

# 松墨天牛在松树枯萎中的作用

来 燕 学

(浙江省宁波市森林植物检疫站, 宁波 315000)

张世渊 黄华正 吕兆田 史迎寅

(浙江省象山县森林植物检疫站)

(浙江省慈溪市森林植物检疫站)

**摘要** 本文对松树枯萎类型和引起松树枯萎的主要因子进行了研究。结果表明, 枯萎松树根据木质部内线虫种类和媒介昆虫种类在宁波可分为4个类型: 松墨天牛×松材线虫, 松墨天牛×拟松材线虫, 松墨天牛×其他线虫和松墨天牛×无线虫。松树枯萎数量与气候条件有关。夏季高温干旱, 枯萎松树数量明显增加。引起松树枯萎的主要生物因子是松墨天牛, 处于逆境的松林, 只要有1头性成熟雌成虫侵入, 松树枯萎数量就会以1:9的几何级数逐年增加。松材线虫在松墨天牛参与下能引起感病的黑松快速死亡, 但与松树枯萎数量无关。

**关键词** 松属; 枯萎病; 松天牛; 松材线虫

**中图分类号** S763.38

松墨天牛(*Monochamus alternatus*)是我国马尾松(*Pinus massoniana*)林和黑松(*P. thunbergii*)林最常见的蛀干害虫。长期以来, 该虫被认为是一种次期性害虫, 主要危害衰弱木和新伐倒木<sup>[1]</sup>。70年代初, 发现该虫能大量携带松材线虫(*Bursaphelengus xylophilus*), 参与了松枯萎病的发生与发展, 确认为是松材线虫主要传播媒介<sup>[2]</sup>。我们根据宁波市境内近几年松枯萎病发生情况和防治工作实践, 通过调查研究认为, 松墨天牛是松林最重要害虫, 危害性远远超过松材线虫, 在松树枯萎中发挥了主要作用。

## 1 材料与方法

**1.1** 实地调查发生枯萎的松林主要是马尾松林和黑松林。观察、描述枯萎症状, 采取枯萎松树木质部作样本, 带回室内切碎, 用贝曼漏斗法<sup>[3]</sup>分离线虫, 用解剖镜和显微镜鉴定线虫种类。根据线虫种类确定松树内线虫构成类型。

**1.2** 在天牛羽化季节, 捕获刚羽化的松墨天牛, 置马尾松上, 观察补充营养和产卵行为, 测定每头雌虫产卵量。秋季, 取枯死松树段木, 长1.0m, 测定树皮周长37.68 cm。然后, 把树皮划分为20.00 cm×12.56 cm长方形15块, 计测每块产卵刻痕数, 用 $s^2/\bar{x}$ 求算分布型<sup>[4]</sup>。

收稿日期: 1995-06-12

**1.3** 10月份，在发生枯萎的林地内，随机抽取4株枯萎松树，以地面为界，每隔50 cm 分段，计测树干内幼虫数(以咬入孔为准)；枝条分直径小于1.5 cm 和1.5~3.0 cm 两级，测定幼虫数，再挖取伐根计测幼虫数。然后用  $s^2/\bar{x}$  求松墨天牛幼虫在树体上分布型。再取松木段，小心剥下树皮，计测幼虫取食轨迹，评价松墨天牛对松树的致死作用。

**1.4** 在新鲜的马尾松段木上，接种100粒松墨天牛卵，观察卵孵化率、边材幼虫成活率和成虫羽化率，分析松墨天牛数量变化规律。

## 2 结果与分析

### 2.1 松墨天牛是引起松树枯萎的共同因子

**2.1.1** 松树枯萎症状 每年夏秋季节，宁波市境内松林均会出现枯萎松树。数量多少与夏季气温高低、降水量多少有关。1994年夏季高温干旱，7~8月平均气温29.6℃，平均降水量119.6 mm，分别较历年高1.8℃，少42.6 mm，导致松树枯萎数量明显增加(表1)。

表1 枯死松树数量与气温和降水量关系

Table 1 Wilted pine numbers in relation to air temperature and rainfall

年份	气 温/℃			降 水 量/mm			枯死松树数量
	7月	8月	平 均	7月	8月	平 均	
1992	27.4	27.4	27.4	153.8	313.0	466.8	31 486
1993	27.1	27.5	27.3	290.8	230.8	520.9	25 692
1994	30.2	28.9	29.6	12.1	227.1	239.2	47 091
平 均	28.0	27.6	27.8	160.8	163.5	324.3	

