检疫性林木害虫南部松齿小蠹适生区分析*

吕 飞[1, 2**] 王 洁[3] 周奕景[2] 杨文晏[2] 李志红[4] 许 强[2] 杜予州[1***]

（1. 扬州大学应用昆虫研究所，扬州 225009；2. 太仓出入境检验检疫局，苏州 215000；
3. 国家气象信息中心，北京 100081；4. 中国农业大学，北京 100083）

摘 要 **【目的】** 南部松齿小蠹 *Ips grandicollis* (Eichhoff)是我国重点关注的检疫性林木害虫且在我国内尚无分布。近年来，随着进口木材数量的增长，该虫传入我国的风险加大。因此，充分了解该虫的适生区有助于我国针对性地开展其检疫防控工作。**【方法】** 本文采用气候相似性分析法，利用 SPSS 及 DIV-GIS 等软件对南部松齿小蠹的适生区进行分析，其中利用 SPSS 软件分析了 19 个可影响南部松齿小蠹适生性的生物气候变量，筛选出 6 个关键气候变量；然后，通过 DIV-GIS 工具，对这 6 个关键气候变量进行了计算分析，得出了南部松齿小蠹适生区预测结果。**【结果】**南部松齿小蠹在全球的高度适生区主要集中在北美洲的中东部，南美洲的中东部，欧洲的中东部，非洲的中南部及东部沿海地区，亚洲的中部及东部沿海以及澳大利亚的沿海地区；而在我国的境内高度适生区主要在山东、江苏的东部沿海、河南、湖北、重庆等诸多中、南部地区。最后，本文对所用分析法及预测结果进行了讨论，并提出了检疫防控的措施建议。**【结论】** 南部松齿小蠹寄主木材的进口口岸均在本文预测的适生区范围内，因此值得提请相关部门关注，应加强其检疫及监测措施。

关键词 南部松齿小蠹，气候相似性，DIV-GIS，适生区，植物检疫

Predicted suitable habitat for the quarantine forest pest *Ips grandicollis* (Eichhoff)

LÜ Fei[1, 2**] WANG Jie[3] ZHOU Yi-Jing[2] YANG Wen-Yan[2]
LI Zhi-Hong[4] XU Qiang[2] DU Yu-Zhou[1***]

(1. Institute of Applied Entomology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2. Taicang Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Suzhou 215000, China; 3. National Meteorological Information Center, Beijing 100081, China; 4. China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract **[Objectives]** Although it has yet to establish in China, *Ips grandicollis* is one of the country's most important quarantine forest pests. In recent years, the risk of it establishing has risen due to the increased amount of imported timber. Predicting potentially suitable habitat for this species is therefore timely as this will allow quarantine, prevention, and control, operations to be targeted more efficiently if required. **[Methods]** Climate similarity analysis methods using DIV-GIS and SPSS software tools were used to predict suitable *I. grandicollis* habitat in China. Nineteen bioclimatic variables that could influence the establishment of *I. grandicollis* were first analyzed with SPSS and six key variables identified. DIV-GIS was then used to analyze these key variables and predict suitable *I. grandicollis* habitat. **[Results]** Globally, the most suitable *I. grandicollis* habitat is mainly in mid-eastern North America, mid-eastern South America, mid-eastern Europe, the mid-south and eastern coastal areas of Africa, central and eastern coastal areas of Asia, and coastal regions of Australia. In China, the most suitable habitat is mainly in the mid-south of Shandong, Henan, Hubei and Chongqing. Analytical method and predicted results are discussed and advice given for the quarantine, prevention and control of *I. grandicollis*. **[Conclusion]** Relevant departments should reinforce quarantine and monitoring measures for *I. grandicollis* because the ports importing the wood of

*资助项目 Supported projects：国家质检总局项目（2015IK158）

**第一作者 First author，E-mail：feilv@163.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：yzdu@yzu.edu.cn

收稿日期 Received：2017-09-27，接受日期 Accepted：2017-10-16

host trees of this species are all located in regions with predicted suitable habitat.

