

林业 9 译丛

松树萎蔫病防治

杨宝君 高建富 等译



中国林业出版社

LINYE YICONG

林 业 译 丛 (9)

松树萎蔫病防治

杨宝君 高建富 等译

中国林业出版社

林业译丛(9)

松树萎蔫病防治

杨宝君 高建富 等译

中国林业出版社出版(北京西城区刘海胡同七号)
新华书店北京发行所发行 河北昌黎县印刷厂印刷

850×1168毫米32开本 7.375印张 169千字

1989年7月第一版 1989年7月第一次印刷

印数1—2,000册 定价:3.30元

ISBN 7-5038-0165-4/S·0093

前 言

由松材线虫引起的松树萎蔫病是世界闻名的毁灭性病害之一，近年来在我国局部地区也有发生，已引起有关领导部门和科技工作者的关注。本译丛介绍了国外关于此病研究的各方面工作。其中包括：研究历史、病原线虫、媒介昆虫、致病机制、寄主的病理变化、外界环境和病害发展的关系以及防治策略与技术等方面。各方面均尽量选取了有代表性的论文及最新的研究成果。至于对一些问题的不同观点，本译丛也加以介绍。可使广大科研、教学和生产工作者对松树萎蔫病的历史和现状有全面的认识，以便从中吸取教益。

本译丛收集了到1985年为止日本和美国关于松树萎蔫病的文献24篇。由中国林科院杨宝君主编。其中英文文献14篇，由杨宝君等译；日文文献10篇，为福建省邵武市市委高建富翻译，由南京林业大学朱克恭做了校阅。有少数较好的文章在国内已有单独译文发表，本译丛没有收集。另外，由于译丛篇幅的限制，有些文章未能包括在内，有些只能摘译。

由于译者等能力所限，材料收集不够完备以及译文中错误之处，敬希读者指正。

序

松树是我国第一大树种。松树萎蔫病是为害松树的一种毁灭性病害，在我国已有发生。据日本报道，此病对松树为害极大，每年损失木材最高可达240万立方米，约相当于1000万株松树枯死，受害的面积为日本森林总面积的25%。因此，松树萎蔫病的问题已引起我国各级林业部门和科技工作者的关注。

在世界上，日本首先研究了松树萎蔫病，证明了这是一种由线虫引起的病害。继而，美国和加拿大也发现了这种病害。

早在1905年日本九州的长崎就有关于松树死亡的记载，所描述的症状与现在由松材线虫引起的萎蔫病完全一样，因此认为这种病害于1905年就已在日本发生。病害蔓延的速度非常快。1914年在大阪兵库县有零星发生，以后逐渐从西南往中部和北部扩展，二次大战期间病害已蔓延至本州中部。到目前，在日本的47个县中，除最北部的北海道、青森两县外，都发生了这种病害。主要受害的树种是黑松、赤松和琉球松。

在日本，长期以来一直认为松树的枯死是由昆虫引起的。直到1968年，集中了各方面的专家合作研究，才证明线虫是松树萎蔫病的病原。清原和德重首先在枯死的松树上发现了大量线虫，并于1970年做了接种试验。1971年真宫和清原确定了松树萎蔫病的病原为线虫，将其命名为松材线虫 *Bursaphelenchus lignicolus*。于1981年Nickle和真宫等人进一步研究了松材线虫，认为 *Bursaphelenchus lignicolus* 与 *Bursaphelenchus xylo-*

philus (Steiner and Buhren 1934) Nickle, 1970是同物异名。自此，国际上通用的松材线虫学名均用*Bursaphelenchus xylophilus*。

美国是在1979年发现松材线虫的，是一个在密苏里大学的日本访问学者Ouchi发现的。经Dropkin鉴定，确认为是松材线虫。经两年调查，发现美国35个州都有松材线虫发生。受害松树有欧洲赤松、黑松、南欧黑松等20多个树种，此外还有落叶松、白云杉、水松、黄杉、冷杉和雪松也受线虫侵染。其中受害最重的欧洲赤松，主要是用来做防风林和城市绿化树种，同时也用来做圣诞树，所以城市的松树和苗圃受害较重。Dropkin根据松材线虫在美国广泛分布、寄生在多种松树上以及有几种墨天牛可传播线虫三个方面推断，美国可能是松材线虫的原产地。

在加拿大松材线虫主要分布在和美国接壤的南部地方。

法国的G. de Guiran和Boulbria于1978年报道，在法国西南部海岸松病树中有四种线虫，其中包括松材线虫。但后经鉴定不是松材线虫，而是尖尾伞滑刃线虫*Bursaphelenchus mucronatus*。

