

小花清风藤生态及品质适宜性区划

陈麒羽, 徐文芬, 张永萍, 孙庆文*, 黄园, 潘国吉, 陆祥
(贵州中医药大学, 贵阳 550025)

[摘要] 目的:探索小花清风藤潜在适宜分布区及其优质药材产区空间分布状况。方法:结合小花清风藤分布信息及环境因子,运用最大熵(MaxEnt)生态位模型及地理信息系统软件(ArcGIS),预测小花清风藤的潜在适宜分布区。基于环境因子与小花清风藤中总皂苷,总黄酮,槲皮素-3-O-龙胆双糖苷, camellianoside, tsubakioside A, 山柰酚-3-O-芸香糖苷, 异鼠李素-3-O-芸香糖苷的相关性,借助 ArcGIS 软件空间插值及模糊叠加功能,对小花清风藤进行品质区划。结果:小花清风藤在我国主要分布于云南、贵州、广西等省区,中、高适生区面积约占全国面积的2.88%。10月,11月降水量,最暖、最干季降水量,温度季节性变化的标准差及海拔是影响小花清风藤适宜性的主要环境因子。坡度、降水量、辐射强度及温度变化等对小花清风藤次生代谢产物的积累具有较大影响。综合潜在适宜分布区及各成分空间插值结果,小花清风藤高品质区主要集中于贵州省西南部,以晴隆县、关岭县、镇宁县、普安县、兴仁县等地区为核心。结论:该研究为小花清风藤的人工栽培选址及药材收购等提供了一定科学指导。

[关键词] 清风藤科; 小花清风藤; 生态适宜性; 品质适宜性; 最大熵模型; 空间插值

[中图分类号] R284.2; R289; R22; R2-031; R33 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2021)23-0172-09

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20211414

[网络出版地址] <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20210928.1755.004.html>

[网络出版日期] 2021-09-29 13:44

Ecology and Quality Suitability Regionalization of *Sabia parviflora*

CHEN Qi-yu, XU Wen-fen, ZHANG Yong-ping, SUN Qing-wen*, HUANG Yuan, PAN Guo-ji, LU Xiang
(Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550025, China)

[Abstract] **Objective:** To explore the potential suitable distribution area and the high-quality distribution area of *Sabia parviflora*. **Method:** Combined with the distribution information and environmental factors, the maximum entropy (MaxEnt) model and ArcGIS software were used to predict the potential suitable distribution area of *S. parviflora*. Based on the correlation between environmental factors and total saponins, total flavonoids, quercetin-3-O-gentiobioside, camellianoside, tsubakioside A, kaempferol-3-O-rutinoside and isobariclisin-3-O-rutinoside, the quality regionalization was conducted by using spatial interpolation method and fuzzy superposition function in ArcGIS software. **Result:** *S. parviflora* is mainly distributed in Yunnan, Guizhou, Guangxi province in China. The medium and high suitable areas accounts for about 2.88% of the national area. The precipitation in October and November, the precipitation in the warmest and driest seasons, the standard deviation of seasonal changes in temperature and altitude are the main environmental factors that affect the distribution of *S. parviflora*. Slope, precipitation, solar radiation and temperature change had great influence on the accumulation of secondary metabolites. Based on the results of potential suitable distribution and spatial interpolation of each component, the high-quality areas of *S. parviflora* are mainly concentrated in the southwest

[收稿日期] 20210619(008)

[基金项目] 国家自然科学基金委员会-贵州省人民政府联合基金项目(U1812403);贵州省优秀青年科技人才项目(黔科合平台人才[2019]5658);国家自然科学基金项目(81560707);2020年博士启动基金项目(贵中医博士启动[2020]08号)

[第一作者] 陈麒羽,在读硕士,从事中药及民族药资源分类鉴定与质量控制研究, Tel:0851-88308059, E-mail: qiyu_chen1996@163.com

[通信作者] *孙庆文, 硕士, 教授, 从事中药资源和栽培的教学和科研工作, Tel:0851-88308059, E-mail: sqw1978_2006@126.com

of Guizhou, with Qinglong, Guanling, Zhenning, Pu'an, Xingren county and other areas as the core. **Conclusion:** This study provides a scientific guidance for the site selection of artificial planting and the procurement of medicinal materials for *S. parviflora*.

[Keywords] Sabiaceae; *Sabia parviflora*; ecology suitability; quality suitability; maximum entropy (MaxEnt) model; spatial interpolation

小花清风藤隶属于清风藤属清风藤科,为常绿木质攀援藤本,在我国主要分布于云南、贵州、广西^[1]。据资料记载,小花清风藤具有清热利湿的功效,用于治疗急性黄疸型肝炎、风湿劳伤等病证^[2]。近年来,相关研究表明小花清风藤主含三萜类,生物碱类,黄酮类等成分,具有保肝、抗病毒、抗风湿性关节炎、抗氧化等活性^[3-6]。基于良好的临床疗效与药理作用,小花清风藤现不仅被开发制成了中成药(花杞清肝颗粒、胆炎康胶囊),其保健产品,如茶饮等也相继被开发。随着相关产业的不断发展,小花清风藤的需求量日益增大。然而,近几十年过度的采挖及环境的破坏,使其野生资源量受到了严重影响;不考虑药材道地性的盲目引种栽培,又会导致药材品质的下降。因此,了解小花清风藤资源分布整体状况,对其进行科学的人工栽培选址等研究具有重要意义。

