林业科学研究 2009, 22(4): 563~567
Forest Research

文章编号: 1001-1498(2009)04-0563-05

松突圆蚧在我国潜在的适生性分析

冯益明[1], 梁 军[2], 吕 全[2], 张星耀[2*]

(1. 中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091;
2. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091)

摘要: 松突圆蚧已给我国林业生态环境带来了极大破坏, 并造成严重的经济损失。本文选用Maxent生态位模型与地理信息系统相结合, 综合分析影响松突圆蚧生长发育的环境因素, 结合寄主分布特征, 非常直观定量地获得了松突圆蚧在我国的潜在发生区, 计算结果经ROC曲线分析法验证, Maxent生态位模型的AUC值为0.991(非常接近于1), 表明预测获得了较好的效果, 研究可为松突圆蚧的检疫及防治决策的制定提供科学依据。

关键词: 松突圆蚧; 风险分析; Maxent生态位模型; 地理信息系统
中图分类号: S763 文献标识码: A

Potential Suitability Analysis of *Hemiberlesia pitysophila* Takagi in China

FENG Yiming[1], *LIANG Jun*[2], *LU Quan*[2], *ZHANG Xing-yao*[2]

(1. Research Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF, Beijing 100091, China;
2. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract *Hemiberlesia pitysophila* caused destructive disaster for forest ecological environment and huge economic loss in China. Ecological environment factors affecting its growth and development and the spatial distribution characteristics of plant autoeciousness of *Hemiberlesia pitysophila* were comprehensively analyzed by combining Maxent ecological niche models with geographical information system technique in this paper. The relatively exactly potential distribution region of *Hemiberlesia pitysophila* in whole China was obtained quantitatively and intuitively. The checked result conducted by ROC curve analysis method showed that the AUC value of Maxent ecological niche models reached 0.991 (very close to 1), indicating that the predicted results was fairly well. This study would provide scientific proofs for making the policies on the quarantine, the prevention and the control of *Hemiberlesia pitysophila*.

Key words *Hemiberlesia pitysophila*; risk analysis; Maxent ecological niche models; geographical information system

松突圆蚧 *Hemiberlesia pitysophila* Takagi是一种危害松林的外来有害生物。该虫是松属(*Pinus* Linn.)植物的一种重要害虫, 扩散蔓延迅速, 使大面积马尾松林(*Pinus massoniana* Lamb.)受害枯死, 给林业生态环境带来极大破坏, 造成严重经济损失。1956年我国台湾省采到了松突圆蚧的标本, 1969年在《松村昆虫》杂志(Insecta Matsumurana)上发表为一新种[1], 隶属于蚧总科(Coccoidea), 盾蚧科(Diaspididae)。随后在日本和我国的香港、澳门地区发现该害虫, 1982年在广东省珠海市发现了该虫[2]。

收稿日期: 2008-03-28
基金项目: 国家"十一五"科技支撑课题(2006BAD08A15, 2006BAD08A19102)资助
作者简介: 冯益明(1971—), 男, 河南商城人, 副研究员, 博士, 主要从事"3S"技术及其在林业中应用研究. E-mail: fengym@caf.ac.cn
* 通讯作者: 张星耀. xyzhang@caf.ac.cn

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

松突圆蚧虽然目前仅分布在我国的局部地区,但危害相当严重。如广东省至 1994年发生面积达 80万 hm^2,累计枯死松林面积约 14万 hm^2,损失木材约 3 000万 m^3,经济损失达 20亿元。到 2001年,松突圆蚧已扩散到广东省 60个县(市),有虫面积达 132万 hm^2,其中发生危害面积 44万 hm^2,濒临死亡的马尾松林 5.02万 hm^2。严重影响了广东省国民经济和社会的可持续发展。据研究,该蚧虫在 4~34.5℃的死亡率平均小于 50%,当气温在 43℃ 以上或 -5℃下死亡率为 100%,气温在 18~23℃时,最适宜松突圆蚧种群数量的发展[1,3-5],因此,松突圆蚧在我国松属植物主要分布区几乎均可发生,在我国长江以南为适生区域。除对广东、香港、澳门、台湾等省区的松林已构成直接威胁外,也对我国华东、华南乃至全国大部分地区的松林构成了严重的威胁,如不采取有效的防治办法,被害树木可在较短时间里死亡,将使绿化成果毁于一旦。我国地域辽阔,气候多样,特别是近些年来,灾害性气候频繁出现,给该种害虫的发生提供了有利的条件。因此,可以认为松突圆蚧在我国具有较大的潜在经济危害性。

