

广西海岸白骨壤红树植物 地上部生物量的相关分析

范航清

(广西红树林研究中心 北海 536000)

尹毅 芳丽荣

(广西师范大学生物系 桂林 541004)

摘要 1992年3月在广西北海半岛大冠沙白骨壤群落研究了白骨壤植株的测树因子跟地上部生物量间的相关性。结果显示,由于白骨壤植株形态多变,树高通常小于2.0m,树高在估算地上部生物量时并不重要。植株的生物量可较好地用下述方程估算:

$$\text{茎: } W = 0.8496 - 0.4429D + 0.0748D^2$$

$$\text{枝: } W = -2.2744 + 1.5595e^{-D} + 1.0590C + 0.0606D^2$$

$$\text{叶: } W = 0.0180D^{2.1294}$$

地上部分生物量: $W = -2.4386 + 0.0081H/LmH + 1.4796C + 0.0991D^2$ 式中 H 为树高 (m), D 为基茎 (cm), C 为冠幅 (m^2), W 为干重 (kg)。文中还给出了利用这些方程估算群落生物量的范例。

关键词 红树林 白骨壤 地上部生物量 测树因子 相关分析

白骨壤 (*Avicennia marina*) 是先锋红树植物,它耐贫瘠抗风浪,可生长于淤泥、泥沙和沙质海滩上,既可成纯林也可跟其它红树植物混生和伴生。广西多开阔性海岸,滩涂的土壤类型多样,再加上长期的人为干扰,使白骨壤林成为广西沿海分布最广、占据面积最大的红树植物群落⁽¹⁾。长期以来,广西沿海群众曾广泛地砍伐白骨壤作薪材,采集白骨壤叶作为绿肥,摘取白骨壤果实食用,所以目前广西大部分的白骨壤群落为次生林,高度大多小于2m。在广西沿海地区白骨壤群落在绿化造林,为近海提供物质和能量,人为利用等方面均具有突出的作用。

在红树植物群落生物量方面,我国已开展了大量的工作,如秋茄 (*Kandelia candel*)⁽²⁾,海莲 (*Bruguiera sexangula*)⁽³⁾ 和红海榄 (*Rhizophora stylosa*)⁽⁴⁾ 生物量。但国内白骨壤生物量方面的工作未见报道。红树林生物量与测树因子间相关性的研究在国外已有开展⁽⁵⁾,而我国迄今仍未见正式报道。本文分析了白骨壤测树因子与植株地上部分生物量间的相关性,为快速、简便地估测广西白骨壤群落地上部生物量,为红树林生态系的开发和管理提供基础数据和工作方法。

• 广西红树林研究中心梁士楚同志和广西海洋研究所陈文广同志做了大量的计算工作,特此致谢。

1993年8月17日收稿

1 自然条件和群落概况

本项工作于1992年3月开展于广西北海半岛东岸的大冠沙白骨壤群落内(21°26'N, 109°14'E)。该地区属北热带季风湿润气候,年平均气温22.4℃,极端最低温0.5℃,年太阳辐射量487.7kJ/cm²,年平均相对湿度82%。林地土壤由陆缘向海缘分别为淤泥、泥沙质和沙质,土壤有机质含量0.34%~1.55%。该海区为全日潮,平均潮差2.36m,最大潮差5.36m。

大冠沙白骨壤群落面积约67hm²,林带宽度为150~400m,沿海岸成狭长分布,长约1.5km。该群落平均林龄约30a,树高1.4m,生长密度68株/100m²,叶面积指数2.0,郁闭度0.94。群落的向陆林缘有少量秋茄和桐花树(*Aegiceras corniculatum*)生长,个别地段偶有红海榄幼树和木榄(*Bruguiera gymnorrhiza*)幼苗出现。该群落林下滩涂长年有群众挖捕可口革囊星虫(*Phascolosoma esculenta*)和光裸星虫(*Sipunculus nudus*)。此外,每年7~10月份白骨壤果实成熟期,果实被大量收获食用。

2 材料和方法

为了使样木具有代表性,将调查林带由陆缘向海缘依次划分为向陆林带,中间林带和向海林带,各林带宽度分别为50m,150m和100m;各林带土壤分别为淤泥质、泥沙质和沙质,群落密度分别是0.62、0.73和0.68株/m²。在三个林带各设一个10m×10m的样方,逐株测量树高(H),基径(D)和冠幅(C),确定各林带的标准木一株,再选取两株树高分别大于和小于标准木的植株,以便插值拟合。记录株高、冠幅和基径的数据后,将选定的9株样木由基径部伐倒,分别称量各样木的茎、枝和叶的鲜重,并随机取部分鲜样品105℃烘干,以推算各组分的干重。锯取样木的基盘用以测定树龄。随机取部分鲜叶称重,用HYM-1(银川产)活体叶面积仪测定叶面积,再推算得到整株的叶面积。

