

· 资源与鉴定 ·

中药重楼全球产地生态适宜性分析

程睿昉^{1,2}, 吴明丽^{2,3}, 沈亮², 张晓燕², 张丽艳^{1*}

(1. 贵阳中医学院, 贵阳 550025; 2. 中国中医科学院 中药研究所, 北京 100700;
3. 湖北中医药大学, 武汉 430065)

[摘要] 在野外调查和数据收集的基础上,结合药用植物全球产地生态适宜性分析系统(geographic information system for global medicinal plants, GMPGIS),对中药重楼全球产地生态适宜性区域进行分析和评价。以重楼药材基原物种云南重楼 *Paris polyphylla* var. *yunnanensis* 和七叶一枝花 *P. polyphylla* var. *chinensis* 道地产区、主产区与野生分布区的采样点为依据,选取最冷季平均气温、最热季平均气温、年平均气温、年均降水量、年均相对湿度、年均日照强度和土壤类型7个生态指标作为主要参考因子,经过生态相似性比对分析得出云南重楼与七叶一枝花在全球范围内的生态适宜性产区和潜在种植区。结果表明云南重楼和七叶一枝花的最大生态相似度区域相似,在全球范围内主要分布在中国、巴西、美国、赞比亚、刚果、缅甸、坦桑尼亚、墨西哥、安哥拉及玻利维亚等19个国家。其中,中国的最大生态适宜性产区主要包括云南、四川、广西、湖南、湖北、广东、贵州、江西、福建和安徽等16个省区。该研究表明 GMPGIS 可以较好地应用于中药材引种及生产区划,研究结果可为重楼药材的资源保护和可持续利用提供参考依据。

[关键词] 滇重楼; 华重楼; 产地适宜性; 生态因子; 药用植物全球产地生态适宜性分析系统

[中图分类号] R282; R931; Q948.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2017)14-0019-06

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2017140019

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20170427.1017.008.html>

[网络出版时间] 2017-04-27 10:17

Global Ecological Suitability of *Paridis Rhizoma* Based on GMPGIS

CHENG Rui-yang^{1,2}, WU Ming-li^{2,3}, SHEN Liang²,

ZHANG Xiao-yan², ZHANG Li-yan^{1*}

(1. Guiyang University of Chinese Medicine, Guiyang 550025, China;

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

3. Hubei University of Chinese Medicine, Wuhan 430065, China)

[Abstract] For assessing the global production and ecological adaptation of *Paridis Rhizoma* and providing the scientific basis for its production, geographic information system for global medicinal plants (GMPGIS) was used to predict the ecological suitability areas of *Paris polyphylla* var. *yunnanensis* and *P. polyphylla* var. *chinensis*. Seven conditions, including annual mean temperature, annual precipitation, annual mean radiation, annual mean relative humidity and soil type of *P. polyphylla* var. *yunnanensis* and *P. polyphylla* var. *chinensis* were selected. The candidates regions covered both traditional and current major producing regions. The result showed that the suitable area for *P. polyphylla* var. *yunnanensis* and *P. polyphylla* var. *chinensis* growth mainly involved 19 countries, such as China, Brazil, the United States and so on. The ecological suitability regions of *P. polyphylla* var. *yunnanensis* and *P. polyphylla* var. *chinensis* in China mainly distributed in Yunnan, Sichuan,

[收稿日期] 20170331(010)

[基金项目] 国家自然科学基金项目(81260640)

[第一作者] 程睿昉,在读硕士,从事中药材研究, Tel:18612545661, E-mail:18612545661@163.com

[通讯作者] *张丽艳, 硕士, 教授, 从事中药质量控制及新药开发研究, Tel:13984870641, E-mail:zly1964@163.com

Guangxi and other 13 provinces. The result demonstrated that GMPGIS was a scientific and valuable tool for the ecological suitability analysis of medicinal plants. This analysis also provides a scientific basis for cultivation and protection of *Paris Rhizoma*.

