

动植物检疫参考资料

1988〔1〕

检疫性植物线虫

中华人民共和国动植物检疫总所

一九八八年七月

前 言

线虫在植物检疫工作中占有重要地位。根据国外报导，目前许多种线虫对农林作物造成极其严重的危害，其中有的在我国至今尚未发生或分布未广，要在检疫中严加注意，防止其传入。国内有关线虫参考资料很少。为此，我们组织编写、翻译了一些文献，现印发给读者，以供参考。有些译文从深度上看是不够的，但对于普及线虫检疫知识，还是有一定的作用的。在编译过程中，天津所管良华同志和植检实验所随延文同志给予了大力协助，仅表谢意。文中有错误或不当之处，欢迎批评指正。

编 者

一九八八年七月

目 录

与进口植物有关的土传病原线虫.....	(1)
松材线虫.....	(7)
香蕉穿孔线虫.....	(25)
椰子红环腐线虫.....	(27)
马铃薯白线虫.....	(28)
马铃薯金线虫.....	(30)
栽培作物上的茎线虫.....	(32)
水稻茎线虫.....	(35)
马铃薯块茎线虫.....	(38)
三叶草茎线虫.....	(41)
水仙茎线虫.....	(44)
马铃薯胞囊线虫.....	(49)
禾谷类胞囊线虫.....	(51)
甜菜线虫.....	(55)
大豆胞囊线虫.....	(59)
水稻干尖线虫.....	(61)
桃根腐线虫.....	(64)
草莓线虫.....	(67)
英国草莓线虫.....	(71)
温室作物的根结线虫.....	(75)

与进口植物有关的土传病原线虫

J. F. Southey P. Aitkenhead

摘 要

对进口土壤进行植物检疫危险性评价, 必须分离和鉴定其中所带的土传生物, 确定其致病性和在环境因素影响下的分布潜能。从进口植物的土壤中, 发现线虫和其它有害生物的报道早已有之。线虫比其它所有有害生物种群都要多得多。自然土壤中的植物寄生线虫比花盆的混合土中更为普遍, 来源于非欧洲的土壤比欧洲土壤所带的非本地线虫种类也明显多的多。北欧国家线虫的主要危险, 是胞囊属线虫中的新致病型和包括病毒传播介体的外寄生性矛线线虫。来自热带地区的线虫和其它生物, 在较冷的地带, 会变成温室的有害生物。

当我们要做进口土壤的植物检疫危险性评价时, 必须有检出土壤中所带病原体的技术及其有关的资料, 以便判断它们对农作物可能带来的危险性。从土壤样品中分离线虫及节肢动物, 广泛采用的方法包括: 用筛子分离大小不同的颗粒, 用水或其它液体进行漂浮和沉积分析, 至于用什么方法则取决于土壤生物本身的活动性。Southey 1970年评价了线虫的分离方法, 其中有的方法对以上 8 种方法的原理作了最好的概括。一旦发现无脊椎动物种类, 一般计数并不困难。

土壤中真菌和细菌病原物的分离和鉴定, 相比之下是更为困难的问题, 近来已经有了很大的进展, Menzies 1963年的评论对1963年以前的情况做了综述, 而且他提出的五种方法至今还是适用的。Louvet 1970年论述了在真菌病原体方面最近所做的工作及其土壤中所带真菌病原种类和数量的确定方法。1972年van Emden描述了他用平板法洗涤土壤颗粒方面的工作。如果说检测病原体难, 那么确定其检疫重要性则更难。必须考虑两个方面的因素, 致病力或称作危害植物的能力和在传入国能够生存和定居的机率。后者意思是说新的生物特性在传入国的分布潜能, 是生物本身的生物学特性和传入国的自然的环境因素所决定的。Baker 1972年阐述了在昆虫学方面, 这些因素尤其是气候方面的研究方法。他说在可控制的环境条件下进行试验, 目的是确定在自然条件下的年生活周期。以便能更准确地评价气候对死亡率的影响。对土壤生物, 尤其是线虫的研究, 有着广泛的领域。1970年Dao研究了气候对植物和土壤线虫分布的影响, 并做出了有价值的贡献。在两个气候条件相反的国家, 荷兰和委内瑞拉, 他做了详细的比较研究, 结果表明, 温度是影响线虫定居和分布的关键因素, 很明显可利用的寄主植物也是很重要的, 因此也需要有寄主范围方面的知识。对于特定的种来说, 线虫学方面的文献包括: 寄主或寄主物关系, 温湿度等条件的影响、发育和生活周期等很多方面的资料。对于重要的有害生物种群, 这些尤为适用, 例如胞囊线虫和根结线虫, 通过调查和对寄主范围研究所积累的知识, 就可以对分布潜能做出合理的推论。但是对大量自由生活

