维普资讯 http://www.cqvip.com

第44卷 第3期
2008年3月

林 业 科 学
SCIENTIA SILVAE SINICAE

Vol.44,No.3
Mar.,2008

华北沙地小黑杨人工林生长特性

范少辉[1,2] 冯慧想[2] 张 群[2] 刘广路[1] 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. 国家林业局北京林业机械研究所 北京 100013)

摘 要: 对华北沙地小黑杨人工林生长特性进行研究。结果表明:小黑杨树高生长要早于胸径生长,生长中后期单株之间对资源的竞争增强;树高连年生长量最大值与平均生长量最大值几乎同步出现,胸径亦如此,而材积的连年生长量最大值比平均生长量最大值要早3年左右出现;树高连年生长量在接近第6年时与平均生长量相交,胸径连年生长量和平均生长量在第10年左右时相交,材积连年生长量和平均生长量在接近第16年时相交;黑杨生长过程分为4个时期:第0~3年为幼林期,第4~14年为速生期,第15~16年为近熟期,第17~26年为成熟期;轮伐期在16年左右。

关键词: 小黑杨;华北沙地;人工林;生长特性

中图分类号:S758 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-7488(2008)03-0029-05

Growth Characteristic of *Populus* × *xiaohei* Plantaion in Sand Land of North China

Fan Shaohui[1,2] Feng Huixiang[2] Zhang Qun[2] Liu Guanglu[1] Zong Yichen[2] Fei Benhua[3]

(1. *International Centre of Bamboo and Rattan The Key Laboratory for Bamboo and Rattan of Chinese State Forestry Administration Beijing* 100102; 2. *Research Institute of Forestry, CAF Key Laboratory of Forest Silviculture of the State Forestry Administration Beijing* 10091; 3. *Beijing Forestry Machinery Research Institute State Forestry Administration Beijing* 100013)

Abstract: Growth characteristic of *Populus* × *xiaohei* plantaion had been studied in sand land of North China. The results showed: Tree height growth of *P.* × *xiaohei* was earlier than the breast diameter growth, the competition for resources grew cruelly among the trees in later growth period; The maximum of current annual increment and mean annual increment of tree height appeared nearly synchronously, so did the breast diameter, But the maximum of current annual increment of timber volume appeared much more earlier than the maximum of mean annual increment; The current annual increment and mean annual increment of tree height, breast diameter and timber volume were respectively intersected in about 6, 10 and close to 16 a; The growth process of *P.* × *xiaohei* was divided into four periods: 0~3 a was the young stand period, 4~14 a was the fast-growing period, 15~16 a was the near mature period, 17~26 a was the overmature period; The rotation of *P.* × *xiaohei* was 16 a.

Key words: *Populus* × *xiaohei*; sand land of North China; plantation; growth characteristic

小黑杨(*Populus* × *xiaohei*)具有生长迅速、抗寒性强、抗旱效果好、抗病虫、适应性较广、树干通直圆满、材质洁白等优良特性(赵天锡等,1994),现已成为速生丰产人工林的优良树种之一。同时,它是中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。对小黑杨的研究主要集中在抗病性、耐盐性、引种栽培、转基因杂交等方面(王占斌等,2006;刘桂丰等,2006;杨传平等,2001;王冰等,2005;朴志勇等,2004;Zhang *et al.*,2002;Shan *et al.*,2006;Li *et al.*,2005)。此外,吕显洲等(2006)研究了施肥措施对小黑杨生长的影响,Ze等(2007)研究了立地对小黑杨生长和木材质量的影响,任海青等(2006)研究了栽植密度对小黑杨人工林木材解剖特性的影响,徐德兰等(2005)研究了植物生长调节剂对小黑杨成花的效应,Xiao等(2007)利用QuickBird图像对小黑杨人工林立木材积进行了估测,而有关小黑杨人工林生长特性的研究还鲜有报道。本文通过对小黑杨人工林生长特性进行研究,为杨树人工林的集约经营及其木材的合理加工与利用提供理论依据。

