

松材线虫病发病过程特征变化的研究*

李祥康^{1,2} 黄焕华² 黄咏槐² 范军祥² 武海卫² 伍建榕¹

(1. 西南林学院保护生物学学院 昆明 650224; 2. 广东省林业科学研究院)

摘要 为提高松树病死木松材线虫检出率,及时、准确诊断疫木和疫点,根据病害的外部症状,把松材线虫病的发病过程分为四个阶段,对各阶段的松材线虫分布、松褐天牛发生情况、含水率的变化、木材蓝变情况等特征进行研究。结果表明:病死木上松材线虫的分布由多到少为:在发病前期,上部>中部>下部;发病后期,上部<中部<下部。松材线虫的数量与松褐天牛老熟幼虫的数量呈正相关,最佳的取样阶段为第Ⅱ和第Ⅲ阶段靠上部梢段取样,第Ⅳ阶段偏下部取样。

关键词 松材线虫 发病过程特征 松褐天牛

中图分类号: S763.1 文献标识码: A 文章编号: 1006-4427(2010)01-0092-05

Study on the Characteristics Variation of Disease Progression by Pinewood Nematode (*Bursaphelenchus xylophilus* Nickle)

Li Xiangkang^{1,2} Huang Huanhua² Huang Yonghuai²
Fan Junxiang² Wu Haiwei² Wu Jianrong¹

(1. Southwest Forest College, Kunming, 650224; 2. Guangdong Forestry Research Institute)

Abstract According to the external characteristics, the disease progression was divided into 4 stages. In each stage, the density changes of pine sawyer beetles (*Monochamus alternatus* Hope), the water content and blue staining of the pinewood, and the distribution of the pinewood nematode was observed. The results showed that in the initial stages, the pinewood nematode in trunk distributed most in the top, then decreased from up to low. Well in the terminal stages, there is a contrary situation, the pinewood nematode distribute most in the base trunk but least in the top trunk. There was a positive correlation between the quantity of the pine sawyer beetles mature larva and that of the pinewood nematode. The best sampling parties for the II and III stage are upper shoot section. Well section near the base trunk is suitable for the stage IV.

Key words *Bursaphelenchus xylophilus*, characteristics of disease progression, *Monochamus alternatus*

松材线虫病是由松材线虫[*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle] 侵染引发的一种松林毁灭性病害,主要危害松属(*Pinus*) 植物,其媒介昆虫主要是松褐天牛(*Monochamus alternatus* Hope)。松材线虫病在我国具有广大适生区,其病害系统由病原、寄主、媒介昆虫和环境条件共同构成。截止到2009年,该病在我国已扩散蔓延至14个省(自治区、直辖市)的192个县级行政区,674个乡镇,累计致死松树5亿多株,毁灭松林500多万亩,造成经济损失数千亿元,对我国的松树产业、林业生态环境建设和外贸出口造成了重大威胁。松树一旦感染松材线虫病,针叶由绿变黄,最终变成红棕色,整株松树最快40 d左右即可枯死,

* 基金/项目: 十一五国家科技支撑项目“林业入侵物种区域减灾与持续治理技术”课题(2006BAD08A19)的部分内容。

作者简介: 李祥康(1985-),男,硕士研究生;研究方向: 森林保护学;E-mail: lixiangkang125@126.com。

通讯作者: 黄焕华, E-mail: hhh87@126.com。

成片松林从最初少数死树到林相被毁只需 5 a 左右的时间^[1]。

本研究根据范军祥等 2008 年提出的以林间枯死木症状等进行早期诊断松材线虫病的方法^[1],将松材线虫病的发病过程分为四个阶段,从不同阶段发病木的树干上,取不同部位的样木,研究松材线虫的分布规律,以及与发病过程相关特征的关系,旨在确定不同的发病阶段取样的重点部位,提高病死木样品松材线虫检出率,及时、准确地发现疫情。

1 材料和方法

1.1 分级标准

在应用范军祥等^[1]的诊断方法,在根据林间枯死木的外观症状进行诊断、排查的基础上,把松材线虫病的发病过程分为四个阶段:

第 I 阶段:已经有发病的迹象,只有占 1/3 以下比例的枝条枯黄;

第 II 阶段:1/3 ~ 2/3 的枝条针叶变黄,梢部针叶开始萎蔫;

第 III 阶段:整株树针叶全部变为黄色,失去光泽,针叶赭红色^[2];

第 IV 阶段:针叶变灰褐色,当年死亡时间较长的松树。

以健康的松树为对照,定为 0 阶段。

1.2 林间采样方法

2009 年 7 月,在广州市萝岗区九龙镇选择松材线虫病发生比较集中的马尾松 (*Pinus massoniana*) 纯林,采伐各个发病阶段的病死树各 3 株,记录每棵树的胸径、树高等信息。把树干分为上、中、下三段,分别切取 30 cm 的木段,把木段编号带回实验室。在实验中,各取样部位的平均为单株值,同病级所有单株的平均为发病过程中这一阶段值。

