),最小的为编号 22(1.57%);茶多酚含量最大的为编号 7(23.97%),最小的为编号 39(13.51%);咖啡碱含量最大的为编号 28(4.28%),最小的为编号 23(1.77%)。

酚氨比即茶多酚与氨基酸的比值,能够体现茶树种质适制性,酚氨比高的适制红茶,酚氨比低的适制绿茶^[14]。在本研究中,酚氨比的范围为 4.02~13.72,变异系数为 28.85%,遗传多样性系数为 1.91,说明江西茶树资源的酚氨比多样性较为丰富,茶树资源的适制茶叶种类较为多样。其中酚氨比最大的为江西省本地资源编号 7(13.72),最小的为省外引进驯化的茶树资源编号 35(4.02)。

儿茶素是茶树中多酚类物质的主要成分,属于黄烷醇类化合物,是茶汤基本滋味苦涩味的主要贡献成分,具有重要的保健功能^[15],在红茶制作中,儿茶素可以氧化成为茶黄素、茶红素,茶褐素,进而决定红茶品质^[16]。所以其组成和含量与茶叶品质密切相关,也是体现茶树进化的一个重要标志^[17]。从表 2 中可以看出,总儿茶素变异系数为

16.59%,遗传多样性指数为 2.01,最大的为编号 22 (20.94%),最小的为编号 43(9.16%),最大的是最小的 2.2 倍,说明总儿茶素的多样性较为丰富。从儿茶素的组成来看,非酯型儿茶素(35.49%)的变异系数高于酯型儿茶素(17.59%),此结果与广西省^[7]、贵州省的^[6]相同,与杭州市的^[11]相反。从非酯型儿茶素来看,变异系数最大是 EGC(74.05%),其次为 EC(53.78%)、C(29.88%),此结果与贵州的顺序^[6]完成一致,与广西^[7]、四川的^[10]结果存在一些差异。广西的非酯型儿茶素变异系数最大的为 EC,其次为 EGC、C;四川最大的为 C,其次为 EC、EGC。说明不同地区非酯型儿茶素的差异性不同。

有研究结果表明茶树在进化过程中儿茶素组成是由简单向复杂演变,因此简单儿茶素含量比率高的茶树更接近于原始型茶树^[7,17]。从体现茶树进化程度的简单儿茶素 EC 和 C 占整个儿茶素的比例上来看,江西省茶树资源最高的可以达到 20.73%,最低的仅为 3.79%,变异系数为 36.55%,此结果比广西^[7]、贵州的^[6]均较大,说明江西茶树既具有进化上比较原始的类型,也具有进化程度较高的类型。推测其原因是江西本地保存了一些比较原始的种质,但也从省外引进了一些进化程度较高的茶树资源,所以表现在化学成分分布上比较丰富,也从侧面反映江西茶树种质资源的多样性丰富。

表 2 45 份茶树种质化学成分的描述性统计与遗传多样性指数
Table 2 Descriptive statistics of chemical constituents and genetic diversity index of 45 tea plant resources

化学成分	极小值(%)	极大值(%)	均值(%)	标准差(%)	变异系数(%)	遗传多样性指数(H')
水浸出物	34.76	52.84	41.70	3.06	7.35	1.81
总游离氨基酸	1.57	3.49	2.36	0.49	20.57	2.01
茶多酚	13.51	23.97	18.82	2.46	13.06	2.03
酚氨比	0.04	0.14	0.08	0.02	28.85	1.91
咖啡碱	1.77	4.28	3.50	0.44	12.55	1.25
GA	0.04	1.27	0.63	0.29	45.83	1.86
EGC	0.30	3.13	0.97	0.72	74.05	1.71
C	0.16	0.57	0.29	0.09	29.88	2.01
EC	0.26	2.14	0.82	0.44	53.78	1.88
非酯型儿茶素	1.13	4.34	2.08	0.74	35.49	1.85
GCG	0.05	1.21	0.36	0.24	64.61	2.01
ECG	1.49	4.04	2.55	0.58	22.54	2.04
CG	0.08	0.33	0.17	0.07	39.13	2.11
EGCG	5.47	14.59	10.13	2.02	19.90	2.07
酯型儿茶素	7.37	18.56	13.23	2.33	17.59	2.00
总儿茶素	9.16	20.94	15.31	2.54	16.59	2.01
平均值	-	-	-	-	31.36	1.91

