

# 高淳丘陵地区檫木生长过程分析

孙秀春<sup>1</sup>,梁玉全<sup>2</sup>

(1. 高淳区大荆山林场,江苏 南京 211317; 2. 高淳区林业站,江苏 南京 211300)

**摘要:**通过树干解析并应用 Logistic 方程对高淳丘陵地区檫木生长过程进行了分析,檫木生长规律与 Logistic 方程拟合;通过对 Logistic 方程的求导、参数求解,分析了檫木生长的速生期、速生点、速生生长量以及数量成熟期,为对檫木生长发育规律的进一步认识及利用提供了理论依据。

**关键词:**檫木;生长规律;Logistic 方程;树干解析;速生期;高淳

**中图分类号:**S758.5;S792.22

**文献标志码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2018.03.008

檫木[*Sassafras tzumu* (Hemsl.) Hemsl.],樟科檫木属落叶乔木,适应于长江以南地区生长,高淳区1979年引种栽培,已成为该地丘陵山区主要造林树种之一。为研究檫木的生长规律,笔者对高淳丘陵地区檫木林分进行了调查,并通过树干解析,应用 Logistic 方程对檫木生长过程进行了分析,以期对檫木生长发育规律的进一步认识及利用提供理论依据。

## 1 试验地概况

### 1.1 立地条件

檫木林试验地位于高淳丘陵地区,桤溪镇荆山村状元山,黄棕壤,土壤层深厚、肥沃,有机质含量20 g/kg,含全氮0.09%、全磷0.08%、全钾0.21%,其中含有效磷 $10 \times 10^{-6}$ 、有效钾 $10 \times 10^{-6}$ ,土壤微酸性。

### 1.2 气候条件

高淳区属于北亚热带和中亚热带过渡季风气候区,根据高淳区气象资料显示,高淳区年平均降雨量1 157 mm,年日照2 090.3 h,无霜期241.1 d,年平均气温15.9℃,平均相对湿度79%。

### 1.3 林分概况

林分树种组成7 檫木:3 杉木,1979年造林,初始造林密度1 665 株/hm<sup>2</sup>(株行距2 m×3 m),造林后第10年和第20年对杉木进行抚育采伐,2014年每公顷保留檫木900株(杉木全部间伐)。

## 2 调查和计算方法

### 2.1 样木测定

选取檫木林标准地666.7 m<sup>2</sup>,对每木检尺其树高、胸径,样地内样木60株,平均胸径29.9 cm,平均树高16.6 m,郁闭度0.6。选取3株平均木进行树干解析,根茎处为零号圆周盘,胸径处为1号圆周盘,第1段为2.6 m,其他各段为2 m。查定圆周盘年龄,测定各龄级树高和直径,按伐倒木区分求积法计算各龄级材积(各区分段材积与梢头材积之和)<sup>[1]</sup>,绘制檫木树高、胸径及材积生长过程总表(见表1)。

### 2.2 生长曲线拟合和速生期求算

檫木的生长量( $Y$ )随时间( $x$ )变化的规律用 Logistic 方程

$$Y = k(1 + e^{a+bx})^{-1} \quad (1)$$

描述,式中 $k$ 为理论极限值(利用等差三点法求得); $a$ 为树木起始生长的大小参数, $b$ 为树木生长量随年龄序列变化分布特征值, $a, b$ 用最小二乘法求得。

通过对方程(1)式一级求导,得连年生长量的变化速度方程为

$$\frac{dy}{dx} = \frac{bk \cdot e^{a+bx}}{(1 + e^{a+bx})^2} \quad (2)$$

对方程(2)式一级求导,得连年生长量的变化速度方程为

表 1 檫木树高、胸径及材积生长量

树龄/a	胸径/cm			树高/m			材积/m <sup>3</sup>		
	总生长量	平均生长量	连年生长量	总生长量	平均生长量	连年生长量	总生长量	平均生长量	连年生长量
5	3.9	0.78	0.78	3.7	0.74	0.74	0.004 45	0.000 89	0.000 89
10	9.2	0.92	1.06	7.5	0.75	0.76	0.024 36	0.002 44	0.003 98
15	16.4	1.09	1.44	10.4	0.69	0.58	0.102 46	0.006 83	0.015 62
20	20.7	1.04	0.86	12.8	0.64	0.48	0.184 54	0.009 23	0.016 42
25	24.8	0.99	0.82	14.6	0.58	0.36	0.291 18	0.011 65	0.021 33
30	27.8	0.93	0.60	16.0	0.53	0.28	0.388 00	0.012 93	0.019 36
35	29.9	0.85	0.42	16.6	0.47	0.12	0.452 67	0.012 93	0.012 93

$$\frac{d^2y}{d^2x}=\frac{b^2k \cdot e^{a+bx}}{(1+e^{a+bx})^2}(1-e^{a+bx})$$
 (3)

