

## 两种萝芙木生物量分配与估测模型研究

刘贵周, 蔡传涛\*, 罗媛, 刀祥生

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223)

**摘要:** 采用样本全收获法测量催吐萝芙木 (*Rauwolfia vomitoria*) 和萝芙木 (*Rauwolfia verticillata*) 的生物量, 比较它们的生长特性及生物量分配, 同时以基径 (d) 和株高 (h) 的组合  $d^2h$  为变量与各器官以及单株总生物量进行估测模型的建立。结果表明, 两个种生物量间差异非常大, 前者明显高于后者。在各自生物量构成中, 茎所占的比例最高, 为60%左右; 而主要药用部位根只占27%左右。所建立的模型中除萝芙木叶以外, 其余的判定系数  $R^2$  都较高, 模型具有一定的适用性, 所建立的估测模型可应用于这两个萝芙木种的幼龄植株生物量估测。

**关键词:** 萝芙木; 生物量; 估测模型; 西双版纳

中图分类号: Q 945

文献标识码: A

文章编号: 0253-2700 (2009) 01- 063- 04

## Biomass Allocation and Biomass Estimation Models of *Rauwolfia vomitoria* and *Rauwolfia verticillata* (Apocynaceae)

LIU Gui-Zhou, CAI Chuan-Tao\*, LUO Yuan, DAO Xiang-Sheng

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China)

**Abstract:** A field experiment was conducted to research biomass allocation and estimation models of *Rauwolfia vomitoria* and *Rauwolfia verticillata*, in Xishuangbanna, Yunnan Province. Biomass measurement was conducted with harvest method, and estimation models were set up by following equations: linear, logarithmic, binomial, and power models. The results showed that the biomass between these two species is obvious, *R. vomitoria* is higher than *R. verticillata*, and stems have the highest proportion to the whole plant, roots come next, and leaves lowest. The estimation coefficients ( $R^2$ ) were high and the models had certain applicability.

**Key words:** *Rauwolfia*; Biomass; Biomass estimation model; Xishuangbanna

萝芙木属 (*Rauwolfia* Linn.) 植物全世界约135种, 分布于美洲、非洲、亚洲及大洋洲各岛屿。我国产12种, 3个变种, 分布于西南、华南及台湾; 云南产6种, 1个变种 (中国科学院昆明植物研究所, 1983), 是重要的药用植物。由于逐年大量采挖, 资源量逐渐减少, 已出现枯竭现象, 药用部分也由原来的根部扩展到全株。国内外在其栽培 (管艳红等, 2004; 蓝祖栽和吴庆华, 2006)、病害 (Shukla等, 2006) 和成份分

析 (苏艳芳和果德安, 2000) 等方面都有研究, 但有关生物量及估测模型研究还未见报道。

本研究以萝芙木 (*Rauwolfia verticillata* (Lour.) Baill) 和催吐萝芙木 (*Rauwolfia vomitoria* Afzel. ex Spreng.) 为材料, 观测和比较2年生植株的外部形态以及各器官的生物量, 通过观测因子来探讨它们与植株各器官生物量的关系, 并建立生物量估测模型, 为今后萝芙木属生物量估测提供参考。

\* 通讯作者: Author for correspondence; E-mail: caict@xtbg.ac.cn

收稿日期: 2008-08-08, 2008-11-11 接受发表

作者简介: 刘贵周 (1979-) 男, 硕士, 主要从事药用植物引种驯化及种植技术研究, E-mail: liugz@xtbg.ac.cn

## 1 材料和方法

### 1.1 研究地概况及研究材料

研究地点位于云南省勐腊县勐仑镇, 北纬  $21^{\circ}54.47'$ , 东经  $101^{\circ}16.364'$ , 海拔 596 m, 年平均温度  $21.4^{\circ}\text{C}$ , 年降雨量 1 500 mm 左右, 土壤为黄褐色砂壤土。以催吐萝芙木和萝芙木作为材料, 根据株型于 2004 年 6 月定植, 定植密度分别为 1 666 株/ha 和 5 000 株/ha。这两种萝芙木均不进行施肥, 仅在每年 5~6 月进行一次除草管理。

