

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 24 期 Vol.33 No.24 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 24 期 2013 年 12 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 中国南方红壤生态系统面临的问题及对策 赵其国, 黄国勤, 马艳芹 (7615)
- 《生态学基础》: 对生态学从传统向现代的推进——纪念 E.P. 奥德姆诞辰 100 周年
..... 包庆德, 张秀芬 (7623)
- 食物链长度理论研究进展 张 欢, 何 亮, 张培育, 等 (7630)

个体与基础生态

- 天山盘羊夏季采食地和卧息地生境选择 李 叶, 余玉群, 史 军, 等 (7644)
- 松果梢斑螟对虫害诱导寄主防御的抑制作用 张 晓, 李秀玲, 李新岗, 等 (7651)
- 菹草附着物对营养盐浓度的响应及其与菹草衰亡的关系 魏宏农, 潘建林, 赵 凯, 等 (7661)
- 濒危高原植物羌活化学成分与生态因子的相关性 黄林芳, 李文涛, 王 珍, 等 (7667)
- 四年 O₃ 熏气对小麦根际土壤氮素微生物转化的影响 吴芳芳, 郑有飞, 吴荣军, 等 (7679)
- 重金属 Cd²⁺ 和 Cu²⁺ 胁迫下泥蚶消化酶活性的变化 陈肖肖, 高业田, 吴洪喜, 等 (7690)

种群、群落和生态系统

- 不同生境中橘小实蝇种群动态及密度的差异 郑思宁 (7699)
- 亚热带樟树-马尾松混交林凋落物量及养分动态特征 李忠文, 闫文德, 郑 威, 等 (7707)

景观、区域和全球生态

- 中国陆地生态系统通量观测站点空间代表性 王绍强, 陈蝶聪, 周 蕾, 等 (7715)
- 雅鲁藏布江流域 NDVI 变化与风沙化土地演变的耦合关系 李海东, 沈渭寿, 蔡博峰, 等 (7729)
- 高精度遥感影像下农牧交错带小流域景观特征的粒度效应 张庆印, 樊 军 (7739)
- 高寒草原土壤有机碳及土壤碳库管理指数的变化 蔡晓布, 于宝政, 彭岳林, 等 (7748)
- 芦芽山亚高山草甸、云杉林土壤有机碳、全氮含量的小尺度空间异质性
..... 武小钢, 郭晋平, 田旭平, 等 (7756)
- 湘中丘陵区不同演替阶段森林土壤活性有机碳库特征 孙伟军, 方 晰, 项文化, 等 (7765)
- 东北黑土区片蚀和沟蚀对土壤团聚体流失的影响 姜义亮, 郑粉莉, 王 彬, 等 (7774)
- 滇西北高原纳帕海湿地土壤氮矿化特征 解成杰, 郭雪莲, 余磊朝, 等 (7782)
- 红壤区桉树人工林炼山后土壤肥力变化及其生态评价 杨尚东, 吴 俊, 谭宏伟, 等 (7788)
- 2000—2010 年黄河流域植被覆盖的时空变化 袁丽华, 蒋卫国, 申文明, 等 (7798)
- 庐山森林景观格局变化的长期动态模拟 梁艳艳, 周年兴, 谢慧玮, 等 (7807)

暖温带-北亚热带生态过渡区物种生境相关性分析 袁志良,陈 云,韦博良,等 (7819)

不同生境和去趋势方法下的祁连山柏径向生长对气候的响应 张瑞波,袁玉江,魏文寿,等 (7827)

资源与产业生态

大小兴安岭生态资产变化格局 马立新,覃雪波,孙 楠,等 (7838)

生态环境移动数据采集系统研究与实现 申文明,孙中平,张 雪,等 (7846)

城乡与社会生态

城市遥感生态指数的创建及其应用 徐涵秋 (7853)

研究简报

大明竹属遗传多样性 ISSR 分析及 DNA 指纹图谱研究 黄树军,陈礼光,肖永太,等 (7863)

干旱胁迫下 4 种常用植物幼苗的光合和荧光特性综合评价 卢广超,许建新,薛 立,等 (7872)

基于 ITS2 和 16S rRNA 的西施舌群体遗传差异分析 孟学平,申 欣,赵娜娜,等 (7882)

两种浒苔无机碳利用对温度响应的机制 徐军田,王学文,钟志海,等 (7892)

北京山区侧柏林冠层对降雨动力学特征的影响 史 宇,余新晓,张建辉,等 (7898)

学术信息与动态

景观生态学研究:传统领域的坚守与新兴领域的探索——2013 厦门景观生态学论坛述评
..... 杨德伟,赵文武,吕一河 (7908)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 296 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 33 * 2013-12



封面图说:黄土丘陵农牧交错带——黄土丘陵是中国黄土高原的主要地貌形态,由于黄土质地疏松,加之雨季集中,降水强度较大,地表流水冲刷形成很多沟谷,斜坡所占的面积很大。这里千百年来的农牧交错作业,地表植被和生态系统均遭受了严重的破坏。利用高精度影像对小流域景观的研究表明,这里耕地、林地和水域景观相对比较规则简单,荒草地和人工草地景观比较复杂。农牧交错带小流域景观形态具有分形特征,各类景观斑块的分维数对粒度变化的响应不同,分维数随粒度的增大呈非线性下降趋势。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@ 163.com

DOI: 10.5846/stxb201209221337

黄林芳, 李文涛, 王珍, 付娟, 陈士林. 濒危高原植物羌活化学成分与生态因子的相关性. 生态学报, 2013, 33(24): 7667-7678.

Huang L F, Li W T, Wang Z, Fu J, Chen S L. Correlative study between chemical constituents and ecological factors of *Notopterygii Rhizoma Et Radix* of endangered plateau plant. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(24): 7667-7678.

濒危高原植物羌活化学成分与生态因子的相关性

黄林芳, 李文涛, 王 珍, 付 娟, 陈士林*

(中国医学科学院、北京协和医院药用植物研究所资源中心, 北京 100193)

摘要:羌活(*Notopterygii Rhizoma Et Radix*)是伞形科植物羌活(*N. incisum*)或宽叶羌活(*N. franchetii*)的干燥根茎和根,为濒危高原药用植物。考察羌活主产地生态气象因子对其主要化学成分含量的影响,探讨气象因子与羌活品质的关系。应用 HPLC 方法检测羌活醇,异欧前胡素 2 种主要化学成分含量。采用中国气象科学数据共享服务网平台获得不同产地的平均气压、年降水量、平均风速、日照时数、相对湿度、年平均温度、年最高温度、年最低温度等 9 个生态因子数据,通过偏最小二乘回归分析(PLS)、冗余分析(RDA)分析了其化学成分含量与生态因子之间的相关性。化学分析表明,羌活中羌活醇的含量高于异欧前胡素,而宽叶羌活中羌活醇含量低于异欧前胡素。经 PLS 及 RDA 分析,羌活中羌活醇与日照时数呈强正相关关系,其次是年降水量和海拔。异欧前胡素与年降水量呈强负相关关系,其次是温度。宽叶羌活中影响羌活醇含量的主导因子分别是海拔、年降水量,且都呈正相关。同时 2 个主导因子对异欧前胡素含量的影响呈负显著相关。因此日照时数、海拔、年降水量是影响羌活化学成分累积的主要因素,日照时数有利于羌活化学成分累积,在一定范围内,海拔越高,年降水量越大,越能促进羌活醇的积累,而不利异欧前胡素含量富集。基于化学成分含量主成分分析(PCA)表明,羌活和宽叶羌活以四川产为最优。研究结果对保护濒危高原植物羌活及引种栽培奠定基础。

关键词:羌活;偏最小二乘回归;主成分分析;RDA 排序;生态因子

Correlative study between chemical constituents and ecological factors of *Notopterygii Rhizoma Et Radix* of endangered plateau plant

