

# 中金、中尚杨树无性系的选育

祁春芳<sup>1</sup>, 刘育生<sup>2\*</sup>

(1. 山西省桑干河杨树丰产林实验局, 山西 大同 037006; 2. 西北农林科技大学 科研处, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:**本文以群众杨、合作杨为对照, 对以 I-69、欧洲黑杨、美洲黑杨、小叶杨、箭黑杨、青杨等为亲本的 23 个杂种无性系, 进行了生长性状和材性性状分析。各无性系的树高、胸径、材积均差异极显著。6~7 年生树高和胸径的遗传力均很高。随着树龄的增大, 生长性状的遗传力增大, 受较强的遗传力的控制。各无性系间木材密度差异极显著, 最大者较对照群众杨提高了 23.5%, 无性系间纤维长度差异极显著。ZJ-2 和 ZJ-10 较对照群众杨高出 10.9%, 通过综合评价法, 从 23 个无性系中, 选出 6 个无性系, 分别为: ZJ-7、ZJ-2、ZJ-3、ZJ-10、ZS-8 和 L910-140。这几个无性系生长性状和材性性状均优良, 可以与群众杨、合作杨等品种平行推广应用。

**关键词:**无性系; 生长性状; 材性性状; 遗传分析; 选择

**中图分类号:**S722.33 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-7461(2007)01-0051-05

## Selective Breeding of Zhongjin and Zhongshang-Poplar Clones

QI Chun-fang<sup>1</sup>, LIU Yu-sheng<sup>2</sup>

(1. Poplar Experimental Bureau of Shanxi Province, Datong, Shanxi 037006, China;

2. Research Division, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

### 万方数据

**Abstract:** Taking *Populus popularis* and *P. opera* as controls, the growth and timber characteristics of the 23 cross-breeding varieties, which used. *Populus I-69*, *P. deltoids*, *P. nigra*, *P. simonii*, *P. nigra var thevestina* × *P. nigra* and *P. cathayana* as parents have been analyzed genetically in the thesis. The height (H), diameter at breast height (DBH) and timber volume between the clones were significantly different. The hereditary capacities (HC) of tree height and DBH of all the clones at ages from 6 to 7 were high, the hereditary capacities of the growth characteristics increased with the age, i. e. it controlled by the HC strongly. There were significant differences of the timber density between the clones. Among them the biggest one, comparing with *P. popularis* increased to 23.5% and the fiber length between the clones were different significantly, among them the Zj-2 and Zj 10's fiber length were improved 10.9% comparing to the *P. popularis*. Through an integrated analysis, 6 clones, ZJ-7, ZJ-2, ZJ-3, ZJ-10, ZS-8 and L910-140 were selected out from 23 clones. Both growth and timber characteristics of the 6 clones selected were good, therefore they can be extended and applied in the practice with poplar varieties of *P. popularis* and *P. nigra* simultaneously.

**Key words:** clone; growing characteristics; timber characteristics; genetic analysis; select

中国的杨树育种工作起始于 20 世纪 50~60 年代, 到 70~80 年代所育出的品种成为北方地区的杨树主栽品种, 如群众杨、北京杨、合作杨、小黑杨、白城杨等。近 20 多年间, 北方地区没有育成能超过这一时期所育品种的无性系(马常耕)<sup>[1]</sup>。20 世纪 70 年代中期, 许多林木育种工作者又开始致力于杨树育种, 力图培育出品质更加优良的杨树新品系。

本试验在中国林科院韩一凡教授的带领下, 对该批品种进行了一系列的研究<sup>[5-8]</sup>。通过品种试验林的测试, 选出了几个杨树新品种, 以期在“三北”地区相应的立地条件下推广应用。

通过黑杨派与青杨派的种间杂交, 改良杨树生长性状、材性性状及抗逆性状, 为半干旱地区培育一批生长稳定、优质、抗寒、抗病虫新品种。要求材积

收稿日期: 2006-04-28 修回日期: 2006-08-20

基金项目: 国家“八五”攻关科技专题“欧美杨胶合板材纸浆材新品种选育”

作者简介: 祁春芳(1971-), 女, 工程师。主要研究方向: 杨树育种。

\* 通讯作者: 刘育生(1970-), 男, 助理研究员, 主要从事森林培育与科研管理方面研究。

比对照品种提高 25% 以上,且材性性状有较大的改良。

## 1 试验区自然条件

山西怀仁县金沙滩林场位置:北纬 39°46',东经 113°32',米宅分区海拔 1 000 m。属半干旱草原气候带。年平均气温 6.8℃,极端最高气温 35.8℃,7 月平均气温 22.1℃。极端最低气温 -26.3℃,一月平均气温 -9.7℃,年≥10℃的积温 2 900℃,年降水量 350~400 mm,多集中在 7~9 月,蒸发量 2 000 mm,平均风速 2.4~4.2 m·s<sup>-1</sup>,无霜期 120~130 d。土壤为盐渍化淡栗钙土,有机质含量 0.5% 以下,pH 值 8.7,土壤含盐量 0.35%。地下水位 3.0 m 以下。

