

文章编号: 1008-2786-(2008)2-154-07

准噶尔盆地南缘柽柳属植物种群 及群落分布格局的分形特征

苏里坦¹, 宋郁东¹, 巴哈提古丽²

(1 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011)

2 新疆林业科学院造林治沙所, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要: 应用分形理论中的计盒维数, 分别研究了准噶尔盆地南缘天然生长的柽柳属植物种群及群落的分布格局。结果表明, 准噶尔盆地南缘不同类型柽柳种群与所有柽柳属植物种群构成的群落的分布格局, 均具有明显的分形特征。以该研究区植物群落主要优势种多枝柽柳、刚毛柽柳、长穗柽柳和所有柽柳属植物群落为研究对象, 分析了其计盒维数, 它们的计盒维数分别为 1.196、0.853、0.953 和 1.821; 其值域为 $0 < D < 2$ 。由此可见, 在一定范围内分维值越大则其柽柳覆被愈复杂、愈不规则。除了所有柽柳属植物群落之外, 其他任何柽柳种群的空间分布格局具有较低的计盒维数 (均 < 1.2), 表明了干旱区荒漠带单类种群的空间占据能力较低, 这与其所处极端环境有关。通过计盒维数分析, 发现干旱区柽柳群落空间分布格局均具有统计自相似性, 在不同的尺度范围内具有不同的空间分布格局。计盒维数定量地反映了准噶尔盆地南缘柽柳属植物种群及群落占据生态空间的能力, 柽柳属植物种群及由这些种群所构成群落的空间占据能力依次为: 柽柳群落 (1.821) > 多枝柽柳种群 (1.196) > 长穗柽柳种群 (0.953) > 刚毛柽柳种群 (0.850)。

关键词: 柽柳属植物; 种群; 群落; 分布格局; 计盒维数; 自相似性

中图分类号: Q151.3

文献标识码: A

分形就是指由各个部分组成的形态, 每个部分以某种方式与整体相似, 它具有自相似性和标度不变性, 所谓自相似性是指某种结构或过程的特征从不同的空间尺度或时间尺度来看都是相似的, 这一特征被称作分形体的本质特征^[1]。标度不变性是指在分形上任选一局域, 对它进行放大, 这时得到的放大图又会显示出原图的形态特征, 分形可分为有规分形和无规分形两种^[2], 有规分形计算以经典的 Koch 曲线为例, 而无规分形是指无规律但具有相似性的图形, 无规分形又称统计分形。

分形特征的定量指标是分维 (fractal dimension)。近年来, 基于分形理论与方法已广泛应用于自然科学和社会科学各个领域, 使得人们可以透过貌似无序、混乱、不规则的状态来揭示隐藏在背后的

事物本质和规律, 为研究事物复杂性、不规则性和演化性等内在的规律性提供了全新的思路, 并为刻划尺度依赖问题提供了有力的工具^[3,4]。我国学者利用该方法对各种植物空间分布格局进行了研究^[5,6], 对植物空间分布随尺度的变化规律有了全新的认识。但以上研究仅局限于种群水平, 而实际上自然状态下的植物种群一般总是与其他种群形成复杂的群落结构。种群及群落空间分布格局是植物群落中植物与其生境之间以及植物个体之间长期相互作用的结果, 既反映植物对环境资源的利用与适应关系, 也反映植物生物学特性及更新、竞争等种内种间关系, 是种群基本数量特征之一。因此, 群落空间格局更能反映植物之间的相互关系以及植物对环境资源的利用与适应关系。本文采用分形理论中的

收稿日期 (Received date): 2007-11-11; 改回日期 (Accepted): 2008-02-20.

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金面上项目 (40601019) 和绿洲学者“博士人才”计划项目 (编号: 20053037) 资助。[This work was supported by the National Natural Science Foundation (Grant No. 40601019) of China and the Oasis Scholar Planning Project (Grant No. 20053037) of Institute of Xinjiang Ecology and Geography, CAS.]

作者简介 (Biography): 苏里坦 (1972-), 男 (哈萨克族), 新疆霍城县人, 博士, 主要从事地表过程方面的研究。[Su Litan (1972-), male Kazakh-born in Xinjiang of Huocheng county, Ph.D., at work on study of ground surface hydrological process.]

