

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201411034

孔德鑫, 唐辉, 王满莲, 等. 红外光谱结合多元统计方法的不同产地红根草红外指纹图谱比较研究 [J]. 广西植物, 2016, 36(8):937-942
KONG DX, TANG H, WANG ML, et al. Comparison research on FTIR fingerprint of *Salvia priontis* based on fourier transform infrared spectroscopy combined with multistatistical analysis [J]. Guihaia, 2016, 36(8):937-942

红外光谱结合多元统计方法的不同产地 红根草红外指纹图谱比较研究

孔德鑫, 唐辉*, 王满莲, 邹蓉, 史艳财

(广西植物功能物质研究与利用重点实验室, 广西壮族自治区广西植物研究所, 广西桂林 541006)
中国科学院

摘要: 红根草为唇形科鼠尾带根全草植物,是著名的广西道地药材和常用中药,对白血病细胞有很强的抑制作用,同时具有较强的抗菌活性和抗癌作用,主治菌痢、腹泻、肠炎、肺炎、急性咽喉炎、扁桃体炎、感冒等症。为快速鉴别和评价不同产地中药红根草主要化学成分的差异,该研究利用红外光谱对不同产地红根草进行检测,并结合主成分分析和聚类分析及载荷因子等方法对不同产地样本进行鉴别。结果表明:(1)在 1 800~600 cm^{-1} 范围内,不同产地红根草根系在 1 727、1 635、1 551、1 513、1 442、1 373、1 255、1 154、1 036、795、776、690 cm^{-1} 等处均有较强的振动吸收,表明不同产地红根草主要化学组分构成比较相似。(2)红外指纹图谱结合主成分和聚类分析结果表明,不同产地红根草化学成分的差异与地理位置有明显对应性,产地相近的地区红根草化学成分的较似,产地较远的区域红根草化学成分差异较大,但两种方法检测结果均有自己的特征。(3)通过 PCA 载荷因子分析,可以得出比原始图谱更多的化学成分信息,对主成分聚类贡献较大的吸收峰主要表现在 1 670、1 630、1 616、1 579、1 473、1 411、1 159、1 129、1 082、1 042、1 000、972、946、913、891、806 cm^{-1} 附近,进一步揭示出不同产地红根草化学成分差异主要是红根草内酯和甾醇类成分,以及主要有效成分红根草邻醌和丹参酮类成分的差异。该研究结果为红根草的引种栽培及良种选育研究提供了参考。

关键词: 红根草, 红外指纹图谱, 主成分分析, 化学成分, 不同产地

中图分类号: 0657.33 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2016)08-0937-06

Comparison research on FTIR fingerprint of *Salvia priontis* based on fourier transform infrared spectroscopy combined with multistatistical analysis

KONG De-Xin, TANG Hui*, WANG Man-Lian, ZOU Rong, SHI Yan-Cai

(Guangxi Key Laboratory of Functional Phytochemicals Research and Utilization, Guangxi Zhuang Autonomous
Region and Chinese Academy of Sciences, Guangxi Institute of Botany, Guilin 541006, China)

Abstract: *Salvia priontis* Hance is a famous genuine medicinal materials in Guangxi and commonly utilized in traditional

收稿日期: 2014-11-24 修回日期: 2015-02-27

基金项目: 广西科技重大专项计划项目(桂科重 1298001-1-3); 广西自然科学基金(2013GXNSFBA019172); 广西科技成果转化与推广计划项目(桂科转 1346004-29); 桂林市科技攻关项目(20120105-10); 桂林市科技合作与交流项目(20140122-4) [Supported by Key Planning Program of Science and Technology in Guangxi (1298001-1-3); Natural Science Foundation of Guangxi (2013GXNSFBA019172); Guangxi Planning Program of Scientific and Technological Achievement Transformation and Promotion (1346004-29); Key Scientific and Technological Program of Guilin City (20120105-10); Guilin Program of Scientific and Technological (20140122-4)]。

