应用与环境生物学报 2011, 17(6): 774~781
Chin J Appl Environ Biol=ISSN 1006-687X
2011-12-25
DOI: 10.3724/SP.J.1145.2011.00774

外来入侵假臭草在中国分布区的预测*

邱宠华[1] 王奇志[1**] 余 岩[2]
([1]华侨大学生物工程与技术系 厦门 361021)
([2]四川大学生命科学院 成都 610064)

摘 要 假臭草原产南美洲, 上世纪80年代首次记载传入中国, 是潜在的恶性杂草. 为提供其在中国分布区的预测资料, 采用 397个采集数据和已有的146个分布点数据, 利用生态位模型(GARP)和Domain模型对分布区进行预测分析, 并通过AUC与MaxKappa进行模型评价. 结果显示: 近十年, 假臭草入侵记录增多, 入侵扩散加剧; 太阳辐射、水汽压、极端高温、霜日频率和水流方向对假臭草的分布限制较小, 雨日频率、坡向、坡度、海拔、年降水、年均温、地形指数和极端低温等8个环境因子对其分布影响显著; 入侵的主要植被类型是农田、灌木或草类覆盖嵌合区, 常绿、落叶灌木地带, 栽培植被及相关联地带等. 模型评价表明两种模型预测能力为较好及以上, 预测结果显示: 假臭草在西藏(除东南小块区域)、新疆、青海、内蒙古、宁夏, 陕西和山西北部地区, 黑龙江、吉林、辽宁(除辽东半岛小块区域)是不宜生长区; 最易入侵广东、广西、海南等地区, 其中华中部分省份、华北平原为适生区, 还未见有假臭草入侵的报道, 相关部门应引起重视, 严防入侵. 图4 表3 参40
关键词 GARP模型; Domain模型; 入侵植物; 假臭草; 分布区预测; 模型评价
CLC Q948 : S45

Predicted Potential Distribution of *Praxelis clematidea* in China*

QIU Chonghua[1], WANG Qizhi[1**] & YU Yan[2]
([1]*Department of Bioengineering and Biotechnology, Huaqiao University*, Xiamen 361021, Fujian, China)
([2]*College of Life Sciences, Sichuan University*, Chengdu 610064, China)

Abstract *Praxelis clematidea*, native to South America, was first reported in 1980s and has already been a noxious weed in China. In order to provide early warning for *P. clematidea* invasion, GARP and Domain models were applied to predict the species' distribution range based on the 397 recorded points and 146 known points, and the two models were evaluated by AUC and Maxkappa. The results indicated that the distribution records of *P. clematidea* had increased and it had further spread during the past 10 years. Solar radiation, water vapour pressure, maximum temperature, frost days, and flow direction had little impact, while 8 environmental factors such as wet days, aspect, slope, elevation, annual precipitation, mean annual temperature, topographic index and minimum temperature had great influence on *P. clematidea* potential range. The invaded vegetation types of *P. clematidea* were the mosaic of cropland/shrub or grass cover, the shrub cover, the artificial surfaces and associated areas, etc. Model evaluation showed that the results by two models were good. The results of prediction showed that Tibet (except a small area in southeast), Xinjiang, Qinghai, Inner Mongolia, Ningxia, north Shanxi and Shanxi, Heilongjiang, Jilin and Liaoning (except a small area in Liaodong Peninsula) were predicted as less vulnerable to *P. clematidea* invasion; *P. clematidea* was most liable to invade Guangdong, Guangxi and Hainan, etc. The invasion of *P. clematidea* had not been reported in some provinces of central China and the centre of North China Plain, which are likely to be suitable distribution area. Therefore urgent action should be taken and management must be reinforced to prevent this species from further spreading. Fig 4, Tab 3, Ref 40
Keywords GARP model; Domain model; invasion; *Praxelis clematidea*; distributions range; prediction; model evaluation
CLC Q948 : S45

假臭草(*Praxelis clematidea* R. M. King & H. Robinson)是菊科(Composite)假臭草属(*Praxelis*)植物[1], 又名猫腥菊[2], 原产南美洲. 1993年在澳大利亚的昆士兰州首次记录了假臭草的入侵, 现对澳大利亚北部、巴布新几内亚、东南亚及太平洋一些岛屿造成很大威胁[3]. 假臭草与本土植物竞争养分、水分、阳光等, 影响本土植物的生长, 威胁生态系统的结构和功能[4].

20世纪80年代假臭草在中国香港首次被发现, 但一直被误认为熊耳草(*Ageratum houstonianum* Miller, Gard. Dict., ed.)[5], 90年代才重新鉴定[6], 定名为*Eupatorium catarium* Veldkamp [2], 合法的拉丁学名是*P. clematidea* R. M. King & H. Robinson [1]. 近年来假臭草在海南、台湾、广东、福建等地先后有分布记录[7~10], 被列入《海南岛外来入侵危险性动植物名录(一)》[11]. 假臭草在华南能迅速覆盖整个果园的地面, 对土壤水份和肥力的吸收力强, 能够破坏土壤可耕性, 严重影响果树的生长. 当其入侵牧场后, 能分泌一种有毒的恶臭味, 影响家畜的觅食[12]. 假臭草对入侵地区生物的生存构成了威

收稿日期: 2011-05-09 接受日期: 2011-09-07
*福建省自然科学基金项目(No. 2010J05076)和华侨大学引进人才基金项目(No. 09BS305) Supported by the Natural Science Foundation of Fujian, China (No. 2010J05076) and the High-level Talent Funds of Huaqiao University (No. 09BS305)
**通讯作者 Corresponding author (E-mail: wqz@hqu.edu.cn)

胁，会造成严重的经济损失[2].