这些枯萎松树表现为典型的失水症状：针叶先表现为“黄花”迹象，然后黄化针叶转变为褚红色。濒死松树的树冠可见到绿色、灰绿色、黄色、褚红色针叶同时存在现象，后期针叶全部转为褚红色。树皮上可见到许多天牛产卵时所留的“刻槽”。剥开树皮可见到尚未蛀入木质部的天牛幼虫(均为松墨天牛幼虫)。解剖木质部，手感干燥。这些症状与描写的松材线虫病症状一致<sup>[6]</sup>。

**2.1.2** 树干内线虫种类 通过对枯萎松树木质部取样，经分离和镜检，发现树干内有多种线虫存在，常呈混生状态，形成群体。能鉴定到属和种的主要有以下7种<sup>[6]</sup>。

小杆目 *Rhabditida* ①双胃属线虫 *Diplogaster* sp.；②小杆属线虫 *Rhabditis* sp.；

滑刃目 *Aphelenchida* ①松材线虫 *Bursaphelenchus* ②拟松材线虫 *B. mucronatus*。

③真滑刃属线虫 *Aphelenchus* sp.；④滑刃属线虫 *Aphelenchoides* sp.。

垫刃目 *Tylenchida* ①短体属线虫 *Pratylenchus* sp.。

这些线虫中，松材线虫经过人工培养接种，能引起部分松树(如黑松、日本赤松(*P. densiflora*)等)枯萎死亡，被公认为松枯萎病病原<sup>[2]</sup>。拟松材线虫形态与松材线虫极其相似，但经人工培养接种，不具致病性或为弱致病性<sup>[7]</sup>。其他几种线虫病理作用不明。枯萎的松树线虫检出率很高，经1994年394个样品测定，拟松材线虫检出率最高，为76.78%；松材线虫次之，为14.28%；其他线虫占5.35%；无线虫占3.57%。

**2.1.3** 松树枯萎类型 枯萎松树上除能检查到线虫外，最大量的还是松墨天牛。对刚羽化的

松墨天牛分离镜检也能检查到大量的同木质部内相同线虫。由此可见松墨天牛与线虫是个复合体, 线虫通过松墨天牛帮助才能实现树与树之间的传递。按照松墨天牛与线虫结合种类, 可把枯萎松树分为4个类型。

**I类型:** 松墨天牛×松材线虫。在枯死松树内的线虫群体中检查到松材线虫, 即归为该类。面积 $50 \text{ hm}^2$ , 均在宁波市象山县境内。

**II类型:** 松墨天牛×拟松材线虫。该类特点是线虫群体内检查不出松材线虫, 但能检查到拟松材线虫。面积 $2172 \text{ hm}^2$ 。

**III类型:** 松墨天牛×其他线虫。该类特点是线虫群体内检查不出松材线虫和拟松材线虫, 但能检查到其他种类线虫。面积 $154 \text{ hm}^2$ 。

**IV类型:** 松墨天牛×无线虫。该类特点是木质部内检查不到线虫。面积 $55 \text{ hm}^2$ 。

**2.1.4 松墨天牛的作用** 从枯萎松树的症状、树干内线虫种类及枯萎类型可见, 松墨天牛在松树枯萎中发挥了重要作用。①它是树干内线虫的有效传播者。我们测定3头刚羽化的松墨天牛, 均携带拟松材线虫, 平均每头带6.7万条。国外报道松墨天牛携带松材线虫平均量可达10.0万条<sup>[8]</sup>。②松墨天牛能直接引起松树枯萎。理由是: 松墨天牛与不具致病性的拟松材线虫和其他线虫结合, 或没有任何线虫情况下, 直接引起了松树枯萎。本文描述的宁波市的Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ类型的松树枯萎均属此例。

## 2.2 松墨天牛引起松树枯萎的过程

**2.2.1 松墨天牛补充营养引起松树衰弱** 松墨天牛成虫咬出羽化孔后, 即飞向健康松树补充营养, 食量很大, 危害极大, 能迅速导致松树生长衰弱。刚羽化的松墨天牛先啃食1年生嫩枝, 然后啃食2年生、3年生细枝。天牛补充营养与交尾产卵交替进行, 寿命最长达91 d。

1头天牛一生取食枝条达70余个, 咬断嫩枝20余个, 啃食所留面积达 $228.97 \text{ cm}^2$ <sup>[9]</sup>。

松墨天牛经补充营养后约14 d, 随即在树干上爬行, 寻求配偶交尾。成虫相当迟钝, 性激素作用似乎不大, 当两头天牛碰在一起, 需通过触角长时间(最长达45 min)“交往”才能决定性别, 异性的交尾, 同性的回避; 但不是碰在一起的异性都会交尾, 雄虫可与多头雌虫重复交尾, 不与其他雄虫交过尾的雌虫交尾; 雌虫是“从一而终”, 但能多次重复交尾。