作者简介: 孔德鑫(1980-),男,河南信阳人,在读博士研究生,副研究员,主要从事药用植物资源与利用研究,(E-mail)kdx411sw@163.com。

*通讯作者: 唐辉,研究员,主要从事药用植物资源评价及良种选育研究,(E-mail)tang.tomhui@yahoo.com.cn;th@gxib.cn。

Chinese medicine. It has strong antibacterial activity and anticancer effects and mainly used to cure bacillary dysentery, diarrhea, enteritis, pneumonia, acute pharyngitis, tonsillitis, colds, etc. With the discovery of new effective components and expansion of medicinal range, *S. prionitis* has become a promising variety in the field of traditional Chinese medicine. In order to rapidly identify and evaluate the differences of chemical composition in *S. prionitis* which from different original locations, we combined with the principal component analysis(PCA) and cluster analysis as well as loading factor analysis, and used the fourier transform infrared spectroscopy(FTIR) to determinate the samples of *S. prionitis* from different original locations, so that it could be effective to find out the main chemical composition information of PCA cluster variations and rapidly authenticate the quality of different samples. The results indicated as follows: (1) The fingerprints of bands from 1 800 to 600 cm^{-1} showed that the all samples of *S. prionitis* had similar absorbance bands such as 1 727, 1 635, 1 551, 1 513, 1 442, 1 373, 1 255, 1 154, 1 036, 795, 776, 690 cm^{-1} , which indicated that the chemical compositions of *S. prionitis* in different original locations were still relatively stable. (2) Based on the vibrational characteristics of FTIR fingerprints in differernt samples, the classification of principal composition and cluster analysis results showed that the relationship of chemical component of each *S. prionitis* had significant correspondence with their geographical location and environment climatic conditions. In the near class, the chemical components were similar to each other, on contrary, the chemical component of *S. prionitis* among in far class had obvious differences. So these two methods were both able to quickly identify *S. prionitis* in different original locations, while, the two methods had individual characteristics. (3) According to the PCA loading factor analysis, more chemical components could be out found compared to the orgianl FTIR fingerprints among the different detected samples, and the absorption bands could also be quickly found out, which were significant contributed to the classification of principal components and cluster analysis. Among all the absorbtion bands, the bands arounds 1 670, 1 630, 1 616, 1 579, 1 473, 1 411, 1 159, 1 129, 1 082, 1 042, 1 000, 972, 946, 913, 891, 806 cm^{-1} were obviously correlated to the classification of PCA, among which, five bands were from saprorthoquinone and tanshinone, six bands were from prioket-olactone, sterols components. Therefore, the differences of FTIR fingerprints in *S. prionitis* from different original locations were mainly due to the differences of some chemical composition and concentration including prioketolactone, sterols components, saprorthoquinone and tanshinone. The method of this resarch is simple, quick and undamaged, and can be used to quickly identify and evaluate the quality of *S. prionitis* from different original locations. At the same time, the present study will provide reference for cultivation and well-bred breeding work of *S. Prionitis*.

Key words: *Salvia prionitis*, FTIR fingerprint, principal component analysis, chemical composition, different original locations

红根草(*Salvia prionitis*)为唇形科(Labiatae)黄埔鼠尾植物的带根全草,是民间常用草药(唐辉等,2008)。其植株体内含有红根草邻醌(saprorthoquinone),丹参酮(tanshinone) I、II A, 隐含丹参酮(cryptotanshinone),红根草内酯(prioketolactone,1)、新红根草酮(neoprionitone,2)、二氢异丹参酮 I (dihydroisotanshinone I,3)等多种化学成分(张金生等,1995;杨保津等,1988)。其有良好抗菌解毒、清热除湿作用,主治菌痢、腹泻、肠炎、肺炎、急性咽喉炎、扁桃体炎、感冒等症状,是桂林三金药业集团生产复方红根草片的主要原料。近年来,以红根草为原料生产的系列药物在抗肿瘤细胞和白血病细胞有很强的抑制作用(Lang et al, 2005; Zhou et al, 2008)。随着红根草研究的不断深入和推广,已成为中药领域具有重要开发潜力的品种。目前,关于

