

文章编号: 1001-1498(1999)05-0524-06

福建杉木半穿刺线虫病分布及 相关因素的调查研究

蔡秋锦¹, 罗群荣², 陈国顺³

(1. 福建林学院资源与环境系, 福建南平 353001; 2. 福建省邵武市林业局, 福建邵武 354000;
3. 福建省三明市梅列区林业局, 福建三明 365000)

摘要: 研究结果表明, 半穿刺线虫病在福建省各杉木产区均有分布, 其中顺昌、建阳、沙县、南平、政和、连江等县(市)受害较重; 苗圃受害较轻。该线虫自然分布与土壤质地、坡向、林龄 3 个生态因子呈极显著相关; 与立地条件、炭疽病病情指数显著相关; 与土壤类型相关不显著。轻壤土与砂壤土、幼龄林与中龄林、阴坡线虫数量较多。不论生态因子如何, 该线虫集中分布于 0~40 cm 土层中, 但不同林龄、土壤质地、坡向对该线虫的垂直分布有显著的影响。

关键词: 半穿刺线虫病; 自然分布; 垂直分布; 杉木

中图分类号: S763.110.3 文献标识码: A

半穿刺线虫病(*Tylenchulus semipenetrans* Cobb)引起杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)根腐烂, 加剧杉木叶部炭疽病(*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.)的发生, 造成福建省杉木大面积生长衰退^[1]。病原线虫的种群密度、水平和垂直分布情况与其生活的生态环境密切相关^[2]。本文对福建省 9 个地市、36 个县(市)、48 个点进行全面调查, 研究半穿刺线虫病在福建省的分布情况及主要生态因子对该病原线虫分布的影响, 为半穿刺线虫病的综合防治和杉木的速生丰产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 样地的选择

在全省杉木中心产区、一般产区和边缘产区的 9 个地市、36 个县(市), 根据不同土壤类型、立地条件、林分结构、土壤质地、坡向、坡位、坡度、林龄、海拔高度及炭疽病发生程度, 确立 48 个调查点, 设立杉木人工林、杉木种子园样地共 110 个, 杉木苗圃样地 11 个。

1.2 调查与记录方法

在每个样地随机抽取 10 个样点, 挖取地表 0~40 cm 层土壤及杉木须根, 充分混合后, 各样点取混合土样 100 g 和杉木须根 5 g, 用贝尔曼(Bearman)漏斗法分离线虫, 经 24 h 后在双目解剖镜下计线虫数并记录。同时在各个样地挖取 2 个土壤剖面, 用同样方法记录 0~20、21~40、41~60、61~80、81~100、101~120 cm 共 6 个土壤层线虫数。

收稿日期: 1998-07-23

基金项目: 福建省教委自然科学基金资助项目(1989~1998年)“杉木半穿刺线虫病综合防治技术及应用研究”的一部分。

第一作者简介: 蔡秋锦(1942-), 男, 福建莆田人, 副教授。

1.3 数据处理

1.3.1 生态因子数量化 土壤类型分3级: (1) 红壤(红壤亚类, 黄红壤, 暗红壤); (2) 砖红壤化红壤; (3) 砖红壤性红壤。

土壤质地: 结合福建省杉木林土壤质地情况, 将土壤质地分3级, 分别为: (1) 中壤土; (2) 轻壤土; (3) 砂壤土。

坡向分2级: (1) 阴坡(东北、西北、正北); (2) 阳坡(正南、东南、西南、正东)。

林龄分3级: (1) 幼龄林(10年生以下); (2) 中龄林(11~20年生); (3) 成熟林(21年生以上)。

立地类型分3级: (1) 类地; (2) 类地; (3) 类地。

炭疽病发生程度: 用以下标准划分病级并求病情指数:

病级	病害发生程度	代表数值
1	健康	0
2	发病针叶占全株 0~1/4	1
3	发病针叶占全株 1/4~1/2	2
4	发病针叶占全株 1/2~3/4	3
5	发病针叶占全株 3/4以上	4
6	全株枯死	5

$$\text{病情指数} = \frac{\sum \text{各级株数} \times \text{各级代表数值}}{\text{最高代表数值} \times \text{调查总株数}} \times 100$$

