

## 美洲黑杨与青杨、川杨和卜氏杨人工杂交及杂种苗生长和抗病性状测定

胡 斌, 樊军锋, 高建设, 周永学

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 采取室内切枝水培杂交法开展了以美洲黑杨 *Populus deltoides* 69 号和 57 号为母本, 青杨 *P. cathayana*, 川杨 *P. szechuanica* 和卜氏杨 *P. purdomii* 为父本的杨树派间人工杂交及杂种苗生长和抗病性状测定研究。结果表明: 5 个杂交组合坐果率、种子发芽率最高可达 55% 和 20%, 最低仅为 20% 和 5%, 可配性差异较大; 5 个杂交组合杂种苗生长存在极显著性水平差异; 69 号 × 川杨、69 号 × 卜氏杨 2 个杂交组合杂种苗在苗高、地径生长方面表现最好, 其平均苗高分别为 2.87 和 2.38 m, 平均地径分别为 2.57 和 2.13 cm, 且均与以 57 号为母本的 2 个杂交组合的杂种苗生长存在极显著差异, 故可以此初选出优良新品种单株; 5 个杂交组合杂种苗普遍发病, 发病率均达 100%, 以 69 号为母本的 3 个杂交组合杂种苗表现出较低的感病指数, 抗黑斑病能力优于以 57 号为母本的 2 个杂交组合。表 4 参 26

**关键词:** 林木育种学; 杂交育种; 美洲黑杨; 青杨; 川杨; 卜氏杨; 苗期测定

**中图分类号:** S722.3      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-5692(2009)06-0778-06

## One-year-old seedling traits of *Populus deltoides* hybrids with *P. cathayana*, *P. szechuanica*, and *P. purdomii*

HU Bin, FAN Jun-feng, GAO Jian-she, ZHOU Yong-xue

(College of Forestry, Northwest Agriculture & Forestry University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

**Abstract:** Indoor artificial crosses for two groups of *Populus deltoides* (I-69 and I-57)(female): I-69 with *P. cathayana*, *P. szechuanica*, and *P. purdomii*(male) and I-57 with *P. cathayana* and *P. szechuanica* were carried out in the spring of 2006. Then, in September 2007, growth performance, and infection from *Marssonina brunnea* fungi on the 1-year-old hybrid seedlings were tested. with a 30 cm×40 cm seedling space design having 10 seedlings per plot and 3 replications using an ANOVA with an LSD test. Results among the five crosses showed that percentage of fruit set and seed germination ranged from 55% to 20% for the I-69 group and 20% to 5% for the I-57 group. Best growth performances were with I-69 × *P. szechuanica* having a mean hybrid seedling height of 2.87 m and I-69 × *P. purdomii* (2.38 m) along with root-collar diameters 2.57 and 2.13 cm, respectively. The LSD test also showed that hybrid seedling growth for mean height and root-collar diameter of I-69 was significantly greater ( $P < 0.01$ ) than the I-57 group. *M. brunnea* infected 100% of all hybrid seedlings; however, the infection index of the I-69 group was lower. Thus, the I-69 × *P. szechuanica*, I-69 × *P. cathayana*, and I-69 × *P. purdomii* crosses have good resistance to *M. brunnea*. [Ch, 4 tab. 26 ref.]

**Key words:** forest tree breeding; cross breeding; *Populus deltoids*; *Populus cathayana*; *Populus szechuanica*; *Populus purdomii*; hybrid seedling traits

收稿日期: 2008-12-19; 修回日期: 2009-04-09

基金项目: 陕西省科学技术攻关项目(2003K02-G8)

作者简介: 胡斌, 从事林木遗传育种研究。E-mail: hubioe@126.com。通信作者: 樊军锋, 研究员, 博士, 从事林木遗传育种等研究。E-mail: fanjf@public.xa.sn.cn