红根草研究,主要集中在化学成分(林隆泽等,1990;黄秀兰等,1990)、药理药效(张锋等,2003;乐秀芳等,1992)、组织培养与快速繁殖(唐凤鸾等,2006;付传明等,2007)等方面。与其他药材相比,红根草的研究尚处于基础阶段,鲜见有对不同分布区域,不同生长环境条件下红根草化学成分的差异进行比较研究。

当前,以红根草为原料相关企业仍以野生资源为主,生产中药材来源混杂,质量参差不齐。这些因素严重影响红根草的临床应用和推广,要使红根草资源得到有效保护及可持续利用,急需开展野生资源调查及药材质量评价研究。傅里叶红外光谱(FTIR, Fourier Transform Infrared Spectroscopy)技术是利用分子振动跃迁吸收原理,在“指纹区”丰富的官能团吸收特征,能反映不同药材主要化学成分信

息,利用这些信息与化学计量学方法相结合,进行中药材的产地鉴别和质量分析具有更高的效率(袁玉峰等,2011;张磊等,2010)。本研究针对红根草存在的问题,在对不同产地红根草进行红外光谱鉴定的基础上,采用化学计量学的方法,主要包括主成分分析和聚类分析等,尝试对不同产地红根草样本进行快速鉴别,分析 PCA 模型中的载荷因子,找出造成不同来源红根草质量差异的化学成分,为红根草药材质量快速评价和优良种质筛选提供简便以及操作性强的新手段。

1 材料与方法

1.1 材料收集方法

红根草样品均为野生,分别选择江西省宜春市奉新县(产地 A)和靖安县(产地 B),抚州市南丰县(产地 C)和新余市(产地 D),广西壮族自治区贺州市钟山县(产地 E),桂林市临桂县(产地 F)等 6 个具有地域代表性的红根草全株。样品均经广西植物研究所韦发南研究员鉴定为红根草植物。每个聚群相隔 2 m 随机选 15 个不同点,每个点随机采集 5 株生长较一致的红根草全株,洗净泥沙,带回实验室,55 °C 干燥 48 h 至恒重,将每个产地的样品制成干燥细粉 15 份,粉碎后分别过 200 目筛,储存于干燥器里备用。

1.2 检测方法

样品采集:光谱扫描范围为 4 000~400 cm^{-1} ,分辨率为 4 cm^{-1} 。每个片累积扫描次数 32 次,扫描时扣除 H_2O 和 CO_2 的干扰。样品采集前处理:每个样品精确称取 1.0 mg,每个聚群共称量 15 份样品,分别与 200 mg 溴化钾(碎晶)混合研磨充分均匀,制成透明样品锭片。为增加聚类分析的清晰度,取每个产地 15 个样品任意 3 锭片平均值为一个数据点,最后每个产地综合以 5 个数据进行分析,6 个产地共以 30 个数据进行聚类分析。

1.3 仪器及数据处理

傅里叶变换红外光谱仪, Nicolet 6700 (美国 Thermo Nicolet 公司),电子天平 XSI05DU (梅特勒-托利多仪器公司)。空气相对湿度 35% 左右,温度 25 °C 左右。利用 OMNIC 8.0 软件采集并获得原始光谱数据,进行基线校正,五点移动平均平滑后,导入 SPSS 18.0 和 Unscrambler 10.0 进行聚类分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 不同产地红根草化学成分的 FTIR 表征比较分析

