

树干平均密度的估计方法研究*

张会儒 唐守正 胥 辉

摘要 估计密度的一般统计模型为: $y = bx + e$, 其中 y 为干重, x 为体积, b 为待估系数, 即密度, e 为误差。式中 b 值的估计, 依据 y 的方差与 x 的关系的不同, 有三种方法: (1) y 的方差与 x 无关; (2) y 的方差正比于 x , 即 $\sigma_{y|x}^2 = x \delta^2$; (3) y 的标准差正比于 x , 即 $\sigma_{y|x} = x \delta$ 。本文对这三种平均密度估计方法的结果进行了比较分析, 并用哑变量方法对树干不同部位、不同龄组之间密度的差异性进行了检验。结果表明: 方法(1)能较理想地描述树干材及树皮的体积和干重之间的关系, 同时给出较小的误差估计; 树干不同部位间密度总体上无显著差异, 个别树种个别部位间有显著差异。不同龄组间密度无显著差异。据此, 在利用材积密度法估计树干干重时, 相同树种不同个体可以采用统一的平均密度值。

关键词 树干密度 估计方法 哑变量

森林生物量是评价森林生态系统功能的重要指标, 研究生物量不仅是研究森林生态系统物质与能量交换的需要, 也是合理开发利用森林资源的重要依据。在生物量研究中, 树干的干重测定一般采用称重法, 即先称其鲜重, 然后取样求含水率来推算干重。但是对于直径较大的树, 野外难以称重, 因此采用密度法, 即先测树干材积, 然后取样测其基本密度, 再推算树干干重。林分中, 由于树木个体特性的差异, 同一树种不同个体之间、同一个体不同部位之间树干密度(包括木材和树皮)可能会有所变化, 如何估计树干平均密度就成了首要问题。国外有利用材积密度法估计树干干重的研究^[1,2], 但未给出平均密度的估计方法, 国内也未见报道。本文将对此进行探讨。

1 材料与方 法

1.1 研究材料

本研究材料来自于吉林省红石林业局的 8 个树种: 水曲柳 *Fraxinus mandshurica* Rupr., 胡桃楸 *Juglans mandshurica* Maxim., 黄菠萝 *Phellodendron amurense* Rupr., 红松 *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc., 落叶松 *Larix olgensis* Henry, 冷杉 *Abies fabri* (Mast.) Graib., 椴树 *Tilia amurensis* Rupr., 色木 *Acer mono* Maxim., 共 60 株样木。

各样木的密度测定样品取得方法如下: 将样木于接近地表处伐倒, 利用区分段法求其树干材积, 然后在树干的 1/4、2/4 和 3/4 处(分别代表下、中、上), 分别截取一小扇形样品, 将木材与树皮分离, 用排水法测定样品材积, 然后烘至绝干, 称其干重, 从而得到基础数据。

1997—06—05 收稿。

张会儒副研究员, 唐守正(中国林业科学研究院资源信息研究所 北京 100091); 胥辉(北京林业大学资源环境学院)。

* 本文属 1996~1997 年林业部重点课题“我国主要树种二元生物量模型及其相容的一元自适应模型系列的研究”部分内容。

1.2 研究方法

1.2.1 密度估计 众所周知,密度的定义公式为: $d = m/v$,

式中 d 为密度, m 为干物质重, v 为体积。若已知 d 求 m , 则将上式变化为: $m = dv$, 写成一般统计模型:

$$y = bx + e \quad (1)$$

相应地, y 为干重, x 为体积, b 为待估系数, 即密度, e 为误差。根据统计学原理, (1) 式中 b 值的估计, 依据 y 的方差与 x 的关系的不同, 有三种假设^[3]:

(1) y 的方差与 x 无关: b 的方差估计是

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}; \quad S_b^2 = \frac{S_y^2}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad \text{其中, } S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - bx_i)^2}{n-1}$$