目前，假臭草的研究主要集中在化感作用等方面[13~17]，而对其分布区研究尚未见报道. 已有有多种生态模型可以对入侵植物的分布区进行预测研究，如：GARP、CLIMEX、BIOCLIM、DOMAIN、SVM等. 其中，GARP生态位模型（Genetic algorithm for rule-set production）是利用物种的已知分布数据和环境数据进行计算，产生不同组合的模型来判断物种的生态需求，预测该物种在研究区域的分布[18]. 由于其预测结果较为准确，软件可以免费获取，且有环境数据等优点，已经得到广泛运用[19~24]. Domain模型是建立Gower矩阵，根据分布点与它周围地区的环境变量进行相似性比较分析，对物种的分布区进行预测[25]，其算法简单，更易于操作，结果也较为直观. 模型评价分为阈值依赖性评价与非阈值依赖性评价两种，其评价指标一般有以下几个：准确百分率（Correct classification rate）、灵敏度（Sensitivity）、特异度（Specificity）、Youden指数（Youden's index）、阳性似然比（Positive likelihood ratio）、Kappa统计量（Kappa statistic）、AUC值（Area under the ROC curve）等[26]，其中除AUC值以外的指标均会受到阈值选取的影响. 在阈值依赖的指标中，Kappa统计量已被广泛用作模型评价参数[27~28]，它综合考虑了物种丰度即物种分布率、灵敏度和特异度，并且使用Diva-Gis能方便地进行计算. Kappa统计量一般是比较系列阈值中最大的Kappa值（MaxKappa）的大小. Kappa统计量取值范围为[-1,+1]，小于或等于0时表示模型预测效果没有随机分布模型效果好，值越靠近1，表示模型的预测效果越好. 阈值依赖判断法受阈值影响较大，选取不同的阈值则Kappa值不一样. 而通过计算不同模型的AUC值来比较其预测效果，不受阈值影响，因而更客观. 本文采用假臭草的采集和分布数据，利用GARP和Domain模型的运算结果，预测其在中国的潜在分布区，并采用MaxKappa和AUC值对两种模型进行评价，为假臭草的防治提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 分布数据来源及分析软件

查询中国数字植物标本馆（http://www.cvh.org.cn/）、国家科技部教学标本资源共享平台（http://mnh.scu.edu.cn/）数据库，以及全球生物多样性信息交换所（Global biodiversity information facility, GBIF）的信息，并查阅国内外公开发表的文献[29~37]，共收集假臭草在原产地南美洲分布点82个，中国分布点34个，并在地名数据库GNDB（Geographic Names Database, http://gnswww.nga.mil/geonames/GNS/index.jsp）核对得到相应的经纬度. 其中原产地分布点数据主要从全球生物多样性信息交换所（GBIF）获得. 2008~2010年间，课题组在假臭草入侵调研中，记录各调查点假臭草分布点的经度、纬度以及海拔，最后结合标本数据共获取543个分布点信息. GARP环境数据集包括14个环境因子变量，其中温度、海拔、降水数据来自世界气候数据库（Worldclim）（http://www.worldclim.org），其余采用Desktop GARP自带的11个世界范围内的环境因子，所有环境变量的空间分辨率为0.1°. ArcGis 9.2和Diva-Gis 5.4的分析底图来自国家基础地理信息系统网站（http://nfgis.nsdi.gov.cn）. Desktop Garp 1.1.6从http://www.lifemapper.org/desktopgarp下载，Diva-Gis 5.4从http://www.diva-gis.org下载. Diva-Gis采用的气候数据来源于世界气候数据库，选择与温度和降雨量相关的19个对物种分布有重要影响的生物气候变量. 植被类型图来自网站http://biogeo.berkeley.edu/bgm/gdata.php.

1.2 假臭草世界分布动态图的生成

以ArcGis 9.2中自带的世界地图为底图，将收集到的各年代假臭草的分布数据导入，生成假臭草在世界范围内的分布动态图.

1.3 地理分布图的生成

以中国植被类型图为底图，结合已知的假臭草分布点信息，用Diva-Gis软件绘制假臭草的地理分布图.

1.4 最优环境因子的获得及模型预测

在使用Desktop Garp进行预测时，导入假臭草原产地南美洲82个分布数据，每次运算随机选取75%数据用于建立模型，余下25%用于内部模型质量检验，训练数据不少于20个. 在选取最优的环境因子时，首先将14个环境因子一起进行1 000次模型运算，将所获得的遗漏误差95%置信区间的算术平均值作为基础溢出误差. 然后使用刀切法（Jackknife）分析环境因子对结果的影响[23]，去除会增大误差的环境因子. 在最终分析中，重复创建1 000次模型，并生成 ARC格式的图层. 运算完毕后，选取零误差中与实际分布面积最接近的前50个最优模型，利用ArcGis 9.2的空间扩展模块（Spatial analyst tools），将最优模型的预测结果进行等权重叠加，生成假臭草的适生图. 每个栅格叠加的结果在0~50之间，其百分比即为重叠值（Overlap value, OV），是模型中预测该栅格为适生区的模型数量，重叠值越大表示该栅格的环境参数越适合物种的生存. 根据重叠系数的大小可以将预测的区域划分为：高度适生区（OV≥90%），适宜生长区（70%＜OV≤90%），可以生长区（50%＜OV≤70%）和不适生长区（OV≤50%）.

1.5 Domain模型对假臭草潜在分布区的预测

收集的假臭草原产地分布数据输入Excel表格中，保存为DBF格式，导入Diva-Gis中，采用Worldclim提供的气候数据进行预测分析. 根据网格与所有分布点的最大相似度作分布区预测图，并根据相似度的大小将预测的区域划分为：高度适生区（相似度≥70%），适宜生长区（60%＜相似度≤70%），可以生长区（50%＜相似度≤60%）和不适生长区（相似度≤50%）.

1.6 模型评价

通过Diva-Gis的数据功能导出GARP的训练点集文件和验证点集文件，共创建10组作10次重复，训练点集分别导入两模型运算得到栅格图，再用Diva-Gis创立验证文件命令（Create evaluation file）得出ROC格式的文件，最后用show ROC/Kappa进行Kappa统计量的计算，取平均值. 另将上述ROC文件导入Diva-Gis，同样用show ROC/Kappa命令，进行AUC值的计算，取平均值.

