

## 小叶黑柴胡野生居群生物学特性与活性成分含量对典型生境的响应

任艳<sup>1</sup>, 刘付松<sup>2</sup>, 刘莎<sup>2</sup>, 吴发明<sup>2\*</sup>

1. 西南民族大学, 四川 成都 610041

2. 遵义医科大学, 贵州 遵义 563000

**摘要:** 目的 探索不同微生境对小叶黑柴胡 *Bupleurum smithii* var. *parvifolium* 药材形成的影响, 为其驯化栽培奠定基础。方法 通过样方调查对不同生境中小叶黑柴胡种群结构、优势物种、药用植物多样性及柴胡表观形态特征进行统计分析; 采用烘干法对土壤水分含量进行测定, 采用 550 °C 烧失量法对土壤有机质含量进行测定; 采用 HPLC 法对柴胡中代表组分柴胡皂苷成分含量进行测定。**结果** 哈思山地区野生小叶黑柴胡分布的典型生境有 3 个类型, 分别为戈壁型、草甸型和灌丛型。戈壁型生境包括流石滩亚型和岩壁缝隙亚型, 生境中无优势植物种群, 戈壁型柴胡以匍匐型为主, 地上部分生物量相对较少, 地下生物量相对较多, 活性成分含量相对较高; 草甸型生境包括低海拔和高海拔 2 个亚型, 低海拔草甸优势植物为地榆, 高海拔草甸优势植物为珠芽蓼; 灌丛型包括叉子圆柏灌丛、鲜黄小檗灌丛和峨眉蔷薇灌丛, 草甸型和灌丛型柴胡以直立型为主, 地上部分生物量相对较多, 活性成分含量相对较低。**结论** 小叶黑柴胡是一种极具开发潜力且对恶劣生境适应性极强的药用植物, 不同微生境条件下小叶黑柴胡的表观形态和药材品质不同, 为其驯化栽培和野生资源保护奠定了一定基础。

**关键词:** 柴胡; 生物学特性; 种群; 生态环境; 药材品质; 柴胡皂苷 a; 柴胡皂苷 c; 柴胡皂苷 d

中图分类号: 282.6 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2021)22-6998-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2021.22.027

## Response of biological characteristics and active component content of wild populations of *Bupleurum smithii* var. *parvifolium* to typical habitats

REN Yan<sup>1</sup>, LIU Fu-song<sup>2</sup>, LIU Sha<sup>2</sup>, WU Fa-ming<sup>2</sup>

1. College of Pharmacy, National Institute of Materia Medica, Southwest Minzu University, Chengdu 610041, China

2. School of Pharmaceutical Sciences, Zunyi medical university, Zunyi 563000, China

**Abstract: Objective** To explore the effect of different microhabitats on the formation of medicinal materials of *Bupleurum smithii* var. *parvifolium* for laying a foundation for its domestication and cultivation. **Methods** The population structure, dominant species, diversity of medicinal plants and apparent morphological characteristics of *B. smithii* var. *parvifolium* in different habitats were analyzed through quadrat survey; the water content of soil was determined by oven drying method; The content of soil organic matter was determined by 550 °C loss of ignition method; The content of saikosaponin in representative component of *B. smithii* var. *parvifolium* was determined by HPLC. **Result** There were three types of typical habitats in Hasi Mountain area for the distribution of wild *B. smithii* var. *parvifolium*. The Gobi type habitats included the flowstone shallow subtype and the cliff wall cracks subtype. In this habitat, plants of *B. smithii* var. were mainly of the creeping type, the aboveground biomass was relatively small, the underground biomass was relatively large, and the content of active components was relatively high. The grass type habitats included the low-altitude and high-altitude subtypes, the dominant plants of the two subtype were *Sanguisorba officinalis* and *Polygonum viviparum* respectively. The shrub type habitats included *Juniperus sabina*, *Berberis diaphana* shrub and *Rosa omeiensis* shrub. Among the last five subtypes, plants of *B. smithii* var. *parvifolium* were mainly vertical type, and the aboveground biomass was relatively high, and the content of active components was relatively low. **Conclusion** *B. smithii* var. *parvifolium* is a kind of medicinal plant with great development potential and strong adaptability to harsh habitats. The apparent morphology and medicinal quality of *B. smithii* var. *parvifolium* are different under different microhabitats. The results of this study lay a certain foundation for its domestication, cultivation and wild resource protection.

**Key words:** *Bupleurum smithii* Wolff var. *parvifolium* Shan et Y. L.; biological characteristics; population; ecological environment; quality of medicinal materials; saikosaponin a; saikosaponin c; saikosaponin d

收稿日期: 2021-04-06

基金项目: 国家重点实验室开放课题(黔科合平台人才[2017]5101); 贵州省教育厅青年科技人才成长项目(黔教合 KY 字[2017]196)

作者简介: 任艳, 博士, 讲师, 研究方向为研究方向为中药资源。Tel: 18190733696 E-mail: renyancd1985@163.com

\*通信作者: 吴发明, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为中药品种、质量及资源研究。E-mail: zunyiwufaming@163.com

