

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201703021

引文格式: 滕杰, 曾贞, 黄亚辉. 秃房茶嘌呤生物碱组成特点及生化品质成分的研究 [J]. 广西植物, 2018, 38(5): 568–576
TENG J, ZENG Z, HUANG YH. Composition characteristics of purine alkaloids and biochemical components of *Camellia gymnogyna* [J].
Guihaia, 2018, 38(5): 568–576

秃房茶嘌呤生物碱组成特点及生化品质成分的研究

滕 杰, 曾 贞, 黄亚辉*

(华南农业大学 园艺学院, 广州 510642)

摘 要: 该研究采用分光光度法和高效液相色谱法, 分不同叶位对秃房茶 (*Camellia gymnogyna*) 的嘌呤生物碱组成特点以及茶多酚、儿茶素组分、游离氨基酸、黄酮、茶氨酸等生化品质成分进行了测定。结果表明: 秃房茶的嘌呤生物碱组成及配比显著区别于茶叶植物凤凰单丛 (*C. sinensis*), 同时具有可可碱、咖啡碱和苦茶碱三种组分, 而且可可碱含量最多, 为 $13.46 \sim 39.72 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 咖啡碱含量最低, 为 $0.51 \sim 2.02 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 苦茶碱含量介于两者中间并随芽叶成熟度增加而升高。茶叶植物只存在咖啡碱和可可碱, 含量变化分别为 $22.22 \sim 53.13 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $0.47 \sim 12.82 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。在相同叶位中, 秃房茶儿茶素组分含量变化规律为 $\text{EGCG} > \text{C} > \text{ECG} > \text{EGC} > \text{EC} > \text{GC} > \text{CG} > \text{GCG}$, 且儿茶素总量、酯型儿茶素含量均低于茶叶植物, 而非酯型儿茶素总量接近, 保持为 $40 \sim 50 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。除黄酮含量在各叶位变化趋势不大外, 其他品质成分含量变化基本符合第 1 叶 > 芽 > 第 2 叶 > 第 3 叶 > 第 4 叶, 一芽二叶的含量介于第 1 叶和第 2 叶之间的规律, 而茶多酚、黄酮、茶氨酸等其它品质成分含量均低于茶叶植物。该研究首次明确了秃房茶主要生化品质成分变化规律, 特别是嘌呤生物碱的组成及配比特点, 且含有特征性成分—苦茶碱。该研究结果为生物碱代谢机理、特异茶加工、功能成分开发、低咖啡碱资源、选育种等提供了优良材料。

关键词: 秃房茶, 苦茶碱, HPLC, 生物碱, 儿茶素

中图分类号: Q946.88, S571.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2018)05-0568-09

Composition characteristics of purine alkaloids and biochemical components of *Camellia gymnogyna*

TENG Jie, ZENG Zhen, HUANG Yahui*

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

Abstract: In order to investigate components of purine alkaloids and contents of tea polyphenols, catechins, free amino acids, flavonoids and theanine (Thea) in different leaf positions of *Camellia gymnogyna* were studied by the methods of

收稿日期: 2017-06-13

基金项目: 广东省科技项目(2015B020202007, 2016A020208012); 福建省“2011 协同创新中心”中国乌龙茶产业协同创新中心专项项目(闽教[2015]75号); 广东省茶叶产业体系项目(2016LM1117); 广西科技计划项目(AB16380063) [Supported by the Natural Science Foundation of Guangdong (2015B020202007, 2016A020208012); “2011 Collaborative Innovation Center” Chinese Oolong Tea Industry Innovation Center Special Program (Fujian 2015-75); Guangdong Tea Industry Research System (2016LM1117); Science & Technology Foundation of Guangxi (AB16380063)]。

作者简介: 滕杰(1988-), 男, 湖南慈利人, 博士, 研究方向为茶树种质资源, (E-mail) tengjie33@163.com。

*通信作者: 黄亚辉, 博士, 研究员, 研究方向为茶树资源、茶叶加工, (E-mail) 13501513191@163.com。

ultraviolet spectrophotometry and high performance liquid chromatography (HPLC). The results showed that the component of purine alkaloids, consisted of caffeine (Caf), theobromine (Tb) and theacrine (Tc), had significant differences between the *C. sinensis* and *C. gymnogyna*. Tb content was the highest, reached 13.46–39.72 mg · g⁻¹, Caf content was the lowest, only kept 0.51–2.02 mg · g⁻¹, and the content of Tc increased with leaves maturing. However, *C. sinensis* only contained caffeine and theobromine, whose contents respectively varied from 22.22 to 53.13 mg · g⁻¹, 0.47 to 12.82 mg · g⁻¹. In the same tea leaf position, catechins component of *C. gymnogyna* were as follows: EGCG>C>ECG>EGC>EC>GC>CG>GCG, and the total amount of catechins, ester-catechins were significantly lower than *C. sinensis*, while none-ester catechins content was almost the same, kept 40–50 mg · g⁻¹. The content of flavonoids demonstrated almost same in different leaf positions while other biochemical components content were as follows: the 1st leaf > bud > the 2nd leaf > the 3rd leaf > the 4th leaf, and the contents of one bud and two leaves were between the 1st leaf and the 2nd leaf content; while tea polyphenols, flavonoids, theanine and other quality components were lower than those of *C. sinensis*. This study clarified the changes of the main biochemical quality components of the *C. gymnogyna* for the first time, especially the composition and proportion of purine alkaloids, which contained the characteristic ingredient-theacrine. The research could be served as important and valuable tea tree resources, and application in alkaloid metabolism mechanism, special tea processing, functional ingredients, low caffeine resources and genetic breeding.