2 结果与分析

2.1 假臭草在中国的入侵动态变化

假臭草原产南美洲，上世纪80年代开始在中国有入侵的记录，但1980~2000年关于假臭草在中国分布记录的数据变化少，至2000年后记录点才增多（图1，表1）.

2.2 环境因子选择及模型选择

使用刀切法获得各组环境因子的遗漏误差的平均值见表2. 14个环境因子进行1 000次模型运算所得的基础遗漏误差为0.010 32，雨日频率、坡向、坡度、海拔等8个环境因子的遗漏误差大于基础遗漏误差的105%，对预测结果影响显著. 汇流累积量的影响为一般. 而太阳辐射，水汽压，极端高温，霜日频率和水流方向会增加遗漏误差，降低模型预测的准确性，因此在模型预测中未被采用. 最终采用上述8个对预测结果影响显著环境因子建立预测模型，得到50个最优模型.

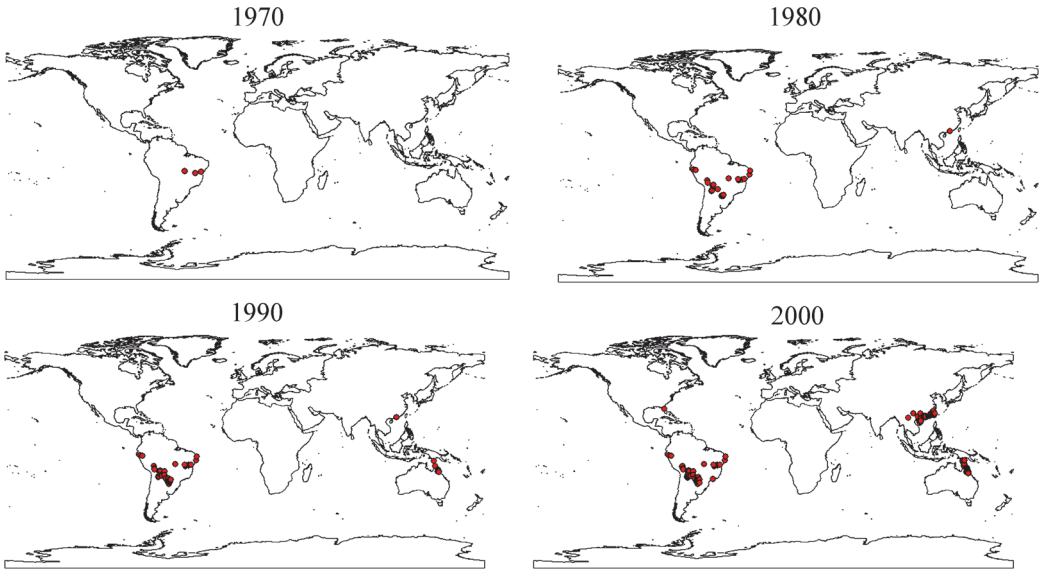


图1 假臭草在全球的分布动态示意图

Fig. 1 Historical invasion and expansion process of *P. clematidea* on the earth

表1 调查地假臭草分布状况（2008~2010）

Table 1 Distribution of *P. clematidea* in the areas of investigation (2008~2010)

省份 Province	调查地点 Areas of investigation	分布状况 Distribution	经度(α/°) Longitude	纬度(φ/°) Latitude	海拔(h/m) Elevation
江苏 Jiangsu	盐城 Yancheng	−	120.15	33.42	9
福建 Fujian	浦城 Pucheng	−	118.52	28.03	277
	南平 Nanping	−	118.17	26.65	262
	邵武 Shaowu	−	117.31	27.16	378
	泰宁 Taining	−	117.08	26.86	269
	明溪 Mingxi	−	117.41	26.41	409
	福鼎 Fuding	+	120.22	27.29	6
	福州 Fuzhou	+	119.23	26.09	10
	泉州 Quanzhou	+	118.63	24.95	28
	晋江 Jinjiang	+	118.58	24.74	39
	厦门 Xiamen	+	118.08	24.61	29
	龙海 Longhai	−	117.82	24.50	32
	龙岩 Longyan	−	117.03	25.11	29
	连城 Liancheng	−	116.76	25.76	713
	武平 Wuping	−	116.10	25.16	298
广东 Guangdong	潮州 Chaozhou	+	116.67	23.65	24
	汕尾 Shanwei	+	115.37	22.79	不详
	珠海 Zhuhai	+	113.55	22.37	10
	湛江 Zhanjiang	+	110.31	21.14	12
海南 Hainan	文昌 Wenchang	+	110.81	19.52	8
	万宁 Wanning	+	110.53	19.07	10
	三亚 Sanya	+	109.56	18.25	25
	琼中 Qiongzhong	+	109.85	19.03	218
	儋州 Danzhou	+	109.50	19.51	132
	海口 Haikou	+	110.33	19.98	28
广西 Guangxi	南宁 Nanning	−	108.37	22.85	79
	桂林 Guilin	−	110.29	25.29	150
贵州 Guizhou	凯里 Kaili	−	107.98	26.60	621
澳门 Macao	黑沙环 Areia Preta	+	113.55	22.21	12

“+”和“−”分别表示该调查地发现或未发现假臭草分布

“+” and “−” indicate the presence or absence of *P. clematidea* distributing in the areas of investigation

表2 生态位模型参数
Table 2 Environmental parameters for the niche model

环境因子 Environmental parameter	影响 Effect	遗漏误差 Omission error	状态 Contain
雨日频率 Wet days	显著 Significant	0.03408	+
坡向 Aspect	显著 Significant	0.02240	+
坡度 Slope	显著 Significant	0.02064	+
海拔 Elevation	显著 Significant	0.01600	+
年降水 Annual precipitation	显著 Significant	0.01536	+
年均温 Mean annual temperature	显著 Significant	0.01392	+
地形指数 Topographic index	显著 Significant	0.01136	+
极端低温 Minimum temperature	显著 Significant	0.01104	+
汇流累积量 Flow accumulation	一般 Limited	0.0104	+
太阳辐射 Solar radiation	误差 Uninfluential	0.00896	—
水汽压 Water vapour pressure	误差 Uninfluential	0.00752	—
极端高温 Maximum temperature	误差 Uninfluential	0.00608	—
霜日频率 Frost days	误差 Uninfluential	0.00528	—
水流方向 Flow direction	误差 Uninfluential	0.00496	—