交尾后, 雌虫即在树干爬行, 寻找合适部位用上颚刻产卵痕, 产卵。雄虫偶尔也会刻产卵痕。各树上产卵痕数量差异很大, 从数十个到数百个均有。在同一树体主干上, 刻痕分布基本均匀(表2)。

表2 松褐天牛产卵点的分布

Table 2 Ovipositing sites of *Monochamus alternatus*

段号	长度/cm	区位			总和	结果
		I区	II区	III区		
1	0~20	4	4	0	8	$\bar{x}=3.667$
2	20~40	4	2	7	13	$s^2=2.809$
3	40~60	5	4	2	11	$s^2/\bar{x}=0.766<1$
4	60~80	4	3	5	12	均匀分布
5	80~100	4	2	5	11	
$\Sigma$	0~100	21	15	19	55	

由表2可见,松墨天牛产卵痕属均匀分布。雌成虫刻痕时有回避先前产卵痕倾向。

松墨天牛也能在完全健康的松树上刻痕产卵。在这种情况下,刻痕上会溢出松脂。但流脂对产卵及卵发育没有影响。我们在宁波市江北区五星村调查35株枯死树有12株带有流脂痕迹。雌虫产卵一般1d1粒,多至3粒。经6头雌虫观察,雌虫一生产卵70~137粒,平均86粒。产卵数约占刻痕数90%。

### 2.2.2 松墨天牛幼虫钻蛀取食形成层组织导致松树枯萎

松墨天牛卵在春夏常温下,经6~10d即孵化。初孵幼虫在木质部与韧皮部之间活动(称为皮下幼虫),取食新鲜的韧皮组织。随着虫龄增加取食量也增大,此时幼虫不仅取食韧皮组织也取食木质部的边材。4龄幼虫咬入木质部取食(称为蛹室幼虫)。皮下幼虫食量很大,经5条幼虫在皮下活动时取食痕迹的范围和面积测定表明:幼虫取食活动平均高度为15.2cm,平均宽度9.7cm,实际取食面积84.0cm<sup>2</sup>(表3)。

由此可见,1株胸径10.0cm的松树在15.0cm范围内只要有3头幼虫取食就能横切输导组织。幼虫取食不仅切断树皮输导组织,还在坑道内塞满钻屑和虫粪,迫使树皮与木质部分离。被害木的营养和水分传导受阻,在夏季高温干旱条件下,必然导致松树枯萎。

枯死松树上,松墨天牛幼虫密度差异很大。最少的在1992年江北区保国寺发现,1株胸径10cm的马尾松只找到9个咬入孔;最多的在奉化溪口妙高台见到,1株胸径30cm的马尾松,蛹室幼虫数量达到1220.0头。在慈溪市三北镇4株胸径为7.8~12.0cm的马尾松,平均每株蛹室幼虫数量为124.5头(表4)。

由表4可见,幼虫在树体上分布很广,除侧根上没有分布外,其他部位均有分布。直径小于1.5cm的小枝上数量最少,平均每株0.75头,主根部平均每株达1.25头。对小枝、大枝、主干、主根和侧根5个部位幼虫数量作分布检验,得 $s^2=2697.4$ , $\bar{x}=24.9$ , $s^2/\bar{x}=108.33 \gg 1$ ,表明幼虫在树体上分布呈明显的聚集状态,集中分布于树干。幼虫在树干上分布经计算 $s^2=41.22$ , $\bar{x}=8.14$ , $s^2/\bar{x}=5.07 \gg 1$ ,表明幼虫在树干上分布也呈明显的核心分布,主要聚集在2.0~4.5m木材段之间。该段幼虫数量占总数60.84%。

### 2.2.3 松墨天牛致使松树枯萎的数量分析

松墨天牛数量变化,经树皮下100粒卵观察表明:卵孵化率很高,达到91.0%,仅9粒卵由于寄生和自然干瘪死亡。初孵幼虫取食竞争剧烈,死亡率达60.4%,只有39.6%幼虫蛀入木质部筑成蛹室。次年羽化成虫21头,其中雌成虫11头,顺利产卵雌成虫9头。100粒卵相当于1头雌虫产卵量。因此松墨天牛的世代倾向: $I=N_2/N_1=9/1=9$ (表5),表明松墨天牛在无限环境中呈几何级数增长。

