

北美鹅掌楸人工林生长规律及早期 选择可行性探究

郝自远¹, 李火根^{1*}, 康昊¹, 温小荣¹, 胡永清², 张井义²,
黄敏仁¹, 涂峰², 戴兆霞²

(1. 南京林业大学南方现代林业协同创新中心, 江苏 南京 210037; 2. 南京林业大学下蜀实习林场, 江苏 句容 212400)

摘要: [目的] 北美鹅掌楸为优良的珍贵用材树种, 研究其生长发育规律及生长性状早晚期相关对于北美鹅掌楸人工林高效培育有重要的指导意义。 [方法] 本文利用树干解析的方法对江苏句容 24 年生的北美鹅掌楸人工林生长规律研究, 并在此基础上进行胸径、树高和材积性状的年年相关分析以及早期选择效率评价。 [结果] 研究结果表明: 北美鹅掌楸胸径、树高从 6 a 进入快速生长期, 持续到 17 a, 而材积则在 1~10 a 增长缓慢, 12 a 后进入速生期, 生长速率在 20 a 达到最大, 22 a 后逐渐降低, 林分接近数量成熟。生长性状的年年相关及早期选择效率分析结果表明: 胸径、树高在 6 a 与 18 a 显著相关, 材积在 6 a 与 16 a 达到显著相关, 且此时选择效率最高; 若以 24 a 为伐期年龄早晚相关分析, 胸径、材积在 16 a 与 24 a 生长量达到显著相关水平, 而树高则为 14 a。 [结论] 北美鹅掌楸胸径、树高早期增速较快, 进入中壮龄阶段竞争加剧, 个体间分化增大。随着林分年龄的增长, 研究获得的早期选择年龄也相应地延迟。从加速育种角度, 在 6 a 进行早期选择较为合理, 而在培育大径材北美鹅掌楸方面可以 16 a 之后再进行疏伐选择。

关键词: 北美鹅掌楸; 树干解析; 生长规律; 年年相关; 早期选择

中图分类号: S792.21

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2017)05-0878-08

Growth Pattern and Early Selection of *Liriodendron tulipifera*

HAO Zi-yuan¹, LI Huo-gen¹, KANG Hao¹, WEN Xiao-rong¹, HU Yong-qing², ZHANG Jing-yi²,
HUANG Min-ren¹, TU Feng², DAI Zhao-xia²

(1. The Southern Modern Forestry Collaborative Innovation Center, Nanjing Forestry University Nanjing 210037, Jiangsu, China;
2. Xiashu Forest Farm Attached to Nanjing Forestry University, Jurong 212400, Jiangsu, China)

Abstract: [Objective] To study the growth pattern of *Liriodendron tulipifera*. [Method] A 24-year-old *L. tulipifera* plantation in Jurong of Jiangsu Province was used to study its growth pattern by means of stem analysis, and the age-age correlation of growth traits such as diameter at breast height (DBH), tree height and volume were explored. [Result] The results of stem analysis showed that, for DBH and tree height growth, the rapid growth period of *L. tulipifera* lasted for 12 years (the 6th to 17th year after planting), while the early growth of timber volume of *L. tulipifera* was slow in the period of the first year to the tenth year. After 12 year, the volume increased quickly, and reached the peak value at 20th year. The results of age-age correlation and early selection efficiency analysis showed that, for the DBH and tree height, the growth in the 6th year were significantly correlated with the growth in the 18th year, while for the volume, the growth in the 6th year were significantly correlated with growth in the 18th year. Setting 24th year as the age of final cutting, the optimum age for early selection in *L. tulipifera* was the 16th-

收稿日期: 2016-10-21

基金项目: 国家“十二五”科技支撑项目(2012BAD01B05); 江苏省高校优势学科。

作者简介: 郝自远(1992—)男, 硕士研究生。研究方向: 林木遗传育种。电话 15077875132。E-mail: lxhzy1992@163.com。

* 通讯作者: 李火根, 教授, 主要研究方向: 林木遗传育种。E-mail: hgli@njfu.edu.cn 地址: 210037 江苏省南京市龙蟠路 159 号南京林业大学林学院。

18th year. [**Conclusion**] The DBH and tree height grow rapidly at early age. The competition and differentiation among individuals increase significantly during half-mature stage. With the increment of stand age, the age of early selection should be postponed. In consequence of this result, the authors propose that early selection should be conducted at the 6th year to accelerate the process of tree breeding. While for the cultivation of large-diameter wood, thinning should be conducted after the 16th year.