“+”和“—”分别表示该环境因子包含或不包含在最终的分析中
“+” and “—” indicate that the environment parameters are included (or excluded) respectively in the final analysis

2.3 假臭草入侵地的植被类型

整合假臭草分布记录和中国植被类型图的结果（图2）显示，其入侵地区的植被类型主要为农田、灌木或草类覆盖嵌合区（Mosaic: Cropland/shrub and/or grass cover），常绿灌木地带（Shrub Cover. closed-open. Evergreen），落叶灌木地带（Shrub Cover. closed-open. Deciduous），栽培植被及相关联地带（Artificial surface and associated areas）. 林木与其它天然植被嵌合区（Mosaic: Tree cover/other natural vegetation）也有少量分布点.

2.4 GARP模型预测假臭草在中国的分布区

50个最优模型与假臭草分布点叠加生成适生区预测图（图3），高度适生区（OV≥90%）大部分位于中国的热带、亚热带，以及暖温带的部分地区. 中国的重庆、贵州、广西、湖南、湖北、福建、江西、浙江、江苏、安徽、山东，四川的东部、河北的南部、陕西和山西的南部，西藏东南部的小块地区以及河南、云南、海南、广东、台湾的大部分地区，是假臭草的高度适生区；贵州的东北部、湖南西北部、湖北西部、陕西中部和南部的小块地区，以及山东的中部和东部部分地区

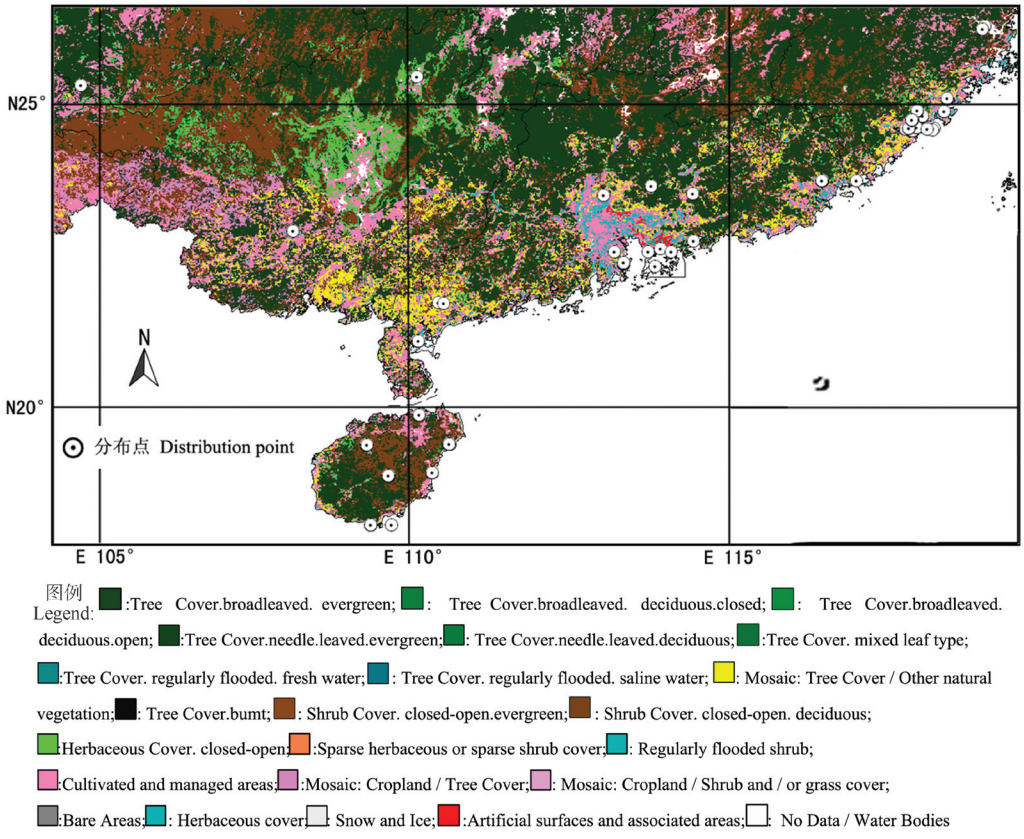


图2 中国主要假臭草入侵地植被类型示意图
Fig. 2 Land vegetation types in the principal distribution of *P. clematidea* in China

为适生区(70%<OV≤90%);贵州西北部、胶东半岛东部,四川、湖北、河南等省的部分地区是生长区(50%<OV≤70%);西部和北部的大部分地区都为不宜生长区(OV<50%). 由于环境因子中未包括南海群岛的数据,所以这部分地区没有叠加值.

2.5 Domain模型预测假臭草在中国的分布区

利用Diva-GIS中的Domain模型生成假臭草在中国的潜在分布图(图4),高度适生区(相似度大于70%)主要位于福建沿海地区,台湾东部沿海地区,广东、广西和云南大部分地区,海南省全境,四川省东部小块地区;江苏南部,浙江沿海地区,福建西部,江西、贵州和重庆大部分地区,四川东部,陕西南部则为适生区(60%<相似度≤70%),江苏、安徽、湖北、山东、河南大部分地区,陕西中部,山西省的南部为可生长区(50%<相似度≤60%),西部和北部的大部分地区为不宜生长区(相似度<50%). 由于气候数据中未包括南海群岛的数据,所以这部分地区没有相似度.

