

木兰科两种濒危树种早期生长特性的研究*

孙冰 栗娟

摘要 选择树高、胸径月生长数量化指标,应用逻辑方程 $Y=K/(1+e^{-kx})$ 描述石碌含笑和华中木兰引种到广州后的早期生长表现,相关系数均大于0.90。通过各树种年生长节律、连年生长变化和速生长的模型构造与分析,揭示了濒危树种在迁地保存区的早期生长规律、与气候因子的相互关系、随时间序列的变化趋势,对濒危树种的生物学特性和引种适应性作了初步探讨。

关键词 石碌含笑、华中木兰、濒危树种、异地保存、早期生长特性

华中木兰(*Magnolia glabrata* Law)隶属木兰科木兰属,自然分布于华中各省海拔200 m以上的山区,要求温凉湿润的自然生境。树形疏展,花大,白色而芳香。石碌含笑(*Michelia shiluensis* Chun et Y. F. Wu)为木兰科含笑属的喜温树种,要求高温高热的生境条件,自然分布于海南岛吊罗山、霸王岭一带。生长迅速,树形美观^[1,2]。由于自然种群数量稀少,观赏和科研价值较高,两树种均列入国家第二批公布的珍稀濒危树种保护名录。

珍稀濒危植物物种保存是全球生态平衡和生物多样性研究所关注的焦点。目前大多采用原地保存、迁地保存和离体保存三种方法,以保存和扩大现有种群数量,尤以迁地保存因投入少、见效快、方便易行而受到重视。迁地保存的树种其早期生长表现受到树种的生物学特性和引种区环境条件的制约,对引种的成功与否有着极大影响,因此研究濒危树种幼树的生长规律和早期适应性很有必要。

1 试验地概况

迁地保存园位于广州市龙眼洞中国林业科学研究院热带林业研究所,23°06' N, 113°08' E,海拔40 m。最冷月为1月,平均气温13.2℃,极端最低气温-0.6℃;最热月为8月,平均气温28.7℃,极端最高气温38℃。年降水量1638 mm,5~8月的降水量占全年的60%以上,年平均湿度79%。土壤系花岗岩基质发育的山地赤红壤,pH值5.1,全N 0.2958 g/kg,水解N 22.3 mg/kg,全P 0.13 g/kg,有机P 4.74 mg/kg,全K 34.6 g/kg,速效K 15.6 mg/kg,活性有机质1.2 g/kg。试验前植被是马尾松—铁芒箕群落。

2 研究方法

试验地面积2 hm²,为缓坡型山地。造林前砍去种植点附近的马尾松和铁芒箕,挖1 m×1 m×1 m的大穴,放入10 g复合肥作为基肥。华中木兰于1988年6月、石碌含笑于1989年9月定植。华中木兰小苗引自湖南省南岳树木园,石碌含笑小苗引自华南植物园。

1993—10—20 收稿。

孙冰,助理研究员,栗娟(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520)。

* 本文为林业部“七五”重点项目“华南热带、南亚热带地区珍稀濒危树种物种保存的研究”的部分内容,参加前期工作的有王德贞、王海勇等,谨致谢意。

造林后每年的5~6月和8~9月各抚育一次,并追施复合肥。从1990年开始,于每月上旬定期观测幼树的树高、胸径和地径生长量,并记载异常变化的气候因子。所得的单株生长规律曲线类似于正态分布,因此整理后的数据应用 Logistic 方程分析幼树的连日和连年生长规律,计算幼树的年生长速生点、速生期和速生量及理论上的年最大生长量,并分析幼树生长与气候因子的相关关系。

各树种的生长量 y 随时间 t 的变化规律用 Logistic 模型^[3]

$$y = K / [1 + e^{a-bt}] \tag{1}$$

描述,式中常数 K 用等差三点法求解,系数 a, b 用最小二乘法求解。(1)式两边求 t 的三阶导数,令 $d^3y/dt^3=0$,解得

$$t_1 = (a - 1.317)/b \quad t_2 = (a + 1.317)/b \tag{2}$$

t_1 和 t_2 为(1)式的两个拐点,是连日生长量变化速率最快的两个点,故 t_2-t_1 为速生期。

3 结果与分析

3.1 季节生长规律

华中木兰高、径早期生长(见图 1,2)均呈“M”型变化,有两次生长高峰;但从观测的第三年(1992年)开始,树高生长呈“Λ”形变化,仅有一次生长高峰期,而胸径生长仍表现出“M”形双峰变化,高峰期净生长量之间的差异相当大;树高和胸径早期生长的高峰期比较接近,均出现在5~6月份。随着树龄的增大,树高生长的高峰期逐渐提前,胸径生长的高峰期则出现较迟,两者明显不同步,表现出异步生长的生物学特征。