环境是影响物种分布及其次生代谢产物积累的重要因素。基于物种实际分布数据及环境变量的生态位模型分析方法,是预测物种潜在分布区域的有效工具^[7]。生态位模型有多种,其中最大熵(MaxEnt)生态位模型样本量需求较小,模拟精度高,是目前预测效果最好的生态位模型,在药用植物潜在适宜分布预测研究中得到了广泛应用^[8]。药材的品质区划,是研究不同区域中药材药用价值的差异性分布规律^[9]。借助地理信息系统(GIS)平台的空间插值进行处理,可实现药材品质空间量化^[10]。结合MaxEnt模型和GIS平台,多花黄精^[11]、桔梗^[12]及羌活^[10]、米槁^[13]等多种中药的生态及品质适宜性得到了分析和阐释,为相关药材的栽培选址、产业化种植等研究提供了理论依据。

小花清风藤作为一种具较大开发潜力的民族药,其资源分布状况等相关研究报道较少,一定程度上限制了相关产业的发展。因此,本文基于小花清风藤分布数据及环境因子,运用MaxEnt模型结合ArcGIS软件,对小花清风藤的生态适宜性分布区进行预测;结合课题组前期的相关质量控制研究^[14-16],建立综合品质区划模型,以期小花清风藤资源开发利用及人工栽培适宜区域的选择提供科

学的方法与理论支持。

1 数据来源

1.1 小花清风藤分布点数据 小花清风藤分布信息在贵州、云南、广西调查采集,结合Global Biodiversity Information Facility (GBIF, www.gbif.org)数据库与中国数字植物标本馆(CVH, www.cvh.ac.cn)数据库,共收集到185个无重复的分布点。为使分布数据具有代表性,防止模型过度拟合而造成误差,将分布数据导入ArcGIS 10.4.1软件,删除国外分布点、疑似错误分布点及分布位置半径小于1万m的分布点,筛选得到104个分布点进行分析。

1.2 环境数据 本研究使用的环境数据来源于Worldclim(www.worldclim.org)数据库及“中药资源空间信息网格数据库”。结合小花清风藤适生环境特点,选择气候、降水量、日照、地形数据、植被类型等相关环境数据进行分析。包括月最高温(tmax 1-12),月最低温(tmin 1-12),月平均温(tavg 1-12),月降水量(prec 1-12),月辐射强度(srad 1-12),海拔(alt),坡度(slope),坡向(aspect),植被类型及19个综合气候因子年平均温(bio1),昼夜温差月均值(bio2),昼夜温差与年温差比值(bio3),温度季节性变化的标准差(bio4),最暖月最高温(bio5),最冷月最低温(bio6),年均温变化范围(bio7),最湿季平均温(bio8),最干季平均温(bio9),最暖季平均温(bio10),最冷季平均温(bio11),年均降水量(bio12),最湿月降水量(bio13),最干月降水量(bio14),季节降水量变异系数(bio15),最湿季降水量(bio16),最干季降水量(bio17),最暖季降水量(bio18),最冷季降水量(bio19)。共83个环境因子。

2 方法

2.1 小花清风藤生态适宜性研究

2.1.1 最大熵模型的设置 采用MaxEnt模型构建小花清风藤地理分布与环境因子之间关系的模型。设置25%的分布点为测试集,75%的分布点为训练集;勾选受试者工作曲线(ROC),刀切法和响应曲线;其他参数为软件默认值。以ROC曲线下面积(AUC)评价模型预测结果的准确度,刀切法检测环

境变量的重要性,响应曲线评价环境因子适宜度范围。

2.1.2 环境因子的筛选 将83个环境因子与104个分布数据导入MaxEnt 3.4.1生态位模型软件中进行运算,舍去贡献率为0的环境因子后,再次运算,直至余下环境因子贡献率均不为0。利用ArcGIS 10.4.1软件的采样功能提取各分布点的环境数据后,采用SPSS 22.0进行相关性分析,舍去相关性系数 >0.8 的一对环境因子中贡献率较低者。将筛选后得到的环境因子作为最终变量,进行10次模型建模,选取平均值对小花清风藤的生态适宜性进行分析。

2.1.3 模型精密度验证 MaxEnt模型运算结果中的ROC曲线能对模型预测结果的准确性进行验证。ROC曲线下面积AUC值在0.5~0.6时,模型预测失败;在0.6~0.7时,模型预测效果较差;在0.7~0.8时,模型预测效果一般;在0.8~0.9时,模型预测效果好;在0.9~1时,模型预测效果极好,准确性较高,可较为准确的反应物种的潜在分布状态^[17-18]。

2.1.4 适宜性等级划分 取MaxEnt模型预测10次后的平均值进行生态适宜性等级划分。采用自然间断点分级法(Jenks)将适宜性分布区进行重分类,分为4个等级非适生区($P<0.1$),低适生区($0.1\leq P<0.3$),中适生区($0.3\leq P<0.5$)及高适生区($P\geq 0.5$)。最终得到小花清风藤适宜性等级区划图。

