

文章编号: 1001-1498(2008)02-0243-05

长江滩地 I-72杨人工林生长特性研究

刘广路¹, 范少辉^{1, 2*}, 张 群², 冯慧想², 宗亦尘², 费本华³

(1. 国际竹藤网络中心, 国家林业局竹藤科学与技术重点实验室, 北京 100102; 2. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091; 3. 中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091)

摘要: 对 14 年生 I-72 杨人工林生长特性进行的研究结果表明, 其生长过程大致可以分为 3 个时期: 1~4 a 为幼林期, 5~10 a 为速生期, 11~14 a 为近熟期。I-72 杨树高速生期为 3~8 a, 胸径速生期为 5~10 a, 材积速生期为 6~10 a。树高生长要早于胸径生长, 林木的后期生长以胸径和材积生长为主。树高和胸径的连年生长量最大值比平均生长量最大值的到来时间要早, 树高连年生长量大约在第 7 年生时与平均生长量相交, 胸径连年生长量和平均生长量大约在第 9 年生时相交, 材积连年生长量和平均生长量在 14 a 中未能相交, 即没有达到数量成熟, 其合理的轮伐期应在 14 年生以上。单株之间树高生长的竞争主要集中在第 3~8 年生时, 胸径和材积生长竞争集中在生长后期。用 Richards 方程对 I-72 杨的树高、胸径和材积进行拟合, 拟合效果很好。

关键词: 生长特性; 人工林; 长江滩地; 杨树

中图分类号: S792.11

文献标识码: A

Research on the Growth Characteristics of *Populus × euramericana* cv. 'San Martino' (I-72/58) on Beach Land of Yangtze River

LIU Guang-lu¹, FAN Shao-hui^{1, 2}, ZHANG Qun², FENG Hui-xiang², ZONG Yi-chen², FEI Ben-hua³

(1. International Centre for Bamboo and Rattan, Key Laboratory for Bamboo and Rattan, State Forestry Administration, Beijing 100102, China;

2. Research Institute of Forestry, CAF, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China;

3. Research Institute of Wood Industry, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: The study on forest growth characteristics was conducted on *Populus × euramericana* cv. 'San Martino' (I-72/58) on beach land of Yangtze River. The results indicated: *Populus × euramericana* cv. 'San Martino' (I-72/58) growth process could be divided into 3 stages: 1—4 a was the young stand stage, 5—10 a was the fast-growing stage, 11—14 a was the near mature stage. The fast-growing stage of tree height was in 3—8 a, that of the breast diameter was in 5—10 a, and that of the timber volume was in 6—10 a. *Populus × euramericana* cv. 'San Martino' (I-72/58) tree height grew earlier than the breast diameter, and *Populus × euramericana* cv. 'San Martino' (I-72/58) later period grew by the breast diameter and timber volume growth primarily. Compared to the mean annual increment maximum, the current annual increment maximum of the tree height arrived much more earlier, so as the breast diameter; The current annual increment of tree height was intersected with the mean annual increment in about 7 a, the current annual increment and mean annual increment of the breast diameter intersected in 9 a; The current annual increment and the mean annual increment of the timber volume was not able to intersect in 14 a, that means that the *Populus × euramericana* cv. 'San Martino' (I-72/58) growth process could not reach its quantitative

收稿日期: 2006-10-21

基金项目: 国家自然科学基金重点项目“利用遥感技术预测人工林木材质和利用价值的研究”(编号 30230420)

作者简介: 刘广路 (1975—), 男, 河北宽城人, 在读博士生。

*通讯作者。

maturity period, its period was in 14 a. Competition of the tree height among individual trees was primarily in 3—8 a; Competitions of the breast diameter and timber volume among individual trees were primarily in later period. With the Richards equation was used to fit the breast diameter, the tree height and the timber volume of *Populus × euramericana* cv. 'San Martino' (I-72/58), the fitting effect was excellent.

