

Linmu Shengwuliang Moxing Yanjiu



林木生物量模型研究

胥 辉 张会儒 著

云南科技出版社



林木生物量模型研究

云南科技出版社

图书在版编目(CIP)数据

林木生物量模型研究 / 胥辉, 张会儒著. —昆明: 云南科技出版社, 2002.3

ISBN 7-5416-1646-X

I. 林... II. ①胥...②张... III. 林木—生物量—模型—研究 IV. S718.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 014112 号

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码: 650034)

出版人: 杨新书

云南省出版印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本: 850mm × 1168mm 1/32 印张: 5.75 字数: 155 千字

2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 1000 册 定价: 22.00 元

内 容 提 要

本书系统地介绍了林木生物量模型的基本理论、发展概况、林木生物量数据的调查与计算、生物量模型的理论分析、变量的选择、模型评价指标,并探讨了林木生物量模型中的异方差问题。提出了与材积相容的生物量模型,介绍了生物量模型的构建方法和选型方法,阐述了相容性生物量模型构建的基本理论和基本方法,介绍了相容性生物量模型非线性联合估计,并用实际调查数据对研建的各种生物量模型进行了检验。最后应用生物量模型编制了一元自适应生物量模型,导出了吉林省和江西省落叶松和杉木一元立木生物量表。

本书可供从事林业科学、植物科学和生态数学工作者们阅读,亦可作为林业院校相关专业研究生的参考书。

序

森林生物量是森林生态系统的最基本数量特征。它既表明森林的经营水平和开发利用的价值,同时又反映森林与其环境在物质循环和能量流动上的复杂关系。生物量数据是研究许多林业问题和生态问题的基础,因而,森林生物量的测定和估计成为当代林业生产和科研的热点问题。1994年联合国粮农组织在“国际森林资源监测大纲”中就明确规定森林生物量是森林资源监测中的一项重要内容。而我国目前森林资源清查中缺少这个数字,因此,在我国森林资源监测体系中增加生物量监测项目势在必行,而研究并提出一套与森林资源监测体系中森林蓄积量估计相兼容的区域性森林生物量资源调查方法是当务之急。

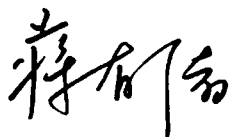
众所周知,森林生物量测定非常困难而且耗时费力,因此确定一种行之有效而又准确的调查方法是十分重要的。生物量模型估计法是日前比较流行的方法,它是利用林木易测因子来推算难于测定的林木生物量,从而减少测定生物量的外业工作。虽然在建模过程中需要测定一定数量样木生物量的数据,但一旦模型建立,在同类型林分中就可以利用森林资源清查资料来估计整个林分的生物量,而且有一定的精度保证。特别是在大范围的森林生物量调查中,利用生物量模型能大大减小调查工作量。

林木生物量估测模型虽然在我国研究较多,但缺乏机理和精度分析,特别是模型间的相容性问题一直没有得到很好的解决,一些从植被科学角度出发的有关研究成果,也难以满足森林资源调查中与蓄积量估计相兼容的要求。我国至今还没有关于这方面系统论述的专著,本书的出版无疑填补了这一空白。

本书的青年作者胥辉和张会儒,有扎实的林业基础和数学功底,并勤于钻研,在导师唐守正院士的悉心指导下,通过硕士、博士论文和项目的研究,将其对兼容森林资源调查的蓄积量数据的林木生物量估测模型的研究成果汇成此著,对建模理论、模型估计方法、模型评价指标体系和模型的应用做了比较系统和深入的研究,它必将对规范我国森林生物量调查评价技术、推进森林可持续经营以及对研究森林生态系统功能方面起积极的推动作用。因此,值得将此著推荐给林业科学、植物科学和数学生态学工作者们。

在本书出版之际,欣表数语为序,并示祝贺!

中国科学院院士

A handwritten signature in black ink, appearing to read '蒋中立' (Jiang Zhong), written in a cursive style.

