

滇重楼根茎皂苷含量与生态因子的关系

何忠俊¹, 黄希¹, 梁社往², 张兴芬¹, 杨生超^{3*}

1. 云南农业大学资源与环境学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南农业大学农学与生物技术学院, 云南 昆明 650201;

3. 云南农业大学科技处, 云南 昆明 650201

摘要: 研究了生态因子对滇重楼 (*Paris polyphylla* var. *yunnanensis*) 根茎总皂苷含量的影响, 确定了影响其总皂苷含量的主导生态因子, 将为滇重楼 GAP 基地建设和关键栽培技术确定提供科学依据。以采自云南、贵州、四川 30 个县 (市) 32 个样点滇重楼根茎为研究对象, 采用高效液相色谱及常规土壤农化分析法, 通过相关分析、逐步回归、通径分析和决策分析等的逐层剖析, 研究了地理气候因子、土壤理化性质和肥力——共计 33 个生态指标与滇重楼根茎总皂苷含量的数量关系。结果表明: 供试滇重楼根茎总皂苷含量平均为 1.389%, 合格率为 75.0%。经度、纬度和土壤阳离子交换量 (CEC) 是影响滇重楼根茎总皂苷含量的主导生态因子, 但三者只能决定总皂苷含量 43.27% 的变异。总皂苷含量与经纬度呈显著负相关, 与 CEC 呈显著正相关。三者均为总皂苷含量的决策因子, 纬度为最主要决策因子。说明滇重楼根茎总皂苷含量具有一定的地域特征, 滇西和滇西南总皂苷含量较高。滇重楼适宜种植在土壤有机质和粘粒含量高, 土壤 pH 在中性范围的土壤上。

关键词: 滇重楼; 根茎; 皂苷含量; 生态因子

DOI: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2016.03.007

中图分类号: R931.2; X17

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2016) 03-0409-06

引用格式: 何忠俊, 黄希, 梁社往, 张兴芬, 杨生超. 滇重楼根茎皂苷含量与生态因子的关系[J]. 生态环境学报, 2016, 25(3): 409-414.

HE Zhongjun, HUANG Xi, LIANG Shewang, ZHANG Xingfen, YANG Shengchao. Relationships between Total Saponin Content in Rhizome of *Paris polyphylla* var. *yunnanensis* and Ecological Factors [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2016, 25(3): 409-414.

药用植物药效成分多为次生代谢产物, 次生代谢物质在植物体内的合成和累积是在植物具有相关基因的基础上和一定的环境条件的胁迫和诱导作用的结果 (苏文华等, 2005; 曾燕等, 2012)。选择具有一定环境压力的次适宜生态环境是解决药用植物栽培中生长和次生产物累积的矛盾的有效途径 (Yan et al., 2004; 谢彩香等, 2011)。因此, 药用植物药效成分最高的地域并非生长最好的地域。研究表明, 日照时数、海拔和年降水量是影响羌活 (*Notopterygium incisum*) 药效成分累积的主要生态因素 (黄林芳等, 2013)。温度在人参 (*Panax ginseng*) 皂苷类形成中起决定性作用, 在一定的温度范围内, 温度越低越有利于人参皂苷的积累 (贾光林等, 2012)。土壤类型是影响枸杞 (*Lycium barbarum*) 多酚类含量的主要因素 (Dong et al., 2012)。迄今, 关于不同生态环境下滇重楼 (*Paris polyphylla* var. *yunnanensis*) 药效成分及其与生态因子的耦合关系尚缺乏深入系统的研究, 严重影响了

滇重楼 GAP 基地建设和人工栽培技术的规范化。

滇重楼为延龄草科 (Trilliaceae) 重楼属 (*Paris*) 多年生草本植物, 主要分布于我国云南、四川和贵州一带, 常生长在海拔 1400~3100 m 的常绿阔叶林、云南松林、竹林、灌丛或草坡中, 主产区在云南, 是我国西南地区的重要药材 (李恒, 1998)。滇重楼以根状茎入药, 是《中国药典》(2010 年版) 重楼药材的主要来源植物, 以薯蓣 (*Dioscorea opposita*) 皂苷 (I、II) 和偏诺皂苷 (VI、VII) 之和 $\geq 0.6\%$ 为其质量控制标准。滇重楼具有抗癌、清热解毒、消肿止痛和止血等作用, 治疗跌打损伤有独特疗效, 是“云南白药”、“季胜德蛇药片”、“热毒清”和“宫血宁”等多种中成药的主要原料之一 (武珊珊等, 2004)。重楼中的甾体皂苷是其主要的活性成分, 现代药理学研究证明其具有良好的抗肿瘤活性 (王羽, 2008; 颜璐璐等, 2009)。近年来市场对滇重楼的需求量急剧上升, 由于长期过度采挖, 野生资源锐减, 滇重楼的人工栽培技术研究正