(2) y 的方差正比于 x , 即 $\delta_{yx}^2 = x\delta^2$: b 值的方差估计是

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n x_i} = \frac{\bar{y}}{\bar{x}}; \quad S_b^2 = \frac{S_y^2}{\sum_{i=1}^n x_i} \quad \text{其中, } (n-1)S_y^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i}{x_i}\right)^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}{\sum_{i=1}^n x_i}$$

(3) y 的标准差正比于 x , 即 $\delta_{yx} = x\delta$: b 值的方差估计是

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{y_i}{x_i}}{n}; \quad S_b^2 = \frac{S_y^2}{n} \quad \text{其中, } (n-1)S_y^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i}{x_i}\right)^2 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i}{x_i}\right)\right]^2}{n}$$

本文将对这三种估计方法的效果进行比较。

1.2.2 密度差异显著性检验 由于这次样本数量较少, 为分析不同年龄树木间、树干不同部位间密度的变化及检验其差异显著性, 采用带哑变量的普通最小二乘回归系数假设检查法来检查各种零假设是否可被接受, 根据检查目的不同, 设置不同的哑变量, 此法的一般原理见文献[4]。

本文以检验树干不同部位之间密度差异为例, 利用哑变量方法, 此时 $K = 3$, 需引进 $K - 1 = 2$ 个哑变量 Z_1, Z_2 , 于是各部位的方程(1)可以统一写成:

$$y = (b + b_1 Z_1 + b_2 Z_2)x + e \quad (2)$$

其中: b, b_1, b_2 是未知的回归系数, e 是随机误差项。

用最小二乘法可求出方程(2)中的系数 b, b_1, b_2 的估计值, 以及它的残差平方和 QQ 。

根据统计假设检查理论^[5], 要检查各参数是否满足某些线性关系, 需给出限制条件, 即零假设, 写成矩阵形式如下: $HB = 0$, B 为参数矩阵。

本例中: $B = \begin{bmatrix} b \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}$, H 为假设条件, 当 H 取 $[1, -1, 0]$ 时, 为检查上部与中部的密度是否有

显著差异; 当 H 取 $[1, 0, -1]$ 时, 为检查上部与下部的密度是否有显著差异; 当 H 取 $[0, 1, -1]$ 时, 为检查中部与下部的密度是否有显著差异。

在上述条件限制下, 可以解出回归方程(2), 求出相应的限制剩余平方和 QW , 从而构造统计量:

$$F = ((QW - QQ)/r) / (QQ/(n - q)) \quad (3)$$

其中 r 为限制条件个数, n 为样本数, q 为参数个数。由于(3)式服从 F 分布, 根据 F 值可以求

出相应的概率 P , 据此可以判断是否接受假设。如以 95% 的可靠性, 若 $P > 0.05$, 则接受假设, 认为差异不显著; 反之, 则推翻假设, 认为差异显著。

2 结 果

2.1 各树种树干密度估计方法的确定

按照三种方法对树干材及树皮的 b 值进行估计(表 1)。从表中可见, 除红松外, b 值的估计都以方法(1)的方差最小, 表明大部分树木树干干重的方差与鲜重的大小无关, 即具有方差齐次性。对于红松的树干材和树皮, 以方法(3)的方差最小, 说明存在方差非齐次性, 其关系为 $\delta_{b,x} = x\delta$, 方法(3)正是消除了这种方差非齐次性的影响, 所以效果较好。但就 b 值的大小来看, 两种方法相差并不大。所以为了便于计算, 各树种统一用方法(1)估计。