Key words *Ipsgrandicollis*, climate similarity, DIV-GIS, suitable area, phytosanitary

南部松齿小蠹 *Ips grandicollis*（Eichhoff），又称光间十齿小蠹，异名 *Ipschagnoni* Swaine、*Ips cloudcrofti* Swaine，英文名 Southern pine engrave、Five-spinedbarkbeetle、Eastern fivespinedips（陈乃中，2009），是我国重点关注的检疫性林木害虫之一。近年来，随着我国进口木材数量的不断增加，南部松齿小蠹随木材运输传入我国的风险也日益加大，据中国检验检疫科学研究院提供数据统计，2005 到 2015 年间，全国各口岸共截获南部松齿小蠹 1 313 批次，是我国在进口木材中截获数量最大的一种外来检疫性齿小蠹。

南部松齿小蠹最早发现于北美，主要分布在美国、加拿大、古巴、多米尼亚、牙买加等地。1944 年前后，南部松齿小蠹传入澳洲，目前在澳洲南部、西部、昆士兰、维多利亚等地均有分布。该虫可为害松属 *Pinus* 树种，主要寄主有美加红松 *P.resinosa*、班克松 *P. armandii*、加勒比松 *P. caribaea*、萌芽松 *Pinus echinata*、马尾松 *Pinus massoniana*、卵果 *Pinus oocaspa*、长叶松 *Pinus palustris*、西黄松 *Pinus ponderosa*、北美乔松 *Pinus strobus*、刚松 *Pinus rigida*、类球松 *Pinusstrobiformis*、欧洲赤松 *Pinussylvestris*、火炬松 *Pinus taeda*、矮松 *Pinus virginiana* 等（陈乃中，2009；顾忠盈和吴新华，2009；安榆林，2012）。

南部松齿小蠹最喜蛀食刚砍伐的树木和新鲜的原木，一般出现于树的中上部和粗大的侧枝基部。一般点片或成片为害致死幼松。成虫在入侵的同时，会携带大量真菌，在木质部内蔓延为害，阻碍树液流动，加速树木死亡。该虫还可为害并致死健康树，干旱可加速虫害的发生南部松齿小蠹在北美一年发生 4~5 代，在温暖的季节，幼虫几天后即可孵化，然后在树皮内蛀食，修筑自己的坑道。幼虫成熟后，停止取食，在坑道内尽头化蛹，有时会有圆形蛹室，蛹在此羽化。新羽化的成虫在树皮下修筑很短的坑道后准备扬飞。在成熟之前，成虫以真菌为食；老熟后，咬破树皮扬飞，寻找新的寄主，开始下一个生活周期。因此，该虫可随带皮原木和锯木远距离传播，成虫也具有一定飞行能力（陈乃中，2009；安榆林，2012）。

鉴于南部松齿小蠹的上述潜在风险，本文对其适生区进行了分析，以期为我国口岸检疫防控工作提供参考。

1 材料与方法

本文采用气候相似性分析法对南部松齿小蠹的潜在适生性区域进行分析，具体方法为：根据文献资料整理目标有害生物在世界范围内分布点，采用 SPSS 软件筛选关键气候因子作为分析依据，然后将相关数据导入 DIVA-GIS 软件进行分析，获得南部松齿小蠹全球适生区分布图（谢春平，2011；周奕景等，2016）。

1.1 数据来源及处理方法

本研究使用的南部松齿小蠹发生分布点有 89 个，见表 1；分布信息主要来自于国内外已发表的相关文献、互联网及 GBIF（http://www.gbif.org/）、CABI-Crop Protection Compendium 数据库；将物种名、分布点经纬度保存为 Excel 文件，建立模型的数据集和模型验证的数据量按 3∶1 进行随机分配；中国地图从中国地理信息系统网站（http://nfgis.nsdi.gov.cn/）下载，比例为 1∶4000 000。

使用的气候数据来自 BioClim（http://www.worldclim.org/bioclim），包括 19 个生物气候变量，见表 2。该数据集是基于 1950—2000 年间全球气象站点的观测数据，采用薄板样条空间插值法得到的全球气候数据集。所用到的气象站点的数量为：月均温度的监测点为 24 542 个，月最高、最低温度的监测点为 14 930 个，降水的监测点为 47 554 个。此外，BioClim 数据集有