Key words: *Camellia gymnogyna*, theacrine, HPLC, alkaloid, catechin

茶树鲜叶中主要生化成分的含量和比例是鉴别茶树种质资源、茶树选育种、决定茶类适制性和茶叶综合利用价值的物质基础,在大量茶树资源中不乏优质和特异资源,可直接用于茶叶加工或资源创新(段学艺等,2012)。茶含有多种功能性物质,是健康之饮集中体现(Hayat et al,2015;Ryu et al,2017),最常见的茶多酚是一类存在于茶叶中的多元酚混合物,主要由儿茶素、花青素与花白素类、酚酸及缩酚酸类、黄酮及黄烷醇类组成,占干茶重的18%~36%(Xiao et al,2007),它与茶叶品质及适制性密切相关,是绿茶滋味浓度和苦涩味的代表物质,是红茶色、香、味等品质的关键因素,是茶品浓度的物质基础(刁春英和高秀瑞,2016)。氨基酸是呈现茶叶鲜爽味的主要物质,不仅与茶叶香气的形成有关,还影响茶汤的滋味和色泽(曲映红和王建中,2016)。酚氨比值大小可以作为茶树鲜叶适制性的另一指标(杨兴荣等,2016)。茶氨酸作为茶叶的特征性氨基酸,属于谷氨酰胺类化合物,占茶叶干重的1%~2%,具有调节免疫、增强记忆、安神镇静等多种生物活性,被誉为“天然镇静剂”(Tai et al,2015;郭晨等,2017)。嘌呤生物碱作为茶树的主要次生代谢产物之一,主要包括咖啡碱、可可碱、茶叶碱、苦茶碱(属于甲基尿

酸)等(金基强等,2014)。生物碱是茶叶风味的主要生化物质之一,同时也是重要的功能成分。由于氧化及甲基化等生物代谢作用影响,不同种类的嘌呤取决于嘌呤环上的甲基位置和个数的不同(Ashihara et al,2008)。

植物形态表型性状是种质资源的重要特征,生化成分和抗性性状是种质资源的物质基础(乔小燕等,2015),而茶树种质资源是品种创新、茶叶品质提升和开发新产品的物质保障。结合国内外茶组植物分类研究,通常将茶组植物分为大厂茶(*Camellia tachangensis*)、秃房茶(*C. gymnogyna*)、厚轴茶(*C. crassicolumna*)、大理茶(*C. taliensis*)和茶(*C. sinensis*)等5种,此外,在茶下又分茶(*C. sinensis* var. *sinensis*)、普洱茶(*C. sinensis* var. *assamica*)、白毛茶(*C. sinensis* var. *pubilimba*)等3变种的分类系统。野生茶树主要属于大厂茶、秃房茶、厚轴茶、大理茶,个别属于茶,栽培型茶树主要属于茶种及普洱茶、白毛茶等变种(陈亮,1996;陈玲,2000;陈亮等,2000;龚万灼和张泽岑,2006)。

金秀瑶族自治县位于广西壮族自治区中部偏东的大瑶山主体山脉上,整个山体呈东北向西南走向,总面积2 518 km²,山脊平均海拔1 200 m。

我们研究团队自 2012 年开始就对金秀县境内野生茶资源、种类、生物性状、遗传进化和品质成分进行系统研究,在调查过程中发现除茶种以外,还有厚轴茶、秃房茶等群体(黄亚辉等,2014,2015)。该文以广西金秀县大瑶山发现的秃房茶为实验材料,采用液相色谱法、紫外分光光度法测定其生物碱组成特点和生化品质成分含量变化。同时,将秃房茶的检测结果与茶叶植物[英红九号(*C. assamica*)、凤凰单丛(*C. sinensis*)]部分品质成分进行对比,以期了解和掌握秃房茶资源的嘌呤生物碱组分特异性和生化品质含量,为秃房茶种质资源的保存、利用与创新提供科学依据,为特异资源的发掘和茶树新品种选育奠定基础。

1 材料与方法

1.1 仪器

DHG-101 烘箱(江苏吴江市新意阳烘箱制造厂);高效液相色谱(美国 Agilent 1200);UV-2450 紫外可见分光光度计(日本岛津公司);AB204-N 型电子天平(上海梅特勒-托利多仪器有限公司);DK-8D 电热恒温水浴锅(北京市永光明医疗仪器厂);SHZ-D(Ⅲ)循环水式真空泵(巩义市予华仪器有限责任公司)。

1.2 材料

秃房茶鲜叶采摘于广西金秀瑶族自治县,英红九号和凤凰单丛鲜叶采摘于华南农业大学校内茶树资源圃,采摘时间均为 2016 年 7 月。

1.3 主要试剂

儿茶素单体(EC、GC、EGC、C、EC、EGCG、GCG、ECG、CG)、嘌呤生物碱单体(可可碱、茶叶碱、咖啡碱)标准品、茶氨酸标准品购于 Sigma 公司(St. Louis, Missouri, USA),苦茶碱标准品购自上海佰特因医药科技有限公司,水为超纯水(>18.2 M Ω),乙腈、甲醇(色谱纯)购于国药集团化学试剂有限公司。福林酚试剂、Na₂CO₃、三氟乙酸、茚三酮、氯化亚锡、三氯化铝、磷酸缓冲液等均为市售国产分析纯。

1.4 生化品质成分测定方法

干茶样品制备方法为鲜叶采集后液氮速冻至

实验室,微波固样后冷冻干燥。水分测定按 GB/T8304-2002 恒重法进行;茶多酚含量测定按 GB/T8313-2008 福林酚法进行;游离氨基酸总量按 GB/T8305-2002 茚三酮法测定;黄酮类化合物总量按 GB/T8307-2002 三氯化铝比色法测定。