表 1 三种方法树干材及树皮的 b 值估计结果

树 种	项 目	方法(1)		方法(2)		方法(3)	
		b	方差	b	方差	b	方差
水曲柳	干材	0.511	0.000 174	0.533	0.000 195	0.556	0.000 423 7
	树皮	0.475	0.000 210	0.459	0.000 264	0.445	0.000 298 2
胡桃楸	干材	0.445	0.000 107	0.434	0.000 156	0.415	0.000 237
	树皮	0.447	0.000 035	0.439	0.000 059	0.427	0.000 082
黄菠萝	干材	0.392	0.000 075	0.394	0.000 083	0.399	0.000 089
	树皮	0.226	0.000 111	0.230	0.000 147	0.235	0.000 179
红 松	干材	0.386	0.000 092	0.386	0.000 091	0.385	0.000 083
	树皮	0.374	0.000 089	0.377	0.000 088	0.379	0.000 081
落叶松	干材	0.441	0.000 085	0.429	0.000 089	0.404	0.000 094
	树皮	0.381	0.000 023	0.385	0.000 029	0.391	0.000 039
冷 杉	干材	0.324	0.000 026	0.332	0.000 037	0.336	0.000 045
	树皮	0.470	0.000 164	0.465	0.000 228	0.459	0.000 289
椴 树	干材	0.413	0.000 149	0.401	0.000 169	0.380	0.000 194
	树皮	0.434	0.000 029	0.434	0.000 034	0.429	0.000 051
色 木	干材	0.554	0.000 197	0.572	0.000 257	0.604	0.000 247
	树皮	0.605	0.000 286	0.624	0.000 325	0.646	0.000 290

2.2 密度差异性检验

2.2.1 不同部位之间 此检验的零假设为: 树干不同部位间干材和树皮的密度无显著性差异。检验结果见表 2。从表 2 中可见, 除胡桃楸的上部与中部, 黄菠萝的中部与下部, 红松的上部与中部、中部与下部干材密度差异显著外, 其余各树种各部位间干材密度差异都不显著。对于树皮, 除红松的上部与下部, 落叶松的上部与中部、上部与下部外, 其余各树种各部位之间树皮密度差异都不显著。上述两种结果从其 b 值的大小来看, 个别树种个别部位的显著差异无规律性。

为了确定不同部位间密度差异的总趋势, 又做了不分树种的假设检验, 结果见表 3。可以看出, 树干材密度各部位间均无显著差异, 树皮密度在上部与中部间有显著差异。

2.2.2 不同龄组之间 由于天然林的年龄确定有一定的偏差, 加之各树种的龄组序列参差不齐, 使天然林不同龄组间密度差异检验结果不能真实地反映实际情况, 所以本文只对落叶松人工林做此分析。此检验的零假设为: 不同龄组之间木材和树皮的密度无显著性差异。结果见表 4。从表中可见, 落叶松幼、中龄林的木材及树皮密度皆无显著差异。

表 2 各树种不同部位间密度差异显著性检验

树 种	项 目	b 值			P		
		上	中	下	上中	中下	上下
水曲柳	木材	0.567	0.525	0.498	0.397	0.407	0.100
	树皮	0.450	0.473	0.495	0.572	0.543	0.198
胡桃楸	木材	0.487	0.412	0.455	0.002*	0.094	0.052
	树皮	0.444	0.451	0.447	0.785	0.642	0.858
黄菠萝	木材	0.418	0.360	0.430	0.062	0.020*	0.582
	树皮	0.235	0.262	0.215	0.457	0.114	0.488
红 松	木材	0.381	0.339	0.410	0.030*	0*	0.087
	树皮	0.404	0.368	0.358	0.185	0.687	0.028*
落叶松	木材	0.405	0.441	0.448	0.272	0.760	0.171
	树皮	0.405	0.379	0.370	0.045*	0.435	0.003*
冷 杉	木材	0.324	0.320	0.325	0.869	0.713	0.970
	树皮	0.449	0.453	0.486	0.921	0.270	0.334
椴 树	木材	0.425	0.407	0.412	0.628	0.854	0.719
	树皮	0.343	0.445	0.547	0.326	0.245	0.073
色 木	木材	0.520	0.540	0.570	0.663	0.369	0.250
	树皮	0.577	0.592	0.658	0.685	0.120	0.076

* 为检验结果差异显著。

表 3 不分树种密度差异显著性检验

项 目	b 值			P		
	上	中	下	上中	中下	上下
干材	0.431	0.394	0.407	0.089	0.369	0.220
树皮	0.401	0.413	0.359	0.629	0.016*	0.061