Keywords: *Liriodendron tulipifera*; stem analysis; growth pattern; age-age correlation; early selection

林木在生长过程中,相同性状在不同年龄之间存在相关性,利用这种不同年龄之间的相关性可以开展早期选择研究^[1]。迄今为止,林木早期选择研究相当广泛,其主要在集中在一些生长特性、形态特征、生理生化指标和物候等方面。王章荣^[2]对福建华安马尾松天然林早晚相关分析得出10 a为马尾松最佳早期选择年龄,叶培忠等^[3]对幼龄阶段杉木早期选择研究发现经过早期选择的林分具有显著的遗传增益。由于林木具有生长周期长的特点,因此,在林木中开展早期选择研究尤为必要。

鹅掌楸属(*Liriodendron*)现存仅两个种,鹅掌楸(*L. chinense* Sargent.)和北美鹅掌楸(*L. Tulipifera* Linn.)。北美鹅掌楸又名美国黄杨、美国白杨等,其适应性强,干形通直圆满、树形优美,木材纹理细腻,纤维长,是良好的园林观赏植物、家具用材及纸浆材树种^[4-6]。北美鹅掌楸天然分布于美国东部和加拿大东南部(27°~42° N, 73°~94° W)海拔300 m以下各地和沿海平原排水良好的立地上,并在我国青岛、日照、庐山、南京、杭州、昆明等多地亦有引种栽培。近年来,国内外对鹅掌楸属树种的遗传改良研究较多,尤其在鹅掌楸属种间杂交与杂种优势利用领域取得了突出的成就^[7-9]。但很少涉及鹅掌楸属树种主要经济性状的生长规律以及早晚期相关研究,而有关北美鹅掌楸在我国引种的生长表现相关报道更是寥寥无几。从提高育种效率,加速育种进程角度,开展林木早期选择非常有必要。鉴于此,本文以24 a北美鹅掌楸人工林为材料,选择6株标准木进行树干解析与生长过程分析,并以此为基础,增加1株优势木及3株亚优势木进行早晚相关分析,旨在探讨北美鹅掌楸生长性状早期选择的可行性。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于江苏省句容市南京林业大学下蜀实习林场,地处长江以南,北纬31°10',东经119°59',

亚热带季风气候,年平均温度15.1℃,年平均降水量1 018.6 mm,年平均相对湿度78%,无霜期229天。试验林地势较平坦,海拔100 m以下,坡度小于10°,土壤腐殖质含量2.5%,厚度10~20 cm,土层厚度100 cm以上,土壤为黄棕壤,中壤土,土壤呈弱酸性,肥力较好。试验地林分为24 a北美鹅掌楸人工纯林,参试的北美鹅掌楸引种于1990年,1991年春季在南京林业大学校苗圃基地播种育苗,1993年春季造林,株行距4 m×4 m,试验林面积45亩。造林后前5年进行抚育管理,之后每年冬季进行中耕除草。

1.2 标准地调查与树干解析

试验林为北美鹅掌楸人工纯林,整个林分内部环境条件相对一致,林分完全郁闭。2015年4月,在林内选取3个小班,小班面积约1亩,对选取的小班每木检尺,并分别对其所处的林地土壤状况,生境条件调查记录,然后在每小班中选取2株平均木进行树干解析。

将选择的解析木编号1~6,分别标记南北方位,记录每株解析木生长状况、位置以及其他生境指标后伐倒,以2 m为区分段,截取圆盘带回实验室。后以2年为1个龄级测定各龄级生长量,经数据处理分析,对北美鹅掌楸生长过程进行分析,采用Logistics生长理论方程^[10]对胸径、树高、材积进行回归方程拟合,并用OriginPro 8绘制胸径、树高、材积生长曲线。

1.3 年年相关分析与早期选择效率

本研究采用SPSS19.0中Pearson成对变量相关分析对北美鹅掌楸胸径、树高、材积解析结果年年相关性分析。考虑到个体生长规律以及群体间的竞争性^[11],在6株平均木的基础上,增加了1株优势木编号7(高于标准木性状5%以上)及3株亚优势木编号8、9、10(低于标准木性状5%以上),以提高参试对象的生长量变异度,从而提高分析结果的可靠性。

表1 解析木基本概况调查表
Table 1 Basic questionnaire of parse tree

解析木编号 Parse tree No.	样地 Plot			解析木 Parse tree	
	坡向 Aspect	坡位 Slope position/(°)	林分密度 Stand density/(tree · hm ⁻²)	胸径 DBH/cm	树高 Tree height/m
1	东南	5	625	31.7	19
2	西北	3	625	30.4	17.6
3	西北	7	625	29.4	17.6
4	东北	6	625	27.1	17.8
5	西南	4	625	34.5	17.5
6	东南	2	625	33.5	15.3

在林木未达到成熟年龄之前进行选择,可大幅度缩短选育周期,提高林木育种效率^[1]。确定林木早期选择年龄时,不能单纯依据选择年龄或者早期性状值来确定。因此有必要对早期选择效率做出相

