

实验方剂学杂志, 2020, 26(5): 101-107.

[ 9 ] 杨俊杰, 李 林, 季 德, 等. 中药材产地加工与炮制一体化的历史沿革与现代研究探讨[J]. 中草药, 2016, 47(15): 2751-2757.

[10] 王卫明, 彭 慧, 张贵君. 《中华人民共和国药典》中阿魏酸作为多味中药质量评价指标的特异性[J]. 中华中医药杂志, 2018, 33(12): 5677-5679.

[11] 张德林, 陈 蓉, 喻 文, 等. 基于不同川芎种质资源对 4 种重金属富集特性的研究[J]. 中药材, 2019, 42(2): 279-284.

[12] 崔曰新, 张景珍, 王思雨, 等. 基于熵权法和灰色关联度法的羌活饮片质量评价研究[J]. 中草药, 2019, 50(23): 5724-5730.

[13] 胡安阳, 吕建秋, 杜 冰. 不同干燥方式对柚子皮粉加工特性及功能成分含量的影响[J]. 食品工业科技, 2021, 42(5): 170-176.

[14] 李 芳, 李 乔, 宋 丹, 等. 不同干燥方法对人参花和西洋参花皂苷类成分的影响[J]. 中草药, 2015, 46(19): 2937-2942.

[15] 王 菲, 尚展鹏, 马志国, 等. 不同干燥方法对川麦冬甙体皂苷和高异黄酮的影响[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(23): 4393-4399.

[16] 李 丽, 张 村, 肖永庆, 等. 川芎饮片产地加工可行性探索[J]. 中国实验方剂学杂志, 2010, 16(3): 24-26.

## 基于 UPLC-LTQ-Orbitrap 技术对肿节风化学成分积累的动态分析

邵 坚<sup>1</sup>, 李诒光<sup>1,2</sup>, 谢 斌<sup>1</sup>, 陈 芳<sup>1</sup>, 周立分<sup>2</sup>, 刘文君<sup>1\*</sup>  
(1. 江中药业股份有限公司, 江西 南昌 330004; 2. 江西中医药大学, 江西 南昌 330004)

**摘要:** **目的** 基于 UPLC-LTQ-Orbitrap 技术分析肿节风化学成分积累的动态。**方法** 收集不同生长期的肿节风样品, 通过 UPLC-LTQ-Orbitrap 对肿节风中的化学成分进行分离鉴定, 所获质谱数据矩阵进行正交偏最小二乘-判别分析 (OPLS-DA) 及关联性热图分析。**结果** 共鉴定出肿节风中 31 种化学成分, 筛选出 3 年生、5 年生、8 年生肿节风的 12 种差异成分, 且这 12 种成分相对含量呈现不同的变化规律。**结论** 该方法稳定可靠, 可用于肿节风的质量控制。  
**关键词:** 肿节风; UPLC-LTQ-Orbitrap; 生长期; 化学成分  
**中图分类号:** R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1528(2021)08-2114-06  
**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1528.2021.08.025

## UPLC-LTQ-Orbitrap-based determination of dynamic accumulation of chemical constituents in *Sarcandra glabra*

SHAO Jian<sup>1</sup>, LI Yi-guang<sup>1,2</sup>, XIE Bin<sup>1</sup>, CHEN Fang<sup>1</sup>, ZHOU Li-fen<sup>2</sup>, LIU Wen-jun<sup>1\*</sup>  
(1. Jiangzhong Pharmaceutical Co., Ltd., Nanchang 330004, China; 2. Jiangxi University of TCM, Nanchang 330004, China)

**ABSTRACT:** **AIM** To analyze the dynamic accumulation of chemical constituents in *Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai using UPLC-LTQ-Orbitrap technology. **METHODS** The samples of *S. glabra* at different growth stages were collected for isolation and identification of the chemical constituents by UPLC-LTQ-Orbitrap. Orthogonal partial least-squares discriminant analysis (OPLS-DA) and associated heat map analysis were performed on the obtained mass spectrum data matrix. **RESULTS** Among a total of 31 identified chemical constituents, 12 differential composition for 3-year-old, 5-year-old and 8-year-old *S. glabra* were screened out, whose variation rule in relative contents was observed as well. **CONCLUSION** This stable and reliable method can be used for the quality control of *S. glabra*.  
**KEY WORDS:** *Sarcandra glabra*(Thunb.)Nakai; UPLC-LTQ-Orbitrap; growing period; chemical constituents