[Key words] *Paris polyphylla* var. *yunnanensis*; *P. polyphylla* var. *chinensis*; origin suitability; ecological factors; geographic information system for global medicinal plants

重楼为百合科植物云南重楼 *Paris polyphylla* var. *yunnanensis* 或七叶一枝花 *P. polyphylla* var. *chinensis* 的干燥根茎, 收载入 2015 年版《中国药典》(一部)^[1]。《中国植物志》收录云南重楼为滇重楼, 收录七叶一枝花为华重楼。重楼性微寒, 味苦, 具有清热解毒、消肿止痛、凉肝定惊功能, 用于治疗疔疮痈肿、蛇虫咬伤、咽喉肿痛、跌扑伤痛、惊风抽搐。重楼具有重要的药用价值, 在中成药和临床配方中应用广泛, 是云南白药系列产品(季德胜蛇药膏、宫血宁胶囊等中成药)中的重要原料。早在《神农本草经》中就已有关于重楼药材的记载, 名为蚤休。《滇南本草》始以“重楼”作为其正式药名^[2]。重楼是常用中药, 其商品主要来源云南重楼。目前对于重楼药材的研究多集中在云南重楼, 而关于七叶一枝花的研究相对较少。

重楼资源更新较为缓慢, 年生长量小, 从种子萌发到开花一般需要 5 ~ 6 年时间, 而且连作障碍性强。重楼基原物种主产区乱采滥挖现象非常严重, 导致野生种质资源遭到了严重破坏。根据调查, 重楼药材的年需求量 > 1 000 吨, 仅云南白药每年采购就达到了 800 吨, 使得现在已有的资源难以满足市场需求, 这也致使重楼价格逐年攀升^[3-4]。如何选择适宜地区, 扩大重楼药材基原物种的种植面积, 增加该药材资源的供给, 以缓解重楼药材资源压力, 这是目前亟需解决的关键问题^[5-12]。

药用植物全球产地生态适宜性区划信息系统(global geographic information system for medicinal plant, GMPGIS)是中国中医科学院中药研究所 2015 年自行研发的第 1 个全球药用植物产地适宜性分析系统, 该系统在中药材区划及引种栽培领域发挥重要作用。本研究以重楼的 2 个基原物种滇重楼及华重楼主产区采样点的气候因子和土壤类型数据作为分析基础, 以 GMPGIS 系统作为分析平台, 通过欧式聚类算法在全球范围内对重楼的生态适宜性产区进行分析, 为该药材种植基地的合理规划和布局提供科学依据。

1 GMPGIS 系统

GMPGIS 是以地理信息系统(GIS)为平台, 将多

个学科的理论和方法有机结合, 该系统采用全球生态和土壤数据库, 并对生态因子进行了优化筛选, 着重体现药用植物生长特点。该系统能为药用植物的引种栽培、保护抚育及规范化种植提供科学依据, 在潜在生态产地适宜区域预测中, 起到了重要推进作用。该系统的分析流程为样点数据及环境因子数据准备, 为消除不同单位量纲带来的差异, 对数据进行标准化, 开展各数据间的相似性聚类分析, 进行栅格重分类, 适宜产区空间分析, 成功输出, 最终完成不同生态相似度等级划分, 从而确定药材适宜区域。本研究采用的最大相似度区域标准 99.9% ~ 100%。

GMPGIS 系统主要包含气候因子数据库和土壤因子两大数据库。气候因子数据来源于 WorldClim 全球气候数据库和 CliMond 全球气候因子数据库; 土壤数据库来源于全球土壤数据库(harmonized world soil database, HWSD), 该数据主要包含土壤类型、土壤物理结构、土壤质地、钙镁离子含量等指标。除此之外, GMPGIS 还整合了基础地理信息数据库和中药材分布空间数据库等信息。

