

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1787.2013.04.009

危害青檀的新物种——青檀绵叶蚜

在中国的潜在地理分布

李伟伟¹⁺, 季英超¹⁺, 安广池^{2,3}, 赵洋民⁴, 周成刚^{1,5*}

¹ 山东农业大学植物保护学院, 山东 泰安 271018; ² 枣庄市市中区林木保护站, 山东 枣庄 277102;

³ 山东宏大园艺科学研究所, 山东 枣庄 277117; ⁴ 枣庄市森防检疫站, 山东 枣庄 277800;

⁵ 山东省林业有害生物防控工程技术研究中心, 山东 泰安 271018

摘要:【背景】青檀绵叶蚜是近几年在山东枣庄市发现危害青檀的新物种,该蚜虫对青檀造成了一定的危害。【方法】2013 年对山东和安徽青檀分布地实地调查确定青檀绵叶蚜的分布情况,并结合我国环境变量,采用 Maxent 生态位模型对青檀绵叶蚜在中国的潜在地理分布进行预测。【结果】青檀绵叶蚜潜在高风险区大面积集中在山东,江苏和北京有零星分布;中风险区大面积集中在河北、河南、安徽和江苏;低风险区集中在山西、四川、江西、辽宁、湖北、湖南和浙江等地区。【结论与意义】青檀绵叶蚜潜在分布区集中在中国中东部地区,这对青檀分布地区预防青檀绵叶蚜发生有重要意义。

关键词: 青檀绵叶蚜; Maxent; AUC; 潜在地理分布

Potential distribution of a new aphid species: *Shivaphis pteroceltis* in China

Wei-wei LI¹⁺, Ying-chao JI¹⁺, Guang-chi AN^{2,3}, Yang-min ZHAO⁴, Cheng-gang ZHOU^{1,5*}

¹ College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China; ² Forestry Bureau of Central District, Zaozhuang, Shandong 277102, China; ³ Horticulture Research Institute of Shandong Hongda, Zaozhuang, Shandong

277117, China; ⁴ Forest Protection and Quarantine Station of Zaozhuang, Zaozhuang, Shandong 277800, China;

⁵ Engineering Research Center of Forest Pest Management of Shandong Province, Tai'an, Shandong 271018, China

Abstract: 【Background】In recent years, *Shivaphis pteroceltis* was identified as a new aphid species. This species is causing great damage to *Pteroceltis tatarinowii* in Zaozhuang, Shandong Province. 【Method】In 2013, the distribution of *S. pteroceltis* in Shandong and Anhui Province was surveyed. In addition, the potential distribution of *S. pteroceltis* was predicted by Maxent niche model combined with environmental variables. 【Result】The results show that most of potential high risk areas are concentrated in Shandong Province, with limited risks in Jiangsu Province and the City of Beijing. Potential risks of invasion is considered medium in the provinces of Hebei, Henan, Anhui, and Jiangsu. The provinces of Shanxi, Sichuan, Jiangxi, Liaoning, Hubei, Hunan, and Zhejiang are considered as low risks. 【Conclusion and significance】The predicted distribution of *S. pteroceltis*, using the Maxent niche model, shows that the concentration of higher risk of infestation is located in central-eastern regions of China. This is where prevention of occurrence of *S. pteroceltis* should focus since it is the main area for *P. tatarinowii*.

Key words: *Shivaphis pteroceltis*; Maxent; AUC; potential distribution

青檀绵叶蚜 *Shivaphis pteroceltis* Jiang, An, Li & Qiao, 隶属半翅目 Hemiptera 斑蚜科 Callaphididae 绵叶蚜属 *Shivaphis* (乔格侠等, 2005; Jiang *et al.*, 2014)。该蚜虫于 2007 年被发现(王芬, 2012; 赵洋民等, 2014), 并于 2011 年经中国科学院动物研究所鉴定为斑蚜科绵叶蚜属新种。该蚜虫寄主植物为青檀 *Pteroceltis tatarinowii* Maxim, 主要取食青檀叶片、果实和幼嫩枝条, 并造成叶片褪绿脱落、种实发

收稿日期 (Received): 2013-10-02 接受日期 (Accepted): 2013-11-05

基金项目: 山东省农业良种工程重点课题(2013LZA04001); 枣庄市科技攻关项目(201011)