从图 1 可以看出,不同产地红根草根系在 1 727、1 635、1 551、1 513、1 442、1 373、1 255、1 154、1 036、795、776、690 cm^{-1} 等处均有较强的振动吸收。1 727 cm^{-1} 左右为 C=O 的振动吸收,1 635 cm^{-1} 附红根草邻醌 C=C 特征吸收(吴立军,2006;吴瑾光,1994)。1 551、1 516 cm^{-1} 为醌类化合物 C=C 骨架振动,1 442 cm^{-1} 附近为可能是 C-H 弯曲振动吸收及 C-O 伸缩振动吸收峰(翁诗甫,2005)。这些振动特征与红根草化学成分存在红根草邻、醌丹参酮 I、II A,隐含丹参酮,新红根草酮、二氢异丹参酮 I 等多种醌类物质较吻合。1 373 cm^{-1} 主要是 CH_3 对称吸收振动,1 300~950 cm^{-1} 是各类 C-O 伸缩振动吸收。776 cm^{-1} 等为红根草根系中含有甾醇、多糖和苷类等化合物的振动吸收(翁诗甫,2005)。说明红根草化学成分中也有较多的甾醇及多糖和红根草内酯类物质。通过比较平均光谱,发现不同产地红根草样品化学成分丰富且多样。因此,特在 1 800~600 cm^{-1} 间,每隔 4 个波数,选取一个吸光度值,用主成分分析法和聚类分析法对不同样品的光谱特征进行聚类分析。

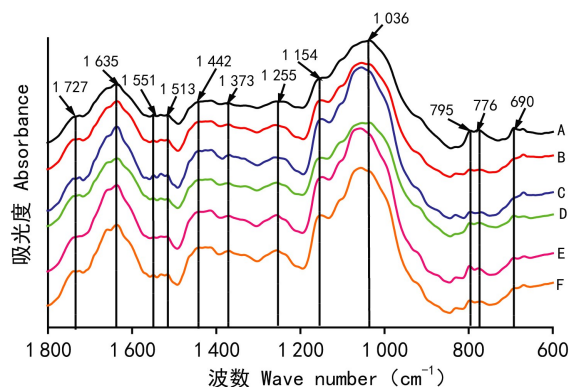


图 1 不同产地红根草根系红外光谱图

Fig. 1 Spectra of *S. priontis* root from different original locations

2.2 不同产地红根草根系红外光谱特征的 PCA 模型构建与分析

利用 Unscrambler 10.0 对不同产地红根草根系 1 800~650 cm^{-1} 范围内的指纹特征光谱建立主成分分析模型进行分析。图 2 为不同产地红根草根系的

主成分得分散点图,其中除了 A 产地样品能够在二维散点图上独立分布外,其他各产地测试样品混淆在一起,很难区分。在对原始变量数据进一步利用一阶导数处理、SNV 标准归一化处理后,各产地测试样品均能得到区分,分别单独聚在一个特定区域(图 3)。主成分 PC1、PC2、PC3 得分的散点图上。第一主成分的方差贡献率为 59%,第二主成分的方差贡献率为 20%,前三主成分的累积贡献率为 85%,只有 15%的化学成分信息丢失,所以,前三个 PCA 成分基本可以反映不同产地化学成分信息。在二维散点图上,可以看出不同产地红根草化学成分的产地差异性。整体上看,广西壮族自治区和江西省各产地样品明显聚为两类,广西钟山县(E)和广西临桂县(F),产地相距最近,在二维图上的距离也最近,两产地测试样品分别聚集在第三象限,各产地单独聚为一类;江西省各产地相距较远,虽然各产地测试样品均能单独聚为一类,但由于各产地实际距离较远,他们的散点图上分布也较散。特别是,江西省吉安市(A)和抚州市(C)相距较远。

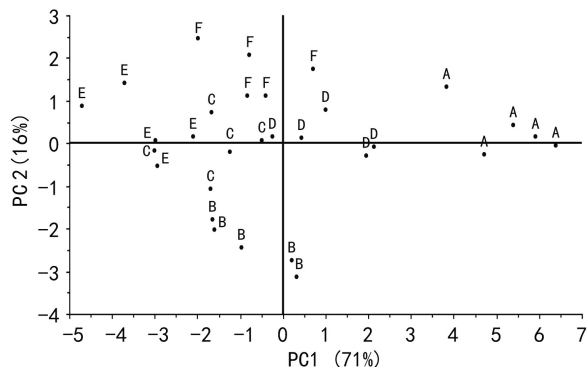


图 2 不同产地红根草样品第一、二主成分(PC1, PC2), 二维得分散点图

Fig. 2 Two dimension scattered scores plot of PC1 and PC2 of *S. priontis* samples from different original locations