2 材料与方法

2.1 分布点数据 通过实地调研, 结合中国数字植物标本馆(<http://www.cvh.org.cn>), 《中国植物志》和《云南植物志》等国内外相关报道, 共选取了云南重楼 377 个样点, 其中采样点主要来自尼泊尔内帕, 不丹蒙加尔、锡金甘托克, 越南沙巴, 泰国穆达汉, 缅甸密支那, 老挝万荣等地; 中国云南省玉龙县、屏边县、大理市、禄劝县、腾冲县等, 四川省木里县、康定县, 贵州省威宁县、纳雍县, 湖南省石门县, 广西贺州市、资源县, 重庆市巫溪县等地。华重楼七叶一枝花共选取了 254 份样点, 其中主要来自尼泊尔巴内帕, 越南沙巴等地; 中国江西省全南县、安远县、萍乡市、靖安县等, 云南省德钦县、贡山县、泸水县等, 贵州省罗甸县、平塘县、贵阳市、凯里市、江口县等, 四川省木里县、米易县、汉源县、天全县、茂县等, 广西省龙州县、上思县、马山县、桂林市等, 广东省封开县、怀集县、德庆县等, 湖北省利川县、咸丰县、恩施县等, 安徽越西县、霍山县等。

2.2 生态因子数据 挑选年平均温(BIO1), 最热

季平均温 (BIO10), 最冷季平均温 (BIO11), 年均降水量 (BIO12), 年均辐射度 (BIO20), 由月均上午 9 时的相对湿度和月均下午 3 时的相对湿度计算得到土壤类型、年均相对湿度等 7 个生态因子。

2.3 数据标准化 在施行相似性聚类分析之前必须把各种数据进行标准化处理,用以消除不同量纲的影响。数据的标准化方法较多,常用 Z-score 标准化, min-max 标准化和按小数定标标准化等。GMPGIS 系统采用的是线性标准化方法进行数据标准化处理,将数据值归一化到 0~100,计算公式为 $y = (x - \min) / (\max - \min) \times 100$ 。

2.4 相似性聚类分析 聚类分析是将数据对象划分成子集的过程。每 1 个子集是 1 个簇,将簇中的对象彼此相似,而又与其他簇中对象不相似,这种由聚类分析产生出的集合称之为簇类。GMPGIS 系统中所采用的聚类分析是将每个空间栅格作为 1 个聚类对象, n 个生态因子的数值作为该栅格聚类的条件,使每个栅格都可以变成 n 维空间中 1 个点。因此,根据栅格间的距离大小将不同的栅格进行空间最小距离聚类,计算第 i 个栅格对象与第 j 个栅格对象间距离 (d_{ij})。

$$d_{ij} = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2 + \dots + (x_{ip} - x_{jp})^2} = \left[\sum_{k=1}^p (x_{ki} - x_{kj})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

2.5 栅格重分类 根据距离计算出结果 (d_{ij} 最小值, d_{ij} 最大值), 对于栅格进行重分类, 找出云南重楼和七叶一枝花最大生态相似度区域。

3 结果与分析

3.1 重楼药材主要分布区气候特征分析

3.1.1 滇重楼全球生态因子分析 滇重楼为多年生阴生草本,对海拔、温度、日照、土壤等生态条件

要求较高。喜斜射或散光,忌强光直射。喜湿度高、雨量适当、气候凉爽的环境。在土层深厚、质地疏松、透气性好、有机质含量高、保肥力强、排水良好的壤土或砂质壤土中生长良好。低洼积水的土壤、碱土或黏土容易烂根或生长不良,不宜种植。根据 GMPGIS 分析得到华重楼主要生长区域生态因子范围为最冷季平均气温 $-1.6 \sim 18.2 \text{ }^\circ\text{C}$, 最热季平均气温处于 $13.0 \sim 26.5 \text{ }^\circ\text{C}$, 年平均气温 $6.1 \sim 23.0 \text{ }^\circ\text{C}$, 年平均相对湿度 $49.5\% \sim 76.8\%$, 年平均日照强度 $119.6 \sim 155.9 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 年平均降水量 $733 \sim 1\,717 \text{ mm}$, 主要土壤类型为强淋溶土、高活性强酸土、人为土、始成土、铁铝土、淋溶土。结果表明选用的滇重楼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。