2.6 模型评价

在模型评价中,AUC与MaxKappa值越大,表示模型的预测效果越好. 按照Swets所使用的指标[38],AUC值在0.9到1.0之间表示预测能力极好,0.8到0.9之间为好,0.7到0.8之间为较好. 由表3数值得出,两模型预测能力为较好及以上,Domain模型的AUC值与MaxKappa值均略大于GARP.

表3 模型评价指标

Table 3 Index of evaluation models

评价指标 Evaluation index	模型 Model	结果 Result
AUC	GARP	0.774
	DOMAIN	0.883
MaxKappa	GARP	0.724
	DOMAIN	0.852

3 讨论

3.1 假臭草在中国入侵历史分析

假臭草原产南美,在阿根廷、玻利维亚和巴西等国有分布,并记录了大量的分布点(图1). 上世纪80年代在我国香港发现假臭草,90年代开始在深圳出现[12],现已成为广东、海南、福建的一种入侵较为严重的杂草. 90年代假臭草在中国的分布数据较少,主要的分布信息集中于2000年之后. 本课题组在野外调研数据(表1)说明,假臭草入侵的前期并未引起相关部门的重视,缺乏监控和管理,导致假臭草在中国沿海省份能迅速自然和人为入侵,成为潜在的恶性杂草.

3.2 环境因子与假臭草分布的关系

14个环境因子中,有8个对假臭草的适生区分布影响显著,另外6个环境因子影响一般或不显著(表2). 在影响显著的环境因子中,并非有某一环境因子在假臭草的分布中起到决定性的作用,而是两个或多个环境因子共同作用,影响了假臭草的分布.

雨日频率、坡向、坡度、年降水对假臭草的分布影响显著,汇流累积量的影响为一般(表2),这些因子都与水有关. 坡向会影响降水[23]. 坡度影响当地的水热分配,且与该栅格内的水流速度相关. 而汇流累积的数值越大,该区域越易形成地表径流. 假臭草在干旱胁迫下,幼苗生长将受到抑制[39]. 由此可见雨水充沛的地方更利于假臭草的分布. 例如中国南方沿海地区(图3),适宜假臭草的生长,而西部降雨偏少,不易受到假臭草的入侵.

前人的研究表明,假臭草的种子在一定温度范围内(15~45 ℃)才能萌发[40],这与本研究得到年均温对假臭草的分布影响显著相吻合. 极端低温对假臭草的分布影响显著,可能是由于过低的温度导致种子不能萌发[40]. 野外调查数据也表明,假臭草主要分布在较低海拔区域(表1),温度较低的高海拔地区不利假臭草的生长. 太阳辐射、水汽压、极端高温、霜日频率和水流方向会增加GARP模型的遗漏误差,降低模型预测的准确性,在最终的模型预测中未被采用,这5个环境因子对假臭草分布的影响还需进一步的研究.

3.3 假臭草生境分析

本研究结果(图2)显示,假臭草能适应不同的生境,既能入侵人为的栽培植被,也能入侵自然植被覆盖的区域,同时在灌木或林木中都可生长. 其中农田、果园和人工草地等,人为干扰较大,易传播假臭草种子,同时人工管理的土壤肥力较高,为假臭草生长提供了更好的条件. 假臭草的种子小且轻,附有白色冠毛,可通过风和粘附在动物皮毛上传播到一些自然的生境. 因此,各种适生生境都极易遭受假臭草的人为和自然入侵. 一旦发现其生长,则应立即拔除、或引入对假臭具有极高寄主专一性的生防真菌和天敌昆虫,或采用相关的治理方法,防止假臭草的进一步入侵.

假臭草是喜光的阳性物种[4],低矮的灌木丛分布区远大于林木覆盖的区域(图2),因此在适生区重要的灌木丛植物类型区域,应重点防治,防止假臭草的自然入侵.

3.4 模型评价

不同模型运算原理不同,预测的结果并不一样,甚至用同一个模型使用不同的参数设置也会得到不同的预测结果. 对于每种模型来讲,都存在这样或那样的偏好性,没有一种完美的模型可以作为所有情况下通用的模型,经模型评价后得出的结果也只是相对而言效果较好的[26]. GARP预测结果倾向于将更多的验证点预测为存在,是一些最优模型的叠加,扩大了适生区范围,这就使得多个预测结果的适生区范围差异减小,适合在入侵生物学研究中应用;Domain模型对环境变量进行相似性比较分析,其预测结果则较为细腻,范围较小一些,适合在保护生物学范畴中应用. 两模型预测同一物种结果并不完全吻合,因此重叠部分即为最主要的适生区,以Domain为主,GARP作参考,就能获得比用单一模型更准确、适用范围更广的结果.

3.5 假臭草在中国的分布区预测和警示

结合GARP和Domain模型预测的分布图,中国的广东、广西、云南和海南省的大部分地区,台湾东部沿海,福建沿海地区,以及四川的东部小块地区在两种模型的预测结果中都显示为高危区域,这些地区应引起有关部门的高度重视. 在Domain模型中,江西、贵州、重庆,以及浙江沿海等地区为适生区,江苏、安徽、河南等地区为可生长区,而在GARP模型中预测这些地区为高危区,说明假臭草有向华中和华北一些省份扩散的可能. 目前这些地区尚未见假臭草入侵的报道,有关部门应对这些地区要加强监控和管理,采取有效措

