

西南桦人工林生长规律研究

陶玉华¹,赵 峰²,庞正轰³,黄光启²,赖曼芳²,李魁荣²,黄秀英²

(1. 钦州学院,广西北部湾海洋灾害研究重点实验室,广西北部湾海岸科学与工程实验室,广西 钦州 535011;
2. 广西靖西县五岭林场,广西 靖西 533800;3. 广西农业职业技术学院,广西 南宁 530007)

摘 要:为揭示西南桦人工林生长规律,为西南桦人工林的经营管理提供科学依据,采取定点定株连续观察法研究广西百色市靖西县五岭林场西南桦人工林生长过程。结果表明,15 a 生西南桦人工林树高、胸径、材积分别达到 19.7 m、20.2 cm、0.315 5 m³·株⁻¹。幼林的树高和胸径生长量随树龄增长而增大,5 a 生达到高峰,之后随树龄增长而下降。材积连年生长量、年均生长量分别在第 5 年和第 13 年达到高峰。材积连年生长率与年均生长率曲线在 14 a 相交,表明西南桦数量成熟年龄为 14 a。西南桦林分的枝下高随树龄增长而增大,自然整枝高峰期在 6~7 a。

关键词:西南桦;人工林;生长规律;数量成熟

中图分类号:S721.15 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2019)01-0180-04

Growth Law of *Betula alnoides* Plantation

TAO Yu-hua¹, ZHAO Feng², PANG Zheng-hong³, HUANG Guang-qi², LAI Man-fang²,
LI Kui-rong², HUANG Xiu-ying²

(1. Guangxi Key Laboratory of Marine Disaster in the Beibu Gulf, The Key Laboratory of Coastal Science and Engineering in the Beibu Gulf Qinzhou College, Qinzhou 535011, Guangxi, China; 2. Wuling Forest Farm of Jingxi, Jingxi 533800, Guangxi, China; 3. Guangxi Agricultural Vocational and Technical College, Nanning 530007, Guangxi, China)

Abstract: In order to reveal the growth law and provide scientific basis for the management of *Betula alnoides* plantation, the growth process of *B. alnoides* plantation was studied by fixed point, fixed plant and consecutive observation in Wuling Forest Farm of Baise, Guangxi. The results showed that individual tree height, DBH and volume of 15-year-old *B. alnoides* were 19.7 m, 20.2 cm and 0.315 5 m³, respectively. The height and DBH increased with age, and reached the peak at the 5th year, then decreased with the age. The annual increment volume and annual average growth volume reached the peak at the 5th and 13th year, respectively. The intersecting curve of volume successive-year growth percentage and annual average increment percentage appeared at the 14th year, which indicated that *B. alnoides* quantitative mature age was 14 years. The clear bole height increased with the age, and the natural pruning peak appeared at 6~7 years.

Key words: *Betula alnoides*; plantation; growth law; quantitative maturity

西南桦(*Betula alnoides*)为桦木科桦木属植物,主要分布在我国西南,是优良乡土树种之一。其树干通直、生长速度快、材质优、价值高,适合制作高档家具、地板、建筑和造纸等^[1-2]。西南桦适合在海拔 300~1 450 m 范围内种植,与桉树不争地,可作为替代杉木(*Cunninghamia lanceolata*)和马尾松

(*Pinus massoniana*)二代林的候选树种^[3]。我国西南桦种植业发展快速,到 2010 年人工林面积达到 9 万 hm²,至 2015 年已超过 13.3 万 hm²^[4]。

我国对西南桦种苗繁育的嫁接、扦插以及组培技术等的研究较为成熟^[5-6],较多的研究集中在其生物生态学特性、种源测试和密度试验等方面^[7-8]。

袁莲珍^[9]等研究了不同种源西南桦人工林生长量,杨建荣^[10]等对西南桦苗期生长特性开展了研究,马智德^[11]研究了西南桦造林密度与生长量的关系,王春胜^[12]等、黄弼昌^[13]等分别对西南桦中幼林生长过程与造林密度进行了研究,但未涉及更高龄级。目前,对西南桦的龄级划分、数量成熟年龄、冠幅生长及自然整枝等尚未见报道。为了揭示西南桦人工林生长规律,为制定抚育间伐和采伐等经营制度提供科学依据,课题组于 2001—2017 年在广西百色市靖西县五岭林场对西南桦人工林生长过程进行研究。