收稿日期: 2020-08-02  
基金项目: 江西省重点研发计划重点项目 (20171ACG70009); 江西省中医药科技计划项目 (2019B097)  
作者简介: 邵 坚 (1988—), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为中药物质基础。E-mail: shaojian1988@126.com  
\* 通信作者: 刘文君, 男, 博士, 高级工程师, 研究方向为中药药效物质基础及作用机理。E-mail: liuwenjun@crjz.com

肿节风,又名竹节茶、接骨木,为金粟兰科植物草珊瑚 *Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai 的干燥全草,主要分布于浙江、江西、安徽、福建、广东、广西等地<sup>[1]</sup>。肿节风性平味苦辛,具有清热凉血、活血消斑、祛风通络之功效,传统用于血热发斑发疹、风湿痹痛、跌打损伤<sup>[2]</sup>;其现代中药制剂多用于治疗各种炎症,如咽喉炎、扁桃体炎、牙龈炎。肿节风中化学成分主要为香豆素、有机酸、黄酮、倍半萜等,且均有抗炎活性<sup>[3-7]</sup>;其中,黄酮还具有抑制血小板凋亡、促进白血病 K562 细胞凋亡和巨核细胞分化成熟等药理作用<sup>[8-10]</sup>。

中药质量的优劣取决于所含的有效成分群,后者随着生长期的变化往往存在一定的差异<sup>[11]</sup>。本研究利用 UPLC-LTQ-Orbitrap 对相同地理环境不同生长期肿节风的化学成分进行快速表征,进一步采用组分技术分析不同生长期肿节风的化学成分变化,以期对不同生长期肿节风中化学成分积累动态规律提供参考,也为肿节风药材质量标准研究提供理论依据。

## 1 材料

ORBITRAP ELITE 质谱仪、Dionex UitiMate 3000 (美国 Thermo Fisher 公司);MSA224S 电子天平 (德国 Sartorius 公司);KQ1000KDE 型数控超声波清洗器 (40 kHz, 昆山市仪器超声有限公司)。

甲醇、乙腈均为色谱纯级 (德国 Merck 公司);甲酸 (质谱级,美国 Thermo Fisher 公司);超纯水 (美国 Millipore 公司)。

不同生长期肿节风样品于江西中医药大学神农园采集,分别为 3 年生、5 年生、8 年生,经江西中医药大学朱玉野副教授鉴定为金粟兰科植物草珊瑚 *Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai,不同生长期样品各 4 份,除去杂质,晒干,备用。

## 2 方法

2.1 样品制备 参考文献 [12],取本品粉末 (过 3 号筛) 0.10 g,精密称定,精密加入水 5 mL,60 ℃ 水浴超声 (250 W, 40 kHz) 处理 30 min,放冷至室温,经 0.22 μm 微孔滤膜过滤,续滤液备用;每份样品平行制备 2 次。QC (quality control) 样本由各待测样品取等量混合而成。QC 样本代表平均样本,每 5 针样品进一次 QC 样,用于数据的校正。

### 2.2 色谱条件和质谱条件

2.2.1 色谱条件 Waters CORTECS C<sub>18</sub> 色谱柱

(2.1 mm×100 mm, 1.6 μm);流动相乙腈 (A) - 0.1% 甲酸水溶液 (B),梯度洗脱 (0~1 min, 5% A; 1~18 min, 5%~26% A; 18~26 min, 26%~100% A);体积流量 0.3 mL/min;柱温 40 ℃;进样量 2 μL。

2.2.2 质谱条件 FT Orbitrap 检测器,分辨率设为 30 000,扫描范围设为  $m/z$  100~800;ESI 离子源,喷雾电压 4.0 kV,管状透镜电压 110 V;毛细管温度 350 ℃;鞘气体积流量 30 psi (1 psi = 6.895 kPa);辅助气体积流量 10 psi;二级质谱采用 IDA 扫描 (丰度最高的 3 个峰进行 CID 碎片扫描)。

2.3 数据处理 通过高分辨质荷比、同位素丰度、Massbank 数据库结合化合物本身裂解规律进行肿节风化学成分鉴定;进一步将采集的质谱数据导入 Thermo sieve 软件进行去噪、峰对齐、峰识别等数据预处理,获取数据矩阵;并将矩阵数据导入 SIMCA-P 14.1 (Umetrics, umeå, Sweden) 软件,将数据归一化、标准化处理,进行正交偏最小二乘-判别分析 (OPLS-DA) 及化学成分关联性分析。

