

文章编号:1001-1498(2008)04-0542-06

长江滩地 I-72 杨人工林生物量和生产力研究

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

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

摘要:应用典型样地调查法和相对生长法,测定了长江滩地4种密度14年生I-72杨人工林的生物量与生产力。发现在密度250~370株·hm⁻²的范围内,I-72杨林分生物量从102.40 t·hm⁻²增加到147.20 t·hm⁻²,生产力从7.31 t·hm⁻²·a⁻¹增加到10.52 t·hm⁻²·a⁻¹。在所调查的林分中,地上部分生物量占总生物量的90%,其中干54%、枝28%、皮7%、叶1%;地下部分生物量仅占总生物量10%。在4种密度的林分中,I-72杨人工林生物量的径级分布表现为波浪形,随着林分密度的增大,生物量高峰出现时的径阶有减小的趋势。

关键词: I-72 杨人工林;生物量;生产力;长江滩地

中图分类号:S792.11

文献标识码:A

A Study on Biomass and Productivity of *Populus × euramericana* cv. 'San Martino' (I-72/58) Plantation on Beach Land of Yangtze River

ZHANG Qun¹, FAN Shao-hui², LIU Guang-lu², FENG Hui-xiang¹, ZONG Yi-chen¹, FEI Ben-hua³

(1. Research Institute of Forestry, CAF; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. International Centre for Bamboo and Rattan; Key Laboratory of Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China; 3. Research Institute of Wood Industry, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: By the methods of sampling typical plots and allometric dimension analysis, the underground and aboveground biomass and net primary productivity (NPP) of *Populus × euramericana* cv. 'San Martino' (I-72/58) plantation with different densities were measured on the beach land of Yangtze River in Anqing City, Anhui Province. The results showed that the biomass of the stand increased from 102.40 t·hm⁻² to 147.2 t·hm⁻², the productivity increased from 7.31 t·hm⁻²·a⁻¹ to 10.52 t·hm⁻²·a⁻¹ with the trees number increased from 250 to 370 per hectare. Aboveground and underground biomass accounted for 90% and 10% of the total biomass. In aboveground biomass, the stem, branch, bark and leaf account for 54%, 28%, 7% and 1%, respectively. The diameter class distribution of biomass and tree numbers both took on irregular undee curve in plantations with four different densities; at the same time, the more the portion of high diameter class, the more the biomass of the *Populus × euramericana* cv. 'San Martino' (I-72/58) forest in a plantation with same density.

Key words: *Populus euramericana* cv. 'San Martino' (I-72/58) plantation; biomass; productivity; beach land of Yangtze River

杨树(*Populus* spp.)是中纬度地区主要速生树种^[1],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。传统上木材

收稿日期:2006-10-21

基金项目:国家自然科学基金重点项目(30230420)部分研究内容

作者简介:张群(1978—),女,福建福州人,博士研究生,助理研究员。

* 通讯作者;E-mail: fansh@icbr.ac.cn

性质的预测与分析基本是采取现场测树和树木实体锯解检测等方法,费时费力,对林分的破坏较大^[2]。本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,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) Guneir cv. 'San Martino' (I-72/58)) 和江北沙地小黑杨 (*Populus × xiaohei* T. S. Hwang et Liang) 林分进行动态高效地预测、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,需要以树木生态学特性和生物学特性等方面研究的基础数据为联系桥梁,确定出林分条件、种植密度及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。本文主要从树木生长特性的角度,系统地研究了不同密度长江滩地 I-72 杨林分的生物量和生产力及其分配规律。

I-72 杨是优良的抗涝速生树种,在长江滩地有较长的栽培历史,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”。林分的生物量和生产力是反映林分结构、功能和动态特征的重要指标^[3-4],对长江滩地杨树的生物量和生产力进行研究,可以揭示滩地杨树林的能量、物质循环的规律,为提高长江滩地杨树人工林的生产力和经济效益,更好地发挥生态和社会效益提供理论依据。有关 I-72 杨生物量和生产力的研究已有报道^[5-6],但对生长在季节性水淹条件下,不同密度 I-72 杨生物量的系统研究尚未见报道。因此,对安徽省安庆怀宁县长江外滩 I-72 杨生物量