Key words: growth characteristic; plantation; beach land of Yangtze River; *Populus*

杨树 (*Populus* spp.) 是我国具有代表性的短周期用材树种, 快速准确地获取其木材性质, 对于更好地监控树木生长, 指导木材合理加工与利用具有重要意义。本项研究拟利用现代遥感手段即高空间分辨率卫星图像处理技术, 建立先进有效的森林管理与木材性质结合的分析模型^[1], 在大范围内快速地对具有典型意义的长江滩地 I-72 杨 (*Populus × euramericana* (Dode) Guineir cv. 'San Martino' (I-72/58)) 林分进行动态高效的预测、监测和管理。其中卫星树冠图像与人工林杨树木材性质相关关系模型的建立, 需要以树木生态学和生物学特性等方面研究的基础数据为桥梁, 确定出林分条件、种植密度、树木生长特性等测树因子与树冠形态特征因子及木材材性的内在联系^[2-6]。本文主要从树木生长特性的角度, 研究了长江滩地 I-72 杨人工林的生长特性。

I-72 杨是优良抗涝速生树种, 在长江滩地有较长栽培历史, 尤其是“兴林抑螺”项目实施以来, 在长江滩地上营造了大面积的 I-72 杨“抑螺防病林”。当前国内外对杨树的研究主要集中在杨树生理生态特性对气候变化的响应及转基因研究等方面。1999 年项艳等人^[7]进行了地下水位对长江滩地 I-72 杨生长量的影响研究, 而有关长江滩地 I-72 杨人工林生长特性的研究还鲜有报道。对长江滩地 I-72 杨人工林生长特性的研究, 可为更大范围的栽植推广提供科学依据以及对杨树人工林的集约经营、经营决策和相关研究提供理论参考, 并为卫星树冠图像与人工林杨树木材性质的相关关系模型的建立提供数据支持。

1 试验区概况及研究方法

试验点设在安徽省安庆市怀宁县海口镇南梗村长江外滩, 为江滩地类型, 地理位置 117°02' E, 30°30' N。属于亚热带季风气候, 温和湿润, 年降水量 1 460 mm, 主要集中在 4—8 月, 年际、月际间变化较大, 丰水年可达 2 200 mm 以上, 旱水年有时不到 800 mm。无霜期 244 d, 年均温度 16.7℃, 10℃积温 5 366 h。海拔高程 12~16 m, 滩地呈冬陆夏水状

态, 呈长条状, 汛期被洪水淹没, 淹水深 0.5~3.5 m, 淹水时间达 1~3 个月, 且淹水多在高温 7 月, 林木生长旺盛期间。土壤属非地带性土壤, 主要为潮土, 土层深厚、疏松、肥沃, 因洪水常有夹砂层, 土体微酸—中性, pH 值 6.5~7.0^[8]。

调查对象为 I-72 杨人工林, 1990 年栽植, 初植密度为 333 株·hm⁻², 经营管理按常规进行。2004 年 9 月进行野外调查, 林龄 14 a。按坡向设置有代表性标准地 3 块, 做 2 个重复, 共设标准地 6 块 (25 m × 40 m)。调查内容包括每木检尺、树高、枝下高和冠幅测定、林下植被调查、土壤剖面调查、解析木、生物量调查等。在每木检尺的基础上, 以 2 cm 为 1 个径阶, 从 24 cm 到 38 cm 共 8 个径阶, 各径阶分别选取了 1、2、2、2、2、2、1 株标准木, 共 14 株。将标准木以 2 a 一个龄级进行树干解析, 获得解析木树高 (H) 和胸径 (D) 的数据, 并用区分断面积求积法求得相应材积 (V)。

2 结果与分析

2.1 I-72 杨树高生长过程

从树高生长过程曲线可以看出 (见图 1), 长江滩地 I-72 杨人工林树高生长过程阶段明显, 主要集中在前 10 a。0~2 年生时树高生长比较缓慢, 3~8 年生时树高生长加快, 9~11 年生时树高生长逐渐放慢, 12~14 年生时树高生长几乎停滞。从散点分布状况来看 (见图 1), 在树高生长的整个过程中, 前 2 年生时单株之间差别不大, 3~8 年生时差别明显, 9~14 年生时单株之间生长差别变小。这说明单株之间树高生长的竞争主要集中在第 3~8 年生时, 此时适当进行施肥管理, 有利于单株树高生长。

