

# 基于 GMPGIS 的杜仲全球产地生态适宜性分析\*

邓阳川<sup>1</sup>, 向丽<sup>2</sup>, 汤欢<sup>3</sup>, 杨俐<sup>1</sup>, 李洪运<sup>1</sup>, 丁丹丹<sup>2</sup>, 叶萌<sup>1\*\*</sup>

(1. 四川农业大学林学院 成都 611130; 2. 中国中医科学院中药研究所 北京 100700;

3. 中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所 儋州 571737)

**摘要:**目的:借助 GMPGIS 系统平台对杜仲的全球生态适宜性进行分析,以期对杜仲的全球引种提供科学的数据支持。方法:借助公开发表的文献、数据库网站等资源,选取杜仲道地产区、野生分布区和主产区等一共 337 个样点,确定经纬度信息。以最冷季均温、最热季均温、年均温、年均相对湿度、年均降水量、年均日照和土壤,共 7 个生态因子类型作为生态指标,运用药用植物全球产地生态适宜性区划信息系统(GMPGIS)系统进行分析。结果:从全球范围来看,杜仲生态相似度区域广泛分布全球主要大洲。其中,东亚、欧洲大部、北美洲拥有的杜仲生态相似度区域的面积最大。以国家面积来看,亚洲的中国和北美洲的美国所拥有的面积最大。从中国国内来看,华东、东南沿海、华中、华南、西南地区及西藏藏南地区和台湾极少数地区都具有杜仲生态相似度区域。面积前三位的省份是云南省、四川省、湖南省。结论:最适合杜仲栽培的区域应符合以下条件:年均温度 12℃-18℃,年均相对湿度 60%-80%,年均降水量 1000-1500 mm,年均日照强度 130-160 W·m<sup>-2</sup>,最适土壤为淋溶性土壤。拥有杜仲生态相似度区域面积前三的国家分别是中国、美国以及阿根廷。运用 GMPGIS 系统能够获取杜仲最大生态相似度区域信息,并为今后杜仲合理引种提供可靠的数据支撑。

**关键词:**杜仲 生态因子 产地适宜 全球 GMPGIS

doi:10.11842/wst.2019.04.031 中图分类号:R-33 文献标识码:A

## 1 前言

杜仲,主要指杜仲科植物杜仲(*Eucommia ulmoides*)或者其树皮,为第三纪冰川孑遗树种<sup>[1,2]</sup>。杜仲的树皮、叶片、种子、木材都有很高的经济和药用价值<sup>[3-5]</sup>。在 2015 年版《中华人民共和国药典》中有收载:性温、味甘,具补肝肾、强筋骨、安胎等功效。杜仲虽已在国内广泛栽培甚至引种国外,但对杜仲全球生态适宜区的研究还未见报道。因此,为避免造成对杜仲的盲目引种,确保准确、高效引种。那么,有必要对引种区域进行前期的生态因子量化分析。

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),由中国中医科学院中药研究所开发,是全球第一个研究药用植物产地适应性的系统。该系统基于地理信息系统(Geographic Information System, GIS),依靠 WorldClim、CliMond、HWSD 等数据库,将 GIS 的空间聚类分析应用于中药材量化分析中,能科学、精确、快速地分析出与中药材主产区生态环境(气候、土壤等)最为相近的区域,传统的中药材区划仅限于国内,而 GMPGIS 为全球药用植物引种栽培提供重要数据支持。为扩大海外种植区域,以及药用植物产业的合理布局提供科学的决策分析方法。截至目前,

收稿日期:2018-10-15

修回日期:2018-11-28

\* 国家科技部港澳台科技合作专项(2015DFM30030):中药国际贸易中安全性关键环节研究,负责人:陈士林。

\*\* 通讯作者:叶萌,教授,博士生导师,主要研究方向:野生植物资源开发、经济林教学科研以及农业项目的开发和推广。

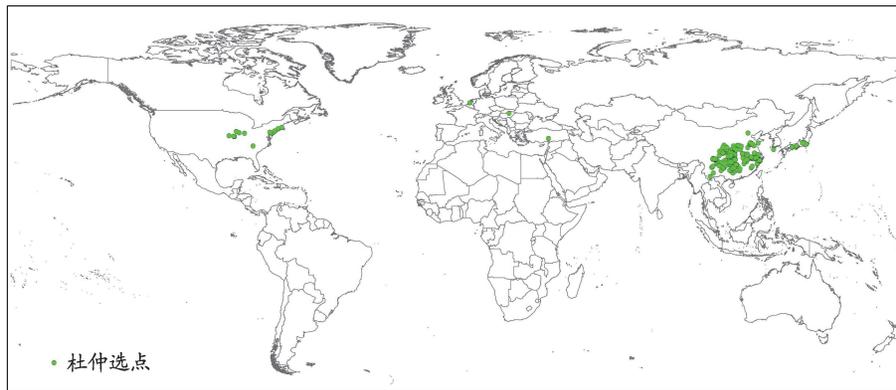


图1 杜仲全球样点采集分布图

有报道显示,人参<sup>[6]</sup>、北细辛<sup>[7]</sup>、檀香<sup>[8]</sup>、地乌<sup>[9]</sup>、肉豆蔻<sup>[10]</sup>等,已借助GMPGIS系统分析了全球产地适应性。