2.2 小花清风藤的品质适宜性研究

2.2.1 小花清风藤7种化学成分含量测定 基于课题组前期建立的小花清风藤质量控制方法^[14-16],在野外采集、补充不同产地小花清风藤叶部位样品,样品采收时间参照2003年版《贵州省中药材、民族药材质量标准》^[19],主要集中在夏秋两季。采用比色法及一测多评法分别对小花清风藤叶中的总皂苷,总黄酮和槲皮素-3-O-龙胆双糖苷, camellianoside, tsubakioside A, 山柰酚-3-O-芸香糖苷, 异鼠李素-3-O-芸香糖苷的含量进行测定。试验所有样品材料经贵州中医药大学药学院孙庆文教授鉴定为清风藤科清风藤属植物小花清风藤 *Sabia parviflora*, 凭证药材存放于贵州中医药大学大学生药重点实验室。

2.2.2 小花清风藤的品质区划 采用Spearman相关性系数法对小花清风藤36个样品中7种成分的含量值与83个环境因子进行相关性分析,筛选出对各类成分含量积累具有显著影响的环境因子作为各成分的解释变量,利用ArcGIS 10.4.1软件中的协

同克里金空间插值进行分析;对于与环境因子无显著相关性的成分,则不加入解释变量,进行克里金插值分析。预测并绘制小花清风藤中各成分含量空间模式分布图。最后,通过栅格计算器与模糊叠加功能,将小花清风藤生态适宜性区划图与各成分含量空间模式分布图进行叠加,得到综合品质区划图。

3 结果

3.1 小花清风藤生态适宜性研究

3.1.1 MaxEnt模型预测精度分析 小花清风藤分布数据与环境因子经10次MaxEnt模型运算,得到平均AUC值为0.980,表明模型预测结果可信度高,能较为准确的预测小花清风藤的潜在适宜分布区。见图1。

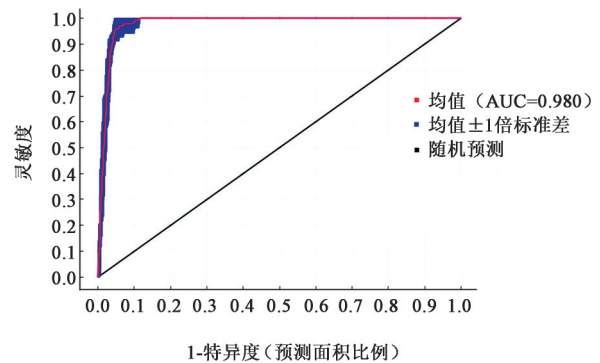


图1 小花清风藤生态适宜度预测结果平均ROC曲线

Fig. 1 Average ROC curve for ecology suitability prediction result of *Sabia parviflora*

3.1.2 主要环境因子分析 根据方法2.1.2对8类共83个环境因子进行筛选,最终得到15个环境因子作为变量对小花清风藤进行生态适宜性研究,见表1。11月降水量对小花清风藤分布影响最大,达34.0%;温度季节性变化的标准差(15.2%),海拔(12.4%),10月降水量(9.7%),7月辐射(7.2%),最暖季降水量(7.0%)影响次之;3月,6月,12月降水量,最干季降水量,6月,10月辐射,10月最高温,植被类型及坡向影响较小。根据刀切法检验结果,最暖季降水量(bio18)、最干季降水量(bio17)及温度季节性变化的标准差(bio4)所占权重较高。见图2。

结合贡献率及刀切法检验结果,对影响小花清风藤分布的主要环境因子11月降水量,温度季节性变化的标准差,海拔,10月降水量,最暖季降水量及最干季降水量进行响应曲线分析。小花清风藤适生程度大于0.5的环境因子特征为11月降水量(40.81~54.44 mm, 98.53~183.70 mm);温度季节性

表1 MaxEnt模型运算的环境因子贡献率

Table 1 Percent contribution of environmental factors calculated by MaxEnt model

环境因子	贡献率/%
11月降水量	34
温度季节性变化的标准差	15.2
海拔	12.4
10月降水量	9.7
7月辐射	7.2
最暖季降水量	7
10月辐射	3.3
6月辐射	3
6月降水量	2
12月降水量	1.9
植被类型	1.2
3月降水量	1.1
坡向	1
10月最高温	0.9
最干季降水量	0.1

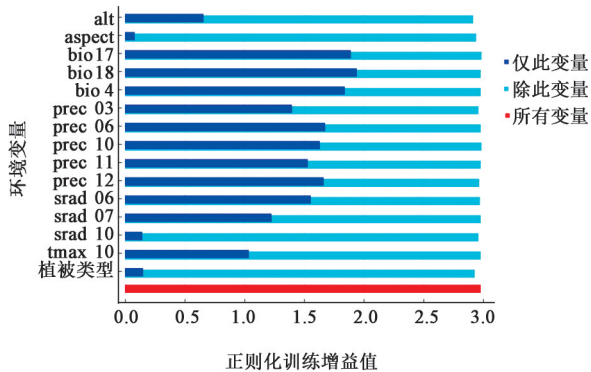


图2 小花清风藤生态适宜度预测结果刀切检测

Fig. 2 Jackknife map for ecology suitability prediction result of *Sabia parviflora*