表 1　南部松齿小蠹已发生地区地理分布位点
Table 1　The geographical distribution sites of *Ips grandicollis* in the occurred areas

经度 Latitude（°）	纬度 Longtitude（°）	经度 Latitude（°）	纬度 Longtitude（°）	经度 Latitude（°）	纬度 Longtitude（°）
38.00	- 98.76	34.75	- 106.06	38.99	- 94.87
39.05	- 94.82	18.98	- 99.23	38.09	- 97.89
37.37	- 95.03	19.05	- 98.18	38.07	- 97.86
38.99	- 94.79	19.03	- 98.19	37.81	- 97.38
37.64	- 99.75	19.42	- 102.07	37.65	- 97.47
38.03	- 97.91	14.61	- 87.85	37.55	- 95.18
37.91	- 97.43	15.16	- 90.22	37.49	- 95.23
38.94	- 95.37	29.43	- 81.14	38.01	- 98.57
34.99	- 95.33	19.36	- 99.77	37.93	- 98.65
37.49	- 95.15	19.03	- 99.27	37.88	- 98.61
38.89	- 94.84	23.79	- 105.35	39.05	- 94.82
37.42	- 94.72	18.89	- 96.94	37.59	- 94.88
39.11	- 96.90	19.32	- 98.23	37.37	- 95.03
37.64	- 94.81	20.74	- 99.38	12.99	- 86.58
39.16	- 94.77	16.73	- 92.65	13.04	- 86.61
37.42	- 94.71	16.73	- 92.04	16.19	- 93.27
37.50	- 95.15	18.93	- 99.24	19.16	- 96.15
37.67	- 95.44	18.37	- 99.87	19.20	- 100.14
37.68	- 95.44	41.82	- 81.05	34.76	- 105.99
37.49	- 95.14	41.82	- 81.04	20.65	- 98.66
30.57	- 95.56	17.60	- 99.18	16.73	- 92.63
16.24	- 93.27	18.89	- 99.05	18.38	- 99.87
15.87	- 92.72	34.77	- 106.04	39.76	- 94.95
16.23	- 93.28	34.77	- 106.02	39.39	- 94.52
12.42	- 86.88	34.76	- 106.06	39.40	- 94.27
19.81	- 96.92	34.78	- 106.02	39.80	- 94.90
19.72	- 99.47	34.77	- 106.06	37.60	- 98.10
17.60	- 99.18	18.92	- 99.23	38.90	- 94.80
18.89	- 99.05	19.03	- 99.27	28.60	- 81.20
34.76	- 106.06	39.02	- 94.88		

3 种可供选择的空间分辨率，本研究采用的是空间分辨率 5 min。

1.2　适生区分析工具

本文进行适生性分析选用的是 DIVA-GIS 软件（版本号：7.5.0），软件及相应地理信息数据的获得，可通过网站 http://www.diva-gis.org 免费下载。统计分析软件为 SPSS（软件版本为 16.0），可通过网站 http://www.ibm.com/analytics/cn/zh/technology/spss 免费下载。

1.3　适生程度评判原则

在 DIVA-GIS 的 BIOCLIM 模型中，预测结果进行适生程度评判标准是以发生概率（Occurrence Probability）来划分的，DIVA-GIS 默认划分为 6 个等级，本文根据待研究齿小蠹已发生地点的分

布情况，并参照相关齿小蠹已分布地区的发生程度与预测结果的匹配性，对其适生性等级进行调整，将南部松齿小蠹的适生区划分为 4 个等级，如表 3 所示。

1.4 分析步骤

1.4.1 关键气候因子筛选 关键气候变量分析将南部松齿小蠹位点信息及表 2 中的 19 个气候变量输入 DIVA-GIS 软件，得出 DIVA-GIS 运行后 19 个气候变量因子的载荷矩阵数据表，采用 SPSS 软件的因子分析模块对 19 个生物气候变量的载荷矩阵数据进行主成分分析，初步筛选影响南部松齿小蠹生存的关键气候因子。同时，结合前人南部松齿小蠹的生物学特性研究，温度下限以及树木干旱胁迫对南部松齿小蠹生长、繁殖具有较大影响较

