

## 基于 MaxEnt 模型的红脂大小蠹在中国适生区的预测

### Predicting potential geographical distribution of red turpentine beetle *Dendroctonus valens* in China based on MaxEnt model

崔晓芑<sup>1</sup> 石娟<sup>1\*</sup> 王海香<sup>2</sup> 刘永华<sup>3</sup> 余昊<sup>4</sup>

(1. 北京林业大学林木有害生物防治北京市重点实验室, 北京 100083; 2. 山西农业大学林学院, 晋中 030801; 3. 榆林学院生命科学学院, 陕西 榆林 719000; 4. 河南科技学院资源与环境学院, 新乡 453003)

Cui Xiaopeng<sup>1</sup> Shi Juan<sup>1\*</sup> Wang Haixiang<sup>2</sup> Liu Yonghua<sup>3</sup> Yu Hao<sup>4</sup>

(1. Beijing Key Laboratory for Forest Pest Control, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. College of Forestry, Shanxi Agricultural University, Jinzhong 030801, Shanxi Province, China; 3. College of Life Sciences, Yulin University, Yulin 719000, Shaanxi Province, China; 4. College of Resources and Environment, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, Henan Province, China)

红脂大小蠹 *Dendroctonus valens*, 又名强大小蠹, 是我国重要的林业外来入侵昆虫。1998年首次在我国山西省沁水县、阳城县被发现, 随后扩散到河北、山西、河南等省, 现已对我国林业种植造成了大面积为害(苗振旺等, 2001)。为进一步遏制红脂大小蠹在我国的扩散蔓延, 基于实地调查数据, 运用 MaxEnt 模型, 在当前和 2050 年未来气象条件下对其适生区进行预测, 以期为该虫的防治和预警监测提供理论基础。

#### 1 材料与方法

##### 1.1 材料

红脂大小蠹分布数据: 野外调查方式获取红脂大小蠹的最新分布情况与野外生态详情数据; 红脂大小蠹最新分布点参考国内外已公开发表的论文数据。

气候数据: 历史气候数据包括 19 个环境因子, 空间分辨率为 5 弧分。19 个环境因子分别为年平均温度、昼夜温差月均值、温差等温值、季节性温度标准差、最热月最高温、最冷月最低温、年平均温度范围、最湿季平均温度、最干季平均温度、最热季平均温度、最冷季平均温度、年降水量、最湿月降水量、最干月降水量、降水量变异系数、最湿季降水量、最干季降水量、最热季降水量、最冷季降水量。自 Worldclim 上下载历年以来以及未来气候数据。未来气候数据选用 2050 年(2041—2060 年的平均值)全球气候模型 MIROC-ESM-CHEM(MI) 中 RCP26 及 RCP85 模式, 这 2 种模式分别代表着未来温室气体可能最

低和最高的排放量场景, 空间分辨率为 5 弧分。预测图底图是比例为 1:3 000 万的中国标准地图, 自国家基础地理信息标准地图服务系统下载。

##### 1.2 方法

适生区的模拟: 将红脂大小蠹分布数据与历年来或未来气象数据导入 MaxEnt 3.4.1 软件中, 将参数设置为基本选项、随机测试百分比为 25%, 其余参数均为默认设置, 创建响应曲线, 绘制预测图, 文件输出类型为 asc, 输出格式为 Logistic。

模型结果评估: 采用受试者工作特征曲线下面积(area under curve, AUC)值对模型的模拟结果进行评价。AUC 值越接近 1, 表明预测模型与环境因子之间的相关性越高, 预测结果准确度就越高。

适生区分析: 使用 ArcGIS 的 Arc Toolbox 格式转换工具将 MaxEnt 3.4.1 软件生成的 ASC II 格式的结果转换为栅格文件并导入中国行政区地图。参考红脂大小蠹实际野外分布情况以及联合国政府间气候变化专门委员会报告中的可能性划分方法, 利用 ArcGIS 的 Reclassify 功能, 划定适生值范围, 确定适生区等级。划分标准: 存在概率 < 0.05 为非适生区; 0.05 ≤ 存在概率 < 0.33 为低度适生区; 0.33 ≤ 存在概率 < 0.55 为中度适生区; 存在概率 ≥ 0.55 为高度适生区。

#### 2 结果与分析

##### 2.1 红脂大小蠹适生区预测模型的检验

预测模型训练集和测试集的 AUC 值分别为 0.997 和 0.996, 表明该模型的预测结果较可靠。

## 2.2 当前气候条件下红脂大小蠹适生区的预测

红脂大小蠹适生区主要集中在长江流域以北,经纬度跨度均较大,斜穿整个中国。中度及高度适生区主要分布在北京市,山西省、陕西省、河北省和辽宁省的大部分,甘肃省、宁夏回族自治区和四川省的南部,河南省和山东省北部以及内蒙古自治区、吉林省、西藏自治区南部的零星地区,中低度适生区主要分布在黑龙江省、内蒙古自治区南部省界线,云南省、青海省零星地区(图1-A)。

## 2.3 未来气候条件下红脂大小蠹适生区的预测

在RCP26和RCP85两种情景下,红脂大小蠹适生区均北移,东北地区适生区面积扩大明显,但适生区总面积较当前气候条件下略有缩小。与当前气候条件下的适生区相比,在RCP26情景下,东北地区、内蒙古自治区中部以及青海省南部变为红脂大小蠹适生区(图1-B);RCP85情景下,中度适生区与高度适生区面积缩小(图1-C)。

