

# 尾叶桉 U6 无性系萌芽性能研究

陈少雄<sup>1,2</sup>, 李天会<sup>2</sup>, 李志辉<sup>1</sup>, 谢耀坚<sup>2</sup>, 刘素青<sup>3\*</sup>

(1 中南林业科技大学, 湖南长沙 410004 2 国家林业局桉树研究开发中心, 广东湛江 524022  
3 广东海洋大学, 广东湛江 524088)

**摘要:** 尾叶桉 U6 是南方分布最广的桉树无性系之一。研究表明, 3 个月生的 U6 的萌芽点、萌芽条数和萌芽高度均服从 Weibull 分布, 峰度均大于 3, 比正态分布的峰值高; 偏度大于 0, 呈不对称分布, 数据均值右侧的离散性比左侧的强。萌芽点数按伐桩高度和伐桩直径分布均呈随机性, 表明萌芽点数与伐桩高度和伐桩直径无关, 仅与其生物学特性有关。萌芽条数受伐桩直径和高度的影响, 伐桩直径越大, 萌芽条数越多, 呈线性关系; 当伐桩高度低于 16 cm 时, 萌芽条数随伐桩高度的增加而增加, 超过 16 cm 高度后随之减少, 呈三次抛物型。萌芽条高度与伐桩高度有关, 当伐桩高度低于 12 cm 时, 萌芽高度随伐桩高度的增加而增加, 到 12 cm 以后随之减少; 萌芽条高度与伐桩直径呈负相关。

**关键词:** 尾叶桉 U6 萌芽性能; Weibull 分布; 伐桩

中图分类号: S792.39 文献标识码: A

## Coppice Performance of *Eucalyptus urophylla* clone U6

CHEN Shao-xiong<sup>1,2</sup>, LITian-hui<sup>2</sup>, LIZhi-hui<sup>1</sup>, XIE Yao-jian<sup>2</sup>, LIU Su-qing<sup>3</sup>

(1 Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China  
2 China Eucalypt Research Centre, Zhanjiang 524022, Guangdong, China  
3 Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, Guangdong, China)

**Abstract** *Eucalyptus urophylla* clone U6 was one of the most common eucalypt clone planted in Southern China. The results showed that the number of sprout spot, coppice number and height at the age of 2 months followed the Weibull distribution, the kurtosis was over 3, higher than normal school, the skewness over 0, as an anisomeric distribution. The number of sprout spot was related with biological features but not related with height and diameter of stumps as it changed with randomness. Coppice number affected by height and diameter of stumps. The bigger the diameter, the more the coppice number, it showed a linearity relationship. The coppice number increased with the height of stumps when the height was under 16 cm, it would decrease when the height was over 16 cm, it followed a thrice parabola. The coppice height was affected by the height of stumps, it increased when stump height was under 12 cm, then decreased while over 12 cm. The coppice height was negatively related by stump diameter.

**Key words** *Eucalyptus urophylla* clone U6; coppice; Weibull; stump

桉树 (*Eucalyptus* spp.) 作为南方速生树种, 具有材质好、用途广等优良生产性能, 同时具有萌芽能力强的特点, 所以桉树发展很快, 我国桉树人工林面积

每年以 10% 的速度增长<sup>[1]</sup>。尾叶桉 U6 (*Eucalyptus urophylla* S. T. Blake clone U6) 无性系具有生长快, 适应性强, 抗性好, 抗逆性强等特点<sup>[1-2]</sup>。自 1994

收稿日期: 2008-09-02

基金项目: 国家“十一五”科技支撑课题: 桉树和相思速生丰产林培育关键技术与示范 (2006BAD24B02) 和速生纸浆林可持续经营管理技术与示范; 优良能源树种丛生桉选育技术引进 (2007-4-12) 等的部分内容