HUANG Linfang, LI Wentao, WANG Zhen, FU Juan, CHEN Shilin*

Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100193, China

Abstract: *Notopterygii Rhizoma Et Radix*, a plateau endangered medicinal herbs, is the rhizoma of umbelliferous plant *N. incisum* and *N. franchetii*. This paper aim to investigate the correlation between ecological factors of production area of *Notopterygii Rhizoma Et Radix*, and the major active components contents. HPLC was established to analyze the contents of two chemicals (Notopterol, Isoimperatorin). Data of 9 ecological factors, including air pressure, annual average temperature, maximum annual temperature, minimum annual temperature, annual precipitation, average wind speed, sunshine duration, and relative humidity, were obtained from the China Meteorological Data Service Network. And then, the relationship of chemical compounds and ecological factors were analyzed Partial Least Squares (PLS) and Redundancy Analysis (RDA) methods. Chemical determination shows the content of Notopterol are higher than Isoimperatorin in *N. incisum*, but the content of Notopterol are lower than Isoimperatorin in *N. franchetii*. Analyses by PLS and RDA, sunshine duration is the most important eco-factor and is positive correlation with Notopterol in *N. incisum*. And the second and third is annual precipitation and elevation. Annual precipitation is the biggest eco-factor and is negative correlation with Isoimperatorin in

基金项目:国家自然科学基金资助项目(81274013);国家自然科学基金重点资助项目(81130069);人事部留学人员择优资助项目(2009-2011);国家重大科技专项创制新药资助项目(2011ZX09307-002-01)

收稿日期:2012-09-22; 修订日期:2013-07-29

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: slchen@implad.ac.cn

N. incisum, Second one is temperature. However, in *N. franchetii*, altitude, annual precipitation and average wind speed are principal factors that influencing on Notopterol and positively correlation with it. Meanwhile these three main influence factors have significant negative correlation with Isoimperatorin. The result indicated that sunshine duration altitude and annual precipitation are primary factors influencing accumulation of chemical compounds in *Notopterygii Rhizoma Et Radix*, sunshine duration enhance the accumulation of chemical compounds in *Notopterygii Rhizoma Et Radix*, the higher altitude, and more annual precipitation means better accumulation of the Notopterol, On the contrary, Isoimperatorin is negative with these two eco-factors. Producing regionalization based on chemical contents by principal component analysis displayed that Sichuan was the best optimal area for *N. incisum* and *N. franchetii*. Our data provide scientific proof for protection and cultivation of endangered plateau *Notopterygii Rhizoma Et Radix*.

Key Words: *Notopterygii Rhizoma Et Radix*; PLS; PCA; RDA; ecological factor

我国气候生境的多样性,形成了特有的中药材多道地、多产地现象^[1]。道地药材的生长要求特定的生长温度、湿度、降水等自然生态环境条件。研究适宜道地药材生长的生态环境是中药资源可持续发展的重要命题^[2]。中药资源生态学是中药资源与生态学相结合的一门新兴学科^[3],中药材品质与生态因子相关性研究是其重要组成部分^[4]。课题组前期研究表明,相对湿度和年降水量是影响黄花蒿中青蒿素积累的主导因子^[5]。温度在人参中的皂苷类成分的积累中起着决定性作用^[6]。Jing^[7]等认为土壤类型是影响枸杞多酚类含量的主要因素。Shuting Yang 等^[8]发现玄参中玄参苷的积累与温度呈正相关性。

羌活为大宗药材品种。具有解表散寒、胜湿止痛的作用,为中、藏、羌医药体系中的常用药材^[9-10],主要化学成分是羌活醇和异欧前胡素^[11]。四川、青海、甘肃为羌活三大主产区^[12]。羌活主要分布于高原寒冷阴湿地带,生长周期长^[13],加之市场需求增长,野生资源已面临严重危机^[14]。《中国珍惜濒危保护植物名录》已将羌活列为二级保护物种,并载入《中国物种红色名录》^[15]。目前对羌活的研究集中在真伪鉴别及质量评价方面,对羌活产地的生态因子与其化学成分的关联尚无报道。本研究对四川、青海、甘肃羌活主产地羌活的羌活醇和异欧前胡素进行含量测定,应用中国气象科学数据共享服务平台(<http://cdc.cma.gov.cn/>)获得了不同产地的生态因子值,应用偏最小二乘回归分析(PLS)、冗余分析(RDA)及主成分分析(PCA)方法探讨了羌活活性成分与产地及气候因子的关联性,研究结果为濒危物种羌活保护与利用、可持续发展及引种栽培提供参考。

1 材料、仪器与试剂

1.1 材料

栽培羌活、宽叶羌活两年生药材于2010年10月下旬采收自四川、甘肃、青海等省,栽培羌活54个样品,宽叶羌活11个样品共计65个样本(图1)。将药材粉碎,过3号筛,经HPLC测定其含量。原植物由中国医学科学院药用植物研究所黄林芳副教授鉴定为羌活(*N. incisum*)和宽叶羌活(*N. franchetii*)。

1.2 仪器与试剂

1.2.1 仪器

Waters 1525 HPLC 系统(Milford, MA, USA), Waters AF 型在线脱气机, Waters 1525 HPLC 型二元泵, Waters 717 型自动进样器,恒温柱箱以及 Breeze 色谱工作站。

1.2.2 试剂

甲醇、乙腈(Fisher, 色谱纯)、磷酸(Sigma, 色谱纯)、其余试剂为分析纯。

2 方法

2.1 羌活化学成分含量测定

2.1.1 对照品

异欧前胡素(批号:110827)购自中国药品生物制品检定所,羌活醇(批号:0773—9607)购自上海同田生物,纯度经高效液相色谱分析大于98%。

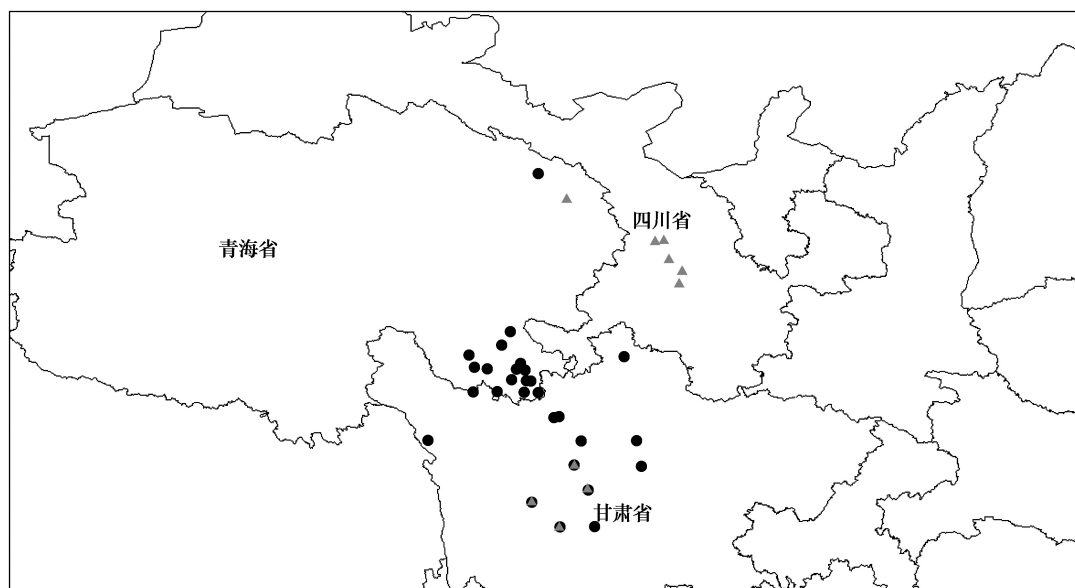


图 1 羌活及宽叶羌活采样点空间地理分布 (▲为羌活采样点, ●为宽叶羌活采样点)

Fig.1 Collection sites of geographic distribution for *N. incisum* and *N. franchetii*

2.1.2 对照品溶液制备

分别精密称取 2 mg 羌活醇和异欧前胡素分别溶于甲醇中,振摇使混合均匀,配制成混合对照品储备液。4 °C 冰箱储存备用。

2.1.3 供试品溶液的制备

分别取约 2.0 g 羌活、宽叶羌活样品,精密称定,加入 25 mL 甲醇至具塞锥形瓶中,称重。超声 30min 处理后补足差重。过滤,进样前经 0.22 μm 滤膜过滤,取续滤液,准备进样。

2.1.4 色谱条件

XBridge C₁₈ 色谱柱 (250 mm×4.6 mm×5 μm i.d., Waters, USA), 柱温 35 °C, 流速 1.0 mL/min, 样品进样体积 10 μL。流动相组成乙腈 (A) 和 0.01% 磷酸水 (B)。检测波长 310 nm。色谱条件如下^[11,15]: 0—13 min, 13%—17% A; 13—20 min, 17% A; 20—22 min, 17%—44% A; 22—31 min, 44%—57% A; 31—38 min, 57% A; 38—45 min, 57%—100% A; 45—50 min, 100% A。