本研究采用GMPGIS系统对杜仲在全球的产地生态适应性进行分析,可为杜仲在全球的引种栽培提供科学指导。

## 2 GMPGIS系统

### 2.1 GMPGIS系统原理

按照引种生态相似性原则,首先,提取与中药材道地产区、主产区中与环境相关的7大生态因子:最热季均温、最冷季均温、年均温度、湿度、降水、土壤、日照强度。其次,分别量化成栅格数据结构。然后,将生态因子数据转换成每平方公里的单元网格,每一个网格相当于一个数据对象,其属性值存放于相应网格属性表中。最后,对网格数据进行空间聚类分析,根据相似程度不同划分等级,以此划定药用植物的生态适宜区域。

### 2.2 GMPGIS数据标准化处理

数据标准化进行相似性聚类分析的前提,主要用于消除不同生态因子量纲不同对计算的影响,本系统采用线性标准化的方式对数据进行处理,利用公式

$$x' = \frac{x - \min}{\max - \min} \times 100$$

将各生态因子数据集标准化为0-100的数据区间,用于进行相似性聚类分析。

相似性聚类分析用于对每个栅格的欧氏距离进行计算分类,GMPGIS分析系统中的相似性聚类分析采用了欧氏距离算法的改进算法,其公式为

$$d_{ij} = \sqrt{(x_{11} - x_{12})^2 + (x_{12} - x_{22})^2 + L + (x_{p1} - x_{p2})^2} = \left[ \sum_{k=1}^p (x_{ki} - x_{kj})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

本算法是将地图图层中的每个空间栅格作为一个聚类对象, $n$ 个标准化后的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。

栅格重分类用于将相似性聚类分析结果,根据不同需求分为多类,如:可将相似性聚类分析结果为0的栅格作为最大生态相似度的适宜生长区域,将大于0的栅格作为其他区域。

### 2.3 GMPGIS系统关联数据库

结合多个数据库数据:①基础地理信息数据库,包括矢量数据结构的省区划、县区划和乡镇区划等数据;②气候因子数据库,主要包括WorldClim(WorldClim-global climate data, <http://www.worldclim.org/>)中的最冷季均温(BIO 11)、最热季均温(BIO 10)、年均温(BIO 1)、年均降水(BIO 12)全球气候数据库<sup>[11]</sup>;全球生物气候学建模数据库中的年均辐射(BIO 20)、以及由其中的月均上午9时相对湿度和月均下午3时相对湿度计算得到的年均相对湿度等数据;③土壤数据库,主要来源于全球土壤数据库(Harmonized World Soil Database, HWSD, <http://www.iiasa.ac.at/>),包括土壤类型、质地、有效含水量、有机质、酸碱度、电导率等指标<sup>[12]</sup>。

## 3 样点选择

通过查阅文献和相关网站,在杜仲道地产区、主产区以及野生分布区收集样点,最终筛选出337个(图1)。样点信息来源如下:①国内来源主要采集于中国数字植物标本馆网站(<http://www.cvh.org.cn/>);②国外来源主要采集于全球生物多样性信息官网(<http://www.gbif.org/>),英国皇家植物园官网(<http://www.kew.org/>)以

表1 杜仲最大生态相似度区域不同生态因子值

生态因子类型	最冷季均温/℃	最热季均温/℃	年均温/℃	年均相对湿度/%	年均降雨量/mm	年均日照强度/(W·m <sup>-2</sup> )
最小值	-3.9	13.7	6.5	54.01	532	104.22
最大值	12.8	28.4	20.3	79.00	1930	170.38
平均值	3.78	24.21	14.34	68.48	1180.13	136.50
主要土壤类型	淋溶土、强淋溶土、始成土、人为土、高活性强酸土、粗骨土、冲积土、薄层土、黑钙土、潜育土、白浆土、低活性淋溶土、灰壤、暗色土					

及(<http://www.discoverlife.org/>)网站。经纬度查找和确定通过网站提供的经纬度坐标或通过谷歌地球进行搜索(<http://www.earthol.com/>)。

