

# 抗丛枝病泡桐表型单株选择及其育种技术

杨俊秀<sup>1</sup>,张刚龙<sup>1</sup>,王培新<sup>2</sup>,李有忠<sup>2</sup>,李文爱<sup>2</sup>,李莉<sup>2</sup>

(1 西北农林科技大学 林学院,陕西 杨凌 712100;2 陕西省森林病虫害防治检疫总站,陕西 西安 710082)

**[摘要]** 为了选育出对丛枝病具有高抗性的泡桐品种,以四旁绿化林、人工林、天然分布林以及品种园的 236 株泡桐为对象,筛选出抗丛枝病泡桐单株,对其叶毛类型进行观察,并根据叶毛特征对其子代进行苗期抗病性选择。结果表明,泡桐叶毛类型与其对丛枝病的抗性密切相关,具有稠密长柄树状毛、长柄叉状毛和长柄大腺细胞腺毛的植株对丛枝病有高抗性,其抗病原因是抗传媒介体昆虫。对选出的抗丛枝病单株,分别用其根和种子进行繁育试验。根繁试验结果表明,感丛枝病单株根繁育的苗木,第 6 年全部感染丛枝病,抗丛枝病单株繁育的苗木至今仍未发病;种子繁育试验结果表明,在苗期可根据抗丛枝病母树与子代苗期叶毛特征的相关性进行抗病性选择,且选择的准确性达 86% 以上。用该方法选择出的苗木可直接用来造林,同时也可采集抗丛枝病母树的部分根繁殖成无性系,不仅缩短了育种周期,而且还克服无性系育种技术导致的遗传基础越来越窄的缺点。

**[关键词]** 泡桐;丛枝病;抗病性;单株选择;育种技术

**[中图分类号]** S792.430.4

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2007)09-0090-07

## Single-trunk of a tree selecting for resistance to witches' broom disease of paulownia and breeding technique

YANG Jun-xiu<sup>1</sup>, ZHANG Gang-long<sup>1</sup>, WANG Pei-xin<sup>2</sup>,  
LI You-zhong<sup>2</sup>, LI Wen-ai<sup>2</sup>, LI Li<sup>2</sup>

(1 College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Shaanxi Station of Forest Disease and Pest Control and Quarantine, Xi'an, Shaanxi 710082, China)

**Abstract:** In order to select variety of paulownia against witches' broom disease, single-trunk of a tree of paulownia with resistance to disease had been selected with 236 trunk of paulownia tree in greening stand of the four sides and artificial stand and nature stand and variety garden as subjects types of trichomes according to the characteristic of trichomes on the leaves at seeding period. The result showed, the types on the leaf surface of the genus paulownia had close relation to witches' broom disease resistance. It was high resistant when the trichomes were dense dendroid with long stalk and forked trichomes and big glandular cell. The cause of disease resistance might be resistant against insect vectors. Root and seed with part of single-trunk of a tree resistance disease was tested. The result showed rootbreeding plants was infected with witches' broom disease in the sixth year, root of single-trunk of a tree with resistance disease breeding plants hitherto was not infected with witches' broom disease. Open pollinated seed had been bred, which were single-trunk of a tree with resistance, then resistance disease was selected in progenies by the seedlings' types of trichomes on leaf surface which are correlative with the seed trees' types of trichomes. The result showed this method had above 86% accuracy. Selected seedlings by using this method would be planted. Meantime clone would be bred with root of seed tree. This breeding technique not only would shorten

1 收稿日期] 2006-07-25

[基金项目] 陕西省科技攻关项目(96 K04-G1-06)

[作者简介] 杨俊秀(1936-),男,陕西乾县人,教授,主要从事森林病理学研究。

breed cycle but also was monoclonal paulownia culture characterized by a progressively decreasing genetic base which is primarily of exotic origin.

**Key words:** paulownia; witches' boom disease; resistance; single-trunk of tree selecting; technique breeding

泡桐 (*Paulownia*) 是我国主要的速生乡土树种之一,分布广泛,材质优良,深受群众喜爱。丛枝病是泡桐的重要病害,严重影响泡桐生长及其产业的发展。该病是由一种植原体 (Phytoplasma-MLO) 引起的。20 世纪 70~80 年代,国内对该病进行了大量的、多方面的研究,取得了很大成绩。金开镛等<sup>[1-2]</sup>对泡桐丛枝病原、传播途径及该病的传毒昆虫进行了研究;朱本明<sup>[3-4]</sup>研究了我国植物类菌质体病害及防治技术,并认为一些蚜虫也可以传播植物类菌质体病害;杨俊秀等<sup>[5]</sup>应用同位素<sup>32</sup>P 和<sup>86</sup>Rb 示踪技术研究了泡桐丛枝病病枝叶对土壤中磷钾的吸收规律;王蕤等<sup>[6]</sup>研究了激素对泡桐丛枝病发生的影响;杨俊秀等<sup>[7]</sup>分析了对丛枝病具有不同抗性的几个泡桐无性系化学成分的酶谱;张锡金等<sup>[8]</sup>采用温度处理与茎尖培养相结合的方法,脱除泡桐丛枝病的 MLO;熊耀国等<sup>[9]</sup>选育出了抗泡桐丛枝病优良无性系 C161;Yuan 等<sup>[10]</sup>在第 5 届植原体国际学术会议的报告中,对我国关于树木植原体病害的研究做了总结性发言;Hu<sup>[11]</sup>在其泡桐属专著中,将泡桐属划分为 6 个种,并对各种的形态特征特别是叶毛类型做了比较详细的描述;郑万钧<sup>[12]</sup>在其主编的《中国树木志》中,对泡桐属 7 个种的叶毛形态也进行了描述;裘维蕃<sup>[13]</sup>认为,植物对病毒的抗病类型有 7 种,其中第 7 种是对传毒介体的抗性,对传毒介体的抗性可使植物逃避病毒的感染;Nelson<sup>[14]</sup>认为,植物有一种抗病性,称之为避虫媒 (Klenducity),因为这种植物是虫媒不喜欢的寄主,从而使其逃避了病害的危害,避病的原因可归因于寄主在形态上等的某些特征所致;Lanly<sup>[15]</sup>认为,一般情况下,植物病害损失的危险是由于育种技术的使用引起的,其中危险性最大的是无性系育种技术;李传道<sup>[16]</sup>认为,林木抗病性改良的途径之一是进行抗病表型单株的选择。