基金项目: 云南省发改委高新技术产业发展计划项目 (20121956); 国家自然科学基金项目 (81260613; 30873374)

作者简介: 何忠俊 (1962 年生), 男, 教授, 博士, 研究方向为药用植物栽培。E-mail: hezhongjun@hotmail.com

*通信作者。E-mail: shengchaoyang@163.com

收稿日期: 2016-01-25

逐步被开展, 规模化种植成为制药企业的发展趋势 (何忠俊等, 2009; 何忠俊等 2011)。滇重楼的药效成分甾体皂苷含量受地理环境、土壤和气候的影响而存在差异, 加之滇重楼生长缓慢, 从种子萌发到入药需要 10 年左右的时间, 从而导致重楼质量不稳定 (李海涛等, 2014), 人工种植难度大, 成本高。本研究在滇重楼主产区——云南、贵州、四川 30 个县 (市), 采集 32 个滇重楼根茎样品及其根区土壤样品为研究对象, 通过相关分析、逐步回归、通径分析和决策分析等逐层剖析, 研究了地理气候因子、土壤理化性质和肥力——共计 33 个生态指标与滇重楼总皂苷含量的数量关系。筛选出了影响总皂苷含量的主导生态因子, 并明确了其作用大小和方向、决定性因子和限制性因子, 建立总皂苷含量与主导生态因子预测模型, 以期为重楼 GAP 基地建设和关键栽培技术确定提供了科学依据。

1 材料与方法

1.1 滇重楼主要分布区采样和调查

查阅相关资料, 在滇重楼主要分布区——云南 (滇西北、滇西、滇东北、滇中、滇东南、滇西南)、贵州、四川 30 个县 (市), 采集 32 个地域滇重楼植株及其根区土壤样品。除江口和梵净山 (海拔差异近 2 000 m)、昆明西山 (原始居群分布面积大) 和昆明安宁市 (人工种植面积较大) 位于同一县 (市) 外, 其余 28 个样点分别位于不同县 (市)。每个地域选择滇重楼栽培面积较大或自然分布较广的 3 个以上基地或居群, 海拔差异控制在 100 m 内, 共采集 9~12 株植物混合成该地域样品, 同时采集根区土壤样品 (采样点基本情况见表 1)。植株样品带回实验室, 用自来水、洗洁精洗去泥土, 然后用含 1%柠檬酸的蒸馏水清洗去表面附着的矿质元素, 最后用蒸馏水冲洗干净, 茎叶、根茎、须根分开称鲜重, 60 ℃烘干、称重、粉碎, 根茎样品

表 1 采样点基本情况

Table 1 The basic condition of sampling sites and total saponin content in rhizome of *Paris polyphylla* var. *yunnannensis*

