

# 白榆优树表型测定的遗传学初步分析

孙仲序<sup>1</sup>, 刘 静<sup>2</sup>, 邱治霖<sup>2</sup>, 张演义<sup>1</sup>

(1. 山东农业大学园艺系, 山东 泰安 271018; 2. 泰安市林业科学研究所, 山东 泰安 271000)

**摘要:** 白榆(*Ulmus pumila* Linn.) 优树半同胞子代测定林生长量遗传参数方差分析和亲子回归分析结果表明, 树高遗传力约为胸径的 3 倍, 遗传增益约为胸径的 2 倍; 半同胞子代树高的遗传增益高达 11.26% 或 11.97%, 胸径的遗传增益为 5.20% 或 7.30%。经无性系各性状与生长量通径分析得出, 直接影响树高和胸径生长量的因子以绝对值大小排列顺序为树皮 > 侧枝 > 顶端优势 > 树冠 > 枝角; 促进树高和胸径生长的主要因子及相对性状为粗树皮。经亲代各性状与生长量通径分析得出, 各因子按直接影响树高和胸径生长量的因子以绝对值大小排列顺序为: 材积 > 树皮 > 顶端优势 > 枝角 > 侧枝; 促进亲代各性状对子代树高生长的主要因子及相对性状为大材积; 促进子代胸径的主要因子及相对性状为浓密树冠。

**关键词:** 白榆; 优树; 遗传参数; 通径分析; 直接影响; 间接影响

**中图分类号:** S792.19; S718.46 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2001)04-0038-05

**Preliminary analysis on genetics of phenotype measurement of plus tree of *Ulmus pumila* Linn.** SUN Zhong-xu<sup>1</sup>, LIU Jing<sup>2</sup>, QIU Zhi-lin<sup>2</sup>, ZHANG Yan-yi<sup>1</sup> (1. Horticulture Department of Shandong Agriculture University, Taian 271018, China; 2. Taian Forestry Scientific Research Institute, Taian 271000, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2001, 10(4): 38-42

**Abstract:** Result was obtained from calculating genetic parameter variance analysis and filial regression of plus tree of *Ulmus pumila* Linn. cloning halfsib progeny measurement forestry growth increment: tree height heritability was about 3 times of breast height diameter, and the heredity benefit was about 2 times of breast height diameter, and heredity gain of cloning halfsib progeny' height was 11.26% or 11.97%, heredity gain of breast height diameter was 5.20% or 7.30%. By path analysis of relation between cloning' every character and growth increment, such result was obtained: the absolute value size of factor directly affecting tree height and normal diameter was: bark > lateral branch > apical dominance > tree crown > branch angle; the primary gene and relative character accelerating tree height was thick bark. By path analysis the relation between parental generation' every character and growth increment, such result was obtained: the absolute value size of factor directly affecting tree height and normal diameter growth increment: timber volume > bark > apical dominance > branch angle > lateral branch; the primary gene accelerating parental generation' every character to filial generation height was great timber; the primary gene accelerating filial generation normal diameter was dense crown.

**Key words** *Ulmus pumila* Linn.; plus tree; genetic parameter; path analysis; direct influence; indirect influence

白榆(*Ulmus pumila* Linn.) 是华北平原四旁绿化主要树种之一, 适应性强, 栽培面积广, 种内形成了丰富的变异类型<sup>[1]</sup>, 多年来山东省利用直接选择法<sup>[2]</sup> 中选出了许多优树, 其基因型的优劣仅从野外测得的数据难以判断, 须经表型测定获得优良基因型。在测定过程中, 除得出生长量的遗传力之外, 还须从亲子和无性系其他性状关系之间, 利用多变量的通径分析<sup>[3-8]</sup>, 找出与子代材积有直接影响及间接影响的主要因子<sup>[5]</sup>, 以便在今后选择过程中, 应