表 2 环境气候变量
Table 2 Environmental climate variables

变量 Variable	英文名 English name	中文名 Chinese name
BIO1	Annual mean temperature	年平均气温
BIO2	Mean diurnal range	月平均昼夜温差
BIO3	Isothermality	平均日温/年温变化范围
BIO4	Temperature seasonality	气温季节性变化
BIO5	Max temperature of warmest month	最热月的最高温
BIO6	Min temperature of coldest month	最冷月的最低温
BIO7	Temperature annual range	气温年变化范围
BIO8	Mean temperature of wettest quarter	最湿月的平均气温
BIO9	Mean temperature of driest quarter	最干月的平均气温
BIO10	Mean temperature of warmest quarter	最热季节的平均气温
BIO11	Mean temperature of coldest quarter	最冷季节的平均气温
BIO12	Annual precipitation	年降水量
BIO13	Precipitation of wettest month	最湿月的降水量
BIO14	Precipitation of driest month	最干月的降水量
BIO15	Precipitation seasonality	降水的季节变化
BIO16	Precipitation of wettest quarter	最湿季节的降水量
BIO17	Precipitation of driest quarter	最干季节的降水量
BIO18	Precipitation of warmest quarter	最暖季节的降水量
BIO19	Precipitation of coldest quarter	最冷季节的降水量

表 3 适生性评判标准
Table 3 Criteria for assessing fitness

适生区划分 Suitable area division	适宜值范围 Suitable range of values	适生区描述 Suitable area description
非适生区 Non-fitness area	发生概率=0 The probability of occurrence=0	不能生存 Can not survive
低度适生区 Low fitness area	0＜发生概率≤5% 0<The probability of occurrence≤5%	不太适宜生存 Little suitable for survival
中度适生区 Moderate fitness area	5%＜发生概率≤10% 5%<The probability of occurrence≤10%	比较适宜生存 More suitable for survival
高度适生区 High fitness area	10%＜发生概率≤100% 10%<The probability of occurrence≤100%	很适宜生存 Very suitable for survival

大(Abbott，1993；Lombardero *et al.*，2000；Yousuf *et al.*，2014)，最终确定南部松齿小蠹生存的关键气候因子为：BIO6、BIO9、BIO10、BIO11、BIO14、BIO17。

1.4.2　DIVA-GIS 适生性分析　适生性分析将南部松齿小蠹地理分布位点的经纬度数据按照 BIOCLIM 模型的要求输入 Excel 表中；将筛选出的生物气候变量在 DIVA-GIS 软件中的 Data/Export Gridfile 中 asc 格式的文件转换成 DIVA-GIS 所需的 grd 格式，再在 Stack/Make Stack 中将这些生物气候变量堆叠在一起，形成一个图栈；导入南部松齿小蠹的地理分布点，运行 Modeling/Bioclim 模块；导入制作好的图栈，运行得出全球环境条件下南部松齿小蠹的潜在适生区范围及程度。同时，利用 DIVA-GIS 生成适生区分析的 ROC 曲线（孔令斌等，2008；饶玉燕等，2009；吕文诚，2012)。在对南部松齿小蠹适生区预测的结果分析时，一般认为 ROC 曲线的 AUC 值为 0.5~0.7 时判断价值较低，为 0.7~0.9 时判断价值中等，大于 0.9 时诊断价值较高（王运生等，2007)。

2　结果与分析

2.1　南部松齿小蠹在全球的适生区

通过 DIVA-GIS 的适生性分析，南部松齿小蠹在世界的适生区情况如图 1 所示，主要分布在北美洲的中部及西部沿海地区，南美洲的中部及东部，欧洲中、东部，非洲的中南部及东部沿海地区，亚洲的中部及东部沿海，澳大利亚的东、西、南部沿海。这与目前关于南部松齿小蠹已经记载的分布地区（墨西哥、美国、加拿大、尼加拉瓜、洪都拉斯、澳大利亚、巴西、危地马拉、牙买加、古巴、多米尼亚）情况相符。