1.3 测定方法

1.3.1 线虫量 从每个木段的上端劈取木屑 10 g,使用贝尔曼漏斗分离松材线虫,24 h 后收集漏斗底部 5 mL 的线虫液,摇匀吸取 0.5 mL,热杀死线虫后,在 Olympus 显微镜下鉴别线虫种类,统计线虫的数量,观察设 3 个重复。

1.3.2 松褐天牛种群调查 把木段进行剥皮解析,记录松褐天牛在各个木段上的虫态和数量。羽化孔当作成虫记录。

1.3.3 含水率 采用烘干法进行测定。在劈开的木块中选择没有树皮、节疤、腐朽、虫蛀等缺陷的木片大约 40 g,用电子天平称重,该重量记为 G,然后将木片放入温度为 $60 \pm 2^\circ\text{C}$ 的恒温箱中烘 48 h,再取出称重,并作记录,然后再放回烘箱中继续烘干。每隔 6 h 称重 1 次,直到最后两次称量的重量一致,即为绝干重,记为 G_0 ,含水率公式为: $W = (G - G_0) / G \times 100\%$ 。

1.3.4 蓝变率 统计各木段下端截面上蓝变面积占截面的百分比。

2 结果与分析

2.1 不同发病阶段的松木线虫变化

2.1.1 不同阶段松材线虫数量的差异 松材线虫在病死木里随着病害的发展不断繁殖扩散(图 1),从第 I 阶段开始增长,第 II 阶段松材线虫的数量已经大幅度攀升,线虫的数量由多到少为上部 > 中部 > 下部,4 龄及以下的松材线虫若虫所占的比重最大,占到总量的 67.8% (图 2)。松材线虫的数量在第 III 阶段达到整个发病过程的最高点,每个样品平均为 535 头,由多到少也为上部 > 中部 > 下部。松材线虫的数量在第 IV 阶段整体上大幅下降,只有下部的线虫量增加,形成由多到少为下部 > 中部 > 上部的分布格局。由此可见,在发病过程中松材线虫可能存在从上部向下部转移的趋势,或者是上部的消亡早于基部(图 3)。

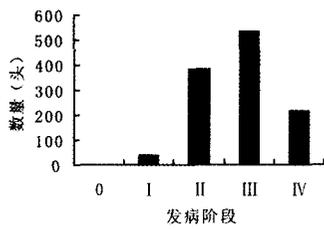


图1 不同发病阶段病死木松材线虫的数量差异

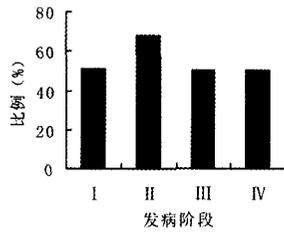


图2 不同发病阶段病死木上幼虫的比例

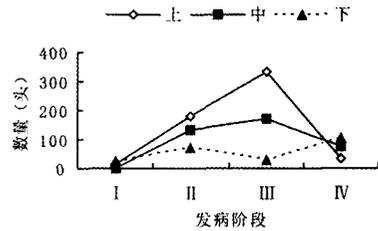


图3 不同发病阶段病死木上各部位的松材线虫数量

整个发病过程中,在0.05水平,上、中、下三个部位之间的差异不显著;各个阶段松材线虫数量之间的差异显著, $P=0.033^*$ 。以各阶段松材线虫各部位的数量进一步多重比较,结果如表1。由表1可见发病过程第II、III阶段与第I阶段之间,以及第III阶段与第IV阶段之间存在显著差异。

利用上部松材线虫的数量与三部分总量做相关性分析,选择Pearson积差相关,在0.01水平,相关系数 $r=0.958^{**}$, $P=0.00^{**}$,上部松材线虫数量的增长与总量的变化呈正相关,中部和下部与总量的相关性不大。

表1 发病过程各阶段松材线虫数量多重分析

阶段	均值	I	II	III	IV
I	37.667		0.0185*	0.0102*	0.338
II	382.337	344.67		0.1350	0.371
III	534.330	496.66	151.99		0.015*
IV	216.000	178.33	166.34	318.33	

注:下三角为均值差,上三角为显著水平;**表示极显著差异($P<0.01$),*表示显著差异($P<0.05$)。

2.1.2 腐生线虫种类及数量变化 腐生线虫从发病过程中第II阶段出现,第III阶段数量猛增,这与松树表现出来的外部性状相统一。第III阶段到第IV阶段,中部的变化不大,上部和下部形成此消彼长的情况,上部数量下降,而下部出现增长(图4)。