和生产力的研究,既可为滩地 I-72 杨人工林的研究和评价、集约栽培和经营决策提供科学依据,又可以为实现利用现代遥感手段监测、预测和管理森林,评价木材性质提供数据支持。

1 试验区概况

试验点设在安徽安庆怀宁县海口镇南梗村长江外滩,为滩地类型,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 °C, ≥10 °C 积温 5 366 °C。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^[6]。

2 研究方法

2.1 样地的设置和调查

试验林分为 I-72 杨人工林,1990 年栽植,2004 年 9 月进行野外调查,林龄 14 a,调查时设置了有代表性标准地 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。各样地基本情况见表 1。根据标准地的密度差异,选取 A1、A2、B1 和 B3 标准地进行生物量和生产力测定分析。

表 1 标准地概况及主要测树因子

标准地号	密度/(株·hm ⁻²)	样地株数/株	平均胸径/cm	平均树高/m	平均冠幅/m	枝下高/m
A1	250	25	32.52	24.73	7.66	10.62
A2	340	34	27.64	23.23	6.16	11.53
A3	310	31	28.07	23.93	7.47	9.36
B1	300	30	30.00	24.60	7.16	9.80
B2	360	36	29.92	22.87	6.23	9.6
B3	370	37	31.75	25.36	7.83	8.86

2.2 标准木的选择

在每木检尺的基础上,根据平均胸径和平均树高按径阶选取标准木,从 24 cm 到 38 cm,共分 8 个径阶,每个径阶分别选取 1、2、2、2、2、2、1 株标准木进行树干解析和生物量测定,共选 14 株。

2.3 林木各器官生物量的测定

标准木伐倒实测。地上部分,分别测定树干、树皮、树枝和树叶的鲜质量,然后各取一部分样品带回

实验室,在 105 °C 下烘干至恒质量,计算出各器官的含水率,推算出标准木地上部分各器官的干质量;地下部分,将其根系全部挖出,测定其鲜质量,取一部分样品带回实验室,在 105 °C 下烘干至恒质量,推算出解析木地下部分的生物量。

2.4 生物量模型拟合及林分估计

利用标准木的胸径、树高及各器官生物量实测值,运用回归模型 $W = aD^b$ 和 $W = a(D^2H)^b$ 拟合生物

量模型^[7-11],将标准地所测得的胸径和树高带入生物量回归模型中,计算出标准地生物量。生产力采用 $\Delta Pn = W/a$ 公式计算,其中 ΔPn 为生产力, W 为生物量, a 为树木年龄。数据处理使用统计分析软件 Spass13.0。

3 结果与分析

3.1 相对生长关系的建立

运用相对生长法,利用 14 株标准木的胸径、树高和单株生物量实测数据,运用上述两个模型进行

拟合,计算得出 I-72 杨各部分及单株生物量的回归方程(见表 2)。经过 F 检验均为极显著相关,但是树枝质量回归模型相关性较小,分别为 0.667 1、0.689 9。因此,利用 $W = aD^b$ 和 $W = a(D^2H)^b$ 两个模型能很好地估计 I-72 杨全树、树干、树叶、树皮、树根的生物量,而树枝的生物量可以通过 $W_{\text{枝}} = W - W_{\text{干}} - W_{\text{叶}} - W_{\text{皮}} - W_{\text{根}}$ 求得。在实际应用中,因为树高的测量较繁琐且误差较大,模型 $W = aD^b$ 在应用时更为方便。

