

浙江省松材线虫病发生程度预测预报模型

项移娟¹, 管剑锋², 李健³, 黄继玉⁴, 马良进¹

(1. 浙江农林大学 森林保护研究所, 浙江 临安 311300; 2. 宁海县森林病虫害防治检疫站, 浙江 宁海 315600; 3. 东阳市千祥镇林业站, 浙江 东阳 322100; 4. 安吉县林业局, 浙江 安吉 313300)

摘要: 浙江省是松材线虫 *Bursaphelenchus xylophilus* 病危害最为严重的省份之一, 松材线虫病的防治常滞后于病害的发生及危害。为更好地预测松材线虫病的发生及危害, 对浙江省宁海县 2004 - 2008 年松材线虫病发生情况进行了监测, 结合当地相关气象因子, 利用 Statistics Analysis System (SAS) 软件筛选出影响松材线虫病发生程度的显著相关因子为: 平均每公顷枯死树 (x_3), 7 月中旬天牛羽化数 (x_9), 7 月平均气温 (x_{26})。采用逐步回归的分析法, 建立浙江省松材线虫病发生程度的预测预报模型 $y=0.300\ 67 + 1.578\ 97x_3 - 0.012\ 22x_9 + 0.001\ 84x_{26}$ 。图 1 表 3 参 11

关键词: 森林保护学; 松材线虫病; 松墨天牛; 预测预报

中图分类号: S763 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2011)05-0775-04

A pine-wilt disease forecasting model for Zhejiang Province

XIANG Yi-juan¹, GUAN Jian-feng², LI Jian³, HUANG Ji-yu⁴, MA Liang-jin¹

(1. Institute of Forest Protection, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Forest Disease Quarantine Station of Ninghai City, Ninghai 315600, Zhejiang, China; 3. Forest Station of Qianxiang Town, Dongyang 322100, Zhejiang, China; 4. Forest Enterprise of Anji City, Anji 313300, Zhejiang, China)

Abstract: To better predict pine-wilt disease in Zhejiang, one of the provinces with a serious problem in disease prevention often lagging behind occurrence and harm, the disease was monitored from 2004 - 2008 and combined with meteorological data for Ninghai, Zhejiang using the Statistical Analysis System (SAS) to determine the variables affecting the degree of pine-wilt disease the most. Then, stepwise regression was employed to produce a forecasting model. Results showed that dead trees per hectare (x_3), mid-July longicorn feather number (x_9), and average temperature in July (x_{26}) were significant ($P<0.05$) variables. The forecasting model with stepwise regression was: $y = 0.300\ 67 + 1.578\ 97x_3 - 0.012\ 22x_9 + 0.001\ 84x_{26}$. This model will contribute to prevention countermeasures and provide technical support for sustainably controlling pine-wilt disease. [Ch, 1 fig. 3 tab. 11 ref.]

Key words: forest protection; pine-wilt disease; *Monochamus alternatus*; predict and forecast

松材线虫病又称松树萎蔫病或松树枯萎病, 由松材线虫 *Bursaphelenchus xylophilus* 引起^[1]。该病主要寄生于松属 *Pinus* 植物, 主要传播媒介是松墨天牛 *Monochamus alternatus*, 松树感病后可在数月内枯萎死亡。目前经济有效的防治办法不多。由于其危害严重且防治困难, 许多国家和地区将它列为检疫对象^[2]。截至 2009 年, 中国已有 15 个省(区、市)的 193 个县(市、区)发生松材线虫疫情^[3]。松材线虫病已对林业经济和森林生态造成了巨大损失和自然景观的严重破坏, 并对中国广大适生区的松林构成严重威胁^[4-5]。浙江省是松材线虫病危害最为严重的区域之一。据浙江省林业厅的数据显示, 自 1991 年发现疫情以来, 全省疫点数以平均 5 a 翻一番的速度在增加, 已公布的松材线虫病疫区达 33 个县。历年来,

收稿日期: 2010-10-20; 修回日期: 2011-03-18

基金项目: 浙江省重大科技攻关项目(2006C12100)

作者简介: 项移娟, 从事森林病理学研究。E-mail: kellyxyj042@126.com。通信作者: 马良进, 教授, 博士, 从事森林病理学和植物源农药研究。E-mail: malj@zafu.edu.cn

