

金花茶 UPLC 指纹图谱的建立及亲缘关系分析

高 慧^{1,2,3}, 何秋梅², 白燕远^{2,4}, 李耀燕^{2,4}, 闫国跃^{2,4}, 姚涵雅², 天 亮^{1,3}, 刘 博^{1,3}, 苏宏新³, 阿里穆斯^{1,3*}, 谢阳姣^{2,4*}

1. 中央民族大学 民族医药教育部重点实验室, 北京 100081

2. 广西中医药大学, 广西 南宁 530001

3. 南宁师范大学 北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室, 广西 南宁 530001

4. 广西壮瑶医药与医养结合人才小高地, 广西 南宁 530200

摘 要: 目的 建立不同种类金花茶 UPLC 指纹图谱, 结合其表型特征和化学成分差异分析其亲缘关系, 为金花茶品种分类和应用提供依据。方法 采用 UPLC 法建立 22 种金花茶的指纹图谱, 采用中药色谱指纹图谱相似度评价系统 (2012 版) 对金花茶 UPLC 指纹图谱进行相似度评价, 并采用 SPSS24.0 软件进行主成分分析、聚类分析。结果 选取了 3 个色谱共有峰, 指认了 11 个已知化学成分。不同种金花茶共有峰相似度在 0.247~0.740。主成分分析筛选出弄岗、柠檬黄、龙州、陇瑞、细叶、隆安、顶生、天峨、中东、毛瓣 10 种金花茶的化学成分含量较高。聚类分析结果显示龙州亚类单独聚为一类; 凹脉、顶生、天峨、显脉、弄岗、倒卵叶、柠檬黄、薄叶、中东、东兴、防普金花茶聚为一类; 陇瑞、龙州亚种、细叶金花茶为一类; 淡黄、扶绥、毛瓣、四季、恩城、隆安、武鸣金花茶聚为一类。结论 金花茶种类繁多, 不同种金花茶所含化学成分存在较大差异, 结合表型特征, 根据成分差异可基本获得种间亲缘关系。

关键词: 金花茶; 金花茶组; 指纹图谱; 亲缘关系; 没食子酸; 绿原酸; 牡荆素; 芦丁; 金丝桃苷; 异槲皮苷; 染料木苷; 水杨酸; 槲皮苷; 木犀草素; 芹菜素

中图分类号: R286.2

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2022)13-4119-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2022.13.025

Analysis of UPLC fingerprint and genetic relationships of different Sect. *Chrysanthra*

GAO Hui^{1,2,3}, HE Qui-mei², Bai Yan-yuan^{2,4}, LI Yao-yan^{2,4}, YAN Guo-yue^{2,4}, YAO Han-ya², TIAN Liang^{1,3}, LIU Bo^{1,3}, SU Hong-xin³, BORJIGIDAI Almaz^{1,3}, XIE Yang-jiao^{2,4}

1. Key Laboratory of Ethnic Medicine, Ministry of Education, Central University for Nationalities, Beijing 100081, China

2. Guangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanning 530001, China

3. Beibu Gulf Key Laboratory of Environmental Evolution and Resource Utilization, Ministry of Education, Nanning Normal University, Nanning 530001, China

4. Guangxi Small Highland of Zhuang Medicine and Medical Care Combined Talents, Nanning 530200, China

Abstract: Objective To establish of UPLC fingerprints of different kinds of *Camellia nitidissima*, and analyze the genetic relationship combined with its phenotypic characteristics and chemical composition differences, so as to provide the basis for the classification and application of *Camellia nitidissima* varieties. **Methods** The fingerprints of 22 batches of *Camellia nitidissima* were established by UPLC gradient elution, and the similarity evaluation of the UPLC fingerprints of *Camellia nitidissima* medicinal materials was carried out using the traditional Chinese medicine chromatographic fingerprint similarity evaluation system (2012 version), and SPSS24.0 software was used for clustering and PCA analysis. **Results** Three common chromatographic peaks were selected, and 11 known chemical constituents were identified. The common peak similarity of different kinds of *C. nitidissima* ranged from 0.247—0.740. Principal component analysis

