

· 基础研究 ·

基于HPLC的罗布麻与白麻不同部位活性成分
比较分析[△]陈翠花¹, 周永逸², 薛佳², 陈海杰², 邹立思^{1*}, 潘雅楠¹, 刘训红^{2*}

1. 南京中医药大学 中医学院, 江苏 南京 210023;

2. 南京中医药大学 药学院, 江苏 南京 210023

[摘要] 目的: 比较罗布麻和混淆品白麻不同部位(叶、花、茎、根)指标成分的含量, 对药材进行比较分析。方法: 采用高效液相色谱法(HPLC)测定罗布麻和白麻不同部位中指标成分金丝桃苷、异槲皮苷、三叶豆苷、山柰酚-3-O-芸香糖苷、紫云英苷、芦丁、白麻苷、新绿原酸、绿原酸等14种黄酮和3种酚酸类成分含量。基于各组分进行聚类、主成分分析及正交偏最小二乘法-判别分析, 并比较各组样品。结果: 罗布麻和白麻不同部位样品主要活性成分为绿原酸、新绿原酸、隐绿原酸、金丝桃苷、异槲皮苷、三叶豆苷等。聚类和主成分分析显示, 根中主要成分类似, 叶、花中黄酮与酚酸含量均较高; 罗布麻和白麻的差异成分主要表现在绿原酸、山柰酚-3-O-芸香糖苷、金丝桃苷、白麻苷、山柰酚、表儿茶素、隐绿原酸、紫云英苷、三叶豆苷、异槲皮苷。结论: 罗布麻与白麻主要成分差异显著, 研究结果可为评价罗布麻属药材成分差异和罗布麻传统用药提供参考。

[关键词] 罗布麻; 白麻; 不同部位; 差异成分; 多元统计分析

[中图分类号] R284 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-4890(2023)05-1010-10

doi:10.13313/j.issn.1673-4890.20220928004

Comparative Analysis of Active Components in Different Parts of *Apocynum venetum* L.
and *Apocynum pictum* Schrenk Based on High Performance Liquid ChromatographyCHEN Cui-hua¹, ZHOU Yong-yi², XUE Jia², CHEN Hai-jie², ZOU Li-si^{1*}, PAN Ya-nan¹, LIU Xun-hong^{2*}

1. School of Chinese Medicine, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China;

2. School of Pharmacy, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China

[Abstract] **Objective:** To compare the contents of index components in different parts (leaves, flowers, stems, roots) of *Apocynum venetum* L. (AV) and *Apocynum pictum* Schrenk (AP), to conduct a comparative analysis of the medicinal materials. **Methods:** The contents of index components in different parts of AV and AP were analyzed based on high performance liquid chromatography (HPLC), including 14 flavonoids and 3 phenolic acids such as hyperoside, isoquercitrin, trifolin, kaempferol-3-O-rutinoside, astragaloside, rutin, baimaside, neochlorogenic acid, and chlorogenic acid. Cluster analysis, principal component analysis (PCA) and orthogonal partial least-squares discrimination analysis (OPLS-DA) were performed for the components, and samples in each group were compared. **Results:** The main active components in different parts of AV and AP were chlorogenic acid, neochlorogenic acid, cryptochlorogenic acid, hyperoside, isoquercitrin, and trifolin. Cluster analysis and PCA indicated that the dominant components in roots were similar, and the contents of flavonoids and phenolic acids in leaves and flowers were high. The differential components between AV and AP were mainly chlorogenic acid, kaempferol-3-O-rutinoside, hyperoside, baimaside, kaempferol, epicatechin, cryptochlorogenic acid, astragaloside, trifolin, and isoquercitrin. **Conclusion:** AV is significantly different from AP in terms of main components. This paper provides basic data for evaluating the differential components among medicinal materials of *Apocynum* and traditional medical application of AV.

[△] [基金项目] 江苏省高校自然科学基金面上项目(20KJD360001); 吴承玉中医药传承与创新人才基金项目(2021)

* [通信作者] 邹立思, 实验师, 研究方向: 中药资源与鉴定; E-mail: zlstcm@njucm.edu.cn
刘训红, 教授, 研究方向: 中药资源与鉴定; E-mail: 300100@njucm.edu.cn

[Keywords] *Apocynum venetum* L.; *Apocynum pictum* Schrenk; different parts; differential components; multivariate statistical analysis

罗布麻 *Apocynum venetum* L. (红麻) 和白麻 *A. pictum* Schrenk (大叶白麻、大花罗布麻) 分别属于夹竹桃科罗布麻属和白麻属。罗布麻的叶、根、茎、花全草均可入药。罗布麻叶为常用的平抑肝阳的中药材, 味甘、微苦, 性凉, 主要功效为平肝安神、清热利水, 用于肝阳眩晕、心悸失眠、浮肿尿少^[1-2]。现代药理研究表明, 罗布麻叶具有降血压、调血脂、止咳化痰、平肝息风等功效^[3-4]。罗布麻主要含有金丝桃苷、紫云英苷、异槲皮苷、三叶豆苷、表儿茶素、芦丁、儿茶素等黄酮类成分及隐绿原酸、绿原酸、新绿原酸、咖啡酸等酚酸类成分^[5]。

与罗布麻相比, 白麻的研究相对匮乏, 其花与叶在新疆民间泡茶饮用。白麻有调节血压、抗氧化、镇静安神等传统功效, 以及调血脂、抑制由腺苷二磷酸 (ADP) 诱导的血小板聚集、抗自由基等作用^[6]。罗布麻和白麻均具有 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼 (DPPH) 自由基清除作用^[7]。

近年来, 市场中白麻与罗布麻混用现象普遍。已有研究基于两者形态、性状、显微特征等确定了其来源和组织细胞特征^[8-13]。但是, 罗布麻和白麻不同部位的有效成分差异尚未见报道。本研究基于高效液相色谱法 (HPLC) 建立同时测定罗布麻和白麻

不同药用部位指标成分黄酮与酚酸类成分含量的方法; 结合聚类分析 (CA)、主成分分析 (PCA) 及正交偏最小二乘法-判别分析 (OPLS-DA) 筛选差异成分, 为罗布麻药材区分提供参考。