Sample site(county, province)	Longitude/(°)	Latitude/(°)	Altitude/m	Slope degree/(°)	Transmittance/%	Total saponin content/%
Longli, Guizhou	108.716 2	27.897 1	1 178	0	37.89	0.308 2
Fanjingshan, Guizhou	108.699 4	27.908 9	2 025	15	20.86	0.033 5
Jiangkou, Guizhou	108.763 6	27.8386	571	17	24.25	0.201 7
Yongsheng, Yunnan	100.822 8	26.737 9	2 595	5	80.29	1.874 0
Deqin, Yunnan	99.231 1	28.227 2	3 052	45	18.52	1.126 7
Weixi, Yunnan	99.379 7	27.130 6	2 509	25	24.05	0.809 2
Yongping, Yunnan	99.693 3	25.318 9	2 285	55	9.56	2.388 0
Xichang, Sichuan	102.312 8	27.729 7	2 476	23	18.32	1.581 2
Huili, Sichuan	102.265 0	26.783 3	2 065	0	31.04	2.201 3
Luoping, Yunnan	104.282 8	24.875 0	1 572	5	25.79	0.545 3
Shizong, Yunnan	104.075 3	24.685 6	2 087	18	6.21	2.442 9
Xuanwei, Yunnan	104.478 9	26.289 7	2 153	40	33.63	0.288 6
Lushui, Yunnan	98.850 6	26.483 6	1 681	50	23.77	0.240 0
Yunlong, Yunnan	99.424 4	26.101 7	2 048	39	8.03	2.045 0
Jianchuan, Yunnan	99.858 9	26.511 9	2 480	30	15.56	2.723 6
Meijiang, Yunnan	101.683 1	23.423 6	1 309	0	41.53	0.951 5
Pingbian, Yunnan	103.691 7	22.975 8	1 459	0	15.02	3.117 0
Shiping, Yunnan	102.368 3	23.968 3	2 208	8	63.46	1.960 2
Yongshan, Yunnan	103.580 0	28.206 7	1 580	43	21.49	1.475 3
Qiaojia, Yunnan	103.093 9	26.639 7	2 495	42	24.94	0.571 1
Luquan, Yunnan	102.542 5	26.144 7	2 660	0	18.20	0.594 1
Funing, Yunnan	105.422 8	23.4542	1 499	33	47.14	1.314 6
Lincang, Yunnan	100.073 1	23.874 4	1 515	5	39.91	3.107 3
Kunming, Yunnan	102.630 8	24.961 1	2 192	7	58.11	1.442 4
Gengma, Yunnan	99.803 8	23.743 4	2 413	40	5.3	2.493 8
Weishan, Yunnan	100.351 3	25.277 9	2 410	20	29.89	1.520 4
Midu, Yunnan	100.426 0	25.509 1	2 487	25	20	1.570 1
Zhongdian, Yunnan	99.672 0	27.390 6	2 243	23	19.13	0.709 6
Lijiang, Yunnan	100.056 7	26.832 7	2 644	5	27.1	1.489 4
Anning, Yunnan	102.408 7	24.871 7	1 918	2	58.33	0.868 6
Yunlong, Yunnan	99.481 2	25.850 8	2 466	20	30.33	0.983 5
Yanjing, Yunnan	104.288 7	28.047 0	1 128	35	78.08	1.467 1

用于皂苷组分含量测定。土壤样品带回实验室风干后,过 0.25 mm、2 mm 尼龙筛备用。

现场测定透光率、坡度、经度、纬度、海拔;气象资料(年均湿度、年日照时数、年降水量、活动积温、年均温、七月最高温、七月平均温、一月最低温、一月平均温)由中国医学科学院药用植物研究所 TCM-GIS1 系统根据经纬度和海拔计算得出。

1.2 样品分析

土壤全 N 采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮,凯氏定氮法;土壤全 P、全 K 采用 NaOH 熔融,钼锑抗比色法测 P,火焰光度法测 K;土壤速效 N 采用碱解扩散法;土壤速效 P 采用 $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$ 浸提,钼锑抗比色法;土壤速效 K 采用 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 浸提,火焰光度法;土壤有机质采用重铬酸钾容量法;土壤 pH 采用土水比 1:5 浸提,pH 计测定;土壤交换性 Ca、Mg 采用乙酸铵-氯化锶浸提,原子吸收分光光度法;土壤有效态 Cu、Zn、Fe、Mn 采用 DTPA-TEA- CaCl_2 缓冲液浸提,原子吸收光度法;土壤有效态 S 采用比浊法;土壤有效态 B 采用甲亚铵比色法;土壤有效态 Mo 采用硫氰酸铵比色法(鲍士旦,2005)。