### 1.2 方法

2006 年 6 月随机选取 2 年生催吐萝芙木和萝芙木各 13 株, 采用全收获法测定生物量。收获前对选定样本株高、冠幅直径、基径等指标观测, 样本基本参数见表 1。收获时将每株分成茎(包括枝)、叶、根 3 部分, 分别称鲜重后带回实验室, 置于  $105^{\circ}\text{C}$  下烘干至恒重, 测干重及含水率。以  $d^2h$  为变量, 采用直线、对数、二项式、乘幂等数学模型来分析基径和株高与根 ( $W_r$ )、茎 ( $W_s$ )、叶 ( $W_l$ ) 以及总生物量 ( $W_t$ ) 的相互关系。用  $R^2$  值来评价方程的优劣, 选出拟合度最好、相关性最密切的模型来建立它们之间的相互关系。

### 1.3 数据分析

所观测的数据采用 Excel 2003 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 两种萝芙木生长情况与生物量分配

从表 1、表 2 可看出, 催吐萝芙木较高大, 其基径、株高以及冠幅直径均大于萝芙木。这两种萝芙木的生物量构成中, 茎的比例最高, 为 60% 左右, 其次为根, 叶为最小; 在含水率方面, 叶含量最高, 为 79% 左右, 根和茎相当。两个种的单株及单位面积上生物量差异较大, 催吐萝芙木明显高于萝芙木。

### 2.2 观测因子基径和株高与单株生物量的关系

从图 1 可以看出, 在观测值范围内生物量随  $d^2h$  值的增大而增加。采用直线、对数、二项式、以及乘幂等几种数学模型来分析  $d^2h$  与根、茎、叶生物量以及单株总生物量的关系发现, 除萝芙木叶外, 其余部分的生物量与  $d^2h$  的拟合度较好, 见表 3。在各模型中取判定系数  $R^2$  值最大的方程作为估测模型, 因此, 催吐萝芙木根、茎、叶以及单株生物量可分别通过以下模型进行估测:  $W_r = 0.011 (d^2h)^{1.0248}$ ,  $W_s = 0.0152 (d^2h)^{1.1066}$ ,  $W_l = -2E-05 (d^2h)^2 + 0.0162d^2h - 0.5658$ ,  $W_t = -5E-05 (d^2h)^2 + 0.0649d^2h - 1.0781$ ; 萝芙木根、茎以及总生物量与  $d^2h$  的关系分别为:  $W_r = 7E-05 (d^2h)^2 + 0.002d^2h + 0.0495$ ,  $W_s = 0.0211 (d^2h)^{0.9146}$ ,  $W_t = 4E-05 (d^2h)^2 + 0.0194d^2h + 0.0812$ 。

表 1 两种萝芙木样本的基本参数

Table 1 Basic variables for individual plant of *R. vomitoria* and *R. verticillata*

物种 Species	基径 Basal diameter (cm)			株高 Plant height (m)			冠幅直径 Crown diameter (m)		
	最小值 min	最大值 max	$\bar{x} \pm SD$	最小值 min	最大值 max	$\bar{x} \pm SD$	最小值 min	最大值 max	$\bar{x} \pm SD$
催吐萝芙木 <i>R. vomitoria</i>	3.46	10.12	$7.24 \pm 1.98$	2.40	4.10	$3.33 \pm 0.52$	1.20	4.95	$3.08 \pm 1.06$
萝芙木 <i>R. verticillata</i>	1.70	4.02	$2.76 \pm 0.65$	1.65	2.65	$1.98 \pm 0.29$	0.70	1.28	$0.87 \pm 0.14$

注:  $\bar{x}$  表示平均值, SD 表示标准偏差。  $\bar{x}$  is the mean of observed values, and SD is the value of standard deviation

表 2 两种萝芙木生物量分配与含水率

Table 2 Biomass allocation and water content of *R. vomitoria* and *R. verticillata*

物种 Species	根 Root			茎 Stem			叶 Leaf			总干重 Total wt. (kg)
	干重 Dry wt. (kg)	比例* Percentage (%)	含水率 Moisture content (%)	干重 Dry wt. (kg)	比例* Percentage (%)	含水率 Moisture content (%)	干重 Dry wt. (kg)	比例* Percentage (%)	含水率 Moisture content (%)	
催吐萝芙木 <i>R. vomitoria</i>	2.5019	27.44	58.91	5.2665	57.76	61.17	1.3494	14.80	79.91	9.1178
萝芙木 <i>R. verticillata</i>	0.1073	26.16	65.16	0.2690	65.60	57.75	0.0338	8.24	78.49	0.4101