计盒维数对准噶尔盆地南缘柽柳属植物种群及群落的分布格局进行分形分析, 以期揭示干旱区荒漠植被种群与群落的空间格局随尺度变化而表现的分形特征及其在不同生境下的差异。

柽柳属植物作为干旱区、半干旱区的大面积沙荒地和盐碱化土地上广泛分布的一类重要灌木植物, 以其许多独特的生物、生态学特征和重要的生态、社会经济作用已经引起了人们的重视^[7]。它能为忍受大气极端干旱和适应土壤盐渍化的荒漠地带隐域性植被, 常形成大面积的群落或柽柳纯林, 也是荒漠河岸植被中的重要建群植物, 具有较强的生态适应性^[8]。在这一背景下, 本文以多枝柽柳、刚毛柽柳、长穗柽柳种群及其组成群落为研究对象, 对其分布格局的分形特征进行了比较分析, 旨在探讨这些柽柳属植物对干旱区生态环境的适应能力及其优势排序。

1 研究区概况

研究区位于天山东段、准噶尔盆地南缘, 即位于阜康县西南三工河流域下游处。三工河流域地域为 $87^{\circ}48' \sim 88^{\circ}10'E$, $43^{\circ}51' \sim 44^{\circ}09'N$ 。阜康县地势自东南向西北缓缓倾斜, 其地貌南部为山区、中部属平原、北部大部分为沙漠。南部山区海拔 700 m 至 5 445 m, 主要由博格达峰、灯杆山、马牙山、大黄山等连绵起伏的山脉组成的一道天然屏障。南部山区植被覆盖度高达 70% ~ 90%, 中部绿洲平原植被覆盖度达 30% ~ 40%, 而北部荒漠带的植被覆盖度仅在 15% 左右。该县属大陆性中温带气候, 冬季时间长, 春秋季节不明显, 夏季酷热, 昼夜温差大, 年积温度高, 光热资源能充分满足植物生长的需要。1 月均温 $-17^{\circ}C$, 7 月均温 $25.6^{\circ}C$, 无霜期 165 d 年均降水量 187 mm, 年蒸发量为 2 064 mm, 属绿洲灌

溉农业区^[9]。

2 研究方法

2.1 取样方法

研究区设在三工河流域下游左岸典型的荒漠-绿洲交错带, 主要生长有多枝柽柳 (*Tamarix ramosissima*)、刚毛柽柳 (*Tamarix hispita*)、长穗柽柳 (*Tamarix elongata*)、也有少量的多花柽柳 (*Tamarix hohenackeri*)、白梭梭 (*Haloxylon persicum*)、红柳 (*Tamarix ramosissima*) 等, 土壤主要为风沙土和盐化风沙土。根据准噶尔盆地南缘荒漠植物种群及群落发育状况及其种类组成特点, 选择该区域具有代表性的柽柳属植物种群多枝柽柳、刚毛柽柳、长穗柽柳和由这些柽柳属植物种群所构成的群落 (以下简称柽柳群落) 为供试对象, 在不同种群及群落中设置样方, 面积均为 $64\text{ m} \times 64\text{ m}$ ($4\,096\text{ m}^2$)。在样方调查中, 记录每个样方内胸径 $> 2\text{ cm}$ 的种群个体数量, 并测量每个个体在样方平面坐标中的位置, 绘制成点位图。同时, 测定样地各个柽柳属植物种群及群落的平均胸径、平均株高、土壤含水量、土壤有机质等环境因子资料 (表 1)。采用 2^k ($k=0, 1, 2, 3, \dots$) 等分的方法, 对柽柳属植物种群及群落分布格局的点位图进行网格覆盖, 然后分别统计各个尺度的非空格子数以及非空格子内的个体数。

2.2 计算方法^[10]

分形几何的主要研究内容是分形体的维数及自相似性规律。对于分形体的自相似特征进行描述的主要工具是分形维数, 它是对分形体的有效表征。分形的分维有多种计算方法, 如容积维 (豪斯道夫维)、关联维 (相关维) 和信息维等计算方法^[11, 13]。本项研究采用不断变换测量尺度寻找无标度区间, 在无标度区间内通过建立测量尺度与小盒子数量之

表 1 柽柳属植物种群及群落样地调查因子

Table 1 The investigation factor of sampling plots of *Tamarix* spp. plant populations and communities