作者简介: 李伟伟, 男, 硕士研究生。研究方向: 林木昆虫。E-mail: liweiwei198712@163.com; 季英超, 男, 硕士研究生。研究方向: 林木昆虫。E-mail: yingchao0402@163.com

+ 同等贡献作者 (The two authors contributed equally to this work)。

* 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: zcg@sdau.edu.cn

育不良;另外,该虫大量分泌蜜露,易造成青檀及周边植物煤污病大面积发生,不仅影响青檀树体生长发育,而且严重影响整体生态景观,造成严重的经济和生态损失(安广池等,2014;刘和风等,2014)。

青檀为国家三级保护树种(傅立国和金鉴明,1992),零星或成片分布于我国辽宁、山东、江西、安徽、江苏和浙江等 19 个省区。目前对北京、山东、山西和安徽的青檀调查显示,青檀绵叶蚜都有不同程度的发生。由于调查地区的局限性,尚不能确定其他地区是否有该虫的发生。本研究利用生态位模型 Maxent (Maximum entropy niche-based modeling),结合实际分布点的环境变量,预测该虫在我国的潜在地理分布范围,对进一步保护青檀资源以

及加强青檀苗木调运和引种管理有重要意义。

1 材料与方法

1.1 青檀绵叶蚜调查分布地

于 2010 和 2013 年 3 ~ 11 月青檀绵叶蚜发生季节对北京、山西、山东和安徽等地青檀分布区进行实地调查,确定青檀绵叶蚜的实际分布情况。

1.2 环境数据

环境数据从 WORLDCLIM (<http://www.worldclim.org/>) 下载 1950 ~ 2000 年包括温度、降水和海拔的 20 个变量(表 1),利用 ArcGIS10.0 提取中国行政区内环境变量并转化为 Maxent 需要的 ASCII 格式数据,其空间分辨率为 2.5 min。

表 1 环境变量
Table 1 Environmental variables

变量 Variable	解释 Description	变量 Variable	解释 Description
Bio1	年平均温度 Aerage annual temperature	Bio11	最冷季度平均温度 Average temperature of the coldest season
Bio2	昼夜温差月均值 Average monthly temperature difference between night and day	Bio12	年均降水量 Average annual precipitation
Bio3	等温性 Isothermality (Bio2/Bio7) × 100	Bio13	最湿月降水量 Precipitation of the wettest month
Bio4	温度季节变化标准差 Seasonal temperature standard deviation	Bio14	最干月降水量 Precipitation of the driest month
Bio5	最暖月最高温 Highest temperature of the warmest month	Bio15	降水量变异系数 Precipitation variation coefficient
Bio6	最低月最低温 Lowest temperature of the coldest month	Bio16	最湿季度降水量 Precipitation of the wettest season
Bio7	年均温度变化范围 Average annual temperature range	Bio17	最干季度降水量 Precipitation of the driest season
Bio8	最湿季度平均温度 Average temperature of the wettest season	Bio18	最暖季度降水量 Precipitation of the warmest season
Bio9	最干季度平均温度 Average temperature of the driest season	Bio19	最冷季度降水量 Precipitation of the coldest season
Bio10	最暖季度平均温度 Average temperature of the warmest season	Alt	海拔高度 Elevation

1.3 研究方法

1.3.1 模型构建 Maxent 模型中有 5 个针对原始变量的特征:Linear, Quadratic, Product, Threshold, Hinge;其中 Linear 特征为变量的简单加权,Quadratic 特征考虑变量变异,Product 特征考虑变量交互作用,Hinge 特征允许对物种对环境反应的简练近似(刘勇涛等,2013;Phillips & Dudík, 2008;Weber *et al.*, 2011)。不同样本数量选择不同特征,当样本数量不少于 80 时,使用 autofeatures 选项即所有的要素类型都将被用到;样本数量在 15 ~ 79 时,使用 Linear、Quadratic 和 Hinge;样本数量在 10 ~ 14 时,使用 Linear 和 Quadratic;样本数量小于 10 时,则只使用 Linear (Shcheglovitova & Anderson, 2013)。因此,本研究设置 Feature 为 Linear 和 Quadratic,使用交叉验证(crossvalidate)规则,模型

运行次数设置为 5 次,Regularization multipliers 设置默认为 1,最大迭代次数(maxiterations)设置为 5000 次,收敛阈值默认为 0.00001,运用阈值规则为 Minimum training presence,其他设置默认,最后得到最优模拟结果。另外,采用刀切法(jackknife)分析各个环境变量在模型中对潜在地理分布的贡献,并排除没有贡献的变量,进行青檀绵叶蚜的潜在分布分析。