收稿日期: 2021-12-06

基金项目: 广西创新驱动发展专项资金项目 (桂科 AA18118049-7); 广西自然科学基金重点项目 (2020GXNSFDA297029); 中药学广西一流学科 (桂教科研[2018]12 号); 民族医药教育部重点实验室自主课题资助 (KLEM-ZZ201805); 北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室 (南宁师范大学) 开放基金资助项目 (NNNU-KLOP2003); 广西中医药大学研究生创新课题 (YCXJ2021029)

作者简介: 高 慧, 博士研究生, 研究方向为民族药资源保护与可持续发展。E-mail: 804204252@qq.com

***通信作者:** 谢阳姣, 研究员, 硕士生导师, 研究方向为中药、民族药资源开发与利用。E-mail: xieyangjiao@163.com
阿里穆斯, 教授, 博士生导师, 研究方向为民族药资源保护与可持续发展。E-mail: almaz_b@muc.edu.cn

screened out GNG, GNMH, GLZ, GLR, GXY, GLA, GDS, GTE, GZD, GMB of 10 kinds of *Camellia nitidissima* with relatively high chemical components. The results of cluster analysis showed that the subcategories of *C. Long zhouensis* were clustered into one group alone. GAM, GDS, GTE, GXM, GNG, GDLY, GNMH, GBY, GZD, GDX, GFP were clustered into one group. GLR, GLZY and GXY clustered into one group. GDH, GFS, GMB, GSJ, GEC, GLA, GWM were clustered into one group. **Conclusion** There are many kinds of *C. nitidissima*, and the chemical components contained in different kinds of *C. nitidissima* are quite different. According to the phenotypic characteristics and the composition differences, their interspecies genetic relationship can be basically obtained.

Key words: *Camellia nitidissima* Chi; Sect. *Chrysanth* Chang Tax. Gen. *Camellia*; fingerprint; genetic relationship; gallic acid; chlorogenic acid; vitexin; rutin; hyperoside; isoquercitrin; genistein; salicylic acid; quercitrin; luteolin; apigenin

金花茶为山茶科、山茶属金花茶组小乔木。金花茶的分布极其狭窄，但品种丰富，现全世界已发现的金花茶组植物有 42 个种 5 个变种^[1]，主要分布于我国广西南部以及越南北部^[2]，我国产 30 多个种和 5 个变种，仅广西就有 28 个种；越南发现金花茶品种 22 个，与我国金花茶主产区广西接壤的越南北部地区，是越南金花茶主要分布中心^[3]。此外，还有个别金花茶种零星分布或栽培于我国云南、贵州和福建^[1, 4]及缅甸、泰国、马来西亚和日本等国家^[5]。由于资源的珍贵与稀缺，目前对金花茶品种的使用率并不高，受气候和地域因素限制，目前使用和研究最多的为广西防城港本地金花茶，且研究多集中在其有效成分和药理作用方面^[6-11]，对其品种和亲缘关系的研究较为少见。本课题组采用 UPLC 法，建立不同种金花茶 UPLC 指纹图谱，分

析不同种金花茶之间的化学成分差异，并进行相似度检验、主成分分析和聚类分析，以期对金花茶品种分类、探讨其进化关系及对其进行有效应用提供参考。

1 材料和试剂

1.1 材料

所用金花茶均来源于广西防城港市东兴市江平镇大垌村冲峰金花茶种植基地，引种于 2013 年，由原南宁市金花茶公园基因库主管黄连冬高级工程师鉴定为山茶科山茶属金花茶组植物。2019 年 1 月，项目主要基于基因库原有品种分类对植株进行挂牌，计入项目分析的共 21 个种，所有金花茶均为正常生长、无明显病虫害的成熟植株。21 个种原产地各异，株型、叶的大小等表型特征差异明显，各原产地及其表型特征信息见表 1。