变化的标准差(150.74~561.37);海拔(758.72~1 897.38 m);10月降水量(82.39~202.72 mm);最暖季降水量(620.64~982.92 mm);最干季降水量(48.33~74.65 mm)。见图3。

3.1.3 小花清风藤适宜性等级区划 基于小花清风藤分布数据及15个环境因子10次MaxEnt预测后的平均值进行生态适宜区分析。经重分类,得到小花清风藤适宜性等级区划图,见图4。白色区域代表小花清风藤的非适生区,蓝色区域代表低适生区,黄色区域代表中适生区,红色区域代表高适生区。由预测结果可知,小花清风藤分布区主要位于我国西南部。高适生区总面积为126 805.02 km²,占全国面积的1.32%,主要分布在贵州西南部,广西西

部及云南南部部分地区;在西藏东南部林芝地区也有少量高适生区分布。中适生区围绕高适生区,总面积为150 227.30 km²,占全国面积的1.56%,位于云南、贵州、广西、西藏、广东、湖南、台湾等省区。低适生区总面积为226 859.91 km²,占全国面积的2.36%,除中、高适生省区外,在四川、重庆、湖北、福建、海南及浙江也有一定概率的分布可能性。各省区分布面积及比例统计见表2。

3.2 小花清风藤的品质适宜性研究

3.2.1 小花清风藤7种化学成分含量 小花清风藤36个样品中总皂苷,总黄酮,槲皮素-3-O-龙胆双糖苷, camellianoside, tsubakioside A, 山柰酚-3-O-芸香糖苷, 异鼠李素-3-O-芸香糖苷的含量测定结果见表3。

3.2.2 小花清风藤化学成分与环境因子的相关性

36个样品中总皂苷,总黄酮,槲皮素-3-O-龙胆双糖苷, camellianoside, tsubakioside A, 山柰酚-3-O-芸香糖苷, 异鼠李素-3-O-芸香糖苷的含量测定结果与83个环境因子进行Spearman相关性分析,见表4。坡度,6月降水量,最湿月降水量的增加一定程度会提高小花清风藤中总皂苷和总黄酮的积累量。tsubakioside A含量与降水量、辐射强度、温度变化均有显著相关性。山柰酚-3-O-芸香糖苷的含量与辐射强度及温度变化也具有一定相关性。此外,槲皮素-3-O-龙胆双糖苷, camellianoside, 异鼠李素-3-O-芸香糖苷含量与环境因子无显著相关性。

3.2.3 小花清风藤相关指标空间含量估计 基于生态适宜性区划结果,对小花清风藤在主要适生省区(云南、贵州、广西)的分布进行品质区划。选择对总皂苷影响较大的坡向,对总黄酮影响较大的6月降水量、最湿月降水量,对tsubakioside A影响较大的3月辐射、昼夜温差与年温差比值、温度季节性变化的标准差,对山柰酚-3-O-芸香糖苷影响较大的2月辐射、温度季节性变化的标准差及年均温变化范围作为各类成分的解释变量,进行协同克里金空间插值。与环境因子无显著相关性的槲皮素-3-O-龙胆双糖苷, camellianoside, 异鼠李素-3-O-芸香糖苷则不插入解释变量,进行克里金空间插值分析。空间插值结果表明,总皂苷含量较高的地区主要分布在云南、贵州、广西三省交界处。总黄酮含量较高的地区主要位于贵州西部。槲皮素-3-O-龙胆双糖苷含量在广西西部相对较高。camellianoside与tsubakioside A的含量总体上呈现由西向东逐渐增高的趋势。山柰酚-3-O-芸香糖苷含量在云南南部

