

基于 ArcView GIS 的松材线虫传入云南风险评估*

王 峰^{1,2}, 王志英¹, 喻盛甫^{2**}

(1. 东北林业大学林学院, 黑龙江 哈尔滨 150040;
2. 云南农业大学植物保护学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 根据国际粮农组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) 的国际植物检疫措施标准- 检疫性有害生物风险分析(Pest Risk Analysis for Quarantine Pests Including Analysis of Environmental Risks and Living Modified Organisms)以及欧洲和地中海地区植物保护组织(European and Mediterranean Plant Protection Organisation, EPPO)的有害生物风险评估方案,应用美国环境系统研究所(ESRI)开发的地理信息系统(Geographic Information System, GIS)软件 ArcView 3.2 对云南省129个县(市、区)的年平均气温、年平均降雨、日照、寄主分布和媒介昆虫等信息进行分析,对松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*)进入可能性、定殖可能性和经济影响等方面进行了风险评估(Pest Risk Assessment, PRA)。划定松材线虫病发生低风险区2县、松材线虫病发生中度风险区20县(市、区)、松材线虫病发生较高风险区49县(市、区),其余县58县(市、区)为松材线虫病发生高风险区。划定云南省北纬26°以南地区为重点防护区。并绘制寄主分布图、年平均气温图、松墨天牛分布图等风险评估地图。

关键词: 风险评估; 松材线虫; 云南; ArcView; GIS

中图分类号: S 432.45 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-390X(2007)05-0639-06

Pest Risk Assessment for *Bursaphelenchus xylophilus* Introduced to Yunnan Based on ArcView GIS

WANG Feng^{1,2}, WANG Zhi-ying¹, YU Sheng-fu²

(1. College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China;
2. Faculty of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: Synthesizing the datum of the annual average temperature, annual average rainfall, sunlight, conifer distribution and the vector insect *Monochamus alternatus* distribution of the 129 counties (cities) in Yunnan via the GIS system of ArcView 3.2 which developed by ESRI, the Pest Risk Assessment (PRA) of *B. xylophilus* introduced to Yunnan was done. The results showed that 2 counties were in low degree risk, 20 counties were in risk, 49 counties were in higher degree risk and 58 counties were in the highest degree risk. The area to the south of north latitude 26° in Yunnan was considered as the priority protection area to *B. xylophilus*. This pest risk assessment was carried out in accordance with the International Standards for Phytosanitary Measures-Pest Risk Analysis for Quarantine Pests Including Analysis of Environmental Risks and Living Modified Organisms (FAO, Rome, 2004). The risk posed by the nematode, *B. xylophilus*, to conifers in Yunnan was assessed using an OEPP/EPPO pest risk assessment scheme. The assessment reviewed information concerning the Entry potential, Establishment potential and Economic impact assessment. A set of PRA maps were constructed with ArcView 3.2, comprising a host distribution map, an annual average air temperature map and

收稿日期: 2006-12-20

* 基金项目: 云南省科技攻关项目(2005NG003); 东北林业大学校立基金(05003)。

** 通讯作者

作者简介: 王峰(1976-)男, 讲师, 博士研究生, 主要从事植物病原线虫学研究。E-mail: kingsummit@sina.com

a *M. alternatus* distribution map of Yunnan.

Key words: Pest Risk Assessment; *Bursaphelenchus xylophilus*; Yunnan; ArcView; GIS

松材线虫 [*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner, 1934) Nikle, 1970] 引起的松树萎蔫病对日本、韩国、葡萄牙和中国(局部地区)的松树造成危害,日本受害最重;对美国、加拿大和墨西哥,主要影响其木材及木削片的出口^[1,2]。1982年首次在中国发现松材线虫,引起中国政府的高度重视,其导致的松树萎蔫病被列为中华人民共和国进境植物重要检疫危险性病害之一。世界上已有 40 余国家将其列为检疫对象。随着国际贸易的发展及松材线虫快速蔓延的特点,松材线虫扩散的风险不断提高。

