

北京地区侧柏、油松带皮胸径与去皮胸径的关系

马丰丰^{1,2}, 贾黎明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. 湖南省林业科学院, 湖南 长沙 410004)

摘要: 采用线性模型对北京地区 57 株侧柏 *Platycladus orientalis* 解析木和 60 株油松 *Pinus tabulaeformis* 解析木的带皮胸径 (D_{OB}) 与去皮胸径 (D_{IB}) 的关系进行了拟合, 得到侧柏和油松的带皮胸径与去皮胸径的数学模型分别为 $D_{IB\text{侧柏}} = 0.918D_{OB\text{侧柏}}$, $D_{IB\text{油松}} = 0.916D_{OB\text{油松}}$, 从而间接得到侧柏和油松的树皮厚度方程分别为 $B_{\text{侧柏}} = 0.082D_{OB\text{侧柏}}$, $B_{\text{油松}} = 0.084D_{OB\text{油松}}$, 树皮调整因子分别为 $K_{\text{侧柏}} = 1.089$, $K_{\text{油松}} = 1.092$ 。这些模型的建立和因子的取得可优化北京地区侧柏、油松树木直径生长模型。图 1 表 1 参 6

关键词: 森林测计学; 去皮胸径; 带皮胸径; 树皮调整因子; 侧柏; 油松

中图分类号: S758.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2009)01-0013-04

Outside and inside bark diameter at breast height for *Platycladus orientalis* and *Pinus tabulaeformis* in the Beijing area

MA Feng-feng^{1,2}, JIA Li-ming¹

(1. The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Hunan Academy of Forestry, Changsha 410004, Hunan, China)

Abstract: Linear models were used to determine the relationships between outside and inside bark diameter at breast height of 57 *Platycladus orientalis* and 60 *Pinus tabulaeformis* trees in the Beijing area. Results showed that mathematical models of outside bark (DOB) and inside bark (DIB) diameters at breast height in *Platycladus orientalis* (PO) and *Pinus tabulaeformis* (PT) were $D_{IBPO} = 0.918 D_{OBPO}$ and $D_{IBPT} = 0.916 D_{OBPT}$. Two equations of bark thickness, such as $B_{PO} = 0.082 D_{OBPO}$ and $B_{PT} = 0.084 D_{OBPT}$, as well as two adjusted bark coefficients, $K_{PO} = 1.089$ and $K_{PT} = 1.092$, were obtained indirectly from the above two bark thickness models. These data also indicated that the models formed and the coefficients obtained were stable for diameter growth model optimization of both trees in the Beijing area. [Ch, 1 fig. 1 tab. 6 ref.]

Key words: forest measurement; inside bark diameter at breast height; outside bark diameter at breast height; bark adjustment factor; *Platycladus orientalis*; *Pinus tabulaeformis*

树木的木材生长量与树皮生长量的速度是不一样的。在引进的美国森林植被模拟器 (forest vegetation simulator, 以下简称为 FVS) [1] 中, 所涉及的直径生长模型只能预测木材生长量 (也可称为去皮胸径生长量), 而在林分生长动态模拟过程中预测或回溯带皮胸径时, 需要预估树皮生长量 [2]。如果忽略了对树皮生长量的预估, 会对带皮胸径生长量和材积的预估造成 0~6% 的偏差 [3]。该偏差随着树木生长的速度而变化, 生长较快的树种, 偏差较大, 生长较慢的树种, 偏差也较小。因此, 在 FVS 中, 需要通过树皮调整因子 (即树皮率, 带皮胸径与去皮胸径之比) 来调整去皮胸径生长量以得到精确的带皮胸径生长量值, 保证胸径和材积预测的正确性。为优化目前课题组已建立的侧柏 *Platycladus orien-*

收稿日期: 2008-03-13; 修回日期: 2008-10-20

基金项目: 引进国际先进农业科学技术计划 (948 计划) 项目 (2005-4-02)