树高的连年生长量与平均生长量变化曲线图 (见图 2) 表明, 长江滩地 I-72 杨人工林的树高增长呈现出偏态分布, 树高的快速增长主要是在 3~8 年生时进行。树高连年生长量变化幅度较大, 连年生长量最大值出现在 4~6 年生时达到 3.00 m 左右, 7~11 年生时逐渐下降, 12 年生以后连年生长量变化

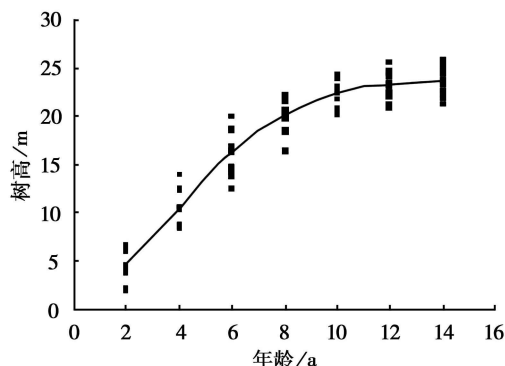


图 1 F72 杨树树高生长过程曲线与散点

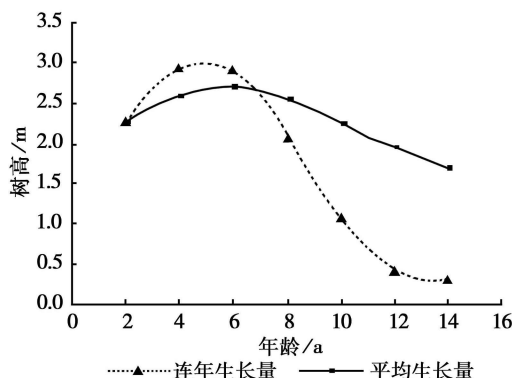


图 2 F72 杨平均树木树高连年生长量与平均生长量变化曲线

不大,保持在 0.29 m 左右。F72 杨的连年生长量变化幅度达到 2.70 m。平均生长量变化幅度要相对稍小,平均生长量最大值出现在 6 年生时达到最大 2.70 m 左右,之后平均生长量逐渐下降,12 年生以后平均生长量变化明显趋于缓慢。

F72 杨在 7 年生时其连年生长量曲线和平均生长量曲线出现相交,7 年生以后连年生长量开始小于平均生长量,并随着年龄增长两者差距逐渐扩大,在第 12 年生时两者差距达到最大,以后差距逐渐缩小。由此可知,长江滩地 F72 杨的树高生长在 0~2 年生时较为缓慢,处于幼林期,3~8 年生时进入树高生长速生期,9~14 年生时树高生长渐缓进入近、成熟期,生长速度趋于平缓。

2.2 F72 杨胸径生长过程

由胸径生长过程曲线可知(见图 3),长江滩地 F72 杨人工林胸径生长呈现持续上升的态势,0~4 年生时胸径生长比较缓慢,5~10 年生时胸径生长急剧上升,11~14 年生时生长速度变慢。从散点分布状况来看(见图 3),前 4 年生时单株之间生长差别不大;5~10 年生时单株之间生长差别开始显现;11~14 年生时单株之间生长差别明显拉大,说明随着年龄增长,单株之间对资源的竞争增强,产生了资