鉴于松树萎蔫病为害的严重性，在短短的10多年中，各国科学家对它做了大量研究工作。到目前为止，这些研究工作大致可分为以下几个方面。

一、病原方面：继1970年清原和德重通过接种试验证明松材线虫引起松树萎蔫病之后，真宫对松材线虫在松树中的虫口密度和萎蔫病的关系做了很多有益的研究。他发现当病害的第一个症状树脂停止溢出时，松树体内线虫是很少的。随着线虫数量的增加针叶发黄，线虫数目很快达到最高水平，病情逐渐恶化。松树枯死后线虫数量逐渐减少。

到目前为止，对于日本的松树萎蔫病是由松材线虫引起的这

一论点虽然已被大多数人接受，但在日本国内还存在另一种观点，认为松树萎蔫病是由某些真菌引起的。这种观点以诸冈信久、辰野高司等人为代表。他们根据在枯死松树的木质部内有蓝变菌的繁殖及松材线虫是食真菌的两个现象而认为松树体内线虫增殖前应有真菌的增殖。他们对20个县300个点的枯萎松树进行了调查、采样，从这些样本中分离真菌并进行鉴定，结果得到18属30种真菌。其中赤松拟茎点霉(*Phomopsis densiflora* n. sp.)是个新种，接到松树上后，松树枯死，其症状和自然界中发生的枯死症状是一样的。他们还证明该菌的一种代谢产物可杀死赤松的细胞，并将这种物质命名为松树萎蔫素(Pinowiltin)。

二、松材线虫的致萎蔫机制：真宫靖治认为松树之所以萎蔫是由于线虫引起了薄壁细胞死亡，最后形成层受害，水分的输导受到干扰；Odani等证明接种松材线虫后，在松树体内树脂渗到导管中阻止了水分输导，继之而来的是薄壁组织死亡、树液流失常、最后形成层受害。他认为线虫的纤维素酶在病害早期起关键作用。这两种观点是比较一致的。Oku(日本)和Bolla(美国)等人认为松树之所以萎蔫是由于毒素所致。松材线虫侵入松树体后，松树的正常新陈代谢被扰乱了，一些树体内的正常物质经过氧化或还原而形成对松树有毒的物质。Oku认为有毒的成分主要是苯甲酸(benzoic acid)和8羟基香芹酮(8-hydroxycarvotanacetone)。但Bolla等人的试验结果是：10羟基马鞭烯酮(10-hydroxyverbenone)和香芹酮水合物(Carvone hydrate)在松树萎蔫过程中起了主要作用。

三、松材线虫侵染造成的松树组织病变：在这方面真宫靖治做了很多工作。他详细观察了松材线虫在松树体内的移动及松树组织的病理反应，尤其是树脂道及放射细胞。

四、松树萎蔫病的发生和环境的联系，尤其是雨量和温度：

铃木关于水份逆境对松树萎蔫病的影响的研究是这方面较为突出的工作。

五、关于对松材线虫媒介昆虫的研究：自从1971年明确了日本松材线虫的主要媒介是松天牛（森本等）以后，这方面的研究越来越多。因为线虫仅能依靠媒介昆虫传播，因此摸清天牛的习惯性对防治工作是有重要意义的。在美国主要的媒介昆虫是卡罗莱纳墨天牛。值得一提的是池田等人的工作，他们认为松天牛对线虫有吸引力，松属植物对天牛取食有刺激作用，而松天牛和其它墨天牛喜欢向生理上衰弱的树或刚死的树聚集并于其上产卵。

六、关于松树萎蔫病的防治策略和方法的研究：小林(1984)对松树萎蔫病的防治策略做了简单扼要的论述，并对现行的各种防治办法进行了评价。在日本以往大多采用处理死树（包括砍、烧死树，或用死树做纸浆等）和化学防治天牛为主。后开始了抗病品种的培育工作，如开始用赤松（或黑松）和火炬松杂交（藤本等，1981）。近几年来又开展了注射或土壤施用内吸性杀线虫剂（高濂等，1982）、用松材线虫的弱株系接种松树诱发其对致病线虫株系的抗性（清原，1984）、松天牛的病原微生物（岛津和片桐，1981）等方面的研究。

从本译丛所收集的资料中不难看出，虽然国外对松树萎蔫病的研究已经取得不少进展，但毕竟仅有20年左右的历史，许多问题尚需进一步研究试验。

在我国，李广武等人于1983年7月报道了在浙江、山东、江苏等地的马尾松、黑松等枯死树木上有大量线虫。同年12月程瑚瑞等报道在南京黑松上发现松材线虫，并做了致病性测定。1984年林业部组织了《松树萎蔫病的研究》攻关课题。杨宝君于1985年对11个省市的松树枯死现象做了调查，并分离鉴定了其中的线虫种类，结果仅从南京的死松树中分离到松材线虫，而其他地区