生态环境对中药材特别是对野生中药材的生长发育和品质都具有决定性的影响<sup>[1-2]</sup>。中药材的形成无不依赖于环境,在我国古代辨状论质过程中将“道地药材”作为评判中药材优劣的重要指标,反映出古人早就认识到药材质量受到产地生态的影响<sup>[3-4]</sup>。《神农本草经》载“诸药所生,皆有境界”、“土地所出真伪陈新,并各有法”;《新修本草》载“窃以动植物生,因方异性,春秋节变,感气殊功。离其本土,则质同而异”;《本草衍义》载“凡用药必择州土所宜者,则药力具,用之有据”,这些都强调了古人对生态环境与药材品质的关系的认知<sup>[5-6]</sup>。“道地药材”的现代生物内涵是同种异地<sup>[3]</sup>,不同区域的中药材的种类、数量、品质差异明显,说明不同居群间的种内变异是影响中药材产量和质量的根本原因<sup>[7]</sup>,而这种变异通常是同种生物长期适应不同生境的结果,它充分地显示出生态环境对中药材产量和质量巨大影响。而道地性所阐述的生态环境一般为药用动植物生长的大环境,大环境中的小环境或者微环境对中药材形成过程的影响也是不容忽视的。

柴胡是我国常用中药之一,始载于《神农本草经》,列为上品,历代本草书籍中均有收载<sup>[8]</sup>。味辛、苦,性微寒,具有和解表里、疏肝解郁、升阳举陷、退热解疟等功效,主要用于感冒发热、寒热往来、胸胁胀痛、月经不调、子宫脱垂、脱肛等<sup>[9]</sup>,代表方剂有小柴胡汤、大柴胡汤等。小叶黑柴胡 *Bupleurum smithii* Wolff var. *parvifolium* Shan et Y. L. 虽没有收载入《中国药典》,但是该品种是西北地区传统常用柴胡品种,习称“小柴胡”,调研发现该地区民间医生普遍认为该品种品质优于北柴胡(可能是品种的缘故,也可能是纯野生的缘故),该种仅分布在我国内蒙古、山西、陕西、甘肃、青海等地<sup>[10]</sup>。哈思山地区地形地貌复杂多变,气候条件十分复杂,在前期调查过程中发现,这些复杂的微生态环境条件和柴胡种群特征、植物表观形态等有着明显的相关性,这些关系是否有一定规律,是否对药材品种也有决定性的影响,尚无定论,本实验的关注点就在于确定微生境和柴胡生长与药材品种的关系,旨在为该品种的驯化栽培及可持续开发利用奠定基础。

## 1 材料与样地环境

### 1.1 材料

研究对象为小叶黑柴胡,由遵义医科大学生药理学教研室姚秋阳博士鉴定为伞形科植物小叶黑柴胡 *B. smithii* Wolff var. *parvifolium* Shan et Y. L.。原植物

标本和种质资源(种子)保存于遵义医科大学标本室和种质资源库。对照品柴胡皂苷 a(批号 wkq20020703)、柴胡皂苷 c(批号 wkq20042905)和柴胡皂苷 d(批号 wkq20021001)均购自维克奇生物有限公司,质量分数均 $\geq 98\%$ 。

### 1.2 样地环境

调查样地主要分布在甘肃省靖远县哈思山自然保护区内,哈思山自然保护区地处黄河中上游,隶属甘肃省靖远县,地理坐标  $36^{\circ}56'20''\sim 37^{\circ}02'40''N$ ,  $104^{\circ}18'40''\sim 104^{\circ}35'00''E$ ,海拔 2400~3017 m,属温带半干旱气候区,是甘肃省黄土高原区域重要的原始林和次生林保护地及水源涵养林。由于受北部祁连山系褶皱断陷东延以及东南黄土高原的影响,地质构造上多为黄土覆盖的断层结构,地形以黄土高原沟壑山地和基岩中低山地为主<sup>[11]</sup>。该地区虽然地处黄土高原腹地干旱半干旱地区,但受到黄河和特殊地形的影响,形成了一块特殊的小气候区,雨水相对充沛、植被丰茂。本区域植被类型多样,有半旱生灌丛,也有油松、云杉为主且零星分布白桦、山杨的乔木纯林,高海拔为亚高山草甸草原<sup>[12-13]</sup>。

## 2 方法

### 2.1 样地选择

调查区域范围内调查筛选出代表亚型和典型样地(每个亚型 3 个样地,每个样地  $25\text{ m}^2$ ),以低海拔草甸(2356 m)和高海拔草甸(2951 m)样地为海拔高度 2 极。对 7 个亚型微生境的海拔、经纬度、优势植物种群、药用植物资源进行调查统计。

### 2.2 药材取样

每个样地采集 50 株小叶黑柴胡,作为一个实验检测样本。

### 2.3 药材表观性状指标检测

每个样本随机抽取 3 组,每组 5 株对不同类型生境柴胡的性状指标进行测定,以 5 株均值作为最终测定值进行统计分析。

### 2.4 有效组分含量

参照闫婕<sup>[14]</sup>的方法对所采集的柴胡样本中柴胡皂苷 a、柴胡皂苷 c 和柴胡皂苷 d 的含量进行测定。

**2.4.1 色谱条件** 色谱柱采用十八烷基键合硅胶柱 Agilent TC-C<sub>18</sub> (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 以乙腈(A)-水(B)为流动相,梯度洗脱,0~50 min, 25%~90%A; 50~55 min, 90%A; 检测波长 210 nm; 体积流量 1.0 mL/min; 柱温 30 ℃; 地下部分进样量为 10 μL,地上部分进样量为 20 μL。色谱图见图 1。

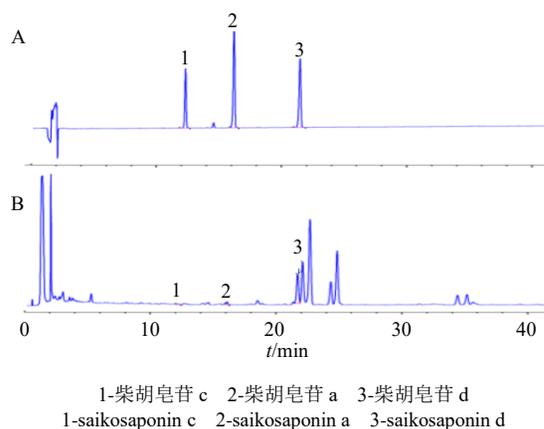


图 1 对照品 (A) 与小叶黑柴胡供试品 (B) HPLC 图谱  
Fig. 1 HPLC chromatograms of mixed reference substance (A) and sample (B)