松突圆蚧对我国而言是一种入侵种。近年来生物入侵受到了全球广泛的关注,越来越多的研究者一致地认为外来生物入侵会给当地生态环境的结构和功能带来不可逆转的改变[6]。入侵生物在目标地区的风险评估是采取合理检疫措施和实施科学防治计划的前提,而入侵物种在目标地区的适生性分析又是入侵物种科学风险评估的基础[7]。目前,我国已有了松突圆蚧潜在危害性分析研究[8-9],但研究只是针对福建省提出来的,不够具体、直观和完善。主要体现在:(1)已有研究多侧重于研究松突圆蚧定殖需要具备的环境因素上,很少考虑寄主分布区;(2)已有研究没有从整体上在全国尺度范围内,来综合研究松突圆蚧在我国的适生分布范围;(3)已有研究多侧重于描述性的文字说明,很少有具体直观的图示。基于此,已有研究就很难准确摸清松突圆蚧在我国具体的定殖区域,更难于对松突圆蚧发生风险进行测报,因此,也就无法为松突圆蚧的防治提供科学依据。

本文采用地理信息系统与适生性预测软件 Maxent相结合,综合分析影响松突圆蚧生物生态学特性与寄主分布,定量地刻画松突圆蚧在我国潜在的适生分布范围,为制定松突圆蚧的检疫及防治决策提供科学依据。

1 数据的获取及处理

1.1 入侵生物物种分布数据

通过查阅国内外公开发表的相关论文获取松突圆蚧的分布数据[1-4,10],找出其已报道的分布地点,在地名数据库(Geographic Names Database(GNDB))查找相应的经纬度,核对位置后得到 105个参考点,如图 1,然后按 Maxent软件要求的格式录入到相应 Excel表中。

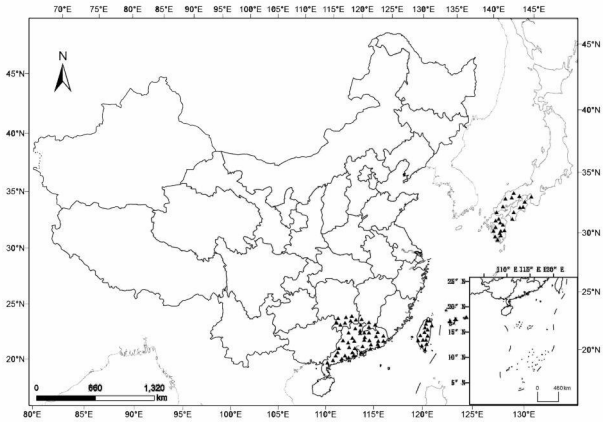

图 1 松突圆蚧(据报道)分布点示意图

1.2 基础地理数据

从国家基础地理信息系统(http://nfgis.nsdi.gov.cn/)下载 1∶400万的中国矢量地图作为分析底图。

1.3 环境数据

环境数据包括了 19个生物气候变量[11],为 Bioclim中的 5个变量(bio4,湿度季节变化方差;bio7年温变化范围;bio12年均空气湿度;bio13最湿月份湿度;bio16最湿季度湿度),月平均气候数据 13个变量(11、12、1、2、3月平均最低温,11、12、1月平均最高温,6、7、8、9、10月平均降水)和地形高程变量,以上数据空间分辨率为 5 min,均来自 Worldclim(http://www.worldclim.org/)。下载的 ASCII栅格数据在 Maxent中可直接应用。

1.4 松突圆蚧寄主植物分布数据

采集国家第六次森林资源清查得到森林分布图。根据文献[2,12]以及咨询松突圆蚧研究专家,确定松突圆蚧寄主树种主要为马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)、湿地松(*P. ettiottii* Engel.)、火炬松(*P. taeda* Linn.)、加勒比松原变种(*P. caribaea* Morelet var. *caribaea* Morelet)、加勒比松巴哈马变种(*P.*