1 材料

1.1 试药

罗布麻采自南京中医药大学药苑, 白麻采自新疆, 各 3 批, 同种样品混合, 经南京中医药大学中药鉴定教研室刘训红教授鉴定, 分别为夹竹桃科植物罗布麻 *Apocynum venetum* L. 和白麻 *A. pictum* Schrenk。罗布麻和白麻样品均留样并存放于南京中医药大学中药鉴定实验室。

对照品信息见表 1, 所有对照品纯度均大于 92%; 甲醇和乙腈 (HPLC 级, Tedia 公司); 甲酸 (HPLC 级, Thermo Scientific 公司); 超纯水为自制。

1.2 仪器

BSA2245 型电子分析天平 (Sartorius 公司); U3000 型 HPLC 系统、MicroCL 17R 型高速冷冻离心机 (Thermo Scientific 公司); KH-500DV 型超声仪 (昆山禾创超声仪器有限公司); GZX-9240MBE 型烘箱 (上海博迅实业有限公司); Milli-Q 型纯水系

表 1 罗布麻与白麻中 17 个化合物的对照品信息

名称	批号	生产厂家	储备液质量浓度/mg·mL ⁻¹
绿原酸	20160701	宝鸡辰光生物技术有限公司	2.580
隐绿原酸	12112605	成都普瑞法科技开发有限公司	1.830
新绿原酸	20160601	宝鸡辰光生物技术有限公司	1.055
儿茶素	20161221	宝鸡辰光生物技术有限公司	1.044
白麻苷	2016122	宝鸡辰光生物技术有限公司	1.003
表儿茶素	110878-200102	中国食品药品检定研究院	1.034
芦丁	100080-200707	中国食品药品检定研究院	1.020
金丝桃苷	111521-200303	中国食品药品检定研究院	0.936
异槲皮苷	HI105405	宝鸡辰光生物技术有限公司	1.094
山柰酚-3-O-芸香糖苷	CHB161277	成都克洛玛生物技术有限公司	0.992
三叶豆苷	BBP03465	宝鸡辰光生物技术有限公司	3.470
紫云英苷	20160723	宝鸡辰光生物技术有限公司	1.004
槲皮苷	091-0712	中国食品药品检定研究院	1.000
槲皮素	10081-9905	中国食品药品检定研究院	1.545
芹菜素	CHB160917	成都克洛玛生物技术有限公司	1.064
柚皮素	lw18032311	南京良纬生物科技有限公司	1.345
山柰酚	100861-200303	中国食品药品检定研究院	0.320

统(Merck公司)。

2 方法

2.1 对照品溶液制备

精密称取各对照品适量,用甲醇溶解并稀释至量瓶刻度,摇匀,制得各对照品储备液。取适量储备液用甲醇逐级稀释成混合对照品溶液。HPLC进样前,对照品溶液经0.22 μm 微孔滤膜滤过。

2.2 供试品溶液制备

将罗布麻和白麻的叶(AVL/PHL)、花(AVF/PHF)、茎(AVS/PHS)、根(AVR/PHR)分离。每组样品设置6个重复。所有样品于40 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中干燥。样品打粉,粉末过40目筛,准确称定质量(0.5 g),加入75%乙醇5 mL,室温下超声提取45 min。用75%乙醇补足减失的质量后摇匀。样品于室温下16 099 $\times g$ 离心15 min,上清液4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱保存。供试品于HPLC进样前经0.22 μm 微孔滤膜滤过。

2.3 色谱条件

HPLC系统配有二极管阵列检测器(DAD)。Thermo AcclaimTM RSLC 120 C₁₈色谱柱(250 mm $\times$ 4.6 mm, 5 μm),流动相为0.2%甲酸(A)-乙腈(B),梯度洗脱(0~5 min, 15%B; 5~10 min, 15%~20%B; 10~12 min, 20%B; 12~18 min, 20%~23%B; 18~25 min, 23%~30%B; 25~35 min, 30%~50%B; 35~40 min, 50%~80%B; 40~45 min, 80%B; 45~46 min, 80%~15%B; 46~56 min, 15%B),检测波长为210、260、280、360 nm,流速为1 mL $\cdot\text{min}^{-1}$,柱温为30 $^{\circ}\text{C}$,进样量为10 μL 。

2.4 精密度、稳定性、重复性、回收率、线性关系

取同一对照品溶液连续进样6次,记录峰面积,考察精密度;取同一供试品溶液,分别在0、4、8、12、24、48 h进样,考察样品稳定性;精密称取适量的同一样品6份,制成供试品液溶液并考察重复性;将含量已知的罗布麻样品精密称定(6份),加入适量对照品后,制备供试品溶液,HPLC分析,考察回收率。

取系列质量浓度的对照品储备液,进行HPLC测定分析,以峰面积为纵坐标(Y),对照品质量浓度为横坐标(X),绘制标准曲线。

2.5 多元统计分析

根据对照品标准曲线计算多元指标成分的含量。基于各指标成分,采用IBM SPSS Statistics 22统计学软件对样品进行CA;采用SIMCA-P 11.5数据处理软件对样品进行无监督的PCA和有监督的OPLS-DA,筛选变量重要性投影(VIP)>1的成分。

2.6 数据处理

数据分析使用单向方差和邓肯多范围检验(Duncan's multiple-range)分析,不同字母表示不同样品间差异有统计学意义($P<0.05$)。

3 结果

3.1 HPLC方法学验证

HPLC条件经过优化后,分析物分离度良好。17个对照品线性方程相关性良好($r>0.999\ 0$),样品的精密度、稳定性、重复性RSD均<5%;加样回收率为96.83~105.43%(表2),表明HPLC方法可靠。

3.2 HPLC含量分析

罗布麻和白麻各部位样品色谱峰分离度良好(图1)。通过比对对照品保留时间(t_R),对17个指标成分进行分析(图2)。罗布麻代表性成分为金丝桃苷、异槲皮苷、儿茶素、绿原酸、异槲皮苷、三叶豆苷、隐绿原酸等黄酮和酚酸类;白麻代表性成分为白麻苷、三叶豆苷、新绿原酸、隐绿原酸、槲皮素、山柰酚等。

