

# 榕江茶(*Camellia yungkiangensis*)种质资源 主要品质性状的遗传多样性分析

吴河饶<sup>1</sup>,任青艳<sup>1</sup>,陈莹<sup>1</sup>,黄大玉<sup>1</sup>,陈思冶<sup>1</sup>,韦圻<sup>1</sup>,刘应召<sup>2</sup>,蒋勇<sup>3</sup>,杨青华<sup>2</sup>,  
吴秀林<sup>2</sup>,田景卫<sup>2</sup>,伍家盛<sup>2</sup>,杨胜安<sup>2</sup>,陈涛林<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>贵州大学茶学院,贵阳 550025; <sup>2</sup>榕江县农业农村局,贵州榕江 557200; <sup>3</sup>榕江县两汪乡人民政府,贵州榕江 557205)

**摘要:**本研究分析了贵州特异茶树种质资源——榕江茶的品质化学成分特征及其遗传多样性,为其开发利用和特异茶树新品种培育提供科学依据。以分布在贵州省黔东南州月亮山的121份榕江茶种质资源为材料,对其水浸出物、茶多酚、游离氨基酸等21个主要品质化学成分指标进行检测分析,通过遗传多样性分析、主成分分析、聚类分析、相关性分析等对其品质性状特征和遗传多样性进行评价,并对其中的优异资源进行筛选。121份资源的21个品质化学成分指标的变异系数为5.70%~119.69%,平均为32.84%,遗传多样性指数为1.47~2.08,平均为1.95。21个品质化学成分指标的相关性分析结果显示,呈极显著正相关有42对性状,呈显著正相关的有14对,呈极显著负相关的有10对,呈显著负相关的有10对。主成分分析表明,前7个主成分特征值均大于1,且累计贡献率达76.84%,包含了原始变量的绝大部分信息,以因子得分系数矩阵求得每个单株资源的品质化学成分在各主成分上的综合得分,筛选出了12份品质化学成分综合得分高的单株资源。聚类分析显示,在欧式距离18.0处,可将121份榕江茶种质资源分为6个类群。优异种质资源筛选结果显示,121份榕江茶种质资源均属于高茶多酚( $\geq 20.0\%$ )、低咖啡碱( $\leq 1.5\%$ )、高可可碱( $\geq 2.5\%$ )类型的资源,其中高茶多酚( $\geq 20.0\%$ )、高水浸出物( $\geq 45\%$ )的特异类型资源有72份。榕江茶种质资源是高茶多酚、低咖啡碱、高可可碱类型的资源,其品质化学成分具有丰富的遗传多样性,具有培育特异茶树新品种的潜力。

**关键词:**榕江茶;种质资源;品质化学成分;遗传多样性

## Genetic Diversity Analysis of Main Quality Traits in *Camellia yungkianensis* Germplasm Resources

WU Herao<sup>1</sup>, REN Qingyan<sup>1</sup>, CHEN Ying<sup>1</sup>, HUANG Dayu<sup>1</sup>, CHEN Siye<sup>1</sup>, WEI Qi<sup>1</sup>,  
LIU Yingzhao<sup>2</sup>, JIANG Yong<sup>3</sup>, YANG Qinghua<sup>2</sup>, WU Xiulin<sup>2</sup>, TIAN Jingwei<sup>2</sup>,  
WU Jiasheng<sup>2</sup>, YANG Shengan<sup>2</sup>, CHEN Taolin<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Tea College of Guizhou University, Guiyang 550025; <sup>2</sup>Rongjiang County Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Rongjiang 557200, Guizhou; <sup>3</sup>Liangwang Township People's Government of Rongjiang County, Rongjiang 557205, Guizhou)

**Abstract:** This study analyzed the quality chemical composition characteristics and genetic diversity of *Camellia yungkiangensis*, a special tea germplasm resource in Guizhou, in order to provide scientific basis for its development and utilization and the cultivation of new special tea varieties. 121 *Camellia yungkiangensis* germplasms collected from Moon Mountain, Qiandongnan Prefecture, Guizhou Province, China, were subjected to analyze 21 main quality chemical components, such as water extracts, tea polyphenols, free amino

收稿日期: 2023-03-11 修回日期: 2023-04-05 网络出版日期: 2023-05-19

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230311001>

第一作者研究方向为茶树遗传育种与资源高效利用, E-mail: 3122274539@qq.com

通信作者: 陈涛林, 主要从事茶树遗传育种与资源高效利用研究工作, E-mail: chentaolinteac08@163.com

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(32260787); 贵州省科技支撑计划项目(黔科合支撑[2021]一般188); 贵州大学人才引进项目(贵大人基金字[2019]25号)

**Foundation projects:** National Natural Science Foundation of China Project(32260787); Science and Technology Project of Guizhou Province (Qian Ke He Support [2021] General 188); Talent Introduction Project of Guizhou University (Gui Da Ren Ji He Zi [2019] No. 25)

acids. Their quality characteristics and genetic diversity were evaluated by genetic diversity analysis, principal component analysis, cluster analysis, correlation analysis, and the elite resources were identified. The variation coefficient of 21 quality chemical components in 121 resources was 5.70-119.69, with an average of 32.84%, and the genetic diversity index was 1.47-2.08, with an average of 1.95. Based on the correlation analysis results of 21 quality chemical component indexes, there were 42 pairs of traits with extremely significant positive correlation, 14 pairs with significant positive correlation, 10 pairs with extremely significant negative correlation, and 10 pairs with significant negative correlation. The principal component analysis showed that the characteristic values of the first seven principal components were over 1, with the cumulative contribution rate of 76.84%. The comprehensive score of the quality chemical components of each individual plant resource on each principal component was obtained by the factor score coefficient matrix, and 12 individual plant resources with high comprehensive score of the quality chemical components were selected. Cluster analysis showed that 121 *Camellia yungkiangensis* germplasm resources could be divided into 6 groups at the Euclidean distance of 18.0. The 121 *Camellia yungkiangensis* germplasm resources were identified with high tea polyphenols ( $\geq 20.0\%$ ), low caffeine ( $\leq 1.5\%$ ) and high theobromine ( $\geq 2.5\%$ ), of which 72 were high tea polyphenols ( $\geq 20.0\%$ ) and high water extracts ( $\geq 45\%$ ). These *Camellia yungkiangensis* germplasm resources, which showed high tea polyphenols, low caffeine and high theobromine, represent rich genetic diversity and have the potential to cultivate new varieties of specific tea plants.

**Key words:** *Camellia yungkiangensis*; germplasm resources; biochemical composition; genetic diversity

茶树种质资源是品种创新和生物技术研究的物质基础,也是保障茶产业高质量发展的战略性资源,具有十分重要的价值和意义<sup>[1]</sup>。茶树起源于中国西南地区,贵州得益于独特的地理与生态环境,孕育了丰富的茶树种质资源。榕江茶(*Camellia yungkiangensis* H. T. Chang)分布于贵州省黔东南州月亮山一带,是一种有别于栽培茶树(*Camellia sinensis*)资源的特异资源,课题组前期对其主要品质化学成分进行检测,结果显示,其混合样品属于典型的“高茶多酚、低咖啡碱、高可可碱”类型资源<sup>[2]</sup>。榕江茶在茶树新品种选育、茶叶新产品开发和茶叶深加工等方面具有很好的开发潜力和利用价值,研究工作的滞后严重制约了该资源的开发和利用。因此,对榕江茶种质资源的品质化学成分和遗传多样性进行分析评价不仅有利于该资源的有效保护和优异种质挖掘,还对充分发挥榕江茶这一具有贵州地方特色的宝贵茶树种质资源的优势具有重要意义。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体现在其生化成分差异上<sup>[3-4]</sup>,其中水浸出物、茶多酚、氨基酸和咖啡碱对茶叶品质有较大影响<sup>[5-6]</sup>。目前,对于贵州茶树种质资源的研究已有较多报道,如牛素贞等<sup>[7]</sup>对144份贵州古茶树种质资源进行了形态学多样性评价,结果表明:除树姿外,其他9个形态性状变异系数均达35%以上,含

有较高的遗传多样性指数。陈正武等<sup>[8]</sup>和刘声传等<sup>[9]</sup>对贵州省境内的野生茶树资源进行生化成分测定评价分析,结果表明,贵州野生茶树资源的生化成分变异幅度大,存在丰富的多样性。段学艺等<sup>[10]</sup>对贵州西南部现存大树茶进行生化成分分析,发现贵州西南部各地大树茶的氨基酸含量较低,咖啡碱较高,认为直接栽培利用价值不大,但可作为高咖啡碱、高茶多酚茶树新品种的育种材料。鄢东海等<sup>[11]</sup>采用RAPD分子标记对贵州地方茶树品种群体的遗传差异进行分析,研究结果表明,贵定乌王茶、都匀毛尖茶、湄潭苔茶和石阡苔茶品种群体内种质间遗传距离的变幅较大、遗传多样性丰富,表明地方品种的遗传变异主要发生在群体内。随后安红卫等<sup>[12]</sup>采用EST-SSR标记探究贵州茶树种质资源的遗传多样性、群体结构及遗传分化,其研究结果同样表明,遗传变异存在于群体内部个体间,且不同群体间存在较强的基因交流,进一步佐证和补充了鄢东海等<sup>[11]</sup>的研究结果。张明泽等<sup>[13]</sup>和郭燕等<sup>[14]</sup>利用SSR分子标记分别对贵州黔南茶树资源、贵州古茶树资源进行DNA遗传多样性分析和分子指纹鉴定,结果均表明,各茶树资源间的遗传差异较大,遗传基础较宽,具有丰富的遗传多样性。以上研究从形态学、生化成分和分子水平上指出贵州茶树种质资源具有丰富的遗传变异<sup>[14]</sup>。这些研究大多集中在栽培茶树种质资源,对其他茶组植物

