

13年生马尾松 39个种源对松材线虫 抗性变异初步研究

汪企明 徐福元 葛明宏 王章荣 陈天华

(江苏省林业科学研究所, 南京 211153)

(南京林业大学)

摘要 1984年在南京近郊营造了马尾松不同种源以及其他松树试验林。1995年7月对该试验林(13年生)39个马尾松种源以及6种其他松树进行了松材线虫接种。线虫是从当地由于松材线虫病死亡的马尾松树材中提取的。每个种源或树种接种3株,共接135株树木。每株接线虫约5000条。马尾松不同种源和不同松树对松材线虫的抗性及感病进程变异很大。5个强抗性种源(广东高州、英德、信宜,广西忻城和湖北远安)抗性显著高于其他种源,也高于黑松和晚松,但低于高抗性的火炬松、湿地松、短叶松和刚松。马尾松不同种源对松材线虫的抗性变异模式具有随产地的纬度从南向北而不断减弱的趋势。

关键词 马尾松; 种源; 抗性(育种); 松材线虫

中图分类号 S763

马尾松(*Pinus massoniana*)是我国南方最重要的用材树种。松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*)是松树毁灭性的病害,能危害马尾松等30多种松树。杨宝君等在国内首先报道了不同松树对松材线虫的抗性变异,认为马尾松是抗性树种^[1]。以后杨宝君、汪企明等报道了10年生马尾松22个种源接种后无一感病,因而属于高抗性^[2-4]。周国梁等认为马尾松对松材线虫的抗性随树龄而变化,1~2年生为高感,25年生以上为中感,而10年生左右为高抗^[5]。古越隆信等、Kihachiro等研究认为马尾松为高抗,并把它与高感的黑松(*P. thunbergii*)杂交,获得了抗性较强的杂种“和华松”^[6,7]。本文是我们在1995年对南京近郊的13年生马尾松39个种源以及同龄6种不同松树即黑松、晚松(*P. serotina*)、湿地松(*P. elliotii*)、火炬松(*P. taeda*)、短叶松(*P. echinata*)和刚松(*P. rigida*)接种松材线虫后抗性变异的初步研究。

1 材料和方法

1.1 试验林概况

收稿日期: 1996-07-30

第1作者简介: 汪企明,男,1940年生,研究员

试验林位于南京近郊江宁县东善桥林场。31°51'N, 118°41'E 年均温 15.4℃, 年降水量 1 115.0 mm, 无霜期 224.9 d 土壤为酸性黄砂土, pH值 5.5 属松材线虫疫区。该试验林为马尾松种源及不同松树基因收集区。1983年容器育苗, 1984年造林, 1995年接种松材线虫时 13年生。马尾松种源平均树高 5.35 m, 胸径 14.41 cm, 已郁闭成林。选取代表马尾松全分布区 13个省(区)即桂、粤、闽、赣、鄂、湘、川、贵、苏、浙、皖、豫和陕的 39个种源进行接种, 每个种源接 3株。同时对周围 13年生的黑松、晚松、湿地松、火炬松、短叶松和刚松各 3株进行接种, 共接树 135株。

1.2 接种方法

所用线虫是在试验林附近松材线虫致死的马尾松和黑松木材内分离提取的。采用在主干下部切伤接种。每株树 1个伤口, 接虫约 5 000条。接种时间是 1995年 7月 12日。当时正值高温, 林间白天气温达 38~ 40℃, 因此采用傍晚林内温度约 30℃时进行。

1.3 感病进程观测方法及流脂病情分级

据 Kuroda等报道, 当松材线虫接到黑松枝上之后, 以每天 150 cm 快速向主干迁移, 在 35 d内主干形成层即严重坏死^[8]。我们在接种后 7 d即在主干下部打孔观察流脂的变化。流脂量分为 5级, 即 0级(流脂正常, 充足); 1, 2, 3级(流脂量多, 中, 少); 4级(基本无流脂)。17 d以后, 发现针叶开始褪绿, 变暗, 即开始观察病情。亦分为 5级, 即 0级(不感病, 针叶正常); 1, 2, 3级(病情轻, 1/3针叶褪绿发暗; 病情中等, 1/3~ 1/2针叶发暗变黄; 病情较重; 1/2~ 3/4针叶枯黄); 4级(病情严重, 3/4以上针叶枯黄, 濒死或死亡)。

1.4 抗性的判断及数据分析

先将病情级别按常规转换成感病指数, 然后采用抗性指数(即 1-感病指数)作为判定抗性强弱的指标。流脂量亦用相似的方法数量化并转换成流脂量指标。将抗性指数与种源的高径生长量和产地纬度, 经度, 年均温, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温, 绝对低温, 1月均温, 无霜期, 年降水和海拔高度等 9个因子进行相关分析, 了解种源抗性的地理趋势, 探索对马尾松种源进行抗松材线虫和生长量多因子选择的可能性。