杨树生长迅速, 适应范围广, 纤维形态较好, 是中国“三北”(东北、华北和西北)防护林体系、速生丰产林基地建设最主要的造林树种, 也是目前迅猛发展的工业纸浆用材及林纸一体化产业首选树种, 因此, 通过杂交育种进一步提高杨树生长速度及抗逆性, 培育出速生杨树新品种具有重要的经济和生态意义<sup>[1-2]</sup>。黑杨派和青杨派是 2 个可配性较高的杨树派树种, 中国通过对它们近几十年派间杂交试验, 先后选育出了陕林 4 号、中绥 12 号等具有父母优良特性的无性系<sup>[2-13]</sup>。美洲黑杨 *Populus deltoides* 属黑杨派树种, 其生长迅速, 形态变化极大, 是重要的杂交亲本之一<sup>[14]</sup>。青杨 *P. cathayana*, 川杨 *P. szechuanica* 和卜氏杨 *P. purdomii* 均属青杨派杨树, 广泛分布于中国陕西、四川、云南等相邻省份, 是中国特有的抗寒性较强且生长迅速, 育种潜力较大的青杨派乡土树种。过去对美洲黑杨×青杨杂交研究较多<sup>[15-19]</sup>, 而利用美洲黑杨同川杨、卜氏杨等乡土青杨派树种杂交研究较少。因此, 开展美洲黑杨与青杨、川杨、卜氏杨等乡土杨树品种人工杂交, 比较选育出生长迅速且具有抗寒潜力的杨树新品种具有较大的研究意义。本项目于 2006 年初开展了 2 个不同美洲黑杨(69 号和 57 号)无性系与青杨、川杨和卜氏杨的派间人工杂交育种研究, 并于 2007 年 9 月中旬进行了杂种苗苗期测定。本研究为杂交试验的部分内容, 目的是通过对苗期性状测定, 选出生长较快、抗病性较强的杂种苗, 为后续选优工作奠定基础。

## 1 试验地概况

试验苗圃地设在西北农林科技大学渭河试验站。该站位于 34°12'N, 108°17'E 的陕西省周至县境内。海拔约为 400 m, 属暖温带气候。年平均气温为 13.3 °C, 1 月平均气温 -1.4 °C, 极端最低气温 -18.1 °C, 7 月平均气温 26.6 °C, 极端最高气温 42.4 °C, ≥ 10 °C 年积温 4 231 °C。年日照为 1 999 h。年平均降水量为 715 mm, 多集中在 7-9 月。年平均相对湿度为 72%, 无霜期 219 d。土壤系河水冲积形成的冲积土(砂质壤土), 0~25 cm 为轻壤土, 25 cm 以下为松砂土或紧砂土, 透气性好, 保水性能差。

## 2 材料与方 法

### 2.1 杂交亲本材料

母本: 美洲黑杨 69 号, 属南方型美洲黑杨, 花枝采自西北农林科技大学渭河试验站。美洲黑杨 57 号, 系以 69 号为母本的美洲黑杨种内杂交无性系, 花枝采自西北农林科技大学渭河试验站。

父本: 青杨, 采自秦岭东部的洛南县城关镇; 川杨, 采自四川省阿坝藏族羌族自治州汶川县卧龙镇; 卜氏杨, 采自秦岭中部的长安县广货街镇。

母本、父本均选择生长健壮, 干性通直圆满且无病虫害的成年优树。

### 2.2 试验方法

2.2.1 人工杂交与杂种苗培育 采用室内切枝水培人工授粉杂交法。具体步骤如下: 2006 年 2 月中旬, 采集青杨、川杨和卜氏杨中上部直径 1.5~2.0 cm 发育良好的 1 年生雄花枝, 放于温室水培, 温室温度为 15~25 °C, 湿度为 50%~70%。约 3~4 周左右花序开始散粉, 收集花粉, 阴干后存于 4 °C 冰箱中备用。2 月底左右采集生长健壮的 69 号和 57 号雌花枝, 放入温室水培, 约 1 周雌花序伸长达 10 cm 左右时(约为 3 月初), 花柱头发亮且有透明黏液时开始授粉, 授粉采取毛笔涂抹法, 连续 3 d 授粉保证授粉率。授粉后保持适宜的室内温度和湿度, 经常换水保持桶内水分新鲜, 并采取胶带粘贴法防止果序脱落。7 周左右(4 月底), 种子发育成熟, 采收后放在铺有湿润滤纸的培养皿中催芽。1 周之后(5 月上旬), 当芽苗高度达 1 cm 时, 移栽到塑料大棚内营养杯中培养。2 个月(6 月底), 当苗高为 10 cm 左右时, 移入试验苗圃地大田培养。2007 年春天, 对所有实生苗进行平茬处理后, 于当年 9 月中旬苗木生长全部封顶以后, 调查 1 年生平茬杂种苗(2 根 1 干)相关生长数据。