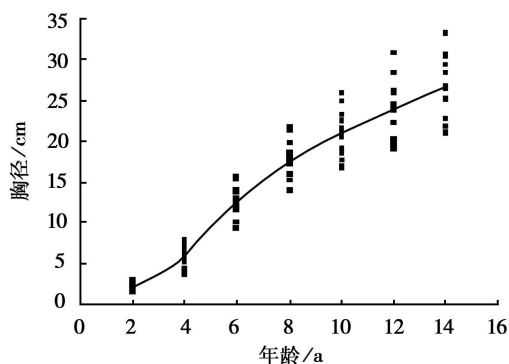


图 3 F72 杨胸径生长过程曲线与散点

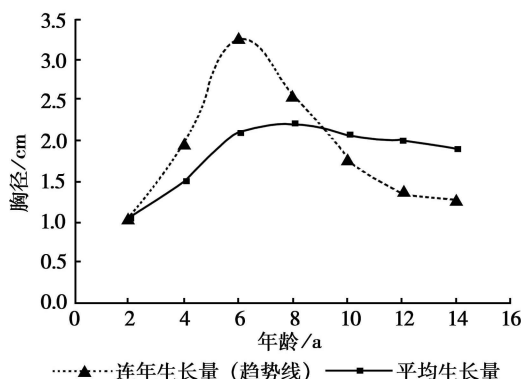


图 4 F72 杨平均木胸径连年生长量与平均生长量变化曲线

源的不公平分配,因而导致了单株之间后期生长差异显著。此时若适当进行施肥管理,可促进单株胸径生长。

胸径连年生长量与平均生长量变化曲线图(见图 4)表明,长江滩地 F72 杨人工林胸径连年生长阶段明显,0~3 年生时生长较快,4~9 年生时是整个胸径生长最快时期,10~14 年生时生长量逐渐减小,生长缓慢;连年生长量最大值出现在 6 年生时(3.28 cm)。平均生长要和缓一些,0~3 年生时生长较缓,4~10 年生时生长幅度较大,11~14 年生时生长幅度明显变小,14 年生以后生长渐趋稳定;平均生长量最大值出现在 8 年生左右。连年生长量和平均生长量在 9 年生时相交。连年生长量的最大值比平均生长量的最大值到来时间要早 2 a 左右。从胸径生长来看,前 4 年生时是 F72 杨幼林阶段,胸径生长占有一定比例,连年生长量达 1.96 cm;5~9 年生时是 F72 杨的速生期,连年生长量最大达 3.28 cm;10~14 年生时,特别是 12~14 年生时是 F72 杨的近、成熟期,生长速度逐渐变小,但连年生长量仍达 1.27 cm,说明胸径后期仍在较快增长。

2.3 I-72杨材积生长过程

材积生长过程曲线表明(见图5),长江滩地 I-72杨人工林材积生长主要集中在后期。从整体过程来看, I-72杨材积生长可以划分为三个阶段, 0~4年生时生长缓慢, 5~8年生时生长逐渐加速, 8年生以后生长迅速提高。从散点分布状况来看(见图5), 前4年生时单株之间生长差别不大, 5~8年生时单株之间生长差别逐渐显现, 9~14年生时单株之间生长差别明显。这一趋势和单株之间胸径生长变化趋势类似, 说明 I-72杨材积增长和胸径增长存在很大相关性, 可以说单株之间胸径生长变化对材积生长变化起着重要作用。

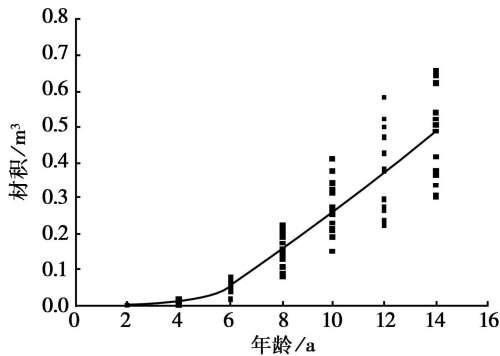


图5 I-72杨材积生长过程曲线与散点图

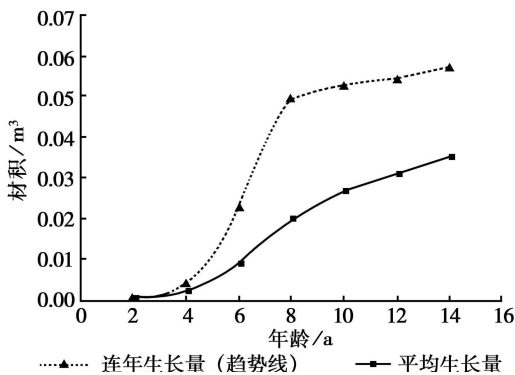


图6 I-72杨平均木材积连年生长量与平均生长量变化曲线图

材积连年生长量与平均生长量变化曲线图(见图6)表明,长江滩地 I-72杨连年生长量变化幅度很大,介于 $0.0004 \sim 0.0574 \text{ m}^3$ 之间, 0~4年生时生长缓慢, 5~8年生时生长迅速, 9~14年生时材积生长稳定在一个很高水平, 平均单株连年生长量超过了 0.0524 m^3 , 说明材积生长主要集中在后期。平均生长量在 0~4年生时增幅不大, 5~10年生时增幅明显, 11~14年生时增幅变缓。从材积生长来看, 0~4年生时为 I-72杨的幼林阶段, 生长缓慢; 5~10年生时为 I-72杨的速生期, 材积生长主要集中