## 2 材料与方法

### 2.1 参试材料与田间设计

20 世纪 70 年代末,黄东森等人以 I-69 杨 [*Populus deltoides* cv. LUX (ex. I-69/55)]、欧黑 (*Populus nigra*)、美黑 (*Populus deltoides*)、小叶杨 (*Populus simonii*)、箭黑 (*Populus thevestina* × *P. nigra*)、青杨 (*Populus cathayana*) 等为亲本,进行杂交、这些组合分别为 69 × 美杨、69 × 意黑、69 × 小黑、洛小 × 欧黑、洛小 × 美黑、美黑 × 意黑、美黑 × 箭黑、小叶杨 × 美黑、美黑 × 青杨,1981 年在山西北部的金沙滩林场、薛家庄林场、尚希庄村及阳高苗圃等地营造了家系林。1986 年根据干形、冠形、分枝角度,生长量等指标,对家系进行选择,选出 40 多个无性系,从中选树上采集枝条扩大繁殖。根据苗期生长表现,选出 23 个无性系,1987~1991 年分别在山西省怀仁县金沙滩林场、包头市红旗农场营造无性系对比测定林。并设群众杨及合作杨为对照,试验按完全随机区组设计,9 株小区,3 次重复,株行距 4 m × 6 m。

### 2.2 材性测定方法

在 5 年生试验林内,每个无性系从各次重复中取代表性植株 1 株,用孔径 0.5 cm 的生长锥在 1.3 m 处与树干垂直钻取木芯。

按 Smith<sup>[2]</sup>饱和含水量法测定木材密度,测定后的木芯用硝酸法离析,用番红染色后在 XST-Z 型投影显微镜下观察,每株随机取 50 根完整的纤维,测纤维长 (mm)、纤维宽 (μm),求平均值,再计算出壁腔比、长宽比、双壁厚 (μm)。

## 3 结果与分析

### 3.1 生长性状的遗传分析

不同杨树无性系生长差异分析。各无性系 7 年

生树高、胸径、材积生长量见表 1。

表 1 各无性系 7 年生树高、胸径、材积生长量

Table 1 Height, DBH and volume with 7 year old trees of various clones

| 品种      | 树高 /m   | 胸径 /cm  | 材积 /m <sup>3</sup> | 材积为对照 I/% | 材积为对照 II/% |
|---------|---------|---------|--------------------|-----------|------------|
| 247-10  | 11.6370 | 13.8482 | 2.3449             | 139.8999  | 108.6900   |
| 69 × XH | 13.0489 | 14.5911 | 2.9428             | 175.4591  | 136.3165   |
| 78-1306 | 11.0233 | 13.8911 | 2.3728             | 141.5693  | 109.9870   |
| 902-221 | 11.1833 | 14.2643 | 2.5681             | 153.0885  | 118.9364   |
| 910-140 | 12.2176 | 15.4750 | 2.9325             | 203.0050  | 157.7173   |
| W1-41   | 12.2333 | 15.6278 | 2.9715             | 157.4290  | 122.3087   |
| ZJ-10   | 13.4000 | 16.8152 | 3.5797             | 175.9599  | 159.0143   |
| ZJ-1    | 11.2633 | 12.8944 | 1.9075             | 201.1680  | 156.7173   |
| ZJ-2    | 14.9486 | 19.6053 | 5.7193             | 341.0684  | 264.9805   |
| ZJ-3    | 12.6208 | 16.1039 | 3.1755             | 189.3155  | 147.0817   |
| ZJ-4    | 12.1489 | 15.0245 | 2.7971             | 166.7780  | 129.5720   |
| ZJ-5    | 12.6254 | 14.9079 | 2.8476             | 168.7836  | 131.9066   |
| ZJ-6    | 12.4368 | 15.6654 | 3.0449             | 181.6361  | 141.1154   |
| ZJ-7    | 15.8525 | 19.4467 | 5.6199             | 335.0584  | 260.3113   |
| ZS-10   | 12.1778 | 15.2667 | 2.9864             | 75.9599   | 59.0143    |
| ZS-11   | 12.6593 | 15.1065 | 3.0342             | 180.9683  | 140.5966   |
| ZS-1    | 11.8357 | 13.8722 | 2.3321             | 139.0651  | 108.0415   |
| ZS-2    | 12.2000 | 14.8230 | 2.6964             | 160.7679  | 124.9027   |
| ZS-4    | 12.2200 | 12.9428 | 2.1083             | 125.7095  | 97.6654    |
| ZS-8    | 13.9333 | 17.4986 | 4.2327             | 252.4207  | 196.1089   |
| ZX-1    | 10.5644 | 15.2967 | 2.5649             | 152.9215  | 118.8067   |
| ZX-2    | 10.8000 | 15.5389 | 2.0177             | 120.3673  | 93.5149    |
| ZX-3    | 12.1268 | 15.2500 | 2.6786             | 159.7663  | 124.1245   |
| HZ8261  | 11.5581 | 13.4699 | 2.1597             | 128.7145  | 100.0000   |
| QZY     | 11.4222 | 12.1418 | 1.7699             | 100.0000  | 77.6913    |