3.1.2 华重楼全球生态因子分析 根据 GMPGIS 分析得到华重楼主要生长区域生态因子范围为最冷季平均气温 $-27.6 \sim 24.6 \text{ }^\circ\text{C}$, 最热季平均气温 $7.9 \sim 30.4 \text{ }^\circ\text{C}$, 年平均气温 $-5.4 \sim 26.9 \text{ }^\circ\text{C}$, 年平均相对湿度 $50.77\% \sim 76.93\%$, 年平均日照强度 $100.70 \sim 184.26 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 年平均降水量 $529 \sim 3\,052 \text{ mm}$; 土壤类型以强淋溶土、高活性强酸土、人为土、始成土、铁铝土、淋溶土等为主。说明除年降水量外,华重楼主要分布区的生态因子数值范围与滇重楼基本类似。

3.2 中药重楼生态适宜产区分析 根据上述获得的生态因子数值范围,采用欧式距离法分析后得到滇重楼和华重楼的适宜产地分布图。

3.2.1 滇重楼在全球的最大生态相似度区域分析 由图 1 可知,滇重楼在全球的最大生态相似度区域主要分布在中国、美国、巴西、印度等国,非洲地区

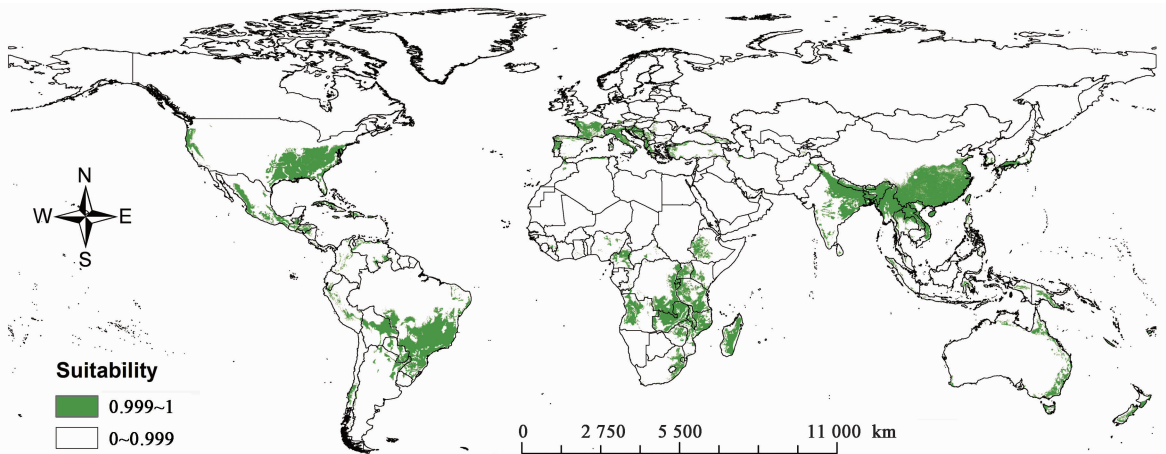


图 1 滇重楼全球最大生态相似度区域分布 [审图号 GS(2016)1776 号]

Fig. 1 Global largest ecological suitability areas for *Paris polyphylla* var. *yunnanensis*

如赞比亚、刚果、坦桑尼亚等国也有部分地区适宜滇重楼的生长。因此,建议在以上国家挑选适宜性区域加大滇重楼的引种栽培,以缓解当前日益紧张的重楼需求。

3.2.2 滇重楼在中国的最大生态相似度区域分析

滇重楼主要生产区(或道地产区)为云南、四川、贵州等省,最大生态相似度区域有云南、四川、贵州、山西、湖北等省,其中面积最大的区域包括云南省和

四川省,面积分别为 355 397.2,231 661.8 km²。云南包括澜沧、广南、景谷、香格里拉、景洪、禄丰、牟定、姚安等县(市),四川包括盐源、木里、平武、会理、通江、东坡、容县、沐川等县(市)。根据分析结果,结合滇重楼生物学特性,并考虑自然条件、社会经济条件、药材主产地栽培和采收加工技术,建议选择引种栽培研究区域主要以云南、四川、贵州一带为宜,见图 2。