全省因松材线虫病枯死、砍伐的松树累计已经超过2亿株,相当于减少8.67万 hm^2 松林,仅木材损失就达数十亿元。目前,有关松材线虫病发生程度预测预报方面的研究在国内尚未见报道,因此,建立松材线虫病发生程度的预测预报模型,对及时制定松材线虫病预防对策与控制措施具有现实意义。

1 数据获取

1.1 气象资料获取

浙江宁海县2004-2008年各项气象资料从当地气象部门获取。

1.2 标准地设置

根据面积、地貌、海拔、坡向和坡度,确定小班四周界线,先利用全球定位系统(GPS)的定位功能对小班四周界线主要点定位,然后把小班四周界线主要点的纵横坐标值转绘在地形图上,再结合地形图上的明显地物点校核,把小班四周界线上的主要点连成线,完成小班的定位。

1.3 疫情调查

对浙江省宁海县的松材线虫病疫情区域进行全面性的调查,结合原有的森林资源二类调查资料,在受害小班范围内随机布设圆形样地,调查因松材线虫病枯死的马尾松 *Pinus massoniana*,计算平均单位面积枯死树数量以及马尾松枯死率,再根据样地单位面积蓄积推算小班枯死木的蓄积量。

1.4 松墨天牛的引诱监测

诱捕器观察点分别设置在宁海县石家岙村的1~4号小班和提树村的5~9号小班内。每年5月中旬至9月上旬,是松墨天牛成虫羽化高峰期。将纽康诱捕器悬挂于高于地面1.5 m的林间通风处,诱捕器之间距离约为50 m,总共设置20个诱捕器。试验每3 d调查1次(雨天顺延),每次调查时统计各诱捕器内松墨天牛数量,并更换引诱剂,最后统计平均每旬天牛羽化数。

2 数据分析

2.1 分析方法

确定表示松材线虫病发生程度的马尾松枯死率为因变量 y ,相关气象因子以及松材线虫病监测数据为变量 x 。利用Statistical Analysis System(SAS)软件对整理的数据进行相关性分析,采用逐步回归分析法,建立松材线虫病发生严重程度的回归预测模型。

2.2 整理相关数据

对2004-2008年浙江省宁海县气象数据及松材线虫病监测数据整理,得图1和表1~2。

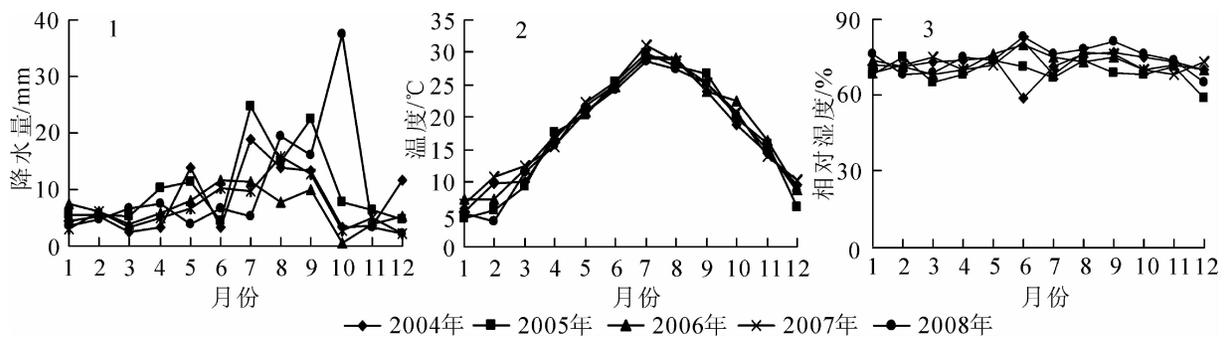


图1 浙江宁海县月平均降水量(1),温度(2)及相对湿度(3)

Figure 1 Monthly average rainfall(1), temperature(2), relative humidity(3) in Ninghai County, Zhejiang Province