**2.4.2 对照品溶液的制备** 精密称取柴胡皂苷 a 7.23 mg、柴胡皂苷 c 4.58 mg 和柴胡皂苷 d 7.12 mg, 加甲醇溶解并定容至 10 mL 量瓶中, 制备成含柴胡皂苷 a、c、d 质量浓度分别为 0.723、0.458、0.712 mg/mL 的混合对照品溶液。

**2.4.3 供试品溶液的制备** 取样品粉末(过 4 号筛)约 0.50 g, 精密称定, 置具塞锥形瓶中, 精密加入含 5% 氨水甲醇溶液 25 mL, 密塞, 30 °C 水温超声处理(功率 200 W; 频率 40 kHz) 30 min, 滤过, 用甲醇 20 mL 分 2 次洗涤容器及药渣, 洗液与滤液合并, 回收溶剂至干。残渣加甲醇溶解, 转移至 5 mL 量瓶中, 加甲醇至刻度, 摇匀, 滤过, 取续滤液, 即得。

**2.4.4 标准曲线及线性范围** 精密吸取“2.4.2”项下混合对照品溶液 1、4、8、12、16、20 μL, 分别注入液相色谱仪中, 按“2.4.1”项下色谱条件依次进样, 记录色谱峰面积。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, 进行线性回归。回归方程及线性范围见表 1。结果表明, 各待测成分在各自质量浓度范围内线性关系良好。

**2.4.5 精密度试验** 精密吸取“2.4.2”项下方法制备的混合对照品溶液 10 μL, 按“2.4.1”项下色谱

表 1 线性关系考察结果

成分	回归方程	$R^2$	线性范围/( $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )
柴胡皂苷 a	$Y=0.003X-0.0367$	0.9999	36.15~723.0
柴胡皂苷 c	$Y=0.004X-0.0361$	0.9999	24.60~492.0
柴胡皂苷 d	$Y=0.0036X-0.0703$	0.9999	34.15~683.0

条件连续进样 6 次, 测得柴胡皂苷 a、柴胡皂苷 c、柴胡皂苷 d 的峰面积的 RSD 分别为 0.71%、0.69%、0.82%。

**2.4.6 重复性试验** 称取同一批次小叶黑柴胡药材粉末 1.0 g, 共 6 份, 按“2.4.2”项下的方法制备供试品溶液, 按“2.4.1”项下色谱条件进样测定并计算含量, 进样量 20 μL。结果柴胡皂苷 a、柴胡皂苷 c、柴胡皂苷 d 的平均质量分数分别为 82.16、28.30、1 695.63 μg/mL, RSD 分别为 1.10%、2.64%、0.81%, 表明方法重复性良好。

**2.4.7 稳定性试验** 精密吸取同一供试品溶液 10 μL, 在 0、2、4、8、12、16、24 h, 按照“2.4.1”项下色谱条件进样测定, 记录峰面积。结果色谱峰峰面积的 RSD 小于 3.0%。结果表明供试品溶液在室温条件下 24 h 内稳定性良好。

**2.4.8 加样回收率试验** 取已测定的小叶黑柴胡药材粉末 1 份, 加入与样品中待测成分含量相当的柴胡皂苷 a、柴胡皂苷 c、柴胡皂苷 d 的对照品, 按“2.4.3”项下方法制备供试品溶液, 按“2.4.1”项下色谱条件测定, 进样量 20 μL, 计算回收率, 柴胡皂苷 a、柴胡皂苷 c、柴胡皂苷 d 回收率分别为 94.63%、106.07%、93.55%, RSD 分别为 1.37%、0.86%、1.05%。

## 2.5 土壤水分含量测定

环刀法采集柴胡根部深度范围 0~15 cm 的土壤样本(岩壁和流石滩土壤水分采集柴胡根部岩石缝隙件的土壤), 混合均匀, 密封袋密封保存带回, 采用烘干法测定水分含量。按公式计算土壤水分含量。

$$X=(m_3-m_1)/(m_3-m_2)$$

X 为样品中土壤有机质的含量;  $m_1$  为蒸发皿和样品烘干后的质量;  $m_2$  为蒸发皿的质量;  $m_3$  为蒸发皿和样品的质量

## 2.6 土壤有机质含量测定

对取回的土壤样本采用 550 °C 烧失量法对其有机质含量进行测定。按公式计算土壤有机质含量。

$$X=(m_3-m_1)/(m_3-m_2)$$

X 为样品中土壤有机质的含量;  $m_1$  为坩埚和灰分的质量;  $m_2$  为坩埚的质量;  $m_3$  坩埚和样品的质量

## 3 结果与分析

### 3.1 生态环境

对哈思山地区柴胡分布区域代表生境调查结果发现, 该区域内柴胡生长的代表生态类型包括戈壁型、草甸型和灌丛型 3 大类。其中戈壁型主要有流

石滩和岩壁缝隙 2 个亚型；草甸型主要有低海拔草甸和高海拔草甸 2 个不同亚型；灌丛主要有叉子圆柏 *Juniperus sabina* L. 灌丛、鲜黄小檗 *Berberis diaphana* Maxim 灌丛和峨眉蔷薇 *Rosa omeiensis* Rolfe 灌丛 3 个亚型，共 7 个代表亚型。样品生境信息见表 2。