表 1 21 种供试金花茶产地和表型信息

Table 1 Origin and phenotype information of 21 varieties of *C. nitidissima*

编号	中文名	拉丁名	原产地	株高/m	冠幅/m	叶长/宽	叶面积/cm ²
GAM	凹脉金花茶	<i>C. impressinervis</i>	广西龙州、大新县	1.86	1.92	2.21	101.58
GBY	薄叶金花茶	<i>C. chrysanthoides</i>	广西龙州县	1.67	1.55	2.29	51.21
GDH	淡黄金花茶	<i>C. flavida</i>	广西龙州县、武鸣县	1.34	1.26	2.55	31.81
GDLY	倒卵叶金花茶	<i>C. limonia f. obovata</i>	广西扶绥县	1.73	1.56	2.15	16.35
GDS	顶生平果金花茶	<i>C. pingguoensis</i> var. <i>terminalis</i>	广西天等县	1.84	1.83	2.55	24.07
GDX	东兴金花茶	<i>C. tunghinensis</i>	广西防城县	1.50	1.41	2.34	20.46
GEC	恩城金花茶	<i>C. enchengensis</i>	广西大新县	1.74	1.72	2.39	86.15
GFP	防普金花茶	<i>C. niridissima</i>	广西防城县	1.86	1.89	2.46	63.87
GFS	扶绥金花茶	<i>C. fsuiensis</i>	广西扶绥县	1.92	1.79	2.32	50.90
GLZ	龙州金花茶	<i>C. long zhouensis</i>	广西龙州县	1.52	1.43	2.66	37.19
GLA	隆安金花茶	<i>C. longanensis</i>	广西隆安县	1.86	1.76	2.33	61.26
GLR	陇瑞金花茶	<i>C. longruiensis</i>	广西宁明县	1.99	1.94	2.42	60.38
GMB	毛瓣金花茶	<i>C. pubipetala</i>	广西隆安、大新县	2.12	1.98	2.61	129.17
GNMH	柠檬黄金花茶	<i>C. limonia</i>	广西龙州、宁明县	1.46	1.34	2.06	19.97
GNG	弄岗金花茶	<i>C. longqiangensis</i>	广西龙州县	1.80	1.76	2.48	72.93
GSJ	四季金花茶	<i>C. ptilosperma</i>	广西崇左市	1.24	1.26	2.07	22.98
GTE	天峨金花茶	<i>C. tianeensis</i>	广西天峨县	1.47	1.39	2.23	37.78
GWM	武鸣金花茶	<i>C. wumingensis</i>	广西武鸣县	0.92	0.81	2.53	20.78
GXY	细叶金花茶	<i>C. parvifolia</i>	广西龙州县	1.41	1.38	2.64	42.23
GXM	显脉金花茶	<i>C. euphlebia</i>	广西防城县	2.42	2.40	2.44	114.51
GZD	扶绥中东金花茶	<i>C. fusuiensis</i>	广西扶绥县	1.92	1.75	2.23	37.76

21 种金花茶中,株型最大的为显脉金花茶,最小为武鸣金花茶。叶面积最大的为毛瓣金花茶,叶面积最小的为倒卵叶金花茶。对挂牌植株,取最外层分枝上已成熟转绿的叶片,冻干后粉碎,过药典 3 号筛用于化学成分分析。

1.2 仪器和试剂

超高效液相色谱仪(美国 Waters 公司,包括 Waters FIN 样品管理器、QSM 四元溶剂管理器、TUV Detector 检测器、Empower 色谱工作站),色谱柱 ACQUITY UPLC HSS T3 (100 mm×2.1 mm, 1.8 μm), KQ-500E 型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司),密理博超纯水机(苏州赛恩斯仪器有限公司)。

乙腈(色谱纯)、磷酸(色谱纯)、乙醇(分析纯)、水(超纯水,自制)。对照品绿原酸(批号 wkq19010201)、牡荆素(批号 wkq19031111)、金丝桃苷(批号 wkq19040913)、染料木苷(批号 wkq19051702)、槲皮苷(批号 wkq19031304)、木犀草素(批号 wkq19031213)、异槲皮苷(批号 wkq-00269),以上均购自四川省维克奇生物科技有限公司,质量分数均为 98%;没食子酸(批号 18032703,质量分数 98%)购自成都普非德生物技术有限公司;芦丁(批号 100080-201811,质量分数 91.7%)、水杨酸(批号 100106-201605,质量分数 99.3%)、芹菜素(批号 111901-201603,质量分数 99.2%),以上均购自中国食品药品鉴定研究院。