罗布麻叶中绿原酸(1.66%)、隐绿原酸(0.35%)、新绿原酸(0.56%)分别为白麻叶的9.88、0.80、6.11倍;罗布麻叶中黄酮类指标成分金丝桃苷(0.56%)、异槲皮苷(0.53%)、三叶豆苷(0.45%)、山柰酚-3-*O*-芸香糖苷(0.25%)分别为白麻叶的1.77、0.84、0.78、1.24倍。白麻叶中代表性成分白麻苷质量分数高达0.60%,而罗布麻叶中白麻苷含量极低。

罗布麻花和白麻花中,绿原酸(1.43%、1.10%)、新绿原酸(0.21%、0.67%)、隐绿原酸(0.20%、0.34%)、金丝桃苷(0.31%、0.25%)、异槲皮苷(0.42%、0.43%)、山柰酚-3-*O*-芸香糖苷(0.23%、0.35%)质量分数均较高。白麻苷的含量差异较大,质量分数分别为0.001%和0.280%。

表2 罗布麻与白麻中各成分的线性方程、稳定性、重复性、回收率

序号	成分	t_R/min	线性方程	线性范围/ $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$	r	精密度 RSD/%	稳定性 RSD/%	重复性 RSD/%	平均回 收率/%	回收率 RSD/%
1	绿原酸	5.59	$Y=23.568X+2.177$	0.065~516.000	0.999 4	4.01	3.02	4.31	98.88	0.34
2	隐绿原酸	6.51	$Y=6.737\ 2X-0.009\ 4$	0.092~183.000	0.999 4	2.29	4.13	3.76	100.19	0.36
3	儿茶素	7.20	$Y=4.909X-0.004$	0.052~104.400	0.999 7	2.49	4.40	3.00	96.83	0.22
4	新绿原酸	9.28	$Y=13.814X-0.048\ 6$	0.106~105.500	0.999 6	3.40	4.11	3.35	96.96	0.41
5	白麻苷	11.92	$Y=67.2X+0.01$	0.050~200.600	0.999 1	4.53	3.34	4.18	102.40	0.46
6	表儿茶素	12.90	$Y=30.637X+0.027\ 3$	0.052~103.400	0.999 8	2.71	2.69	3.97	98.03	0.23
7	芦丁	14.70	$Y=30.05X-0.142\ 3$	0.051~102.000	0.999 2	3.42	4.20	4.64	101.03	0.23
8	金丝桃苷	16.89	$Y=83.094X+0.023$	0.047~374.400	0.999 2	3.82	3.62	3.05	104.37	0.21
9	异槲皮苷	17.29	$Y=63.726X-0.093\ 6$	0.055~328.200	0.999 6	4.27	4.31	2.69	101.77	0.37
10	山柰酚-3- <i>O</i> -芸 香糖苷	19.69	$Y=36.707X-0.103\ 4$	0.050~297.600	0.999 5	2.13	3.75	4.13	99.87	0.40
11	三叶豆苷	21.18	$Y=11.726X-0.362\ 5$	0.174~347.000	0.999 8	4.21	1.98	3.05	105.27	0.49
12	紫云英苷	24.12	$Y=37.325X+0.052\ 7$	0.050~301.200	0.999 9	4.30	3.84	3.54	97.71	0.39
13	槲皮苷	25.21	$Y=45.961X+0.046\ 8$	0.050~100.000	0.999 5	2.30	4.64	2.55	105.43	0.39
14	槲皮素	31.20	$Y=46.893X+0.053\ 7$	0.077~154.500	0.999 1	2.52	3.12	4.18	101.38	0.49
15	芹菜素	32.94	$Y=5.832\ 7X-0.000\ 3$	0.053~106.400	0.999 8	3.40	1.86	2.23	100.35	0.33
16	柚皮素	34.35	$Y=47.593X+0.091\ 5$	0.067~134.500	0.999 2	3.57	3.39	4.86	104.52	0.22
17	山柰酚	38.94	$Y=262.04X+0.048\ 1$	0.016~320.000	0.999 4	3.30	3.00	2.18	97.88	0.49