用直接和间接选择两种方法进一步定向选择, 提高选择效率。本研究自 20 世纪 80 年代开始对白榆优树无性系和子代测定林连续调查, 探讨白榆遗传变异的规律和幼树选种的途径<sup>[9,10]</sup>。

收稿日期: 2001-05-14

基金项目: 山东省三零工程资助项目

作者简介: 孙仲序(1946-), 男, 山东济南人, 大学, 教授, 硕士生导师, 主要从事遗传育种教学与科研工作。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试验设置

1.1.1 试验材料 系山东省 20 世纪 70 年代林木良种普查选出的 11 个白榆表型优树,分别为:东阿 74009、聊城 74010、泰安 74011、单县 73001、梁山 73002、博兴 73003、兖州 73004、兖州 73005、邹县 73006、金乡 73007、微山 73008。

1.1.2 试验设置 分别采集一年生枝条进行嫁接,用生长健壮的嫁接苗,按 5m × 5m 的株行距定植,建立无性系对比试验林。同时采集表型优树的种子进行育苗,翌年定植,株行距为 4m × 2.5m。无性系对比试验林和自由授粉子代测定林按土壤条件和水源条件的差异分别设置 3 个小区,无性系对比试验林小区面积为 0.33 hm<sup>2</sup>,自由授粉子代测定林小区面积为 0.8 hm<sup>2</sup>,每小区各系号均按完全随机区组试验设计定植,重复 14 次,周围设置保护行。

### 1.2 调查与计算方法

对 15 年生无性系和自由授粉种子的子代测定林的树高、胸径、材积、树冠、侧枝、顶端优势、枝角、叶片、树皮进行定量定性调查统计。分别在 3 个不同类型的试验小区内,对各系号每重复随机调查 3 株,共调查 126 株。在自由授粉子代测定林中,对树高、胸径、材积做定量调查,对树冠疏密、侧枝长短、顶端优势强弱、枝角大小、叶片大小、树皮粗细作定性调查,将定性调查结果进行量化后利用方差分析法和亲子回归法计算出遗传参数<sup>[2]</sup>:遗传力  $H^2 = V_g / (V_g + V_e)$  (式中  $V_g$  为遗传变量,  $V_e$  为误差变量);  $V_g = V_p - V_e / r$  (式中  $V_p$  为表型变量,  $r$  为重复次数);遗传响应力  $R = \bar{X} - P$  ( $\bar{X}$  为群体平均数,  $P$

为表型值);遗传增益  $\Delta G = R / \bar{X}$ ;遗传变异系数  $CV = S_b / \bar{X}$  ( $S_b$  为变异标准差)。在无性系试验林中,以优树无性系各性状为自变量,树高和胸径为因变量,构成线性组合,利用 S. Wright 通径系数分析法,分析无性系各性状与生长量的线性关系。

## 2 结果与分析

### 2.1 自由授粉子代测定林中的遗传参数分析

对白榆自由授粉子代测定林生长量进行遗传参数计算,结果见表 1。可以看出,两种方法计算的树高遗传力和遗传增益均大于胸径,树高的遗传力大约是胸径的 3 倍,遗传增益大约是胸径的 2 倍。同时由于树高比胸径遗传变异系数小,为 0.054 6 和 0.101 6,保证了这种遗传能力的稳定性。另外,树高的狭义遗传力 ( $0.79 \pm 0.12$ ) 稍小于广义遗传力 ( $0.82 \pm 0.17$ )。在优树选择时利用以上特点,以树高作为主要指标,能获得较好的选择效果。采集自由授粉的种子用于生产,后代由遗传所控制的树高会相应增加 11.26% 或 11.97%,可获得较大的遗传增益,而且其重复率均达极显著水平。

尽管树高的狭义遗传力比胸径的狭义遗传力高,但二者受到的外界环境条件的影响也不可低估,常规下立地条件对树高影响大,遗传力也大,因此,选种时应以树高作为主要指标,胸径为辅,严格掌握周围条件的一致性。子代测定时,应周密布置田间试验设计,尽量使环境条件的影响趋于最小,以便突出遗传作用。