## 4 实验结果及分析

### 4.1 生态因子值分析

用GMPGIS系统对收集的样点进行分析,知杜仲主要生长区生态因子值如下(表1):最冷季均温-3.9℃-12.8℃,最热季均温为13.7℃-28.4℃,年均温6.5℃-20.3℃;年均相对湿度54.01%-79.00%;年均降雨量532 mm-1930 mm;年均日照强度104.22 W·m<sup>-2</sup>-170.38 W·m<sup>-2</sup>。适合杜仲栽种的土壤类型包括淋溶土、强淋溶土、始成土、人为土、高活性强酸土、粗骨土、冲积土、薄层土、黑钙土、潜育土、白浆土、低活性淋溶土、灰壤、暗色土。随后,进一步统计了各种生态因子在不同范围值的样点分布数量(表2)。结果显示:最冷季均温在-4℃-2℃落有105个点,在2℃-8℃有212个点,在8℃-14℃有17个点;最热季均温在13℃-19℃有12个点,落在19℃-25℃有168个点,剩下157个点落在25℃-31℃;年均温度在12℃-18℃,落有261个样点;174个样点的湿度在70%-80%,135个样点的湿度在60%-70%;降水量在1000 mm-1500 mm时,拥有195个样点;日照强度处于130 W·m<sup>-2</sup>-160 W·m<sup>-2</sup>时,有249个样点(图2)。对于土壤类型,统计后发现淋溶性土壤(淋溶土和强淋溶土)、始成土以及人为土在样点里分布最多,占据了前三位。其中淋溶性土壤(淋溶土和强淋溶土)一共有128个样点,占37.98%;始成土58个样点,占17.21%;人为土42个样点,占12.46%,表明这三种土壤最适合杜仲栽培生长(表3)。综上所述,最适合杜仲栽培的区域应符合以下条件:年均温度12℃-18℃,年均相对湿度60%-80%,年均降水量1000 mm-1500 mm,年均日照强度130 W·m<sup>-2</sup>-160 W·

表2 各生态因子不同范围样点数量

生态因子	生态因子值范围	样点数量/个
最冷季均温/℃	-4 ≤ X < 2	105
	2 ≤ X < 8	212
	8 ≤ X < 14	17
最热季均温/℃	13 ≤ X < 19	12
	19 ≤ X < 25	168
	25 ≤ X < 31	157
温度/℃	6 ≤ X < 12	62
	12 ≤ X < 18	261
	18 ≤ X < 24	14
相对湿度/%	50 ≤ X < 60	28
	60 ≤ X < 70	135
	70 ≤ X < 80	174
年均降水量/mm	500 ≤ X < 1000	99
	1000 ≤ X < 1500	195
	1500 ≤ X < 2000	43
日照强度/(W·m <sup>-2</sup> )	100 ≤ X < 130	87
	130 ≤ X < 160	249
	160 ≤ X < 190	1

表3 不同土壤类型样点分布数量

土壤类型	样点数量/个
淋溶土	76
强淋溶土	57
始成土	58
人为土	42
高活性强酸土	39
粗骨土	22
冲积土	13
薄层土	8
黑钙土	7
潜育土	3
白浆土	3
低活性淋溶土	3
灰壤	2
暗色土	2

m<sup>-2</sup>,最适土壤为淋溶性土壤。

### 4.2 杜仲在全球的最大生态相似度区域分析

根据以上获得的杜仲生态因子值范围,利用加权欧式距离法计算得到杜仲最大生态相似度区域(指相似度在99.9%-100%的区域)的全球分布图。由杜仲最大生态相似度区域分布广泛,遍布全球主要大洲。