1 研究区概况

广西靖西市五岭林场位于 106°11′—106°13′E, 23°03′—23°05′N。属中山、低山地貌,海拔 700~900 m,最高海拔 1 309.8 m。坡度多为 20°~25°,地势斜缓。气候属亚热带季风气候区,年平均气温 19.1℃,1 月份平均气温 11℃,7 月份平均气温 25℃,极端最低气温-1.9℃,极端最高气温 36.6℃,无霜期 333 d,年均日照 1 152 h,年均降雨量 1 610.4 mm。冬季有霜冻寒害,但未造成损失。成土母岩有砂岩、砂页岩和花岗岩 3 种。土壤主要由 3 种母岩发育而成的红壤和黄红壤。一般土层 100~150 cm,表土厚度 10~40 cm,pH 5.8~6.5。

试验地设在五岭分场 3 林班 10 小班,面积 6.0 hm²,海拔 900~980 m,坡度 15°~20°,地势比较平缓,土层 100~200 cm,土质疏松肥沃,表土厚度 20~40 cm,pH 为 5.8~6.5,植被主要为五节芒 (*Miscanthus floridulus*)。

2 研究方法

2.1 种子采收及育苗

2001 年 3 月从西南桦天然林优树上采收种子,经简单处理进行播种育苗,育苗地设在五岭林场苗圃地内,采用分段式方法培育实生容器苗,选择一级

苗进行造林。

2.2 造林抚育技术

经过炼山处理,选择西南坡,坡中,立地排水良好的区域为试验地。按设计的株行距拉线定点后整地,整地方式为挖明坎,规格为 40 cm×40 cm×30 cm,验收后回填碎表土以备造林。造林密度为 2.0 m×4.0 m,1 250 株·hm⁻²。定植时间为 2002 年 1 月,造林后的当年 5—6、9—10 月各铲草扩坎抚育 1 次,连续 3 a,不施肥,未进行病虫害防治。

2.3 观测与统计

在试验林内采用避开林缘每隔 1 行抽 1 行,每隔 3 株抽 1 株的机械抽样法抽取样株 30 株并编号,每年 12 月定期观测试验林生长情况,采用测高仪和围尺等测定树高、胸径、冠幅、冠长和枝下高等因子。记录造林成活率和保存率。利用树高(*H*)、胸径(*D*)计算单株材积, $V=f\times H\times\pi\times D^2/4$ 计算材积(树干形数 $f=0.5$)。郁闭度=样树树冠实际投影面积/样树占地面积。

3 结果与分析

2002 年 12 月检查造林成活率 95.5%,2004 年 12 月检查造林保存率为 86.0%。

3.1 树高生长

西南桦人工林的树高随着树龄增长而增加。15 a 生平均树高 19.7 m,年均生长量为 1.33 m。树高平均生长量随着树龄增长而增加,生长高峰期在第 5 年,达到 2.22 m,然后,随着树龄增长而有所下降,到第 13 年树高平均生长量为 1.45 m。树高连年生长量随着树龄增长而增加,高峰期在 5 a,达到 3.0 m;然后,随着树龄增长而逐渐下降,到第 13 年,树高连年生长量降到 0.4 m,仅为峰值的 13.3%。西南桦人工林树高连年生长率 1~5 a 高于平均生长率,6~15 a 低于平均生长率(表 1)。

表 1 西南桦树高生长过程

Table 1 Height growth of *Betula alnoides*

树龄/a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
树高/m	1.1	2.8	5.3	8.1	11.1	13.2	14.5	15.6	16.5	17.3	17.9	18.5	18.9	19.3	19.7
连年生长量/m		1.7	2.5	2.8	3.0	2.1	1.3	1.1	0.9	0.8	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4
平均生长量/cm		1.4	1.76	2.03	2.22	2.2	2.07	1.95	1.83	1.73	1.63	1.54	1.45	1.38	1.31
连年生长率/%		60.7	47.2	34.6	27.0	15.9	9.0	7.1	5.5	4.6	3.4	3.2	2.1	2.1	2.0
平均生长率/%		50.0	33.2	25.1	20.0	16.7	14.3	12.5	11.1	10.0	9.1	8.3	7.7	7.2	6.6