北美植保组织(North America Plant Protection Organization, NAPPO)将有害生物风险分析(Pest Risk Analysis, PRA)定义为:针对有害生物一旦传入某一尚未发生的地区,或某一时期内才发生的地区,由于其传播而引起的潜在风险进行判断的系统评价过程。有害生物风险分析包含有害生物风险评估(Pest Risk Assessment, PRA)、有害生物风险管理(Pest Risk Management, PRM)和有害生物风险交流(Pest Risk Communication)3 部分。有害生物风险评估,是评估某一有害生物进入某一地区,在此定殖并造成经济损失和环境损失的可能性(概率),主要内容是有害生物传入可能性评估、经济影响评估和环境影响评估。

地理信息系统是输入、存储、处理和可视化输出空间数据的有力工具。GIS 在风险评估中的应用主要是将有害生物风险评估区内的地理特征与有害生物的生物学特征结合起来,研究影响有害生物分布的各种因素,根据这些因素对有害生物适合生存的地区进行预测。GIS 在及时准确的制定有害生物预防措施的过程中具有十分重要的意义^[3]。GIS 与 GPS(Global Positioning System)和 RS(Remote Sensing)合称 3S,3S 技术使我们能够从宏观(全球、全国或全省范围)到具体(某棵树)对林木病情进行观察、预测和治理等研究,在森林保护学研究领域具有不可替代的作用。

云南的针叶树种共计有 6 科 20 个属,约 63 种(包括变种),松属(*Pinus*)针叶林的分布面积共有 680 余万 hm^2 ,为云南有林地面积的 74%。根据实际工作要求,有必要对其进行风险评估,以为云南

省森林保护提供科学依据。基于 ArcView GIS 的松材线虫传入云南风险评估是在“松材线虫风险评估数据库”^[4]基础上应用 GIS 系统以地图的形式将数据直观的表述出来,增强了风险评估的实用性。在以后的具体工作中结合 GPS 的使用能更有效的为松材线虫防治工作提供服务。

1 材料与方法

1.1 收集和處理数据

实地调查或查阅文献收集部分疫区城市、非疫区城市以及云南各地近 40 年(1961~2003 年)的年平均气温等数据以及针叶树分布和松墨天牛分布等数据。

应用 SPSS 11.0 软件对 9 个疫区城市(墨西哥、长崎、鹿儿岛、雅典、亚特兰大、深圳、香港、南京和台北)、2 个非疫区城市(莫斯科、札幌)和云南省 129 个县级行政单位(分属于 8 个自治州的 8 个地级市的 12 个市辖区、9 个县级市、79 个县、29 个自治县)的年平均气温进行系统聚类分析(Hierarchical Cluster Analysis)并绘制主要 20 个城市间的树状聚类图(Dendrogram)。应用 F 值检验(若 x_1, \dots, x_n 这 n 个数表示 n 个松材线虫疫区的年平均气温, x_{n+1} 为一个需要进行差异显著性检验的城市的年平均气温,要考虑数据 x_{n+1} 与 x_1, \dots, x_n 是否有差异时,就应看 F 值的大小,当 $10 \leq n < 50$ 时, F 值大于 5 则认为有显著差异)云南省 129 个县(市、区)与部分松材线虫疫区气候条件的差异显著性。

$$F = \frac{n(\bar{x} - x_{n+1})^2}{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

1.2 风险评估^[5-7]

根据欧洲和地中海地区植物保护组织(European and Mediterranean Plant Protection Organisation, EPPO, 1997)制定的有害生物风险评估方案和蒋青(1995)、王峰(2003)等方法进行定量评估,分别评估并计算云南省指标 $P1 - P6$ 的评价值和 R 值,计算公式为:

$$P1(\text{传入可能性}) = P1.1$$

$$P2(\text{潜在危害性}) = 0.6P2.1 + 0.2P2.2 +$$

0.2P2.3

P3(寄主经济重要性) = Max(P3.1, P3.2, P3.3)

P4(扩散可能性)

= 5√P4.1 × P4.2 × P4.3 × P4.4 × P4.5

P5(风险管理难度) = (P5.1 + P5.2 + P5.3) / 3

P6(环境风险和社会风险) = Max(P6.1,

P6.2, P6.3)