2 方法与结果

2.1 对照品溶液的制备

分别称取对照品适量,根据溶解性选择乙醇、甲醇或水,制成含绿原酸 0.050 mg/mL、牡荆素 0.030 mg/mL、金丝桃苷 0.100 mg/mL、染料木苷 0.210 mg/mL、槲皮苷 0.028 mg/mL、木犀草素 0.030 mg/mL、异槲皮苷 0.110 mg/mL、没食子酸 0.043 mg/mL、芦丁 0.100 mg/mL、水杨酸 0.100 mg/mL、芹菜素 0.017 mg/mL 的混合对照品溶液,即得。

2.2 供试品溶液的制备

精密称取 0.5 g 样粉,加 50%乙醇 25 mL,超声提取 30 min,定量滤纸滤过后,用 0.2 μm 微孔滤膜滤过,即得。

2.3 色谱条件

ACQUITY UPLC HSS T3 (100 mm×2.1 mm, 1.8 μm) 为色谱柱;流动相为乙腈(A)-0.3%甲酸

水溶液(B);柱温 35 ℃;体积流量 0.2 mL/min,检测波长 260 nm;梯度洗脱,0~2 min, 14%~15%乙腈;2~12.5 min, 15%~22%乙腈;12.5~15 min, 22%~22.5%乙腈;15~28 min, 22.5%~25%乙腈;28~33 min, 25%~60%乙腈;33~37 min, 60%乙腈。

2.4 方法学考察

2.4.1 精密度试验 取 GAM 样品粉末,按照“2.2”项下方法制备供试品溶液适量,按照“2.3”项下色谱条件进行检测,连续进样 6 次。记录色谱图,以没食子酸为参照峰(S),计算各共有峰相对保留时间 RSD 值均小于 1%,相对峰面积 RSD 值均小于 5%,表明仪器精密度良好。

2.4.2 重复性试验 制备同一供试品溶液 6 份进样测定,以样品峰面积的平均值计算 RSD,根据没食子酸、绿原酸、牡荆素、芦丁、金丝桃苷、异槲皮苷、染料木苷、水杨酸、槲皮苷、木犀草素、芹菜素的峰面积分别计算 RSD,测得所有 RSD 值均小于 2.00%,表明样品重复性良好。

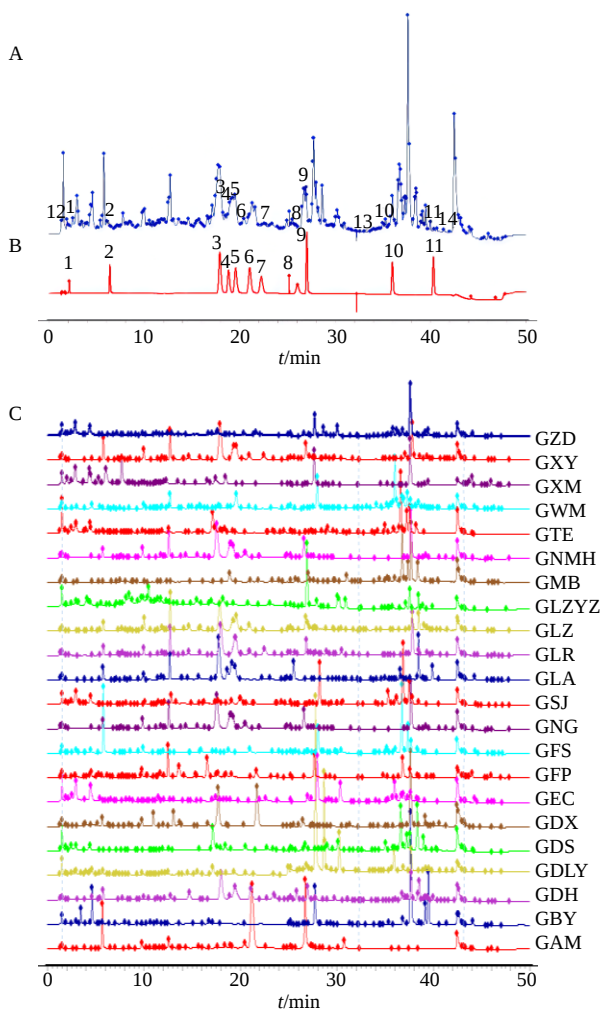
2.4.3 稳定性试验 取同一供试品溶液,分别于 0、2、4、6、8、10、12 和 24 h 进样测定,根据没食子酸、绿原酸、牡荆素、芦丁、金丝桃苷、异槲皮苷、染料木苷、水杨酸、槲皮苷、木犀草素、芹菜素的峰面积分别计算 RSD 值,测得 RSD 值均小于 2.00%,表明建立的 UPLC 方法稳定性良好。