## 3 结果

3.1 化学成分指认 对比 3 年、5 年、8 年生长期的肿节风总离子图,可知不同生长期肿节风的化学成分质谱信息基本保持一致,但响应强度有所差异,见图 1。

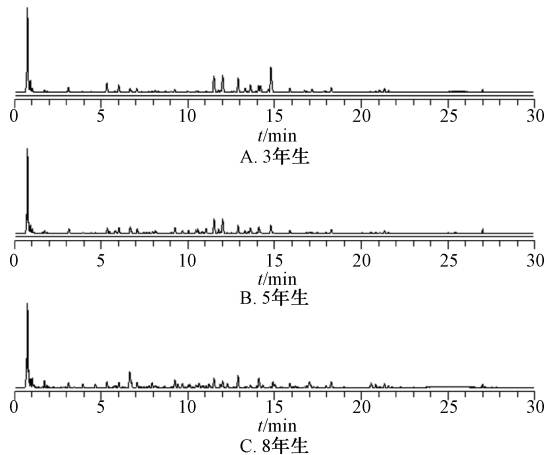


图 1 不同生长年期肿节风总离子流图

Fig. 1 Total ion current chromatograms for *S. glabra* of different growth periods

根据 QC 样品中化学成分的高分辨质谱信息、保留时间、二级裂解碎片离子,结合文献报道对肿节风的主要成分进行指认,推断鉴定出有机酸、黄酮、香豆素、倍半萜等成分,共 31 个化合物,见表 1。

表 1 肿节风化学成分鉴定结果  
Tab. 1 Results for identification of *S. glabra* constituents

编号	成分	分子式	$t_R/\text{min}$	$[M-H]^-$	$MS^2$	参考文献
1	延胡索酸	$C_4H_4O_4$	1. 03	115. 004 1	71	[ 13]
2	琥珀酸	$C_4H_6O_4$	1. 08	117. 019 4	85, 73	[ 13]
3	原儿茶酸	$C_7H_6O_4$	2. 36	153. 019 7	109	[ 13]
4	丹参素	$C_9H_{10}O_5$	2. 84	197. 045 7	151, 135, 123	[ 13]
5	新绿原酸	$C_{16}H_{18}O_9$	3. 13	353. 089 4	191, 179, 173, 161, 135, 127	[ 12-13]
6	奎宁酸	$C_7H_{12}O_6$	3. 47	191. 056 5	173, 127, 85	[ 13]
7	异阿魏酸	$C_{10}H_{10}O_4$	4. 89	193. 051 5	178, 134	[ 13]
8	绿原酸	$C_{16}H_{18}O_9$	5. 34	353. 089 3	191, 179, 173, 161, 135, 127	[ 12-13]
9	咖啡酸	$C_9H_8O_4$	5. 80	179. 035 3	135, 117, 107	[ 12-13]
10	隐绿原酸	$C_{16}H_{18}O_9$	6. 03	353. 086 6	191, 179, 173, 161, 135, 127	[ 12-13]
11	异嗉皮啶-7- <i>O</i> - $\beta$ - <i>D</i> -葡萄糖苷	$C_{17}H_{20}O_{10}$	6. 75	383. 100 7	221, 197, 179	[ 12-13]
12	秦皮素	$C_{10}H_8O_5$	7. 78	207. 030 6	192, 163	[ 13]
13	二氢催吐萝芙木醇- <i>O</i> - $\beta$ - <i>D</i> -吡喃葡萄糖苷	$C_{20}O_8H_{33}$	7. 96	387. 202 6	207, 179, 161, 119	[ 13]
14	脱羟基咖啡酸	$C_9H_8O_3$	8. 25	163. 040 8	135, 119	[ 13]
15	阿魏酸	$C_{10}H_{10}O_4$	8. 48	193. 050 4	178, 149, 147, 134	[ 13]
16	6, 7, 8-三羟基香豆素-7- <i>O</i> - $\alpha$ -吡喃鼠李糖苷	$C_{15}H_{16}O_9$	9. 04	399. 071 3	193, 175, 165, 137	[ 13]
17	东莨菪素	$C_{10}H_8O_4$	9. 57	191. 034 9	176, 147, 103	[ 12-13]
18	柚皮素-6- <i>C</i> - $\beta$ - <i>D</i> -吡喃葡萄糖苷	$C_{21}H_{22}O_{10}$	10. 02	433. 116 1	225, 193, 179,	[ 12]
19	柚皮素-8- <i>C</i> - $\beta$ - <i>D</i> -吡喃葡萄糖苷	$C_{21}H_{22}O_{10}$	10. 47	433. 116 1	193, 191, 179, 161, 143	[ 12]
20	异嗉皮啶	$C_{11}H_{10}O_5$	10. 52	221. 046 4	206, 177, 149	[ 12-13]
21	新落新妇苷	$C_{21}H_{22}O_{11}$	11. 50	449. 110 5	199, 177, 151	[ 12]
22	槲皮素-3- <i>O</i> - $\beta$ - <i>D</i> -葡萄糖醛酸	$C_{21}H_{18}O_{13}$	11. 76	477. 067 2	221, 179, 175, 151,	[ 12]
23	金粟兰诺苷 A	$C_{21}H_{28}O_9$	11. 88	423. 165 4	189, 179, 163, 161, 159, 143	[ 13]
24	落新妇苷	$C_{21}H_{22}O_{11}$	12. 01	449. 110 6	209, 177, 151	[ 12]
25	4- <i>O</i> -吡喃葡萄糖迷迭香酸	$C_{24}H_{26}O_{13}$	12. 89	521. 132 0	223, 197, 179, 161	[ 12]
26	新异落新妇苷	$C_{21}H_{22}O_{11}$	13. 30	449. 106 7	179, 177, 165, 151	[ 12]
27	山柰酚-3- <i>O</i> - $\beta$ - <i>D</i> -吡喃葡萄糖醛酸苷	$C_{21}H_{18}O_{12}$	13. 50	461. 074 0	179, 175, 157, 153	[ 12]
28	异落新妇苷	$C_{21}H_{22}O_{11}$	13. 61	449. 110 5	199, 177, 151	[ 12]
29	草珊瑚酚苷 A	$C_{30}H_{30}O_{13}$	14. 05	597. 160 6	217, 189, 177	[ 13]
30	草珊瑚酚苷 B	$C_{30}H_{30}O_{13}$	14. 18	597. 160 8	323, 299, 287, 189	[ 13]
31	迷迭香酸	$C_{18}H_{16}O_8$	14. 79	359. 077 3	205, 197, 179, 161, 135	[ 12-13]