3.2 胸径生长

15 年生西南桦人工林平均胸径 20.2 cm;胸径平均生长量变化幅度不大,处于 1.35~2.32 cm;生长高峰在第 5 年,峰值为 2.32 cm;然后,随着树龄

增长而下降,到 15 a,年均生长量为 1.35 cm。胸径连年生长量变化幅度较大,处于 0.3~3.0 cm;生长高峰也在第 5 年,峰值为 3.0 cm;连年生长量在前 5 a>平均生长量,从第 6 年开始明显<平均生长

量,到 15 a 仅为 0.3 cm,约为平均生长量的 1/10 (表 2)。

西南桦人工林胸径平均增长率随着树龄增长而缓慢下降,2~15 a 间,生长率从 50%下降到6.7%,年均下降 3.1%。胸径连年增长率随着树龄增长而急速下降,2~15 a 间,生长率从 100%下降到 1.5%,年均下降 7%。

3.3 冠幅生长及林分郁闭度

西南桦人工林冠幅生长随着年龄增长而增大,生长高峰在 4~6 a,5 a 达到峰值 3.7 m;7 年生以后,冠幅随着树龄增大而有所下降,15 a 的平均冠幅 3.0 m,为峰值时的 81.8%。林分郁闭度与冠幅成正比,随着树龄增长而增大,4 年生郁闭度达到0.9,5~6 a 生郁闭度达到峰值 0.95 左右;然后,随着树龄增大而有所下降并趋于稳定,15 a 的林分郁闭度 0.85,为峰值时的 89.5%(表 3)。

3.4 材积生长

15 年生西南桦人工林单株材积为 0.315 5 m³,年均生长量为 0.021 m³。按照造林密度 1 245 株·hm⁻²,3 a 保存率 86% 计算,15 a 林分蓄积量为

337.6 m³·hm⁻²,年均蓄积生长量为 22.5 m³·hm⁻²。这表明西南桦生长速率高,超过马尾松、杉木速生丰产林生长指标,可列为速丰林树种(表 4)。

1~13 a 西南桦材积年均生长量随着树龄增长而增加,高峰期在 13 a,达到 0.021 7 m³·株⁻¹;14 a 以后有所下降。1~5 a 材积连年生长量随着树龄增长而快速增加,高峰期在第 5 年,峰值 0.035 1 m³·株⁻¹;然后,随着树龄增长而逐渐下降,第 10 年、15 年的生长量分别为 0.025、0.015 5 m³·株⁻¹,分别为峰值的 71.2%、44.2%。西南桦人工林材积平均增长率在第 13 年以前<连年生长率,14 a 以后则>连年生长率,这表明西南桦数量成熟年龄为 14 a。

从西南桦人工林树高、胸径和材积的生长过程中可以看出,西南桦人工林 1~5 a 为高速生长期,6~10 a 为中速生长期,11~15 a 为平缓生长期。如果西南桦人工林的经营目标确定为培育中小径材(直径<26 cm),那么,其龄级可划分如下:1~5 a 为幼龄林,6~10 a 为中龄林,11~15 a 为近熟林。

表 2 西南桦胸径生长过程
Table 2 DBH growth of *B. alnoides*

树龄/a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
胸径/cm		3.0	5.8	8.6	11.6	13.3	14.7	15.8	16.7	17.4	18.1	18.8	19.5	19.9	20.2
连年生长量/cm		3.0	2.8	2.8	3.0	1.7	1.4	1.1	0.9	0.7	0.7	0.7	0.7	0.4	0.3
平均生长量/cm		1.5	1.93	2.15	2.32	2.22	2.1	1.98	1.86	1.74	1.65	1.57	1.50	1.42	1.35
连年生长率/%		100.0	48.3	32.5	25.9	15.3	9.3	5.6	4.7	4.0	3.9	3.7	3.6	2.0	1.5
平均生长率/%		50.0	33.3	25.0	20.0	16.7	14.3	12.5	11.1	10.0	9.1	8.4	7.7	7.1	6.7