作者简介: 陈少雄 (1965—), 男, 江西樟树人, 研究员, 中南林业科技大学博士生, 研究方向: 桉树定向培育。

\* 通讯作者。E-mail: liusuqing2001@yahoo.com.cn

年开始选育, 1997年后大面积推广, 至今已遍布广东、广西、海南、云南、四川、福建等省及相邻广西的越南<sup>[3]</sup>。

桉树是我国南方最重要的工业速生树种类之一。为了充分利用桉树高效、速生的特性, 大部分种植者通过提高集约经营程度, 尤其提高造林技术标准, 使造林费用一般占到经营费用的 50% 以上<sup>[4]</sup>。所以, 在生产中如何利用桉树萌芽更新的生物学特性<sup>[5]</sup>, 对降低经营成本具有重要的意义。

影响桉树林分萌芽能力的因子众多<sup>[6-10]</sup>, 然而系统研究 U6 桉树林分萌芽生产性能的文章较少。弄清这些指标与影响因子之间的关系, 对提高 U6 林分的生产力, 促进桉树产业的健康发展具有重要的意义。

## 1 材料与方 法

### 1.1 造林

2002年 5月造林, 每株 250 g 磷肥作基肥, 没有追肥; 造林整地规格为 40 m × 40 m × 30 m。2008年 3月砍伐, 面积 8 hm<sup>2</sup>。

### 1.2 数据调查

在砍伐 3 个月 后开展了萌芽性能调查。分上坡和下坡每 1 hm<sup>2</sup> 设立 1 个 20 m × 20 m 的标准地, 上坡和下坡各设 4 个, 合计 8 个样地, 调查内容包括伐桩直径、伐桩高、萌芽条高、萌芽点数和萌芽条数等指标。

### 1.3 数据分析方法

由瑞典的 Weibull W allodi (1951) 研究链强度时提出 Weibull 分布:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-c}{\beta}\right)^\alpha} \quad (1)$$

其中  $c$  为位置参数;  $\beta$  为尺度参数;  $\alpha$  为形状指数。  $c$  与  $x$  分布的最小有关;  $\beta$  与  $x$  的分布范围有关;  $\alpha$  与  $x$  的分布偏度有关。  $\alpha$  值一般在 1~3.6 之间, 为单峰左偏山状分布, 当  $\alpha < 1$  时为倒 J 型分布; 当  $\alpha = 1$  时为指数分布; 当  $\alpha = 2$  时为  $\chi^2$  分布; 当  $\alpha = 3.6$  时为近似正态分布; 当  $\alpha \rightarrow \infty$  时变为单点分布。

Weibull 分布具有适用性广, 覆盖性强的特点, 一经提出, 在众多领域上得到应用, 也为林业上解决数理统计上的各种分布, 如林隙面积分布格局<sup>[11]</sup>、多样性的多度分布<sup>[12]</sup>等, 提供了有效的手段。本研究应用 Levenberg-Marquardt 法和牛顿最速下降法的混合算法 (Nocedal J Wright S J 1999), 通过 Matlab 软件拟合 U6 的萌芽点数、萌芽条数和萌芽高度的分

布规律, 并用游程分析方法等分析伐桩直径、伐桩高度对它们的影响<sup>[13]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 U6 萌芽点数分布规律分析

调查了 8 个样地的 188 株样木的萌芽点, 萌芽点数最小的为 1, 最大为 12, 平均数为 6.02。峰度  $kurtosis = 3.3071$ , 偏度  $skewness = 0.5136$ 。萌芽点数样本数据分布峰值比正态分布稍高 (正态分布峰度  $kurtosis = 3$ ), 数据均值右侧的离散性比左侧的强 (偏度  $skewness > 0$ )。