应的比较,最终确定开展早期选择的必要性。本研究采用卢国美,等^[12]的方法估算早期选择效率: $E = R_{pjm} \cdot T_m / T_j$,式中 E 为早期选择效率, R_{pjm} 为早晚期表型相关系数, T_j 、 T_m 分别代表早、晚期相关年龄。

表2 胸径、树高、材积理论模型拟合方程
Table 2 Theoretical equation of DBH, tree height and volume growth

理论模型 Theoretical model	胸径 DBH	树高 Tree height	材积 Volume
Logistic equation	$y = \frac{29.106}{1 + 30.6146e^{-0.284t}}$ $R^2 = 0.991, Q = 1.351,$ $F = 1004.2$	$y = \frac{18.126}{1 + 15.929e^{-0.227}}$ $R^2 = 0.993, Q = 0.291,$ $F = 1666.7$	$y = \frac{0.613}{1 + 250e^{-0.306}}$ $R^2 = 0.999, Q = 0.001,$ $F = 276$

注: R^2 表示决定系数, Q 为残差均方, F 为假设显著性检测;

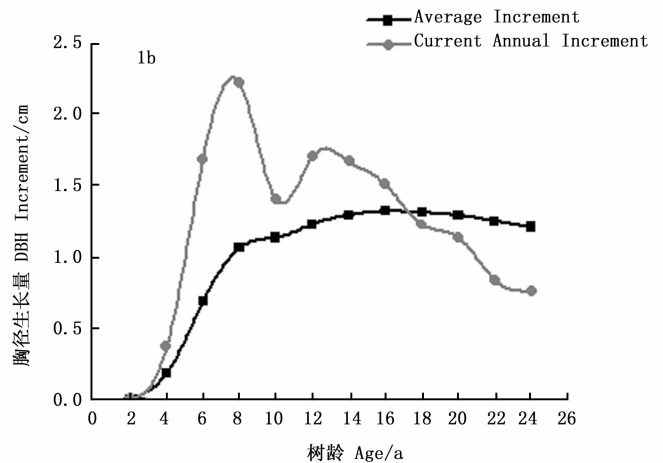
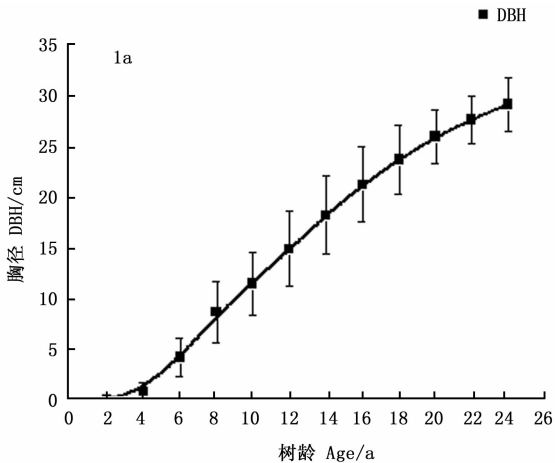
Note: R^2 represents determination, Q represents residual mean square, F represents significance test value.

2 结果与分析

2.1 北美鹅掌楸生长过程分析

2.1.1 胸径生长过程 北美鹅掌楸胸径生长呈“S”型曲线(图 1a)。基于 6 株北美鹅掌楸解析木生长量数据,采用 Logistics 生长理论方程对北美鹅掌楸胸径生长过程进行拟合(表 2),决定 R^2 值为

0.991,模型检验的方差分析 F 统计量远大于 $F_{0.01}$ 。胸径连年生长量出现 2 个峰值(图 1b),分别在 8 a、12 a。0~4 a 胸径生长量较小,从第 4 a 开始进入一个快速增长期,在 4~16 a 胸径连年生长量大于平均生长量,到第 17 a 左右连年生长量近与平均生长量相等,18 a 后鹅掌楸胸径生长速率降低。