3.2 主成分分析 将处理的数据矩阵导入 SIMCA-P 进行主成分分析，共得到 3 个主成分，累积  $R^2_X = 0.929$ ,  $Q^2 = 0.906$ 。见图 2，可知，3 年生、5 年生、8 年生样品均处于在置信区间内，不同生长期样品完全分开，可以明显区分。

3.3 OPLS-DA 分析 参考文献 [ 13]，为了进一步揭示不同生长期肿节风内在化学成分的差异性，采用 OPLS-DA 筛选。结果见图 3，可知，3 年生肿节风样品主要分布在置信区间的左侧，5 年生肿节风样品主要分布在置信区间的右侧，可以明显区分开；模型中  $R^2_X = 0.985$ ,  $R^2_Y = 0.997$ ,  $Q^2 = 0.997$ , 3 个参数的数值均大于 0.5，OPLS-DA 模型可解释能力好；进一步对 OPLS-DA 模型进行置换检验，结果见图 4，随着置换保留度逐渐降低，置换的  $Y$

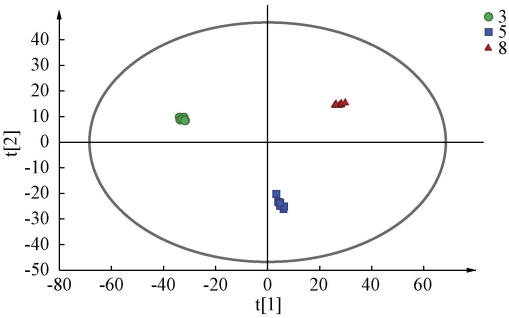


图 2 不同生长期样品主成分分析图  
Fig. 2 Principal component analysis plot for samples of different growth stages

变量比例增大，随机模型的  $R^2$  和  $Q^2$  均逐渐下降，表明原模型不存在过拟合现象，模型稳健性较好。结果见图 5，5 年生肿节风样品主要分布在置信区

间的左侧，8年生肿节风样品主要分布在置信区间的右侧，可以明显区分开；模型中， $R^2_x = 0.974$ ， $R^2_y = 0.996$ ， $Q^2 = 0.996$ ，3个参数的数值均大于0.5，OPLS-DA模型可解释能力好；进一步对OPLS-DA模型进行置换检验，结果见图6，随着置换保留度逐渐降低，置换的Y变量比例增大，随机模型的 $R^2$ 和 $Q^2$ 均逐渐下降，表明原模型不存在过拟合现象，模型稳健性较好。

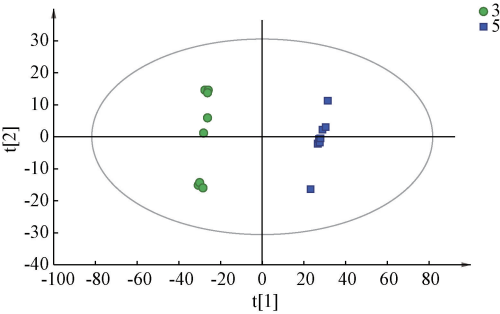


图3 3年生与5年生肿节风 OPLS-DA 得分图  
Fig. 3 OPLS-DA score for 3-year-old and 5-year-old *S. glabra*