方差分析结果表明,无性系间树高、胸径和材积的差异均达到极显著水平。

由方差分析可知(表 2),7 年生时树高、胸径和材积三性状无性系间的方差分量分别占到 38.44%、35.01% 及 44.44%。这说明,三性状的差异主要是由无性系不同造成的。

多重比较,结果如表 3 所示,树高、胸径、材积各无性系分为 A、B、C、D、E 五类。品种速生最重要的指标之一为材积,该批品种中的 A 类 ZJ-2、ZJ-7、ZS-8 三无性系与其它无性系间材积生长有显著性差异。

遗传力估算(马育华 1982,王建园 1991)<sup>[3,4]</sup>。按品种试验的双因素方差分析模型推算表型,遗传和环境方差分量。据此,估算 4、6、7 年生树高和胸径的遗传力。分别为 0.08、0.15、0.73、0.71、0.63、0.65。6、7 年生材积遗传力为 0.79、0.72。

由此可知,随着树龄的增高,生长性状的遗传力增大,这说明,生长性状受强度的遗传控制,因此树龄较大时选择比较可靠。

### 3.2 材性性状的遗传分析(任建中等)<sup>[7]</sup>

3.2.1 不同杨树无性系材性性状方差分析(任建中等,1996)<sup>[5]</sup>(表 4)。

表2 方差分析及方差分量

Table 2 Variance analysis and variance component

| 树龄  | 性状  | 变异来源 | 自由度      | 均方       | 均方比         | 期望均方        | 方差分量        | 分量百分    |         |
|-----|-----|------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|
| 4年生 | 树高  | 区组   | 2        | 70.1008  | 5.8894**    | ve + 25.0vb | 2.3279      | 15.9702 |         |
|     |     | 无性系  | 24       | 12.9404  | 1.0871      | ve + 3.00vb | 0.3458      | 2.3723  |         |
|     |     | 误差   | 48       | 11.9028  |             | ve          | 11.9028     | 81.6574 |         |
|     | 胸径  | 区组   | 2        | 53.0086  | 7.5565**    | ve + 25.0vb | 1.8397      | 19.8294 |         |
|     |     | 无性系  | 24       | 8.2841   | 1.1809      | ve + 3.00vb | 0.423       | 4.5593  |         |
|     |     | 误差   | 48       | 7.0149   |             | ve          | 7.0149      | 75.6111 |         |
|     | 6年生 | 树高   | 区组       | 2        | 6.6519      | 5.3713**    | ve + 25.0vb | 0.2165  | 8.369   |
|     |     |      | 无性系      | 24       | 4.6374      | 3.7424**    | ve + 3.00vb | 1.132   | 43.7589 |
|     |     |      | 误差       | 48       | 3.3038      |             | ve          | 3.3838  | 55.4031 |
| 胸径  |     | 区组   | 21.1195  | 0.3388   | ve + 25.0vb | -0.0879     | -1.4638     |         |         |
|     |     | 无性系  | 24       | 11.5441  | 3.4941**    | ve + 3.00vb | 2.7467      | 40.0008 |         |
|     |     | 误差   | 48       | 3.3038   |             | ve          | 3.3838      | 55.4031 |         |
| 材积  |     | 区组   | 2        | 0.0002   | 0.3333      | ve + 25.0vb | 0           | 0       |         |
|     |     | 无性系  | 240.0026 | 4.3333** | ve + 3.00vb | 0           | 50          |         |         |
|     |     | 误差   | 48       | 0.0006   |             | ve          | 0           | 50      |         |
| 7年生 | 树高  | 区组   | 2        | 0.7928   | 0.503       | ve + 25.0vb | -0.0312     | -1.2451 |         |
|     |     | 无性系  | 24       | 4.4636   | 2.8365**    | ve + 3.00vb | 0.9633      | 38.4443 |         |
|     |     | 误差   | 48       | 1.5736   |             | ve          | 1.5736      | 62.8008 |         |
|     | 胸径  | 区组   | 2        | 16.5044  | 4.9671*     | ve + 25.0vb | 0.5272      | 8.899   |         |
|     |     | 无性系  | 24       | 9.5457   | 2.8728**    | ve + 3.00vb | 2.0743      | 35.014  |         |
|     |     | 误差   | 48       | 3.3227   |             | ve          | 3.3227      | 56.0868 |         |
|     | 材积  | 区组   | 2        | 0.0029   | 2.9         | ve + 25.0vb | 0           | 0       |         |
|     |     | 无性系  | 24       | 0.0036   | 3.6**       | ve + 3.00vb | 0.0008      | 44.444  |         |
|     |     | 误差   | 48       | 0.001    |             | ve          | 0.001       | 55.555  |         |