注:图 1a 为胸径生长过程曲线,图 1b 为胸径连年生长量变化曲线

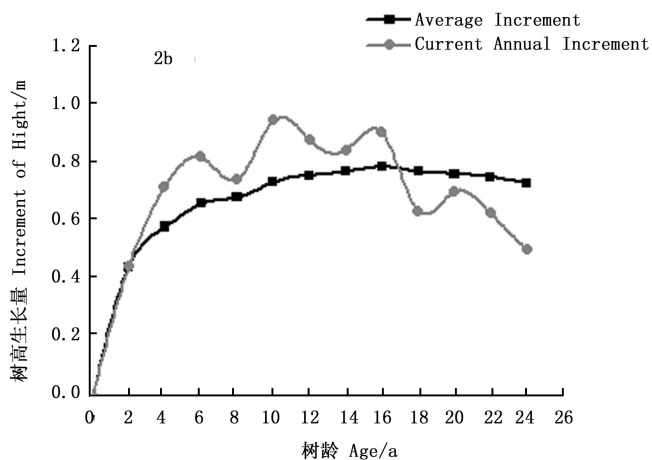
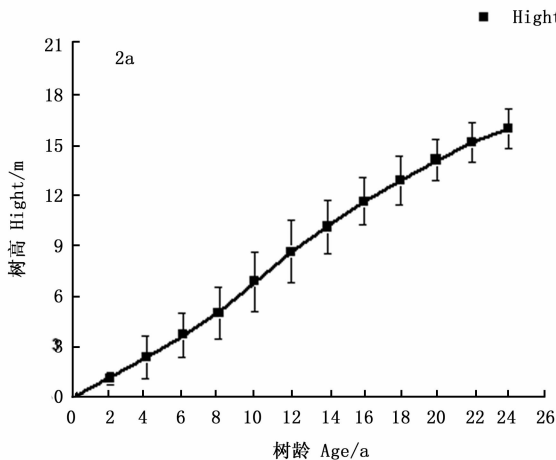
Note: Fig. 1a Vegetation process of DBH, Fig. 1b Annual increment of DBH

图 1 胸径生长过程

Fig. 1 Growth curve of DBH

2.1.2 树高生长过程 北美鹅掌楸树高生长曲线如图2a。用逻辑斯蒂方程对其生长过程进行拟合, R^2 值为0.993, 模型检验的方差分析 F 统计量远大于 $F_{0.01}$, 模型拟合优度较好(表2)。北美鹅掌楸的树干解析结果显示其树高呈现出规律性的增长:即每4~6年出现一个生长高峰, 周期性的生长曲线

共存在4个峰(图2b), 分别在6 a、10 a、16 a和20 a, 其最大峰值在10 a达到最大。0~6 a北美鹅掌楸树高快速增加, 6~16 a继续保持较高速增长, 16 a树高生长速率逐渐降低, 17 a以后连年生长量低于平均生长量。



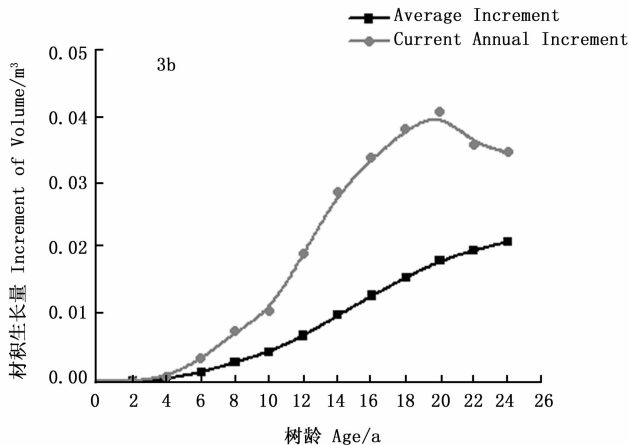
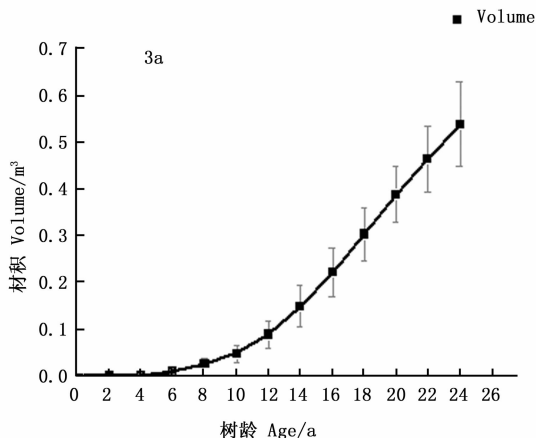
注:图2a为树高生长过程曲线,图2b为树高年生长量变化曲线
Note: Fig. 2a Vegetation process of tree height, Fig. 2b Annual increment of tree height

图2 树高生长过程

Fig. 2 Growth curve of tree height

2.1.3 材积生长过程 北美鹅掌楸材积生长曲线呈“J”型,至24 a材积仍保持较高水平增长速率,参试的6个解析木样本的材积生长量差异性随年龄增加而增加(图3a)。采用 Logistics 模型对其生长过程进行拟合, R^2 值达0.999, 模型检验的方差分析 F 统计量远大于 $F_{0.01}$ (表2)。北美鹅掌楸材积平均生

长量与连年生长量曲线(图3b),在6~8 a以前北美鹅掌楸处于幼龄阶段,材积增长缓慢,12~22 a材积增长迅速,连年生长量在20 a出现一个峰值,随后逐渐下降,在24 a伐倒前连年生长量仍大于平均生长量,该林分尚未达到数量成熟。