2.3 不同产地红根草根系 FTIR 特征的聚类分析

本研究基于欧式距离,运用 SPSS16.0 对不同产地测试样品的红外光谱平均图谱进行分析,得到表征 6 个不同地区红根草化学成分的树状图(图 4),当欧式距离系数 $d \leq 5$ 时,可划分为 6 个表征群,6 个产地分别单独聚为一类,当欧式距离系数在 6 到 11 时,可分为 3 个表征群,广西钟山和广西临桂县由于它们海拔和环境条件相似,化

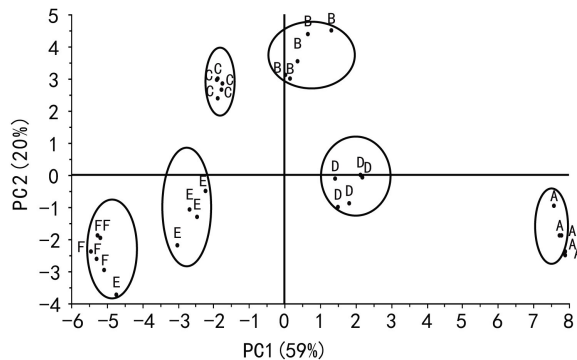


图 3 不同产地红根草样品的一阶导数后主成分 PC1 与 PC2 的二维得分散点图

Fig. 3 Two dimension scattered scores plot of PC1 and PC2 of *S. priontis* samples from different original locations after first derivative and SNV processing

学成分的特征光谱较相似,居群间的距离系数最小,首先聚在一起,结果与 PCA 模型中样品投影规律一致。同时在聚类图中更加清晰地地区分江西省各产地样品化学成分差异信息,江西省宜春市和抚州市采集的样品均在山南坡,阳光充足,化学成分较相似,首先聚为一类,然后再与距离较近的新余市样品聚在一起,最后与较远距离的吉安市样品聚在一起。由于吉安市居群主要生长在松树林下,环境条件相对阴生,故与其他产地化学成分差异较大。

2.4 不同产地样品的 PCA 鉴别模型中的载荷因子特征分析

由图 5 可知,通过 PCA 载荷因子图可以得出比原始图谱更多的化学成分信息。在图 1 中一些宽吸收峰掩盖的化学成分信息,在图 5 中可以明显看出其振动强弱。如图 1 原始图谱中 $1700 \sim 1551 \text{ cm}^{-1}$ 仅体现出 1635 cm^{-1} 附近的宽吸收峰,而在图 5 $1670, 1642, 1616, 1579, 1551 \text{ cm}^{-1}$ 等处的附近均有明显吸收峰,体现了红根草根系中红根草邻、醌丹参酮 I、II A, 隐丹参酮,新红根草酮、二氢丹参酮 I 等醌类成分 $\text{C}=\text{O}, \text{C}=\text{C}$ 等官能团的特征吸收。在 $1200 \sim 900 \text{ cm}^{-1}$ 附近代表多糖,甾醇等物质 $\text{C}-\text{O}$ 伸缩振动,以及脂肪醚、酯类、酸酐类 $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ 基团特征吸收在原始图谱中化学成分重叠严重,在图 1 中仅表现在 1036 cm^{-1} 附近的吸收峰,而在载荷图中(图 5)却能在 $1159, 1129, 1092, 1041, 1025, 1008, 1000, 974, 904 \text{ cm}^{-1}$ 等处显示差异。通过