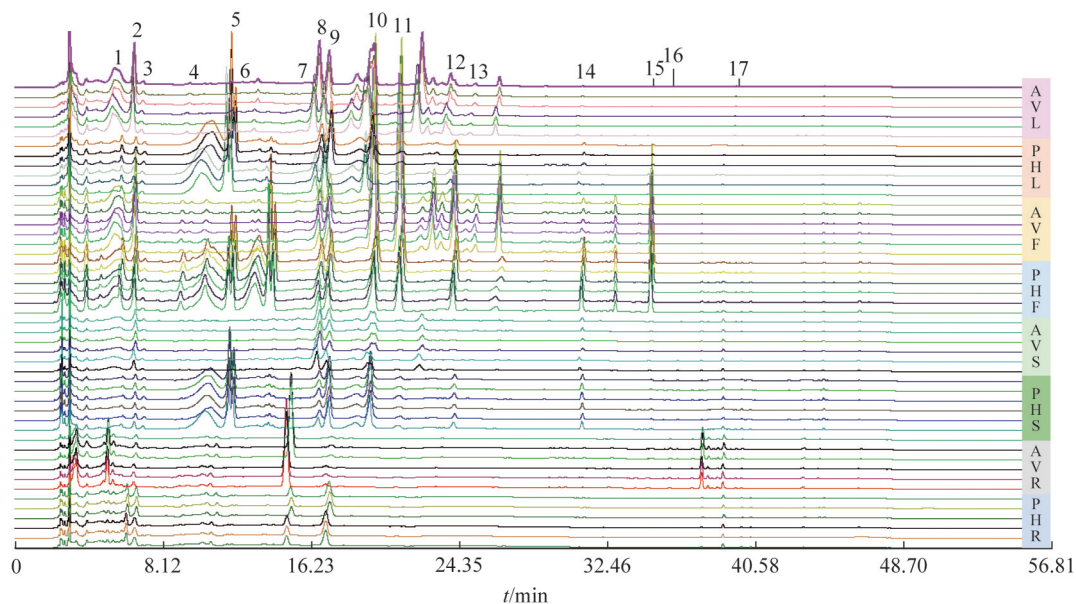


图1 罗布麻与白麻各部位样品的色谱图

罗布麻茎和白麻茎主要成分为隐绿原酸、金丝桃苷、异槲皮苷、山柰酚-3-*O*-芸香糖苷等，其中白麻茎中白麻苷和表儿茶素含量远高于罗布麻茎。

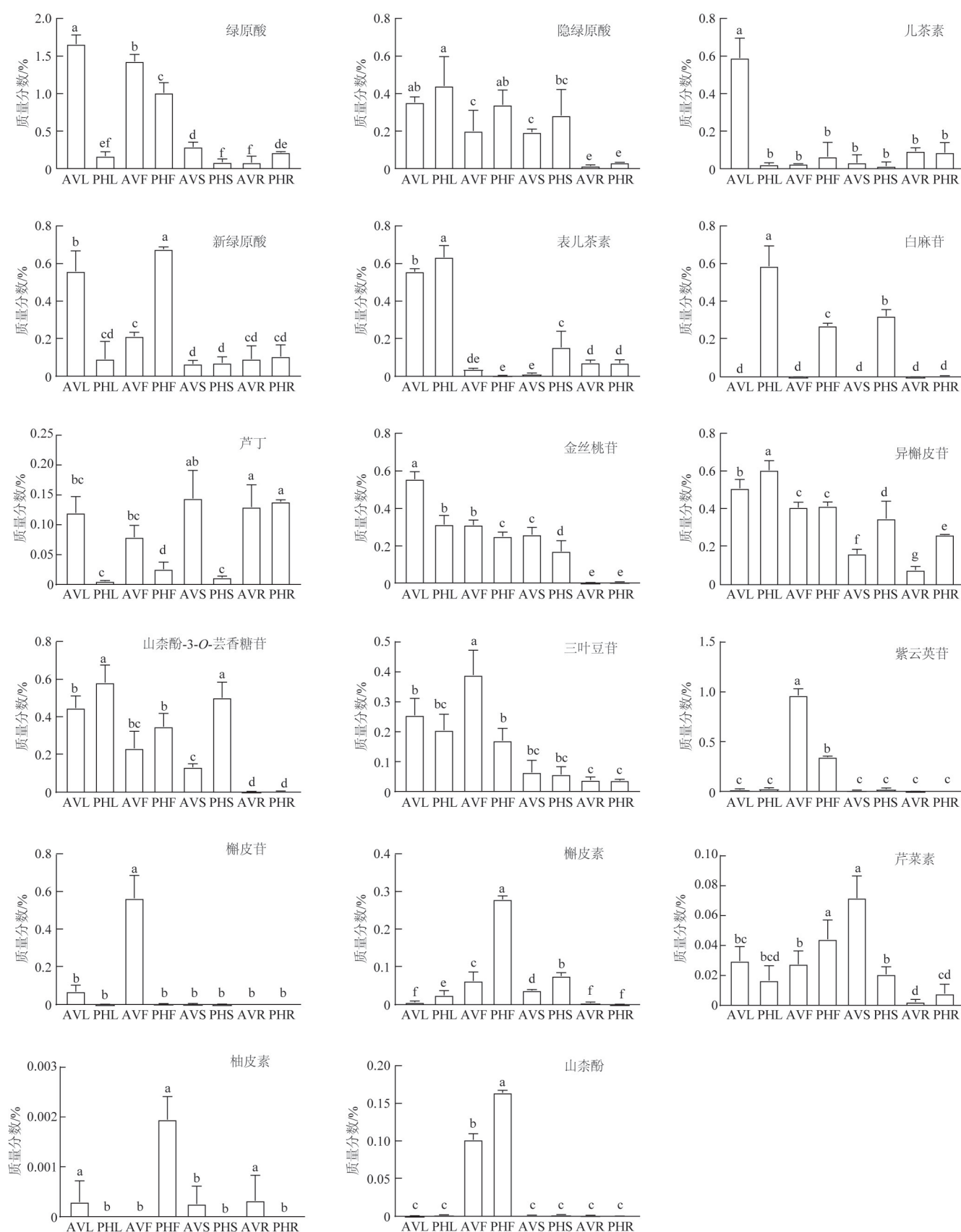
罗布麻根和白麻根中的代表性成分为新绿原酸、芦丁、绿原酸，大部分成分的水平较叶中显著下降。

热图结果显示，罗布麻和白麻的绿原酸、隐绿原酸、金丝桃苷、异槲皮苷、白麻苷、山柰酚-3-*O*-芸香糖苷、紫云英苷水平差异显著（图3）。此外，

白麻中积累大量的白麻苷，其他成分整体来看罗布麻高于白麻。17个指标成分在罗布麻中总质量分数为0.62%~5.7%，白麻中为0.99%~3.79%。

3.3 多元统计分析

CA结果显示，罗布麻与白麻的根先聚类，然后依次与罗布麻茎、白麻茎、白麻叶聚类。罗布麻与白麻花聚类，然后与罗布麻叶聚类。最后所有样品



注：不同小写字母表示组间比较 $P < 0.05$ 。

图2 罗布麻与白麻的不同部位指标成分质量分数 ($\bar{x} \pm s, n=6$)