资源的研究较少,尤其是对具有特异性状的资源的研究鲜见报道。对特异茶树种质资源的开发利用是培育优良新品种的关键,同时也是解决当前茶树品种同质化严重、地方特色品种缺乏的关键。鉴定评价榕江茶特异性种质资源等优异地方茶树资源,对优良新品种创新具有重要的意义。茶树种质资源的主要品质化学成分是判定其茶类适制性与品质优劣的基础,虽然在茶树种质资源品质化学成分鉴定及其多样性评价方面已有较多相关研究,但目前未见对榕江茶种质资源品质化学成分及其多样性研究的报道,严重制约了该资源的开发利用进程。本研究以分布在贵州省黔东南州月亮山的121份榕江茶种质资源为材料,对其水浸出物、茶多酚、游离氨基酸等21个主要品质化学成分指标进行检测分析,通过遗传多样性分析、主成分分析、聚类分析、相关性分析等对其品质性状特征和遗传多样性进行评价,并筛选优异资源,为其开发利用和特异茶树新品种培育提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

本研究以分布在贵州省黔东南苗族侗族自治州榕江县月亮山境内(平均海拔约1200 m)的121份榕江茶种质资源为研究对象。在实地考察的基础上选取树体直径较大、发芽数较多的单株资源121份,依地理位置分别编号为RJ001~RJ121。于2022年4月采集各单株资源春季第一轮新梢的一芽二叶,经蒸汽杀青后烘至足干,将样品磨碎后密封,置于-20℃冰箱内保存备用。

### 1.2 试验方法

水分、水浸出物、茶多酚、游离氨基酸含量测定分别按照相应的国家标准(GB5009.3—2016、GB/T8305—2013、GB/T8313—2008、GB/T8314—2013);可溶性糖和黄酮的测定分别参照张正竹<sup>[15]</sup>、马陶陶等<sup>[16]</sup>的方法;咖啡碱、可可碱、没食子酸、儿茶素、表儿茶素、没食子儿茶素、表没食子儿茶素、儿茶素没食子酸酯、表儿茶素没食子酸酯、没食子儿茶素没食子酸酯及表没食子儿茶素没食子酸酯等含量测定参考王丽丽等<sup>[17]</sup>和杨金川等<sup>[18]</sup>的HPLC测定方法,并对其进行优化改良,色谱条件如下:日立PM1000高相液相色谱仪,Agilent C18色谱柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm),乙腈、甲醇、0.5%乙酸溶液为流动相进行梯度洗脱,流速1.0 mL/min,柱温

30℃,UV检测波长为278 nm;洗脱梯度见表1,所有实验样品的测定分析重复3次,取其均值。

表1 HPLC洗脱梯度

Table 1 HPLC elution gradient

保留时间(min)	0.5%乙酸(%)	纯乙腈(%)	纯甲醇(%)
Retention time	0.5% acetic acid	Pure acetonitrile	Pure methanol
0	85.00	5.00	10.00
5.00	80.00	6.50	13.50
10.00	85.00	5.00	10.00
20.00	70.00	10.00	20.00
25.00	70.00	10.00	20.00
30.00	72.00	8.00	20.00
32.00	72.00	8.00	20.00
35.00	85.00	5.00	10.00
36.00	85.00	5.00	10.00

### 1.3 数据处理

遗传多样性采用Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )。先对所有数量性状进行10级分类,分别赋值1、2、3、……、10,1级<X-2s, 10级>X+2s,中间每级间隔0.5s,其中X为平均值,s为标准差。Shannon-Wiener多样性指数计算公式如下: $H' = -\sum P_j \ln P_j$ ,式中 $P_j$ 为某性状第j个代码出现的频率<sup>[19]</sup>。采用SPSS Statistics 23软件进行相关性分析、主成分分析和聚类分析,采用WPS 2019、Origin 2022和PS 2022软件进行绘图、制表。

非酯型儿茶素总量、酯型儿茶素总量、儿茶素品质指数计算公式如下:

非酯型儿茶素总量=儿茶素+表儿茶素+表没食子儿茶素

酯型儿茶素总量=表儿茶素没食子酸酯+表没食子儿茶素没食子酸酯

$$\text{儿茶素品质指数} = \frac{\text{表没食子儿茶素没食子酸酯} + \text{表儿茶素没食子酸酯}}{\text{表儿茶素没食子酸酯}} \times 100\%$$

## 2 结果与分析

### 2.1 榕江茶种质资源主要品质化学成分基本统计分析

如表2所示,121份榕江茶种质资源的21个品质化学成分指标的变异系数范围为5.70%~119.69%,平均为32.84%,较陈亮等<sup>[20]</sup>和鄢东海等<sup>[21]</sup>对“国家茶树优良种质评价利用数据库”中的596份

资源的生化成分多样性检测结果高。水浸出物、可可碱、茶多酚等3个生化成分的变异系数较小,分别为5.70%、8.53%、9.24%,其中水浸出物平均值为45.76%,说明榕江茶种质资源整体有较高的水浸出物且3个生化成分较稳定;而表没食子儿茶素和儿茶素品质指数的变异系数高达111.36%、119.69%,这两项指标存在丰富的遗传变异类型,可为茶树品质改良提供丰富的材料基础。影响茶叶品质的4种基本生化成分(水浸出物、游离氨基酸、咖啡碱、茶多酚)中,水浸出物变异系数最小,咖啡碱变异系数最大,为43.53%,说明低咖啡碱资源开发利用潜力较大。遗传多样性指数范围为1.47~2.08,平均值为1.95,13个品质成分的遗传多样性指数达2.00以上,

说明供试的121份榕江茶种质资源品质化学成分具有丰富的遗传多样性。

## 2.2 榕江茶种质资源主要品质化学成分的相关性分析

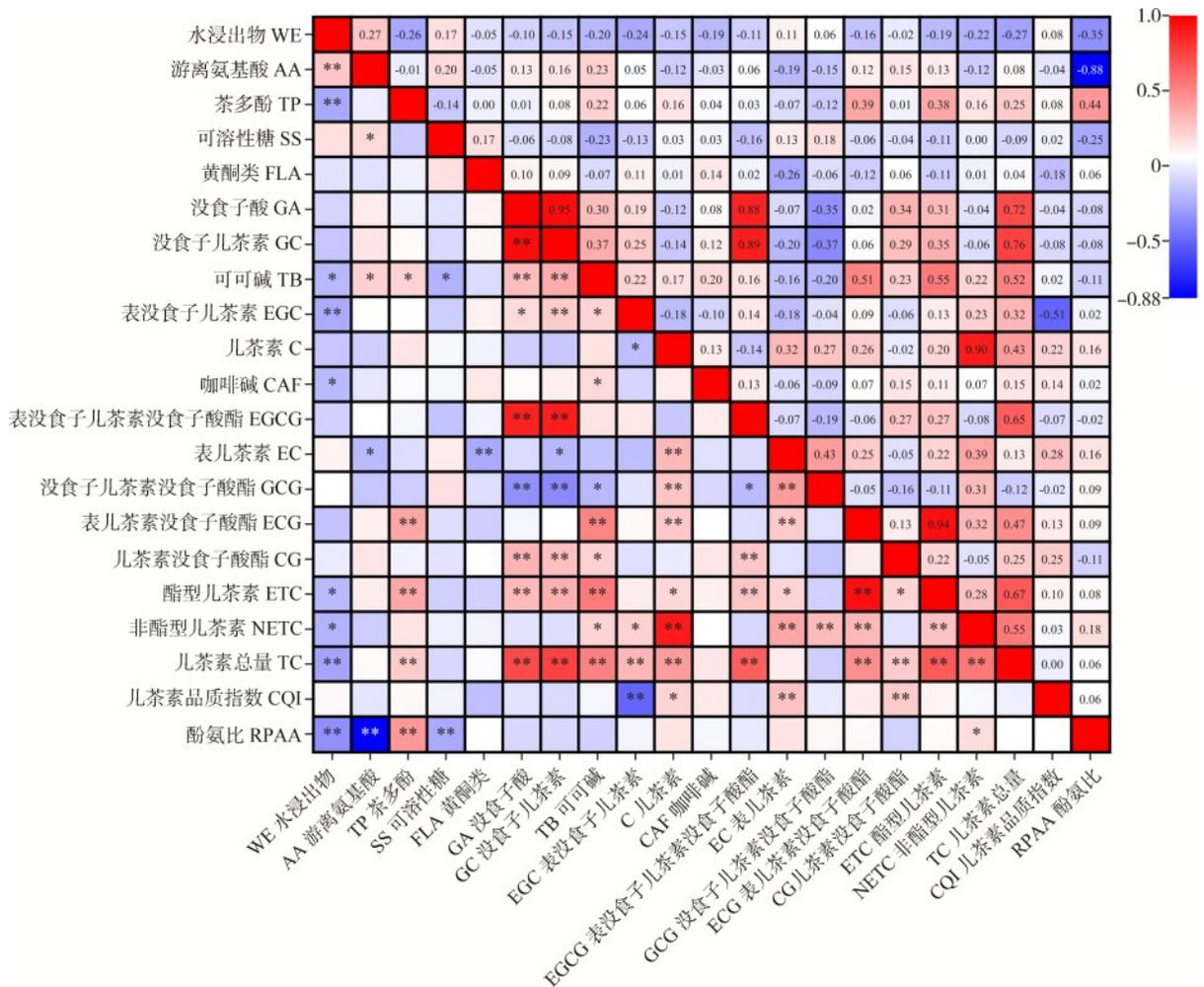
121份榕江茶种质资源的21个生化成分相关性分析(图1)表明,42对性状呈极显著正相关,其中没食子儿茶素与没食子酸,酯型儿茶素与表儿茶素没食子酸酯,非酯型儿茶素与儿茶素,表没食子儿茶素没食子酸酯与没食子儿茶素、没食子酸的相关系数较大,分别为0.95、0.94、0.90、0.89、0.88。14对性状呈显著正相关,相关系数在0.18~0.23之间。10对性状呈极显著负相关,其中酚氨比与游离氨基酸、