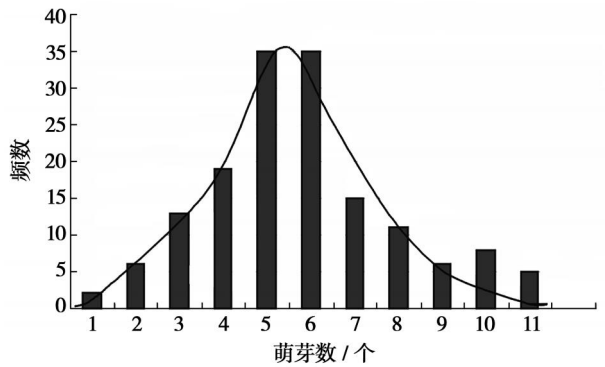


图 1 萌芽点分布图

拟合萌芽点数的 Weibull 分布曲线 (见图 2)。萌芽点数的三参数 Weibull 分布模型为:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-1}{4.824}\right)^{2.193}} \quad (2)$$

相关系数为:  $R = 0.9979$ ,  $F = 45.033 > F_{0.01} = 3.8$  模型达到极显著水平。所以 U6 的萌芽点数服从 Weibull 分布。

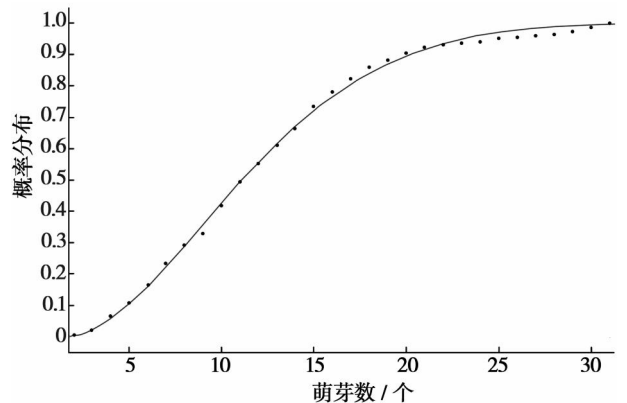


图 2 萌芽点数 Weibull 概率分布图

### 2.2 伐桩直径对萌芽点数影响

在调查的 8 样地中, 最小伐桩直径为 2 cm, 最大伐桩直径为 23 cm, 其上分布的平均萌芽点数由 4~8.2, 平均数为 5.85, 变动系数为 18.93%。应用游

程检验<sup>[12]</sup>方法对各伐桩直径上分布的萌芽点数进行随机性检验,萌芽点分布的游程  $r = 8$  临界值为  $r_{1(0.025, 10, 11)} = 6$   $r_{2(0.025, 10, 11)} = 17$ , 因为  $r_1 < r < r_2$ , 所以

表 1 中按伐桩直径分布的萌芽点数具有随机性, 故伐桩直径对 U6 的萌芽点数无影响。

表 1 不同伐桩直径的萌芽点数

伐桩直径 /cm	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
平均点数 /点	4	4	5	4	6	7	6.75	6.33	6.83	5.33	5.78
伐桩直径 /cm	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
平均点数 /点	5.55	5.86	5.53	5.90	5.40	5.71	5.90	8.20	7.83	6	

### 2.3 伐桩高度对萌芽点影响

从 8 个样地调查的 188 株样木中, 伐桩的高度从 4 cm 至 34 cm 不等, 不同伐桩高度上的平均萌芽点数从 5.3 至 8.5 个。为了检验伐桩高度对萌芽点的影响, 对表 2 按伐桩高度分布的萌芽点数据进行

随机性检验。应用游程检验方法, 计算出表 2 萌芽点数的游程  $r = 7$ , 临界值分别为  $r_{1(0.025, 7, 8)} = 4$   $r_{2(0.025, 7, 8)} = 13$ , 因为  $r_1 < r < r_2$ , 所以表 2 中按伐桩高度排列的萌芽点数具有随机性, 故伐桩高度对 U6 的萌芽点数无影响。

表 2 不同伐桩高度与萌芽点数关系

伐桩高度 /cm	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	18	17	34
平均点数 /点	6	6.5	5.3	6.2	7	5.5	6	6.6	5.6	6.7	5.2	6.5	8.5	8	8