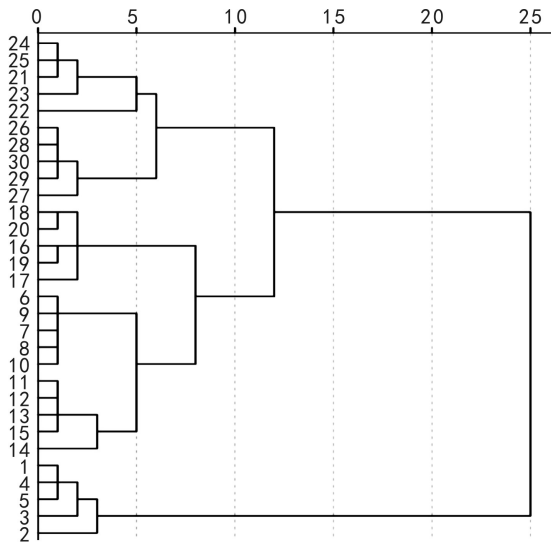


图 4 不同产地红根草样品红外指纹图谱聚类分析
1-5, 5-10, 11-15, 16-20, 21-25, 25-30 分别代表产地 A, B, C, D, E, F。
Fig. 4 Spectra cluster of *S. priontis* samples from different
original locations 1-5, 5-10, 11-15, 16-20, 21-25, 25-30
represent origin A, B, C, D, E and F, respectively.

PC1, PC2(图 5: A, B) 的载荷因子分析, 发现对光谱聚类起主要作用的吸收峰位主要分布在 $1\ 200\sim 800\ \text{cm}^{-1}$ 间, 分别为 $1\ 159$ 、 $1\ 129$ 、 $1\ 082$ 、 $1\ 042$ 、 $1\ 000$ 、 972 、 946 、 913 、 891 、 $806\ \text{cm}^{-1}$ 。这说明在红根草根系中 C-O-C、C-O 和 C-C 伸缩振动对不同产地样品的主成分聚类有较大贡献率, 这些差异在化学成分上应表现为红根草根系中红根草内酯、甾醇等成分受到不同产地环境条件影响的结果。通过对 PC3, PC4(图 5: C, D) 的载荷因子分析, 发现 $1\ 670\sim 1\ 400\ \text{cm}^{-1}$ 附近的吸收明显增加, 其载荷绝对值明显增大, 其中 $1\ 670\ \text{cm}^{-1}$ 代表红根草中红根草邻醌、丹参酮类及隐丹参酮等醌类成分 C=O 的特征吸收峰。 $1\ 630$ 、 $1\ 616$ 、 $1\ 579$ 、 $1\ 473$ 、 $1\ 411\ \text{cm}^{-1}$ 附近是红根草邻醌等醌类成分芳环 C=C 骨架振动吸收。因此, 红根草不同产地化学成分差异主要体现在红根草内酯、甾醇及脂溶性成分如红根草邻醌及丹参酮类成分上。

3 讨论与结论

各样品的红外吸收振动特征能反映红根草化学成分存在红根草邻醌丹参酮 I、II A, 隐含丹参酮, 新红根草酮、二氢异丹参酮 I 等多种醌类物质特征吸收。但各测试样品一维原始吸收图谱较相似, 有

些信号较弱的官能团被遮掩, 而这些被遮掩的成分往往是其药效作用的主要成分。因此, 为了更加清楚分析不同产地红根草化学成分受环境条件影响的差异性, 本研究利用主成分和聚类分析等化学计量学方法, 对各测试样品化学成分的红外图谱进行处理和分析。

主成分分析是一种通过降维的无监督的模式识别方法, 运算简单效率高(黄庶识等, 2011)。近年来, 利用红外光谱结合主成分分析、聚类分析进行中药材快速鉴别的方法在药用植物资源评价中应用也越来越多。袁玉峰等(2011)利用傅里叶变换红外光谱仪建立主成分分析鉴别模型成功快速鉴定了 6 个不同产地黄柏, 唐辉等(2012)利用 FTIR 技术结合 PCA 模型和 SIMCA 方法对不同产地地枫皮药材进行检测, 并且利用在 PCA 分析基础上, 运用载荷因子对不同产地的地枫皮药材化学成分进行分析。不同产地样品中芳香类物质差异主要体现在槲皮素含量的不同。李超等(2014)利用红外光谱方法对 4 个省份, 46 份中药通关藤进行测定, 运用主成分分析、聚类分析等化学计量学方法从不同的角度对中药通关藤进行了鉴别和分析。因此, 红外光谱结合现代化学计量学在中药材产地鉴别, 质量评价等研究中具有重要的应用价值。

