

反相高效液相色谱法测定石斛属植物中7种化学成分及主成分与聚类分析

罗 阳¹, 陈懿瑶¹, 姬 祥¹, 闫 桑¹, 钟伟萍¹, 田孟良^{2*}

1. 四川农业大学农学院, 四川 成都 611130

2. 四川农业大学新农村发展研究院, 四川 雅安 625014

摘要: 目的 建立石斛7种化学成分反相高效液相色谱-紫外光谱(RP-HPLC-UV)检测方法, 探寻21种石斛属植物中的化学成分组成差异联系, 为石斛质量控制和资源开发提供参考。方法 采用Agilent 1200高效液相色谱仪, XDB-C₁₈色谱柱, 进样量5 μ L, 根据不同化学成分选择流动相, 采用SPSS 20.0软件进行主成分分析和聚类分析。结果 21种石斛中7种化学成分组成及含量差异明显, 有10种石斛未检测出毛兰素, 其余11种石斛种质中鼓槌石斛的毛兰素含量显著高于其他种; 12种石斛未检测出槲皮素, 11种石斛未检测出没食子酸, 4种石斛未检测出香草醛, 1种石斛未检测出柚皮素, 21种石斛均检测出丁香酸和香豆素成分, 其中以尖刀唇石斛香豆素含量显著高于其他种; 通过主成分分析显示21种石斛化学成分在三维空间分布散乱, 在类间距离为5左右时才能将21种石斛聚为6类, 因此不同的石斛种在这7种化学成分组成及含量上存在明显区别, 在使用这7种成分表征药理药效功能时不同石斛应当区别对待。结论 建立的RP-HPLC-UV法检测7种化学成分能在石斛质量控制以及不同种质资源开发策略方面提供参考。

关键词: RP-HPLC-UV; 石斛属; 槲皮素; 毛兰素; 没食子酸; 香草醛; 柚皮素; 丁香酸; 香豆素; 主成分分析; 聚类分析
中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2019)21-5336-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2019.21.029

RP-HPLC-UV determination of seven chemical constituents and principal component cluster analysis of *Dendrobium*

LUO Yang¹, CHEN Yi-yao¹, JI Xiang¹, YAN Shen¹, ZHONG Wei-ping¹, TIAN Meng-liang²

1. College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China

2. Institute for New Rural Development, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China

Abstract: **Objective** The RPLC-UV detection method of seven chemical components was established, and the difference of 21 species of *Dendrobium* were identified, with aim to provide reference for the quality control and resource development of *Dendrobium*. **Methods** Agilent 1200 UPLC was performed on a XDB-C₁₈ chromatographic column with the sample size of 5 μ L, the flow phase was selected according to different chemical components, and SPSS20.0 software was used for principal component analysis and cluster analysis. **Results** The composition and content of seven chemical compositions of 21 species of *Dendrobium* were significant. No erianin was detected in 10 kinds of species, and the content of erianin of *D. chrysotoxum* in the other 11 species was significantly higher than others, quercetin was undetected in 12 species, gallic acid was undetected in 11 species, vanillin was undetected in four species, naringenin was undetected in one specie, but syringic acid and coumarin were detected in all 21 species of *Dendrobium*. Among them, coumarin of *D. heterocarpum* was significantly higher than the others. According to the principal component analysis, 21 species of *Dendrobium* were scattered in 3D spatial distribution, and it could be grouped into six types at the distance of 5. Therefore, different *Dendrobium* had obvious differences in the composition and content of these seven chemical compositions, and different *Dendrobium* should be treated differently when using these seven components to characterize pharmacodynamic functions. **Conclusion** The establishment of RPLC-UV method can provide reference for the quality control of *Dendrobium* and the development strategies of different germplasm resources.

