

赵 洋, 刘 振, 杨培迪, 等. 黄金茶种质资源生化成分的多样性分析[J]. 江苏农业学报, 2021, 37(5): 1285-1291.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2021.05.025

黄金茶种质资源生化成分的多样性分析

赵 洋, 刘 振, 杨培迪, 宁 静, 成 杨, 杨 阳
(湖南省茶叶研究所, 湖南 长沙 410125)

摘要: 为了给黄金茶种质资源鉴定、评价和茶树品种选育提供数据和材料基础, 对 25 份黄金茶种质资源的水浸出物、茶多酚、氨基酸、咖啡碱、茶氨酸等生化成分含量进行检测, 结合聚类分析和主成分分析, 对黄金茶种质资源主要生化成分统计参数的遗传多样性进行鉴定、评价。结果表明, 黄金茶种质资源生化成分具有丰富的遗传多样性, 平均遗传多样性指数为 2.74, 变异系数为 5.73%~19.58%; 基于生化成分, 将 25 份种质资源分为 I、II 2 个类群, 这 2 个类群在茶多酚含量、水浸出物含量和酚氨比上存在显著差异, I 类群茶多酚含量比 II 类群高; 主成分分析的前 3 个主成分代表了生化成分多样性 92.67% 的信息, 第 1 主成分得分为正的资源被归为 I 类群, 得分为负的资源被归为 II 类群。初步筛选出 1 份高氨基酸含量资源, 3 份高茶多酚含量资源。

关键词: 茶树; 种质资源; 遗传多样性; 生化成分; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: S571.132 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2021)05-1285-07

Diversity analysis of biochemical components in Huangjinchá (*Camellia sinensis*) germplasm resources

ZHAO Yang, LIU Zhen, YANG Pei-di, NING Jing, CHENG Yang, YANG Yang
(Hunan Tea Research Institute, Changsha 410125, China)

Abstract: In order to provide data and material basis for the identification and evaluation of Huangjinchá germplasm resources and the breeding of tea varieties, the contents of water extracts, tea polyphenols, amino acid, caffeine and theanine of 25 Huangjinchá germplasm resources were detected, then the principal component analysis and cluster analysis were performed on the test data. The results showed that there was abundant diversity in biochemical components of Huangjinchá germplasm resources. The average genetic diversity index was 2.74. The coefficient of variation ranged from 5.73% to 19.58%. Based on the biochemical components, 25 germplasm resources were divided into two groups. There were significant differences between group I and group II in tea polyphenol content, water extract content and the ration of phenol/ammonia. The content of tea polyphenol in group I was higher than that in group II. In principal component analysis, the first three principal components represented 92.67% of the biochemical diversity. The resources with a positive score of the first principal component were classified as group I, while the resources with a negative score were classified as group II. One resource with high amino acid content and three resources with high tea polyphenol content were preliminarily screened out.

Key words: tea plant; germplasm resource; genetic diversity; biochemical component; principal component analysis; cluster analysis

收稿日期: 2021-02-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(31800591); 湖南省自然科学基金项目(2017JJ3157); 国家现代农业技术体系建设专项(CARS-19)

作者简介: 赵 洋(1979-), 湖南长沙人, 硕士, 副研究员, 主要从事茶树品种选育。(E-mail) m18002@126.com

通讯作者: 杨 阳, (E-mail) yangyangsir@126.com

茶树种质资源在茶叶科学研究中十分重要, 是品种创新、生产上直接利用或进行生物技术研究的基础。茶树种质资源丰富, 存在大量特异性种质资源。黄金茶是古老、特异、珍稀的地方茶树种质资源, 原产地位于湖南湘西保靖县葫芦镇黄金村。近年来, 随着人们对黄金茶的研究与开发利用, 其地位与湖南四大茶树地方群体

资源日益接近。黄金茶茶树有很多优良单株,目前研究者已经从黄金茶茶树资源中选育出了保靖黄金茶 1 号、黄金茶 2 号、黄金茶 168 号 3 个茶树品种。茶叶的生化成分是决定茶叶品质的物质基础,因此对黄金茶茶树资源进行生化成分多样性分析,可为黄金茶茶树资源鉴定评价提供理论基础,并可为充分发掘利用黄金茶茶树资源、选育优质茶树品种提供参考。