生物碱、茶氨酸及儿茶素组分测定均采用高效液相色谱法(HPLC)测定(Wang et al, 2014),色谱柱为安捷伦 Agilent Technologies C₁₈(4.6 mm×250 mm, 5 μ m)。嘌呤生物碱检测条件:流动相 A 为超纯水,流动相 B 为纯甲醇;恒定梯度洗脱,即 0~50 min,流动相 B 保持为 10%;柱温 25 $^{\circ}$ C;流速 1.0 mL·min⁻¹;检测波长 232 nm;进样量 10 μ L。四个嘌呤生物碱标准品 HPLC 色谱图如图 1:A 所示。

茶氨酸检测条件:流动相 A 为 0.5% 三氟乙酸水溶液,流动相 B 为乙腈;梯度洗脱,5%~33% 流动相 B 0~14 min;33%~5% 流动相 B 14~20 min;柱温为 25 $^{\circ}$ C;流速为 1.0 mL·min⁻¹;检测波长为 199 nm;进样量为 5 μ L。标准品 HPLC 色谱图如图 1:B 所示。

儿茶素检测条件:流动相 A 为 0.5% 三氟乙酸水溶液,流动相 B 为甲醇;梯度洗脱,8% 流动相 B 0~8 min;8%~13% 流动相 B 8~20 min;13%~20% 流动相 B 20~25 min;20%~25% 流动相 B 25~30 min;25%~30% 流动相 B 30~35 min;30%~35% 流动相 B 35~40 min;35% 流动相 B 40~45 min;35%~8% 流动相 B 45~50 min;柱温为 38 $^{\circ}$ C;流速为 0.8 mL·min⁻¹;检测波长为 278 nm;进样量为 10 μ L。八个儿茶素组分标准品 HPLC 色谱图如图 1:C 所示。

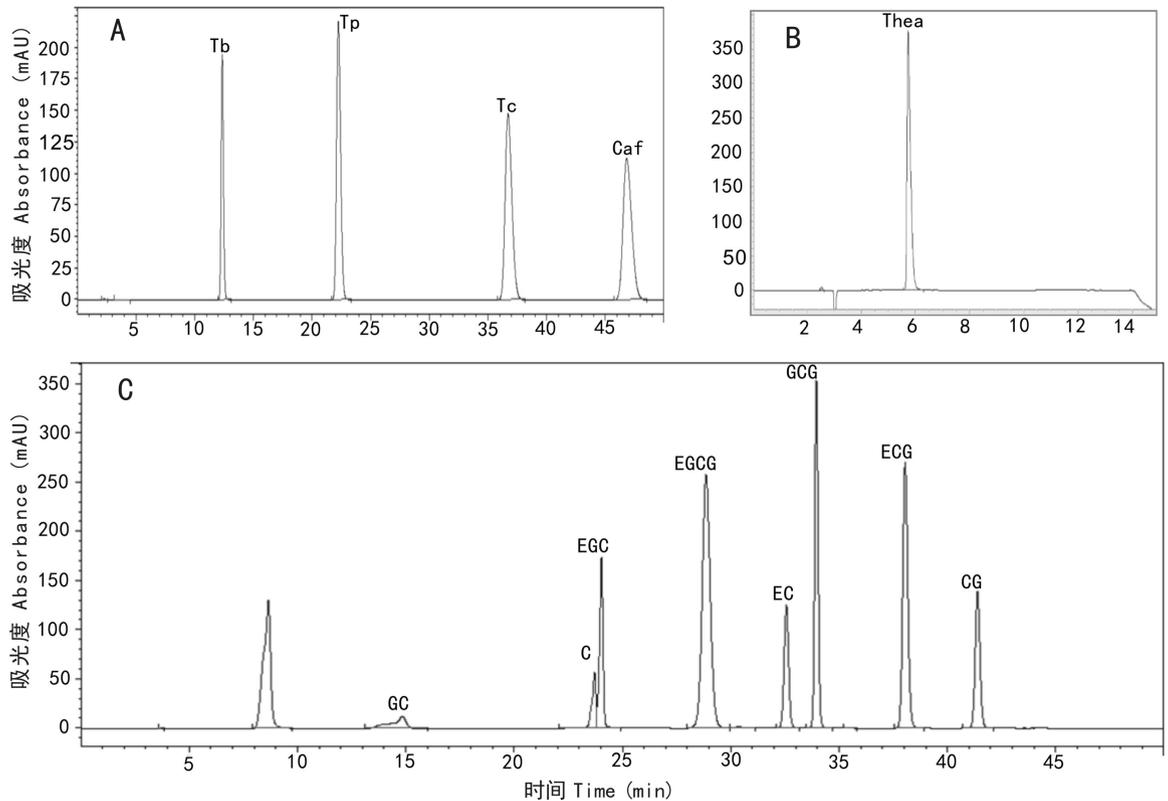
1.5 数据处理

采用 Microsoft Excel 2007, SPSS 19.0 软件进行处理、统计分析,结果用 $\bar{x}\pm s$ 表示,液相色谱图采用 Agilent 1200 数据处理软件分析。

2 结果与分析

2.1 生物碱单体组成与含量分析

一般茶种植物中,咖啡碱占干重的 2%~4%,可可碱约 0.05%,茶叶碱约 0.002%,苦茶碱主要分



注: **A.** 4种嘌呤生物碱组分标准品; **B.** 茶氨酸标准品; **C.** 8种儿茶素组分标准品。

Note: **A.** A standard for four purine alkaloid components; **B.** Theanine standard; **C.** Standard for eight catechins.