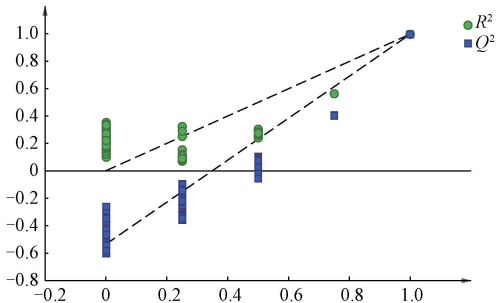


图4 置换检验 (1)  
Fig. 4 Permutation test (1)

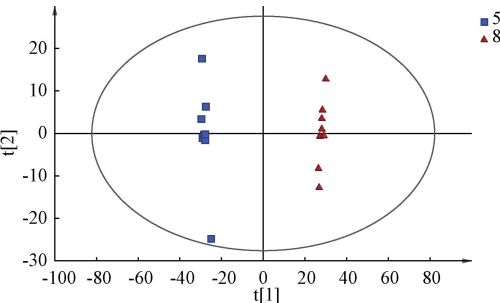


图5 5年生与8年生肿节风 OPLS-DA 得分图  
Fig. 5 OPLS-DA score for 5-year-old and 8-year-old *S. glabra*

通过 OPLS-DA 模型中的  $VIP > 1.5$ 、 $P < 0.01$  筛选不同生长期肿节风的差异成分。表2显示，筛选出3年生肿节风、5年生肿节风中14种差异成分，分别为绿原酸、咖啡酸、隐绿原酸、新落新妇苷、

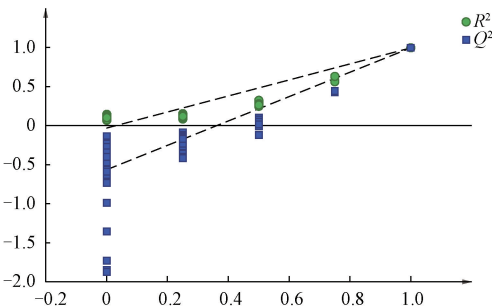


图6 置换检验 (2)  
Fig. 6 Permutation test (2)

新异落新妇苷、异落新妇苷、迷迭香酸、咖啡酸、柚皮素-6-C-β-D-吡喃葡萄糖苷、柚皮素-8-C-β-D-吡喃葡萄糖苷、槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖醛酸、山柰酚-3-O-β-D-吡喃葡萄糖醛酸苷、草珊瑚酚苷A；表3显示，筛选出5年生肿节风与8年生肿节风14种差异成分，分别为新绿原酸、绿原酸、咖啡酸、隐绿原酸、6，7，8-三羟基香豆素-7-O-α-吡喃鼠李糖苷、柚皮素-6-C-β-D-吡喃葡萄糖苷、柚皮素-8-C-β-D-吡喃葡萄糖苷、新落新妇苷、槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖醛酸、落新妇苷、新异落新妇苷、山柰酚-3-O-β-D-吡喃葡萄糖醛酸苷、异落新妇苷、迷迭香酸；不同生长期的肿节风差异成分基本一致，但相对含量差异较大。

3.4 差异成分相对含量变化趋势分析 对不同生长期肿节风的化学成分相对含量动态变化分析，有12种共有差异化学成分存在显著性差异，结果见图7，化学成分随生长期呈显不同的变化趋势，绿原酸、隐绿原酸、新落新妇苷、落新妇苷、新异落新妇苷、异落新妇苷、迷迭香酸相对含量随年限增加而下降；而咖啡酸、柚皮素-6-C-β-D-吡喃葡萄糖苷、柚皮素-8-C-β-D-吡喃葡萄糖苷、槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖醛酸、山柰酚-3-O-β-D-吡喃葡萄糖醛酸苷相对含量先上升而后下降。

3.5 差异成分相关性分析 图8显示，红色表示正相关，蓝色表示负相关，颜色越深相关性越大，反之越小。不同生长期的肿节风含量差异成分总体关联性较强；隐绿原酸、新落新妇苷、落新妇苷、新异落新妇苷、异落新妇苷等成分聚为一类，呈强正相关；绿原酸和迷迭香酸等成分聚为一类，呈强正相关；4-柚皮素-6-C-β-D-吡喃葡萄糖苷，5-柚皮素-8-C-β-D-吡喃葡萄糖苷等成分聚为一类，呈强正相关；咖啡酸、山柰酚-3-O-β-D-吡喃葡萄糖醛酸苷等成分聚为一类，呈强正相关。

