

文章编号: 1001-1498(2009)02-0294-05

(拟)松材线虫耐久型四龄幼虫(L_{IV}) 的形态及其分化变异

来燕学

(浙江省宁波市森林病虫害防治检疫站,浙江 宁波 315000)

摘要:本文对浙江省宁波市松材线虫病疫区内的松材线虫和拟松材线虫的耐久型四龄幼虫(L_{IV})的形态及其分化变异作了观察研究。结果表明,松墨天牛成虫体内携带的松材线虫和拟松材线虫的L_{IV}在形态上完全相同;同一来源的(拟)松材线虫的L_{IV}既可发育形成松材线虫,也可形成拟松材线虫。它的分化变异结果受寄主等环境因子影响,规律是:带尾尖突的L_{IV}离开松墨天牛成虫进入黑松多变为无尾尖突的松材线虫;进入马尾松多变为带尾尖突的拟松材线虫。

关键词:松材线虫;拟松材线虫;耐久型四龄幼虫;松墨天牛

中图分类号: S763

文献标识码: A

The Morphology and Differential Variation of Dauerlarvae (L_{IV}) of *Bursaphelenchus xylophilus* and *B. mucronatus*

LAI Yan-xue

(Ningbo Quarantine Center of Forest Disease and Insect Pests of Zhejiang Province, Ningbo 315000, Zhejiang, China)

Abstract: The morphology and differential variations of *Bursaphelenchus xylophilus* and *B. mucronatus* dauerlarvae in Ningbo of Zhejiang Province were investigated. The results showed that the dauerlarvae of both the *Bursaphelenchus xylophilus* and *B. mucronatus* carried by *Monochamus alternatus* had the same morphological characteristics, and the dauerlarvae coming from the same origin could develop and become either *Bursaphelenchus xylophilus* or *B. mucronatus*. The differential variation was affected by hosts and other environmental factors. It was found that the L_{IV} with distinct mucro often turned into *Bursaphelenchus xylophilus* when leaving *Monochamus alternatus* and entering into *Pinus thunbergii* without distinct mucro or turned into *Bursaphelenchus mucronatus* with distinct mucro when entering into *Pinus massoniana*.

Key words: *Bursaphelenchus xylophilus*; *Bursaphelenchus mucronatus*; dauerlarva; *Monochamus alternatus*

松材线虫 [*Bursaphelenchus xylophilus* (Stainer & Buhner) Nickle, 1970] 的耐久型四龄幼虫(L_{IV})是松材线虫生活史中一个特殊阶段,存在于松墨天牛(*Monochamus alternatus* Hope)成虫(媒介昆虫)体内,不存在于松树(*Pinus* spp.)木质部中^[1]。松材线虫的生活史分繁殖周期和分散周期,在繁殖周期经历卵、一龄幼虫L₁、二龄幼虫L₂、三龄幼虫L₃、四龄幼虫L₄、

成虫;在分散周期即传播阶段,一部分L₂蜕皮成为分散型3龄幼虫L₃,L₃蜕皮进入松墨天牛成虫形成耐久型幼虫L_{IV},在松墨天牛成虫补充营养时,L_{IV}离开媒介昆虫又进入松树(寄主)体内再蜕皮形成成虫^[1-4]。松材线虫成虫形态特征已被详细描述报道^[5-9];L₁~L₄幼虫形态由于不稳定,罕见研究报道;L_{IV}存在于媒介昆虫——松墨天牛成虫体内^[1,10-11],形态研究较为

收稿日期: 2007-01-29

作者简介: 来燕学(1956—),男,浙江宁波人,教授级高级工程师,长期从事森林病虫害的防治研究工作。

困难,国内少有关,日本学者有过初步研究,描述的松材线虫 L 尾尖形态与松材线虫成虫的尾部形态不一致,而与后来发现和报道的在枯死松树体内普遍存在的并且经常与松材线虫混生的拟松材线虫 (*B. mucronatus* Mamiya and Kiyohara) 尾尖一致^[10,12]。拟松材线虫与松材线虫形态极其相似,主要区别特征为雌成虫尾尖突的有无及其长短^[12~13],为此,作者进而探讨二者与其 L 幼虫分化之间的关系。从 1999 年起,笔者通过发病林地采样观察和贮藏含有纯松材线虫、纯拟松材线虫和该两种线虫混生的三类枯死松木,并捕获解剖从中羽化的松墨天牛成虫,研究了松墨天牛成虫体内的 L 形态及其分化变异,发现同一起来源的 L 既可发育形成拟松材线虫也可形成松材线虫,这种分化变异的结果受寄主等环境因子的影响,现将结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 供试 L 幼虫来源