在这一时期; 11~14年生时为 I-72杨的近熟期, 生长已变缓, 但连年生长量后期仍在快速增长, 说明前期生长基数比较大, 导致后期下降趋势延迟。

2.4 模型拟合结果

在众多描述树木生长及林分生长过程的模型^[9-13]当中, Richards方程以其具有的广泛适应性、合理解析性和良好的预测性, 被林业工作者广泛采用。现用 Richards方程对 I-72杨平均木的胸径、树高、材积进行拟合, 结果见表1。

表1 I-72杨平均木生长回归参数

数学模型	因子	a	b	k	m	R ²
$y = a[1 - \exp(-kx)]^{1/(1-m)}$	胸径	30 101 5	0 874 3	0 219 1	0 704 9	0 998 0
	树高	24 092 2	-2 509 4	0 434 8	1 430 3	0 999 9
	材积	1 176 8	1 375 3	0 097 7	0 512 3	0 999 4

将年龄(a)代入相应方程求出相应理论值, 然后做与之对应的曲线图(见图7~9)。

从表1可知, 回归相关系数均达到了0.99以上, 说明 Richards方程可以用来很好表达长江滩地 I-72杨的树高、胸径和材积生长, 拟合情况见图7~9。

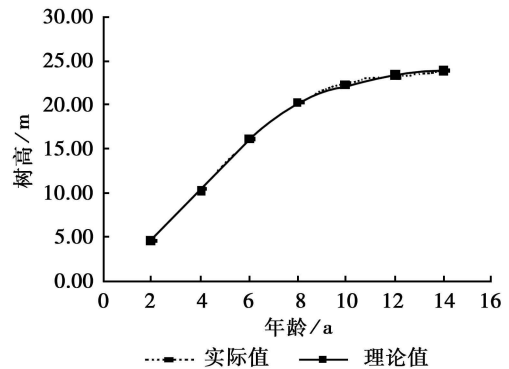


图7 I-72杨平均木树高拟合与实际树高生长曲线

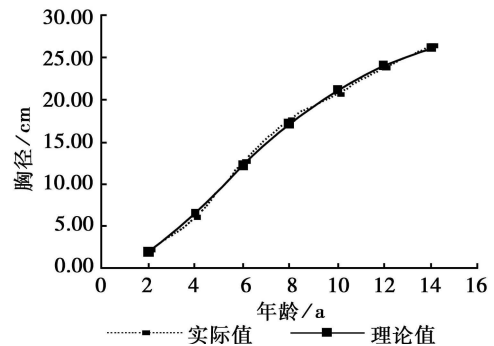


图8 I-72杨平均木胸径拟合与实际胸径生长曲线

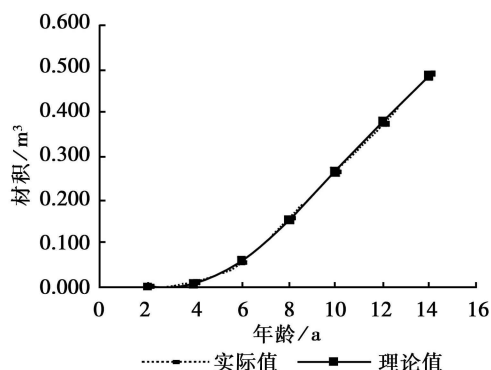


图9 F72杨平均木材积拟合与实际材积生长曲线

3 结论与讨论

(1)通过对长江滩地 F72杨的树高、胸径和材积等的生长特性的研究,树高在 2~8年生时进入速生阶段,9~14年生时生长速度逐渐变缓;胸径生长在 5~10年生时进入速生期,11~14年生时生长速度逐渐变缓;材积生长在 5~8年生时进入速生阶段,9~14年生时生长速度逐渐变缓。总体看来,长江滩地 F72杨的生长过程可分为 3个时期:0~4年生时为幼林期,树高、胸径生长比较快,材积生长极为缓慢。5~10年生时为速生期,树高、胸径、材积生长急速上升。11~14年生时为近熟期,树高、胸径生长趋缓,材积继续增长,但增长趋势变缓。可见长江滩地 F72杨的树高生长要早于胸径生长;若在胸径快速增长期间适当进行施肥管理可以促进单株胸径增长,同时可以促进单株材积增长,有利于培育优质大径材。