Key words: RP-HPLC-UV; *Dendrobium* Sw.; quercetin; erianin; gallic acid; vanillin; naringenin; syringic acid; coumarin; principal component; cluster analysis

收稿日期: 2019-04-11

基金项目: 四川农业大学本科生科研兴趣培养计划项目

作者简介: 罗 阳(1991—), 男, 云南昭通人, 硕士研究生在读, 研究方向为中草药资源评价。Tel: 18224430945 E-mail: 840390175@qq.com

*通信作者 田孟良(1977—), 男, 博士生导师, 教授, 从事中草药新品种选育和规范化栽培研究。Tel: 13881636473 E-mail: 652430882@qq.com

石斛属 *Dendrobium* Sw. 植物作为兰科最大的属之一, 分布广泛, 我国记载报道的就有 83 种^[1], 并且作为传统药材入药的记载也有上千年历史^[2], 现代医理研究表明, 石斛在免疫调节、抗氧化、抗肿瘤、延缓衰老等方面具有重要作用^[2-7], 同时作为药食同源的“保健食品”开发造成了对石斛需求的骤增, 而不同的石斛种质性味、药效侧重不同, 种质混乱, 市场上用于入药就近 50 种, 历代药典收载也不尽相同, 《中国药典》2015 年版^[8]规定只有铁皮石斛 *Dendrobium officinale* Kimura et Migo、金钗石斛 *D. nobile* Lindl.、鼓槌石斛 *D. chrysotoxum* Lindl.、流苏石斛 *D. fimbriatum* Hook. 可入药, 对于其石斛属近似种定义模糊, 不能明确规定, 在法规层面也就限制了石斛资源的进一步开发利用。因此需要开展对于大规模种质资源的综合评价, 从本草考证、形态鉴别、药效成分、遗传背景等多方面研究入手, 确保石斛用药的准确性和安全性, 综合开发利用我国石斛资源。

对石斛化学成分研究表明, 石斛化学成分多样^[3-10], 具有活性物质包括糖类、生物碱类、氨基酸类、酚类、黄酮类、联苄类等众多物质, 因此本研究选择具有代表性的化学成分对石斛属植物资源进行测定比较, 建立鞣质成分没食子酸、黄酮类成分柚皮素和槲皮素、联苄类成分毛兰素、酚类成分丁香酸、苯骈 α -吡喃酮成分香豆素以及香料中的重要成分香草醛 7 种化学成分反相高效液相色谱-紫外光谱 (RP-HPLC-UV) 检测方法, 并通过主成分与聚类分析, 试图从有效化学成分上找到石斛属植物资源之间的联系, 因此通过大规模资源收集引种栽培, 规避生境差异造成的影响, 研究栽培材料新生植株之间化学成分差异, 在品种选择选育过程中选择合适的有效化学成分作为育种考量指标提供参考, 为缩短品种选择选育周期奠定基础, 也为石斛质量控制检测方法提供参考。

1 仪器、试剂与材料

Agilent 1200 高效液相色谱仪 (美国安捷伦科技有限公司); DHG-91012A 型电热恒温鼓风干燥器 (上海三发科学仪器有限公司); LX-03 万能高速粉碎机 (红光工贸有限公司); CP224S 电子天平 (德国赛多利斯公司); UPH-III-10T 型超纯水机 (四川优普超纯科技有限公司); KQ-400KDE 型高功率数控超声波清洗器 (昆山市超声仪器有限公司); 0.45 μm 津腾有机滤头及一次性注射器。

甲醇、乙腈、磷酸、三乙胺均为色谱级, 用水

为电阻率 $\geq 18.19 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$ 的超纯水, 毛兰素 (批号 11874-201602)、丁香酸 (批号 YY91052-201602)、柚皮素 (批号 YY9147-201502)、槲皮素 (批号 Y0001009-201601)、香豆素 (批号 ZK-C11735000)、没食子酸 (批号 CCFD200135-20161)、香草醛 (批号 100491-201601) 对照品均购自成都曼斯特生物科技有限公司, 质量分数均大于 98%。