HPLC 法测定皂苷组分:滇重楼根茎 4 种皂苷含量测定采用刘欢等(2012)方法进行。

1.3 数据处理

全部试验数据采用 Excel、DPS 软件(唐启义等,2007)进行统计分析。

2 结果与分析

表1表明,云、贵、川32个采样点滇重楼根茎总皂苷(I+II+VI+VII)平均值为1.389%,变异系数为61.40%,有8个样品总皂苷含量低于中华药典

(国家药典委员会,2010)的标准,占25.0%,达到中华药典(国家药典委员会,2010)要求的占75.0%。

2.1 地理气候因子与滇重楼根茎总皂苷含量的相关性

滇重楼分布区地理气候因子统计结果(表2)表明,滇重楼主要分布在东经 $102.26^\circ\pm 2.77^\circ$ 、北纬 $25.99^\circ\pm 1.54^\circ$ 、海拔 $(2\,043.84\pm 543.85)\text{ m}$ 的范围,分布的海拔范围比李恒(1998)报道广些。以一月低温差异最大,其次为坡度、一月均温和透光率,其余气候地理因子变异较小,说明滇重楼适生的地理范围较窄。

滇重楼根茎总皂苷含量与一月均温和日照分别呈极显著和显著正相关,与纬度和经度分别呈极显著和显著负相关,与地理气候因子的偏相关均不显著(表2)。

2.2 土壤因子与滇重楼根茎总皂苷含量的相关性

滇重楼分布区土壤理化性质和养分状况(表3)表明,土壤速效铜、速效锌变幅很大,变异系数在 100.67%~113.39%,其次为全磷、全钾、速效磷、速效钾、有效锰和有效硫,变异系数在 70.88%~95.27%之间,以土壤 pH 变幅最小,变异系数为 14.94%。说明滇重楼分布区土壤理化性质和养分状况差异很大,土壤 pH 在 4.28~7.28 之间。

滇重楼根茎总皂苷含量与土壤因子的单、偏相关研究(表3)表明,总皂苷含量与全氮、土壤阳离子交换量(CEC)呈显著正相关,与土壤因子的偏相关均不显著。

2.3 滇重楼总皂苷含量与生态因子的逐步回归和通径分析

如果两个变量之间相关程度不高,拟合回归方

表2 地理气候因子与滇重楼根茎总皂苷含量的相关系数

Table 2 Correlation analysis between geographical-climatical factors and total saponin content in rhizome of *Paris polyphylla* var. *yunnanensis*

Variable	Average	Standard deviation	Variance coefficient/%	Single correlation coefficient	Partial correlation coefficient
Longitude/(°)	102.263 4	2.770 4	2.71	-0.398 4*	-0.044 2
Latitude/(°)	25.990 4	1.544 3	5.94	-0.472 9**	-0.025 5
Altitude/m	2 043.843 8	543.849 9	26.61	0.137 4	0.092 8
annual active accumulated temperature/°C	3 694.815 6	954.469 1	25.83	0.113 5	-0.218 3
annual average temperature/°C	13.859 4	2.545 8	18.37	0.158 6	-0.218 7
Humidity/%	72.728 1	5.728 9	7.88	-0.051 7	0.126 8
annual sunshine hours/h	2 062.675 0	442.134 6	21.44	0.344 7*	-0.013 1
annual precipitation/mm	1 186.021 9	200.866 7	16.94	-0.278 6	-0.184 5
maximum temperature in July/°C	24.131 3	2.470 0	10.24	-0.180 1	-0.112 0
average temperature in July/°C	19.065 6	2.594 8	13.61	-0.135 3	0.128 6
minimum temperature in January/°C	0.025 0	3.098 2	12 392.80	0.282 7	-0.010 5
average temperature in January/°C	5.643 8	2.805 1	49.70	0.463 3**	0.159 1
slope degree/(°)	21.093 8	16.791 7	79.60	-0.034 5	-0.114 0
Transmittance/%	30.491 6	19.036 9	62.43	-0.090 9	-0.172 7

单相关系数临界值: $R_{(30,0.05)}=0.349\,4$; $R_{(30,0.01)}=0.448\,7$ 。偏相关系数临界值: $R_{(17,0.05)}=0.456$; $R_{(17,0.01)}=0.575$ 。样本量 $n=32$

表 3 土壤因子与滇重楼根茎总皂苷含量的相关系数

Table 3 Correlation analysis between soil factors and total saponin content in rhizome of *Paris polyphylla* var. *yunnanensis*

