

- 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甾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¹, 李诒光^{1,2}, 谢斌¹, 陈芳¹, 周立分², 刘文君^{1*}

(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 Jian¹, LI Yi-guang^{1,2}, XIE Bin¹, CHEN Fang¹, ZHOU Li-fen², LIU Wen-jun^{1*}

(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^[1]。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^[2]；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^[3-7]；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^[8-10]。

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^[11]。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，以期为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 UltiMate 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 C₁₈ 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。

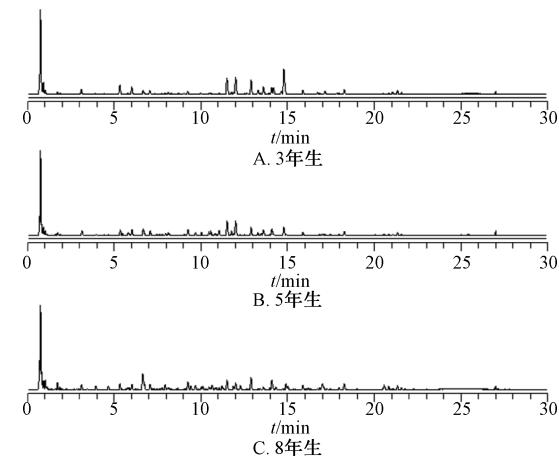


图 1 不同生长期肿节风总离子流图

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 肺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/min	[M-H] ⁻	MS ²	参考文献
1	延胡索酸	C ₄ H ₄ O ₄	1.03	115.004 1	71	[13]
2	琥珀酸	C ₄ H ₆ O ₄	1.08	117.019 4	85,73	[13]
3	原儿茶酸	C ₇ H ₆ O ₄	2.36	153.019 7	109	[13]
4	丹参素	C ₉ H 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 ₇ H 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 ₉ H ₈ O 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	异嗪皮啶-7-O-β-D-葡萄糖昔	C ₁₇ H ₂₀ O ₁₀	6.75	383.100 7	221,197,179	[12-13]
12	秦皮素	C ₁₀ H ₈ O ₅	7.78	207.030 6	192,163	[13]
13	二氢催吐萝芙木醇-O-β-D-吡喃葡萄糖昔	C ₂₀ O ₈ H ₃₃	7.96	387.202 6	207,179,161,119	[13]
14	脱羟基咖啡酸	C ₉ H ₈ O 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-O-α-吡喃鼠李糖昔	C ₁₅ H ₁₆ O ₉	9.04	399.071 3	193,175,165,137	[13]
17	东莨菪素	C ₁₀ H ₈ O ₄	9.57	191.034 9	176,147,103	[12-13]
18	柚皮素-6-C-β-D-吡喃葡萄糖昔	C ₂₁ H ₂₂ O ₁₀	10.02	433.116 1	225,193,179,	[12]
19	柚皮素-8-C-β-D-吡喃葡萄糖昔	C ₂₁ H ₂₂ O ₁₀	10.47	433.116 1	193,191,179,161,143	[12]
20	异嗪皮啶	C ₁₁ H ₁₀ O ₅	10.52	221.046 4	206,177,149	[12-13]
21	新落新妇昔	C ₂₁ H ₂₂ O ₁₁	11.50	449.110 5	199,177,151	[12]
22	槲皮素-3-O-β-D-葡萄糖醛酸	C ₂₁ H ₁₈ O ₁₃	11.76	477.067 2	221,179,175,151,	[12]
23	金粟兰诺昔 A	C ₂₁ H ₂₈ O ₉	11.88	423.165 4	189,179,163,161,159,143	[13]
24	落新妇昔	C ₂₁ H ₂₂ O ₁₁	12.01	449.110 6	209,177,151	[12]
25	4-O-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	新异落新妇昔	C ₂₁ H ₂₂ O ₁₁	13.30	449.106 7	179,177,165,151	[12]
27	山柰酚-3-O-β-D-吡喃葡萄糖醛酸昔	C ₂₁ H ₁₈ O ₁₂	13.50	461.074 0	179,175,157,153	[12]
28	异落新妇昔	C ₂₁ H ₂₂ O ₁₁	13.61	449.110 5	199,177,151	[12]
29	草珊瑚酚昔 A	C ₃₀ H ₃₀ O ₁₃	14.05	597.160 6	217,189,177	[13]
30	草珊瑚酚昔 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 $R_x^2 = 0.929$, $Q^2 = 0.906$ 。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肺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 年生肺节风样品主要分布在置信区间的左侧, 5 年生肺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 $R_x^2 = 0.985$, $R_y^2 = 0.997$, $Q^2 = 0.997$, 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

