

# 基于 GMPGIS 银杏全球生态适宜产区分析

徐江<sup>1</sup> 沈亮<sup>1</sup> 汪耀<sup>1,2</sup> 相婷<sup>3</sup> 孟祥霄<sup>1</sup> 汤欢<sup>1</sup> 李西文<sup>1</sup>

(1 中国中医科学院中药研究所,北京,100700; 2 蚌埠医学院生物科学系,蚌埠,233000; 3 扬子江药业集团有限公司,泰州,225321)

**摘要** 目的:通过对银杏全球产区生态适宜性分析,为其合理生产布局提供科学依据。方法:采用《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),以 612 个银杏采样点气候因子值和土壤类型为依据,预测银杏全球最大生态相似度区域。结果:银杏适宜生长的地区包括亚洲东部、欧洲大部分地区、北美洲中部及南部、南美洲南部、非洲南部以及澳洲南部地区。世界范围内适宜银杏生长的面积约为  $41\,215.44 \times 10^3 \text{ km}^2$ ,占地球总面积的 30.62%。适宜银杏生长的国家主要包括美国、中国、俄罗斯、阿根廷、加拿大、澳大利亚、哈萨克斯坦、墨西哥、日本等;其中中国适宜银杏生长的省区包括内蒙古、云南、四川、广西、浙江、湖北、河南、安徽等。研究结果基本包括了银杏现有产区及文献记载道地产地,并预测新的生态适宜种植地区。结论:本研究结果可为银杏全球范围内引种栽培提供科学依据,对高品质银杏药材生产提供参考。

**关键词** 银杏; GMPGIS; 生态适宜性; 品质生态

## Analysis on Global Producing Area Suitability of Ginkgo Biloba Based on GMPGIS

Xu Jiang<sup>1</sup>, Shen Liang<sup>1</sup>, Wang Yao<sup>1,2</sup>, Xiang Ting<sup>3</sup>, Meng Xiangxiao<sup>1</sup>, Tang Huan<sup>1</sup>, Li Xiwen<sup>1</sup>

(1 Institute of Chinese Materia Medica China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100700, China; 2 Bengbu Medical College, Bengbu 233000, China; 3 Yangtze river pharmaceutical group, Taizhou 225321, China)

**Abstract Objective:** Through assess the global production and ecological adaptation of Ginkgo biloba, provided the scientific basis for its production. **Methods:** Geographic Information System for Global medicinal plants (GMPGIS) was be used to predict the maximum ecological similarity areas for Ginkgo biloba worldwide, based on climate factors and soil types of Ginkgo biloba from 612 sampling sites. **Results:** The results show that the eastern and south part of Asian, most regions of Europe, Southern and central part of North America, South America and South Africa are the most suitable areas for Ginkgo biloba. The potential distribution of G. biloba predicted was approximately  $41\,215.44 \times 10^3 \text{ km}^2$ , and 30.62% of the total area of the earth. The American, China, Russia, Argentina, Canada, Australian, Kazakhstan, Mexico and Japan are the country in most suitable ecological and cultivated area globally for Ginkgo biloba. The potential suitable province of Ginkgo biloba in China are mainly included Inner Mongolia, Yunnan, Sichuan, Guangxi, Zhejiang, Hubei, Henan, Anhui. And the predicted results is corresponded with the global cultural region. **Conclusion:** Use of GMPGIS to select the most optimum Ginkgo biloba production regions provides a new scientific basis for cultivation for Ginkgo biloba and the growth and quality affection by ecology analysis would lay a solid foundation for the high quality Ginkgo biloba production.

**Key Words** Ginkgo biloba; GMPGIS; Suitability of global producing area; Ecology

中图分类号: [R282.2] 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1673-7202.2017.05.002

银杏(*Ginkgo biloba* L.)为银杏科银杏属落叶乔木,是我国特有珍贵孑遗树种。银杏叶为银杏的干燥叶,具有敛肺、平喘、活血化瘀、止痛等功效<sup>[1]</sup>。近年来研究表明银杏叶中黄酮成分具有扩张冠状动脉血管、增加血流量及降低血压,解痉抗过敏,抗菌消炎,抗氧化等作用<sup>[2]</sup>;银杏内酯是血小板活化因子(PAF)的强拮抗物,具有抗氧化和延缓衰老功能<sup>[3]</sup>;银杏叶还广泛应用在美容化妆、保健饮料等产业中。银杏叶作为药物原料在全球范围内应用范围较广,