表 3 西南桦冠幅和林分郁闭度变化过程
Table 3 Crown width and crown density of *B. alnoides*

树龄/a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
平均冠/m	0.8	1.6	2.8	3.4	3.7	3.6	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.0	3.0
年生长/m		0.8	1.2	0.6	0.3	-0.1	-0.3	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0
林分郁闭度	0.1	0.3	0.6	0.9	0.95	0.95	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.85	0.85

表 4 西南桦材积生长过程
Table 4 Volume growth of *B. alnoides*

树龄/a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
树高/m	1.1	2.8	5.3	8.1	11.1	13.2	14.5	15.6	16.5	17.3	17.9	18.5	18.9	19.3	19.7
胸径/cm		3.0	5.8	8.6	11.6	13.3	14.7	15.8	16.7	17.4	18.1	18.8	19.5	19.9	20.2
单株材积/m ³		0.001	0.007	0.023 5	0.058 6	0.091 6	0.123	0.152 9	0.180 6	0.205 6	0.230 2	0.256 6	0.282 1	0.3	0.315 5
连年生长量/m		0.001	0.006	0.0165	0.0351	0.033	0.031 4	0.029 9	0.027 7	0.025	0.024 6	0.026 4	0.025 5	0.017 9	0.015 5
平均生长量/m ³		0.000 5	0.002	0.005 9	0.011 7	0.015 3	0.017 6	0.019 1	0.020 1	0.020 6	0.020 9	0.021 3	0.021 7	0.021 4	0.021
连年生长率/%		100	85.7	70.2	59.9	36.0	25.5	19.6	15.3	12.2	10.7	10.3	9.0	5.9	4.9
平均生长率/%		50	28.6	25.1	20.0	16.7	14.3	12.5	11.1	10.0	9.1	8.3	7.7	7.1	6.7

3.5 冠长及枝下高变化情况

西南桦冠长 1~7 a 随树龄增长而增加,第 5~7 年为高峰期,最大值在第 5 年,达到 9.0 m,这与树高、胸径、冠幅的生长高峰期一致;然后随着树龄增长而有所减小,第 8~15 年冠长从 8.1 m 下降到 6.9 m,7 年间减少 1.2 m(表 5)。

枝下高随着树龄增长而增加,第 5、10、15 年的枝下高分别是 2.1、9.6、12.8 m。第 6、7 年下轮枝条大量枯死量,枝下高分别增加 2.2、1.3 m,为枝下

高的增长高峰期。第 8 年以后下轮枝条枯死量逐年减缓。

冠高比(冠长与树高之比)随着树龄增长而下降,5、10、15 年生的冠高比分别为 81.1%、44.5%和 35.0%。

由此可见,林木生长高峰在前 5 a。因此,第 1 次修枝抚育应当在 6~7 a 进行,此时,林分完全郁闭,林木之间的竞争达到顶峰。

表 5 西南桦冠长及枝下高变化过程

Table 5 Crown length and clear bole height of <i>B. alnoides</i>														
树龄/a	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
树高/m	1.1	2.8	5.3	8.1	13.2	14.5	15.6	16.5	17.3	17.9	18.5	18.9	19.3	19.7
冠长/m	1.1	2.5	4.5	6.7	8.9	8.9	8.1	8.0	7.7	7.4	7.2	7.1	7.0	6.9
枝下高/m	0.0	0.3	0.8	1.4	4.3	5.6	7.5	8.8	9.6	10.5	11.3	11.8	12.3	12.8
冠高比(冠长/树高)	100.0	89.3	84.9	82.7	67.4	61.3	51.9	48.5	44.5	41.3	38.9	37.6	36.3	35.0

3.6 冰冻对林木生长的影响

2002—2017 年靖西县五岭林场出现历史上没有的极端低温雨雪天气过程 1 次。2008 年 1 月 16 日最低气温-3℃并持续 4 d,出现短期冰冻现象,没有采取任何防护措施;4 月中旬进行调查,发现试验林主梢受害率达到 76.6%,枯死长度 40~50 cm;侧梢受害率 66%,枯死长度 30~35 cm。2008 年 12 月再次进行调查,当年的平均树高、平均胸径的生长量分别为 1.3、1.4 cm,分别比 2007 年(树高生长量 2.1 m、胸径生长量 1.7 cm)减少了 38.1%、17.6%。由此可见,极端低温天气变化对林木生长影响很大。在高海拔地区或经常出现低温雨雪灾害地区发展西南桦人工林应当慎重。