多为尖尾伞滑刃线虫。1985年王玉燃等对南京地区松树萎蔫病发病规律做了初步调查。攻关课题的有关单位现正就尖尾伞滑刃线虫的致病性、松树品种对松材线虫的抗病性及综合防治技术进行研究。

据目前已知，松材线虫尚分布在我国局部地区，而我国大多数松树品种是不抗松材线虫的。感病松树品种的种植面积约占松林总面积的1/4。因此，迅速查清松材线虫在我国的分布，准确地划分疫区和保护区，采取积极措施防止松树萎蔫病蔓延，尽可能把该病控制在一个小范围内，实为当务之急。如任其扩展，必将重蹈日本的覆辙，后果不堪设想。为促进我国对松树萎蔫病的防治和研究工作，借鉴日、美等国的经验和教训，我们编译了这本译丛。希望能对我国的松树萎蔫病的研究和防治工作有所裨益。

杨 宝 君

目 录

前言

序..... (1)

松树萎蔫病的病原——松材线虫 (*Bursaphelenchus lignicolus* Mamiya and Kiyohara)..... (1)

松材线虫病的周缘——根系真菌、材中真菌..... (19)

从松树木质部内得到的新种,松材线虫 *Bursaphelenchus lignicolus* n.sp. (Nematoda: Aphelenchoididae) 的描述及受线虫侵染松树的组织病理学..... (39)

松材线虫 [*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Bühren, 1934) Nickle, 1970] 的分类学和形态学研究..... (45)

在松材线虫引起松树萎蔫过程中产生的植物毒素..... (50)

用伞滑刃线虫 *Bursaphelenchus* sp. 对松树活立木的接种试验..... (57)

侵入的松材线虫个体数与松苗发病的关系..... (71)

松材线虫的发育和生活史..... (76)

感染初期松树体内松材线虫的动态..... (87)

松树体内松材线虫的群体消长..... (91)

松材线虫口嘴增长和松树萎蔫病发展的关系..... (98)

松天牛 *Monochamus alternatus* 和松材线虫及寄主树木之间的化学生态学..... (105)

松天牛的作用——传播松材线虫.....	(112)
松树萎蔫病和松材线虫：病害发展的组织病理学.....	(123)
水分逆境对由松材线虫引起的松树萎蔫病发展的综合影响	(130)
接种松材线虫后，赤松苗蒸腾量的变化.....	(143)
松树萎蔫病的防治策略.....	(151)
松材线虫的防治法.....	(158)
内吸性药剂对松材线虫的防治效果和药剂的吸收、移行及 分布.....	(171)
松树对松材线虫引起的松树萎蔫病的抗性.....	(184)
日本抗松材线虫育种的第一年结果.....	(194)
预先用松材线虫的无毒分离物接种诱发对松树萎蔫病的 抗性.....	(198)
松天牛的病原和利用它们进行防治的可能性.....	(208)
来自松材中的一个新种——尖尾伞滑刃线虫 <i>Bursaphelen- chus mucronatus</i> n.sp.(Nematoda: Aphelenchoidi- dae)及其生物学和对松树的致病性.....	(215)

松树萎蔫病的病原—松材线虫

(*Bursaphelenchus lignicolus* Mamiya and
Kiyohara)

真 宫 靖 治

松材线虫在日本的分布

调查表明松材线虫广泛分布于日本西南部到中部（图1）。同时还证明了松材线虫的分布与松树萎蔫病的发生有高度的相关性。

在整个九州，低海拔沿海地区和九州沿海岸线的岛屿上都发现有松材线虫，在海拔800米以上的山区，没有发现松材线虫。松材线虫严重为害松树导致萎蔫病发生，并且在沿海地区逐渐扩展，但是在山区就很少发现病树。在四国，所有岛屿周围的沿海地区都有松材线虫的分布。在本州松材线虫沿着太平洋海岸扩散，同时也发现零星分布于日本海的沿海地区。在本州西部关西和中国地方（Chugoku），病害严重发生的松林中也发现松材线虫。松材线虫的分布只局限于关东地区西部，表明千叶和茨城地区之间有明显的界限。在此限的东部区域即本州的东北部，没有观察到病害发生。松材线虫在水户的例外发生，同时伴有松树的严重受害，说明了线虫传播和病害分布密切相关的特点。关于松材线虫的地理分布正在进一步的观察。似乎可以肯定，在病害引起松树毁坏或死亡的任何地方都有松材线虫的分布。