### 2.2 白榆无性系各性状与生长量的通径分析

#### 2.2.1 无性系各性状与生长量的关系 以优树无

表 1 白榆自由授粉子代测定林生长量遗传参数

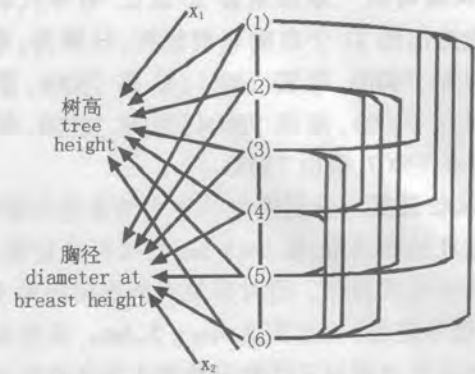
Table 1 Measurement forestry growth increment genetic parameter of freedom pollination progeny of *Ulmus pumila* L.

分析方法 Method of analysis	因子 Factor	遗传力 Heredity	遗传响应 Heredity response	遗传增益 Heredity gain (%)	遗传变异系数 Coefficient of variation in heredity	重复率 Repetition ratio (%)
方差分析法 Method of analysis of variance	树高 tree height	以小区为单位 Unit: plot	0.79 ± 0.12	1.24	11.26	0.63
	胸径 diameter at breast height	以家系为单位 Unit: family	0.82 ± 0.17	1.35	11.97	0.054 6
亲子回归法 Regression method	树高 tree height	以小区为单位 Unit: plot	0.23 ± 0.21	0.57	5.20	0.51
	胸径 diameter at breast height	以家系为单位 Unit: family	0.48 ± 0.21	0.80	7.30	0.101 6
	树高 tree height		0.27	1.40	12.70	-
	胸径 diameter at breast height		0.07	0.71	6.50	-

性系各性状为自变量,树高和胸径为因变量,构成线性组合,利用 S. Wright 通径系数分析法,分析无性系各性状与生长量的线性关系,结果见图 1 和表 2。从表 2 看出,无性系各性状与树高间的关系误差为 0.283 6,表中小于此数值的直接影响和间接影响均不作结果分析。直接影响以绝对值大小排列如下:树皮 > 侧枝 > 顶端优势 > 树冠 > 枝角。间接影响相对而言,树皮的作用要比其他性状强烈,即通过树皮而影响树高的作用较大。

上述直接影响和间接影响都是相关系数分割出的两个分量。因此将二者联合起来考虑更加合理,从图 1 和表 2 还可看到,树冠通径系数 P1 是正值(0.246 8),树冠与树皮的间接影响是正值(0.319 2),因此选择密树冠、粗树皮会更加加强这两个作用。枝角的通径系数 P2 是负值(-0.227 6),与树皮的间接影响也是负值(-0.352 8),显然,只有对角度进行反向选择,即选择大角这个性状才会有利。侧枝直接影响 P3(0.577 3)与树皮的间接影响

(-0.376 8)方向相反,综合分析,应以直接影响为主,不考虑后者,也就是说当选择短枝时,就能加强直接影响的作用。这样,除抵消了反向的间接影响外,仍会有助于树高的增加。



(1): 树冠 tree crown; (2): 分枝角度 branch angle; (3) 侧枝 lateral branch; (4): 树皮 bark; (5): 叶片 lamina; (6): 顶端优势 apical dominance

图 1 白榆无性系各性状与生长量通径图示  
Fig. 1 Path diagram of every character and growth increment of *Ulmus pumita* L. cloning

表 2 白榆无性系各性状与树高关系通径系数分析<sup>1)</sup>

Table 2 Analyses of path coefficient of relation between every character and tree height of *Ulmus pumita* L. cloning<sup>1)</sup>