GA:没食子酸;EGC:表没食子儿茶素;C:儿茶素;EC:表儿茶素;GCG:没食子儿茶素没食子酸酯;ECG:表儿茶素没食子酸酯;CG:儿茶素没食子酸酯;EGCG:表没食子儿茶素没食子酸酯。

2.2 茶树种质化学成分的主成分分析

主成分分析可以将大量的变量简化为极少量的综合变量,从而使用极少的综合变量最大限度地解释原来变量的信息^[18],利用此方法能够更好地综合解释茶树资源群体差异的主要来源。对 45 份茶树资源的 16 个化学成分进行主成分分析(表 3)。根据累计方差贡献率≥80%、初始特征值≥1 的成分提取标准^[19],有 5 个主成分能够概括茶树资源的大部分信息,其累计方差贡献率为 80.135%,可以用来

对资源进行综合评价。
从表 3 中可以看出,PC1 代表水浸出物、总游离氨基酸、茶多酚、酚氨比、EGCG、酯型儿茶素、总儿茶素的信息;PC2 代表咖啡碱、C、EC 的信息;PC3 主要综合了 EGC、非酯型儿茶素的信息;PC4 代表 GA、CG 的信息;PC5 代表 GCG 的信息。16 个化学成分在 5 个主成分中均有贡献,说明此 16 个化学成分能够解释 45 个茶树资源的遗传变异。

表 3 主成分分析的各主成分载荷矩阵

Table 3 Component matrix of principal component analysis (PCA)

化学成分	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
水浸出物	0.729	-0.124	0.104	-0.086	0.276
总游离氨基酸	-0.748	0.273	0.124	0.206	0.204
茶多酚	0.886	-0.242	0.127	-0.012	0.137
酚氨比	0.889	-0.200	-0.042	-0.247	-0.073
咖啡碱	-0.075	-0.704	0.220	0.407	0.138
GA	-0.230	0.052	0.416	0.648	0.332
EGC	0.228	0.350	-0.780	0.369	0.240
C	0.293	0.678	0.272	-0.148	0.376
EC	0.215	-0.826	-0.157	-0.145	-0.010
非酯型儿茶素	0.386	-0.076	-0.819	0.254	0.272
GCG	0.039	0.370	-0.085	-0.039	-0.518
ECG	0.599	0.005	0.374	-0.001	0.363
CG	-0.056	-0.145	0.088	0.748	-0.420
EGCG	0.860	0.214	0.151	0.195	-0.263
酯型儿茶素	0.896	0.220	0.217	0.187	-0.202
总儿茶素	0.933	0.180	-0.040	0.245	-0.106
特征值	5.835	2.241	1.870	1.634	1.242
方差贡献率(%)	36.468	14.008	11.685	10.212	7.763
累计方差贡献率(%)	36.468	50.476	62.160	72.372	80.135

GA、EGC、C、EC、GCG、ECG、CG、EGCG 见表 2 注。

主成分分析中各化学成分的载荷图见图 1, 在载荷图中变量之间的距离越近, 说明两个变量之间具有较强的相关性^[20]。从图 1 中可以看出, 在大圈内的 8 个成分之间距离较近, 说明这 8 个成分之间具有较强的相关性, 分别是水浸出物、茶多酚、总儿茶素、酯型儿茶素、非酯型儿茶素、EGCG、ECG、酚氨比。此结果与四川^[10]、贵州^[6]、广西^[7] 茶树资源的主成分分析结果类似, 推测这 8 种成分之间相关的原因是 EGCG、ECG 是酯型儿茶素的主要贡献成分, 酯型儿茶素和非酯型儿茶素是总儿茶素的贡献成分, 总儿茶素是茶多酚的贡献成分, 茶多酚是水浸出物的主要贡献成分, 茶多酚能够在一定程度上决定酚氨比的大小^[21], 所以此 8 个成分的相关性较大。在小圈内有 2 个成分, 说明这 2 个成分之间具有较强的相关性, 分别是 C、GCG, 关于这 2 个成分之间相关性的原因目前尚无研究。其他 5 个成分相互之间距离较远, 说明相互之间相关性不大, 分别是总游离