2.1.5 线性关系考察

分别精密吸取混合对照品储备液 2、10、40、100、200、400、600 μL 至 1 mL 量瓶中,加甲醇至刻度,按上述色谱条件进行 HPLC 分析,以各标准品的浓度为横坐标 (X), 峰面积为纵坐标 (Y) 进行线性回归,得到各线性回归的方程。最小检测限 (LOD) 和最小定量限 (LOQ) 定义为信噪比分别等于 3 (S/N=3) 和 10 (S/N=10) 时对应的含量 (表 1)。

表 1 羌活醇及异欧前胡素的标准曲线, LOD and LOQ

Table 1 Standard curve of Notopteron and Isoimperatorin, LOD and LOQ

标准品 Standard substance	标准曲线 Standard curve	R^2	检测范围/(μg/mL) Detection range	定量限/(μg/mL) Limit of quantitation	检测线/(μg/mL) Limit of detection
羌活醇 Notopteron	$Y = 2 \times 10^7 X + 10094$	0.9998	0.52—626.4	0.33	0.10
异欧前胡素 Isoimperatorin	$Y = 3 \times 10^7 X + 34114$	0.999	0.54—642.0	0.29	0.11

2.1.6 精密度试验

分别在 1 d 和连续 3 d 内吸取上述混合标准储备液 400 μL, 稀释至 1 mL, 进样体积 10 μL, 在所确定的

HPLC 条件下重复进样 6 次测定,记录各成分色谱峰面积,计算其质量分数。结果羌活醇、异欧前胡素在 72 h 内的 RSD 为 2.26%,1.71%。

2.1.7 稳定性试验

取上述对照品溶液,分别在 0、2、4、8、12、24、36 h,按上述测定方法进行测定,记录峰面积,各对照品色谱峰的峰面积对应的浓度的 RSD 值在 1.06%和 1.02%范围内,表明样品至少在 36 h 内稳定。

2.1.8 重现性试验

取同一批次的样品各 6 份,按供试品溶液制备方法制备,按照上述色谱条件测定,各对照色谱峰的峰面积在 0.14%—0.55%范围内,表明此方法的重现性良好。

2.1.9 加样回收率

取已知含量的同一批次的样品 6 份,每份约 2.0 g,精密称定,分别精密加入一定量(相当于样品中的量)各对照品,按供试品溶液的制备方法操作,按上述色谱条件测定,各对照品的回收率在 95.57%—99.23% 范围内。

2.2 生态因子与化学成分分析(PLS)

2.2.1 生态因子获取

登录中国气象科学数据共享服务网数据查询系统,中国地面国际交换站累年年值数据集。包括 9 个因素:年降水量,年平均温度,年平均最低温度,年平均最高温度,年相对湿度,日照时数,海拔,年平均风速,年平均气压(表 2,表 3)。

2.2.2 生态因子与化学成分 PLS 分析及产地主成分分析(PCA)

应用 simca-p 软件对生态因子和含量数据库进行建模,考虑 p 个因变量 $y_1, y_2, \dots, y_p$, m 个自变量 $x_1, x_2, \dots, x_m$,首先在自变量中提取第一主成分 t_1 ,因变量中提取第一主成分 u_1 ,使 t_1 和 u_1 的相关程度达到最大,然后建立因变量 $y_1, y_2, \dots, y_p$ 于 t_1 的回归。如果方程已达到满意的精度,则算法终止。选择信息提取和解释能力较强的主成分作为典型成分。用 Canoco 软件对化学成分数据先进行去趋势对应分析(DCA),观察模型的整体情况,然后将环境因子数据加到排序图上,进行冗余分析(RDA)。解读排序图,两个箭头之间的夹角的余弦值代表了之间的相关性。余弦值的大小代表了两者之间关系的强弱。用 Unscrambler 结合气象数据与化学数据进行主成分分析,找出具有代表性的因子,区划最优产地。

3 结果

3.1 羌活与宽叶羌活化学成分含量分析

图 2、图 3 可见,羌活中羌活醇含量较高,异欧前胡素含量较低,而在宽叶羌活中羌活醇的相对含量较低,异欧前胡素的含量较高。由图 3 可知,羌活与宽叶羌活在不同产地中化学含量存在明显差异,四川产羌活化学含量较青海高。宽叶羌活中不同产地化学含量比较,异欧前胡素含量显著高于羌活醇,尤其在甘肃产宽叶羌活中。

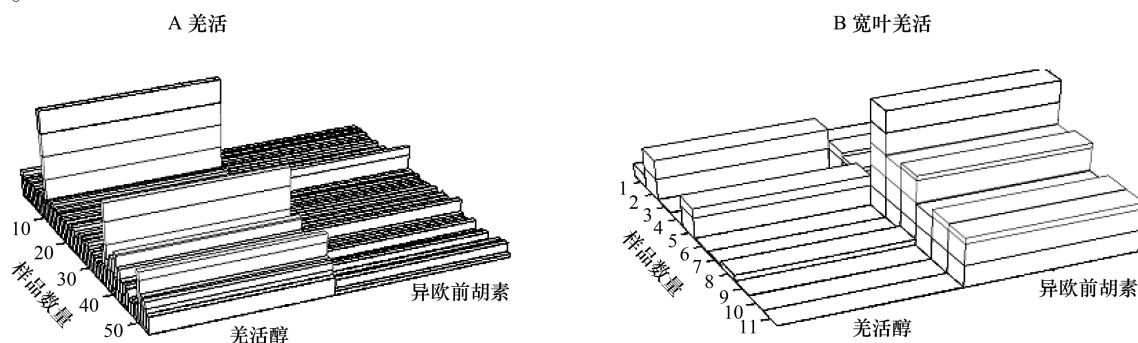


图 2 羌活及宽叶羌活中羌活醇和异欧前胡素含量

Fig.2 Contents of Notopteronol and Isoimperatorin of *N. incisum* and *N. franchetii*

表 2 羌活不同产地生态因子及质量数据
Table 2 Data of ecological factor and quality different habitats of *Notopterygium incisum*

气候因子及化学成分												
编号 Number	采样点 Collection sites	气压/ATM Air pressure	年均温/℃ Average annual temperature	年最高温/℃ Maximum annual temperature	年最低温/℃ Minimum annual temperature	相对湿度/% Relative humidity	年降水量/mm Annual precipitation	风速/(m/s) Wind speed	日照时数/h Sunshine duration	海拔/m Elevation	羌活醇/% Notoptenol	异欧前胡素/% Isoimperatorin
1	青海省果洛州达日县窝赛乡	6275	-8	66	-67	64	5457	20	24565	3696	11.633	3.896
2	青海省果洛州班玛县知钦乡	6136	-5	72	-58	58	5467	18	24548	3754	8.944	3.608
3	青海省果洛州达日县德娘乡	6281	-10	34	-77	67	5345	23	24748	3766	9.871	4.378
4	青海省果洛州班玛县灯塔乡	6290	-11	46	-54	69	5456	25	24538	3782	10.878	3.583
5	青海省果洛州班玛县达卡乡	6233	-9	48	-64	70	5478	30	23548	3756	11.333	4.501
6	青海省果洛州久治县白玉乡	6256	-4	49	-67	48	5423	15	24528	3896	10.585	3.558
7	青海省果洛州达日县当洛乡	6298	-8	66	-66	62	5568	18	24540	3733	10.66	3.282
8	青海省果洛州甘德县青珍乡	6321	-15	66	-55	64	5445	23	26548	3896	8.449	2.637
9	青海省果洛州达大武东青乡	6299	-14	77	-68	46	5765	22	24448	3996	11.173	4.398
10	青海省果洛州班玛县灯塔乡	6245	-19	68	-67	48	5625	25	24578	3496	11.566	3.037
11	青海省果洛州达日县上红科乡	6212	-1	62	-68	56	5575	28	24948	3896	9.312	3.125
12	青海省果洛州甘德县青珍乡	6287	-3	75	-72	62	5482	29	23548	3786	49.059	4.859
13	青海省果洛州班玛县灯塔乡	6298	-2	49	-45	46	5457	31	24541	3655	10.885	4.248
14	青海省果洛州甘德县上贡麻乡	6233	-6	68	-66	47	5435	24	25548	3799	11.752	2.792
15	青海省果洛州班玛县江日堂乡	6381	-5	87	-66	57	5457	28	24648	3216	12.126	3.979
16	青海省果洛州班玛县多贡麻队	6231	-8	57	-47	52	5494	31	24148	3787	10.688	5.695
17	青海省果洛州班玛县达卡乡	6022	-18	58	-65	58	5492	33	25548	3886	11.059	4.965
18	青海省果洛州班玛县达卡乡	6451	2	64	-69	59	5488	36	24549	3796	10.202	3.545
19	青海省果洛州大武东青乡	6211	6	66	-58	66	5443	38	23548	3896	11.134	4.103
20	青海省果洛州班玛县达卡乡	6290	-9	55	-51	67	5357	35	24648	3755	8.963	13.436
21	青海省果洛州班玛县莫巴乡	6252	-11	66	-52	62	5492	39	24568	3886	9.929	3.918
22	青海省果洛州班玛县灯塔乡	6202	-8	57	-56	68	5489	35	23548	3656	9.652	4.055
23	青海省果洛州久治县哇尔依乡	6288	-8	57	-64	68	5469	15	24648	3906	8.583	3.767
24	青海省果洛州班玛县莫巴乡	6207	-8	66	-69	63	5468	13	24538	3709	8.341	3.102
25	青海省果洛州久治县门堂乡	6277	-12	66	-62	57	5443	16	24648	3766	8.554	3.429
26	青海省果洛州班玛县多贡麻乡	6254	-5	66	-54	59	5492	25	24549	3788	11.441	3.796
27	青海省果洛州大武东青乡	6289	-6	76	-58	62	5489	21	25548	3712	11.032	4.093
28	青海省果洛州久治县哇尔依乡	6202	-8	54	-54	62	5484	18	24549	3769	8.81	3.752