2.2　南部松齿小蠹在我国的适生区

根据图 2 可以看出，南部松齿小蠹在中国的高度适生区主要分布在山东、江苏、上海、浙江、福建四省东部沿海，云南、贵州、重庆三省市大部分地区，四川东部地区，陕西、甘肃两省南部地区，河南、湖北、湖南三省西部局部地区，以及广东、广西、江西、陕西、西藏东南部、海南小部分地区。中度适生区主要集中在山东中部、河南东部、安徽北部、江苏西部等地区。低度适

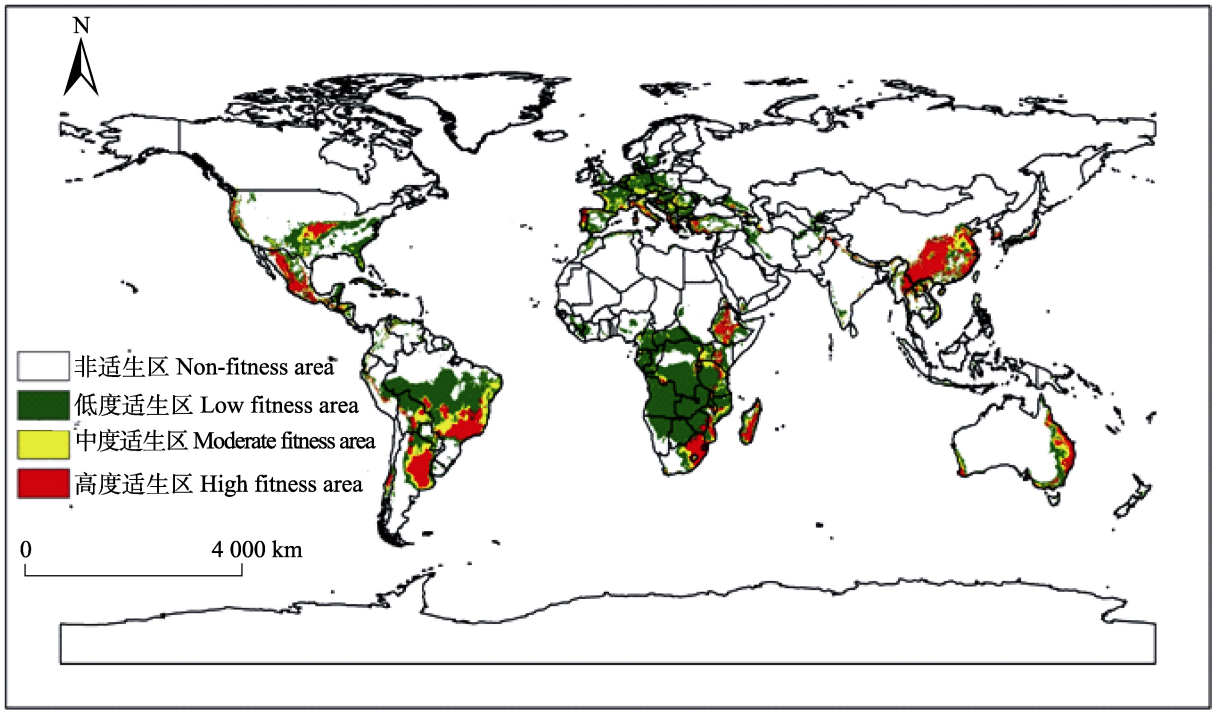

图 1　南部松齿小蠹在全球的潜在适生区

Fig. 1　The potential suitable areas of *Ipsgrandicollis* in the world

生区主要集中在河北南部、安徽中部、湖北湖南交界地区。

2.3 南部齿小蠹的适生区预测结果验证

本研究利用 DIVA-GIS 中的 ROC 计算工具对南部松齿小蠹的适生区数据的 AUC 值进行计算，得到 AUC 值为 0.950，生成的 ROC 曲线如图 3。说明本研究利用 BIOCLIM 生态位模型预测效果较好，能够正确反映南部松齿小蠹的适生区分布。