氨基酸、咖啡碱、GA、CG、EC、EGC。与其他研究结果相似, 此 5 个化学成分在茶树中均有不同的代谢途径^[21], 所以相关性不大。

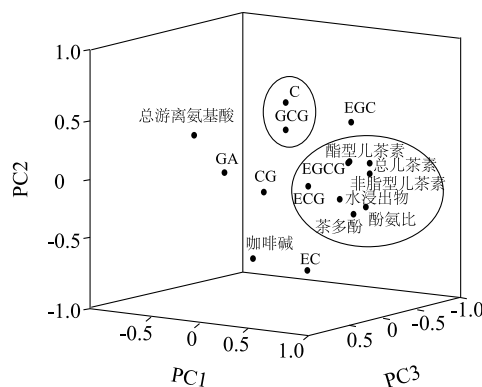


图 1 45 份茶树资源的 16 个化学成分在主成分分析中的载荷图

Fig.1 Load map of 16 chemical components in PCA of 45 tea resources

2.3 茶树种质的聚类分析

采用聚类分析中的 Ward 法进行聚类, 度量标准为平方 Euclidean 距离, 聚类分析结果见图 2。在遗传距离为 4 时可以把 45 份资源分为 3 类。第 1 类群包括 22 份资源, 含有 3 个亚组, 分别是编号 1、3、4、5、6、8、9、12、14、15、16、20、24、26、28、29、30、31、32、33、41、42。第 2 类群包括 11 份资源, 含有 4 个亚组, 分别是编号 7、10、13、17、18、19、21、22、23、27、37。第 3 类群包括 12 份资源, 含有 3 个亚组, 分别是编号 2、11、25、34、35、36、38、39、40、43、44、45。3 个类群的化学成分比较分析结果见表 4, 对比 3 个类群的化学成分单因素方差分析结果来看, 16 个化学成分在各类群中均存在显著性差异, 水浸出物、茶多酚、酚氨比、EGC、C、EC、非酯型儿茶素、GCG、ECG、EGCG、酯型儿茶素、总儿茶素等 12 个成分在第 2 类群中均是最大, 并且显著高于其他 2 个类群; 总游离氨基酸在第 3 类群中最大, 并且显著高于其他 2 个类群; 咖啡碱、GA、CG 等 3 个成分在第 1 类群中均是最大, 显著高于第 2 类群, 与第 3 类群差异不显著。

综合各类群的化学成分来看, 第 3 类群的主要特点是氨基酸含量高, 茶多酚和儿茶素含量较低, 酚氨比均值为 5.49; 第 2 类群的主要特点是化学成分含量为 3 类中最丰富的, 茶多酚和儿茶素含量最高, 氨基酸含量最低, 酚氨比平均值为 11.03; 第 1 类群