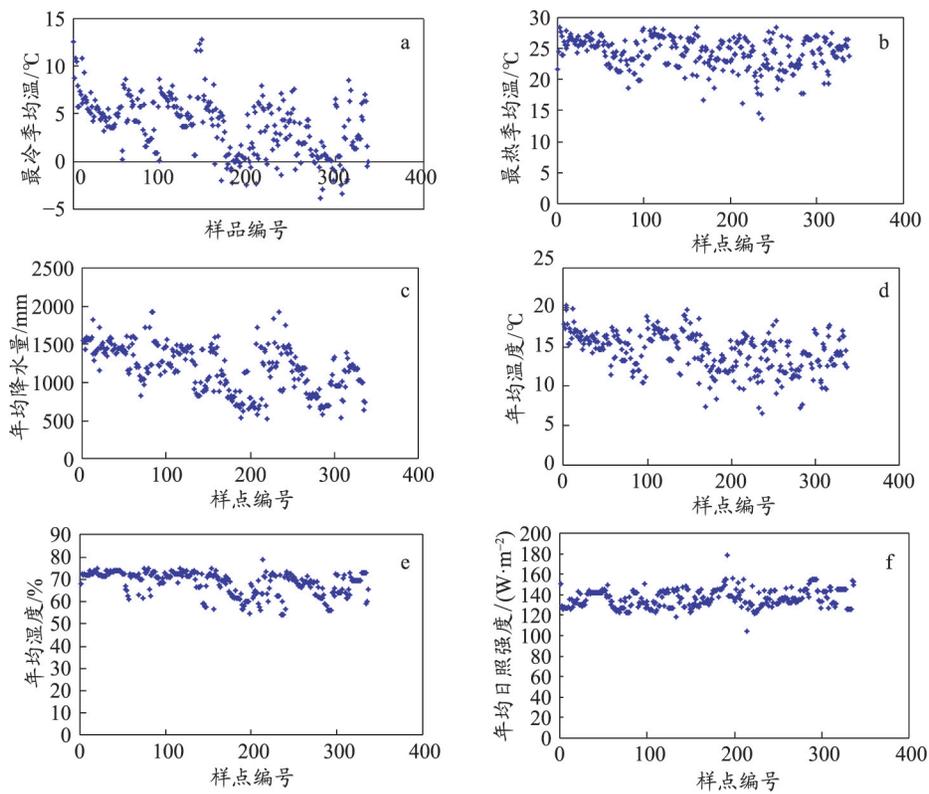


图2 各样点不同生态因子统计数据

a: 各样点最冷季平均温度; b: 各样点最热季平均温度; c: 各样点年均降水量; d: 各样点年均温度; e: 各样点年均湿度; f: 各样点年均日照强度

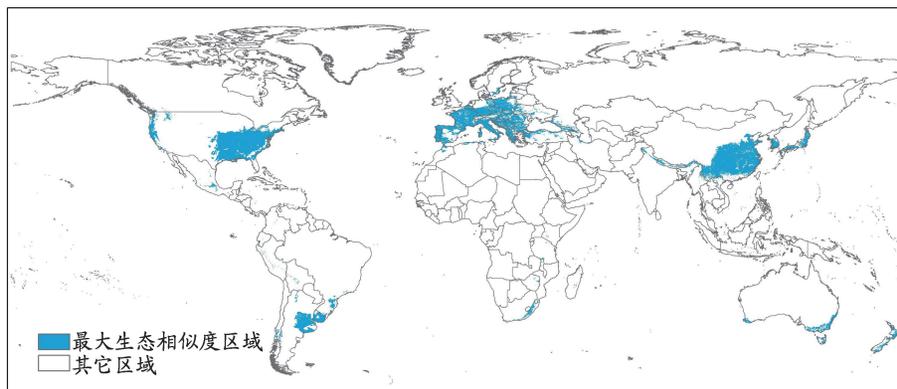


图3 杜仲最大生态相似度区域全球分布图

亚洲地区分布于东亚和喜马拉雅山麓以南地区(图3, 4)。主要包括东亚的中国、日本、韩国、朝鲜; 南亚为印度、越南、老挝、柬埔寨等。欧洲部分适宜地区范围广布, 包含了中欧、西欧和环地中海欧洲地区, 部分地区靠近北极圈的北欧地区。如西欧的德国; 环地中海地区的西班牙、法国、意大利; 北欧主要为挪威和瑞典南部。非洲大陆包括北非的摩洛哥、阿尔及利亚和突尼斯; 南部非洲主要分布于南非, 此外, 津巴布韦、马达加斯加岛以及坦桑尼亚和肯尼亚等, 也有零星分布。美

洲地区, 北美洲和南美洲都有分布。北美地区涵盖美国、墨西哥和多米尼加等, 南美地区主要包括阿根廷、智利、乌拉圭、玻利瓦尔以及巴西等。大洋洲地区的澳大利亚和新西兰皆有杜仲最大生态相似度区域。其中, 澳大利亚的杜仲生态适宜区只分布于东海岸和西海岸和塔斯马尼亚岛; 新西兰北岛和南岛都为适宜区。可见, 杜仲的可引种区域较大。但在以上国家和地区中, 中国(2964755.94 km<sup>2</sup>)、美国(2891806.41 km<sup>2</sup>) 这两国为占有杜仲最大生态相似度区域总面积的前两