表2 121份榕江茶种质资源品质化学成分的描述性统计与遗传多样性指数

Table 2 Descriptive statistics and genetic diversity index of chemical components of 121 *Camellia yunkiangensis* germplasm resources

序号 No.	生化成分 Biochemical components	最小值 Min.	最大值 Max.	均值 Mean	标准差 SD	变异系数 (%) CV	多样性指数H' Shannon-Wiener Index
1	茶多酚(%) TP	22.87	39.71	28.44	2.63	9.24	2.04
2	水浸出物(%) WE	38.92	52.88	45.76	2.61	5.70	2.06
3	游离氨基酸(%) AA	1.33	3.36	2.08	0.40	19.21	2.02
4	咖啡碱(μg/g) CAF	32.14	270.45	122.80	53.67	43.53	1.99
5	儿茶素总量(%) TC	6.44	13.07	9.88	1.15	11.63	2.03
6	表儿茶素(%) EC	0.08	0.65	0.25	0.10	41.02	1.94
7	表没食子儿茶素(%) EGC	0.01	1.97	0.23	0.26	111.36	1.56
8	表儿茶素没食子酸酯(%) ECG	0.74	2.29	1.51	0.31	20.58	2.07
9	表没食子儿茶素没食子酸酯(%) EGCG	0.02	0.57	0.23	0.11	45.68	2.06
10	儿茶素(%) C	2.98	6.70	5.05	0.55	10.89	1.99
11	没食子儿茶素没食子酸酯(%) GCG	0.02	0.062	0.04	0.01	24.24	2.03
12	儿茶素没食子酸酯(%) CG	0.02	0.18	0.04	0.02	46.77	1.47
13	没食子酸(%) GA	0.04	0.23	0.11	0.04	38.70	1.94
14	没食子儿茶素(%) GC	1.12	5.17	2.53	0.79	31.30	2.02
15	可可碱(%) TB	2.82	4.85	4.10	0.35	8.53	2.01
16	可溶性糖(%) SS	1.62	5.26	3.24	0.60	18.58	2.04
17	黄酮(%) FLA	0.41	2.98	1.41	0.47	32.89	2.04
18	酯型儿茶素(%) ETC	1.05	2.55	1.74	0.32	18.48	2.08
19	非酯型儿茶素(%) NETC	3.43	7.38	5.53	0.60	10.75	1.99
20	儿茶素品质指数(%) CQI	1.13	171.56	23.35	27.95	119.69	1.56
21	酚氨比 RPAA	8.55	23.32	14.14	2.95	20.86	2.05

WE: Water leachates; AA: Amino acids; TP: Tea polyphenols; SS: Soluble sugars; FLA: Flavonoids; GA: Gallic acid; GC: Gallocatechin; TB: Theobromine; EGC: Epigallocatechin; C: Catechin; CAF: Caffeine; EGCG: Epigallocatechin gallate; EC: Epicatechin; GCG: Gallocatechin gallate; ECG: Epicatechin gallate; CG: Catechin gallate; ETC: Ester type catechin; NETC: Non-ester type catechin; TC: Total catechins; CQI: Catechin quality index; RPAA: Ratio of polyphenol to amino acid; The same as below



\*: 在0.05(双尾)水平上相关性显著; \*\*: 在0.01(双尾)水平上相关性显著  
 \*: The correlation is significant at the 0.05 level (double tailed); \*\*: Significant correlation at 0.01 level (double tailed)

图1 榕江茶相关性热图

Fig.1 Correlation heat map of *Camellia yungkiangensis*

儿茶素品质指数与表没食子儿茶素负显著相关系数较大,分别为-0.88、-0.51。水浸出物分别与可可碱、咖啡碱、酯型儿茶素、非酯型儿茶素,游离氨基酸与表儿茶素,没食子儿茶素与表儿茶素,可可碱分别与没食子儿茶素没食子酸酯、可溶性糖,表没食子儿茶素与儿茶素,表没食子儿茶素没食子酸酯与没食子儿茶素没食子酸酯共10对性状呈显著负相关。其他性状间无显著相关性。植物体内同一连锁基因群所控制的性状往往表现出相关关系,因此,榕江茶种质资源的呈显著或极显著相关的性状在遗传上可能分属于相同的连锁基因群,在进行品种选育和遗传改良研究时应引以注意。

### 2.3 榕江茶种质资源主要品质化学成分的主成分分析

主成分分析是利用降维的思想,在损失很少信息的前提下把多个指标转化为几个综合指标的多

元统计方法,每个主成分都是原始变量的线性组合,使主成分比原始变量具有某些更优越的性能<sup>[22]</sup>。对21个品质化学成分指标进行主成分分析(表3),按照特征值大于1且贡献率大于5%的原则提取前7个主成分,其累积贡献率达76.84%,包含了原始变量的大部分信息。

旋转后的因子载荷矩阵显示了各原始变量与各主成分之间的相关性(图2),其绝对值越大说明关系越密切。若原始变量在某一主成分中的旋转后的因子载荷的绝对值大于0.5,则将该原始变量归于该主成分中。

从图2B可以看出,第1主成分中没食子酸、没食子儿茶素、表没食子儿茶素没食子酸酯、儿茶素总量这4个化学成分绝对值均大于0.5,且均呈正相关。说明第1主成分与儿茶素含量是密切相关。第2主成分包含表儿茶素没食子酸酯、酯型儿茶素、茶

多酚、可可碱,且均呈正相关,说明第2主成分是与茶多酚密切相关的因子。第3主成分包含非酯型儿茶素、儿茶素,且均呈正相关,说明第3主成分与非酯型儿茶素是密切相关。第4主成分包含酚氨比、游离氨基酸,其中酚氨比呈负相关说明第4主成分

与氨基酸含量密切相关。第5主成分包含儿茶素品质指数、表没食子儿茶素,其中表没食子儿茶素呈负相关。第6主成分包含表儿茶素、咖啡碱,其中表儿茶素呈负相关。第7主成分包含可溶性糖、黄酮类,且均呈正相关。

表3 总方差解释

Table 3 Total variance explained

序号 No.	特征根 Initial eigenvalues			旋转后的因子解 Rotation sums of squared loadings		
	特征值 Eigenvalue	贡献率(%) Contribution rate	累积贡献率(%) Accumulated contribution rate	特征值 Eigenvalue	贡献率(%) Contribution rate	累积贡献率(%) Accumulated contribution rate
1	4.68	22.28	22.28	3.72	17.70	17.70
2	3.32	15.83	38.11	2.81	13.37	31.07
3	2.20	10.50	48.61	2.51	11.96	43.03
4	1.78	8.47	57.07	2.28	10.85	53.88
5	1.73	8.25	65.32	1.87	8.92	62.80
6	1.38	6.56	71.88	1.68	8.02	70.82
7	1.04	4.96	76.84	1.27	6.02	76.84
8	0.88	4.17	81.01			
9	0.80	3.82	84.84			
10	0.70	3.33	88.16			
11	0.62	2.97	91.13			
12	0.52	2.47	93.60			
13	0.48	2.29	95.89			
14	0.44	2.09	97.98			
15	0.30	1.43	99.41			
16	0.07	0.35	99.76			
17	0.04	0.17	99.92			
18	0.02	0.08	100			
19	$7.56 \times 10^{-13}$	$3.60 \times 10^{-13}$	100			
20	$3.38 \times 10^{-13}$	$1.61 \times 10^{-13}$	100			
21	$1.02 \times 10^{-13}$	$4.84 \times 10^{-13}$	100			