R(有害生物风险综合评价)

= 6√P1 × P2 × P3 × P4 × P5 × P6

不同的 R 值代表不同程度的风险(表1)。

表1 不同 R 值代表的风险等级

Tab.1 Risk degree of different score of R

R 值 Score of R	0.0 ~ 1.0	1.0 ~ 1.5	1.5 ~ 2.0	2.0 ~ 2.5	2.5 ~ 3.0
风险等级	无风险	低度风险	中度风险	较高风险	高度风险
risk degree	no risk	low degree risk	risk	higher degree risk	highest degree risk

按同样方法分别计算云南 129 个县(市、区)的 R 值。

1.3 ArcView GIS 分析

进入 ArcView 3.2 主程序并创建名为 PRA.apr 的新“项目”(Project), 在该项目下依次创建针叶树分布、松墨天牛分布和云南行政区划等“视图”(View)。将年平均气温、年平均降水、日照、R 值和 F 值等数据依次输入各视图所关联的“表”(Table)。根据以往报道^[2]和系统聚类分析结果确定 4 个级别的风险区域: 将 R 值 0 ~ 1.0 和年平均气温 0℃ 以下的地区标记蓝色三角表示无风险; 将 R 值 1.0 ~ 1.5 和年平均气温 0 ~ 9.5℃ 以及 40℃ 以上不适宜松材线虫繁殖的地区标记绿色正方形表示低风险; 将 R 值 1.5 ~ 2.0 和年平均气温 9.5 ~ 14℃ 以及 33 ~ 40℃ 的地区标记黄色五边形表示中度风险; 将 R 值 2.0 ~ 2.5 和年平均气温 14 ~ 16℃ 以及 28 ~ 33℃ 的地区标记红色六边形表示较高风险; 将 R 值 2.5 ~ 3.0 和年平均气温 16 ~ 28℃ 的地区标记为暗红色表示高度风险。

对云南 129 个县(市、区)气候差异显著性检验所得的 F 值输入 ArcView 项目 PRA.apr 中作为风险评估的一个判断因素。

2 结果与分析

2.1 数据处理结果

20 个城市年平均气温通过聚类(图1)可分为两类: 香格里拉与非疫区城市莫斯科和札幌聚为一类, 表明香格里拉(及与其气候相近地区)风险较小; 其余城市与疫区聚为一类, 表明存在风险。

2.2 ArcView GIS 分析

应用 ArcView 3.2 绘制出的松材线虫(B. xylophilus)风险评估图如图 2 ~ 5。应用该图可在不同

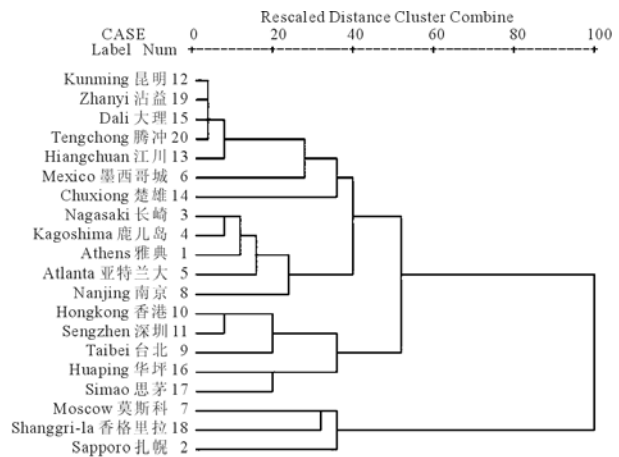


图1 20个城市气温聚类分析

Fig. 1 Dendrogram of annual average air temperature of 20 cities

的“专题”(themes)中分别查询云南省基本地理信息、寄主分布、松墨天牛分布、气候条件和松材线虫传入风险等级(分别用蓝色三角、绿色正方形、黄色五边形、红色六边形和暗红色八边形表示)。