3 种典型生境中 7 个亚型生境中分布的优势植物和药用植物种类差异较大，在该区域内部分药用植物的分布和群落中优势种群存在显著的相关性。如瓦松 *Orostachys chanelii* (Lévl.) Berger 和长鞭红景天 *Rhodiola fastigiata* (Hook. f. et Thorns. S. H. Fu) 均分布在岩壁缝隙间，西伯利亚远志 *Polygala sibirica* 则主要分布在叉子圆柏 *J. sabina* L. 灌丛中，宽叶羌活 *Notopterygium forbesii* Boiss. 则多分布在鲜黄小檗 *B. diaphana* Maxim. 和峨眉蔷薇 *R. omeiensis* Rolfe. 灌丛中，伏毛铁棒锤 *Aconitum flavum* Hand-Mazz、牛蒡 *Arctium lappa* L. 和天仙子 *Hyoscyamus niger* L. 则主要分布在低海拔草地区，瞿麦 *Dianthus superbus* L.、达乌里秦艽 *Gentiana dahurica* Fisch. 和宁夏沙参 *Adenophora ningxianica* Kitag. (存疑) 分布范围较广。珠芽蓼 *Polygonum viviparum* L. 分布较广，但在高海拔

草甸区表现尤为突出，是整个群落的第一构成者，在灌丛中比较稀少。见表 3。

流石滩型中 2 个亚型微生境土壤类型均为以碎石为主少量积存砂质壤土为辅，但流石滩亚型的碎石相对较大，而岩石缝隙亚型的碎石相对较小；草甸型 2 种亚型均为富含腐殖质的肥沃黑色壤土；灌丛型以不同程度夹砂的黄黑的壤土为主。不同亚型之间土壤水分含量和有机质含量差异显著 ( $P < 0.05$ )，各亚型内不同样方地土壤水分含量也存在一定差异，戈壁型 2 个亚型的水分含量和有机质含量均最低，这可能和其土壤中含有大量砂石以及周围植被稀少相关；草甸型 2 个亚型的土壤水分含量和有机质含量均最高，每年都有大量植物层枯死腐烂最终形成了肥沃且保墒能力极强的近泥炭的油润黑壤土；而几个灌丛亚型土壤保墒能力和腐殖质含量处于中间的半黄半黑壤土，且同样地中土壤中的夹砂程度不同。同时发现坡向为东南方向样地的土壤水分含量整体较高，而西北坡向样地土壤水分含量相对较低，这应该是不同坡向光照不同，蒸发量不同所造成的。

在 7 个亚型微生境中低海拔草甸亚型中药用植

表 2 样品生境基本信息

Table 2 Habitat information of the samples

编号	生态类型	海拔/m	坡向	土壤类型	水分/%	有机质/%
1	流石滩	2558	东南	碎石+砂质壤	37.82±1.57	11.55±1.22
2		2673	南 168°	碎石+砂质壤	36.23±2.11	13.78±1.17
3		2892	西南	碎石+砂质壤	37.78±2.04	15.29±1.08
4	岩壁缝隙	2336	西 268°	碎石+砂质壤	31.37±3.88	12.72±0.99
5		2574	东南	碎石+砂质壤	39.22±4.02	17.66±1.24
6		2778	西北	碎石+砂质壤	37.70±3.98	15.47±1.19
7	低海拔草甸	2277	东南	黑壤土	55.48±3.09	24.44±2.03
8		2256	南 202°	黑壤土	58.88±4.01	25.09±2.22
9		2298	西 237°	黑壤土	62.32±3.95	27.18±2.48
10	高海拔草甸	2889	东南	黑壤土	54.37±2.88	24.19±2.36
11		2913	西南	黑壤土	58.58±3.02	21.28±1.97
12		2951	南 200°	黑壤土	63.09±2.98	23.49±1.78
13	叉子圆柏灌丛	2667	东南	黄壤土	48.53±2.11	19.37±1.55
14		2549	东南	黄壤土	47.98±2.08	18.76±1.38
15		2488	西 250°	黄壤土	43.97±1.69	21.55±2.05
16	小檗灌丛	2419	西南	夹砂黄壤土	47.28±2.29	20.28±2.22
17		2577	西南	夹砂黄壤土	45.77±3.04	19.09±1.96
18		2449	西南	夹砂黄壤土	50.29±3.22	17.79±2.01
19	蔷薇灌丛	2318	西 261°	砂质黄壤土	41.09±3.39	22.30±1.94
20		2537	西南	砂质黄壤土	48.48±2.36	19.68±1.87
21		2609	西南	砂质黄壤土	47.93±3.02	19.92±1.59