材料为从云南、四川等地引种栽培的 21 种石斛属植物, 栽植于成都市温江区四川农业大学科研实训基地大棚, 经同质园栽培实验后一年生新生茎叶, 经四川农业大学田孟良教授鉴定为铁皮石斛 *Dendrobium officinale* Kimura et Migo、叠鞘石斛 *D. aurantiacum* Rchb. f. var. *denneanum* (Kerr) Z. H. Tsi、鼓槌石斛 *D. chrysotoxum* Lindl.、紫婉石斛 *D. ransparens* Wallich et Lindl.、金钗石斛 *D. nobile* Lindl.、玫瑰石斛 *D. crepidatum* Lindl. ex Paxt、苏瓣石斛 *D. harveyanum* Rchb. f.、尖刀唇石斛 *D. heterocarpum* Lindl.、细茎石斛 *D. moniliforme* (L.) Sw.、黄喉石斛 *D. signatum* Seidenf.、球花石斛 *D. thyrsiflorum* Rchb. f.、姬竹叶石斛 *D. salaccense* (Bl.) Lindl.、长苏石斛 *D. brymerianum* Rchb. f.、卵叶贝母兰 *Coelogyne occultata* Hook. f.、小黄花石斛 *D. jenkinsii* Wall. ex Lindl.、长距石斛 *D. longicornu* Lindl.、喇叭唇石斛 *D. lituiflorum* Lindl.、蜻蜓石斛 *D. pulchellum* Seidenf.、景洪石斛 *D. exile* Schltr.、滇金石斛 *Flickingeria albopurpurea* Seidenf.、麝香石斛 *D. parishii* Seidenf.。

2 方法与结果

2.1 供试品溶液的制备

取新鲜茎叶洗净, 105 $^{\circ}\text{C}$ 杀青 30 min, 60 $^{\circ}\text{C}$ 烘干, 粉碎过 40 目筛, 得样品粉末。精密称取样品粉末 0.2 g, 精密加入甲醇 10 mL, 置于密闭玻璃器皿称定质量, 于 40 $^{\circ}\text{C}$ 、280 W 超声提取 2 h, 取出静置到室温, 再次称量用甲醇补足损失, 提取液过 0.45 μm 滤膜得供试品溶液。

2.2 对照品溶液的制备

分别精密称取 7 种对照品, 加甲醇配制, 过 0.45 μm 孔径滤膜, 制成各对照品质量浓度均为 100 $\mu\text{g/mL}$ 的对照品溶液。

2.3 色谱条件

各对照品测试条件均采用 XDB-C₁₈ 柱, 柱温 30 $^{\circ}\text{C}$, 进样量 5 μL , 对照品图谱和部分样品色谱图见图 1。

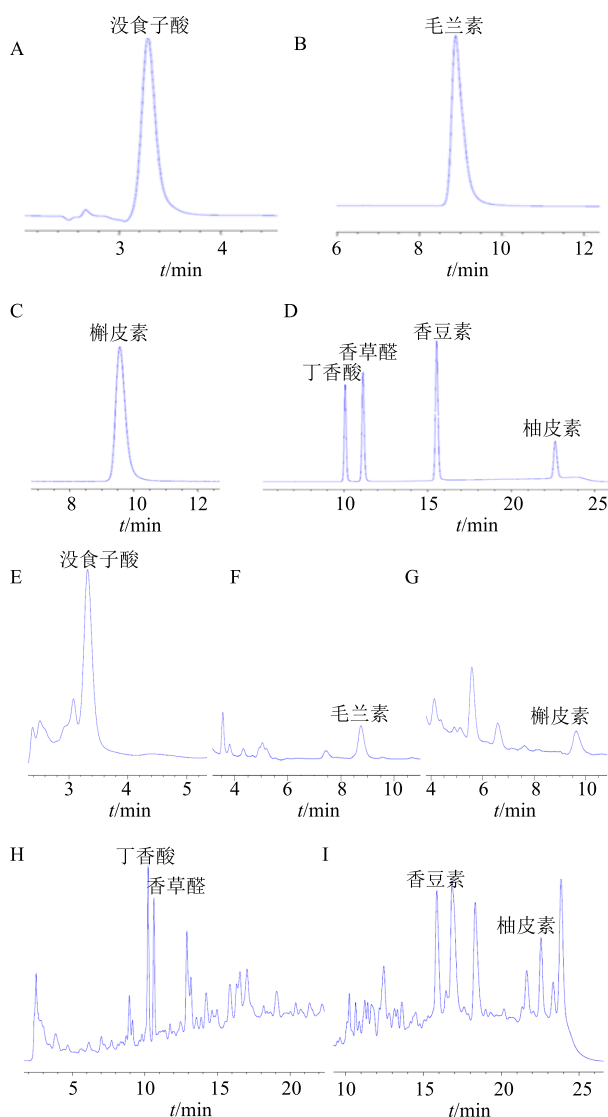


图 1 对照品没食子酸 (A)、毛兰素 (B)、槲皮素 (C)、丁香酸、香草醛、香豆素、柚皮素混合对照品 (D)、苏瓣石斛 (E)、鼓槌石斛 (F、G、I)、黄喉石斛 (H) 测定色谱图