国内在林木育种中普遍采用了无性系的育种方法,特别是对杨树和泡桐的育种,虽然取得了很大成绩,但是一味地把培育和推广无性系作为主要形式,会使品种单一化,长期下去,必然会造成遗传基础过窄,使树种基因资源迅速减少,从而降低对不良环境的适应能力和对病虫害的抗性,这是目前国内外育

种专家的共识<sup>[15,17]</sup>。

我国虽然对泡桐丛枝病的研究做了大量工作,取得了不少成果,但是该病目前仍然未得到有效控制。本研究以四旁绿化林、人工林、天然分布林以及品种园的泡桐为对象,从中选出抗丛枝病泡桐单株,并对抗病机制进行了分析,同时采用无性繁育和有性繁育相结合的方法,进行了育种试验,以期筛选出抗丛枝病的泡桐品种提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 供试泡桐 以四旁绿化林、人工林、天然分布林以及品种园的泡桐为对象进行选择。选择地点有陕西周至县、武功县、杨凌示范区以及贵州省毕节县等。选择样地约 32 个,采样观察样树 236 株。

1.1.2 育种材料 以已选出的抗丛枝病泡桐单株的根和自然授粉的种子为材料,进行育种试验。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 抗丛枝病泡桐表型单株选择的要求和标准

在丛枝病发生严重的泡桐林中进行选择;如果是天然分布林或四旁绿化的泡桐,要求总株数不少于 10 株,而且要有发病严重的植株存在;树龄应为 7 年生以上且开花结实;选定的植株要求无丛枝病,植株的形态特征要与发病株有一定差异,如叶毛类型、花枝及果实的形态特征等;生长量要在中庸以上。

1.2.2 抗丛枝病泡桐表型单株的观测 对符合要求 and 标准的抗丛枝病表型泡桐单株,对其性状特征进行观测,对其叶毛特征用扩大镜和解剖镜观察。对叶毛特征典型的植株,采其叶片带回学校,用扫描电镜对其叶背毛特征进行观察和拍照。

1.2.3 繁育方法 (1)无性繁育(根繁)试验。无性繁育的材料,是通过抗丛枝病泡桐表型单株选择选出的抗病泡桐单株 R<sub>0</sub>、R<sub>1</sub> 和 R<sub>4</sub> 的种根,这些抗病泡桐单株叶背毛均为长柄树状毛和长柄大腺细胞腺毛,叶背粘性大。抗丛枝病泡桐单株分别分布在陕西杨凌圪塔庙村(R<sub>0</sub>)和武功县闫家村渭惠渠北(R<sub>1</sub>和 R<sub>4</sub>)。设 CK<sub>1</sub> 和 CK<sub>2</sub> 2 个对照,CK<sub>1</sub> 来自陕西杨凌西北农林科技大学林学院校区,为杂种泡桐,成年树,叶背毛几乎无柄,叶背无粘性,有丛枝病;CK<sub>2</sub> 为

预杂 1 号泡桐,叶背毛主要为短柄树状毛,叶背粘性小,来自陕西杨凌西北农林科技大学林学院苗圃,有丛枝病。种根均未经沙藏处理,随采随育。种根粗 1~1.5 cm,长度约 15 cm,埋植的株行距 40 cm ×40 cm。育苗方法采用常规埋根育苗技术。于 1996-03 和 2000-03 分 2 次分别在西北农林科技大学林学院苗圃和陕西永寿县苗圃进行育苗。

(2) 有性育苗(种子繁育)试验。播种育苗的种子来自通过抗丛枝病泡桐单株表型选择选出的抗病泡桐单株 R<sub>0</sub>、R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> 和 R<sub>3</sub>。R<sub>2</sub> 和 R<sub>3</sub> 来自陕西武功

县闫家村渭惠渠北。CK<sub>1</sub> 为杂种泡桐的种子,该植株生长在原陕西省林科所大门前,其叶背几无毛,有丛枝病;CK<sub>2</sub> 为杂种泡桐的种子,该母树叶背毛几无柄,生长在西北农林科技大学林学院校区内,有丛枝病。有性繁育试验分别于 2000-03 和 2001-03 在陕西永寿县苗圃进行。