2.2.2 调查方法 ①坐果率。随机抽取各杂交组合的 10 个果序, 统计每个果序上的存在小果数, 果序上存在的小果数量和原花序上雌小花总数量之比即为坐果率。②种子发芽率。按照国际种子检验规程(ISTA-1996)进行种子发芽试验<sup>[20]</sup>。发芽床为双层滤纸, 随机抽取种子 100 粒, 3 次重复, 置于湿润滤纸上在 25 °C 下培养, 第 2 天起每天记载发芽数, 至第 8 天结束。计算发芽率。发芽率

(%) = [在测定时间内正常发芽的种子数/发芽测定种子数] × 100%。③1年生平茬苗(2根1干)<sup>[21]</sup>生长量调查。由于当年生的实生苗在种子萌发、芽苗生长和移苗上存在着一定时间差异性,故本研究采用在2007年春天,对所有实生苗进行平茬处理后,等到9月中旬苗木生长结束,封顶后,测量每株苗木的苗高和地径,这样能够比较客观地衡量各杂交组合杂种苗的生长情况。④病害调查、统计方法。根据以往研究证明,黑斑病 *Marssonina brunnea* 是杨树比较常见的苗期病害,主要危害苗期叶片,分布广泛,危害严重<sup>[22-23]</sup>。所以,本研究以杨树黑斑病作为对象比较不同杂种苗的感病情况和感病指数(表1)。2007年9月中旬,每个杂交组合随机抽取10株杂种苗,每株苗从上、中、下各取1片叶子,共30片叶子,调查其病害情况。表1为黑斑病病害分级标准<sup>[22-26]</sup>。根据调查结果计算病情指数<sup>[22-23]</sup>。病情指数 =  $\frac{\sum[\text{各病级代表数值} \times \text{调查总叶片数}]}{\text{最高病级代表数值} \times \text{调查总叶片数}} \times 100$ 。

### 3 结果与分析

#### 3.1 杂交坐果率和种子发芽率调查分析

通过对杂交的坐果率和种子发芽率的计算分析(表2)可知,57号×川杨杂交组合的坐果率为55%,种子发芽率为20%,为各杂交组合间最高,可配性最好。69号×青杨杂交组合次之,其坐果率为50%,种子发芽率为15%,可配性较好。57号×青杨及69号×川杨2个杂交组合相当,其坐果率分别为40%和35%,种子发芽率分别为15%和10%,可配型一般。69号×卜氏杨杂交组合可配型最差,其坐果率仅为20%,种子发芽率仅为5%。

表1 杨树黑斑病病害分级标准

Table 1 Classification standards of *Marssonina brunnea* infection

病害级别	病害分类依据	代表值
I	叶面无病斑	0
II	叶面病斑数 1~20 个	1
III	叶面病斑数 21~60 个	2
IV	叶面病斑数 60 个以上	3

表2 杂交试验结果

Table 2 Results of hybridization

杂交组合	坐果率/%	种子发芽率/%
57号×川杨	55	20
69号×青杨	50	15
57号×青杨	40	15
69号×川杨	35	10
69号×卜氏杨	20	5

#### 3.2 1年生平茬苗(2根1干)生长调查分析

1年生平茬苗(2根1干)的苗高和地径生长调查及方差分析、最小显著差法(LSD)检验结果见表3。从表3可知,在5个杂交组合中,69号×川杨的苗高平均值达2.87 m,极差为1.11 m,变异系数为13.46%,地径平均值为2.57 cm,极差为1.58 cm,变异系数为22.2%;69号×卜氏杨的苗高平均

表3 杂种苗苗高和地径生长调查及其方差分析和LSD检验结果

Table 3 Investigation results and LSD variance analysis of seedling height and root-collar diameter growth

杂交组合	苗 高					地 径				
	排名	均值/m	极差/m	标准差	变异系数/%	排名	均值/cm	极差/cm	标准差	变异系数/%
69号×川杨	1	2.87 aA	1.11	0.385 9	13.46	1	2.57 aA	1.58	0.570 6	22.20
69号×卜氏杨	2	2.38 bAB	1.99	0.747 7	31.38	2	2.13 bAB	1.97	0.655 0	30.77
69号×青杨	3	2.24 bB	1.87	0.484 2	21.62	3	1.72 cBC	1.31	0.329 3	19.17
57号×川杨	4	1.84 cC	1.42	0.423 3	22.96	4	1.58 cC	1.60	0.390 0	24.61
57号×青杨	5	1.43 dD	1.86	0.480 5	33.62	5	1.21 dD	1.73	0.349 9	29.00