续表

气候因子及化学成分															
编号 Number	采样点 Collection sites	气压/ATM Air pressure	年均温/℃ Average annual temperature	年最高温/℃ Maximum annual temperature	年最低温/℃ Minimum annual temperature	相对湿度/% Relative humidity	年降水量/mm Annual precipitation	风速/(m/s) Wind speed	日照时数/h Sunshine duration	海拔/m Elevation	羌活醇/% Notoptrol	异欧前胡素/% Isoimperatorin			
29	青海省果洛州达日县当洛乡	6233	-8	78	-67	64	5493	19	26548	3790	11.849	5.166			
30	青海省果洛州久治县白玉寺乡	6281	-3	76	-72	68	5490	14	24549	3744	8.709	3.628			
31	青海省果洛州达日县窝塞乡	6254	-5	68	-46	69	5482	21	24648	3788	8.676	2.504			
32	青海省果洛州班玛县江日堂乡	6226	-8	64	-51	65	5478	20	24549	3764	8.571	5.625			
33	青海省果洛州甘德县青珍乡	6157	9	72	-55	56	5581	18	25548	3709	7.109	5.099			
34	青海省果洛州班玛县知钦乡	6344	-10	56	-66	57	5586	15	24538	3711	7.788	2.738			
35	青海省门源县	7716	61	141	2	53	3895	11	25588	2224	11.671	4.456			
36	四川省康定县新都桥镇(栽培)	7138	57	137	-3	55	6744	14	25055	3388	2.897	1.744			
37	四川省道孚县各卡村	7233	65	156	-3	67	6703	19	25725	3309	17.792	3.304			
38	四川省康定县折多山	7245	78	140	-6	72	6712	17	25055	3355	37.679	8.169			
39	四川省康定县折多山贡布卡村	7244	44	140	-8	45	6856	18	25065	3311	14.101	3.43			
40	四川省阿坝州小金县两河口乡	7427	32	122	5	65	6967	17	23055	3388	16.539	2.334			
41	四川省阿坝州小金县(栽培)	7299	57	178	-1	56	6956	16	24685	3390	3.725	2.418			
42	四川省阿坝州小金县两河口乡大板村收购	7289	57	134	-3	67	6934	23	25098	3390	20.506	2.072			
43	四川省壤塘县南木达乡(刘斌收购)	7202	60	178	-3	47	6734	21	25068	3312	15.178	4.38			
44	四川省金川县乌勒乡(王桂明代购)	7205	64	144	-4	52	6777	25	25435	3356	11.054	0.686			
45	四川省理县(周先富收购)	7427	53	177	-6	46	6756	21	21555	3378	5.798	0.379			
46	四川省阿坝州金川县	7467	76	156	-6	44	6822	19	25076	3384	10.703	2.897			
47	四川省阿坝州若尔盖县	7388	57	133	5	57	6865	21	25098	3332	5.9	3.423			
48	四川省阿坝州小金县	7146	72	128	-4	58	6822	22	25089	3356	8.098	0.689			
49	四川省阿坝州黑水县	7123	64	152	-4	62	6831	21	25045	3309	8.446	1.328			
50	四川省成都荷花池中药材市场	7255	62	133	-3	74	6758	20	25072	3390	8.085	1.937			
51	四川省成都荷花池中药材市场	7249	50	156	-2	49	6566	19	25010	3332	23.595	4.886			
52	四川德格	7278	57	170	-1	48	6846	18	25955	3316	14.155	4.29			
53	四川省壤塘	7258	57	124	-3	52	6865	17	25655	3368	13.214	5.516			
54	河北安国药材市场	10072	140	196	95	57	5493	14	21907	2281	8.084	1.937			

表 3 宽叶羌活不同产地生态因子及质量数据
Table 3 Data of ecological factor and quality different habitats of *Notopterygium franchetii*

编号 Number	采样点 Collection sites	气候因子及化学成分										
		气压/ATM Air pressure	年均温/℃ Average annual temperature	年最高温/℃ Maximum annual Temperature	年最低温/℃ Minimum annual Temperature	相对湿度/% Relative humidity	年降水量/mm Annual precipitation	风速/(m/s) Wind speed	日照时数/h Sunshine duration	海拔/m Elevation	羌活醇/% Notoptenol	异欧前胡素/% Isoimperatorin
1	四川省康定县新都桥镇(栽培)	7244	57	140	-3	61	6758	17	25035	3390	4.206	4.019
2	四川省道孚县各卡村	7345	65	136	6	65	6767	19	25065	3388	13.343	0.706
3	四川省阿坝州小金县两河口乡	7212	46	152	2	56	6756	12	25055	3492	0.329	9.624
4	四川省阿坝州小金县(栽培)	7257	53	144	-7	67	6746	20	25075	3290	0.11	8.353
5	四川省阿坝州金川县	7222	52	165	-1	57	6722	17	25055	3390	10.201	1.948
6	青海西宁	7716	61	141	2	57	3895	11	25588	2261	0.374	34.756
7	甘肃省岷县禾驮乡	8879	116	176	70	65	4397	8	18476	2320	0.596	20.668
8	甘肃省临洮衙下乡(栽培)	8483	104	173	52	53	3184	9	24362	2790	1.949	22.413
9	甘肃省舟曲县(栽培)	8879	116	176	67	60	4350	8	18490	2320	0.172	13.578
10	甘肃渭源县田家河乡(栽培)	8483	104	172	55	53	3184	9	24362	2760	0.11	16.088
11	甘肃定西市康乐县(栽培)	8879	116	182	70	58	4312	11	18480	2320	0.163	15.898

