

松树对松材线虫抗性的研究*

杨宝君 胡凯基 王秋丽 孙玉林 吴政民 汪企明

摘要 通过23种松树、5种松树的105个种源及13种非松属树木对松材线虫 *Bursaphelenchus xylophilus* 的抗性研究,结果表明:供试松树的抗性差异很大,火炬松、班克松、刚松均未感病。马尾松1年生幼苗感病,2、4年生幼苗及10年生幼树抗病。湿地松3年生幼苗感病,10年生幼树未感病。美国五针松在不同地方的抗病性差异很大。其它17种均不同程度地感病。华山松21个种源均严重感病,油松21个种源均感病。马尾松、火炬松及湿地松的供试种源均未感病。除雪松外,其它12种非松属树木均感病。环境条件影响松树的抗性。低温不利病害发展。不同来源的松材线虫对同种松树的致病力不同,地理位置不同的线虫致病性差异要大于地理位置相同、寄主不同的松材线虫。接种量和松树枯死率呈正相关。

关键词 松材线虫、松树、种源、抗性

松材线虫 [*Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle] 是松树松材线虫病的重要病原。自1982年在南京中山陵发现此病后,10 a 间已扩展至南京、镇江两市的12个县区,安徽、浙江、山东、广东、台湾和香港也有发生。对我国松林是个严重威胁。此病防治难度很大,因此选育抗病松树就更为重要。国内外对松树抗松材线虫的特性已进行了不少研究^[1~6],但对某些松树抗性的报道不太一致。因此,作者于1985~1991年研究了松树对松材线虫的抗性,以便在病区造林时选择适宜的树种,从而达到防治松材线虫病的目的。

1 材料与方法

1.1 松材线虫来源

从不同地方或同一地方不同种松树上采到线虫株系5个:①南京,寄主为黑松 (*Pinus thunbergii* Parl.), 简称南黑;②南京,寄主为马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.), 简称南马;③南京,寄主为火炬松 (*Pinus taeda* L.), 简称南火;④日本茨城,寄主为黑松,简称S6;⑤加拿大不列颠哥伦比亚省的针叶树木削片,简称B×BC。这些线虫均分别用裂褶菌 (*Schizophyllum* sp.) 或多毛孢 (*Pestalotia* sp.) 培养。

1.2 供试松树及非松属树木

供试的松树有黑松、马尾松、火炬松、华山松 (*Pinus armandi* Franch.)、刚松 (*P. rigida*

1992-03-08收稿。

杨宝君研究员,胡凯基,王秋丽(中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091);孙玉林,吴政民(江苏省南京市老山林场);汪企明(江苏省林业科学研究所)。

* 本研究属林业部重点课题“松树萎蔫病的研究”、国家科委重点课题“松材线虫病的研究”。广东省林业科学研究所张连芹、宋士涵、黄焕华先生、江苏省农林厅葛明宏站长对此项工作提供了帮助,江苏省林业科学研究所吴礼才同志参加了部分工作,特此致谢。

Mill.)、湿地松(*P. elliotii* Engelm.)、华南五针松(*P. kwangtungensis* Chun et Tsiang)、黄山松(*P. taiwanensis* Hayata)、云南松(*P. yunnanensis* Franch.)、粤松(*P. fenzeliana* Hand. Maz.)、白皮松(*P. bungeana* Zucc.)、红松(*P. koraiensis* Sieb. et Zucc.)、赤松(*P. densiflora* Sieb. et Zucc.)、樟子松(*P. sylvestris* var. *mongolica* Litv.)、乔松(*P. griffithii* McClell.)、班克松(*P. banksiana* Lamb.)、油松(*P. tabulaeformis* Carr.)、欧洲赤松(*P. sylvestris* L.)、美国五针松(*P. strobus* L.)、山地松(*P. contorta* Dougl. ex Loud.)、树脂松(*P. resinosa* Ait.)、山白松(*P. monticola* Dougl.)和美国黄松(*P. ponderosa* Dougl. ex Laws.)。

