

基于 Maxent 模型对白花龙在中国未来适生区预测

程瑶¹, 许晓岗^{1,*}, 童丽丽^{1,2}, 王洪超¹, 田露¹, 蒋孝禹¹, 夏重立²

1. 南京林业大学生物与环境学院/南方现代林业协同创新中心, 江苏省南京市玄武区龙蟠路 159 号 210037

2. 金陵科技学院园艺园林学院, 江苏省南京市栖霞区晓庄中心村 130 号 210038

摘要: 本文基于 235 条现代分布记录和多重环境变量, 通过 Maxent (最大熵模型)、ArcGIS 并以刀切法、标准差椭圆计算、多元相似度面和最不相似变量等方法预测了白花龙当前和未来 (2050 年) 在中国的潜在分布。预测结果表明, 当前白花龙的高、中度适生区主要集中在我国江西、广东、广西、福建的大部分地区; 在未来 2050 年的两种气候情境下适宜区面积均将大幅减少, 缩减的区域以轻度适宜区为主, 预示着白花龙在未来的气候环境下, 物种的扩张潜力下降, 总体上分布中心有着向西北高纬度地区迁移的趋势。此外, 根据结果分析可以推断出降水量和温度制约着白花龙的分布, 其中最冷季节降水量 (贡献率 56.6%) 是影响白花龙未来分布的主导因子。本研究结果可为白花龙的保护及其资源合理利用提供理论指引。

关键词: 白花龙; 最大熵模型; 潜在分布区; 主导因子; 安息香科

Prediction of the adaptable habitat of *Styrax faberi* Perk. (Styracaceae) in China based on Maxent model

CHENG Yao¹, XU Xiaogang^{1,*}, TONG Lili^{1,2}, WANG Hongchao¹, TIAN Lu¹, JIANG Xiaoyu¹, XIA Chongli²

1. College of Biology and the Environment/Nanjing Forestry University, 159 Longpan Road, Xuanwu District, Nanjing, Jiangsu Province 210037

2. School of Horticulture & Landscape Architecture, Jinling Institute of Technology, No. 130, Xiaozhuang Central Village, Qixia District, Nanjing, Jiangsu Province 210038

Abstract: In this work, the maximum entropy model of Maxent and ArcGIS, knife cutting method, standard deviation ellipse calculation, multiple similarity surface and the most dissimilar variable analysis were applied to predict the adaptable zones at present and in the future (2050) of *Styrax faberi* in China, based on 235 modern distribution records and multiple environmental variables. The results show that the current high and moderate adaptive areas of the *S. faberi* are mainly located in most areas of Jiangxi, Guangdong, Guangxi and Fujian in China; In the 2050, the region of the suitable areas under 2 climate scenarios will significantly dwindle, with the reduced areas mainly being the mild adaptive regions, the potential of expansion will decline as well. Over all, there is a trend of migration to the northwest high latitude area. In addition, it is traced that precipitation and temperature restrict the distribution of *S. faberi*, and the Precipitation of Coldest Quarter (56.6%) is the leading factor affecting its future distribution. The outcomes of this work could provide theoretical guidance for the conservation and rational utilization of the resources of *S. faberi*.

Keywords: *Styrax faberi* Perk.; Maxent model; the prospective distribution; dominant factor; Styracaceae

白花龙 (*Styrax faberi* Perk.) 是安息香科 (Styracaceae) 安息香属 (*Styrax* L.) 的灌木, 又名响铃子、白龙条、梦童子等^[1]。在中国分布于安徽、江苏、浙江、湖南、湖北、江西、广东、广西台湾等地的灌木丛覆盖的山坡或林下^[2,3,4]。白花龙树形优美, 花洁白清香, 岁开二度, 可弥补园林中初夏季木本开花芳香植物较少的短板; 其花内有 14 种萜烯类化合物, 具有较好的杀菌抑菌、净化空气效果^[5], 生态效益佳, 是

理想的园艺康养疗愈植物；白花龙叶可入药，用于止血、生肌、消肿，其根亦可用于治胃脘痛，具有很好的药用价值^[6]。此外，安息香属（或称野茉莉属）植物亦是江苏省省花——茉莉花文化的植物载体，具有深厚的文化寓意^[7]。总之，白花龙具有很高经济、生态及文化价值。然而，目前有关白花龙在中国的资源分布研究报道甚少，更谈不上对其各类资源价值的保护与利用。