的线虫和土居性的线虫种类，几乎没有或根本没有什么资料。甚至可以肯定的说，对许多带口针的垫刃线虫和矛线线虫，是否取食高等植物也还不知道。

在线虫学的领域中，尤其是近十年来，在很多国家对土壤所含生物进行调查的基础上，出版了很多动物区系调查，名录，或汇编等出版物。Dao, Oostenbrink和Vites 1970年列出了1200篇文献，包括一般线虫调查名录263篇，针对特殊作物和植物类群的有680篇，还有261篇是关于特定线虫或植物线虫种群的。由于在混合的土壤生物群体中，线虫的鉴定和计数非常麻烦，而且需要专门技术人员，所以进行这项工作需要花费很多时间及人力物力。常常需要先搜集有关资料，并进行探索性调查，才能在此基础上进行更详细的调查和研究。为了避免浪费和提供可靠数据，在做调查计划时，明确目的是很重要的。

为了达到检疫的目的，1969年Jones强调了取样的规定，在特定的每一个单位样品重量中，有害生物和病原物的种群数量，一般漏检的情况可多达三分之一以上，所以只要没查出来，就做不带有害生物和病原的保证，是毫无价值的。例如对于一批马铃薯商品来说：如果带有1%的土壤，一般认为算是带土低的，但是按照这种带土率计算，一批100吨的货物将带有1吨土壤。对马铃薯金线虫而言，只从货物中或田间采一个或几个500克的样品，进行检验，其结果就几乎没有什么价值。

避免马铃薯金线虫，从有其分布的国家，随马铃薯被带入，唯一可靠的方法是禁止进口未加工的马铃薯，其次是尽量避免或减少货物中携带土壤。

美国和加拿大农业部定期出版的，有害生物和病原截获名录表明。即使严格禁止土壤入境，还是会带入很多土壤生物的。对于一种生物来说，有时还不知其在出口国有分布，就在从那里来的货物中截获到了。例如分布于加奈利群岛、日本、西班牙和南斯拉夫的马铃薯金线虫。但是在确定名录中所包括生物的致病性以前，可能会引起人们的误解。因为在土壤生物类群包括一些具有毁灭性的病原物，即使只是线虫，也会使一些进口当局为之惊恐不已。植物材料及其所携带的土壤，通常都是入境后必检的内容，检验中一定会发现各种各样的线虫，因此拒绝进口无正当理由的材料或要求不携带特别指出的线虫，已成为一种趋势。

进口土壤的检查

1966年至1970年，植物检疫工作者，从英格兰和威尔士进口的植物中，搜集了140个土样。并在植物病理实验室中检查了其中所带的线虫和其它无脊椎动物。其目的是：1) 指出通过土壤进入英国的线虫、昆虫等生物的范围及其来源（主要是分欧洲的和非欧洲的）、生存基质（人工混合土或分为有机质和矿物质的自然土）；2) 根据已发现生物种群的分布和致病力方面已经发表的可靠资料，来评价危险性的大小。（见表1）

方法：

线虫：无论是用简单的贝尔曼漏斗法分离，还是用佛来各的倾斜过筛法（适合于大型矛线类外寄生线虫），还是两种方法都用，采集50—200克土壤，就可以进行分离。从106份要检查胞囊线虫的土样中，取出39份，将一部分土样风干，用标准漂浮法分离其中的胞囊，土壤的质量，土壤中含有有机质的多少以及技术都会影响检验的难易及检到胞囊的数量。

表1 进口土壤中的线虫，按层出现频率排列

属 或 群		每一检测样品的百分比
<i>Tylenchus group</i>	垫刃组	64
<i>Aphelenchoides</i>	滑刃线虫属	46
<i>Tylenchorhynchus (sens. lat.)</i>	矮化线虫属	45
* <i>Heterodera</i>	胞囊线虫属	41
* <i>Pratylenchus</i>	} 根腐线虫属	
<i>Rotylenchus</i>		
<i>Aphelenchus</i>	} 真滑刃线虫属	
<i>Helicotylenchus</i>		
O* <i>Trichodorus</i>		
<i>Paratylenchus</i>	针线虫属	13
<i>Criconemoides (sens. lat.)</i>	轮线虫属	12
O* <i>Xiphinema</i>	剑线虫属	8
<i>Ditylenchus</i>	} 茎线虫属	
<i>Neotylenchidae (undet.)</i>		
<i>Seinura</i>	} 长尾滑刃属	4
<i>Boleodorus</i>		
<i>Hoplolaiminae (undet.)</i>		
<i>Tylencholaimus</i>	} 茎囊拟茎线虫属	
* <i>Hemicycloiphora</i>		
<i>Meloidogyne (larvae or males)</i>	} 根结线虫属	2
<i>Trophurus</i>		
<i>Doryllium</i>	} 滋养线虫属(棒)	
<i>Ecphyadophora</i>		
<i>Paraphelenchus</i>	} 拟谓线虫属	
<i>Pratylenchoides</i>		
<i>Pseudhalenchus</i>	} 拟针体线虫属	1
<i>Telotylenchus</i>		
O* <i>[Longiorus]</i>	伪宾垫刃属	
	蹠线虫属	
	长针线虫属	[not found 未发现]

* 温带地区重要致病性土居线虫的属

O* 包括病毒媒介线虫的属

节肢动物和软体动物：一般因样本较小，分离这样的动物要分两步。首先将土样簿簿地平铺在盘子内，先检出较大的动物，尤其是不活动的虫态，然后将土样转移到Rot-hamsted型的Tullgren漏斗中，经48小时以后，取出聚集在甲醇中的动物。该漏斗形的