供试的非松属树木有雪松[*Cedrus deodara* (Roxb.) Loud]、胶枞[*Abies baesomea* (L.) Mill.]、太平洋银枞[*A. amabilis* (Dougl. ex Loud.) Forb.]、巨冷杉[*A. grandis* (Dougl. ex D. Don)]、花旗松[*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco]、黑铁杉[*Tsuga mertensiana* (Bong.) Carr.]、西方落叶松[*Larix occidentalis* Nutt.]、美洲落叶松[*L. laricina* (Du Roi) K. Koch]、北美山地云杉[*Picea engelmannii* (Parry) Engelm.]、白云杉[*P. glauca* (Moench) Voss.]、黑云杉[*P. mariana* (Mill.) B. S. P.]、美国红果云杉(*P. rubens* Sarg.)、和北美云杉(*P. sitchensis* Carr.)。

1.3 接种及观察方法

6年生以下的每木用皮接法,接种线虫量为每株1500~2000条。6年生以上的幼树用枝接法,接种量为每株3500~4000条。湖南洪江和青岛的试验每株7000~8000条。对照是培养菌的浸泡液接种。接种后2a内观察松苗的枯死情况。松苗枯死后将苗洗净、剪碎,用贝尔曼漏斗法分离线虫,鉴定并记数。

2 结果与分析

2.1 不同种松树的抗病性差异

结果表明(表1)不同种松树抗病性差异很大。但无明显规律。单维管束松亚属[*Strobus* (Sweet) Rehd.]和双维管束松亚属(*Pinus* L.)中均有抗病种和感病种。火炬松、班克松、刚松、马尾松均很抗病。有些种在不同地方其抗病性不同,如华山松在北京的感病枯死率为100%、在青岛为46%,樟子松在北京为96%、在青岛为8%,美国五针松在维多利亚为46%,而在北京不发病。即使是相当感病的黑松在各地表现也不同。接种条件和时间基本相同,由此看出环境条件对松树的抗病性影响很大。

据国外报道雪松也可感病^[6],但在我国南京人工接种试验中表现了高抗。在自然界也未发现其感病。但应密切注视其抗病性的变化,并选择适宜的栽植条件。

2.2 松树的不同种源对松材线虫抗性的差异

马尾松22个种源来自陕西、河南、安徽、江苏、浙江、贵州、江西、四川、湖南、湖北、福建、广东和广西13个省(区)。每个种源接种10株10年生幼树,接种用的线虫5株用“南黑”、5株用“南马”。结果均未发病。

火炬松20个种源来自美国维吉尼亚、北卡罗莱纳、南卡罗莱纳、佐治亚、佛罗里达、阿拉巴马、密西西比、路易斯安那、德克萨斯九州。每个种源接种10株10年生幼树,供试线虫

表 1 松树对松材线虫的抗性差异

组别	树 种	苗 龄 (a)	死亡率 (%)	接种数 (株)	死亡数 (株)	组别	树 种	苗 龄 (a)	死亡率 (%)	接种数 (株)	死亡数 (株)
湖 南 洪 江	华 山 松	3	50	20	10	北 京	华 山 松	6	100	30	30
	华 南 五 针 松	3	50	20	10		樟 子 松	4	96	24	23
	湿 地 松	3	40	30	12		油 松	4	67	30	20
	黄 山 松	2	23	10	3		欧 洲 赤 松	6	58	24	14
	云 南 松	4	20	20	4		白 皮 松	6	89	18	16
	粤 松	4	10	20	2		美 国 五 针 松	6	0	8	0
	火 炬 松	3	0	30	0		美 国 五 针 松 ^①	6	0	8	0
	马 尾 松	4	0	60	0		黑 松	7	80	10	8
山 东 青 岛	黑 松	4	30	30	9	江 苏 南 京	湿 地 松	10	0	100	0
	白 皮 松	4	100	11	11		火 炬 松	10	0	100	0
	云 南 松	4	80	11	9		马 尾 松	10	0	100	0
	东 北 红 松	4	36	11	4		马 尾 松	4	5	20	1
	华 山 松	4	46	11	5		刚 松	10	0	10	0
	黄 山 松	3	19	26	5		雪 松	10	0	20	0
	赤 松	4	50	2	1		黑 松	10	100	10	10
	樟 子 松	4	8	38	3		加 ^① 拿 大 维 多 利 亚	山 地 松	4	33	24
乔 松	3	17	6	1	树 脂 松	4		67	24	16	
班 克 松	3	0	23	0	美 国 五 针 松	4		46	24	11	
黑 松	3	39	41	16	山 白 松	4		50	24	12	
江 西	马 尾 松	2	0	15	0	美 国 黄 松		4	4	24	1