笔者应用 MaxEnt 模型分析当前及未来气候变化情景下白花龙在中国的分布规律，以期深入地探索主导白花龙分布的环境因子，预测其不同气候情景下潜在适生区的分布^[8]，为有效地对其进行野生资源保护和引种驯化提供基础信息。

1 材料与方法

1.1 数据来源与处理

1.1.1 数据来源

白花龙分布数据主要来源于收集的白花龙地理信息数据及中国国家标本资源平台 (<http://www.nsii.org.cn/>)、中国数字植物标本馆 (<https://www.cvh.ac.cn>)、全球生物多样性信息网络 (<https://www.gbif.org>)，去除无效和重复的分布点，最后得到有效的地理位置信息 235 条（图 1）。

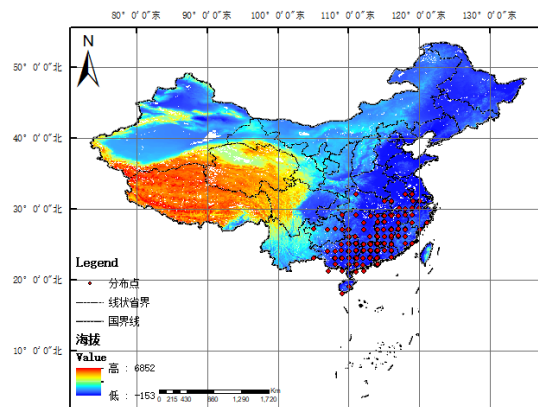


图 1 白花龙在中国的分布

Figure 1 The current geographical distribution of *Styrax faberi* in China

1.1.2 环境变量数据

当前（1970—2000 年均值）和未来 2050 年（2041—2060 年均值）的环境变量均有 36 个生态因子，其中有 19 个生物气候因子（bio1-bio19），14 个土壤因子和 3 个地形因子（海拔、坡度、坡向），分别从世界气候数据库 Worldclim (<https://www.worldclim.org/>)，DEM 数字高程数据 (<http://www.gscloud.cn/>) 和世界粮农组织土壤图和世界土壤数据库 V1.2 (HWSD) 中获得^[9]，且选择空间分辨率为 30-seconds。未来气候数据选择第六次国际耦合模式比较计划(Coupled model intercomparison project 6, CMIP6)中 BCC—CSM2—MR 气候模式下 SSP126 和 SSP585 两种气候情境。选择的 SSP126 为走可持续发展道路，碳排放较低的未来气候情景，SSP585 为过度利用化石燃料等自然资源，碳排放较高的情景，可对比未来不同情景下白花龙的适生区分布^[10,11]，然后将气候因子数据转化为 ASCII 格式用于后期研究。

鉴于环境因子之间的相关性，需进行相关性分析以减少对模型预测精度的影响。首先，在 Maxent 模型中用刀切法剔除贡献率为 0 的变量；再利用 Origin 软件对环境变量进行 Pearson 相关性分析^[12]。最终用于建模的变量共 12 个（表 1）。

表 1 环境变量描述

Table 1 Description of environmental variables

类型 Type	因子 Variables	描述 Description	单位 UNITS
生物气候因子 Bioclimatic	Bio1	年均温 Annual Mean Temperature	□
	Bio2	月平均昼夜温差 Mean Diurnal Range	□
	Bio6	最冷月最低气温 Min Temperature of Coldest Month	□
	Bio7	温度年较差 Temperature Annual Range	□
	Bio8	最湿季度平均气温 Mean Temperature of Wettest Quarter	□
	Bio10	最暖季度平均气温 Mean Temperature of Warmest Quarter	□
	Bio12	年降水量 Annual Precipitation	mm
	Bio13	最湿月降水量 Precipitation of Wettest Month	mm
	Bio17	最干季度降水量 Precipitation of Driest Quarter	mm
	Bio19	最冷季度降水量 Precipitation of Coldest Quarter	mm
Top Soil Variable	T_USDA_TEX_CLASS	USDA 土壤质地分类 Topsoil USDA Texture Classification	name
地形因子 Terrain	ELEV	海拔 Elevation	m