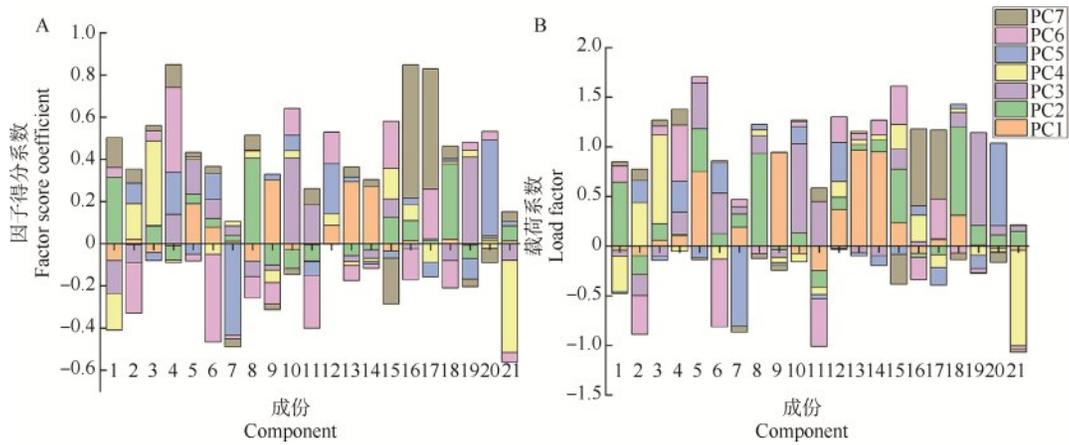
由成分得分系数矩阵(图2A)可以计算出每个单株资源的品质化学成分在这7个主成分上的因子得分( $F_1$ 、 $F_7$ )和综合得分,计算公式如下:

$F_1 = 0.021 \times Z_1 + (-0.042) \times Z_2 + \dots + 0.012 \times Z_{21}$ ,  $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$ 、 $F_5$ 、 $F_6$ 、 $F_7$ 的计算方法同理, $Z_1 \sim Z_{21}$ 分别为原始变量经过数据标准化后的数值。

综合得分 =  $(a_1 \times F_1 + a_2 \times F_2 + a_3 \times F_3 + a_4 \times F_4 + a_5 \times F_5 + a_6 \times F_6 + a_7 \times F_7) / 7a$ ,  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ 、 $a_5$ 、 $a_6$ 、 $a_7$ 分别为7个主成分的方差贡献率, $a$ 为7个主成分的累积贡献率。

综合得分(图3)结果表明,121份榕江茶综合得

分在-0.19~0.17,排名前12的资源为:RJ014、RJ017、RJ028、RJ030、RJ049、RJ057、RJ059、RJ069、RJ070、RJ082、RJ092、RJ095,其综合得分在0.10~0.17。结合品质成分分析发现,得分较高的单株在某些化学成分上含量较高(详见<https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230311001>,附表1):一是可溶性糖,如得分最高的RJ014单株,其可溶性糖含量达4%以上。二是儿茶素品质指数,如综合得分排第二的RJ095单株的儿茶素品质指数高达171.56。三是酚氨比,酚氨比高的资源其得分都相对较高,RJ095和RJ049酚氨比分别高达17.82和17.92。



A为因子成分得分系数, B为旋转后因子载荷系数; PC1~PC7分别为第1~7主成分; 成分序号1~21同表2序号  
 A represents the factor component score coefficient, B represents the factor load coefficient after rotation;  
 PC1-PC7 are the first to seventh principal components, respectively; Component numbers 1-21 are the same as Table 2

图2 因子成分得分及旋转载荷矩阵图

Fig. 2 Matrix diagram of factor component score and rotational load

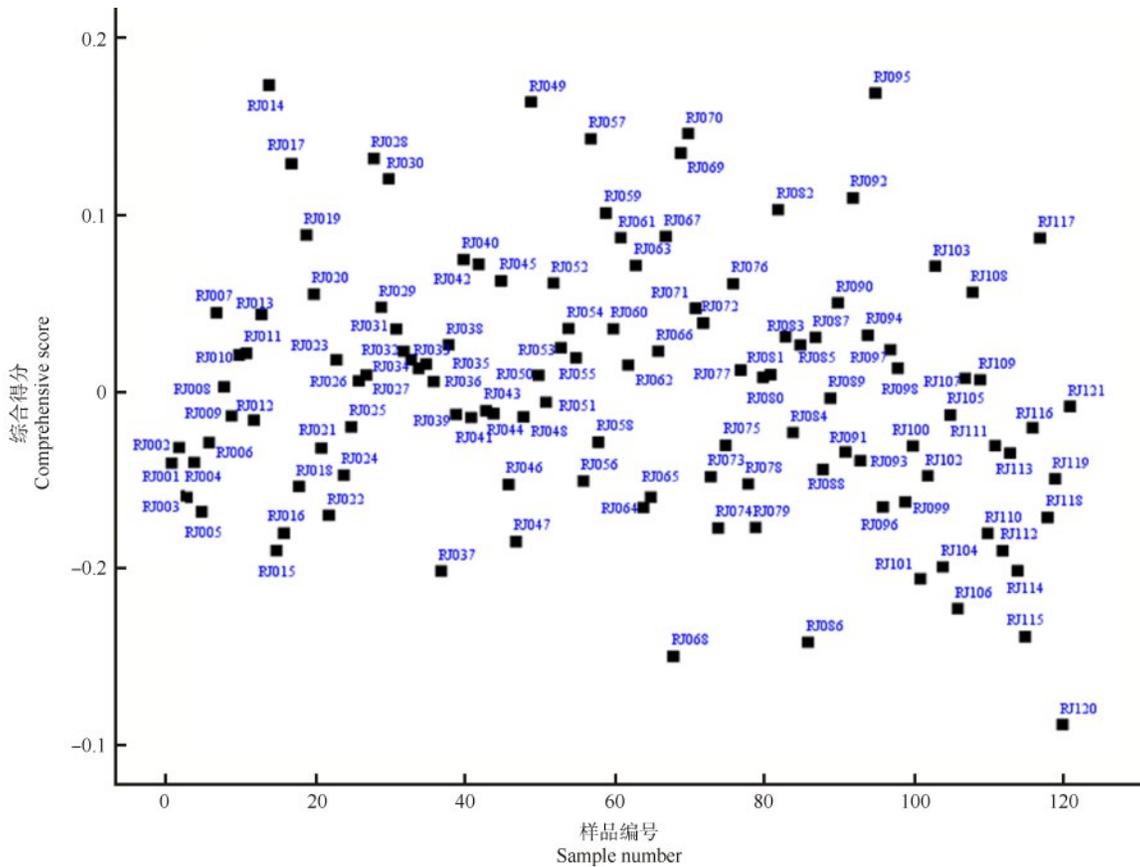


图3 榕江茶单株综合得分图

Fig. 3 Comprehensive score of *Camellia yungkiangensis*

2.4 榕江茶种质资源主要品质化学成分聚类分析

聚类分析是根据相对独立又有一定相关性指标的相似程度进行分类的一种多元统计分析方法, 其能将大量的种质资源进行分类、综合考察<sup>[23]</sup>。聚类结果显示, 在欧式距离 18.0 处, 可将 121 份榕江茶

种质资源分为 6 大类, 无独立组存在(图 4)。

由图 4 和表 4 可以看出, 第 I 类群包含 RJ062、RJ077 等 93 份资源, 这一类群的品质化学成分的平均值相对其他类群无极大值存在, 其特征是茶多酚含量、可可碱含量较低, 儿茶素品质指数变异系数最

高,达 110.21%,具有较强的育种创新潜力。第II类群包括 RJ112、RJ115、RJ068、RJ086、RJ120、RJ037、RJ116、RJ078,共 8 份资源,在 6 大类群中可溶性糖含量最高,而茶多酚、黄酮和可可碱含量最低,与其他类群相比育种潜力相对较低。第III类群包括 RJ001、RJ003、RJ024、RJ067,共 4 份资源,其特征是黄酮、咖啡碱含量最高,没食子儿茶素含量相对较低。第IV类群包括 RJ107、RJ108、RJ076、RJ080、RJ117、RJ090、RJ095,共 7 份资源,其特征是茶多酚、儿茶素、儿茶素品质指数和非酯型儿茶素最高,并且此类群成员的品质成分均值在 6 大类群中无最低极值。第V类群包括 RJ017、RJ030、RJ019、RJ049,共 4 份资源,这一类群的特点是酚氨比和儿茶素总量较高,水浸出物、游离氨基酸、可溶性糖含量则最低,依据其酚氨比,此类群最具制备高品质发酵型茶类的潜质,但其水浸出物相对较低,还需对其后期的综合感官表现进行评价。第VI类群包含 RJ008、RJ069、RJ020、RJ014、RJ070,共 5 份资源,其特征是酚氨比最低,游离氨基酸、没食子儿茶素、可

可碱含量最高。

### 2.5 榕江茶种质资源的适制性分析

品质化学成分的含量和比例是影响茶树品种适制性的重要因素,酚氨比是目前普遍认可的判断茶树品种适制性的重要依据。121 份榕江茶资源的酚氨比均大于 8(图 5),其中 49 个单株资源的酚氨比大于 15,72 个单株资源介于 8~15 之间。儿茶素品质指数一定程度上可以反映制茶品质的好坏,儿茶素品质指数越大,茶叶持嫩性越好,特级绿茶的儿茶素品质指数一般大于 500.00<sup>[24-25]</sup>。榕江茶的儿茶素品质指数最高为 171.56(表 2),平均为 23.35,儿茶素品质指数总体不高,说明榕江茶以绿茶工艺制作成品茶的品质可能不佳。茶多酚类物质是红茶发酵的主体物质,其本身及发酵后的氧化聚合产物决定了红茶的色泽和滋味浓度<sup>[26]</sup>。供试的 121 份榕江茶资源茶多酚含量最小为 22.87%,平均为 28.44%,属于高多酚资源。因此从品质化学成分上分析,榕江茶资源可能更适合加工成红茶和发酵茶类。