分离器上，装有一个孔径为2 mm的筛子，以保证除了肉眼可见的较大动物以外，其它动物均能通过。

线虫检验结果:

表1列出的属为带口针的垫刃线虫，矛线类外寄生线虫，及其少数有关线虫，都是按其检出的频率进行排列的。在热带地区，最重要的植物寄生性线虫的属都标上了星号，一般认为滑刃线虫属和茎线虫属中的土居种类是不寄生高等植物的，可能主要以取食菌丝体为生。既没有发现侵染叶和芽的滑刃类线虫，也没有发现侵染茎和块茎的茎线虫。虽然在粘重土中可以发现茎线虫*D. dipsaci*，但该线虫栖寄的是植物，而不是土壤。

表2列出了来源和类型不同的各种土样，尽管检疫人员的选择主要是荷兰以外的其它国家，（因为荷兰是起今为止我们进口植物最多的国家），尤其是非欧洲国家，可是通过该表，我们还是可以粗略的看出，各个地方进口土壤的有关数量。

表2 不同来源和类型的土样数量

检验线虫用的土样总数		106(其中39个是检胞囊线虫的)
<i>Europe</i>	欧洲	84
<i>Netherlands</i>	荷兰	52
<i>Belgium</i>	比利时	11
<i>Denmark</i>	丹麦	10
<i>Non-European sources</i>	非欧洲来源	22
<i>Japan</i>	日本	9
<i>Potting Compost</i>	盆栽混合肥料土壤	22
<i>Natural soil Organic</i>	含有机物的天然土壤	42
<i>Natural soil mineal</i>	含有矿物质的天然土壤	37
<i>Uncerlain</i>	性质来源不明的	5

表3和表4分别说明了土壤类型对所含线虫总数及带口针线虫数量的影响。在花盆的混合土壤中，每升土壤含线虫数万条之多，在含一半以上有机质的土壤中，线虫含量也相当高，而矿物质较高的土壤中所含线虫只有有机土壤中的五分之一。一般带口针的线虫则认为是植物寄生性线虫，在自然土壤中比花盆的土壤中更为普遍（见表4）。在每个富含有机物的土壤中要比矿物质土壤中所含的带口针线虫层多3个。检验了22个花盆中的混合土样，发现的唯一重要的植物寄生线虫属是短体线虫属（是在两种场合发现的）。在混合型的土壤中，数量最多的线虫是以微生物为食的*Rhabditia*类线虫和捕食性线虫等，和估计的一样，这类线虫在有机土壤中比矿物型土壤中也丰富的多。

我们对最感兴趣的类群进行了种的鉴定。检查胞囊线虫的39个样品中，发现有16个是带线虫的，其中有3个土样都检到了马铃薯金线虫，包括法国草莓和朝鲜以及比利时的月桂树，不太常见的线虫包括二次来自荷兰的*H. bifenestral*和来自塞浦路斯的*H.*

表 3 不同类型样中的线虫密度

土样中的线虫密度	花盆混合土	有机质土	矿物性土
>10.000/升	55	54	21
1.000—10.000/升	25	37	61
<1.000/升	20	9	18

表 4 不同土样所含带口针线虫和病原线虫属的数量

		样 品 数 量		
		盆栽混合肥料	有机肥料土	无机肥料土
各种带口针线虫	总 数	22	42	37
	每一样品属的总数			
	0	9	1	0
	1—3	11	13	19
	4—9	2	23	12
	7—9	0	5	7
(1) 病原线虫属	0	20	14	15
(除去胞囊线虫属)	1—3	2	28	22

(1) 见表 1 中带星号的属

Latipons. P. vulacus 是最近从欧洲包括英国的温室报道的一种热带线虫,是从日本 *bonsai* 树带的土中发现的。记载有剑线虫的土样共 8 个,三个是来自欧洲的 *X. diversicaudatum* 四个非本地种都和日本进口的 *bonsai* 树有关,另一个则是随阿尔及利亚的马铃薯带入的,在三个样品中 *X. amerianum* Cobb 或与其相近的种都与针叶和落叶 *bonsai* 种类有关,有一样本,每升含虫 3000 多条。而 *X. insigne* Loos 在矮化松中出现两次。(一次带有 *X. ameicanum*)。目前在英国,矮化属看来并不是重要的致病性线虫。但是这个属中有很多种,Brice 1970 年证明,在寄主和寄生物的关系上,该属存在着明显的种间差异,在一些样本中发现的量较大的带口针线虫属中,矮化线虫属居第三位。象从丹麦引进的蔷薇每升土含线虫 4000 头,荷兰的绣球花每升含 3350 头线虫,杜鹃每升含线虫 2000 头。日本来的杜鹃所带线虫数与上述情况也差不多,每升 1500 头。在日本样本中发现的线虫种类有: *Tylenchorhynchus crassicaudatus* Williams (很多); *T. claytoni* Steiner; *T. dubius* (Butschli) Filipjev; *T. undet sp*; *Trichodorus christiei* Allen (很多), *T. porosus* Allen。在 *bonsai* 样本中发现的线虫还有 *Tylenchorhynchus claytoni*。日本、英国、比利时、加拿大、丹麦、荷兰都已报导发生于杜鹃花根周围的 *Tylenchorhynchus claytoni* 及 *Trichodorus christiei* 都与其衰退病有关,这两种线虫在英国都没