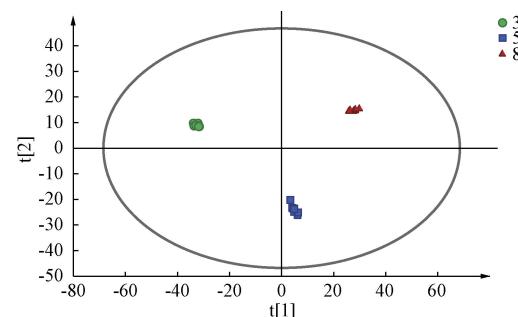


图 2 不同生长期样品主成分分析图
Fig. 2 Principal component analysis plot for samples of different growth stages

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 年生肺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右侧，可以明显区分开；模型中， $R_X^2 = 0.974$ ， $R_Y^2 = 0.996$ ， $Q^2 = 0.996$ ，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。

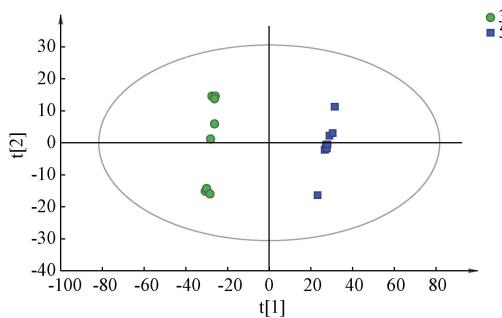


图3 3年生与5年生肿节风OPLS-DA得分图

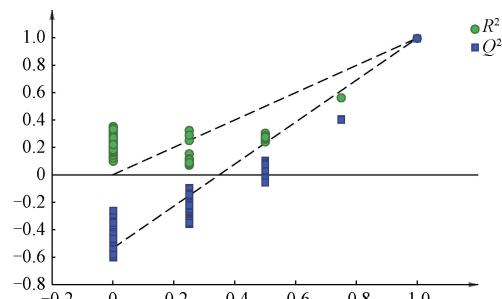
Fig. 3 OPLS-DA score for 3-year-old and 5-year-old *S. glabra*

图4 置换检验(1)

Fig. 4 Permutation test (1)

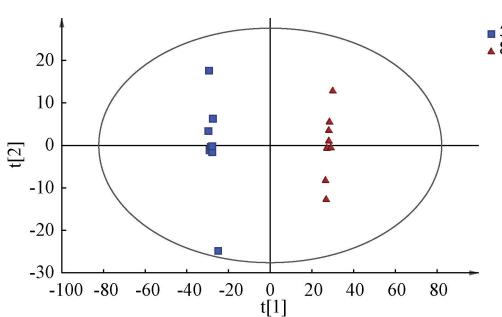


图5 5年生与8年生肿节风OPLS-DA得分图

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、

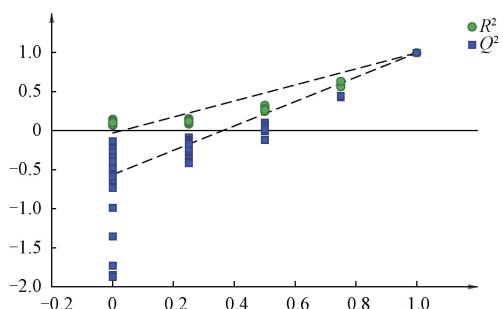


图6 置换检验(2)