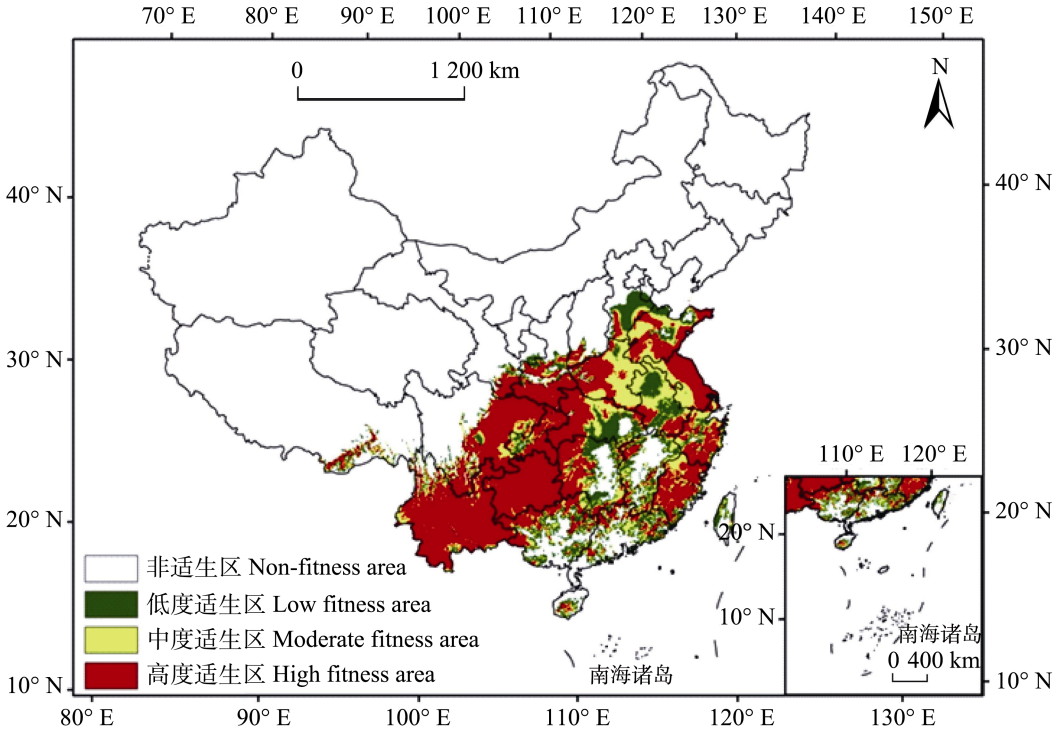

图 2 南部松齿小蠹在中国的潜在适生区

Fig. 2 The potential suitable areas of *Ips grandicollis* in China

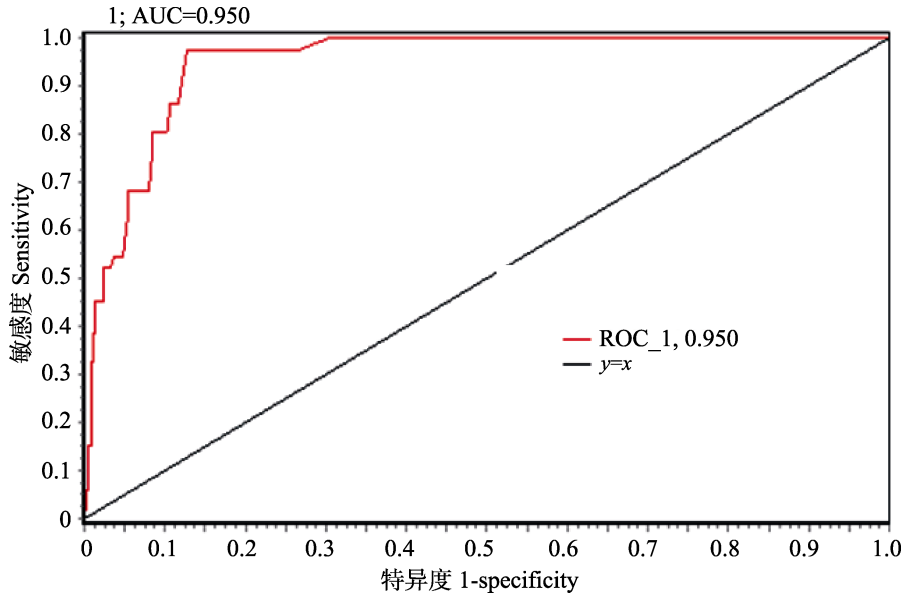

图 3 南部松齿小蠹的适生区 ROC 预测曲线验证结果

Fig. 3 Prediction of ROC curve of suitable areas for *Ips grandicollis*

3　讨论

南部松齿小蠹对不同气候的忍受力较强，能在不同地区进行越冬，其地理分布范围广（Lombardero *et al.*，2000；Yousuf *et al.*，2014）。本文适生区分析结果正体现了它的这个特点。同时，南部松齿小蠹在侵染树木过程中对寄主健康状况要求不是很严格，虽然更偏向于侵染树势衰弱的树木，但也能侵害健康树木（Abbott，1993；Yousuf *et al.*，2014），这一特性也在一定程度上提高了南部松齿小蠹的生存能力。鉴于南部松齿小蠹上述生物学特性与其入侵、定殖、扩散能力呈正相关，同时考虑到该虫在我国有相当的适生区，对于该虫可能传入风险值得我们进一步开展分析。

此外，由于南部松齿小蠹为我国未分布有害生物，当前国内对其研究还比较少，主要局限在形态鉴定和口岸截获分析等等方面（陈先锋等，2012；汪莹，2016），本研究在一定程度上加强了我国对该种有害生物的认知。研究结果表明，南部松齿小蠹在我国的适生范围很广，高度适生区包括了我国江苏、山东等诸多进口木材主要口岸，这值得我国口岸检疫部门予以关注。因此，建议口岸检疫部门应加强对可能携带南部松齿小蠹的北美、澳洲针叶材的检疫。同时，在相关木材进口口岸及该虫适生区开展监测工作，随时掌握防疫动态。另外，还应进一步加强与国外检疫机关及科研机构的沟通和联系，较为全面地掌握该种有害生物的资料，以便国内进一步开展风险评估及防控研究工作，形成技术积累，服务国家检疫政策制定和防控措施应用。