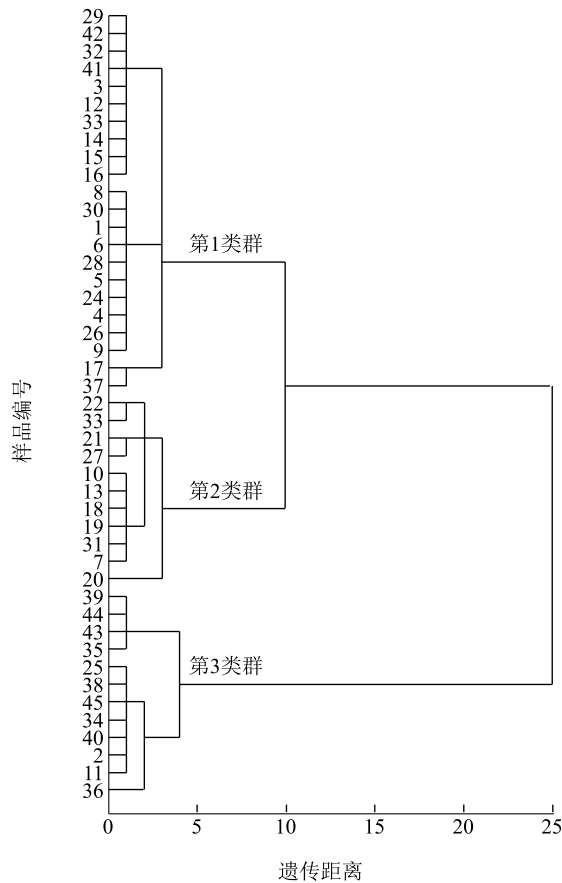


图2 45份茶树资源的聚类分析
Fig.2 Cluster analysis of 45 tea resources

的主要特点是化学成分含量中等,咖啡碱含量较高,酚氨比的平均值为 8.71。酚氨比是判定茶树资源适制性的一个重要指标,一般认为酚氨比小于 8 适制绿茶,大于 15 适制红茶,部分学者对广西^[7]、贵州^[6]、云南^[9]、四川^[10] 茶树资源进行研究时也参照此数值进行适制性分类。使用此数据进行分类时茶多酚的检测方法为酒石酸亚铁法,而新国家标准 GB/T8313-2008 福林酚比色法测得的茶多酚含量比酒石酸亚铁法检测的降低了 30%~40%^[22],所以酚氨比应适当调整。我们认为,对于福林酚比色法测得的茶多酚含量,以杨亚军等^[23] 的分类方法(酚氨比小于 7 适制绿茶,大于 10 适制红茶)较为实际,由此看来,第 1 类群属于红茶、绿茶兼制类,第 2 类群适合制作红茶,第 3 类群适合制作绿茶。

2.4 茶树特异资源筛选

茶树资源筛选的主要目的是提供符合生产发展需求的优质高效资源,因此资源筛选目标随着生产和消费者需求的改变而改变,1980 年之前高产是主

要目标,1980 年之后早生品种是主要目标,进入 2000 年之后高品质是茶树筛选的目标^[24]。目前人们消费更加多元化,筛选适合不同消费群体,适应加工不同类型茶叶产品或者满足深加工需要的特异性茶树资源是今后的重要方向^[7,24]。根据化学成分的检测结果,从江西省茶树种质资源中筛选出一些在化学成分上比较特异的资源(表 5),其中高水浸出物茶树资源 3 份,高 EGCG 茶树资源 6 份,高儿茶素茶树资源 11 份,低咖啡碱茶树资源 1 份,低茶多酚茶树资源 4 份。这些特异性茶树资源可以直接在生产中使用或者作为茶树杂交育种的亲本材料。

表 4 不同类群的化学成分含量比较
Table 4 Comparison of chemical compositions in different groups

化学成分	第 1 类群	第 2 类群	第 3 类群
水浸出物(%)	41.98±2.90b	44.10±1.47a	39.01±2.08c
总游离氨基酸(%)	2.25±0.32b	1.99±0.30c	2.91±0.39a
茶多酚(%)	19.25±1.07b	21.44±1.00a	15.63±1.51c
酚氨比	8.71±1.25b	11.03±1.75a	5.49±1.00c
咖啡碱(%)	3.66±0.24a	3.34±0.68b	3.37±0.31ab
GA(%)	0.73±0.29a	0.43±0.25b	0.63±0.19ab
EGC(%)	0.95±0.64a	1.06±1.01a	0.92±0.42a
C(%)	0.29±0.08a	0.31±0.10a	0.28±0.08a
EC(%)	0.82±0.39b	1.12±0.51a	0.55±0.21b
非酯型儿茶素(%)	2.06±0.64ab	2.49±0.93a	1.75±0.42b
GCG(%)	0.29±0.23b	0.48±0.21a	0.40±0.21ab
ECG(%)	2.60±0.52a	2.86±0.53a	2.18±0.48b
CG(%)	0.20±0.07a	0.14±0.07b	0.16±0.04ab
EGCG(%)	10.68±0.96a	11.39±2.38a	7.98±1.19b
酯型儿茶素(%)	13.77±1.22a	14.88±2.49a	10.71±1.43b
总儿茶素(%)	15.83±1.10b	17.37±2.64a	12.46±1.57c

