

· 中药资源 ·

半夏全球生态适宜性分析与品质生态学研究[△]王家禄¹, 王瑀², 牟兰³, 侯梦梦¹, 李西文^{1*}

1. 中国中医科学院 中药研究所, 北京 100700;

2. 中国医学科学院 北京协和医学院 药用植物研究所, 北京 100193;

3. 四川农业大学 农学院, 四川 成都 611130

[摘要] **目的:** 通过分析全球范围内半夏生态适宜产区, 对半夏合理生产布局开展科学规划。**方法:** 采用药用植物全球产地生态适宜性区划信息系统 (GMPGIS), 以半夏道地产区、野生分布区的标本采样点气候因子值和土壤类型为依据, 通过生态相似性原理, 分析得出半夏全球内最大生态相似度区域。**结果:** 半夏为广布种, 在全球范围内适宜生长的面积占全球陆地面积的 13.84%, 适宜生长地区主要包含北美洲中部、亚洲东部及欧洲中南部。生态适宜区的国家主要包括美国、中国、加拿大、巴西等; 中国适宜半夏生长的省份包括云南、四川、广西、陕西、湖南、湖北、河北、贵州等。研究结果基本包含了目前半夏栽培产区及道地产地。**结论:** 研究结果可为半夏全球范围种质资源保护、引种栽培及高品质半夏药材生产提供参考。

[关键词] 半夏; 药用植物全球产地生态适宜性区划信息系统; 生态适宜性; 生态因子

[中图分类号] R282 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-4890(2021)11-1864-05

doi: 10.13313/j.issn.1673-4890.20200923001

Analysis of Global Ecology of *Pinellia ternata* in Suitability and QualityWANG Jia-lu¹, WANG Yu², MOU Lan³, HOU Meng-meng¹, LI Xi-wen^{1*}

1. Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China;

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

3. College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China

[Abstract] **Objective:** This study analyzed the global suitable ecological habitats for *Pinellia ternata* (Thunb.) Breit and thereby set out scientific plans on the rational cultivation of the medicinal plant. **Methods:** With the Geographic Information System for Global Medicinal Plants (GMPGIS), areas with maximum ecological similarity worldwide were yielded based on the climate factors and soil types of *P. ternata* at sampling sites of both the geo-authentic producing area and wild areas. **Results:** A total of 13.84% global land is suitable for *P. ternata*, a cosmopolitan species, which mainly includes central North America, eastern Asia, and south-central Europe. It covers the US, China, Canada, Brazil, etc. In China, the suitable regions are Yunnan, Sichuan, Guangxi, Shaanxi, Hunan, Hubei, Hebei, and Guizhou. The yielded suitable areas cover the current cultivation areas and geo-authentic areas of the plant. **Conclusion:** The result of this study can serve as a reference for the protection of global germplasm resources of *P. ternata*, introduction of the species, and production of high-quality *Pinelliae* Rhizoma.

[Keywords] *Pinellia ternata* (Thunb.) Breit; GMPGIS; ecological suitability; ecological factor

半夏 *Pinellia ternata* (Thunb.) Breit 是天南星科半夏属多年生草本植物, 以干燥块茎入药, 载于《中华人民共和国药典》2020年版^[1]。半夏具有燥湿化痰、降逆止呕、消痞散结等功效^[2]。现代药理

[△] **[基金项目]** 国家“重大新药创制”科技重大专项 (2019ZX09201005); 中国中医科学院中药研究所自选课题项目 (ZXKT17021)

^{*} **[通信作者]** 李西文, 副研究员, 研究方向: 中药材分子鉴定和无公害栽培; E-mail: xwli@icmm.ac.cn

学研究表明,半夏具显著抑制胃液分泌、降低全血黏度、显著抑制红细胞的聚集、提高红细胞的变形能力、抗心律失常等作用^[3-5]。20世纪70年代末,野生半夏资源逐年减少,各地有计划、有组织地开展了人工驯化引种工作,其主要产地发生变迁,甘肃、贵州、云南、山西、山东和湖北等省栽培半夏较集中;20世纪90年代,中国半夏种植面积进一步扩大。