另外，本研究所采用的适生区分析方法对有害生物已分布位点的数据掌握的全面性和代表性要求较高，然而这些数据的获得需要世界各国学者在相关领域的长期工作积累才能到达理想效果，但目前国内外学者近年来在相关领域开展的研究很少，这在一定程度上普遍影响了潜在适生区预测的精确性。此外，研究所使用的DIVE-GIS、SPSS 等工具软件也在一定程度上存在自身算法及应用适用性层面的不足，在今后如能进一步利用多工具进行比较分析，得出的分析结果将更加准确。

本文通过对南部松齿小蠹的适生区分析得出以下结论：(1) 南部松齿小蠹的全球适生区主要集中在北美洲中部及西部沿海地区，南美洲的中部及东部，欧洲中、东部，非洲中南部及东部沿海地区，亚洲中部及东部沿海，澳大利亚的东、西、南部沿海。(2) 南部松齿小蠹在中国的适生区主要集中在山东、江苏、上海、浙江、福建四省东部沿海，云南、贵州、重庆三省市大部分地区，四川东部地区，陕西、甘肃两省南部地区，河南、湖北、湖南三省西部局部地区，以及广东、广西、江西、陕西、西藏东南部、海南小部分地区。(3) 目前已记载的南部松齿小蠹的发生区均在本文预测适生区范围内。(4) 南部松齿小蠹寄主木材的进境口岸均在本文预测的适生区范围内，值得提醒相关部门关注，进一步加强检疫及监测措施。

参考文献 (References)

Abbott I, 1993. Review of the ecology and control of the introduced bark beetle *Ipsgrandicollis* (Eichoff) (Coleoptera): Scolytidae in Western Australia, 1952-1990. *Calmscience*, 1(1): 35–46.

An YL, 2012. Foreign Forest Pest Quarantine. Beijing: Science Press. 346–347. [安榆林, 2012. 外来森林有害生物检疫. 北京: 科学出版社. 346–347.]

Chen NZ, 2009. China's Imports of Plant Quarantine Pests (Insect Volume). Beijing: China Agricultural Press. 355–357. [陈乃中, 2009. 中国进境植物检疫性有害生物(昆虫卷). 北京: 中国农业出版社. 355–357.]

