

沈宗芳,郭昕,田波,等. 槲蕨的生活习性与柚皮苷累积规律[J]. 江西农业大学学报, 2019, 41(5): 901-907.



槲蕨的生活习性与柚皮苷累积规律

沈宗芳^{1,2}, 郭昕³, 田波¹, 郑国伟⁴, 黄春球³, 蔡传涛^{1*}

(1. 中国科学院 西双版纳热带植物园热带植物资源可持续利用重点实验室, 云南 昆明 650223; 2. 中国科学院大学, 北京 101408; 3. 云南植物药业有限公司, 云南 昆明 650503; 4. 中国科学院 昆明植物研究所, 云南 昆明 650201)

摘要: 槲蕨的干燥根茎是中药材“骨碎补”的正品。由于其生长环境特殊, 尚未实现人工种植。为了野生资源的可持续发展与合理利用, 通过野外观察, 描述槲蕨的生活习性, 揭示其根茎的生长模式, 确定根茎年龄的判断方法, 并分析不同年龄根茎干质量的增长规律和柚皮苷的累积规律。结果表明, 不同分布区槲蕨的生活习性存在一定的差异, 根茎具明显的节和节间, 类似圆锥花序轴的生长模式, 不同年龄根茎的干质量无显著差异。槲蕨根茎中的柚皮苷, 1年生根茎中含量最高, 随着生长年龄升高含量下降, 且多年生各年龄间没有显著差异; 附生于石壁上的槲蕨根茎的柚皮苷含量显著高于附生树干上的槲蕨根茎。这些发现将为槲蕨野生资源的合理利用和开展人工种植提供指导。

关键词: 槲蕨; 柚皮苷; 根状茎; 生境; 生长年龄

中图分类号: Q949.95 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2286(2019)05-0901-07

Laws of *Drynaria roosii* Growth and Its Naringin Accumulation

SHEN Zong-fang^{1,2}, GUO Xin³, TIAN Bo¹, ZHENG Guo-wei⁴,
HUANG Chun-qiu³, CAI Chuan-tao^{1*}

(1. Key Laboratory of Tropical Plant Resources and Sustainable Use, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 101408, China; 3. Yunnan Plant Medicine Limit Company, Kunming 650503, China; 4. Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China)

Abstract: Dry rhizome of *Drynaria roosii* is a traditional Chinese medicinal material, named as “Gu-sui-bu”. Due to its particular habitat environment, there is no artificial cultivation at present. For the sustainable development and reasonable use of wild resources of medicine, the living habits of the herb were described through field observation and the growth pattern of this fern rhizome was revealed. Then the method for judging the age of the rhizome was determined, and the growth law of dry weight of the rhizome was analyzed. The content of naringin in the rhizome at different ages was determined by HPLC. The results showed that there were some differences in the habits of *D. roosii* in different districts. The rhizomes had distinct nodes and internodes, and showed a growth pattern similar to that of the panicle axis. There was no significant difference in the dry

收稿日期: 2019-03-22 修回日期: 2019-05-10

基金项目: 中国科学院“一三五”专项(2017XTBG-F05)和云南植物药业有限公司项目

Project supported by the “135” Special Funds of the Chinese Academy of Sciences(2017XTBG-F05) and Funding project of Yunnan Plant Medicine limit company

作者简介: 沈宗芳(1993—), 女, 硕士生, 主要从事药用植物研究, orcid.org/0000-0002-4542-7011, shenzongfang@xtbg.ac.cn; *通信作者: 蔡传涛, 研究员, caict@xtbg.ac.cn。

weight of the rhizomes at different ages. The content of naringin in the annual rhizomes was the highest, then decreased and there was no significant difference in the contents at different ages. The content of naringin rhizomes of the *D. roosii* attached to the cliff was obviously higher than that of the epiphyte of the trunk. The results of this study will provide guidance for rational utilization and artificial cultivation of wild resources of this herb.