作者简介: 马丰丰, 硕士, 从事森林经理和森林培育研究。E-mail: mafengfeng0403@126.com。通信作者: 贾黎明, 副教授, 从事森林培育和城市林业研究。E-mail: jlm@bjfu.edu.cn

talis, 油松 *Pinus tabulaeformis* 直径生长模型^[4], 作者在建模的时候考虑了树皮生长量。因此, 本文主要通过建立北京地区侧柏、油松带皮胸径与去皮胸径的关系, 实现对树皮厚度和树皮生长量的预估, 从而计算得到树皮调整因子值, 实现对侧柏和油松直径生长模型的优化^[5]。

1 数据采集与研究方法

1.1 数据采集

数据来源于课题组 2007 年部分调查样地的解析木数据和由北京市园林绿化局提供的解析木数据。样地主要分设在北京地区密云、海淀、平谷、石景山、昌平、门头沟、房山、怀柔 and 延庆等地, 样地面积为 100 ~ 1 000 m², 主要测定了海拔、坡度、坡位、坡向、树高、胸径、优势木树高、冠幅、郁闭度、土层厚度和林分密度等因子。根据每块样地树木的平均胸径和平均树高选取平均标准木, 共收集到侧柏解析木 57 株, 年龄范围为 18 ~ 81 a, 胸径范围为 4.7 ~ 14.4 cm, 树高范围为 3.8 ~ 7.7 m; 油松解析木 60 株, 年龄范围为 15 ~ 37 a, 胸径范围为 6.2 ~ 16.5 cm, 树高范围为 3.2 ~ 11.4 m, 均按照 1.0 m 为一个区分段进行树干解析。

1.2 研究方法

本文利用直尺测定所收集到的 57 株侧柏解析木, 60 株油松解析木的带皮胸径 (diameter outside bark, D_{OB}) 和去皮胸径 (diameter inside bark, D_{IB})。带皮胸径与去皮胸径为各自在东西、南北向的胸径的算术平均值, 树皮厚度为 1/2 的带皮胸径与去皮胸径的差。树皮调整因子 (bark adjustment factor, K), 也可以称为树皮率, 即为带皮胸径与去皮胸径的比值。根据侧柏、油松的带皮胸径与去皮胸径的散点图趋势, 利用 SPSS 13.0 数据处理系统构建它们的带皮胸径与去皮胸径的相关数学模型, 转换得到侧柏和油松的树皮调整因子值、树皮生长量和树木断面积比的计算方程。

2 结果与分析

2.1 带皮胸径与去皮胸径的关系

很多研究人员发现, 带皮胸径与去皮胸径基本呈线性关系。本文根据侧柏和油松带皮胸径与去皮胸径的散点图趋势 (图 1), 采用一元线性模型对其拟合, 发现常量在 $\alpha = 0.05$ 时差异不显著。而从图 1 看出, 侧柏和油松的去皮胸径是随着带皮胸径的增加而增加的。因此, 对于这 2 个树种, 在拟合时可以不考虑常量, 对比结果如表 1 所示。

表 1 侧柏、油松线性模型是否含常量拟合结果

Table 1 Fitting results of linear model including constant or not for *Platycladus orientalis* and *Pinus tabulaeformis*

数学模型	侧柏			油松		
	决定系数	a	b	决定系数	a	b
$y = a + bx$	0.987	-0.434	0.969	0.966	0.398	0.881
$y = bx$	0.999	0	0.918	0.998	0	0.916

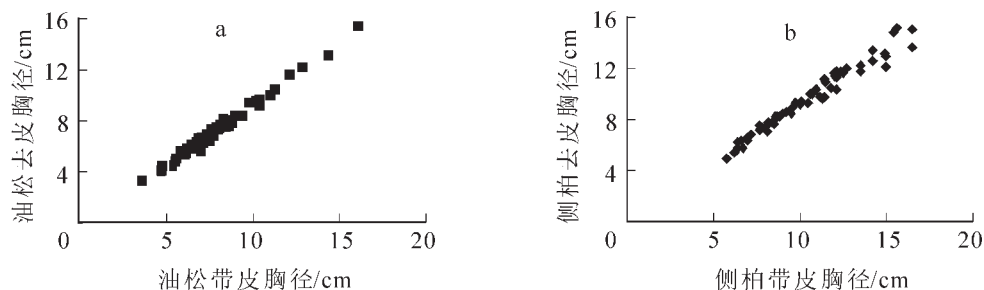


图 1 油松(a)和侧柏(b)带皮胸径与去皮胸径散点图

Figure 1 Scatter point chart of outside and inside diameter at breast height for *Pinus tabulaeformis* (a) and *Platycladus Orientalis* (b)

$$\text{侧柏去皮胸径与带皮胸径的关系方程为: } D_{IB \text{ 侧柏}} = 0.918D_{OB \text{ 侧柏}}; \quad (1)$$