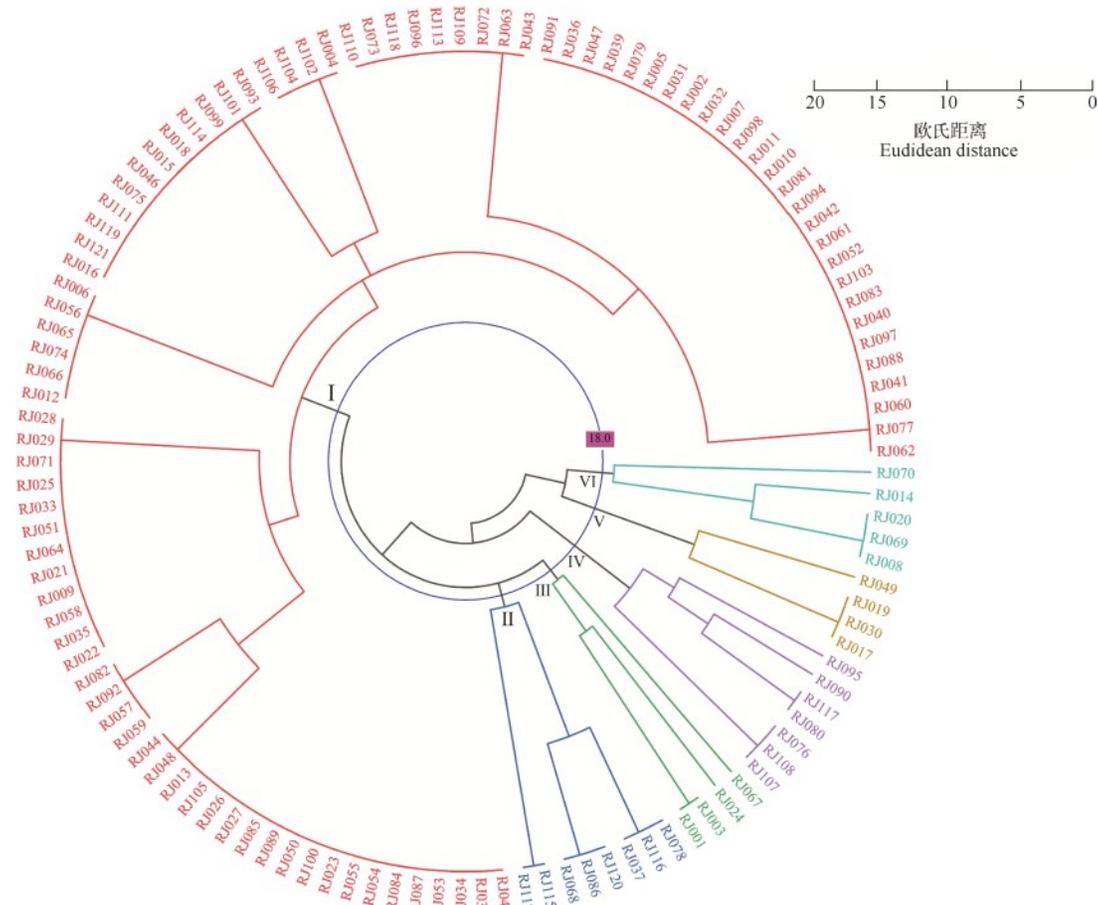


表 4 不同类群的品质化学成分统计参数的比较  
Table 4 Comparison of statistical parameters of biochemical components among different groups

序号 No.	生化成分 Biochemical components	第 I 类群 Group I		第 II 类群 Group II		第 III 类群 Group III		第 IV 类群 Group IV		第 V 类群 Group V		第 VI 类群 Group VI	
		平均值±标准差 Mean±SD	变异系数 (%)CV										
1	茶多酚(%)	28.43±2.62	9.21	26.89±2.31	8.6	27.96±3.22	11.53	29.68±2.54	8.56	29.54±2.31	7.83	28.92±3.09	10.67
2	水浸出物(%)	45.64±2.45	5.36	48.6±3.18	6.54	45.65±1.08	2.37	44.96±2.57	5.72	43.75±1.70	3.88	46.29±3.68	7.95
3	氨基酸(%)	2.08±0.36	17.45	1.88±0.37	19.79	2.29±0.52	22.68	1.88±0.32	16.84	1.78±0.22	12.32	2.86±0.34	12
4	咖啡碱(μg/g)	124.97±54.16	43.34	68.56±44.31	64.82	176.88±35.13	19.86	124.95±46.18	36.96	123.78±28.85	23.31	122.43±42.28	34.53
5	儿茶素总量(%)	9.87±0.78	7.91	7.84±0.77	9.88	8.26±0.70	8.49	10.79±0.69	6.41	12.55±0.66	5.27	11.31±1.06	9.42
6	表儿茶素(%)	0.23±0.08	35.03	0.29±0.07	23.9	0.15±0.04	28.35	0.41±0.14	33.39	0.4±0.17	42.84	0.23±0.11	48.46
7	表没食子儿茶素(%)	0.23±0.20	89.02	0.07±0.04	66.65	0.12±0.17	137.17	0.12±0.16	138.31	0.85±0.76	89.58	0.28±0.19	68.5
8	表儿茶素没食子酸酯(%)	1.48±0.27	18.51	1.18±0.23	19.19	1.26±0.15	11.62	1.81±0.14	7.51	1.91±0.09	4.76	2.06±0.16	7.97
9	表没食子儿茶素没食子酸酯(%)	0.24±0.10	41.93	0.18±0.11	61.74	0.12±0.04	29.13	0.17±0.09	53.96	0.35±0.05	14.9	0.35±0.15	41.87
10	儿茶素(%)	5.07±0.40	7.88	4.21±0.76	18.05	4.77±0.26	5.48	6.06±0.35	5.77	5.33±0.81	15.13	4.61±0.25	5.39
11	没食子儿茶素没食子酸酯(%)	0.04±0.01	23.12	0.04±0.01	23.15	0.04±0.01	28.73	0.05±0.01	19.5	0.03±0.00	13.87	0.03±0.01	28.38
12	儿茶素没食子酸酯(%)	0.04±0.01	23.36	0.03±0.01	28.25	0.08±0.07	78.91	0.04±0.01	13.95	0.06±0.01	20.88	0.06±0.04	69.33
13	没食子酸(%)	0.11±0.04	35.44	0.08±0.03	33.78	0.07±0.02	32.41	0.09±0.03	31.95	0.18±0.04	19.77	0.16±0.04	25.81
14	没食子儿茶素(%)	2.55±0.71	27.7	1.84±0.65	35.35	1.72±0.50	28.82	2.13±0.59	27.61	3.6±0.32	8.8	3.69±1.07	29.06
15	可可碱(%)	4.1±0.29	6.99	3.59±0.43	11.99	3.97±0.42	10.61	4.32±0.37	8.47	4.36±0.21	4.73	4.63±0.23	5.02
16	可溶性糖(%)	3.19±0.59	18.56	3.73±0.86	23	3.41±0.39	11.53	3.28±0.45	13.81	2.99±0.18	5.87	3.41±0.65	19.11
17	黄酮(%)	1.41±0.45	31.99	1.17±0.25	21.73	2.05±0.60	29.45	1.28±0.63	49.28	1.65±0.38	23.09	1.29±0.26	19.9
18	酯型儿茶素(%)	1.71±0.26	15.02	1.35±0.25	18.72	1.38±0.18	13.05	1.98±0.17	8.63	2.26±0.06	2.73	2.41±0.14	5.85
19	非酯型儿茶素(%)	5.53±0.39	7.02	4.57±0.77	16.78	5.04±0.33	6.51	6.59±0.39	5.99	6.59±0.65	9.8	5.11±0.27	5.22
20	儿茶素品质指数(%)	20.03±22.07	110.21	27.02±15.09	55.85	53.22±55.75	104.74	64.48±56.53	87.66	4.39±3.09	70.56	13.09±8.83	67.42
21	酚氨比	14.12±2.91	20.61	14.63±2.38	16.3	12.58±2.66	21.18	16.13±2.83	17.52	16.73±1.15	6.86	10.23±1.58	15.4