影响方式 Influence way	树冠 Crown (1)	枝角 Angle (2)	侧枝 Lateral branch (3)	树皮 Bark (4)	叶片 Leaf (5)	顶端优势 Apical dominance (6)	误差 Error
直接影响 direct influence	Pi	0.246 8	-0.227 6	0.577 3	0.790 6	0.000 3	0.283 6
间接影响 indirect influence	(1)	-	0.057 1	-0.083 4	0.099 6	0.028 0	0.049 1
	(2)	-0.052 6	-	-0.107 0	0.101 6	0.019 6	-0.074 5
	(3)	-0.195 0	0.271 5	-	0.275 1	0.231 7	-0.226 8
	(4)	0.319 2	-0.352 8	-0.376 8	-	0.255 6	0.043 4
	(5)	0.000 03	0.000 02	-0.000 01	0.000 1	-	0.000 01
	(6)	0.113 4	0.187 6	-0.224 0	0.313 0	0.016 2	-
综合影响 synthesis influence	P	0.431 8	-0.065 0	-0.214 0	0.747 8	-0.518 4	0.361 2

<sup>1)</sup> Pi: 直接影响的树高 Tree height of direct influence; P: 综合影响的树高 Tree height of synthesis influence

从综合影响分析得出,促进树高生长的主次因子及相对性状大小依次为:树皮 > 树冠 > 顶端优势 > 大枝角 > 叶片。同上方法分析无性系各性状与胸径的关系,对胸径起作用较大的主次因子及相对性状大小依次为:树皮 > 叶片 > 树冠 > 侧枝 > 顶端优势 > 枝角。

2.2.2 优树各性状与子代生长量的关系 以优树子代的树高和胸径作因变效果,亲代各性状作变异原因,相互之间关系用通径图 2 表示,计算结果见表 3。由表 3 可以看出,误差为 0.170 1,在间接影响中,树皮通过材积对树高的间接影响最大(1.074 0),树冠密度在第一列所有影响中,通过材积的间接影响

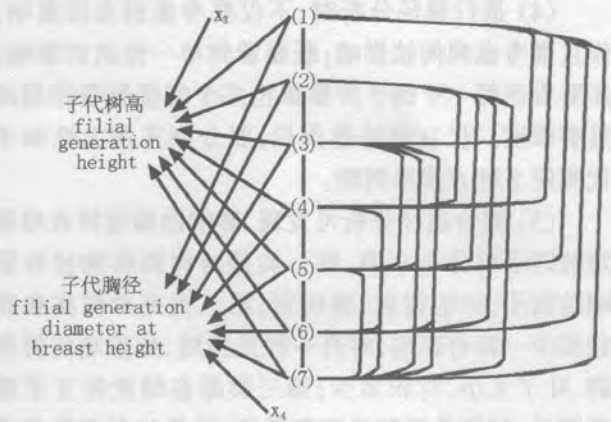
最大(0.705 7),又为正值,抵消了一部分来自直接影响(-0.113 4)和树冠 1 通过树皮的间接影响(-0.257 0)的负作用,所以此处应以冠密度性状为主。将各因子按直接影响绝对值的大小排列如下:材积 > 树皮 > 顶端优势 > 枝角 > 侧枝。

枝角间接影响中,枝角-树皮的值(0.284 0)和枝角-材积的值(-0.247 9)正负抵消大部分,另外枝角-顶端优势(-0.175 2)间接作用很小,因此起主要作用的是对角度的直接影响(0.382 7),对角度进行正向选择可有利于树高的增加。侧枝在 4 个因子的间接影响中,侧枝-材积绝对值固然较大(-0.881 8),但仍小于另 3 个因子的共同作用,所以通过材积而