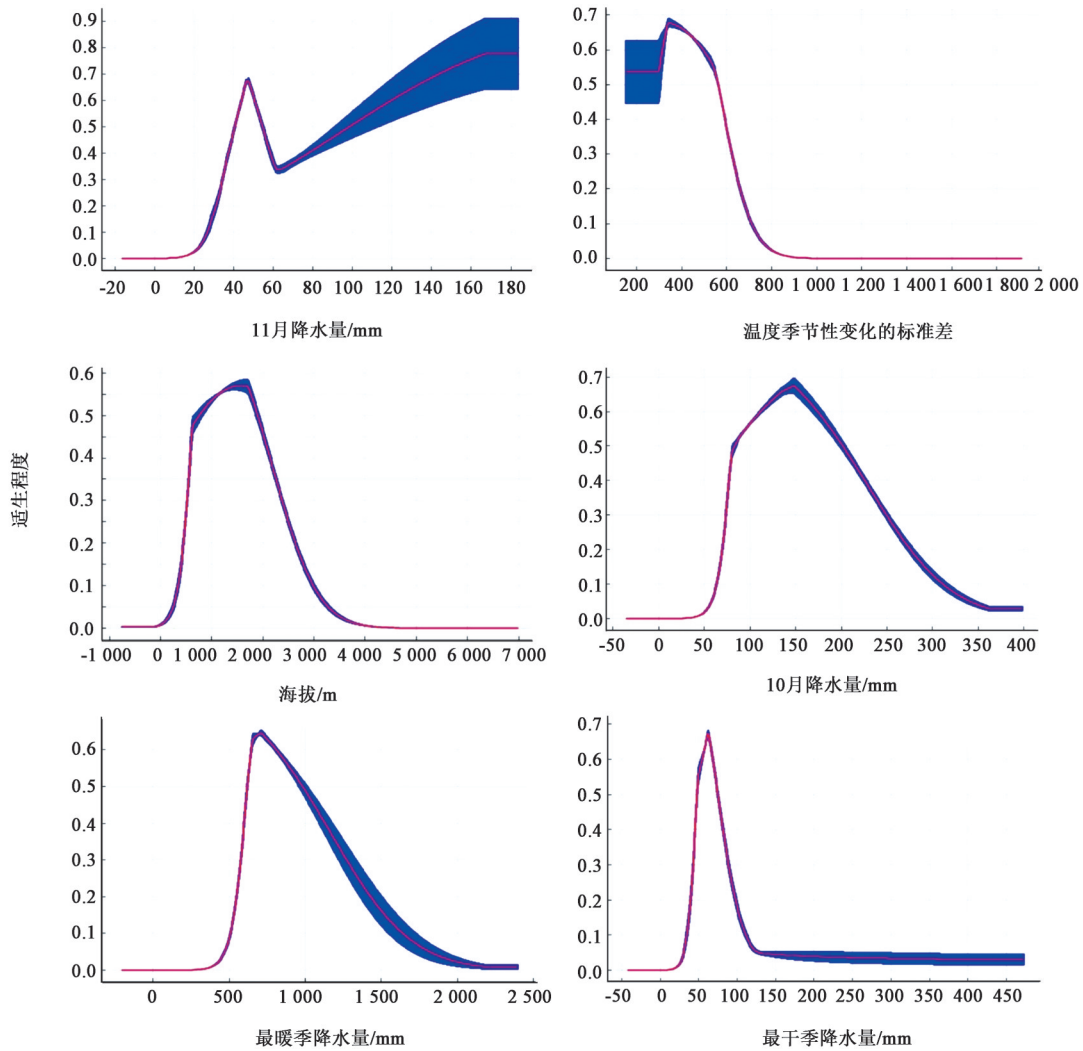


图3 影响小花清风藤分布的主要环境因子响应曲线

Fig. 3 Response curve of main environmental factors affecting the distribution of *Sabia parviflora*

及东南部部分地区相对较高。异鼠李素-3-O-芸香糖苷含量较高地区主要分布在贵州西南部。

3.2.4 小花清风藤品质综合评价结果 基于生态适宜性区划与各成分含量空间分布结果,构建的小花清风藤综合品质区划图,见图5。小花清风藤的综合高品质区连片且集中于贵州西南部地区,以晴隆县、关岭县、镇宁县、普安县、兴仁县、贞丰县、安龙县等为中心,扩散至望谟县、册亨县、盘州市、兴义市、紫云县等地区。此外,在云南南部及广西西部也有一些零星分布的综合高品质区。

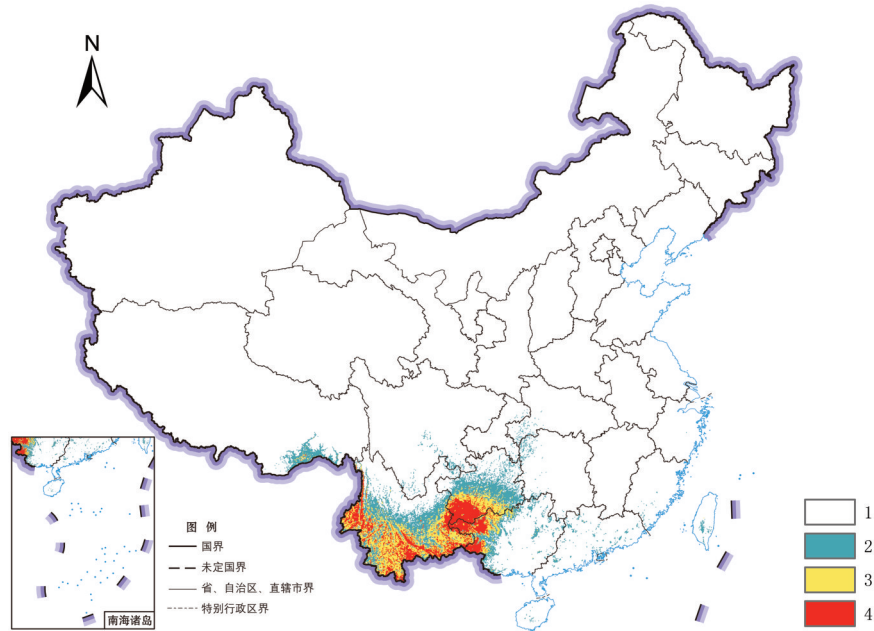
4 讨论与总结

4.1 小花清风藤的生态适宜性分析 据《中国植物志》^[1]记载,小花清风藤主要分布在云南东南部至西南部、贵州西部及西南部、广西西部及西南部。本次研究采用MaxEnt生态位模型对小花清风藤的潜在适宜分布区进行预测,预测结果AUC值高,且与

