

文章编号: 100F 1498(2002) 02 0212 07

# 杉木无性系生长与材性测定的适宜 无性系株数与小区株数\*

胡德活<sup>1</sup>, 伍伯良<sup>2</sup>, 阮梓材<sup>1</sup>, 李建林<sup>3</sup>, 姚邦杰<sup>3</sup>, 朱报著<sup>1</sup>

(1. 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520; 2. 广东省肇庆市国有林业总场, 广东 肇庆 526020;

3. 广东省国营曲江林场, 广东 曲江 512100)

**摘要:** 对 1 块 7 年生杉木无性系试验林在不同无性系株数、小区株数抽样下, 进行树高、胸径、材积及木材密度的无性系排序、遗传参数估算, 并作效果比较, 结果如下: 对于生长量测定, 适宜无性系株数应在 20 株以上, 以 30 株测定效果较佳; 适宜小区株数在不同无性系株数下, 结果不太一致, 普遍表现为参试无性系株数少, 宜采用少株小区; 参试无性系株数多, 则宜采用多株小区。试验株数为 6、12、24 株时, 分别采用 2、4、3 或 4 株小区的效果较好。对于测定木材密度的适宜无性系采样株数宜在 6 株以上, 而适宜小区采样株数为 1 株, 且为所在小区最优株。

**关键词:** 杉木; 无性系测定; 无性系株数; 小区株数; 生长性状; 木材密度

中图分类号: S781.2

文献标识码: A

无性系测定的主要目的是评价无性系的遗传品质, 估计遗传参数, 以及为生产筛选、提供优良(速生优质)无性系繁殖材料。田间试验设计与材性采样方案的合理与否关系到试验结果的准确性。在国外, Cotterill 等对辐射松(*Pinus radiata* D. Don) 子代测定结果认为适宜家系株数以 10~ 20 株为宜<sup>[1]</sup>, McCutchan 认为适宜家系株数与性状的遗传力有关, 遗传力愈小, 要求的家系株数愈多, 研究性状遗传力低至 0.02 时, 家系株数亦仅需 40 株<sup>[2]</sup>。在不同学者、不同生长性状以及树木不同生长发育期, 适宜小区株数的使用上有所不同, 但以 1~ 4 株为宜<sup>[1~ 5]</sup>。在国内, 赵奋成等<sup>[6]</sup>对湿地松(*Pinus elliottii* Engelm.) 研究认为, 家系大小应不少于 30 株, 小区大小以 2、3 株测定结果稍优。杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) 自由授粉子代测定, 早期采用单株小区, 多次重复排列设计, 每家系试验株数在 40 株以上<sup>[7]</sup>, 后来普遍采用的家系、小区大小分别为 40 株和 4 株。杉木无性系测定采用的无性系株数则相对参差不齐。布置杉木无性系田间试验时, 每无性系植多少株适宜, 小区株数如何, 材性测定该采多少样株, 才能既较准确地反映实际情况, 又减少室内、外测定工作量? 该方法的研究未见报道。本文通过 1 块 7 年生无性系试验林的生长量与木材密度测定数据, 对无性系排序和遗传参数估值与无性系株数和小区株数的关系进行比较, 为今后制定合理的田间设计方案及材性测定方案提供依据。

收稿日期: 2001-05-06

基金项目: “九五”国家科技攻关专题“杉木建筑材树种遗传改良及大中材培育技术研究”(9601F03-01)的部分内容  
作者简介: 胡德活(1962), 男, 广东五华人, 高级工程师, 在职研究生。

\* 参加试验研究的还有国营曲江林场郑勋充、余国平、黄小平、曾祥囊、李奕龙等。特此致谢。

# 1 材料与amp;方法

## 1.1 材料来源

试验点设于广东国营曲江林场。试验地概况、试验苗木来源见参考文献[8]。采用随机区组设计, 4株小区, 10次重复, 参试无性系22个(包括1个对照)。株行距为2.00 m × 2.33 m。于1993年3月2日造林。

1999年底, 测量全林每木树高、胸径; 每小区选取2株最优株, 每无性系选择20株, 采用非破坏性方法<sup>[9]</sup>取样, 采用饱和含水量法测定木材基本密度<sup>[10-12]</sup>。

## 1.2 研究方法

1.2.1 生长量测定的适宜无性系株数与小区株数抽样 生长量测定的适宜无性系株数抽样——每无性系抽6、10、20、30株, 以估算各种抽样策略下的无性系重复力和无性系秩次相关系数, 分析无性系重复力和秩次相关系数值随无性系株数的变化趋势。