在宁波市松材线虫病流行的北仑区^[14-15]选择当年枯死的黑松 (*Pinus thunbergii* Parl) 和马尾松 (*P. massoniana* Lamb) 数株,通过对枯死松树木质部采样、分离和镜检,在室内分别贮藏 3 种含松墨天牛幼虫但没有羽化孔的病死松木: A 为木质部含有纯松材线虫, B 为既含有松材线虫又含有拟松材线虫, C 为含有纯拟松材线虫。其中,松材线虫为雌成虫尾部钝圆的典型的松材线虫,拟松材线虫为雌成虫尾尖突 > 3.5 μm 的虫株。次年春夏时捕获羽化的松墨天牛成虫,并与木材相对应标上 a、b、c 3 种标签。这些松墨天牛成虫所携带的 L 即为本研究的供试幼虫。

1.2 L 的形态观察

在体视镜 (SMZ-2) 下解剖 a、b、c 三类松墨天牛成虫,寻找体内携带的 L 幼虫;同时把找到的线虫移到载玻片,在显微镜 (Nikon YSZ-02) 下观察并比较松墨天牛成虫体内的 L 形态特征,并用数码相机 (Nikon coolpix700) 摄取 L 幼虫照片。

1.3 L 在松枝内的分化变异

挑取 a、b、c 三类松墨天牛成虫体内 L 幼虫,模拟成虫补充营养,接种至 6 根 2 年生新鲜黑松枝条内,30 d 后用“枝条解剖 + 显微镜”和“松枝 + 培养皿”法分离镜检枝条内线虫形态^[16-17]。此外在无病松林内采集生长旺盛的黑松、马尾松枝条木段 (直径 1.5~2.0 cm, 长 8 cm), 各取 3 段,分别接入 a、b、c

三类松墨天牛成虫携带的 L 幼虫 (每头天牛携带的 L 一半放入黑松,另一半放入马尾松),让线虫在松枝内增殖。2.5 月后把这些松枝木段切成小块,置培养皿,用水浸泡分离线虫;24 h 后取线虫悬浮液,挑取线虫并在显微镜下观察线虫形态。

1.4 L 分化变异的野外跟踪调查

从 2000 年起连续 3 a 在浙江余姚丈亭镇真壁山的两片松林 (马尾松纯林和马尾松 + 黑松混交林) 进行跟踪调查,研究 L 在松树体内分化变异规律。两片松林分布于海拔 350 m 真壁山的上坡位,中龄林,平均树高 6.5 m,平均胸径 8 cm,2000 年发生马尾松枯死现象,从而对该片松林开始疫情监察调查。方法是采集新鲜枯死的松木样本,分离镜检内含的线虫种类。每年对枯死马尾松和黑松各取 3 株,每株取 1 个树干圆盘。第 1 年,只有马尾松枯死,只取 3 个马尾松树干圆盘;第 2 年起,马尾松、黑松均有枯死,共采 6 个树干圆盘。

2 结果与分析

2.1 3 种松墨天牛成虫携带的 L 幼虫的形态

解剖镜检 a、b、c 3 种不同来源的松墨天牛成虫,发现虫体内均能检到大量 L 幼虫,尤其集中在松墨天牛成虫的气管或雄生殖器官内^[18],表明松木质部内的线虫分散转移到松墨天牛成虫^[10-11]。形态观察结果表明,3 类不同来源的松墨天牛所携带 L 幼虫的形态完全一致。它的主要特征为:头顶圆丘形;口针、食道和食道球退化不明显;体长 L 0.6 mm 左右,体宽 a 0.025 mm 左右,由于虫体充满脂肪颗粒,虫体显得较胖;尾部带有尾尖突 (图 1),与典型的拟松材线虫成虫的尾部和日本报道的松材线虫 L_N 幼虫的尾部形态一致^[19]。这说明松木质部内带尾尖突和不带尾尖突的 2 种分散型三龄幼虫 L,进入松墨天牛成虫后都变为一种带尾尖突的 L_N 线虫。



图 1 示 L 幼虫形态 (400X)