1.2 研究方法

1.2.1 Maxent 模型预测分析

将现在及未来的环境因子图层进行掩膜剪裁，转为 asc 格式，与统计了白花龙地理分布点数据加载到 Maxent3.4.1 (http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/MaxEnt/) 软件中，随机选择 75% 的物种分布数据用作训练集，其余的 25% 分布数据用作测试集，最大迭代次数 (Max number of background points) 设定为 5000，重复 10 次，其他参数为默认值。

1.2.2 适生等级划分

中国行政区划图 (1:4 000 000) 从国家基础地理信息系统网站 (<http://nfgis.nsd.gov.cn/>) 获得。将得到的白花龙潜在适生区按生境适应指数划分为 5 个等级^[13]：非适生区[0.0, 0.2)、轻度适生区[0.2, 0.4)、一般适生区[0.4, 0.6)、中度适生区[0.6, 0.8)以及高度适生区[0.8, 1]。

1.2.3 模型准确度分析

MaxEnt 模型预测准确性检验通过遗漏率与 ROC(Receiver operating characteristic, ROC) 曲线下面积 AUC(Area under curve, AUC) 值来判断^[14]。AUC 值取值区间为 0-1，在此区间内，AUC 值越大预测结果越准确， $0.9 \leq AUC < 1$ 时，模型预测结果为佳^[15,16]。

1.2.3 标准差椭圆分析

利用标准差椭圆来揭示白花龙空间分布特征及其时空演化过程，重心坐标表示要素在空间上的相对位置，长、短半轴的长度表示主、次趋势方向上的离散程度，旋转角即正北方向与顺时针旋转的长半轴之间的夹角反映地理要素在二维空间上展布的主趋势^[17]，并利用 ArcGIS10.5 中 SDM toolbox v2.5 工具箱分别计算不同时期空间格局变化及预测几何中心的变迁趋势。

1.2.4 多元环境相似度面和最不相似变量分析

采用多元环境相似度面 (MESS) 和最不相似变量 (MoD) 分析探讨过去和未来情境中的气候异常区域及引起潜在地理分布改变的关键因素。该分析在命令窗口运行 density.tools. Novel 工具实现^[18]。

2 结果与分析

2.1 模型预测结果精度检验

利用 ROC 曲线分析法对白花龙的 Maxent 模型预测结果进行精度检验，取 10 次重复均值。曲线下得到的面积即 AUC 值是常作为模型预测准确性的评判指标。

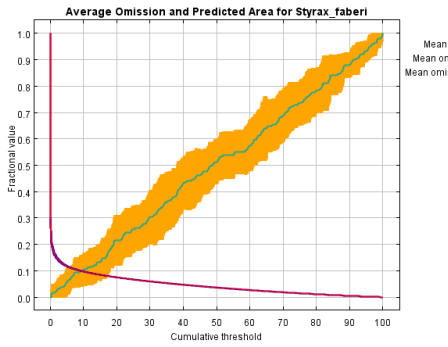


图 2 Maxent 模型预测遗漏率

Figure 2 Prediction omission of MaxEnt model

测试样本遗漏率和预测遗漏率基本吻合（图 2），表明模型构建效果很好，建模数据之间不存在空间自相关(Nicholas J G, 2003)。ROC 曲线显示，模型预测 AUC 均值为 0.954（图 3），表明本次预测结果的准确性很高，较好地预测了白花龙在中国的潜在分布。

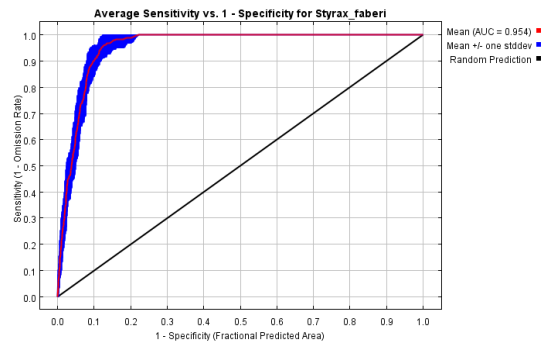


图 3 Maxent 模型 ROC 曲线

Figure 3 ROC curve of MaxEnt model

2.2 影响白花龙分布的主要环境变量

结合刀切法（jackknife）对影响白花龙分布的环境因子进行分析，结果显示（图 4），最冷季降水量（bio19; Precipitation of Coldest Quarter）和最干旱季降水量（bio17; Precipitation of Driest Quarter）对于预测白花龙的地理分布有着重要影响，这两个变量的累积贡献率达 88.5%（表 2）；而 USDA 土壤质地分类（Topsoil USDA Texture Classification）和最湿季度平均气温（bio8; Mean Temperature of Wettest Quarter）这两个环境因子的影响相对较小，累积贡献率不超过 0.5%。综上可得，最冷季降水量和最干旱季降水量是影响白花龙分布的主导环境变量。