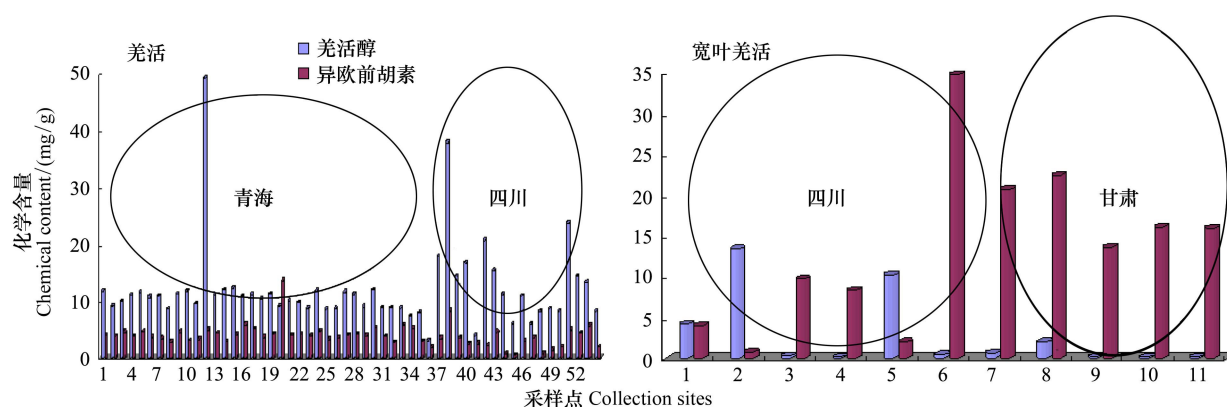


图3 不同产地中羌活及宽叶羌活化学含量

Fig.3 Chemical content of *N. incisum* and *N. franchetii* in different regions

3.2 羌活及宽叶羌活化学成分与生态因子 PLS 分析

采用偏最小二乘模型回归系数的迭代计算与辅助分析技术,通过变量投影重要性指标(VIP)来评估羌活化学成分与生态因子关联性,值越大说明解释变量的重要程度越大。在羌活中羌活醇和异欧前胡素的回归系数见图4(A、C),变量投影重要性指标VIP见图4(B、D)。

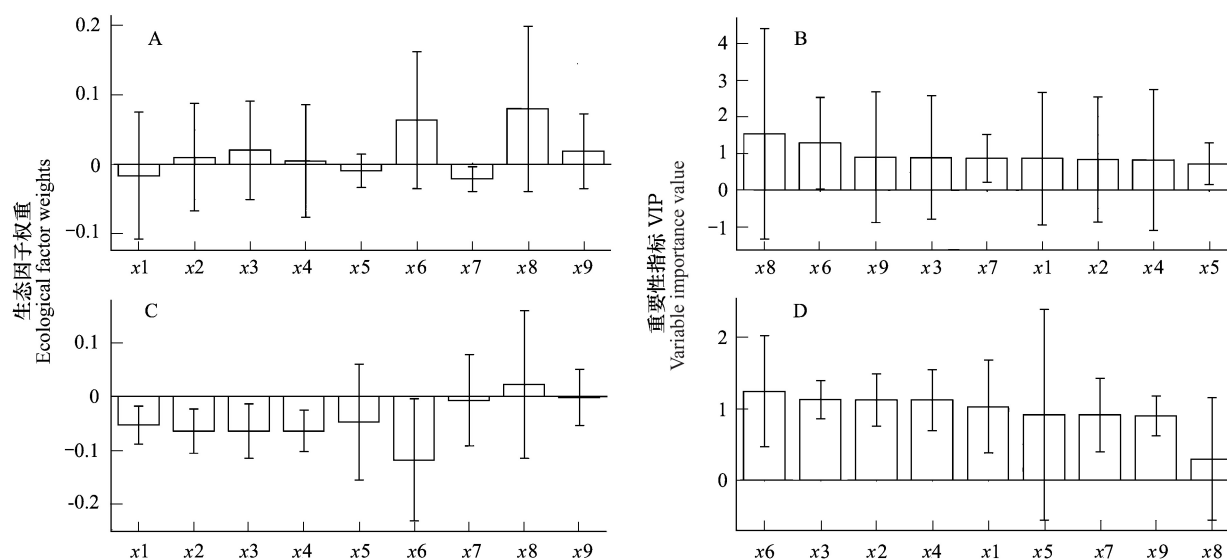


图4 羌活中羌活醇和异欧前胡素的生态因子回归系数(A、C)及变量投影重要性指标(VIP)(B、D);x1 气压;x2 年均温;x3 年最高温;x4 年最低温;x5 相对湿度;x6 年降水量;x7 风速;x8 日照时数;x9 海拔

Fig.4 Regression coefficient of ecological factor (A, C) and Variable importance in projection values (VIP) (B, D) of Notopterol and Isoimperatorin of *N. incisum*. x1 Air pressure; x2 Average annual Temperature; x3 Maximum annual Temperature; x4 Minimum annual Temperature; x5 Relative humidity; x6 Annual precipitation; x7 Wind speed; x8 Sunshine duration; x9 Elevation

由图4(A)可知,羌活中日照时数与羌活醇含量的正回归系数绝对值最大,其次是年降水量,相关度的排序为日照时数>降水量>年最高温度>海拔>年均温度>年最低温度。风速与羌活醇的负回归系数绝对值最大,其次是气压和湿度。图4(B)的VIP直方图,日照时数和年降水量的权重系数与其它变量相比影响最大,其后依次是海拔>年最高温>风速>气压>年均温>年最低温>湿度。综合图4(A)和(B)可知,日照时数和年降水量是影响羌活中羌活醇含量的最主要因素,且为正相关。海拔与年最高温度也与羌活醇呈正相关。羌活中另一个主要化学成分异欧前胡素的生态因子系数回归图如图4(C)所示,日照时数与异欧前胡素的含量回归系数为正值,其余生态因子都为负值。其中年降水量的负回归系数绝对值最大。年均温、年最高温、年最低温与

异欧前胡素的负回归系数排在第二,湿度和气压的负回归系数排在第三。图 4(D) 的异欧前胡素 VIP 生态因子直方图中,年降水量的权重系数最大排在第一,其次为年最高温 $\approx$ 年均温 $\approx$ 年最低温排 $>$ 气压 $\approx$ 风速 $\approx$ 海拔 $\approx$ 湿度 $>$ 日照时数。年降水量和温度因素是影响异欧前胡素含量的主要因素,皆为负相关。通过 4 个图比较,发现在羌活中影响羌活醇和异欧前胡素含量的生态因子呈相反的趋势,如日照和年降水量、海拔、温度与羌活醇都为正相关,而与异欧前胡素呈负相关。

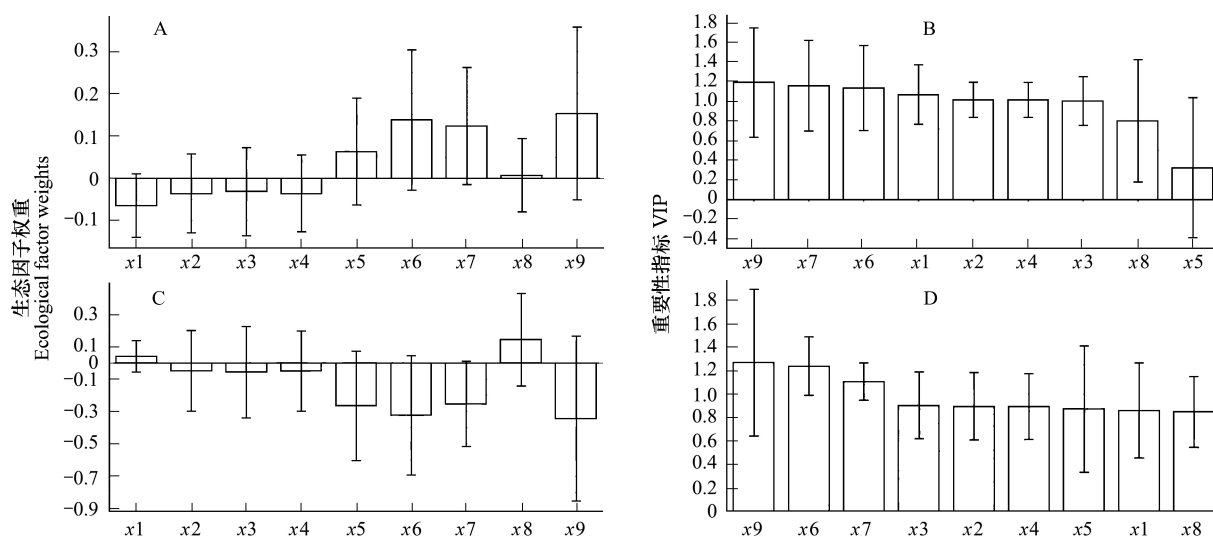


图 5 宽叶羌活羌活中羌活醇和异欧前胡素的生态因子回归系数(A,C)及变量投影重要性指标(B,D); x1 气压;x2 年均温;x3 年最高温;x4 年最低温;x5 相对湿度;x6 年降水量;x7 风速;x8 日照时数;x9 海拔