6株/无性系: ①6个区组, 单株小区; ②3个区组, 2株小区。

10株/无性系: ①10个区组, 单株小区; ②5个区组, 2株小区。

20株/无性系: ①10个区组, 2株小区; ②5个区组, 4株小区。

30株/无性系: 10个区组, 3株小区。

生长量测定的适宜小区株数抽样——在无性系株数为6、12、24株前提下, 按单株、2、3、4株小区估算无性系重复力和无性系秩次相关系数, 比较一定无性系株数下, 不同小区株数在估计无性系重复力和秩次值的差异。

6株/无性系: ①单株小区, 6个区组; ②2株小区, 3个区组; ③3株小区, 2个区组。

12株/无性系: ①2株小区, 6个区组; ②3株小区, 4个区组; ③4株小区, 3个区组。

24株/无性系: ①3株小区, 8个区组; ②4株小区, 6个区组。

以上各种方案重复抽样3次, 下同。

1.2.2 材性测定的适宜无性系采样株数与小区采样株数抽样 材质测定的适宜无性系采样株数抽样——每无性系抽3、6、10、16株, 以估算各种抽样策略下的木材密度重复力和木材密度秩次相关系数, 分析木材密度重复力和秩次相关系数值随无性系采样株数的变化趋势。

3株/无性系: 3个区组, 单株小区。各株均为所在小区的最优株, 下同。

6株/无性系: ①6个区组, 单株小区; ②3个区组, 2株小区。

10株/无性系: ①10个区组, 单株小区; ②5个区组, 2株小区。

16株/无性系: 8个区组, 2株小区。

材质测定的适宜小区采样株数抽样——在无性系株数为3、6、10、16株前提下, 按单株、2株小区估算木材密度重复力和木材密度秩次相关系数, 比较一定无性系采样株数下, 不同小区株数在估计木材密度重复力和秩次值的差异。

3株/无性系: 单株小区, 3个区组。

6株/无性系: ①单株小区, 6个区组; ②2株小区, 3个区组。

10株/无性系: ①单株小区, 10个区组; ②2株小区, 5个区组。

16株/无性系: 2株小区, 8个区组。

### 1.3 统计分析

1.3.1 方差分析与无性系重复力 以小区平均值为基础采用常规方法进行方差分析。无性系重复力<sup>[13]</sup>  $h^2 = 1 - 1/F$  ( $F$ 为方差检验值)。

1.3.2 Spearman 秩次相关系数  $R_s$ <sup>[14]</sup>  $R_s = 1 - 6 \sum d_i^2 / [n(n-1)(n+1)]$ , 式中:  $d_i$  为一无性系在某抽样方案中估算的无性系树高(或胸径、或材积、或木材密度)秩次与原设计(生长性状每系40株,木材密度每系20株优株)估算的无性系对应性状秩次之差,  $n$  为无性系数。

每种抽样方案3次重复抽样结果估算的无性系重复力、秩次相关系数的平均值,分别表示该方案的无性系重复力、秩次相关系数。相同无性系株数下,各种抽样方案估算无性系重复力、秩次相关系数的平均值,分别代表该无性系株数重复力及秩次相关系数。

## 2 结果与分析

### 2.1 无性系株数、小区株数与无性系生长秩次及重复力的关系

2.1.1 无性系株数对无性系生长秩次和重复力的影响 分别利用无性系株数为6、10、20、30株试验株的树高、胸径、材积估算无性系树高、胸径、材积秩次相关系数,并以此3个生长性状值分别估算无性系重复力。根据重复力及秩次相关系数的平均值,分别绘制生长性状重复力及秩次相关系数与无性系株数的关系图(见图1,2)。从图1看出,树高、胸径、材积的无性系重复力总体上随无性系株数的增加而增大。无性系株数在6~20株之间,3个性状无性系重复力均较低,分别与原设计(无性系株数为40株时,下同)对应性状估算值比较差异较大,其中无性系株数为6株时,树高无性系重复力与胸径及材积的无性系重复力比较,前者明显较低,此时胸径及材积的无性系重复力数值却高于无性系株数为10株时对应性状的无性系重复力数值,表明无性系株数在10株以下,性状间的无性系重复力波动较大,差异也较大,无性系株数20株以上时3个生长性状间无性系重复力在相同株数下大小相当,当株数增至30株时,3个性状的无性系重复力估值增加并趋于稳定,此时的无性系重复力估值(0.89~0.92)与原设计的估值(0.90~0.93)极为接近。从图2看出,3个生长性状的无性系株次相关系数(均达极显著水平)总体上与无性系重复力相类似,其数值亦随无性系株数增加而递增,当株数增至10~30株时,秩次相关系数值达0.90~0.99,相同株数下生长性状间的无性系秩次相关系数估值差异较小。因此,从生长性状无性系重复力和秩次相关系数上综合考虑,田间试验的无性系株数应在20株以上,30株即可得到较满意的效果。