① 供试线虫为B×BC, 其余均为南黑。

为南黑。结果均未发病。

湿地松21个种源来自美国北卡罗莱纳、南卡罗莱纳、佐治亚、佛罗里达、密西西比、路易斯安那、德克萨斯、阿拉巴马八州及我国广东台山。每个种源10株、树龄10 a, 供试线虫为南黑。结果无一发病。

以上三组在接种时, 同时接10株同龄黑松。结果黑松全部发病。证明接种是有效的。

油松21个种源, 均为3年生容器苗, 华山松21个种源, 均为10年生幼树。供试线虫均为南黑, 结果见表2。

马尾松、湿地松、火炬松三种松树的不同种源均未发病, 其种源间抗病性无差异。华山松21个种源均严重感病, 差异不显著。油松21个种源均感病, 差异较显著。因此认为同一种松树种源间抗病性的差异不如种间差异显著。

2.3 不同来源松材线虫致病性的差异

不同来源的松材线虫(见表3)对同一种松树的致病性有差异。而来自不同地方的松材线虫的致病性差异比同一地方不同树种上松材线虫的致病性差异要显著。这可能是由于松材线虫在某地生活年代久了以后, 对各种条件(包括寄主、媒介昆虫、气候因素等环境条件)都逐渐适应了, 从而形成了它固有的特性。

2.4 接种量和松树发病的关系

结果表明(见表4), 接种量和松树的发病率呈正相关, 接种量大则发病率高, 但感病树种

表2 油松、华山松不同种源抗病性比较

油松种源		死亡率 (%)	接种数 (株)	死亡数 (株)	华山松种源		死亡率 (%)	接种数 (株)	死亡数 (株)
本溪	源	40	20	8	天水	95	20	19	
建昌	源	85	20	17	广元	100	12	12	
千山	源	65	20	13	清水	95	19	18	
北镇	源	70	20	14	陇县	100	19	19	
绥中	源	45	20	9	洋峪	100	15	15	
开平	源	45	20	9	涇源	92	13	12	
建平	源	65	20	13	栾川	100	25	25	
遵化	源	55	20	11	兴山	100	13	18	
迁西	源	80	20	16	康县	100	13	13	
平泉	源	75	20	15	大河	100	16	16	
抚宁	源	55	20	11	武都	100	13	13	
青龙	源	85	20	17	佛坪	96	23	22	
兴隆	源	65	20	13	西和	100	19	19	
隆化	源	70	20	14	巫山	100	5	5	
承德	源	70	20	14	通江	100	8	8	
宁城	源	60	20	12	万源	88	17	15	
甘肅	源	75	20	15	阳城	94	18	17	
寺耳	源	85	20	17	柞水	100	23	23	
油泉	源	70	20	14	宜春	100	18	18	
黄陵	源	75	20	15	镇安	100	9	9	
沁源	源	55	20	11	建始	100	3	3	
黑松 ^① 对照		100	20	20	黑松 ^② 对照	100	10	10	

① 3年生黑松；② 7年生黑松。

表3 不同来源松材线虫致病性比较

树种	苗龄 (a)	项目	供试线虫					对照
			南黑	南马	南火	S6	B×BC	
华山松	6	死亡率(%)	100	100	100	0	100	0
		接种数(株)	10	10	10	10	9	10
		死亡数(株)	10	10	10	0	9	0
樟子松	4	死亡率(%)	100	100	88	50	43	0
		接种数(株)	8	8	8	6	7	8
		死亡数(株)	8	8	7	3	3	0
油松	4	死亡率(%)	50	80	70	40	10	0
		接种数(株)	10	10	10	10	10	10
		死亡数(株)	5	8	7	4	1	0
欧洲赤松	6	死亡率(%)	50	50	75	20	13	0
		接种数(株)	8	8	8	5	8	10
		死亡数(株)	4	4	6	1	1	0
白皮松	6	死亡率(%)	67	100	100	50	0	0
		接种数(株)	6	8	4	6	7	8
		死亡数(株)	4	8	4	3	0	0