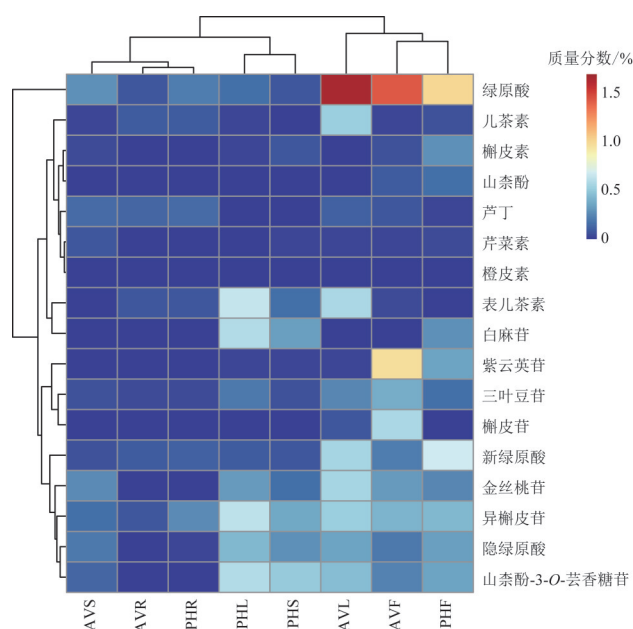


图3 罗布麻与白麻的不同部位指标成分质量分数热图

聚为一大类(图4)。基于欧氏距离得出的聚类结果与热图聚类分析结果基本一致。

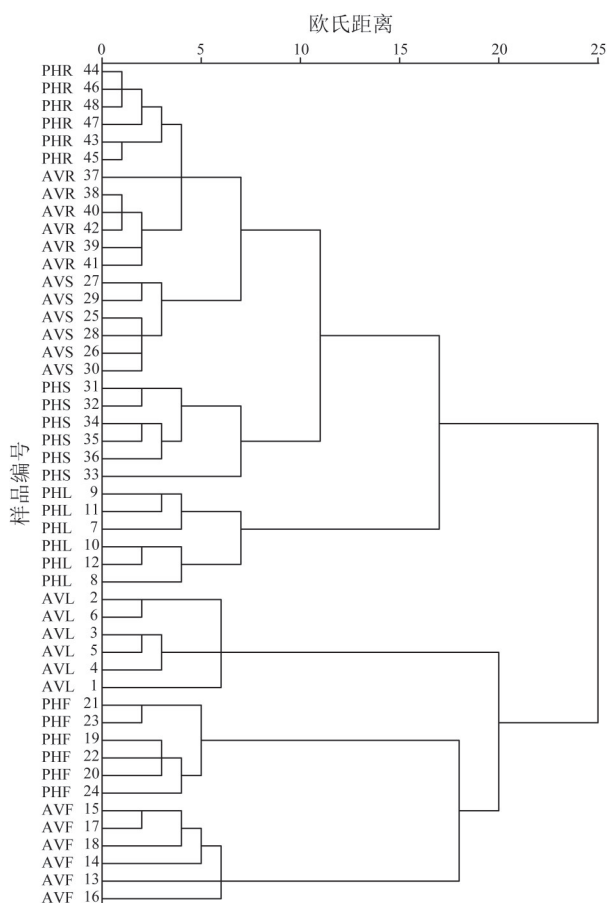


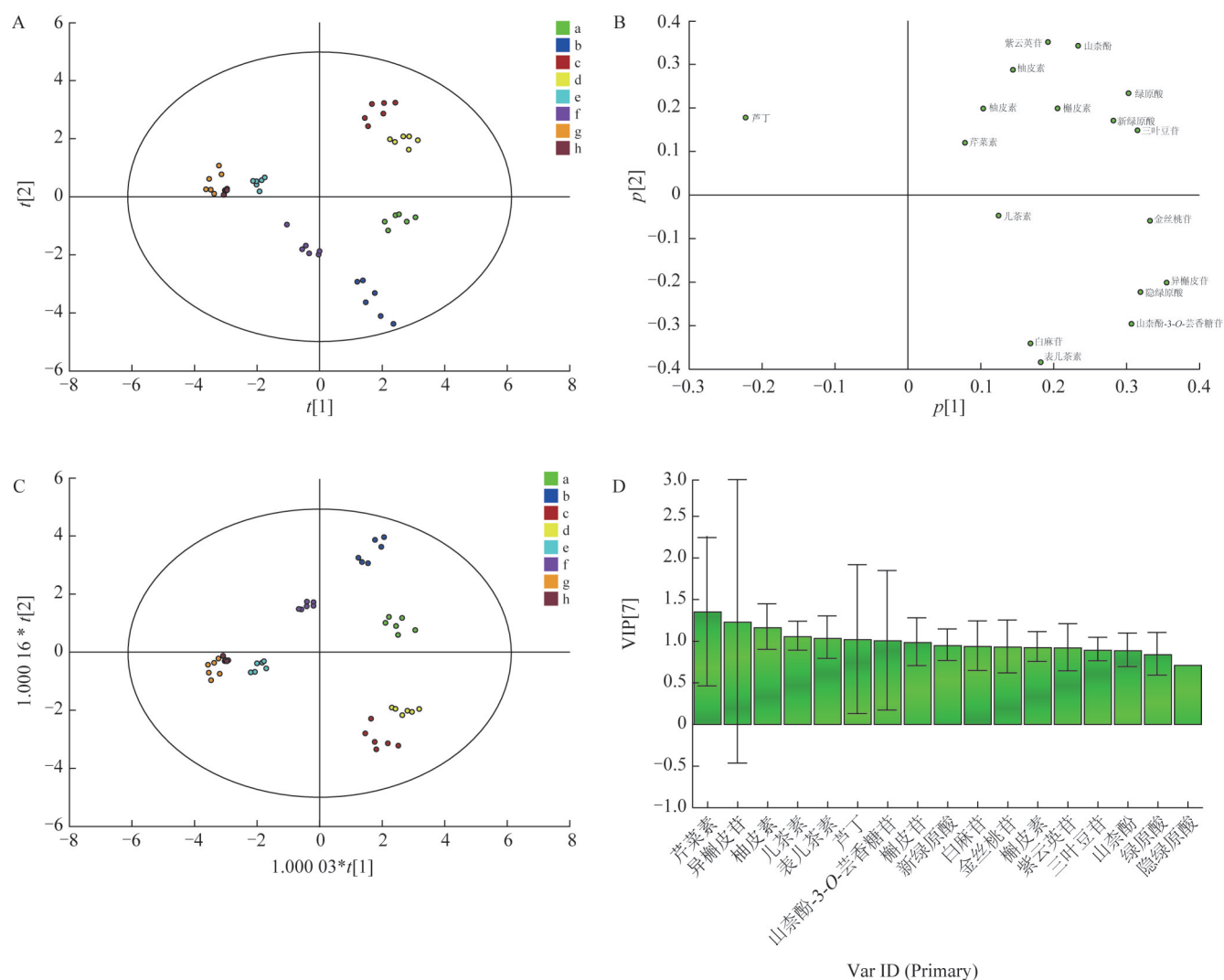
图4 罗布麻与白麻的不同部位指标成分质量分数的系统聚类分析

所有样本的PCA得分(图5)中 $R^2X[1]$ 和 $R^2X[2]$ 分别占总方差贡献率的33.9%和22.3%。罗布麻与白麻的叶、花均分布在PC1正轴,而茎、根分布于PC1负轴。在PCA载荷图中,指标成分芦丁、紫云英苷、绿原酸、三叶豆苷、新绿原酸、金丝桃苷、异槲皮苷、表儿茶素、山柰酚等对白麻和罗布麻不同部位样品分类有较大贡献。OPLS-DA中, R^2Y 与 Q^2 分别表示估计模型的拟合优度和预测能力^[6-7], $R^2Y=0.886$, $Q^2=0.793$,均表明模型预测能力良好;同时,对模型进行了验证, $Q^2=0.871$,表明模型校正组间的潜在过拟合。OPLS-DA分组结果与PCA结果相近,VIP值>1成分山柰酚-3-O-芸香糖苷、儿茶素、柚皮素、芹菜素、异槲皮苷、表儿茶素、芦丁为潜在的分类标志物。