生物体内的生物化学成分及其特征是遗传多样性在生理生化水平的体现之一,茶树的遗传多样性可以通过其生化成分的差异表现出来^[1-2]。水浸出物、茶多酚、氨基酸和咖啡碱对茶叶品质有较大影响^[3-4],茶氨酸是茶树的特征性氨基酸,除茶树外仅在茶梅^[5]、油茶^[6]和某种菌菇^[7]中检测到该物质,茶氨酸含量与总氨基酸含量的比值(茶氨酸/总氨基酸)是茶树 28 种氨基酸中最大的^[8-9],此外,茶氨酸与绿茶品质之间呈显著正相关^[10-11]。酚氨比指茶多酚含量与总氨基酸含量的比值,是茶树制茶品质的一个重要参数^[12]。目前,人们已对多个茶树种质资源开展了生化成分多样性研究,如对武夷名丛茶树资源^[13]、连南茶树资源^[14]、江华苦茶^[15]等多个地区茶树资源的生化成分进行多样性研究^[16-19],并从中筛选出了一批生化成分特异的茶树资源。目前,人们已经采用分子标记技术进行了黄金茶茶树的遗传多样性研究^[20-22],但对黄金茶生化成分多样性的研究甚少。笔者之前对 15 份高氨基酸含量黄金茶茶树资源(氨基酸含量 $\geq 5\%$)进行了茶多酚、氨基酸等生化成分的多样性分析^[23],但未进行主成分分析和聚类分析,而且在以往的茶树资源生化成分多样性研究中仅对生化成分进行了主成分提取,几乎未见对茶树资源的主成分得分进行研究的报道。本研究选取 25 份黄金茶茶树资源,对其主要生化成分进行鉴定,不仅对其生化成分进行主成分提取,还对各资源的主成分得分进行分析,再结合聚类分析对黄金茶茶树资源的生化成分遗传多样性进行研究,以为黄金茶茶树资源的开发利用提供数据,为黄金茶茶树品种选育提供材料基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

25 份黄金茶单株采自湖南省茶叶研究所实验茶场茶树种质资源圃,各单株在原产地保靖县黄金村收集后种植于湖南省茶叶研究所实验茶场茶树种质资源圃内。25 份黄金茶单株的编号为 08-2、08-

4、08-5、08-7、08-8、08-11、08-14、08-22、08-38、08-47、08-48、08-50、08-55、08-62、08-79、08-85、08-88、08-94、10-28、10-38、10-41、10-63、10-66、10-67、10-104。

1.2 试验方法

1.2.1 蒸青样制作 取各黄金茶单株春季第一轮新梢的一芽二叶,用蒸汽杀青后放入烘箱内干燥,再将样品装入密封袋中,置于 4℃ 冰箱内保存。

1.2.2 生化成分测定方法 蒸青样经粉碎机磨碎后过 0.1 mm 孔径筛。水浸出物含量采用全量法(GB/T 8305-2013《茶 水浸出物测定》)测定,茶多酚含量采用酒石酸亚铁比色法(GB/T 8313-2018《茶叶中茶多酚和儿茶素类含量的检测方法》)测定,游离氨基酸含量采用茚三酮比色法(GB/T 8314-2013《茶 游离氨基酸总量的测定》)测定,咖啡碱含量采用紫外分光光度法(GB/T 8312-2013《茶 咖啡碱测定》)测定,茶氨酸含量采用高效液相色谱法(GB/T 23193-2017《茶叶中茶氨酸的测定 高效液相色谱法》)测定。

1.3 统计分析

各生化成分的最大值、最小值、平均值和标准差采用 SPSS 20 分析获得;遗传多样性指数(H')采用王新超等^[16]的方法计算;聚类分析采用离差平方和法,距离选择欧式距离;类群间生化成分的比较分析采用 t 检验方法;通过主成分分析对各变量进行最大化正交旋转,提取特征值大于 1 的主成分。依据各资源第 1 主成分得分绘制主成分得分图,并按照以下公式计算各资源综合得分(F_z): $F_z = \sum (\alpha_i \times F_i) / \sum \alpha_i$ 。其中, α_i 为第 i 个主成分对应的贡献率, F_i 为第 i 个主成分的得分。