表 3 生境亚型植物群落物种多样性

Table 3 Species diversity of habitat subtype plant community

亚型	优势植物	药用植物多样性
流石滩	—	瓦松、金翼黄耆 <i>Astragalus chrysopterus</i> 、波叶大黄 <i>Rheum undulatum</i> 、百里香 <i>Thymus mongolicus</i> 、宁夏沙参
岩壁缝隙	—	长鞭红景天、紫菀、瓦松、宁夏沙参、百里香 <i>Thymus mongolicus</i> 、草麻黄 <i>Ephedra sinica</i> 、弯茎还阳参 <i>Crepis flexuosa</i> 、还阳参 <i>Crepis rigescens</i>
低海拔草甸	地榆 <i>Sanguisorba officinalis</i>	瞿麦、达乌里秦艽、伏毛铁棒锤、蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i> 、牛蒡、天仙子 <i>Hyoscyamus niger</i> 、宁夏沙参、平车前 <i>Plantago depressa</i> 、密花香薷 <i>Elsholtzia densa</i> Benth
高海拔草甸	珠芽蓼	达乌里秦艽、瞿麦、宁夏沙参、平车前
叉子圆柏灌丛	叉子圆柏	西伯利亚远志、宁夏沙参、山丹 <i>Lilium pumilum</i> 、平车前、甘青大戟 <i>Euphorbia micractina</i> 、麻叶荨麻 <i>Urtica cannabina</i> 、波叶大黄、珠芽蓼
小檗灌丛	鲜黄小檗	茜草 <i>Rubia cordifolia</i> 、宁夏沙参、藁本、山丹、平车前、短尾铁线莲 <i>Clematis brevicaudata</i> 、麻叶荨麻
蔷薇灌丛	峨眉蔷薇	小叶黑柴胡、宽叶羌活、升麻 <i>Cimicifuga foetida</i> 、宁夏沙参、麻叶荨麻

物种种类最多，分布相对比较均匀，高海拔草甸亚型物种相对比较单一，但种群密度大。戈壁型 2 个亚型生境中药用植物种类均相对较少，种群密度也较小。灌丛在该地区生态中发挥着十分重要的作用，对其它药用植物的保护作用也十分显著，特别是灌丛冬季能够大量积蓄降雪形成丰水岛，这对该区域内种子植物应对春季季节性干旱，提高种子萌发和幼苗成活率发挥着重要作用，同时也对人为采挖和动物采食起到一定的防护作用，从而在保证这些种子植物种群的延续中发挥着十分重要的作用。

### 3.2 不同典型生境中小叶黑柴胡野生居群的表现特性

在相同大类生境中，不同亚型生境间小叶黑柴胡的各表现性状差异均不显著。在整个分布区内小叶黑柴胡的植株株型有 2 种，直立型和匍匐型。戈壁型生境以匍匐型为主，而草典型和灌丛型则以直立型为主。这可能是受到周围植被情况的影响，岩石缝隙亚型和流石滩亚型植物稀少，柴胡植株周围少有其它植物或者周围植物多稀疏矮小，而草甸型和灌丛型柴胡周围植株较高且茂密，为了争取光照则需要直立生长，同时也可能和周围其他植物对风力的影响导致柴胡植株株型发生了分化。

整体而言，灌丛型生境中柴胡植株最高，草甸型次之，戈壁型最矮；直立型柴胡株高均高于匍匐型柴胡。灌丛型和草甸型植株高度差异主要受种群群落结构的影响，而戈壁型植株高度最矮，株型是主要影响因素这在冠幅大小中也明显表现出来，冠幅表现为匍匐型均大于直立型，冠幅最大的为戈壁型。而株高和冠幅则决定着茎长，也可以反而言之，直立型柴胡株高和茎长基本一致，而匍匐型柴胡茎长则和冠幅半径基本一致。草甸型和灌丛型生境中柴胡茎直径、根直径与株高基本呈正相关，植株越

高茎直径和根直径越大，而戈壁型柴胡茎直径、根直径则与冠幅呈正相关。戈壁型柴胡茎长、茎直径虽极显著小于 ( $P < 0.01$ ) 灌丛型和草甸型，但其根长和根直径差异并不显著 ( $P > 0.05$ )。在物质积累方面 7 个亚型内各样本之间虽然也存在一定差异，但整体上表现为戈壁型柴胡地上部分干物质质量和全株干物质质量显著低于 ( $P < 0.05$ ) 草甸型和灌丛型，但地下部分干物质质量和草甸型、灌丛型差异并不显著，地下地上干物质质量比值以戈壁型生境中植株类型为匍匐型的柴胡最大，显著或极显著高于草甸型和灌丛型微生境柴胡。这些特征皆表明柴胡在不同生境中为了应对不利环境因素，通过改变自身表型和物质分配以换取更为有利的生存空间。见图 2。

### 3.3 不同生境条件下所产小叶黑柴胡不同部位代表组分含量分析

对 3 个典型生境 7 个代表生境亚型中小叶柴胡药材不同药用部位中代表次生代谢产物柴胡皂苷 a、柴胡皂苷 c 和柴胡皂苷 d 的含量进行检测分析。结果表明：该区域所产柴胡柴胡皂苷类成分含量均较高，地下部分柴胡皂苷 a、c、d 总量在 2.82%~4.67%，地上部分柴胡皂苷 a、c、d 总量在 0.78%~1.51%。同典型生境条件下所产柴胡药材中柴胡皂苷类成分含量存在显著差异 ( $P < 0.05$ )，以戈壁型 2 个亚型微生境中所产柴胡柴胡皂苷类成分含量最高，见图 3。而相同生境内亚型之间和各亚型内不同样地之间柴胡活性成分含量也存在一定的差异，但无规律性，这些差异可能和其生长年限存在一定关系，但目前尚无法确定野生柴胡的生长年限。地上部分和地下部分之间 3 种成分含量差异极显著 ( $P < 0.01$ )，这应该是根比茎叶药效好的根本原因(柴胡在北方多用根，南方多用茎叶)。