扩大半夏适宜生态区域、开展异地引种,对缓解半夏市场供需矛盾有积极意义。生态环境因子对半夏产量、质量影响较大^[6]。开展半夏全球生态适宜产区分析,是以半夏主产区分布数据、全球基础地理信息数据库、全球气候因子数据库和土壤数据库作为后台数据,以中国中医科学院中药研究所自主研发的药用植物全球产地生态适宜性区划信息系统(Geographic Information System for Global Medicinal Plants, GMPGIS)作为分析平台,在全球范围内对半夏生态适宜产区进行定量化、可视化分析。研究结果可科学指导半夏合理引种及布局区划,为高品质半夏的栽培种植提供科学依据^[7],有利于在全球范围内推动中药农业的可持续发展。

1 材料与方法

1.1 采样点数据

基于药材野生分布区、主产区和道地产区3个选点原则^[8],参考中国数字植物标本馆(<http://www.cvh.org.cn/>)、全球生物多样性信息平台(<http://www.gbif.org/>)、英国丘园植物名录(<http://apps.kew.org/>)、《中国植物志》^[9]及已有的文献报道^[10-15],在全球范围内对美国、中国、加拿大、巴西、阿根廷、俄罗斯、法国、西班牙、日本等国家半夏分布区选取了样点,用于半夏全球可适宜产区分析。

1.2 生态因子数据

本系统采用的气候数据主要来源于全球气候数据库(WorldClim)^[16]和全球生物气候学建模数据库(CliMond)^[17]。WorldClim数据库包括月最低温度、月最高温度、月均温度、月均降水等19个生物气候数据图层。CliMond数据库用于物种分布模型、物种濒危模型及全球气候变化等生态领域问题研究,数据包括月最低温度、月最高温度、月均降水等及35个生物气候数据图层。土壤数据来自全球土壤数

据库(Harmonized World Soil Database, HWSD),包括土壤类型(FAO90土壤分类系统)、质地、有效含水量、有机质、酸碱度等指标。其中,土壤类型包括低活性强酸土、高活性强酸土、黑钙土、钙积土等28种。

1.3 数据标准化

在进行相似性聚类分析前先将各种数据进行标准化处理,以消除不同量纲的影响。GMPGIS采用线性标准化方法进行数据标准化处理,将数据值归一化为0~100,如公式(1)所示。

$$y = \frac{x - \min}{\max - \min} \times 100 \quad (1)$$

式中, y 表示将 x 的一个原始值通过 $\min - \max$ 标准化映射成在区间 $[0, 100]$ 中的值, x 表示原始值, $\min$ 和 $\max$ 分别表示生态因子的最小值和最大值。

1.4 相似性聚类分析

聚类分析简称聚类,是把数据对象划分成子集的过程。每个子集是一个簇,使簇中的对象彼此相似,而与其他簇中的对象不相似,由聚类分析产生的集合称为簇类。GMPGIS采用的聚类分析是以每个空间栅格作为一个聚类对象, n 个生态因子数值作为该栅格的聚类条件,每个栅格都可以看成 n 维空间中的一个点。因此,根据栅格间距离大小将不同栅格进行空间最小距离聚类,第 i 个栅格对象与第 j 个栅格对象间距离按公式(2)计算。

$$d_{ij} = \left[\sum_{k=1}^p (x_{ki} - x_{kj})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

式中, d_{ij} 表示第 i 个栅格对象和第 j 个栅格对象之间的加权欧式距离, p 表示标准化后的采用点数据集, x_i 表示第 i 个栅格的向量, x_j 表示第 j 个栅格的向量。

1.5 栅格重分类

根据距离计算结果 $[\min_{dij}, \max_{dij}]$,对栅格进行重分类,找出最大生态相似度区域。

2 结果与分析

2.1 半夏产地生态适宜性分析

2.1.1 半夏全球生态因子分析 半夏为多年生草本,根系较短,喜暖温潮湿、耐荫蔽,忌烈日直射,不耐干旱、能耐寒,可露地越冬,宜栽培于土壤肥

沃、质地疏松、通透性好的砂质壤土中,可于林间种植,也可与农作物间作。根据所选取的半夏采样点经纬度提取该采样点在GMPGIS中的生态因子数据,分析各生态因子阈值。结果表明,半夏主要栽培区域年均温为 $-0.5\sim 22.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、最热季均温为 $8.8\sim 29.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、最冷季均温为 $-12.5\sim 18.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、年均降水量为 $141\sim 3201\text{ mm}$ 、年均相对湿度为 $49.8\%\sim 77.1\%$ 、年均日照为 $102.0\sim 170.1\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。半夏生长的土壤类型主要为强淋溶土、高活性强酸土、红砂土、黑钙土、铁铝土、薄层土、粗骨土等。结果表明,选用的半夏主要分布区域的生态因子数值范围与其生物学特性基本吻合,说明了选点的科学性和准确性。