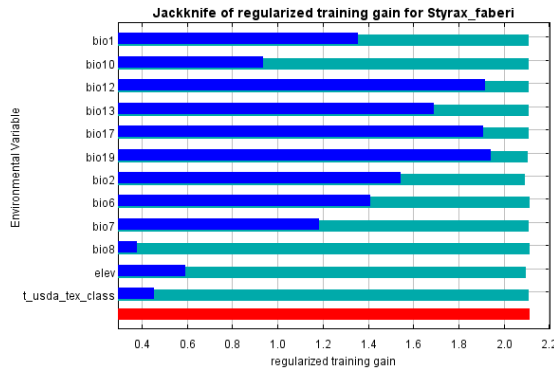


图 4 环境变量重要性刀切法检验

Figure 4 Jackknife test of the importance of environmental variables

表 2 影响白花龙潜在分布的环境变量贡献率

Table 2 Contribution rate of environmental variables affecting prospective distribution of *S. faberi*

变量 Variable	贡献百分率/% Percent contribution
bio19	56.6
bio17	31.9
bio2	2.6
bio13	2.1
bio12	1.9
bio1	1.6

bio7	0.8
elev	0.8
bio10	0.6

2.3 当前气候情境下白花龙在中国的潜在适生区

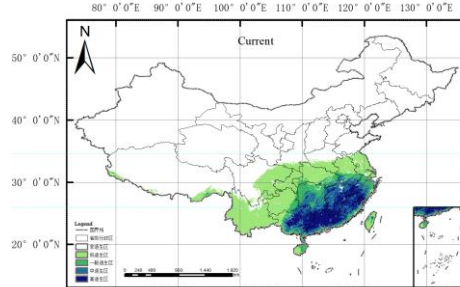


图 5 当前气候情景下白花龙在中国的潜在适生区分布

Figure 5 Prospective geographical distribution of *S. faberi* under the current climate conditions in China

白花龙在中国的潜在适生区总面积达到了 217.850 7 万 km²，主要位于我国云贵高原和南岭及其以北至长江中下游地区及以南的沿海地区，占国土总面积 22.62%。其中，高度适生区面积为 33.895 8 万 km²，主要分布于江西、广东、广西、福建省的大部分地区以及浙江、广东和湖南的少部分地区；中度适生区面积为 33.729 2 万 km²，主要分布于江西、湖南大部分地区，广东、广西、湖南、浙江、安徽、福建、台湾省的部分地区；一般适生区面积为 32.005 2 万 km²，沿着中高适生区向周围延伸，主要分布于湖南省大部分地区，湖北、浙江、安徽、广西、贵州等省的部分地区；轻度适生区的面积为 118.220 5 万 km²，主要分布于海南、台湾、江苏、湖北、安徽、重庆、贵州、云南省大部分地区，河南、陕西南部，四川东部以及西藏南部地区（图 5）。

将当前气候情景下白花龙在中国的潜在适生区分布结果与白花龙的实际分布区域（图 1）对比，发现两者区域高度重合，表明该预测结果较为可靠。

2.4 未来气候情境下白花龙在中国的潜在适生区

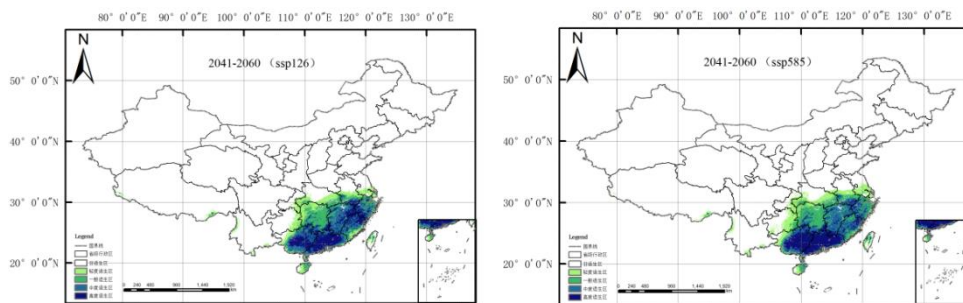


图 6、7 未来 2 种气候情境下白花龙在中国的潜在适生区分布图

Figure 6, 7 Prospective adaptive regions of *S. faberi* under the 2 future climate scenarios in China