(2)长江滩地 F72杨树高连年生长呈偏态分布,连年生长量最大值出现在第 4~6年生时,达到 3.00 m左右;平均生长总体上平缓,平均生长量最大值出现在第 6年生时,达到 2.70 m;连年生长量与平均生长量在第 7年生时相交。胸径连年生长也呈偏态分布,连年生长量最大值出现在第 6年生时,达到 3.28 cm;平均生长量最大值出现在第 8年生时,达到 2.20 cm;连年生长量与平均生长量大约在第 9年生时相交。材积连年生长和平均生长在 14 a中均呈现持续上升的态势,两者最大值均出现在第 14年生以后,在 14 a中两者未能相交。

(3)长江滩地 F72杨截止到本次调查时还未达到数量成熟,预计在 16~18年生时达到数量成熟。在此期间可以加强抚育管理,尽量缩短数量成熟到来时间,从而缩短轮伐期,获得较高的经济效益。从培育造纸材角度来讲,在 12年生左右时长江滩地 F72

杨符合了工艺成熟的标准。

(4)长江滩地 F72杨树高生长的单株差异主要集中在 3~8年生时,之后单株之间生长差别变小,这说明单株之间树高生长的竞争主要集中在第 3~8年生时;胸径生长的单株差异于 5~10年生时开始显现,至 11~14年生时明显拉大;材积生长的单株差异与胸径生长类似。因此可在长江滩地 F72杨第 5~10年生时适当进行施肥管理,以减小单株间对营养空间的资源竞争,促进林木的胸径增长和材积积累。同时还可适当进行间伐作业,以淘汰劣质木并保证优质木的生长。

参考文献:

- [1] Champion I, Porté A. Tree architecture in remote sensing analytical models: The Bray experiment[J]. International Journal of Remote Sensing, 2001, 22 (9): 1827 - 1843
- [2] St-Onge B A, Achaichia N. Measuring forest canopy height using a combination of LDAR and aerial photography data[M]. Workshop on Land Surface Mapping and Characterization Using Laser Altimetry, Annapolis, Maryland, USA, 2001
- [3] Mary E Martion, John D Aber. High spectral resolution remote sensing of forest canopy lignin, nitrogen, and ecosystem processes[J]. Ecological Applications, 1997, 7 (2): 431 - 443
- [4] Juha Hyypä, Hannu Hyypä. Accuracy comparison of various remote sensing data sources in the retrieval of forest stand attributes[J]. Forest Ecology and Management, 2000, 128 (6): 109 - 120
- [5] Spanner M, Johnson L, Miller J. Remote sensing of seasonal leaf area index across the Oregon transect[J]. Ecological Application, 1994, 4 (2): 258 - 271
- [6] Zheng X, Gong P, Stome M. Characterizing spatial structure of tree canopy using color photographs and mathematics morphology[J]. Canadian Journal of Remote Sensing, 1995, 21 (4): 420 - 428
- [7] 项艳,彭镇华,张旭东.滩地地下水位对钉螺分布密度和 F72 杨生长量的影响[J].安徽农业大学学报,1999,26(2):208-211
- [8] 彭镇华.长江中下游滩地杨树栽培与利用[M].北京:中国林业出版社,2003
- [9] 张建国,段爱国.理论生长方程与直径结构模型的研究[M].北京:科学出版社,2004
- [10] 段爱国,张建国,童书振.6种生长方程在杉木人工林分直径结构上的应用[J].林业科学研究,2003,16(4):423-429
- [11] 张建国,段爱国.理论生长方程对杉木人工林分直径结构的模拟研究[J].林业科学,2003,39(6):55-61
- [12] 惠刚盈,盛炜彤.林分直径结构模型的研究[J].林业科学研究,1995,8(2):127-131
- [13] 朱春全,刘晓东,宋显林,等.集约与粗放经营杨树人工林生长规律[J].东北林业大学学报,1998,26(1):14-18