有分布。

在调查中，没有发现长针线虫属 *Longidorus* 的线虫令人不解，除了应用 *Flegg* 法以外，技术的局限可能也是一个因素，但是只要进口土壤中有该属线虫的话，那么总有一天会将其检出来的。

大连所 庞学洁译自 *EPPO* 通报 1972 (7)

植物检疫实验所 郭永平校

松材线虫

一、前言

松材线虫 (*Bursaphelenchus xylophilus*) 在我国于1982年在南京中山陵风景区的黑松上首先发现。该线虫是如何传入南京地区的, 目前尚没有确切的说法。有的认为早在30年代初建中山陵从日本引进黑松时就传进来了; 也有认为是从进口的木包装箱上传带进来的。1986年我国将松材线虫和它的传播媒介—松褐天牛列为对外植物检疫对象。近几年来, 由于该病在南京地区的为害有加重的趋势, 引起了南京市政府和有关部门的重视, 成立了防治松材线虫指挥部, 开始对松材线虫进行控制和防治, 部分研究工作也开始进行。

我所地处疫区, 在搜集国外和南京地区部分资料的基础上综合编写成这份资料, 供检疫战线的同志和有关部门参考。

二、概况

〈一〉定名史

松材线虫是Steiner和Burrer在1929年从美国得克萨斯州建房用的长叶松材中检出的, 故称松材线虫。1934年这二位学者又在美国路易斯安那州一个锯木厂的长叶松原木中发现该线虫, 并定名为*Aphelenchoides xylophilus*。1970年Nickle把它归到*Bursaphelenchus*属, 改名为*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Burrer) Nickle。当时不知道它和松树枯萎病之间的联系。在六十年代, 日本松树大量枯死, 许多科学家着手研究松树枯死的原因。1969年, Tokushige和Kiyohara在进行与真菌有关的松树枯萎病研究过程中, 发现在死亡的松树中存活有大量的线虫, 这种线虫在日本九州地区的广泛分布与松树枯萎病流行有密切的关系。在1971年, Kiyohara和Tokushige通过接种试验证实, 这种线虫是日本松树发生枯萎的一种重要病原。1972年, 由真宫、清原两位博士定名为*Bursaphelenchus lignicolus* Mamiya et Kiyohara。1981年, Nickle等和Mamiya合作, 根据收藏在美国农业部(USDA)线虫保藏委员会内的*B. xylophilus*原样本的基本形态特点, 通过日本和美国线虫种群间的遗传杂交, 发现*B. lignicolus*是*B. xylophilus*的同物异名, 因此统一命名为*B. xylophilus* (钝尾伞滑刃线虫), 把*B. lignicolus*做为异名。

〈二〉病害的发生史

1. 在日本, 松树枯萎病首次发生可以追溯到本世纪初。日本森林昆虫学家Yano于1913年就报道, 在日本南部的长崎县自1905年就发现了松树枯死现象, 这种危害逐渐扩展, 并有流行的趋势。以后在日本岳库、神奈川等县又相继发现类似情况。

三十年代初, 松树枯萎病从九州和本州的沿濑户内海一带的温暖地区迅速扩展开来。在这些地区的纸浆工厂和造船厂往往堆积有大量的病松原木, 而且这些原木对病害的传播蔓延起着重要的作用。

1946年以后, 松树枯死现象由南至北蔓延到和歌山、香川、高知等县。到1947年, 病害

已波及日本全国27个府、县,被害松材突破100万立方米,这才引起日本各界人士的关注。

五十年代,日本政府在严酷的森林灾害面前,对防治工作加强了领导。在林野厅设立了专门的松蛀虫防治领导机构,制订了《森林病虫害防治法》。由于采取了有利的措施,使木材的年损失量降低到40万立方米。

有关松树枯萎病的研究工作在继续进行。直到六十年代,大量的研究工作仍是集中在与松树枯死有关联的昆虫上,并认为昆虫是致松树枯死的原因。1968年,在日本国家林业试验站进行了一项旨在昆虫侵袭之前的发病原因的研究。1969年发现在死亡的松树中存活有大量线虫。1971年通过接种试验证实该线虫是松树枯萎病的病原物,找到了松树枯死的真正原因。

2. 南京中山陵松树枯死之谜揭开经过。

南京中山陵松树枯死现象早有发生,但不为人所注意。在1982年以前,园陵部门的管理人员认为,松树枯死是被小蠹虫、天牛或松树象虫为害所致。1982年8月下旬,中山陵园梅花山风景区生长健壮的黑松突然针叶枯萎,死亡8株。没过几天,紫金山旁的卫桥、四方城以及5号、11号宾馆附近又陆续死亡10余株黑松。中山陵园管理处的孙永春工程师仔细观察了松树枯死的症状。他发现,有的死松树上有许多害虫,有的死松树上害虫并不多。他对后一种死松树作了常规的线虫分离,结果得到了许多线虫。后经中国农科院植保所的线虫专家鉴定为拟松材线虫(*Bursaphenachus macronatus*)。