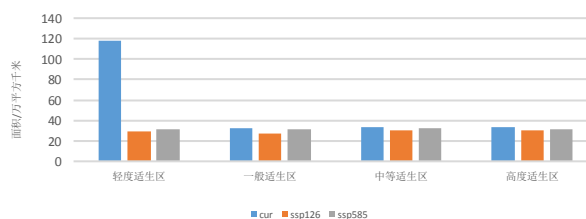


图 8 不同时期白花龙不同等级适宜分布区面积比较

Figure 8 Comparison of different grades of adaptive distributions of *S. faberi* under different climate scenarios

未来气候情景下白花龙在中国的中高度适生区急剧减少，与当前气候相比，呈现缩减的趋势（图 6、7）。在 2050 年 SSP126 气候情景下，白花龙潜在适生区总面积为 117.0278 万 km²，占国土总面积的 12.16%，适生区总面积较当前减少了 46.28%；其中轻度适生区缩减幅度较大，较当前减少了 75.59%；而一般、中度及高度适生区面积小幅减少，较当前分别减少了 14.16%、9.22%和 11.25%。在 2050 年 SSP585 气候情境下，白花龙潜在适生区总面积为 125.6337 万 km²，占国土总面积的 13.05%，适生区总面积较当前减少了 42.33%，轻度适生区面积较当前缩减幅度较大，减少了为 73.92%；一般适生区，中度及高度适生区较当前均有所减少，减少幅度分别为 2.37%、5.27%和 6.77%（图 8）。

2.5 未来气候变化情境下白花龙潜在适生区空间格局变化

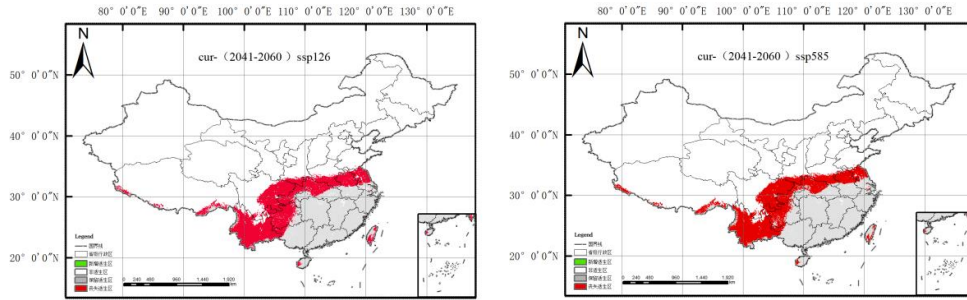


图 9、10 未来气候变化情境下白花龙潜在适生区空间格局变化

Figure 9, 10 Spatial pattern change of prospective adaptive regions of *S. faberi* under future climate change scenarios

在未来 SSP126 气候情景下，白花龙的适生区面积急剧减少，丧失了约 994 180km²（表 3），其中，在云南、安徽、四川、贵州、河南、西藏、台湾等区域存在大幅度缩减（图 9）。在 2050 年 RCP8.5 气候情景下，白花龙适生区面积急剧减少（图 10），总共丧失了 909 320km²。两种气候情景下白花龙的适生区都大幅缩减且没有扩张（表 3）。

表 3 当前至 2050 年两种气候模式下白花龙适生区面积变化

Table 3 Change of *S. faberi* adaptive regions under two climate models from current to 2050

时期	气候模型	面积/km ²		
		新增	保留	丧失
Cur-(2041-2060)	ssp126	0	1 153 970	994 180
Cur-(2041-2060)	ssp585	0	1 238 830	909 320