\* 表示该组分干重占个体总生物量的百分比。\* Represent of the part in whole biomass

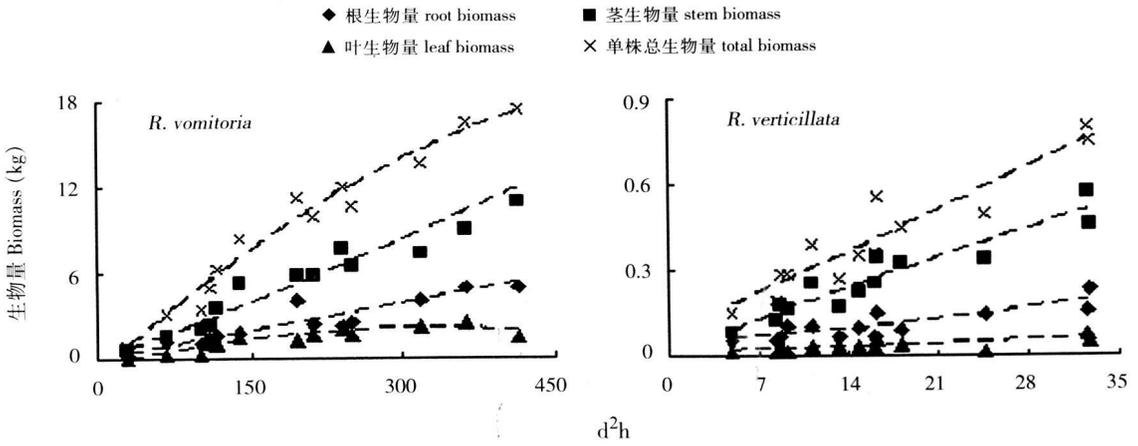


图 1 两种芡芙木  $d^2h$  与根茎叶及总生物量的相关性散点图

Fig. 1 Scatter plots of correlation between  $d^2h$  and organs biomass of *R. vomitoria* and *R. verticillata*

表 3 两种芡芙木生物量与  $d^2h$  的模拟方程及判定系数

Table 3  $R^2$  value and estimation models of *R. vomitoria* and *R. verticillata*

物种 Species	项目 Item	线性 Linear	对数 Logarithmic	二项式 Binomial	乘幂 Power		
催吐芡芙木 <i>R. vomitoria</i>	根 Root	方程 Equation	$W_r = 0.012d^2h + 0.1409$	$W_r = 1.791 \ln(d^2h) - 6.5789$	$W_r = -3E-06(d^2h)^2 + 0.0132d^2h + 0.0428$	$W_r = 0.011(d^2h)^{1.0248}$	
		$R^2$	0.8567	0.7680	0.8572	0.9155	
	茎 Stem	方程 Equation	$W_s = 0.0256d^2h + 0.2376$	$W_s = 3.8877 \ln(d^2h) - 14.446$	$W_s = -2E-05(d^2h)^2 + 0.0355d^2h - 0.5551$	$W_s = 0.0152(d^2h)^{1.1056}$	
		$R^2$	0.9416	0.8767	0.9505	0.9568	
	叶 Leaf	方程 Equation	$W_l = 0.0053d^2h + 0.3018$	$W_l = 0.9031 \ln(d^2h) - 3.2297$	$W_l = -2E-05(d^2h)^2 + 0.0162d^2h - 0.5658$	$W_l = 0.0012(d^2h)^{1.3201}$	
		$R^2$	0.6695	0.7751	0.8433	0.8216	
	单株 Whole plant	方程 Equation	$W_t = 0.0429d^2h + 0.6802$	$W_t = 6.5818 \ln(d^2h) - 24.254$	$W_t = -5E-05(d^2h)^2 + 0.0649d^2h - 1.0781$	$W_t = 0.0269(d^2h)^{1.1024}$	
		$R^2$	0.9514	0.9019	0.9670	0.9554	
	芡芙木 <i>R. verticillata</i>	根 Root	方程 Equation	$W_r = 0.0049d^2h + 0.027$	$W_r = 0.0744 \ln(d^2h) - 0.09$	$W_r = 7E-05(d^2h)^2 + 0.002d^2h + 0.0495$	$W_r = 0.0165(d^2h)^{0.6686}$
			$R^2$	0.7109	0.6244	0.7213	0.6601
		茎 Stem	方程 Equation	$W_s = 0.0146d^2h + 0.0319$	$W_s = 0.2284 \ln(d^2h) - 0.3364$	$W_s = -4E-05(d^2h)^2 + 0.0163d^2h + 0.0188$	$W_s = 0.0211(d^2h)^{0.9146}$
			$R^2$	0.8924	0.8467	0.8930	0.9030
叶 Leaf		方程 Equation	$W_l = 0.0015d^2h + 0.0099$	$W_l = 0.0231 \ln(d^2h) - 0.0274$	$W_l = 1E-05(d^2h)^2 + 0.0011d^2h + 0.0129$	$W_l = 0.0054(d^2h)^{0.6345}$	
		$R^2$	0.4551	0.4339	0.4564	0.3663	
单株 Whole plant		方程 Equation	$W_t = 0.021d^2h + 0.0688$	$W_t = 0.3259 \ln(d^2h) - 0.4538$	$W_t = 4E-05(d^2h)^2 + 0.0194d^2h + 0.0812$	$W_t = 0.0411(d^2h)^{0.8279}$	
		$R^2$	0.8872	0.8270	0.8874	0.8802	