起的影响可不必考虑,只要对其他性状加强正向选择,加大它们的共同作用。树皮通过材积的间接影响(1.074 0),几乎比所有的结果都大,以选粗树皮为主。这样既有利于树皮-材积的作用,又有利于其他性状的间接作用。材积直接影响值(1.430 2)较大,当然此性状应以正向选择为主。叶片的2个间接影响(0.205 8、0.200 4)与直接影响(-0.166 2)正负相反,前者之和大于后者。根据以上分析,如以树皮粗、材积大为选择对象时,显然对大叶的选择也将有利于它们的间接作用效果。顶端优势因子,通过材积所产生的间接影响为正值(0.301 0),其直接影响(-0.534 9)绝对值比它大,最终的结果是与子代的高度呈负相关,显然是不合理的,其原因是在评价每株顶端优势归属何种类型时,有时难以判别,常会发生错判现象,故此处可不作分析。树皮和材积是诸因子起间接影响的关键,因此加强二者的选择,不仅本身直接影响增大,也有助于其他因子间接效应的增加。

从综合分析结果得出,亲代各性状对子代树高

的影响顺序,按主次排列如下:材积大>枝角大>树冠密>叶片大>粗树皮>侧枝短。亲本各性状与子代胸径的关系,以同样的方法进行逐一性状分析,将亲代主次因子依次排列如下:密树冠>大材积>大叶片>粗树皮>长侧枝>大枝角。



(1): 树冠 tree crown; (2): 分枝角度 branch angle; (3) 侧枝 lateral branch; (4): 树皮 bark; (5): 叶片 lamina; (6): 顶端优势 apical dominance; (7): 材积 timber volume

图2 白榆亲本各性状与生长量通径图示  
Fig. 2 Path diagram of every character and growth increment of *Ulmus pumila* L. parent

表3 白榆亲代各性状与树高关系通径系数分析<sup>1)</sup>

Table 3 Analyses of path coefficient of relation between every character and tree height of *Ulmus pumila* L. parental generation<sup>1)</sup>

影响方式 Influence way	树冠 Crown (1)	枝角 Angle (2)	侧枝 Lateral branch (3)	树皮 Bark (4)	叶片 Leaf (5)	顶端优势 Apical dominance (6)	材积 Timber volume (7)	误差 Error	
直接影响 direct influence	Pi	-0.113 4	0.382 7	0.202 0	-0.636 5	-0.166 2	-0.534 9	1.430 2	0.170 1
间接影响 indirect influence	(1)	-	-0.021 2	0.038 3	-0.045 8	0.012 8	0.022 6	-0.055 9	
	(2)	-0.088 5	-	0.180 0	-0.170 8	0.032 9	0.125 3	-0.066 3	
	(3)	-0.068 2	0.095 0	-	-0.096 3	-0.081 1	0.074 9	-0.124 5	
	(4)	-0.257 0	0.284 0	0.303 4	-	0.205 8	-0.034 9	-0.477 6	
	(5)	0.018 8	-0.014 3	0.066 7	0.053 7	-	-0.004 7	-0.023 2	
	(6)	-0.106 4	-0.175 2	0.210 2	-0.029 4	-0.015 2	-	-0.112 5	
	(7)	0.705 7	-0.247 9	-0.881 8	1.074 0	0.200 4	0.301 0	-	
综合影响 synthesis influence	P	0.268 0	0.298 1	0.118 8	0.149 0	0.189 5	-0.205 0	0.571 2	

<sup>1)</sup> Pi: 直接影响的树高 Tree height of direct influence; P: 综合影响的树高 Tree height of synthesis influence

### 3 结 论

(1) 白榆优良无性系各类性状与周围环境的关系是主观与客观的关系,环境在植物遗传方面产生的影响虽是外在的,不如内在的作用强烈,然而,这种影响却是不能忽略的,鉴于目前研究手段的限制,在进行试验设计时,尽量使环境影响趋于最小,突出

遗传作用。

(2) 所调查的白榆各无性系群体,它们的定性性状稳定程度具有一定差异,因此,在早期测定和单株或群体选择时须从两方面考虑,即选用相对稳定的性状作为考察指标,同时选择外界环境条件干扰轻的无性系作试验对象。