用其心材制作高档家具及地板,据观察,西南桦到第 8 年才形成心材,据此推测,培育目标为家具材的工艺成熟年龄是 21 a。因此,西南桦的采伐年龄应根据其工艺成熟年龄来定,不宜简单地根据数量成熟年龄来确定。

西南桦人工林冠幅生长量随着年龄增长而增大,在 4~6 a 为最大,然后,随着树龄增大而有所下降。林分郁闭度随着冠幅增长而增大,4 年生林分基本郁闭,5~6 a 达到峰值,此时林内竞争最为激烈;然后,郁闭度随着树龄增大而有所下降。

西南桦林分的枝下高随树龄增长而增大,自然整枝高峰期在 6~7 a。第 1 次修枝抚育应在 6~7 a 进行。

4 结论与讨论

西南桦树高、胸径生长量随着树龄增长而增大,生长高峰在第 5 年,然后,随着树龄增长而下降。这与广西天峨、凭祥和云南德宏西南桦人工林生长高峰基本一致^[9,12]。

西南桦材积平均生长高峰期在 9~14 a,13 a 达到峰值,然后缓慢下降,这与广西天峨西南桦人工林生长高峰相比,推迟了 5 a,可能与本试验林的种源、气候、土壤或经营措施等因素有关。材积连年生长高峰期在 5~7 a,5 a 达到峰值。这与广西天峨、凭祥西南桦人工林生长高峰基本一致^[12]。

西南桦连年生长曲线与年均生长曲线在第 14 年相交,数量成熟年龄为 14 a。采取较高的经营管理水平,如对林分适时进行抚育修枝、间伐或施肥等,数量成熟年龄就可能有所推迟。西南桦主要利

参考文献:

[1] 郝建,莫慧华,麻静,等.西南桦与红椎混交造林模式评价[J].西北林学院学报,2016,31(2):135-139.
HAO J,MO H H,MA J,*et al.* Evaluation of mixed plantation regimes of *Betula alnoides* and *Castanopsis hystrix*[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016, 31(2): 135-139. (in Chinese)
[2] 张培,郭俊杰,谌红辉,等.西南桦 24 个无性系的幼苗叶绿素荧光特性[J].西北林学院学报,2016,31(2):126-129.
ZHANG P,GUO J J,ZEN H H,*et al.* Chlorophyll fluorescent characteristics of twenty-four *Betula alnoides* clones[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016, 31(2): 126-129. (in Chinese)
[3] 苏付保,庞正轰,李荣珍,等.西南桦不同海拔造林试验研究[J].广东农业科学,2011(8):49-51.
[4] 杨海娇,王智斌,庞岳燕,等.西南桦苗木生长对微波辐射和 IBA 浸种的响应[J].广西林业科学,2013,42(2):120-125.

治理对策[J]. 中国水土保持科学,2008,6(1):16-21.

[18] 张玉东,谭红兵. 黄土高原典型干旱区退耕还林后植被覆盖变化研究[J]. 生态科学,2017,36(1):139-146.

ZHANG Y D,TAN H B. Study on changes of land cover in the typical arid region of the Loess Plateau after the grain for green project [J]. Ecological Science,2017,36(1):139-146. (in Chinese)

[19] 刘志红,郭伟玲,杨勤科,等. 近 20 年黄土高原不同地貌类型区植被覆盖变化及原因分析[J]. 中国水土保持科学,2011,9(1):16-23.

LIU Z H,GUO W L,YANG Q K, *et al.* Vegetation cover changes and their relationship with rainfall indifferent physiognomy type areas of Loess Plateau [J]. China Soil and Water Conservation Science,2011,9(1):16-23. (in Chinese)

[20] 孟庆香,刘国彬,杨勤科. 黄土高原年均温的空间插值方法研究[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(3):83-87.

[21] 张戈丽,徐兴良,周才平,等. 近 30 年来呼伦贝尔地区草地植被变化对气候变化的响应[J]. 地理学报,2011,66(1):47-58.