并令 $\frac{d^2y}{d^2x}=0$ ,得连年生长量最大时的  $x$  值和连年生长量最大值  $Z_{\max}$

$$x'=-\frac{a}{b}$$
 (4)

$$Z_{\max}=\frac{bk}{4}$$
 (5)

$x'$ 即为速生点

对方程(3)一级求导,并令 $\frac{d^3y}{d^3x}=0$ ,得 2 个拐点

$$x_1=\frac{1}{b}(a-1.317) \qquad x_2=\frac{1}{b}(a+1.317)$$
 (6)

它是连年生长量变化速率最快的 2 个点,故  $x_2-x_1$ 为檫木的速生期<sup>[2-3]</sup>。

3 结果与分析

3.1 生长过程

3.1.1 树高生长过程 根据表 1 绘制树高平均生长量和连年生长量图(见图 1)。

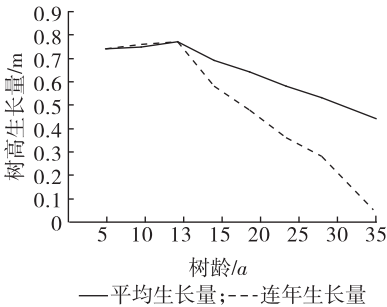


图 1 檫木树高平均生长和连年生长

树高平均生长量和连年生长量前 5 a 为 0.74

m;第 10 年分别为 0.92,1.06 cm;第 15 年分别为 1.09,1.44 cm;第 20 年分别为 0.64,0.48 m;第 25 年分别为 0.58,0.36 m;第 30 年分别为 0.53,0.28 m;第 35 年分别为 0.47,0.12 cm。第 13 年平均生长量和连年生长量曲线相交,生长量为 0.77 m,此时为树高数量成熟期。

3.1.2 胸径生长过程 根据表 1 绘制胸径平均生长量和连年生长量图(见图 2)。

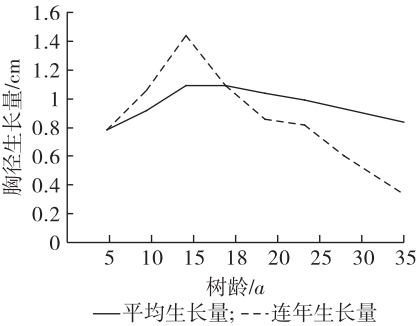


图 2 檫木胸径平均生长和连年生长

胸径平均生长量和连年生长量前 5 a 为 0.78 cm;第 10 年分别为 0.75,0.76 cm;第 15 年分别为 0.69,0.58 cm;第 20 年分别为 1.04,0.86 cm;第 25 年分别为 0.99,0.82 cm;第 30 年分别为 0.93,0.6 cm;第 35 年分别为 0.85,0.42 cm。第 18 年平均生长量和连年生长量曲线相交,生长量为 1.093 cm,此时为胸径数量成熟期。

3.1.3 材积生长过程 根据表 1 绘制材积平均生长量和连年生长量图(见图 3)。

材积前 5 a 平均生长量和连年生长量为 0.000 89 m<sup>3</sup>;第 10 年分别为 0.002 44,0.003 98 m<sup>3</sup>;第 15 年分别0.006 83,0.015 62 m<sup>3</sup>;第 20 年分别为0.009 23,0.016 42 m<sup>3</sup>;第 25 年分别

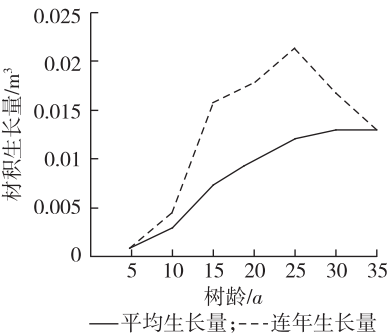


图 3   檫木材积平均生长和连年生长

为0.011 65,0.021 33 m<sup>3</sup>;第 30 年分别为0.012 93, 0.019 36 m<sup>3</sup>;第 35 年分别为 0.012 93, 0.012 93 m<sup>3</sup>。第 35 年平均生长量和连年生长量曲线相交, 生长量为0.012 93 m<sup>3</sup>,此时为材积数量成熟期。