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

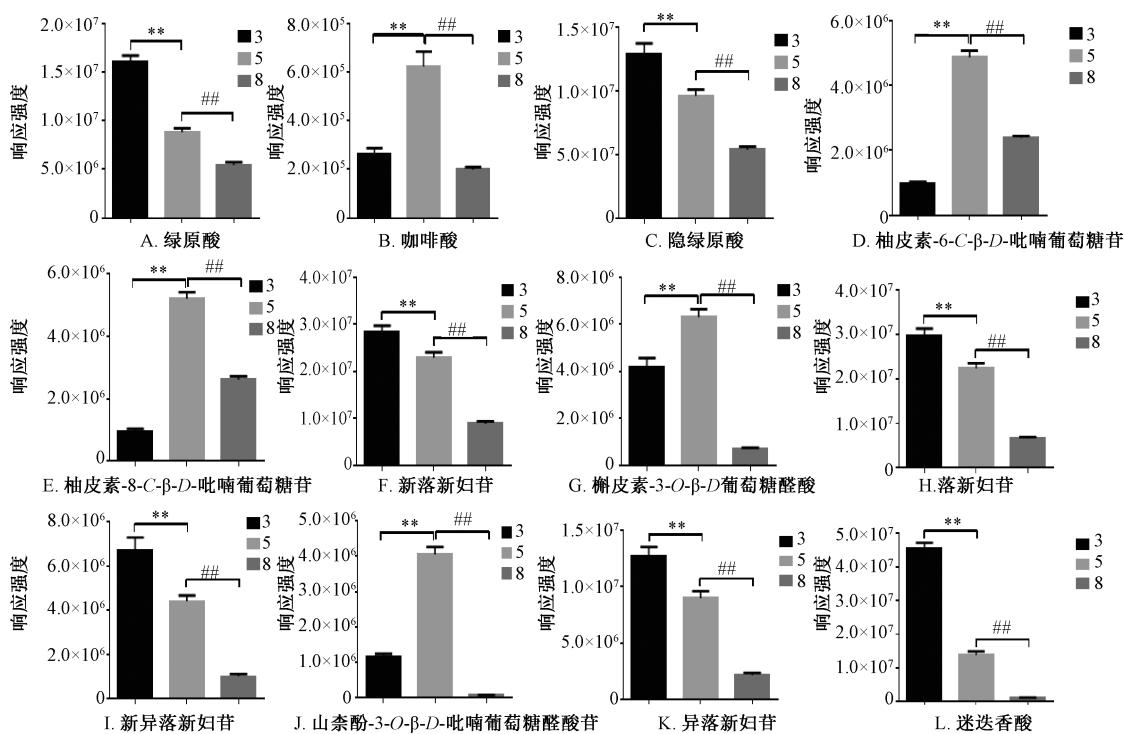
Tab. 2 Composition differences in 3-year-old and 5-year-old *S. glabra*

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

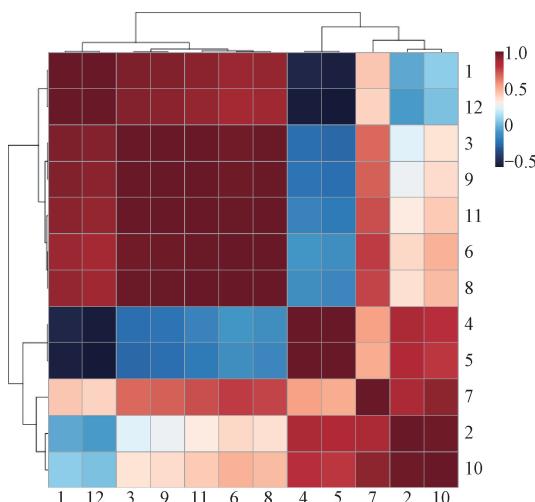
编号	t_R/min	m/z	差异成分	P 值	VIP	倍性变化
1	3.13	353.089 4	新绿原酸	9.06×10^{-13}	2.84	0.60
2	5.34	353.089 3	绿原酸	8.40×10^{-6}	2.51	0.64
3	5.80	179.035 3	咖啡酸	1.93×10^{-11}	4.39	0.32
4	6.03	353.086 6	隐绿原酸	2.12×10^{-12}	3.34	0.56
5	9.04	399.071 3	6,7,8-三羟基香豆素-7-O- α -吡喃鼠李糖苷	2.21×10^{-18}	2.88	0.23
6	10.02	433.116 1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



注：与3年生比较，** $P < 0.01$ ，与5年生比较，## $P < 0.01$ 。

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，以期为深入研究生

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.草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-alpha 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].中医药理与临床,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,吴样明,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.