前 言

人类与其共生存环境相互作用的不断加强,促进了生态系统研究的迅速发展。由于生物量是研究不同生态系统能量和物质交换的基础,因而在生态系统研究中,对生物量的研究受到高度重视。尤其是随着社会经济的发展和科学技术的进步,人类对生物资源的利用在日益扩大,为了满足人类对生物资源日益增长的迫切需要,以生态系统的生物量为对象的研究愈来愈受到人们的重视。

地球上生命物体中植物最为重要,所有植物的生物量约占地球总生物量的 99%,而森林又占植物生物量的 90% 以上(Lieth, 1975 年)。因此,长期以来对于生物量的研究主要是以森林生态系统为研究对象,研究各种森林生态系统中物质与能量的数量及其固定、消耗、分配、积累与转化的特点;并探讨其与生态因素之间的相互关系,以及生物量和生产力估测的数学模型。目的是为合理保护、管理、利用森林资源,创造稳定高产的森林生态系统提供理论依据。森林生物量的研究不仅为扩大森林资源利用范围提供了基本的数据,同时也为研究森林生态系统功能、森林与环境系统关系以及如何实现林业可持续发展提供基本的数据。为此,准确测定生物量无论在生产上,还是在理论研究上都有着十分重要的意义,一直为世界生态学家和林学家所重视。

我国是一个森林资源较少的国家,且分布很不均匀,摸清森林资源家底具有特殊重要的意义。新中国建立以后,我国对森林资源的调查进行过多次,但主要集中在对木材蓄积和生长上,对于全国性的生物量调查工作从未开展(李文华,1978 年),致使在 IBP

(International Biological Program 国际生物学计划)期间所建立的全球生产力模型缺少中国的数据(罗天祥,1996年)。1994年联合国粮农组织在“国际森林资源监测大纲”中就明确规定森林生物量是森林资源监测中的一项重要内容,而我国目前森林资源清查中缺少这个数字。另外,近些年国内对许多生态问题的研究,由于受到生物量数据严重不足的限制,使得一些研究过于粗放和简单,甚至对一些问题的研究无法深入下去,严重制约了一些研究的发展。为了更有效深入地研究森林生态系统,充分利用森林资源,并与国际森林资源监测体系接轨,有必要及早完成我国森林生物量的调查工作。

众所周知,森林生物量测定非常困难,而且耗时费力,因此确定一种行之有效,而又准确的调查方法是十分重要的。生物量模型估计法是目前比较流行的方法。它是利用林木易测因子来估计难于测定的林木生物量,从而减少测定生物量的外业工作。虽然在建模过程中需要测定一定数量样木生物量的数据,一旦模型建立,在同类的林分中就可以利用森林资源清查数据来估计整个林分的生物量,而且有一定的精度保证。特别是在大范围的森林生物量调查中,利用生物量模型能大大减小调查工作量。为此,国家林业部1995年立项研究“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”,旨在推进我国森林生物量调查工作。该项目由中国林科院森林经理室和中南林业调查规划院共同承担,由中国科学院院士唐守正主持,中南林业调查规划院的骆期邦高级工程师为顾问,历经3年研究完成,并于1999年获国家林业局科技进步二等奖。本书是该项目的部分内容,也是本书两位作者做博士论文和硕士论文的组成部分。

本书在完成过程中得到了中国林科院森林经理室李希菲研究员的大力帮助与支持。在外业数据的调查中,得到了吉林省红石林业局的大力协助。王奉瑜副研究员在外业数据的调查和内业样

品处理中做了大量的工作。在数据计算分析过程中,中南林业调查规划院曾伟生提供了部分计算程序,中国林科院森林经理室的王雪峰、王明亮给予多方帮助。在此表示衷心的感谢!