1.3.2 模型评价 在模型评估中用 ROC 曲线(受试者工作特征曲线)评价 Maxent 生态模型的精确度,ROC 曲线下面积(Area Under roc Curve, AUC)值越大代表模型判断能力越强(王运等生,2007;Miller, 2010)。AUC 值是 ROC 曲线与横坐标围成的面积值,不依赖模型阈值的评价参数,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,即模型预测效果

越好 (Wisz *et al.*, 2008)。AUC 值为 0.5 ~ 0.6 表示预测效果差;0.6 ~ 0.7 表示预测效果一般;0.7 ~ 0.8 表示预测较准确;0.8 ~ 0.9 表示预测准确;0.9 ~ 1.0 表示预测极准确 (王运生等,2007;Swets, 1988)。

2 结果与分析

2.1 青檀绵叶蚜调查分布点

北京、山西、山东和安徽等地青檀绵叶蚜的分布情况见表 2。

表 2 青檀绵叶蚜分布调查表
Table 2 List of surveys completed on the distribution of *S. pteroceltis*

日期 Date	地点 Location	地理坐标 Geographic coordinates	海拔 Elevation (m)	虫株率 Damage rate (%)
2013 - 09 - 26	山东枣庄西王庄 Xiwangzhuang, Zaozhuang, Shandong	N 34.800°、E117.600°	54	72
2013 - 09 - 26	山东枣庄市中区林业局 Forestry Bureau of Zaozhuang Central District, Shandong	N 34.833°、E117.550°	67	66
2013 - 09 - 26	山东枣庄青檀寺 Qingtan Temple, Zaozhuang, Shandong	N 34.767°、E117.533°	198	40
2013 - 09 - 27	山东泰安高新区 Hi-Tech Zone, Tai'an, Shandong	N 36.133°、E117.083°	139	80
2013 - 09 - 28	山东济南灵岩寺 Lingyan Temple, Jinan, Shandong	N 36.350°、E116.983°	411	76
2013 - 09 - 31	安徽泾县小岭 Xiaoling, Jingxian, Anhui	N 30.750°、E118.467°	32	20
2013 - 09 - 31	安徽青阳县二酉村 Eryoucun, Qingyang, Anhui	N 30.650°、E118.050°	101	15
2013 - 10 - 01	安徽全椒龙山寺 Longshan Temple, Quanjiao, Anhui	N 32.033°、E117.967°	243	82.5
2013 - 10 - 01	安徽滁州瑯琊山 Langyashan, Chuzhou, Anhui	N 32.267°、E118.283°	87	78
2010 *	北京妙峰山 Miaofengshan, Beijing	N 39.680°、E115.820°	466	—
2010 *	北京上方山 Shangfangshan, Beijing	N 40.101°、E116.080°	260	—
2010 *	山西灵丘花塔 Huata, Lingqiu, Shanxi	N 39.102°、E113.980°	635	—

* 表示历史调查,并未记录详细信息。
* These data are coming from historical records.

2.2 青檀绵叶蚜潜在地理分布

根据目前青檀绵叶蚜在我国的调查数据,利用 Maxent 模型结合生态环境变量获得青檀绵叶蚜在中国的潜在地理分布 (图 1):高风险区主要分布在山东南部以及北京和江苏零星区域;中风险区大面积集中在河南、河北、江苏和安徽等地;低风险区主要集中在辽宁、湖北、湖南和浙江以及零星分布在山西、四川和江西等地。

2.3 青檀绵叶蚜的分布与环境变量的关系

使用刀切法获得不同环境变量对青檀绵叶蚜分布的贡献率,从 20 个环境变量中选择贡献值比较大的 7 个环境变量 (图 2),包括 Bio11、Alt、Bio8、Bio9、Bio10、Bio6 和 Bio13。

2.4 Maxent 模型预测能力验证

采用 ROC 曲线法分析预测青檀绵叶蚜在中国的潜在分布区预测结果进行准确性评价 (图 3),Maxent 模型获得 AUC 平均值为 0.947,明显高于随机概率值 0.5,且 AUC 值处于 0.9 ~ 1.0,表明预测结果准确可靠。