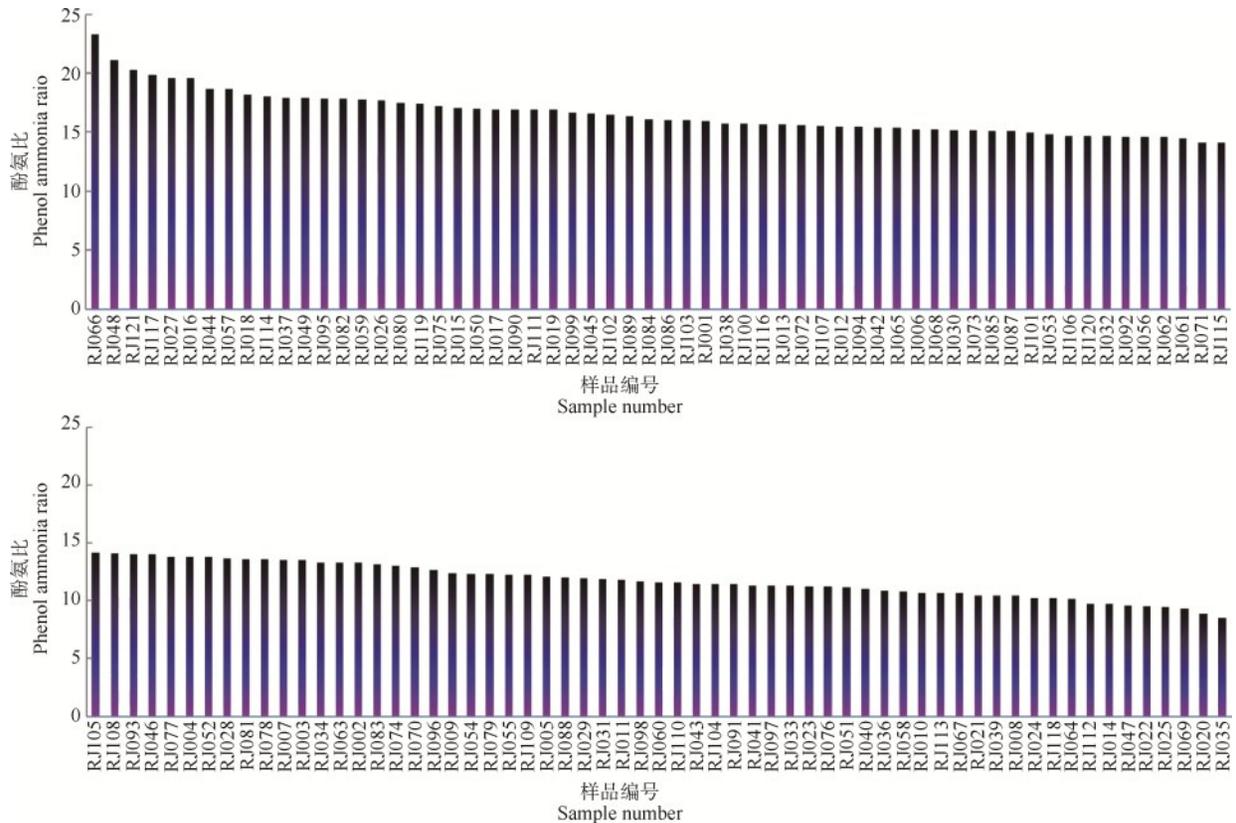


图5 榕江茶酚氨比

Fig. 5 Phenol-ammonia ratio of *Camellia yungkiangensis*

## 2.6 榕江茶优异种质资源的筛选

参照陈亮等<sup>[27]</sup>的判别标准,将茶多酚总量 $\geq 20\%$ 的资源判定为优良种质资源。按照这一标准,121份榕江茶种质资源均属于高茶多酚含量的优良种质资源,茶多酚含量平均为28.44%(表2)。72份榕江茶单株资源具有高茶多酚和高水浸出物( $\geq 45\%$ )的特征,占供试材料的59.50%,表明榕江茶种质资源的内含物质丰富,其中有7个单株资源(RJ119、RJ098、RJ120、RJ036、RJ115、RJ070、RJ112)的水浸出物含量 $\geq 50\%$ ,有5个单株资源(RJ004、RJ057、RJ066、RJ070、RJ102)茶多酚含量 $\geq 33\%$ ,这些单株资源可作为今后开发高茶多酚、高水浸出物等优异资源的备选材料。供试的121份榕江茶种质资源的可可碱含量为2.82%~4.85%,平均为4.10%,咖啡碱含量为32.14~270.45  $\mu\text{g/g}$ ,平均为122.80  $\mu\text{g/g}$ (约0.012%)。按照茶树特异种质资源的判别标准,121份榕江茶种质资源均属于低咖啡碱( $\leq 1.5\%$ )、高可可碱( $\geq 2.5\%$ )类型的特异资源,其中可可碱含量4.0%以上的单株资源有78份。植物体内的可溶性糖等被认为抗冻物质<sup>[28-29]</sup>,抗寒性强的茶树可溶性糖含量相对较高<sup>[30-31]</sup>,供试的121份资源可溶性糖含量介于1.61%~5.26%之间,平均为3.24%,可溶性糖含量最高的单

株资源是RJ115,为5.26%。因此,榕江茶种质资源可以作为高茶多酚、低咖啡碱、高可可碱和高可溶性糖特异茶树新品种选育的优质资源库。

## 3 讨论

通过对121份榕江茶种质资源主要品质化学成分的测定与分析,发现榕江茶种质资源的主要化学成分有较高的遗传多样性和变异系数,遗传多样性指数均值达1.95;变异系数和变异幅度均较大,均值达32.84%,远高于宁静等<sup>[32]</sup>对湖南城步峒茶资源的研究结果、王新超等<sup>[33]</sup>对广西茶树资源的研究结果和蒋会兵等<sup>[34]</sup>对云南地方品种茶树资源的研究结果,表明121份榕江茶种质资源有很大的选择潜力和丰富的多样性。

聚类分析表明,在欧式距离18.0处,121份榕江茶种质资源分为6大类群。在6大类群中,第一大类群的儿茶素品质指数的变异系数高达110.21%,此类群在红、绿茶兼制品种创新中具有较大的育种潜力。相对于其他类群,第五大类群的儿茶素总量和酚氨比最高,可作为今后开发高品质红茶的优选原料。酚氨比是判定茶树资源适制性的一个指标,早期认为酚氨比小于8适制绿茶,大于15适制红

茶<sup>[35]</sup>。这一判定标准是依据旧版茶多酚检测国家标准(GB/T 8313—1987和GB/T 8313—2002)制定。研究表明,新版茶多酚检测国家标准(GB/T 8313—2018)相较于旧版国家标准(GB/T 8313—1987和GB/T 8313—2002),同一样品的茶多酚含量的检测结果降低了30%~40%<sup>[36-37]</sup>。因此,在新版茶多酚检测国家标准背景下,应对茶叶适制性判别的酚氨比判别值的大小作适当调整。综合各项数据及其他学者的研究结果认为,酚氨比调整为小于4.5适制绿茶,大于6.5适制红茶比较科学。根据这一判别标准,121份榕江茶种质资源全都适制红茶。榕江茶茶多酚含量最小为22.87%,平均为28.44%,属于高多酚资源。茶多酚类物质是红茶发酵的主体物质,其本身及发酵后的氧化聚合物决定了红茶的色泽和滋味浓度,因此榕江茶更适加工制成红茶和发酵茶类。

榕江茶种质资源的简单儿茶素如C(5.05%)的含量较高,而复杂儿茶素如EGCG(0.23%)的含量较低,一定程度上呈现出野生茶的特征。榕江茶种质资源的咖啡碱含量平均为122.80 $\mu\text{g/g}$ ,茶多酚含量平均为28.44%,水浸出物45.76%,与重庆<sup>[38]</sup>、湖南<sup>[39]</sup>、陕西<sup>[40]</sup>等栽培型茶树(*Camellia sinensis*)资源相比较,其咖啡碱含量极低、氨基酸含量偏低、茶多酚和水浸出物含量各有高低。榕江茶种质资源的氨基酸均值含量较低,考虑到榕江茶生境的特殊性,对榕江茶种质资源的评价最好结合驯化栽培后的表现,在后续育种或基础研究应用中要重点关注其高水浸出物、茶多酚、低咖啡碱等优点,从而使资源优势最大发挥。主成分分析将21个生化成分指标转化为7个主成分,筛选出综合得分较高的12份种质资源,表明这12份种质资源在7个主成分中具有含量较高、均衡的特性,后期将结合成品茶感官审评,进一步综合分析其优良特性;从121份种质资源中筛选出7个单株资源的水浸出物含量 $\geq 50\%$ ,5个单株资源茶多酚含量 $\geq 33\%$ ,78份可可碱含量4.0%以上的单株资源,可溶性糖含量最高的单株资源是RJ115,达5.26%,这些单株资源可作为今后开发高茶多酚、高水浸出物、高可可碱、高可溶性糖等特异资源的备选材料。

## 4 结论

榕江茶种质资源的生化成分多样性丰富,变异系数大,具有丰富的遗传多样性和明显的地域独特性。以主成分分析进行综合得分分析,初步筛选出

的RJ014、RJ017、RJ028、RJ030、RJ049、RJ057、RJ059、RJ069、RJ070、RJ082、RJ092、RJ095等12份综合得分较高资源及高茶多酚、高水浸出物、高可可碱、高可溶性糖等特异资源,可作为茶叶深加工和育种的基础材料开发利用。