变量	Average	Standard deviation	Variance coefficient/%	Single correlation coefficient	Partial correlation coefficient
w(OM)/(g·kg ⁻¹)	42.792 2	18.712 7	43.73	-0.020 1	0.088 6
w(TN)/(g·kg ⁻¹)	2.754 4	0.999 7	36.29	0.376 1*	0.294 5
w(TP)/(g·kg ⁻¹)	0.784 7	0.747 6	95.27	0.130 1	0.265 5
w(TK)/(g·kg ⁻¹)	8.751 6	6.420 3	73.36	0.003 4	0.262 7
w(alkaline N)/(mg·kg ⁻¹)	234.065 6	88.594 2	37.85	-0.063 3	-0.405 8
w(avail.P)/(mg·kg ⁻¹)	22.293 8	17.291 7	77.56	0.247 3	0.008 6
w(avail.K)/(mg·kg ⁻¹)	104.808 8	94.188 8	89.87	0.094 0	-0.068 9
w(avail.Fe)/(mg·kg ⁻¹)	91.933 1	43.279 6	47.08	0.312 6	-0.106 0
w(avail.Mn)/(mg·kg ⁻¹)	54.604 4	42.480 6	77.80	0.305 0	0.126 5
w(avail.Cu)/(mg·kg ⁻¹)	1.615 0	1.831 2	113.39	-0.241 0	-0.434 5
w(avail.Zn)/(mg·kg ⁻¹)	2.804 7	2.822 6	100.64	0.059 2	0.175 3
w(avail. S)/(mg·kg ⁻¹)	25.886 6	18.349 3	70.88	-0.146 4	0.426 9
w(avail. B)/(mg·kg ⁻¹)	0.186 6	0.079 5	42.60	0.090 3	0.303 3
w(avail. Mo)/(mg·kg ⁻¹)	0.200 5	0.045 4	22.64	0.224 5	-0.236 0
w(exchangeable Ca)/(cmol·kg ⁻¹)	9.775 9	6.599 6	67.51	0.138 8	-0.467 2
w(exchangeable Mg)/(cmol·kg ⁻¹)	2.197 5	1.034 1	47.06	0.242 8	-0.024 1
pH	6.118 4	0.913 1	14.92	0.121 0	0.470 1
b(CEC)/(cmol·kg ⁻¹)	26.912 5	7.207 0	26.78	0.412 4*	0.452 7
w(bulk density)/(g·cm ⁻³)	0.875 6	0.264 0	30.15	0.093 5	-0.219 5

单相关系数临界值: $R_{(30,0.05)}=0.349\ 4$; $R_{(30,0.01)}=0.448\ 7$ 。偏相关系数临界值: $R_{(12,0.05)}=0.532$; $R_{(12,0.01)}=0.661$ 。样本量 $n=32$

程便没有意义。因此,相关分析往往在回归分析前进行(陈胜可,2010)。在选择评判指标时,应该选择相关性显著的指标,使回归方程收敛性更好,更能反映因变量对自变量的影响程度(唐启义等,2007)。以往关于生态因子与中药材有效成分关系的研究,大多是从分析土壤或气候因子与药效成分的相关性进行的,主要以单相关系数高低判断其重要性大小(郭兰萍等,2014;谢彩香等,2011)。这种分析方法是片面的,结论也是不确切的。偏相关系数是在排除其他因素的影响,仅研究两者之间的相关,比单相关系数更能说明两者的线性相关程度(李宗梅等,2011)。鉴于国内外有关研究多以单相关研究为主,本研究采用单偏相关结合的方法,进一步确证和筛选出更多影响皂苷组分含量的因子,更为全面地反映对总皂苷含量影响显著的生态因子。

选取对根茎总皂苷(I+II+VI+VII)含量影响显著的生态因子:经度(X_1)、纬度(X_2)、日照时数(X_3)、一月均温(X_4)、土壤全氮(X_5)、CEC

(X_6)进行回归分析,得到回归方程如下:

$$Y=15.648-0.100\ 0X_1-0.194X_2+0.039X_6$$

方程复相关系数 $R=0.657\ 8$, 决定系数 $R^2=0.432\ 7$, $P=0.001\ 1$, Durbin-Watson 统计量 $d=2.367\ 9$ 。各入选因子偏回归系数均达到显著水平(见表4),说明方程可靠性高(唐启义等,2007)。但以上3个入选因子只能解释总皂苷变异的43.27%。从入选因子看,总皂苷含量主要受经纬度和土壤阳离子交换量的影响。