图 1 不同标准品 HPLC 色谱图

Fig. 1 HPLC chromatograms of different standards

表 1 秃房茶生物碱组分含量的测定

Table 1 Determination of alkaloid component contents of *Camellia gymnogyna*

叶位 Leaf position	可可碱 Theobromine ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	苦茶碱 Theacrine ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	咖啡碱 Caffeine ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
芽 Bud	34.45±1.37	5.82±0.04	1.73±0.05
第 1 叶 The 1st leaf	39.72±1.43	6.33±0.05	2.02±0.06
第 2 叶 The 2nd leaf	23.82±1.29	6.86±0.09	1.86±0.03
第 3 叶 The 3rd leaf	13.46±0.84	7.36±0.12	1.46±0.04
第 4 叶 The 4th leaf	14.37±0.99	9.10±0.11	0.51±0.02
一芽二叶 One bud and two leaves	31.57±1.61	6.36±0.07	1.94±0.05

有明显差异。咖啡碱是茶叶滋味鲜爽的主要组成物质,适量的咖啡碱摄入对人体健康有益,但高剂量摄入会刺激中枢神经,影响睡眠或引起兴奋过度等负面作用(吴世玲,2013)。因此,保持茶叶原有风味和其他功能成分的低咖啡碱茶及茶制品一直在研究。此外,苦茶碱可以改善动物单胺类神经递质含量的紊乱和保护神经元,具有较强的抗抑郁作用和改善记忆效果(Li et al,2015;谢果,2010)。

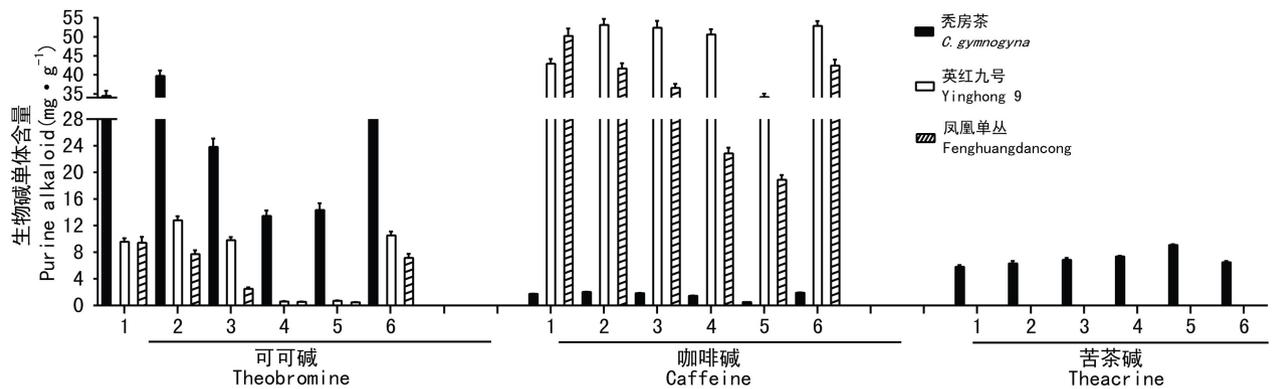
由表 1 可知,秃房茶同时含有可可碱、咖啡碱和苦茶碱,可可碱含量最多,其变化范围是 14.37~39.72 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,其次是苦茶碱,含量变化为 5.82~9.10 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,咖啡碱含量最低,含量变化维持为 0.51~2.02 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。以一芽二叶为例,可可碱的含量是苦茶碱的 5 倍,是咖啡碱的 16 倍。相同叶位比较发现,可可碱和咖啡碱随着芽叶成熟度而逐渐降低,都以第 1 叶部位的含量最高,但苦茶碱

布在苦茶的幼嫩芽叶部分,0.3%~3% (周晨阳等,2011)。生物碱具有多种生理功效,但各组分间具

表 2 秃房茶的主要生化成分含量的测定

Table 2 Determination of main biochemical component contents in *Camellia gymnogyna*

品种 Cultivar	叶位 Leaf position	茶多酚 Tea polyphenol ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	氨基酸 Amino acid ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	黄酮 Flavonoid ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	茶氨酸 Theanine ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	酚氨比 Polyphenol / Amino acid
秃房茶 <i>C. gymnogyna</i>	芽 Bud	321.76±22.21	23.74±1.75	15.66±0.64	21.92±1.14	13.55±0.94
	第 1 叶 The 1st leaf	393.81±23.55	20.43±2.04	18.38±0.71	14.58±0.61	19.28±1.15
	第 2 叶 The 2nd leaf	338.91±26.80	17.14±1.13	18.15±0.45	14.76±0.45	19.77±1.56
	第 3 叶 The 3rd leaf	185.05±11.07	14.96±0.74	13.38±0.88	24.42±0.90	12.37±0.74
	第 4 叶 The 4th leaf	224.65±17.63	13.74±0.68	18.07±0.92	13.81±0.93	16.35±1.28
	一芽二叶 One bud and two leaves	357.34±20.93	21.63±1.20	18.12±0.72	18.55±0.97	16.52±1.22
英红九号 Yinghong 9	芽 Bud	312.10±21.39	12.68±0.55	6.90±0.81	23.77±1.22	14.59±0.59
	第 1 叶 The 1st leaf	420.13±26.60	8.64±0.94	9.44±0.93	13.43±0.59	15.79±0.32
	第 2 叶 The 2nd leaf	396.93±25.24	8.82±0.85	16.56±0.72	19.45±0.54	15.73±0.35
	第 3 叶 The 3rd leaf	371.46±17.54	8.38±0.32	22.59±0.65	36.45±0.85	21.18±0.48
	第 4 叶 The 4th leaf	381.14±20.92	8.00±0.77	22.12±0.47	11.77±0.67	18.22±0.38
	一芽二叶 One bud and two leaves	398.73±24.40	9.76±0.83	15.45±0.84	18.79±0.71	40.85±0.62



注: 1, 2, 3, 4, 5, 6 分别代表芽、第 1 叶、第 2 叶、第 3 叶、第 4 叶、一芽二叶。

Note: 1, 2, 3, 4, 5, 6 indicate the bud, the 1st leaf, the 2nd leaf, the 3rd leaf, the 4th leaf, one bud and two leaves, respectively.