根部腐烂程度的记载标准:

病级	记载标准
0	健康
1	根部腐烂周皮占总长度的 0~1/4
2	根部腐烂周皮占总长度的 1/4~1/2
3	根部腐烂周皮占总长度的 1/2~3/4
4	根部腐烂周皮占总长度的 3/4以上

1.3.2 分析方法 采用数量化回归模型:

$$Y = b_0 + \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^{m_j} b(j, i) X(j, i)$$

Y ——虫口密度(100 g 土样加 5 g 根样虫口数取对数);

$X(j, i)$ ——自变量($j = 1, 2, \dots, P; i = 1, 2, \dots, P$; 其中 P 为调查总样数);

m_j ——定性变量的有效级别(删去最前面一个级别后的级别数, $j = 1, 2, \dots, P$)。

分析土壤类型(X_1)、土壤质地(X_2)、坡向(X_3)、林龄(X_4)、炭疽病病情指数(X_5)、立地条件(X_6) 6项生态因子与线虫分布的相关性, 求出各自偏相关系数并进行 t 检验, 得出显著相关因子, 然后分析显著相关因子与该线虫分布的关系。

2 结果与分析

2.1 半穿刺线虫病自然分布及危害情况

调查分2次进行,分别为1989年8月和1990年3~5月。结果表明:福建省36个县市、48个调查点均有半穿刺线虫病分布。杉木苗圃发病率低,在调查的11个苗圃中发病率仅为18.2%,这与苗圃多为水旱轮作或是初耕地密切相关。受害最重的是顺昌、建阳、沙县、南平、政和、连江6县(市)。由于两次调查时间不同,第1次调查是虫口处于低潮期,第2次调查处于高潮期^[3],所以判断受害程度除了根据分离线虫数外,还相应地结合杉木根腐烂程度和炭疽病病情指数进行综合判断。

2.2 主要生态因子对福建省杉木半穿刺线虫分布的影响

2.2.1 主要影响生态因子的判断 设土壤类型、土壤质地、坡向、林龄、炭疽病病情指数、立地类型分别为 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 项因子,将各样地调查所得线虫虫口数量取对数后进行数量化回归分析,求得复相关系数 $r=0.735$,进一步进行 t 检验, $t=5.420^{**}>(t_{0.05}^{(n-m-1)}=t_{0.05}^{25}=2.060)$ 。说明各因子对线虫分布有显著影响。再进行求偏相关系数检验($t_{0.05}^{25}=2.060$; $t_{0.01}^{25}=2.787$)得表1。

表1 各因子偏相关系数及 t 值

因子	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
偏相关系数	0.373	0.687	0.523	0.633	0.409	0.392
t 值	2.011	4.731	3.065 ^{**}	4.086 ^{**}	2.234 [*]	2.129 [*]

由此可知:土壤质地(X_2)、坡向(X_3)、林龄(X_4)3个因子与线虫分布有极显著关系;炭疽病病情指数(X_5)、立地类型(X_6)与线虫分布有显著相关性;而土壤类型(X_1)与该线虫分布无显著相关性。因此,影响杉木半穿刺线虫分布最主要的生态因子是土壤质地、坡向和林龄。

2.2.2 土壤质地对半穿刺线虫分布的影响 福建省杉木生长土壤质地多为中壤土、轻壤土、砂壤土^[4]。经对厦门地区相似坡向、幼龄林中3种不同土壤质地调查(3种土质各取5个样地,每个样地取10个调查点,取其平均值为样本代表值,下同)得表2。

表2 不同土壤质地半穿刺线虫分布(阳坡,幼林,1990-04)

土壤质地	1	2	3	4	5	合计	平均值
中壤土	730	58	361	86	7	1242	248.4
轻壤土	83	898	3746	351	98	5176	1035.2
砂壤土	1676	268	292	213	164	2613	522.6