2 结果与分析

2.1 主要生化成分的多样性分析

对 25 份黄金茶茶树资源的 5 个化学成分进行了含量检测,并进行了基本参数的统计和遗传多样性指数的计算。由表 1 可以看出,25 份黄金茶茶树资源不同统计参数的变异系数为 5.73%~19.58%,平均值为 13.60%,变异系数由高到低排序为 19.58%(酚氨比)、17.72%(茶氨酸含量)、16.48%(茶氨酸/总氨基酸)、14.44%(茶多酚含量)、10.98%(总氨基酸含量)、10.28%(咖啡碱含量)、5.73%(水浸出物含量),表明黄金茶茶树资源中酚氨比的改良潜力最大,其次是茶氨酸含量、茶氨酸/

总氨基酸、茶多酚含量、总氨基酸含量、咖啡碱含量,水浸出物含量的改良潜力最小。遗传多样性指数为2.47~2.93,平均值为2.74,说明黄金茶茶树资源具有丰富的生化成分遗传多样性,遗传多样性指数由高到低排序为2.93(咖啡碱含量)、2.90(茶氨酸含量)、2.82(酚氨比)、2.76(茶多酚含量)、2.75(水浸出物含量)、2.54(总氨基酸含量)、2.47(茶氨酸/总

氨基酸)。将变异系数与遗传多样性指数的排序进行比较,发现两者之间存在差别,水浸出物含量、咖啡碱含量、总氨基酸含量的变异系数较小,但遗传多样性指数相对较大,是因为这些生化成分在遗传多样性划分的各等级中分布更均匀;酚氨比、茶氨酸/总氨基酸的变异系数较大,但是遗传多样性指数较小,是因为在茶树资源中,其含量的离散程度较大。

表1 主要生化成分的基本统计参数和遗传多样性指数

Table 1 Basic statistical parameters and genetic diversity index of main biochemical components

生化成分	水浸出物含量 (%)	茶多酚含量 (%)	总氨基酸含量 (%)	咖啡碱含量 (%)	茶氨酸含量 (%)	酚氨比	茶氨酸/总氨基酸
最低值	31.27	15.79	3.28	3.05	0.68	2.96	0.20
最高值	39.41	27.42	5.33	4.63	1.56	7.79	0.40
平均值	36.19(5.73)	21.38(14.44)	3.86(10.98)	3.80(10.28)	1.13(17.72)	5.62(19.58)	0.29(16.48)
标准差	2.07(2.75)	3.09(2.76)	0.42(2.54)	0.39(2.93)	0.20(2.90)	1.10(2.82)	0.05(2.47)

平均值后括号内数据为变异系数(%),标准差后括号内数据为遗传多样性指数(H')。

2.2 黄金茶茶树资源的聚类分析

由图1可以看出,通过对25份黄金茶茶树资源的7个统计参数进行聚类分析,将25份黄金茶茶树资源分为2大类群,其中Ⅰ类群包含12份资源,可以分成2个亚群,Ⅱ类群包含13份资源,可以分成2个亚群。由表2可知,Ⅰ、Ⅱ类群仅在水浸出物含量、茶多酚含量、酚氨比上存在显著差异,Ⅰ类群的平均水浸出物含量、茶多酚含量、酚氨比分别比Ⅱ类

群高3.02个百分点、5.26个百分点、1.73,其中Ⅰ类群的茶多酚含量最低值为21.94%,比Ⅱ类群的最高值(20.65%)还要高。Ⅰ类群的平均变异系数为8.20%,Ⅱ类群的平均变异系数为13.39%,且Ⅱ类群各统计参数的变异系数均比Ⅰ类群高,尤其是茶氨酸含量(21.74%)、茶氨酸/总氨基酸(20.69%)明显比Ⅰ类群的茶氨酸含量(11.71%)、茶氨酸/总氨基酸(10.00%)高。