注:图3a为材积生长过程曲线,图3b为材积年生长量变化曲线
Note: Fig. 3a Vegetation process of volume, Fig. 3b Annual increment of volume

图3 材积生长过程

Fig. 3 Growth curve of Volume

2.1.4 干形变化过程 北美鹅掌楸干形随年龄变化曲线(图4)。由于0~4 a所研究的对象尚未达到1.3 m,因此自6 a起统计胸高形数变化。分析结果显示北美鹅掌楸随着年龄增加,胸高形数逐渐减小。其中在6~10 a胸高形数降幅最大,10 a之后减小速度放缓,12年之后逐渐趋于稳定,至24 a胸高形数达到0.43。且不同解析木之间胸高形数在幼龄期个体变异较大,6 a的变异系数达到53.92%,随着年龄增大,变异系数逐渐减小24 a变异系数减小至5.74%。

2.2 北美鹅掌楸生长性状年年相关

2.2.1 胸径年年相关 在6株平均木的基础上,增加1株优势木、3株亚优势木解析木数据对不同年龄胸径相关性分析。由于4 a前部分解析木未达到1.3 m,因此用地径做参量进行相关分析(表2)。结果显示:年龄相差越小,相关系数越大;且随着年龄增大,早晚相关系数逐渐增高。从结果来看,第6 a的与18 a已达到显著相关,而2~12 a胸径与24 a

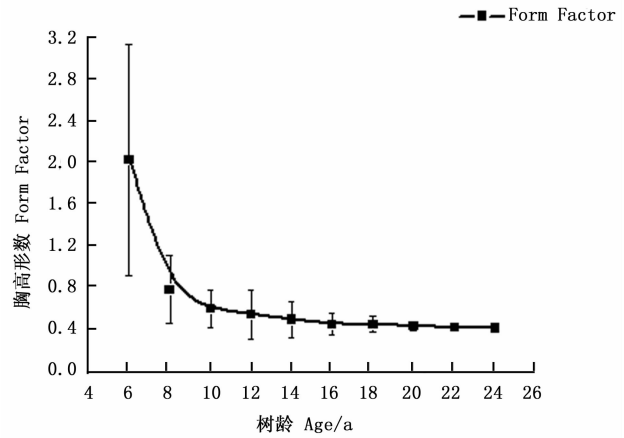


图4 胸高形数变化过程

Fig. 4 Changing process of artificial form factor

伐倒前胸径相关系数不足0.4,16 a之后胸径表现出显著的相关性,其中16 a与24 a相关系数 r 为0.711。

表3 胸径年年相关

Table 3 Age-age correlation for DBH among trees

Age/a	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
2												
4	0.754 *											
6	0.289	0.450										
8	0.083	0.481	0.836 **									
10	0.070	0.499	0.760 *	0.981 **								
12	-0.057	0.370	0.679 *	0.941 **	0.979 **							
14	-0.011	0.389	0.683 *	0.900 **	0.951 **	0.969 **						
16	0.049	0.355	0.675 *	0.798 **	0.856 **	0.877 **	0.966 **					
18	0.092	0.328	0.649 *	0.678 *	0.735 *	0.747 *	0.875 **	0.965 **				
20	0.107	0.227	0.541	0.472	0.531	0.542	0.709 *	0.858 **	0.959 **			
22	0.089	0.138	0.440	0.312	0.368	0.378	0.564	0.744 *	0.888 **	0.981 **		
24	0.112	0.148	0.394	0.263	0.326	0.335	0.525	0.711 *	0.867 **	0.969 **	0.997 **	

注:①“*”在0.05水平(双侧)上显著相关;“**”在0.01水平(双侧)上显著相关

②由于2a,4a部分个体尚未达到1.3米,用地径代替胸径分析

Note:①“*”signification correlation at 0.05 level;“**”signification correlation at 0.01 level.

② Because some individuals have not reached 1.3m for its tree height at 2~4 a, we preformed land diameter instead of DBH.

2.2.2 树高年年相关 树高相关性分析结果如表3:随着年龄增大,早晚相关系数逐渐增大趋势;年龄相差越小,其相关系数越大。其中0~4 a与20~24 a相关系数较低甚至出现负相关,而自6 a开始早晚相关系数迅速增加,其中6 a与18 a达到显著相关水平,而与伐倒前相比14 a与24 a的树高才呈显著性相关,相关系数0.655,此后树高早晚相关系数一直保持显著性水平。

2.2.3 材积年年相关 材积早晚相关分析结果(表

4)显示:2 a幼苗材积与14~24 a材积相关系数为负值,从6 a开始相关性逐渐增加,其中6 a与16~18 a材积达到显著相关,若以24 a解析木伐到前作为生长晚期,10 a之前相关系数小于0.3,12~16 a随着个体间竞争加剧,出现剧烈的分化,早晚相关系数发生较大变化,到第16年材积的早晚相关系数达到极显著性水平,相关系数 r 为0.783, t 检测值为0.007。