2.5 不同种金花茶 UPLC 指纹图谱分析

2.5.1 UPLC 指纹图谱的构建 取各金花茶样品粉末,按照“2.2”项下方法制备供试品溶液适量,按照“2.3”项下色谱条件进样测定,建立 UPLC 指纹图谱,见图 1。采用《中药色谱指纹图谱相似度评价系统》(2012 版),对所有种类金花茶进行分析,共有峰为 3 个,峰号为 12、13、14,均为未知峰。通过将所有种类金花茶的所有峰与对照品进行比对,指认出 11 个峰,分别为没食子酸(1 号峰)、绿原酸(2 号峰)、牡荆素(3 号峰)、芦丁(4 号峰)、金丝桃苷(5 号峰)、异槲皮苷(6 号峰)、染料木苷(7 号峰)、水杨酸(8 号峰)、槲皮苷(9 号峰)、木犀草素(10 号峰)、芹菜素(11 号峰),就已知化学成分来看,各种类金花茶未见共有峰。在前期的数据整理过程中发现,原挂牌为龙州金花茶的品种,可分成明显的 2 个亚类,故后续分析,将龙州金花茶分为 2 个亚类进行研究,设置编号分别为 GLZ、GLZYZ,种类增加为 22 个,金花茶对

照指纹图谱、混合对照品、指纹图谱共有模式及叠加图见图 1。

2.5.2 相似度分析 采用《中药色谱指纹图谱相似度评价系统》(2012 版), 以对照图谱的 UPLC 图谱为对照, 进行整体相似度评价, 见表 2。以 S1 样品色谱图作为参照图谱, 按中位数法、设置时间窗宽度为 0.1, 经多点校正后进行色谱峰匹配生成对照图。结果表明, 22 种金花茶的相似度在 0.247~0.740 间, 说明每一种金花茶中所含化学成分种类存在较大差异, 其药用功效相应的具有较大差异。



1-没食子酸 2-绿原酸 3-牡荆素 4-芦丁 5-金丝桃苷 6-异槲皮苷 7-染料木苷 8-水杨酸 9-槲皮苷 10-木犀草素 11-芹菜素
1-gallic acid 2-chlorogenic acid 3-vitexin 4-rutin
5-hyperoside 6-isoquercitrin 7-genistein 8-salicylic acid
9-quercitrin 10-luteolin 11-apigenin

图 1 金花茶对照指纹图谱 (A)、混合对照品 (B) 及指纹图谱叠加图 (C)

Fig. 1 Control fingerprint (A), mixed control (B) and fingerprint overlay (C) of *C. nitidissima*

表 2 不同种金花茶指纹图谱相似度

Table 2 Similarity of fingerprints of different kinds of *C. nitidissima*

种类	相似度	种类	相似度
GAM	0.299	GLA	0.247
GBY	0.618	GLR	0.465
GDH	0.658	GLZ	0.483
GDLY	0.291	GLZYZ	0.371
GDS	0.514	GMB	0.672
GDX	0.672	GNMH	0.639
GEC	0.567	GTE	0.525
GFP	0.407	GWM	0.528
GFD	0.455	GXM	0.560
GNG	0.639	GXY	0.456
GSJ	0.324	GZD	0.740