表 2 I-72 杨人工林回归模型及检验

组分	模型 $W = aD^b$	r	模型 $W = a(D^2H)^b$	r
树干	$W = 0.418D^{1.797}$	0.837 3 **	$W = 0.051(D^2H)^{0.823}$	0.864 9 **
树枝	$W = 0.507D^{1.354}$	0.667 1 **	$W = 0.103(D^2H)^{0.621}$	0.689 9 **
树叶	$W = 0.018D^{1.585}$	0.763 5 **	$W = 0.003(D^2H)^{0.736}$	0.800 0 **
树皮	$W = 0.046D^{1.863}$	0.826 4 **	$W = 0.006(D^2H)^{0.842}$	0.842 6 **
树根	$W = 0.046D^{1.958}$	0.841 4 **	$W = 0.005(D^2H)^{0.893}$	0.866 0 **
全树	$W = 0.765D^{1.761}$	0.837 3 **	$W = 0.099(D^2H)^{0.805}$	0.863 7 **

3.2 生物量的径阶分布

通过对 I-72 杨林分生物量的径阶分布分析可知,林分生物量主要集中在 28 ~ 36 cm 之间(见图 1),其中径阶为 36 cm 的林木生物量所占比例最大,

为 20%; 32 cm 的林木生物量所占比例次之,为 18%; 28 cm 的林木生物量与总生物量的比例为 16%。在 I-72 杨林分中,14 ~ 20 cm 的林木株数占总林分的 4%,而生物量所占的比例仅为 1%。

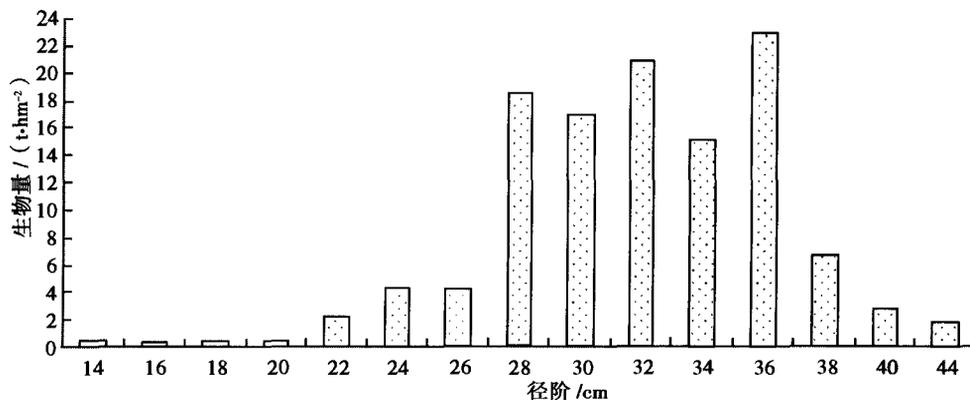


图 1 林分生物量径阶分布图

研究表明,长江滩地 I-72 杨人工林尽管为同龄人工林,但林木个体差异较大,在 4 种密度的林分中,最小的径阶为 14 cm,最大的径阶为 42 cm。在 4 种密度林分中,生物量的径阶分布呈现出明显波浪形,但也表现出一定的规律性(见图 2)。密度不同,生物量高峰出现的径阶也不同。在 250 株·hm⁻² 的林分中,生物量的最高峰出现在 36 cm,占总生物量的 23.78%;在 300 株·hm⁻² 的林分中,生物量的最高峰出现在 32 cm,占总生物量的 31.24%;在 340 株·hm⁻² 的林分中,生物量的最高峰出现在 28 cm,占

总生物量的 28.14%,从这 3 种密度林分生物量高峰出现的径阶分布情况可以看出,随着林分密度的加大,林分生物量生长高峰出现的径阶有逐渐减少的趋势。从图 2 也可以看出,在 370 株·hm⁻² 的林分中,生物量的最高峰出现在 36 cm,占总生物量的 25.95%,与其他 3 种密度林分生物量的径阶分布规律不符,并且其径阶分布的幅度很大,从径阶 14 cm 到 42 cm 均有分布,造成该密度林分生物量径阶分布的原因,是由于该林分受长江滩地季节性水淹干扰严重,林分较其他密度林分化明显。