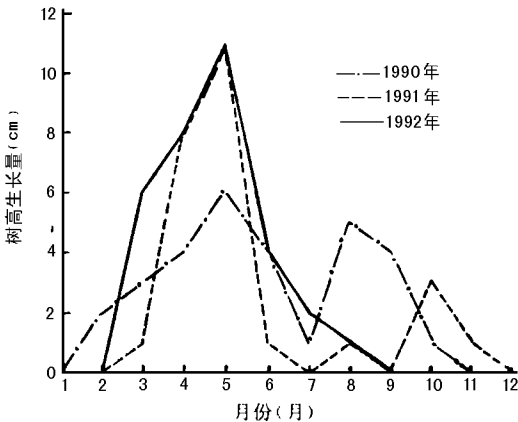


图1 华中木兰树高生长的时间序列分布(图例下同)

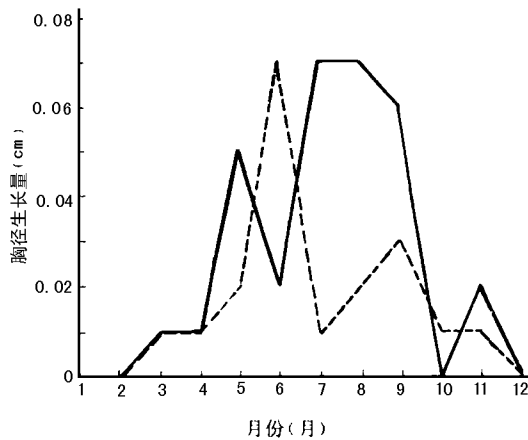


图2 华中木兰胸径生长的时间序列分布

石碌含笑早期的高生长呈“Λ”型(见图 3,4),只出现一次高峰期,从观测的第三年(1992年)开始渐呈不太明显的“W”型三峰变化,第二高峰期出现的时间与单峰型生长的高峰期非常接近,与先后的两个生长高峰相比较,其净生长量要大得多。实际上树高的这种“W”型生长是“Λ”型生长的一种变化形式。胸径生长呈“Λ”型单峰变化,高峰期出现的时间和持续期均与树高生长相一致,表现出同步生长特征。地径生长在一年中有两次高峰期,呈明显的“M”型生长趋势,而且两次高峰期净生长量大致接近。