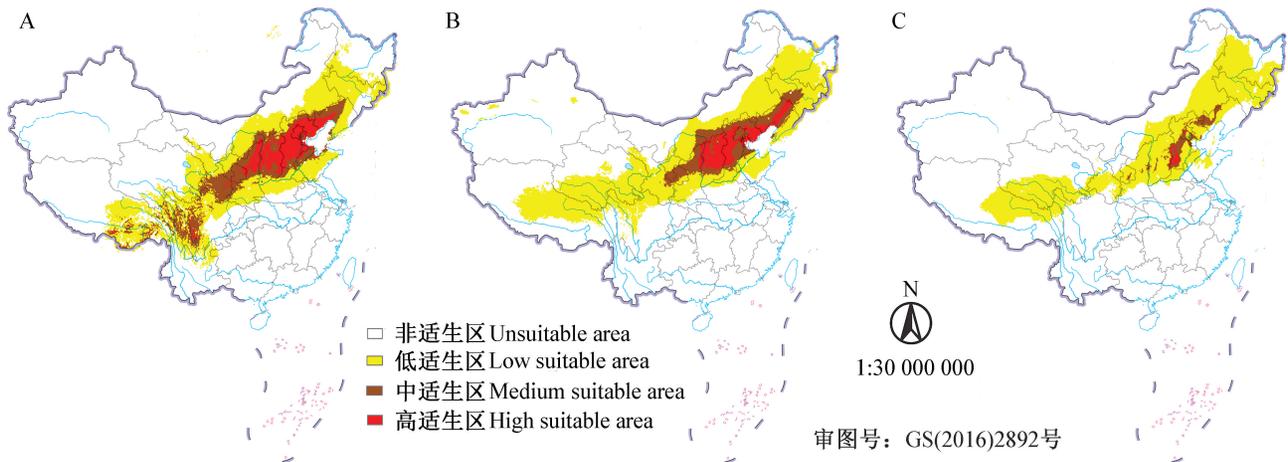


图1 基于MaxEnt模型的当前气候下和2050年未来气候条件下红脂大小蠹在中国适生区的预测

Fig. 1 Potential distribution areas of *Dendroctonus valens* under the current climate situation and the future climate situation in China in 2050 based on MaxEnt

A: 当前气候; B: RCP26情景; C: RCP85情景。A: Current climate situation; B: RCP26 scene; C: RCP85 scene.

## 3 讨论

本研究结果表明,在未来气候条件下红脂大小蠹适生区向北移,东北地区适生区面积明显扩大,适生区总面积较当前气候条件下的略有缩小。秦春英等(2011)研究结果表明,红脂大小蠹暴发的主要原因是生境气候变化,温室效应使得东北地区的气候条件会变得更适宜红脂大小蠹繁殖生存。虽然王鸿斌等(2007)研究结果也表明红脂大小蠹适生区向北移,但其适生区预测结果与当时以及近期实际发生区并不吻合,可能原因是发生点较少、发生范围较小以及预测模型Arcview自身的局限性等。Lu et al. (2010)研究结果表明,红脂大小蠹会与其伴生菌协同入侵寄主,并且不同种类伴生菌对寄主长势、死亡率以及吸引红脂大小蠹挥发物的释放影响不同。本研究实地调查发现红脂大小蠹不断向北扩散,与适生区的预测结果相吻合,后续在红脂大小蠹适生区预测模型中将考虑寄主、本土天敌以及伴生菌等因素。

## 参考文献 (References)

- Lu M, Wingfield MJ, Gillette NE, Mori SR, Sun JH. 2010. Complex interactions among host pines and fungi vectored by an invasive bark beetle. *New Phytologist*, 187(3): 859–866
- Miao ZW, Zhou WM, Huo LY, Wang XL, Fan JX, Zhao MM. 2001. Study on the biological characteristics of *Dendroctonus valens*. *Shanxi Forestry Science and Technology*, (1): 34–37, 40 (in Chinese) [苗振旺, 周维民, 霍履远, 王晓丽, 范俊秀, 赵明梅. 2001. 强大小蠹生物学特性研究. *山西林业科技*, (1): 34–37, 40]
- Qin CY, Zhao GX, Li Z, Bo YQ. 2011. Influence analysis of climate change on *Dendroctonus valens* LeConte's survival. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 27(19): 38–43 (in Chinese) [秦春英, 赵桂香, 李峥, 薄燕清. 2011. 气候变化对红脂大小蠹生存的影响分析. *中国农学通报*, 27(19): 38–43]
- Wang HB, Zhang Z, Kong XB, Liu SC, Shen ZY. 2007. Preliminary deduction of potential distribution and alternative hosts of invasive pest, *Dendroctonus valens* (Coleoptera: Scolytidae). *Scientia Silvae Sinicae*, 43(10): 71–76 (in Chinese) [王鸿斌, 张真, 孔祥波, 刘随存, 沈佐锐. 2007. 入侵害虫红脂大小蠹的适生区和适生寄主分析. *林业科学*, 43(10): 71–76]

(责任编辑:张俊芳)