由表5可见,一片松林,只要有1头性成熟雌成虫侵入、产卵,在正常气候条件下,会产生90余头初孵幼虫。这些幼虫通过取食,最后形成30余头蛹室幼虫,足以切断木材输导组织,致使松树枯萎。第1年枯死1株,第2年按种群趋势,会枯死9株,第3年即达81株。实际观察也表现了这种趋势(表6)。

表3 幼虫取食形成层的范围和面积

Table 3 Eating areas and ranges  
of the larvae

幼虫编号	取食范围/cm			实际取食 面积/cm <sup>2</sup>	寄主树种
	高	宽	面积/cm <sup>2</sup>		
I	15.5	7.5	116.25	81	马尾松
II	14.5	11	159.5	87	马尾松
III	17	9.5	161.5	104	马尾松
IV	16.5	8	132.0	80	马尾松
V	14	10	140.0	68	马尾松

**表 4 松墨天牛蛹室幼虫在树体上的分布**  
Table 4 Distribution on the wood for pupal-cell-larvae of *M. alternatus*

树体部位	树号				总和	平均
	1	2	3	4		
胸径/cm	7.8	12.0	10.0	11.0	40.8	10.20
树高/m	6.8	6.1	5.4	4.4	22.7	5.68
枝条直径/cm {>1.5 1.5~30}	1 1	2 5	0 7	0 6	3.0 19.0	0.75 4.75
根 部 {主 根 侧 根}	1 0	3 0	1 0	0 0	5.0 0	1.25 0
树干分段/cm {0~50 50~100 100~150 150~200 200~250 250~300 300~350 350~400 400~450 450~500 500~550 550~600 600~650 650~700}	5 2 8 8 13 17 13 13 12 9 4 2 0 0	3 3 6 10 8 16 20 25 18 12 5 0 0	4 10 13 11 14 26 22 16 5 4 3 — —	0 2 8 9 14 14 16 15 10 — — — —	12.0 17.0 35.0 38.0 45.0 73.0 71.0 69.0 45.0 25.0 12.0 2.0 0	3.00 5.67 8.75 9.50 11.25 18.25 17.75 17.25 11.25 6.25 4.00 1.00 0
总 和	109	136	132	94	498.0	124.50

**表 5 松墨天牛种群生命表**Table 5 Population life table of *M. alternatus*

年 龄 组	存活虫	主要致	死亡虫	死亡率	存活率
	数/头	死因子	数/头	/%	/%
卵(N <sub>1</sub> )	100	寄生, 干瘪	9	9.00	0.91
幼虫	91	食物竞争	55	60.40	0.39
蛹室幼虫	36	白僵	15	41.70	0.58
蛹		情况不明			
成 虫	21	性 比	10	47.60	0.52
雌成虫	11	死亡, 不育	2	18.00	0.82
产卵雌虫	9				
总 计			91	91.00	0.09

了该虫的破坏性, 不利于松林资源的全面保护。如现在生产实践上, 发现松树枯萎就取样镜检是否有松材线虫, 有则按检疫对象处理予以防治, 无则常规处理或不予处理, 造成防治上空洞, 使森林资源蒙受重大损失。因此必须重视松墨天牛, 把该虫列为全国性检疫对象, 大力防治, 控制危害, 抑制我国南方松林日益严重的枯萎势头。

**3.2 与松墨天牛相结合的松材线虫在松树枯萎中的作用值得再探讨。**夏季松树枯萎现象曾

### 3 结论与讨论

**3.1 松墨天牛是松林毁灭性大害虫, 必须引起高度重视。**由上论述可知, 松树普遍发生的枯萎现象主要是松墨天牛危害所致。一片松林只要有1头雌成虫侵入, 松树枯萎数量每年将以几何级数增加, 毁坏整片松林。广东化州县兴旺林场、湖南怀化地区、江西宜春明山林场等地均有松墨天牛危害导致松林大量枯萎的报道<sup>[10]</sup>。而现在仅把松墨天牛作用定位于松材线虫的传播媒介, 显然低估

**表 6 枯萎松树发生过程**  
Table 6 Wilt process of pine

地 址	树 种	小 班 号	面 积/ $\text{hm}^2$	密 度 /株· $\text{hm}^{-2}$	枯萎类型	死树数量/株		
						1992年	1993年	1994年
慈溪三北镇	马 尾 松	14	7	2 355	II	4	31	351
象山涂茨镇	马 尾 松	1	4	3 150	I	2	53	272