由表2得知,半穿刺线虫在轻壤土和砂壤土中的数量远远大于中壤土,特别在轻壤土中,其虫口数量平均高达1035.2头。线虫在不同土质中的这一分布特征,与不同质地土壤的理化性质、寄主杉木的生活习性以及线虫本身生活习性等密切相关。

2.2.3 杉木不同龄期对半穿刺线虫分布的影响 选择南平地区抽样调查看出(表3),该线虫主要分布在杉木幼龄林、中龄林中,平均每100g土样和5g须根分离的线虫数分别为928.8头和1172.8头,而成过熟林中仅26.4头。进一步进行 q 检验: $v=12$, $p=2.3$ 时, $LSR_{0.05}$ 分别

为 788.7 和 915.4, $\bar{X}_{幼} - \bar{X}_{成} > 788.7$, $\bar{X}_{中} - \bar{X}_{成} > 915.4$, 可见半穿刺线虫在幼、中龄林中分布差异不显著, 而幼、中龄林中线虫分布与成过熟林差异显著。即半穿刺线虫主要危害 0~20 年生的杉木, 而对 20 年生以上的杉木危害不大。

表 3 不同杉木龄期半穿刺线虫分布(轻壤土, 阳坡, 1990-05)

头

龄 期	1	2	3	4	5	合计	平均值
幼龄林	1 921	476	913	481	853	4 644	928.8
中龄林	2 557	883	530	853	1 041	5 864	1 172.8
成熟林	4	92	10	0	26	132	26.4

2.2.4 不同坡向对半穿刺线虫分布的影响 在宁德地区选择中龄林、轻壤土样地进行调查(表 4), 结果表明: 杉木半穿刺线虫在阴坡分布明显比阳坡多, 阴坡和阳坡线虫差值达 875.8 头。福建省杉木产区属南亚热带、中亚热带丘陵地区, 阳坡在旱季水湿条件差, 日照强烈, 不利于杉木生长, 因此无论土壤环境还是营养条件, 都较阴坡更不利于线虫的生活。

表 4 不同坡向半穿刺线虫分布(中龄林, 轻壤土, 1990-05)

头

坡 向	1	2	3	4	5	合计	平均值
阴 坡	775	2 591	922	901	539	5 728	1 145.6
阳 坡	179	26	156	334	654	1 349	269.8

2.3 杉木龄期、山地坡向和土壤质地对半穿刺线虫垂直分布的影响

考察杉木龄期、土质、坡向 3 个因子, 分别抽取其它 2 个因子相试样地进行调查(设 5 个样地, 各样地挖取 2 个土壤剖面, 取其平均值为各样地代表值)。将调查所得数据整理得表 5、6、7。

表 5 不同杉木林龄半穿刺线虫的垂直分布(轻壤土, 阳坡, 1990 年)

龄 期	0~20 cm		21~40 cm		41~60 cm		61~80 cm		81~100 cm		101~120 cm	
	均值/头	%	均值/头	%	均值/头	%	均值/头	%	均值/头	%	均值/头	%
幼 林	296	31.46	470.7	50.30	133.75	14.26	32.25	3.45	4.25	0.45	1	0.11
中龄林	509.7	47.56	479	44.69	65.5	6.11	17.25	1.61	0.25	0.02	0	0
成过林	88	16.07	368.7	67.32	56.25	10.27	20.5	3.74	11	2	3.25	0.59

注: 表中“%”为各层中线虫所占总数百分比, 下同。

表 6 不同土壤质地半穿刺线虫的垂直分布(中龄林, 阳坡, 1990 年)

土壤质地	0~20 cm		21~40 cm		41~60 cm		61~80 cm		81~100 cm		101~120 cm	
	均值/头	%	均值/头	%	均值/头	%	均值/头	%	均值/头	%	均值/头	%
中 壤	509.7	47.55	479	44.68	65.5	6.11	17.25	1.61	0.5	0.05	0	0
轻 壤	571.5	49.37	345	29.83	135.5	11.71	48.5	4.19	32.5	2.81	24.25	2.10
砂 壤	551	39.04	798	56.58	56.5	4	5.25	0.37	0	0	0	0