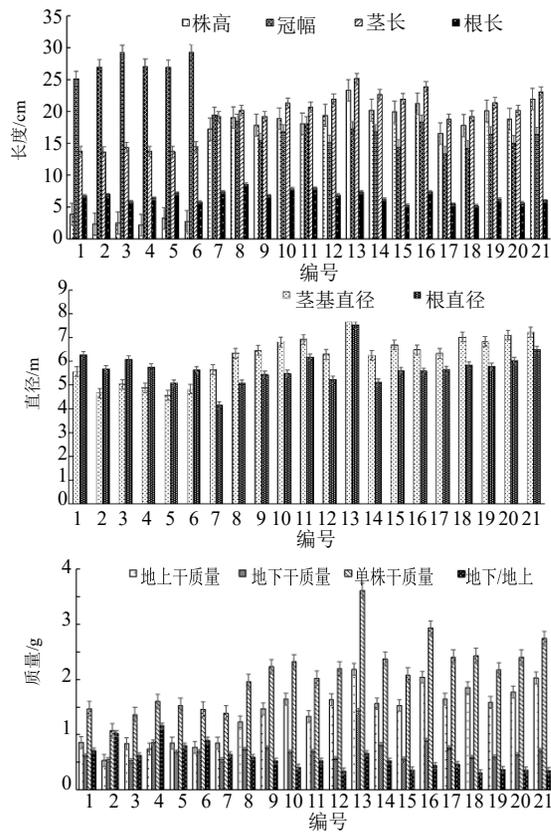


图2 不同典型生境小叶黑柴胡野生居群的表现特性  
Fig. 2 Apparent characteristics of the wild populations of *B. smithii* var. *parvifolium* in three typical habitats

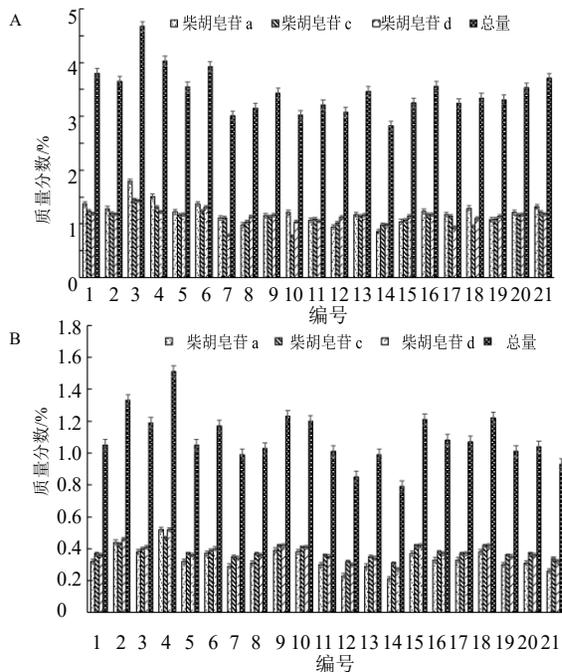


图3 不同生态类型对小叶黑柴胡根(A)和茎叶(B)柴胡皂苷类成分含量的影响  
Fig. 3 Effects of different ecological types on the contents of saikosaponins in different parts of *B. smithii* var. *parvifolium*

### 3.4 相关性分析

运用 SPSS 25.0 软件对 21 份小叶柴胡样品的土壤有机质、水分含量、柴胡表观形态和成分含量进行相关性分析, 结果见表 3。土壤中水分含量与有机质呈极显著正相关 ( $r=0.856, P<0.01$ )。柴胡表观形态之间存在一定的相关性, 株高与茎基直径、茎长、地上干质量和单株干质量呈极显著正相关 ( $r=0.907、0.966、0.869、0.799, P<0.01$ ), 与根长、根直径和地下干质量呈正相关; 冠幅与株高、茎基直径、茎长、地上干质量和单株干质量呈极显著负相关 ( $r=-0.922、0.859、0.824、0.822、0.707, P<0.01$ ), 与根长呈正相关, 与根直径、地下干质量呈负相关性; 茎基直径与茎长、地上干质量和单株干质量呈极显著正相关 ( $r=0.881、0.910、0.863, P<0.01$ ), 与根长、根直径和地下干质量呈正相关; 茎长与地上干质量和单株干质量呈极显著正相关 ( $r=0.888、0.853, P<0.01$ ), 与根长、根直径和地下干质量呈正相关; 根长与根直径、地上干质量呈负相关, 与地下干质量和单株干质量呈正相关; 根直径与地上干质量呈正相关, 与地下干质量、单株干质量呈显著正相关 ( $r=0.537、0.490, P<0.05$ ); 地上干质量与地下干质量呈显著正相关 ( $r=0.445, P<0.05$ ), 与单株干质量呈极显著正相关 ( $r=0.956, P<0.01$ ); 地下干质量与单株干质量呈极显著正相关 ( $r=0.687, P<0.01$ )。柴胡中不同柴胡皂苷含量之间也存在一定的相关性, 柴胡皂苷 a 与柴胡皂苷 c、柴胡皂苷 d 呈极显著正相关 ( $r=0.781、0.777, P<0.01$ ); 柴胡皂苷 c 与柴胡皂苷 d 呈极显著正相关 ( $r=0.704, P<0.01$ ); 柴胡皂苷 a、c、d 总含量与柴胡皂苷 a、柴胡皂苷 c、柴胡皂苷 d 呈极显著正相关 ( $r=0.955、0.889、0.893, P<0.01$ )。

同时, 植株的环境、柴胡表型和活性成分含量间也存在一定相关性。环境中水分含量与株高、茎基直径和茎长呈极显著正相关 ( $r=0.710、0.569、0.613, P<0.01$ ), 与冠幅呈极显著负相关 ( $r=-0.681, P<0.01$ ), 与地上干质量呈显著正相关 ( $r=0.468, P<0.05$ ), 与根长、地下干质量和单株干质量呈正相关, 与根直径呈负相关; 环境中有机质含量与株高、茎长呈极显著正相关 ( $r=0.750、0.654, P<0.01$ ), 与冠幅呈极显著负相关 ( $r=-0.688, P<0.01$ ), 与茎基直径、地上干质量呈显著正相关 ( $r=0.541、0.461, P<0.05$ ), 与根长、地下干质量、单株干质量呈正相关, 与根直径呈负相关; 株高与茎基直径、