对罗布麻和白麻相同部位样品进行两两分组比较(图6)。罗布麻叶与白麻叶比较中,OPLS-DA模型的 $R^2Y=0.986$, $Q^2=0.965$,绿原酸、白麻苷、芦丁、山柰酚-3-O-芸香糖苷、金丝桃苷、儿茶素、槲皮苷、新绿原酸的VIP值均大于1。罗布麻花与白麻花OPLS-DA模型的 $R^2Y=0.998$, $Q^2=0.987$,白麻苷、新绿原酸、紫云英苷、槲皮素、山柰酚、表儿茶素、槲皮苷、柚皮素、绿原酸、三叶豆苷、芦丁是潜在的分类标志物。罗布麻茎与白麻茎比较中,模型的 $R^2Y=0.993$, $Q^2=0.94$,白麻苷、山柰酚-3-O-芸香糖苷、槲皮素、芦丁、绿原酸、异槲皮苷、表儿茶素、芹菜素、金丝桃苷为潜在的分类成分。罗布麻根与白麻根比较中,模型的 $R^2Y=0.99$, $Q^2=0.979$,有显著差异的成分为异槲皮苷、白麻苷、山柰酚、隐绿原酸、绿原酸、槲皮素、山柰酚-3-O-芸香糖苷、金丝桃苷、紫云英苷。可见,OPLS-DA区分结果均良好。

4 讨论

文献研究发现,罗布麻叶作为传统药用植物研究较多,而混淆品白麻叶的研究较少。白麻是一种传统的药用植物,主要用作茶饮。在中国南疆戈壁绿洲中,白麻对维持生态系统至关重要^[14]。其含有丰富的生物活性物质,具有潜在的健康益处。研究发现,白麻叶甲醇提取物中的黄酮类成分含量最高,酚类次之;其醇提取物对革兰阴性和革兰阳性菌具有抗菌作用,对酪氨酸酶和乙酰胆碱酯酶显示抑制活性,提示白麻是抗菌和抗氧化生物活性化合物的



注: A. PCA; B. 载荷图; C. OPLS-DA; D. VIP得分图 ($\bar{x} \pm s, n=6$); 图A、C中a~h分别表示罗布麻叶、白麻叶、罗布麻花、白麻花、罗布麻茎、白麻茎、罗布麻根、白麻根, 图6同。