Keywords: *Drynaria roosii*; naringin; rhizome; habitat; age

槲蕨(*Drynaria roosii* 异名 *Drynaria fortunei*)为槲蕨科(Drynariaceae),槲蕨属(*Drynaria*)植物^[1]。《中华人民共和国药典》记载槲蕨的干燥根状茎为中药材“骨碎补”的正品,广泛用于多种疾病的治疗,如肾虚腰痛、耳鸣耳聋、牙齿松动、跌扑闪挫、筋骨折伤,外治斑秃、白癜风^[2]。现代药理研究发现槲蕨还可以治疗炎症、高血脂、动脉硬化、风湿、妇科疾病、骨质疏松等疾病^[3-4]。槲蕨根茎化合物种类丰富,包括黄酮类、原花青素类、三萜类、酚酸类、木脂素类等共396个化合物^[5-8]。《中华人民共和国药典》将茎中柚皮苷(黄酮类)的含量确定为骨碎补正品的的主要检测标准,并规定干燥品中不得低于0.5%^[2]。

槲蕨为多年生附生蕨类,附生于树干、石灰岩石壁或墙上,性喜温暖阴湿环境,其肥大的根状茎被不育叶覆盖。槲蕨根茎作为“骨碎补”的正品,确保其有效成分含量是用药的前提。李顺祥等^[9]对不同产地以及同一产地不同生境下槲蕨的柚皮苷含量进行了检测,结果表明,不同产地之间从0.1%到0.77%不等;同时,采自墙头的槲蕨根茎中柚皮苷(0.31%)显著低于采自石壁(0.71%)和树干的(0.68%)。邹珊珊^[10]对不同产地槲蕨根茎柚皮苷含量的检测结果也表明不同产地槲蕨柚皮苷含量存在显著差异,差异性的存在可能与不同产地的生态环境有关。另外,多年生植物中次生代谢物的累积量往往与生长年龄有一定的关系,有的随生长年龄增加先上升再下降^[11];有的与生长年龄呈正相关^[12]。槲蕨根状茎每年不断横走伸长,无明显增粗生长,紧紧附着于树干或石壁,由枯败的不育叶所覆盖,而且不同个体相互交织生长,判断年龄存在一定难度。野外采集材料时,往往不加区分的将所有根茎采挖,对资源造成严重破坏,不利于野生资源的可持续利用。目前尚未有关于槲蕨根茎生长规律及不同生长年龄槲蕨根茎中柚皮苷累积规律的研究报道。因此,在此前研究报道中未考虑材料的年龄差异可能是柚皮苷含量差异显著的原因之一。野外观察槲蕨的生活习性,确定根状茎年龄判断方法,按年龄对附生于树干和石壁的根本状茎的干物质量及柚皮苷的含量进行检测,分析槲蕨根状茎的生长规律及不同年龄根状茎中柚皮苷的累积规律,旨在指导合理采集槲蕨野生资源,以保证野生资源的可持续利用,同时为槲蕨的人工种植与采收方法提供理论依据。

1 仪器与材料

进行试验的仪器有高效液相色谱仪 Agilent Technologies 1260 Infinity,包括真空在线脱气机、四元泵、自动进样器(美国 Agilent 公司)、GRANT 水浴锅和天平(美国丹佛仪器公司 DENVER INSTRUMENT)。柚皮苷对照品(纯度>95.0%)购于 Sigma 公司。色谱乙腈为德国默克股份有限公司生产,色谱水为娃哈哈饮用纯净水。提取液为甲醇(HPLC 级, Tedia)和乙酸(AC 级, 天津市风船化学试剂科技有限公司)。

槲蕨分别于2017年8月和2018年7月采自湖南省通道县(N26.17, E109.54)县城周边,经西南林业大学向建英副教授鉴定为槲蕨(*D. roosii*)。材料置于真空干燥箱内至恒质量后密封保存于干燥器内备用。