表3 环境、柴胡表型和活性成分相关性系数

Table 3 Correlation coefficient of environment, phenotype and active ingredients of *B. smithii* var. *parvifolium*

指标	相关系数															
	水分含量	有机质含量	株高	冠幅	茎基直径	茎长	根长	根直径	地上干质量	地下干质量	单株干质量	地下/地上	柴胡皂苷 a	柴胡皂苷 c	柴胡皂苷 d	柴胡皂苷总量
水分含量	-															
有机质含量	0.856**	-														
株高	0.710**	0.750**	-													
冠幅	-0.681**	-0.688**	-0.922**	-												
茎基直径	0.569**	0.541*	0.907**	-0.859**	-											
茎长	0.613**	0.654**	0.966**	-0.824**	0.881**	-										
根长	0.428	0.368	0.123	0.077	0.014	0.142	-									
根直径	-0.240	-0.361	0.064	-0.012	0.427	0.172	-0.174	-								
地上干质量	0.468*	0.461*	0.869**	-0.822**	0.910**	0.888**	-0.099	0.388	-							
地下干质量	0.032	0.004	0.289	-0.123	0.383	0.408	0.259	0.537	0.445*	-						
单株干质量	0.390	0.375	0.799**	-0.707**	0.863**	0.853**	0.004	0.490	0.956**	0.687**	-					
地下/地上	-0.599**	-0.611**	-0.800**	0.834**	-0.768	-0.731	0.175	-0.029	-0.776	0.152	-0.580**	-				
柴胡皂苷 a	-0.639**	-0.623**	-0.704**	0.665**	-0.485*	-0.661**	-0.280	0.289	-0.437*	-0.098	-0.387	0.504*	-			
柴胡皂苷 c	-0.651**	-0.615**	-0.681**	0.684**	-0.548*	-0.621**	-0.290	0.269	-0.500*	-0.022	-0.413	0.584**	0.781**	-		
柴胡皂苷 d	-0.552**	-0.508*	-0.599**	0.603**	-0.381	-0.508*	-0.237	0.407	-0.313	-0.033	-0.265	0.416	0.777**	0.704**	-	
柴胡皂苷总量	-0.672**	-0.640**	-0.727**	0.710**	-0.514*	-0.660**	-0.294	0.345	-0.456*	-0.064	-0.391	0.544*	0.955**	0.889**	0.893**	-

\*显著相关 ( $P < 0.05$ ); \*\*极显著相关 ( $P < 0.01$ )\*significantly related ( $P < 0.05$ ); \*\*extremely significant related ( $P < 0.01$ )

茎长、地上干质量和单株干质量呈极显著正相关 ( $r = 0.907, 0.966, 0.869, 0.799, P < 0.01$ ), 与冠幅呈极显著负相关 ( $r = -0.922, P < 0.01$ ), 与根长、根直径和地下干质量呈正相关; 冠幅与茎基直径、茎长、地上干质量和单株干质量呈极显著负相关 ( $r = -0.859, -0.824, -0.822, -0.707, P < 0.01$ ), 与根长呈正相关, 与根直径和地下干质量呈负相关; 茎基直径与茎长、地上干质量和单株干质量呈极显著正相关 ( $r = 0.881, 0.910, 0.863, P < 0.01$ ), 与根长、根直径和地下干质量呈正相关; 茎长与地上干质量和单株干质量呈极显著正相关 ( $r = 0.888, 0.853, P < 0.01$ ), 与根长、根直径和地下干质量呈正相关; 根长与地下干质量和单株干质量呈正相关, 与根直径和地上干质量呈负相关; 根直径与地下干质量和单株干质量呈显著正相关 ( $r = 0.537, 0.490, P < 0.05$ ), 与地上干质量呈正相关; 地上干质量与单株干质量呈极显著正相关 ( $r = 0.956, P < 0.01$ ), 与地下干质量呈显著正相关 ( $r = 0.445, P < 0.05$ ); 地下干质量与单株干质量呈极显著正相关 ( $r = 0.687, P < 0.01$ ); 柴胡皂苷 a、c、d 及柴胡皂苷总量与土壤中水分含量和株高呈极显著负相关 ( $r = -0.639, -0.651, -0.552, -0.672, -0.704, -0.681, -0.599, -0.727, P < 0.01$ ); 柴胡皂苷 a、c 及柴胡皂苷总量与环境有机质含量和茎长呈极显著负相

关 ( $r = -0.623, -0.615, -0.640, -0.661, -0.621, -0.660, P < 0.01$ ); 柴胡皂苷 d 与土壤有机质含量和茎长呈显著负相关 ( $r = -0.508, -0.508, P < 0.05$ ); 柴胡皂苷 a、c、d 及柴胡皂苷总量与冠幅呈极显著正相关 ( $r = 0.665, 0.684, 0.603, 0.710, P < 0.01$ ); 柴胡皂苷 a、c 及柴胡皂苷总量与茎基直径和地上干质量呈显著负相关 ( $r = -0.485, -0.548, -0.514, -0.437, -0.500, -0.456, P < 0.05$ ); 柴胡皂苷 d 与茎基直径和地上干质量呈负相关; 柴胡皂苷 a、c、d 及柴胡皂苷总量与根长、地下干质量和单株干质量呈负相关, 与根直径呈正相关。