### 2.4 萌芽条数分布规律分析

调查了 8 个样地 188 株样木, 样木萌芽条数最少的为 2 最多的为 44 平均值为 13.1。峰度  $kurtosis = 5.2774$  偏度  $skewness = 1.0824$  萌芽条样本

数据分布峰值比正态分布高 (正态分布峰度  $kurtosis = 3$ ), 数据均值右侧的离散性比左侧的强 (偏度  $skewness > 0$ ) (见图 3)。

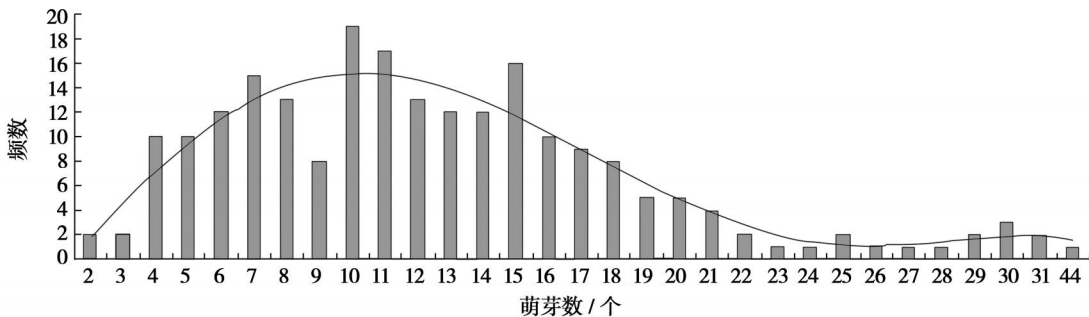


图 3 萌芽条分布图

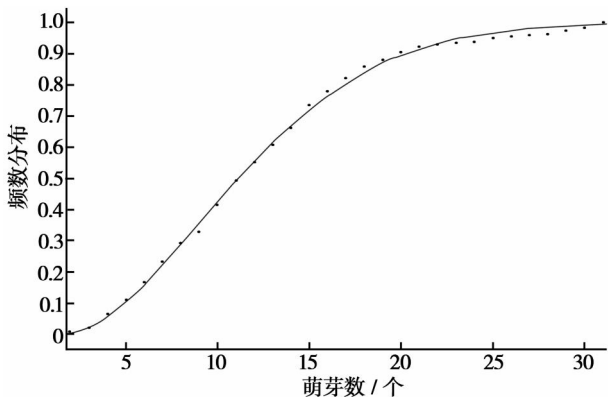


图 4 萌芽条数概率分布图

拟合萌芽条数的 Weibull 分布曲线 (见图 4)。萌芽条数的三参数 Weibull 分布模型为:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-1.567}{11.720}\right)^{1.794}} \quad (3)$$

相关系数为:  $R = 0.9992$ ,  $F = 55.043 > F_{0.01} = 3.8$  模型达到极显著水平。所以 U6 的萌芽条数服从 Weibull 分布。

### 2.5 伐桩直径对萌芽条数的影响

表 3 不同伐桩直径的萌芽条数

伐桩径级 /cm	4	9	14	19	24
萌芽条数 /条	8.9	11.2	12.2	15.9	14.7

从表 3 中可以得出, 萌芽条数与伐桩直径有关, 并随着直径的增大而增多, 呈线性关系。

$$n = 7.368 + 0.398D \quad (4)$$

相关系数  $R = 0.978836$ ,  $F = 38.09 > F_{0.01} = 34.1$ , 线性模型达到极显著水平。

### 2.6 伐桩高度对萌芽条的影响

从表 4 发现, 伐桩高度对萌芽条数的影响表现为比较复杂, 当伐根高度较小时, 随着伐桩高度的增加, 萌芽条数也增加, 当高度达到一定水平之后, 萌芽条数随着伐桩高度的增加而减少, 呈三次抛物型。