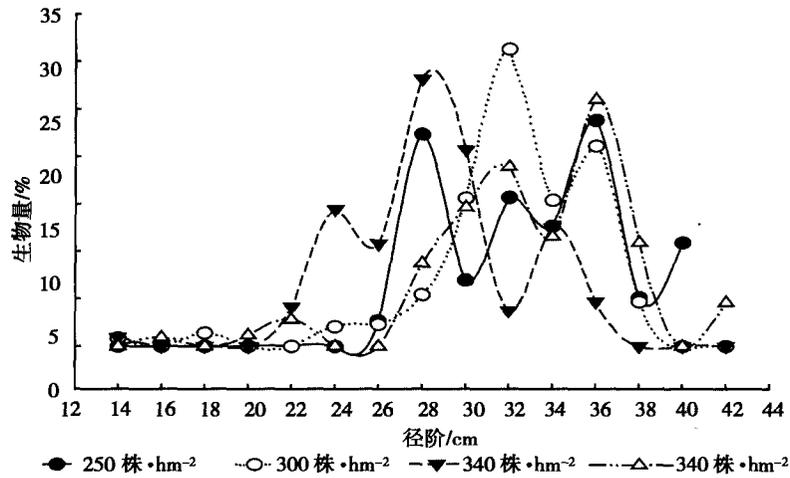


图 2 不同密度林分生物量百分比的径阶分布图

3.3 密度与 I-72 杨生物量的关系

密度是影响集约经营人工林生物量的重要因子。密度不同,长江滩地 I-72 杨林分的生物量也不同,当密度在 250 ~ 370 株 · hm⁻² 的范围内,林分生物量呈现出随密度增加而增加的趋势(见图 3)。当 I-72 杨密度为 370 株 · hm⁻² 时,具有较大的林分生物量,为 147.29 t;250 株 · hm⁻² 的林分生物量最小为 102.40 t。由 250 株 · hm⁻² 的林分生物量的径阶分布曲线可以看出,生物量主要集中在径阶 36 cm;在 300 株 · hm⁻² 的林分中,生物量主要集中在径阶 32 cm;在 340 株 · hm⁻² 的林分中,生物量主

