

# 毛白杨优树无性系相关选择研究\*

王琦 朱之悌

**摘要** 从全国选出的毛白杨优树中选择树龄 50 年生以上的老树 55 株,采用根繁获得的 3 年生无性系作为研究材料。通过方差分析估算了个体的重复力并分析了性状的稳定性;通过相关分析,特别是相关遗传力的通径分析,找出了影响苗木材积生长的主要性状,进而获得了优良基因型的表型标志。叶干重大、叶片窄而长、叶缘锯齿大而疏、叶柄较长、枝角适中(45°左右)、枝数较多是毛白杨速生的主要特征。枝角和叶基角较大是毛白杨木纤维长度较长的标志之一。

**关键词** 毛白杨、优树、无性系、相关选择

毛白杨(*Populus tomentosa* Carr.)是我国北方的乡土树种。它不仅速生高产,而且材质较好,是优良的民用建筑、工业原料和家具用材;加之毛白杨树体高大、美观,对美化环境也有着较大的贡献。因而成为速生丰产林、农田林网和“四旁”绿化的重要树种之一。

在广泛的分布区内和长期的栽培过程中,毛白杨产生了广泛的变异以至形成了许多新的类型,这为选择育种提供了丰富的材料。如何有效地利用毛白杨这些丰富的变异并从表型上识别其优良的基因型进行选择,是本文主要探讨的内容。

## 1 试验材料和数据

试验数据来自全国毛白杨优树无性系测定林。采用的试材母株树龄均大于 50 a,通过埋根繁殖取得幼化无性系 55 株,1985 年种于山东冠县苗圃,当年冬天平茬。试验设计为 4 株小区、3 次重复、株行距为 0.4 m×2.0 m 的完全随机区组。1987 年 9 月下旬对树高、胸径、节间长、叶片长、叶最宽、叶基宽、叶基角、叶尖角、叶鲜重、叶干重、叶柄长、叶柄凹入叶片基部深度(叶上)、叶缘锯齿、枝角、枝数(枝条中部直径≥0.5 cm 的枝数)等生长性状进行了调查;1988 年 3 月从截取 760 株 2 年生无性系苗木的地径进行了木纤维的测定。测定试样分别年轮取自树干的四个方位,同一年轮四个方位的试样混合后进行离析,分别测定 60 根纤维的长度和宽度,取其平均值用于分析。

## 2 研究方法与结果分析

### 2.1 性状的重复力及其应观测的重复次数

依据(1)式估算了无性系个体的重复力(表 1)。由于试验材料为根繁的幼化无性系苗木,基本上消除了无性繁殖材料的 C 效应。因此,这里的个体重复力也可作为其广义遗传力。

$$R = \delta_g^2 / (\delta_g^2 + \delta_e^2) \quad (1)$$

$\delta_g^2$  —— 遗传方差,  $\delta_e^2$  —— 环境方差。

1994—07—11 收稿。

王琦助理研究员(中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091);朱之悌(北京林业大学)。

\* 本文系 1986~1993 年林业部研究项目“短周期工业用材新品种选育”部分内容。

从表1可知,除叶基角外,其余性状的差异均达到极显著水平。纤维长度、叶干重、树高、叶缘锯齿、叶尖角、节间长、枝数、叶片长和叶最宽9个性状的重复力都在0.55以上,表明它们受环境的影响相对较小,其稳定性相对较高。