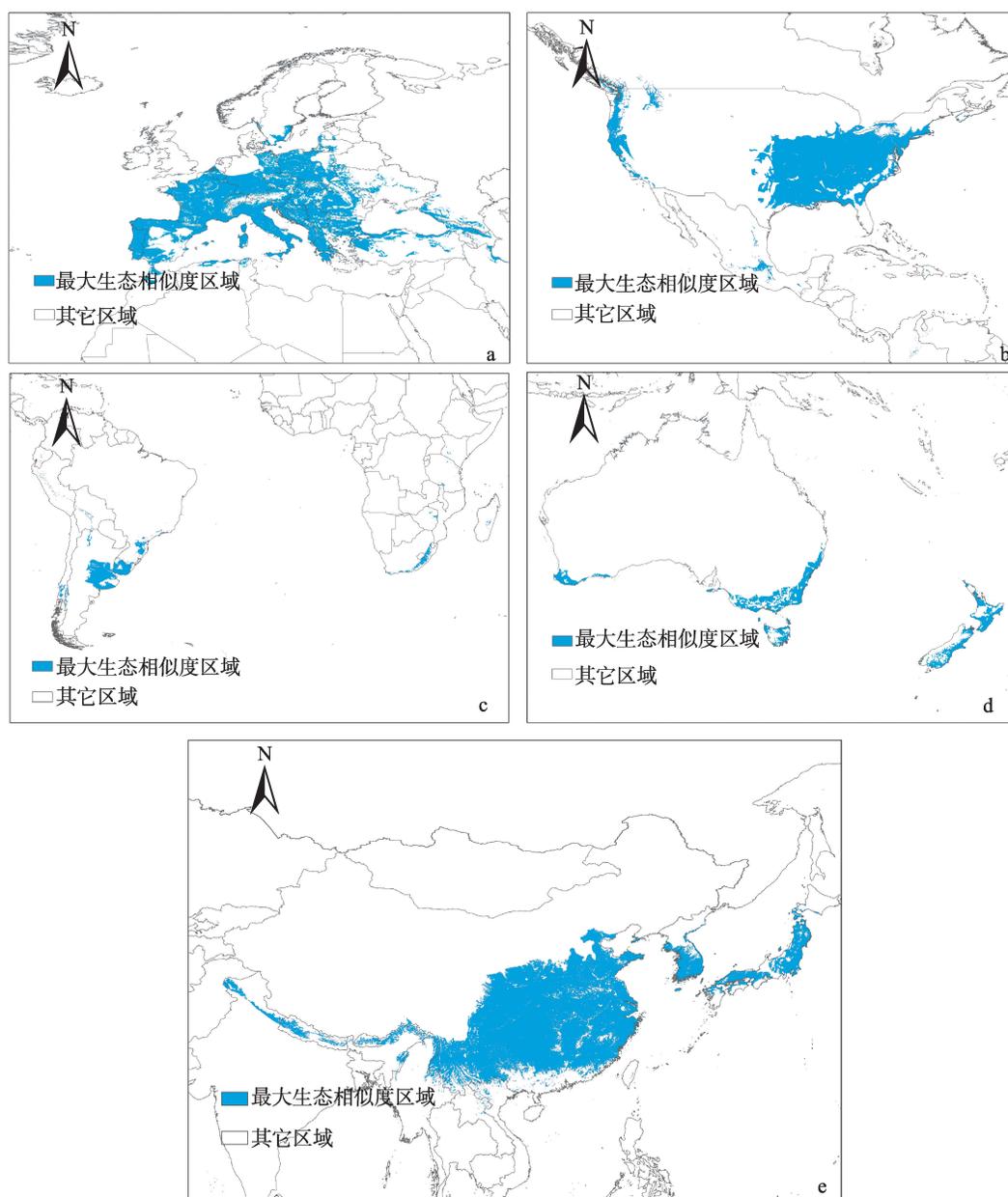


图4 杜仲最大生态相似度区域各洲局部放大图

a: 欧洲局部放大图; b: 北美局部放大图; c: 南美、非洲局部放大图; d: 大洋洲局部放大图; e: 亚洲局部放大图

位国家并且远超其他国家(图5)。其次,在对占有杜仲最大生态相似度区域面积前10个国家之间进行统计后,中国和美国所占有的面积比例占到这10个国家总面积的69%。另外,欧洲大片地区也适合对杜仲进行引种,如果从单一国家考虑,欧洲各国占有面积不大,但整个欧洲所拥有的杜仲生态适宜区较大。南美洲阿根廷适宜区面积(521497.82 km<sup>2</sup>)仅次于中国和美国,排名第三。大洋洲的澳大利亚(349743.11 km<sup>2</sup>)和新西兰(182674.4694 km<sup>2</sup>)同样拥有不小的杜仲生态适宜。

#### 4.3 杜仲在中国的最大生态相似度区域分析

根据GMPCIS系统分析,杜仲在中国的最大生态相似度区域包括华东、东南沿海、华中、华南、西南地区及西藏藏南地区和台湾部分地区(图6)。主要包括云南、四川、湖北、湖南、贵州、陕西、河南、甘肃、浙江、江苏、福建、广东、广西、安徽、江西、山东、北京以及台湾东部等地区。其中,云南(324094.09 km<sup>2</sup>)、四川(271166.62 km<sup>2</sup>)、湖南(239908.73 km<sup>2</sup>)所占面积排名前三(图7)。在与《中国植物志》及相关文献进行对比后,特别是张维涛等<sup>[13]</sup>、王瑗琦等<sup>[14]</sup>的文献中详细说明

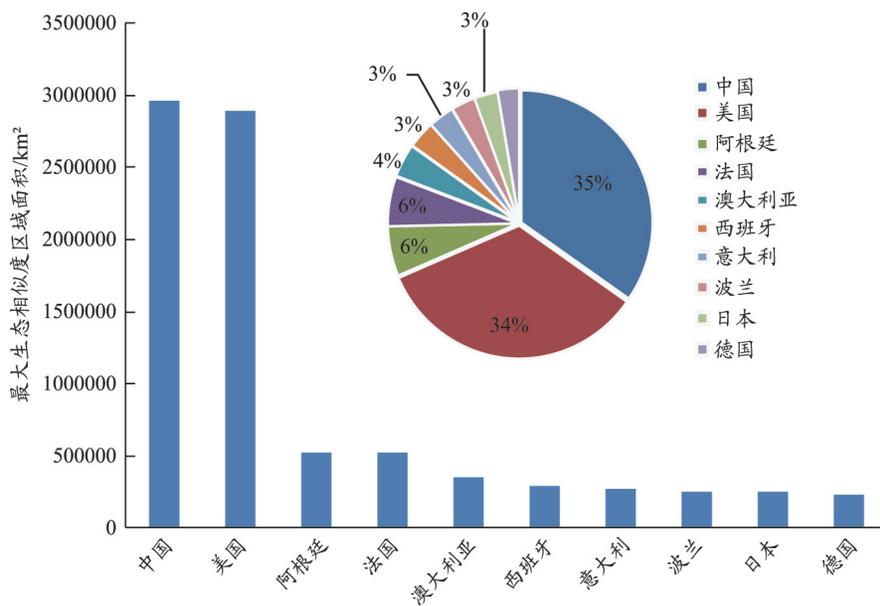


图5 杜仲全球最大生态相似度区域面积前十国家(单位:km²)