表4 各龄级树高相关性

Table 4 Age-age correlation for tree height among trees

Age/a	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
2											
4	0.750 *										
6	0.498	0.886 **									
8	0.362	0.738 *	0.953 **								
10	0.267	0.609	0.869 **	0.953 **							
12	0.322	0.601	0.830 **	0.910 **	0.949 **						
14	0.225	0.541	0.757 *	0.839 **	0.858 **	0.933 **					
16	0.008	0.383	0.682 *	0.783 **	0.817 **	0.872 **	0.959 **				
18	-0.044	0.349	0.645 *	0.739 *	0.772 **	0.862 **	0.933 **	0.982 **			
20	-0.208	0.170	0.510	0.609	0.633 *	0.733 *	0.805 **	0.918 **	0.960 **		
22	-0.319	0.072	0.386	0.474	0.481	0.606	0.708 *	0.839 **	0.906 **	0.977 **	
24	-0.349	0.039	0.332	0.414	0.415	0.552	0.655 *	0.786 **	0.870 **	0.951 **	0.994 **

注：“*”表示显著性相关(5%水平)，“**”表示极显著性相关(1%水平)

Note: “*” signification correlation at 0.05 level; “**” signification correlation at 0.01 level.

2.3 早期选择效率分析

2.3.1 大径材的疏伐年龄选择 北美鹅掌楸为速生用材树种,广泛分布于北美地区,在中国多地也有引种,是造纸、家具等多功能用途用材树种,而培育大径材可以显著提高木材产量、材种以及林木产品附加值。对24 a北美鹅掌楸胸径、树高与材积进行

早期选择效率估计,结果见表5:胸径、树高、材积的早期选择效率分别在18 a、16 a、18 a达到最大,最大选择效率分别为1.16、1.18、1.23。而在16 a前早晚相关性未达到显著水平,不宜在此之前选择。因此,在选育大径材方面,北美鹅掌楸在16~18 a进行疏伐选择较为合理。

表5 各龄级材积相关性

Table 5 Age-age correlation for Volume among trees

Age/a	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
2											
4	0.730 *										
6	0.610	0.832 **									
8	0.282	0.585	0.908 **								
10	0.157	0.561	0.847 **	0.970 **							
12	0.003	0.406	0.760 *	0.943 **	0.967 **						
14	-0.032	0.451	0.728 *	0.873 **	0.906 **	0.960 **					
16	-0.065	0.486	0.645 *	0.731 *	0.779 **	0.844 **	0.955 **				
18	-0.083	0.479	0.530	0.558	0.609	0.679 *	0.841 **	0.961 **			
20	-0.118	0.428	0.387	0.375	0.427	0.505	0.703 *	0.878 **	0.975 **		
22	-0.137	0.381	0.293	0.262	0.318	0.401	0.613	0.815 **	0.941 **	0.992 **	
24	-0.146	0.363	0.251	0.208	0.276	0.354	0.571	0.783 **	0.922 **	0.982 **	0.997 **

注：“*”表示显著性相关(5%水平)，“**”表示极显著性相关(1%水平)

Note: “*” signification correlation at 0.05 level; “**” signification correlation at 0.01 level.

2.3.2 林木育种早期选择效率 对于培育优良用材林、风景林以及生态公益林等来讲,通过尽快选择获取干形较好,生物量高的品种非常重要。早期选择有利于缩短育种周期,加速林木育种进程,尽快的进行早期选择可显著提高林木育种效率。根据胸径、树高、材积相关数据,若以18 a为伐期年龄进行早期选择效率分析,结果如表6所示,胸径、树高、材积选择效率分别在6 a、6 a、4 a最大,选择效率分别为1.947、1.935、2.156。考虑到林木生长规律及育

种成效,因此,在6 a进行早期选择为宜。

3 讨论

本文以24 a北美鹅掌楸人工林为研究对象,通过树干解析的方法研究其生长规律。树干解析结果显示北美鹅掌楸胸径、树高连年生长量曲线峰值出现要明显早于材积生长曲线,推测其原因在于幼龄期北美鹅掌楸尖削度变化较大,这种现象在其他树种中同样存在,赵西平在对幼龄雪松胸高形数以及