2.6 气候变化下白花龙适生区时空演变

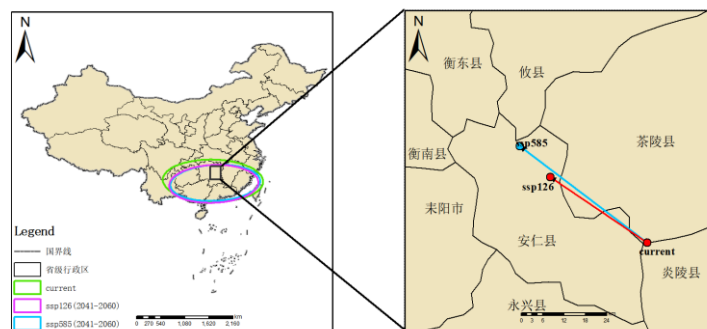


图 11、12 不同气候下白花龙潜在适生区标准差椭圆、质心迁移

Figure 11, 12 The migration of the Standard Deviation Ellipse and center of mass in the adaptive regions of *S. faberi* under climate change

表 4 两种气候模型变化下白花龙潜在适生区质心迁移距离

Table 4 The centroid migration distance of the prospective adaptive region of *S. faberi* under 2 climate models

时期	迁移距离/Km
Cur-ssp126(2041-2060)	30.436 295
Cur-ssp585(2041-2060)	41.803 246

当前白花龙总适生区的重心在湖南东南部，未来将向西北移动，说明该物种栖息地整体有着向西北内陆地区迁移的趋势^[19]。在 SSP126 情景下，重心向西北迁移了 30.436 3km；在 SSP585 情景下，重心向西北迁移了 41.803 2km，两个未来情景白花龙总适生区的重心相差 11.528 7km。总体而言，白花龙的适生区明显向高纬度方向迁移。

2.7 多元相似度面与最不相似变量分析

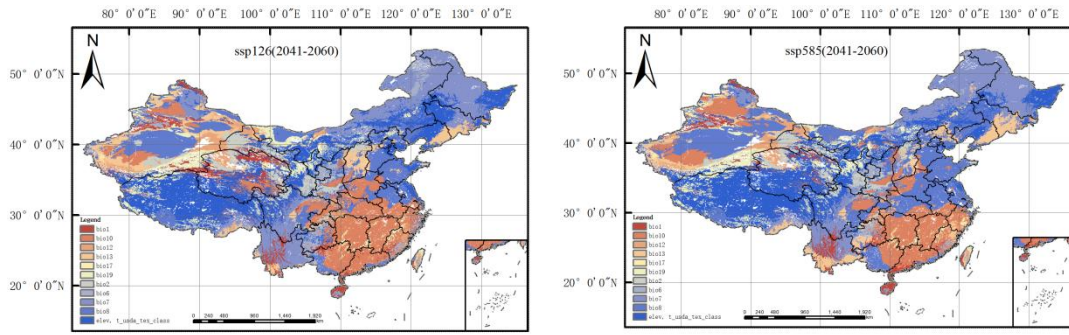


图 13、14 2 种未来气候情景下白花龙适生区的最不相似变量

Figure 13, 14 The most dissimilar variable (MoD) annlysis for *S. faberi* under 2 combinations of climate change scenarios.

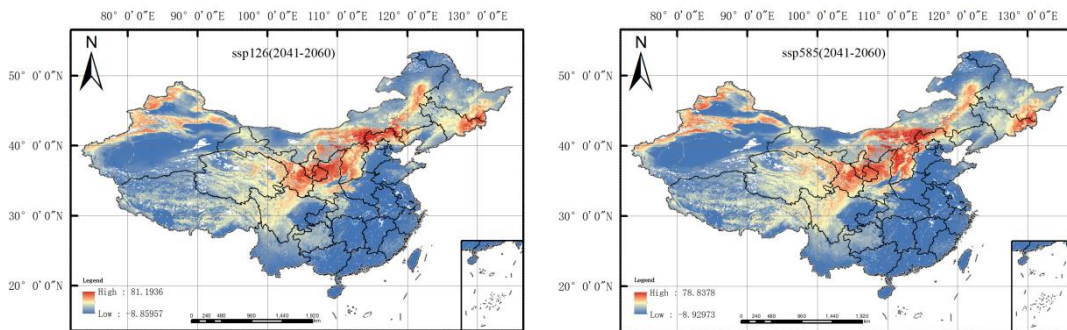


图 15、16 2 种未来气候情景下白花龙适生区的多元环境相似度面

Figure 15, 16 Multivariate environmental similarity surface (MESS) analysis for *S. faberi* under 2 combinations of climate change scenarios.