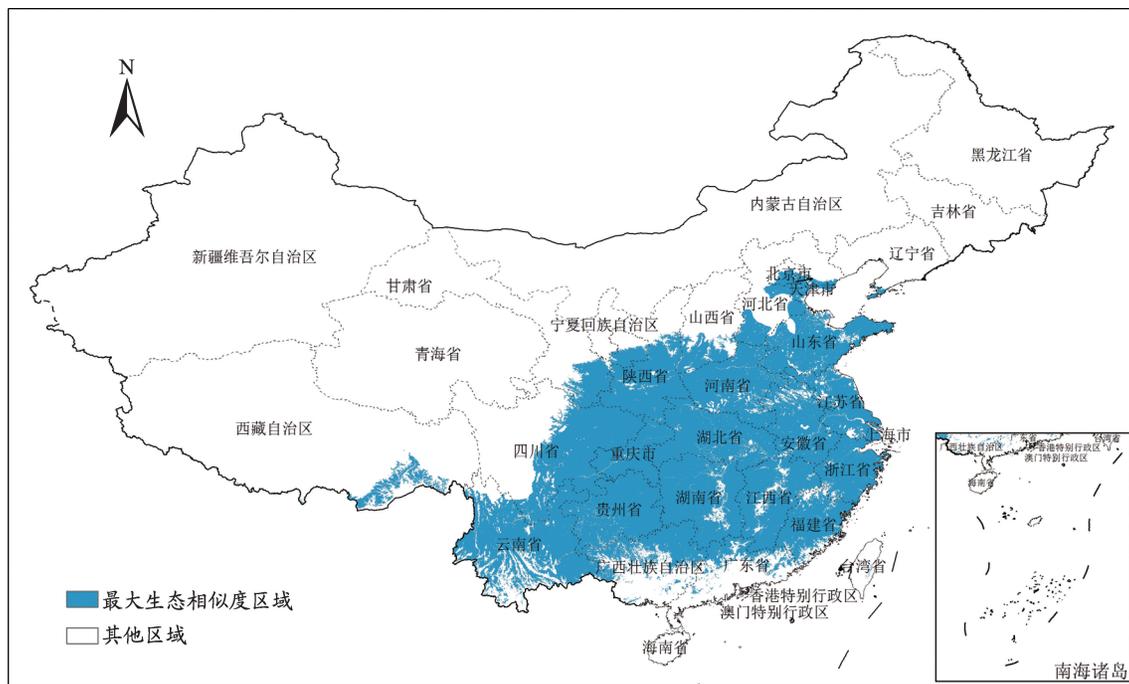


图6 杜仲在中国的最大生态相似度区域

了杜仲的分布区域在国内处于22°-42°N, 100°-12°30'E, 且福建以南省份温度常年超过10℃<sup>[15]</sup>, 在此种条件下, 杜仲无法进行正常休眠, 虽然能生长, 但生长状况不好。因此, 结合生态因子分析结果、文献记载、传统产区、采收加工技术及社会经济条件<sup>[16,17]</sup>, 最适合引种区包括了西南、华中和华北广大地区, 以: 湖北、四川、湖南、云南、重庆、贵州、山东为主。

## 5 讨论

### 5.1 生态因子结果

结合表2、图2、以及表3。可以发现, 相对于年均温度和降水量, 杜仲对于湿度和日照强度的适应范围更窄。湿度都大于50%, 不超过80%, 且绝大多数处于60-80%; 日照几乎都集中在100 W·m<sup>-2</sup>-160 W·m<sup>-2</sup>。这样的规律和杜仲实际引种情况以及前人的研究结果

相符。因为杜仲北至山东、北京、甚至东北,能成功引种<sup>[18]</sup>,而这些地区年均温度相对较低;南至云南、福建也能引种成功<sup>[16]</sup>,杜仲对于低温尤其耐受,甚至温度低至 $-40^{\circ}\text{C}$ 时也能越冬成功。从降水量来看,辽宁辽阳年均降水量 765.1 mm,福建三明明年均降水量 1546.8 mm,相差 781.7 mm,杜仲都能适应,受降水量影响相对较小<sup>[13]</sup>。综上所述,在判断某地是否适合种植杜仲或者进行引种时,在考虑各生态因子的同时,应着重考虑湿度和年均日照强度。