单相关系数 r 可以分解为直接途径系数 P 和间接途径系数 p (卜静等,2012):

$$r=P+p \tag{1}$$

途径分析(表4)表明,3个入选因子对总皂苷含量的直接途径系数的绝对值相近,其中经度(X_1)、纬度(X_2)对总皂苷含量的直接作用是负效应,CEC对总皂苷含量的直接作用是正效应。间接作用总和较小,且和直接作用方向一致。

决策系数是反映自变量对因变量综合作用大小的参数,利用决策系数可以对途径分析结果进行

表 4 滇重楼根茎总皂苷含量与生态因子的途径分析

Table 4 Path analysis between total saponin content in rhizome of *Paris polyphylla* var. *yunnanensis* and ecological factors

Factor	Partial correlation coefficient	Direct path coefficient (P_i)	Sum of indirect path coefficient (p)	Single correlation coefficient (r_{iy})	Decision coefficient (R_i^2)	$\rightarrow X_1$	$\rightarrow X_2$	$\rightarrow X_6$
X_1	-0.392 6*	-0.326 3	-0.072 1	-0.398 4	0.153 5	1	-0.060 3	-0.011 8
X_2	-0.410 8*	-0.351 2	-0.121 8	-0.47 3	0.208 9	-0.056 1	1	-0.065 7
X_6	0.395 8*	0.331 2	0.081 3	0.412 5	0.163 5	0.011 6	0.0697	1

样本量 $n=32$

明确地判断,并确定主要决定性变量和限制性变量(于建军等,2009),决策系数的计算公式为:

$$R_i^2 = 2P_i r_{iy} - P_i^2 \quad (2)$$

P_i 为直接通径系数, r_{iy} 为单相关系数。3 个人选因子决策系数大小顺序为: $R_2^2 > R_6^2 > R_1^2$, 均为正值,说明经度、纬度、CEC 为总皂苷含量的决策因子,纬度为最主要决策因子。

3 讨论

本研究结果表明,达到中华药典(国家药典委员会,2010)要求的样品占 75.0%,总皂苷含量最高的区域在经纬度较低(滇西南)的区域。此结果与尹鸿翔等(2007)报道的滇重楼合格药材比例及分布区域不一致。可能与其采样范围仅限于川西、攀西和滇西北一带,或对重楼品种区分不严格(购于药店,并非真正的滇重楼)有关。李海涛等(2014)对云南不同地区 22 个滇重楼根茎样品进行了皂苷含量分析,总皂苷含量最高的样点在滇西的瑞丽和滇西南的耿马和祥云,与本研究的结果基本一致。目前,在云、贵、川建立了许多重楼种植基地,以云南省各地重楼基地的面积和数量最多,且多以滇重楼为主。西双版纳海拔 800 m 以上的区域滇重楼分布最多,是滇重楼的主要分布区之一(张丽霞等,2010)。因此,滇重楼药效成分最高区域的确定,对重楼 GAP 基地建设和规范化栽培具有重要的指导意义。

由于以往研究和本研究尺度和范围及采用的标准不同,得出的结论并不完全一致。本研究结果表明,经度、纬度和 CEC 是影响滇重楼药材总皂苷含量的主导生态因子。滇重楼总皂苷含量与经纬度呈显著负相关,与土壤阳离子交换量(CEC)呈显著正相关。但经度、纬度、CEC 只能解释滇重楼总皂苷含量 43.27% 的变异。可见,滇重楼总皂苷含量具有一定地域特征,但地域依赖性并不十分强烈。经纬度综合反映光照、温度、降水和湿度等生态因子,回归方程表明,纬度、经度越低,滇重楼总皂苷含量越高。CEC 主要反映了土壤有机质、粘土矿物类型、质地、pH 等指标,CEC 值与土壤有机质含量、2:1 型粘土矿物含量、粘粒含量、土壤 pH 呈显著正相关(张乃明,2013)。此结果和滇重楼总皂苷含量与土壤有机质含量呈显著正相关(杨永红等,2012),随土壤 pH 增加总皂苷含量呈增加趋势(毛玉东等,2011)的报道一致。此外,滇重楼皂苷组分含量还受其他生态因子的影响,如土壤养分(何忠俊等,2009;何忠俊等,2010;何忠俊等,2011)、菌根浸染(段艳涛等,2011;周浓等,2015)、采收季节和生长年限(王跃虎等,2015)等,只是其影响相对较小而已。