Fig.5 Regression coefficient of ecological factor (A,C) and Variable importance in projection values (VIP) (B,D) of Notopteron and Isoimperatorin of *N. franchetii*; x1 Air pressure;x2 Average annual Temperature;x3 Maximum annual Temperature;x4 Minimum annual Temperature;x5 Relative humidity;x6 Annual precipitation;x7 Wind speed;x8 Sunshine duration;x9 Elevation

宽叶羌活中羌活醇和异欧前胡素的生态因子回归系数见图 5(A,C)和变量投影最要性指标 VIP 见图 5(B,D)。从图 5(A)中可看出,在宽叶羌活中海拔与羌活醇含量呈正相关,且回归系数最大,其后依次是年降水量 $>$ 风速 $>$ 湿度 $>$ 日照。气压与羌活醇的负回归系数绝对值最大,呈强负相关关系,其次是年均温 $>$ 年最高温 $>$ 年最低温。图 5(B)的 VIP 直方图可见,海拔、风速和年降水量分别排在前 3 位,是影响宽叶羌活中羌活醇的主要因素,其次为气压 $>$ 年均温 $>$ 年最低温 $>$ 年最高温 $>$ 日照 $>$ 湿度,宽叶羌活中高海拔,和高风速,高降水有利于羌活醇的积累。结果同影响羌活中羌活醇的生态因子相一致。图 5(C)宽叶羌活异欧前胡素的系数回归图中,海拔的负回归系数绝对值最大。年降水量,风速和湿度排在其次。年最高温,年最低温,年均温负回归系数最小。日照时数和气压与其呈正相关。图 5(D)中,海拔、年降水量和风速对异欧前胡素含量的影响最大。年最高温、年均温、年最低温、湿度、气压、日照对异欧前胡素的影响排在其次。

3.3 不同产地羌活和宽叶羌活含量与生态因子的 RDA 双向排序图

如图 6(A)所示,图中的蓝色箭头代表羌活的化学含量,红色箭头代表生态因子。以羌活中的羌活醇为例,其与日照时长,和平均风速的夹角分别为 α, β ,前者是个锐角,后者是个钝角,相应的余弦值代表了之间的相关性,羌活醇与日照时长呈现了较好的正相关,与平均风速呈现了较好的负相关。年降水量、年平均温度、年最高温度、年最低温度、海拔都与羌活醇呈较好的正相关。气压、相对湿度与羌活醇呈较好的负相关,与 3.1 的研究结果相符合。异欧前胡素与相对湿度,平均风速,气压呈现较好的正相关,与日照时数呈现微弱的正相关,与海拔、年最高温度、年最低温度、年均温度、年降水量呈现较好的负相关,与上述结果有细微的差别,可能是不同分析方法所致,Canoco 先对模型进行去趋势对应分析(DCA),选中合适的模型,然后采用冗余分析(RDA)进行排序,主要采用排列方法学的生态模型。如图 6(B)所示宽叶羌活中的羌活醇与年降水量、海拔、风速、日照时数的夹角为锐角,呈现出良好的正相关,与相对湿度呈微弱的正相关。并且与年平均温,年最高

温,年最低温,气压的夹角是钝角,呈现出负相关。异欧前胡素与气压,年最高温,年最低温,年均温夹角为锐角,呈正相关。与相对湿度,日照时数,年降水量,海拔的夹角为钝角,呈负相关。与上述 PLS 结果有些差别,虽然温度因子在两种计算方法中出现了相反的趋势,不过由于温度因子的解释变量的重要性小于海拔和年降水量,对分析结果影响不大,主导的生态因子通过两种软件的分析结果的相同的。

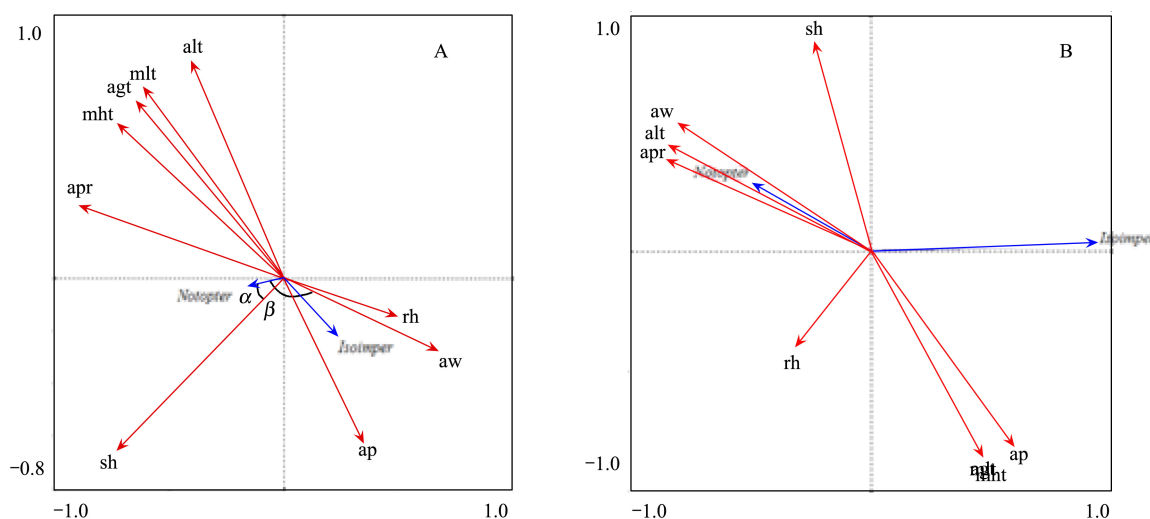


图 6 羌活(A)和宽叶羌活(B)含量与生态因子 RDA 双向排序图

Fig.6 RDA two-way rank on content and ecological factors of *N. incisum* (A) and *N. franchetii* (B)

sh, 日照时数; aw, 风速; alt, 海拔; apr, 年降水量; rh, 湿度; ap, 气压; agt, 年均温; mht, 年最高温; mlt, 年最低温;

sh, Sunshine duration; aw, Wind speed; alt, Elevation; apr, Annual precipitation; rh, Relative humidity; ap, Air pressure; agt, Average annual Temperature; mht, Minimum annual Temperature; mlt, Minimum annual Temperature

3.4 基于羌活化学成分的 PCA 分析

利用 simca-p 软件包对不同产地羌活中羌活醇和异欧前胡素进行主成分(PCA)分析(图 7A),发现四川的样品主要集中在 PCA 三维图的左下半部分,青海的样品主要集中在左上半部分,并且比四川的样品更为密集。这与采样点的分布极为相似,根据不同产地之间成分的差异能很好的区分开来。四川产地的样本主要集中在 PC1 的一侧,说明其贡献率在第一个主成分比例很高,四川产羌活的羌活醇和异欧前胡素要高于青海省,验证了其道地产区的特点。宽叶羌活化学成分含量 PCA 分析发现,四川的产地亦主要集中在 PCA 三维图的左下半部分(图 7B)。甘肃的产地主要集中在左上半部分,与羌活产地的分布相类似,四川产地集中在第一主成分的一侧,表明其含量要高于甘肃产地。

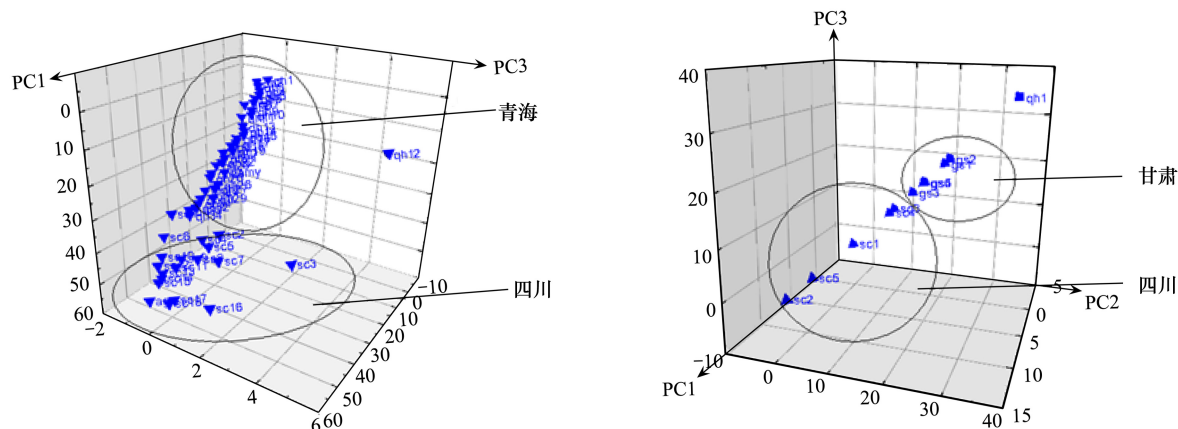


图 7 羌活(A)与宽叶羌活(B)化学成分含量主成分分析

Fig.7 PCA for content of *N. incisum* (A) and *N. franchetii* (B)