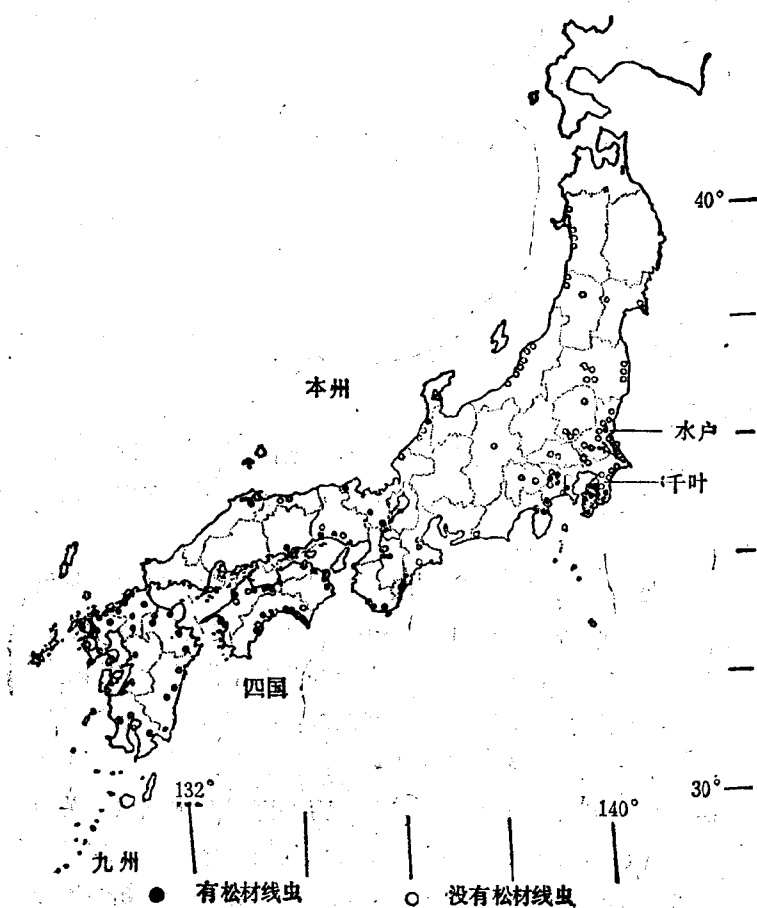


图 1 松材线虫的分布

用松材线虫接种松树

清原和德重根据接种的结果首先指出，松材线虫严重为害日本赤松 (*Pinus densiflora*) 和黑松 (*P. thunbergii*)。将线虫悬浮液注入健康树干和枝上所打的孔中，产生了与自然感病的树木相似的症状。

1970年，在本州熊本县的几个日本赤松和黑松林中进行了试验。接种时把线虫的水悬浮液注入健康的树干和枝上所打的孔中。从病树木材中分离的松材线虫培养在多毛孢 (*Pestalotia* sp.) 上。提取后制备线虫接种物，每毫升水中含5000条线虫。在干基部区打三个孔，每个孔的直径为12毫米，深度4—6厘米直到中心。在树枝上接种时，选3个分枝，在离干20厘米处砍去枝梢，然后在每个枝的横切面上钻3厘米深的孔。随后接入线虫，每孔中2毫升而每株树的线虫总数为3万条，孔用聚苯乙烯泡沫塞住。为了鉴别内部症状的发展，接种后每隔一个月测量树脂产生量，方法与前面叙述的相同。当树木的树脂量明显减少时，虽然这些树木仍然表现健康，但也被认为是衰弱木。

在平均高度为9米的16年生到24年生的赤松干中注入线虫水悬浮液接种已经成功(表1)。接种树上产生的症状特点是萎蔫，与自然感染的松树表现的症状相同。7月下旬即接种后一个月，虽然观察不到外部症状，但是所有接种树的树脂流出量减少是明显的。8月份即接种后两个月，在20株接种树中，有6株针叶变为棕色，而10株树外部症状为针叶变黄和萎蔫。接种后三个月，所有的接种树都死亡。在这些死树中发现有松材线虫。在平均高度为8.5米的14年生黑松的干、枝和根的伤口中也进行了接种(表2)。接种根时是把接种物注入地面下15厘米主根上所钻的

表 1 用松材线虫接种日本赤松^①

		20株试验树中健康、衰弱、死亡株数			
		6月27日	7月29日	8月22日	9月25日
接种处理	健康株数	20	0	0	0
	衰弱株数	0	20	14	0
	死亡数	0	0	6	20
未接种 (对照) ^②	健康株数	20	19	19	19
	衰弱株数	0	1	1	1
	死亡数	0	0	0	0