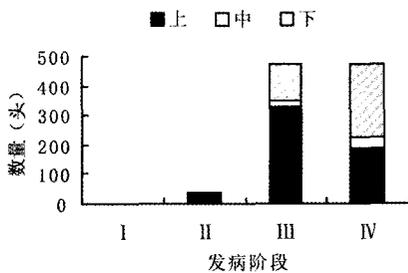


图4 各阶段腐生线虫发展情况

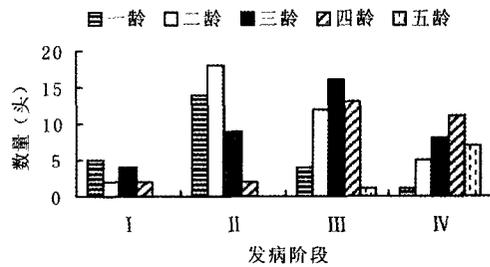


图5 各阶段松褐天牛不同虫态的数量

2.2 松褐天牛种群数量的差异

调查结果表明,广州地区松褐天牛的虫态和幼虫龄期极不整齐(图5)。健康的松树上面没有发现松褐天牛危害,随着病情的发展,松褐天牛的种群密度呈上升趋势,病害初期第I阶段为13头,在第III阶段达到峰值45头,病害后期第IV阶段松褐天牛活体为32头,在解析中发现有其天敌花绒寄甲(*Dastarcus helopho-*

roides Fairmaire) 寄生和天牛霉纹斑叩甲 (*Cryptalaus berus* Candeze) 活动, 部分松褐天牛幼虫可能已被捕食。总体上, 因为发病过程后期的松树相对较早受到松褐天牛的伤害, 虫龄偏高, 3 龄以上幼虫在第 I 阶段为 7.7%, 第 IV 阶段增加到 75%。

以松褐天牛幼虫不同虫龄、不同寄生部位, 以及松材线虫病不同发病阶段、部位的松褐天牛数量作为变量, 在 0.05 水平进行方差分析(表 2), 松褐天牛幼虫各虫龄数量上存在极显著差异; 寄主松树的上、中、下三个不同部位之间, 以及病害发展的四个不同阶段之间的松褐天牛数量都存在显著差异。

表 2 松褐天牛数量方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
虫龄	85.351	4	21.338	9.823	0.02**
部位	20.062	2	10.031	4.618	0.11*
阶段	26.996	4	6.749	3.107	0.16*
总变异	597.262	224			

注: ** 表示极显著差异 ($P < 0.01$), * 表示显著差异 ($P < 0.05$)。

2.3 木材含水量的变化

在整个发病过程中, 木材含水率的变化与病树的外部症状有联系: 进入第 I 阶段后, 随着松材线虫的增殖, 含水率短暂时上升, 这可能与木材组织呼吸速率增加相关^[3], 第 II 阶段开始下降, 第 III 阶段之后趋于稳定(图 6), 外部症状上也从第 III 阶段开始, 松树针叶完全变色, 树脂分泌完全停止, 失去生命活动的迹象, 与含水率的变化正好相对应。

病死木上、中、下三个部位的含水率变化如图 7, 在发病前期上中下三个部位的含水率相差不大, 当病害发展到第 II 阶段以后, 含水率由大到小持续表现为: 下部 > 中部 > 上部, 并从第 III 阶段后差距扩大, 也与发病后期松材线虫的分布情况相一致。

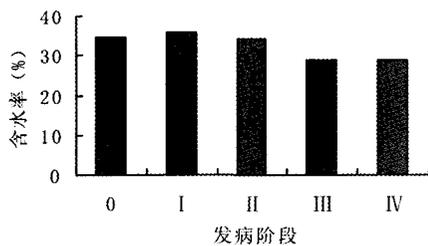


图 6 健康木和病死木不同阶段木材含水率

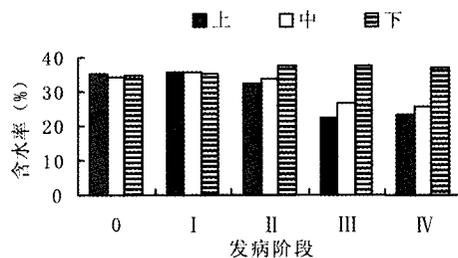


图 7 病死木各部位的含水率

2.4 木材蓝变情况

从第 II 阶段之后, 木材都有蓝变现象, 随着病情的发展, 截面上蓝变率递增(图 8)。在 0.05 水平方差分析, 结果表明: 上、中、下三个部位之间的蓝变率差异不显著。结果与王新荣等的报道相符, 即蓝变在松木的个体之间差异显著, 对于同一棵树, 如果蓝变率比较高, 则每一部位的蓝变率也比较高, 蓝变与松材线虫数量没有线性相关关系^[4-5]。