Fig. 1 Chromatogram of gallic acid (A), erianin (B), quercetin (C), syringic acid, vanillin, coumarin, naringenin (D), *D. harveyanum* (E), *D. chrysotoxum* (F, G, I) and *D. signatum* (H)

各成分洗脱条件分别为没食子酸 (0.01%磷酸-乙腈-甲醇, 梯度洗脱, 0~3 min, 80:0:20; 3~6 min, 75:10:15; 6 min, 80:0:20, 体积流量 0.6 mL/min, 检测波长 279 nm); 槲皮素 (0.01%磷酸-乙腈-甲醇 55:15:30, 体积流量 0.6 mL/min, 检测波长 370 nm); 毛兰素 (0.01%三乙胺-乙腈 53:47, 体积流量 0.6 mL/min, 检测波长 230 nm); 丁香酸、香草醛、香豆素、柚皮素 (0.01%磷酸-乙腈-甲醇梯度洗脱, 0~6 min, 80:0:20; 6~12 min, 70:10:

20; 12~15 min, 57:10:33; 15~20 min, 54:13:33; 20~22 min, 50:20:30; 22~25 min, 70:10:20; 25 min, 80:0:20, 体积流量 0.6 mL/min, 检测波长 270 nm)。

2.4 线性范围考察

精密吸取对照品母液, 配制成质量浓度梯度溶液, 按“2.3”项下色谱条件进行检测, 以质量浓度为横坐标 (X), 色谱峰峰面积为纵坐标 (Y) 进行线性回归分析, 计算回归方程和相关系数 (r^2), 结果见表 1。

表 1 7 种化学成分回归方程、线性范围

Table 1 Calibration curves, linearity range of seven chemical compositions

对照品	回归方程	r^2	线性范围/($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)
没食子酸	$Y=22.505 X+6.258 7$	0.999 1	0.1~20.0
槲皮素	$Y=31.904 X-3.207 9$	0.999 2	0.5~10.0
毛兰素	$Y=22.483 X+5.239 5$	0.999 1	1.0~40.0
丁香酸	$Y=19.114 X-3.280 1$	0.999 1	0.5~20.0
香草醛	$Y=24.923 X-5.195 2$	0.999 0	0.5~20.0
香豆素	$Y=34.578 X-4.444 2$	0.999 4	0.1~100.0
柚皮素	$Y=11.758 X-1.141 9$	0.999 6	0.5~20.0

2.5 方法学考察

2.5.1 精密度试验 精密吸取对照品溶液, 按“2.3”项下色谱条件进行检测, 连续进样 6 次, 计算 7 个成分峰面积 RSD 为 0.78%~1.09%, 小于 5%, 表明仪器精密度良好。

2.5.2 稳定性试验 在鼓槌石斛样品进样后 6、12、24、36、48、72 h 再次按“2.3”项下色谱条件进行检测, 计算 7 个成分峰面积 RSD 为 0.98%~1.48%, 小于 5%, 表明样品溶液在 72 h 内稳定。

2.5.3 重复性试验 平行取鼓槌石斛样品 6 份, 按“2.1”项下进行供试品溶液制备, 按“2.3”项下色谱条件进行检测, 计算 7 个成分质量分数 RSD 值 0.48%~0.86%, 小于 5%, 表明该方法重复性好。

2.5.4 加样回收率试验 取已测得 7 种成分含量的鼓槌石斛样品 3 份, 精密称定, 按 50%、100%、150% 水平质量分别添加各对照品, 按“2.1”项下供试品溶液制备, 按“2.3”项下色谱条件进行测试, 计算各成分加样回收率, 结果显示加样回收率在 98.8%~106.7%, 其 RSD 值为 1.48%~2.57%。

2.6 样品测定

取供试品溶液, 按“2.3”项下色谱条件进行检测, 重复进样 3 次, 取均值计算, 结果见表 2。结果

表 2 21 种石斛中 7 种化学成分含量

Table 2 Measurement results of seven chemical compositions of 21 *Dendrobium* species