2.2 L 幼虫在松枝内蜕皮又可分化出尾型不同的两种线虫

把 L 幼虫接入黑松枝条,1 个月后对枝条进行解剖、分离镜检发现 1 种形态的 L 又分化出尾形不同的两种成虫,即拟松材线虫和松材线虫(表 1)。由表 1 可见,a 类松墨天牛携的 L 幼虫进入黑松枝条后,全部发育成雌虫尾部钝圆的典型松材线虫;b 类松墨天牛携的 L 幼虫进入黑松枝条后,却分化出 29.0%的圆尾松材线虫,51.6%的带尾尖突(长 < 3.5μm)的松材线虫和 19.4%的拟松材线虫;c 类松墨天牛携的 L 幼虫进入黑松枝条后,分化出 8.3%的圆尾松材线虫,70.8%带尾尖突的松材线虫和 20.9%的拟松材线虫。上述现象表明了 L 幼虫在黑松体内发育时,出现 3 种分化变异,来源于圆尾松材线虫的 L 仍然全部发育为圆尾松材线虫,但是来源于拟松材线虫的 L 除了产生拟松材线虫外还分化出带尾尖突的和圆尾的松材线虫。

表 1 L 幼虫接入黑松枝条形态变异

组号	根数	天牛类型	接入线虫	镜检结果						
				雌虫条数	圆尾*	%	短尾**	%	长尾***	%
1	2	a	L	15	15	100	0	0	0	0
2	2	b	L	31	9	29.0	16	51.6	6	19.4
3	2	c	L	24	2	8.3	17	70.8	5	20.9

*表示线虫成虫无尾尖突; **表示尾尖突长度 >0, <3.5 μm;

***表示尾尖突长度 >3.5 μm

此外,L_N分化变异的结果受寄主松树种类的影响(见表 2)。由表 2 可见,2002 年 5 月 30 日接种后到 2002 年 8 月 15 第一次镜检,发现接入黑松的所有 L_N都分化出松材线虫,接入马尾松的除 a 类外都分化出拟松材线虫;到 2002 年 12 月 15 日第二次镜检时,在 a 组马尾松样本内检到了拟松材线虫,在 b 组马尾松样本内的松材线虫已消失,全部为拟松材线虫,而 c 组的黑松样本内则检到纯松材线虫;到 2003 年 7 月 15 日第三次镜检时,除了 3 个样本找不到线虫外,黑松体内均为松材线虫,马尾松体内均为拟松材线虫。

2.3 L 分化变异的野外调查结果

通过对在宁波余姚真壁山区枯死松树的连年监测镜检,发现了两种线虫尾型随年份和树种发生变化的规律(见表 3)。由表 3 可见,2000 年大量枯死松树出现在马尾松纯林内,经采样镜检发现有大量拟松材线虫,未能检到松材线虫;到 2001 年大量枯死松树出现在邻近的马尾松+黑松的混交林内,经采样镜检,马尾松样本内仍为拟松材线虫而黑松样本内检到松材线虫和拟松材线虫混合种群;到 2002 年再对马尾松+黑松的混交林内的大量枯死松树采样镜检,发现马尾松和黑松样本内均能检到松材

表 2 尖尾 L_N接入松枝后形态转化

天牛编组	线虫形态	接入树种	样本个数	接种时间	镜检时间与结果			备注
					2002-08-15	2002-12-15	2003-07-30	
a	尖尾 L	黑松	3	2002-05-30	松材线虫	松材线虫	0	少量其他线虫
		马尾松	3		松材线虫	松材线虫、拟松材线虫	拟松材线虫	
b	尖尾 L	黑松	3		松材线虫	松材线虫	松材线虫	
		马尾松	3		松材线虫、拟松材线虫	拟松材线虫	0	
c	尖尾 L	黑松	3		拟松材线虫、松材线虫	松材线虫	0	
		马尾松	3		拟松材线虫	拟松材线虫	拟松材线虫	

表 3 枯死松树发生林地逐年跟踪检测结果

年份	林种	采样树种	采样数	样本号	线虫类型 / %		
					松材线虫	拟松材线虫	其他
2000	马尾松林	马尾松	3	1	0	100	0
				2	0	97	3
				3	0	64	36
2001	马尾松+黑松林	马尾松	3	1	0	95	5
				2	0	87	13
				3	0	95	5
				1	25	65	10
				2	5	80	15
2002	马尾松+黑松林	马尾松	3	3	40	35	25
				1	15	45	40
				2	23	25	52
				3	8	75	17
				1	65	25	10
				2	100	0	0
				3	45	40	5