要集中在 28 cm;370 株 · hm⁻² 的林分生物量分布幅度较大,主要集中在 36 cm 的径阶范围之内(见图 4)。

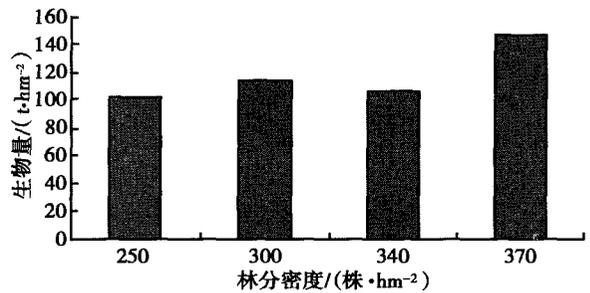


图 3 不同密度 I-72 杨生物量分布图

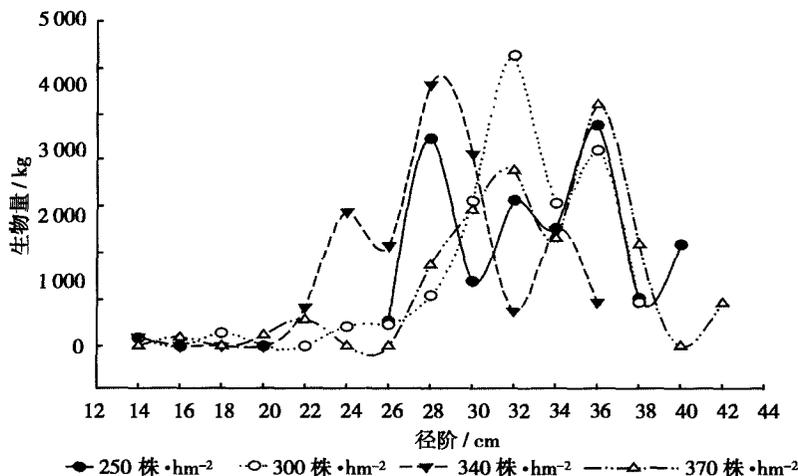


图 4 不同密度林分生物量变化情况

3.4 生物量与生产力在不同器官间的分配规律

图 5 揭示了 I-72 杨不同器官的生物量分配,地下部分生物量与总生物量的比例较低,仅为

10%,反映了长江滩地 I-72 杨由于长期生长在水分充沛的土壤中,使其根系不发达,根系伸展范围较小,细根较少。在野外测定根系生物量时,发现

I-72杨林木根系主要集中在地表40 cm范围内。枝生物量占有的比例较大,达到28%,而叶生物量所占比例仅占1%,反映了树冠下部枝条生长的有效叶很少,在实际经营中可以通过人工整枝去掉下部的枝条,既可以提高林分的通光透风性,节约营养,提高林分的生产力,又不会对树木的有效光合面积造成太大的影响。图6揭示了4种密度林分不同器官的生物量变化情况,在370株·hm⁻²的林分中,干、枝、叶、皮、根的生产力明显高于其他3种密度林分各器官的生产力,该密度林分的总生产力达到了10.52 t·hm⁻²·a⁻¹,比生产力最小的250株·hm⁻²的I-72杨林分生产力高43.9%。

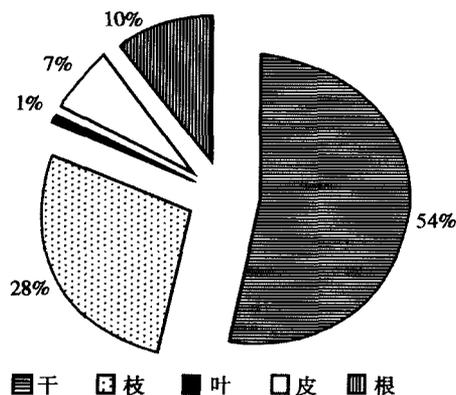


图5 I-72杨不同器官的生物量分配图

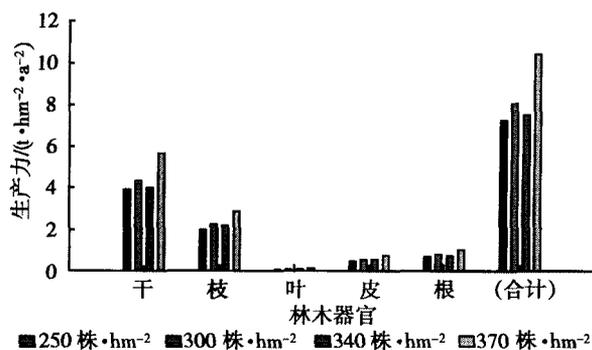


图6 不同密度林分各器官生产力变化情况

4 结论与讨论

(1)用模型 $W = aD^b$ 和 $W = a(D^2H)^b$ 均能较好地估计 I-72 杨人工林的生物量,由于在实地测定树高时较繁琐,并且误差较大,而胸径的测定十分方便,因此建议在生产实践中运用模型 $W = aD^b$ 来估计 I-72 杨人工林的生物量。

(2)I-72 杨地上部分生物量占总生物量的90%,其中干占54%、枝28%、皮7%、叶1%;地下

部分生物量仅占总生物量10%,低于北方的杨树根系生物量^[5,12-14]。所调查的I-72杨营造在被定期水淹的长江滩地上,水分过多成为I-72杨生长的限制因子,根系生物量所占比例小,就是土壤水分过多的反映。土壤缺氧会对杨树正常的新陈代谢造成影响^[15],在所调查的I-72杨林中,枝的生物量占有较大的比例,但叶的生物量仅占1%,说明I-72杨的生长较虚弱,在对其进行经营时,应适时地修去下部树叶较少的枝条。这样可以节省用于该部分枝条生长的养分,也不会对叶生物量产生较大的影响,而且有利于培养无节或少节良材。