1982年,中国林科院昆虫室主任萧刚毅去日本考察,看了日本大片松林枯死的现场,并看到了日本松材线虫的标本,萧先生回国后,于同年10月在西安召开的全国森保年会上,他要求进行全国性的松材线虫普查。孙永春同志参加了这次会议。当他了解到这些情况后,对南京中山陵松树枯死问题更加重视。同年10月14日,他又重新做了松树线虫的分离工作,并将分离到的线虫送到南京林业大学病理教研组,经朱熙樵、张九能两位老师鉴定,确认为松材线虫。

1983年,南京中山陵一带黑松大量枯死,引起了南京市政府的高度重视。市政府立即召开了专业会议,由三位副市长出席并主持会议。同时还邀请南京农业大学、中国农科院、中国林科院等单位的专家参加了会议。会后,南京农业大学程瑚瑞付教授进一步从形态学上鉴定了南京地区的松材线虫,并且用松褐天牛作媒介进行接种,做致病性测定。试验结果证实:南京中山陵的松树枯死是由松树线虫为害所致,且致病力特强,松褐天牛是南京地区松材线虫传播的主要媒介昆虫。

三、分布与寄主

(一)、分布

松材线虫在日本、美国普遍发生,我国大陆上目前仅南京地区有发生。此外,在法国、加拿大、朝鲜、意大利、联邦德国、香港、澳门及我国台湾省等国家和地区也有发生的报道。

在日本,到1986年止除北海道和本州北部的青森县外,其他45个行政单位普遍发生松材线虫。

在美国,到1985年止,已查明有35个州有松材线虫发生。

在南京地区,据1987年普查,目前该线虫除广泛分布于南京的十个区、县外,已蔓

延到镇江市及句容县，并已逼近与南京毗邻的仪征市以及安徽省的滁县和芜湖地区。该线虫在南京市和镇江的详细分布情况如下：

1. 南京市

(1) 栖霞区

马群乡、摄山乡、十月乡、玄武湖乡、迈皋桥乡、尧化乡、燕子矶乡、紫金山乡、龙潭镇、中山陵园管理处、省植物研究院、南京农业大学、南京农业专科学校、南京体育学院、紫金山天文台、省农业科学研究所、西岗果农场、仙林农牧场、栖霞山公园、小红山公园、燕子矶公园、伊刘苗圃、岔路口硫铁矿、幕府山白云石矿、岔路口商业局物资储运仓库、省公安厅伊春饭店、岔路口空军物资仓库、83652部队、解放军通讯工程学院岔路口分校、83417部队、83408部队、87841部队。

(2) 雨花区

铁心桥乡、西善桥乡、雨花台乡、板桥区、解放军坦克营、市水利局堤防管理所、雨花台烈士陵园、菊花台公园、梅山铁矿。

(3) 玄武区

南京林业大学、南京玄武湖植物园、九华山公园、市政府大院、南京军区司令部(富贵山)。

(4) 鼓楼区

清凉山公园、省委西康路三十三号大院。

(5) 下关区

下关老虎山守桥部队。

(6) 浦口区

泰山新村、龙王山、宝塔山。

(7) 江宁县

东山镇、汤山小学、汤山中学、东山公园、汤山林场、东善桥林场、汤门镇招待所、方山乡、解放军八三医院、部军游泳池、省工人疗养院、灵山煤矿。

(8) 六合县

方山林场、平山林场、灵岩山林场、冶山林场。

(9) 江浦县

烈士陵园、珠江镇求雨山、老山林场。

(10) 溧水县

孤山。

2. 镇江市

(1) 镇江市郊

南郊公园。

(2) 句容县

下蜀茶场、宝华乡、句容县林场宝华工区、省财政厅桥头镇省会计专科学校、石狮乡、郭庄乡。

(二) 寄主

自然发生松材线虫的树种都属于针叶树，特别是松属 (*Pinus*)。根据日本、美国等国家的资料和我国的调查，松材线虫的松属寄主树达四十多种。它们是：

日本黑松 (*P. thunbergii*) 日本赤松 (*P. densiflora*)
琉球松 (*P. tuchuenis*) 欧洲赤松 (*P. sylvestris*)
欧洲黑松 (*P. nigra*) 地中海松 (*P. halepensis*)
短叶松 (*P. banksiana*) 火炬松 (*P. taecda*)
扭叶松 (*P. contorta*) 长叶松 (*P. palustris*)
辐射松 (*P. radiata*) 中欧山松 (*P. mugo*)
刚松 (*P. rigida*) 美国黄松 (*P. ponderosa*)
北美赤松 (*P. resinosa*) 美国沙松 (*P. clausa*)
短叶松 (*P. echinate*) 湿地松 (*P. elliotii*)
美国五针松 (*P. strobus*) 华山松 (*P. armandii*)
柔枝五针松 (*P. labulaeformis*) 糖松 (*P. lambertiana*)
金中松 (*P. jeffceyi*) 日本五针松 (*P. flexilis*)
五针松 (*P. parviflora*) 海岸松 (*P. pinaster*)
马尾松 (*P. massoniano*) 台湾松 (*P. taiwanensis*)
加勒比松 (*P. caribaea*) 白皮松 (*P. bungeana*)
辛松 (*P. pungens*) 加州山松 (*P. mouticola*)
类球果松 (*P. strobiformis*) 大叶松 (*P. engelmannii*)
卵果松 (*P. ocarpa*) 红松 (*P. koraiensis*)
光叶松 (*P. leiophylla*) 加洲沼松 (*P. muricata*)
云南松 (*P. yunnanensis*) *P. rudis*
乔松 (*P. eccelsa*) 日本五须松 (*P. penttaphylla*)