表 2 3 年生与 5 年生肿节风中差异成分

Tab. 2 Composition differences in 3-year-old and 5-year-old *S. glabra*

编号	$t_R/\text{min}$	$m/z$	差异成分	$P$ 值	VIP	倍性变化
1	5.34	353.089 3	绿原酸	$1.25\times10^{-9}$	4.71	0.52
2	5.80	179.035 3	咖啡酸	$7.87\times10^{-10}$	3.52	2.34
3	6.03	353.086 6	隐绿原酸	$1.55\times10^{-7}$	2.08	0.75
4	10.02	433.116 1	柚皮素-6- $C$ - $\beta$ - $D$ -吡喃葡萄糖苷	$2.94\times10^{-17}$	4.46	5.05
5	10.47	433.116 1	柚皮素-8- $C$ - $\beta$ - $D$ -吡喃葡萄糖苷	$1.73\times10^{-17}$	4.70	5.48
6	11.50	449.110 5	新落新妇苷	$3.25\times10^{-7}$	2.32	0.81
7	11.76	477.067 2	槲皮素-3- $O$ - $\beta$ - $D$ -葡萄糖醛酸	$8.30\times10^{-9}$	1.96	1.51
8	12.01	449.110 6	落新妇苷	$7.14\times10^{-8}$	3.06	0.75
9	12.89	521.132 0	4- $O$ -吡喃葡萄糖迷迭香酸	$2.01\times10^{-16}$	4.81	0.30
10	13.30	449.106 7	新异落新妇苷	$8.94\times10^{-8}$	2.06	0.66
11	13.50	461.074 0	山柰酚-3- $O$ - $\beta$ - $D$ -吡喃葡萄糖醛酸苷	$4.29\times10^{-15}$	3.61	3.54
12	13.61	449.110 5	异落新妇苷	$6.86\times10^{-8}$	2.41	0.71
13	14.05	597.160 6	草珊瑚酚苷 A	$3.45\times10^{-15}$	1.84	0.17
14	14.79	359.077 3	迷迭香酸	$2.01\times10^{-16}$	11.68	0.30

表 3 5 年生与 8 年生肿节风中差异成分

Tab. 3 Composition differences in 5-year-old and 8-year-old *S. glabra*

编号	$t_R/\text{min}$	$m/z$	差异成分	$P$ 值	VIP	倍性变化
1	3.13	353.089 4	新绿原酸	$9.06\times10^{-13}$	2.84	0.60
2	5.34	353.089 3	绿原酸	$8.40\times10^{-6}$	2.51	0.64
3	5.80	179.035 3	咖啡酸	$1.93\times10^{-11}$	4.39	0.32
4	6.03	353.086 6	隐绿原酸	$2.12\times10^{-12}$	3.34	0.56
5	9.04	399.071 3	6,7,8-三羟基香豆素-7- $O$ - $\alpha$ -吡喃鼠李糖苷	$2.21\times10^{-18}$	2.88	0.23
6	10.02	433.116 1	柚皮素-6- $C$ - $\beta$ - $D$ -吡喃葡萄糖苷	$1.48\times10^{-14}$	2.80	0.49
7	10.47	433.116 1	柚皮素-8- $C$ - $\beta$ - $D$ -吡喃葡萄糖苷	$2.90\times10^{-14}$	2.82	0.50
8	11.50	449.110 5	新落新妇苷	$1.47\times10^{-14}$	7.39	0.39
9	11.76	477.067 2	槲皮素-3- $O$ - $\beta$ - $D$ -葡萄糖醛酸	$7.71\times10^{-17}$	5.82	0.11
10	12.01	449.110 6	落新妇苷	$2.83\times10^{-15}$	8.56	0.29
11	13.30	449.106 7	新异落新妇苷	$8.56\times10^{-15}$	4.19	0.23
12	13.50	461.074 0	山柰酚-3- $O$ - $\beta$ - $D$ -吡喃葡萄糖醛酸苷	$1.42\times10^{-17}$	5.16	0.02
13	13.61	449.110 5	异落新妇苷	$7.77\times10^{-14}$	5.87	0.24
14	14.79	359.077 3	迷迭香酸	$4.96\times10^{-15}$	8.99	0.08

