

红树植物木榄幼苗的分形生态研究: *

I . 形态和生物量的分形维数

Fractal Ecological Study on *Bruguiera gymnorhiza* Seedlings

Fractal Dimension of Morphological Factors and Biomass

梁士楚

Liang Shichu

(广西红树林研究中心 北海市长青东路 536007)

(Guangxi Mangrove Research Center, East Changqinglu, Beihai, Guangxi, 536007)

摘要 应用分形几何学的原理和方法对木榄幼苗的形态特征和生物量进行了研究。结果表明,叶片面积与叶片长度、叶片鲜重与叶片长度、叶片鲜重与叶片面积、基径与株高以及根、茎、枝、叶和全株生物量与株高之间存在着显著分形关系。

关键词 木榄幼苗 分形 分形维数

中图法分类号 Q 949.761.7

Abstract By the use of the principles and methods of fractal geometry, the morphological character and biomass of *Bruguiera gymnorhiza* seedlings were studied. The results show that there are significant fractal relationships between leaf area and leaf length, between fresh leaf weight and leaf length, between fresh leaf weight and leaf area, between basal diameter and plant height, and between the biomass of root, stem, branch, leaf and whole plant and the plant height.

Key words *Bruguiera gymnorhiza* seedlings, fractal, fractal dimension

几个世纪以来,欧氏几何奠定了整个科学的基础,它是整数维空间的几何学^[1]。然而,对于不规则的或支离破碎的物体,如海岸线、地貌、星云、树木等,欧氏几何学很难精确地描述,分形几何则能够从这些看似混沌的物体中找出规律,这种规律被称作分形的自相似性特征^[1~3]。分形理论是 B. B. Mandelbrot 于本世纪 70 年代提出的,它以研究分形的分形维数和自相似性规律为基本内容,已被应用到自然科学和社会科学中的许多领域^[1~8]。在生态学中的应用主要表现在分形维数的分析方法上,即通过分形维数来研究自然界中的物体和空间格局特征^[3]。目前,国内关于分形生态研究主要有羊草的群落格局和生物量及其环境因子的分形分析、农业景观格局分析、昆虫的空间格局异质性分析等^[3~8]。本文探讨的主要是红树植物木榄 (*Bruguiera gymnorhiza*) 幼苗的形态因子和生物量的分形维数特征,为揭示红树植物幼苗的生长规律提供新的途径和信息。

1 研究地点与方法

研究地点位于广西合浦县英罗湾红树林保护区 (21°26'N, 109°43'E), 选择成熟的木榄胎生苗 200 株栽种于内滩的木榄林下,在自然条件下生长到 1 年时,取 50 株不同高度的正常个体进行外部形态数量特征和生物量的测定,计测指标包括株高 (H)、基径 (SD) 以及根、茎、枝、叶和胚轴等器官的鲜重。各器官随机取样,105℃进行杀青处理 30 min 后,80℃恒温烘干 72 h,求其干物率。将鲜重换算成干重,各器官生物量干重(根 W_r 、茎 W_s 、枝 W_b 、叶 W_l 和胚轴 W_a) 之和即为全株生物量干重 (W_t)。生物量以干重计测。同时,选取不同长度的成熟的叶片 65 片,测量它们的长度 (L_l)、表面积 (L_A) 和鲜重 (WFl)。

分形维数的计算方法是设 M 为生物量等测度指标, L 为度量所采用的长度等尺度指标,若它们之间存在如下的关系:

$$M = CL^D \quad (1)$$

则称 D 为分形维数(简称为分维), D 描述了度量尺度 L 与测度指标 M 之间的定量关系,它一般为分

1997-10-20 收稿

* 广西科学院科技基金项目

数,有时也可以是整数 将式(1)进行对数变换得:

$$\ln M = \ln C + D \ln L \quad (2)$$

由此可见, M 与 L 的数值进行对数化处理后,存在着一种线性关系, D 即为该直线的斜率^[2,4]。

2 结果

2.1 形态分形维数

对木榄 1 年生幼苗不同高度个体的形态特征的实测数据进行对数化处理后,作散点图,得到的主要形态因子间的分形关系如图 1 图中,叶片面积与叶片长度、叶片鲜重与叶片长度、叶片鲜重与叶片面积以及基径与株高的散点图均呈现线性状态,根据这种线性关系进行线性拟合,得到的直线方程为:

$$LA = 0.7966 + 1.4106 LL (r = 0.8591, RE = 0.012)$$

$$WFL = -3.4267 + 1.8133 LL (r = 0.7238, RE = 0.130)$$

0.130)

$$WFL = -4.0721 + 1.1936 LA (r = 0.7822, RE = 0.119)$$

0.119)

$$SD = 3.9961 + 1.1286 H (r = 0.8517, RE = 0.013)$$

各拟合直线的相关系数 r 均符合 0.01 极显著水平,由此说明了这些形态因子在各自的双对数坐标中均存在着很好的线性关系,即各形态因子之间存在着很好的分形关系,具有分形的特征,而且这些拟合直线的斜率就是所对应的各形态因子间的分形维数