播种采用撒播和营养杯 2 种方法,种子先用自来水浸泡 12 h,然后用草木灰拌种,播种后以小弓棚增温。以抗丛枝病泡桐单株作为母树,育种技术路线见图 1。

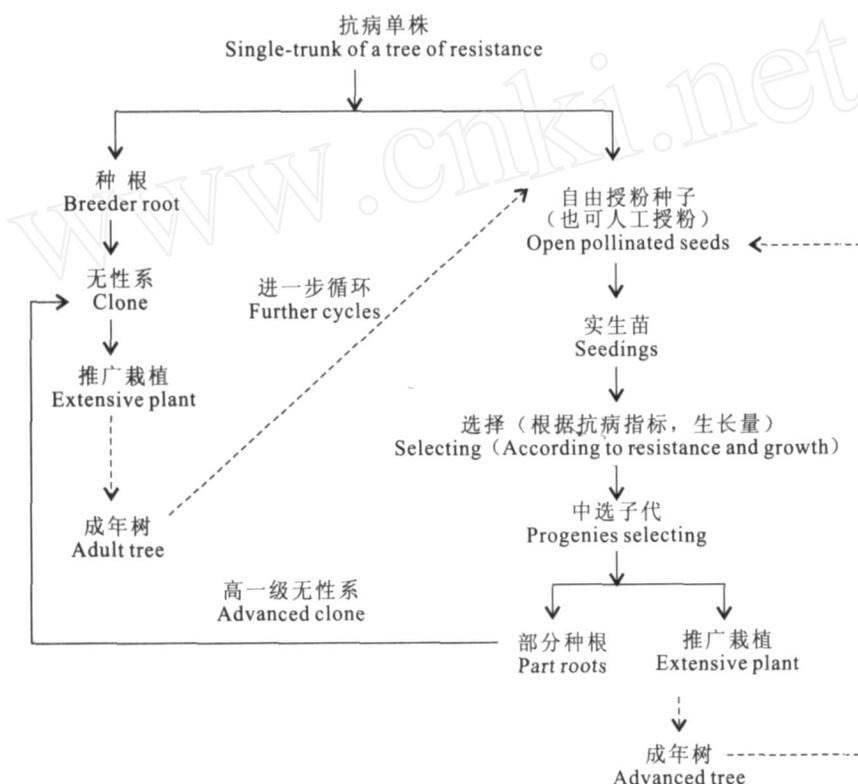


图 1 抗丛枝病泡桐单株的育种技术路线

Fig. 1 Line of technology on breeding for resistance to the disease of Paulownia

## 2 结果与分析

### 2.1 抗丛枝病泡桐单株的选择结果

抗丛枝病泡桐单株的选择结果见表 1。由表 1

表 1 抗丛枝病泡桐单株的选择结果

Table 1 Results of single-trunk of a tree of paulownia with resistance selecting

地点 Location	树龄/a Tree's age	株数 Trunk of a tree quantity	发病率/% Disease percent	中选株数 Trunk of tree quantity selecting
周至县渭河试验站 Zhouzhi county tast station	12	99	95	4
武功县闫家村 Wugong county yanjiacun	15	20	90	2
武功县闫家村渭惠渠北 Wugong county yanjiacun in the north	8	40	80	5
杨凌圪塔庙村 Yangling gedamiao cun	40	32	85	1
贵州毕节县 Bijie county Gui zhou	9	45	75	2

