

长白山天然林不同树种树高曲线对比研究

赵俊卉¹, 刘 燕¹, 张慧东², 亢新刚¹

(1. 北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083;

2. 辽宁省林业科学研究所, 辽宁 沈阳 110032)

摘要: 以 Weibull 方程为基础模型, 使用 1 680 株标准木数据, 分别为长白山主要的 7 个树种建立了树高曲线方程。研究发现, 针叶树种的树高曲线具有较高的精度, 决定系数 R^2 均在 0.8 以上, 而阔叶树的精度较低, 尤其椴树 *Tilia amurensis* 和榆树 *Ulmus pumila* 的 R^2 低于 0.5。对比针阔叶树的树高曲线发现, 在胸径较小时, 阔叶树的树高普遍较高, 而在胸径较大时, 针叶树的树高较大。从相邻径阶的树高之差来看, 针叶树的径阶树高生长量普遍较大。由于相同径阶的林木, 径阶树高生长量越大, 其材积生长量越大。因此, 在林分调整采伐时, 应尽量保留径阶树高生长量较大的林木。单纯从木材收获的角度出发, 在长白山地区, 相同径阶下主要针叶树种的采伐顺序应为臭冷杉 *Abies nephrolepis*, 红松 *Pinus koraiensis* 和红皮云杉 *Picea koraiensis*。图 2 表 2 参 8

关键词: 森林经理学; Weibull 分布; 树高曲线; 针叶树; 阔叶树; 长白山

中图分类号: S757 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2009)06-0865-05

Comparison of height-diameter models for main species in natural forest of Changbai Mountains

ZHAO Jun-hui¹, LIU Yan¹, ZHANG Hui-dong², KANG Xin-gang¹

(1. The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University,

Beijing 100083, China; 2. Liaoning Academy of Forestry Science, Shenyang 110032, Liaoning, China)

Abstract: The study of height-diameter model is a basic research in forest growth and yield modeling. It might imply some information for regulation stands by comparing height-diameter models of different tree species in the same forest. The Weibull function was chosen to develop height-diameter models by using 1 680 sample trees of seven main species on Changbai Mountains, including three coniferous species: *Picea koraiensis*, *Abies nephrolepis*, and *Pinus koraiensis*, and four broadleaf species: *Betula costata*, *Tilia amurensis*, *Acer mono*, and *Ulmus pumila*. The decision coefficient R^2 of height-diameter models for coniferous species were above 0.821 and for broadleaf species were between 0.474 - 0.746. When tree diameter was small, the height of broadleaf species was higher than coniferous species, whereas when diameter was large, height for coniferous species was higher. Also, the height increment between adjacent diameter classes was generally greater in coniferous species. Because volume will be greater for taller trees with the same diameter, when regulating the stands, trees with larger height increments should be maintained. Therefore, on Changbai Mountains if only timber production is considered, cutting the main coniferous species having the same diameter should be in the order: *Abies nephrolepis*, *Pinus koraiensis*, and *Picea koraiensis*. [Ch, 2 fig. 2 tab. 8 ref.]

Key words: forest management; Weibull distribution; height-diameter models; coniferous species;

收稿日期: 2008-12-17; 修回日期: 2009-03-31

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30671667); “十一五”国家科技支撑重点项目(2006BAD03A08-04)

作者简介: 赵俊卉, 博士, 从事森林生长过程等研究。E-mail: zjhjy@126.com。通信作者: 亢新刚, 教授, 从事森林结构和生长等研究。E-mail: xingangk@163.com