说明:均值后字母为LSD检验结果,不同小写字母为0.05水平差异显著,不同大写字母为0.01水平差异显著。

值为 2.38 m, 极差为 1.99 m, 变异系数可达 31.38%, 地径平均值为 2.13 cm, 极差为 1.97 cm, 变异系数可达 30.77%; 69 号 × 青杨的苗高平均值为 2.24 m, 极差为 1.87 m, 变异系数为 21.62%, 地径平均值为 1.72 cm, 极差为 1.31 cm, 变异系数为 19.17%; 57 号 × 川杨的苗高平均值为 1.84 m, 极差为 1.42 m, 变异系数为 22.96%, 其地径平均值为 1.58 cm, 极差为 1.60 cm, 变异系数为 24.61%; 57 号 × 青杨的苗高平均值为 1.43 m, 极差为 1.86 m, 变异系数为 33.62%, 其地径平均值为 1.21 cm, 极差为 1.73 cm, 变异系数为 29.00%。苗高和地径的变异系数说明, 57 号 × 青杨和 69 号 × 卜氏杨 2 个杂交组合具有相对较高的组内变异系数, 从育种选择的角度讲, 其具有更大的组内选种潜力。

从苗高和地径生长表现来讲, 在 5 个杂交组合中, 从所用父本角度来说, 在采用同一母本条件下, 以川杨、卜氏杨为父本的杂交组合杂种苗苗高和地径生长最好, 以青杨为父本的杂交组合杂种苗苗高和地径生长次之。从所用母本角度来说, 以美洲黑杨 69 号为母本的 3 个杂交组合均具有较好的杂种苗生长表现, 其中 69 号 × 川杨具有组间最大的苗高和地径的生长量表现, 69 号 × 卜氏杨和 69 号 × 青杨具有较好的组间苗高、地径的生长量表现; 而以美洲黑杨 57 号为母本的 2 个杂交组合的杂种苗组间苗高和平地径生长表现次之。对方差分析结果的 LSD 检验表明, 在 5 个杂交组合间, 杂种苗在苗高和地径生长方面具有极显著性差异。其中, 从苗高生长方面来讲, 以美洲黑杨 69 号作为母本的 3 个杂交组合子代与美洲黑杨 57 号为母本的 2 个杂交子代组合间达到了 1% 的极显著水平差异, 57 号 × 川杨和 57 号 × 青杨的子代达到了 1% 的极显著差异水平。从地径生长方面来讲, 69 号 × 川杨、69 号 × 卜氏杨子代与以美洲黑杨 57 号为母本的 2 个杂交组合子代达到了 1% 的极显著水平差异, 而 57 号 × 川杨子代和 57 号 × 青杨子代也达到了 1% 的极显著差异水平。

综上所述, 对于所用父本来说, 以川杨、卜氏杨为父本的杂交组合杂种苗具有比以青杨为父本的杂交组合杂种苗具有更大的生长量。对于所用母本来说, 以美洲黑杨 69 号为母本的 69 号 × 川杨和 69 号 × 卜氏杨的 2 个杂交组合子代群体比以美洲黑杨 57 号为母本的 2 个杂交组合子代群体具有最大苗高、地径生长的平均值并达到了极显著性差异水平, 遗传变异大, 说明其杂种子代中具有较强杂种优树及较强选种潜力。

### 3.3 杨黑斑病害分析

由表 4 可知, 杨树黑斑病在 5 个杂交组合间杂交苗的发病率很高, 均为 100%。其中, 以美洲黑杨 57 号为母本 2 个杂交组合的杂种苗感病指数最高, 分别达 42.2 和 36.7, 最易感染黑斑病。而以美洲黑杨 69 号为母本的 3 个杂交组合的杂种苗表现出相对较低的感病指数, 分别为 33.3, 33.3 和 34.4, 表明其后代具有较强的抗黑斑病特性。