万方数据

表3 7年生树高、胸径、材积多重比较

Table 3 Comparison of heights, DBHs and volumes of seven years old trees

| 无性系     | 树高 /m | 胸径 /cm | 材积 /m³ | 无性系      | 树高 /m | 胸径 /cm | 材积 /m³ |
|---------|-------|--------|--------|----------|-------|--------|--------|
| ZS-2    | CDE   | BCDE   | BCDE   | ZJ-2     | AB    | A      | A      |
| 247-10  | DE    | CDE    | DE     | 902-221  | DE    | CDE    | BCDE   |
| ZS-10   | CDE   | BCD    | BCD    | ZS-1     | DE    | CDE    | CDE    |
| ZJ-11   | CD    | BCDE   | BCD    | ZJ-4     | CDE   | BCDE   | BCDE   |
| ZJ-6    | CDE   | BCD    | BCD    | ZJ-5     | CDE   | BCDE   | BCDE   |
| ZJ-1    | DE    | DE     | DE     | 78-1306  | DE    | CDE    | CDE    |
| ZJ-3    | CDE   | BC     | BCD    | L910-140 | CDE   | BCD    | BCDE   |
| ZJ-8    | ABC   | AB     | AB     | 69 × XH  | BC    | BCDE   | BCDE   |
| ZJ-4    | CDE   | DE     | DE     | W1-41    | CDE   | BCD    | BCDE   |
| ZX-1    | DE    | BDE    | BCDE   | QZY      | DE    | E      | E      |
| ZX-2    | E     | BCD    | CDE    | ZJ-10    | BC    | ABC    | BC     |
| ZX-3    | CDE   | BCD    | BCDE   | ZJ-7     | A     | A      | A      |
| HZ-8261 | DE    | DE     | CDE    |          |       |        |        |

注:同一栏目中,相同字母表示差异不显著,不同字母表示差异显著(下同)

(1)木材密度各无性系中对照 I 群众杨为 0.357 5 g · cm<sup>-3</sup>,对照 II 合作杨为 0.382 2 g · cm<sup>-3</sup>,ZJ-10 木材密度为 0.406 9 g · cm<sup>-3</sup>,较对照 I 提高 13.8%,较对照 II 提高 6.5%,ZJ-7 号杨较对照 I 提高 11.2%,较对照 II 提高 4%,ZS-8 号杨较对照 I 提高 4%。多重比较结果(表 5)显示,木材密度分为 A、B、C、D、E 5 类。ZJ-2、ZJ-10、ZJ-1、ZX-1、ZS-1、ZJ-7、ZJ-3、78-1306、69 × 小黑等无性系均在 A 类之列,木材密度属同一类。

(2)纤维长度无性系间纤维长度差异达极显著水平。多重比较结果显示(表 5),纤维长度共分为 A、B、C、D 4 类,ZJ-10、ZJ-2、ZX-2、ZX-3、78-1306、L910-140、69 × 小黑、247-10、ZS-2 号等无性系属于 A 类,它们比对照品种达显著或极显著差异。纤维长度 ZJ-2 号,ZJ-10 号为 0.85 μm,较对照 I 提高 10.9%,较对照 II 提高 20.3%,ZJ-7 号较对照 I、对照 II 分别提高 1.5%和 10.8%,ZS-8 号较对照 II 提高 4.2%,ZJ-6 号较对照 II 提高了 5.4%。

(3)纤维宽度也是衡量纤维性状的因子之一,纤维宽度愈宽,其纤维性状亦差,故一般纤维宽是负向选择。本试验各无性系间,纤维宽差异显著,多重比较结果表明(表 5),纤维宽度为 A、B、C、D、E5 类,纤维宽度较窄的无性系 ZJ-7、ZS-8、W1-41、902-211 属于同一类。

3.2.2 材性性状的方差分量和遗传力分析 由表 4 可知,纤维长度、纤维宽度和基本密度的方差分量分别占总变异的 62.5%、46.53%和 42.05%,这说明,三性状的变异主要是由无性系之间的差异所引起,材质三性状的遗传力分别为 0.7692、0.6464 和 0.6364,这说明,三性状受较强的遗传力控制。