在接种量很低的情况下即可枯死, 所以正相关关系不明显。

表 4 接种量和松树发病的关系

树 种	苗 龄 (a)	项 目	线 虫 接 种 量 (条/株)									对 照
			10	50	100	200	400	1 000	2 000	10 000	20 000	
黑 松	3	死亡率(%)	30	30	70	80	—	100	100	100	100	0
		接种数(株)	10	10	10	15	—	10	20	10	10	20
		死亡数(株)	3	3	7	12	—	10	20	10	10	0
马尾松	1	死亡率(%)	—	—	10	—	10	—	56	50	—	0
		接种数(株)	—	—	10	—	10	—	25	10	—	25
		死亡数(株)	—	—	1	—	1	—	14	5	—	0
樟子松	3	死亡率(%)	—	—	—	100	—	—	100	—	100	0
		接种数(株)	—	—	—	15	—	—	15	—	10	20
		死亡数(株)	—	—	—	15	—	—	15	—	10	0

2.5 接种时间和松树发病的关系

1991年6月7日于北京接种6年生华山松27株, 接种量为每株2 000条线虫。同年9月23日再接种6年生的华山松苗, 接种量为每株10、50、100、1 000、2 000、10 000、40 000条线虫, 每个处理设6株, 共42株。接种后置于室外, 11月15日移入温室。两次供试线虫均为南黑。结果6月7日接种的27株苗经3个月后全部死亡, 经分离均含大量线虫。而9月23日接种的42株华山松经5个月后, 仅接种10 000条线虫的松苗有两株叶色稍变黄, 其它均生长良好。6月7日的气温为16~25℃, 9月23日的气温是14~25℃。两日的温度很相近。只是6月以后天气转暖, 而9月以后天气变凉。因此, 认为接种后的低温对松材线虫的繁殖不利。

2.6 12种非松属植物对松材线虫的抗性

结果表明(见表5), 这12种树木均可受松材线虫侵染。特别应引起注意的是两种落叶松严重感病。因此, 对我国种植面积很大的落叶松的感病性也应予以查清。

表 5 12种非松属树木对松材线虫的抗性

树 种	死 亡 率 (%)	接 种 数 (株)	死 亡 数 (株)
胶 枞	50	24	12
太 平 洋 银 枞	8	24	2
巨 冷 杉	8	24	2
花 旗 松	33	24	8
黑 铁 杉	4	24	1
西 方 落 叶 松	96	24	23
美 洲 落 叶 松	96	24	23
北 美 山 地 云 杉	21	24	5
白 云 杉	4	24	1
黑 云 杉	29	24	7
美 国 红 果 云 杉	54	24	13
北 美 云 杉	21	24	5

注: 供试线虫为 B×BC, 苗龄为 4~6 年生盆栽苗。

3 讨 论

(1) 现在国内外关于松树对松材线虫的抗性研究甚多。据真宫报道^[5], 白皮松、山地松、树脂松、油松均是抗病的, 美国黄松是感病的。这与本试验的结果不一致。其原因是: 首先, 每一种树木在长期生长过程中适应原产地环境条件, 如气候、土壤、海拔、生物区系等。如将该树种种植在与原产地生境差别很大之地, 其生长、发育等特性必受影响, 这可能是同一树种在不同地方抗病性不同的原因之一; 其次, 各地松材线虫的致病性有差异, 再有实验条件的差别对抗病性也有影响。如盆栽苗、容器苗的生长受外界环境影响大, 在高温干旱的条件下它们的抗病性会比大田中的苗木差。

(2) 马尾松是我国南方重要的造林树种, 自南京发生松材线虫病后, 对马尾松的抗病性有不同认识, 同时在自然界马尾松也感染了松材线虫病。因此, 对马尾松的抗病性进行深入研究是非常必要的。本项研究几组试验中的马尾松均未发病或极少发病, 仅在广东接种的1年生马尾松感病, 当接种量为每株2 000条和20 000条时感病率分别为56%和50%。据报道^[7]这可能是由于线虫对不同苗龄的植株致病作用不同。1~2年生幼苗组织幼嫩, 线虫取食薄壁细胞, 造成组织破坏而导致松苗死亡。而5~6年生幼树受线虫侵染后是水分通道机能障碍而导致缺水枯死。至于马尾松在自然界感病的原因推测有如下几点: 首先, 马尾松不抗松褐天牛(*Monochamus alternatus* Hope)。广东林科所未士涵等人^[8]曾比较了松褐天牛在6种松树枝条上的取食情况, 其中取食量最多的是马尾松。在天牛密度很高的松林中, 由于取食的天牛多, 所以马尾松上的线虫接种量相当大, 过大的接种量就克服了马尾松的抗性; 其次, 有些地区马尾松长势不好, 多种病虫同时危害, 削弱了马尾松的抗病性。如1990年7月在广东深圳沙头角林场随机调查了100株枯死或濒死马尾松, 其中受松突圆蚧危害88株, 受松褐天牛危害84株, 而松材内有松材线虫的仅49株。再有, 有些地区有马尾松和黑松的杂交后代存在, 有些易受松材线虫的危害。1990年10月于南京中山陵采集马尾松针叶, 50株健株中有2株、43株濒死株中有4株具中生树脂道。当然这不是马尾松感病的主要原因。还有, 松材线虫致病性变化也是可能的。