2.1.2 半夏全球最大生态相似度区域比较 根据半夏主要生长区域生态因子阈值,利用GMPGIS得到半夏全球最大生态相似度区域分布区域。适宜半夏生长的地区主要包括北美洲的中部、亚洲东部、欧洲中南部,在大洋洲部分地区也有少量分布。全球范围半夏最大生态相似度区域国家及面积依次为美国($4\,171\,180\text{ km}^2$)、中国($3\,495\,650\text{ km}^2$)、加拿大($1\,295\,730\text{ km}^2$)、巴西($748\,490\text{ km}^2$)、阿根廷($700\,280\text{ km}^2$)、俄罗斯($510\,100\text{ km}^2$)、法国($507\,310\text{ km}^2$)、西班牙($491\,560\text{ km}^2$)等。其中,美国是最大生态相似度适宜产区,其次为中国。中国适宜半夏生长的省份包括云南、四川、广西等。这些地区的生态环境与半夏的生物学最适环境一致,在引种时优先建议在这些国家开展半夏的引种栽培,以缓解当前日益紧张的半夏供需矛盾。

2.1.3 中国半夏最大生态相似度区域比较 根据中国半夏最大生态相似度区域分布所示,适宜半夏生长的地区主要包括云南中部与东北部、四川东部、广西北部部分地区、陕西南部、湖南西部等。湖北、贵州、河南近全省均大部分地区为适宜引种半夏的地区。全国范围半夏最大生态相似度区域省份及面积依次为云南($333\,950\text{ km}^2$)、四川($282\,670\text{ km}^2$)、广西($202\,480\text{ km}^2$)、陕西($193\,550\text{ km}^2$)、湖南($191\,340\text{ km}^2$)、湖北($175\,010\text{ km}^2$)、贵州($156\,040\text{ km}^2$)、江西($102\,430\text{ km}^2$)、河南($102\,030\text{ km}^2$)。

2.2 半夏品质生态学研究

我国蕴藏丰富的半夏资源,天南星科半夏属植物作为唯一东亚分布型,在我国有10种3变种,

包括掌叶半夏*P. pedatisecta*、盾叶半夏*P. peltata*、三叶半夏*P. ternata*、滴水珠*P. cordata*、石蜘蛛*P. integrifolia*等^[18-19]。半夏在中国属于广布种,除内蒙古、新疆、青海等少数几个省份外,其余省份均有分布。云南、四川、湖北、安徽、贵州等地是我国历史悠久的半夏野生资源分布区。中药材的生长、产量及品质等都与其生存的地理环境息息相关,不同地区的生态环境对半夏药材的品质产生影响^[20-24]。吕丽莉等^[25]对不同产地半夏药材水提组分毒性物质基础含量和急性毒性进行比较研究发现,产地对半夏毒性物质含量与毒性有一定的影响。肖琦等^[26]在半夏总生物碱含量影响因素及药理作用研究进展中表明产地、采收期,海拔均对半夏含量有影响,不同栽培区域纬度跨度大,应顺应当地时令科学采收。曾建红等^[27-28]开展的田间实验显示,半夏于10月底至11月初采收为宜;王海玲等^[29]于贵州喀斯特温和气候区环境条件下开展研究,结果表明,半夏9月上旬左右采收产量最高。