## 4 结论与讨论

以美洲黑杨 69 号和 57 号为母本, 川杨、青杨和卜氏杨为父本的 5 个人工杂交试验结果表明, 5 个杂交组合的坐果率分别可达 55%, 50%, 40%, 35% 和 20%, 差异较大, 其种子的发芽率均较低, 分别为 20%, 15%, 15%, 10% 和 5%。前期研究表明, 黑杨派树种和青杨派树种派间远源杂交可配性较高<sup>[15-17,19]</sup>。笔者认为, 造成此种结果的可能原因为作为父本的川杨和卜氏杨均生长在高山高海拔地区, 试验当年其雄花枝均取自 2 月中旬左右, 导致在平原地区其雄花枝开花落粉时间较作为母本的 69 号、57 号杨树雌枝条开花时间晚 1 周左右, 这造成了母本雌花枝花序的授粉时间相对较晚, 从而影响到了杂种种子的发育质量, 导致了较低的发芽率。说明在今后的杂交试验中应考虑到高海拔地区杨树枝条开花的时间性差异, 提前采集川杨、卜氏杨的雄花枝水培, 提高室内温度, 争取提前获取花粉, 并按时为美洲黑杨雌花枝授粉, 保证种子的质量, 提高发芽率。

对 5 个杂交组合间杂种苗的苗高和地径生长量调查结果表明, 在以川杨、卜氏杨和青杨为父本的

表 4 杂种苗黑斑病感染情况

Table 4 Results of infection investigation of different hybridizations

杂交组合	各病级叶片数				发病率/%	感病指数
	I	II	III	IV		
57号 × 川杨	0	24	4	2	100	42.2
57号 × 青杨	0	27	3	0	100	36.7
69号 × 川杨	0	29	1	0	100	34.4
69号 × 青杨	0	30	0	0	100	33.3
69号 × 卜氏杨	0	30	0	0	100	33.3

杂交组合中,以川杨和卜氏杨为父本的杂交组合杂种苗显示出了比以青杨为父本的杂交组合杂种苗更好的生长优势,进一步证明了今后继续开展以川杨、卜氏杨、滇杨*Populus yunnanensis*等中国特有乡土青杨派树种为杂交材料,比较、选育出高产且抗寒抗旱杨树新品种的广阔前景和重要意义。同时以美洲黑杨69号为母本的3个杂交组合均具有较好的杂种苗生长表现,其1年生平茬杂种苗高生长最高可达2.87 m,地径生长可达2.57 cm,显示出了较好的生长趋势。在进一步对所有杂交组合杂种苗生长量方差分析结果的LSD检验表明,5个杂交组合间的杂种苗生长量达到了极显著性差异水平,其中以美洲黑杨69号为母本的69号×川杨和69号×卜氏杨的2个杂交组合子代群体具有各组合间最大的平均苗高和地径生长值且相比以美洲黑杨57号为母本的2个杂交组合子代群体,达到了极显著性水平差异,说明这两个杂交组合的杂种苗具有很好的遗传选择基础,可以初选出优良的杂种实生苗单株。

对各杂交组合组内变异系数计算结果表明,57号×青杨和69号×卜氏杨2个杂交组合组内的苗高、地径生长变异系数最大,分别可达33.62%,29.00%和31.38%,30.77%。这说明这2个杂交组合内的杂种苗具有较大的个体间生长变异性,可为将来进一步的组内优良单株选育提供良好的基础。

对各杂交组合杂种苗的黑斑病感染调查表明,其子代的发病率均为100%,说明黑斑病危害较为普遍,而以美洲黑杨69号为母本的3个杂交组合的子代具有较低的感病指数,较好的抗黑斑病能力。黑斑病发病率较高的原因为2007年7-9月当地雨水较往年偏多且空气湿度偏大<sup>[21]</sup>,有利于黑斑病的发生,同时此次病害调查时间为9月中旬,此时杂种苗生长已经停止,苗体、叶片生理活动减弱从而导致对病害抵御能力下降,造成了较高的发病率。