2 结果和分析

2.1 马尾松种源及不同松树抗性指数的变异

从表 1可见, 接种 84 d后马尾松 39个种源中接种株全部死亡, 抗性指数为 0的高感性种源只有 1个(陕西城固)。但其他 38个种源亦全部感病, 其抗性指数变异很大(0.08~ 0.67)。可分为 3种类型, 即抗性强的种源(抗性指数 0.67, 比种源平均值 0.39大 69.45%)也较少, 只有 5个(广东高州、信宜、英德, 广西忻城和湖北远安); 抗性中等的种源(抗性指数 0.47~ 0.58)有 18个; 抗性低的种源(抗性指数 0.08~ 0.42)有 15个。黑松抗性最弱, 接种株全部死亡, 抗性指数为 0, 属高感性树种。晚松抗性指数为 0.18, 亦属高感性树种。火炬松、短叶松和刚松接种后无 1株感病, 抗性指数均为 1.00, 属高抗性树种。湿地松抗性指数为 0.83, 亦属高抗性。

2.2 马尾松种源及不同松树感病进程

从表 1可见, 接种 7 d后, 39个马尾松种源流脂量即开始大大降低。这是由于松材线虫的侵入并快速蔓延阻碍了树液流动, 是出现病症的先兆。不同马尾松种源流脂量指标为 0.17

表 1 39个马尾松种源和不同松树抗性指数、生长和地理位置

Table 1 Resistant index, growth and geographic location for 39 Masson pine provenances and 6 other pine species

树 种	种源产地	抗性指数 (84 d后)	流脂量指标 (7 d后)	树高 /m	胸径 /cm	种源产地 纬度 /°	地理位置 经度 /°
马 尾 松	陕西城固	0.00	0.25	3.70	9.02	33.32	107.50
	陕西南郑	0.08	0.25	4.46	9.07	32.60	107.15
	河南桐柏	0.17	0.50	4.76	9.55	32.22	115.88
	河南新县	0.08	0.33	4.77	9.63	31.70	115.10
	安徽霍山	0.17	0.25	4.20	8.22	31.70	116.30
	安徽太平	0.33	0.42	4.76	10.04	30.28	118.10
	安徽屯溪	0.58	0.33	4.56	9.93	29.27	118.28
	江苏江浦	0.50	0.50	4.83	8.60	32.08	118.67
	浙江镇海	0.17	0.67	4.97	9.82	29.90	121.70
	浙江仙居	0.50	0.58	4.74	9.77	28.67	120.72
	浙江庆元	0.25	0.75	5.15	11.50	27.82	118.90
	贵州德江	0.58	0.83	4.95	9.31	28.25	108.12
	贵州都匀	0.42	0.50	4.93	9.35	27.02	108.03
	江西乐平	0.33	0.25	5.53	11.22	29.01	117.20
	江西吉安	0.42	0.33	5.20	11.21	22.08	114.92
	江西崇义	0.25	0.25	5.60	11.03	25.70	114.30
	江西信丰	0.50	0.50	5.74	11.74	25.25	114.55
	湖南绥宁	0.33	0.25	5.39	10.31	26.58	109.90
	湖南资兴	0.50	0.17	5.76	11.96	25.45	113.20
湖南益阳	0.08	0.67	5.33	9.84	28.50	112.30	
湖北远安	0.67	0.50	5.36	9.63	31.07	111.40	
湖北通山	0.33	0.75	5.34	12.06	29.60	114.38	
福建邵武	0.50	0.50	5.62	11.56	27.80	117.67	
福建大田	0.50	0.33	6.09	10.92	25.70	117.80	
福建南靖	0.42	0.50	5.15	9.84	24.50	117.40	
福建安溪	0.50	0.25	5.75	10.67	25.20	118.30	
福建永安	0.50	0.75	5.37	10.44	26.05	117.40	
广东乳源	0.50	0.75	6.13	10.71	24.30	113.20	
广东蕉岭	0.47	0.50	5.60	10.40	24.30	116.02	
广东英德	0.67	0.83	6.01	10.88	24.17	113.40	
广东博罗	0.50	0.75	5.62	10.56	23.20	114.30	
广东信宜	0.67	0.83	6.16	11.38	22.35	110.93	
广东高州	0.67	0.67	6.21	11.10	21.90	110.35	
广西恭城	0.50	0.75	6.25	11.99	24.83	110.82	
广西圜城	0.67	0.75	6.18	11.26	24.05	108.63	
广西宁明	0.47	0.75	5.76	11.77	22.13	107.13	
广西横县	0.50	0.83	5.58	10.94	22.70	109.30	
四川古蔺	0.50	0.25	5.51	9.97	28.03	105.90	
四川酉阳	0.50	0.25	5.66	10.74	28.30	108.80	
黑 松		0.00	0.08	2.60	8.40		
晚 松		0.17	0.25	6.10	10.80		
火炬松		1.00	1.00	7.20	14.40		
湿地松		0.83	0.50	6.80	12.10		
短叶松		1.00	1.00	6.00	12.00		
刚 松		1.00	1.00	5.10	9.10		