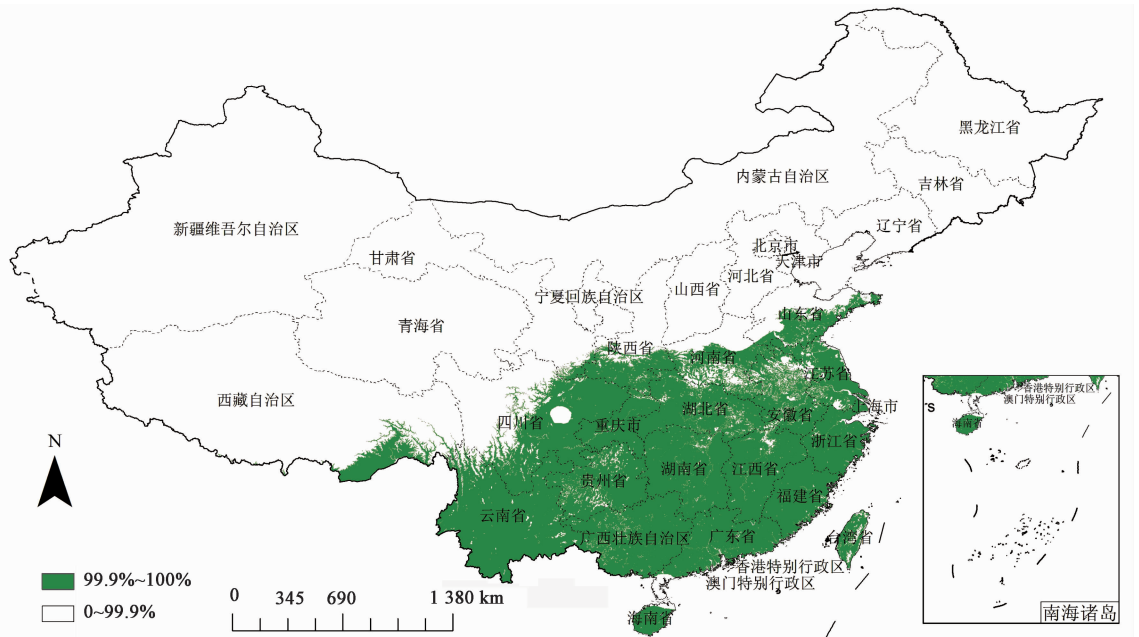


图 2 滇重楼全国最大生态相似度区域分布[审图号 GS(2016)1776 号]

Fig. 2 Ecological suitability areas in China for *Paris polyphylla* var. *yunnanensis*

四川省凉山州与滇西北高原、中南部和东北部邻接地区沿金沙江、雅砻江、澜沧江一线,地形以山地和高原为主,湿度和森林覆盖率高、光照充足、热量丰富,土壤类型主要为红壤、暗棕壤等,这与滇重楼喜高湿度和忌强光照、喜沃肥、酸性土壤等生理特性相符。有研究对川滇地区重楼属药用植物资源质量初评发现,重楼药材皂苷类成分含量呈现明显地域依赖性,优质的滇重楼药材集中分布于金沙江、雅砻江一线,而远离该地区,品质明显下降^[13-18]。滇重楼在生物学上具有独特性,在生产区划时,应充分考虑光照、湿度和土壤等因素对其生长和质量方面影响,从而更好地为其产地区域划分提供科学依据。

3.2.3 华重楼在全球的最大生态相似度区域分析

由图 3 可知,华重楼在全球的最大生态相似度区域与滇重楼相似,进一步说明华重楼和滇重楼生长所需的气候条件也十分相似。华重楼和滇重楼功效相似,并同时被 2015 年版《中国药典》收录为重楼药材基原,与此不无关系。从侧面印证了生态环境

对药材品质的影响。华重楼生态相似度最大的区域主要分布在中国、美国、巴西、印度等国,以及非洲地区如赞比亚、刚果、坦桑尼亚等国部分地区。因此,建议在以上国家挑选适宜性区域加大华重楼的引种栽培,以缓解当前日益紧张的重楼需求。