3.3 性状的遗传变异及相关分析

3.3.1 方差分析及遗传参数估计<sup>[3,4]</sup> 方差分析结果表明:纤维长、纤维宽、纤维长宽比、基本密度、

表 4 4 年生杨树无性系材性性状方差分析

Table 4 Variance analysis with wood properties of four year poplar clones

| 性状    | 变异来源 | 自由度  | 均方     | 均方比       | 期望均方         | 方差分量         | 分量百分    |         |
|-------|------|------|--------|-----------|--------------|--------------|---------|---------|
| 纤维    | 区组   | 1.00 | 0.0005 | 0.4166    | ve + 25.00vb | 0.0000       | 0.0000  |         |
|       | 无性系  | 24.0 | 0.0052 | 4.3333 ** | ve + 2.00vb  | 0.0020       | 62.5000 |         |
|       | 误差   | 24.0 | 0.0012 |           | ve + 0.0012  | 37.5000      |         |         |
| 4 年 生 | 宽度   | 区组   | 1.00   | 3.0744    | 2.2464       | ve + 25.00vb | 0.0682  | 2.5370  |
|       |      | 无性系  | 24.0   | 3.8698    | 2.8277 **    | ve + 2.00vc  | 1.2506  | 46.5374 |
|       |      | 误差   | 24.0   | 1.3685    |              | ve + 1.3685  | 50.9247 |         |
| 生     | 密度   | 区组   | 1.00   | 0.0016    | 4.000        | ve + 25.00vb | 0.0000  | 0.0000  |
|       |      | 无性系  | 24.0   | 0.0011    | 2.7500 **    | ve + 2.00vc  | 0.0003  | 42.8571 |
|       |      | 误差   | 24.0   | 0.0004    |              | ve           | 0.0004  | 57.1482 |

表 5 材性性状多重比较

Table 5 Comparison of wood properties

| 序号 | 品种      | 材料密度 /g · cm <sup>-3</sup> | 纤维长度 /mm | 纤维宽度 /μm | 序号 | 品种       | 材料密度 /g · cm <sup>-3</sup> | 纤维长度 /mm | 纤维宽度 /μm |
|----|---------|----------------------------|----------|----------|----|----------|----------------------------|----------|----------|
| 1  | ZS-2    | C                          | AB       | BC       | 14 | ZJ-6     | D                          | C        | C        |
| 2  | ZS-1    | ABC                        | CB       | BC       | 15 | ZJ-7     | B                          | BC       | A        |
| 3  | ZS-4    | C                          | CB       | BC       | 16 | ZJ-10    | ABC                        | A        | C        |
| 4  | ZS-11   | C                          | CB       | CD       | 17 | ZX-1     | AB                         | C        | C        |
| 5  | ZS-10   | E                          | CBD      | CD       | 18 | ZX-2     | BC                         | AB       | C        |
| 6  | ZS-8    | C                          | CB       | A        | 19 | ZX-3     | CDE                        | B        | C        |
| 7  | HZ-8261 | C                          | CD       | B        | 20 | 78-1301  | BC                         | A        | DE       |
| 8  | QZY     | D                          | B        | CD       | 21 | L910-140 | CD                         | B        | B        |
| 9  | ZJ-1    | D                          | D        | CD       | 22 | 69 × XH  | BC                         | B        | B        |
| 10 | 方差数据    | A                          | C        |          | 23 | W1-41    | BCD                        | B        | AB       |
| 11 | ZJ-3    | B                          | AB       | AB       | 24 | 902-221  | BC                         | D        | AB       |
| 12 | ZJ-4    | D                          | CBD      | C        | 25 | 247-10   | CD                         | A        | C        |
| 13 | ZJ-5    | C                          | CD       | C        |    |          |                            |          |          |

树高、胸径、人材积等七个性状,在 25 个参试无性系品种间差异均达显著或极显著水平。在方差分析基础上,取得了各变异来源的方差分量和 7 个性状的遗传参数列表 6。从 4 个材质性状的广义遗传力来看,纤维长、纤维长宽比、纤维宽度和木材密度的广义遗传力者较高,分别为 61.18%、44.34%、47.75%、41.96%。表明材质性状受中等或强度的遗传

表 6 生长和材性性状遗传参数

Table 6 Genetic parameters of growth and wood properties

|        | 纤维长 /mm  | 纤维宽 /μm   | 长宽比     | 密度 /g · cm <sup>-3</sup> | 树高 /m | 胸径 /cm | 材积 /m <sup>3</sup> |
|--------|----------|-----------|---------|--------------------------|-------|--------|--------------------|
| 表型方差   | 0.0032   | 2.619     | 13.3040 | 0.0008                   | 1.691 | 3.772  | 256.28             |
| 遗传方差   | 0.002    | 1.251     | 5.899   | 0.0003                   | 0.717 | 1.671  | 121.28             |
| 环境方差   | 0.0013   | 1.368     | 7.405   | 0.0005                   | 0.974 | 2.101  | 135.01             |
| 表型平均值  | 0.761321 | 31338.887 | 0.383   | 8.903                    | 11.46 | 43.144 |                    |
| 广义遗传力  | 61.18    | 47.75     | 44.34   | 41.965                   | 42.4  | 44.29  | 47.321             |
| 表型变异系数 | 7.48     | 7.59      | 10.16   | 7.46                     | 14.6  | 16.95  | 37.11              |
| 遗传变异系数 | 5.85     | 5.25      | 6.78    | 4.83                     | 9.51  | 11.28  | 25.53              |
| 期望选择响应 | 0.061    | 1.356     | 2.839   | 0.021                    | 0.968 | 1.51   | 13.29              |