线虫和拟松材线虫混合种群,只是黑松内松材线虫占绝对优势而马尾松内则拟松材线虫占优势。对这一现象的可能原因分析是:2000 年的拟松材线虫在 2001 年侵入黑松使黑松内分化出松材线虫;2001 年黑松内的松材线虫在 2002 年侵入马尾松林使马尾松木质部内也能检到松材线虫和拟松材线虫。这个现象进一步证实:拟松材线虫进入黑松后可以分化出松材线虫,松材线虫进入马尾松后可以分化出拟松材线虫这一现象。

3 结论与讨论

(1)由以上试验可见,松材线虫和拟松材线虫进入天牛成虫后都转化为同一形态的 L₁;L₁ 进入松树蜕皮再分化为所谓的松材线虫和拟松材线虫,这种分化变异受寄主种类和线虫定殖时间的影响。此外,作者还发现,3种来源的雄成虫形态无差异,尖尾 L₄、圆尾 L₄或尖尾 L₁,蜕皮成为雄成虫时形态均一致(据报道拟松材线虫雄成虫与松材线虫雄成虫交合伞形态稍有所差异^[71]);雄成虫与两种尾形的雌成虫具有很高的亲和性,相互间能够自由交配生殖,但子代的变异仍然受寄主的影响,在马尾松内趋向于尾部尖化,在黑松内趋向于尾部圆化。镜下偶见尖尾 L₄幼虫蜕皮变为圆尾的松材线虫成虫,但尚未观察到圆尾 L₄蜕皮变为尖尾的拟松材线虫成虫过程(图 2)。

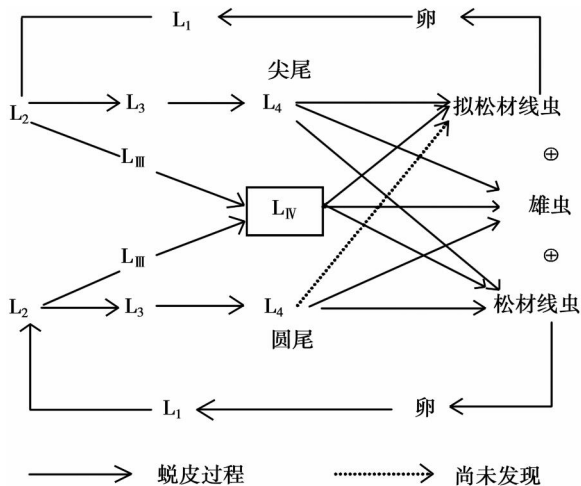


图 2 松材线虫和拟松材线虫变化关系

(2)传统上把松材线虫分为圆尾和尾尖突 < 3.5 μm 两类,尾尖突 > 3.5 μm 归为拟松材线虫^[12]。笔者发现尾尖突 < 3.5 μm 类是圆尾类和尾尖突 > 3.5 μm 类的交集,而且存在圆尾分化为尖尾时繁殖代数越多尾尖突越长现象。这表明至少在宁波范围内所见的松材线虫和拟松材线虫是同一物种的两种不同分化,或以前把尖尾松材线虫误定为拟松材线虫。这与欧美情况类似。因为,欧美学者认为松材线虫和拟松材线虫仅凭尾尖突长短分种实为勉强,应是复合物种^[21]。日本学者最早把拟松材线虫与松材线虫分为两个物种^[12]。近几年,国内外许多学者应用分子生物学、化学等方法有证明松材线虫与拟松材线虫是两个物种,亦有证明是同一物种或同源物种^[22~29];"M型松材线虫(高致病性拟松材线

虫)"的存在与发现,使两者关系变得更为复杂^[33];尖尾拟松材线虫与圆尾松材线虫杂交试验也证明能杂交、不能杂交或部分能杂交等多种结果^[21,31~33]。虽然争论已久,但我国还是把松材线虫和拟松材线虫视为 2 个独立物种。本文研究发现了宁波市疫区内的松材线虫和拟松材线虫的动态进化关系,进一步表明二者的密切亲缘关系,但是这种现象是存在所有的(拟)松材线虫种群之间,还是宁波市特殊的生境因子诱导形成的,有待于进一步探索。