著 者

目 录

第一章 林木生物量模型研究概述	(1)
1 研究概述	(1)
1.1 森林生物量研究的历史原因	(1)
1.2 森林生物量研究的发展历史过程	(2)
1.3 单木生物量测定	(4)
1.4 林木生物量模型研究评述	(10)
1.5 森林生物量的测定	(18)
第二章 树干平均密度的估计方法	(24)
1 问题的提出	(24)
2 材料与方法	(24)
2.1 研究材料及样品处理	(24)
2.2 研究方法	(26)
2.3 密度差异显著性检验	(27)
3 结果	(28)
3.1 各树种树干密度估计方法的确定	(28)
3.2 密度差异性检验	(29)
4 结论	(32)
第三章 样木干物质重量的估计	(33)
1 各分量绝干重估计模型的选择	(33)
2 b 值差异显著性检验及分组	(38)
2.1 各分量上、中、下部位 b 值的检验	(38)
3 样木各分量干物质计算	(44)
4 小结	(48)

第四章 生物量模型中的异方差问题	(49)
1 生物量模型中异方差的验证	(49)
1.1 残差图法	(49)
1.2 戈德菲尔特-夸检验方法	(51)
1.3 范例	(52)
2 异方差的消除	(53)
2.1 方法及原理	(53)
2.2 结果	(57)
3 结论	(60)
第五章 生物量模型评价指标与评价方法	(61)
第六章 CAR 模型与 VAR 模型的比较	(63)
1 问题的提出	(63)
2 统计检验	(65)
3 再抽样方法	(73)
4 小结	(83)
第七章 林木各分量独立模型的研建	(84)
1 模型结构设计	(84)
2 模型估计方法与选型方法	(85)
2.1 估计方法	(85)
2.2 备选模型的选型方法	(86)
2.3 模型拟合结果与分析	(89)
3 模型对比分析	(97)
3.1 各分量独立模型与 CAR 模型	(97)
3.2 独立模型的加权估计与未加权估计	(99)
3.3 讨论与小结	(103)
4 干热河谷赤桉生物量模型的研究	(107)
4.1 研究地概况	(108)
4.2 研究方法	(108)

4.3	树干全称重法和木材材积密度法结果的比较	··· (111)
4.4	单木生物量模型的建立	····· (112)
4.5	讨论	····· (115)
第八章	相容性生物量模型的研究	····· (116)
1	问题的提出	····· (116)
2	相容性模型设计的基本思想	····· (119)
3	研究方法	····· (119)
4	相容性模型的构造	····· (120)
4.1	以总量为基础按比例平差	····· (120)
4.2	非线性联立方程组法	····· (122)
4.3	以树干为基础按代数和分配(简称方法三)	····· (123)
4.4	综合方法(简称方法四)	····· (125)
5	非线性联立方程组模型参数的估计方法	····· (125)
5.1	联立方程组的基本概念	····· (125)
5.2	相容性模型的选型	····· (127)
6	相容性模型的选型结果	····· (131)
7	相容性模型六种方法的比较	····· (133)
8	模型评价	····· (149)
9	结论及存在问题	····· (150)
第九章	一元自适应生物量模型研究	····· (152)
1	生物量模型的选用	····· (152)
2	自适应树高模型的建立	····· (153)
3	自适应树高模型的应用	····· (155)
3.1	平均因子的测定	····· (155)
3.2	每木预估值的推算	····· (155)
参考文献		····· (160)

第一章 林木生物量模型 研究概述

1 研究概述

1.1 森林生物量研究的历史原因

△森林生物量是近代林学中发展起来的一项新内容,它是指各种森林在一定的年龄,一定的面积上所生长的全部干物质的重量,它是森林生态系统在长期生产与代谢过程中积累的结果。长期以来林学家对森林产量的测定局限于林木的树干部分,用树干或木材的体积来衡量森林的产量。随着社会生产的发展,森林资源的不断消耗,尤其是木材产量的急剧下降,迫使人们不得不关心除木材以外的林木其他部分的利用,这就促进了森林生物量的研究,尤其是以下原因,使得生物量研究工作不断发展。

(1)森林工业为实现能源自给所作的努力是森林生物量利用和研究增加的主要原因之一。自 20 世纪 60 年代起,木材市场和许多木材加工业尤其造纸浆业和板条加工业要求重量作单位进行交易,而不用体积,在某种程度上促进了林木各器官重量测定方法的研究。