1 试验区概况

试验区位于山西省朔州市杨树丰产林实验局薛家庄国营林场(112°06′ E,39°02′ N)。半干旱草原气候,

收稿日期:2006-10-08。

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性质和利用价值的研究"(30230420)资助。

维普资讯 http://www.cqvip.com

冬季漫长而寒冷干燥,夏季短暂而温热多雨,春秋凉爽。气温日差和年差均大,多大风,日照充足。年均温7.5 ℃,全年无霜期134 d,降水集中在6—8月,年均降水量360~460 mm。主要气象灾害为干旱。海拔1 060~1 400 m,属冲积平原,成土母质以马兰黄土和冲积物为主,其次为风积物,还有少量的玄武岩。土壤类型为草甸土,多呈碱性,其pH值为8~9。

调查对象为小黑杨人工林,1977年栽植,造林面积21.6 hm^2,采用全面机耕,"三大一深"栽植方法,造林用苗均为二根,二杆的一级苗,植穴1 m×1 m×1 m,常规经营管理。在经营水平相同的前提下,依照生产需要,采用完全随机区组试验设计,共设置了1 333、1 000、833、625、556、500、417、312与250株·hm^{-2}这9种密度处理,各做3次重复,共27个小区,并设对照区。

2 研究方法

2004年6月,根据各种密度的生长状况,在试验区内选取了3种密度(1 000、500和250株·hm^2)进行标准地设置,标准地大小为25 m×25 m,做3个重复,共设9块标准地。每木检尺,测树高、枝下高和冠幅,并进行林下植被、土壤剖面及生物量调查等。以2 cm为1个径阶,从12到26 cm共8个径阶,各径阶分别选取了1、1、3、7、5、2、3、3株标准木,共25株。将标准木以2 a为一个龄级进行树干解析,获得标准木树高(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):

$$V = l\sum_{i=1}^{n} g_i + \frac{1}{3}g'l'。$$

式中:g_i为第i区分段中央断面积,l为区分段长度,g'为梢头底端断面积,l'为梢头长度,n为区分段个数。

3 结果与分析

华北沙地不同密度条件下小黑杨林分生长因子基本情况见表1。通过对华北沙地小黑杨林分25株标准木的树高、胸径和材积数据进行平均处理,并计算出平均木的生长率和形数,得到小黑杨平均木树干生长过程总表(表2)。

表1 小黑杨林分生长因子基本情况表

Tab.1 Basic situation of *P. xiaohei* stand growth factor

林分密度 Stand density/(individual·hm^{-2})	株数 Tree number	树高 Height/m	DBH/cm	冠幅 Canopy breadth/m	枝下高 Clear bole height/m	冠长 Crown length/m	冠径比 The ratio of canopy breadth to DBH
1 000	59	19.08	19.57	2.81	12.86	6.22	0.14
500	29	18.02	22.99	3.46	11.33	6.69	0.15
250	19	18.50	28.07	5.64	9.90	8.60	0.20

3.1 高生长

由标准木树高生长过程(图1)可知,小黑杨树高生长主要集中在前期。第0~10年树高生长迅速,第11~14年树高生长逐渐放慢,第15~26年树高生长几乎停滞。从单株的散点分布来看,在树高生长的整个过程中,单株之间生长差别变化不是很大,仅仅是在第4~8年时差距稍微有点扩大。

树高连年生长与平均生长曲线图(图2)表明,树高连年生长量变化幅度较大,第4年时连年生长量达到最大(2.40 m),第5~16年逐渐下降,16年以后连年生长量变化不大,保持在0.03 m左右。平均生长量变化幅度要相对小一些,第4年时平均生长量达到最大(2.12 m),之后平均生长量逐渐下降,16年以后平均生长量变化明显趋于缓慢,第26年时仅为0.67 m。第6年时连年生长量曲线和平均生长量曲线相交,6年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年时两者差距达到最大,以后差距逐渐缩小。由此可知,华北沙地小黑杨幼林期很短,速生期主要集中在前10年,第11~14年树高生长渐缓进入近熟期,第15~26年树高生长极其缓慢,林分进入成熟期。