4 结论

云南、贵州、四川 30 个县(市)32 个样点滇重楼根茎总皂苷平均值为 1.389%,达到中华药典(国家药典委员会,2010)要求的样本占 75.0%。滇重楼根茎总皂苷含量主要受经、纬度和 CEC 的影响,三者均为总皂苷含量的决策因子,纬度为最主要决策因子。经、纬度和土壤 CEC 只能解释总皂苷含量 43.27% 的变异,说明滇重楼根茎总皂苷含量具有一定的地域特征,以滇西南和滇西总皂苷含量较高。滇重楼种植区土壤有机质和粘粒含量要高、土壤 pH 应控制在中性范围为宜。

参考文献:

- DONG J Z, WANG S H, ZHU L Y, et al. 2012. Analysis on the main active components of *Lycium barbarum* fruits and related environmental factors [J]. Journal of Medicinal Plants Research, 6(12): 2276-2283.
- YAN X F, WU S X. 2004. Soil nutrient factors related to salidroside production of *Rhodiola sachlinensis* distributed in Chang Bai Mountain [J]. Environmental and Experimental Botany, 52(3): 267-276.
- 鲍士旦. 2005. 土壤农化分析[M](第三版). 北京:中国农业出版社: 25-177.
- 卜静, 李登武, 王冬梅. 2012. 玉竹品质与主要生态因子的相关性[J]. 应用生态学报, 23(6): 1447-1454.
- 曾燕, 郭兰萍, 杨光, 等. 2012. 环境生态因子对药用植物皂苷成分的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 18(17): 313-318.
- 陈胜可. 2010. SPSS统计分析从入门到精通[M]. 北京:清华大学出版社: 210-219.
- 段艳涛, 何忠俊, 梁社往, 等. 2011. 滇重楼总皂苷含量和菌根侵染率与土壤因子的关系[J]. 中国中药杂志, 36(22): 3091-3095.
- 郭兰萍, 王升, 张霖, 等. 2014. 生态因子对黄芩次生代谢产物及无机元素的影响及黄芩道地性分析[J]. 中国科学: 生命科学, 44(1): 66-74.
- 国家药典委员会. 2005. 中华人民共和国药典, 一部[S]. 北京: 化工出版社: 183.
- 国家药典委员会. 2010. 中华人民共和国药典, 一部[S]. 北京: 中国医药科技出版: 243.
- 何忠俊, 梁社往, 曾波, 等. 2011. 钼对滇重楼生长、养分和总皂甙含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 17(6): 1481-1486.
- 何忠俊, 马青, 曾波, 等. 2009. 镁对滇重楼生长、养分吸收和总皂甙含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 15(4): 960-964.
- 何忠俊, 杨威, 韦建荣, 等. 2010. 氮素形态及其组合对滇重楼产量及有效成分的影响[J]. 云南农业大学学报, 25(1): 107-112.
- 黄林芳, 李文涛, 王珍, 等. 2013. 濒危高原植物羌活化学成分与生态因子的相关性[J]. 生态学报, 33(24): 7667-767.
- 贾光林, 黄林芳, 索凤梅, 等. 2012. 人参药材中人参皂苷与生态因子的相关性及其生态区划[J]. 植物生态学报, 36(4): 302-312.
- 李海涛, 罗先文, 管燕红, 等. 2014. 云南省不同地区滇重楼皂苷含量的对比及影响因子分析[J]. 中国中药杂志, 39(5): 803-806.
- 李恒. 1998. 重楼属植物[M]. 北京: 科学出版社: 35-37.
- 李宗梅, 李秀珍, 常禹, 等. 2011. 不同土壤因子对中药牛蒡子品质的影响[J]. 土壤通报, 42(1): 106-111.
- 刘欢, 何忠俊, 梁社往, 等. 2012. 滇重楼高效液相色谱指纹图谱研究[J]. 中草药, 43(9): 1846-1851.
- 毛玉东, 梁社往, 何忠俊, 等. 2011. 土壤pH对滇重楼生长、养分含量和