$$n = -0.004337h^3 + 0.1549h^2 - 1.336h + 15.84 \quad (5)$$

相关系数  $R = 0.9843$ ,  $F = 100.2 > F_{0.01} = 99.2$ , 模型达到显著水平。

表 4 不同伐桩高度的萌芽条数

伐桩高度 /cm	4	8	12	16	26
萌芽条数 /条	12.2	13.0	13.6	16.3	9.2

### 2.7 萌芽条高度分布规律分析

调查了 8 个样地 188 株样木, 样木萌芽高度最低的为 5 cm, 最高的为 160 cm, 平均值为 62.4 cm, 峰度  $kurtosis = 3.8418$ , 偏度  $skewness = 0.7069$ , 萌芽条样本数据分布峰值比正态分布高 (正态分布峰度  $kurtosis = 3$ ), 数据均值右侧的离散性比左侧的强 (偏度  $skewness > 0$ )。

表 5 不同萌芽高度分布

树高 /cm	20	40	60	80	100	120	140
频数	31	32	62	38	12	6	7

拟合萌芽高度的 Weibull 分布曲线 (见图 5)。萌芽高度的三参数 Weibull 分布模型为:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x+23.95}{83.2}\right)^{2.913}} \quad (6)$$

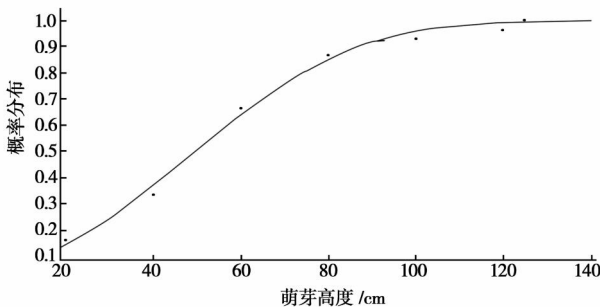


图 5 萌芽高度概率分布图

相关系数为:  $R = 0.9968$ ,  $F = 58.643 > F_{0.01} = 3.8$ , 模型达到极显著水平。所以 U6 的萌芽高度服

从 Weibull 分布。

### 2.8 伐桩直径对萌芽高度影响

从表 6 中可以得出, 萌芽高度随着伐桩直径变化而变化, 伐桩直径越大, 萌芽高度越小。萌芽高度与伐桩直径呈三次抛物线型。

$$h = -0.01084d^3 + 0.3581h^2 - 4.451h + 86.17 \quad (7)$$

相关系数  $R = 0.9804$ ,  $F = 125.33 > F_{0.01} = 99.2$ , 模型达到极显著水平。

表 6 不同伐桩直径对萌芽高度的影响

伐桩径阶 /cm	4	8	12	16	20	24
萌芽高度 /cm	74.6	64.1	68.9	63.3	51.0	36.8

### 2.9 伐桩高度对萌芽高度的影响

从表 7 可以看出, 伐桩高度对萌芽高度的影响比较复杂, 当伐桩高度较矮时, 随着伐桩高度的增加萌芽高度随之增加, 伐桩高度达到一定高度后, 萌芽高度随伐桩高度的增加而减少。对萌芽高度生长比较有利的高度为 12 cm 左右。

表 7 不同伐桩高度的萌芽高度

伐桩高度 /cm	4	8	12	16	26
萌芽高度 /cm	58.7	60.5	67.8	60.7	65.5

## 3 结论与讨论

(1) 萌芽点数是植物萌芽性能的重要指标, 是由植物的生物学特性决定的, 与经营措施和方法没有任何关系, 所以, 伐桩直径和高度不影响到 U6 的萌芽点数的分布。