全球使用银杏叶制剂的国家超过 130 个,2009 年银杏叶全球市场规模超过 80 亿美元。截止到 2013 年 5 月,我国 SFDA 已经批准了 173 个银杏叶制剂的药品生产批文,国内生产厂家达到 100 多家。此外,银杏种仁白果含有丰富的维生素 C、核黄素、胡萝卜素、钙、磷、铁等微量元素以及银杏酸、白果酚、五碳多糖、脂固醇等成分,能够治疗肺气、治咳嗽、止带虫、缩小便、平皱皱、护血管、增加血流量等功能,具有良好的医用效果和食疗作用<sup>[4]</sup>。因此,银杏药用

基金项目:国家中药标准化项目(编号:ZYBZH-C-JS-7);中国中医科学院“十三五”重点领域研究专项(编号:ZZ10-007)

作者简介:徐江,助理研究员,研究方向:从事中药基因自学及分子生物学研究, E-mail: jxu@icmm.ac.cn

通信作者:李西文,副研究员,研究方向:中药栽培与鉴定, Tel: (010)57203877, E-mail: xwli@icmm.ac.cn

价值较高,在人类生活及生产领域起到重要作用。

银杏起源于中国,除我国浙江天目山、湖北神农架地区以及河南和安徽交界的大别山地区尚残存少量野生及半野生银杏外<sup>[5-6]</sup>,世界上大部分地区的银杏均为引种或栽培品。早在 4 000 年前的商代时期,银杏就在我国长流以南地区广泛种植,唐朝以后扩展到中原。银杏于公元 6 世纪传到朝鲜和日本,18 世纪传到欧洲和美洲。目前,银杏在欧洲、亚洲和美洲诸多国家和地区均有种植,但各国银杏主要供观赏及绿化使用<sup>[7]</sup>。自从 20 世纪 60 年代中期,德国科学家发现银杏叶片中含有治疗心脑血管动脉硬化、高血压等疾病的有效成分后,银杏叶的需求量就逐年加大。我国是银杏叶出国大国,银杏树保有量约占全球银杏树资源的 90%,欧美及日本等国均从我国大量收购银杏叶原料用于药剂生产。目前以银杏叶作为原料生产化妆品和饮料的企业也逐年增多,导致医疗健康行业对银杏叶的需求日益增长。

为满足市场需求,国内外开展银杏引种栽培的研究较多,而有关银杏栽培选址及适宜产区的研究较少。由于缺乏规划、无序发展,各地银杏叶及白果在秋季丢弃现象较为严重。鉴于国内外银杏叶需求量逐年剧增,建设大规模优质丰产银杏采叶园具有重要意义。银杏叶以我国银杏野生分布区及传统种植产区的质量最佳,其品质地域差异反映了银杏生长发育受温度、湿度、土壤等环境因子的影响。开展银杏叶品质生态学研究,可以有效提高叶用银杏的种植技术。为进一步在全球范围内扩大银杏栽培面积,基于银杏现有资源分布调查数据,利用《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),开展银杏全球产地生态适宜性分析,指导银杏引种及扩种产区规划,研究结果可为银杏种植产业的全球化发展提供科学依据。

## 1 材料与方法

**1.1 GMPGIS 原理** GMPGIS 是中国中医科学院自主研发的药用植物产地生态适宜性分析系统。该系统气候数据来源于全球气候数据库(WorldClim-global Climate Data)和全球生物气候学建模数据库(CliMond-global Climatologies for Bioclimatic Modelling);土壤数据库来源于全球土壤数据库(HWSD-Harmonized World Soil Database)<sup>[8-9]</sup>。GMPGIS 依据改进的欧式距离算法,通过模拟运算对药材采样信息进行聚类分析,对药材适宜产区及潜在产区进行预测分析<sup>[10]</sup>。

**1.2 分析流程** GMPGIS 系统对药用植物全球产地适宜性分析可分为数据标准化、相似性聚类分析和栅格重分类 3 个步骤。其中数据标准化对所采集数据进行标准化处理,消除因子量纲不同对计算的影响,采用线性标准化公式( $y = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \times 100$ )对原始数据进行处理,将不同生态因子数据标准化至 0 ~ 100 区间。相似性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,利用改进的欧式距离算法将栅格看成空间一点,按照距离因素将栅格进行空间最小距离聚类,其计算公式如下: $d_{ij} = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2 + \dots + (x_{ip1} - x_{jp1})^2} = [\sum_{k=1}^p (x_{ki} - x_{kj})^2]^{\frac{1}{2}}$ 。根据距离计算结果 $[\min_{dij}, \max_{dij}]$ ,对栅格进行重分类,最终得出具有最大生态相似度区域的银杏生态适宜产区。