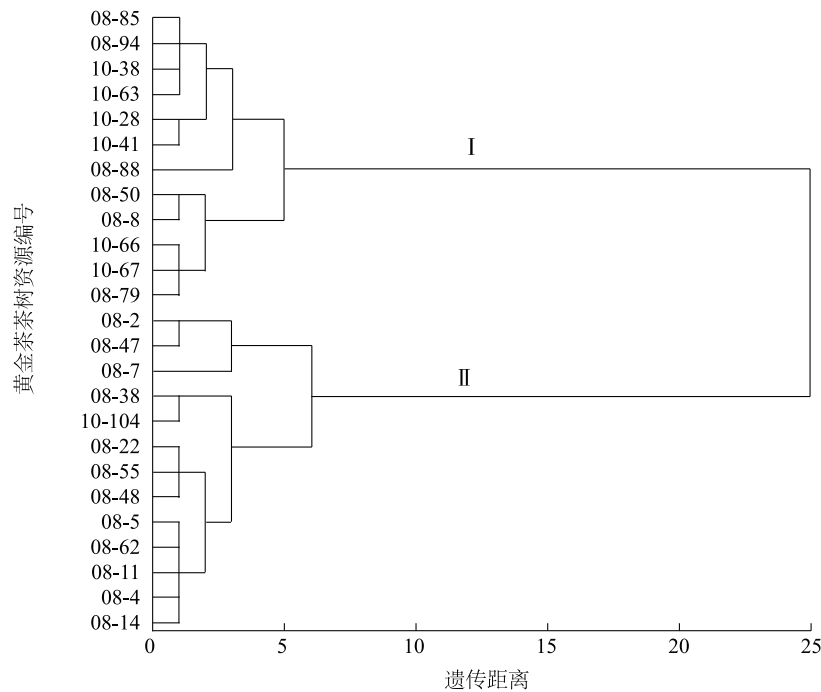


图1 25份黄金茶茶树资源的聚类分析

Fig.1 Cluster analysis of 25 Huangjincha resources

表 2 2 大类群间不同生化成分统计参数的比较

Table 2 Comparison of biochemical components between two groups

类群	类别	水浸出物含量 (%)	茶多酚含量 (%)	总氨基酸含量 (%)	咖啡碱含量 (%)	茶氨酸含量 (%)	酚氨比	茶氨酸/总氨基酸
I	最低值	35.62	21.94	3.28	3.38	0.89	5.51	0.27
	最高值	39.41	27.42	4.30	4.45	1.29	7.79	0.34
	均值	37.76±1.17* (3.10)	24.11±1.54* (6.39)	3.72±0.32 (8.60)	3.94±0.32 (8.12)	1.11±0.13 (11.71)	6.52±0.62* (9.51)	0.30±0.03 (10.00)
II	最低值	31.27	15.79	3.32	3.05	0.68	2.96	0.20
	最高值	38.08	20.65	5.33	4.63	1.56	5.58	0.40
	均值	34.74±1.61* (4.63)	18.85±1.58* (8.38)	4.00±0.48 (12.00)	3.67±0.42 (11.44)	1.15±0.25 (21.74)	4.79±0.71* (14.82)	0.29±0.06 (20.69)

* 表示类群间在 0.05 水平差异显著。括号内数据为变异系数(%)。

2.3 生化成分统计参数的主成分分析

通过主成分分析,确定了第 1 主成分(PC1)、第 2 主成分(PC2)、第 3 主成分(PC3)等 3 个主成分,分别可以解释全部多样性信息的 40.95%、26.85%、24.87%,3 个主成分的累计贡献率达到了 92.67% (表 3),包含大部分生化成分的多样性信息。

由表 4 可以看出,PC1 主要能够反映茶多酚含量、酚氨比和水浸出物含量的信息,其中酚氨比与茶多酚含量的相关性较高,水浸出物指通过沸水浸出的茶叶中的水溶性物质,包括茶多酚、总氨基酸、咖啡碱、可溶性糖等,其中茶多酚占比最大,由此可见,

PC1 与茶多酚的关系较为密切。PC2 主要能够反映茶氨酸/总氨基酸和茶氨酸含量,与茶氨酸的关系密切。PC3 对咖啡碱含量和总氨基酸含量的解释力度最大,主要体现的是含氮化合物含量的信息。