3 讨论

3.1 青檀绵叶蚜在中国的潜在地理分布

青檀是我国稀有树种,是石灰岩山地首选造林先锋树种和园林绿化树种,同时还是宣纸制造和高档家具生产的主要原料,具有极高的生态和经济价值 (丁佐龙等,1997;张兴旺等,2012)。另外,青檀属是单属单种,在研究榆科系统发育方面具有不可替代的科研价值 (方升佐和泮香香,2007)。自 2007 年发现青檀绵叶蚜以来,该虫已在山东枣庄地区造成较大的生态和经济损失。本研究利用 Maxent 模型以及 ArcGis10.0 软件对其在中国的潜在地理分布进行分析,结果表明,中高风险区主要集中在山东周边省份,低风险区集中在我国中部地区。目前资料仅显示青檀零星或成片分布于我国 19 个省区,但缺少青檀分布的详细调查资料,考虑到引进青檀树苗的能动性,本研究并未涉及寄主对青檀绵叶蚜分布的影响。

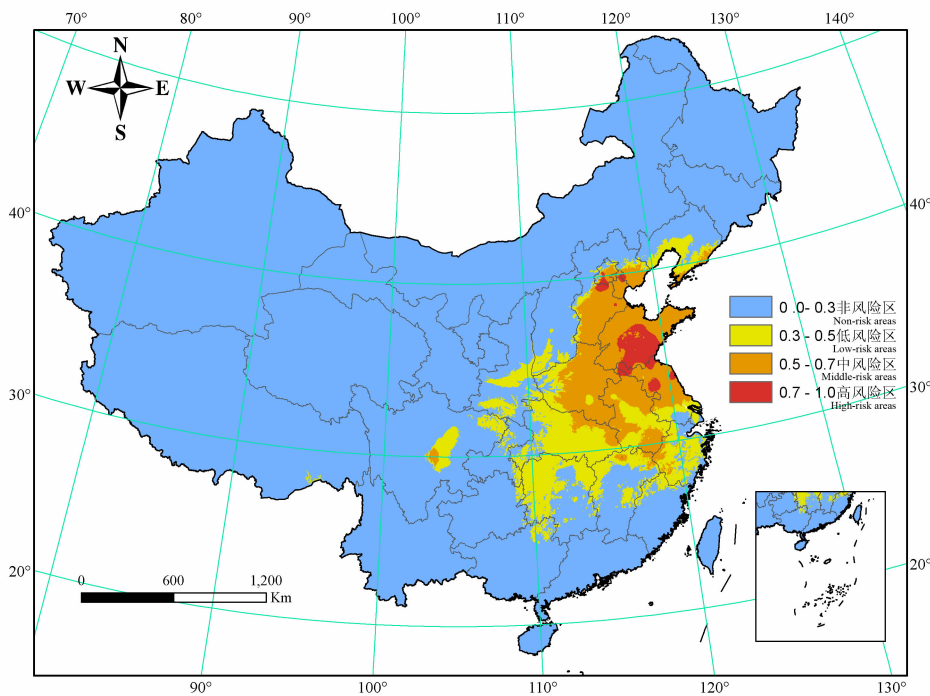


图 1 青檀绵叶蚜在中国的潜在地理分布
Fig.1 Potential distribution of *S. pteroceltis* in China

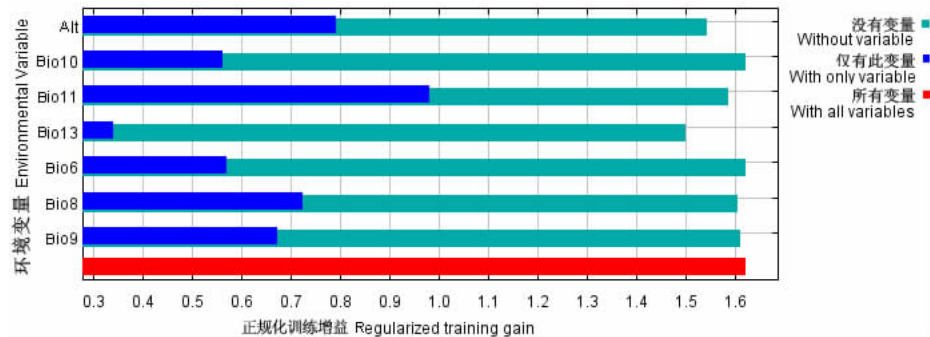


图 2 环境变量对模型预测的贡献值
Fig.2 Contribution of the most important environmental variables for predicting the distribution