在 SSP126 及 SSP585 这 2 种未来气候情景模式下，现有 235 个白花龙分布点的多元相似度平均值分别为 2.53、2.50（图 13、14），表明在 SSP585 情景下气候异常程度相对较高。由图 15、16 可知，在我国黄土高原及内蒙古高原东南部分地区环境多元相似度值较高，气候异常程度较低；我国云贵高原、长江中下游及其以南的地区环境多元相似度值较低，气候异常程度较高。其中白花龙的适生区范围内的最不相似变量是最暖季度平均气温。同时海拔不是白花龙适生区迁移的驱动变量，未来驱动白花龙适生区迁移的关键因素可能是气候变化中的高温^[19,20]。

3 讨论与结论

3.1 白花龙未来分布趋势和主导的气候因子

白花龙的中高度适生区目前主要黄河流域以南地区,分布在我国江苏、浙江、江西、湖南、广东、广西省。白花龙在现代及未来两个气候情境下的中心均处于湖南,且存在着向高纬度西北内陆迁移的趋势,这与当前气候下降水线北抬的变化趋势一致。综合两种不同气候情景来看,未来白花龙的轻度适生区面积会大幅减少,而其中中度、高度适生区面积将小幅减少,在 2050 年 SSP126 气候情境下减幅最大,对比后发现 SSP126 和 SSP585 这 2 个相对的未来情景下降幅度相似,未来碳排放量和人类活动对白花龙的分布影响有限。以上表明白花龙的脆弱栖息地对气候变化的敏感性,可以推断气候变化是驱动白花龙适生区在未来时期缩减及迁移的关键因素。

根据分析可知,影响白花龙分布的主要环境因子为最冷季度降水量、最干季度降水量、月平均昼夜温差、最湿月降水量、年降水量等;限制白花龙分布的主要气候条件为降水量和温差,即降水因子和温度因子共同制约着白花龙现在的潜在地理分布,这与王璐等人^[21]和郭晓旭等人^[22]对安息香科的其他物种的研究结果一致。同时,云贵高原长江中下游及其以南的地区环境多元相似度值较低,气候异常程度较高。根据近些年来气候的实际变化和笔者在实地观测结果推断,未来我国南部降水逐年减少,温差变大,这可能不利于白花龙的正常生长。

我国南部是白花龙主要分布的适生区,未来气候异常程度较大,最不相似变量是最暖季度平均气温和年降水量,而海拔不是白花龙适生区迁移的驱动变量,未来气候下的高温和降水量才是限制白花龙适生区扩张和向高海拔区域迁移的主要因素。

3.2 研究结果对白花龙资源保护与利用的启示

经分析,未来白花龙的轻度适生区大幅减少,其扩张潜力逐渐丧失。而中高度适生区也有减少的趋势。因此,有必要率先对白花龙的分布区中生态相对脆弱的区域加强保护。

根据本预测结果,未来西北内陆地区的气候条件可能将逐渐适合白花龙的生存,未来可以尝试提前将白花龙在这些区域做引种驯化试验研究,同时在广东、广西、江西、福建等适宜度高的区域建立重点生产栽培区。另外,考虑到在适宜区中的收缩区域,也要提前做好该资源的保护工作。目前对于白花龙的扩繁技术研究有限^[23,24],有必要对于该物种的大规模繁殖技术研究进一步探索。

本研究通过 Maxent 模型基本预测了白花龙在中国的潜在地理分布格局,为白花龙资源合理的保护与利用提供理论基础,对整个安息香属资源保护有着预警和指引作用,也可为其他安息香属植物在中国的整体分布趋势研究提供参考。本文的研究结论可为未来 20 年白花龙的引种驯化和资源利用提供前瞻指引,也为部分地区的保护提示预警。未来可以进一步通过实地观测地形和生境等因子分析,从而更深入地探索影响白花龙分布的趋势,以进一步提高预测结果的精度。