图 2 秃房茶与茶叶植物的不同叶位嘌呤生物碱组分含量

Fig. 2 Alkaloid component contents of *Camellia gymnogyna* and *C. sinensis* in different leaf positions

在各叶位中变化平稳,略有上升趋势。与英红九号和凤凰单丛茶叶植物相比(图 2),秃房茶在生物碱的组成和含量配比上明显区别与茶叶植物,独含有苦茶碱组分,且可可碱含量最高,咖啡碱含量最低,保持在 $2.02 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 以下。此外,所有茶叶样品中都没有发现茶叶碱。

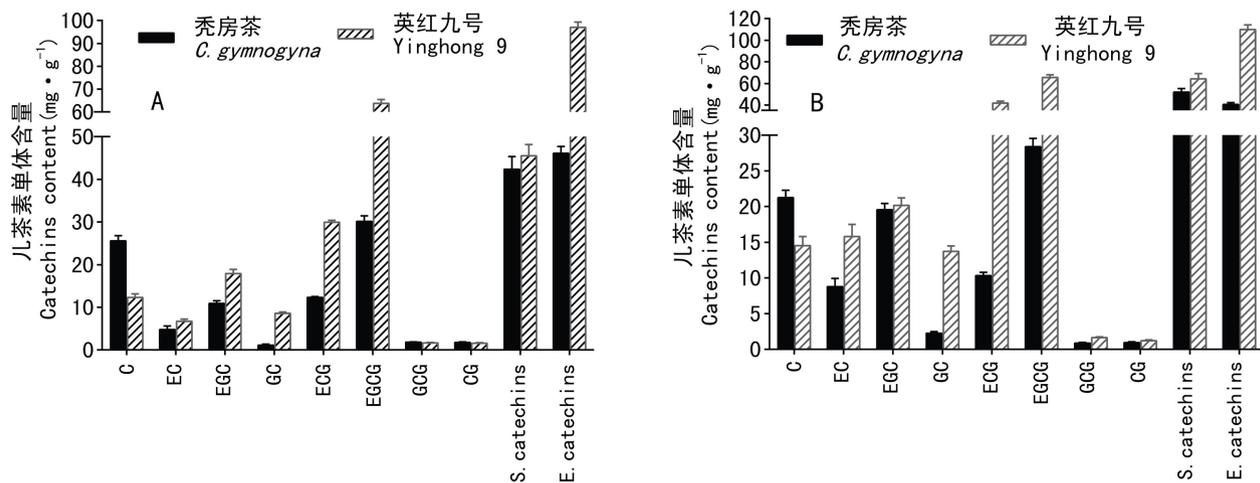
2.2 主要生化品质成分分析

秃房茶的茶多酚、氨基酸、黄酮、茶氨酸和酚氨比结果如表 2 所示,秃房茶与英红九号茶叶植物的主要生化成分组成上相同,茶多酚在不同叶位的含量范围是 $185.05 \sim 393.81 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,氨基酸总量的变化范围是 $13.74 \sim 23.74 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,黄酮的

表 3 秃房茶儿茶素组分含量的测定

Table 3 Determination of catechins component contents in *Camellia gymnogyna*

叶位 Leaf position	简单儿茶素 Non-ester catechin ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)				酯型儿茶素 Ester catechin ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)				总儿茶素 Total catechin
	C	EC	EGC	GC	ECG	EGCG	GCG	CG	
芽 Bud	25.61±1.21	4.78±0.83	10.89±0.65	1.12±0.24	12.33±0.21	30.15±1.26	1.83±0.07	1.77±0.12	88.48±4.59
第 1 叶 The 1st leaf	23.73±1.09	9.50±1.21	22.73±0.92	2.63±0.17	17.08±0.44	43.67±1.07	1.21±0.13	1.13±0.13	121.68±5.16
第 2 叶 The 2nd leaf	16.38±0.77	5.59±1.04	16.40±0.67	2.45±0.23	5.56±0.31	20.72±0.50	0.42±0.13	0.62±0.05	68.14±3.70
第 3 叶 The 3rd leaf	5.40±0.65	4.78±0.72	9.65±0.76	1.17±0.09	2.29±0.18	6.88±0.22	0.22±0.08	0.53±0.06	30.92±2.76
第 4 叶 The 4th leaf	7.17±0.64	6.60±0.96	9.95±0.52	0.98±0.07	5.42±0.40	9.67±0.31	0.25±0.11	0.60±0.05	40.64±3.06
一芽二叶 One bud and two leaves	21.27±1.03	8.79±1.14	19.55±0.90	2.26±0.24	10.32±0.46	28.40±1.17	0.85±0.14	0.95±0.10	98.0±7.36



注: A. 芽部位; B. 一芽二叶。C. 儿茶素; EC. 表儿茶素; EGC. 表没食子儿茶素; GC. 没食子儿茶素; ECG. 表儿茶素没食子酸酯; EGCG. 表没食子儿茶素没食子酸酯; GCG. 没食子儿茶素没食子酸酯; CG. 儿茶素没食子酸酯; S. catechins. 非酯型儿茶素; E. catechins. 酯型儿茶素。

Note: A. Bud; B. One bud and two leaves. C. Catechin; EC. Epicatechin; EGC. Epigallocatechin; GC. Gallocatechin; ECG. Epicatechingallate; EGCG. Epigallocatechin gallate; GCG. Gallocatechin gallate; CG. Catechingallate; S. catechins. Non-ester catechins; E. catechins. Ester catechins.