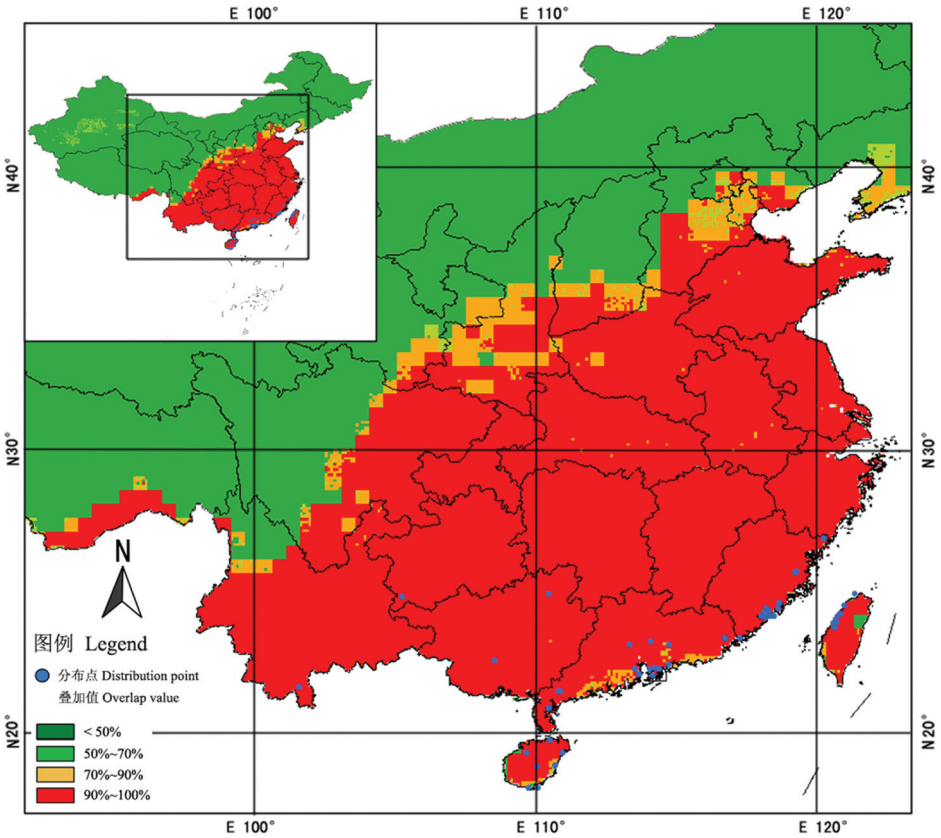


图3 基于生态位模型预测的假臭草在中国的分布示意图

Fig. 3 Predicted distribution of *P. clematidea* based on GARP ecological niche model

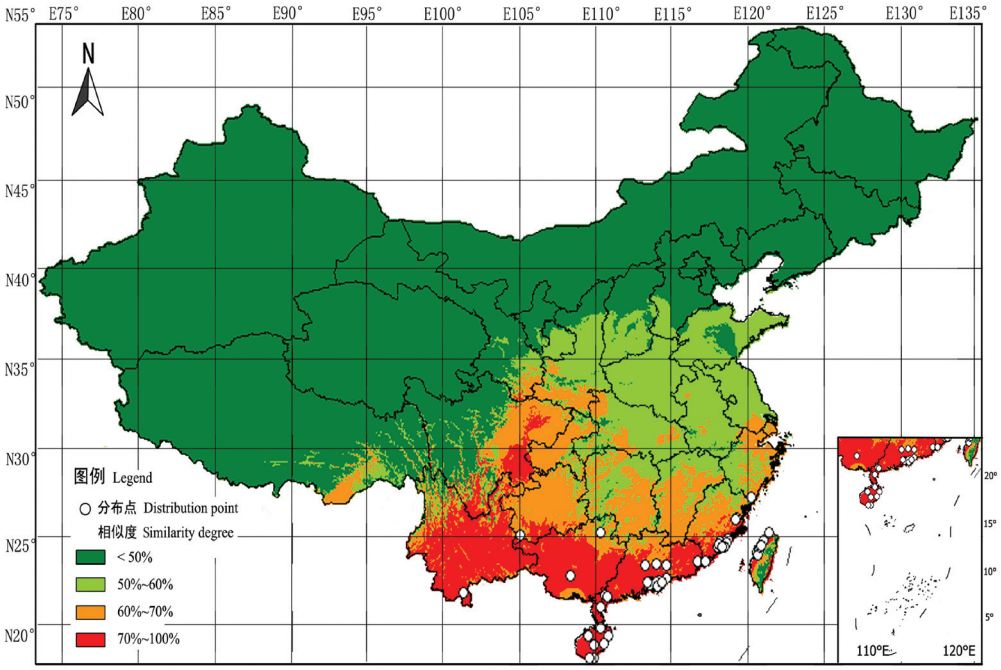


图4 基于Domain模型预测的假臭草在中国的分布示意图

Fig. 4 Predicted distribution of *P. clematidea* based on Domain model

施防止假臭草的人为和自然入侵.

华北平原是中国粮食的重要产地, 在GARP模型中被预测为高危区, Domain模型中被预测为可生长区, 因此需要建立预警机制, 防止假臭草的入侵, 以免给农业生产带来危害. 而西藏(除东南小块区域)、新疆、青海、内蒙古、宁夏, 陕西和山西北部地区, 黑龙江、吉林、辽宁(除辽东半岛小块区域)等地区被GARP和Domain模型预测为假臭草的不宜生长区, 这些区域相对安全, 较难形成大规模的入侵.

假臭草同时具有有性和无性繁殖[4], 利于扩大种群优势. 本研究表明, 其适生区范围广, 高危区显著, 其中很多适生区和高危区还是报道的盲点. 假臭草入侵前期未引起重视, 导致其迅速在沿海省份蔓延. 政府应制定相关法规, 实现依法管理, 同时当地植保、检疫等有关部门应引起重视, 进行监控和治理, 还要加强公众教育, 提高公众意识. 各国贸易增多, 也加剧了假臭草传播全球扩散的可能性, 因此各国政府及各地区之间应加强相互之间的合作, 建立联动机制, 共同防止假臭草进一步扩散.

致 谢 感谢哈佛大学吴耘珂博士, 华侨大学的许金榜、王娜硕士, 郑荣祥、侯婧、谢晓滨、翁海, 海南大学的唐文和郭季华硕士, 北京理工大学珠海学院的陈琳和张旭在野外调研和标本采集工作中提供帮助.