上述松属寄主以黑松、日本赤松、琉球松、红松、光叶松、中欧山松、加州沼松、辐射松、类球果松、欧洲黑松、美国黄松、海岸松、云南松、*P. rudis*、加州山松、卵果松等尤为感病。

除松属外，松材线虫的寄主树还有冷杉属 (*Abies*)、云杉属 (*Picea*)、落叶松属 (*Larix*) 和雪松属 (*Cedras*) 的下列树种：库叶岛冷杉 (*A. sachalinensis*)、香脂冷杉 (*A. balsamea*)、欧洲云杉 (*P. abies*)、白云杉 (*P. glauca*)、欧洲落叶松 (*L. decidua*)、美洲落叶松 (*L. laricina*)、日本落叶松 (*L. kaempferi*)、雪松 (*C. deodera*)、大南洋雪松 (*C. atlantica*) 等。

四、为害

(一) 国外的为害情况

日本从三十年代起，随着为害区的扩展，木材的年损失量也从3万多立方米增加到20多万立方米；四十年代，每年损失木材达40多万立方米，1948年损失高达123万多立方米；五十至六十年代，木材的年损失量又下降到30—40万立方米；从七十年代起，为害又急剧上升，1973年，木材的年损失量再次超过100万立方米，1979年木材的损失

量竟高达240多万立方米。这个数量几乎占日本松树立木蓄积量的1%。日本260万公顷的松林中,大约有50万公顷感染了松材线虫。分析日本几十年中松材线虫流行为害的情况,可以总结出几方面的原因。①四十年代,松材线虫流行达到第一个高峰,这是由于第二次世界大战,引起了社会的动乱,对该线虫没有很好的防治;②五十至六十年代日本松材线虫减轻,这是由于日本政府和社会重视,对松林害虫展开了积极的防治。尽管当时还没有真正发现松树枯萎病的病因,这种防治是盲目的,但是,通过防治,松材线虫的传播媒介—松褐天牛被有效地控制了,减轻了松材线虫的流行。③七十年代,松材线虫又回升,开始达到第二个高峰。这是由于在七十年代初,刚刚发现松树枯萎病的原因,一些防治措施还没有跟得上,松林里线虫基数高,再加上不良的气候条件(干旱和不寻常的高温),有利于线虫的发生;广泛使用石油作为燃料供应,人们不再用松树作为燃料,加之林业劳力缺乏,结果使残留在松林中的病原死树增多,增加了松材线虫的侵染源,因此就再度大流行。

日本政府为了防治松材线虫,每年耗资几十亿日元,1980年拿出74亿日元来防治该线虫病,占森林病虫害防治总经费的90%以上。除此以外,当地政府和私人林场主也投入了大量资金来防治此线虫。日本政府付出如此高的代价,仍无法有效控制该线虫的流行为害。因此它是日本松树上为害隐蔽、发病迅速、防治困难、损失严重的毁灭性病害。

在我国,松材线虫引起的松树枯死于1982年首先在南京中山陵林区发现。几年来,疫区向四周扩散,逐步发展到南京、镇江两市十二个县(区)。疫区内受害林地面积二十多万亩,病死松树数量剧增,许多林区连续清理后空地增多,林相遭到破坏。这不仅影响了自然景观,而且生态环境也造成严重破坏。更为严重的是军事工程设施难于在绿林中保护,失去了森林对国防设施的隐蔽功能,为此南京军区也在向中央军委紧急呼吁,愿与地方协同防治。

因松材线虫为害,南京地区1982年枯死松树260多株;1983年发展到1万多株;1984年3.9万多株;1985年近10万株;1986年为21万多株;1987年仍超过20万株。六年共枯死松树近60万株,估计损失木材3万立方米,烧毁松枝100多万担。以每立方米松材100元、每担松枝4元计算,直接损失超过了700万元。1984年起,南京地区用飞机喷洒杀螟松农药防治松褐天牛,共飞行作业了580多架次,使用农药32.2吨,直接费用46万多元。加重了地方财政的负担,病害还没有得到有效的控制。相反,病害还在流行,疫区还在扩大。具体反映在以下几个方面:①82—86年,每年的松树枯死现象一般沿公路和铁路发展,而87年距公路和铁路很远的小山沟和孤山上也出现枯死树;②以前,一般是成片黑松枯死,而87年混交林也有成片的松树死亡;③以前大都发现30—40年以上的大树枯死,在87年调查中发现7—8年树龄的松树也有枯死;④82—86年,主要是黑松大批枯死,其他几种树是个别、零星枯死,而1987年发现该线虫能侵染过去认为抗病能力较强的马尾松。在江宁、六合和句容县六座山林的43株枯死马尾松中,松材线虫为害株占56%。这给我国淮河以南乃至华南数省几亿亩马尾松林带来严重的威胁。一旦传开,后果不堪设想。