参考文献

- [1]刘政. 中国安息香属(安息香科)的形态分类修订[D]. 南京林业大学, 2019.
- [2]黄淑美, 吴容芬. 中国植物志(第六十卷)[M]. 北京:科学出版社, 1987.
- [3]吴金玉. 尤溪枕头山森林公园野生安息香科植物资源调查[J]. 林业勘察设计, 2020, 40(04): 49-52.
- [4]黄淑美. 安息香科的系统位置及地理分布[J]. 热带亚热带植物学报, 1994(04): 15-30.
- [5]曹媛媛, 贾斐斐, 吴岐奎, 等. 野茉莉属 6 个树种不同时期花香成分分析[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2019, 43(04):48-56.
- [6]芦建国, 梁同江, 李舒仪. 福建武夷山国家级自然保护区野茉莉科植物资源利用前景[J]. 福建林业科技, 2009, 36(03): 182-5+250.
- [7]许晓岗, 蒋孝禹, 童丽丽, 等. 茉莉花文化的植物载体探讨[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(03): 233-236+255.
- [8]张东方, 张琴, 郭杰, 等. 基于 MaxEnt 模型的当归全球生态适宜区和生态特征研究[J]. 生态学报, 2017, 37(15):5111-5120.
- [9]Alexander P, Katherine C, Shinichiro F, et al. Land-use futures in the shared socio-economic pathways[J]. Global Environmental

- Change, 2016, 42: 331-345.
- [10]Fleishman E, Nally R M, Fay J P, et al. Modeling and predicting species occurrence using broad-scale environmental variables: an example with butterflies of the Great Basin[J]. Conservation Biology, 2001, 15(6):1674-1685.
- [11]Francisco T M, Couto D R, Garbin M L, et al. Role of spatial and environmental factors in structuring vascular epiphyte communities in two neotropical ecosystems[J]. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 2021, 51:1-10.
- [12]周博文, 常宝成, 那木吉拉, 等. 乌拉盖盆地第四系潜水水化学特征及成因分析[J]. 世界核地质科学, 2022, 39(03): 561-570.
- [13]沈阳, 于晶, 郭水良. 不同气候变化情境下中国木灵藓属和藓藓属植物的潜在分布格局[J]. 生态学报, 2015, 35(19):6449-6459.
- [14]姜明鑫, 钟文玉, 陈李林. 茶园重要捕食性天敌白斑猎蛛在中国的潜在适生区预测[J]. 生态学报, 2022,42(10):4225-4235.
- [15]Klouche S, Lefevre N, Cascua S, et al. Diagnostic value of the GNRB ® in relation to pressure load for complete ACL tears: A prospective case-control study of 118 subjects[J]. Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research, 2015, 101(3).
- [16]Nicholas J G. Predicting Species Occurrences: Issues of Accuracy and Scale[J]. The Auk, 2003, 120(4).
- [17]魏凌, 张杨, 李强, 等. 基于标准差椭圆的我国国土生态空间分异研究[J]. 生态经济, 2020, 36(07):176-181.
- [18]张丹, 刘凯军, 马松梅, 等. 高山植物天山花楸的适宜分布及其环境驱动因子. 生态学报, 2022, 42(2): 700-709.
- [19]郭怡博, 莫可, 王桂荣, 等. 未来气候条件下天麻适生区预测及时空变化分析[J]. 中国中医药信息杂志, 2022, 29(07):1-7.
- [20]张海涛, 罗渡, 牟希东, 等. 应用多个生态位模型预测福寿螺在中国的潜在适生区 [J]. 应用生态学报, 2016, 27(04): 1277-1284.
- [21]王璐, 许晓岗, 李垚. 末次盛冰期以来陀螺果潜在地理分布格局变迁预测[J]. 生态学杂志, 2018, 37(01): 278-286.
- [22]郭晓旭, 王璐, 许晓岗, 等. 基于 MaxEnt 模型的芬芳安息香潜在适生区预测[J]. 生态科学, 2020, 39(04): 119-124.
- [23]吴永清, 胡秀, 梁韩枝, 等. 观赏植物白花龙的离体快繁条件筛选[J]. 南方农业学报, 2018, 49(03): 536-542.
- [24]程家寿, 周林涛, 潘健, 等. 外源激素对白花龙插条生根的影响[J]. 资源开发与市场, 2011, 27(06): 496-497.