(2) Weibull 分布具柔性好的特点, 可以用它很好地描述萌芽点数、萌芽条数和萌芽高度的分布规律。

(3) 伐桩直径和伐桩高度是采伐作业的两个重要指标之一, 它们对萌芽条数和萌芽高度的影响表现各异: ①伐桩直径与萌芽条数呈正相关。短轮伐期桉树人工林如果选择萌芽更新, 其造林密度就不能太密, 否则, 将限制胸径生长和伐桩直径的生长, 从而影响萌芽条的数量和质量。②伐桩高度与萌芽条数呈现先扬后抑的关系。说明伐桩高度对于萌芽条数的影响十分敏感。③伐桩高度与萌芽高度也是先扬后抑的关系。但萌芽高度的峰值出现较早, 在伐桩高度 12 cm 时达到萌芽生长最高值, 说明对萌芽高度生长比较有利的伐桩高度为 12 cm 左右。

## 参考文献:

- [1] 陈少雄, 刘杰锋, 孙正军, 等. 桉树生物质能源的优势、现状和潜力 [J]. 生物质化学工程, 2006 (1): 119-128
- [2] 李逸. 海南岛山地尾叶桉 U6 无性系幼林的抚育和保护 [J]. 热带林业, 2005, 33(1): 39-42
- [3] 雷晓春, 林鹿, 裴文军, 等. U6 无性系桉木制浆性能初探 [J]. 中华纸业, 2007 (1): 87-88
- [4] 陈少雄, 李志辉, 李天会, 等. 不同初植密度的桉树人工林经济效益分析 [J]. 林业科学研究, 2008, 21(1): 1-6
- [5] Walters Judith Bell Tina L, Read Steve. Intraspecific variation in carbohydrate reserves and sprouting ability in *Eucalyptus obliqua* seedlings [J]. Australian Journal of Botany, 2005, 53(3): 195-203
- [6] 曾广植. 木、竹的树龄、相对密度及小径材、枝桠材等对纸浆强度影响的试验评述 [J]. 纸和造纸, 2001, (5): 18-22
- [7] Konar J, Kushari D P. Effect of leaf leachate of four species on sprouting behavior of rhizomes seedling growth and diogenin content of *costus speciosus* [J]. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 1989, 116(4): 339-343
- [8] Vesk P A. Plant size and resprouting ability: trading tolerance and avoidance of damage? [J]. The Journal of Ecology, 2006, 94: 1027-1034
- [9] Nocedal J, Wright S J. Numerical Optimization [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1999
- [10] Weibull W. A statistical distribution function of wide applicability [J]. J Appl Mech, 1951, 18: 293-297
- [11] 闫淑君, 洪伟, 吴承祯. 中亚热带常绿阔叶林林隙面积的 Weibull 分布模型研究 [J]. 江西农业大学学报: 自然科学版, 2003, 24(6): 804-805
- [12] 盖新敏. 突脉青冈天然林物种多样性及其多度的 Weibull 分布 [J]. 甘肃农业大学学报, 2005, 40(5): 646-649
- [13] 贾乃光. 数理统计 [M]. 第三版. 北京: 中国林业出版社, 1999

## 《中国种业》征订启事

《中国种业》是由农业部主管, 中国农业科学院作物科学研究所和中国种子协会共同主办的全国性、专业性、技术性种业科技期刊。该刊系全国中文核心期刊、全国优秀农业期刊。

刊物目标定位: 以行业导刊的面目出现, 并做到权威性、真实性和及时性。覆盖行业范围: 大田作物、蔬菜、花卉、林木、果树、草坪、牧草、特种种植、种子机械等, 信息量大, 技术实用。

读者对象: 各级种子管理、经营企业的领导和技术人员, 各级农业科研、推广部门人员, 大中专农业院校师生, 农村专业户和广大农业生产经营者。

月刊, 大 16 开本, 每期 5.80 元, 全年 69.60 元。国内统一刊号: CN11-4413/S, 国际标准刊号: ISSN 1671-895X, 全国各地邮局均可订阅, 亦可直接汇款至编辑部订阅, 挂号需每期另加 3 元。邮发代号: 82-132。

地址: (100081) 北京市中关村南大街 12 号中国农业科学院

电话: 010-82105796(编辑部) 010-82105795(广告发行部)

传真: 010-82105796

E-mail chinaseedqks@sina.com chinaseedqk@163.com