控制。通过无性系选择可望获得良好效果,材质性状的遗传力估值稍高于姜笑梅等对美洲黑杨报道和王明府等关于黑杨派无性系的报道,而略低于朱湘

渝等关于杨树杂种无性系的报道,表 6 还表明不同性状在群体中其遗传变异幅度相差较大,其中材积的遗传变异最大,GCV = 25.53%,胸径次之,基本密度的遗传变异最小,GCV = 4.83%。而纤维长、纤维宽、纤维长宽比、树高的遗传变异居中,分别为 5.85%、5.25%、6.78%、9.51%。

3.3.2 表型相关和遗传相关 表 7 两性状之间的简单相关表明:表型相关和遗传相关。大多数表型相关是较小的,其中只有纤维长宽比、材积与木材密度之间相显著,纤维长度、纤维宽度与纤维长宽比之间相关显著,胸径、树高。材积之间相关显著。

从遗传相关来看,生长性状胸径、树高、积之间呈现出高度的正相关;纤维长度与纤维长宽比、胸径、材积之间表现出高度的正相关;木材密度与胸径、材积两者之间呈现出高度的正相关。这表明木材密度、纤维性状和生长性状之间具有一定的遗传相关性,作速生性选择并不会导致木材密度降低,纤维品质下降。这些结果为杨树改良时的间接选择提供了依据,培育速生且材质优良的杨树新品种是可能的。

#### 4 优良无性系选择

任建中等在《杨树纸浆材优良无性系选择方法的研究》几种方法的选择结果基本一致。而综合评分法较为简单、直观。因此本研究采用综合评分法选择优良无性系<sup>[8]</sup>。

对测定的 25 个无性系品种的生长性状(树高、胸径、材积)材性状(木材密度、纤维长、纤维长宽比)的位次分别从小到大排列,每项的第一位赋予 25 分,第二位赋予 24 分,依次类推,最后 1 位赋予 1 分(表 8)。

排在前面的为 ZJ-7、ZJ-2、ZJ-3、ZJ-10、ZS-8 和 L910-140 等无性系的生长和材性性状均较优良。

#### 5 结论与讨论

##### 5.1 新选优良系号的材积

ZJ-7、ZJ-2、ZJ-3、ZJ-10、ZS-8 和 L910-140 等 5 个

无性系的材积显著大于对照品种的生长量。遗传分析表明,无性系受较强的遗传控制,在树龄较大时选择比较可靠。

表7 生长性状和材性性状遗传表型相关

Table 7 Correlations of genetic phenotype between growth properties and wood properties

| 指标    | 纤维长 /mm | 纤维宽度 / $\mu\text{m}$ | 长宽比     | 木材密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ | 树高 /m   | 胸径 /cm  | 材积 / $\text{m}^3$ |
|-------|---------|----------------------|---------|--|---------|---------|-------------------|
| 纤维长度  | 1.000   | 0.11                 | 0.785   | 0.536                                  | 0.032   | 0.719   | 0.651             |
| 纤维宽度  | 0.043   | 1.000                | -0.527  | 0.112                                  | -0.017  | 0.136   | 0.098             |
| 纤维长宽比 | 0.704** | -0.615**             | 1.000   | 0.324                                  | -0.072  | 0.442   | 0.398             |
| 木材密度  | 0.364   | -0.306               | 0.499** | 1.000                                  | -0.056  | 0.785   | 0.516             |
| 树高    | 0.002   | -0.209               | 0.137   | 0.233                                  | 1.000   | 0.76    | 0.829             |
| 胸径    | 0.381   | -0.105               | 0.359   | 0.376                                  | 0.769** | 1.000   | 0.981             |
| 材积    | 0.356   | -0.149               | 0.367   | 0.415**                                | 0.844** | 0.976** | 1.000             |