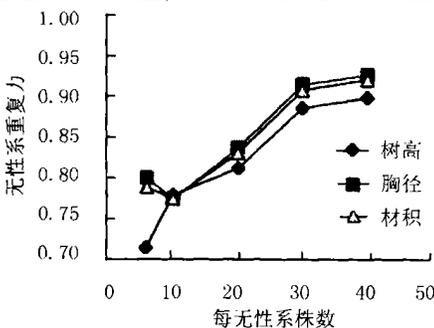


图1 无性系株数与无性系重复力的关系

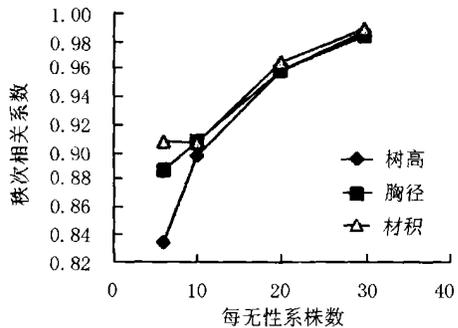


图2 无性系株数与秩次相关系数的关系

2.1.2 小区株数与无性系生长秩次和重复力的关系 各种无性系株数下, 树高、胸径、材积的无性系重复力及生长性状秩次相关系数与小区株数的相互关系绘于图 3~ 8。从图 3~ 5 看出, 对无性系重复力而言, 当无性系株数为 6 株时, 树高重复力估值以 3 株小区稍高于单株及 2 株小区, 并较为接近原设计的估值(0.90), 胸径及材积的重复力估值均以 2 株小区稍高于单株