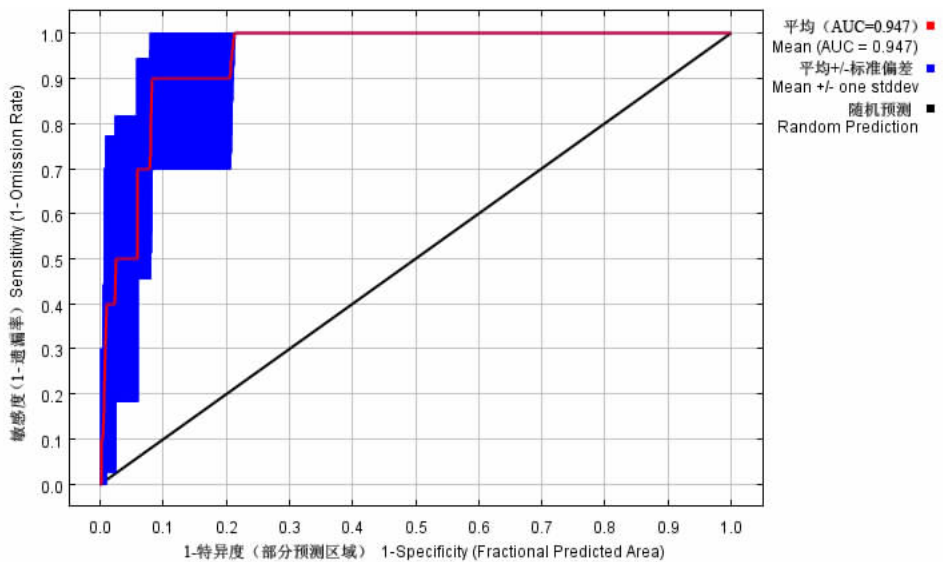


图 3 ROC 曲线及 AUC 值
Fig.3 ROC curve and AUC value

3.2 Maxent 小容量样本的潜在分布区预测

一般情况下,物种样本容量越大生态位模型预测物种潜在地理分布的准确率和稳定性就越高(Hirzel & Guisan, 2002; Mcperson *et al.*, 2004; Stockwell & eterson, 2002; Swets, 1988)。但是,样本容量越大所需要的调查费用也就越高(陈新美等,2012)。因此,在使用小容量样本时需要调整模型本身设置以弥补预测结果的偏差。小容量样本预测的最大问题是为模型选择合适的阈值。Liu *et al.* (2005)利用2个欧洲完全已知分布的植物数据进行分析,结果表明,设置阈值为原始模型中存在点占总分布点的比例时,模型准确率最高。另外,一些研究者还提出通过调节模型设置获得多个模型并从中筛选出最佳模型的方法来解决小容量样本问题(Anderson & Gonzalez, 2011; Elith *et al.*, 2010; Warren & Seifert, 2011)。本研究利用调查的12个分布点数据,通过充分考虑实际分布情况对模型进行设置,最终获得最佳模型,对青檀绵叶蚜进行潜在地理分布预测。

3.3 模型预测准确度评价指标

目前,国内外对模型预测准确度评价使用最多的指标是ROC曲线,但是随着研究的深入,发现单纯的利用AUC值评价模型准确度存在一定的缺陷(Lobo *et al.*, 2008; Peterson *et al.*, 2008)。近2年,许多研究者利用AICc选择Maxent模型最佳设置,也有研究者利用Omission rate(OR)和AUC值相结合获得最佳模型设置(Shcheglovitova & Anderson, 2013)。本研究前期对Maxentresults中OR值进行统计并未发现有差异,因此只使用AUC值作为评价指标。由于青檀绵叶蚜是一种新发现的害虫,本研究希望通过其潜在分布区研究为青檀分布区提供预警,预防青檀绵叶蚜大规模发生。

致谢:感谢中国科学院动物研究所乔格侠研究员、姜立云副研究员对青檀绵叶蚜的鉴定,以及山东农业大学森林保护专业卢希平、乔鲁芹、尹淑艳等老师在试验和文章写作过程中的指导。

参考文献

安广池,王光照,刘和风,赵洋民,安瑞,冯传荣,李伟伟. 2014. 新物种青檀绵叶蚜及其综合防治研究初报. 林业实用技术, (1): 36-38.