broadleaf species; Changbai Mountains

天然林是森林资源的主体,在生态效益和社会效益方面有着不可替代的作用,同时还为我们的生产和生活提供木材和多种林副产品,是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础。如何调整天然林林分结构,提高产出率,是林业工作的当务之急。关于树高曲线,国内外有许多研究。不同地区的不同树种所适用的树高曲线有所差异。国内已经有许多关于杉木 *Cunninghamia lanceolata*, 思茅松 *Pinus kesiya* var. *langbianensis*, 赤松 *Pinus densiflora* 等树高曲线的研究^[1-3],但多数都研究人工林或者天然林中的某一树种^[4-5],对于天然混交林多树种树高曲线的研究及树种间差异的对比,尚未见有文章报道。目前来说,森林采伐主要根据确定森林成熟龄来实施。受树种多、空间分布复杂和发育阶段各异的影响,天然林中树木年龄的测定难度很大。这给确定采伐目标树带来一定的困难。胸径是林分中最易获取的调查因子,因此建立不同树种的树高曲线,对比不同树种树高随着胸径的生长变化规律,或许可以为林分调整提供一定的参考。笔者以 Weibull 方程为基础模型,使用 1 680 株标准木数据,分别为长白山主要树种臭冷杉 *Abies nephrolepis*, 红皮云杉 *Picea koraiensis*, 红松 *Pinus koraiensis*, 椴树 *Tilia amurensis*, 枫桦 *Betula costata*, 色木槭 *Acer mono* 和榆树 *Ulmus pumila* 建立了树高曲线方程,并对比各树种间的差异,以期为林分调整提供指导。

1 研究区概况

研究地区为吉林省汪清林业局的金沟岭林场,43°22' N, 130°10' E。地貌属低山丘陵,海拔为 300 ~ 1 200 m,坡度多在 5° ~ 25°。该区属季风型气候,全年平均气温为 3.9 °C 左右,积温 2 144 °C;年降水量 600 ~ 700 mm,生长期为 120 d。土壤多为针叶林灰棕壤,沟谷是草甸土、泥炭土、沼泽土或冲积土,结构一般为黏壤土类,粒状结构,湿润疏松,植物根系多,平均厚度在 40 cm 左右。

研究试验区的森林是以云冷杉、红松为主的天然针阔叶混交过伐林,以红皮云杉、臭冷杉和红松 3 个针叶树为优势树种,位居第 1 层,而阔叶树处于亚优势的第 2 层^[6]。主要树种有:红皮云杉、臭冷杉、红松、枫桦、椴树、色木槭和榆树等,其他比例小的有水曲柳 *Fraxinus mandshurica*, 胡桃楸 *Juglans mandshurica*, 黄菠萝 *Phellodendro namurense*, 白桦 *Betula platyphylla*, 青楷槭 *Acer tegmentosum* 和花楷槭 *Acer ukurunduense* 等。

2 数据与方法

2.1 数据资料

数据来源于吉林省汪清林业局金沟岭林场的 8 个 0.25 hm² 的皆伐标准地。具体数据见表 1。

2.2 模型挑选

Weibull 方程是 Peng 等^[7]使用 9 个树种共 22 571 株胸径树高数据,对比了 6 种树高曲线后,认为

表 1 7 个树种的树高、胸径和年龄概况

Table 1 General information of diameter, height and age for seven main tree species

树种	株数	胸径 / cm			树高 / m			年龄 / a		
		平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小
臭冷杉	465	18.1	45.9	6.0	13.9	24.2	5.0	62.7	183.0	15.0
红皮云杉	423	17.8	45.2	4.8	12.9	26.5	4.4	62.4	138.0	21.0
红松	251	20.2	49.2	5.8	12.9	26.2	4.8	73.6	183.0	19.0
椴树	217	13.2	49.7	6.0	10.9	21.9	5.2	49.8	227.0	21.0
枫桦	148	13.2	48.2	5.8	13.2	20.7	6.5	43.8	150.0	6.5
色木槭	131	15.8	40.0	5.8	11.3	19.0	6.0	68.5	145.0	22.0
榆树	45	16.2	27.2	6.8	11.7	16.6	8.0	78.3	118.0	30.0