2 试验方法

2.1 色谱条件

色谱柱为 Agilent Zorbax SB- C18 (4.6 mm×150 mm, 5 μm)。流动相为乙腈(A)-水(B)梯度洗脱,洗脱程序为0~4 min, 70%B; 4~5 min, 70% B→95%; 5~6 min, 95% B→70%; 6~8 min, 70% B→10%。流速为1.0 mL/min,检测波长为285 nm,柱温为(25±0.8)℃,进样量2 μL。

2.2 对照品溶液的制备

精密称取对照品柚皮苷 0.045 g, 置于 2 mL 的试管内, 加甲醇 1 500 μL 。制成 30 mg/mL 的标准品溶液, 再进一步稀释成 20, 15, 10, 5, 2.5, 1, 0.5, 0.25, 0.1 mg/mL 浓度梯度的标准品溶液。

2.3 柚皮苷提取

由于参考《中华人民共和国药典》(2015 版) 制备的供试品, HPLC 测定出柚皮苷含量均小于 0.5%。因此, 参照文献[13-14]的提取方法, 在超声波提取法的基础上稍加改进。榧蕨根状茎干燥后, 磨成均匀粉末, 过 3 号筛, 精密称取 0.25 g, 置于离心管中, 加体积比为 1:9 的冰醋酸与甲醇 6 mL 后加盖称质量。60 $^{\circ}\text{C}$ 恒温水浴 2 h 后超声 (频率: 40 Hz, 功率: 600 W, 水温 55 $^{\circ}\text{C}$) 45 min, 放置室温, 称质量, 加冰醋酸-甲醇补足质量, 离心取出上清液移。重复以上操作 2 次, 所得溶液过滤后定容。

2.4 方法学考察

2.4.1 精密度 精密吸取 2.2 项下对照品溶液, 在上述液相色谱条件下连续进样 5 次, 每次 2 μL , 记录峰面积。结果 $RSD=0.57\%$ ($n=5$), 表明仪器的精密度良好。

2.4.2 重复性 取同一批样品 5 份, 每份 0.25 g, 精密称定, 制备供试品溶液。在 2.1 项色谱条件下测定 5 份供试品溶液, 每次 2 μL , 记录色谱峰。结果, 柚皮苷平均质量分数为 2.39%, $RSD=1.30\%$ ($n=5$), 表明本方法重复性良好。

2.4.3 稳定性 取同一份供试品溶液, 分别在 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 h 进样 2 μL , 在上述色谱条件下进样, 记录峰面积。结果 $RSD=1.04\%$, 表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.4.4 标准曲线绘制 精密吸取 0.1, 0.25, 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 15, 30 mg/mL 对照品溶液各 2 μL , 平行测定 3 次, 按 2.1 项色谱条件测定, 取平均峰面积。以 (X , mg/mL) 为横坐标, 峰面积 Y 为纵坐标绘制标准曲线并进行回归计算, 柚皮苷的回归方程为: $Y=3\ 260.7X+137.21$, $r=0.999\ 4$, 表明柚皮苷质量在 0.1 ~ 30 mg/mL 浓度范围内与峰面积线性关系良好。

2.4.5 加样回收实验 精密称取干燥的榧蕨根茎粉末 0.25 g 共 12 份。其中 6 份中加入 0.25 g 的柚皮苷标准品, 另外 6 份样品作为对照, 按 2.3 项进行柚皮苷提取。在 2.1 项色谱条件下测定柚皮苷的含量, 得出回收率为 100.67%, $RSD=1.47\%$ 。