美洲黑杨69号、57号和青杨派树种青杨、川杨、卜氏杨人工杂交属黑杨派与青杨派派间远缘杂交,双亲遗传基础差异较大。对苗期的苗高、地径生长量调查及方差分析结果表明,以川杨、卜氏杨为父本的2个杂交组合:美洲黑杨69号×川杨和美洲黑杨69号×卜氏杨的杂种苗为5个杂交组合中具有最好的苗期生长量表现并具有较强的抗黑斑病特性,因此,可以此为基础进行优良实生苗单株的初选,选育出优良的新品种。在今后初选出优良实生苗单株后,可通过进一步研究各杂种苗的连年生长规律,为新品种的认定和推广奠定基础。美洲黑杨57号×青杨和美洲黑杨69号×卜氏杨2个杂交组合的杂种苗组内苗高、地径生长变异系数最大,从而可为将来进一步开展组内优良单株的选择以及育种奠定良好的基础。

#### 参考文献:

- [1] 李彦慧,周怀军,杨敏生,等.杨树杂交育种进展[J].河北农业大学学报,2003,26(增刊1):109-111.  
LI Yanhui, ZHOU Huaijun, YANG Minsheng, et al. Advances in research of poplar cross breeding [J]. *J Agric Univ Hebei*, 2003, 26 (supp 1): 109-111.
- [2] 樊军锋,周永学,高建设,等.陕西杨树育种历史及展望[J].西北林学院学报,2004,19(2):77-81.  
FAN Junfeng, ZHOU Yongxue, GAO Jianshe, et al. Historical review of populus breeding achievements of Shaanxi Province and its future breeding strategy [J]. *J Northwest For Univ*, 2004, 19 (2): 77-81.
- [3] 徐纬英.杨树[M].哈尔滨:黑龙江人民出版社,1988.
- [4] 徐纬英.杨树选种学[M].北京:科学出版社,1960.
- [5] 庞金宣,郑世锴,刘国兴,等.窄冠型杨树新品种的选育[J].林业科技通讯,2001(4):8-9.  
PANG Jinxuan, ZHENG Shikai, LIU Guoxing, et al. Breedings of narrow crown populus new species [J]. *For Sci Technol*, 2001 (4): 8-9.
- [6] 符毓秦,刘玉媛,李均安,等.美洲黑杨杂种无性系——陕林3、4号杨的选育[J].陕西林业科技,1990(3):1-9.  
FU Yuqin, LIU Yuyuan, LI Jun'an, et al. Hybridization and selection of Shan-Lin No.3, 4 [J]. *J Shaanxi For Sci Technol*, 1990 (3): 1-9.
- [7] 符毓秦,吴妙峰,王忠信,等.陕林1号和2号杨树无性系的选育[J].杨树,1984,1(1):104-108.  
FU Yuqin, WU Miaofeng, WANG Zhongxin, et al. Hybridization and selection of Shan-Lin No.1, 2 [J]. *Populus*, 1984, 1 (1): 104-108.
- [8] 黄东森,佟永昌.小黑杨杂交育种[G]//中国林业科学研究院林业研究所育种二室.杨树遗传改良.北京:北京农业