3.2.4 华重楼在中国的最大生态相似度区域分析

华重楼最大生态相似度区域主要分布在云南、四川、贵州、山西、湖北等省,其中与滇重楼相比,华重楼在我国吉林、黑龙江、辽宁等地也有部分适宜性区域分布。根据分析结果,结合华重楼生物学特性,并考虑自然条件、社会经济条件、药材主产地栽培和采收加工技术,建议选择引种栽培研究区域主要以云南、四川、贵州一带为宜,见图 4。

4 讨论

中药材的生长、产量及品质等都与其生存的地理环境条件息息相关。不同地区的不同生态环境会对重楼药材的品质产生影响^[19-22]。陈翠等^[6]开展了不同海拔、土壤类型及肥力对滇重楼产量和质量

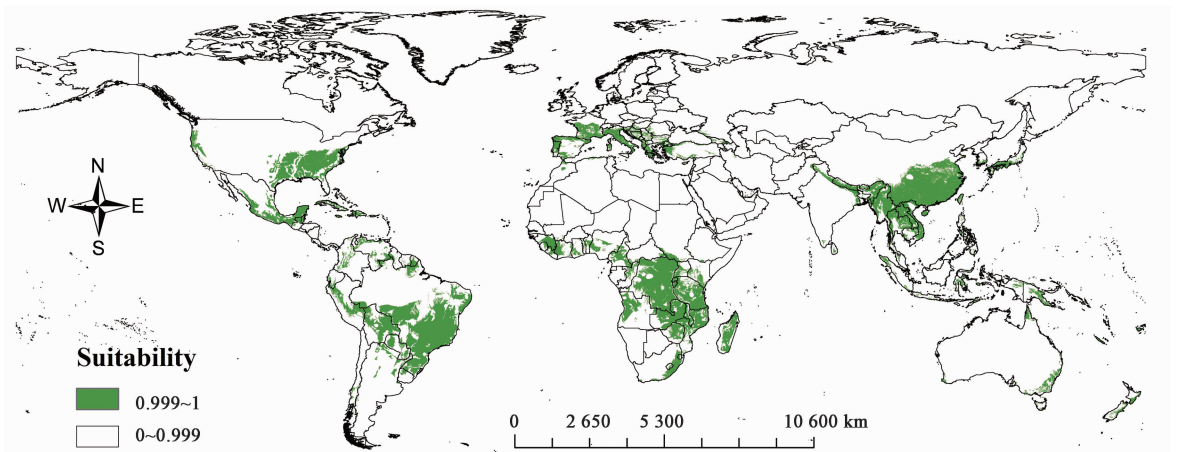


图 3 华重楼全球最大生态相似度区域分布 [审图号 GS(2016)1776 号]

Fig. 3 Global largest ecological suitability areas for *Paris polyphylla* var. *chinensis*