样地编号 No. of plot	地点 Site	起源 Origin	平均胸径 (cm) Average chest diameter	平均株高 (m) Average plant height	土壤含水量 (%) Water content of soil	土壤有机质 (%) Organic matter of soil
a	天山北坡	天然	5.8	3.26	6.23	3.36
b	天山北坡	天然	4.3	2.81	4.97	3.08
c	天山北坡	天然	2.5	1.92	5.84	2.29
d	天山北坡	天然	3.9	2.58	7.18	3.87

间的回归方程来求算容积维的计算方法(称盒子计数法或计盒法)。对于某一客体,如果设 $N(r)$ 为测度指标(如质量、重量、生物量等), r 为度量所采用的尺度指标(如长度、面积、体积等),如果 $N(r)$ 与 r 之间满足

$$N(r) = cr^{-D} \quad (1)$$

则可认为此客体为分形,其中 D 为该客体的计盒维数, c 为比例系数(常量)。点绘 $\ln N(r) \sim \ln r$ 曲线中直线段 r 的范围称为无标度区,其中 r 可以是时间域或空间域的变化,也是实际物理量的变化。

分别采用 $r_k = 2^k (k = 0, 1, 2, \dots, n) m$ 作为度量分布格局的空间尺度,对面积为 $L \times L$ 的区域进行计算。第一步,将样方面积区域分割为边长为 r 的方格网,数出包含每一个柽柳属植物种群的非空盒子数以及柽柳属植物群落在内的非空盒子数 $N(r)$ 。第二步,改变值,按照上述方法再数出包含每一个柽柳属植物种群及群落的非空盒子数的非空盒子数 $N(r)$ 。依此类推,我们共选用了 7 种尺度的 r 值,并得到相应的 $N(r)$ 。第三步,将两组 r 值和 $N(r)$ 值点绘在对数坐标图上,寻找每一个柽柳属植物种群及群落的无标度区间。第四步,在无标度区间内,根据各点的分布趋势建立如下回归方程

$$\ln N(r) = \ln c - D \ln r \quad (2)$$

式中 c 是表征各被测对象自相似性有关的一个常数,称自相似结构系数; D 即为所要求算的分维。本研究对象为平面上植物的分布格局,其欧氏维数为 2 因此计盒维数 D 应满足 $0 < D < 2$ 。