图 3 秃房茶和英红 9 号茶种的儿茶素组分含量对比图

Fig. 3 Contents of catechin component contents in *Camellia gymnogyna* and Yinghong 9 (*C. sinensis*)

变化范围是 15.66~18.38 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 茶氨酸的变化范围是 13.81~24.42 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 酚氨比值的变化范围是 12.37~19.77。茶多酚、游离氨基酸随着叶位的增加逐渐下降,但是第 3 叶的茶多酚含量低于第 2 叶和第 4 叶含量,芽的茶多酚含量低于第 1 叶。黄酮含量在不同叶位分布含量变化不大,除芽含量是 15.66 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 最低外,其他叶位均保持

在 18.0 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 左右。茶氨酸在芽和第 3 叶含量很高,分别达到 21.92、24.42 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$,在其他叶位保持在 14.0 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 左右。

2.3 儿茶素单体组成与含量分析

茶叶中的儿茶素是茶多酚的主体成分,占茶叶干重的 12%~24%,占茶多酚总量的 60%~80% (谢志英等,2014),它的组成和配比的差异是揭露

茶树资源进化类型的一个重要指标,是决定茶叶品质及其健康功效的重要组分。儿茶素可分为酯型和非酯型儿茶素(又称“简单儿茶素”),其中非酯型儿茶素主要包括儿茶素(C)、没食子儿茶素(GC)、表儿茶素(EC)和表没食子儿茶素(EGC);酯型儿茶素主要包括表儿茶素没食子酸酯(ECG)、表没食子儿茶素没食子酸酯(EGCG)、儿茶素没食子酸酯(CG)和没食子儿茶素没食子酸酯(GCG)(黄亚辉等,2015),具有抗氧化、抗诱变、抗癌、抗菌消炎、预防心血管疾病、防辐射和减肥等作用(Hayat et al,2015;Uchiyama et al,2011;柳敏等,2016)。

从表3可以看出,秃房茶在儿茶素组分上种类与茶叶植物一样,但含量配比上明显差异,相同叶位中,EGCG含量最高,其次是C、ECG、EGC、EC、GC、CG,而GCG含量最低。同一儿茶素组分,基本规律符合第1叶>芽>第2叶>第3叶>第4叶,而一芽二叶的含量一般介于第1叶和第2叶之间。与茶叶植物(英红九号)相比(图3,以芽、一芽二叶为对照),儿茶素总量以秃房茶偏低,单一儿茶素组分除C外,其他组分都要比茶叶植物低,但是秃房茶的简单儿茶素含量与茶叶植物相差不明显,茶叶植物的酯型儿茶素总量明显高于秃房茶。

3 讨论与结论

茶树作为多年生叶用经济作物,芽叶中的生化成分是决定茶叶品质的物质基础,在茶树品种选育的初期,常通过检测生化成分含量水平来判断茶叶品质和适制性,从而达到茶树资源早期筛选、鉴别、评价的目的。秃房茶作为一类比较特殊的茶资源,在茶植物分类研究中占有重要地位。结合笔者在前期植物学分类、鉴定基础上,本研究首次对秃房茶植株开展生化品质分析,发现秃房茶含有特征性成分—苦茶碱,而酯型儿茶素、总儿茶素、咖啡碱等含量均低于茶种,可可碱含量和酚氨比值在秃房茶中偏高。秃房茶生物碱组分及配比、儿茶素组分含量特别是酯型儿茶素含量的显著差异,其可能的原因在于资源分类、遗传本质的不同,从而导致生物碱代谢模式,儿茶素代谢水平

的差异,需进一步围绕其植物形态学、遗传进化关系等方面系统阐述秃房茶的进化地位。

目前,对于同类型的生物碱茶资源研究比较透彻的是由张宏达在中国广东境内发现的一种天然无咖啡碱的茶树资源—毛叶茶(张宏达等,1988;吴春兰等,2014),该茶树生物碱组成由可可碱代替咖啡碱,不含或微含咖啡碱,亦称之为可可茶,在遗传进化、茶叶加工、可可碱代谢机理等方面研究颇多(Ashihara et al,1998;Jin et al,2016;Wu et al,2014;文海涛等,2008)。本研究结果发现,秃房茶在生物碱组分含量上类似于可可茶,更为宝贵的是同时存在苦茶碱。从代谢途径上分析,可可碱在咖啡碱合成酶作用下形成咖啡碱,咖啡碱经过氧化、异构化反应可以形成苦茶碱(晏嫦好等,2014),但是,茶树中同时存在可可碱、咖啡碱、苦茶碱,且可可碱的含量最高的情况十分罕见,由此采取遗传学、分子生物学等技术手段研究其代谢途径机制提供原材料。

儿茶素作为茶多酚的主体成分,占茶叶干重的12%~24%,茶多酚总量的60%~80%(谢志英等,2014),其在鲜叶中含量与茶类适制性、茶叶品质、特定功能成分开发等密切相关。本研究中秃房茶资源的儿茶素组分含量大小依次为EGCG>C>ECG>EGC>EC>GC>CG>GCG,与茶叶植物相比,儿茶素总量和酯型儿茶素含量上低于茶叶植物,但非酯性儿茶素含量接近,保持在40~50 mg·g⁻¹。从结构上看,酯型儿茶素与非酯型儿茶素的区别仅在于C环3位上有没有没食子酰基化(刘亚军,2011),该部分的代谢机理可利用秃房茶和茶种结合,进一步探究秃房茶的遗传演化路径,并挖掘优异基因和特异种质。总之,本研究仅围绕秃房茶生化品质含量变化展开,明确了其嘌呤生物碱的组成特点和茶多酚、儿茶素、氨基酸、黄酮等主要生化品质的含量规律。本研究表明秃房茶的嘌呤生物碱组成及配比、酯型儿茶素含量等存在显著特异性,为不同风味及功能茶开发提供物质基础,并在茶树种质资源、茶叶加工、品种选育、功能性成分开发、次生代谢机理等方面将发挥重要作用。