半夏的生长发育易受高温影响,高温胁迫实验结果表明,其中超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)活性都逐渐下降,过氧化物酶(POD)活性经高温胁迫后呈现先上升后又迅速下降的趋势;半夏不同时间的高温胁迫影响半夏倒苗,总RNA及mRNA表达差异表明,半夏蛋白质基因在受到高温胁迫后4 h发生转录抑制,6 h后热损伤蛋白被修复产生耐热性,48 h后热激蛋白难以提供保护^[30-31]。水分和光照也在半夏的生长发育中发挥重要作用。土壤含水量为60%、75%时最利于半夏块茎的膨大及可溶性总糖和还原糖、琥珀酸等物质的积累。郑茹茹^[32]也在开展光照和水分对半夏生长影响的研究中发现,在半夏栽培过程中适度遮阴和给予合适水分有利于半夏生长。陈韵^[33]在研究光照和土壤水分对半夏生长和品质影响的研究中发现,栽培过程中分别用不同光强、光质、光周期处理会对半夏产生显著影响,半夏植株在同时遭受高温、高土壤湿度、高光强后会加速损伤。部分栽培半夏的地区适宜使用遮阴处理,可避免土壤湿度过高和阳光直射。遮阴处理可显著提高半夏叶绿素含量^[31],增强半夏叶片对光能的捕获和吸收能力。遮阴处理下生长的半夏叶片光补偿点、光饱和点降低,而表观量子效率升高,说明具有阴生叶的部分特性。半夏生长、抗性及品质等都与其存在的生态环境紧密相关,依照

其最适环境条件选择栽培地区和田间管理措施可以提高半夏品质。

3 讨论

药用植物广布种自身具有较强的生长发育功能,对外界环境的适应性较强。引种药用植物的基本原则是气候相似,即引种区与原产区的气候相似性。在此原则下选择引种区不仅能保证药材的正常生长,还能保障药材品质。光照、温度、水分作为构成气候条件的主要因子,是中药材产地适宜性评价的主要指标,环境中的土壤条件与中药材品质也是一个重要的生态因子^[34]。在夏季梅雨及高温干旱显著的地区,若盲目引种半夏这类喜湿怕涝的根茎类药用植物,雨后高温天气空气流动性差、土壤孔隙极小,根系呼吸困难,长期处于低地势的高温、高湿土壤环境易造成块茎受损、软烂,不仅健康鳞茎留存率低,还易引起大面积病害传播,危及其他健康植株,严重者造成大面积减产,损害种植户积极性和经济利益。

本研究采用GMPGIS分析了半夏全球生态适宜区域,得到半夏全球范围内的最大生态相似度适宜产区,在中国范围内,最适宜半夏的栽培区域主要集中在云南、四川、湖南、湖北等地区,与王化东等^[35]报道的半夏药材主要栽培区域和软件计算地区重合度高。