表8 六项指标各无性系得分表

Table 8 Values for six indexes of clones

| 无性系             | 树高    | 得分   | 胸径    | 得分   | 材积    | 得分   | 密度    | 得分   | 纤维长   | 得分   | 纤维长宽比  | 得分 | 总分      | 序号 |
|-----------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|--------|----|---------|----|
| ZJ-7            | 15.85 | 25   | 19.45 | 24   | 0.201 | 24   | 0.398 | 21   | 0.778 | 16   | 39.775 | 23 | 133.0   | 1  |
| ZJ-2            | 14.95 | 24   | 19.69 | 25   | 0.204 | 25   | 0.396 | 19   | 0.792 | 18.5 | 38.722 | 21 | 132.5   | 2  |
| ZJ-3            | 12.62 | 19   | 16.16 | 22   | 0.113 | 21   | 0.396 | 19   | 0.792 | 18.5 | 41.178 | 25 | 124.5.0 | 3  |
| ZJ-10           | 12.18 | 13.5 | 15.27 | 15.5 | 0.107 | 17.5 | 0.407 | 24   | 0.850 | 24   | 40.197 | 24 | 118.5   | 4  |
| ZS-8            | 13.93 | 23   | 17.50 | 23   | 0.151 | 23   | 0.372 | 7    | 0.737 | 9    | 39.383 | 22 | 107     | 5  |
| 910-140         | 12.22 | 16.5 | 15.48 | 18   | 0.121 | 22   | 0.379 | 9.5  | 0.807 | 22   | 38.073 | 19 | 107.0   | 5  |
| w1-41           | 12.13 | 10.5 | 15.63 | 20   | 0.094 | 11   | 0.389 | 15   | 0.763 | 13   | 38.564 | 20 | 98.5.0  | 7  |
| 69 × XH<br>万方数据 | 13.05 | 22   | 14.59 | 9    | 0.105 | 16   | 0.392 | 16   | 0.780 | 17   | 37.393 | 17 | 97.0    | 8  |
| ZS-11           | 12.66 | 21   | 15.11 | 13   | 0.108 | 19   | 0.379 | 9.5  | 0.748 | 12   | 33.445 | 7  | 81.5    | 10 |
| ZJ-6            | 12.44 | 18   | 15.67 | 21   | 0.109 | 20   | 0.350 | 3    | 0.745 | 11   | 33.687 | 8  | 78.0    | 11 |
| ZX-2            | 10.41 | 1    | 15.54 | 19   | 0.072 | 3    | 0.396 | 19   | 0.808 | 23   | 36.778 | 13 | 78.0    | 11 |
| 78-1306         | 11.02 | 4    | 13.89 | 7    | 0.085 | 8    | 0.394 | 17   | 0.855 | 25   | 37.107 | 15 | 76.0    | 13 |
| 247-10          | 11.64 | 8    | 13.85 | 6    | 0.084 | 7    | 0.381 | 11.5 | 0.795 | 20   | 37.197 | 16 | 68.5    | 14 |
| ZX-3            | 12.13 | 10.5 | 15.25 | 14   | 0.096 | 12.5 | 0.375 | 8    | 0.771 | 15   | 33.275 | 6  | 66.0    | 15 |
| 902-221         | 11.18 | 6.0  | 14.26 | 8    | 0.092 | 9.5  | 0.400 | 22   | 0.713 | 5    | 36.805 | 14 | 64.5    | 16 |
| ZJ-5            | 12.63 | 20   | 14.91 | 11   | 0.102 | 15   | 0.381 | 11.5 | 0.710 | 4    | 31.215 | 2  | 63.5    | 17 |
| ZS-4            | 12.22 | 16.5 | 12.95 | 4    | 0.076 | 4    | 0.382 | 13.5 | 0.743 | 10   | 36.502 | 12 | 60.0    | 18 |
| ZX-1            | 10.56 | 2    | 15.30 | 17   | 0.092 | 9.5  | 0.429 | 25   | 0.700 | 2    | 31.875 | 4  | 59.5    | 19 |
| ZS-10           | 12.18 | 13.5 | 15.27 | 15.5 | 0.107 | 17.5 | 0.336 | 1    | 0.718 | 8    | 31.548 | 3  | 58.5    | 20 |
| ZS-1            | 11.84 | 9    | 13.87 | 1    | 0.083 | 6    | 0.401 | 23   | 0.717 | 7    | 34.230 | 10 | 56.0    | 21 |
| ZJ-4            | 12.15 | 12   | 15.03 | 12   | 0.100 | 14   | 0.354 | 4    | 0.715 | 6    | 33.090 | 5  | 54.0    | 22 |
| HZ-8261         | 11.55 | 7    | 13.47 | 5    | 0.077 | 5    | 0.382 | 13.5 | 0.707 | 3    | 33.902 | 9  | 42.5    | 23 |
| QZY             | 11.09 | 5    | 12.15 | 2    | 0.060 | 2    | 0.358 | 5    | 0.767 | 14   | 35.732 | 11 | 39.0    | 24 |
| ZJ-1            | 10.65 | 3    | 12.89 | 3    | 0.046 | 1    | 0.348 | 2    | 0.658 | 1    | 29.808 | 1  | 26.0    | 25 |

5.2 新选的无性系材性性状显著改良

木材密度、纤维长度各无性系间差异极显著。选出的无性系较对照均有显著提高。杨树生长和材性性状受中等强度的遗传控制。7个性状的广义遗传力从41.95%到61.8%变化。选择率为10%的情况下,材积的相对遗传增益将超过30.8%,胸径的相对增益将超过13.2%;树高、纤维长、纤维长宽比相对遗传增益将分别超过10.9%、8.1%、6.4%;纤维长宽比和基本密度改变较小,相对遗传增益为4.7%和5.5%。

5.3 生长性状

树高、胸径和材积之间是高度的遗传正相关。纤维长度与纤维长宽比、胸径、材积之间表现出高度的遗传正相关,木材密度与胸径材积两者之间呈现出高度的遗传正相关。这表明木材密度、纤维性状和生长性状之间具有一定的遗传相关性,在纸浆材作速生选择时不会导致木材基本密度和纤维品质的下降,而纤维宽的下降正是我们所需要的。

参考文献:

[1] 马常耕.我国杂交育种的现状和发展对策[J].林业科学,1995,31(1):60-67.