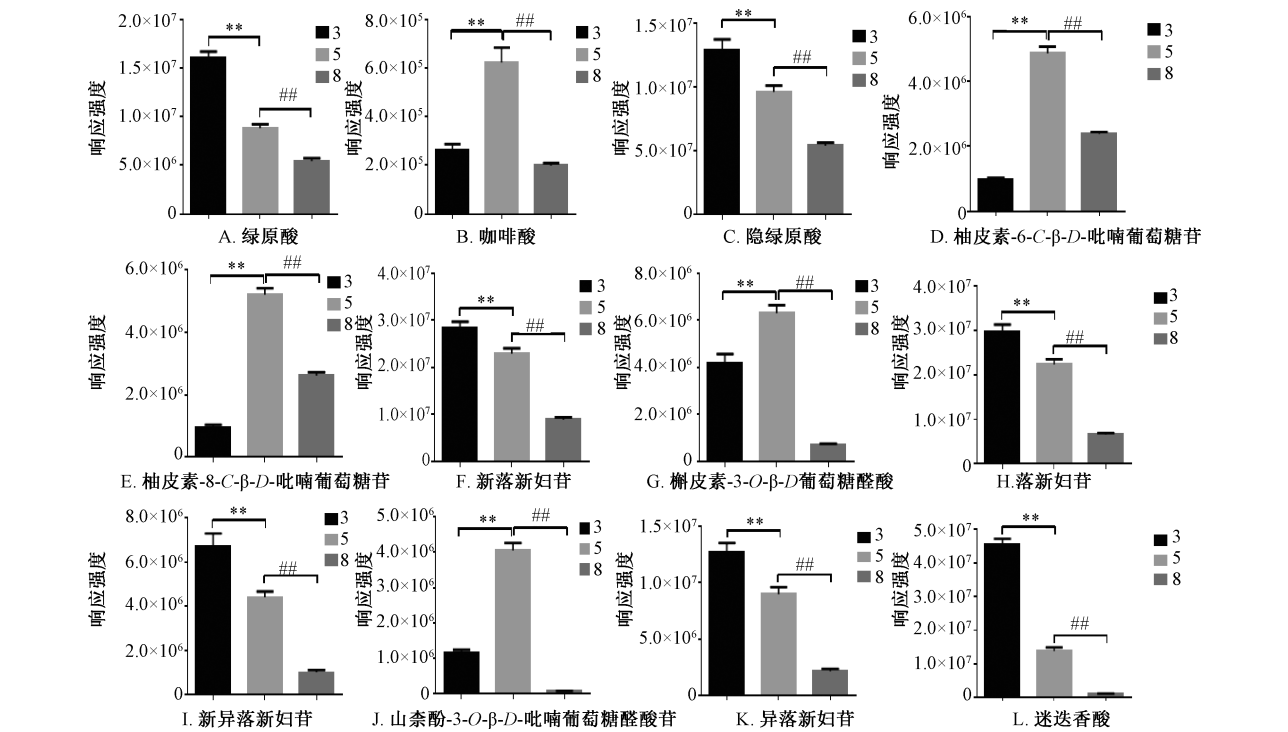
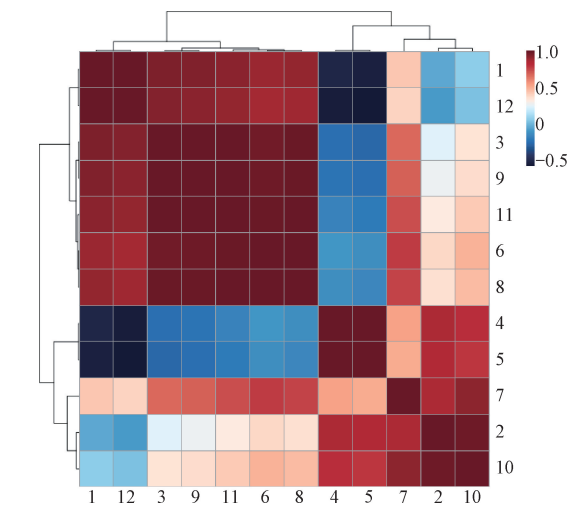


图 7 不同生长期肿节风差异成分变化规律

Fig. 7 Variation rule of differential compositions in *S. Glabra* at different growth stages





注：1. 绿原酸、2. 咖啡酸、3. 隐绿原酸、4. 柚皮素-6-C-β-D-吡喃葡萄糖苷、5. 柚皮素-8-C-β-D-吡喃葡萄糖苷、6. 新落新妇苷、7. 槲皮素-3-O-β-D 葡萄糖醛酸、8. 落新妇苷、9. 新异落新妇苷、10. 山柰酚-3-O-β-D-吡喃葡萄糖醛酸苷、11. 异落新妇苷、12. 迷迭香酸。

图 8 肿节风中化学成分关联性分析  
Fig. 8 Correlation analysis of chemical constituents in *S. glabra*