表1 性状的重复力及其应该观测的重复次数

性状	重复力 (%)	F 值	K 值 (次数)																		
			1	2	3	4	5	6	7	20	21	22	23								
纤维长	89.69	27.10**	1	1.054	1.074	1.084	1.090														
叶干重	72.21	8.80**	1	1.161	1.227	1.263	1.286														
树高	69.59	7.85**	1	1.179	1.255	1.296	1.322														
叶缘齿	64.14	6.36**	1	1.218	1.314	1.368	1.402														
叶尖角	57.83	5.11**	1	1.267	1.391	1.463	1.509														
节间长	57.24	5.00**	1	1.273	1.400	1.474	1.522	1.556													
枝数	56.94	4.97**	1	1.274	1.403	1.477	1.526	1.560													
叶片长	56.69	4.93**	1	1.276	1.406	1.481	1.530	1.565													
叶最宽	55.08	4.68**	1	1.289	1.427	1.507	1.560	1.597													
叶基宽	51.39	4.17**	1	1.306	1.454	1.541	1.599	1.639													
叶柄长	51.03	4.12**	1	1.325	1.486	1.582	1.646	1.691													
叶上	49.63	3.96**	1	1.337	1.506	1.607	1.675	1.723													
胸径	48.62	3.84**	1	1.346	1.521	1.627	1.698	1.749													
纤维宽	46.51	3.61**	1	1.365	1.554	1.670	1.748	1.804	1.847												
枝角	46.07	3.56**	1	1.369	1.561	1.679	1.759	1.816	1.860												
叶基角	12.24	1.42	1							6.014	6.090	6.162	6.228								

$F_{0.05}(54,108) = 1.48$ .

应用重复力还可确定多重观测时对性状所应该有的观测次数<sup>[1]</sup>。从无性系个体重复力和无性系平均值重复力两公式综合变换得到:

$$V_p/V_{\bar{p}} = K/(1 + (K - 1)R) \tag{2}$$

其中: $V_p$ ——一次度量时的表型方差, $V_{\bar{p}}$ —— $K$ 次度量时表型平均值方差, $K$ ——观测次数。

应用(2)式计算的结果列于表1。如果以准确度增益小于7.5%作为划分的标准,从表1可知,叶干重、树高观测2次就比较可靠,其余性状观测3次也比较可靠。

### 2.2 性状间的遗传相关

对16个性状间的遗传相关系数的计算可知,枝角、枝数、叶片长、叶最宽、叶柄长、叶基角、叶缘齿数和叶干重等性状均与树高或胸径的遗传相关达到显著或极显著水平。表明要选择速生高产的苗木,从遗传相关因素考虑,应选择叶片大而厚、叶柄较长、叶缘锯齿大而疏、叶基角大、枝角开张及枝数较多的苗木。枝角较大和叶基角较大等性状是木纤维较长的标志,尤其枝角比较稳定,据研究,杨树枝角在2年生时就趋于稳定,所以用2年生苗木的枝角对木纤维长度进行选择是有意义的。2年生毛白杨的高、径与18年生材积的相关均达到显著水平<sup>[2]</sup>,这说明用2年生毛白杨的生长性状进行选择也有重要意义。

### 2.3 相关遗传力的通径分析

2.3.1 相关遗传力 依据(3)式<sup>[3,4]</sup>计算的主要性状间的相关遗传力列于表2。相关遗传力

$$h_{x_i x_j} = COV_{g, x_i x_j} / (V_{px_i} \cdot V_{px_j})^{1/2} \tag{3}$$

其中: $COV_{g, x_i x_j}$ ——第*i*个性状与第*j*个性状的遗传协方差, $V_{px_i}$ ——第*i*个性状的表型方差, $V_{px_j}$ ——第*j*个性状的表型方差。

从表 2 可知,树高与胸径的相关遗传力大于胸径的遗传力,表明用树高来间接选择胸径,其效率大于直接对胸径进行选择的效率。依据  $Q=h_{x,y}/h_x^2$  可计算出由树高来间接选择胸径的相对效率为 105.6%;在与树高遗传相关的所有性状中,胸径与树高的遗传相关值最高且达到极显著水平,所以用树高表型值对胸径进行选择是可靠的。叶干重与叶最宽的相关遗传力大于叶最宽的遗传力,同样用叶干重的表型值来间接选择叶最宽,其相对效率为 100.7%,在与叶最宽相关的所有性状中,叶干重与叶最宽的遗传相关值和表型相关值都最高,且都达到极显著水平,所以用叶干重来间接选择叶最宽比直接选择叶最宽更有效。对表 3 分别树高和胸径进行分析可知,叶干重与树高的相关遗传力最大,叶最宽与胸径的相关遗传力最大,而用叶干重来间接选择叶最宽的效率又比其直接选择的效率高,所以用叶干重作为毛白杨速生苗木的相关选择指标是可靠而有效的;树高与叶片长的相关遗传力大于其与叶最宽的相关遗传力,胸径与叶片长的相关遗传力小于其与叶最宽的相关遗传力,这与它们相应的遗传相关系数或表型相关系数的大小是一致的,从而预示着树高与叶片长、胸径与叶最宽的密切关系。