- 总皂甙含量的影响[J]. 西南农业学报, 24(3): 985-989.
- 苏文华, 张光飞, 李秀华. 2005. 植物药材次生代谢产物的累积与环境的关系[J]. 中草药, 36(9): 1415-1418.
- 唐启义, 冯光明. 2007. DPS数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社: 625-767.
- 王羽. 2008. 滇重楼抗肿瘤活性成分的研究[D]. 天津: 天津大学硕士学位论文: 1-20.
- 王跃虎, 牛红梅, 张兆云, 等. 2015. 重楼属植物的药用价值及其化学基础[J]. 中国中药杂志, 40(5): 833-839.
- 武珊珊, 高文远. 2004. 重楼化学成分和药理作用研究进展[J]. 中草药, 35(3): 344-346.
- 谢彩香, 索风梅, 贾光林, 等. 2011. 人参皂苷与生态因子的相关性[J]. 生态学报, 31(24): 7551-7563.
- 颜璐璐, 张艳军, 高文远, 等. 2009. 滇重楼皂苷成分体外抗肺癌活性研究[J]. 中草药, 40(3): 424-428.
- 杨永红, 戴丽君, 何昆鸿, 等. 2012. 土壤营养与人工栽培滇重楼品质相关性评价[J]. 中药材, 33(10): 1557-1561.
- 尹鸿翔, 薛丹, 吴梅, 等. 2007. 川滇地区重楼商品药材质量评价[J]. 中药材, 30(7): 771-774.
- 于建军, 邵惠芳, 刘艳芳, 等. 2009. 四川凉山烤烟叶片巨豆三烯酮含量与生态因子的关系[J]. 生态学报, 29(4): 1668-1674.
- 张丽霞, 祁建军, 李海涛, 等. 2010. 西双版纳野生重楼资源的分布概况[J]. 中国中药杂志, 35(13): 1684-1686.
- 张乃明. 2013. 环境土壤学[M]. 北京: 中国农业大学出版社: 39-40.
- 周浓, 丁博, 冯源, 等. 2015. 接种不同AM真菌对滇重楼菌根感染率和入药品质的影响[J]. 中国中药杂志, 40(16): 3158-3167.

Relationships between Total Saponin Content in Rhizome of *Paris polyphylla* var. *yunnannensis* and Ecological Factors

HE Zhongjun¹, HUANG Xi¹, LIANG Shewang², ZHANG Xingfen¹, YANG Shengchao^{3*}

1. College of Resource and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

3. Sci-Tech Bureau, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China

Abstract: This paper explored the effect of ecological factors on saponin contents in rhizome of *Paris polyphylla* var. *yunnannensis*, and determined the leading ecological factors which affect total saponin contents in rhizome, which will provide scientific evidence for the construction of GAP cultivation base and the selection of key cultivation technique of *Paris polyphylla* var. *yunnannensis*. Based on 32 rhizome samples of *Paris polyphylla* var. *yunnannensis* taken from 30 county in Yunnan, Guizhou and Sichuan province and corresponding rhizosphere soil samples, adopted HPLC to test saponin contents and used regular soil analyzing technique to test soil property and fertility index, and derived the corresponding geographical and meteorological data from GIS for Traditional Chinese Medicine database, the quantitative relationships between total saponin contents and 33 ecological factors were studied using the step by step comprehensive research methods of correlation, stepwise regression, path analysis, decision analysis. The results indicated that average saponin contents was 1.398%, among which the ratio up to national standard was 75%. Latitude, longitude and soil CEC were the leading ecological factors affecting the saponin contents in rhizome, but which only controlled 43.27% changes of saponin contents in rhizome. There were significant negative correlation between total saponin contents and latitude or longitude, and significant positive correlation between total saponin contents and soil CEC. Latitude, longitude and soil CEC also were decisive factors of total saponin contents, and latitude was the most decisive factor for total saponin contents in rhizome. Total saponin contents in rhizome had certain regional feature, of which higher region located in west and southwest area of Yunnan. The planting base for *Paris polyphylla* var. *yunnannensis* should had high soil organic matter and clay, as well as neutral soil pH.

Key words: *Paris polyphylla* var. *yunnannensis*; rhizome; saponin content; ecological factors