## 参考文献

- [1] 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. 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. Journal of Plant Genetic Resources, 2004, 5(4): 389-392
- [2] 陈涛林. 广西元宝山一种特异茶饮植物的系统学鉴定与综合评价研究. 长沙: 湖南农业大学, 2019  
Chen T L. Systematic identification and comprehensive evaluation research on a specific tea plant of Yuanbao mountain in Guangxi. Changsha: Hunan Agricultural University, 2019
- [3] 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. 北京: 中国农业科学院, 2010  
Jiang Y H. Studies on the genetic diversity of traditional tea germplasm in China as well as the influence of artificial selection. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2010
- [4] 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. Genetic Resources and Crop Evolution, 2019(66), 259-273
- [5] 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. 茶叶科学, 1991(2): 127-131  
Yang Y J. Chemical evaluation on tea quality during early-stage of breeding program II. Relationship between the biochemical component content in the shoots and the quality of green tea. Journal of Tea Science, 1991(2): 127-131
- [6] 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. 西南农业学报, 1994(S1): 1-5  
Lu J S, Wei F H, Li C H. A study on the relationship between main chemical components and quality of tea varieties. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 1994 (S1): 1-5
- [7] 牛素贞, 宋勤飞, 安红卫, 黄政, 刘霞, 赵德刚, 陈正武. 贵州古茶树种质资源基于形态特征的多样性研究. 浙江农业学报, 2019, 31(10): 1689-1699  
Niu S Z, Song Q F, An H W, Huang Z, Liu X, Zhao D G, Chen Z W. Diversity of ancient tea germplasm based on morphological characteristics in Guizhou. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2019, 31(10): 1689-1699
- [8] 陈正武, 陈娟, 龚雪, 张小琴. 28份贵州茶树种质资源的生化成分多样性分析. 西南农业学报, 2015, 28(4): 1517-1523  
Chen Z W, Chen J, Gong X, Zhang X Q. Diversity analysis for biochemical components of 28 tea germplasm resources in Guizhou. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2015, 28(4): 1517-1523
- [9] 刘声传, 段学艺, 赵华富, 魏杰, 郭燕, 鄢东海. 贵州野生茶树

- 种质资源生化多样性分析. 植物遗传资源学报, 2014, 15(6): 1255-1261
- Liu S C, Duan X Y, Zhao H F, Wei J, Guo Y, Yan D H. Biochemical diversity analysis of wild tea germplasms in Guizhou. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2014, 15(6): 1255-1261
- [10] 段学艺, 王家伦, 胡华健, 高秀兵. 贵州西南部大树茶生化特性研究. *中国农学通报*, 2012, 28(19): 286-289
- Duan X Y, Wang J L, Hu H J, Gao X B. Study on the biochemical components of tea *Camellias* in southwest Guizhou province. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, 28(19): 286-289
- [11] 鄢东海, 刘声传, 罗显扬, 魏杰, 陆建良, 范方媛. 贵州地方茶树品种资源遗传多样性RAPD分析. *中国农学通报*, 2015, 31(19): 30-34
- Yan D H, Liu S C, Luo X Y, Wei J, Lu J L, Fan F Y. Analysis of genetic diversity with RAPD markers for local tea populations in Guizhou. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2015, 31(19): 30-34
- [12] 安红卫, 宋勤飞, 牛素贞. 贵州茶树种质资源遗传多样性、群体结构和遗传分化研究. *浙江农业学报*, 2021, 33(7): 1234-1243
- An H W, Song Q F, Niu S Z. Study on genetic diversity, population structure and genetic differentiation of tea germplasm in Guizhou. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2021, 33(7): 1234-1243
- [13] 张明泽, 姚玉仙, 陈世军. 黔南60份茶树种质资源遗传多样性的SSR分析. *西北植物学报*, 2016, 36(6): 1117-1124
- Zhang M Z, Yao Y X, Chen S J. Genetic diversity analysis of tea germplasm in qiannan prefecture by SSR markers. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2016, 36(6): 1117-1124
- [14] 郭燕, 刘声传, 曹雨, 赵华富, 魏杰, 鄢东海, 周富裕. 基于SSR标记贵州古茶树资源的遗传多样性分析及指纹图谱构建. *西南农业学报*, 2016, 29(3): 491-497
- Guo Y, Liu S C, Cao Y, Zhao H F, Wei J, Yan D H, Zhou F Y. Analysis of genetic diversity and construction of molecular fingerprinting with SSR Markers for ancient tea germplasms in Guizhou. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2016, 29(3): 491-497
- [15] 张正竹. 茶叶生物化学实验教程. 北京: 中国农业出版社, 2009: 44-45
- Zhang Z Z. *Experimental course of tea biochemistry*. Beijing: China Agricultural Press, 2019: 44-45
- [16] 马陶陶, 张群林, 李俊, 孟晓明, 黄成, 陈玉璞. 三氯化铝比色法测定中药总黄酮方法的探讨. *时珍国医国药*, 2008(1): 54-56
- Ma T T, Zhang Q L, Li J, Meng X M, Huang C, Chen Y P. AlCl<sub>3</sub> Colorimetry for determination of total flavonoids. *Lishizhen Medicine and Materia Medica*, 2008(1): 54-56
- [17] 王丽丽, 陈键, 宋振硕, 陈林. 茶叶中没食子酸、儿茶素类和生物碱的HPLC检测方法研究. *福建农业学报*, 2014, 29(10): 987-994
- Wang L L, Chen J, Song Z S, Chen L. Simultaneous HPLC determination of gallic acid, catechins and alkaloids in tea. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2014, 29(10): 987-994
- [18] 杨金川, 白雪梅. HPLC法同时测定茶叶中儿茶素类和咖啡因的含量. *贵州农业科学*, 2020, 48(2): 99-102
- Yang J C, Bai X M. Simultaneous determination of catechins and caffeine content in tea by HPLC. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2020, 48(2): 99-102
- [19] 周波, 江海东, 张秀新, 薛璟祺, 石颜通. 部分引进牡丹品种的形态多样性. *生物多样性*, 2011, 19(5): 543-550
- Zhou B, Jiang H D, Zhang X X, Xue J Q, Shi Y T. Morphological diversity of some introduced tree peony cultivars. *Biodiversity Science*, 2011, 19(5): 543-550
- [20] 陈亮, 虞富莲, 杨亚军. 茶树种质资源与遗传改良. *中国茶叶*, 2007(2): 11
- Chen L, Yu F L, Yang Y J. Tea germplasm resources and genetic improvement. *China Tea*, 2007(2): 11
- [21] 鄢东海, 罗显扬, 魏杰, 陈元安, 刘红梅. 贵州地方茶树资源的生化成分多样性及绿茶品质. *中国农学通报*, 2010, 26(3): 81-85
- Yan D H, Luo X Y, Wei J, Chen Y A, Liu H M. Biochemical components diversity and the quality of green tea on local tea germplasm resources in Guizhou. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26(3): 81-85
- [22] 李小胜, 陈珍珍. 如何正确应用SPSS软件做主成分分析. *统计研究*, 2010, 27(8): 105-108
- Li X S, Chen Z Z. Correctly using SPSS software for principal components analysis. *Statistical Research*, 2010, 27(8): 105-108
- [23] 喻华平, 赵志常, 高爱平, 罗睿雄. 基于主成分分析和聚类分析的23份黄皮种质资源的品质评价. *热带作物学报*, 2022, 43(7): 1357-1364
- Yu H P, Zhao Z C, Gao A P, Luo R X. Quality evaluation of 23 species of *Clausena lansium* (Lour.) skeels germplasm resources based on principal component analysis and cluster analysis. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2022, 43(7): 1357-1364
- [24] 李庆伟. 日照绿茶儿茶素品质指数研究. *农学学报*, 2014, 4(6): 64-66
- Li Q W. Rizhao green tea catechin quality index. *Journal of Agronomy*, 2014, 4(6): 64-66
- [25] 赵华富, 高秀兵, 刘晓霞, 曹雨, 周顺珍, 周国兰. 贵州高茶多酚茶树品种多酚品质分析评价. *中国农学通报*, 2016, 32(16): 149-154
- Zhao H F, Gao X B, Liu X X, Cao Y, Zhou S Z, Zhou G L. Analysis and evaluation of polyphenols quality of high polyphenols content tea varieties in Guizhou. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2016, 32(16): 149-154
- [26] 马圣洲, 赵飞, 胡莹, 袁兴兴, 杨亦扬. 江苏丘陵地区主栽茶树品种的红茶适制性研究. *中国农学通报*, 2022, 38(26): 32-38
- Ma S Z, Zhao F, Hu Y, Yuan X X, Yang Y Y. Tea cultivars from the hilly areas of Jiangsu province: Suitability for black tea processing. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2022, 38(26): 32-38
- [27] 陈亮, 姚明哲, 王新超, 马春雷, 金基强, 杨亚军, 江用文, 熊兴平, 王平盛. NY/T 2031—2011农作物优异种质资源评价规范 茶树. 北京: 中华人民共和国农业农村部, 2011
- Chen L, Yao M Z, Wang X C, Ma C L, Jin J Q, Yang Y J, Jiang Y W, Xiong X P, Wang P S. NY/T 2031—2011 evaluation specifications of excellent crop germplasm resources for tea