可知,从 236 株泡桐中共选出 14 个泡桐单株。这 14 个泡桐单株不仅无丛枝病,在形态上与其他泡桐不同,而且叶毛类型也有差异(图 2 和图 3)。

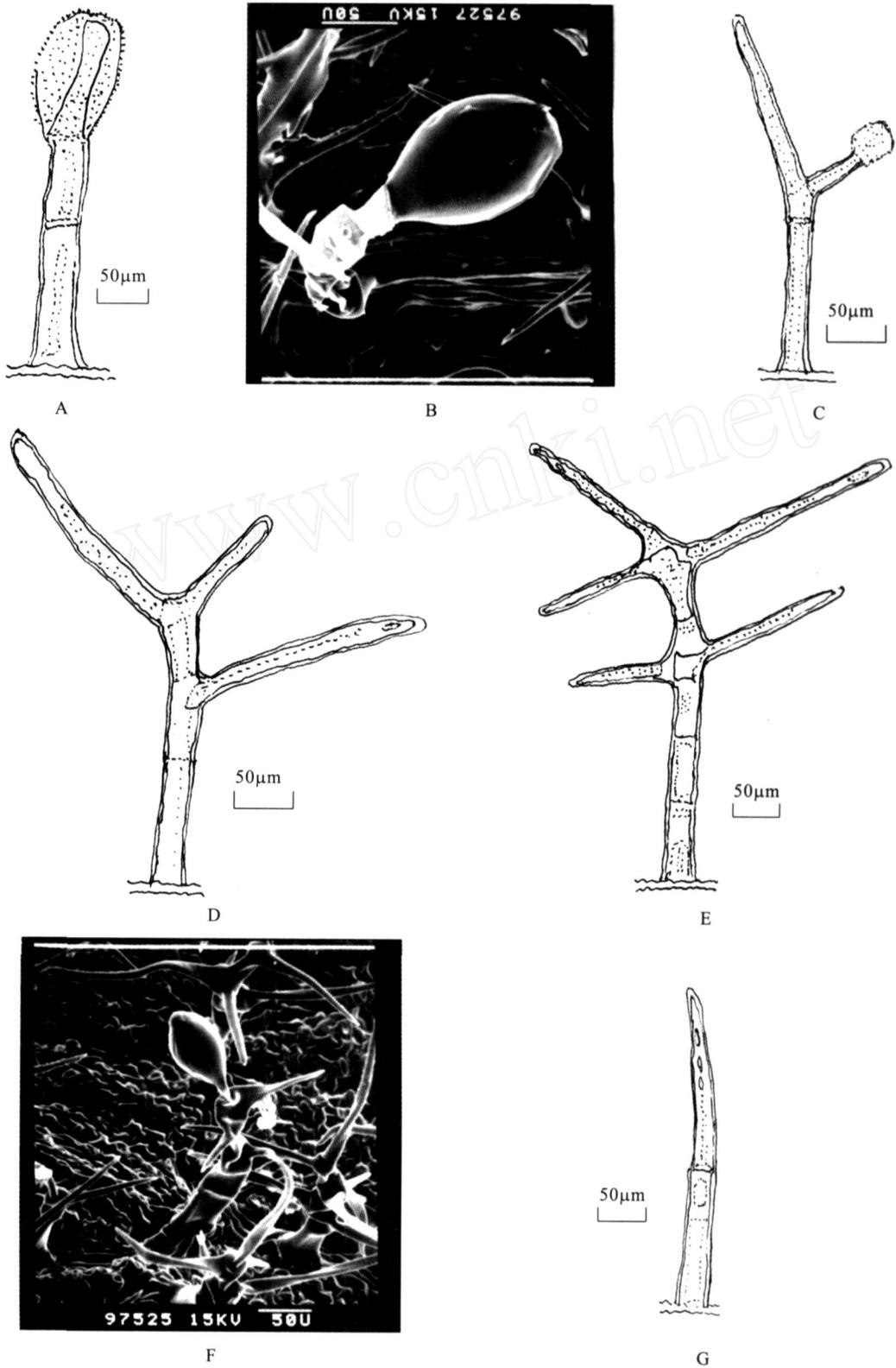


图 2 抗丛枝病泡桐叶毛类型及其特征

A~B. 腺毛:柄长,腺细胞大;C~D. 叉状毛:柄长,高大,分枝顶端有腺细胞产生;

E~F. 树状毛:柄长,高大,有的顶端有腺细胞产生;G. 单枝毛:柄长,较高

Fig. 2 Types and specificities of paulownia leaves trichomes with disease resistance

A - B. Trichomes glandular:long stalk ,big glandular cell;C - D. Trichomes forked:long stalk ,great ,top of something branches with gradular ;

E - F. Dendroid :long stalk ,great ,top of something with glandular ;G. No branches trichomes :long stalk ,great

在 9 月份观察可知,14 个抗丛枝病泡桐单株的共同特征是:叶背毛均为稠密的长柄树状毛、长柄叉状毛(2~3 个分枝的毛)和长柄大腺细胞腺毛,其柄长均在 120 mm 以上,另外还有少数的单枝毛,有些树状毛和叉状毛分枝的顶端又有腺细胞产生;腺毛的腺细胞直径比腺毛柄的直径大 2 倍以上(图 2);叶背粘性较高。从花枝、果实等特点来看,这 14 个泡桐单株可能是与毛泡桐近似的一个类型。抗丛枝病泡桐单株的开花期较其他泡桐晚 7~15 d。有丛枝病泡桐的叶毛大部分为无柄或几无柄树状毛、短

柄叉状毛、短柄小腺细胞腺毛及单枝毛;腺毛的腺细胞直径不超过腺毛柄的直径(图 3);叶背无粘性或粘性很小。在发病泡桐中,有的叶背几乎无毛,有的叶背为叶毛柄长短不一的混合毛。另外,在选择和观察过程中还发现,不管是抗丛枝病单株还是感丛枝病植株,在 1 年内不同时期叶背产生叶毛的类型不完全相同。树龄小于 10 年的泡桐植株,一般于 7 月份以前生出的叶,其背面均为腺毛和单枝毛;7 月以后生出的叶,其背面出现较多的树状毛和叉状毛,此时才表现出该泡桐叶毛类型的所有特征。