由于白骨壤冠形极不规则,冠幅的测量采用三角形近似法,即以植株的基径为中心,每旋转60°量取林冠的宽度,每株测量三个数据,就将林冠分割成6个部分。将这6个部分视为顶角为60°的三角形,计算6个三角形的面积,其和即为冠幅面积。由于白骨壤树形不规则,大多植株又不存在胸径(DBH),故以基径代之。

3 结果与讨论

3.1 白骨壤植株树形的不规则性

用于相关分析的9株样木的形态参数和地上部生物量的数据由表1示出。以3株标准木平均,该群落的年龄为28a;以9株样木平均,则年龄为29a。9株样木的树高为0.83~2.35m。部分样木测树因子的数值不随树龄的增大而增大,有的还偏差甚大。例如2号和3号样木的冠幅,7号样木的基径,3号和6~8号样木的叶面积均存在明显的偏差。导致白骨壤植株树形多变的因素是复杂的。林带土壤质地和肥力的明显不同,不同林带潮水的差异,样木立地的群落密度和人为干扰强度的不同均会影响植株形态的分化。

3.2 测树因子和各部分生物量间的相关性

由表1的数据算出形态参数和各部分生物量间的相关关系如表2所示。尽管白骨壤树形在个体间的差别甚大,但在统计上仍存在密切的关系。其中除树高跟冠幅、叶面积、叶生物量、

枝生物量间关系显著外,其余的均达极显著水平。可见,对生长于环境因子变化剧烈,人为干扰严重的生境的白骨壤而言,树高在测树学上的意义不如它在其它林木中表现的那么重要。

Table 1 The tree morphological parameters and aboveground biomass of *Avicennia marina* trees measured in March 1992 at Daguansha, Beihai, Guangxi.

Tree order	Standing soil	Forest zone	Morphological parameter				Biomass (kg. dw)				
			Age	Tree height	Canopy area	Basal diameter	Leaf area	Stem	Branch	Leaf	Sum
			(a)	(m)	(m ²)	(cm)	(m ²)				
a)1	sand	seaward	23	0.92	0.58	5.1	1.48	0.230	0.535	0.293	1.058
2	sand	seaward	24	0.83	1.30	4.1	2.60	0.244	0.677	0.246	1.167
3	sand	seaward	25	1.02	0.82	4.4	4.19	0.299	0.779	0.404	1.482
a)4	sandy-loam	middle	26	1.02	0.85	5.1	2.30	0.571	0.529	0.416	1.516
5	sandy-loam	middle	27	1.73	1.32	4.9	3.58	1.108	0.648	0.332	2.088
6	sandy-loam	middle	29	1.40	2.42	7.4	9.68	1.255	3.829	0.879	5.963
7	mud	landward	29	1.55	0.93	5.2	1.83	0.395	0.931	0.162	1.488
a)8	mud	landward	35	2.05	2.92	8.9	5.12	3.244	5.788	1.039	10.071
9	mud	landward	46	2.35	8.01	11.9	19.87	6.097	15.006	2.412	23.515
Mean ± SD			29.3 ± 7.2	1.43 ± 0.54	2.13 ± 2.34	6.33 ± 2.59	5.63 ± 5.89	1.494 ± 1.912	3.191 ± 4.804	0.687 ± 0.711	5.372 ± 7.448

a) Standard tree.

Table 2 Correlation coefficients between tree morphological parameters and aboveground biomass of *Avicennia marina* trees at Daguansha, Beihai, Guangxi

	Stem	Branch	Leaf	Sum	Age	Tree height	Canopy area	Basal diameter	Leaf area
Stem	1								
Branch	0.9776**	1							
Leaf	0.9688**	0.9909**	1						
Sum	0.9878**	0.9984**	0.9910**	1					
Age	0.9773**	0.9682**	0.9452**	0.9734**	1				
Tree height	0.8695**	0.7958*	0.7625*	0.8163**	0.8988**	1			
Canopy area	0.9684**	0.9923**	0.9835**	0.9902**	0.9555**	0.7836*	1		
Basal diameter	0.9644**	0.9647**	0.9606**	0.9692**	0.9573**	0.8446**	0.9362**	1	
Leaf area	0.8876**	0.9465**	0.9603**	0.9371**	0.8817**	0.6930*	0.9593**	0.8860**	1

*, ** Significant at $P = 0.05, 0.01$, respectively.