在本研究中, 利用主成分分析和聚类分析方法同样可以对不同产地红根草进行快速鉴定, 广西壮族自治区和江西省各产地的红根草样品由于受不同环境条件影响明显聚为两类, 广西钟山县(E)和广西临桂县(F), 产地相距最近, 在二维图上的距离也最近, 江西省各产地相距较远, 虽然各产地测试样品均能单独聚为一类, 但由于各产地实际距离较远, 他们的散点图上分布也较散。特别是江西省吉安市(A)和抚州市(C)相距较远, 在主成分和聚类分析的图谱中均得到明显区分。此结果与张磊(2010)研究不同产地黄芪的结果比较一致。

载荷因子(loading)是主成分分析中重要变量贡献的集合, 其载荷因子的振动特征与分析材料中化学成分对主成分的贡献密切相关, 因此分析载荷因子特征可以更有效地揭示样品原始光谱中更多的化学成分信息。袁玉峰等(2011)在主成分基础上, 通过载荷因子分析, 指出不同产地黄柏差异主要体现在蛋白质、糖类、脂类、生物碱类、黄柏甾醇类、黄柏内酯、黄柏酮、黄柏酮酸八种物质成分上体现。王燕等(2012)通过主成分载荷因子分析表明, 不同

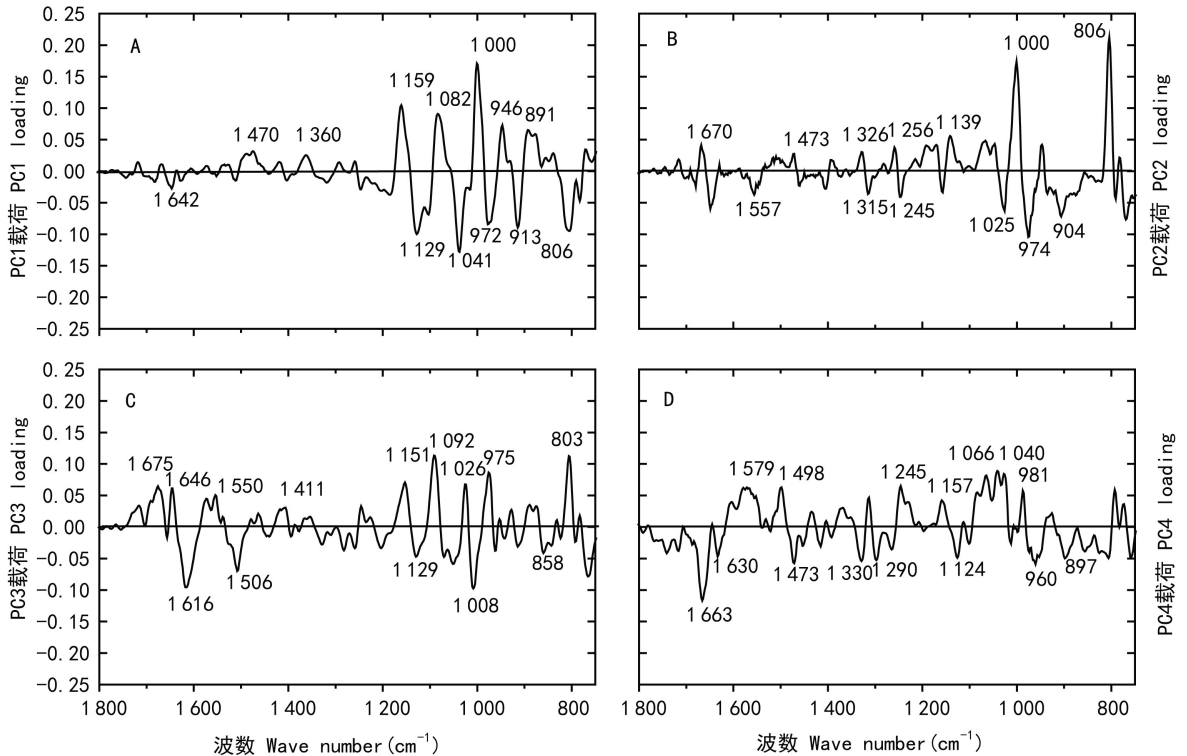


图5 不同产地红根草主成分鉴别模型的载荷因子

Fig. 5 Loading factors of principal component analysis identification model of *S. prionitis* samples from different original locations

产地淡菜醇提物的差别主要体现在不饱和脂肪酸和磷脂的含量上。本研究通过主成分载荷因子分析表明,受不同环境条件影响,不同产地红根草化学成分差异主要表现为红根草内酯、甾醇及脂溶性成分如红根草邻醌及丹参酮类成分。因此,本文运用红外光谱和主成分分析模型、聚类分析及主成分分析的载荷因子,可以快速对不同产地红根草药材进行鉴定和评价,同时指出了不同产地红根草指纹图谱差异的主要化学成分,研究结果可对不同产地红根草药材质量评价提供参考,对红根草的引种栽培及良种选育研究工作有一定指导意义。

参考文献:

- FU CM, ZHAO ZG, HUANG NZ, et al, 2007. Preservation *in vitro* of medicinal plant *Salvia prionitis* [J]. *Guihaia*, 27(4): 653-657. [付传明, 赵志国, 黄宁珍, 等, 2007. 药用植物红根草种质资源的离体保存 [J]. *广西植物*, 27(4): 653-657.]
- HUANG XL, WANG XM, HUANG Y, et al, 1990. Structural elucidation of salpriolactone [J]. *Acta Bot Sin*, 32(6): 490-491. [黄秀兰, 王小明, 黄勇, 等, 1990. 红根草内酯的化学结构 [J]. *植物学报*, 32(6): 490-491.]