## 5.2 GMPGIS 结果

此次结果与陈士林等<sup>[24]</sup>编写的《中国药材产地生态适宜性区划》中关于杜仲的中国适宜性区划图对比,绝大部分的区域是一致的。不同之处主要在于南北界都有一定的扩张,如向北扩展到山东、北京;南边的云南适宜区面积更大,甚至扩展至海南某些地区。在广泛查阅文献后可知:第一、杜仲在中国国内和国外早已广泛引种。国内如云南、山东和北京<sup>[16]</sup>,甚至东北都成功引种<sup>[13,18,19]</sup>。其中,以云南大理和丽江最为成功,北京地区的杜仲也至少繁育至第二代<sup>[20]</sup>。山东省自 20 世纪 50 年代开始对杜仲进行引种,在开花结实及树皮产量方面与原产地相似<sup>[15]</sup>。国外许多国家的杜仲也是由中国引种出去,如美国、瑞典、日本等<sup>[14]</sup>,其中瑞典属于北欧国家,杜仲在瑞典的成功引种,也再次证明了 GMPGIS 系统结果的正确性。而在选择样点时,也包括了这些稳定的引种区,自然结果也会覆盖相似的地区,生态相似区域自然也会扩大。第二、这与全球变暖的大背景有着密切的关系。GMPGIS 系统分析出西藏藏南地区以及北欧部分地区也适合作为杜仲引种区。西藏地区出现杜仲生态适宜区缘于藏南地区气候温润,雨水充沛,加之全球气候变暖,导致藏南地区气温上升幅度达到 $0.34^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1[21-23]}$ 。第三、个别样点的准确经纬度存在一定的误差。在搜索文献和数据库时,绝大多数会给出杜仲栽培地的精确经纬度,但有极个别情况只给到地名。此时,又分成三种情况:①地名很详细,通过谷歌地球网站进行搜索样点时,准确寻找到样点;②未给出详细地址,难以找到精确的点位,这时的选点,难免带有一定的主观性,但距离准确点位很近且能确定气候状况基本一致,无影响;③样点处于山区。没有精确的经纬度,就不能精确定位海拔。如果海拔高度相差过大,气候差异较大,会对结果造成一定的影响。但这种情况是极个别,在收集大量准确样点

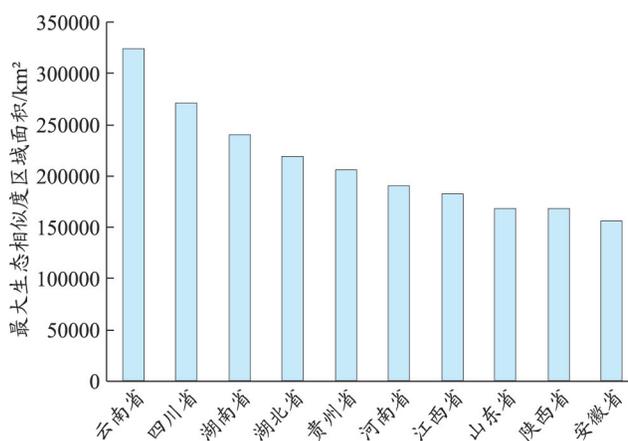


图7 杜仲在中国最大生态相似度区域面积前十省份(单位:km²)

信息后,这样的微小误差能够忽略不计。

## 5.3 展望

中药材近年越来越受到重视。刚出台不久的《中医药发展战略规划纲要(2016—2030年)》,明确提出了“制定中药材主产区种植区域规划。制定国家道地药材目录,加强道地药材良种繁育基地和规范化种植养殖基地建设”。药材的产地生态适宜性研究在“十一五”期间得到国家大力支持,也正是由于中药材产业的热潮,引发了中药材盲目种植。GMPGIS系统的开发,目的在于为中药材科学种植提供可靠的支持,这样既解决了土地资源集约化、最大化利用的问题;也提供了中药材种植区域规划的标准确立;更重要的是,只有选择适合特定药材种植的地区进行种植,才能获得高品质和高收益的中药材。在全球各类生态因子数据库和GMPGIS系统的不断改进下,基于GMPGIS系统的药材产地适应性分析会日臻完善。

## 5.4 结论

最适合杜仲栽培的区域应符合以下条件:年均温度 $12^{\circ}\text{C}-18^{\circ}\text{C}$ ,年均相对湿度60%—80%,年均降水量1000—1500 mm,年均日照强度 $130\text{W}\cdot\text{m}^{-2}-160\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ,最适土壤为淋溶性土壤。