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

caribaea var. *bahamensis* (Geiseb.) Barrett et Golfari)、加勒比松洪都拉斯变种 (*P. carlbaea* var. *hondurensis* (Senecl.) Barrett et Golfari)、卵果松 (*P. oocarpa* Schiede)、展松 (*P. patula* Schl. et Cham.)短叶松 (*P. echinata* Mill.)、卡锡松 (*P. kesiya* Royle et Gordn.)、晚松 (*P. rigida* Mill. var. *serotina* Loud.)、光松 (*P. glabra* Walt.)、裂果沙松 (*P. clausa* Sanrg var. *inmuginata* Ward)、南亚松 (*P. latteri*)和黑松 (*P. thunbergii* Parl.)。松突圆蚧在松属树种中有广泛的寄主, 几乎所有松树都可能被其寄生。依据蚧虫在 - 5 ℃下死亡率为 100% 的研究报道[1, 5], 在 ArcGIS软件中, 从收集的森林分布图中提取全国可能的寄主植物分布信息, 然后, 再从可能的寄主植物分布图中剔除 1月份全国最低温小于 - 5 ℃的区域, 得到该蚧虫在我国寄主分布区域 (如图 2)。

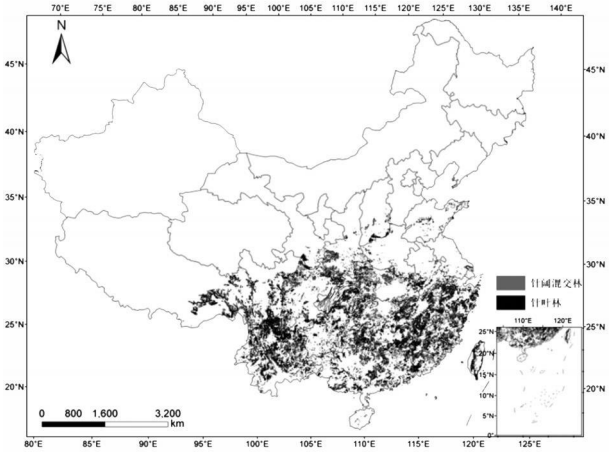

图 2　寄主植物分布示意图

2　研究方法及其原理

生态位模型 (Ecological Niche Models, ENMs)已广泛应用于物种潜在分布区预测, ENMs的应用也为外来入侵物种的风险分析提供了重要的定量化分析工具。很多模型的算法已实现电脑程序化, 并形成了软件工具。当前比较流行的生态位模型主要有 5种模型 (Bioclim, CLIMEX, DOMAIN, GARP, Maxent)等。大部分模型软件预测结果可导入一般的地理信息系统 (GIS)软件进一步分析, 得到直观的适生性地图, 而利用合适的模型预测物种的适生指数是整个分析的基础[13]。王运生等[13], 应用 ROC曲线分析法对其 5种模型的预测结果进行了比较分析。5种模型的 ROC曲线下面积 AUC (Area Under Curve)值分别为 0.810, 0.758, 0.921, 0.903 和 0.950, 以 Maxent模型的 AUC值最大, 表明其预测效果最好。为此, 研究选用 Maxent生态位模型进行松突圆蚧在我国大陆的潜在风险区分析。

Maxent软件 V2.3来源于 http://www.cs.princeton.edu/~schapire/Maxent/. Maxent软件中分析结果以 Logistic格式, ASCII类型文件输出, 然后应用 GIS软件 Arc/Info 9.0(来源于国家林业局图形图像重点实验室)中的 Toolbox工具, 从中选择 ASCII to Raster功能, 将 Maxent软件适生性分析结果导出成图像格式, 然后在 ArcGIS中进行显示与风险等级划分。

3　结果

3.1　Maxent预测结果

应用 Maxent模型对松突圆蚧分布区域进行预测, 预测结果以中国行政区划为边界, 裁出松突圆蚧在我国的适生分布信息图, 结果在 Arc/INFO中进行分类显示, 结果如图 3所示。