3.2  生长曲线拟合

对 Logistic 方程  $Y=k(1+e^{a+bx})^{-1}$  进行线型变换, 可得  $\frac{k-Y}{Y}=e^{a+bx}$

如果令  $Y'=\text{Ln} \frac{k-Y}{Y}$  (7)

得回归方程  $Y'=a+bx$  (8)

根据表 1 数据求得檫木树高、胸径和材积各年龄对应观测值,利用等差三点法求得树高、胸径和材积的  $k$  值分别为

$k_H=16.73 \quad k_D=30.2 \quad k_V=0.456 \ 3$   
根据(7)式,将树高、胸径和材积各年龄对应观测值  $Y$  转换成  $Y'$ ,用最小二乘法求得树高、胸径和材积回归方程中的  $a, b$  值分别为  
 $a_H=2.385 \ 006 \quad a_D=2.924 \ 61 \quad a_V=5.591 \ 383$   
 $b_H=-0.184 \ 496 \quad b_D=-0.187 \ 107$   
 $b_V=-0.257 \ 694$

利用各年龄对应观测值  $Y'$  对(8)式回归分析,得檫木树高、胸径、材积相关系数  $r$  和线性假设的显著性检验  $t$  值<sup>[4]</sup>(见表 2)。

表 2  回归效果显著性检验

因素	$r$	$t$
树高	0.98 **	27.5 **
胸径	0.99 **	35.4 **
材积	0.99 **	34.6 **

\*\* 表示差异极显著 ( $P<0.01$ )

从以上分析结果可以看出,  $r$  值均  $> \alpha_{0.01} =$

0.546,说明檫木生长与年龄的相关关系极显著;  $t$  值均  $> t_{0.005}(33) = 2.733 \ 3$ ,认为回归效果极显著,檫木胸径、树高、材积生长规律利用 Logistic 方程拟合。

3.3  生长期划分

根据上述计算所得  $k, a, b$  值,利用(4)(5)(6)式求得檫木树高、胸径、材积的生长速生点、速生期和连年最大生长量(见表 3)。

表 3  檫木树高、胸径、材积速生期和速生点

因素	$x'$ (速生点)	$x_1$	$x_2$	$Z_{\max}$
树高	12.9	5.8	20	0.77 m
胸径	15.6	8.6	22.7	1.41 cm
材积	21.7	16.6	26.8	0.029 4 m <sup>3</sup>

从以上分析结果可以看出,树高速生期是第 6 年至第 20 年,速生点是第 13 年,速生期最大生长量是 0.77 m;胸径速生期是第 9 年至第 23 年,速生点是第 16 年,速生期最大生长量是 1.41 cm;材积速生期是第 17 年至第 27 年,速生点是第 22 年,速生期最大生长量是0.029 4 m<sup>3</sup>,与树干解析分析数据基本相吻合。

4  结论

(1)檫木生长过程分为生长初期、速生期、生长后期。生长初期连年生长量与平均生长量随年龄的增加呈上升趋势,连年生长量达到最大时间比平均生长量早;在数量成熟期前,连年生长量值大于平均生长量,达到数量成熟期后,平均生长量值大于连年生长量。

(2)高淳丘陵地区檫木连年生长量速生点出现先后基本是树高、胸径、材积;树高生长速生期开始年是第 6 年,终止期是第 20 年,速生点是在第 13 年,数量成熟期是第 13 年;胸径生长速期开始年是第 9 年,终止期是第 23 年,速生点是在第 16 年,数量成熟期是第 18 年;材积生长速期开始年是第 17 年,终止期是第 27 年,速生点是在第 22 年,数量成熟期是第 35 年。

(3)高淳丘陵地区檫木生长规律符合 Logistic 方程,速生生长量是  $\frac{bk \cdot e^{a+bx}}{(1+e^{a+bx})^2}(x_2-x_1)$

当  $x=-\frac{a}{b}$  时,  $Z_{\max}=\frac{bk}{4}$ ,即树高、胸径、材积速生期最大生长量分别为 0.77 m,1.41 cm,0.029 4 m<sup>3</sup>。

(下转第 37 页)

观不良。

(2)移植大规格苗木来提高景观效果<sup>[8]</sup>。通过调查发现,瘦西湖公园内胸径在10 cm(含)以下的林木株数较多,为45.26%,占了将近一半的比例,可在局部区域补栽一些胸径20—30 cm较大规格的苗木,进一步提高公园的景观效果。