五、症状和病害发展过程

松树受松材线虫侵染后,树木迅速枯死是松材线虫病害的重要特性。受侵松树在初

夏时往往还看不出外部症状，到夏末时即死亡。大多数受松材线虫自然侵染的树木在侵染当年即死亡，只有少数松树（一般不足10%）由于当年受松材线虫侵染较迟，可拖到第二年上半年死亡。

松材线虫病的发展过程可概括为以下几步：

（一）、松脂分泌减少直至停止。在接种的松树上，一般接种后约两星期内树脂分泌即停止。这是病树初期出现的症状。Oda (1967) 发明了一种极简单的技术来测定树脂的分泌流动情况，旨在区别出那些尚未表现外部症状的病树。方法是用铁锤或打孔器在树干底部打一直径为10—15毫米的孔，同时除去内、外皮层，观察树脂从小孔的边材中渗出的情况，可以分为以下几级：1级，从孔口溢出的树脂量多且过剩；2级，量多，但不过剩；3级，只有少量的细滴溢出；4级，树脂不渗出；5级，边材干燥。经诊断，3、4、5级的松树已表现病态。因此，树脂分泌减少和停止可作为早期诊断的依据之一。

（二）病树针叶的蒸腾作用下降直至停止。一般接种后20—30天，针叶蒸腾作用便下降，这个阶段尚未出现外部症状。

（三）病树蒸腾作用降低和停止后，随之出现针叶萎蔫变成红褐色，边材水份也迅速降低，树干干燥是这个阶段的特点。病树针叶变成红褐色是该病最典型的外部症状。

（四）病树彻底死亡，一般发生在8月下旬到10月。死树的红褐色针叶到第二年夏天才脱落，这也是该病外部症状的特点。

六、松树线虫的形态特征和分类鉴定

（一）松材线虫的分类地位

松材线虫属于滑刃科 (*Aphelenchoididae*)，伞滑刃属 (*Bursaphelenchus*)。它与滑刃属 *Aphelenchoides* 的线虫很相似。在形态上，二个属的主要区别是伞滑刃线虫属的雄虫尾端被一个发育不全的小抱片（交合伞）包围；而滑刃线虫属的雄虫无抱片。

（二）虫体的形态特征

在松材线虫的生活史中，幼虫有两种形态，即：繁殖型和分散型。繁殖型中3、4龄幼虫 (L_3 、 L_4) 和分散型中的3、4龄 (L_{III} 、 L_{IV}) 幼虫在形态上有很大差别，而由这二种型幼虫发育而成的成虫在形态上没有区别。

1、两性成虫：虫体细长，呈蠕虫形，长约1毫米。唇区高，缢缩显著；口针细长，其基部微微增厚，使口针基结清晰；中食道球卵圆形，占体宽的2/3以上，几乎充满体腔，瓣膜清晰；食道腺细长叶状，模糊，覆盖于肠背面；排泄孔的开口大致和食道与肠交接处平行；半月体在排泄孔后约2/3体宽处。

2、雌虫：单卵巢，前伸；阴门约开口于虫体中后部3/4处，开口处由后伸的宽的阴门前唇（阴门盖）覆盖；后阴子宫囊长，约为阴肛距的3/4；雌虫尾部亚圆锥形，末端宽圆，少数有短的尾尖突（不超过2微米）；雌虫死态呈弓背形，虫体均匀弯曲有时呈大开口“C”型。

3、雄虫：交合刺大，弓状，成对，不愈合，喙突显著；交合刺远端膨大如盘；尾端尖细，侧观呈爪状；向腹面弯曲；尾端由交和伞包裹，腹面观呈短卵状；雄虫死态呈

“J”形。

4、繁殖型幼虫：虫体前部和成虫相似；不见生殖器官；虫体后部则因肠内积聚大量颗粒状内含物，以致呈暗色，结构模糊；幼虫尾亚圆锥形，末端圆形、或有难以看清的极短的尾尖突。

5、散型3龄幼虫（ L_{III} ）：它由 L_2 蜕变而来，和繁殖型的3龄幼虫（ L_3 ）比较，其角质膜显著增厚，体腔内含物浓稠，肠内积聚类脂小滴，是松材线虫的休眠阶段。

6、散型的4龄幼虫（ L_{IV} ）：由 L_{III} 蜕变而来。 L_{IV} 虫体除角质膜较厚外，它没有口针，食道退化，头园丘形，尾端明显指状。虫体体表还覆盖保护性的胶粘物。

（三）虫体的测量数据

雌成虫（20条平均）： $L=1140$ （960-1310）微米； $\alpha=39.4$ （32-52）； $b=11.1$ （9.6-12.0）； $c=27.3$ （23.6-31.5）； $v(\%)=72.9$ （70-82）； $St=15.2$ （13.5-16.2）微米。