参考文献:

- ASHIHARA H, KATO M, YE CX, 1998. Biosynthesis and metabolism of purine alkaloids in leaves of cocoa tea (*Camellia ptilophylla*) [J]. *J Plant Res*, 111(4): 599-604.
- ASHIHARA H, SANO H, CROZIER A, 2008. Caffeine and related purine alkaloids: biosynthesis, catabolism, function and genetic engineering [J]. *Phytochem*, 69(4): 841-856.
- CHEN L, 1996. The current situation tea set of plant taxonomy system [J]. *J Tea*, 22(2): 16-19. [陈亮, 1996. 茶组植物系统分类学研究现状 [J]. 茶叶, 22(2): 16-19.]
- CHEN L, GAO QK, CHEN DM, et al, 2005. The use of RAPD markers for detecting genetic diversity, relationship and molecular identification of Chinese elite tea genetic resources [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze] preserved in a tea germplasm repository [J]. *Biodivers Conserv*, 14(6): 1433-1444.
- CHEN L, YU FL, TONG QQ, 2000. Discussions on phylogenetic classification and evolution of sect. *Thea* [J]. *J Tea Sci*, 20(2): 89-94. [陈亮, 虞富莲, 童启庆, 2000. 关于茶组植物分类与演化的讨论 [J]. 茶叶科学, 20(2): 89-94.]
- CHEN L, 2000. Comparison and analysis of several plant systems in *Camellia* [J]. *J Grad Sun Yat-Sen Univ (Nat Sci Ed)*, 1(21): 42-45. [陈玲, 2000. 山茶属茶亚属金花茶组等几组植物系统的比较及分析 [J]. 中山大学研究生学刊(自然科学版), 1(21): 42-45.]
- DIAO CY, GAO XR, 2016. Fresh-keeping of *Toona sinensis* sprouts with tea polyphenol combined with chitosan solution [J]. *Guihaia*, 36(4): 492-496. [刁春英, 高秀瑞, 2016. 茶多酚与壳聚糖复配溶液对香椿芽保鲜效果的研究 [J]. 广西植物, 36(4): 492-496.]
- DUAN XY, WANG JL, HU HJ, 2012. Study on the biochemical components of tea camellias in southwest Guizhou Province [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 28(19): 286-289. [段学艺, 王家伦, 胡华健, 等, 2012. 贵州西南部大树茶生化特性研究 [J]. 中国农学通报, 28(19): 286-289.]
- GONG WZ, ZHANG ZC, 2006. Tea set it summarized research of plant classification [J]. *Tea Fujian*, 2: 9-12. [龚万灼, 张泽岑, 2006. 茶组植物分类研究综述 [J]. 福建茶叶, 2: 9-12.]
- GUO C, LIU LF, XIANG Y, et al, 2017. L-theanine attenuates tissue and oxidative damages in heat stressed mice [J]. *J Tea Sci*, 37(1): 17-24. [郭晨, 刘林峰, 向奕, 等, 2017. L-茶氨酸改善热应激引起的小鼠组织损伤和氧化逆境 [J]. 茶叶科学, 37(1): 17-24.]
- HAYAT K, IQBAL H, MALIK U, et al, 2015. Tea and its consumption: benefits and risks [J]. *Crit Rev Food Sci*, 55(7): 939-954.
- HUANG YH, LU ZT, ZENG Z, 2015. The wild tea plants of Jinxiu [M]. Beijing: China Agriculture Press: 91-93. [黄亚辉, 卢政通, 曾贞, 2015. 金秀野生大茶树 [M]. 北京: 中国农业出版社: 91-93.]
- HUANG YH, LU ZT, WU CL, et al, 2014. The wild tea plant morphology research of Jinxiu, Guangxi Province [J]. *Tea Fujian*, 36(1): 14-21. [黄亚辉, 卢政通, 吴春兰, 等, 2014. 广西金秀野生茶树的形态学特征研究 [J]. 福建茶叶, 36(1): 14-21.]
- JIN JQ, YAO MZ, MA CL, et al, 2016. Association mapping of caffeine content with TCS1 in tea plant and its related species [J]. *Plant Physiol Biochem*, 105: 251-259.
- JIN JQ, ZHOU CY, MA CL, et al, 2014. Identification on purine alkaloids of representative tea germplasm in China [J]. *J Plant Gen Resourc*, 15(2): 229-285. [金基强, 周晨阳, 马春雷, 等, 2014. 我国代表性茶树种质嘌呤生物碱的鉴定 [J]. 植物遗传资源学报, 15(2): 229-285.]
- LI YF, CHEN M, WANG C, et al, 2015. Theacrine, a purine alkaloid derived from *Camellia assamica* var. *kucha*, ameliorates impairments in learning and memory caused by restraint-induced central fatigue [J]. *J Funct Foods*, 16: 472-483.
- LIU M, RAO GW, HUA YF, 2016. Research advance in synthesis and pharmacological effects of EGCG derivatives [J]. *J Tea Sci*, 36(2): 119-130. [柳敏, 饶国武, 华允芬, 2016. EGCG 衍生物合成及药理活性研究进展 [J]. 茶叶科学, 36(2): 119-130.]
- LIU YJ, 2011. Studies on the biosynthesis pathways of galloylated catechins and specific accumulation of phenolic compounds in tea plant [D]. Hefei: Anhui Agriculture University: 12-18. [刘亚军, 2011. 茶树酯型儿茶素合成途径及酚类物质积累特异性研究 [D]. 合肥: 安徽农业大学: 12-18.]
- QIAO XY, WANG QS, CHEN D, 2015. The progress of tea germplasm and black tea breeding in the major tea-producing countries [J]. *J Plant Genetic Res*, 16(6): 1135-1140. [乔小燕, 王秋霜, 陈栋, 2015. 主要产茶国茶树资源与红茶育种研究进展 [J]. 植物遗传资源学报, 16(6): 1135-1140.]
- QU YH, WANG JZ, 2016. Study on the biochemical components of old plant tea in Shitai County of Anhui Province [J]. *Shandong Chem Ind*, (45): 38-40. [曲映红, 王建中, 2016. 安徽省石台县大树茶生化特性研究 [J]. 山东化工, (45): 38-40.]
- RYU HW, YUK HJ, AN JH, et al, 2017. Comparison of secondary metabolite changes in *Camellia sinensis* leaves depending on the growth stage [J]. *Food Control*, 73: 916-921.
- TAI Y, WEI CL, YANG H, et al, 2015. Transcriptomic and phytochemical analysis of the biosynthesis of characteristic constituents in tea (*Camellia sinensis*) compared with oil tea (*Ca-*