精度最高的方程之一，同时也是 Temesgen 等^[8]用固定样地 4 个树种的数据，对比 5 种基本模型后认为最好的一个。因此，本研究以 Weibull 方程为树高曲线的基本模型。其表达式如下：

$$H = 1.3 + a(1 - e^{-bD^c})。$$

其中： D 为胸径， a ， b ， c 为与树种有关的参数。

2.3 模型求解和检验

本研究使用 SPSS 非线性回归求得各树种 Weibull 方程的参数。

用实测的胸径和所求出的模型来预测树高 \hat{H}_i ，并与实测的树高 H_i 相比较。使用决定系数 R^2 ，残差和 (M_D)、均方根差 (R_{MSE}) 来检验上述模型的精度。 R^2 较大、残差和 M_D 及均方根差 R_{MSE} 较小的模型精度较高，树高曲线较合理。

3 结果与分析

对这 7 个树种分别求解 Weibull 模型的参数(表 2)。将表 2 中的参数代入各树种的模型中，求出各径阶中值所对应的树高。然后绘制各树种树高曲线图，得到图 1。

表 2 7 个树种 Weibull 模型参数

Table 2 Parameters of Weibull height-diameter model for seven species

树种	a	b	c	残差和 M_D	均方根差 R_{MSE}	决定系数 R^2
臭冷杉	20.523	0.035	1.207	0.006	1.481	0.887
红皮云杉	25.347	0.024	1.158	0.002	1.774	0.876
红松	21.481	0.042	1.008	0.011	1.683	0.821
椴树	196.971	0.014	0.514	0.001	1.530	0.474
枫桦	19.981	0.104	0.887	-0.002	1.518	0.746
色木槭	36.528	0.072	0.554	0.002	1.367	0.632
榆树	698.721	0.005	0.415	-0.002	1.241	0.493

从表 2 可以看出，椴树和榆树的 Weibull 模型决定系数 R^2 较低，且模型的位置参数 a 较大，显示出异常现象，这是由于该 2 种树种的大径阶林木较少造成的。而对模型的形状参数 c 而言，针叶树种的参数 c 均大于 1，而阔叶树种都小于 1，由于参数 c 是表示树高曲线的形状参数，可见，针阔叶树种的树高随着胸径的生长变化规律有显著差异。这与图 1 中显示的结果一致。从实测数据也可以看出，针叶树种与阔叶树种相比，平均胸径和树高均较大。

从树高曲线的精度来看，除红松以外，各树种的 M_D 都为 -0.01 ~ 0.01 m， R_{MSE} 为 1.2 ~ 1.8 m。针叶树种的树高曲线具有较高的精度， R^2 均在 0.8 以上，阔叶树的精度较低，尤其椴树和榆树的树高曲线， R^2 都不到 0.5。可能的原因是阔叶树种为下层林，与上层林的针叶树相比，对光的竞争能力较弱。由此可以推断，如果考虑竞争因子，则可能提高树高曲线的精度，这与 Temesgen 等的研究结果一致。

从图 1 还可以看出，在胸径较小时，阔叶树的树高普遍较高。除枫桦以外，其余阔叶树在胸径为 16 cm 以上时，树高均低于针叶树。为了更好地解释树高随直径的生长变化规律，本研究计算了相邻 2 个径阶树高之差，这里定义为径阶树高生长量。由 7 个树种的径阶树高生长量来看(图 2)，针叶树种的径阶树高生长量普遍较大。因此，除臭冷杉在胸径较大时树高生长显著变缓直至小于针叶树生长速率以外，红皮云杉和红松的生长速度均高于阔叶树种。

显然，相同径阶的林木，径阶树高生长量越大，该树种的材积生长量越大。因此，在林分调整时，尽量保留径阶树高生长量较高的树种。单纯从木材收获的角度出发，在长白山地区，相同胸径下主要针叶树种的采伐顺序应为臭冷杉、红松和红皮云杉。