#### 4 讨论

野生药用植物资源生存的群落结构决定着其生长的光照、水分、温度、土壤养分、微生物等各种生态因子。药材生长的群落环境影响其物种的生存、多样性、变异、演替等方面, 研究植物生长的最适宜生长的群落环境是药材与环境相关性研究中的重要内容<sup>[15]</sup>。龙婷等<sup>[16]</sup>发现东北红豆杉所在群落划分为红松-紫椴林、红松-云杉-冷杉林、红松-槭树林、红松-风桦林 4 个林分类型。汪书丽等<sup>[17]</sup>调查发现喜马拉雅紫茉莉居群大部分生长在灌丛中, 少见长在灌木的遮阴区域。郎涛等<sup>[18]</sup>对新疆阿勒泰地区典型药用植物群落研究, 结果表明黑土类型是阿尔泰大黄群落与新疆芍药群落最适宜的生长类型。

徐波等<sup>[19]</sup>分析了群落类型、群落盖度、海拔梯度和生活史阶段对暗紫贝母形态特征的影响,结果显示暗紫贝母 SLA 受到群落盖度和海拔梯度的显著影响,海拔梯度对暗紫贝母 PH 和 LA 影响均达到极显著水平,群落类型的影响不显著。

不同微生境中植物群落结构不同,植物群落的不同也影响着微生境的各个生态因子,特别是微生境中优势种对草本药用植物种群和药材特性的影响尤为明显。灌丛植物在该区域内对低矮草本药用植物的保护作用是显而易见的,这可能和灌丛对水分的影响,特别是该地区年降雪期较长(5个月以上),而灌丛能够大量聚集降雪,在春季药用植物种子萌发期,积雪融化恰好能够提供充足的水分,而在西北干旱地区水分往往是决定植物种群的第一因子。在该区域内除柴胡之外,西伯利亚远志 *P. sibirica* 和叉子圆柏 *J. sabina* 群落之间、宽叶羌活 *N. forbesii* 与峨眉蔷薇 *R. omeiensis* 群落之间的关系也非常明显。

小叶黑柴胡是一种极具开发潜力且对恶劣生境适应性极强的药用植物,通过探索其与微生境之间的关系,为其驯化栽培和野生资源保护提供了参考信息,奠定了一定基础。但这些研究对于小叶黑柴胡而言尚在起步阶段,真正要实现资源的可持续开发和利用还需要大量的基础研究。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] 李琳. 基于化学-遗传-生态特征的中药材品质变异研究:以肉苁蓉、黄花蒿为例 [D]. 北京:北京协和医学院,2018.
- [2] 戚特. 不同生境下延胡索品质与安全性研究 [D]. 重庆:重庆三峡学院,2017.
- [3] 孟祥才,沈莹,杜虹韦. 道地药材概念及其使用规范的探讨 [J]. 中草药,2019,50(24): 6135-6141.
- [4] 袁媛,陈妮颖,黄璐琦,等. 对照道地药材的研究策略与应用探讨 [J]. 中国中药杂志,2017,42(13): 2623-2626.
- [5] 谢彩香,宋经元,韩建萍,等. 中药材道地性评价与区

划研究 [J]. 世界科学技术-中医药现代化,2016,18(6): 950-958.

- [6] 陈欢,谭舒舒,罗小泉,等. 中药道地药材的研究进展 [J]. 时珍国医国药,2018,29(9): 2228-2230.
- [7] 董又溧,李慧芳,庄丽,等. 不同居群野罂粟个体形态特征及访花昆虫行为观察 [J]. 中国现代中药,2017,19(9): 1276-1281.
- [8] 王雪芹,赵洋,汪新体,等. 醋炙柴胡的化学成分及药理作用研究进展 [J]. 药物评价研究,2018,41(1): 163-168.
- [9] 舒文将,姚昕利,陈宗游,等. 中药柴胡的药理研究与临床应用 [J]. 广西科学院学报,2017,33(4): 268-273.
- [10] 彭云霞. 小叶黑柴胡种子萌发特性及幼苗生长动态研究 [D]. 兰州:甘肃农业大学,2017.
- [11] 邢晓红,刘桂民,李红琴,等. 哈思山地区泉水成因及其氢氧稳定同位素特征探讨 [J]. 水文,2016,36(2): 46-50.
- [12] 贾飞飞,鲁瑞洁,尚媛,等. 不同趋势方法对哈思山地区树轮宽度年表气候信号的影响 [J]. 干旱区地理,2014,37(4): 676-683.
- [13] 张启立,任路明,韩鼎,等. 甘肃省哈思山自然保护区药用植物调查与保护 [J]. 中国实验方剂学杂志,2019,25(24): 131-135.
- [14] 闫婕. 马尔康柴胡不同部位药用价值评价研究 [D]. 成都:成都中医药大学,2014.
- [15] 黄林芳,张翔,陈士林. 道地药材品质生态学研究进展 [J]. 世界科学技术-中医药现代化,2019,21(5): 844-853.
- [16] 龙婷,陈杰,杨蓝,等. 极小种群东北红豆杉所在群落特征及其环境解释 [J]. 植物科学学报,2020,38(1): 77-87.
- [17] 汪书丽,吉哈利,罗建. 藏药喜马拉雅紫茉莉野生资源调查 [J]. 中药材,2019,42(3): 508-513.
- [18] 郎涛,夏建新,吴才武,等. 新疆阿勒泰地区典型药用植物群落与多样性研究 [J]. 中药材,2016,39(7): 1472-1476.
- [19] 徐波,王金牛,郭海霞,等. 青藏高原东缘野生暗紫贝母形态特征对高山环境的适应 [J]. 应用与环境生物学报,2014,20(6): 955-961.

[责任编辑 时圣明]