(3)作者在疫病监察上经常发现松材线虫发生区往往是先有拟松材线虫的分布,夏秋季许多松林会出现枯萎松树,对其取样镜检往往只见拟松材线虫而不见松材线虫,75%的拟松材线虫+松墨天牛类型枯死树^[34]被认为是自然枯死而被忽略。经多年检测,最终却检到了松材线虫,此时已经造成了重大危害。因拟松材线虫不是检疫对象,日常工作中时常检查到携带拟松材线虫的松木在自由流通,造成扩散流行的严重后果。自 2000 年起,宁波把拟松材线虫纳入松材线虫管理和防治范畴,取得了发病面积和病死树数量连年双下降的良好效果。而本研究揭示了松材线虫与拟松材线虫的密切关系,表明了马尾松群落中存在有拟松材线虫的风险性。因此,为确保我国森林资源的安全,是否应将拟松材线虫和松材线虫一样严加监察、检疫和防治,值得决策部门慎重思考。

(4)松材线虫和拟松材线虫互变现象的遗传机理值得进一步探索。这个现象表明,(拟)松材线虫互变时存在环境影响基因,基因影响性状(形态),性状影响功能(致病性)的内在关系。环境中具体是何物质影响了线虫基因,线虫的基因在环境因子作用下究竟是发生了突变还是打开了开关,从而引起线虫尾尖突长短变化是个很有意义的课题;线虫尾尖突变化导致致病性的差异是自然界极为常见的现象。松材线虫和拟松材线虫的尾尖突长度在不同的环境如树种,和不同的食料如真菌所引起变异。不同树种引起线虫尾尖突变异早在上世纪 80 年代已被观察到^[35];松材线虫用不同树种不同真菌培养引起尾尖突变异,国内已有研究报道^[36]。在马尾松或黑松环境下,线虫尾部形态表现出不同尾尖突长度——松材线虫型或拟松材线虫型属于不同的生物型;不同的生物型往往具有不同的致病性^[37],这是微小有害生物的一个普遍性问题,拟松材线虫与松材线虫形态的微小变异可能是致病性差异的重要原因。

参考文献:

- [1] 程瑚瑞. 松材线虫萎蔫病的发生和研究进展 [J]. 植物检疫, 1988, 2(1): 11 - 16
- [2] Ishibashi N, Kondo E. Occurrence and survival of the dispersal forms of pine wood nematode, *Bursaphelenchus lignicolus* [J]. Appl Entomol Zool, 1977, 12: 293 - 302
- [3] Kondo E, Ishibashi N. Ultrastructural difference between the propagative and dispersal forms in pine wood nematode, *Bursaphelenchus lignicolus*, with reference to the survival [J]. Appl Entomol Zool, 1978, 13: 1 - 11
- [4] Wingfield M J, Blenchette R A, Nicholls T H, et al. The pine wood nematode: a comparison of the situation in the United States and Japan [J]. Can J For Res, 1982, 12: 71 - 75
- [5] Mamiya Y, Kiyohara T. Description of *Bursaphelenchus lignicolus*, n. sp. (Nematode: Aphelenchoididae) from pine wood and histopathology of nematode-infested trees [J]. Nematologica, 1972, 18: 120 - 124
- [6] Nickle W R, Gidden A M, Mamiya Y, et al. On the taxonomy and morphology of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner 1934) Nickle 1970 [J]. J Nematol, 1981, 13(3): 385 - 392
- [7] 程瑚瑞, 林茂松, 黎伟强, 等. 南京黑松上发现萎蔫线虫病 [J]. 森林病虫害通讯, 1983(4): 1 - 5
- [8] 杨宝君. 松树上线虫的鉴定 [J]. 林业科学, 1985, 21(3): 305 - 309
- [9] 来燕学. 宁波萎蔫松树木质部内线虫类型镜检初报 [J]. 浙江林业科技, 1993, 13(1): 40 - 44
- [10] Mamiya Y. Pine wood nematode, *Bursaphelenchus lignicolus* Mamiya & Kyohara, as a causal agent of pine wilting disease [J]. Rev Plant Prot Res, 1972, 5: 46 - 60
- [11] Linit M J. Nematode vector relationships in the pine wilt disease system [J]. J Nematol, 1988, 20(2): 227 - 235
- [12] Mamiya Y, Enda N. *Bursaphelenchus mucronatus* n. sp. (Nematode: Aphelenchoididae) from pine wood and its biology and pathogenicity to pine tree [J]. Nematologica, 1979, 25: 353 - 361
- [13] 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 [J]. 南京林业大学学报, 1986(2): 55 - 61
- [14] 来燕学. 松墨天牛飞行特性与防治松材线虫病的指导思想 [J]. 浙江林学院学报, 1998, 15(3): 182 - 188
- [15] 来燕学, 周永平, 俞林祥, 等. 保松灵 (PEM) 农药防治松材线虫病试验 [J]. 江苏林业科技, 2000, 24(2): 75 - 78
- [16] 来燕学. 用松枝解剖法快速检测松材线虫病原 [J]. 浙江林学院学报, 2005, 22(2): 188 - 192
- [17] 来燕学, 王亚红, 顾炎可. 松细枝 + 培养皿法分离镜检松材线虫试验 [J]. 江苏林业科技, 2003, 27(2): 13 - 15
- [18] 来燕学. 松墨天牛成虫解剖与松材线虫分布研究 [J]. 华东昆虫学报, 2004, 13(2): 21 - 26
- [19] Mamiya Y. Pathology of pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus* [J]. Annual Review of Phytopathology, 1983, 21: 201 - 220
- [20] 叶为民, 冯志新. 松材线虫个体发育研究 [J]. 华南农业大学学报, 1993, 14(2): 78 - 83
- [21] Bolla R I, Boschert M. Pine wood nematode species complex: interbreeding and chromosome number [J]. J Nematol, 1993, 25(2): 227 - 238
- [22] 王玉燕, 宋玉双, 藏秀强, 等. 两种指示剂对松材线虫病木的测试 [J]. 植物病理学报, 1996, 26(4): 371 - 376
- [23] 李海燕, 王玉燕, 舒朝然, 等. 含水率对几种松树松材线虫病木和健木 pH 值的影响 [J]. 林业科学研究, 2000, 13(专): 58 - 62
- [24] 沈伯蔡, 胡兹苓, 包宏. 松树中两种重要线虫的比较研究 [J]. 林业科学, 1993, 29(4): 345 - 349
- [25] Lawler C, Hamey M A. Immunological differentiation between *Bursaphelenchus xylophilus* and *B. mucronatus* [J]. Nematologica, 1993, 39(4): 536 - 546
- [26] Gurian G de, Lee M J, Damasso A. Preliminary attempt to differentiate pinewood (*Bursaphelenchus* spp.) by enzyme electrophoresis [J]. Revte Nematol, 1985, 8(1): 88 - 91
- [27] Bolla R I, C Weaver, E K Winter. Genomic differences among pathotypes of *Bursaphelenchus xylophilus* [J]. J Nematol, 1988, 20(2): 309 - 316
- [28] 郑经武, 许建平, 吴良玉, 等. 松材线虫及拟松材线虫种间及种下群体的 RAPD 指纹分析 [J]. 浙江农业大学学报, 1998, 24(2): 597 - 601
- [29] 许建平, 郑经武, 王建伟, 等. 松材线虫的 PCR 快速诊断研究 [J]. 浙江农业大学学报, 1998, 24(2): 133 - 134
- [30] Liu Wei, Yang Baojun. Hybridization between *Bursaphelenchus xylophilus* and *B. mucronatus* [C] // Yang Baojun: Proc Int Sym PWN, Beijing, 1995: 49 - 52
- [31] Mamiya Y. Interspecific hybridization between *Bursaphelenchus xylophilus* and *B. mucronatus* (Aphelenchida: Aphelenchoididae) [J]. Appl Ent Zool, 1986, 21(1): 159 - 163
- [32] Iwahori H, Kanzaki N, Futai K. A simple polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism-aided diagnosis method for pine wilt disease [J]. Forest Pathology, 2000, 30(3): 157 - 164
- [33] 马承铸, 宋继荣, 陈品山, 等. 上海佘山发现黑松松材线虫 M 型株系 [J]. 上海农业学报, 1996, 12(1): 56 - 60
- [34] 来燕学, 张世渊, 黄华正, 等. 松墨天牛在松树枯萎中的作用 [J]. 浙江林学院学报, 1996, 13(1): 75 - 81
- [35] Bedker P J, Wingfield M J, Bumests T A, et al. Host specificity of the pine wood nematode in the north central United States and Canada [C] // Proc of the US Japan Seminar, East West Center, Honolulu, Hawaii, 1984: 46 - 62
- [36] 赵文霞, 杨宝君. 松材线虫雌虫尾部形态和寄主的关系 [J]. 林业科学研究, 2005, 18(3): 362 - 363
- [37] 刘芳, 傅强, 赖凤香. 害虫生物型及其遗传机理 [J]. 昆虫学报, 2004, 47(5): 670 - 678