表 1 中,树高或胸径(y cm)与时间(t d)之间存在极显著的相关,相关系数均大于 $r_{0.01} =$

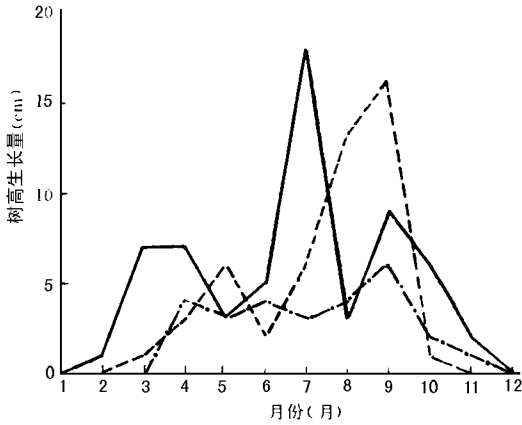


图 3 石碌含笑树高生长的时间序列分布

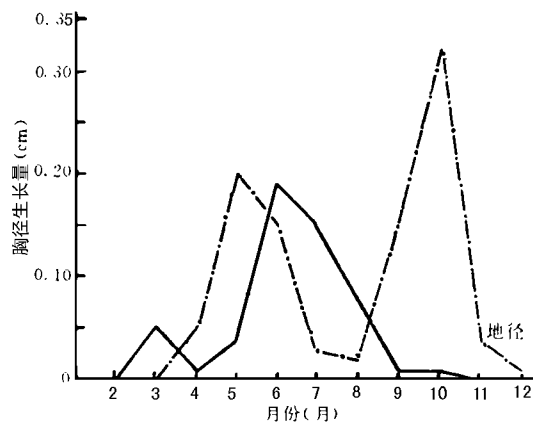


图 4 石碌含笑胸径生长的时间序列分布

0.875 的临界值, F 值检验差异极显著, 说明树高和胸径随时间的变化符合逻辑斯缔模型。

表 1 Logistic 模型的系数及检验

树 种	年 份	因 子	系 数			检 验		
			K	a	b	$ r $	$S(\text{cm})$	F
华中木兰	1990	H	31.660	2.909 7	0.020 3	0.992 0	0.085 8	496**
		D	—	—	—	—	—	—
	1991	H	25.240	2.247 2	0.023 6	0.901 6	0.148 5	211**
		D	0.192 0	3.775 2	0.028 2	0.948 2	0.196 4	226**
	1992	H	32.120	1.756 5	0.031 5	0.953 8	0.778 6	71**
		D	0.299 6	4.066 2	0.027 5	0.992 5	0.090 6	469**
石碌含笑	1990	H	28.240	2.459 4	0.021 6	0.991 8	0.066 5	395**
		$D_{地}$	1.071 7	2.954 6	0.020 4	0.961 6	0.263 1	89**
	1991	H	51.450	4.386 7	0.027 6	0.979 9	0.257 3	166**
		D	—	—	—	—	—	—
	1992	H	64.790	4.445 4	0.022 6	0.989 1	0.116 2	451**
		D	0.542 6	4.021 1	0.036 1	0.986 2	0.280 9	260**

注: S 表示剩余标准差。

Logistic 模型的参数具有各自的生态学意义。 K 值为各树种高、径年生长的理论极限量, 树种间以及树高和胸径间的 K 值存在着极大差异, 每个树种其 K 值在年份间的变化趋势是不同的。由于长期适应于特定的自然环境而形成的生物学特性, 使得各树种在广州引种园内的生长表现大不一样。石碌含笑原产于海南岛海拔 200~1 500 m 的常绿季雨林中, 对光照和热量要求较高, 较耐干旱, 在引种区表现适生, 树高和胸径的 K 值随着树龄的增长逐年加大。来自中亚热带地区的华中木兰在早期遮荫的情况下, 生长良好, 具较大 K 值; 后期因不适应引种区高温高热、强光照的环境条件生长逐渐减缓, K 值也渐变小。同时各树种实际的年生长量又很难达到理论极限值。参数 a 反映了观测时的起始生长量 $[K/(1+\ln a)]$, b 是生长量随时间序列分布的变化参数。树种间参数 a 、 b 的大小有差异, 但同一树种年份间的参数变化并不明显。

对(1)式两边求一阶导数, 可得

$$V_{gc} = [bke^{a-bt}](t_2 - t_1)/(1 + e^{a-bt})^2 \tag{3}$$

当 $t=t'=a/b$ 时, $V(t)=bk/4$, 速生量 V_{gc} 为:

$$V(t) \cdot \Delta t = (t_2 - t_1)bk/4 \tag{4}$$

利用(2)~(4)式推算石碌含笑和华中木兰年度净生长量的最大点(t')和速生期的开始点(t_1)及结束点(t_2),结果列于表2。

表2 Logistic模型推算的速生参数

树种	年份	因子	速生点		速生期			速生长量 (cm)	
			t'	日期 (月-日)	t_1	t_2	时间 (月-日)		天数
华中木兰	1990	H	143	05-21	79	208	03-19~07-25	129	20.81
		D	—	—	—	—	—	—	—
	1991	H	155	06-01	99	211	03-29~07-28	112	16.68
		D	194	07-10	147	241	05-25~08-27	94	0.13
	1992	H	116	04-18	74	158	03-14~06-04	84	21.25
		D	208	07-24	160	256	06-07~09-11	96	0.20
石碌含笑	1990	H	174	06-20	113	235	04-21~08-21	122	18.60
		D _胸	179	06-25	110	237	04-18~08-23	127	1.07
	1991	H	189	07-05	141	237	05-11~08-23	96	34.08
		D	—	—	—	—	—	—	—
	1992	H	197	07-13	138	255	05-08~09-02	116	42.68
		D	141	05-14	105	178	04-07~06-24	73	0.36

t' 的含义是指各树种年生长量的累积值达到一半时所对应的时点,也即是其净生长量最高值出现的时间。从表2可知,华中木兰高生长在4~5月份即达到高峰,属于前期速生树种,较短的持续时间使得高峰期的净生长量也较小;胸径生长的高峰期出现于7月份,生长量极小;同时年份间高、径生长高峰期出现的时间和净生长量的变化域很窄,这说明华中木兰对光热条件的利用效率不高,其本身的生物学特性在引种地区的环境条件中不能得到有效的表达。随树龄增大,高生长高峰期提前和胸径生长高峰期的推迟反映出该树种有较长的夏季生长抑制,对高温强光照的南亚热带气候不很适应,一年中有效生长时间比较短暂。