表6 大径材早期选择效率评价

Table 6 Evaluation of early selection efficiency for big diameter materials

选择年龄 Selection age/a	胸径 DBH		树高 Tree height		材积 Volume	
	相关系数	选择效率	相关系数	选择效率	相关系数	选择效率
	Correlation coefficient	Selection efficiency	Correlation coefficient	Selection efficiency	Correlation coefficient	Selection efficiency
2	0.112	1.35	-0.349	-4.19	-0.146	-1.75
4	0.148	0.89	0.039	0.23	0.363	2.18
6	0.394	1.57	0.332	1.33	0.251	1.00
8	0.263	0.79	0.414	1.24	0.208	0.62
10	0.326	0.78	0.415	1.00	0.276	0.66
12	0.335	0.67	0.552	1.10	0.354	0.71
14	0.525	0.90	0.655 *	1.12	0.571	0.98
16	0.711 *	1.07	0.786 **	1.18	0.783 **	1.17
18	0.867 **	1.16	0.87 **	1.16	0.922 **	1.23
20	0.969 **	1.16	0.951 **	1.14	0.982 **	1.18
22	0.997 **	1.09	0.994 **	1.08	0.997 **	1.09

注：“*”表示显著性相关(5%水平)，“**”表示极显著性相关(1%水平)

Note: “*” signification correlation at 0.05 level; “**” signification correlation at 0.01 level.

表7 育种早期选择效率评价

Table 7 Evaluation of early selection efficiency for tree breeding

选择年龄 Selection age/a	胸径 DBH		树高 Tree height		材积 Volume	
	相关系数	选择效率	相关系数	选择效率	相关系数	选择效率
	Correlation coefficient	Selection efficiency	Correlation coefficient	Selection efficiency	Correlation coefficient	Selection efficiency
2	0.092	0.828	-0.044	-0.396	-0.083	-0.747
4	0.328	1.476	0.349	1.571	0.479	2.156
6	0.649 *	1.947	0.645 *	1.935	0.53	1.59
8	0.678 *	1.526	0.739 *	1.663	0.558	1.256
10	0.735 *	1.323	0.772 **	1.390	0.609	1.096
12	0.747 *	1.121	0.862 **	1.293	0.679 *	1.019
14	0.875 **	1.125	0.933 **	1.200	0.841 **	1.081
16	0.965 **	1.086	0.982 **	1.105	0.961 **	1.081

注：“*”表示显著性相关(5%水平)，“**”表示极显著性相关(1%水平)

Note: “*” signification correlation at 0.05 level; “**” signification correlation at 0.01 level.

希费尔形率变异性分析中明确表示其不同年龄干形变化较大^[13],导致这种不稳定变化很有可能是由于树冠圆满度的影响。而干形作为衡量单株立木材积以及林分蓄积量的重要指标,其变化将直接影响到林木材积增长量变化^[14],因此,加强幼龄期抚育管理将有利于改善北美鹅掌楸干形,提高单位面积林分蓄积量。

1976年,Wright^[15]在其专著中明确提出早期选择的方法在林木育种研究中的必要性。此后,国内外进行了大量的早期选择研究,分别在胸径、树高、材积^[16-17],木材材性、密度、颜色^[18-20]以及管胞长度^[21]等方面,取得了良好的效果。然而,早期选择年龄在不同树种,及相同树种不同立地条件、生境以及抚育措施都会有一定差异,过早选择则普遍存在错选、漏选情况^[22]。迄今为止,有关鹅掌楸属树种生长性状早晚相关的报道极少,关于鹅掌楸属生长性状早期选择研究更是寥寥无几。李斌^[18]通过对

17 a 鹅掌楸人工林材性研究结果表明材性性状的早期选择不应早于7 a。Ryu,等^[23]对不同立地条件下38 a 北美鹅掌楸成熟林分的生长性状综合分析评价,最终确定20 a 为北美鹅掌楸早期选择的最适年龄。

在不同栽培条件、林分密度、伐期年龄等因素影响下,得到的结论也不尽相同,国内外对于北美鹅掌楸的早期选择年龄尚未有统一的定论。总之,随着北美鹅掌楸林分年龄的增大,研究获得的早期选择年龄也相应地延迟。考虑苗期生长相对较慢,随着年龄增长,个体间竞争加剧可能出现的分化现象,在确定早期选择年龄中,应当慎重考虑,结合不同的育种目标,从培育不同林中角度作出适当的选择,更有利于集约、高效、科学的利用林木资源。本文研究结论对于开展北美鹅掌楸早期选择有较高的参考价值。当然,鉴于本试验林分尚未完全达成熟龄,因而本研究结果有待于今后进一步的验证。

4 结论

对 24 a 北美鹅掌楸人工林分析,通过树干解析的方法研究其生长规律。北美鹅掌楸胸径和树高在 4 a 之前材积增长速率缓慢;随后进入壮龄阶段其胸径、树高保持持续高速增长,16 a 以后生长速率逐渐减慢,而材积年增长量 8 a 之后迅速增加,到 24 a 解析木伐倒之前,材积增量仍保持较高水平。北美鹅掌楸胸高形数在 6~10 a 迅速减小,12 a 之后变化趋缓,最终稳定在 0.43 左右,此结果与季孔庶^[5]报道结果相似。