表 2 主要性状间的相关遗传力

性 状	树 高	胸 径	枝 数	节间长	枝 角	叶片长	叶最宽	叶缘锯齿	叶柄长	叶干重
树 高	0.695 6									
胸 径	0.513 6	0.486 2								
枝 数	0.213 2	0.183 6	0.569 4							
节间长	0.131 9	0.002 4	0.025 7	0.571 2						
枝 角	0.248 4	0.262 7	0.124 8	0.001 2	0.460 7					
叶片长	0.412 9	0.341 2	0.036 1	0.005 8	0.168 4	0.566 9				
叶最宽	0.398 0	0.371 2	0.021 5	-0.108 7	0.218 4	0.544 3	0.551 2			
叶缘锯齿	-0.481 4	-0.339 6	-0.078 4	-0.061 7	-0.335 7	-0.371 2	-0.382 5	0.641 4		
叶柄长	0.412 2	0.348 3	0.104 3	0.052 6	0.159 2	0.448 6	0.426 5	-0.346 5	0.509 5	
叶干重	0.413 1	0.298 8	-0.077 2	-0.006 0	0.116 5	0.530 5	0.555 0	-0.255 3	0.407 0	0.722 1

注:对角线上的数值为各性状的遗传力。

表 3 八个生长性状对胸径、树高的相关遗传力通径分析

项 目	性 状	相 关 遗传力	直 接 作用	间 接 作 用							
				枝 数	节间长	枝 角	叶片长	叶最宽	叶缘锯齿	叶柄长	叶干重
胸 径	枝 数	0.183 6	0.113 9		-0.007 8	0.052 4	0.030 9	-0.027 0	0.015 7	0.038 3	-0.032 8
	节间长	0.002 4	-0.174 0	0.005 1		0.000 5	0.005 0	0.136 7	0.012 4	0.019 3	-0.002 5
	枝 角	0.262 7	0.193 5	0.025 0	-0.000 4		0.144 0	-0.274 6	0.067 2	0.058 4	0.004 9
	叶片长	0.341 2	0.484 8	0.007 2	-0.001 8	0.070 7		-0.684 4	0.074 3	0.164 7	0.225 6
	叶最宽	0.371 2	-0.692 6	0.004 3	0.033 1	0.091 7	0.465 5		0.076 4	0.156 7	0.236 1
	叶缘锯齿	-0.339 6	-0.128 3	-0.015 7	0.018 8	-0.141 0	-0.317 5	0.479 9		-0.127 2	-0.108 6
	叶柄长	0.348 3	0.187 3	0.020 8	-0.016 0	0.066 9	0.383 6	-0.536 9	0.069 3		0.173 1
	叶干重	0.298 8	0.307 2	-0.015 4	0.001 8	0.048 9	0.453 7	-0.697 9	0.051 1	0.149 4	
树 高	枝 数	0.213 2	0.218 1		0.001 4	-0.011 9	-0.006 3	-0.008 5	0.055 0	0.024 9	-0.059 5
	节间长	0.131 9	0.031 4	0.009 8		-0.000 1	-0.001 0	0.040 6	0.043 3	0.012 6	-0.004 6
	枝 角	0.248 4	-0.044 0	0.047 8	0.000 1		-0.029 4	-0.089 5	0.235 4	0.038 0	0.090 0
	叶片长	0.412 9	-0.099 0	0.013 9	0.000 3	-0.016 1		-0.263 4	0.260 3	0.107 1	0.409 8
	叶最宽	0.389 0	-0.282 9	0.006 3	-0.004 3	-0.016 6	-0.089 5		0.252 4	0.100 5	0.432 1
	叶缘锯齿	-0.481 4	-0.449 8	-0.030 0	-0.003 4	0.032 1	0.064 8	0.184 9		-0.082 8	-0.197 2
	叶柄长	0.412 2	0.121 9	0.039 9	0.002 9	-0.015 2	-0.078 3	-0.216 2	0.242 9		0.314 3
	叶干重	0.413 1	0.557 8	-0.029 5	-0.000 4	-0.011 1	-0.092 6	-0.287 4	0.179 1	0.097 2	