(2)人们对森林资源利用的认识有了进一步的发展。1964 年,芬兰及瑞典首先提倡全树利用(Complete - tree Concept)观念,

其目的在于充分利用森林生物量以供应大量的木质纤维。在林业发达的国家已将树叶、树皮、木材片屑和剩余物用作医药、食品、香料、纸张和人造板工业等有价值的原料。1974 年美国人 H. E. Young 进而提出了全林利用的概念,指出全林利用是指集约经营的森林内所有木本灌木和树种,从根尖至叶尖全部生物量在食物与饲料、固体或液体燃料、建筑材料和化学工业原料等方面得到利用。

(3)20 世纪 70 年代的石油危机已经导致相当多的国家和研究人员将视线转向绿色森林这种能永续利用的能源。森林不但是直接能源,而且是多种化工产品的资源,要对资源的贮藏量和生产量作出估计,用干物质量最为适宜。

(4)随着环境问题的日益突出,1984 年由国际科联理事会(ICSU)发起,并组织了规模空前的全球变化国际性协作研究课题即国际地圈-生物圈计划 IGBP(International-Geosphere-Biosphere Programme)。随着 IGBP 的实施和国际社会对全球气候变化的关注,生物圈的重要性再次被高度重视,一个新的生物学研究热点正在形成。在全球气候变化研究中,二氧化碳问题一直是人们关注的中心,已有的研究主要集中在三个方面:模拟二氧化碳浓度倍增导致气候变化的情况下植被分布及其生物生产力格局的变化;以含机理性的动态模型拟与预测变化的可能过程;估计植被对全球变化的反馈。这些研究内容都与生物生产力和生物量有着直接紧密或间接的关系,从而进一步推动了生物量研究内容的拓宽与发展。

1.2 森林生物量研究的发展历史过程

森林生物量研究工作主要开展于 20 世纪 40 年代,其先驱性工作可以追溯到 100 多年前(Lieth, 1975 年)。根据森林生物量研究的历史背景、研究内容以及研究规模,可将其研究过程大体分为

三个阶段:20 世纪 60 年代以前;20 世纪 60 ~ 70 年代;20 世纪 80 年代以后。

20 世纪 60 年代以前,从德国人 Ebermeyer(1876 年)(转引佐藤大七郎,1986 年)研究叶量和枝量与土壤养分关系,以及对森林生长的影响开始,到后来的 Harthy(1891 年)(转引佐藤大七郎,1986 年)从事的林木干材生产量与叶量的关系研究等都是局限于少数树种局部地段针对某项目的独立研究。研究的状况正如 Walte(转引佐藤大七郎,1986 年)所说:“在那一时期生物学方面仅对片断的生理过程感兴趣,并未着眼于统一过程的物质生产”。因此,当时的一些研究并未引起人们的很大注意。

进入 20 世纪 60 年代,世界范围内的研究进入高潮,主要标志是由联合国教科文组织的国际生物学计划(IBP)。这一计划以研究生物生产量为中心,实际上是在世界范围内对生物资源进行了一次大普查(李文华,1978 年)。1972 年后又开展了人与生物圈计划(MAB),其总目标在于合理利用和保护自然资源并改善人类与环境的关系;预测人类活动对今后全球环境的影响,其中生物产量的调查和调控研究占有重要地位。在这个时期涌现出了大量的论文和专著,其中有影响的著作有:Newbould(1967 年)(转引李文华,1978 年)森林第一性生产量测定方法;第一性生产量水平上的陆地生态系统功能;日本人木村出版了“陆地植物群落的生产量测定方法”和佐藤大七郎等出版的“陆地植物群落的物质生产”;“生物圈的第一性生产力”(Lieth,1975 年)等。这个阶段生物量模型的研究有了很大的发展,提出了许多生物量模型和估计方法。该阶段最突出的特点是调查的树种多、区域广、范围大。