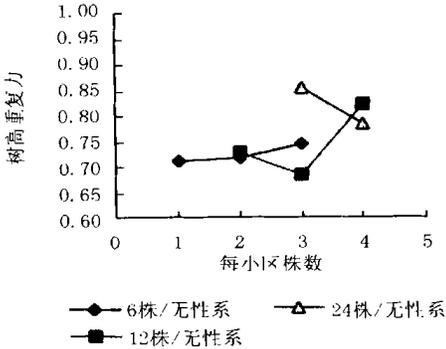


图 3 小区株数与无性系树高重复力的关系

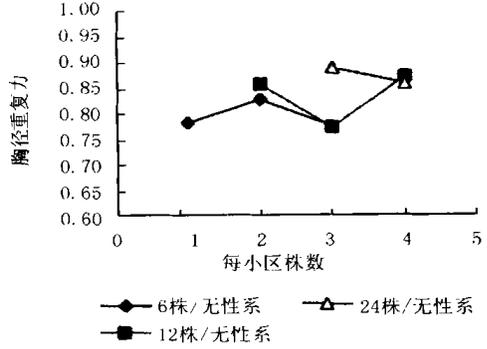


图 4 小区株数与无性系胸径重复力的关系

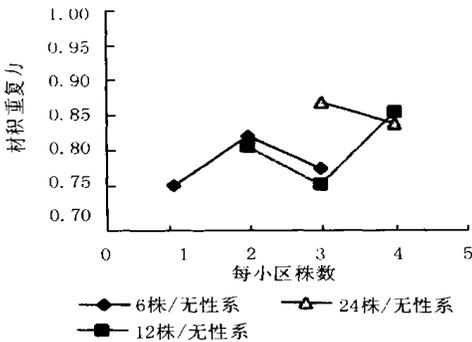


图 5 小区株数与无性系材积重复力的关系

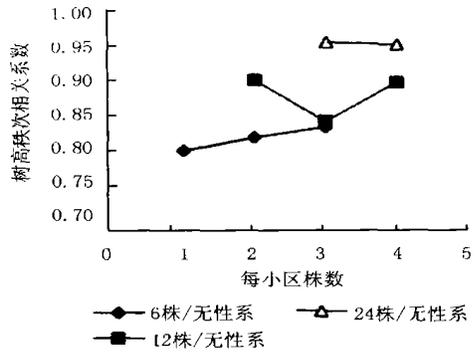


图 6 小区株数与无性系树高秩次相关系数的关系

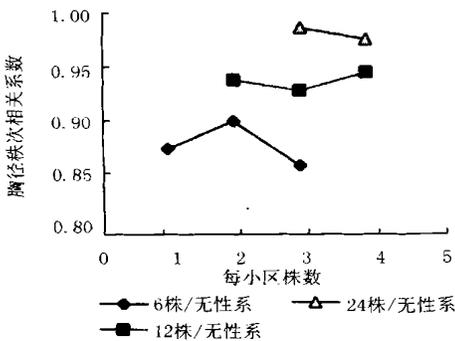


图 7 小区株数与无性系胸径秩次相关系数的关系

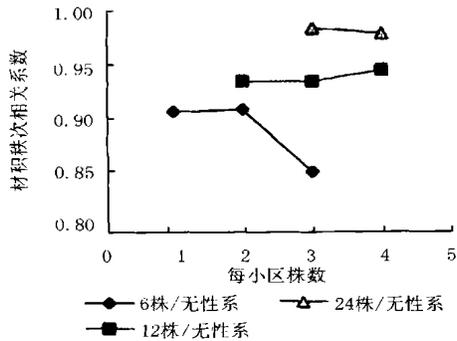


图 8 小区株数与无性系材积秩次相关系数的关系

及3株小区并较为接近原设计的估值(0.93),3个生长性状综合而言,以2株小区的效果较好;当无性系株数为12株时,3个生长性状均显示4株小区的效果较好,2株小区的效果居次,3株小区的效果较差;当无性系株数为24株时,与上述两种株数的情形比较,显示3、4株小区均达到较好的效果,以3株小区为佳。从图6~8看出,对秩次相关系数而言,当每个无性系为6株时,性状间结果不太一致,树高秩次相关系数随小区株数的增加而逐渐增大,胸径及材积的秩次相关系数则3株小区效果反而不及单株及2株小区,综合来说以2株小区的效果较好,单株小区居次;当每个无性系为12株时,不同小区株数间秩次相关系数的数值变化与无性系重复力估值相类似,即4株小区结果优于2株小区,而2株小区优于3株小区,但3种小区株数间胸径及材积的效果差异不太大;当每个无性系为24株时,3株、4株小区均达较好效果。综合上述分析,合理的小区株数与无性系株数相关关系表现为,无性系株数多小区株数宜多,无性系株数少时则小区株数宜少,当无性系株数为6、12、24株时,分别采用2、4、3或4株小区,对估算无性系重复力及生长性状秩次相关系数的效果较好。

### 2.2 无性系株数、小区株数与无性系木材密度秩次及重复力的关系

2.2.1 无性系株数对无性系木材密度秩次和重复力的影响 将无性系采样株数分别为3、6、10、16株时的木材密度秩次相关系数以及无性系株数为3、6、10、16株和20株时的木材密度重复力估值绘于图9。从图9看出,木材密度的秩次相关系数(均达极显著水平)随采样株数增加而稳步增大。当采样株数达6株以上时,秩次相关系数较高,达0.93~0.99。对于木材密度的重复力,总体上随采样株数的递增而逐步增大,当采样株数达6株以上时,各种方案的重复力数值达0.82~

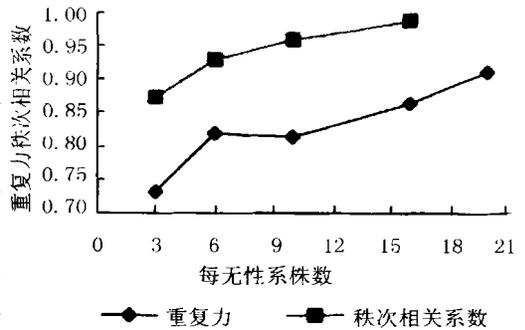


图9 无性系株数与木材密度的重复力及秩次相关系数的关系

0.87,明显高于3株采样株数的情形(0.73),并且较为接近20株采样株数时的重复力数值(0.91)。综合来说,测定木材密度的无性系采样株数不宜少于6株优株。

2.2.2 小区株数与无性系木材密度秩次和重复力的关系 将无性系各种采样株数下,其木材密度的重复力及秩次相关系数与小区采样株数的关系绘于图10、11。从图10看出,无性系采