- plant. Beijing: Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, 2011
- [28] 葛菁, 庞磊, 李叶云, 江昌俊. 茶树可溶性糖含量的 HPLC-ELSD 检测及其与茶树抗寒性的相关分析. 安徽农业大学学报, 2013, 40(3):470-473
- Ge J, Pang L, Li Y Y, Jiang C J. Determination of soluble sugar in tea plant by HPLC-ELSD and its relationship with freezing resistance. Journal of Anhui Agricultural University, 2013, 40(3):470-473
- [29] 朱政, 蒋家月, 江昌俊, 李雯. 低温胁迫对茶树叶片 SOD、可溶性蛋白和可溶性糖含量的影响. 安徽农业大学学报, 2011, 38(1):24-26
- Zhu Z, Jiang J Y, Jiang C J, Li W. Effects of low temperature stress on SOD activity, soluble protein content and soluble sugar content in *Camellia sinensis* leaves. Journal of Anhui Agricultural University, 2011, 38(1):24-26
- [30] 李叶云, 舒锡婷, 周月琴, 江昌俊. 自然越冬过程中 3 个茶树品种的生理特性变化及抗寒性评价. 植物资源与环境学报, 2014, 23(3):52-58
- Li Y Y, Shu X T, Zhou Y Q, Jiang C J. Change in physiological characteristics and cold resistance evaluation of three cultivars of *Camellia sinensis* during natural overwintering period. Journal of Plant Resources and Environment, 2014, 23(3):52-58
- [31] 亓白岩, 周冬琴, 於朝广, 徐和宝, 殷云龙. 8 种含笑属植物的抗寒性研究. 江苏农业科学, 2010(5):258-263
- Qi B Y, Zhou D Q, Yu C G, Xu H B, Yin Y L. Study on cold resistance of 8 species of *Michelia*. Jiangsu Agricultural Sciences, 2010(5):258-263
- [32] 宁静, 刘振, 杨拥军, 杨阳, 沈程文, 张曙光, 肖敦旺, 马良元. 城步岷茶资源主要生化成分遗传多样性分析. 茶叶通讯, 2019, 46(3):269-275
- Ning J, Liu Z, Yang Y J, Yang Y, Shen C W, Zhang S G, Xiao D W, Ma L Y. Genetic diversity analysis for main biochemical components of Chengbu Dong tea germplasm resources. Tea Newsletter, 2019, 46(3):269-275
- [33] 王新超, 陈亮, 杨亚军. 广西茶树资源生化成分多样性分析. 植物遗传资源学报, 2010, 11(3):309-314, 319
- Wang X C, Chen L, Yang Y J. Biochemical diversity analysis of tea germplasm in Guangxi. Journal of Plant Genetic Resources, 2010, 11(3):309-314, 319
- [34] 蒋会兵, 田易萍, 陈林波, 梁名志. 云南茶树地方品种农艺性状与品质性状遗传多样性分析. 植物遗传资源学报, 2013, 14(4):634-640
- Jiang H B, Tian Y P, Chen L B, Liang M Z. Diversity of tea landraces based on agronomic and quality traits in Yunnan province. Journal of Plant Genetic Resources, 2013, 14(4):634-640
- [35] 张泽岑. 对茶树早期鉴定品质指标和酚氨比的一点看法. 茶叶通讯, 1991(3):22-25
- Zhang Z C. Some opinions on the early identification quality index and phenol-ammonia ratio of tea plants. Journal of Tea Communication, 1991(3):22-25
- [36] 周卫龙, 许凌, 徐建峰, 沙海涛, 陆小磊. GB/T8313-2008 第二法茶叶中茶多酚测定的研究比较. 中国茶叶加工, 2009(1):40-41
- Zhou W L, Xu L, Xu J F, Sha H T, Lu X L. Study and comparison of the determination of tea polyphenols in tea by the second method (GB/T8313-2008). China Tea Processing, 2009(1):40-41
- [37] 周顺珍, 周国兰, 何萍, 郑文丽. 不同测定方法对绿茶中茶多酚含量测定结果的影响. 化学分析计量, 2011, 20(1):88-89
- Zhou S Z, Zhou G L, He P, Zheng W L. Effect of different determination methods on the determination results of tea polyphenols in green tea. Chemical Analysis and Meterage, 2011, 20(1):88-89
- [38] 翟秀明, 李解, 唐敏, 胡方洁, 张军, 侯渝嘉, 徐泽. 重庆 30 份茶树种质资源农艺性状与生化成分多样性. 浙江农业学报, 2021, 33(7):1244-1255
- Zhai X M, Li J, Tang M, Hu F J, Zhang J, Hou Y J, Xu Z. Diversity analysis of 30 tea *Camellia sinensis* germplasm resources in Chongqing based on agronomic traits and biochemical components. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2021, 33(7):1244-1255
- [39] 黄飞毅, 陈宇宏, 刘伟, 丁珂, 雷雨, 段继华, 邓晶, 康彦凯, 罗意, 张秀军, 刘硕谦, 李赛君. 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. 植物遗传资源学报, 2021, 22(2):328-337
- Huang F Y, Chen Y H, Liu W, Ding D, Lei Y, Duan J H, Deng J, Kang Y K, Luo Y, Zhang X J, Liu S Q, Li S J. Germplasm resources and genetic diversity of quality characters of tea plants from Mangshan in Hunan. Journal of Plant Genetic Resources, 2021, 22(2):328-337
- [40] 班秋艳, 潘宇婷, 胡歆, 纪晓明, 余有本, 任华江, 丁帅涛, 闫满朝, 江昌俊. 陕西茶树地方种质资源特征性生化成分分析. 安徽农业大学学报, 2018, 45(5):777-782
- Ban Q Y, Pan Y T, Hu X, Ji X M, Yu Y B, Ren H J, Ding S T, Yan M C, Jiang C J. Characteristic biochemical analysis of tea germplasm resources in Shaanxi province. Journal of Anhui Agricultural University, 2018, 45(5):777-782

附表1 12份资源的生化成分

Attached Table 1 Biochemical components of 12 resources

序号 No.	样品编号 Sample number	水浸出物 (%)WE	游离氨基 酸(%)AA	茶多酚 (%)TP	可溶性糖 (%)SS	黄酮 (%)FLA	没食子 酸(%)GA	没食子儿 茶素 (%) GC	可可碱 (%) TB	表没食子儿 茶素 (%) EGC	儿茶素 (%) C	咖啡碱 ( $\mu\text{g/g}$ ) CAF	表没食子儿 茶素没食子 酸酯 (%) EGCG
1	RJ014	45.217	2.658	25.822	4.044	1.437	0.196	4.107	4.716	0.094	4.906	194.23	0.407
2	RJ017	43.448	1.867	31.626	3.179	1.526	0.192	4.070	4.472	0.602	5.598	162.70	0.375
3	RJ028	45.815	2.192	29.873	3.458	1.537	0.206	4.511	4.008	0.309	4.985	102.70	0.467
4	RJ030	43.833	1.971	29.886	2.905	1.926	0.175	3.392	4.417	0.571	4.899	94.51	0.322
5	RJ049	45.912	1.465	26.248	3.076	1.985	0.222	3.535	4.050	0.261	6.330	125.23	0.415
6	RJ057	41.466	1.793	33.429	2.317	1.710	0.147	3.313	4.449	0.045	5.437	270.45	0.339
7	RJ059	46.450	1.715	30.473	3.087	1.756	0.147	3.255	3.836	0.019	5.255	228.22	0.361
8	RJ069	43.556	3.355	31.187	3.815	1.368	0.162	3.894	4.853	0.229	4.514	119.93	0.340
9	RJ070	52.457	2.577	33.122	2.444	0.856	0.207	5.166	4.752	0.128	4.641	113.43	0.565
10	RJ082	42.233	1.601	28.514	3.083	2.240	0.206	4.051	3.987	0.069	5.129	78.92	0.407
11	RJ092	44.344	1.940	28.360	2.600	1.150	0.181	3.765	3.820	0.014	5.128	71.07	0.477
12	RJ095	44.763	1.742	31.035	2.944	0.817	0.127	3.060	4.817	0.013	6.154	179.21	0.286

表儿茶素 (%) EC	没食子儿茶素没食子酸酯 (%)	表儿茶素没食子酸酯 (%) ECG	儿茶素没食子酸酯 (%)	酯型儿茶素 (%) ETC	非酯型儿茶素 (%) NET C	儿茶素总量 (%) TC	儿茶素品质指数 CQI	酚氨比 RPAA
0.226	0.033	1.895	0.129	2.302	5.226	11.797	24.468	9.713
0.246	0.029	1.862	0.056	2.237	6.446	12.838	3.714	16.940
0.185	0.027	1.570	0.058	2.038	5.479	12.113	6.602	13.627
0.267	0.034	2.034	0.064	2.355	5.737	11.582	4.126	15.159
0.593	0.041	1.826	0.071	2.241	7.184	13.071	8.580	17.917
0.243	0.027	1.592	0.048	1.932	5.725	11.045	42.465	18.648
0.207	0.023	1.242	0.039	1.603	5.480	10.401	85.511	17.767
0.222	0.025	2.178	0.041	2.518	4.966	11.445	11.003	9.296
0.150	0.043	1.982	0.051	2.547	4.919	12.727	19.959	12.852
0.205	0.024	1.400	0.041	1.806	5.403	11.326	26.256	17.815
0.289	0.026	1.491	0.052	1.968	5.432	11.244	135.865	14.618
0.277	0.042	1.951	0.046	2.237	6.443	11.829	171.556	17.817