Chen XF, Cui JX, Liu L, Xu Y, 2012. Intercepted *Ips grandicollis* from the incoming Mexican container. *Plant Quarantine*, 26(1): 46–48. [陈先锋, 崔俊霞, 刘丽, 徐瑛, 2012. 从进境墨西哥集装箱内截获南部松齿小蠹. 植物检疫, 26(1): 46–48.]

Gu ZY, Wu XH, 2009. Wooden packaging pest quarantine identification. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press. 111–112. [顾忠盈，吴新华, 2009. 木质包装有害生物检疫鉴定. 上海：上海科学技术出版社. 111–112.]

Kong LB, Lin W, Li ZH, Wan FH, Wang ZL, Huang GS, 2008. A predication of potential geographic distribution of melon fruit fly

based on CLIMEX and DIVA_GIS. *Journal of Plant Protection*, 35(2): 148–154. [孔令斌, 林伟, 李志红, 万方浩, 王之岭, 黄冠胜, 2008. 基于 CLIMEX 和 DIVA_GIS 的瓜实蝇潜在地理分布预测. 植物保护学报, 35(2): 148–154.]

Lombardero MJ, Ayres MP, Ayres BD, Reeve JD, 2000. Cold tolerance of four species of bark beetle (Coleoptera: Scolytidae) in North America. *Environmental Entomology*, 29(3): 421–432.

Lv WC, 2012. Research on potential geographical distribution of *Lobesia reliquana* (Hübner) in China. Doctoral dissertation. Beijing: China Agricultural University.[吕文诚, 2012. 葡萄花翅小卷蛾在中国的潜在地理分布研究. 博士学位论文. 北京: 中国农业大学.]

Rao YY, Huang GH, Li ZH, Wan FH, Wang ZL, Lin W, 2009. A predication of potential geographic distribution analysis of Queensland fruit fly based on DYMEX and DIVA_GIS. *Journal of Plant Protection*, 36(1): 1–6. [饶玉燕, 黄冠红, 李志红, 万方浩, 王之岭, 林伟, 2009. 基于 DYMEX 和 DIVA_GIS 的昆士兰果实蝇潜在地理分布预测. 植物保护学报, 36(1): 1–6.]

Wang Y, Lin W, Xu L, Xiang CY, Chen ZL, Jiao Y, Yu DJ, Lou DF, 2016. Classification of the *Ips* pests intercepted in China on pines imported from USA. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(6): 1391–1400. [汪莹, 林伟, 徐浪, 向才玉, 陈志斐, 焦懿, 余道坚, 娄定风, 2016. 进口美国松木中截获齿小蠹的鉴定(鞘翅目: 小蠹科). 应用昆虫学报, 53(6): 1391–1400.]

Wang YS, Xie BY, Wan FH, Xiao QM, Dai LY, 2007. Application of ROC curve analysis in evaluating the performance of alien species potential distribution models. *Biodiversity Science*, 15(4): 365–372. [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.]

Xie CP, 2011. Simple biogeography distribution picture draw based on DIVA_GIS. *Hubei Agricultural Sciences*, 50(11): 2345–2348. [谢春平, 2011. 基于 DIVA_GIS 生物地理分布图的绘. 湖北农业科学, 50(11): 2345–2348.]

Yousuf F, Gurr GM, Carnegie AJ, Bedding RA, Bashford R, Gitau CW, 2014. Biology of the bark beetle *Ips grandicollis* Eichhoff (Coleoptera: Scolytinae) and its arthropod, nematode and microbial associates: a review of management opportunities for Australia. *Austral Entomology*, 53(3): 298–316.

Zhou YJ, Lv F, Xu Q, Yang G, Zheng ZG, Sun JJ, Fang Y, Du YZ, 2016. A suitability analysis of *Ips pini* based on DIVA_GIS. *Plant Quarantine*, 30(4): 6–9. [周奕景, 吕飞, 许强, 杨光, 郑志高, 孙佳佳, 方焱, 杜予州, 2016. 基于 DIVA_GIS 的美松齿小蠹适生性分析. 植物检疫, 30(4): 6–9.]