3.2 胸径生长

由标准木胸径生长过程(图3)可见,小黑杨人工林胸径生长呈现"S"型曲线,第4~10年胸径生长急剧上升,第11~14年生长速度变慢,第15~26年生长极为缓慢。从单株的散点分布来看,第0~3年单株之间生长差别不大;第4~6年单株之间生长差别开始显现;第7~26年单株之间生长差别明显拉大,这说明随着年龄增长,单株之间对资源的竞争增强,产生了资源的不公平分配,导致单株之间后期生长差异显著。此时若

维普资讯 http://www.cqvip.com

适当进行施肥管理，可促进单株胸径生长。

表 2　树干生长过程

Tab.2　Stem growth process

年龄 Age/a	树高 Height/m			胸径 DBH/cm			材积 Volume/m^3				胸高形数 Breast height form factor
	总生长量 Cumulate increment	平均生长量 Mean annual increment	连年生长量 Current annual increment	总生长量 Cumulate increment	平均生长量 Mean annual increment	连年生长量 Current annual increment	总生长量 Cumulate increment	平均生长量 Mean annual increment	连年生长量 Current annual increment	生长率 Growth rate/%	
2	3.82	1.91	2.13	1.83	0.91	0.91	0.000 3	0.000 2	0.000 3	100.0	0.322
4	8.49	2.12	2.40	4.30	1.08	1.23	0.002 5	0.000 6	0.001 4	76.7	0.198
6	12.54	2.09	1.95	8.74	1.46	2.22	0.013 0	0.002 2	0.007 4	68.4	0.173
8	14.94	1.87	0.99	12.98	1.62	2.12	0.045 7	0.005 7	0.019 7	55.6	0.231
10	16.14	1.61	0.52	15.99	1.60	1.51	0.099 1	0.009 9	0.029 4	36.8	0.306
12	16.71	1.39	0.25	17.59	1.47	0.80	0.157 2	0.013 1	0.029 0	22.7	0.387
14	17.05	1.22	0.14	18.48	1.32	0.44	0.204 2	0.014 6	0.022 0	13.0	0.447
16	17.18	1.07	0.06	18.79	1.17	0.16	0.229 5	0.014 3	0.011 4	5.8	0.482
18	17.26	0.96	0.04	19.03	1.06	0.12	0.242 5	0.013 5	0.006 4	2.8	0.494
20	17.33	0.87	0.03	19.28	0.96	0.12	0.254 0	0.012 7	0.005 7	2.3	0.502
22	17.37	0.79	0.02	19.53	0.89	0.13	0.265 2	0.012 1	0.005 7	2.2	0.510
24	17.42	0.73	0.02	19.76	0.82	0.12	0.276 7	0.011 5	0.005 7	2.1	0.518
26	17.45	0.67	0.02	20.11	0.77	0.12	0.288 1	0.011 1	0.005 7	2.0	0.520