前期野外实地考察及文献记录分布基本吻合,表明基于一定数量的物种分布数据,采用MaxEnt模型,能够较为准确的对物种潜在分布区进行预测。

小花清风藤是一种喜生于相对阴湿环境的藤本植物,主要生长于山坡下部、中部,可生长于土壤、石沟及岩石隙中^[20-21]。根据本次预测结果,10月,11月降水量,最暖、最干季降水量,温度季节性变化的标准差及海拔是影响小花清风藤分布的主要环境因子。其主要分布的云南、贵州、广西地区,属亚热带季风气候,为喀斯特地貌典型地区。该地区年降水量充沛,但季节分配较不均匀;四季不分明,冬季温暖,夏季炎热,为小花清风藤提供了适宜的生存环境^[22]。

课题组将野外调查采集的小花清风藤引种至贵州中医药大学药用植物种质资源圃,属预测结果的中低适生区交界处。经过近几年的观察发现,尽



审图号GS(2021)6336号

1. 非适生区;2. 低适生区;3. 中适生区;4. 高适生区

图4 小花清风藤适宜性等级区划

Fig. 4 Suitability grade regionalization map of *Sabia parviflora*

表2 小花清风藤各省适生区面积及比例

Table 2 Suitable area and proportion of each province of *Sabia parviflora*

省级行政 区	低适生区		中适生区		高适生区	
	面积/km ²	占比/%	面积/km ²	占比/%	面积/km ²	占比/%
云南	89 506.30	39.45	105 341.57	70.12	72 790.19	57.40
贵州	54 978.04	24.23	25 049.16	16.67	27 976.99	22.06
广西	34 900.58	15.38	18 317.88	12.19	25 869.81	20.40
西藏	20 592.82	9.08	1 418.91	0.94	168.03	0.13
广东	7 443.63	3.28	61.01	0.04	-	-
湖南	6 765.62	2.98	18.95	0.01	-	-
台湾	2 081.15	0.92	19.82	0.01	-	-
四川	5 877.31	2.59	-	-	-	-
重庆	1 129.05	0.50	-	-	-	-
湖北	2 300.74	1.01	-	-	-	-
福建	756.22	0.33	-	-	-	-
海南	508.74	0.22	-	-	-	-
浙江	19.71	0.01	-	-	-	-

管小花清风藤能正常生长开花,但结实率较低,且种子难见正常发育成熟。据此,可推测小花清风藤在高适生区能够正常生长繁衍,但随着适生度的下降,其在自然状态下靠自身生殖繁衍的能力随之减弱,直至无法正常生长。

4.2 小花清风藤的品质适宜性分析 2003年版《贵州省中药材、民族药材质量标准》中记载小花清风

藤以夏、秋两季采收的茎、叶入药^[19]。本课题组在前期研究中发现,小花清风藤不同部位的药效成分含量有所差异,且茎中的药效成分含量受生长年限变化的影响较大,而叶中的含量相对较为稳定^[14-15]。因此,本研究采用小花清风藤叶部位作为品质的考察指标,更具稳定性及代表性。

次生代谢产物的积累受到遗传特性及包括气候、土壤、地质等在内的生态因素和包括采收时间在内的采收加工技术等的影响^[23]。在将小花清风藤药效成分含量与环境因子进行相关性分析后发现,槲皮素-3-O-龙胆双糖苷, camellianoside, 异鼠李素-3-O-芸香糖苷含量与83个环境因子无显著相关性,这可能是因为本研究所采用的环境因子有限,未进一步考虑土壤、地质等的影响。此外,同为黄酮类的 tsubakioside A 和山柰酚-3-O-芸香糖苷,均与1月到4月的辐射强度具有相关性,但分别呈现显著负相关和正相关。这些成分受各种因素的影响究竟有无显著偏性,其产生和积累又是如何受到调控的,尚需相关研究进一步阐明。

4.3 小结 综上所述,本研究采用 MaxEnt 生态位模型,探索了影响小花清风藤生长的主要环境因子,及其适宜性等级分布状态。并结合以总皂苷,总黄酮,槲皮素-3-O-龙胆双糖苷, camellianoside, tsubakioside A, 山柰酚-3-O-芸香糖苷, 异鼠李素-3-O-芸香糖苷为指标的空间插值结果,预测出小花清