2.3 PRA 结论

风险评估表明, 松材线虫传入云南 R 值为 2.60(表2), 高度风险。分别计算得出云南 129 个县(市、区)的 R 值处于 1.0 ~ 3.0 之间, 风险等级处于低风险 ~ 较高风险。松材线虫具有传入、定殖可能性并可能对云南森林造成危害。划定松材线虫(B. xylophilus)病发生低风险区(以绿色正方形标示)共有 2 县: 香格里拉县、德钦县; 松材线虫病发生中度风险区(以黄色五边形标示)共有 20 县(市、区): 东川区、嵩明县、宣威市、马龙县、富源县、师宗县、会泽县、昭阳区、鲁甸县、威信县、云龙县、洱源县、剑川县、鹤庆县、兰坪白族普米族自治

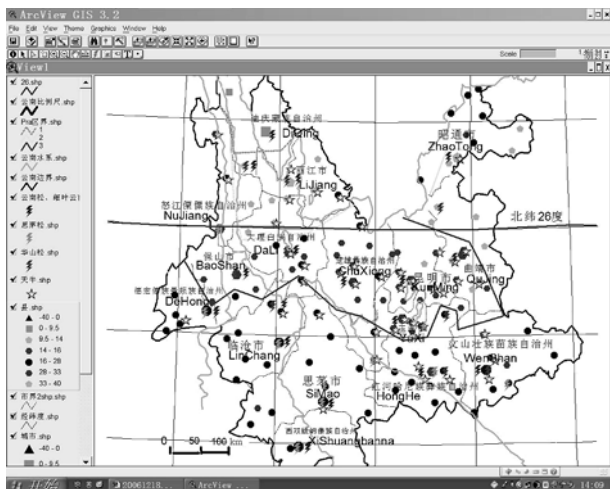


图 2 松材线虫传入云南风险评估 ArcView GIS 程序图
 Fig. 2 ArcView GIS program of PRA for *Bursaphelenchus xylophilus* Introduced to Yunnan



图 5 松墨天牛分布

Fig. 5 Distribution of *Monochamus alternatus* in Yunnan

自治县、维西傈僳族自治县；松材线虫病发生高度风险区（以暗红色八边形标示）有 58 县（市、区）：新平彝族傣族自治县、元江哈尼族彝族傣族自治县、巧家县、永善县、绥江县、水富县、彝良县、盐津县、永仁县、禄丰县、蒙自县、开远市、建水县、石屏县、弥勒县、元阳县、红河县、绿春县、屏边苗族自治县、河口瑶族自治县、金平苗族瑶族傣族自治县、文山县、马关县、广南县、富宁县、麻栗坡县、翠云区、普洱哈尼族彝族自治县、镇元彝族哈尼族拉祜族自治县、景东彝族自治县、景谷傣族彝族自治县、墨江哈尼族自治县、孟连傣族拉祜族佤族自治县、澜沧拉祜族自治县、江城哈尼族彝族自治县、景洪市、勐海县、勐腊县、宾川县、弥渡县、南涧彝族自治县、漾濞彝族自治县、施甸县、潞西市、瑞丽市、梁河县、盈江县、陇川县、华坪县、福贡县、临翔区、凤庆县、云县、永德县、镇康县、沧源佤族自治县、双江拉祜族佤族布朗族傣族自治县、耿马傣族佤族自治县；其余 49 县（市、区）为松材线虫病发生较高风险区（以红色六边形标示）。划定云南省北纬 26° 以南地区为重点防护区。



图 3 寄主分布

Fig. 3 Distribution of Host



图 4 云南各地年平均气温

Fig. 4 Annual average air temperature of Yunnan

3 讨论

(1) 虽然云南瑞丽市局部地区发现小范围松材线虫传入^[8]，但目前已取得了较好的除治效果，基本达到《松材线虫病除治检查验收方案》（2006 年 79 号）要求，至今没有发现松材线虫萎蔫病传播到瑞丽之外。云南省符合有害生物风险分析中“虽已传入但政府已采取严格的官方措施”标准，依然有必要进行风险评估。