样品	质量分数/%						
	毛兰素	槲皮素	没食子酸	丁香酸	香草醛	香豆素	柚皮素
铁皮石斛 (TP)	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.003 6	0.003 5	0.001 5	0.001 8
叠鞘石斛 (DQ)	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.030 7	0.047 9	0.003 9	0.003 2
鼓槌石斛 (GC)	0.120 3	0.002 1	0.003 5	0.008 6	0.004 8	0.002 6	0.028 1
紫菀石斛 (ZW)	0.010 2	0.001 5	0.000 0	0.003 9	0.003 3	0.002 9	0.015 2
金钗石斛 (JC)	0.002 9	0.000 0	0.007 3	0.037 0	0.003 2	0.007 1	0.005 6
玫瑰石斛 (MG)	0.000 0	0.000 0	0.013 2	0.004 7	0.000 0	0.087 0	0.011 0
苏瓣石斛 (SB)	0.003 7	0.001 1	0.086 3	0.011 0	0.008 2	0.005 4	0.000 0
尖刀唇石斛 (JDC)	0.000 0	0.000 0	0.000 6	0.004 2	0.000 0	0.369 9	0.026 6
细颈石斛 (XJ)	0.000 0	0.001 9	0.004 2	0.006 6	0.007 2	0.001 3	0.006 0
黄喉石斛 (HH)	0.000 0	0.001 3	0.000 0	0.034 6	0.020 3	0.007 3	0.026 6
球花石斛 (QH)	0.008 0	0.002 0	0.000 0	0.003 5	0.003 4	0.012 3	0.017 7
姬竹叶石斛 (JZY)	0.000 0	0.000 0	0.004 7	0.003 5	0.018 0	0.004 5	0.001 9
长苏石斛 (CS)	0.004 0	0.000 0	0.000 0	0.006 9	0.004 1	0.038 9	0.041 9
小黄花石斛 (XHH)	0.000 5	0.002 1	0.000 0	0.004 9	0.005 4	0.071 3	0.038 5
卵叶贝母兰 (LY)	0.000 9	0.000 0	0.016 0	0.052 7	0.003 8	0.018 5	0.035 4
长距石斛 (CJ)	0.001 8	0.000 0	0.000 0	0.006 7	0.003 9	0.006 0	0.009 5
喇叭唇石斛 (LBC)	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.003 0	0.000 0	0.003 6	0.012 4
蜻蜓石斛 (QT)	0.000 0	0.000 0	0.000 4	0.040 9	0.030 2	0.010 8	0.052 6
景洪石斛 (JH)	0.003 2	0.001 3	0.000 0	0.022 9	0.007 7	0.002 2	0.039 1
滇金石斛 (DJ)	0.001 8	0.001 9	0.000 0	0.013 6	0.018 0	0.003 0	0.040 5
麝香石斛 (SX)	0.000 0	0.000 0	0.018 3	0.006 7	0.000 0	0.024 0	0.009 2

显示,不同的石斛种质在这 7 种化学成分含量上存在明显的差异,其中丁香酸、香豆素在这 21 种石斛中均能检测出,毛兰素、槲皮素、柚皮素、没食子酸在不同种质之间含量差异显著;在《中国药典》2015 年版规定种之间成分差异也较大,铁皮石斛未检测出毛兰素、槲皮素和没食子酸 3 种化学成分,金钗石斛未检测出槲皮素成分,只有鼓槌石斛检测出这 7 种化学成分;在这 7 种成分中,毛兰素以鼓槌石斛量最高,槲皮素以鼓槌石斛和小黄花石斛含量最高,没食子酸以苏瓣石斛含量最高,丁香酸以卵叶贝母兰含量最高,香草醛以叠鞘石斛含量最高,香豆素以尖刀唇石斛含量最高,柚皮素以蜻蜓石斛含量最高。铁皮石斛、麝香石斛、长距石斛、喇叭唇石斛、玫瑰石斛、金钗石斛、姬竹叶石斛在这 7 种化学成分组成及含量上相近;鼓槌石斛在这 7 种化学成分上和其他种存在明显差异;因此在使用这 7 种成分表征药理药效功能时,《中国药典》2015 年版规定种质与其中几种虽存在相似性的地方,但不同石斛也应区别对待。在化学成分含量积累上存在时间限制,因此针对这 7 种化学