2.5 数据处理

通过比较待测样品和对照品的保留时间, 确定柚皮苷峰面积, 外标法计算柚皮苷含量。方差分析使用 SPSS19.0 软件。

3 结果与分析

3.1 榧蕨的生活习性及其根状茎生长年龄的判断

根据长期的野外观察发现, 榧蕨孢子叶和不育叶每年周期性的萌发、干枯, 不育叶宿存根茎上。但不同居群的发育时间存在差异, 在湖南怀化地区, 两性叶在 11 月萌发, 次年 7 月逐渐枯萎 (图 1A), 而在西双版纳地区则是 2 月萌发, 当年 10 月逐渐枯萎 (图 1B)。肉质根状茎随年龄增长, 不断延长生长, 存在明显的节, 且与宿存不育叶一致, 每个节间均有不育叶, 不育叶每年更新一次 (图 2A)。由此可以判断, 一个节间代表 1 年生的根状茎, 根据节间的数目可以判断根状茎的年龄 (图 2B)。在一个完整的植株中, 将位于顶端的一节定为第一年生, 依次往后确定年龄。节间陆续萌发侧芽, 发育成根状茎分支, 侧芽不断发生, 最后形成类似圆锥花序轴的根茎网络 (图 2C)。

3.2 榧蕨不同生长年龄根状茎的干质量

同一植株上, 1~5 年生榧蕨干质量 (表 1) 维持在 $(2.31\pm0.89)~(1.39\pm0.67)$ g, 平均为 (1.86 ± 0.65) g。不同生长年龄榧蕨根状茎干质量基本保持稳定, 统计分析结果无显著性差异。

3.3 不同生长年龄的榧蕨根状茎中柚皮苷含量

不同生长年龄根状茎中柚皮苷百分比变化规律测量结果 (表 2) 显示, 1~5 年生榧蕨根茎中柚皮苷呈现出逐渐下降的趋势, 第一年生 $(2.58\pm0.4)\%$ 显著高于其他生长年龄, 2~5 年生榧蕨根茎中柚皮苷无显著差异, 基本维持在 $(1.60\pm0.21)\%~(1.38\pm0.17)\%$ 。

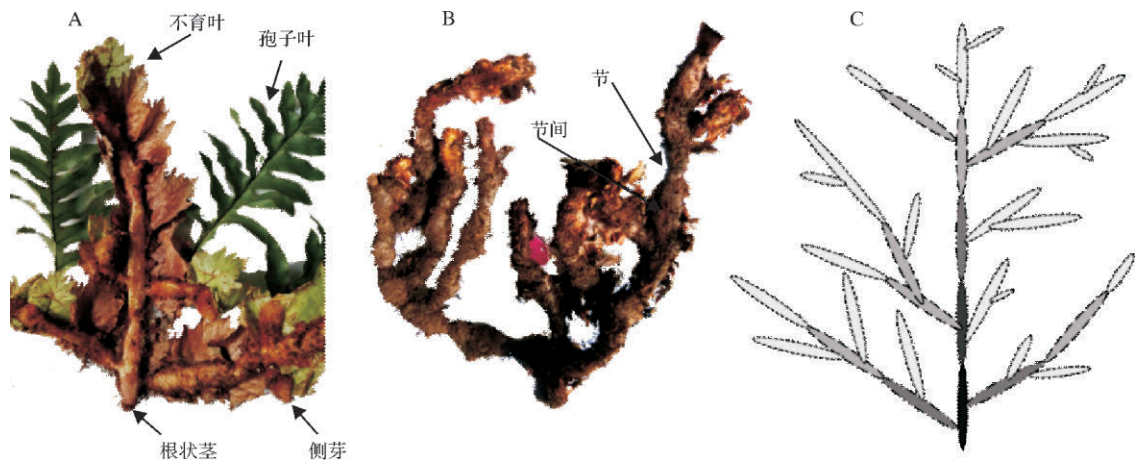


A:湖南怀化;B:云南西双版纳

A:Huaihua city,Hunan Province;B:Xishuangbanna Dai Autonomous Prefecture of Yunnan Province

图1 2016年7月不同分布区槲蕨生长状况

Fig.1 Characters of *D. roosii* in different district on July 2016



A:根茎及附属物;B:网状根茎;C:根茎生长模式模拟图:○ 1年生、● 2年生、● 3年生、● 4年生、● 5年生

A:Rhizome and others appendages;B:twisted and gnarled rhizome;C:the simulation diagram of growth style