① 1970年7月20日接种。

② 接灭菌水。

(引自清原和德重)

表 2 在黑松的不同部位接种松材线虫^①

	试验株数	株 数					
		7月9日		8月3日		10月4日	
		衰弱	死亡	衰弱	死亡	衰弱	死亡
干部接种 ^②	20	0	0	20	0	2	18
未接种对照	5	0	0	0	0	0	0
枝条接种 ^②	10	0	0	9	0	4	6
未接种对照	5	0	0	0	0	0	0
根部接种 ^②	10	0	0	10	0	0	10
未接种对照	5	0	0	0	0	0	0
干部无伤口接种	10	0	0	0	0	1	0

① 1970年7月9日接种，

② 接灭菌水。

(引自清原和德重)

孔中，结果表明在松树任何部位的木材中接入松材线虫都会致病。同时也证实了当干上没有伤口时进行接种，因线虫不能穿透未受伤的组织所以不能致病。本文对接种时间对松树的影响也进行了试验。2—10月期间，在16年生到24年生的日本赤松干上每月进行接种（表3）。有一个很明显的趋势，早春接种时症状出现需要很长时间，而夏季接种时，很快表现症状并死亡。当9月27日和10月22日接种时，直到12月份仍然观察不到病树。第二年夏季，有些接种树表现衰弱并死亡（来自清原的私人资料）。在几种松树上接种松材线虫的结果表明，不同树种对松材线虫侵染的抗性不同（表4）。日本赤松、黑松和硫球松（*P. luchuensis*）对病害高度敏感，前两种松树在日本森林中是重要的针叶树。大多数国外松是抗病的。

为了进一步证实九州获得的关于松材线虫能引起松树萎蔫病的结果，在本州千叶县25年前采伐之后发育起来的日本赤松次生林内进行了试验。接种方法与清原和德重的方法相同。在平均高度为9.2米的日本赤松上接种松材线虫的水悬液，松材线虫是在灰葡萄孢上（*Botrytis cineria*）培养的，1971年5月和6月各接种一次。除了培养在真菌上的线虫外，从天牛（松天牛）体内发现的松材线虫休眠幼虫也用来做为水悬液接种物。为了研究木材中线虫种群动态，还接种了60株树。接种后几乎每个月都要随机选树、伐倒取样，样品要包括健康的、衰弱的和死亡的树木，每次取样均在地上部的干部距地0, 2, 4, 6, 8米处取4—5个心材样品，同时在枝条和侧根上也要取样。

用松材线虫的培养物或者休眠幼虫接种干和侧枝，引起的树木死亡率很高（表5和表6）。7月份接种比在5月份接种病害症状发展快（图2）。与清原和德重非常一致的结果表明，在夏季病害处于最好的发展阶段。7月中旬可观察到松天牛在外部未表

表 3 每个月在日本赤松上接种松材线虫

接 种 日 期	接种 株数	树木株数											
		2月15日		4月30日		6月27日		8月22日		10月22日		12月20日	
		W	D	W	D	W	D	W	D	W	D	W	D
2月15日	10	0	0	0	0	1	0	4	0	1	6	①	5
3月27日	10			1	0	2	0	5	3	1	7	①	7
4月30日	10			0	0	4	0	5	5	0	10	0	10
5月28日	10					8	0	4	5	2	7	①	8
6月27日	10					0	0	4	6	0	10	0	10
7月29日	10							10	0	1	9	0	10
8月22日	10							0	0	4	6	0	10
9月27日	10									5	0	①	0
10月22日	10									0	0	①	0

① 没有检查 W.衰弱 D.死亡

(引自清原和德重)

表 4 几种松树和一些针叶属的树对松材线虫的感病性

接种的针叶树种	接种株数	最终死亡株数
火炬松 (<i>P. taeda</i>)	5	0
加勒比松 (<i>P. caribaea</i>)	5	2
北美油松 (<i>P. rigida</i>)	5	2
短叶松 (<i>P. banksiana</i>)	5	0
美国五针松 (<i>P. strobus</i>)	5	0
疏球松 (<i>P. luchuensis</i>)	5	5
黑 松 (<i>P. thunbergii</i>)	3	3
日本赤松 (<i>P. densiflora</i>)	5	5
刺 针 松 (<i>P. pungens</i>)	5	0
柳 杉 (<i>Cryptomeria japonica</i>)	5	0
日本扁柏 (<i>Chamaecyparis obtusa</i>)	5	0

1970年8月14日接种

(清原和德重)