表 7 不同坡向半穿刺线虫的垂直分布(中龄林, 轻壤土, 1990 年)

坡 向	0~20 cm		21~40 cm		41~60 cm		61~80 cm		81~100 cm		101~120 cm	
	均值/头	%	均值/头	%	均值/头	%	均值/头	%	均值/头	%	均值/头	%
阳 坡	302.2	32.91	402.2	43.8	108.4	11.81	103	11.22	2	0.22	0.4	0.04
阴 坡	92.6	19.31	24.6	51.92	114.2	23.81	26.6	5.55	0.2	0.04	0	0

从表5、6、7 容易看出, 不论生态因子如何, 杉木半穿刺线虫主要分布在0~40 cm 土层中, 土层40 cm 以下, 随着土层的加深, 其分布逐渐减少。至土层100 cm 以下, 由于土壤温度、氧、水条件以及营养条件(杉木是浅根性植物)^[4] 都极不利于线虫的生存, 所以基本没有线虫分布。

不同杉木龄期, 线虫垂直分布不同。中龄林中, 线虫主要分布在0~40 cm 土层中, 其占总数百分比在0~20、21~40 cm 层次中分别为47.56%、44.69%, 分布数量相近。在幼龄龄和成过熟林中, 线虫则主要分布在21~40 cm 土层中, 其占总数百分比分别为50.3%、67.32%, 而表土层(0~20 cm) 分布则较低, 尤其在成过熟林中, 仅占总数的16.07%, 明显低于中龄林中相应土层的47.56%。半穿刺线虫明显随着杉木根系的纵向分布而分布, 在81~100、101~120 cm 土层中, 成过熟林中线虫分布百分率分别为2%和0.59%, 而中龄林中为0.45%、0.11%, 幼龄林中则更低, 仅为0.02%和0。由于受到深层土壤环境条件的影响, 即使在成过熟林中, 其80 cm 土层以下线虫的分布数量也很低。

不同的土壤质地, 线虫的垂直分布也有明显差异。在中壤土和轻壤土中, 线虫可分布到土层100 cm 深处, 尤其是轻壤土中, 线虫在101~120 cm 土层中仍有2.10%的分布, 而砂壤土土层80 cm 以下基本没有线虫分布。从表6 可以看出, 线虫在轻壤土中垂直分布较广, 在41~120 cm 4个土层中, 其分布百分率均显著大于中壤土和砂壤土相应土层。

坡向对线虫的垂直分布有显著的影响(表7)。阳坡线虫集中分布在0~40 cm 土层中, 占总数百分率为76.71%, 而阴坡则集中分布在21~60 cm 土层中, 占总数百分比为75.73%。不同坡向, 线虫纵向分布的深度不同, 阳坡线虫垂直分布深度更甚于阴坡, 在61~120 cm 3个土层中, 阳坡线虫分布占总数百分比分别为11.22%、0.22%和0.04%, 远远大于阴坡相应土层的5.55%、0.04%和0。

阴坡、中幼林、轻砂壤土杉木林分中杉木胸径、高生长与生长势分别比阳坡、成过熟林、中壤土低, 而根系腐烂程度、叶部炭疽病感病指数及虫口密度均更大。这与杉木适合于中偏阳性环境生长, 轻砂壤土良好的通透性与中幼林丰富而幼嫩的根系利于线虫生长繁殖的实际是相吻合的。