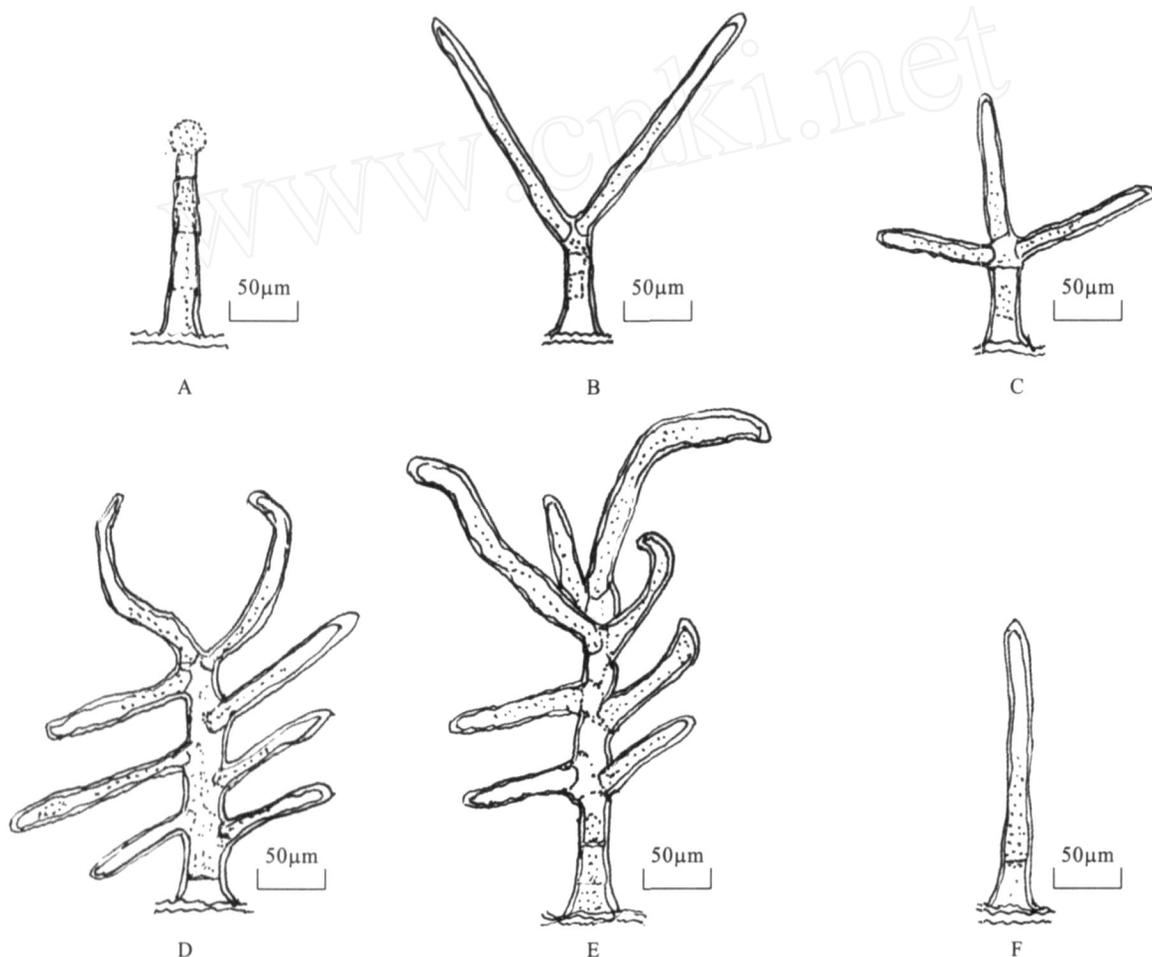


图 3 感丛枝病泡桐叶毛类型及特征

A. 腺毛:柄短,腺细胞小;B,C. 叉状毛:柄短,高度小;D,E. 树状毛:几无柄或柄短,高度小;F. 单枝毛:柄短,低矮

Fig. 3 Types and specificities of paulownia leaves trichomes with susceptible to disease

A. Trichomes glandular: short stalk, little glandular cell; B, C. Trichomes forked: short stalk, little height;

D, E. Dendroid trichomes: subsessile or short stalk, little height; F. Nonbranches trichomes: short stalk, dwarf

在调查中发现,在所选择的 14 株抗丛枝病泡桐单株的叶背几乎未见到能传播丛枝病的小绿叶蝉和蝻,以及其他刺吸式口器的昆虫,然而蚜虫却全部被泡桐叶背粘住,其中一片泡桐叶背竟粘了 385 头蚜虫(飞蚜),且大部分已死亡,有个别蚜虫还在挣扎。但具有其他叶毛类型的泡桐叶背则不然,可以看到

有不少以上这些昆虫在活动,因此不可否认蚜虫有传播该病的可能性。朱本明<sup>[4]</sup>在其编著的《植物类菌质体病害》一书的附录中,记载有 3 种蚜虫可以传播植物类菌质体病害。据此认为,通过表型选择的这类泡桐单株,对丛枝病具有高度抗性,而这类泡桐之所以抗病,是由于其抗传媒介体昆虫,从而避免或

减少了病原物(即植原体)的感染。裘维蕃<sup>[13]</sup>院士认为,植物对传毒介体的抗性表现为不喜食和抗生 2 种方式,不喜食即传毒昆虫不喜欢吃这种植物;抗生现象即这种植物能抑制传毒介体在其上生长和繁殖,从而降低对病毒的感染率。Nelson<sup>[14]</sup>把植物通过避免侵染来避免感染病害的现象称为避病,认为有些避病性相当于免疫水平的抗病性。本研究认为,具有长柄叶毛类型的泡桐对介体昆虫的抗性属于抗生现象,即这种类型的叶毛具有阻碍介体昆虫