2.6 基于色谱峰面积差异的金花茶化学成分评价

根据 22 种金花茶各色谱峰面积的大小, 采用 SPSS 做因子分析, 最后方差大于 1 的因子有 8 个, 可被作为主成分进行分析, 8 个因子的总特征值和方差贡献率见表 3。根据表 3, 第 1 主成分特征值为 5.669, 占总方差的 25.768%, 8 个主成分累积方差占总方差的 75.321%。根据 8 个主成分的因子得分, 乘以相应方差的算术平方根计算出主成分的得分; 利用每个样品各主成分得分乘以该主成分的贡献率 (方差/8 个因子的总方差) 之和, 计算各样品得分顺序, 以评价样品基于化学成分含量指标的优劣, 各样品综合得分值见图 2。从图 2 可知, GNG、GNMH、GLZ、GLR、GXY、GLA、GDS、GTE、GZD、GMB 主成分综合得分排前 10 位, 说明该 10 种金花茶的化学成分含量较高, 如果以化学成分的含量为评价指标, 该 10 种较为优质。

2.7 不同种金花茶间亲缘关系分析

采用中药色谱指纹图谱相似度评价系统 (2012 版), 以 22 个品种 (亚种) 的金花茶 UPLC 对照

表 3 峰面积主成分分析特征值与方差贡献率

Table 3 Eigenvalues and variance contribution rates of peak area PCA

主成分	被提取载荷平方和		
1	总特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
2	5.669	25.768	25.768
3	3.159	14.360	40.128
4	1.810	8.228	48.357
5	1.474	6.702	55.059
6	1.226	5.572	60.631
7	1.134	5.154	65.785
8	1.084	4.929	70.715
9	1.013	4.607	75.321

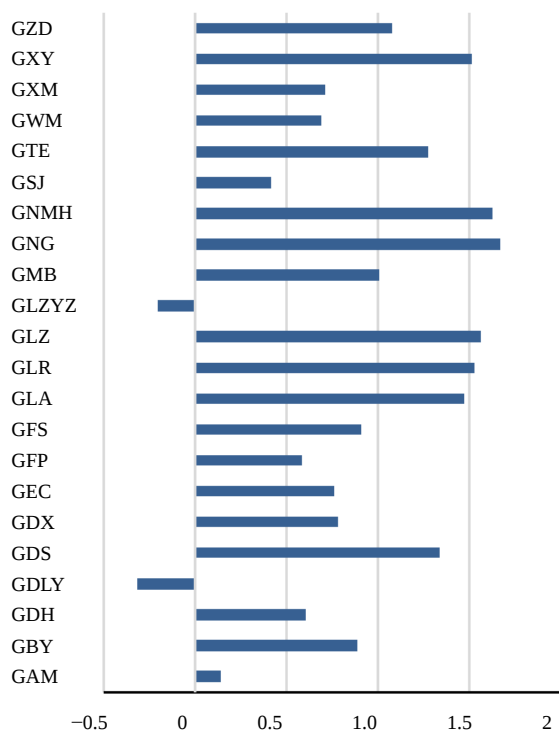


图 2 基于峰面积主成分分析金花茶综合得分

Fig. 2 Comprehensive score of *C. nitidissima* based on peak area PCA

指纹图谱为研究对象, 基于种间相似系数, 采用聚类分析法, 分析各种金花茶间亲缘关系, 得聚类分析结果见图 3。聚类结果显示, 遗传距离为 40 时, 22 个品种金花茶可以分为 4 个大的类群, 其中第 1 类群仅含龙州亚种 (GLZYZ), 原产地为龙州县。该种已批认化学成分有没食子酸、槲皮苷。第 2 类群含 11 个品种, 分别为凹脉、顶生、天峨、显脉、弄岗、倒卵叶、柠檬黄、薄叶、中东、防普金花茶, 产地分布在龙州、大新、天等、天峨、防城、扶绥、宁明各县。该类群的金花茶多含有芦丁、异槲皮苷、槲皮苷、牡荆素、芹菜素、金丝桃苷。第 3 个类群含 3 个品种, 为陇瑞、龙州 (GLZ)、细叶金花茶, 产地分别为宁明、龙州县。该类群的金花茶多含有牡荆素、金丝桃苷、槲皮苷。第 4 个类群含 7 个品种, 分别为淡黄、扶绥、毛瓣、四季、恩城、隆安、武鸣金花茶, 产地分布在龙州、武鸣、扶绥、隆安、大新、崇左各市县。该类群的金花茶多含有牡荆素、芦丁、异槲皮苷、槲皮苷、没食子酸、木犀草素、染料木苷、水杨酸。