县、古城区、玉龙纳西族自治县、永胜县、宁蒗彝族

表2 松材线虫传入云南风险定量评估

Tab.2 Quantitative Analysis of the *Bursaphelenchus xylophilus* Risk to Yunnan

序号 No.	询问 question	分值 score	说明 comment
P1.1	可能携带有害生物的商品可能进入风险评估地区的范围。 How widely is the commodity to be distributed through the PRA area?	3	省内面积超过20%。Over 20% of the PRA area.
P1		3	
P2.1	有害生物在其原分布区危害程度。 How important is economic loss caused by the pest within its existing geographic range?	3	危害严重(感病株死亡率20%以上)。 Very important (Over 20% of the pine will died).
P2.2	是否为其它检疫性有害生物的传播媒介。 How likely is the pest to carry the other pest?	0	不传带其它检疫性有害生物。No.
P2.3	国外将该有害生物定为检疫对象的国家数量。 How extensive are the pest been quarantined outside the PRA area?	3	有20个以上的国家将其定为检疫对象。 More than 20 countries.
P2		2.4	
P3.1	受害寄主植物的种类。 How many host plant species are present in the PRA area?	3	寄主植物10种以上。 At least 10 host plant species are present in Yunnan.
P3.2	受害寄主的种植面积。 How extensive are the host plants in the PRA area?	3	种植广泛。 Within half to 75% of the PRA area.
P3.3	有害生物对出口贸易的影响。 How likely is the presence of the pest in the PRA area to affect export markets?	2	影响松木制品和需松木包装的商品出口。 It will affect the export of the wood and the commodity packed by wood.
P3		3	
P4.1	截获频度。 How likely is the pest to be intercepted and captured?	2	偶尔被截获。 Once in a while.
P4.2	运输中有害生物的存活率。 How likely is the pest to survive in transit?	3	存活率40%以上。 More than 40%.
P4.3	国外分布状况。 How extensive is the pest outside the PRA area?	1	25% - 0 的国家有分布。 25% - 0 countries of the world.
P4.4	风险评估区内的适生范围。 How extensive is the suitable area in the PRA area?	3	省内50%以上的地域能够适生。 Within more than 50% of the PRA area.
P4.5	风险评估区介体昆虫分布。 If a vector is needed for dispersal, how likely is the pest to become associated with a suitable vector?	2	50%以上的地区有松墨天牛分布。 The vector within more than 50% of the PRA area.
P4		2.05	
P5.1	检疫鉴定的难易度。 How difficult is the pest be quarantined and identified?	2	较难。 Difficult.
P5.2	除害处理的难易度。 How difficult is the pest be cured.	2	较难。 Difficult.
P5.3	根除的难易度。 How difficult is the pest be eradicated?	3	很难。 Very difficult.
P5		2.33	
P6.1	有害生物在其原分布区对环境影响的重要性。 How important is environmental damage caused by the pest within its existing geographic range?	3	对环境危害较大。 Very important.
P6.2	有害生物在其原分布区对社会影响的重要性。 How important is social damage caused by the pest within its existing geographic range?	3	对社会经济造成危害。 Very important.
P6.3	有害生物在其原分布区对景观影响的重要性。 How important is landscape damage caused by the pest within its existing geographic range?	3	对景观影响很大。 Very important.
P6		3	
R		2.60	

(2) 松材线虫萎蔫病主要是人为因素远距离传播,目前,主要通过病木木包装材料进行传播。

因此加强对来自疫区国家、地区的松木制品、包装材料的检疫是防范松材线虫萎蔫病的主要措施,尤

其应该加强高风险区和较高风险区的松木制品和松木包装的检疫。在加强松材线虫检疫的同时,还应该继续进行松材线虫萎蔫病的普查监测,做到早发现早治理以确保森林安全。

(3)有害生物风险评估是一个动态过程,需要根据实际情况不断更新。随着气候变化、贸易发展、人为活动等因素的不断变化,有害生物传入的风险以及其可能造成的潜在危害也在不断的变化,在实际工作中应不断的更新数据,根据具体情况解除已经不存在的风险或增加新出现的风险。在以往工作基础上,本文修订了松墨天牛分布区域^[9]、寄主分布等数据,对风险评估结果进行了修正。

[参考文献]

[1] 杨宝君,潘宏阳,汤坚,等. 松材线虫病[M]. 北京:中国林业出版社,2003.
 [2] MAMIYA Y. History of pine wilt disease in Japan[J]. Journal of Nematology, 1988, 20(2): 219 - 226.