取食、生长和繁殖的作用,从而避免或减少了病原感染。

2.2 抗丛枝病泡桐单株育种试验的结果

2.2.1 无性繁育(根繁)试验结果 从表 2 可看出,泡桐树龄大时,根繁困难,用 40 年生泡桐的根(R<sub>0</sub>)繁殖 2 次,结果均未出苗,成苗率为 0%。用抗丛枝病单株 R<sub>4</sub> 的根进行繁殖,在陕西永寿县苗圃的成苗率为 0%,而在林学院苗圃的成苗率为 50%。

表 2 泡桐抗丛枝病单株无性繁育试验的结果

Table 2 Result testing on clone breeding for single-trunk of Paulownia tree with resistance

年份 Year	地点 Location	母树代号 Seed tree number	树龄/a Tree's age	埋根数 Root quantity	成苗数 Stocking quantity	成苗率/% Stocking percentage
1996	西北农林科技大学 林学院苗圃 Nursery of College of Forestry	R <sub>0</sub>	40	12	0	0
		R <sub>4</sub>	8	10	5	50
		CK <sub>1</sub>	6	8	6	75
		CK <sub>2</sub>	6	9	6	67
		R <sub>0</sub>	44	6	0	0
2000	陕西永寿县苗圃 Nursery of Yongshou county	R <sub>1</sub>	12	10	4	40
		R <sub>4</sub>	12	7	0	0
		CK <sub>2</sub>	10	10	3	30

对 2 次根繁获得的苗木,分别进行了定植和发病情况观察。1996 年繁殖的苗木,于 1997 年定植于原西北农林科技大学林学院校区的树木园中。CK<sub>1</sub> 定植了 5 株,到 2002 年全部感丛枝病;CK<sub>2</sub> 定植了 2 株,1999 年 1 株感丛枝病,另 1 株被破坏;R<sub>4</sub> 定植了 4 株,至今树龄已 10 年均未感丛枝病。对 2000 年在永寿县苗圃繁殖的苗木,于 2001 年定植,CK<sub>2</sub> 3 株,R<sub>1</sub> 3 株,结果 CK<sub>2</sub> 于 2004 年全部感丛枝病,R<sub>1</sub> 至今仍未感丛枝病。

矮较一致,叶背具有很大的粘性,具有这种叶毛特征的植株数量较少;另一类叶背腺毛数量较少,且腺细胞小,单枝毛数量较多,叶毛高矮差别较大,叶背无粘性或粘性很小,具有这种叶毛特征的植株较多。根据在抗丛枝病单株无性繁育试验中发现的苗期叶毛类型特征与其母树叶毛具有一定相关性的规律,将前一类叶毛类型作为标准,并结合生长状况在苗期进行抗丛枝病性植株选择,同时在具有另一类叶毛特征的植株中选出相应数量作为对照。另外,还设了 CK<sub>1</sub> 和 CK<sub>2</sub> 2 个对照,CK<sub>1</sub> 叶背几无毛,CK<sub>2</sub> 叶背毛几无柄,用其自由授粉种子进行育苗。结果表明,在苗期没有发现叶背具有稠密长柄大腺细胞腺毛的植株,而发现 2 种新情况:一种叶背毛较稀疏,且为小腺细胞腺毛和单枝毛;另一种叶背毛是较稠密的小腺细胞腺毛和单枝毛,毛高低差别大,在 CK<sub>1</sub> 和 CK<sub>2</sub> 的子代中各选出 7 株作为对照。

观察发现,埋根繁育的苗木,其叶毛随着苗木生长发育的时期不同发生变化。一般 1~2 年生泡桐苗木,其叶背全为腺毛和单枝毛(不分枝的毛),但用抗丛枝病泡桐单株根繁殖的苗木,其叶背毛浓密,叶背粘性大,腺毛多,柄长,腺细胞大,单枝毛较少;而用 CK<sub>1</sub> 和 CK<sub>2</sub> 根繁殖的苗木,其叶背毛稀密不一,有的植株较稀,有的植株较密,但总的特征是叶背无粘性或粘性很小,且腺毛的腺细胞小、数量较少,单枝毛数量较多。3 年生泡桐苗木,8~9 月其叶背面才会有较多的树状毛和腺毛产生,此时才可基本反映出各自母树叶毛的特征。

抗丛枝病泡桐单株播种育苗和苗期选择结果见表 3。对所有中选的抗丛枝病植株和对照均进行定植。2000 年育的苗于 2001 年春定植,2001 年育的苗于 2002 年春定植,均定植在陕西永寿县苗圃,株行距为 2 m × 2 m,对照与中选的植株相间排列。

2.2.2 有性繁育(种子繁育)试验结果 对选择出的 R<sub>0</sub>、R<sub>1</sub>、R<sub>2</sub> 和 R<sub>3</sub> 抗丛枝病单株,用其自由授粉的种子进行育苗和选择试验。结果发现,在苗期叶毛类型即发生了分化,基本上有两类:一类叶背为稠密的长柄大腺细胞腺毛和数量较少的单枝毛,毛的高

对定植植株逐年进行观察发现,定植第 1 年抗丛枝病泡桐和对照的叶毛没有变化,仍然表现为初选时的特征;第 2 年抗丛枝病泡桐和对照的叶毛也没有新的变化,只 R<sub>0</sub> 子代的个别植株在 9 月份生出