图5 罗布麻与白麻不同部位有效成分的PCA、OPLS-DA

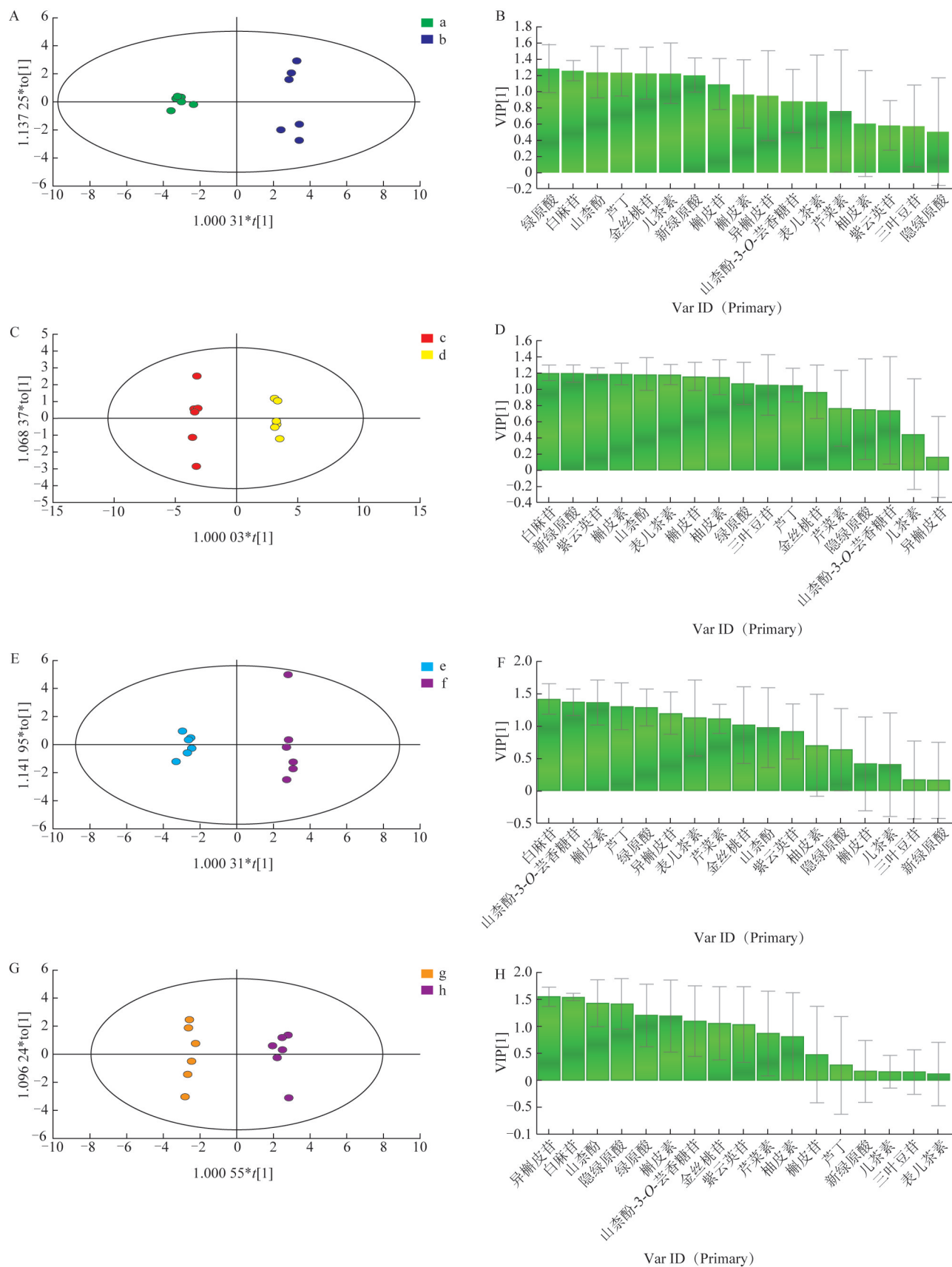
丰富天然来源, 为其在制药和食品工业中的应用提供可能^[15]。

本研究基于HPLC同时测定罗布麻和白麻的叶、花、茎、根中黄酮类、酚酸类共17个指标成分的含量, 并结合CA、PCA、OPLS-DA多元统计分析对样品分类及药材质量进行评价。

研究表明, 白麻中的白麻苷(除根外)水平远高于罗布麻的对应部位, 这与前期研究结果一致^[16]。罗布麻、白麻的叶与花中黄酮类主要成分含量均较高。研究表明, 罗布麻和白麻叶中的总黄酮质量分数最高分别达到15.35、13.28 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$; 体外抗氧化实验表明, 分离出的黄酮类成分均对DPPH、2,2-氨基-二(3-乙基-苯并噻唑啉-6-磺酸)二铵盐

(ABTS)自由基和亚油酸具有清除活性^[17]。这种抗氧化作用可能与黄酮类组分和自由基形成相关元素的螯合有关^[18]。另外, 白麻花和叶中分离出的山奈酚-3-O-槐糖苷、4-羟基苯甲酸-4-O- β -D-吡喃葡萄糖苷等成分适度促进了3T3-L1细胞的脂肪生成^[19]。

罗布麻和白麻不同部位的指标成分积累变化不一致。罗布麻叶、花、茎、根中积累的黄酮和酚酸总质量分数分别为5.71%、5.08%、1.49%、0.62%, 白麻对应部位分别为3.78%、4.45%、2.18%、0.98%。芦丁、槲皮素、金丝桃苷被称为具有高抗氧化性的黄酮苷^[20]。芦丁存在于多种植物中, 具有抗炎、抗糖尿病、降胆固醇、抗动脉粥样硬化和抗癌作用^[21]。其活性与抗氧化能力有关, 但



注: A~B. 叶; C~D. 花; E~F. 茎; G~H. 根; A、C、E、G. OPLS-DA; B、D、F、H. VIP得分图 ($\bar{x} \pm s, n=6$)。

图6 罗布麻与白麻的叶、花、茎、根的OPLS-DA

是确切的保护机制尚不清楚^[22]。槲皮素主要存在于不同的植物组织中,包括花、叶、茎和根,是一种有效的抗渗透剂,可减轻甘露醇诱导的渗透胁迫下罗布麻和白麻种子的萌发和生长抑制作用^[23]。本研究中,槲皮素在白麻花中含量较高,这与文献中报道其在罗布麻花中的含量高于白麻花的结果不完全一致^[24],可能的原因为槲皮素水平随着采收时间变化存在动态积累过程。白麻叶、花、茎中高水平的白麻苷是样品分类的重要标志物之一。白麻苷具有神经保护作用和强抗氧化能力^[25-26]。儿茶素和表儿茶素是2种主要来源于植物中的抗氧化剂,儿茶素的抗氧化活性可归因于其自由基清除和金属螯合特性,或其对转录因子和酶的调节作用^[27],在肾病相关的氧化应激和肾钙结晶中具有肾脏保护能力^[28]。另外,作为主要活性成分之一,金丝桃苷是多种植物中的天然黄酮醇苷,具有广谱的生物活性,包括抗癌、抗炎、抗菌、抗病毒、抗抑郁和器官保护作用^[29]。罗布麻叶中金丝桃苷的水平远远高于其他样品。此外,酚类成分绿原酸作为不同部位潜在的分类标志物,是植物在有氧呼吸过程中通过莽草酸途径产生的水溶性多酚苯丙烯酸酯化合物。绿原酸广泛存在于中药材中,享有“植物黄金”的美誉;具有抗氧化、保肝肾、抗菌、抗肿瘤、调节糖脂代谢、抗炎、保护神经系统等作用^[30]。可见,罗布麻与白麻成分差异显著,可能影响药材品质。后续研究将针对保肝功效分析罗布麻与白麻的药效。

本研究基于HPLC并结合多元统计分析对罗布麻和白麻的不同部位进行主要成分分析;罗布麻与白麻区分明显,整体来看两者成分差异显著。本研究为罗布麻药材研究与传统用药提供了参考。