利用树干解析的结果对北美鹅掌楸树高、胸径和材积年年相关性分析,早期选择效率评价,以 18 a 为伐期年龄,生长性状在 6 a 左右达到显著相关水平,且选择效率较高,因此,在 6 a 作为林木早期选择年龄较为合理。同时考虑到所研究林分初植密度较小,其栽培条件更利于培育大径材,胸径在 16 a 生时生长量仍较大,树高在 16 a 年生生长量开始降低,而材积则在 20 a 年生长量达到峰值,且北美鹅掌楸胸径、树高、材积在第 16~18 年才与 24 年生生长量达到显著相关,因此,若以培育大径材为目的,则进行疏伐选择的适宜年龄不宜早于第 16 年。

参考文献:

- [1] 王明麻. 林木遗传育种学[M]. 北京:中国林业出版社,2001:165-166.
- [2] 王章荣,陈天华,周志春,等. 福建华安马尾松生长早晚期相关及早期选择[J]. 南京林业大学学报,1987(3):41-47.
- [3] 叶培忠,陈岳武,阮益初,等. 杉木早期选择的研究[J]. 南京林业大学学报,1981(1):106-116.
- [4] 吴淑芳,张留伟,蔡伟健,等. 杂交鹅掌楸材性、纤维特性及制浆性能研究[J]. 纤维素科学与技术,2011(4):28-33.
- [5] 季孔庶,王章荣,温小荣. 杂交鹅掌楸生长表现及其木材胶合板性能[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2005(1):71-74.
- [6] 黄仙爱. 杂交鹅掌楸木材加工利用研究[D]. 南京林业大学,2006.
- [7] 张晓飞. 鹅掌楸不同交配组合子代幼龄期生长性状的遗传分析[D]. 南京林业大学,2008.

- [8] 李火根,施季森. 杂交鹅掌楸良种选育与种苗繁育[J]. 林业科技开发,2009(3):1-5.
- [9] 冯源恒,李火根,杨建,等. 两种鹅掌楸繁殖成效的比较[J]. 热带亚热带植物学报,2010,18(1):9-14.
- [10] 孟宪宇. 测树学[M]. 北京:中国林业出版社,2006.04.
- [11] 陈伯望,沈熙环. 油松生长性状早期选择的研究[J]. 林业科学,1992,28(5):450-455.
- [12] 卢国美,李国锋. 油松生长力早期选择的研究[J]. 河南林业科技,1994(2):12-14.
- [13] 赵西平,周洋,郭平平. 幼龄雪松干形的变异性[J]. 福建林业科技,2013,40(1):43-45.
- [14] 钟德军,李淑阁,杨景辉,等. 落叶松树干干形的研究[J]. 河北林果研究,2004,19(2):126-129.
- [15] Wright J W. Introduction to forest genetics. [M]. Department of Forestry Michigan State University, 1976:163.
- [16] Isik K, Kleinschmit J, Steiner W. Age-Age Correlations and Early Selection for Height in a Clonal Genetic Test of Norway Spruce[J]. Forest Science, 2010, 56(2): 212-221.
- [17] Kumar D, Singh N B. Age-age correlation for early selection of clones of Populus in India[J]. Silvae Genetica, 2001, 50(3-4): 103-107.
- [18] 李斌,顾万春. 鹅掌楸主要木材性状早期选择可行性研究[J]. 林业科学,2002, 38(6): 43-48.
- [19] Montes C S, Hernández R E, Beaulieu J, et al. Genetic variation in wood color and its correlations with tree growth and wood density of Calycophyllum spruceanum at an early age in the Peruvian Amazon[J]. New Forests, 2008, 35(1): 57-73.
- [20] Hannrup B, Ekberg I. Age-age correlations for tracheid length and wood density in *Pinus sylvestris*[J]. Canadian Journal of Forest Research, 1998, 28(9): 1373-1379.
- [21] Sotelo M C, Beaulieu J, Hernandez R E. Genetic variation in wood shrinkage and its correlations with tree growth and wood density of Calycophyllum spruceanum at an early age in the Peruvian Amazon[J]. Canadian Journal of Forest Research, 2007, 37(5): 966-976.
- [22] 赵承开. 杉木优良无性系早期选择年龄和增益[J]. 林业科学, 2002,38(4):53-60.
- [23] Ryu Keun-Ok, Han Mu-Seok, et al. Age-age Correlation on Volume Growth of Yellow Poplar (*Liriodendron tulipifera* L.) [J]. Journal of Agriculture & Life Science. 2014,48(3):13-23.

(责任编辑:张研)