表 3 主成分特征值和贡献率

Table 3 Principle componen load and eigenvalues

类别	特征值	贡献率 (%)	累计贡献率 (%)
第 1 主成分 (PC1)	3.037	40.95	40.95
第 2 主成分 (PC2)	1.826	26.85	67.80
第 3 主成分 (PC3)	1.624	24.87	92.67

表 4 主成分载荷和特征向量

Table 4 Principle component load and eigenvectors

项目	第 1 主成分 (PC1)		第 2 主成分 (PC2)		第 3 主成分 (PC3)	
	载荷	特征向量	载荷	特征向量	载荷	特征向量
水浸出物含量	0.845	0.311	-0.157	-0.014	0.347	0.239
茶多酚含量	0.965	0.352	0.008	0.080	0.011	0.053
总氨基酸含量	-0.485	-0.131	0.079	0.021	0.818	0.453
咖啡碱含量	0.290	0.141	-0.069	0.001	0.858	0.511
茶氨酸含量	-0.209	0.008	0.950	0.509	0.218	0.135
酚氨比	0.924	0.313	-0.079	0.022	-0.345	-0.158
茶氨酸/总氨基酸	0.059	0.086	0.967	0.531	-0.222	-0.108

2.4 茶树资源的主成分得分分析

由图 2 可知,12 份茶树资源分布在 PC1 得分轴的正向上,13 份茶树资源分布在 PC1 得分轴的负向上,分布于正向得分轴上的资源全部为 I 类群资源,分布于负向得分轴上的资源全部为 II 类群资源;在

PC2 正向得分轴上,共分布了 12 份资源,其中 6 份为 I 类群资源,6 份为 II 类群资源,在负向得分轴上共分布了 13 份资源,其中 6 份为 I 类群资源,7 份为 II 类群资源。

由表 5 可以看出,在综合得分排名前 13 名的资

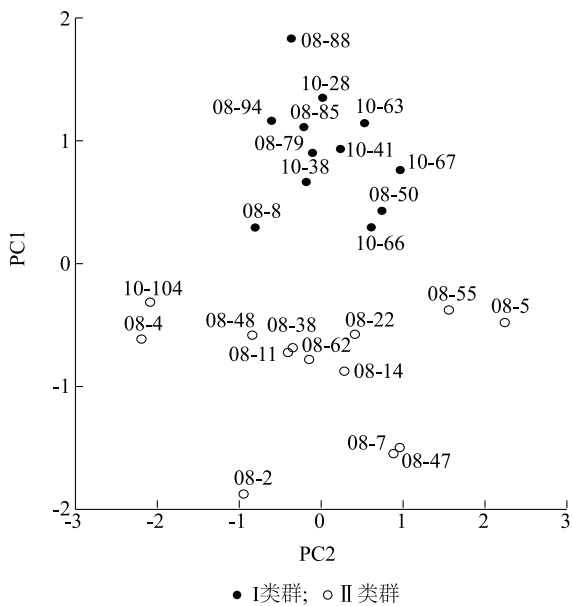


图2 25份黄金茶资源的主成分得分
Fig.2 Principle component scores of 25 Huangjincha resources

源中,除 08-5(排名第 9)、08-55(排名第 11)被划分到Ⅱ类群外,其他 11 份资源都被划分到Ⅰ类群;在排名第 14~25 的资源中,除 08-8(排名第 20)被划分到Ⅰ类群外,其他 11 份资源都被划分到Ⅱ类群。由此可见,综合得分排名能在较大程度上反映大类群的划分。进一步分析发现,08-5、08-55 的 PC1 得分为负值,08-8 的 PC1 得分为正值,这与 PC1 得分为正值的资源被划分到Ⅰ类群、得分为负值的资源被划分到Ⅱ类群的结果相符。推测 PC1 得分对大群的划分有重要作用,也是综合得分能在较大程度上反映大类群划分的原因之一。茶树资源 PC1 得分和主成分综合得分与分类结果之间的关系,恰好说明对生化成分提取的主成分可以体现全部生化成分多样性的大部分信息。