4 讨论

生态环境对中药材的品质有一定影响^[16]。根据产地羌活可分为川羌和西羌^[9],川羌主产于四川省阿坝藏族自治州小金、松潘、甘孜藏族自治州。西羌主产于青海,甘肃等。化学成分含量测定结果表明羌活中羌活醇含量高于异欧前胡素,而宽叶羌活相反。两种羌活的化学成分含量都以川羌最高。羌活化学成分与生态环境、地理分布密切相关,羌活药材品质是基于特有生态条件与栽培技术的综合体现。诸如日照时数、年降水量、海拔有利于羌活中羌活醇含量的积累,而年降水量与海拔则不利于异欧前胡素含量的积累,从而影响药材品质。

4.1 活性成分与日照时数生态因子的关系

活性成分与日照时数均呈正相关关系。通过对图 4(A,C)比较发现,日照时数与羌活中羌活醇的正回归系数大于异欧前胡素,而在图 5(A,C)宽叶羌活中,日照时数与羌活中羌活醇的正回归系数小于异欧前胡素。羌活为短日照植物,怕强光,羌活与宽叶羌活对光照的适应能力均较强,同一海拔地区的自然光强平均值介于 21000—28000lx,羌活植株在该地区上方的光强平均介于 1080—1320lx^[17],这与其在弱光的生长条件下相吻合。研究表明^[18],羌活的表观量子率显著高于宽叶羌活,说明羌活对弱光的利用能力强于宽叶羌活。羌活较宽叶羌活多生长在较高的海拔,其多分布在较为隐蔽和冰冷的生境中,而宽叶羌活生长在相对较为开阔、光照较好的灌丛或者针阔混交林一带,即隐蔽的生境下弱光更弱,曝露的生境中强光更强。高海拔时羌活接受弱光日照时数长,羌活醇的积累高于异欧前胡素。而在相对海拔较低时,宽叶羌活接受强光日照时数长,异欧前胡素的富集高于羌活醇。羌活醇与异欧前胡素累积与光照强弱的相关性,有待进一步研究。

4.2 活性成分与年降水量、海拔生态因子的关系

通过图 5(A,C)比较发现,年降水量及海拔均能促进羌活及宽叶羌活中羌活醇含量积累,不利于异欧前胡素积累。羌活主要分布在高海拔地区(3700m 以上),降水多,有利于羌活醇含量积累。宽叶羌活则主要分布在 1600m 中海拔区,海拔、年降水量相对较低,有利于异欧前胡素的富集。四川为羌活道地产区,尤以小金、理县、黑水、道孚、炉霍等县较多,该地区属亚热带气候,高原地形,降水量大,空气湿润,季节变化及昼夜温差大。适宜种植羌活。在川西高原川藏交界的一些河谷、甘南和青海等省的部分耕地充足,光热条件优越的低海拔地区适宜种植宽叶羌活。

综上所述,本文首次应用 PLS, RDA 双序排序等方法分析了生态因子对含量的影响以及相关性。揭示了日照时数、年降水量及海拔对羌活、宽叶羌活中活性成分累积起重要作用。探讨了弱光更利于羌活醇含量积累,强光适于异欧前胡素累积。在一定范围内,海拔越高,年降水量越大,越能促进羌活醇的积累,而不利于异欧前胡素含量富集。研究结果对保护濒危高原药用植物羌活、加强引种栽培及其资源可持续发展提供科学依据。

References:

- [1] Huang L F, Fu J, Chen S L. Academic study on ecological variation of traditional Chinese medicinal materials. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2012, 43(7): 1249-1258.
- [2] Zhang F, Wang Z F. Analyses the environment influence factors on the formation of indigenous Chinese medicine materials. Research and Practice on Chinese Medicines, 2009, 23(5): 24-25.
- [3] Gou L P, Huang L Q. Theoretical Framework of Chinese Medical Resource Ecology. Resources Science, 2008, 30(2): 296-304.
- [4] Xie C X, Sou F M, Jia G L, Song J Y, Huang L F, Chen S L. Correlation between ecological factors and ginsenosides. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(24): 7551-7563.
- [5] Huang L F, Xie C X, Duan B Z, Chen S L. Mapping the potential distribution of high artemisinin-yielding *Artemisia annua* L. (Qinghao) in China with a geographic information system. Chinese Medicine, 2010, 5: 1-8.
- [6] Jia G L, Huang L F, Suo F M, Song J Y, Xie C X, Sun J. Correlation between ginsenoside contents in Panax ginseng roots and ecological factors, and ecological division of ginseng plantation in China. Chinese Journal of Plant Ecology, 2012, 36(4): 302-312.
- [7] Dong J Z, Wang S H, Zhu L Y, Wang Y. Analysis on the main active components of *Lycium barbarum* fruits and related environmental factors. Journal of Medicinal Plants Research, 2012, 6(12): 2276-2283.
- [8] Yang S T, Li J H, Zhao Y P, Chen B L, Fu C X. Harpagoside Variation Is Positively Correlated with Temperature in *Scrophularia ningpoensis*

- Hemsl. Journal of agricultural and food chemistry, 2011, 59(5): 1612-1621.
- [9] Yan F, Zhu H W, Dong S J, Peng X H. Study on Development of the growth and development of the ecological environment of *Notopterygii Rhizoma et Radix*. Journal of Gansu Agricultural, 2006, 6: 137.
- [10] Li Z J, Huang H Y. Overview the pharmacological effects and new clinical use of *Notopterygii Rhizoma et Radix*. Journal of Practical Traditional Chinese Medicine, 2004, 20(2): 108-109.
- [11] Kim S, Kim K Y, Han C S, Ki K S, Min K J, Zhang X, Whang W K. Simultaneous Analysis of Six Major Compounds in *Osterici Radix* and *Notopterygii Rhizoma et Radix* by HPLC and Discrimination of Their Origins from Chemical Fingerprint Analysis. Archives of pharmacol research, 2012, 35(4): 691-699.
- [12] Zhou Y, Jiang S Y, Ma X J, Li X P. Study on the source and analgesic action of *Notopterygium incisum* in SiChuan Province. Pharmacology and Clinics of Chinese Materia Medica, 2003, 19(6): 22-23.
- [13] Sun H, Jiang S Y, Chen S L, Zhou Y, Xie C X, Ma X J, Chen T Z. Studies on habitats suitability of endangered medicinal plant *Notopterygium incisum*. China Journal of Chinese Materia Medica, 2009, 34(5): 535-538.
- [14] Zhou Y, Jiang S Y, Ma X J, Sun H, Bo F D, Wu R. Resource crisis and protective measures on *Rhizoma et Radix Notopterygii*. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2003, 34(10): 12-14.
- [15] Wang Z, Chen S L, Huang L F, Song J Y, Du J. Advances in Quality Control of *Notopterygii Rhizoma et Radix*. Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy, 2012, 29(3): 209-214.
- [16] Chen S L, Suo F M, Han J P, Xie C X, Yao H, Li X W, Li Y, Wei J H. Analysis on ecological suitability and regionalization of traditional Chinese medicinal materials. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2007, 38(4): 481-487.
- [17] Gao L H. Study on ecological characteristic and effect of fertilization on yield and quality of *Notopterygium franchetii*. Gan Su: Gansu Agricultural university, 2007: 18.
- [18] Chen T Z, Jiang S Y, Sun H, Zhou Y, Ma X J, Li X W, Tang X F. Comparative studies on photosynthetic characteristic of *Notopterygium incisum* and *N. forbesi*. China Journal of Chinese Materia Medica, 2009, 34(6): 664-668.