2.3 筛选测报因子

利用SAS软件中的相关分析,对整理好的数据进行相关性分析。将汇总整理的数据库材料,导入到SAS的数据库中,总共55个变量包括: x_1 枯死木量; x_2 总发病株数; x_3 平均每公顷枯死树数量; $x_4 \sim x_{14}$ 是5月下旬至9月上旬、平均每旬诱松墨天牛羽化数;剩下的变量为年最高温度、年最低温度、年平均日照、年平均蒸发量、年平均相对湿度、各月份平均温度、各月平均降水量、各月平均相对湿度等气象

表 1 浙江宁海县 2004 – 2008 年松材线虫病疫情调查数据

Table 1 Epidemic survey date of pine-wilt disease in Ninghai City in 2004 – 2008

年份	马尾松枯死率 $y/\%$	枯死木量 x_1/kg	总发病株数 $x_2/\text{株}$	枯死株数 $x_3/(\text{株}\cdot\text{hm}^{-2})$
2004	6.01	14 625.28	100 864	56.4
2005	5.92	10 482.30	69 882	55.7
2006	3.94	7 713.11	49 762	36.2
2007	1.90	6 767.68	42 298	18.6
2008	1.42	6 638.12	40 231	13.5

表 2 2004 – 2008 年平均每旬松墨天牛羽化数

Table 2 Trap date of *Monochamus alternatus* every ten-days in 2004 – 2008

年份	松墨天牛羽化数/(头·旬 ⁻¹)										
	5月下旬	6月上旬	6月中旬	6月下旬	7月上旬	7月中旬	7月下旬	8月上旬	8月中旬	8月下旬	9月上旬
2004	6	13	11	18	29	23	20	19	9	11	0
2005	7	29	13	7	20	24	68	26	13	15	9
2006	0	0	18	43	45	18	15	28	33	118	32
2007	2	12	3	26	33	34	22	27	10	9	1
2008	6	11	7	26	25	29	37	18	14	16	9

因子。编辑相关性分析的程序，从而确定与 y 相关的 x 变量^[6]。

2.4 建立回归模型

在多元回归分析中，由于各变量之间往往存在多重共线性，直接建立依变量与全部自变量的线性回归模型，往往会给偏回归系数估计值带来不合理的解释。为了得到一个稳健可靠的回归模型，运用逐步回归的分析方法，建立浙江省松材线虫病发生程度预测预报模型。模型运算结果如表 3。

表 3 方程的相关模拟结果

Table 3 Correlated simulation of formula

因子	自由度	参数估计值	标准误差	t 值	$t_{0.05}$
截距	1	0.300 67	0.001 590 00	188.6	0.003 4
x_3	1	1.578 97	0.000 042 63	37 041.6	<0.000 1
x_9	1	- 0.012 22	0.000 010 82	-1 129.6	0.000 6
x_{26}	1	0.001 84	0.000 059 02	31.1	0.020 4

由表 3 可得回归方程： $y = 0.300 67 + 1.578 97x_3 - 0.012 22x_9 + 0.001 84x_{26}$ （其中 y 为马尾松枯死率， x_3 为平均每公顷枯死树数量， x_9 为 7 月中旬天牛羽化数， x_{26} 为 7 月平均气温）。

3 结果与分析

从本研究建立的模型可知，在 55 个变量中平均每公顷枯死树数量(x_3)，7 月中旬松墨天牛羽化数(x_9)和 7 月份平均气温(x_{26})为松材线虫病发生程度的主导因子。由表 3 方程的相关模拟结果可以得出： x_3 的 $P < 0.000 1$ ， x_9 的 P 值为 0.000 6， x_{26} 的 P 值为 0.020 4，均小于 0.05，说明 x_3 ， x_9 ， x_{26} 与模型 y 均呈显著相关。即平均单位面积枯死树数(x_3)，7 月中旬松墨天牛羽化量(x_9)和 7 月平均气温(x_{26})3 个因子对来年松材线虫病的发生程度影响最大。