References

1 Wu ZY, Raven PH, Hong DY. Flora of China. Beijing, China: Science Press (北京: 科学出版社), 2011. 1513~1514

2 Veldkamp JF. *Eupatorium catarium*, a new name for Eupatorium clematideum Griseb, non Sch Bip (Compositae), a South American species naturalized and spreading in SE Asia and Queensland, Australia. *Gardens Bull Singapore*, 1999, **51**: 119~124

3 Waterhouse BM. Know your enemy: Recent records of potentially serious weeds in northern Australia, Papua New Guinea and Papua (Indonesia). *Telopea*, 2003, **10** (1): 477~485

4 Chen W (陈伟), Lan GY (兰国玉), An F (安锋). Niche characteristics of *Eupatorium catarium* community in Hainan. *J Northwest For Univ* (西北林学院学报), 2007, **22** (2): 24~27

5 Wu SJ (吴世捷), Gao LX (高力行). The bad biodiversity: Alien plant species in Hong Kong. *Biodiv Sci* (生物多样性), 2002, **10** (1): 109~118

6 Corlett RT, Shaw JC. *Praxelis clematidea*: Yesterday South America, today Hong Kong, tomorrow the world?. *Memoirs Hong Kong Nat*, 1995, **20**: 235~236

7 Wang ZH (王真辉), An F (安锋), Chen QB (陈秋波). Praxelis (*Praxelis clematidea*): A new invasive exotic weed in China. *Chin J Trop Agric* (热带农业科学), 2006, **26** (6): 33~37

8 Qin XS (秦新生), Yan YH (严岳鸿), Chen HF (陈红锋), Xing FW (邢福武). Some newly recorded plants from Hainan Island of China (Ⅷ). *J South China Agric Univ Nat Sci Ed* (华南农业大学学报自然科学版), 2004, **25** (1): 122~123

9 Wang F (王芳), Wang RJ (王瑞江), Zhuang PD (庄平弟). Present statusand management strategies of alien invasive plant in Guangdong Province. *Chin J Ecol* (生态学杂志), 2009, **28** (10): 2088~2093

10 Ou J, Lu CY, Desmond K. A risk assessment system for alien plant bio-invasion in Xiamen, China. *J Environ Sci*, 2008, **20** (8): 989~997

11 Wang W (王伟), Zhang XM (张先敏), Sha LH (沙林华), Cheng LS (程立生). Roster of alien invasive perilous species of animals and plants in Hainan island (Ⅰ). *Chin J Trop Agric* (热带农业科学), 2007, **27** (4): 58~64

12 Li ZY (李振宇), Xie Y (解焱). Invasive Alien Species in China. Beijing, China: Forestry Press of China (北京: 中国林业出版社), 2002. 164

13 Li GY (李光义), Yu L (喻龙), Deng X (邓晓), Li QF (李勤奋). Study on the allelopathy of *Eupatorium catarium* Veldkamp. *Weed Sci* (杂草科学), 2006, **4**: 19~21

14 Wang ZH, Christie P, Chen QB, Liu XX, Xie L, Bai CJ, Li XL. Allelopathic potential and chemical constituents of volatile oil from *Praxelis clematidea*. *Allelopathy J*, 2006, **18** (2): 225~236

15 Lin CJ (林成俊), Guo HJ (郭焕佳), Pang QY (庞淇尹). Isolation and identification of allelochemicals from invasive plant *Eupatorium catarium*. *J Anhui Agric Sci* (安徽农业科学), 2008, **36** (9): 3497~3498

16 Deng SM (邓世明), Yang XH (杨先会), Wang N (王宁), Tang LC (汤丽昌). Identification of flavonoids in alien invasive plant *Eupatorium catarium*. *Acta Bot Bor-Occid Sin* (西北植物学报), 2009, **29** (12): 2548~2550

17 Yi XJ (易晓洁), Chen QB (陈秋波), Yang LF (杨礼富). Allelopathic potential of the root exudates from *Praxelis clematidea*. *Chin J Trop Crops* (热带作物学报), 2010, **31** (7): 1200~1205

18 Stockwell D, Peter D. The GARP modeling system: Problem and solution to automated spatial prediction. *Int J Geogr Inform Syst*, 1999, **13**: 143~158

19 Peterson AT, Papes M, Kluza DA. Predicting the potential invasive distributions of four alien plant species in North America. *Weed Sci*, 2003, **51**: 863~868

20 Welk E. Constraints in range predictions of invasive plant species due to non-equilibrium distribution patterns: Purple loosestrife (*Lythrum salicaria*) in North America. *Ecol Model*, 2004, **179**: 551~567

21 Wang R, Wang YZ. Invasion dynamics and potential spread of the invasive alien plant species *Ageratina adenophora* (Asteraceae) in China. *Div Distrib*, 2006, **12**: 397~408

22 Chen LL (陈立立), Yu Y (余岩), He XY (何兴金). Historical invasion and expansion process of *Alternanthera philoxeroides* and its potential spread in China. *Biodiv Sci* (生物多样性), 2008, **16** (6): 578~585

23 Yu Y (余岩), Chen LL (陈立立), He XJ (何兴金). Potential distributions of *Solidago Canadensis* (Asteracese) in China as predicted by GARP. *Acta Bot Yunnanica* (云南植物研究), 2009, **31** (1): 57~62

24 Zhong GP (钟艮平), Shen WJ (沈文君), Wan FH (万方浩), Wang JJ (王进军). Potential distribution areas of *Solanum rostratum* in China: A prediction with GARP niche model. *Chin J Ecol* (生态学杂志), 2009, **28** (1): 162~166

25 Carpenter G, Gillison AN, Winter J. Domain - A flexible modeling procedure for mapping potential distribution of plants and animals. *Biodiv Conserv*, 1993, **2**: 667~680

26 Wang YS (王运生). Application of niche models in the risk assessment of invasive alien species: [Doctor Degree Dissertation]. Changsha, China: Hunan Agricultural University (长沙: 湖南农业大学), 2007. 133

27 Shao G, Halpin PN. Climatic control of eastern North American coastal tree and shrub distributions. *J Biogeogr*, 1995, **22**: 1083~1089