**1.3 数据分析** 采用 ArcGIS 10.2 软件对银杏各生态因子值进行分析,采用 SPSS 20.0 进行统计分析 & 单因素方差分析(ANOVA)。

**1.4 采样点选择** 基于药材野生分布区、主产区和道地产区 3 个选点原则<sup>[11]</sup>,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》<sup>[12]</sup>及已有的文献报道<sup>[13-19]</sup>,在全球范围内对中国、韩国、日本、美国、墨西哥、德国、新西兰等国家银杏分布区选取了 612 个样点,用于银杏全球产区预测(图 1)。

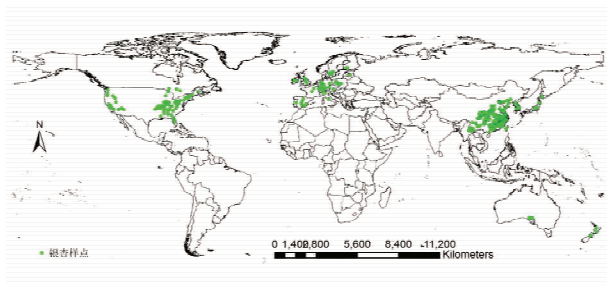


图 1 银杏全球采集样点

## 2 结果与分析

### 2.1 银杏产地生态适宜性分析

**2.1.1 银杏生态因子值范围** 根据所选取的银杏采样点经纬度提取该采样点在 GMPGIS 系统中的生态因子数据,分析各生态因子阈值。结果表明银杏主要栽培区域年均温为 0.7 ~ 23.4 ℃;最热季均温为 9.5 ~ 30.2 ℃;最冷季均温为 -15.4 ~ 17.1 ℃;年均降水量为 162 ~ 2 981 mm;年均相对湿度为 34.0% ~ 82.3%;年均日照为 85.6 ~ 187.3 W/m<sup>2</sup>。见表 1。银杏对气候、土壤的适应性较宽,银杏能在高温多雨及雨量稀少、冬季寒冷的地区生长,适宜银

杏生长的土壤类型主要为强淋溶土、暗色土、红砂土、钙积土、始成土、淋溶土、白浆土等。适宜银杏生

长的土壤以湿润肥沃、排水良好的中性或微酸性土为好。

表 1 银杏主要生长区域生态因子值

| 气候因子 | 年均温(℃)                        | 最热季均温(℃) | 最冷季均温(℃)  | 年均降水量(mm) | 年均相对湿度(%) | 年均日照(W/m <sup>2</sup> ) |
|------|-------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------|
| 数值范围 | 0.7~23.4                      | 9.5~30.2 | 15.4~17.1 | 162~2 981 | 34.0~82.3 | 85.6~187.3              |
| 土壤类型 | 强淋溶土、暗色土、红砂土、钙积土、始成土、淋溶土、白浆土等 |          |           |           |           |                         |

2.1.2 银杏全球最大生态相似度区域比较 根据银杏主要生长区域生态因子阈值,利用 GMPGIS 得到银杏全球最大生态相似度区域分布图(图 2)。由图可知,银杏全球最大生态相似度区域主要分布于亚洲东部及南部、欧洲绝大部分地区、北美洲中部及南部、南美洲南部及非洲南部部分地区。适宜银杏生长的面积约为  $41\,215.44 \times 10^3\text{ km}^2$ ,占地球总面积的 30.62%。银杏适宜生长地区包括美国、中国、巴西、俄罗斯、加拿大、澳大利亚、阿根廷、哈萨克斯坦、墨西哥、日本等地。