2.5 特异种质资源筛选

茶树的特异种质资源是指性状表型特殊或稀有的种质资源。根据表 6 的生化成分检测结果,参照 NY/T 2031-2011《农作物优异种质资源评价规范 茶树》筛选出一批生化成分特异的资源,其中 1 份高氨基酸含量(氨基酸含量≥5.00%)特异资源,为 08-2(氨基酸含量为 5.33%),3 份高茶多酚含量(茶多酚含量≥25.00%)资源,分别为 08-85(茶多酚含量为 25.06%)、10-63(茶多酚含量为 25.36%)和 08-88(茶多酚含量为 27.42%)。这些特异资源可以直接用于新品种选育或者间接为遗传改良提供优

良基因来源。

表 5 25 份黄金茶茶树资源的主成分得分及排名
Table 5 Principle component scores and ranking of 25 Huangjincha resources

资源编号	第 1 主成分得分	第 2 主成分得分	第 3 主成分得分	综合得分	排名	分类
10-63	1.140	0.524	0.866	0.888	1	Ⅰ群
10-41	0.934	0.222	1.240	0.810	2	Ⅰ群
08-88	1.824	-0.375	0.109	0.727	3	Ⅰ群
10-28	1.347	0.015	0.003	0.600	4	Ⅰ群
10-38	0.668	-0.193	1.267	0.579	5	Ⅰ群
10-67	0.761	0.952	-0.203	0.558	6	Ⅰ群
10-66	0.300	0.614	0.692	0.496	7	Ⅰ群
08-94	1.157	-0.606	0.276	0.409	8	Ⅰ群
08-5	-0.485	2.242	-0.245	0.370	9	Ⅱ群
08-85	1.110	-0.215	-0.242	0.363	10	Ⅰ群
08-55	-0.373	1.552	0.046	0.297	11	Ⅱ群
08-50	0.432	0.738	-0.452	0.284	12	Ⅰ群
08-79	0.899	-0.110	-0.896	0.125	13	Ⅰ群
08-22	-0.574	0.400	-0.097	-0.164	14	Ⅱ群
08-38	-0.674	-0.351	0.693	-0.214	15	Ⅱ群
08-47	-1.493	0.950	0.417	-0.272	16	Ⅱ群
08-2	-1.868	-0.965	2.988	-0.303	17	Ⅱ群
08-48	-0.584	-0.842	0.299	-0.422	18	Ⅱ群
08-11	-0.716	-0.424	0.058	-0.424	19	Ⅱ群
08-8	0.296	-0.817	-1.500	-0.508	20	Ⅰ群
08-62	-0.777	-0.160	-0.585	-0.547	21	Ⅱ群
08-14	-0.872	0.276	-1.600	-0.735	22	Ⅱ群
08-7	-1.537	0.878	-1.461	-0.817	23	Ⅱ群
10-104	-0.310	-2.097	-0.774	-0.952	24	Ⅱ群
08-4	-0.605	-2.207	-0.897	-1.147	25	Ⅱ群

表 6 生化成分特异的种质资源
Table 6 Germplasm resources with specific biochemical components

生化成分含量	资源名称
总氨基酸总量≥5%	08-2(5.33%)
茶多酚总量≥25%	08-85(25.06%)、10-63(25.36%)、08-88(27.42%)