ZHANG G L,XU X L,ZHOU C P, *et al.* Responses of vegetation changes to climatic variations in Hulun Buir grassland in past 30 years [J]Acta Geographica Sinica,2011,66(1):47-58. (in Chinese)

[22] 吴秉校,侯雷,宋敏敏,等. 西安市 NDVI 时空演变分析[J]. 西北林学院学报,2016,31(4):213-220.

WU B X,HOU L,SONG M M, *et al.* NDVI temporal and spatial evolution analysis in Xi'an [J]. Journal of Northwest Forestry University,2016,31(4):213-220. (in Chinese)

[23] 赵志平,吴晓蕾,李果,等. 黄河源区高寒草地 NDVI 格局与梯度变化[J]. 草业科学,2013,30(12):1917-1925.

ZHAO Z P,WU X P,LI G, *et al.* Spatial pattern and change gradient of alpine grassland in the source region of Yellow Riverr [J]. Prolife Science,2013,30(12):1917-1925. (in Chinese)

[24] 陈操操,谢高地,甄霖,等. 泾河流域植被覆盖动态变化特征及其与降雨的关系[J]. 生态学报,2008,28(3):925-938.

[25] 刘哲,邱炳文,王壮壮,等. 2001-2014 年间黄土高原植被覆盖状态时空演变分析[J]. 国土资源遥感,2017,29(1):192-198.

LIU Z, QIU B W,WANG Z Z, *et al.* Temporal and spatial variation analysis of vegetation cover in the Loess Plateau from 2001 to 2014 [J]. Remote Sensing For Land &. Resources,2017,29(1):192-198. (in Chinese)

(上接第 183 页)

[5] 郭文福,蒙彩兰. 穗条生根剂育苗基质和季节对西南桦扦插生根的影响[J]. 林业科学研究,2011,24(6):788-791.

GUO W F,MENG C L. Effects of root-inducing regulator, propagation medium and season on rooting of *Betula alnoides* cuttings[J]. Forest Research,2011,24(6):788-791. (in Chinese)

[6] 湛红辉,曾杰,贾宏炎. 西南桦叶芽离体培养再生植株技术[J]. 林业实用技术,2007(10):21-22.

[7] 庞正轰. 我国西南桦研究进展[J]. 广西科学院学报,2011,27(3):243-250.

PANG Z H. The study progress of *Betula alnoides* in China [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences,2011,27(3):243-250. (in Chinese)

[8] 魏丽萍,岩香甩. 用材树种西南桦研究进展[J]. 四川林业科技. 2015,36(5):112-116.

WEI L P,YAN X S. Advances in the studies of *Betula alnoides* [J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology,2015,36(5):112-116. (in Chinese)

[9] 袁莲珍,史富强,许林红,等. 不同种源西南桦人工林生长量研究[J]. 林业调查规划,2012,37(3):121-124.

YUAN L Z,SHI F Q,XU L H, *et al.* Study on growth volume of different provenances of *Betula alnoides* plantation[J]. Forest Inventory and Planning,2012,37(3):121-124. (in Chinese)

[10] 杨建荣,王红颜,李秀君,等. 西南桦苗期生长特性研究[J]. 西部林业科学. 2016,45(4):154-157.

YANG J R,WANG H Y,LI X J, *et al.* Growth characteristics of *Betula alnoides* at seedling stage[J]. Journal of West China Forestry Science,2016,45(4):154-157. (in Chinese)

[11] 马智德. 西南桦造林密度与生长关系分析[J]. 农业与技术,2015,35(4):62.

[12] 王春胜,赵志刚,曾冀,等. 广西凭祥西南桦中幼林林木生长过程与造林密度的关系[J]. 林业科学研究,2013,26(2):257-262.

WANG C S,ZHAO Z G,ZENG J, *et al.* Relationship between planting density and tree growth process of *Betula alnoides* mid-young plantations in Pingxiang, Guangxi[J]. Forest Research,2013,26(2):257-262. (in Chinese)

[13] 黄弼昌,何斌,周燕萍,等. 桂西北西南桦人工林生长规律和生物生产力[J]. 林业科技开发,2015,29(1):123-126.

HUANG B Z,H B,ZHOU Y P, *et al.* The growth regularity and biomass productivity of *Betula alnoides* plantation in northwest Guangxi[J]. China Forestry Science and Technology,2015,29(1):123-126. (in Chinese)