28 Manel S, Williams HC, Ormerod SJ. Evaluating presence-absence models in ecology: The need to account for prevalence. *J Appl Ecol*, 2001, **38**: 921~931

29 Liu H (刘惠), Zhang HX (张慧霞). Vegetation investigation research on the Daya Bay of Mangzhoudao in Huizhou. *J Anhui Agric Sci* (安徽农业科学), 2010, **38** (1): 274~276
30 Sun YJ (孙延军), Liang JS (梁嘉声), Huang KY (黄康有), Lai YL (赖燕玲), Liao WB(廖文波). Cataloguing of plant diversity of weiling park in Shenzhen city, Guangdong province. *Acta Sci Nat Univ Sunyatseni* (中山大学学报自然科学版), 2003, **42**: 58~77
31 Chen QX (陈秋霞), Wei CQ (韦春强), Tang SC (唐赛春), Pu GZ (蒲高忠), PanYM (潘玉梅). The alien invasive plant in Guilin City, Guangxi Zhuangzu Autonomous Region. *Subtrop Plant Sci* (亚热带植物科学), 2008, **37** (3): 55~58
32 Yan YH (严岳鸿), He ZX (何祖霞), She SS (佘书生), Huang ZL (黄忠良), Xing FW (邢福武). A survey on the invasive plant in Kapo islands, northeastern Hong Kong. *Bull Bot Res* (植物研究), 2005, **25** (2): 242~248
33 Jiang QC (蒋谦才), Lin ZM (林正眉), Li L (李荔), He XY (何秀云). An investigation on the invasive plants in Zhongshan, Guangdong province. *Guangdong For Sci* (广东林业科技), 2008, **24** (2): 54~58
34 Fu GL (付改兰), Feng YL (冯玉龙). Nuclear DNA C-value of alien invasive and native plants and its relationship with invasiveness. *Chin J Ecol* (生态学杂志), 2007, **26** (10): 1590~1594
35 Yan YH (严岳鸿), He ZX (何祖霞), Gong Q (龚琴), Chen HF (陈红锋), Xing FW (邢福武). The alien plant species in Guangzhou, China. *Guihaia* (广西植物), 2007, **27** (4): 570~575
36 Lin RF (林瑞芬), Wu YF (武艳芳), Xing FW (邢福武), Zeng QW (曾庆文), Yang DM (杨冬梅), Chen L (陈林). Investigation on the plant resources and eco-tourism of Tung Ping Chau island, HongKong. *Acta Agric Univ Jiangxiensis* (江西农业大学学报), 2009, **31** (3): 554~561
37 Wang FG (王发国), Xing FW (邢福武), Ye HG (叶华谷), Chen XY (陈孝永), Tan GG (谭国光), Mai BL (麦保林). Preliminarily study on invasive alien species in Macau. *Acta Sci Nat Univ Sunyatseni* (中山大学学报自然科学版), 2004, **43**: 105~110
38 Swets JA. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Sci*, 1988, **240** (4857): 1285~1293
39 Kan LY (阚丽艳), Xie GS (谢贵水), Wang JK (王纪坤). Effect of drought stress on the growth and eco-physiologic characteristics of invasive plant *Eupatorium catarium* seedlings. *Chin J Trop Crops* (热带作物学报), 2009, **30** (5): 608~612
40 Kan LY (阚丽艳), Xie GS (谢贵水), An F (安锋), Xiao AX (肖爱选), Chen X (陈炫). Seeds germination of invasive plant *Eupatoriurn catariurn* and its prevention countermeasures in Hainan Province. *Guangxi Agric Sci* (广西农业科学), 2008, **39** (1): 46~50

书讯

生物入侵——问题与对策

谢联辉 尤民生 侯有明等 ISBN 978-7-03-032563-1/S•728 科学出版社出版 ￥168元 圆脊精装 16开本

内容简介

本书可供从事生物入侵、生物安全、生态安全、植物保护、环境保护、动植物检疫和生命科学研究的科技工作者、高等院校相关专业师生及管理人员参考。

本书是福建省科技重大专项“福建主要外来有害生物防控技术体系的研究”所提炼的研究成果。全书分为总论和各论两个部分。总论（第一至第五章）主要介绍生物入侵的新特点、新趋势和应对策略；入侵生物的入侵现状、入侵特征和生态机理；入侵植物原核生物病害、植物病毒、线虫、杂草等的诊断和检测技术；入侵生物的风险分析以及福建生物入侵的现状、危害和控制情况等。各论（第六至第十四章）针对福建省7种重大入侵生物——水葫芦、互花米草、橘小实蝇、红火蚁、香蕉枯萎病、菜豆荚斑驳病毒、香蕉穿孔线虫的研究进展和成功例证，从入侵来源、分布扩散、危害、检测监测、控制技术等方面进行了详细阐述，尽量做到图文并茂，希望有助于读者的理解、识别和实践。

中国外来入侵生物

徐海根 强胜 著 ISBN 978-7-03-030388-2 科学出版社出版 ￥348元 平装 16开本

内容简介

本书系统、全面地研究了全国外来入侵生物的种类及其变化趋势和空间分布，整理了全国陆生、内陆水域和海洋生态系统中488 种外来入侵生物的编目信息，包括外来入侵生物的名称，分类地位，形态性状，分布范围，生态和经济影响，首次发现或引入的地点及时间，起源，扩散途径，生境类型，生活史，营养和环境条件，可能扩散的区域，预防、控制和管理措施等，大部分外来入侵生物配有识别图片。

本书可作为高等院校、科研院所专业人员、政府和企业的决策者与管理人员的参考书。

联系人：科学出版社科学销售中心 周文宇 电话：010-64017301 E-mail：zhouwenyu@mail.sciencep.com
网上订购：http://shop.sciencepress.cn；卓越网；当当网
科学出版中心生物分社 电话：010-64012501 网址：www.lifescience.com.cn E-mail: lifescience@mail.sciencep.com