2.3.2 通径分析 选取与苗木生长关系最为密切的叶最宽、叶片长、枝数、叶干重、叶柄长、叶缘锯齿、节间长和枝角这8个性状作为原因变量( $x_i, i=1, 2, 3, \dots, 8$ ), 分别依胸径和树高作为结果变量( $y$ ), 根据方程组(4)计算的相关遗传力的通径系数列于表3。

$$\left. \begin{aligned} h_{1y} &= h_1 h_y p_{y.1} + h_1 h_y r_{g1.2} p_{y.2} + h_1 h_y r_{g1.3} p_{y.3} + \dots + h_1 h_y r_{g1.8} p_{y.8} \\ h_{2y} &= h_2 h_y p_{y.2} + h_2 h_y r_{g2.1} p_{y.1} + h_2 h_y r_{g2.3} p_{y.3} + \dots + h_2 h_y r_{g2.8} p_{y.8} \\ &\vdots \\ h_{8y} &= h_8 h_y p_{y.8} + h_8 h_y r_{g8.1} p_{y.1} + h_8 h_y r_{g8.2} p_{y.2} + \dots + h_8 h_y r_{g8.7} p_{y.7} \end{aligned} \right\} (4)$$

表3列出了8个主要生长性状对胸径的直接通径系数和间接通径系数。枝数通向胸径的直接通径系数为0.1139, 节间长、枝角、叶片长、叶最宽、叶缘锯齿、叶柄长和叶干重分别通向胸径的直接通径系数依次为-0.1740、0.1935、0.4848、-0.6926、-0.1283、0.1873和0.3072。这些直接通径系数表明, 叶最宽对胸径选择的直接作用最大, 其次是叶片长、叶干重、枝角、叶柄长、节间长、叶缘锯齿和枝数。可见, 叶最宽、叶片长和叶干重这3个性状对胸径的影响是主要的。如果固定其它7个原因性状, 对叶最宽进行选择可能最显著地影响胸径生长; 同样, 分别固定除叶片长和叶干重以外的其它7个原因性状, 对叶片长或叶干重进行选择也会显著地影响胸径生长。总之, 要选择胸径生长量大的品系或个体, 主要应从这3个性状着手, 选取叶片具有窄而长且厚而大特征的个体, 可能会有效地提高胸径的生长量。

(1) 叶最宽与胸径的关系。叶最宽对胸径的直接作用为-0.6926, 它通过枝数、节间长、枝角、叶片长、叶缘锯齿、叶柄长和叶干重对胸径的间接作用分别是: 0.0043、0.0331、0.0917、0.4655、0.0764、0.1567和0.2361, 这些间接作用与其直接作用正负抵消后, 对胸径的贡献仍为+0.3712, 说明叶最宽对胸径的贡献主要是通过其它原因性状的间接作用。叶最宽通过叶片长、叶干重和叶柄长对胸径的间接作用都较大, 表明叶最宽主要通过这3个性状对胸径起间接作用。处理好叶最宽与叶片长、叶干重和叶柄长的关系对选择胸径就显得比较重要, 选择叶片窄而长、叶干重大、叶柄较长的品系或个体, 对提高胸径生长是有效的。

(2) 叶片长与胸径的关系。叶片长对胸径的直接作用为0.4848, 它通过枝数、节间长、枝角、叶最宽、叶缘锯齿、叶柄长和叶干重对胸径所起的间接作用分别是: 0.0072、-0.0018、0.0707、-0.6844、0.0743、0.1647和0.2256, 这些间接作用对其直接作用正负抵消后, 对胸径的贡献仍为+0.3411, 说明叶片长通过其它原因性状对胸径的间接作用也非常明显。尽管叶片长对胸径的直接通径系数表明, 它在对胸径的选择中起着最主要的作用, 但是叶片长通过叶最宽、叶干重和叶柄长对胸径的间接作用也比较明显, 所以, 应以选择叶片长度最长为主, 同时兼顾叶片窄、叶片厚度大及叶柄较长等主要间接因子, 同样会有效地提高胸径的生长量。