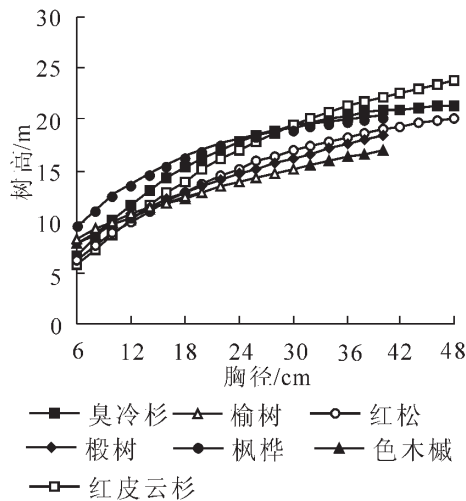


图1 7个树种各径阶树高曲线

Figure 1 Curves of predicted height at each diameter classes for seven species

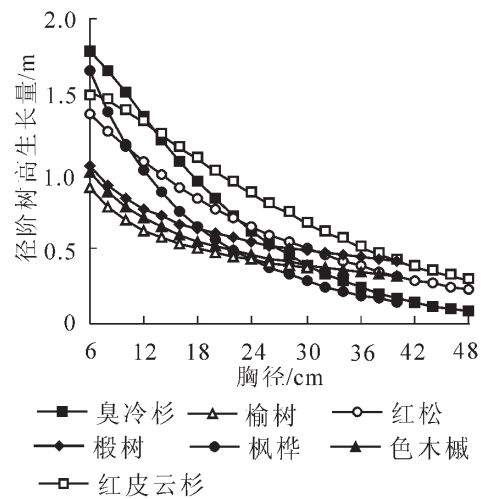


图2 7个树种树高与胸径关系对比

Figure 2 Comparison of height-diameter relationships of seven species

4 结论与讨论

利用1 680株标准木数据,分别为长白山主要树种臭冷杉、红皮云杉、红松、椴树、枫桦、色木槭和榆树建立了树高曲线方程。研究表明,使用Weibull方程所建立的树高曲线,针叶树种的精度较高,而阔叶树种精度相对较低。在研究区域,针叶树分布在上层为优势树种,在竞争中优势较大,尤其是对光的竞争。阔叶树种处于被压状态,在树高的生长过程中不可避免地受到上层优势树种的影响,在生长中个体间产生较大的差异,使得阔叶树的树高曲线精度较低,因此,如果考虑竞争因子,可能会提高树高曲线的精度。

使用本研究建立的Weibull树高曲线来求解径阶中值对应的各树种的树高,并进行对比,研究发现,在胸径较小时,阔叶树的树高普遍较高,而在胸径较大时,针叶树的树高较大。从相邻径阶的树高之差来看,针叶树的径阶树高生长量较大。由于相同胸径下,径阶树高生长量越大,该树种的材积生长量越大。因此,在林分调整时,尽量保留径阶树高生长量较高的树种。单纯从木材收获的角度出发,在长白山地区,相同胸径下主要针叶树种的采伐顺序应为臭冷杉、红松和红皮云杉。

本研究所用数据量有限,尤其是缺乏大径阶的阔叶树。进一步的研究需要更多的数据支持。本研究所得结论可以为长白山地区主要树种提供树高曲线,可以用于相关的生长与收获预估模型。同时,对比不同树种的树高曲线,也为林分调整提出了参考意见。

参考文献:

- [1] 赖巧玲, 胥辉, 杨为民. 非参数估计在构造树高曲线中的应用[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(4): 77-81.
LAI Qiaoling, XU Hui, YANG Weimin. Application of nonparametric estimation method in establishing height-diameter curves of trees [J]. *J Beijing For Univ*, 2006, 28(4): 77-81.
- [2] 胥辉, 全宏波, 王斌. 思茅松标准树高曲线的研究[J]. 西南林学院学报, 2000, 20(2): 74-77.
XU Hui, QUAN Hongbo, WANG Bin. A study on the model of theoretical height-diameter curve of *Pinus kesiya* var. *langbianensis* [J]. *J Southwest For Coll*, 2000, 20(2): 74-77.
- [3] 徐悦, 陈昌华, 蒋之富, 等. 天然赤松胸径与树高相关模型的研究[J]. 林业调查规划, 2008, 33(3): 56-58.
XU Yue, CHEN Changhua, JIANG Zhifu, et al. Study on correlated models between the diameter at breast height and the tree height of natural red pin [J]. *For Invent Plan*, 2008, 33(3): 56-58.
- [4] 吴承祯, 洪伟. 杉木人工林胸径的Weibull分布及其最优拟合研究[J]. 江西农业大学学报, 1998, 20(1): 86-90.
WU Chengzhen, HONG Wei. A study on Weibull DBH distribution of Chinese fir plantation and its optimal fitting [J].