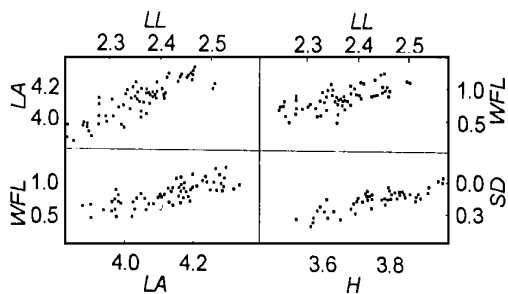


图 1 木榄幼苗主要形态因子的分形关系(纵、横坐标均为自然对数值)

Fig. 1 Fractal relation between main morphological factors of *Bruguiera gymnorrhiza* seedlings (Both ordinates and abscissas are natural logarithmic values)

其中,叶片面积与叶片长度的分形维数 $D_{LA-L_L} = 1.4106$,叶片鲜重与叶片长度的分形维数 $D_{WFL-L_L} = 1.8133$,叶片鲜重与叶片面积的分形维数 $D_{WFL-L_A} = 1.1936$,基径与株高的分形维数 $D_{SD-H} = 1.1286$ 由于这些分形维数具有显著的分形几何学意义和生态学意义,因此,它们揭示了木榄幼苗个体在形态发育和生长过程中的自相似性特征,即不同的叶片长度的叶片面积和叶片鲜重,不同的叶片面积的叶片鲜重以及不同的株高的个体基径,具有相似的累积规律 同时,这

些分形维数亦说明了有关的形态因子之间呈现稳定的相关生长的性质

2.2 生物量分形维数

对木榄 1 年生幼苗不同高度的个体的各器官生物量的实测数据进行对数化处理后,作散点图,得到的各器官生物量与株高之间的分形关系如图 2 图中,根、胚轴、茎、枝、叶和全株生物量与株高的散点图均呈现线性状态,根据这种线性关系对它们进行线性拟合,得到的直线方程为:

$$W_r = -4.1077 + 1.4156 H (r = 0.6273, RE = 0.161)$$

$$W_h = 1.5847 + 0.1658 H (r = 0.1890, RE = 0.038)$$

$$W_s = -5.6570 + 1.9061 H (r = 0.9372, RE = 0.045)$$

$$W_b = -12.3197 + 2.8757 H (r = 0.6686, RE = 0.064)$$

$$W_l = -2.0349 + 0.9979 H (r = 0.6201, RE = 0.064)$$

$$W_t = -0.5930 + 0.9899 H (r = 0.8489, RE = 0.018)$$

在这些拟合直线方程中,除胚轴生物量外,其他器官生物量的拟合直线方程的相关系数 r 均符合 0.01 极显著水平,说明了这些器官生物量与株高在双对数坐标中均存在着很好的线性关系,即存在着很好的分形关系,具有分形的特征 因此,这些拟合直线的斜率所对应的各器官生物量与株高分形维数具有显著的分形几何学意义和生态学意义 木榄幼苗的胚轴生物量与株高的双对数拟合直线的相关性不显著,说明它们之间不存在分形关系。事实上,木榄属于显胎植物,其胚轴生物量大小主要取决于其在胎生苗发育成熟时的重量,在幼苗的发育和生长过程中,胚轴的生长相对缓慢而且与植株高度生长的相关性不显著。根、茎、枝和全株生物量与株高的分

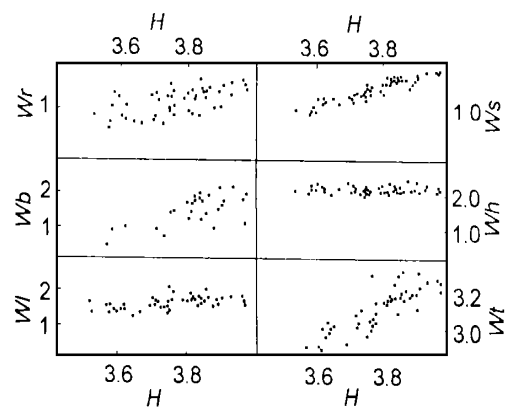


图 2 木榄幼苗生物量的分形关系(纵、横坐标均为自然对数值)

Fig. 2 Fractal relation between different organ biomass of *Bruguiera gymnorrhiza* seedlings (Both ordinates and abscissas are natural logarithmic values)

形关系的分形维数分别是 $D_{W_{T-H}} = 1.4156$ $D_{W_{S-H}} = 1.9061$ $D_{W_{L-H}} = 0.9979$ $D_{W_{V-H}} = 2.8757$ 和 $D_{W_{T-H}} = 0.9313$, 它们揭示了木榄幼苗不同株高的个体在生物量累积方面的自相似性。全株生物量的分形维数是全株生物量在各器官积累规律 (生物量配比) 的表征, 表明不同高度的木榄幼苗生物量空间分布格局具有相似性, 较小株高个体的生物量积累与较大株高个体的生物量积累在各器官中的分布具有相似的规律。另外, 这些分形维数亦说明了幼苗个体生物量的积累与株高之间呈现稳定的相关生长的性质