参考文献:

- [1] 黄林芳, 付娟, 陈士林. 中药材生态变异的学术探讨. 中草药, 2012, 43(7): 1249-1258.
- [2] 张锋, 王志芬. 浅析环境因子对道地药材形成的影响. 现代中药研究与实践, 2009, 23(5): 24-25.
- [3] 郭兰萍, 黄璐琦. 中药资源生态学研究的理论框架. 资源科学, 2008, 30(2): 296-304.
- [4] 谢彩香, 索凤梅, 贾光林, 宋经元, 黄林芳, 陈士林. 人参皂苷与生态因子的相关性. 生态学报, 2011, 31(24): 7551-7563.
- [6] 贾光林, 黄林芳, 索凤梅, 宋经元, 谢彩香, 孙娟. 人参药材中人参皂苷与生态因子的相关性及人参生态区划. 植物生态学报, 2012, 36(4): 302-312.
- [9] 阎凤, 朱宏伟, 董生健, 彭小红. 羌活的生态环境及生长发育规律初探. 甘肃农业, 2006, 6: 137.
- [10] 李珍娟, 黄红英. 羌活的药理作用及临床新用概述. 实用中医药杂志, 2004, 20(2): 108-109.
- [12] 周毅, 蒋舜媛, 马小军, 李兴平. 川产羌活基源及镇痛作用研究. 中药药理与临床, 2003, 19(6): 22-23.
- [13] 孙辉, 蒋舜媛, 陈士林, 周毅, 谢彩香, 马小军, 陈铁柱. 高寒山区濒危药用植物羌活产地适宜性及生产区划分析. 中国中药杂志, 2009, 34(5): 535-538.
- [14] 周毅, 蒋舜媛, 马小军, 孙辉, 溥发鼎, 吴锐. 羌活资源危机和保护. 中草药, 2003, 34(10): 12-14.
- [15] 王珍, 陈士林, 黄林芳, 宋经元, 杜静. 羌活的质量控制研究进展. 中国现代应用药学, 2012, 29(3): 209-214.
- [16] 陈士林, 索凤梅, 韩建萍, 谢彩香, 姚辉, 李西文, 李滢, 魏建和. 中国药材生态适宜性分析及生产区划. 中草药, 2007, 38(4): 481-487.
- [17] 高凌花. 羌活生态特性及施肥对其产量影响的研究. 甘肃: 甘肃农业大学, 2007: 18.
- [18] 陈铁柱, 蒋舜媛, 孙辉, 周毅, 马小军, 李西文, 唐学芳. 羌活与宽叶羌活光合特性的比较研究. 中国中药杂志, 2009, 34(6): 664-668.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.24 Dec., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The problems in red soil ecosystem in southern of China and its countermeasures ZHAO Qiguo, HUANG Guoqin, MA Yanqin (7615)
- Fundamentals of Ecology: promoting ecology from tradition to modern: To Commemorate The 100th Anniversary of E. P. Odum's Birthday BAO Qingde, ZHANG Xiufen (7623)
- Food chain length theory: a review ZHANG Huan, HE Liang, ZHANG Peiyu, et al (7630)

Autecology & Fundamentals

- Foraging and bed site selection of Tianshan argali (*Ovis ammon karelini*) in Central Tianshan Mountains in Summer LI Ye, YU Yuqun, SHI Jun, et al (7644)
- Inhibition of pine coneworm, larvae *Dioryctria pryeri*, on herbivore-induced defenses of *Pinus tabulaeformis* ZHANG Xiao, LI Xiuling, LI Xingang, et al (7651)
- Response of periphyton to nutrient level and relationships between periphyton and decay degree of *Potamogeton crispus* WEI Hongnong, PAN Jianlin, ZHAO Kai, et al (7661)
- Correlative study between chemical constituents and ecological factors of *Notopterygii Rhizoma* Et Radix of endangered plateau plant HUANG Linfang, LI Wentao, WANG Zhen, et al (7667)
- Induced changes in soil microbial transformation of nitrogen in maize rhizosphere by 4-year exposure to O₃ WU Fangfang, ZHENG Youfei, WU Rongjun, et al (7679)
- Changes of digestive enzyme activity of *Tegillarca granosa* exposed to cadmium and copper CHEN Xiaoxiao, GAO Yetian, WU Hongxi, et al (7690)

Population, Community and Ecosystem

- Population dynamics and density of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in different habitats ZHENG Sining (7699)
- Litter fall production and nutrient dynamic of *Cinnamomum camphora* and *Pinus massoniana* mixed forests in subtropics China LI Zhongwen, YAN Wende, ZHENG Wei, et al (7707)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Assessing the spatial representativeness of eddy covariance flux observation stations of terrestrial ecosystems in China WANG Shaoqiang, CHEN Diecong, ZHOU Lei, et al (7715)
- The coupling relationship between variations of NDVI and change of aeolian sandy land in the Yarlung Zangbo River Basin of Tibet, China LI Haidong, SHEN Weishou, CAI Bofeng, et al (7729)
- Effects of higher resolution image and spatial grain size on landscape pattern in a small watershed of the farming-pastoral zone ZHANG Qingyin, FAN Jun (7739)
- The changes of soil organic carbon and carbon management index in alpine steppe CAI Xiaobu, YU Baozheng, PENG Yuelin, et al (7748)
- Spatial heterogeneity of soil organic carbon and total nitrogen at small scale in subalpine meadow and *Picea meyeri* forest in Luya Mountain WU Xiaogang, GUO Jinping, TIAN Xuping, et al (7756)
- Active pools of soil organic carbon in subtropical forests at different successional stages in Central Hunan, China SUN Weijun, FANG Xi, XIANG Wenhua, et al (7765)
- The impact of sheet and gully erosion on soil aggregate losses in the black soil region of Northeast China JIANG Yiliang, ZHENG Fenli, WANG Bin, et al (7774)
- Net nitrogen mineralization in soils of Napahai wetland in Northwest Yunnan XIE Chengjie, GUO Xuelian, YU Leichao, et al (7782)

- Variation of soil fertility in *Eucalyptus robusta* plantations after controlled burning in the red soil region and its ecological evaluation YANG Shangdong, WU Jun, TAN Hongwei, et al (7788)
- The spatio-temporal variations of vegetation cover in the Yellow River Basin from 2000 to 2010 YUAN Lihua, JIANG Weiguo, SHEN Wenming, et al (7798)
- Long-term dynamic simulation on forest landscape pattern changes in Mount Lushan LIANG Yanyan, ZHOU Nianxing, XIE Huiwei, et al (7807)
- Species habitat correlation analysis in temperate-subtropical ecological transition zone YUAN Zhiliang, CHEN Yun, WEI Boliang, et al (7819)
- Responses of Qilian junipers radial growth of different ecological environment and detrending method to climate change in Qinghai Province ZHANG Ruibo, YUAN Yujiang, WEI Wenshou, et al (7827)
- Resource and Industrial Ecology**
- The pattern of ecological capital in Daxiaoxinganling, Heilongjiang Province, China MA Lixin, QIN Xuebo, SUN Nan, et al (7838)
- Research and implementation of mobile data collection system for field survey of ecological environment SHEN Wenming, SUN Zhongping, ZHANG Xue, et al (7846)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- A remote sensing urban ecological index and its application XU Hanqiu (7853)
- Research Notes**
- Genetic diversity and DNA fingerprint of *Pleioblastus* by ISSR HUANG Shujun, CHEN Liguang, XIAO Yongtai, et al (7863)
- Comprehensive evaluation on photosynthetic and fluorescence characteristics in seedlings of 4 drought resistance species LU Guangchao, XU Jianxin, XUE Li, et al (7872)
- Stock difference of *Coelomactra antiquata* based on nuclear (ITS2) and mitochondrial (16S rRNA) DNA sequence and secondary structure MENG Xueping, SHEN Xin, ZHAO Nana, et al (7882)
- The mechanism of the characters of inorganic carbon acquisition to temperature in two *Ulva* species XU Juntian, WANG Xuwen, ZHONG Zhihai, et al (7892)
- Research on changes of dynamic characteristics of rainfall though *Platycladus Orientalis* plantation canopy in Beijing Mountain Area SHI Yu, YU Xinxiao, ZHANG Jianhui, et al (7898)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 丁 平

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 24 期 (2013 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 24 (December, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元