石碌含笑高生长的高峰期出现于高温、高热量的7月份,其时正是广州地区的雨季,湿热同步,其高峰期的净生长量极为显著。随树龄增长,生长高峰期出现的时间逐渐后移,高峰期的持续时间和净生长量逐渐加大,这说明在引种地区的自然环境条件下,该树种表现出较为适应的生物学特性。胸径生长的高峰期出现于5月份,比高生长提前两个月。地径生长的高峰期出现的时间与持续期近似于高生长,表明石碌含笑的根茎结合部在生长期能忍受较高的地表温度,不受伤害且能维持旺盛的生命活动,这是适应当地自然生境的一个特征。根据种的生物学特性和生理机制,生长空间和光照条件是影响植物个体发育的重要因子,高生长的启动一般先于胸径生长。因此,胸径生长高峰期早于高生长说明石碌含笑具有较长的、活跃的生长期。经过冬季短暂的低温休眠,前一年所积累的大量光合产物在温度回升和充沛降水的刺激下,迅速转化为胸径生长所需要的营养物质。同时,胸径生长使得单位断面积上韧皮部所占的比例增大,营养循环加快,导致树高增长保持较高水平,这是速生树种的另外一个生物学特征。石碌含笑的生长高峰在不同年份间出现的时点和年生长持续时间虽有变化,仍稳定在6~8月和2~11月,有效生长期长达10个月,速生期的净生长量逐年提升,反映出该树种对引种区的环境条件有较强的适应能力。

3.2 连年生长规律

华中木兰的高、径生长随树龄增大逐渐减缓,有效生长期也渐缩短(图1,2)。不同年份间

生长高峰期的净生长量极为接近,高峰期的持续时间仅限于两个月。而且峰值两侧迅速降低,未能形成二次波峰,较低的一次性早期生长特征在幼树发育进程中愈来愈明显。由年度生长的逻辑方程可知,理论极限生长量(K 值)虽有所增大,其时间序列参数 b 的负值增大得更为迅速,这与华中木兰后续生长的实际观测值相符合。

石碌含笑高生长年度变化(图 3,4)有三个特点。(1)高峰期持续时间和年有效生长天数逐年增加;(2)高峰期净生长量和年实际生长量逐年增大;(3)年生长由一次波峰发展到三个波峰,峰顶与峰谷之间的差异随树龄增大而减小,高峰期出现的时点较为均衡,与引种区水热条件分配相一致。Logistic 方程的 K 值与时间序列分布参数 b 的绝对值负相关,与初始生长参数 a 正相关。

3.3 幼树生长与气候因子的关系

由图 5 可知,华中木兰高生长与温度和光照时间呈负相关,与降雨量呈正相关;胸径生长与年温度分布呈正相关,与年光照时数和降雨量关系不甚密切;光照和水热条件最为充分的夏季,树高生长已急剧下降,胸径生长也只维持在较低水平上;高生长对温度和光照的敏感使得其生长期局限于短暂的春末夏初,有长达 8 个月的高温和低温休眠。石碌含笑高生长与光照时间显著正相关,与温度和降雨量分布呈正的复相关;胸径生长与光照、温度和降雨量的分布相关不明显;高、径生长高峰期与综合环境条件同步,在光热条件不很充分时,树木高生长利用春夏之交的充沛降水形成第一个高峰,随着光、水、热条件的协调,胸径生长迅速达到高峰,随之,高生长形成第二个高峰期;树高生长除短暂的低温休眠外,全年维持着较高的生长量,从 2 月份一直延续至 12 月份,胸径生长主要是在 4~8 月间进行,有明显的低温休眠。