本研究结果显示,半夏在全球生态相似性较强的地区生境与国内半夏道地产区环境高度一致,高温、高湿或寒冷、干燥环境均不利于半夏的生长发育,在产量和品质为前提下的引种需有科学数据的支撑。半夏栽培基地的选取除考虑其生物学特征外,还需要对其种植产区的生产规模成本、耕作栽培技术、灌溉设备条件、交通运输方式等非环境因素进行综合评价。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:123.
- [2] 钟赣生. 中药学[M]. 9版. 北京:中国中医药出版社,2012:298-299.
- [3] 姚军强. 半夏的药理作用及其临床配伍运用[J]. 中医研究,2013,26(2):3-5.
- [4] LI Y, LI D J, CHEN J, et al. A polysaccharide from *Pinellia ternata* inhibits cell proliferation and metastasis in human cholangiocarcinoma cells by targeting of Cdc42 and 67 kDa laminin receptor (LR)[J]. Int J Biol Macromol, 2016,93:520-525.
- [5] 李丽,王慧娟,盖成万. 半夏的药理和临床研究进展[J]. 中医药信息,2006,23(5):38-40.
- [6] 潘正康,王海玲,张俊,等. 生态区和种源因素对半夏生长及质量的影响研究[J]. 时珍国医国药,2019,30(10):2486-2488.
- [7] 陈士林,索凤梅,韩建萍,等. 中国药材生态适宜性分析及生产区划[J]. 中草药,2007,38(4):481-487.
- [8] 陈士林,张本刚,杨智,等. 全国中药资源普查方案设计[J]. 中国中药杂志,2005,30(6):1229-1232,1289.
- [9] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志:第13卷第2册[M]. 北京:科学出版社,1978:203.
- [10] 潘平,李伟平,熊明星,等. 我国半夏产业现状及可持续发展策略[J]. 中国药房,2013,24(31):2881-2884.
- [11] 张廷红,魏莉霞,漆燕玲. 半夏组培种茎大田扩繁技术[J]. 北方园艺,2011(10):159-160.
- [12] 刘爱华. 半夏能否成为咸宁县较高海拔区域农民增收的一匹“黑马”[J]. 现代经济信息,2009(19):316.
- [13] 刘明勤,吴二牛,陈玉霞,等. 西和县高产半夏引种与品种比较试验[J]. 甘肃农业,2013(16):82-83.
- [14] 何九军. 西和半夏成分分析及产区产业发展[J]. 中国资源综合利用,2015,33(1):57-60.
- [15] 胡琴,陶诗顺. 半夏研究和开发最新进展及其思考[J]. 西南科技大学学报(自然科学版),2005,20(1):63-68.
- [16] HIJMANS R J, CAMERON S E, PARRA J L, et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas [J]. Int J Climatol, 2005, 25 (15) : 1965-1978.
- [17] KRITICOS D J, WEBBER B L, LERICHE A, et al. CliMond: Global-high resolution historical and future scenario climate surfaces for bioclimatic modelling [J]. Methods Ecol Evol, 2012, 3(1): 53-64.
- [18] 黄必胜. 半夏[M]. 北京:化学工业出版社,2010.
- [19] 陈黎明,何志贵,韩蕊莲. 半夏种质资源研究进展[J]. 黑龙江农业科学,2020(2):131-135.
- [20] 黄和平,王辉,高广印. 半夏栽培技术和组培育苗研究进展[J]. 安徽农业科学,2017,45(2):146-147,160.
- [21] 阮培均,梅艳,王孝华,等. 道地特色中药材半夏的规范化种植技术示范[J]. 贵州农业科学,2010,38(5):49-53,56.
- [22] 曾小群,彭正松. 野生半夏人工栽培条件下的生长与繁殖[J]. 中国中药杂志,2008,33(8):878-883.
- [23] 郭启贵,金清民,陈立强. 秦巴山区野生半夏生长与分布状况调查分析[J]. 陕西农业科学,2010,56(1):3-4.
- [24] 贾君君,李婷,李敏,等. 影响半夏产量因素分析[J].

- 世界科学技术—中医药现代化, 2009, 11(4): 562-565.
- [25] 吕丽莉, 黄伟, 黄幼异, 等. 产地对半夏相关毒性物质基础和急性毒性影响的实验研究[J]. 中国药物警戒, 2010, 7(11): 649-652.
- [26] 肖琦, 阳文武, 张德伟, 等. 半夏总生物碱含量影响因素及药理作用研究进展[J]. 中国药业, 2016, 25(3): 123-126.
- [27] 曾建红, 彭正松. 不同采收期半夏生物碱含量的变化规律[J]. 中南林学院学报, 2004, 24(4): 109-112.
- [28] 曾建红, 彭正松. 半夏不同采收期总生物碱含量的动态变化研究[J]. 湖北林业科技, 2004, 33(1): 1-5.
- [29] 王海玲, 梅艳, 王孝华, 等. 喀斯特温凉气候区半夏不同采收期研究[J]. 时珍国医国药, 2011, 22(7): 1734-1735.
- [30] 薛建平, 丁勇, 张爱民, 等. 高温胁迫下半夏倒苗前后保护酶活力的变化[J]. 中国中药杂志, 2004, 29(7): 641-643.
- [31] 薛建平, 王兴, 张爱民, 等. 高温胁迫下半夏倒苗前后光合参数及叶绿素荧光特性的变化[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(17): 2233-2235.
- [32] 郑茹茹. 光照和水分对半夏生长及药材质量的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- [33] 陈韵. 光照和土壤水分对半夏生长和品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2013.
- [34] 孙成忠, 赵润怀, 陈士林, 等. 基于聚类的空间数据挖掘技术在中药资源分析中的应用[J]. 测绘通报, 2008(9): 46-49.
- [35] 王化东, 吴发明. 我国半夏资源调查研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(1): 150-151, 200.

(收稿日期: 2020-09-23 编辑: 戴玮)