GA、EGC、C、EC、GCG、ECG、CG、EGCG 见表 2 注。同一行不同字母表示在 0.05 水平上差异性显著。

表 5 化学成分含量特异的茶树种质
Table 5 Some special tea germplasms on chemical compositions

资源类型	资源编号(含量)
高水浸出物(≥45%)	7(46.45%)、20(52.84%)、21(47.11%)
高 EGCG(≥12%)	10(12.80%)、13(12.56%)、20(46.45%)、21(12.05%)、22(14.59%)、23(13.53%)
高儿茶素(≥17%)	1(17.27%)、7(18.56%)、10(17.01%)、13(17.43%)、20(17.14%)、21(20.22%)、22(20.94%)、23(19.06%)、27(19.48%)、31(17.37%)、41(17.18%)
低咖啡碱(≤2%)	23(1.77%)
低茶多酚(≤15%)	35(14.01%)、39(13.51%)、43(14.10%)、44(13.79%)

资源编号见表 1。

3 结论

本研究对江西省 45 份茶树种质资源进行化学成分遗传多样性分析,通过系统的鉴定与评价,发现茶树资源的变异系数与遗传多样性指数均较高。变异系数范围为 7.35%~74.05%,平均值为 31.36%,变异系数大小依次为 EGC>GCG>EC>GA>CG>非酯型儿茶素>C>酚氨比>ECG>总游离氨基酸>EGCG>酯型儿茶素>总儿茶素>茶多酚>咖啡碱>水浸出物。遗传多样性指数范围为 1.25~2.11,平均值为 1.91,遗传多样性指数大小依次为 CG>EGCG>ECG>茶多酚>GCG>C>总游离氨基酸>总儿茶素>酯型儿茶素>酚氨比>EC>GA>非酯型儿茶素>水浸出物>EGC>咖啡碱。说明江西省茶树种质资源的化学成分含量差异性较大,茶树资源的改良潜力更大,且化学成分含量遗传多样性丰富,既具有进化上较为原始的种类,也具有进化程度较高的种类。

通过主成分分析提取的前 5 个主成分代表了茶树资源化学成分多样性的 80.135%信息,16 个化学成分在各主成分中均有贡献,在利用这些资源选育新品系时,可依据各个性状在主成分中的贡献来构建评价体系,达到定向育种的目标和需求。载荷图分析结果表明水浸出物、茶多酚、总儿茶素、酯型儿茶素、非酯型儿茶素、EGCG、ECG、酚氨比之间的相关性较大,C 与 GCG 的相关性较大,其他成分之间无较大相关性。

通过聚类分析将 45 份资源分为 3 个类群,每个类群中均有亚组。第 1 类群包括 22 份资源,含有 3 个亚组,大部分属于红茶、绿茶兼制类型;第 2 类群包括 11 份资源,含有 4 个亚组,大部分适合制作红茶;第 3 类群包括 12 份资源,含有 3 个亚组,大部分适合制作绿茶。依据特异性茶树选种的目标,从中初步筛选出了高水浸出物资源 3 份,高 EGCG 资源 6 份,高儿茶素资源 11 份,低咖啡碱资源 1 份,低茶多酚资源 4 份。

江西省茶树种质资源丰富,目前尚未进行全面收集、保存与驯化栽培。本研究只使用了 45 份茶树种质资源,且仅对其化学成分多样性进行分析,后续将使用分子技术研究其多样性,深入筛选优异的茶树资源,并进行保存与开发利用。本研究依据酚氨比对 3 个类群的适制性进行划分,仅为初步判断,此结果可能与实际生产中存在差异,因此,其具体适制

性有待进一步研究。另外发掘的特异性茶树资源类型较少,如高氨基酸、高咖啡碱、高茶多酚特异资源未发掘到,未来将加大茶树种质资源收集量,进一步筛选特异茶树资源。

参考文献:

- [1] KOTTAWA-ARACHCHI J D, GUNASEKARE M T K, RANATUNGA M A B. Biochemical diversity of global tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] germplasm and its exploitation: a review[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2018, 66(1): 259-273.
- [2] LIU H, FAN J, ZHOU K. An empirical study on spatial-temporal dynamics and influencing factors of tea production in China[J]. Sustainability, 2018, 10(9): 30-37.
- [3] 王治会, 岳翠男, 彭 华, 等. 化学成分含量特异的茶树资源筛选研究进展[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2018(6): 27-29.
- [4] SONG H J, KIM Y D, JEONG M J, et al. Rapid selection of theanine-rich green tea (*Camellia sinensis* L.) trees and metabolites profiling by Fourier transform near-infrared (FT-IR) spectroscopy[J]. Plant Biotechnology Reports, 2015, 9(2): 55-65.
- [5] KHAN I. In chemico evaluation of tea tree essential oils as skin sensitizers: Impact of the chemical composition on aging and generation of reactive species[J]. Chemical Research in Toxicology, 2016, 29(7): 1108-1117.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 班秋艳, 潘宇婷, 胡 歆, 等. 陕西茶树地方种质资源特征性生化成分分析[J]. 安徽农业大学学报, 2018, 45(5): 777-782.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 黄海涛, 张 伟, 敖 存, 等. 杭州地方茶树资源生化成分多样性分析及优异资源筛选[J]. 江西农业学报, 2019, 31(1): 21-25.
- [12] 王飞权, 冯 花, 王 芳, 等. 42 份武夷名丛茶树资源生化成分多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(3): 670-676.
- [13] XU Y Q, JI W B, YU P, et al. Effect of extraction methods on the chemical components and taste quality of green tea extract[J]. Food Chemistry, 2018, 248: 146-154.
- [14] JAIN J C, TAKEO T. A review-the enzymes of tea and their role in tea making[J]. Journal of Food Biochemistry, 2010, 8(4): 243-279.
- [15] WANG H, WEN Y, DU Y, et al. Effects of catechin enriched green tea on body composition[J]. Obesity, 2012, 18(4): 773-779.
- [16] POKINDA O, MARTIN O, HASTINGSE N, et al. Influence of re-

- gion of production on clonal black tea chemical characteristics[J]. Food Chemistry, 2008, 108(1):263-271.
- [17] CHEN J, WANG P, XIA Y, et al. Genetic diversity and differentiation of *Camellia sinensis* L. (cultivated tea) and its wild relatives in Yunnan province of China, revealed by morphology, biochemistry and allozyme studies [J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2005, 52 (1):41-52.
- [18] LIANG W, CHEN W, WU L, et al. Quality evaluation and chemical markers screening of *Salvia miltiorrhiza* Bge. (Danshen) based on HPLC fingerprints and HPLC-MS(n) coupled with chemometrics[J]. Molecules, 2017, 22 (3): 478.
- [19] JIANG Y Y, ZHONG G C, WANG L, et al. The use of principal component analyses and hierarchical cluster analyses in the quality evaluation of *Salvia miltiorrhiza* Bunge[J]. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 2014, 6(4):445-451.
- [20] GRANATO D, SANTOS J S, ESCHER G B, et al. Use of principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) for multivariate association between bioactive compounds and functional properties in foods: A critical perspective [J]. Trends in Food Science & Technology, 2018, 72: 83-90.
- [21] 岳翠男. 绿茶滋味物质研究及审评参考物模型的建立[D]. 重庆:西南大学, 2017.
- [22] 周顺珍, 周国兰, 何 萍, 等. 不同测定方法对绿茶中茶多酚含量测定结果的影响[J]. 化学分析计量, 2011, 20(1):88-89.
- [23] 杨亚军. 评茶员培训教材[M]. 北京:金盾出版社, 2011: 287-293.
- [24] 梁月荣, 石 萌. 茶树遗传育种研究进展[J]. 茶叶科学, 2015, 35(2):103-109.

(责任编辑:张震林)