(3)增加乡土树种的应用。随着“人与自然共生”理念的深入人心和对昔时自然景观的追忆,人们对城市绿化的生物多样性及自然度等提出更高的要求,生态林将逐渐成为城市绿化建设的重点,乡土树种在城市绿化建设中也越来越受到重视<sup>[9]</sup>。某些乡土植物的应用较少,如无患子(52株)、楝树(50株)、泡桐(25株)、香椿(34株)、喜树(23株)、丝棉木(7株)等。可筛选扬州市区域内可利用的乡土植物,在适地适树的前提下,通过增加乡土树种的种类或者应用数量改造现有林木结构,丰富林木种类。

(4)增加乔木类特色观花树种。瘦西湖公园春季观花植物以梅花、美人梅、垂丝海棠、樱花等灌木类为主,乔木类以玉兰为主。调查结果表明,公园春季其他特色观花乔木种类较少,如泡桐(25株)、深山含笑(7株)、杜梨(2株)等。建议在重点地段,适当增加杜梨等特色乔木观花类植物,与花灌木搭配,不仅可以进一步提高景观效果,而且可以起到提供阴凉、涵养水源、降低噪音、清洁空气的作用<sup>[10]</sup>。

(5)加强林木抚育管理,提高林木集约经营水平。中国森林植被的碳汇功能主要来自于人工林的贡献<sup>[11]</sup>,通过测量生物量或蓄积量,可以推算出碳储量,并估计人工林碳汇<sup>[12]</sup>。作为城市生态环境重要组成部分的园林树木具有碳汇功能,值得深入

探讨和研究<sup>[13]</sup>。瘦西湖公园林木单位面积蓄积量为73.63 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,稍低于全国的林分水平(78.06 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)。瘦西湖公园中有很多林木是近年来人工种植的,胸径较小,株数占比多,需要加强抚育管理,促进林木的生长,提高林木的蓄积量和碳汇功能。

#### 参考文献:

- [1] 居 萍,杜庆平,李成忠.地被植物在扬州瘦西湖公园中的应用[J].福建林业科技,37(2):141-145.
- [2] 田跃萍.水生植物在瘦西湖公园中的应用[J].中国野生植物资源,2006,25(1):26-28.
- [3] 田跃萍.瘦西湖生态园林建设的探讨[J].江苏林业科技,2002,29(5):46-50.
- [4] 曹兆阳,居蓓蓓,何小弟.扬州瘦西湖风景区生态景观林地建设[J].天津农业科学,2015,21(2):123-127.
- [5] 张国栋,王海燕,何小弟.扬州瘦西湖风景区生态景观林的营造特色[J].现代园林,2015,12(2):139-144.
- [6] 王晓春,周晓峰,何小弟,等.扬州瘦西湖公园绿地空间格局与结构的量化研究[J].扬州大学学报(农业与生命科学版),2006,27(3):90-94.
- [7] 赵林峰,高建亮.构树在衡阳市园林绿化中的应用研究[J].安徽农业科学,2012,40(16):8979-8980.
- [8] 王旻龙.北京北湖国际高尔夫球场景观工程大规格苗木冬季移植技术措施[J].北京园林,2007,23(79):42-45.
- [9] 杨永川,达良俊.上海乡土树种及其在城市绿化建设中的应用[J].浙江林学院学报,2005,22(3):286-290.
- [10] 许汉珍.观花乔木在城市园林中的搭配和运用[J].科技信息,2007(5):216,202.
- [11] 樊晓亮,闫平.森林固碳能力估测方法及其研究进展[J].防护林科技,2010,1(1):60-63.
- [12] 叶金盛,余光辉.广东省森林植被碳储量动态研究[J].南京林业大学学报,2010,34(4):7-12.
- [13] 于 佳,陈宏伟,闫红伟.沈阳市常用园林植物碳汇功能研究[J].中南林业科技大学学报,2015,35(8):94-97.

(上接第32页)

(4)分析檫木生长速生点和速生期和数量成熟期具有重要的生产实践意义。为抚育管理、水肥管理和确定合理采伐年龄提供科学依据,以促进林木生长,发挥最大效益,提高林地的集约经营水平。

#### 参考文献:

- [1] 孟宪宇.测树学:3版[M].北京:中国林业出版社,2006.

- [2] 张纪林,李淑琴.树木生长速增性的数学模型探讨[J].林业科技通讯,1990(3):8-11.
- [3] 李淑琴,张纪林,肖开生.木兰科树种幼树生长特性的研究[J].植物生态学报,1991,15(4):344-354.
- [4] 盛 骤,谢式千,潘承毅.概率论与数理统计:4版[M].北京:高等教育出版社,2008.