全球范围内适宜银杏栽培的国家如表 2 所示。其中美国最大生态相似度适宜产区面积最大为  $8\,835.55 \times 10^3\text{ km}^2$ ,其次为中国,最大生态相似度适宜产区面积为  $5\,606.05 \times 10^3\text{ km}^2$ 。最适宜栽种银杏的潜在拓展国家为俄罗斯和阿根廷,其最大生态相似度适宜产区面积为分布为  $2\,713.10 \times 10^3\text{ km}^2$  和  $2\,503.84 \times 10^3\text{ km}^2$ 。除此之外,北美洲加拿大和墨西哥,大洋洲澳大利亚,南美洲阿根廷、巴西,亚洲哈萨克斯坦、土耳其及伊朗,欧洲法国和西班牙等国家银杏最大生态相似度适宜产区面积都在  $500 \times 10^3\text{ km}^2$  以上,推广种植潜力较大。

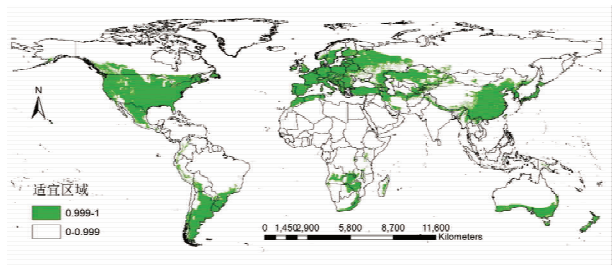


图 2 银杏全球最大生态相似度区域分布图 [审图号:GS(2016)1766 号]

2.1.3 中国银杏最大生态相似度区域比较 中国银杏最大生态相似度区域分布及适宜地区面积如图 3 和图 4 所示,其总面积为  $5\,695.67 \times 10^3\text{ km}^2$ 。其中适宜产区面积最大的省份为内蒙古,面积达到  $519.06 \times 10^3\text{ km}^2$ ,其次为云南与四川,面积分布达到  $435.49 \times 10^3\text{ km}^2$  和  $413.73 \times 10^3\text{ km}^2$ 。除此之外,广西、新疆、湖南、陕西、河北等地区的最大生态相似度区域面积也都在  $200 \times 10^3\text{ km}^2$  以上。由于

银杏适宜性较广,除西藏、新疆、甘肃及内蒙古部分干旱地区不宜种植银杏外,我国南部地区及东北大部分地区均可以进行种植。

表 2 银杏全球最大生态相似度区域国家及面积

| 排名 | 国家    | 面积 ( $\times 10^3\text{ km}^2$ ) | 排名 | 国家  | 面积 ( $\times 10^3\text{ km}^2$ ) |
|----|-------|----------------------------------|----|-----|----------------------------------|
| 1  | 美国    | 8 835.55                         | 11 | 伊朗  | 687.98                           |
| 2  | 中国    | 5 606.05                         | 12 | 法国  | 595.06                           |
| 3  | 俄罗斯   | 2 713.10                         | 13 | 西班牙 | 533.21                           |
| 4  | 阿根廷   | 2 503.84                         | 14 | 日本  | 480.21                           |
| 5  | 加拿大   | 2 101.91                         | 15 | 赞比亚 | 405.28                           |
| 6  | 澳大利亚  | 1 971.02                         | 16 | 德国  | 394.61                           |
| 7  | 哈萨克斯坦 | 1 862.95                         | 17 | 波兰  | 355.41                           |
| 8  | 墨西哥   | 1 277.95                         | 18 | 新西兰 | 354.75                           |
| 9  | 土耳其   | 784.22                           | 19 | 南非  | 352.65                           |
| 10 | 巴西    | 761.06                           | 20 | 瑞典  | 329.43                           |

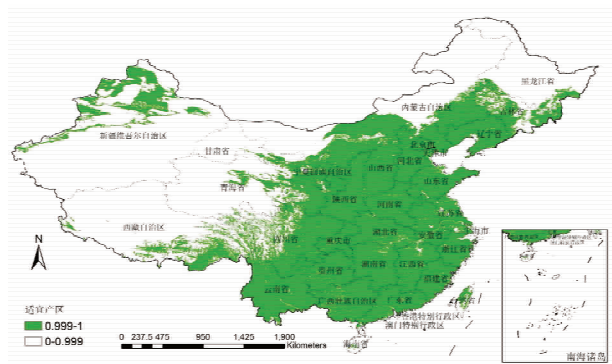


图 3 中国银杏最大生态相似度区域分布 [审图号:GS(2016)1766 号]