(3) 在自然界, 松树或松科其它属树木抗松材线虫的特性受多种因素的影响。所以在选择造林树种时, 一定要选择适合当地环境条件的树种进行造林。人工接种的试验结果可供参考, 但它受地点、条件、材料的限制, 与自然状况不尽相同。所以在选择本地适宜树种时, 应进行一定的抗病性鉴定。同时, 还应了解所需树种抗松褐天牛的特性。为预防抗病品种抗病性的丧失及线虫的致病性发生变化, 应尽量避免将抗病品种和感病品种混杂种植。

参 考 文 献

- 1 杨宝君, 王秋丽, 邹卫东, 等. 不同松树品种对松材线虫的抗性. 植物病理学报, 1987, 17(4), 211~214.
- 2 Futai K, Furuno T. The variety of resistances among pine species to pine wood nematode, *Bursaphelenchus lignicolus*, Bull. Kyoto Univ. For., 1979, 51, 23~36.
- 3 Dwinell L D. Relative susceptibilities of five pine species to three populations of the pine wood nematode. Plant Disease, 1985, 69(5), 440~442.
- 4 Kiyohara T, Tokushige Y. Inoculation experiments of a nematode, *Bursaphelenchus* sp., onto pine trees. J. Jpn. For. Soc., 1971, 53, 210~218.
- 5 Mamiya Y. Pathology of the pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus*. Ann. Rev. Phytopath., 1983, 21, 201~220.
- 6 Tamura H, Dropkin V. Resistance of pine trees to pine wilt caused by the nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. J. Jpn. For. Soc., 1984, 66, 306~312.
- 7 Kuroda K. Mechanism of pine wilt following infection of *Bursaphelenchus xylophilus*. Forest Pests, 1990, 44(12), 539~542.
- 8 宋士涵, 张连芹, 黄焕华, 等. 松墨天牛生物学的初步研究. 林业科技通讯, 1991, (6), 9~13.

*Studies on the Resistance of Pine Trees to Pine Wood
Nematode, Bursaphelenchus xylophilus*

Yang Baojun Hu Kaiji Wang Qiuli Sun Yulin
Wu Zhengmin Wang Qiming

Abstract Resistance of 23 pine species and 105 provenances of 5 pine species and 13 tree species of Pinaceae other than *Pinus* to pine wood nematode were determined. The resistance of 23 pine species varied greatly. *Pinus taeda*, *P. banksiana*, *P. rigida* were not infected. The resistance of *P. massoniana* was relevant to the seedling age, one-yr old seedlings of the pine were infected, but two-yr, four-yr old seedlings and ten-yr old tree were resistant. The resistance of different provenances of one pine species usually were not significant. Almost all of the trees other than *Pinus* were diseased except *Cedrus deodara*. Environmental conditions influence the resistance of pine host obviously. Low temperature was not favourable for disease development. The pathogenicities of pine wood nematode populations from different locations and pine species to the same pine species were different, and the difference among the nematode populations from different locations was more remarkable than that among the populations from different pine species in the same location. Inoculum density and pine mortality assume positive correlation. Besides, the resistance of *Pinus massoniana* was discussed.

Key words pine wood nematode, pine species, population, resistance

Yang Baojun, Professor, Hu Kaiji, Wang Qiuli (The Research Institute of Forestry, CAF Beijing 100091), Sun Yulin, Wu Zhengmin (Laoshan Forest Centre of Nanjing City, Jiangsu Province), Wang Qiming (Forest Research Institute of Jiangsu Province).