- 大学出版社, 1991.
- [9] 鹿学程, 孙玉浩, 向玉茹. 昭林 6 号杨树杂交育种[J]. 杨树, 1985, **2** (2): 1 - 8.  
LU Xuecheng, SUN Yuhao, XIANG Yuru. Breeding of *Populus Zhaolin 6* [J]. *Populus*, 1985, **2** (2): 1 - 8.
- [10] 符毓秦, 刘玉媛, 李均安. 美洲里杨与青杨派树种的有性杂交及性状遗传分析[C]//徐伟英, 张培泉. 全国林木遗传育种第 5 次学术报告会论文汇编. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1990: 182 - 183.
- [11] 王明麻, 黄敏仁, 邹荣领, 等. 美洲黑杨 × 小叶杨杂交育种研究[G]//涂忠虞. 阔叶树遗传改良. 北京: 科学技术文献出版社, 1991: 83 - 92.
- [12] 涂忠虞, 沈熙环. 中国林木遗传育种进展[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1993.
- [13] 张玉波, 王庆斌, 李淑珍, 等. 牡丹江地区杨树遗传改良现状、问题及对策[J]. 东北林业大学学报, 2002, **30** (4): 65 - 66.  
ZHANG Yubo, WANG Qingbin, LI Shuzhen, *et al.* Present situation, problem and countermeasure of poplar genetic improvement in Mudanjiang Region [J]. *J Northeast For Univ*, 2002, **30** (4): 65 - 66.
- [14] 牛春山. 陕西杨树[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1980.
- [15] 符毓秦, 刘玉媛, 李均安. 美洲黑杨与青杨派树种的有性杂交及性状遗传分析[J]. 陕西林业科技, 1983 (2): 7 - 14.  
FU Yuqin, LIU Yuyuan, LI Jun'an. Hybridization and genetic analysis between *Populus deltoides* Marsh and *P. cathayana* Rehd. [J]. *J Shaanxi For Sci Technol*, 1983 (2): 7 - 14.
- [16] 李金花, 姜英淑, 宋红竹, 等. 美洲黑杨与不同种源青杨杂种子代无性系遗传变异和初步选择研究[J]. 林业科学研究, 2004, **17** (3): 368 - 373.  
LI Jinhua, JIANG Yingshu, SONG Hongzhu, *et al.* Genetic variation and initial selection of clones from hybrid between *Populus deltoides* Marsh × *P. cathayana* Rehd. [J]. *For Res*, 2004, **17** (3): 368 - 373.
- [17] 周永学, 樊军锋, 蔺林田. 美洲黑杨 × 青杨杂种无性系引种育苗试验[J]. 西北林学院学报, 2004, **19** (1): 58 - 60.  
ZHOU Yongxue, FAN Junfeng, LIN Lintian. Nursery trial of the introduction of *Populus deltoides* × *P. cathayana* clone [J]. *J Northwest For Univ Nat Sci Ed*, 2004, **19** (1): 58 - 60.
- [18] 李世峰, 戴咏梅, 潘惠新, 等. 杨树不同杂交组合苗期性状遗传变异[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2003, **27** (3): 47 - 50.  
LI Shifeng, DAI Yongmei, PAN Huixin, *et al.* Genetic variation of the seeding traits in various types of poplar crosses [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2003, **27** (3): 47 - 50.
- [19] 李金花, 张绮纹, 苏晓华, 等. 美洲黑杨与不同种源青杨杂种苗叶片和生长性状多水平变异研究[J]. 林业科学研究, 2002, **15** (1): 13 - 22.  
LI Jinhua, ZHANG Qiwen, SU Xiaohua, *et al.* Multi-level genetic variation in leaf and growth of hybrid system between *Populus deltoides* and *P. cathayana* [J]. *For Res*, 2002, **15** (1): 13 - 22.
- [20] 国际种子检验协会(ISTA). 1996 国际种子检验规程[S]. 农业部全国农作物种子质量监督检测中心, 浙江大学种子科学中心, 译. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [21] 全国林木种子标准化技术委员会. 杨树速生丰产用材林主要栽培品种苗木[S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [22] 高建设, 樊军锋, 周永学, 等. 不同种源青杨幼树抗锈病、黑斑病的研究[J]. 西北林学院学报, 2004, **19** (3): 24 - 25.  
GAO Jianshe, FAN Junfeng, ZHOU Yongxue, *et al.* A study on the diseases resistance of *Populus cathayana* Rehd. of different provenances [J]. *J Northwest For Univ*, 2004, **19** (3): 24 - 25.
- [23] 刘莉丽, 曹志敏, 樊军锋, 等. 杨树品种叶锈病抗病性研究[J]. 西北林学院学报, 2004, **19** (6): 132 - 134.  
LIU Lili, CAO Zhimin, FAN Junfeng, *et al.* A study of poplar resistance to *Melampsora larici-populina* [J]. *J Northwest For Univ*, 2004, **19** (6): 132 - 134.
- [24] 杨俊秀, 李武汉, 符毓秦, 等. 美洲黑杨杂种无性系抗病性研究[J]. 陕西林业科技, 1989 (2): 7 - 14.  
YANG Junxiu, LI Wuhan, FU Yuqin, *et al.* A study on the disease resistances of eastern cottonwood clones [J]. *J Shaanxi For Sci Technol*, 1989 (2): 7 - 14.
- [25] 向玉英, 朱湘渝, 侯艳. 杨树新品种抗溃疡病和黑斑病研究[J]. 林业科学研究, 1992, **5** (4): 423 - 428.  
XIANG Yuying, ZHU Xiangyu, HOU Yan. Study on the disease resistance of new poplar cultivars to trunk cancer, *Dothiorella gregaria*, and leaf black spot, *Marssonina brunnea* [J]. *For Res*, 1992, **5** (4): 423 - 428.
- [26] 北京林学院. 林木病理学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1982.