3 计算结果与讨论

3.1 柽柳属植物种群及群落分布格局的分维

按照上述研究方法,得到了准噶尔盆地南缘柽柳属植物种群及群落的测量尺度 r 值、小盒子数目 $N(r)$ 值、无标度区间的回归方程及计盒维数 D 值

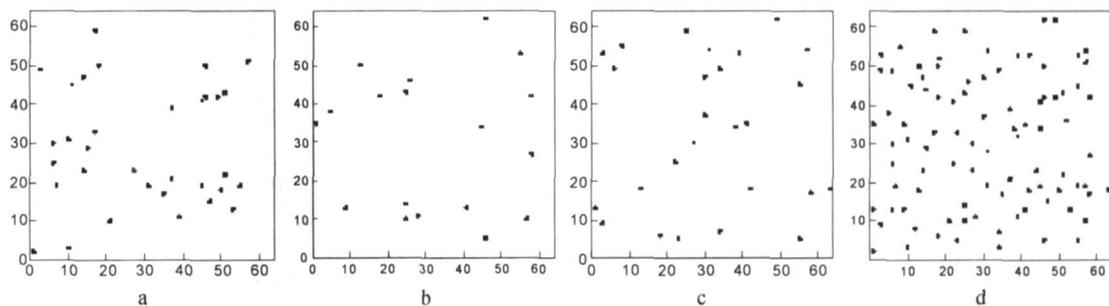
(表 2 和表 3)。

由于种群及群落空间分布格局是植物群落中植物与其生境之间以及植物个体之间长期相互作用的结果,既反映植物对环境资源的利用与适应关系,也反映植物生物学特性及更新、竞争等种内种间关系,即植物群落内的每个种群在其生长发育过程中都需要利用一定生态空间的环境资源,所以每个种群都具有一定的占据生态空间的能力,而且种群在群落内所处的地位不同,其占据生态空间的能力有所不同。因此,由种群个体在水平空间配置的关系构成的种群水平分布格局图可以反映出该种群占据空间生态位的能力,种群的这种占据能力可采用计盒维数来定量描述^[15, 16]。准噶尔盆地南缘柽柳属植物种群及群落分布格局的点位图如图 1。对于每个种群及群落,采用不同边长的正方形网格进行覆盖取样后,在双对数坐标下对网格边长 r 和非空格子数 $N(r)$ 进行直线拟合,其结果如图 2。由图 2 和表 2 可知,其直线拟合的效果比较好,相关系数均在 0.98 以上,达极显著水平。这表明了准噶尔盆地南缘柽柳属植物种群及群落的分布格局具有分形特征。当 $k = 0, 1, 2$ (图 2 中的第 1, 2, 3 点) 时,其非空盒子数相等,说明干旱区柽柳属植物种群及群落分布格局的自相似性具有一定的尺度范围,即在不同的尺度范围内具有不同的分布格局。在所有的尺度范围内,每个柳属植物种群及群落的拐点均出现在 $r = 32.0 \text{ m}$ 的尺度,即该尺度是柽柳属植物种群及群落分布格局出现突变的空间尺度。事实上,所研究的柽柳植物个体平均冠幅均在 32.0 m 以上, 32.0 m 应是个体占据平面空间的最小尺度。在计盒维数计算时表现为,将一个植物个体作为平面上的一个点看待时,只要 $r < 32.0 \text{ m}$, 无论划分的单个盒子面积小到什么程度,其总的非空盒子数是相同的。图 2 中的第 1, 2, 3 点清楚地表明了这一点。因此, $0 \sim 32.0 \text{ m}$ 的尺度范围应不属于空间分布格局所研究

表 2 柽柳属植物种群及群落测量尺度与对应的盒子数

Table 2 The measurement scale and box number of *Tamarix* spp. plant populations and communities

群落类型 Coenotype	测量尺度 Measurement scale (m)						
	1.0	2.0	4.0	8.0	16.0	32.0	64.0
多枝柽柳种群 <i>Tamarix ramosissima</i> population	33	33	33	21	11	4	1
刚毛柽柳种群 <i>Tamarix hispida</i> population	18	18	18	13	7	4	1
长穗柽柳种群 <i>Tamarix elongata</i> population	26	26	25	15	9	4	1
柽柳群落 <i>Tamarix</i> community	91	91	90	52	16	4	1

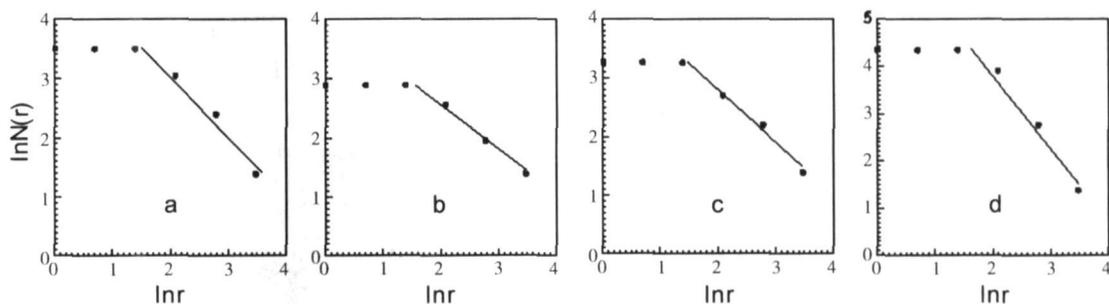


(a. 多枝柽柳种群; b. 刚毛柽柳种群; c. 长穗柽柳种群; d. 柽柳群落)

(a. *Tamarix ramosissima* population; b. *Tamarix hispita* population; c. *Tamarix elongata* population; d. *Tamarix* community)

图 1 柽柳属植物种群及群落分布格局的点位图 (上图中横纵坐标均为取样间距, 单位: m)

Fig. 1 The site map of distribution pattern of *Tamarix* spp plant populations and communities



(a. 多枝柽柳种群; b. 刚毛柽柳种群; c. 长穗柽柳种群; d. 柽柳群落)

(a. *Tamarix ramosissima* population; b. *Tamarix hispita* population; c. *Tamarix elongata* population; d. *Tamarix* community)

图 2 柽柳属植物种群及群落分布格局的计盒维数

Fig. 2 The box dimension of distribution pattern of *Tamarix* spp plant populations and communities