油松去皮胸径与带皮胸径的关系方程为： $D_{IB \text{ 油松}} = 0.916D_{OB \text{ 油松}}$ 。(2)

从表 1 中可以看出，不含常量的侧柏与油松的线性模型其决定系数均达到 0.998 以上，比含常量的侧柏、油松的线性模型的决定系数高，且不含常量的侧柏与油松的线性模型的回归系数的标准差分别为 0.005 和 0.006，这说明不含常量的拟合方程的精度很高。

通过对回归方程进行方差分析检验，发现它们对应的置信水平为 0.000，远比常用的置信水平 0.05 要小，因此，可以认为这 2 个方程是差异极显著的。

2.2 树木带皮与去皮断面积比

树木断面积比(basal area ratio, B_{AR})是指树木带皮断面积与去皮断面积的比值，可以采用下式来计算：

$$B_{AR} = D_{OB}^2/D_{IB}^2 \quad (3)$$

如果所有的树木均测量了生长量，那么断面积比为其平均值；如果均未测量，则断面积比假设为 1.0。由于本文采用的是解析木数据，均测量了生长量。侧柏断面积比的平均值为： $B_{AR \text{ 侧柏}} = 1.213$ ，标准差为 0.102。从该值可以看出，侧柏树皮断面积生长量占木材断面积生长量的 21.3%，占总断面积生长量(树皮断面积生长量与木材断面积生长量之和)的 17.6%；油松断面积比的平均值为： $B_{AR \text{ 油松}} = 1.186$ ，标准差为 0.108，由此可以得出油松树皮断面积生长量占木材断面积生长量的 18.6%，占总断面积生长量的 15.7%。由此也可以说明预估树皮生长量的重要性，如果忽略对树皮生长量的预估，将对预测结果产生较大的误差。

2.3 树皮生长量

树皮生长量对于胸径生长模型的预测精度是非常重要的，可树皮生长量很难直接测量，但可以通过去皮胸径、带皮胸径和木材生长量间接计算得到。March^[3]认为可以通过对树皮生长量的预估得到对 n 年前的带皮胸径的预估，这在 FVS 的林分模拟预测中是非常重要的。

下面以侧柏为例，简单说明一下计算 n 年前的带皮胸径的方法。因为去皮胸径的变化不涉及树皮生长量的变化，所以 $D_{IB0} = D_{IB1} - 2W_1$ (式中 D_{IB0} 为 n 年前的去皮胸径， D_{IB1} 为现在的去皮胸径， W_1 为 n 年的木材半径生长量)

由(1)式我们可以得到侧柏 n 年前的去皮胸径 $D_{IB0 \text{ 侧柏}} = 0.918D_{OB0 \text{ 侧柏}}$ ，现在的去皮胸径为 $D_{IB1 \text{ 侧柏}} = 0.918D_{OB1 \text{ 侧柏}}$ ，由此 $0.918D_{OB0 \text{ 侧柏}} = 0.918D_{OB1 \text{ 侧柏}} - 2W_1 \text{ 侧柏}$ ，从而得到侧柏 n 年前的带皮胸径为：

$$D_{OB0 \text{ 侧柏}} = D_{OB1 \text{ 侧柏}} - 2.179W_1 \text{ 侧柏} \quad (4)$$

同理，油松 n 年前的带皮胸径为 $D_{OB0 \text{ 油松}} = D_{OB1 \text{ 油松}} - 2.183W_1 \text{ 油松}$ 。(5)

如果能得到林分断面积比平均值，侧柏和油松 n 年前的带皮胸径还可以通过下式计算得到：

$$D_{OB0} = (B_{AR} \times D_{OB1}^2)^{1/2} \quad (6)$$

2.4 树皮调整因子

在 FVS 中，胸径生长模型预测的只是木材的生长量，而未对树皮的生长量进行预测，但对木材生长量的预测是建立在带皮胸径的基础之上。若长时间忽略对树皮生长量的预估，将对木材生长量的预测造成很大的偏差。因此，FVS 研究人员采用树皮调整因子 K 来调整带皮胸径的预测值。