参考文献

- [1] XIE W Y, ZHANG X Y, WANG T, et al. Botany, traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Apocynum venetum* L. (Luobuma): A review [J]. J Ethnopharmacol, 2012, 141(1): 1-8.
- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2020: 220.
- [3] 宋建平, 许虎, 陈菲, 等. 罗布麻叶黄酮类成分的UPLC-Q-TOF-MS分析[J]. 中药材, 2014, 37(7): 1199-1204.
- [4] AN H J, WANG H, LAN Y X, et al. Simultaneous qualitative and quantitative analysis of phenolic acids and flavonoids for the quality control of *Apocynum venetum* L. leaves by HPLC-DAD-ESI-IT-TOF-MS and HPLC-DAD[J]. J Pharm Biomed Anal, 2013, 85: 295-304.
- [5] CHEN C H, WANG C C, LIU Z X, et al. Variations in physiology and multiple bioactive constituents under salt stress provide insight into the quality evaluation of *Apocyni Veneti Folium*[J]. Int J Mol Sci, 2018, 19(10): 3042.
- [6] 尚远宏, 田金凤. 大叶白麻的有效成分及其降压作用[J]. 广州化工, 2020, 48(20): 4-5.
- [7] 杨建昕. 新疆产罗布麻与白麻的中药鉴别研究[D]. 济南: 山东中医药大学, 2017.
- [8] 艾比拜罕·麦提如则, 张娟, 朱军, 等. 不同采收期罗布麻和白麻药材化学成分的差异分析[J]. 生物资源, 2021, 43(3): 211-217.
- [9] 强静, 李奇, 刘训红, 等. 大花罗布麻叶黄酮类成分的分析[J]. 新疆中医药, 2009, 27(5): 31-34.
- [10] 杨建昕, 李峰, 李暮春, 等. 罗布麻与白麻的性状及显微鉴别研究[J]. 山东中医杂志, 2017, 36(9): 798-803.
- [11] 刘流, 邵顺章, 支荣荣. PCR-RFLP法鉴别罗布麻与混淆品白麻及其 *psbA-trnH* 序列分析[J]. 药学与临床研究, 2021, 29(6): 411-415.
- [12] 赵玉凤, 邵继红, 曾彦军, 等. 罗布麻属和白麻属种子形态特征及生活力的测定方法[J]. 草业科学, 2020, 37(4): 743-752.
- [13] 张月婵, 宋建平, 王媚, 等. 罗布麻叶及其易混品的鉴定研究[J]. 现代中药研究与实践, 2008, 22(3): 17-20.
- [14] LIU Y, EL-KASSABY Y A. Perennial flowering plants sustain natural enemy populations in gobi desert oases of southern Xinjiang, China[J]. Insects, 2022, 13(5): 399.
- [15] ABUBAKAR A S, HUANG X Y, BIRHANIE Z M, et al. Phytochemical composition, antioxidant, antibacterial, and enzyme inhibitory activities of various organic extracts from *Apocynum hendersonii* (Hook. f.) Woodson[J]. Plants, 2022, 11(15): 1964.
- [16] YAN Y, ZHAO H, CHEN C H, et al. Comparison of multiple bioactive constituents in different parts of *Eucommia ulmoides* based on UFLC-QTRAP-MS/MS combined with PCA[J]. Molecules, 2018, 23(3): 643.
- [17] GAO G, LIU N, YU C M, et al. UPLC-ESI-MS/MS based characterization of active flavonoids from *Apocynum* spp. and anti-bacteria assay[J]. Antioxidants, 2021, 10(12): 1901.
- [18] LIANG T G, YUE W Y, LI Q S. Comparison of the phenolic content and antioxidant activities of *Apocynum venetum* L. (Luo-Bu-Ma) and two of its alternative species[J]. Int J Mol Sci, 2010, 11(11): 4452-4464.
- [19] MORIKAWA T, IMURA K, MIYAKE S, et al.

- Promoting the effect of chemical constituents from the flowers of *Poacynum hendersonii* on adipogenesis in 3T3-L1 cells[J]. J Nat Med, 2012, 66(1): 39-48.
- [20] NIRUMAND M C, HAJIALYANI M, RAHIMI R, et al. Dietary plants for the prevention and management of kidney stones: Preclinical and clinical evidence and molecular mechanisms [J]. Int J Mol Sci, 2018, 19(3): 765.
- [21] SHARMA S, ALI A, ALI J, et al. Rutin: Therapeutic potential and recent advances in drug delivery[J]. Expert Opin Investig Drugs, 2013, 22(8): 1063-1079.
- [22] GIMÉNEZ-BASTIDA J A, ZIELIŃSKI H. Buckwheat as a functional food and its effects on health[J]. J Agric Food Chem, 2015, 63(36): 7896-7913.
- [23] YANG J L, ZHANG L X, JIANG L, et al. Quercetin alleviates seed germination and growth inhibition in *Apocynum venetum* and *Apocynum pictum* under mannitol-induced osmotic stress [J]. Plant Physiol Biochem, 2021, 159: 268-276.
- [24] CHEN C H, XU H, LIU X H, et al. Site-specific accumulation and dynamic change of flavonoids in *Apocyni Veneti Folium*[J]. Microsc Res Tech, 2017, 80(12): 1315-1322.
- [25] 马成, 马龙, Wolf-dieter R. 大花罗布麻对MPTP型小鼠的多巴胺能神经保护作用研究[J]. 中国药理学通报, 2010, 26(3): 397-400.
- [26] CANO A, ARNAO M B, WILLIAMSON G, et al. Superoxide scavenging by polyphenols: Effect of conjugation and dimerization [J]. Redox Rep, 2002, 7(6): 379-383.
- [27] HIGDON J V, FREI B. Tea catechins and polyphenols: Health effects, metabolism, and antioxidant functions[J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 2003, 43(1): 89-143.
- [28] AMENGUAL-CLADERA E, NADAL-CASELLAS A, GÓMEZ-PÉREZ Y, et al. Phytotherapy in a rat model of hyperoxaluria: The antioxidant effects of quercetin involve serum paraoxonase 1 activation [J]. Exp Biol Med, 2011, 236(10): 1133-1138.
- [29] WANG Q, WEI H C, ZHOU S J, et al. Hyperoside: A review on its sources, biological activities, and molecular mechanisms[J]. Phytother Res, 2022, 36(7): 2779-2802.
- [30] ZHANG J, CHAI X Y, ZHAO F L, et al. Food applications and potential health benefits of hawthorn [J]. Foods, 2022, 11(18): 2861.

(收稿日期: 2022-09-28 编辑: 田苗)