○ First year ● Second years ● Third years ● Fourth years ● Fifth years

图2 槲蕨根茎生长模式

Fig.2 Growth style of *D. roosii*

表1 槲蕨不同生长年龄根状茎的干质量

Tab.1 The dry weight of different ages *D. roosii* rhizomes

生长年龄 Growth age	1年生 First year	2年生 Second years	3年生 Third years	4年生 Fourth years	5年生 Fifth years	平均值 Average
干质量/g Dry weight	2.04±0.56	2.06±0.65	2.31±0.89	1.50±0.17	1.39±0.67	1.86±0.65

表 2 不同生长年龄槲蕨根茎中柚皮苷百分含量
Tab.2 Naringin content in *D. roosii* rhizomes of different growing ages

生长年龄 Growth age	1 年生 First year	2 年生 Second years	3 年生 Third years	4 年生 Fourth years	5 年生 Fifth years	平均值/% Average
柚皮苷/% Naringin	2.58±0.47*	1.57±0.08	1.60±0.21	1.58±0.33	1.38±0.17	1.74±0.50

*表示差异 0.01 水平显著性
*significant at 0.01 level

3.4 不同生境的槲蕨中根茎柚皮苷含量

进一步探究不同生境中不同生长年龄槲蕨根状茎中柚皮苷的含量。测量附生树干和石壁上不同生长年龄槲蕨根状茎中柚皮苷百分含量(表 3)。柚皮苷测定结果显示:两个生境的不同生长年龄槲蕨根状茎中柚皮苷含量变化规律与石壁生境槲蕨一致,均为第一年生槲蕨根状茎中柚皮苷含量显著高于第二年生、第三年生。石壁生槲蕨根茎中柚皮苷平均含量为(2.08±0.85)%,显著高于附生树干的(0.73±0.33)%。

表 3 不同生境中槲蕨根茎的柚皮苷含量
Tab.3 Naringin of different habitats *D. roosii* rhizomes

年龄 Year 生境 Habitat	1 年 Frist year	2 年 Second year	3 年 Third year	平均值 Average
石壁 Cliff	3.166 7±0.476 48*	1.623 3±0.080 83	1.456 7±0.041 63	2.08±0.85
树干 Trunk	1.103 3±0.293 66*	0.543 3±0.090 74	0.513 3±0.111 5	0.73±0.33

*表示差异 0.01 水平显著性
*significant at 0.01 level

4 结论与讨论

中药材的质量是中医药发展的基础,有效成分含量是中药材质量标准的一个重要指标。中药材有效成分含量受到多因素影响,包括生长环境、生长年龄、采收季节、后期加工等环节。槲蕨以干燥根茎入药,根茎类药材的采收期多在植物停止生长之后或者在枯萎期^[5]。经观察发现,槲蕨在不同地区的生长发育时期有明显差异,因此,槲蕨的采收时间应依据不同地区的物候来确定。槲蕨为多年生植物,多年生药用植物的有效成分累积量与生长年龄有着密切关系^[6]。不同植物的次生代谢物的量与年龄的相关性不一样,如滇重楼、中重楼皂苷随生长年龄增加而增加,在第四年达到峰值,往后逐渐减少^[11],人参皂苷随人参生长年龄增加而增加^[12]。