- mellia oleifera*) [J]. BMC Plant Biol, 15(190): 1-13.
- UCHIYAMA S, TANIGUCHI Y, SAKA A, et al, 2011. Prevention of diet-induced obesity by dietary black tea polyphenols extract *in vitro* and *in vivo* [J]. Nutrition, 27(3): 287-292.
- WANG L, YUE C, CAO H, et al, 2014. Biochemical and transcriptome analyses of a novel chlorophyll-deficient chlorina tea plant cultivar [J]. BMC Plant Biol, 14(1): 1-13.
- WEN HT, CHEN ZZ, ZHAO L, et al, 2008. Construction of cDNA library of *Camellia ptilophylla* Chang [J]. Food Sci, 29(5): 337-340. [文海涛, 陈忠正, 赵亮, 等, 2008. 南昆山毛叶茶 cDNA 文库构建 [J]. 食品科学, 29(5): 337-340.]
- WU CL, HUANG YH, LAI XF, et al, 2014. Study on quality components and sleep-promoting effect of GABA Maoyecha tea [J]. J Funct Foods, 7(1): 180-190.
- WU CL, HUANG YH, LAI XF, et al, 2014. Study on quality components of GABA maoyecha tea (*Camellia ptilophylla*) [J]. Plant Divers Res, 36(3): 411-418. [吴春兰, 黄亚辉, 赖幸菲, 等, 2014. γ -氨基丁酸(GABA)毛叶茶品质成分分析 [J]. 植物分类与资源学报, 36(3): 411-418.]
- WU SL, 2013. Research on accumulation of alkaloid in kucha [*Camellia kucha* (Chang et Wang) Chang] [D]. Hangzhou: Zhejiang University:2-5. [吴世玲, 2013. 苦茶生物碱的积累特性研究 [D]. 杭州: 浙江大学:2-5.]
- XIAO RY, YE CX, JIE KX, et al, 2007. Simultaneous analysis of purine alkaloids and catechins in *Camellia sinensis*, *Camellia ptilophylla* and *Camellia assamica* var. *kucha* by HPLC [J]. Food Chem, 100(3): 1132-1136.
- XIE G, 2010. Study on the antidepressant effects and mechanisms of tea purine alkaloids [D]. Guangzhou: Jinan University:99-100. [谢果, 2010. 茶叶嘌呤生物碱抗抑郁作用及其机制的研究 [D]. 广州:暨南大学: 99-100.]
- XIE ZY, HUANG LW, WANG XH, et al, 2014. The catechins constituent content analysis of different cultivars of *Camellia sinensis* var. *assamica* in Yunnan [J]. Chin Agric Sci Bull, 30(19): 146-150. [谢志英, 黄立文, 王秀华, 等, 2014. 云南大叶种茶不同品种儿茶素组分含量分析 [J]. 中国农学通报, 30(19): 146-150.]
- YAN CY, REN QJ, CHEN XF, et al, 2014. Research progress of N-methyltransferases involved in caffeine biosynthesis [J]. J Tea Sci, 34(6): 531-540. [晏嫦妤, 任秋婧, 陈小芳, 等, 2014. 咖啡碱合成 N-甲基转移酶研究进展 [J]. 茶叶科学, 34(6): 531-540.]
- YANG XR, YI B, LI YY, et al, 2016. Diversity analysis of main biochemical components of wild ancient tea tree resources [J]. Chin Agric Sci Bull, 32(22): 133-139. [杨兴荣, 矣兵, 李友勇, 等, 2016. 野生古茶树资源主要生化成分多样性分析 [J]. 中国农学通报, 32(22): 133-139.]
- ZHANG HD, YE CX, ZHANG RM, et al, 1988. China discovered a new tea resources to cocoa tea [J]. Acta Sci Univ Suny, 11(3): 131-133. [张宏达, 叶创兴, 张润梅, 等, 1988. 中国发现新的茶叶资源—可可茶 [J]. 中山大学学报, 11(3): 131-133.]
- ZHOU CY, JIN JQ, YAO MZ, et al, 2011. Progress on purine alkaloids metabolism in tea and other plants [J]. J Tea Sci, 31(2): 87-94. [周晨阳, 金基强, 姚明哲, 等, 2011. 茶树等植物中嘌呤生物碱代谢研究进展 [J]. 茶叶科学, 31(2): 87-94.]