结束期皆以西丰 21 最早,西丰 21 和 77 速生点出现较早,持续的时间也较接近,西丰 6 速生期开始较晚,持续的时间最长(63.16 d),速生点出现的时间和速生期的长短,在杨树品种(系)选择中可作为一个参考指标<sup>[4]</sup>,3 个无性系都是速生点较早,持续的

时间也较长,说明这 3 个无性系能充分适应当地的环境,具有最大的生长潜力。

根据生长速率可将整个生长期分为 3 个阶段:前生长期、速生期、后生长期(表 4)。

表 4 3 个无性系苗高生长阶段划分

Table 4 Division of seedling height growth phrase of three clones

月-日

| 无性系   | 前生长期 |      |            |             | 速生期  |      |            |             | 后生长期 |      |            |             |
|-------|------|------|------------|-------------|------|------|------------|-------------|------|------|------------|-------------|
|       | 起点   | 终点   | 时间<br>比率/% | 生长量<br>比率/% | 起点   | 终点   | 时间<br>比率/% | 生长量<br>比率/% | 起点   | 终点   | 时间<br>比率/% | 生长量<br>比率/% |
| 西丰 21 | 4-30 | 5-25 | 17.86      | 18.01       | 5-25 | 7-19 | 38.64      | 57.74       | 8-10 | 9-22 | 30.00      | 24.25       |
| 6     | 4-30 | 6-08 | 27.85      | 19.56       | 6-08 | 8-11 | 49.29      | 57.74       | 8-20 | 9-22 | 22.86      | 23.95       |
| 77    | 4-30 | 6-01 | 21.88      | 13.81       | 6-01 | 7-24 | 38.47      | 57.73       | 7-24 | 9-22 | 39.65      | 28.46       |

在生长期内,苗木的高生长速率是不同的,表现出一定的阶段性,这 3 个无性系前期生长都较慢,虽然速生期持续时间占生长期的比比较小,但速生期内的生长量占总生长量的比比较大(平均为 57.74%),3 个无性系速生期内的生长量占总生长量的比率基本相同,说明速生期的生长量决定着整个生长期的生长量,速生期时间较短,生长量却很大,因此,应重视速生期的苗木视肥、除草、病虫害防治等育苗措施,促进苗木生长,培养优质大苗,在生长后期,应停止追肥。促进苗木木质化,使苗木安全越冬。

### 3 结论

引种的 6 个无性系,以西 21、西 6 和西 77 表现较好,高生长量超出对照的 20%。

利用 Logistic 方程拟合一年生扦插苗的生长规律是可行的,相关系数达到 0.95 以上,效果极显著,根据方程,可以得出这 3 个无性系的速生点和速生期,这 3 个无性系都是速生点较早,持续的时间又较长,说明这 3 个无性系能充分适应当地的环境,具

有最大的生长潜力。

3 个无性系速生期内的生长量占总生长量的比率基本相同,速生期内的生长量占总生长量的比比较大(平均为 57.74%),说明速生期的生长量决定着整个生长期的生长量,因此应重视速生期的苗期管理。

### 参考文献:

(上接第 55 页)

- [2] Smith D M. Maximum moisture content method fordetermine specific grafting of small wood samples[M]. USDA Forestservice Forest Prod. Lab. Rent,1954.
- [3] 马育华.植物育种的量遗传学基础[M].南京:江苏科技出版社,1982.
- [4] 王建国.杨树抗云斑天牛新品种选育材性性状分析[J].林业科学,1991,27(3):284-287.

- [1] 陈章水.青海的青杨及优良无性系[J].青海农林科技,2004,(增):9-10.
- [2] 马广金.西丰杨系列品种简介[J].青海农林科技,2004,(增):55-56.
- [3] 王金生.西丰杨区域栽培意见[J].青海农林科技,2004,(增):16-17.
- [4] 杨成生,王芳,姜成英,等.北抗 1 号杨苗期年高生长进程分析[J].甘肃林业科技,2005,(3):4-6.
- [5] 涂忠虞,黄敏仁.阔叶树遗传改良[M].北京:科技文献出版社,1991.83-92.
- [6] 秦光华,姜岳忠,马玲,等.欧美杨新无性系苗期年生长规律的研究[J].陕西林业科技,2003,(3):8-12.
- [7] 李毅.胡杨无性系苗期年生长动态分析[J].甘肃农业大学学报,1996,31(3):252-256.

- [5] 任建中,韩一凡,王克胜,等.群众杨改良无性系生长性状的遗传分析[J].东北林业大学学报,1996,24(6):28-33.
- [6] 任建中.杨树纸浆材优良无性系选择方法的研究[J].北京林业大学学报,2003,25(4):25-29.
- [7] 任建中,王克胜,韩一凡,等.群众杨改良无性系材性性状遗传分析[J].东北林业大学学报,1996,24(5):57-63.
- [8] 任建中,王宗汉.综合评分法选育杨树纸浆材优良无性系探讨[J].东北林业大学学报,1996,24(4):69-73.