表3 小花清风藤中7种化学成分含量测定

Table 3 Determination of seven chemical components of *Sabia parviflora*

No.	样品采集地点	总皂苷	总黄酮	槲皮素-3-O-龙胆 双糖苷	camellianoside	tsubakioside A	山柰酚-3-O- 芸香糖苷	异鼠李素-3- O-芸香糖苷
1	贵州省镇宁县	5.476	34.630	1.132	4.722	1.348	0.711	0.903
2	贵州省兴义市	5.255	33.640	0.080	0.056	0.020	0.108	0.131
3	贵州省册亨县	4.813	35.420	0.260	1.591	0.206	0.472	0.487
4	贵州省水城县	4.370	21.960	0.266	1.606	1.418	0.125	0.190
5	贵州省关岭县	6.472	29.640	0.330	4.738	1.878	0.190	0.244
6	贵州省关岭县	3.928	25.920	0.118	1.705	0.624	0.323	0.273
7	贵州省水城县	6.914	27.150	0.236	3.032	1.041	0.303	0.375
8	贵州省晴隆县	7.025	30.160	0.171	2.421	0.923	0.416	0.202
9	贵州省普安县	6.250	26.780	0.864	2.149	0.477	0.337	0.480
10	贵州省普安县	5.808	21.690	0.072	2.200	0.552	0.319	0.243
11	贵州省望谟县	4.923	22.580	0.105	2.529	1.744	0.215	0.293
12	贵州省册亨县	6.029	23.340	1.705	6.445	2.059	0.998	1.075
13	贵州省普安县	4.813	21.770	0.461	3.036	1.142	2.715	2.229
14	贵州省镇宁县	3.875	9.907	0.206	0.864	0.865	0.288	0.151
15	贵州省罗甸县	3.205	9.122	0.357	4.046	1.762	0.515	0.699
16	贵州省水城县	9.286	15.770	0.263	0.022	1.226	1.488	0.835
17	广西省隆林县	5.412	15.710	0.326	1.452	0.891	0.746	0.236
18	广西省西林县	4.742	14.920	0.326	1.452	1.268	2.607	0.709
19	云南省罗平县	5.485	14.190	0.123	2.894	1.103	0.595	0.350
20	云南省师宗县	3.490	15.280	0.425	4.046	0.732	1.968	0.957
21	云南省师宗县	5.693	12.690	0.257	3.802	0.587	0.326	0.171
22	云南省罗平县	5.883	14.720	0.512	0.064	0.391	1.187	1.710
23	广西省乐业县	4.400	14.140	0.483	0.049	0.397	1.312	1.809
24	广西省乐业县	10.100	22.900	1.864	8.511	3.362	0.507	1.114
25	贵州省镇宁县	4.746	23.890	0.046	2.643	2.096	0.304	0.305
26	贵州省安龙县	5.253	22.290	0.073	4.931	1.452	0.207	0.080
27	贵州中医药大学引种	4.953	13.000	0.261	3.255	1.170	0.253	0.554
28	贵州省册亨县	9.987	19.390	0.303	2.461	0.758	0.189	0.283
29	贵州省册亨县	4.319	15.880	0.149	5.546	1.657	0.365	0.510
30	贵州省册亨县	4.930	13.950	0.448	4.870	1.803	0.541	0.701
31	贵州省册亨县	8.933	16.080	0.150	5.544	1.528	0.600	0.140
32	贵州省安龙县	16.660	19.050	1.138	2.941	0.372	1.958	2.113
33	贵州省兴义市	12.500	18.470	0.222	0.039	0.609	0.967	0.590
34	贵州省兴义市	8.238	26.920	0.296	2.389	0.196	0.563	0.258
35	贵州省兴义市	11.670	14.950	0.592	3.133	0.995	3.786	4.832
36	贵州省望谟县	4.854	17.840	0.233	1.282	0.621	0.819	0.552

风藤的综合高品质区主要集中在贵州省西南部,以晴隆县、关岭县、镇宁县、普安县、兴仁县等地区为核心的区域,是发展小花清风藤人工种植的理想产区。

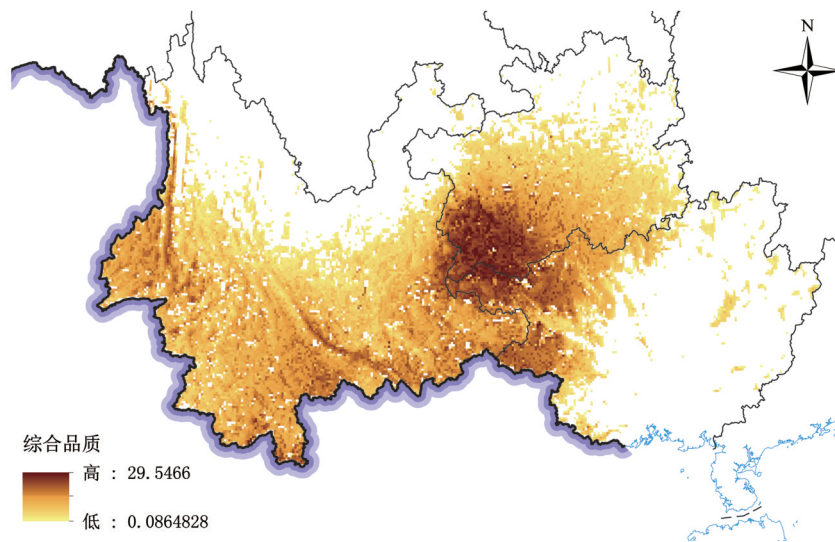
小花清风藤种子在自然状态下萌发率低,而近几十年来,由于无序的采挖及其他人类活动的干预,使小花清风藤野生资源分布及野生资源量受到破坏^[20],其分布范围可能远小于预测范围。因此,

表4 小花清风藤化学成分与环境因子的相关性系数

Table 4 Correlation coefficient between chemical constituents and environmental factors of *Sabia parviflora*