叶的叶背有极少数的树状毛和叉状毛;第 3 年,泡桐在 8~9 月生出的叶背除了腺毛和单枝毛外,还出现了较多的树状毛和叉状毛,中选的抗丛枝病植株为长柄树状毛和长柄叉状毛,有的分枝顶端又有大的

腺细胞产生,对照叶背有无柄或几无柄树状毛和叉状毛出现,也有短柄树状毛出现,所有分枝的顶端无腺细胞产生。此时,基本上反映出母树的叶毛性状。

表 3 泡桐抗丛枝病单株播种育苗和苗期选择的结果

Table 3 The results of breeding and selection for single-trunk of a tree of Paulownia with resistance

年份 Year	地点 Location	母树代号 Seed tree numbering	播种方式 Sowing method	面积/ $m^2$ Area	成苗株数 Stocking quantity	中选株数 Selecting quantity	中选率/ $\%$ Select percent
2000	永寿县苗圃 Nursery of Yongshou county	R <sub>0</sub>	落水撒播 Sow in soil wetting	8	50	4	8
		R <sub>2</sub>	落水撒播 Sow in soil wetting	8	59	9	15
		R <sub>3</sub>	落水撒播 Sow in soil wetting	5	12	1	8
		CK <sub>1</sub>	落水撒播 Sow in soil wetting	5	19	0	0
		CK <sub>2</sub>	落水撒播 Sow in soil wetting	5	20	0	0
2001	永寿县苗圃 Nursery of Yongshou county	R <sub>0</sub>	营养杯 Nutrition cup	298 *	30	2	7
		R <sub>1</sub>	营养杯 Nutrition cup	288 *	60	9	15

注: \*单位为“杯”。

Note: unit is “cup”.

第 3 年观察时,在 2001 年定植的 14 株中选植株中,有 2 株未选准确,没有表现出抗病母树的叶毛特征,选择的准确率为 86%;在 2002 年定植的 11 株中选植株中,有 1 株选择有误,准确率为 91%。

第 4 年(2001 年定植泡桐)观察时,抗丛枝病单株叶背毛的基本特征没有太多变化,只是有更多的树状毛和叉状毛出现。另外,该年对照已有 2 株发病,出现了丛枝。

由此可知,苗期叶毛特征与成年亲本有密切的相关性,因此可根据抗丛枝病母树叶毛特征与子代苗期叶毛特征的相关性,确定苗期的选择指标,这样在 1 年生的苗木中就可以选出抗丛枝病的植株。对这样选出的实生苗,依据生长量的状况,可以在当年或第 2 年用来造林,同时可采集部分种根繁殖成无性系,本研究于 2003~2004 年进行,采掘了 2001 年春定植在永寿县苗圃的表现很好的 3 株泡桐(R3-1 号,R2-1 号和 R2-2 号)少量的根,在陕西杨凌西大寨中心苗圃进行了繁育,对繁育的苗木于 2004 年春平茬,2004 年 11 月又从平茬苗中选出生长较快的 17 株并定植在该苗圃,现已生长 3 年,平均株高 6.8 m,平均胸径 9.8 cm,其中最大的一株泡桐株高 7.2 m,胸径 10.3 cm,所有植株均无从枝病发生,其叶毛均表现为抗丛枝病母树的叶毛类型。采用这种技术,可逐年不断地进行选育,这样就可以形成一个抗病系列,这种方法不但保持了子代对丛枝病的抗性,同时也克服了仅采用无性系育种技术引起的遗传基础越来越窄的弊病,而且大大地缩短了育种周期(一

般育成一个无性系需要 6~7 年的时间)。

### 3 结 论

由本研究结果可知:(1)具有长柄、大腺细胞腺毛和长柄树状毛及长柄叉状毛叶毛类型的泡桐,对丛枝病具有高抗性,抗病原因是这类泡桐对介体昆虫具有抗性,从而避免了病原物-植原体的感染。因为这种类型的叶毛比较高,具有很大的粘性,抑制了传媒昆虫在这类泡桐上的取食和繁殖,从而避免或降低了染病的机会。

(2)由抗丛枝病泡桐单株的繁育试验可知,泡桐苗期叶毛特征与母树的叶毛特征有密切的相关性,1 年生苗木,如果其叶背为稠密的长柄、大腺细胞腺毛和长柄单枝毛,则对丛枝病是高抗的。

(3)对泡桐抗丛枝病植株采用有性和无性繁育并举的方法进行育种。即采集抗病母树自由授粉的种子(也可以人工杂交),在种子繁殖的 1 年生子代中就可进行抗病性选择,首先依据苗期叶毛特征与抗病母树叶毛特征的相关性,确定出选择标准,根据这一标准选择的准确性达 86%以上。对选出的植株,于当年或第 2 年可直接用于造林,同时采集部分种根可繁殖成无性系。采用该育种技术,不但大大缩短了育种周期,保持了植株抗病性,而且还克服了只采用无性育种技术带来的遗传基础越来越窄的缺点。

(下转第 102 页)