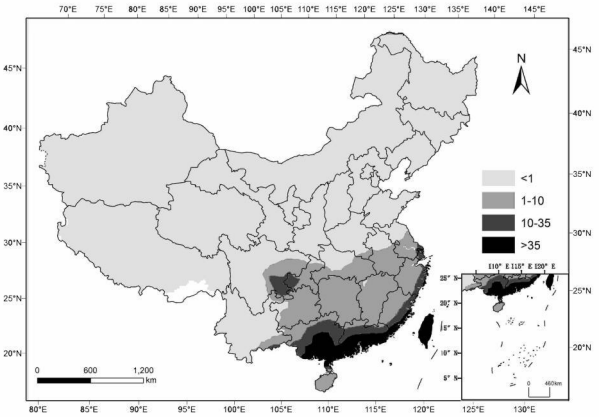

图 3　Maxent模型得到的适生分布范围示意图
(注: 图中注记数据比实际值放大了 100倍)

3.2　与寄主分布图进行空间叠置分析, 获取最终松突圆蚧潜在分布范围

在综合考虑松突圆蚧适生性分布基础上, 结合松突圆蚧寄主植物的分布, 应用地理信息系统软件 ArcGIS的空间叠置分析功能, 对松突圆蚧寄主分布与 Maxent软件得到的综合适生值进行空间叠置分析, 获取最终松突圆蚧在我国潜在适生分布范围, 如图 4。

3.3　松突圆蚧在我国定殖风险区划

风险分级显示的阈值是根据 105个已知分布点预测值的区间分布设置的, 风险等级按四个等级进行划分, 标准如下: 适生值 < 0.01 (无风险区); 0.01 < 适生值 < 0.1 (低风险区); 0.1 < 适生值 < 0.35

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(中风险区); 适生值 > 0. 35(高风险区)。松突圆蚧在我国大陆适生性风险分布图, 见图 4。

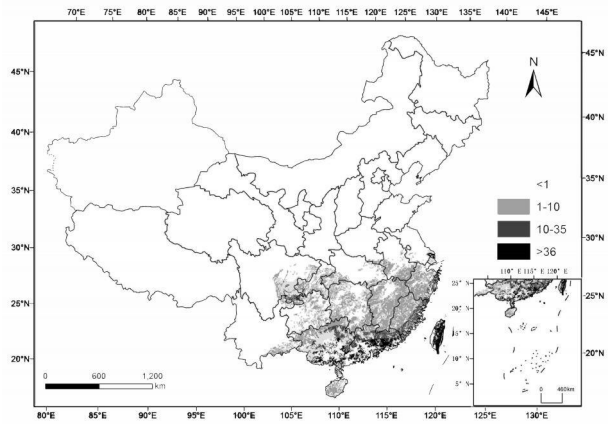

图 4 松突圆蚧在我国潜在适生分布范围示意图
(注: 图中注记数据比实际值放大了 100倍)

从图 4中可看出: 松突圆蚧在我国大陆的广东省东南大部分地区、广西南部大部分地区、香港、澳门地区、福建与浙江东部沿海、江苏省东南部地区属于高风险区; 广西中部、广东中部、福建与浙江中部、江苏东南沿海少部分地区、四川东南与重庆西南小部分地区属于中风险地区; 四川东南局部地区、广西与广东中偏北部地区、浙江与福建西北部、江苏南部、安徽中南部、江西与湖南全境、重庆与贵州大部分地区、湖北南部、云南东部局部地区属于该虫的低风险发生区。总体形式看, 该虫害主要可能发生在我国的东南部区域, 而我国大部分地区不具备发生此虫害的可能。

3.4 精度检验

精度检验采用 ROC(Receiver Operating Characteristic)曲线分析法[14-15]。ROC曲线分析法最早是应用于雷达信号分析, 后来在医学显像领域应用非常广泛, 常用于诊断试验评价[16]。ROC曲线是以真阳性率为纵坐标, 假阳性率为横坐标所形成的曲线, AUC值便是 ROC曲线与横坐标围成的面积值(the area under the ROC curve), AUC值越大表示与随机分布相距越远, 环境变量与预测的物种地理分布模型之间相关性越大, 即表示模型预测效果越好。AUC值不受阈值影响, 所以评价更客观, ROC曲线分析和计算 AUC的方法参照 Phillips等[17]。