[3] 徐汝梅. 生物入侵数据集成、数量分析与预警[M]. 北京:科学出版社,2003.
 [4] 王峰,李丹蕾,喻盛甫. 松材线虫风险评估数据库[J]. 莱阳农学院学报,2004, 21(2): 162 - 163.
 [5] FAO. International Standards for Phytosanitary Measures—Pest Risk Analysis for Quarantine Pests Including Analysis of Environmental Risks and Living Modified Organisms (No. 11) [Z]. Rome: ISPM, 2004: 1 - 20.
 [6] MACLEOD A, BAKER R H A. The EPPO pest risk assessment scheme: assigning descriptions to scores for the questions on entry and establishment [Z]. OEPP/EPPO Bulletin, 2003, 33: 313 - 320.
 [7] OEPP/EPPO. EPPO Standard PM 5/3 Guidelines on pest risk analysis pest risk assessment scheme [Z]. OEPP/EPPO Bulletin, 1997, 27: 281 - 305.
 [8] 胡赛蓉,赵宇翔,李北屏,等. 松材线虫病疫木安全利用新途径[J]. 中国森林病虫, 2006, (5):26 - 28.
 [9] 赵宇翔,徐正会,喻盛甫,等. 拟松材线虫媒介昆虫报道[J]. 西南林学院学报, 2006,26(3):47 - 51.



(上接第 638 页)

[8] 濮小英,冯明光. 两种杀虫真菌制剂对茶小绿叶蝉的田间防效评价[J]. 应用生态学报,2004,16(4): 619 - 622.
 [9] TALEKAR N S, SHELTON A M. Biology, ecology and management of diamondback moth[J]. Annual Review of Entomology, 1993, 38:275 - 301.
 [10] TABASHNIK B E, CUSHING N L, JOHNSON M W. Diamondback moth resistance to insecticides in Hawaii: intra-island variation and cross-resistance[J]. Journal of Economic Entomology, 1987, 80:1091 - 1099.
 [11] 闫艳春,乔传令,钱传范. 小菜蛾抗药性研究进展[J]. 昆虫知识, 1997,34(5):310 - 314.
 [12] 赵怀玲,尤民生. 小菜蛾抗药性及其治理对策的研究进展[J]. 华东昆虫学报,2001, 10(1):82 - 88.
 [13] 吴敏,韩召军,孟建业,等. 南京地区小菜蛾的抗药性检测及初步分析[J]. 昆虫学报, 2005, 48(4): 633 - 636.
 [14] SELMAN B J, DAYEY S, HASAN M. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* (Bab.) Vuill. to the larvae of Diamondbackmoth, *Plutella xylostella* [J]. J Appl Ento-

mol,1997,21(1):47 - 49.
 [15] 唐启义,冯明光. 实用计算机统计分析及其计算机处理平台[M]. 北京:中国农业出版社,1997.
 [16] 何余容,吕利华,邝灼彬,等. 球孢白僵菌不同分离株的生物学及对小猿叶甲成虫致病性测定[J]. 昆虫知识,2004,41(5):442.
 [17] 王成树,黄勃,樊美珍,等. 球孢白僵菌对马尾松毛虫的毒力与孢子萌发行为的关系[J]. 森林病虫通讯,1998,17(3):12 - 14.
 [18] 王成树,高松,李增智,等. 球孢白僵菌营养亲和型多样性与生态背景的关系[J]. 菌物系统,2000,19(2):230 - 235.
 [19] ST LEGER R J, ALICEL L L, MAY B, et al. . Worldwide distribution of genetic variation among isolates of *Beauveria* spp. [J]. Mycological Research, 1992, 96: 1007 - 1015.
 [20] 王成树,黄勃,王四宝,等. 球孢白僵菌培养特征多样性与寄生及地理来源的相关性分析[J]. 生物多样性,2002,10(2):196 - 201.