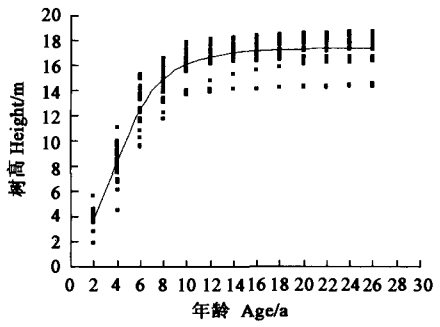

图 1　标准木树高生长过程

Fig. 1　Growth process of tree height

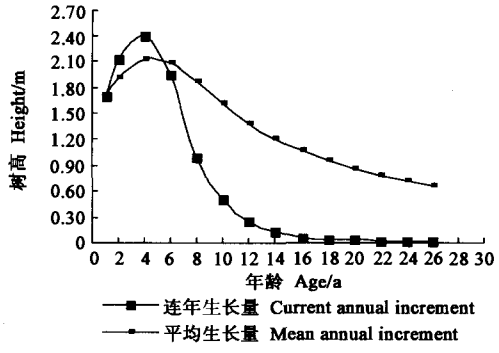

图 2　平均木树高连年生长与平均生长曲线图

Fig. 2　Growth curve of current annual increment and mean annual increment of tree height

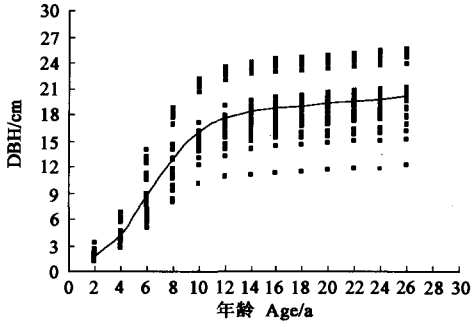

图 3　标准木胸径生长过程

Fig. 3　Growth process of DBH

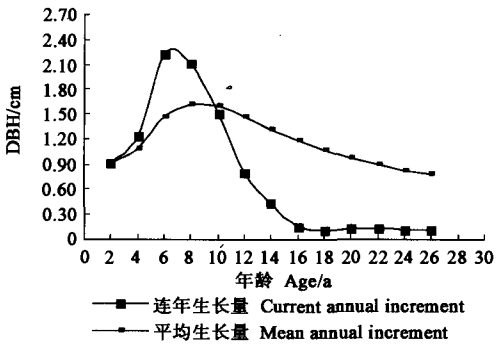

图 4　平均木胸径连年生长与平均生长曲线图

Fig. 4　Growth curve of current annual increment and mean annual increment of DBH

胸径连年生长与平均生长曲线图(图 4)表明，胸径连年生长阶段明显，第 0 ~ 3 年生长较快，第 4 ~ 10 年是整个胸径生长最快的时期，第 11 ~ 16 年生长速度放慢，第 16 年以后生长趋于稳定，年生长量仅维持在 0.12 cm 左右；连年生长量最大值出现在第 6 ~ 8 年。平均生长要缓和一些，第 0 ~ 3 年生长较缓，第 4 ~ 16 年生长幅度较大，第 17 ~ 22 年生长幅度明显变小，第 22 年以后生长极为缓慢，并逐渐趋于稳定；平均生长量最

维普资讯 http://www.cqvip.com

大值出现在第 8 年左右。连年生长量最大值与平均生长量最大值几乎同步出现;连年生长量和平均生长量在第 10 年左右相交。从胸径生长来看,第 0 ~ 3 年是小黑杨的幼林阶段,胸径生长占有一定比例;第 4 ~ 10 年是小黑杨的速生期,连年生长量最大值达到 2.22 cm;第 11 ~ 15 年是小黑杨的近熟期,胸径生长速度明显放慢;第 16 ~ 26 年为小黑杨的成熟期,连年生长量稳定在 0.12 cm 左右。

3.3 材积生长

从标准木材积生长过程(图 5)可以看出,小黑杨材积生长呈典型的"S"型曲线,生长过程完全符合"慢—快—慢"的生长规律。从整体过程来看,小黑杨材积生长可以划分为 3 个阶段,第 0 ~ 5 年生长缓慢;第 6 ~ 15 年生长迅速;第 16 ~ 26 年生长量变小,生长变慢。从单株的散点分布来看,第 0 ~ 4 年单株之间材积生长几乎没有差别;第 5 ~ 6 年单株之间生长差别开始显现;7 年以后,随着年龄增长,单株之间生长差别逐渐拉大,变得越来越明显。这一趋势和单株之间胸径生长的变化趋势类似。