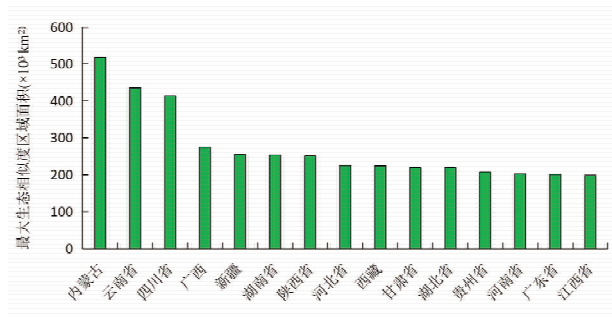


图 4 中国银杏最大生态相似度区域面积

2.2 银杏叶品质生态学研究 我国具有丰富的银杏资源,银杏产量的高低与产地及种质密切相关。欧洲所需银杏叶原料 90% 来自我国,其中全国银杏产量 70% 来自山东、江苏、河南、安徽、浙江、湖北、

广西等地<sup>[20]</sup>。欧阳绍湘等研究表明3年生叶用银杏的种植密度约为7.5万株/hm<sup>2</sup>最佳<sup>[21]</sup>。银杏叶鲜重以5~6月增加最快,叶绿素含量在7~8月间达到最高,施肥及精细管理有助于银杏叶产量及叶绿素含量提高<sup>[22]</sup>。乔德奎等通过相关分析得出银杏内酯与叶片产量及树形等因素存在显著相关性,可以依据这些指标用于银杏新品种的选育<sup>[23]</sup>。吴岐奎等研究表明银杏种质资源在黄酮和萜类内酯含量水平和DNA分子水平上都存在较高遗传多样性,利用黄酮和萜内酯类含量和AFLP分析相结合的方法,可以筛选出高黄酮和萜内酯类特异种质<sup>[24]</sup>。

银杏叶中黄酮成分是银杏叶制剂的主要有效成分,其含量变化与药材产地、种质、采收时间等密切相关。王弘等采集了我国17省35份银杏叶样品,采用HPLC法开展黄酮成分研究,结果表明产量大的江苏邳州、广西兴安、贵州正安、湖北安陆等地银杏叶总黄酮含量较高,这进一步说明银杏主产区药材质量较好,其研究结果为银杏叶种植地区提供参考<sup>[25]</sup>。程水源等研究表明叶用银杏园中银杏叶的黄酮含量最高,果实和银杏叶兼用的丰产园次之,盆栽园最低;黄酮含量达到高峰时间,前期是叶用园最早,盆栽园次之,丰产园最慢<sup>[26]</sup>。汪贵斌等研究表明在收获前适当采取土壤覆盖和灌水等措施降低种植园的温度,有利于提高银杏叶中黄酮含量,增加单位面积黄酮产量<sup>[27]</sup>。刘芳瑞等研究表明银杏在逆境条件下次生代谢活动加强,活性物质含量增高,当遮荫、干旱、高温等逆境因素发生时,银杏中的黄酮等活性物质含量增加<sup>[28]</sup>。鞠建明等通过HPLC法研究表明不同采收期银杏叶中总银杏酸含量呈先上升后逐渐下降的趋势,其中5月底6月初的银杏酸含量最高;不同树龄银杏叶中总银杏酸含量以树龄大的较低,树龄小的较高,这为银杏叶的采收提供了科学依据<sup>[29]</sup>。

### 3 讨论

通常一个物种适应性较广,不仅与其生物学特性有关,还与原产地和引种地或扩种栽培地间环境条件有着显著联系。此外,药用植物适应性区域的大小与其现代分布区生态条件和古代历史生态条件也有关。GMPGIS系统是基于生态相似性理论,根据生态因子预测出药用植物最大生态相似度分布区域,该系统的成功研发为药用植物种植生产提供指导。但药用植物种植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成本、耕作条件、灌溉条件、交通运输等非环境因素进行综合评价。

因此,除参考本研究结果外,银杏在栽培选址时,还应结合各方因素进行。此外,银杏对气候和土壤适宜性较强,但土层太薄、贫瘠及有盐碱的土壤,易受涝害的湿洼地,过于荫蔽、寒冷的环境均不利于银杏正常生长发育,引种过程需要多加考虑<sup>[30]</sup>。