括号内数据为资源的生化成分含量。

3 讨论

在本研究中,黄金茶茶树资源生化成分的遗传

多样性指数为 2.47~2.93, 平均值为 2.74, 平均值高于广西资源 (1.90)^[16]、贵州资源 (2.31)^[17]、云南资源 (1.88)^[19]、江西资源 (1.91)^[24]、陕西资源 (2.01)^[25], 也比同属于湖南的莽山茶树资源 (1.86)^[26] 和城步岷茶树资源 (2.34)^[27] 高, 说明黄金茶茶树资源具有丰富的遗传多样性。宁静等^[20] 采用 ISSR (简单重复序列间区) 标记、吴扬等^[21] 采用 AFLP (扩增片段长度多态性) 标记对黄金茶茶树进行遗传多样性分析, 结果表明, 这 2 种标记具有较高的遗传多样性。而杨阳等^[22] 采用 EST-SSR (表达序列标签-简单重复序列) 标记进行遗传多样性分析则显示, 黄金茶茶树群体的遗传多样性较低。本研究结果与杨阳等^[22] 的研究结果有差别, 除了选取的样本不同外, 进行遗传多样性检测的水平也不同, 分别是在 DNA 水平、生理生化水平进行检测, 有些 DNA 水平的变异会在转录后的各个水平表现出来, 有些则不会表现出来, 因此生理生化水平表现出的遗传多样性程度可能与 DNA 水平表现出的遗传多样性程度有所不同。笔者之前对 15 份高氨基酸含量的黄金茶茶树资源的研究结果^[23] 表明, 变异系数由大到小依次是 12.31% (酚氨比)、9.89% (茶多酚含量)、6.93% (咖啡碱含量)、6.31% (总氨基酸含量)、2.39% (水浸出物含量), 在本研究中依次是 19.58% (酚氨比)、14.44% (茶多酚含量)、10.98% (总氨基酸含量)、10.28% (咖啡碱含量)、5.73% (水浸出物含量), 两者相比较可知, 除总氨基酸、咖啡碱顺序互换外, 其他生化成分的排序相同, 推测是因为在高氨基酸含量资源中, 氨基酸含量的离散程度相对更小, 另外各生化成分的变异系数与之前的研究结果也均不相同, 推测与测试样本个体不同有关。

在本研究中, 基于生化成分的聚类, 将 25 份黄金茶茶树资源分成了两大类群, 两大类群间仅在水浸出物含量、茶多酚含量、酚氨比方面存在显著差异, 王新超等^[16] 根据生化成分将 98 份广西茶树资源分成 3 类, 不同类群间也仅在水浸出物含量、茶多酚含量、酚氨比上差异显著。之前的研究未对各资源的主成分得分进行分析, 本研究发现, PC1 得分为正的资源被归为 I 类群, 得分为负的资源被归为 II 类群, PC1 得分可能对类群划分有重要作用; I 类群资源的茶多酚含量比 II 类群高, PC1 主要代表水浸出物含量、茶多酚含量和酚氨比等多样性信息。综

上, 推测茶多酚含量的多样性信息或许对分类有较重要的作用。已有研究发现, 儿茶素组分与茶树进化分类有关^[28-29], 50 年前就有学者^[30] 认为, 酚类化合物是次生代谢物中能提供最多数分类信息的化合物, 目前已有多项研究发现, 茶树的儿茶素组分具有丰富的多样性^[14, 16-18, 24, 26-27], 因此今后可以开展针对儿茶素组分多样性和分类之间关系的研究。酚氨比是茶树制茶品质的一个参数, 一般认为, 酚氨比小于 8 时, 适合制作绿茶^[3]。本研究发现, 黄金茶茶树资源的酚氨比均小于 8, 与之前研究发现的黄金茶茶树制绿茶品质较优的结果一致^[23, 31]。初步筛选出 1 份高氨基酸含量资源和 3 份高茶多酚含量资源。随着大众消费的多元化以及对茶叶中生化成分保健功能研究的不断深入, 高功能性化学成分特异的茶树资源和品种日益受到重视, 黄金茶茶树资源可以为茶树品种和高功能性化学成分特异茶树品种的选育提供材料基础。

黄金茶茶树资源生化成分的遗传多样性指数大, 表现出了丰富的生化成分多样性, 本研究初步筛选出 1 份高氨基酸含量资源和 3 份高茶多酚含量资源, 为茶树品种选育提供了材料基础。主成分分析和聚类分析结果表明, 茶多酚含量对依据生化成分的分类可能起到重要作用, 还需要进一步验证, 后续可以使用更多数量的样本, 并将儿茶素组成和其他更多生化成分纳入研究。

参考文献:

- [1] 姜燕华. 我国茶树地方品种遗传多样性及人为选择影响的研究[D]. 北京: 中国农业新科学院, 2010.
- [2] KOTTAWA-ARACHCHI J D, GUNASEKARE M T K, RANA-TUNGA M A B. Biochemical diversity of global tea [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] germplasm and its exploitation: a review [J]. Genetic Resources & Crop Evolution, 2019, 66(1): 259-273.
- [3] 杨亚军. 茶树育种品质早期化学鉴定——II. 鲜叶的主要生化组分与绿茶品质的关系[J]. 茶叶科学, 1991, 11(2): 127-131.
- [4] 陆锦时, 魏芳华, 李春华. 茶树品种主要化学成份与品质关系的研究[J]. 西南农业学报, 1994, 7(增刊1): 1-5.
- [5] TSUSHIDA T, DOI Y. Caffeine, theanine and catechin content in calluses of tea stem and anther[J]. Journal of the Agricultural Chemical Society of Japan, 1984, 58(11): 1131-1133.
- [6] 邓威威, 范妍冰, 顾辰辰, 等. 油茶砧和茶穗嫁接后苗期叶片形态和次级代谢物含量的变化[J]. 热带亚热带植物学报, 2017, 25(1): 35-42.

- [7] LI J, LI P, LIU F. Production of theanine by *Xerocomus badius* (mushroom) using submerged fermentation[J]. LWT-Food Science and Technology, 2008, 41(5): 883-889.
- [8] 袁新跃,江和源,张建勇. 茶叶功能成分提取制备专题(三)茶氨酸的提取制备技术[J]. 中国茶叶, 2009, 31(3): 4-6,23.
- [9] 陆锦时,魏芳华,李春华. 茶树新梢中主要游离氨基酸含量及组成对茶树品种品质的影响[J]. 西南农业学报,1994,7(增刊): 13-16.
- [10] 吴瑞梅,艾施荣,吴彦红,等. 基于近红外光谱的绿茶滋味品质估测模型[J]. 核农学报, 2013,27(10):1495-1500.
- [11] WANG Y Y, YANG X R, LI K K, et al. Simultaneous determination of theanine, gallic acid, purine alkaloids, catechins, and theaflavins in black tea using HPLC[J]. International Journal of Food Science & Technology,2010, 45(6): 1263-1269.
- [12] 程启坤. 茶叶品种适制性的生化指标——酚氨比[J]. 中国茶叶, 1983(1): 38.
- [13] 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.
- [14] 莫 岚,李华锋,滕 杰,等. 连南茶树资源的生化成分多样性分析[J]. 南方农业学报, 2017, 48(8): 1351-1357.
- [15] 杨培迪,刘 振,赵 洋,等. 基于农艺性状和 SSR 标记亲缘关系分析的江华苦茶品系评价[J]. 分子植物育种, 2021, 19(7): 2402-2409.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [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.
- [20] 宁 静,李健权,董丽娟,等. "黄金茶"特异种质资源遗传多样性和亲缘关系的 ISSR 分析[J]. 茶叶科学, 2010,30(2): 149-156.
- [21] 吴 扬,邓婷婷,李 娟,等. 黄金茶种质资源遗传多样性的 AFLP 分析[J]. 茶叶科学, 2013, 33(6): 526-531.
- [22] 杨 阳,刘 振,赵 洋,等. 利用 EST-SSR 标记研究黄金茶群体遗传多样性及遗传分化[J]. 茶叶科学, 2009,29(3):236-242
- [23] 赵 洋,杨培迪,刘 振,等. 高氨基酸黄金茶种质资源筛选鉴定[J]. 茶叶通讯, 2017, 44(3):13-16.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] 王春梅,唐 茜,杜 晓,等. 四川崇州枇杷茶野生大茶树生化成分及制茶品质初探[J]. 茶叶科学, 2012, 32(4): 305-312.
- [29] CHEN J, WANG P S, XIA Y M, 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 & Crop Evolution, 2005, 52(1): 41-52.
- [30] HARBIRNE J. Comprative biochemistry of flavonoids[M]. London, NewYork: Academic Press, 1967.
- [31] 陈宇宏,龚自明,黄飞毅,等. 黄金茶群体等 5 个品种(系)制茶品质研究[J]. 茶叶科学, 2019, 39(3): 309-317.

(责任编辑:徐 艳)