为了确定槲蕨柚皮苷含量与年龄的关系,首先要准确的确定所检测材料的年龄。根据长期观察,本实验首次对槲蕨根状茎进行了年龄区分。槲蕨的根状茎有其自身的生长规律,根状茎每年生长一节,节与节之间有明显的节间,每节之间的干质量没有显著差异,说明根状茎在第一年后没有干物质的累积,可能不存在增粗生长。柚皮苷含量检测结果表明,1 年生槲蕨根茎的柚皮苷含量显著高于其它生长年限,而 2~5 年生根茎的柚皮苷含量没有显著差异,推测槲蕨柚皮苷主要在生长的第一年合成与累积,而后不再合成柚皮苷,可能也与根没有次生生长相关。槲蕨根状茎在储存一年半后,柚皮苷含量会下降 30%,可能在储存中被氧化^[9],具体原因尚不明确,但这可能是 1 年生根状茎柚皮苷含量最高,第二年以后含量下降的原因。药用植物的采收需要充分考虑药材的可持续利用,以经济效益最大化。野外观察发现,槲蕨根状茎的侧芽丰富,可采取一定的措施增加侧芽的萌发。因此,建议在采集野生槲蕨药材和人工种植物采收时,以采收第一年生长期末期的根茎为主,即保证了药材的产量和质量,也保证了资源的可持续利用。

槲蕨大量附着在树干和石壁上这2种不同生境,不同生境下根茎柚皮苷含量存在显著差异,石壁上不同年龄根茎的柚皮苷含量均显著高于树干上相应年龄根茎,这种差异可能与生境因子有一定的关系。李朝阳等^[17]的研究表明,树附生和石壁阳生环境的光合特性存在一定的差异,相对于树生环境,石生环境的光合有效辐射高、环境温度低、空气湿度大、水份利用效率高,由此推测,较充足的光照、水份和较低的温度有利于柚皮苷的累积。因此建议选择光照较强、具有一定保水基质的石灰岩山壁进行人工种植,即能提高药材的质量又有利于丹霞地貌等石灰岩地区生态环境的恢复与治理。

此次测定的中柚皮苷百分含量均大于《中华人民共和国药典》制定的标准0.5%以上,可能是由于材料差异或者提取方法的不同。且均显著高于已有报道中槲蕨根茎柚皮苷含量^[14],但低于杨海玲等^[13]报道的含量。此次研究均为用当年所采集的材料,干燥处理后立即进行提取,可能避免了保存过程中柚皮苷的损失,加热和超声波提取,可能增强柚皮苷的提取效率,在工业化提取柚皮苷时,采用边加热边搅拌的方法可能更有利于柚皮苷充分提取。

随着国家对中医药发展的重视,对药材质量的要求也会逐步提高。近年来,由于槲蕨的市场需求量不断增加,导致槲蕨野生资源过度采挖与严重破坏,开展人工种植是市场需要。本研究通过揭示槲蕨的生活习性,分析不同生境和不同生长年龄槲蕨根状茎柚皮苷的累积规律,将为槲蕨野生资源的合理利用和开展人工种植提供指导。

致谢:通道县一中刘胡文老师帮助采集实验材料,谨致谢意!

参考文献:

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志[M].北京:科学出版社,2000,6(2):65.
Editorial committee.Flora of China [M].Beijing:Science Press,2000,6(2):65.
- [2] 国家药典委员会.中华人民共和国药典(一部)[S].北京:中国医药科技出版社,2015:256.
ChPC, China pharmacopoeia committee.Pharmacopoeia of the People's Republic of China[S].Beijing: Chemical Industry Press,2015:256.
- [3] Jeong J C, Lee B T, Yoon C H, et al.Effects of *Drynariae* rhizoma on the proliferation of human bone cells and the immunomodulatory activity [J].Pharmacological Research,2005,51(2):125-136.
- [4] Lee Y E, Liu H C, Lin Y L, et al.*Drynaria fortunei* J.Sm.improves the bone mass of ovariectomized rats through osteocalcin-involved endochondral ossification[J].Journal of Ethnopharmacology,2014,158:94-101.
- [5] Liang Y H, Ye M, Yang W, et al.Flavan-3-ols from the rhizomes of *Drynaria fortunei*[J].Phytochemistry,2011,72(14/15):1876-1882.
- [6] Qiao X, Lin X H, Liang Y H, et al.Comprehensive chemical analysis of the rhizomes of *Drynaria fortunei* by orthogonal pre-separation and liquid chromatography mass spectrometry [J].Planta Medica,2014,80(4):330-336.
- [7] 梁永红,叶敏,韩健,等.骨碎补的木脂素和黄酮类成分研究[J].中草药,2011,42(1):25-30.
Liang Y H, Ye M, Han J, et al.Lignans and flavonoids from rhizome of *Drynaria fortunei*[J].Chinese Traditional and Herbal Drugs,2011b,42(1):25-30.
- [8] 梁永红,叶敏,张灵芝,等.骨碎补中的两个新酚酸类化合物[J].药学报,2010,45(7):874-878.
Liang Y H, Ye M, Zhang L Z, et al.Two new phenolic acids from *Drynariae* rhizoma[J].Acta Pharmaceutica Sinica,2010,45(7):874-878.
- [9] 李顺祥,张志光,龙勉.不同产地骨碎补的柚皮苷含量考察[J].中南药学,2003,1(2):103-104.
Li S X, Zhang Z G, Long M.Determination of naringin in gusuibu (*Rhizoma Drynariae*) from different places [J].Central South Pharmacy,2003,1(2):103-104.
- [10] 邹珊珊.不同产地槲蕨的质量对比研究[D].北京:北京协和医学院,2011.
Zou S S.Study on quality comparison of *Drynaria roosii* Nakaike from different producing areas [D].Beijing:Peking Union Medical College,2011.