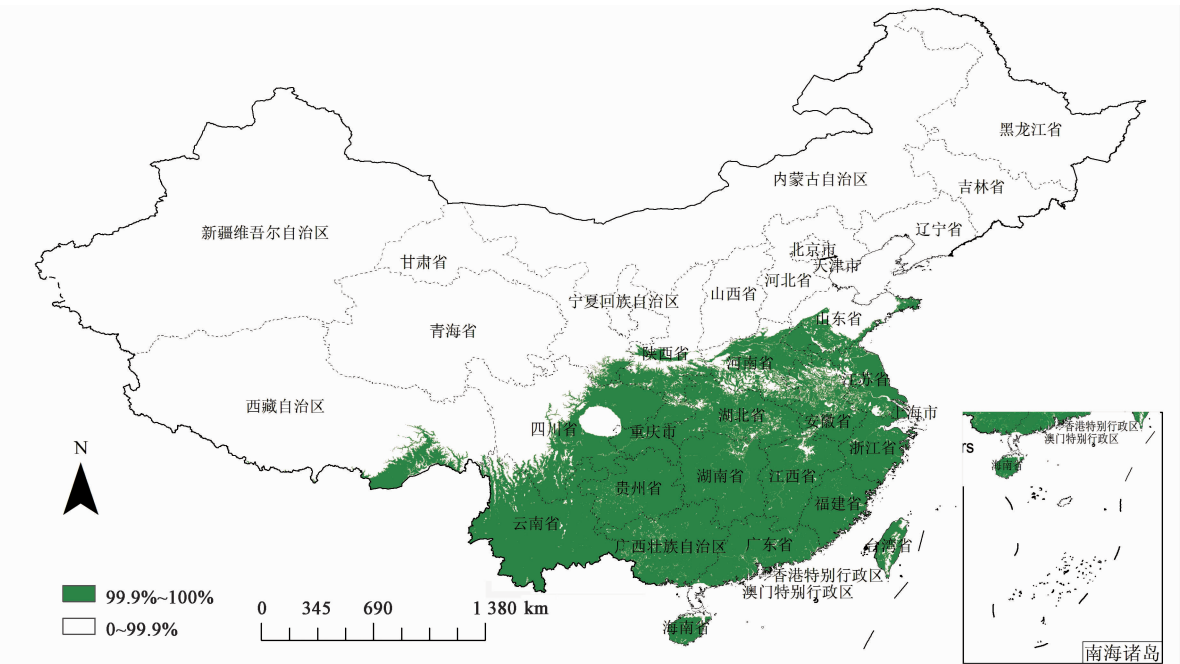


图 4 华重楼全国最大生态相似度区域分布 [审图号 GS(2016)1776 号]

Fig. 4 Ecological suitability areas in China for *Paris polyphylla* var. *chinensis*

的影响研究,结果表明在 1.7 ~ 3.1 km 海拔范围内,滇重楼的产量与海拔高度无相关关系,但与土壤的类型、肥力和耕作水平有一定相关性。侯秀丽等^[7]在对滇重楼光合速率日变化及其对生态因子的影响研究中发现,光合有效辐射和空气温度是直接影响滇重楼净光合速率日变化的主要环境因子;气孔导度、蒸腾速率是影响净光合速率的主要生理因子,相关系数呈正向相关关系。杨永红等^[23]对土壤营养与人工栽培滇重楼品质进行了相关性评价,结果表明在一定范围内,滇重楼根茎的偏诺类皂苷 VII 含量与土壤有机质含量和 pH 呈线性正相关;偏诺类皂苷 H 含量与有机质、速效磷含量和 pH 呈线性正相

关;薯蓣类皂苷 I 含量与土壤速效磷含量呈线性负相关,与土壤速效钾含量呈线性正相关;薯蓣类皂苷 II 含量与土壤有机质和速效钾含量呈线性正相关。重楼药材的品质直接影响着药效及其商品价值,对重楼药材的产业化发展影响较大^[8]。目前对重楼药材品质生态学方面的研究还较少,因此,急需加大对重楼药材 2 个基原物种的品质生态学研究,为生产高品质的重楼药材提供一定的理论基础^[9-10]。

生态环境相似是中药材引种的基本原则。传统的区域划分或产地适宜性分析主要依靠人为经验,通过较长时期的实地引种试验研究,综合考察引种药材的生长状况、病虫害发生情况、产量情况、药材

外观品质和内在含量等^[11]。但这种方法一般需要观察几个生长周期,耗费大量的人力和物力。正如重楼引种一样,全国各地都纷纷开展重楼药材的引种栽培研究,经过几十年的不断研究才最终形成了现在的几大主产区,耗时长且可靠性差^[12-14]。更重要的是,对于重楼这种连作特性明显的植物,传统研究方法就显得更为薄弱。

药用植物野生分布区是保证中药材质量和生长的最适宜区域,道地性是中药材品质的有力保障。本文选取重楼药材基原物种的道地产区、野生分布区和主产区的分布点数据为分析对象,运用GMPGIS系统,以各分布点的温度、湿度、光照、土壤等生态因子数值作为预测条件,利用相似性原理,对重楼药材种植基地进行预测和区域划分^[15]。通过本系统分析能更加快捷、准确地得出全球范围内重楼药材的主要生态适宜区,并计算出了适宜区面积,表明美国、巴西、印度等国的绝大部分区域与原产地气候条件相似性较大,从规模经济角度分析,适合发展重楼生产。在国内,考虑到各地区的自然条件、社会经济条件、药材主产地栽培和采收加工技术^[16],建议选择引种栽培研究区域主要以云南、四川、贵州一带为宜。其结果与文献记载和实际的重楼药材分布区有很好的重叠性。这不仅有利于重楼药材资源的有效保护和可持续利用,还对中医药产业的健康发展及生态文明建设有一定的推动作用。由于本研究仅采用了1种聚类算法,气候、土壤因子也只是平均赋予权重,今后还将深入开展对算法和各影响因子的研究,进一步提高其预测可靠性。

[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,2015:260.