3.3 地上部生物量估算的数学模型

根据植物相对生长定律,林木各部分数量单元间都有一定的关系^[6]。不同类型群落生物量测定的经验公式的研究已相当普遍^[6,7],有的已直接用于指导生产和管理^[8]。本文同时运用下

述三个公式拟合白骨壤地上部生物量跟测树因子间的关系:

- (1) 基径曲线式: $W = aD^b$
- (2) 基径树高式: $W = a(D^2H)^b$
- (3) 基径抛物线: $W = a + bD + cD^2$

式中 W 为干重生物量 (kg), H 为树高 (m), D 为基径 (cm), a, b, c 均为常数。此外, 本文还用计算机拟合软件自动拟合了最佳经验方程。所得回归方程见表 3。回归方程的估测标准差 (standard error of estimate) 在 0.0707~0.4826 之间, 相关系数在 0.8549~0.9991 之间, 均达到极显著水平。因此 4 组回归方程都具有较大的实用价值。

Table 3 Regression equations used to estimate the aboveground biomass of *Avicennia marina* tree in Guangxi.

Model	Plant component	Equation	r	SD
$W = aD^b$	Stem	$W = 0.0036D^{3.0147}$	0.9224	0.4826
	Branch	$W = 0.0039D^{3.3082}$	0.9604	0.3669
	Leaf	$W = 0.0108D^{2.1294}$	0.9082	0.3751
	Sum	$W = 0.0137D^{2.9903}$	0.9704	0.2884
$W = a(D^2H)^b$	Stem	$W = 0.0121(D^2H)^{1.0774}$	0.9576	0.3602
	Branch	$W = 0.0197(D^2H)^{1.1141}$	0.9395	0.4510
	Leaf	$W = 0.0336(D^2H)^{0.6899}$	0.8549	0.4650
	Sum	$W = 0.0543(D^2H)^{1.0246}$	0.9658	0.3055
$W = a + bD + cD^2$	Stem	$W = 0.8496 - 0.4429D + 0.0748D^2$	0.9858	0.3820
	Branch	$W = 4.0726 - 1.8000D + 0.2282D^2$	0.9981	0.3425
	Leaf	$W = 0.6601 - 0.2194D + 0.0307D^2$	0.9883	0.1249
	Sum	$W = 5.5822 - 2.4621D + 0.3337D^2$	0.9988	0.4188
Computer automatic simulation	Stem	$W = -1.2218 + 1.5627H^2 - 0.0018C \cdot e^C + 0.003e^D$	0.9956	0.1845
	Branch	$W = -2.2744 + 1.5595e^{-H} + 1.0590C + 0.0606D^2$	0.9989	0.2265
	Leaf	$W = -0.1906 + 0.0031H/\ln H + 0.1911C + 0.0359D \ln D$	0.9950	0.0709
	Sum	$W = -2.4386 + 0.0081H/\ln H + 1.4796C + 0.0991D^2$	0.9991	0.3195

D represents basal diameter (cm), H tree height (m), C canopy area (m^2), W dry weight (kg), SD standard error of estimate.

跟其它红树植物相比, 白骨壤植株由于树较矮, 冠形多样, 叶片小但数量大等特征, 其叶, 枝的生物量占地上部总生物量的比例分别高达 18.40% 和 52.80%, 远超过秋茄, 海莲和红海榄 (表 4)。由表 2 亦可看出, 白骨壤的冠幅跟枝叶生物量间的相关性超过其它因子间的关系。可见, 由于白骨壤的冠幅跟枝叶的生物量密切相关, 进而在相当大的程度上决定了地上部生物量的大小。计算机自动拟合的方程在理论上虽难以解释, 但由于方程多了一个冠幅变量, 因而比其它 3 组模型具有较高的精确度。

Table 4 The relative composition (%) of aboveground biomass of some mangrove species in China

Species	<i>Kandelia</i> <i>candel</i>	<i>Bruguiera</i> <i>sezangula</i>	<i>Rhizophora</i> <i>stylosa</i>	<i>Avicennia</i> <i>marina</i>
Location	Longhai Fujian 24°29'N 117°55'E	Dongzhai Bay, Hainan 19°53'N 110°37'E	Yingluo Bay Guangxi 21°28'N 109°43'E	Daguansha Guangxi 21°26'N 109°14'E
Mean tree height (m)	5	14	6	1.43
L. A. index	1.7	5.9	2.9	2.0
Stem	76.15	72.87	57.14	28.80
Branch	17.53	22.61	37.22	52.80
Leaf	6.32	4.52	5.64	18.40
Total	100	100	100	100
Reference	2	3	4	This study

3.4 回归方程在估算群落地上部生物量中的应用及其精确度

欲求白骨壤群落的生物量, 事先需进行样方调查, 确定群落的标准木。将标准木的树高、基径和冠幅数据代入方程求得标准木的单株生物量, 再乘以群落密度即为群落地上部的生物量。在此, 我们以大冠沙白骨壤群落为例进行运用计算。大冠沙白骨壤群落3株标准木的测树因子(可由表1读取)的平均值, 群落密度, 群落地上部生物量的实测值和计算值, 估算的相对误差百分率列为表5。从茎、枝、叶和地上部生物量估算值相对误差的平均值看, 模型

Table 5 Comparisons of measured and calculated aboveground biomass (kg.dw/m²) of *Avicennia marina* community at Daguansha, Beihai, Guangxi. The mean morphological parameters of three standard trees are 1.33m for *H*, 6.37cm for *D*, 1.45m² for *C*, and the tree density of the community is 0.68 No./m².