成分组成及含量上还需要进一步的多年取样,研究年限差异,在采收上可确定最佳采收年限,才能更加全面地评价。

2.7 主成分及聚类分析

2.7.1 主成分分析 根据这 21 种石斛中 7 种化学成分含量的主成分分析得到前 3 个主成分(PC1、PC2、PC3)分别表征了原始数据 24.870%、22.639%、19.128%,累积 66.636%的信息量,且均包含了 7 种化学成分组成信息,计算得到主成分得分系数矩阵(表 3),并据此得到三维空间分布图(图 2),根据空间分布看出石斛种质分布散乱,说明不同石斛种在这 7 种成分组成及含量上差异明显,在对应化学成分及药理药效选择石斛

表 3 主成分得分系数矩阵

Table 3 Rotated component matrix of principal component analysis

主成分	得分						
	毛兰素	槲皮素	没食子酸	丁香酸	香草醛	香豆素	柚皮素
PC1	-0.146	-0.138	-0.139	0.489	0.439	-0.161	0.240
PC2	0.440	0.488	-0.225	-0.014	-0.001	-0.119	0.367
PC3	0.156	0.195	0.420	0.054	0.178	-0.578	-0.373

入药种时应区别对待。

2.7.2 聚类分析 以平方 Euclidean 距离为度量标准, Ward 联结法绘制树状聚类图(图 3), 当类间相对距离为 5 左右时, 可将铁皮石斛、麝香石斛、长距石斛、喇叭唇石斛、玫瑰石斛、金钗石斛、姬竹叶石斛聚为一类, 黄喉石斛、卵叶贝母兰、蜻蜓石斛、叠鞘石斛聚为一类, 紫婉石斛、球花石斛、细茎石斛、景洪石斛、滇金石斛、长苏石斛、小黄花石斛聚为一类, 苏瓣石斛、尖刀唇石斛、鼓槌石斛单独聚为一类。

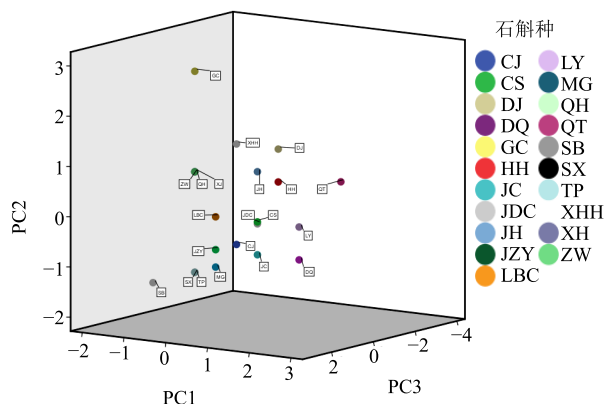


图 2 主成分分析三维空间分布图

Fig. 2 3D spatial distribution of principal component analysis

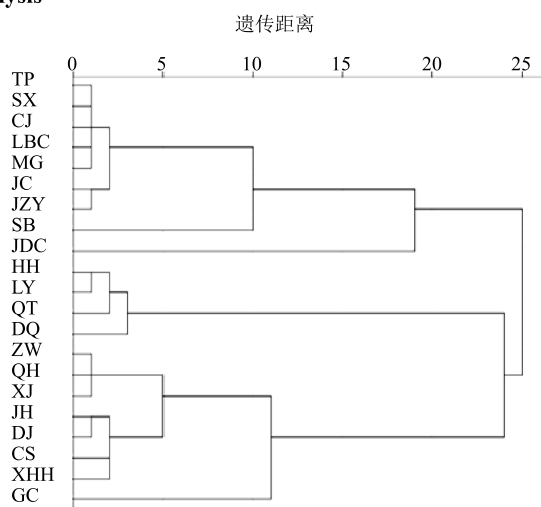


图 3 21 种石斛聚类树状图

Fig. 3 Dendrogram of 21 *Dendrobium* species

3 讨论

石斛有效化学成分多样, 富含多种化学成分, 且对于其中联苄类化合物、酚类化合物、黄酮类、鞣质类成分药理药效报道也较多, 因而选择其中代表性物质进行不同石斛种的组成与含量测试, 改进建立的 RP-HPLC-UV 方法能有效检测毛兰素、丁香