[2] 陈士林,肖培根. 中药资源可持续利用导论[J]. 北京:中国医药科技出版社,2006:103.

[3] 沈亮,吴杰,李西文,等. 人参全球产地生态适宜性分析及农田栽培选地规范[J]. 中国中药杂志,2016,41(18):3314-3322.

[4] 陈士林,肖小河,陈善壖. 中国药用植物的数值区划[J]. 资源开发与市场,1994,10(1):8-10.

[5] 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.

[6] 陈翠,袁理春,杨丽英,等. 不同海拔,土壤类型及肥力对云南重楼产量和质量的影响研究[J]. 西南农业学报,2009,22(5):1388-1391.

[7] 侯秀丽,赵峥,王斌,等. 滇重楼光合速率日变化及其对生态因子的响应[J]. 江苏农业科学,2015,43(7):265-267.

[8] 尹鸿翔,张浩,薛丹,等. 川滇地区重楼属药用植物资源质量初评[J]. 中国中药杂志,2007,32(13):1344-1346.

[9] 苏文华,张光飞. 滇重楼光合作用与环境因子的关系[J]. 云南大学学报:自然科学版,2003,25(6):545-548.

[10] 尹鸿翔,张浩. 濒危民族药重楼种质资源调查及质量评价研究[J]. 时珍国医国药,2009,20(11):2863-2865.

[11] 谷海燕,谢孔平,李小杰,等. 峨眉山重楼属植物的资源调查研究[J]. 资源开发与市场,2013,29(11):1170-1172.

[12] 陆辉,许继宏,陈锐平,等. 云南重楼属植物资源现状与保护对策[J]. 云南大学学报:自然科学版,2006,28(S1):317-320.

[13] 沈昱翔,汪杨丽,尹鸿翔,等. 贵州产滇重楼的资源调查及品质评价[J]. 华西药学杂志,2015,30(6):685-687.

[14] 冯丽丽,张琳,李海峰,等. 滇重楼品质评价及其甾体皂苷类成分积累规律分析[J]. 中国实验方剂学杂志,2015,21(13):41-45.

[15] 张静,丁博,肖国生,等. 三峡库区栽培重楼药材和土壤中营养元素的相关性分析[J]. 中国实验方剂学杂志,2016,22(4):32-38.

[16] Zhuravlev Y N, Koren O G, Reunova G D, et al. Ginseng conservation program in Russian primorye: genetic structure of wild and cultivated populations [J]. J Ginseng Res, 2004, 28(1):60-66.

[17] Zhuravlev Y N, Reunova G D, Kats I L, et al. Genetic variability and population structure of endangered *Panax ginseng* in the Russian Primorye [J]. Chin Med, 2010, 5(1):21-29.

[18] Elith J, Graham C H, Anderson R P, et al. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data [J]. Ecography, 2006, 29(2):129-151.

[19] Phillips S J, Anderson R P, Schapire R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions [J]. Ecol Model, 2006, 190(3/4):231-259.

[20] 张琴,曾凡琳,张东方,等. 基于最大熵模型的三七生态适宜区及生态特征[J]. 药学报,2016,51(10):1629-1637.

[21] 孟祥霄,黄林芳,董林林,等. 三七全球产地生态适宜性及品质生态学研究[J]. 药学报,2016,51(9):1483-1493.

[22] 杨永红,陆峻波,王明辉,等. 从文献分析看我国重楼研究进展[J]. 中药材,2008,31(1):165-167.

[责任编辑 刘德文]