$R^2$ : 判定系数      Coefficient of determination

### 3 结论与讨论

根据对这两种芡芙木的生长观测和生物量统

计, 催吐芡芙木的各项生长指标均明显高于芡芙木, 其可能的主要原因是由于其本身遗传特性所

决定的,或者催吐萝芙木更能适应在该地区生长,在该地区推广种植催吐萝芙木的前景较好。两种萝芙木生物量分配表现为:茎最高,根次之,叶最低。在实际生产中根为主要收获器官,但较低的根生物量给生产上带来较大困难,如何提高单株或单位面积根系的生物量将成为今后萝芙木属植物种植的主要研究对象。相对于催吐萝芙木而言,萝芙木生物量极低,如果采用相同的种植方法并没有优势,因此应根据其植株矮小的特点,在生产上可以考虑通过合理密植等技术来提高单位面积的生物量。同时应提倡对茎、叶充分利用,增加对整个植株的利用效率。再者,由于这两种萝芙木是重要的药用植物,如果不从根本上解决生物量低的问题,则加大人们对萝芙木野生资源的依赖程度,在萝芙木物种保存和生态环境等方面将受到严重影响。

估测模型是生态学研究的重要内容之一,在生物量估测上具有重要作用,能明显提高生物量调查的效率,对了解某一植物或某一地区的植物资源储存量具有重要意义。目前对生物量估测的研究方法较多,其中最常用的是采用基径的平方与株高的乘积为变量来建立模型,并通过判定系数 $R^2$ 值来说明所建立模型的可靠性(曾珍英等,2005)。并且在以往其他植物生物量研究中认为基径和株高是确定生物量的理想指标,具有较高的准确性;同时基径和株高对于像萝芙木属这类植物比较容易观测,所以在本研究中采用基径和

株高的组合( $d^2h$ )来建立与各生物量之间的关系,以 $R^2$ 值最高者作为相应生物量的估测模型,操作比较简便,具有一定的实用性。但由于生物量估测模型的研究方法较多,影响生物量形成的因素也较多,因此任何一个生物量的模型都具有一定的局限性,若要得到更优的模型还有待于深入研究。

### 〔参 考 文 献〕

- 中国科学院昆明植物研究所,1983.云南植物志 第3卷[M].北京:科学出版社,488—496
- Guan YH(管艳红),Zhang LX(张丽霞),Ma J(马洁),2004. Cultivation technique of *Rawolfia vomitoria* Afæ1. ex Spreng [J]. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research* (时珍国医国药), **15** (5): 280
- Lan ZZ(蓝祖裁),Wu QH(吴庆华),2006. The reproduction experiment of *Rawolfia verticillata* [J]. *Guangxi Medical Journal* (广西医学), **28** (6): 802—803
- Shukla RS, Alam M, Sattar A *et al.*, 2006. First report of *Rhizopus stolonifer* causing inflorescence and fruit rot of *Rawolfia serpentina* in India [J]. *EPPO Bulletin*, **36** (1): 11—13
- Su YF(苏艳芳),Guo DA(果德安),2000. Recent progress in biosynthesis of *Rawolfia alkaloids* [J]. *Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences* (中国药理学), **9** (1): 50—54
- Zeng ZF(曾珍英),Liu QJ(刘琪),Zhang JP(张建萍) *et al.*, 2005. A study on the pertinence of measure factors and organic biomass of shrub [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis* (江西农业大学学报), **27** (5): 694—699