3 讨论

金花茶历史悠久, 品种繁多。自 1975 年有金花茶文献记载至今, 人们对金花茶的研究已经持续了

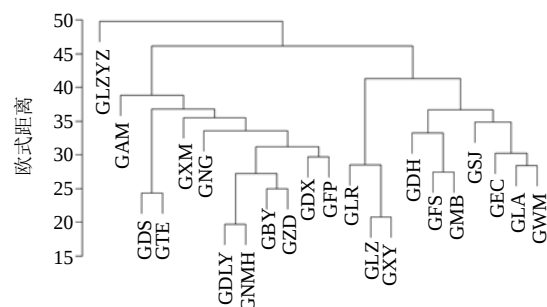


图 3 不同种金花茶聚类分析

Fig. 3 Cluster analysis of different varieties of *C. nitidissima*

40 余年之久。但由于其生长环境的特殊性和成分含量的多样性, 其质量评价目前尚无统一标准。近几年对于金花茶的研究不断得到人们的重视, 文献报道金花茶含有多酚、多糖、黄酮、皂苷及挥发性物质^[12-15], 但基于其化学成分的研究仍未成体系, 且对于其品种的研究也鲜为少见。本研究构建了不同种类金花茶的指纹图谱, 并经过主成分分析和聚类分析, 结合其表型特征对金花茶的种间差异和亲缘关系进行了分析。实验最终选取乙腈-0.1%磷酸水溶液, 50%乙醇超声 30 min 为最佳提取方法, 320 nm 波长为最佳检测波长, 且试验的精密度、重复性、稳定性均为良好。同时研究发现不同种间 UPLC 指纹图谱的相似度极低, 表明每种金花茶在化学成分上具有较大差异, 其药理和药效方面应具有各自独特的作用, 在临床应用当中应根据实际情况进行选择。由于目前实验条件有限, 并不能检测出金花茶含有的所有化学成分, 课题组将在日后的工作中进行完善。

药材化学成分的差异, 主要受基因的影响, 表型性状则是基因的外在反应, 研究表型性状与化学成分的关系, 可以为品种分类和筛选优良种质提供更为简单有效的方法^[16]。聚类分析结果表明, 22 种金花茶明显聚为不同的类群, 各类群含有的化学成分相似, 在表型性状上也有一定的相似度。其中, 第一类群只有 1 个种即龙州亚种 (GLZYZ), 这与刘付永清^[17]所研究的结果一致, 因为金花茶植物叶表皮形态结构研究结果表明, 龙州金花茶的叶表皮结构与其他金花茶间有较大的差异, 故将其作为一个独立的种处理。该种株型和叶面积较小, 叶长宽比最大, 叶形为流线形。从已知成分来看, 该种含有没食子酸、槲皮苷等成分, 且化学成分含量得分较低。第 2 类凹脉、顶生、天峨、显脉、弄岗、倒