(3) 树高和胸径2个定量性状的遗传力,前者高于后者,而且遗传响应和遗传增益亦是如此。但是,

遗传变异系数树高小于胸径,前者为 0.054 6,后者 0.101 6,表明了树高相应的遗传作用较大。特别是在幼龄和中龄林中选择时,以树高作为主要指标,辅以胸径指标,严格控制周围条件的一致性,更有助于选择的准确性。

(4) 进行通径分析时,不仅要考虑到直接影响,而且还要考虑到间接影响;既要看到单一性状的影响,还要看到每一个因子所要承担多个间接影响作用的重要程度。优良单株选出后,要分别采用无性和子代测定 2 种方式来判断。

(5) 综合通径分析可发现,影响白榆优树表型测定的因子可分为 3 类,第一类是对树高和胸径有影响的因子,如粗树皮、密树冠;第二类是对树高和胸径其中一种有影响,对另一种无作用,如顶端优势强弱、叶子大小、材积多少;第三类是各结论相互矛盾的因子,如枝条短利于高度增长,枝条长利于胸径增大,在子代中有利于树高的是侧枝角小,有利于胸径的却是侧枝角大,在无性系中情况也有变化。

#### 参考文献:

[1] 张敦伦. 白榆优树表型测定的遗传学初步分析[M]. 北京:中国

林业出版社,1984. 9-12.

- [2] 南京林业学院. 树木良种选育方法[M]. 北京:中国林业出版社,1984. 68-84.
- [3] Li C C. 群体遗传学[M]. 吴仲贤译. 北京:农业出版社,1981. 177-200.
- [4] 徐静斐. 数量遗传学与水稻育种[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,1990. 105-110.
- [5] 何东进,洪伟,崔春英,等. 通径分析在毛竹柃梢病研究中的应用[J]. 福建林学院学报,2000,20(3):203-206.
- [6] 梁康径,陈士燎,陈开斌,等. 杂交稻头季和再生产量构成因素的比较及相关与通径分析[J]. 福建农业大学学报,1997,26(3):262-269.
- [7] 许金芳,贾世锋,郭庆法. 糯玉米杂交种主要农艺性状的通径分析[J]. 玉米科学,1994, (3):34-39.
- [8] 梁一池. 杉木配合力第 1 轮回选择的研究Ⅲ. 速生性状的“联合选择”以及杂种优势[J]. 福建林学院学报,2000, 20(1):51-54.
- [9] 任华东. 樟树种源苗期生物量变异及其综合评价[J]. 林业科学研究,2000, 13(1):80-85.
- [10] 郑勇奇. 可持续林木育种——基因多样性和遗传增益的优化 [A]. 中国林业科学院林业研究所. 中国科学技术协会第三届青年学术年会论文集 农业科学分册[C]. 北京:中国科学技术出版社,1998. 46-52.

(责任编辑:宗世贤)

## 《林产化学与工业》征订启事

《林产化学与工业》是由国家新闻出版署批准、中国林科院林产化工研究所主办的全国林产化工行业唯一的学术类季刊,刊号:ISSN0253-2417, CN32-1149/S, 邮发代号:28-59. 2002年起改为大16开出版,正文88页,定价8.00元,全年32.00元。主要报道森林植物资源的化学加工与利用,内容包括:木材化学与制浆造纸;松脂、松香、松节油、萜类化学;植物原料水解;木材热解及活性炭;植物单宁、栲胶;精油;木本油料;油脂;林产药物;林产香料等化学加工和利用。适于本领域及其相关行业从事科研、生产、教学和管理

人员阅读。

本刊先后被美国 CA、EI, 英国《林产品文摘》、CAB Abstract, 俄罗斯《文摘杂志》, 日本《科学技术文献速报》, 中国化工文献, 中国《林业文摘》等 10 多种大型数据库收录。欢迎广大科技人员积极投稿、踊跃订阅。

编辑部地址:江苏南京市锁金五村 16 号林化所内, 邮编:210042

电话:(025)5412131-2543; 传真:(025)5413445