陈新美,雷渊才,张雄清,贾宏炎. 2012. 样本量对MaxEnt

模型预测物种分布精度和稳定性的影响. 林业科学, 48 (1): 53-59.

丁佐龙,何云核,石苏华,潘祖耀. 1997. 青檀叶的营养成分分析. 安徽农业大学学报, 24(1): 18-20.

方升佐,狄香香. 2007. 青钱柳资源培育与开发利用的研究进展. 南京林业大学学报:自然科学版, 31(1): 95-100.

傅立国,金鉴明. 1992. 中国植物红皮书. 北京: 科学出版社.

刘和风,安广池,赵洋民,王光照,冯传荣,安瑞,李伟伟. 2014. 新物种青檀绵叶蚜对青檀的危害与分布规律. 林业科技开发, 28(1): 33-37.

刘勇涛,戴志聪,薛永来,孙见凡,朱方,杜道林. 2013. 外来入侵植物南美螳螂菊在中国的适生区预测. 广东农业科学, 40(14): 174-178.

乔格侠,张广学,钟铁森. 2005. 中国动物志,昆虫纲,第四十一卷,同翅目,斑蚜科. 北京: 科学出版社.

王芬. 2012. 枣庄地区青檀生物学观察及种子育苗试验. 中国园艺文摘, 28(6): 15-17.

王运生,谢丙炎,万方浩,肖启明,戴良英. 2007. ROC曲线分析在评价入侵物种分布模型中的应用. 生物多样性, 15(4): 365-372.

张兴旺,张小平,郭传友,丁建华. 2012. 安徽皇藏峪自然保护区青檀种群数量动态. 生态学杂志, 31(2): 282-291.

赵洋民,安广池,刘和风,王光照,安瑞,胡乐强. 2014. 青檀林伴生生物及主要有害生物种类初步研究. 中国园艺文摘, (1): 16-20.

Anderson R P. 2003. Real vs. artefactual absences in species distributions: tests for *Oryzomys albigularis* (Rodentia: Muridae) in Venezuela. *Journal of Biogeography*, 30: 591-605.

Anderson R P and Gonzalez I Jr. 2011. Species-specific tuning increases robustness to sampling bias in models of species distributions: an implementation with Maxent. *Ecological Modelling*, 222: 2796-2811.

Elith J, Kearney M and Phillips S. 2010. The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution*, 1: 330-342.

Hirzel A and Guisan A. 2002. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modeling. *Ecological Modelling*, 157: 331-341.

Jiang L Y, An G C, Li W W and Qiao G X. 2014. A new *Shivaphis* species (Hemiptera: Aphididae) on the Chinese endemic plant, *Pteroceltis tatarinowii*. *Zootaxa*, 3753: 375-383.

Liu C, Berry P M, Dawson T P and Pearson R G. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species

- distributions. *Ecography*, 28: 385 – 393.
- Lobo J M, Jiménez-Valverde A and Real R. 2008. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography*, 17: 145 – 151.
- Mcperson J, Jetz W and Rogers D J. 2004. The effects of species' range sizes on the accuracy of distribution models: ecological phenomenon or statistical artefact? *Journal of Applied Ecology*, 41: 811 – 823.
- Miller J. 2010. Species distribution modeling. *Geography Compass*, 4: 490 – 509.
- Peterson A T, Pape M and Soberón J. 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modelling*, 213: 63 – 72.
- Phillips S J and Dudík M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31: 161 – 175.
- Shcheglovitova M and Anderson R P. 2013. Estimating optimal complexity for ecological niche models: a jackknife approach for species with small sample sizes. *Ecological Modelling*, 269: 9 – 17.
- Stockwell D R B and Peterson A T. 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modelling*, 148: 1 – 13.
- Swets J A. 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240: 1285 – 1293.
- Warren D L and Seifert S N. 2011. Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological Applications*, 2: 335 – 342.
- Webber B L, Yates C J, Le Maitre D C, Scott J K, Kriticos D J, Ota N, McNeill A, Le Roux J J and Midgley G F. 2011. Modelling horses for novel climate courses: insights from projecting potential distributions of native and alien Australian acacias with correlative and mechanistic models. *Diversity and Distributions*, 17: 978 – 1000.
- Wisn M S, Hijmans R J, Li J, Peterson A T, Graham C H and Guisan A. 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions*, 14: 763 – 773.

(责任编辑:郭莹)