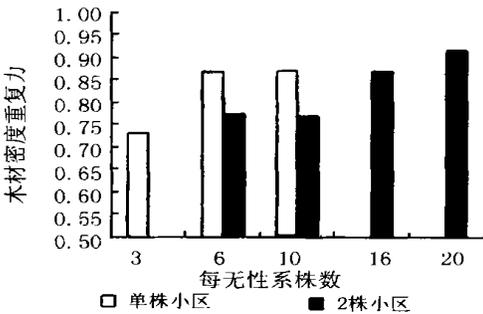


图10 小区株数与无性系木材密度重复力的关系

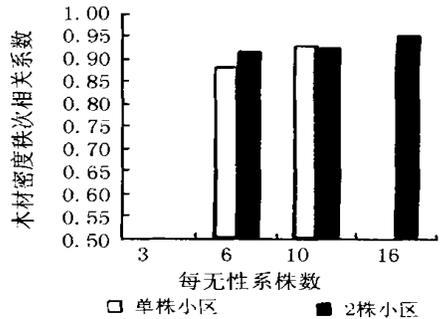


图11 小区株数与无性系木材密度秩次相关系数的关系

样株数为 6、10 株时, 小区采样株数均以 1 株的重复力(0.87) 较高, 较接近无性系采样株数为 20 株的重复力估值(0.91)。从图 11 看出, 各种采样株数下, 小区采样株数 1、2 株的木材密度秩次相关系数相差较小, 且数值较高, 接近 0.9 或 0.9 以上。两者综合来说, 当无性系采样株数为 6 株或 10 株时, 小区采样均以 1 株最优株为佳。

### 3 结论与讨论

(1) 综合上述分析, 杉木无性系生长量测定的适宜无性系株数应在 20 株以上, 以 30 株测定效果为较佳。这与国内外松类家系测定研究结果, 家系大小不少于 30 株, 一般需 40~60 株<sup>[6]</sup> 作比较, 本试验结果的适宜株数相对较少, 这似乎预示无性系测定试验株数可以比家系测定相对减少。但比 Cotterill 等推荐的家系株数多<sup>[1]</sup>。对于生长量测定适宜小区株数, 在不同无性系株数下, 结果不太一致, 普遍表现为参试无性系株数少, 宜采用少株小区, 参试无性系株数多, 则宜采用多株小区。试验株数为 6、12、24 株时, 分别推荐 2、4、3 或 4 株小区。

(2) 对于测定木材密度的适宜无性系采样株数宜在 6 株以上, 而适宜小区采样株数为单株, 且为所在采样小区中的最优株(胸径最粗者)。本试验木材密度采样与测定时, 考虑到各小区实际保存株数不完全一致, 同一小区内树木生长也有差异, 每小区按胸径从大至小选择 2 株最优株作为采样与测定的对象, 所有抽样均在此范围内进行, 以致比较木材密度的小区株数只有单株和 2 株, 无法进行 3 株以上小区株数的无性系重复力及秩次相关系数估值效果比较。另外, 对于无性系木材密度测定, 采多少株样株的测定结果可认为真值或近似真值, 目前未见报道。考虑到供研究的试验林年龄不大(7 年生)、有些试验株胸径较小, 采样较为困难并对树木生长影响较大, 加上目前一些学者认为无性系内分株间生长表现及材性差异相对较小, 测定木材密度倾向于只选择部分或几株试验株采样, 从这个角度考虑, 本研究 20 株样株木材密度测定数值应能较好地反映无性系木材密度的实际情形。