叶干重与胸径的关系和叶柄长与胸径的关系十分相似, 而且都和叶片长与胸径的关系相吻合。但必须注意, 叶干重对胸径的直接通径系数几乎等于叶干重与胸径的相关遗传力, 表明叶干重通过其它7个原因性状对胸径的间接效应之和几乎为零; 而叶柄长对胸径的直接通径系数几乎等于其与胸径的相关遗传力的一半, 表明叶柄长通过叶最宽、叶片长和叶干重等原因性状对胸径的间接作用也比较重要。因此, 以选择叶干重最大、叶柄较长为主, 同时兼顾叶片窄而长等来选择胸径速生的苗木, 效果可能更好。

叶缘锯齿对胸径的直接通径系数和叶缘锯齿与胸径的遗传相关系数均为负值, 表明选择叶缘齿数疏的个体能提高胸径生长。同样, 虽然节间长对胸径的直接通径系数很小, 但注意选

择节间较短的个体,也有益于提高胸径生长。通过选择枝数和枝角来提高胸径生长时,选择枝数较多和枝角较大亦能获得较高的选择效率。

上述 8 个生长性状对树高的相关遗传力的通径分析(表 3)表明,要选择树高速生的苗木,应主要从叶部性状着手,选取叶干重大、叶缘锯齿疏而大、叶片窄而长、叶柄较长以及枝数较多、枝角稍小、节间稍长的苗木,方能较全面地挖掘树高速生的潜力。尤其是选择叶干重大苗木,最有利于树高的生长。

表 3 分析可知,毛白杨速生的主要标志是:叶干重大、叶片窄而长、叶缘锯齿疏而大、叶柄较长、枝角适中(45°左右)、枝数较多和节间长度居中。凡是具有这些特征的苗木,只要栽培条件适宜,在生长上肯定是突出的。

### 3 结论与讨论

(1)叶性状是影响毛白杨生长的主要性状。叶片的大小或重量可作为毛白杨早期选择的依据之一。叶干重大、叶片窄而长、叶缘锯齿疏而大、叶柄较长是毛白杨速生的一些主要标志;枝角和叶基角较大是木纤维长度较长的标志之一。

(2)枝数较多也能促进毛白杨生长,即密枝冠型的生长较好。至于枝数与叶量的关系,由于枝条的大小差别较大,具有多数小枝的密枝型树冠的叶总量并非一定大于具有少数大枝条的疏枝型树冠的叶总量,因而枝条难于反映与叶总量的对应关系。

#### 参 考 文 献

- 1 续九如. 重复力及其在林木育种上的应用. 北京林业大学学报, 1988, 10(4): 97~102.
- 2 朱之梯. 毛白杨良种选育战略的若干考虑及 8 年研究结果总结. 见: 林业部科技司主编, 阔叶树改良. 北京: 科学技术出版社, 1991. 59~82.
- 3 单保山. 遗传力的概念及其发展 I. 遗传力概念的发展. 河北农业大学学报, 1988, 11(2): 130~135.
- 4 戴君惕, 杨德, 尹世强, 等. 相关遗传力及其在育种上的应用. 遗传学报, 1983, 10(5): 375~383.

## Study on Correlate Selection from Plus Clones of *Populus tomentosa*

Wang Qi     Zhu Zhiti

**Abstract** 55 plus clones, which were reselected from the plus trees in the light of more than 50-year-old ortets and propagated by root sucker for 3-year-old rejuvenative clones, were used in this study; which mainly deals with the base genetic parameters and path analysis of the correlated heritability among 16 traits. The results show that the phenotype of superior genotype of *Populus tomentosa* are formed by big leaf-dry-weight, narrow and long leaf form, large and sparse leaf serrate, long petiole and many branches. Some signs of long wood fibre length of *P. tomentosa* are big branch angle and leaf base angle.

**Key words** *Populus tomentosa*, plus tree, clone, correlate selection

Wang Qi, Assistant Professor (The Research Institute of Forestry, CAF Beijing 100091); Zhu Zhiti (Beijing Forestry University).