被认为是种非侵染性病害，按症状称为松枯萎病。自从通过人工接种证明松材线虫能引起黑松枯萎后，松材线虫被普遍接受为松树枯萎原因。发展到今天，松枯萎病名词已被松材线虫病替代，甚至出现松材线虫病即为松枯萎病，松枯萎病即为松材线虫病模糊状态。实践证明这种观点夸大了松材线虫的作用。①松材线虫只有通过松墨天牛携带才能实现侵染，通过其他甲虫携带，松材线虫致病力就不很明显。例如美国虽然松材线虫分布很广，但缺乏松墨天牛，松材线虫就不造成危害。②松墨天牛在没有任何线虫的情况下，就能直接引起松树枯萎，而且致死松树的种类要比松材线虫多。如马尾松在实验室是松材线虫高抗树种，但在自然界受松墨天牛危害后，枯萎现象相当普遍。③枯萎松树中能检查到松材线虫的数量不多。在宁波松墨天牛×松材线虫引起松树枯萎数量是4:1。即使在检查到松材线虫的林地内，也不是所有枯死树由松材线虫引起。象山北门山，1992年调查，松材线虫检出率只有20%。从这3点可见，松材线虫引起松树枯萎作用不明显。但有一点作用是肯定的，松材线虫与松墨天牛结合能加速感病的黑松死亡。黑松感病后，在每年6月底前就可表现出死亡症状。

### 参 考 文 献

- 1 中国林业科学研究院主编. 中国森林昆虫. 北京: 中国林业出版社, 1983. 284~285
- 2 Mamiya Y, Kiayohara T. Description of *Bursaphelenchus lignicolus* from pinewood and histopathology of nematod-infested tree. *Nematologica*, 1972, 18: 120~124
- 3 方中达主编. 植病研究方法. 北京: 农业出版社, 1979. 285~286
- 4 南开大学, 中山大学. 昆虫学(下册). 北京: 人民教育出版社, 1980. 214~215
- 5 来燕学, 翟建中, 周成枚等. 浙江象山发现松材线虫. 植物检疫, 1993, 7(1): 38
- 6 来燕学. 宁波萎蔫松树木质部内线虫类型镜检初报. 浙江林业科技, 1993, 13(1): 40~44
- 7 程瑚瑞, 林茂松, 钱汝驹. 拟松材线虫的形态诊断和致病性研究. 南京农业大学学报, 1986, (2): 55~61
- 8 Kobayashi T, Yamane A, Ikeda T. The Japanese pine sawyer beetle as the vector of pine wilt disease. *Ann Rev Ent*, 1984, 29: 115~135
- 9 赵锦年, 应杰. 松墨天牛取食为害与松树枯死关系的研究. 林业科学, 1989, 25(5): 432~437
- 10 张连芹, 宋世涵, 黄焕华等. 利用引诱剂和肿腿蜂防治松墨天牛的研究. 林业科学研究, 1991, 4(3): 285~290

Lai Yanxue (Forest and Plant Quarantine Station of Ningbo City, Ningbo 315000, PRC), Zhang Shiyuan, Huang Huazheng, Lu Zhaotian, and Shi Yingyin. *Monochamus alternatus Withered Pine.* *J Zhejiang For Coll*, 1996, 13(1): 75~81

**Abstract:** In the light of species nematode and vector insect in the xylem, withered pine in Ningbo could be divided into 4 types: *Monochamus alternatus* × *Bursaphelenchus xylophilus*, *M. alternatus* × *B. mucronatus*, *M. alternatus* × the other nematodes, and *M. alternatus* × no nematode. The number of withered pine related to air temperature and rainfall in summer. Hot and dry weather could lead to increase wilt pine. *M. alternatus* was a main bio-factor causing wilt. In the pine forest in adversity, if one *M. alternatus* (female, adult) invaded it, the number of withered pine could be increased in geometric progression. *B. xylophilus* could speed up death of diseased pine, but had nothing to do with the number of withered pine.

**Key words:** *Pinus*; blight; *Monochamus alternatus*; *Bursaphelenchus xylophilus*

## 《浙江林学院学报》被国内3项核心期刊研究成果 同时列为核 心 期 刊

中文核心期刊要目总览(由北京高校图书馆期刊工作研究会和北京大学图书馆共同研究完成)、中国科技期刊引文分析(这是国家自然科学基金和中国科学院的资助项目,由中国科学院文献情报中心所属的专题组完成,中国科技论文统计源期刊(由中国科学技术信息研究所受国家科委综合计划司委托组织完成)等目前国内最有影响的3项核心期刊研究成果分别把《浙江林学院学报》列为核心期刊。这表明我院学报在国内学术期刊行列中居重要地位。

(赖务林)