### 参考文献:

- [1] Cotterill P P, James J W. Number of offspring and plot sizes required for progeny testing[J]. *Silvae Genetica*, 1984, 33(6): 203~209
- [2] McCutchan B G, Namkkoong G, Giesbrecht F G. Design efficiencies with planned and unplanned unbalance for estimating heritability in forestry[J]. *Forest Science*, 1989, 35(3): 801~815
- [3] Correl R L, Cellier K M. Effects of plot size, block size buffer rows on the precision of forestry trials[J]. *Aust For Res*, 1987, 17: 11~18
- [4] Wright J W, Freeland F D. Plot size and experimental efficiency in forest genetic research[C]. *Michigan State Univ Dep ForTech Bull*, 1960, (250): 3~28
- [5] Johnstone R C B, Samuel C J A. Experimental design for forest tree progeny tests with particular reference to plot size and shape[A]. In *Proc. IUFRO, Joint meeting. Of working parties on population genetics breeding theory and progeny testing*[C], 1974. 357~376
- [6] 赵奋成、李宪政、何礼华, 等. 湿地松子代测定中合适家系大小及小区大小的探讨[J]. *林业科学研究*, 1993, 6(5): 573~578
- [7] 福建省洋口林场, 南京林产工业学院树木组. 杉木优树子代测验方法及其效果[J]. *中国林业科学*, 1977, 13(2): 43~48
- [8] 胡德活, 林绪平, 阮梓材, 等. 杉木无性系早一晚龄生长性状的相关性及早期选择的研究[J]. *林业科学研究*, 2001, 14(2): 168~175
- [9] 叶志宏, 张敬源. 杉木木材材性的遗传与变异研究 I 材性性状的株内变异及取样方法[J]. *南京林业大学学报*, 1987, 3: 1~11
- [10] GB1931-1991 木材含水率测定方法[S]. 14~15
- [11] GB1933-1991 木材密度测定方法[S]. 21~23
- [12] 成俊卿. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985. 643~647
- [13] 何贵平, 陈益泰, 关志山, 等. 杉木无性系生长与分枝习性的遗传变异[J]. *林业科学研究*, 1997, 10(5): 556~559
- [14] R. G. R. 斯蒂尔, J. H. 托里. 数理统计的原理与方法[M]. 杨纪柯, 孙长鸣译. 北京: 科学出版社, 1979. 499~500

## Number of Individuals per Clone and per Plot Required for Clone Test of Growth Character and Wood Density of Chinese Fir

HU De-huo<sup>1</sup>, WU Bo-liang<sup>2</sup>, RUAN Zi-cai<sup>1</sup>, LI Jian-lin<sup>3</sup>,  
YAO Bang-jie<sup>3</sup>, ZHU Bao-zhu<sup>1</sup>

(1. Guangdong Forestry Research Institute, Guangzhou 510520, Guangdong, China;  
2. Forestry Farm of Zhaoqing, Guangdong Province, Zhaoqing 526020, Guangdong, China;  
3. Forestry Farm of Qujiang, Guangdong Province, Qujiang 512100, Guangdong, China)

**Abstract:** Based on the samplings of individuals from different clones and plots in a clone testing stand of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) at age 7, the paper made the estimation of clone rank correlation and clone repeatability on the height, DBH, volume and the wood density. The results showed that over 20 individuals per clone were sufficient to reliable growth test, 30 individuals per clone were better. The number of individuals per plot was different among different numbers of individuals per clone. Fewer tree plots would be chosen if the number of individuals tested per clone were fewer, more tree plots would be chosen if the number was more. For the testing of wood density, the number of individuals per clone should be more than 6, but the sampling number of plot was 1, and that was the plus tree.

**Key words:** Chinese fir; clone test; the number of individuals per clone; the number of individuals per plot; growth character; wood density

## 西南桦以芽繁芽组培快繁成功

西南桦树干通直、材性好、用途广泛,具有很高的经济价值,是热带及南亚热带的速生用材树种;耐贫瘠、适应性强,尤其在我国西南山区有着很大的发展潜力。近几年,西南桦在华南地区的推广也非常迅速。当前,我国正加紧西部开发建设,西南桦以芽繁芽组培快繁技术的成功,对西南桦良种选育的研究及良种迅速推广,支援西部开发建设有着极其重要的现实意义和应用价值。目前,西南桦以芽繁芽组培快繁技术国内外尚未见报道,热带林业研究所林木繁育中心于2000年开展以芽繁芽的研究工作,2001年成套生产工艺技术取得成功。现报道如下:

1. 克服西南桦枝细多毛难消毒的难关,获得大田1年生超级苗无菌外植体。
2. 通过综合改良MS及其他基本培养基配方,研制基本培养基。调整激素组合、增加抗氧化剂等多项技术措施,解决了西南桦组培过程中,褐化严重、侧芽不抽高生长,愈伤生长过旺等问题,突破西南桦增殖难的技术难关,实现40d增殖转接1次,增殖倍数为4,年繁殖系数为 $2.62 \times 10^5$ 。

3. 研制生根培养基,瓶苗生根率98%以上,经生根培养的苗木,生长粗壮、根系发达。

4. 通过一系列的炼苗与苗圃管理技术措施,移植成活率在95%以上。

综上所述,西南桦的增殖系数、瓶苗生根率、移植成活率等主要快繁技术指标均达到工厂化生产的要求。

刘英

(中国林业科学研究院热带林业研究所)