树皮厚度(bark thickness, B)计算方程的回归系数可以认为是对树皮生长量的间接估计，表明树皮厚度在带皮胸径每个单元中的变化^[6]，因此，侧柏树皮厚度生长量 $B_{\text{侧柏}} = 0.082D_{\text{侧柏}}$ ，油松树皮厚度生长量 $B_{\text{油松}} = 0.084D_{\text{油松}}$ ， D 为胸径总的生长量。

胸径总的生长量(D)为木材半径生长量(W)与树皮厚度生长量(B)之和，因此侧柏胸径总的生长量 $D_{\text{侧柏}} = 1.089W_{\text{侧柏}}$ ，即树皮调整因子 $K_{\text{侧柏}} = 1/(1 - 0.082) = 1.089$ 。

同理，油松直径生长模型的树皮调整因子 $K_{\text{油松}} = 1/(1 - 0.084) = 1.092$ 。

通过对 57 株侧柏解析木和 60 株油松解析木去皮胸径的实际值与预测值进行检验，平均估计误差分别为 2.97%和 0.94%，因此，侧柏和油松的树皮调整因子完全可以用来计算其去皮胸径和去皮胸径生长量的预测值。

3 结论

采用一元线性模型对北京地区侧柏和油松的去皮胸径与带皮胸径的关系进行了拟合, 得到侧柏和油松的数学模型分别为: $D_{IB \text{ 侧柏}} = 0.918D_{OB \text{ 侧柏}}$, $D_{IB \text{ 油松}} = 0.916D_{OB \text{ 油松}}$, 从而间接得到侧柏和油松 n 年前的带皮胸径的计算式分别为: $D_{OBO \text{ 侧柏}} = D_{OBI \text{ 侧柏}} - 2.179W_1 \text{ 侧柏}$, $D_{OBO \text{ 油松}} = D_{OBI \text{ 油松}} - 2.183W_1 \text{ 油松}$; 树皮调整因子分别为 $K_{\text{侧柏}} = 1.089$, $K_{\text{油松}} = 1.092$, 实现了侧柏和油松的直径生长模型的优化。

通过树木带皮断面积与去皮断面积的比值可间接反映树皮断面积生长量占木材断面积生长量的百分比, 侧柏树皮断面积生长量占木材断面积生长量的 21.3%, 总断面积生长量的 17.6%; 油松树皮断面积生长量占木材断面积生长量的 18.6%, 总断面积生长量的 15.7%。从这里可以看出, 对树皮生长量的预估是非常重要的, 如果在胸径生长模型预测中忽略了对树皮生长量的预估, 预测结果将产生较大的误差。这些模型的建立和因子的取得为北京地区油松、侧柏直径生长模型的优化奠定了基础。

参考文献:

- [1] DIXON G E. *Essential FVS: A User's Guide to the Forest Vegetation Simulator*[R]. Fort Collins, Co: USDA Forest Service, Forest Management Service Center, 2003: 193.
- [2] STAGE A R. *Prognosis Model for Stand Development*[R]. Ogden: USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1973: 31.
- [3] FINCH T L. *Effect of Bark Growth in Measurement of Periodic Growth of Individual Trees*[R]. Missoula Mont: USDA Forest Service, North Rocky Mt, 1948: 3.
- [4] 刘平. 美国森林植被模拟系统(FVS)在北京地区人工林上的应用研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2007.
LIU Ping. *Application Research of Forest Vegetation Simulator to Plantation of Beijing Region* [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2007.
- [5] 马丰丰. 基于 FVS 的北京地区侧柏人工林单木模型优化及应用[D]. 北京: 北京林业大学, 2008.
MA Fengfeng. *Application and Optimization of Individual tree Model for Plantations of Platycladus Orientalis in Beijing Based on Forest Vegetation Simulator(FVS)*[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2008.
- [6] SPADA B. Estimating past diameters of several species in the Ponderosa pine subregion of Oregon and Washington[J]. *Pac Northwest Res Notes*, 1960, **181**: 1 - 4.