- HUANG SS, LAI JZ, LIANG YF, et al, 2011. Investigation of biochemical diversity of two species of trichomonads based on raman tweezers combined with multistatistical analysis [J]. *Chin J Anal Chem*, 31(4): 521-527. [黄庶识, 赖钧灼, 梁裕芬, 等, 2011. 拉曼镊子结合多元统计方法分析两种人体滴虫的差异性 [J]. *分析化学*, 31(4): 521-527.]
- LANG JY, CHEN H, ZHOU J, et al, 2005. Antimetastatic effect of salvicine on human breast cancer MDA-MB-435 orthotopic xenograft is closely related to Rho-dependent pathway. [J]. *Clin Canc Res*, 11(9): 3455-3464.
- LE XF, HAN JX, SHEN ZM, et al, 1992. Anticancer activity of saproorthouinone [J]. *Tumor*, 12(2): 49-50. [乐秀芳, 韩家娴, 沈祖铭, 等, 1992. 红根草邻醌的体内外抗癌作用研究 [J]. *肿瘤*, 12(2): 49-50.]
- LI C, YANG SC, GUO QS, et al, 2014. FTIR fingerprint spectrograms of traditional Chinese medicine *Marsdenia tenacissima* [J]. *Chin J Chin Mat Med*, 39(17): 3311-3315. [李超, 杨生超, 郭巧生, 等, 2014. 中药通光藤红外指纹图谱研究 [J]. *中国中药杂志*, 39(17): 3311-3315.]
- LIN LZ, WANG XM, HUANG XL, et al, 1990. A new diterpenoid quinone sapriparaquinone [J]. *Acta Pharmac Sin*, 25(3): 154-156. [林隆泽, 王小明, 黄秀兰, 等, 1990. 新二萜醌-红根草对醌 [J]. *药学报*, 25(3): 154-156.]
- TANG H, ZHAO RH, JIANG SY, et al, 2008. Research on the biology (下转第 936 页 Continue on page 936)