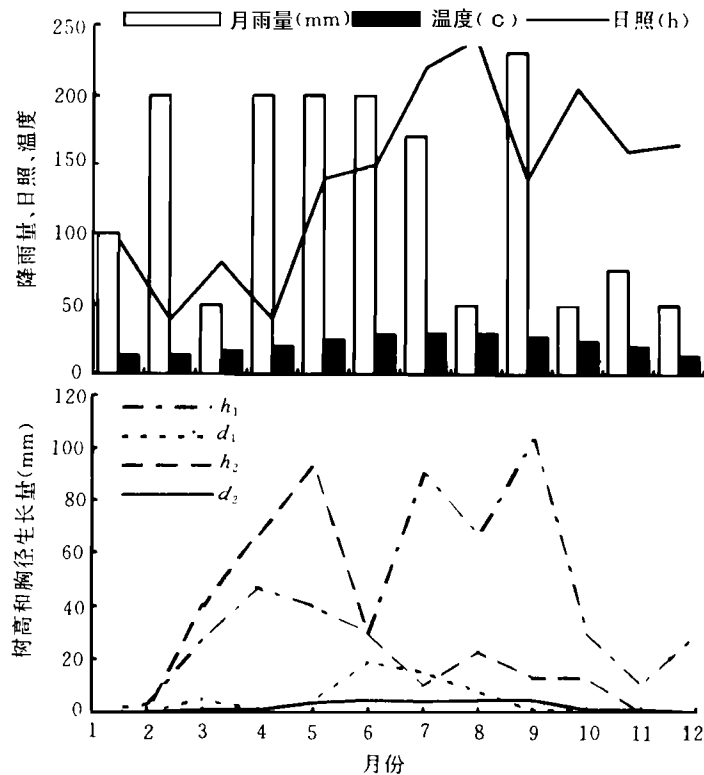


图 5 华中木兰和石碌含笑早期生长与气候因子的关系
 h_1 ——石碌含笑高生长量; d_1 ——石碌含笑胸径生长量
 h_2 ——华中木兰高生长量; d_2 ——华中木兰胸径生长量

4 讨论和结论

幼树的生长特性是树种生物学特性在引种地区环境条件下的一种表达。树种间高、径生长的差异和年度间的变化趋势反映了环境因子的制约作用,这与李淑琴等^[4~6]对木兰科树种的研究结论相近。

华中木兰每年较早出现的短暂速生期和有限的速生量限制了生长速度,与光照、温度的负相关表明潜在的生长能力很低。石碌含笑早期生长随时间序列呈明显的正增长,长达10个月的有效生长日数,与光照、热量、水分同步出现的生长高峰以及较高的速生量和年净生长量,使幼树具有速生、稳定、均衡的早期生长特征。年度生长呈复S形曲线,表明树种能充分利用合适的环境条件。

高、径生长在一年内和年度间的波动决定于树种的生物学特性、环境因子及其相互间的作用。季节生长和连年生长规律反映了在广州引种园内华中木兰较低的适应能力和石碌含笑较高的适应性及潜在的生长能力,建议作为引种适应性评价的早期指标。

早期生长与气候因子的相关分析表明:温度和光照是限制华中木兰引种范围的重要因子,降雨量则是影响树木生长的主导因子。石碌含笑的早期生长与温度、光照、水分的关系密切,特别与光照时间有极显著的线性相关,表明其要求高温、高热的生物学特性。

濒危树种早期生长特性的研究旨在为迁地保存提供有价值的参考指标。作为树木发育周期的一个阶段,分析早期生长规律可预测濒危树种在引种地区的适应情况、引种的适应范围和影响引种适应性的限制因子。全面评价濒危树种在迁地保存区的生长表现还需要进一步研究树种的生活史和后期生长规律。

参 考 文 献

- 1 陈炳浩. 我国森林野生动植物多样性的特点和保护概况. 生态学杂志, 1993, 12(3): 39~43.
- 2 周仁章. 推荐几种木兰科优良速生的绿化树种. 广东省植物学会会刊, 1990, (11): 60~61.
- 3 张纪林, 李淑琴. 树木生长速增性的数学模型探讨. 林业科技通讯, 1990, (3): 8~11.
- 4 李淑琴, 张纪林, 肖开生. 木兰科树种幼树生长特性的研究. 植物生态学与地植物学学报, 1991, 15(4): 344~353.
- 5 宗世贤. 木兰属五种珍贵、稀有植物的生态特性分析. 植物生态学与地植物学学报, 1987, 11(2): 113~223.
- 6 闻九声. 木兰科植物引种试验初报. 江西林业科技, 1989, (3): 13~20.

Study on Early Performance of Two Endangered Tree Species of Magnoliaceae

Sun Bing Su Juan

Abstract Base on 3-year observation on *Magnolia glabrata* and *Michelia shiluensis* in Guangzhou Preserve, this paper reports the early growing performance of the two endangered tree species by application of Logistic formula $Y=K/(1+e^{-ax})$ (the correlation coefficient is more than 0.90). The model of tree's growing rhythm for one year, between years and for the fast growing period is established for demonstrating the correlation of the trees' early growing performance with climatic factors and time series. The biological characteristics of the endangered tree species and its adaptability in Guangzhou Preserve are discussed in detail.

Key words *Michelia shiluensis*, *Magnolia glabrata*, endangered tree species, ex-site conservation, early growing performance