本研究采用GMPGIS分析了银杏全球生态适宜区域,得到银杏全球范围内的最大生态相似度适宜产区,其最适宜产区与现有银杏主产区较为相似,验证了GMPGIS的科学性,研究结果可对银杏的引种和扩种提供理论指导。全球范围内,除中国东部地区及南部原有种植产区外,本研究得出欧洲绝大部分地区、北美洲中部及南部地区、南美洲中部及南部地区和非洲南部等地区均适宜银杏种植。这些地区的生境特征符合银杏生长的生态环境,在叶用银杏原料不足的情况下,上述区域可以作为银杏的引种栽培新区域。在中国范围内,最适宜银杏的栽培区域主要集中在华南、华东和华北地区。除黑龙江北部地区气温较底,西藏、青海、内蒙古和新疆沙漠地区较为干旱外,我国其他地区均有银杏种植的相关报道<sup>[15-16]</sup>。根据分析结果,在我国建议引种栽培的区域主要以华南、华中、华东及西南地区为宜。

我国有关银杏药用的记载始于元朝李昊的《食物本草》,蜀中记载银杏味甘苦,有毒,其杏仁食之生痰,动气,利小便。明朝李时珍所撰的《本草纲目》对银杏的药用记述最为详尽。“核仁甘、苦、平、涩,无毒,熟食,味苦微甘,性温有小毒,多食令人肿胀,生食引疮解酒,熟食益人”<sup>[19]</sup>。银杏在我国的药用部位一直是果实。自20世纪50年代初,德国植物学家发现银杏叶的黄酮苷类和萜类成分具有清除自由基、提高抗血小板活化因素和保护神经细胞的功效后,德国生产的银杏叶提取物制剂EGb761已经在60个国家允许上市。银杏叶作为西方国家开发的一种西药逐渐被我国接受并使用,这一段“东学西传”又到“西学中用”的历史,进一步说明中药在未来的医药行业中必将发挥更加重要的作用。随着我国“一带一路”经济发展战略的推进,本研究得到的银杏在欧洲、美洲、非洲及大洋洲等地区的适宜产区可为其在全球范围内引种栽培提供参考。

### 参考文献

- [1] 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, 2015:316.
- [2] 牟玲丽,寇俊萍,朱丹妮,等. 银杏叶的化学成分及其抗氧化活性[J]. 中国天然药物, 2008, 6(1): 26-29.
- [3] 杜香莉,郭军战,肖慧贞. 我国银杏药用化学成分及加工利用的最新研究[J]. 西北林学院学报, 1997, 12(2): 100-104.