到了 20 世纪 80 年代,随着全球环境问题日益突出,国际科教理事会再次提出了规模空前的全球变化研究即国际地圈与生物圈计划(IGBP)。在全球变化的研究中,利用以往在斑块水平的生态系统研究成果和生物量数据扩展到景观、区域乃至全球的空间尺

度上。而生物量模型的研究则偏重于各种模型对不同树种、不同区域的比较,以及探讨生物量模型在不同立地条件下的估计问题。

我国生物量研究工作起步较晚,20 世纪 60 年代初,少数学者在部分地区对为数不多的树种开展了生物量测定和研究工作,以后的数十年里发展迅速。据罗天祥(1996 年)统计,全国已有 140 多个地区,近百个树种开展了此项研究,发表论文近 300 篇。尽管如此,与国外相比无论从研究内容的广度还是深度上都有很大的差距,主要体现在以下几个方面:

(1)缺乏全国大尺度的测定研究计划,多数研究基本上属局部地点的研究报道。在测定地点、项目内容、研究方法和成果方面没有一个统一的规划和要求,使不同地区的数据缺乏对比性。

(2)研究树种过于单一。多数研究主要集中在人工林上,而对天然林生物量的研究很少有人问津。

(3)对建立生物量模型样本的采集原则,特别是样木数的确定和分布原则要求和测量方法尚无统一要求和技术标准。

(4)样木数据预处理没有统一的规范 and 标准。

(5)对生物量模型的研究或数表的编制都是按林木各分量独立进行,因而各分量之和不等于总生物量,即各模型或数表间不相容。

(6)多数生物量表都是一元生物量表,而且很少给出数表的胸径应用范围,因而多数生物量表只适用于局部地区。

(7)对所建模型的误差分析和评价重视不够,缺少统一的评判标准,模型的适用范围一般都很不明确。

1.3 单木生物量测定

所谓单木生物量(Biomass)是指在一定时间内单位空间中树木活有机体的总量,也称现存量(Standing Crop Biomass),通常以干物质(Dry - matter)重量表示。一株树的重量可以分地上及地下两部

分,地下部分是指根的重量,地上部分则包括树干重、枝重、叶重和花、果等。

1.3.1 树干重量材积密度法

由于单株树木的体积测定方法比较多,也较为成熟,加之材积表已经使用多年,而且对主要的造林树种差不多都编有材积表,则单木材积的确定比较容易。那么只要与其密度(单位体积的重量)相乘就可以换算成重量。于是许多研究者致力于研究树干重量与体积之比,分析同一株树木自下而上木材密度的变化规律;同一地段上同一树种不同个体木材密度的差异;研究相同树种不同立地条件木材密度变化规律以及木材密度的测定方法。

所谓木材密度是指单位体积的质量,即物质的质量与体积之比值(单位:克/立方厘米或千克/立方米),习惯上以单位体积木材的重量表示木材密度。严格的说,质量与重量有着本质不同,质量指物体所含物质的多少,为物体惯性的尺度,系一恒量,单位为克;重量为地球对物体的引力,等于物体质量与重力加速度的乘积,单位为牛(N)。仅纬度 45°海平面处物体的质量与重量数值相等,若物体所处空间或地理位置变化,则重量也随着变化,但变化极少,一般应用上可以忽略,而将质量和重量的数值视为相等。因此单位体积的质量和重量也视为相等(成俊卿,1985 年,木材学)。根据含水状况不同,木材密度通常分为四种:

- (1)基本密度 = 绝干材质量/生材(或饱和水)体积
- (2)生材密度 = 生材质量/生材(或饱和水)体积
- (3)气干密度 = 气干材质量/气干材体积
- (4)绝干密度 = 绝干材重/绝干材体积

以上四种木材密度以基本密度和气干密度两种最为常用。基本密度常常用于树干干重的计算,气干密度常泛指气干木材任意含水率时的计算,因所处地区木材平衡含水率或气干程度不同,并有一个范围,如通常含水率在 8% ~ 20% 时试验的木材密度,均称