* 为检验结果差异显著。

表 4 不同龄组之间密度差异显著性检验

项 目	龄组	b	F	P
木材	幼	0.399	1.977 877	0.166 8
	中	0.460		
树皮	幼	0.382	0.006 715	0.935 07
	中	0.381		

3 结 论

(1) 三种平均密度估计方法中, 以方法(1)方差最小, 表明大部分树木树干干重的方差与鲜重的大小无关, 即具有方差齐次性。

(2) 树干上、中、下部位间密度的总趋势为差异不显著, 但有个别树种个别部位差异显著。龄组之间的干材及树皮密度差异不显著。

(3) 利用材积密度法估计树干干重时, 相同树种不同个体可采用统一的平均密度值。

(4) 在观测数据较少的情况下, 采用带哑变量的普通最小二乘回归系数假设检查法, 能够得到客观的检验结果。

参 考 文 献

- 1 Van Deusen P C, Baldwin V C. Sampling and predicting tree dry weight. Can. J. For. Res., 1993, 23: 1826 ~ 1829.
- 2 Van Deusen P C. Alternative volume and quantity formulas for individual trees. Can. J. For. Res., 1994, 24: 50 ~ 52.
- 3 玛·吉·纳特雷拉(毛镇道译). 实验统计学. 上海: 上海翻译出版公司, 1990.
- 4 唐守正. 同龄纯林自稀疏方程的验证. 林业科学, 1995, 31(1): 27 ~ 34.
- 5 唐守正. 多元统计分析方法. 北京: 中国林业出版社, 1984.

Studies on the Estimate Method for Average Stem Density

Zhang Huiru Tang Shouzheng Xu Hui

Abstract The model $y = bx + e$ is used to estimate the density of stem, where y is dry weight, x is volume, b is density and e is error. According to the relationship between variance of y and x , there are three methods to estimate b : (1) variance of y is uncorrelated with x ; (2) the relationship between the variance of y and x is a positive correlation, or $\delta_{yx}^2 = x \delta_y^2$; (3) the relationship between the standard deviation of y and x is a positive correlation, or $\delta_{yx} = x \delta_y$. In this paper, the three methods were applied to estimate the average density of stem wood and bark, and the differences of the density in different positions of a tree and in different age class were analyzed with dummy variable method. The results showed: the effect of method (1) is better than the others. The differences of the density in different positions of a tree and in different age class are not significant. Same average density can be used to estimate stem dry weight of the same species of trees.

Key words stem density estimate method dummy variable

Zhang Huiru, Associate Professor, Tang Shouzheng (The Research Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF Beijing 100091); Xu Hui (College of Forest Resources and Environment, BUF).

《灵芝及其他真菌彩色图志》出版发行

[书号: ISBN 7—80584—702—9/ S · 130]

《灵芝及其他野生真菌彩色图志》吴兴亮 臧 穆 夏同珩编著

贵州科技出版社 16开 680千字 447页 软精装 每册定价148.00元

灵芝及其他野生真菌在自然界中有着极重要的作用,有的真菌内含抗菌、抗癌物质,可入药,还有不少真菌可食用,极具营养价值。作者积多年的野外调查资料和拍摄的照片,编著了本书。

书中收录了灵芝41种,其他野生真菌268种,300余幅彩色照片。本书以种为分类单元进行介绍,包括汉名、别名、拉丁学名、形态特征、生态习性、分布以及野外照片。书中附有真菌生态多样性论文数篇。本书图文并茂,生动、真实,特别突出了灵芝的有关研究资料、经济价值、药用价值,以及其他野生真菌的食用价值和药用价值。为了便于国际交流,还将灵芝部分译成了英文。

本书照片由我国著名摄影家彭香忠教授等拍摄,图片精美,印装用纸考究,是一本难得的集学术性、实用性、观赏性、收藏性于一体的专著。

此书贵州科学院图书室有售,邮购每册150元(挂号寄),需购者请将书款汇至该处,款到即挂号寄书。

邮局汇款、来信请寄:贵州省贵阳市延安东路40号贵州科学院图书室钟金霞收邮编:550001。

咨询电话:(0851)6824098,(0851)6813022,传真:6826514。

(林讯)