酸、柚皮素、槲皮素、香豆素、没食子酸、香草醛 7 个化学物质。结果显示在不同石斛中其组成和含量上差异明显, 有 10 种石斛未检测出毛兰素, 且以鼓槌石斛毛兰素含量显著高于其他种, 12 种石斛未检测出槲皮素, 11 种石斛未检测出没食子酸, 4 种石斛未检测出香草醛, 1 种石斛未检测出柚皮素, 21 种石斛检测出丁香酸和香豆素成分, 其中以尖刀唇石斛香豆素含量显著高于其他种。

在建立 RP-HPLC-UV 方法过程中, 7 种化学成分理论最佳吸收波长不同, 本课题组也曾尝试对 7 种混合对照品进行分离测试, 得出结论: 一是没食子酸出峰时间相对靠前, 7 种对照品能很好分离, 但是在样品测试时没食子酸并不能很好地分离出峰, 故单独进行测试; 二是槲皮素和毛兰素在一定磷酸浓度条件下也能检测出, 但是在同等浓度下的峰面积偏小, 因此在以最大限度检测出低浓度成分含量的色谱技术原则的角度考虑出发, 对槲皮素和毛兰素单独进行检测。

通过对 7 种化学成分组成和含量进行主成分分析显示, 21 种石斛属植物的三维空间分布散乱, 当类间距离为 5 左右时能将 21 种石斛聚为 6 类, 在《中国药典》2015 年版规定石斛种中, 铁皮石斛、麝香石斛、长距石斛、喇叭唇石斛、玫瑰石斛、金钗石斛、姬竹叶石斛在这 7 种化学成分组成及含量上相近; 鼓槌石斛在这 7 种化学成分上和其他种存在明显差异; 因此在使用这 7 种成分表征药理药效功能时《中国药典》2015 年版规定种质与其中几种虽存在相似性的地方, 但不同石斛也应区别对待。

本次研究选取的材料为一年新生茎叶混合样, 与《中国药典》2015 年版规定中样品选择干燥茎不同, 这是考虑到目前石斛在食用和茶饮方面均采用全株使用, 并且针对研究目的之一是不同种质之间化学成分的差异, 故而选择全株茎叶作为实验材料; 石斛为多年生草本, 在化学成分含量积累上存在时间限制, 因此针对这 7 种化学成分组成及含量上还需要进一步的多年取样, 研究年限差异, 在采收上可确定最佳采收年限, 才能更加全面评价, 但是通过引种栽培一年后新生茎叶进行研究也能表征材料本身之间存在的化学成分差异, 能够为品种选育过程中有效化学成分指标选择上提供参考, 为缩短品种选择选育周期奠定条件。

本研究建立的石斛中 7 种化学成分 RP-HPLC-UV

检测方法能在石斛质控方面提供参考,也初步判断出这 21 种石斛在这 7 种化学成分含量上的差异,为后续种质资源的开发利用提供相应参考。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 [M]. 北京: 北京科学出版社, 1999.
- [2] 斯金平, 张媛, 罗毅波, 等. 石斛与铁皮石斛关系的本草考证 [J]. 中国中药杂志, 2017, 42(10): 2001-2005.
- [3] 聂少平, 蔡海兰. 铁皮石斛活性成分及其功能研究进展 [J]. 食品科学, 2012, 33(23): 356-361.
- [4] 李娟, 李顺祥, 黄丹, 等. 铁皮石斛资源、化学成分及药理作用研究进展 [J]. 科技导报, 2011, 29(18): 74-79.
- [5] 邵曰凤, 胡粉青, 邹澄, 等. 石斛属植物化学成分和药理活性研究现状 [J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(12): 152-157.
- [6] 龚陈媛, 陆宾, 杨莉, 等. 石斛联苳类化合物抑制血管新生的机制 [J]. 药学报, 2013, 48(3): 337-342.
- [7] 黄丹丹, 陈欢欢, 黎梅桂, 等. 金钗石斛黄酮苷的含量测定及抗氧化活性研究 [J]. 中药新药与临床药理, 2017, 28(1): 73-77.
- [8] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [9] 李燕, 王春兰, 王芳菲, 等. 铁皮石斛中的酚酸类及二氢黄酮类成分 [J]. 中国药学杂志, 2010, 45(13): 975-979.
- [10] 陈佳江, 郭力, 许莉, 等. 叠鞘石斛与药典收载石斛品种鞣质含量对比 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(2): 61-63.