~ 0.83 正常流脂量指标 (即对照, 不接种) 为 1.00, 无流脂为 0 黑松流脂量指标最小为 0.08, 晚松为 0.25, 湿地松为 0.50 火炬松、短叶松和刚松均为 1.00

从图 1 可见, 接种 14 d 后, 感病植株即出现症状, 针叶开始褪绿变暗。但感病进程在马尾松不同种源和不同树种间变异很大。黑松最快, 接种 14 d 感病指数为 0.52, 32 d 时 0.92, 45 d 时达到 1.00, 接种植株已全部死亡。其次是马尾松城固种源。然后是晚松, 马尾松抗性低的 15 个种源以及抗性中等的 18 个种源。抗性强的 5 个马尾松种源和湿地松相似。3 个高抗性树种火炬松、短叶松和刚松无 1 株感病, 感病指数自始至终为 0。

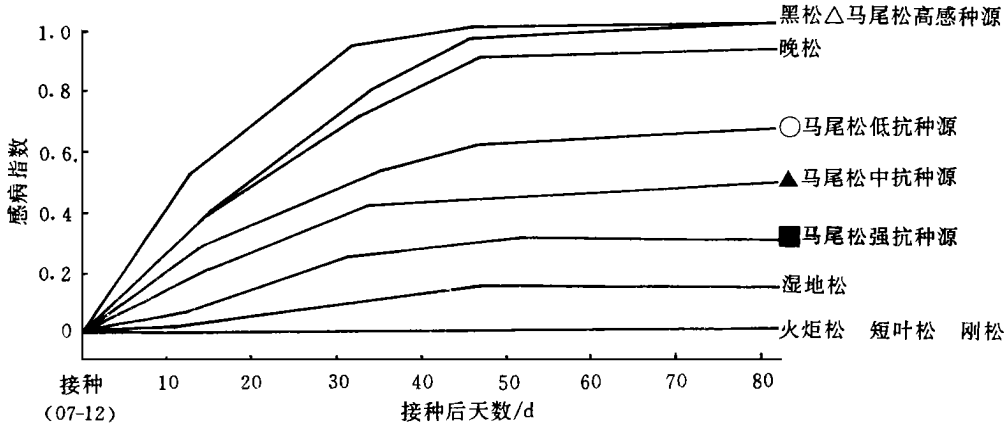


图 1 不同马尾松种源及不同松树感病进程

Fig. 1 The process of susceptibility of Masson pine provenances and 6 other pine species

2.3 马尾松种源抗性指数与高、径生长和产地地理气候因子的相关

从表 1 可见, 马尾松不同种源高、径生长变异很大。树高从 3.70 m (陕西城固) 到 6.25 m (广西恭城); 胸径从 8.22 cm (安徽霍山) 到 11.99 cm (广西恭城)。生长好的种源大部分抗性较强。从表 2 可见, 抗性指数与树高和胸径的相关系数分别为 0.592^{1*} 和 0.378⁹, 分别达到极显著和显著水平。因而, 在马尾松种源间进行抗松材线虫病和生长的综合选择是可行的。抗性指数与纬度 ($r = 0.3777^7$), 年均温 ($r = 0.5348^8$), 大于等于 10°C 积温 ($r = 0.5295^*$), 绝对低温 ($r = 0.5799^*$), 1 月均温 ($r = 0.4552^*$), 无霜期 ($r = 0.4716^*$), 年降水 ($r = 0.3111^1$) 均显著或极显著相关, 而与经度和海拔高度相关不显著。说明马尾松种源对松材线虫的抗性随着产地纬度从南至北, 水热条件由湿热到干冷而减弱。抗性强的种源主要分布在南带 (粤、桂省), 亦即速生种源区。这亦是我国近年来研究证实的马尾松种源生长量

表 2 39 个马尾松种源抗性指数与生长和地理气候因子相关系数

Table 2 The relationships between resistant index and growth, geographic and climatic factors in 39 Masson pine provenances

抗性指数	树高	胸径	纬度	经度	年均温	$\geq 10^\circ\text{C}$ 积温	绝对低温	1 月均温	无霜期	年降水	海拔高
0.592 ^{1*}	0.378 ⁹	-0.377 ⁷	-0.0680	0.534 ^{8*}	0.529 ^{5*}	0.519 ^{9*}	0.455 ^{2*}	0.471 ^{6*}	0.311 ^{1*}	-0.0789	