环境因子	总皂苷	总黄酮	tsubakioside A	山柰酚-3-O-芸香糖苷
坡度	0.341 ¹⁾			
4月降水量			0.511 ²⁾	
5月降水量			0.448 ²⁾	
6月降水量		0.370 ¹⁾		
9月降水量			-0.457 ²⁾	
1月辐射强度			-0.448 ²⁾	0.442 ²⁾
2月辐射强度			-0.503 ²⁾	0.453 ²⁾
3月辐射强度			-0.551 ²⁾	0.391 ¹⁾
4月辐射强度			-0.505 ²⁾	0.352 ¹⁾
最湿月降水量		0.363 ¹⁾		
昼夜温差月均值			-0.452 ²⁾	
昼夜温差与年温差比值			-0.539 ²⁾	0.416 ¹⁾
温度季节性变化的标准差			0.514 ²⁾	-0.434 ²⁾
年均温变化范围				-0.450 ²⁾

注：¹⁾ $P < 0.05$, ²⁾ $P < 0.01$ 。



审图号GS(2021)6336号

图5 小花清风藤综合品质区划

Fig. 5 Comprehensive quality regionalization map of *Sabia parviflora*

亟需加强对小花清风藤野生资源保护的相关研究。通过在高品质区实施建设规模化、规范化的种植基地,在保证药材品质的基础上,解决小花清风藤的市场需求,同时有效保护野生资源。

[利益冲突] 本文不存在任何利益冲突。

[参考文献]

[1] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志第47卷:第1分册[M]. 北京:科学出版社,1985:93-94.

[2] 李朝斗. 贵州产清风藤科入药植物[J]. 中药通报, 1987,12(8):5-6.
[3] 温迪,孙庆文,潘国吉,等. 清风藤属药用植物研究进展[J]. 贵州科学,2016,34(3):25-31.
[4] CHEN Y R, PAN G J, XU W F, et al. Spectrum-effect relationship study between HPLC fingerprints and antioxidant activity of *Sabia parviflora* [J]. J Chromatogr B, 2020, 1140: 121970.
[5] SUN Q W, PAN G J, XU W F, et al. Isolation and structure elucidation of a new flavonol glycoside from

- Sabia parviflora* [J]. Nat Prod Res, 2021, 35 (14) : 2408-2413.
- [6] 张雪晴,李曼姝,李玉玲,等. 我国清风藤属药用植物研究概况[J]. 生物资源,2018,40(6):477-490.
- [7] 朱耿平,刘国卿,卜文俊,等. 生态位模型的基本原理及其在生物多样性保护中的应用[J]. 生物多样性,2013,21(1):90-98.
- [8] 李响,张成福,贺帅,等. MaxEnt模型综合应用研究进展分析[J]. 绿色科技,2020(14):14-17.
- [9] 黄璐琦. 中药区划专题编者按[J]. 中国中药杂志,2016,41(17):3113-3114.
- [10] 孙洪兵,蒋舜媛,孙辉,等. 基于3S技术的羌活区划研究Ⅱ. 基于协同克里金插值的羌活品质适宜性分析及评价[J]. 中国中药杂志,2017,42(14):2633-2638.
- [11] 章鹏飞,张虹,张小波,等. 多花黄精生态适宜性区划研究[J]. 中国中药杂志,2020,45(13):3073-3078.
- [12] 董光,何兰,程武学. 基于MaxEnt和GIS技术的桔梗适宜性分布区划研究[J]. 中药材,2019,42(1):66-70.
- [13] 陈敬忠,刘济明,王灯,等. 基于AcrGIS中协同克里金插值的米槁品质适宜性分析及评价[J]. 四川大学学报:自然科学版,2020,57(3):583-590.
- [14] 潘国吉,徐文芬,孙庆文,等. 小花清风藤总黄酮的提取工艺及其含量的测定[J]. 华西药学杂志,2018,33(3):295-300.
- [15] 潘国吉,孙庆文,徐文芬,等. 小花清风藤中总皂苷含量测定[J]. 中成药,2018,40(6):1418-1421.
- [16] 孙庆文,潘国吉,徐文芬,等. 一测多评法测定小花清风藤中5种黄酮类成分的含量[J]. 中药材,2019,42(12):2861-2867.
- [17] 王运生,谢丙炎,万方浩,等. ROC曲线分析在评价入侵物种分布模型中的应用[J]. 生物多样性,2007,15(4):365-372.
- [18] 张颖,李君,林蔚,等. 基于最大熵生态位元模型的入侵杂草春飞蓬在中国潜在分布区的预测[J]. 应用生态学报,2011,22(11):2970-2976.
- [19] 贵州省药品监督管理局. 贵州省中药材、民族药材质量标准[M]. 贵阳:贵州科技出版社,2003:57.
- [20] 唐继方,邓朝义,卢永成. 黔西南州小花清风藤资源分布及利用状况调查[J]. 贵州林业科技,2002,30(3):8-10,18.
- [21] 邓朝义,程坤. 小花清风藤造林技术的研究[J]. 林业实用技术,2009,95(11):43-45.
- [22] 郭柯,刘长成,董鸣. 我国西南喀斯特植物生态适应性与石漠化治理[J]. 植物生态学报,2011,35(10):991-999.
- [23] 杨利民,张永刚,林红梅,等. 中药材质量形成理论与控制技术研究进展[J]. 吉林农业大学学报,2012,34(2):119-124,129.

[责任编辑 顾雪竹]