Plant component	Measured	Calculated by equations			Automatic regression
		aD^b	$a(D^2H)^b$	$a + bD + cD^2$	
Stem	0.861	0.650	0.605	0.723	1.161
		(-24.51)	(-29.73)	(-16.03)	(34.84)
Branch	1.446	1.234	1.140	1.269	1.452
		(-14.66)	(-21.16)	(-12.24)	(0.42)
Leaf	0.382	0.379	0.358	0.347	0.356
		(-0.78)	(-6.28)	(-9.16)	(-6.81)
Sum	2.69	2.263	2.103	2.339	2.969
		(-15.87)	(-21.82)	(-13.05)	(10.37)
Mean error (%)	0	-13.95	-19.75	-12.62	9.71

Note: (A) Details about the equations see Table 3.

(B) The values in parenthesis are percent error of the calculated to the measured.

的精确度是: 自动回归式 > 基径抛物线 > 基径曲线式 > 基径树高式。以相对误差来衡量, 估算各部分生物量的较好模型是: 茎, 基径抛物线式 $W = 0.8496 - 0.4429D + 0.0748D^2$; 枝, 自动回归式 $W = -2.2744 + 1.5595e^{-H} + 1.0590C + 0.0606D^2$; 叶, 基径曲线式 $W = 0.0108D^{2.1294}$; 地上部生物量, 自动回归式 $W = -2.4386 + 0.0081H/\ln H + 1.4796C +$

$0.0991D^2$ 。不论用何种模型计算,茎生物量估算值的相对误差均为最大。这进一步说明,在计算白骨壤生物量时,树高因子并不重要。陈传国等亦认为林木直径的引入并没有提高生物量估算方程的精度^[8]。由于3月份白骨壤正处于花期—果期,果实尚未成熟,无法收集果实数量和生物量方面的数据,这是本项工作的不足之处。

参考文献

- 1 林鹏,胡继添.广西的红树林.广西植物,1983,3(2):95~102.
- 2 林鹏,卢昌义,林光辉,陈荣华,苏麟.九龙江口红树林研究I秋茄群落的生物量和生物力.厦门大学学报(自然科学版),1985,24(4):508~514.
- 3 林鹏,卢昌义,王恭礼,陈焕雄.海莲红树林的生物量和生产力.厦门大学学报(自然科学版),1990,29(2):209~213.
- 4 林鹏,尹毅,卢昌义.广西红海榄群落生物量和生产力.厦门大学学报(自然科学版),1992,31(2):200~202.
- 5 Day, John W, et al. The productivity and composition of mangrove forests. Laguna De Terminos, Mexico. Aquatic Botany, 1987, 27: 267~284.
- 6 何敦煌,林鹏.苏门答腊金合欢群落生物量和凋落物量的研究.植物生态学与地植物学学报,1991,15(1):1~8.
- 7 周世强,黄金燕.四川红杉人工林分生物量和生产力的研究.植物生态学与地植物学学报,1991,15(1):9~16.
- 8 陈传国,朱俊风.东北主要林木生物量手册.北京:中国林业出版社,1989.

Correlation Analysis of Aboveground Biomass of Coastal Mangrove *Avicennia marina* in Guangxi

Fan Hangqing

(Guangxi Mangrove Research Center, Beihai 536000)

Yin Yi

Lao Lirong

(Biology Department of Guangxi Normal University, Guilin 541004)

Abstract The correlation analysis between tree morphological parameters and aboveground biomass was studied in March 1992 for an *Avicennia marina* community at Daguansha of Beihai peninsula of Guangxi. The results show that tree height seems less important in estimating biomass because the tree morphology varies considerably, and the tree height is usually less than 2.0m. The better equations used to estimate tree aboveground biomass should be:

$$\text{stem: } W = 0.8496 - 0.4429D + 0.0748D^2$$

$$\text{branch: } W = -2.2744 + 1.5595e^{-H} + 1.0590C + 0.0606D^2$$

$$\text{leaf: } W = 0.0108D^{2.1294}$$

$$\text{sum: } W = -2.4386 + 0.0081H / \ln H + 1.4796C + 0.0991D^2$$

and, H is tree height (m), D basal diameter (cm), C canopy area (m^2) and W dry weight (kg). An example of application of these equations to estimate the biomass of a community is also offered.

Key words mangroves, *Avicennia marina*, aboveground biomass, tree morphological parameter, correlation analysis