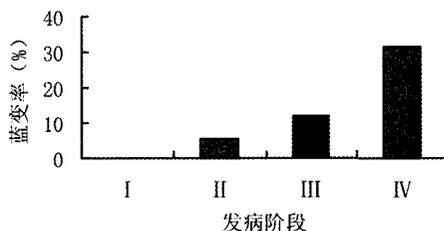


图 8 不同阶段病死木中蓝变率的差异

2.5 整个发病过程中各因素之间的相关性

用发病过程中的松材线虫数量、松褐天牛数量、含水率、蓝变率进行一一对应的关联性分析, 选择 Pearson 积差相关, 在 0.01 水平相关系数 r 结果如表 3。

表3 整个病程中各因素的相关性

因子	松材线虫数量	松褐天牛数量	蓝变率	含水率
松材线虫数量		0.744**	0.162	-0.58**
松褐天牛数量	0.009		0.204	-0.371*
蓝变率	0.289	0.179		
含水率	0.024	0.591		

注:下三角为显著水平 P ,上三角为相关性水平 r 。

松材线虫数量与含水率相对相关程度高, $r = -0.58$,可能是随着松材线虫的大量繁殖,松树的输导组织受到破坏,水分的运输受阻,加上环境的影响,含水率降低。松褐天牛和松材线虫的数量在发病过程中呈正相关性, $r = 0.744^{**}$,其中五龄松褐天牛幼虫的总数与松材线虫的数量呈正相关, $r = 0.979^{**}$,这可能是构成松褐天牛蛹室效应的原因。

3 结论与讨论

3.1 松材线虫在发病过程中的分布情况是:第Ⅰ阶段是松材线虫的侵染期,虽然时间上跨度比较长,但数量较少,分布范围小。随着病情的发展,第Ⅱ阶段和第Ⅲ阶段整株松树松材线虫大量增殖,数量快速增加,是潜育期和发病期的综合,松材线虫的分布格局由多到少为:上部 > 中部 > 下部。第Ⅳ阶段松材线虫数量开始大幅度的减少,松材线虫有向基部活动的趋势,数量的分布由少到多为上部 < 中部 < 下部。根据本研究结果,在使用范军祥等的诊断方法确定可能感染松材线虫病的病死树之后,根据病死树所处的发病阶段,在相应的部位取样,即在第Ⅱ和第Ⅲ阶段靠上部木段取样,第Ⅳ阶段偏下部取样,可提高样本松材线虫的检出率。

3.2 在整个发病过程中,木材含水率与外部症状呈正相关,而松材线虫的增殖与松树干部的含水率呈负相关,松材线虫的大量增殖和对寄主的破坏可能是松树死亡的直接原因。在整个过程中,松褐天牛的数量与松材线虫的数量呈正相关性,有效控制松褐天牛是治理该病的关键。

3.3 松材线虫病是一个集病原线虫,及其与之协同进化的媒介昆虫和寄主松树的共同体。相互各因素之间出现的交叉影响较大,松材线虫在松树体内不断增殖、扩散、迁移、聚集,种群数量是处于动态变化之中^[6],时间和环境因素都会影响到该病的发生发展。由于本研究是选取特征较典型的不同阶段的不同立木进行研究,呈现间断状态,不能完全排除由于个体的差异造成的影响。如有条件,选择有代表性的、刚感染松材线虫病的林木进行动态的、连续的取样分析,将有可能更客观地揭示松材线虫病病程相关因子的关系,提供更有针对性地取样、诊断方法。

参考文献

- [1] 范军祥,黄焕华,钱明惠,等. 松材线虫病的诊断方法探讨[J]. 广东林业科技,2008,24(5):52-55.
- [2] 翟建中,陆玲仙,陈炎莲. 象山县松材线虫的分布特征与防治对策[J]. 浙江林业科技,1992,12(4):22-26.
- [3] 杨宝君,潘宏阳,汤坚,等. 松材线虫病[M]. 北京:中国林业出版社,2003:30.
- [4] 李占鹏,李东军,汪来发,等. 长岛县松材线虫病发病规律研究[J]. 林业实用技术,2002(3):15-16.
- [5] 王新荣,胡月清,余海滨,等. 马尾松松材线虫病与松材蓝变相关性研究[J]. 植物病理学报,2005,35(6):59-60.
- [6] 宋玉双,臧秀强,刘阳,等. 松材线虫在罹病木中的种群动态的初步研究[J]. 森林病虫害通讯,1993(2):9-11.