- 学研究[J]. 云南植物研究, 2004, 26(3): 283-289.
- [28] 刘铭庭. 中国柽柳属植物种类及其地理分布[J]. 新疆林业科技, 1994(1): 5-9.
- [29] 张道远. 中国柽柳属植物的分支分类研究[J]. 云南植物研究, 2004, 26(3): 275-282.
- [30] Baum B R. The genus *Tamarix* [M]. Israel: Jerusalem Academic Press, 1978: 12-17.
- [31] 张道远, 陈之端, 孙海英, 等. 用核糖体 DNA 的 ITS 序列探讨中国柽柳科植物系统分类的几个问题[J]. 西北植物学报, 2000, 20(3): 421-431.
- [32] 乔来秋, 荀守华, 何洪兵, 等. 柽柳优良无性系选育研究[J]. 林业科学研究, 2006, 19(2): 129-134.
- [33] 中国科学院新疆生态与地理研究所. 吐鲁番沙漠植物园——柽柳专类园 [EB/OL] (2005-07-13) [2006-06-12]. <http://www.tebg.org>.
- [34] 乔来秋, 王玉祥, 荀守华, 等. 柽柳引种试验研究[J]. 山东林业科技, 2004(6): 18-20.
- [35] 杨太新, 郭玉海, 王华磊. 不同柽柳种引种试验初报[J]. 中国种业, 2005(2): 34-35.
- [36] 孟康敏, 杨秀清, 潘文利, 等. 辽宁滨海盐碱地土壤改良及造林技术研究[J]. 林业科学, 33(1): 25-33.
- [37] 王士臣. 耐盐碱树种——柽柳无性繁殖技术[J]. 现代化农业, 1994(10): 18-19.
- [38] 董必慧, 苏国兴. 沿海滩涂柽柳育苗造林及其开发利用[J]. 林业实用技术, 2003(7): 7-9.
- [39] 赵延茂, 刘月良, 郑秀社. 滨海盐碱地柽柳扦插育苗试验报告[J]. 山东林业科技, 1997(3): 1-4.
- [40] 荀守华, 何洪兵, 陈纪香, 等. 柽柳扦插育苗试验报告[J]. 山东林业科技, 2004(6): 34-35.
- [41] 曹晏, 魏文龙. ABT 生根粉在甘蒙柽柳扦插育苗中的应用[C]. 青海农林科技西宁市林业论文专辑. 西宁: [出版社不详], 2002: 23-24.
- [42] 陈启民, 刘康, 朱玉伟, 等. 全光雾柽柳嫩枝扦插及造林技术试验初报[J]. 新疆林业, 2004(3): 24-25.
- [43] 程磊, 周根余. 柽柳的组织培养与快速繁殖[J]. 上海师范大学学报: 自然科学版, 2001, 30(2): 67-71.
- [44] 李利红, 李先芳, 韦小敏, 等. 柽柳生根组织培养的研究[J]. 河南林业科技, 2005, 25(1): 30-31.

(上接第 96 页)

#### [参考文献]

- [1] 金开镞, 付仓生, 李振兰, 等. 泡桐丛枝病病原及传播途径的研究[J]. 中国林业科学, 1978(4): 1-4.
- [2] 金开镞, 付仓生, 李振兰. 泡桐丛枝病传毒昆虫研究: [J]. 林业科技通讯, 1981(12): 23-24.
- [3] 朱本明. 我国植物类菌原体病害及其防治[J]. 自然杂志, 1987, 10(10): 757.
- [4] 朱本明. 植物类菌质体病害[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981: 108.
- [5] 杨俊秀. 应用<sup>32</sup>P 和<sup>86</sup>Rb 对泡桐丛枝病病枝叶吸收磷钾规律的研究[J]. 林业科学, 1989, 25(2): 167-170.
- [6] 王蕤, 王守宗, 孙秀琴. 激素对泡桐丛枝病发生的影响[C]// 泡桐文集. 北京: 中国林业出版社, 1982: 40-46.
- [7] 杨俊秀, 胡锦涛, 朱炜, 等. 泡桐无性系 II·2 等对丛枝病抗性[J]. 林业科学研究, 1986(9): 36-67.
- [8] 张锡金, 田国忠, 董钦才. 温度处理和茎尖培养结合脱除泡桐丛枝病 LMO[J]. 林业科学, 1994, 30(1): 34-38.
- [9] 熊耀国, 竺肇华, 何景涛, 等. 抗丛枝病优良无性系 C161 的选育及测定[J]. 泡桐, 1985(1): 28-35.
- [10] Yuan, T-L Overall O. The researches of phytoplasma associated with tree diseases in china[C]// Programme and abstracts of the fifth international workshop on phytoplasmas. 北京: 中国林业科学研究院, 1996: 7.
- [11] Hu S Y. A monograph of the genus paulownia, taipei [J]. Quarterly Journal of The Taiwan Museum, 1959, 12(1/2): 36-48.
- [12] 郑万钧. 中国树木志[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004: 5088-5097.
- [13] 裘维蕃. 植物病毒学[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 28-30.
- [14] Nelson R R. 植物抗病育种——概念和应用[M]. 河北保定地区科技情报所, 译. 北京: 农业出版社, 1979: 12-24.
- [15] Lanly J P. Ponulas for disease resistance[M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985: 19-46.
- [16] 李传道. 林木病害流行与治理[M]. 北京: 林业出版社, 1995: 24-27.
- [17] 蒋建平. 泡桐栽培学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990: 201-203.