杜仲最大生态相似度区域分布广泛,遍布全球主要大洲。面积最大为亚洲、欧洲和美洲地区。其中,中国、美国和阿根廷为拥有最大生态相似度区域面积排名前三的国家。

运用GMPGIS系统能够获取杜仲最大生态相似度区域信息,并为今后杜仲合理引种提供可靠的数据支撑。

## 参考文献

- 黄成就, 徐朗然, 黄宝贤. 中国植物志. 北京: 科学出版社, 1997, 35 (2): 166.
- 唐建军, 张禄源. 杜仲的研究与应用进展. 植物学报, 1998, 15 (6): 47-51.
- 张维涛, 张瑞慈, 邓佳友. 杜仲发展的可行性探讨. 见: 张康健主编. 中国杜仲研究. 西安: 陕西科学技术出版社, 1992: 106-109.
- Dong J, Ma X, Fu Z, *et al.* Effects of microwave drying on the contents of functional constituents of *Eucommia ulmoides* flower tea. *Ind Crop Prod*, 2011, 34(1): 1102-1110.
- He X, Wang J, Li M, *et al.* *Eucommia ulmoides* Oliv.: ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of an important traditional Chinese medicine. *J Ethnopharmacol*, 2014, 151(1): 78.
- 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. 中国中药杂志, 2016, 41(18): 3314-3322.
- 沈亮, 吴杰, 李西文. 北细辛全球产地生态适宜性分析及品质生态学. 世界科学技术: 中医药现代化, 2016, (8): 1295-1302.
- 汤欢, 李西文, 向丽, 等. 基于GMPGIS的檀香全球产地生态适宜性研究. 世界科学技术: 中医药现代化, 2016, 18(8): 1265-1271.
- 吴明丽, 胡志刚, 裴红, 等. 基于GMPGIS的地乌全球产地生态适宜性分析. 世界科学技术: 中医药现代化, 2016, 18(8): 1289-1294.
- 孟祥霄, 汪耀, 袁亚男, 等. 肉豆蔻全球产地适宜性分析. 世界科学技术: 中医药现代化, 2016, 18(8): 1258-1264.
- Hijmans R J, Cameron S E, Parra J L, *et al.* Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol*, 2005, 25(15): 1965-1978.
- Kriticos D J, Webber B L, Leriche A, *et al.* CliMond: global high-resolution historical and futurescenario climate surfaces for bioclimatic modelling. *Methods Ecol Evol*, 2012, 3(1): 53-64.
- 张维涛, 刘湘民. 中国杜仲栽培区划初探. 西北林学院学报, 1994, 9 (4): 36-40.
- 王瑗琦, 佟长辉, 邵爱娟, 等. 杜仲保护生物学研究概况. 中国中医药信息杂志, 2003, 10(2): 39-41.
- 张维涛, 高巍, 陈金翠. 武陵山区杜仲生态气候特征的初步研究. 中国农业气象, 1990, 11(8): 46-49.
- 周政贤, 郭光典. 我国杜仲类型、分布及引种. 林业科学, 1980, S1: 84-91.
- 向丽, 张贵君, 王晶娟. 杜仲的化学成分、药理活性及质量控制研究进展. 中国中药商品学术大会暨中药鉴定学科教学改革与教材建设研讨会. 2015: 267-275.
- 王华田, 徐建国. 山东省杜仲引种适应性分析. 生态学杂志, 1996, (2): 64-67.
- 張应麟. 杜仲引种試驗的初步报告. 林业科学, 1956(3): 243-248.
- 周政贤. 杜仲. 贵阳: 贵州人民出版社, 1980: 11-18.
- IPCC. IPCC Fourth Assessment Report (AR4). Cambridge: Cambridge University Press. 2007: 1-76.
- 吴绍洪, 尹云鹤, 郑度, 等. 青藏高原近30年气候变化趋势. 地理学报, 2005, 60 (1): 3-11.
- 姜永见, 李世杰, 沈德福, 等. 青藏高原近40年来气候变化特征及湖泊环境响应. 地理科学, 2012, 32(12): 1503-1512.
- 陈士林. 中国药材产地生态适宜性区划. 北京: 科学出版社, 2011: 613-616.

Suitability Analysis of *Eucommia ulmoides* Global Ecological Adaptability Area Based on GMPGISDeng Yangchuan<sup>1,2</sup>, Xiang Li<sup>2</sup>, Tang Huan<sup>3</sup>, Yang Li<sup>1</sup>, Li Hongyun<sup>1</sup>, Ding Dandan<sup>2</sup>, Ye Meng<sup>1</sup>

(1. College of Forestry of Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 2. Institute of Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China; 3. Tropical Crops Genetic Resources Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou 571737, China)

**Abstract:** Objective: To analyze the ecological adaptability areas for *Eucommia ulmoides* around the world by resorting to Global Geographic Information System for Medicinal Plant (GMPGIS), which is respected for providing scientific data for introduction. Methods: A total of 337 sites, where *Eucommia ulmoides* was cultivated and has been growing stably for years, are selected according to references and different databases. On the basis of 7 ecological factors (6 climate factors and 1 soil type), GMPGIS found out that ecological adaptability areas of *Eucommia ulmoides* distribute widely across the globe. Results: Globally, ecological adaptability areas of *Eucommia ulmoides* distribute in major continents. In particular, eastern Asia, most areas of Europe and Northern America possess a maximum proportion of it. In respect of national area, China and the US own the maximum areas. For China, the area of places where own a large scale of ecological

adaptability are eastern China, southeast coast in China, central China, southern China, southwest China, southern Tibet and Taiwan, among these districts, Yunnan Province, Sichuan Province and Hunan Province have the top three areas. Conclusion: Places where suitable for cultivating *Eucommia ulmoides* need to have the following features: The annual average temperature is 12°C–18°C, the annual average humidity is 60%–80%, the annual average precipitation is 1000 mm–1500 mm and the annual average sunlight intensity is 130 W·m<sup>-2</sup>–160 W·m<sup>-2</sup> and optimum soil is eluvial soil. China, America and Argentina are countries which have the biggest ecological adaptability areas and rank from the first to the third orderly. It is able to obtain the information about the biggest ecological adaptability areas of *Eucommia ulmoides* by using GMPCGIS, which can provide reliable database for reasonable introduction of *Eucommia ulmoides* in the future.

**Keywords:** *Eucommia ulmoides*; ecological factor; ecological adaptability area; globe; GMPCGIS

(责任编辑:周哲琦,责任译审:王 昭)