4 结论与讨论

由于松材线虫病是近年来才流行起来的病害,获得的病情资料年限较少,所以得出的测报模型还需要进一步修正与改进。不同年份不同地区松材线虫病的发生程度、发生期和松墨天牛数量及气象因素都存在显著差异,因此掌握松墨天牛动态规律、气象资料,建立实用的预测模型,对本地区松材线虫病的防治工作具有现实意义。测报模型应为动态模型,随着时间的推移,发生程度、发生范围也将有所改变,加上人为的干扰,在一定程度上影响着松材线虫病疫情监测结果。在不同地区应用时,应根据当地实际情况对模型进行适当的调整和修改,如应考虑不同地区气候以及松墨天牛羽化高峰差异,以使预警更准确,效率更高。因此,在应用过程中,需要不断地进行调整、修正,以期得到最佳预测效果。

目前,航空勾绘遥感技术^[7-8]、航空摄像系统^[9]、地理信息系统^[10]及全球定位系统^[11]为监测松材线虫病的发生情况和松墨天牛的种群动态提供了快捷、可靠的方法。测报模型在应用过程中还应结合现代科学技术,实行快速准确的病虫害灾情评估,提升病虫害预测预报的科技含量和准确性。

参考文献:

- [1] 何学友, 黄金水. 日本松材线虫病研究的最新动向[J]. 中国森林病虫, 2005, **24** (5): 26 - 31.
HE Xueyou, HUANG Jinshui. Progress of study on pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, in Japan[J]. *For Pest Dis*, 2005, **24** (5): 26 - 31.
- [2] 宁眺, 方宇凌, 汤坚, 等. 松材线虫及其关键传媒墨天牛的研究进展[J]. 昆虫知识, 2004, **41** (2): 97 - 104.
NING Tiao, FANG Yuling, TANG Jian, et al. Current status of monitoring strategies and control techniques for *Bursaphelenchus xylophilus* and its vector *Monochamus alternatus* [J]. *Chin Bull Entomol*, 2004, **41** (2): 97 - 104.
- [3] 刘娜微. 我国首次全面公布松材线虫病疫区[N]. 中国绿色时报, 2009-08-21(1).
- [4] 谢立群, 赵博光. 松材线虫病的病理学研究进展[J]. 江西农业大学学报, 2003, **25** (2): 204 - 208.
XIE Liqun, ZHAO Boguang. Advances in the research on pathology of pine wilt disease[J]. *Acta Agric Univ Jiangxi*, 2003, **25** (2): 204 - 208.
- [5] 杨振德, 赵博光, 郭建. 松材线虫行为学研究进展[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2003, **27** (1): 87 - 92.
YANG Zhende, ZHAO Boguang, GUO Jian. Review on behavior studies of the pine wood nematode[J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2003, **27** (1): 87 - 92.
- [6] 胡小平, 王长发. SAS 基础及统计实例教程[M]. 西安: 西安地图出版社, 2001: 110 - 112.
- [7] NELSON R F. Detecting forest canopy change due to insect activity using Landsat MSS [J]. *Photogramm Eng Remote Sens*, 1983, **49**: 1303 - 1314.
- [8] 郭志华, 肖文发, 张真, 等. RS 在森林病虫害监测研究中的应用[J]. 自然灾害学报, 2003, **12** (4): 73 - 79.
GUO Zhihua, XIAO Wenfa, ZHANG Zhen, et al. Utilization of remote sensing for detecting forest damage caused by insect infestations or diseases [J]. *J Nat Disasters*, 2003, **12** (4): 73 - 79.
- [9] 吴坚. 航空录像系统及其在森林保健中的应用[J]. 世界林业研究, 1995 (2): 17 - 22.
WU Jian. The status and applications of airborne VideoSystem on forest health management [J]. *World For Res*, 1995 (2): 17 - 22.
- [10] 詹新武, 周世健. 基于 GIS 技术的森林病虫害防治管理信息系统[J]. 中国森林病虫, 2005, **24** (1): 24 - 27.
ZHAN Xinwu, ZHOU Shijian. Forest pest management information system based on GIS [J]. *For Pest Dis*, 2005, **24** (1): 24 - 27.
- [11] 武红敢, 吴坚, 王福贵, 等. 全球定位系统(GPS)在林业导航中的试验研究[J]. 林业科学, 1999, **35** (4): 122 - 124.
WU Honggan, WU Jian, WANG Fugui, et al. Experimental study on the navigation of global positioning system in forestry [J]. *Sci Silv Sin*, 1999, **35** (4): 122 - 124.