说明: 数字右上角* * 代表相关极显著 ($P = 0.01$), * 表示显著 ($P = 0.05$)

随着产地从湿热到干冷而下降的趋势^[4]。

3 讨论

3.1 通过对 13年生马尾松全分布区 39个种源和同龄黑松、晚松、湿地松、火炬松、短叶松和刚松的松材线虫接种试验,对马尾松不同种源抗松材线虫性有了进一步的认识。马尾松作为一个树种,其抗性强于黑松和晚松,但弱于高抗性的火炬松、短叶松、刚松和湿地松。

3.2 马尾松不同种源间抗性变异很大,从这次接种结果看,高感性有 1个种源(陕西城固,抗性指数为 0.00),其感病进程和黑松相似。有 15个种源属低抗性(抗性指数 0.08~ 0.47),其抗病性略高于黑松,相似于晚松。有 18个种源抗病性中等(抗性指数 0.50~ 0.58),抗病性略高于晚松。有 5个种源抗病性强(广东高州、信宜、英德、广西忻城和湖北远安,抗性指数 0.67),但仍然低于高抗性的火炬松、短叶松、刚松和湿地松。

3.3 马尾松种源对松材线虫抗性变异有明显的地理趋势。它与纬度显著负相关,与经度无关,是单一的南北向变异。同时,它与温度和降水因子显著或极显著正相关。随着产地从南至北,水热条件由湿热到干冷,抗性不断减弱。抗性弱的种源主要分布在南带。这个趋势与马尾松种源从西南至东北生长量下降的趋势基本一致。因此,对马尾松种源从抗松材线虫和生长量两个方面进行综合选择是可行的。

3.4 本次试验到现在尚只观测了 84 d。在今后一段时间内,马尾松不同种源病情还会有些变化。目前的病株有的还会死亡。但变异的总趋势不会有大的变化。今后的试验应增加接种株数,从抗性强的种源中选择高抗性单株,从种源群体和个体两个遗传层次对马尾松抗松材线虫和生长量同时进行改良。

参 考 文 献

- 1 杨宝君,王秋丽,邹卫东,等.不同松树对松材线虫的抗性.植物病理学报,1987,17(4): 211~ 214
- 2 杨宝君,胡凯基,王秋丽,等.松树对松材线虫抗性的研究.林业科学研究,1993,6(3): 249~ 255
- 3 汪企明,吴礼才,杨宝君,等.马尾松抗松材线虫病的验证及黑松感病进程.森林病史通讯,1992,(4): 4~ 6
- 4 汪企明.松树.南京:江苏科学技术出版社,1994. 234~ 236
- 5 周国良,程瑚瑞.马尾松感染松材线虫的研究.植物病理学报,1993,23(1): 81~ 83
- 6 Kihachiro O, Takano F, Susumu K, *et al.* Susceptibility of subtropical pine species and provenances to the pine wood nematodes. *J Jpn For Soc*, 1984, 66(11): 456~ 468
- 7 古越降信,佐佐木研.二叶松类的种间杂种とマツノザイセンチコウ抵抗性及び今後の研究の進め方.关东林木育种场年报,16号别刷
- 8 Kurode K, Ito S. Migration speed of pine nematodes and activities of other microbes during the development of pine-wilt disease in *Pinus thunbergii*. *J Jpn For Soc*, 1992, 74(5): 383~ 389

Wang Qiming (Forestry Research Institute of Jiangsu Province, Nanjing 211153, PRC), Xu Fuyuan, Ge Minghong, Wang Zhangrong, and Chen Tianhua. **A Preliminary Study on the Variation of Resistance in 39 Masson Pine Provenances to *Bursaphelenchus xylophilus***. *J Zhejiang For Coll*, 1997, **14** (1): 29~ 34

Abstract A plantation of Masson pine (*Pinus massoniana*) provenances and other pine species was planted in 1984 in the suburbs of Nanjing. Of the plantation 135 trees of 39 Masson pine provenances and 6 other pine species were inoculated with *Bursaphelenchus xylophilus* collected from the dead trees of Masson pine in July of 1995, inoculating about 5 000 per tree. The resistance and process of susceptibility in different Masson pine provenances and other pine species to the nematode had a great variance. Five Masson pine provenances from Gaozhou, Yingde and Xinyi of Guangdong, Xincheng of Guangxi, and Yuanan of Hubei had more resistance than other provenances, *Pinus thunbergii* and *P. serotina*, but less than *P. elliottii*, *P. taeda*, *P. echinata* and *P. rigida*. Masson pine resistance to the nematode was weakened along with provenance latitude from south to north.

Key words *Pinus massoniana*; provenance resistances (breeding); *Bursaphelenchus xylophilus*