的尺度范围, 即 32.0 m 应为空间分布格局分形范围的下限尺度。从分布格局视角考察, 此尺度亦可理解为种群聚块的规模尺度^[16]。

图 2 中的拟合直线斜率即为准噶尔盆地南缘柽柳属植物种群及群落分布格局的计盒维数 (表 3), 柽柳属植物种群及群落中多枝柽柳种群、刚毛柽柳种群、长穗柽柳种群和柽柳群落分布格局的计盒维数分别为 1.196、0.850、0.953 和 1.821, 它们的空间占据能力强弱序依次为: 柽柳群落 (1.821) > 多枝柽柳种群 (1.196) > 长穗柽柳种群 (0.953) > 刚毛柽柳种群 (0.850)。这些数值实质上定量表征了不同柽柳种群与柽柳群落具有不同的占据空间能力, 其中柽柳群落占据空间的能力较强。说明了某种植物群落或多种种群一起对环境资源的利用与适应性要比单个种群的高, 这结果与马克明、倪红伟等人的研究结果基本相似^[12-14]。

3.2 拐点的生态学意义

以上的计盒维数都是在拐点以后的线性区域上计算出来的 (也就是在大于拐点尺度上所得拟合直

线斜率的绝对值), 拐点出现的尺度即格局变化出现的尺度 (个体聚块大小)^[17], 每个柳属植物种群及群落的拐点均出现在 $r = 32$ m 的尺度, 意味着当覆盖固定样地的网格边长 > 32 m 时, 柳属植物种群及群落的分布格局就表现出一种自相似性, 也就是说会是一种相同的分布格局类型, 拐点的尺度同样意味着种群个体聚块尺度的大小, 在 32 m 之上的尺度上考察这些种群时都呈聚集分布, 个体聚块的大小为 32 m。

通过分析可以看出, 不同种群的计盒维数各不相同, 这在反映出不同种群个体由于种群自身生物学特性, 种内和种间相互作用, 以及环境异质性影响等诸多因素综合作用而造成种群个体对生态空间的占有程度有很大差异的同时, 也说明计盒维数确实适用于这些种群的分形特征方面的研究。

3.3 柽柳属植物种群及群落空间分布格局的异质性

分形维数是对分形体空间填充程度的反映, 而植物种群和群落分布格局的计盒维数揭示了植物种

表 3 柽柳属植物种群及群落分布格局的计盒维数及其他参数

Table 3 The box dimensions and some properties of distribution pattern of *Tamarix* spp plant communities

群落类型 Coenotype	个体数 Number of Individual	回归方程 Regression equation	计盒维数 Box dimension	常数项 Constant term	相关系数 Correlation coefficient	显著水平 Significance level	拐点尺度 Flex scale
多枝柽柳种群	33	$\ln V(r) = -1.196 \ln r + 5.593$	1.196	5.593	0.984	0.01	32.0
刚毛柽柳种群	18	$\ln V(r) = -0.850 \ln r + 4.323$	0.850	4.323	0.998	0.01	32.0
长穗柽柳种群	26	$\ln V(r) = -0.953 \ln r + 4.471$	0.953	4.471	0.996	0.01	32.0
柽柳群落	91	$\ln V(r) = -1.821 \ln r + 7.742$	1.821	7.742	0.983	0.01	32.0

群和群落对生态空间的占据程度和利用生态空间的能力,揭示了格局强度的尺度变化程度以及个体分布的非均匀状况^[8,13]。计盒维数越高,表明群落占据生态空间的能力越强。理论上,种群或群落占据全部生态空间的计盒维数应为 2,其余下的维数为生态间隙维,而计盒维数为其生态占据维。通常,生态占据维反映的是种群和群落现实占据生态空间的能力,而生态间隙维则反映的是种群或群落潜在占据生态空间的能力,即在群落中,还可提供给种群占据的最大空间限度^[15]。由表 3 得出,准噶尔盆地南缘柽柳属植物种群与这些种群所构成的群落中多枝柽柳种群、刚毛柽柳种群、长穗柽柳种群和柽柳群落分布格局的计盒维数分别为 1.196、0.850、0.953 和 1.821。事实上,任何一个植物种群在自然生长状态下难于满足计盒维数为 2。除非有足够数量的个体,且其个体在任一尺度下为均匀分布,这种情况在自然种群中是不可能出现的。由于种群内和种群间的相互作用以及环境因子影响等多种因素的作用,群落中的植物种群是不可能完全占据其全部生态空间的。因此,在一般情况下,生态间隙维只是说明种群的潜在占据能力,但在自然条件下是达不到的。受不利气候、土壤等生态因子的影响,自然植被的生长、繁殖与扩散均受到强烈制约,其空间占据程度必然被削弱。但另一方面,不同类型的植被种群和群落其计盒维数又表现出较大差异。由表 3 可见,刚毛柽柳种群的计盒维数仅为 0.850,而由这些柽柳属植物种群所构成的群落(柽柳属植物群落)的计盒维数高达 1.821,远大于单个种群的计盒维数。