- Acta Agric Univ Jiangxi*, 1998, **20** (1): 86 – 90.
- [5] 孟宪宇. 使用 Weibull 分布对人工油松林直径分布的研究[J]. 北京林业大学学报, 1985, **17** (1): 30 – 39.
MENG Xianyu. A Study on diameter distribution of some artificial *Pinus tabulaeformis* stands by using the Weibull function [J]. *J Beijing For Univ*, 1985, **17** (1): 30 – 39.
- [6] 亢新刚, 赵俊卉, 刘燕. 长白山云冷杉针阔混交过伐林优化结构研究[J]. 林业资源管理, 2008(3): 57 – 62.
KANG Xingang, ZHAO Junhui., LIU Yan. Structure optimization in over cutting forest of spruce-fir conifer & broadleaves mixed stands in Changbai Mountain [J]. *For Manage*, 2008(3): 57 – 62.
- [7] PENG Changhui, ZHANG Lianjun, LIU Junxun. Developing and validating nonlinear height-diameter models for major tree species of Ontario's boreal forests [J]. *North J Appl For*, 2001, **18** (3): 87 – 94.
- [8] TEMESGEN H, VON GADOW K. Generalized height-diameter models-an application for major tree species in complex stands of interior British Columbia [J]. *Eur J For Res*, 2004, **123**: 45 – 51.

中国首部竹炭国家标准完成

由国家环保产品质量监督检验中心、浙江林学院等单位共同参与起草的“竹炭国家标准”正式完成, 已通过由国际竹藤网络中心、中国林业科学研究院南京林化所、国家林业局林产设计院、南京林业大学、中国竹产业协会、浙江省林科院等单位组成的专家组的审定。

近年来, 中国竹炭行业发展迅速, 但是由于没有统一的国家标准, 不同企业生产的竹炭类产品一直参差不齐。为更好地促进竹炭行业的发展, 由国家标准化委员会提出, 国家环保产品质量监督检验中心、浙江林学院等单位, 根据竹炭地方标准和产品实测数据, 共同起草制定了该标准, 并将由国家质量监督检验检疫总局发布使用。

该标准规定了竹炭的术语和定义、分类和标记、技术要求、试验方法、检验规则、标志、标签和包装, 标准适用于以竹材为原料通过热解方法制得的竹炭。该标准将竹炭按质量等级为一级品、合格品 2 个等级; 按形状和尺寸分为筒炭、片炭、碎炭、颗粒炭和粉末炭等; 按用途划为生活日用竹炭、建筑装饰用竹炭、水质净化用竹炭、农林园艺用竹炭等。根据该标准, 在技术上, 竹炭的感观为黑色, 无污染, 无异味, 无非竹炭类杂质, 断面应具金属光泽, 此外在净含量偏差、理化指标等方面也作出了具体的规定。

根据标准, 今后竹炭产品标志或标签应包括以下内容: 产品名称及商标、型号规格、净含量、执行标准、生产日期、质量等级、生产企业名称、产地、厂址等。产品包装应牢固、整洁、防潮, 同一批产品包装材料、规格型号、净质量等应一致。

专家审查后认为, 该标准编制指导思想明确, 与现行有关的国家标准和行业标准相衔接, 并借鉴国外相关标准, 内容系统完整, 技术指标科学合理, 可操作性强; 该标准的制定对于提高竹炭产品的质量, 规范市场, 促进行业发展具有十分重要的意义, 同时为下一步制定竹炭相关分类标准奠定基础。