3 讨论

分形是 Mandelbrot 总结自然界中的非规则几何图形之后于 1975 年首次提出的概念, 定义为 Hausdorff-Besicovitch 维数大于其拓扑维数的集合, 随后从实用的角度将部分与整体以某种方式相似的图形称为分形^[1]。事实上, 具有自相似的图形广泛存在于自然界中, 是分形理论的主要研究对象。分形的本质是自相似性, 自相似性就是局部与整体在形态、功能、信息等方面具有统计意义上的相似性; 分形内部任何一个相对独立的部分, 在一定程度上都是整体的再现和缩影。就此意义而言, 分形是具有自相似性结构的体系, 其几何特征用分形维数来描述, 它一般与度量的尺度无关。在数学上, 一个独立的坐标对应一个独立的变量, 独立的变量称为维数^[9], 空间的维数由它们的坐标数决定。通常, 点为 0 维, 直线为 1 维, 面为 2 维, 立体为 3 维, 这些整数维都是对规整化图形的量度。然而, 不规则的物体已不是欧氏几何意义下的 0、1、2 维的整数维的物体, 其维数为非整数, 称为分数维数。分形的分数维数通常称为分形维数, 分形维数才是对这类物体结构的有效表征。在生态学研究, 分形理论的应用关键是如

何来确定分形维数, 已经发展的各种维数有容量维数、信息维数、关联维数、相似维数, 从应用研究角度考虑, 可以引用不同的维数定义。一般计算分形维数所采取的方法是在双对数坐标下进行线性回归, 所得拟合直线的斜率 (或其转换结果) 为分形维数值^[1-4]。自然界中的树木分枝结构、蕨类植物的孢子结构等都是分形生长过程, 具有结构上的自相似性。因此, 探讨红树植物幼苗的形态因子和生物量的分形维数特征, 了解它们的静态和动态的分形关系, 建立分形生长模式, 可为揭示红树植物幼苗的生长规律提供新途径和新信息。

参考文献

- 1 屈世显, 张建华. 复杂系统的分形理论与应用. 西安: 陕西人民出版社, 1996. 1~39.
- 2 祖元刚, 马克明, 张喜军. 植被空间异质性的分形分析方法. 生态学报, 1997, 17 (3): 333~336.
- 3 常学礼, 邬建国. 分形模型在生态学研究中的应用. 生态学杂志, 1996, 15 (3): 35~42.
- 4 马克明等. 东北羊草草原群落格局的分形维数理论研究. 见: 辛厚文主编. 分形理论及其应用. 合肥: 中国科技大学出版社, 1995. 258~265.
- 5 张喜军等. 东北羊草草原主要环境因子的分形分析. 见: 辛厚文主编. 分形理论及其应用. 合肥: 中国科技大学出版, 1995. 252~257.
- 6 马克明, 祖元刚. 羊草种群地上生物量与株高的分形关系. 应用生态学报, 1997, 8 (4): 417~420.
- 7 常禹, 苏文贵, 高瑞平. 沈阳市东郊土地利用格局变化. 应用生态学报, 1997, 8 (4): 421~425.
- 8 李友常等. 杨树光肩星天牛种群空间格局的地统计学研究. 生态学报, 1997, 17 (4): 394~401.
- 9 陈为. 基于分维图形的研究及其应用. 计算机应用与软件, 1997, 14 (3): 1~8.

(责任编辑: 蒋汉明 黎贞崇)

采用稻田甲烷“减排法”使水稻增产 5%

从 1995 年以来, 以中国水稻研究所植物生理与土壤系卢婉芳、陈苇为主课题组用计算机控制的全自动监测系统, 监测到稻田甲烷排放动态, 获得了 500 多万 个观察数据, 初步摸清了稻田甲烷排放规律。在此基础上, 课题组首次提出了降低稻田甲烷排放新技术——“减排法”, 即间歇灌溉、氮素追肥深施、稻草表施的稻田甲烷减排综合管理技术。这项技术被认为是 90 年代稻田管理技术上的创造性发展。经过 2 年多田间试验表明, 采用“减排法”可使早稻减少甲烷排放量 27%, 又能使水稻增产 5%, 提高氮肥利用率 8.6%; 晚稻可减少甲烷排放量 30%, 增产 5%, 提高氮肥利用率 3%。据统计, 1997 年和 1998 年在浙江义乌推广应用 3.04 万公顷, 减少甲烷排放量 2072 吨, 增产稻谷 1.42 万吨, 节水 2499 万立方米。

有关专家建议, 这项科研成果可首先在中国南方多熟制稻区推广应用。 (摘自《科技日报》1998 年 11 月 17 日第 2 版)