4 讨论

该研究对肿节风化学成分进行结构表征，解析化合物的裂解规律共鉴定出 31 种化学成分，利用代谢组学技术实现不同生长期肿节风化学成分的整体评价。不同生长期肿节风的化学成分差异明显，通过 OPLS-DA 分析筛选出共有 14 种差异成分，且均为黄酮和有机酸，显示生长期对肿节风中的黄酮和有机酸成分富集影响较大。多数有机酸相对含量随生长年限下降显著，而咖啡酸相对含量先升后降，可能与咖啡酸、绿原酸、隐绿原酸、迷迭香酸的前体成分有关。黄酮相对含量则随生长年限呈现不同的变化趋势，其中酚苷（柚皮素-6-C-β-D-吡喃葡萄糖苷、柚皮素-8-C-β-D-吡喃葡萄糖苷）和黄酮苷酸（槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖醛酸、山柰酚-3-O-β-D-吡喃葡萄糖醛酸苷）相对含量先升后降，二氢黄酮醇苷（新落新妇苷、落新妇苷、新异落新妇苷、异落新妇苷）相对含量则逐步下降。相关性分析表明，黄酮、有机酸均表现出结构相似成分呈强正相关，可能与具有相似的生物合成途径有关。本研究借助 LTQ-Orbitrap 技术对不同生长期肿节风的化学成分进行动态分析，以期为进一步研究

长期对肿节风物质基础影响提供依据，同时也为肿节风质量评价和质量控制提供参考。

参考文献：

[ 1 ] 陈 超，曾慧婷，何小群，等. 基于本草学理论的金粟兰科植物选药科学性探讨[J]. 中国中药杂志，2018，43（14）：3036-3040.

[ 2 ] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：2020 年版一部[S]. 北京：中国医药科技出版社，2020：233-234.

[ 3 ] 杨秀伟. 珊瑚属药用植物的生物活性物质基础[J]. 中国现代中药，2017，19(2)：155-164.

[ 4 ] Wei S S, Chi J, Zhou M M, *et al.* Anti-inflammatory lindenane sesquiterpenoids and dimers from *Sarcandra glabra* and its upregulating AKT/Nrf2/HO-1 signaling mechanism [J]. *Ind Crop Prod*, 2019, 137: 367-376.

[ 5 ] Tsai Y C, Chen S H, Lin L C, *et al.* Anti-inflammatory principles from *Sarcandra glabra* [J]. *J Agric Food Chem*, 2017, 65(31): 6497-6505.

[ 6 ] Liu J X, Zhang Y, Hu Q P, *et al.* Isofraxidin exhibited anti-inflammatory effects *in vivo* and inhibited TNF-α production in LPS-induced mouse peritoneal macrophages *in vitro* via the MAPK pathway[J]. *Antivir Res*, 2017, 14(2)：34-43.

[ 7 ] Niu X F, Xing W, Li W F, *et al.* Anti-inflammatory effects of rosmarinic acid-4-O-beta-D-glucoside in reducing acute lung injury in mice infected with influenza virus [J]. *Int Immunopharmacol*, 2012, 14(2)：164-171.

[ 8 ] 孙慧娟，卢晓南，胡星遥，等. 肿节风总黄酮促进白血病 K562 细胞凋亡的效应及机制研究[J]. 中药药理与临床，2019，35(6)：54-57.

[ 9 ] 卢晓南，孙慧娟，朱 静，等. 肿节风总黄酮对细胞共培养体系中巨核细胞分化、成熟的影响[J]. 中药新药与临床药理，2019，30(11)：1277-1283.

[ 10 ] Zhu X Q, Jiang Y L, Zheng Q, *et al.* Apoptosis of platelets inhibited by herba sarcandrae extract through the mitochondria pathway[J]. *Evid-Based Compl Alt*, 2018(1)：1-12.

[ 11 ] 庞溢媛，薛立英，郑艳红，等. 基于 UHPLC-MS/MS 代谢组学技术的不同采收期黄芩质量比较研究[J]. 药学学报，2017，52(12)：1903-1909.

[ 12 ] Zhou H, Liang J L, Lv D, *et al.* Characterization of phenolics of *Sarcandra glabra* by non-targeted high-performance liquid chromatography fingerprinting and following targeted electrospray ionisation tandem mass spectrometry/time-of-flight mass spectrometry analyses [J]. *Food Chem*, 2013, 138 (4)：2390-2398.

[ 13 ] 邵 坚，吴祥明，李治光，等. 基于 UPLC-LTQ-Orbitrap 代谢组学技术的不同产地黄连组分比较研究[J]. 中药材，2020，43(2)：309-313.