雄成虫（20条平均）： $L=1070$ （910-1190）微米； $\alpha=47.6$ （35-54.9）； $b=11.0$ （9.2-15.0）； $c=31.3$ （28.5-35.0）； $St=15.1$ （13.5-17.6）微米；交合刺（ sp ）= 29.8 （27-32）微米。

分散型3龄幼虫（ L_{III} ）（20条平均）： $L=713$ 微米； $\alpha=33.1$ ； $b=7.6$ ； $c=23.2$ ； $St=13.6$ 微米。

虫体的测量值仅仅是一个参考数据，不是分类、鉴定的唯一依据。由于人为测量上的误差加之线虫个体之间的差异，因此测量线虫要有一定的个体数，测量少数几条线虫的数据往往不能说明问题。

各地区之间松材线虫的个体大小也有一定的差异。美国、日本、中国南京地区的松材线虫虫体测计数据比较如表（1）（见14页）。

（四）松材线虫和拟松材线虫的区别

松材线虫和拟松材线虫同属伞滑刃属，不仅形态上很相似，而且它们都可以在松树上分离到，因此在鉴定过程中容易混淆。

松树线虫和拟松线虫在形态上的主要区别是：

拟松材线虫雌尾和幼虫尾部都呈园锥形，尾端指状，有明显的尾尖突，所有虫体无一例外。雌成虫尾尖突长度为3.81—5.72微米；幼虫尾尖突长度为2.54—3.81微米。

松材线虫雌成虫的尾形有两种。一种尾端呈亚园筒状，尾端宽园，无尾尖突；另一种尾端指状，有短的尾尖突，尾尖突平均长度为1.25微米，最长不超过2微米。将有尾尖突的和无尾尖突的分开纯培养，结果仍是混生两种尾端形态的雌虫群体（程瑚瑞，1986）。松材线虫的幼虫尾端呈钝园形（无尾尖突）、或具有很短的尾尖突（小于1微米）。如表（2）：

松材线虫和拟松材线虫的区别还表现在致病性方面。松材线虫的致病力特强，而拟松材线虫的致病力很弱。在自然条件下，拟松材线虫一般在被其它害虫为害枯死或濒死的松树中分离到，而松材线虫一般在暴死的松树中分离到。

与松材线虫形态相近的还有一个种，即1980年Korentchenko在苏联报道的*Bursaphelenchus kolymensis*新种。它是一种落叶松害虫—小黑松天牛*Monochamus sutor*的寄生线虫，也具有阴门盖和交合刺远端膨大等特征，它的雌成虫尾形与松材线虫不同，

表 (1) 美国、日本、中国南京的松材线虫虫体测计数据比较

测计数目	测计数据	材料来源		
		南 京	美国长岛	日 本
<i>L</i>	体长 (微米)	雌虫 (20条) 1140 (960—1310)	雌虫 (13条) 1029.6 (741—1235)	雌虫 (40条) 810 (710—1010)
<i>a</i>	体长/最大体宽	39.4 (32—52)	43 (34—48)	40 (33—46)
<i>b</i>	体长/头端至食道和肠连接处之长	11.1 (9.6—12.0)	11.1 (9.8—12.6)	10.3 (9.4—12.8)
<i>c</i>	体长/尾长	27.3 (23.6—31.5)	27.7 (19.6—34.5)	26.0 (23—32)
<i>v</i> (%)	头端至阴门的长度/体长×100	72.9 (70—82)	73.7 (71.6—75.7)	72.7 (67—78)
<i>st</i>	口针 (微米)	15.2 (13.5—16.2)	15.3 (13.5—16.2)	15.9 (14—18)
<i>L</i>	体长 (微米)	雄虫 (20条) 1070 (910—1190)	雄虫 (11条) 1021 (811—1188)	雄虫 (30条) 730 (590—820)
<i>a</i>	体长/最大体宽	47.6 (35—54.9)	40.8 (31.6—49.9)	42.3 (36—47)
<i>b</i>	体长/头端至食道和肠连接处之长	11.0 (9.2—15.0)	9.7 (8.6—11.5)	9.4 (7.6—11.3)
<i>c</i>	体长/尾长	31.3 (28.5—35.0)	33.9 (28.6—38.1)	26.4 (21—31)
<i>st</i>	口针 (微米)	15.1 (13.5—17.6)	15.1 (14.9—16.2)	14.9 (14—17)
<i>sp</i>	交合刺 (微米)	29.8 (27—32)	29.5 (27.0—32.4)	27.0 (25—30)

表 (2) 纯培养的拟松材线虫和松材线虫尾形及尾尖突比较

项 目	数 据	虫 种		雌 成 虫		幼 虫	
		松材线虫	拟松材线虫	松材线虫	拟松材线虫	松材线虫	拟松材线虫
镜检总虫数		100	21	100	21	100	21
尾端宽圆、无尾尖突虫数		47	0	50	0	50	0
尾端指状、有尾尖突虫数		53	21	50	21	50	21
有尾尖突百分率 (%)		53%	100%	50%	100%	50%	100%
尾尖突长度 (μ)		0.63—1.88	3.81—5.72	0.63—1.25	2.54—3.81	0.63—1.25	2.54—3.81