- [4]贾自力,杨勤兵,李淑媛.不同树龄白果中营养成分的比较分析[J].中国食物与营养,2010,16(7):72-75.
- [5]林协.银杏资源开发及对策[J].植物杂志,1996,3:4-6.
- [6]梁立兴.中国当代银杏大全[M].北京:北京农业大学出版社,1993.
- [7]曹福亮.中国银杏[M].南京:江苏科学技术出版社:2002.
- [8]Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas[J]. Int J Climatol, 2005, 25(15):1965-1978.
- [9]Kriticos DJ, Webber BL, Leriche A, et al. CliMond: global high resolution historical and future scenario climate surfaces for bio climatic modelling[J]. Methods Ecol Evol, 2012, 3(1):53-64.
- [10]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.
- [11]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.
- [12]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,1978,7:18.
- [13]江永清,梁洪军.甘肃银杏资源分布及栽培类型区划[J].甘肃科技,2003,19(10):146-148.
- [14]史继孔.贵州银杏产业现状及开发利用对策[J].山地农业生物学报,1995,17(4):231-234,239.
- [15]毕会涛,杨红震,付梦瑶,等.河南银杏资源现状研究分析[J].河南科学,2015,33(7):1124-1129.
- [16]唐辉, Craig W, 覃湘.新西兰银杏种质资源研究[J].广西植物, 2008, 28(4):495-499.
- [17]Tredici PD. Ginkgo and people-a thousand years of inter-action[J]. Arnoldia, 1991, 51(2):2-15.
- [18]Lobstein A, Rietsch-Jako L, Haag-Berrurier M, et al. Seasonal variations of the flavonoid content from Ginkgobiloba leaves[J]. Plant Med, 1991, 57(5):430-433.
- [19]梁立兴.中国银杏药用史[J].中药研究与信息,1999,1(3):44-45.
- [20]宋洋,于志斌,尤晓敏,等.我国银杏叶提取物市场发展现状、挑战与对策[J].中国新药杂志,2015,24(23):2651-2655.
- [21]欧阳绍湘,杨柳,陈春芳,等.叶用银杏栽培密度及采叶方式的综合分析[J].经济林研究,1999,17(3):14-15.
- [22]康志雄,金民赞,朱志明,等.叶用银杏营养元素和叶绿素含量年周期变化研究[J].林业科技通讯,1999,41(1):18-19.
- [23]乔德奎,唐德瑞,何佳林,等.陕西主要叶用银杏生长特性指标与内酯相关性分析[J].西北林学院学报,2009,24(3):49-53.
- [24]吴岐奎,邢世岩,王萱,等.叶用银杏种质资源黄酮和萜内酯类含量及 AFLP 遗传多样性分析[J].园艺学报,2014,41(12):2373-2382.
- [25]王弘,赵国斌,刘叔倩,等.不同产地栽培银杏叶中黄酮类成分的含量测定[J].中国中药杂志,2000,25(7):408-410.
- [26]程水源,王燕,李俊凯,等.银杏叶黄酮含量变化及分布规律的研究[J].园艺学报,2001,28(4):353-355.
- [27]汪贵斌,郭旭琴,常丽,等.温度和土壤水分对银杏叶黄酮类化合物积累的影响[J].应用生态学报,2013,24(11):3077-3083.
- [28]刘芳瑞,胡晶红,李佳,等.银杏植株活性物质合成与积累的影响因素分析[J].山东中医药大学学报,2011,35(3):199-202.
- [29]鞠建明,黄一平,钱士辉,等.不同树龄银杏叶在不同季节中总银杏酸的动态变化规律[J].中国中药杂志,2009,34(7):817-819.
- [30]马文祥.我国银杏栽培增速原因探讨[J].曲阜师范大学学报, 2001, 27(1):69-72.
- (2017-04-10 收稿 责任编辑:徐颖)
- (上接第 968 页)
- [48]谢彩香,黄林芳,宋经元.无公害中药材牛膝生产基地天津市选址研究[C].2012 海峡两岸暨 CSNR 全国第 10 届中药及天然药物资源学术研讨会,兰州,2012,349-353.
- [49]贾光林,黄林芳,索凤梅,等.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,2012,36(4):302-312.
- [50]谢彩香,索凤梅,贾光林,等.人参皂苷与生态因子的相关性[J].生态学报,2011,31(24):7551-7563.
- [51]邵扬,叶丹,欧阳臻,等.薄荷的生境适宜性区划及品质区划研究[J].中国中药杂志,2016,41(17):3169-3175.
- [52]沈力,付绍智,易东阳.长江三峡库区中药区划[J].成都中医药大学学报,2005,28(2):54-56.
- [53]郭兰萍,黄璐琦,阎洪,等.基于地理信息系统的苍术道地药材气候生态特征研究[J].中国中药杂志,2005,30(8):565-569.
- [54]王汉卿,马玲,王庆,等.甘草药材生产区划研究[J].中国中药杂志,2016,41(17):3122-3126.
- [55]张优,王娟,张杰,等.基于遥感和 GIS 技术的四川省猪苓适宜性分布范围研究[J].中国中药杂志,2016,41(17):3148-3154.
- [56]柳鑫,杨艳芳,宋红萍,等.基于 MaxEnt 和 ArcGIS 的黄连生长适宜性区划研究[J].中国中药杂志,2016,41(17):3186-3193.
- [57]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.
- [58]文世勇,赵冬至,赵玲,等.赤潮藻类的氮磷比耐受性响应模型[J].大连海事大学学报,2009,35(1):118-122.
- [59]姚欣,常禹,刘森,等.道地药材牛蒡子特性与生态因子的关系[J].湖南农业科学,2009,11:18-21.
- [60]吴明丽,李西文,黄双建,等.广藿香全球产地生态适宜性分析及品质生态学研究[J].世界科学技术-中医药现代化,2016,18(8):1251-1257.
- [61]陈士林,魏建和,孙成忠,等.中药材产地适宜性分析地理信息系统的开发及蒙古黄芪产地适宜性研究[J].世界科学技术-中医药现代化,2006,8(3):47-53.
- [62]黄林芳,郑司浩,武拉斌,等.基于化学成分及分子特征中药材肉苁蓉生态型研究[J].中国科学:生命科学,2014,44(3):318-328.
- [63]刘勇,肖伟,乔晶,等.中药和一带一路[J].中国现代中药, 2015, 17(2):91-93.
- (2017-04-10 收稿 责任编辑:徐颖)