卵叶、柠檬黄、薄叶、中东、防普金花茶 11 个种，虽聚为一类，但由聚类图可以看出，在这 11 种中，凹脉金花茶与其他金花茶在形态上存在较大的差异，故独作一支，顶生、天峨金花茶；显脉、东兴、防普金花茶明显各自聚为一类，这一结果与刘付永清基于 SSC 序列的金花茶亲缘关系相一致。总体来看，该种群株型最大，叶面积居中，叶长宽比最小。从已知成分来看，该类群的金花茶多含有芦丁、异槲皮苷、槲皮苷、牡荆素、芹菜素、金丝桃苷等化学成分，其中顶生、天峨、弄岗、柠檬黄、薄叶、中东总得分位于前 10，总属已知化学成分多且含量高种群。第 3 个类群陇瑞、龙州、细叶金花茶株型、叶长宽、叶面积与一、二类群相比较。从已知成分来看，该类群的金花茶多含有牡荆素、金丝桃苷、槲皮苷，且这 3 种金花茶总得分均位于前十，属优质种群。第 4 个类群淡黄、扶绥、毛瓣、四季、恩城、隆安、武鸣金花茶 7 种，株型相对较大，叶面积最大，叶长宽比相对较大。从已知成分来看，该类群的金花茶多含有牡荆素、芦丁、异槲皮苷、槲皮苷、没食子酸、木犀草素、染料木苷、水杨酸，其中扶绥、隆安化学成分含量排名较高，总属已知化学成分种类多但含量较低种群。根据成分差异和遗传背景获得的种间亲缘关系具有一定的差异性，主要考虑化学成分为基因表达的产物，可以随气候、地域、温度、海拔等环境因素而产生变化，而基因所表达的亲缘关系由遗传因素决定，因此二者在一定程度上存在不一致性。由上可见，就表型性状和化学成分来看，每个种群都有其各自的特征，可以帮助对金花茶进行鉴别使用。由于各个种所分布的产地比较广泛，并不具有一定的特征，所以不能用作判断品种差异和亲缘关系的依据。综合以上，22 个金花茶种间存在较大差异，表型性状和化学成分差异可以作为判断其亲缘关系的重要依据，实际生产中可根据以上进行种质分类和筛选应用。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 洪永辉, 陈天增, 林能庆. 金花茶种质资源收集保存与

评价 [J]. 防护林科技, 2020(3): 75-78.

- [2] 洪永辉, 陈天增, 王如均, 等. 金花茶组植物品种选择与评价 [J]. 林业勘察设计, 2018, 38(2): 1-7.
- [3] 王坤, 黄晓露, 梁晓静, 等. 11 种金花茶组植物叶片活性成分含量对比 [J]. 经济林研究, 2018, 36(1): 110-114.
- [4] 张宏达, 任善湘. 中国植物志(第 49 卷第 3 分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1998: 103-112.
- [5] FU L K, JIN J M. China plant red data book-rare and endanger red plants: Volume 1 [M]. Beijing: Science Press, 1992.
- [6] 王梓灵, 郭瑜婕, 朱芸芸, 等. 金花茶有效部位抑制表皮生长因子受体(EGFR)抗非小细胞肺癌的作用机制研究 [J]. 中国中药杂志, 2021, 46(20): 5362-5371.
- [7] 龚雯, 唐婕, 韦雅渊, 等. 金花茶多糖分离纯化、结构表征及其体外抗氧化性 [J]. 食品与机械, 2021, 37(6): 184-190.
- [8] 龚雯, 唐婕, 韦雅渊, 等. 金花茶多糖的体外消化及降解特性研究 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(24): 31-39.
- [9] 秦健峰, 苏梓霞, 郝二伟, 等. 善清金花茶对高脂血症小鼠的降脂作用 [J]. 现代食品科技, 2021, 37(8): 30-35.
- [10] 程传景, 丛龙飞, 李振强, 等. 金花茶叶中冲山茶苷的筛查、制备及抗肿瘤活性考察 [J]. 天津中医药, 2020, 37(12): 1425-1430.
- [11] 陈瑶, 龚苏晓, 徐旭, 等. 金花茶化学成分和药理作用研究进展 [J]. 药物评价研究, 2022, 45(3): 575-582.
- [12] 刘梦舒, 张力图. 金花茶不同部位提取物化学成分、提取工艺、抗肿瘤作用研究进展 [J]. 中成药, 2018, 40(5): 1135-1138.
- [13] 喻军. 金花茶叶多酚类化合物分析研究 [D]. 南宁: 广西中医药大学, 2017.
- [14] 周洁洁. 长柱金花茶化学成分及总黄酮提取分离工艺的研究 [D]. 南宁: 广西中医药大学, 2016.
- [15] 周洁洁, 莫建光, 陈秋虹, 等. 长柱金花茶化学成分研究 [J]. 广西科学, 2015, 22(6): 637-640.
- [16] 赵孟良, 王丽慧, 任延靖, 等. 257 份菊芋种质资源表型性状的遗传多样性 [J]. 作物学报, 2020, 46(5): 712-725.
- [17] 刘付永清. 基于叶绿体 SSC 序列的金花茶植物系统发育研究 [D]. 桂林: 广西师范大学, 2015.

[责任编辑 时圣明]