材积连年生长量与平均生长量变化曲线图(图 6)表明,连年生长量的变化幅度很大,为 0.000 3 ~ 0.029 4 m^3,第 0 ~ 4 年生长缓慢,第 5 ~ 15 年生长迅速,第 16 ~ 18 年生长减缓,第 19 ~ 26 年生长稳定在 0.005 7 m^3;连年生长量最大值出现在第 10 ~ 12 年。平均生长量在第 0 ~ 4 年增幅不大,5 年后增幅明显,19 年后变化幅度明显下降,并稳定在 0.011 1 m^3 左右;平均生长量最大值出现在第 14 年左右。连年生长量的最大值要比平均生长量的最大值大约早 3 年出现;连年生长量与平均生长量在接近第 16 年时相交,在此之前,连年生长量一直领先于平均生长量,之后两者差距迅速拉大,连年生长量小于平均生长量。从材积生长来看,第 0 ~ 4 年为小黑杨的幼林阶段,生长缓慢;第 5 ~ 15 年为小黑杨的速生期,材积生长主要集中在这一时期;第 16 ~ 18 年为小黑杨的近熟期,生长已经变缓,但比幼林阶段要快;第 19 ~ 26 年为小黑杨的成熟期,连年生长量几乎不再变化,稳定在 0.005 7 m^3 左右。

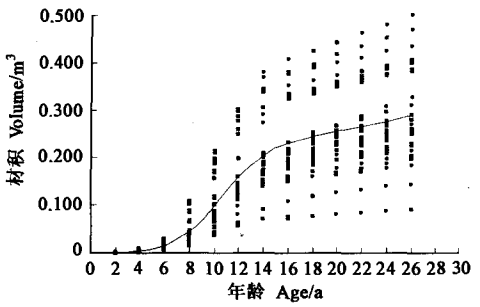

图 5 标准木材积生长过程

Fig. 5 Growth process of volume

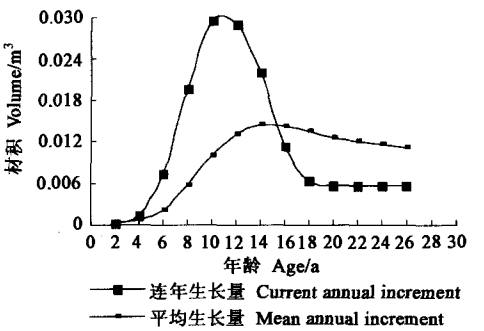

图 6 平均木材积连年生长与平均生长曲线图

Fig. 6 Growth curve of current annual increment and mean annual increment of volume

4 结论与讨论

1) 华北沙地小黑杨的树高生长速生阶段集中在前 10 年,第 1 1 ~ 14 年生长速度逐渐变缓;胸径生长在第 4 ~ 10 年进入速生期,第 11 ~ 15 年生长速度逐渐变缓;材积生长在第 5 ~ 15 年进入速生阶段,第 16 ~ 18 年生长速度逐渐变缓。总体看来,华北沙地小黑杨的生长过程可分为 4 个时期:第 0 ~ 3 年为幼树期,树高、胸径生长比较快,材积生长极为缓慢。第 4 ~ 14 年为速生期,树高、胸径、材积生长急速上升。第 15 ~ 16 年为近熟期,树高、胸径生长趋缓;材积继续增长,但增长趋势变缓。第 17 ~ 26 年为成熟期,树高生长几乎停滞;胸径、材积生长均趋于稳定在一个很低的水平。另外,华北沙地小黑杨的树高生长要早于胸径生长,为保证小黑杨的胸径增长和材积积累,可在胸径快速增长期间适当进行施肥管理,有利于培育优质大径材。