- [11] 张烨,吕霜霜,周浓,等.不同生长年限滇重楼中4种重楼皂苷的含量比较[J].中国药房,2011,22(43):4081-4083.
Zhang Y, Lv S S, Zhou N, et al. Comparison of 4 kinds of chonglou contents in Paris polyphylla of different growing years [J]. China Pharmacy, 2011, 22(43): 4081-4083.
- [12] 芦学峰,孟祥茹,王佳,等.农田人参皂苷积累规律[J].分子植物育种,2018,16(1):339-344.
Lu X F, Meng X R, Wang J, et al. The ginsenosides accumulation law of farmland planted ginseng [J]. Molecular Plant Breeding, 2018, 16(1): 339-344.
- [13] 杨海玲,吴丽丹,谢鹏,等.UPLC法比较骨碎补不同炮制品中柚皮苷、5-羟甲基糠醛含量[J].中药材,2016,39(11):2509-2512.
Yang H L, Wu L D, Xie P, et al. Comparison of content of naringin and 5-HMF in Drynariae rhizoma before and after being prepared by UPLC [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2016, 39(11): 2509-2512.
- [14] 范兴,杨成梓,曾伟生,等.HPLC法测定烫骨碎补中柚皮苷的含量[J].海峡药学,2013,25(11):74-76.
Fan X, Yang C Z, Zeng W S, et al. Determination of naringin in Rhizoma Drynariae by HPLC [J]. Strait Pharmaceutical Journal, 2013, 25(11): 74-76.
- [15] 许云章,任烨,王静霞,等.不同生长年限、不同采收月份加拿大原产地西洋参根中9种人参皂苷和2种拟人参皂苷含量动态变化研究[J].中药材,2014,37(10):1743-1748.
Xu Y Z, Ren Y, Wang J X, et al. Research on dynamic accumulation of nine ginsenosides and two pseudo-ginsenosides of panax quinquefolium root of different growth years and harvest months in Canada [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 37(10): 1743-1748.
- [16] 阎秀峰,王洋,李一蒙.植物次生代谢及其与环境的关系[J].生态学报,2006,27(6):2554-2562.
Yan X F, Wang Y, Li Y M. Plant secondary metabolism and its response to environment [J]. Acta Ecologica Sinica. 2006, 27(6): 2554-2562.
- [17] 李朝阳,周羲,陈军,等.槲蕨的光合特性与环境因子的关系[J].中药材,2012,35(3):347-351.
Li C Y, Zhou X, Chen J, et al. Photosynthetic characteristics of *Drynaria fortunei* and its relation to environmental factors [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, 35(3): 347-351.