3 结论与讨论

半穿刺线虫病在福建省各地均有分布, 其中危害较严重的是顺昌、建阳、沙县、南平、政和、连江等地。调查发现杉木苗圃中虫口密度较低, 这可能是因为大多数苗圃均为初耕地(荒地初耕)或农作物(多为水稻(*Oryza sativa* L.))轮作地, 并在改作苗圃地时进行了人工消毒措施。杉木、柳杉(*Cryptomeria fortunei* Hooibrenk)、野柿(*Diospyros kari* Linn. var. *silvestris* Mak)、橄榄(*Canarium album* (Lour.) Raeusch)、杏树(*Prunus armeniaca* Linn.)、柑桔(*Citrus reticulata* Blanco)、葡萄(*Vitis vinifera* Linn.) 等均为半穿刺线虫的寄主植物^[5], 炼山等造林措施对土壤中虫口的影响不大, 故杉木林区线虫分布很广泛。

半穿刺线虫病害的分布与土壤类型无显著相关, 与林龄、土质、坡向呈极显著相关, 与立地条件、杉木炭疽病病情指数显著相关。本文以炭疽病病情指数作为病原线虫口密度变化的依变量分析, 虽然是线虫的寄生加剧了杉木炭疽病的发生, 但杉木炭疽的发生程度间接地反映了半穿刺线虫病害的分布、发生情况。

本文仅考察林龄、土质、坡向3个因子对病原线虫水平和垂直分布的影响。该病原线虫较

喜生于轻壤土、砂壤土中, 主要危害 0~20 年生杉木, 而 20 年生以上杉木基本不受该线虫危害。不同坡向线虫分布情况也不同, 阴坡虫口数量明显大于阳坡。

危害杉木的半穿刺线虫集中分布在 0~40 cm 土层中, 40 cm 以下分布逐渐减少, 至 120 cm 深处, 基本无线虫分布。中龄林中, 该线虫在 0~20、21~40 cm 土层中均有较大量分布, 而 10 年生以上杉木林中, 则集中分布在 21~40 cm 土层中。20 年生以上的, 在 101~120 cm 土层中仍有一定数量的分布。但在砂壤土中分布较浅, 土层 80 cm 以下基本无分布, 而轻壤土、中壤土垂直分布范围则更广。该线虫在阳坡集中分布于 0~40 cm 土层中, 阴坡集中分布在 21~60 cm 土层中, 在阳坡的垂直分布深度更甚于阴坡。

参考文献:

- [1] 蔡秋锦. 杉木半穿刺线虫病的研究[J]. 林业科学, 1990, 26(6): 506~514.
- [2] Drophkin V H. 植物线虫学导论[M]. 潘沧桑译. 厦门: 厦门大学出版社, 1980. 33~41.
- [3] 蔡秋锦. 杉木半穿刺线虫病的发现与研究[J]. 福建林学院学报, 1990, 10(2): 89~95.
- [4] 俞新妥. 杉木[M]. 福州: 福建科技出版社, 1982.
- [5] 蔡秋锦. 杉木半穿刺线虫寄主及混交林效应研究[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(1): 8~11.

Analysis on Natural Distribution and Related Factors of *Tylenchulus semipenetrans* in Fujian Province

CAI Qiu-jing¹, LUO Qun-rong², CHEN Guo-shun³

(1. Fujian College of Forestry, Nanping 353001, Fujian, China;

2. Shaowu Bureau of Forestry, Fujian Province, Shaowu 354000, Fujian, China;

3. Meilie District Bureau of Forestry, Sanming City of Fujian Province, Sanming 365000, Fujian, China)

Abstract: Study results indicate: *Tylenchulus semipenetrans* distribution in Fujian Province widely, but the damage is very serious in Shuncang, Nanping, Jianyang, and Sa County, etc. The natural distribution of the nematodes is notably related to soil texture, slope trend, tree age, etc. In light soil, sandy soil, or young growth, middle-aged growth or shade slope, the nematodes has a big distribution. No matter what the ecology factors are, the most nematodes distribute in 0~40 cm depth soil. The age of *Cunninghamia lanceolata* has notably effect on the vertical distribution of the nematode, so has soil texture and the slope trend.

Key words: *Tylenchulus semipenetrans*; natural distribution; vertical distribution; *Cunninghamia lanceolata*