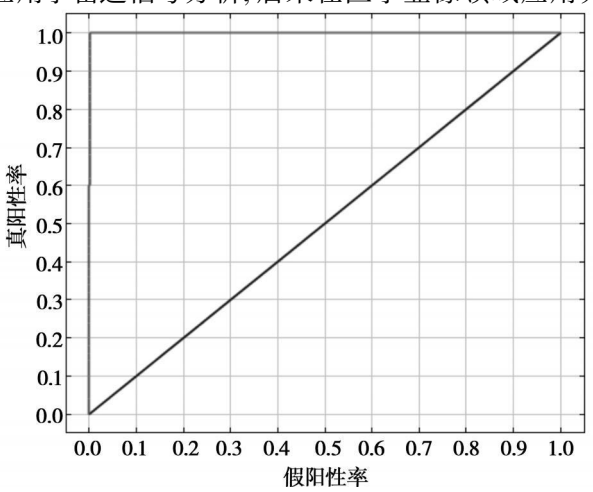

图 5 Maxent的 ROC曲线

本研究 Maxent计算结果的 ROC曲线, 如图 5。ROC曲线分析结果表明, Maxent模型的 AUC值为 0. 991(非常接近于 1), 比随机分布模型的 AUC(≈ 0. 5)大, 表明预测效果相当好。

4 结论与讨论

本文选用 Maxent生态位模型与地理信息系统相结合, 综合分析影响松突圆蚧生物生态学特性与寄主分布, 非常直观地定量地获得了松突圆蚧在我国的潜在发生区, Maxent的计算结果经 ROC曲线分析法验证, Maxent模型的 AUC值为 0. 991(非常接近于 1), 表明预测效果相当好。研究为松突圆蚧的检疫及防治决策的制定提供科学依据。

通过本项研究, 对松突圆蚧在全国的潜在适生分布区有了一个明确直观的了解, 对于重点预防区的侵入和危害起着预警和应急的作用; 对于可能发生的地区, 应该引起当地主管部门的高度重视, 采取适当的检疫检验措施防止松突圆蚧的入侵; 对于国内外森林植物检疫, 提供科学依据, 以保护和促进松木及其制品在贸易中的正常流通。

参考文献:

[1] 钱明惠. 我国松突圆蚧研究进展[J]. 广东林业科技, 2003, 19(4): 51-55
[2] 潘务耀, 唐子颖, 陈泽藩, 等. 松突圆蚧生物学特性及防治的研究[J]. 森林病虫通讯, 1989(1): 1-6
[3] 童国建, 唐子颖, 潘务耀, 等. 松突圆蚧自然种群数量消长规律的初步研究[J]. 林业科技通讯, 1988(2): 6-11
[4] 刘清浪, 何雪香. 松突圆蚧向北蔓延可能性的研究[J]. 广东林业科技, 1992(2): 6-14
[5] 吴一鹏. 4种杀虫剂防治松突圆蚧的野外试验[J]. 华东昆虫学报, 2005, 14(1): 72-77
[6] Wittenberg R, Cock M JW. Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices[M]. CAB International, Wallingford, 2001
[7] Andersen M C, Adams H, Hope B, et al. Risk assessment for invasive species[J]. Risk Analysis, 2004, 24: 787-793
[8] 魏初奖, 杨开兴, 张嘉生. 松突圆蚧等 5种松树有害生物在福建

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

省潜在危险性的定量分析 [J]. 华东昆虫学报, 2002, 11(2): 57- 62

[9] 黄振裕. 森林有害生物松突圆蚧的危险性分析[J]. 华东昆虫学报, 2001, 10(2): 101- 104

[10] 刘清浪, 张欣泉. 松突圆蚧发育起点温和有效积温的测定及应用 [J]. 中南林学院学报, 1990(2): 149- 154

[11] Hijmans R J, Cameron S E, Parra J L, *et al*. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas[J]. International Journal of Climatology, 2005, 25: 1965- 1978

[12] 陈泽藩, 杨肇兴, 徐家雄, 等. 十五种松树对松突圆蚧抗性的初步研究 [J]. 森林病虫通讯, 1988(2): 1- 2

[13] Elith J, Graham H C, Anderson P R, *et al*. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data[J]. Ecography, 2006, 29: 129- 151

[14] 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): 65- 372

[15] 王运生, 谢丙炎, 万方浩, 等. 相似穿孔线虫在中国的适生区预测 [J]. 中国农业科学, 2007, 40(11): 2502- 2506

[16] Metz C E. Basic principles of ROC analysis[J]. Seminars in Nuclear Medicine, 1978, 8(4): 283- 298

[17] Phillips S J, Anderson R P, Schapire R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions[J]. Ecological Modelling, 2006, 190(3- 4): 231- 259

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net