2) 华北沙地小黑杨树高连年生长在生长前期增长迅速(第 0 ~ 16 年),连年生长量最大值出现在第 4 年左右,达到 2.4 m;平均生长总体平缓,平均生长量最大值出现在第 4 年,达到 2.12 m;连年生长量与平均生长量在接近第 6 年时相交。胸径连年生长呈现偏态分布,连年生长量最大值出现在生长中期(第 6 ~ 8 年),达到 2.22 cm;平均生长量在第 8 年时出现最大值,达到 1.62 cm;连年生长量和平均生长量在第 10 年时相交。材积连年生长也主要集中在中前期,连年生长量变化幅度为 0.000 3 ~ 0.029 4 m^3,连年生长量最大值出现在

维普资讯 http://www.cqvip.com

第10～12年，平均单株连年生长量超过了0.029 m^3；平均生长在第0～14年时呈现持续上升的趋势，尤其是第6～14年增长速度明显加快，在第14年时平均生长量达到最大，之后增长有所下降；连年生长量与平均生长量在接近第16年时相交。

3）华北沙地小黑杨材积的平均生长量与连年生长量在第16年左右时相交，达到数量成熟。此时可进行轮伐，以获得较高的经济效益。从培育优质大中径材角度来讲，第14年左右时小黑杨达到工艺成熟，此时胸径值达到18.48 cm。若从培育造纸材角度来讲，小黑杨生长10年左右时可达到工艺成熟，此时胸径值达到15.99 cm。

4）华北沙地小黑杨的树高生长单株差异不大，胸径生长单株差异于第4～6年开始显现，第7～26年明显拉大，材积生长的单株差异与胸径生长类似。因此可在华北沙地小黑杨生长4～6年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

刘桂丰，杨传平，蔡智军，等.2006.转*bet*A基因小黑杨的耐盐性分析及优良转基因株系的选择.林业科学，42(7)：33－36.

吕显洲，初进先，沈建革.2006.小黑杨丰产林施肥试验初报.防护林科技，3：15－16.

林志勇，赵存玉，王晓娟，等.2004.小黑杨引种及山地速生丰产栽培技术、东北林业大学学报，32(4)：9－11.

任海青，刘杏娥，江泽慧，等.2006.栽植密度对小黑杨人工林木材解剖特性的影响.林业科学研究，19(3)：364－369.

王　冰，王建光，尹智勇.2005.带岭林区小黑杨引种及大面积山地人工造林.吉林林业科技，34(1)：22－23.

王占斌，张福丽，王志英，等.2006.小黑杨转抗真菌病基因的初步研究.林业科技，31(6)：22－24.

徐德兰，王庆成.2005.植物生长调节剂对杨树成花的效应.植物生理学通讯，41(1)：51－52.

杨传平，刘桂丰，梁宏伟，等.2001.耐盐基因Bet-A转化小黑杨的研究.林业科学，37(6)：34－38.

赵天锡，陈章水.1994.中国杨树集约栽培.北京：中国科学技术出版社.

Li S W, Zhang Z Y, Luo J M, *et al*. 2005. Progress and strategies in cross breeding of poplars in China. Forestry Studies in China, 7(3): 54－60.

Shan Z L, Zhi Y Z, Qian Z, *et al*. 2006. Progress in the study of molecular genetic improvements of poplar in China. Journal of Integrative Plant Biology, 48(9): 1001－1007.

Xiao Q W, Zeng Y L, Xing F L, *et al*. 2007. Estimating stem volume using quickBird imagery and allometric relationships for open *Populus xiaohei* plantation. Journal of Intergrative Plant Biology, 49(9): 1304－1312.

Ze H J, Xiao Q W, Ben H F, *et al*. 2007. Effect of stand and tree attributes on growth and wood quality characteristics from a spacing trial with *Populus xiaohei*. Annals of Forest Science, 64: 807－814.

Zhang Z Y, Lin S Z, Zhang Q. 2002. Status and Advances of Molecular Genetic Improvement of Poplar Species in China. Forestry Studies in China, 4(2): 1－8.

（责任编辑　于静娴）