(3)密度对I-72杨人工林有重要的影响,在密度250~370株·hm⁻²范围内,I-72杨人工林的生物量随着密度的增加而增加。密度不同,I-72杨种内竞争的激烈程度不同,在一定范围内随着密度的增加,林分对林地的利用率逐渐增大,林分的生物量和生产力也逐渐增加;达到一定的密度后,随着密度的进一步增大,种内竞争加剧,林分的生物量和生产力开始下降^[16-17]。本研究14龄的I-72杨在密度为370株·hm⁻²时,林分生物量和生产力还未出现降低的趋势,如果仅从生物量和生产力方面来考虑的话,还可以继续加大造林密度。

(4)在所调查的4种密度林分中,生物量的径级分配呈现出无规律的波动性,并没有表现出人工同龄林生物量径阶分配呈正态分布的规律性^[18],说明长江滩地I-72杨在强烈的外因干扰下(这里主要指定期水淹的影响),林木生长产生了强烈的分化,影响了I-72杨生产力的提高、经济、生态、社会效益的发挥,可以选择更抗涝的树种栽植在滩地上,以便获得更好的经济、环境效益。

参考文献:

- [1] Romain Monclus, Erwin Dreyer, Marc Villar, et al. Impact of drought on productivity and water use efficiency in 29 genotypes of *Populus deltoides* × *Populus nigra* [J]. *New Phytologist*, 2006, 169: 765-777
- [2] 刘杏娥. 基于遥感技术预测小黑杨人工林木材性质的研究[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2005
- [3] Baldwin J R, Burkhardt H E, Westfall J M, et al. Linking growth and yield and process models to estimate impact of environmental changes on growth of loblolly pine [J]. *For Sci*, 2001, 47(1): 77-82
- [4] Kurz W A, Apps M J. A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the Canadian forest sector [J]. *Ecol Appl*, 1999, 9(2): 526-547

- [5] 孙启祥, 於凤安, 彭镇华. 长江滩地杨树人工林生物量的研究[J]. 林业科技通讯, 1998(3): 4-6
- [6] 徐宏远, 卢永农. I-72 杨人工林生物量的研究[J]. 林业科学, 1990, 26(1): 22-29
- [7] 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
- [8] 温达志, 魏平, 孔国辉, 等. 鼎湖山锥栗+黄果厚壳桂+荷木群落生物量及其特征[J]. 生态学报, 1997, 17(5): 497-504
- [9] Fournier R A, Luther J E, Guindon L, *et al.* Mapping aboveground tree biomass at the stand level from inventory information: test cases in Newfoundland and Quebec[J]. Canadian Journal of Forest Research, 2003, 33(10): 1846-1863
- [10] Ammer C, Wagner S. Problems and options in modeling fine root biomass single mature Norway spruce trees at given points from stand data[J]. Can J For Res, 2002, 32(3): 581-590
- [11] 冯宗炜, 王效科, 吴刚. 中国森林生态系统的生物量和生产力[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 13-14
- [12] 彭培好, 彭俊生, 王成善, 等. 川西高原光果西南杨人工林生物量及生产力研究[J]. 林业科技, 2003, 28(4): 14-18
- [13] 王孟本. 河北杨林的生物量[J]. 山西大学学报: 自然科学版, 1991, 14(1): 103-107
- [14] 房用, 蹇兆忠, 房堃, 等. 杨树生物量结构与模型的研究[J]. 辽宁林业科技, 2002(5): 5-7
- [15] Herschbach C, Mult S, Kreuzwieser J, *et al.* Influence of anoxia whole plant sulphur nutrition of flooding-tolerant poplar (*Populus tremula* × *P. alba*) [J]. Plant, Cell and Environment, 2005, 28, 167-175
- [16] 曲仲湘, 吴玉树. 植物生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1983
- [17] Kellomaki S. A model for the relationship between branch number and biomass in *Pinus sylvestris* crowns and the effect of crown shape and stand density on branch and stem biomass[J]. Scandinavian Journal of Forest Research, 1986, 1: 455-472
- [18] 杨宗武, 谭芳林, 肖祥希, 等. 福建柏人工林生物量的研究[J]. 林业科学, 2001, 36(专刊1): 120-124