因此,可以认为,由植物种群所构成的群落占据生态空间的能力要比单个种群的大,即群落团体利用环境资源的能力高于种群个体,而计盒维数则是这种差异的定量表征。生态系统理论认为,不同种群占据不同的生态位,且相互关联的种群之间具有

一定的协同作用,因而由不同种群所构成的生态系统抵御不良环境的能力、利用环境资源的能力以及生产能力均较强。因此种群与群落空间计盒维数的差异在本质上应是不同生态系统之间结构与功能的差异。

4 结论

本文利用计盒维数研究了准噶尔盆地南缘柽柳属植物种群及群落的空间格局,初步得出以下结论。

通过对准噶尔盆地南缘柽柳属植物种群及由这些种群所构成群落的分形研究,得出 0~32.0 m 的尺度范围不属于空间分布格局所研究的尺度范围,即 32.0 m 应为空间分布格局分形范围的下限尺度。当空间尺度大于此聚块尺度时,其空间分布具有自相似性,即具有分形性质,用计盒维数可以很好地描述其随尺度变化的规律。空间格局计盒维数实质上是种群与群落占据生态空间能力的定量表征,准噶尔盆地南缘柽柳属植物种群及由这些种群所构成群落分布格局的计盒维数分别为 1.196、0.850、0.953 和 1.821,它们的空间占据能力强弱序依次为:柽柳群落 > 多枝柽柳种群 > 长穗柽柳种群 > 刚毛柽柳种群。这些数值实质上定量表征了柽柳属植物种群及由这些种群所构成群落具有不同的占据空间能力,其中柽柳属植物群落占据生态空间的能力比单个种群的大,即群落团体利用环境资源的能力高于种群个体,而计盒维数则是这种差异的定量表征。植被是一个分形体,由于环境因子空间分布的不规则性和复杂性,环境因子在连续的尺度上都存在变异,而且不同性质的环境资源具有不同的表现尺度,种群个体对这种环境条件的适应性以及对环境资源的竞争和分配,导致了种群分布格局在不同尺度上产生了空间的异质性。

参考文献 (References)

- [1] Mandelbrot B. B. The Fractal geometry of nature[M]. New York: Academic Press, 1982. 11~35
- [2] Noordrik M V, Purnomosidhi P, Van N M, *et al*. Root architecture in relation to tree-soil-crop interactions and shoot pruning in agroforestry[J]. *Agroforestry Systems*, 1995, 30(1~2): 161~173
- [3] John Hartle, Ann K inzig, Jessica Green. Self-similarity in the distribution and abundance of species[J]. *Science*, 1999, 284: 334~336
- [4] William E. Kunin. Extrapolating species abundance across spatial scales[J]. *Science*, 1998, 281: 1513~1515
- [5] Ma K eming, Zu Yuangang. Fractal properties of distribution pattern of larch population in Xin'an-box dimension[J]. *Journal of Botanical Research*, 2000, 20(2): 187~192 [马克明, 祖元刚. 兴安落叶松分枝格局的分形特征[J]. 植物研究, 2000, 20: 187~192]
- [6] Fan W enbing, Cai Q inghua. Research on fractal properties of distribution pattern of lotus population in Baolan[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2000, 24: 405~411 [潘文彬, 蔡庆华. 保安湖莲群丛分布格局分形特征的初步研究[J]. 水生生物学报, 2000, 24: 405~411]
- [7] Yin Linke. Keystone species-Tamarix spp of desert ecosystem in central Asia [J]. *Arid Zone Research*, 1995, 12(3): 43~47 [尹林克. 中亚荒漠生态系统中的关键种—柽柳 (*Tamarix* spp) [J]. 干旱区研究, 1995, 12(3): 43~47]
- [8] Yin Linke. The ex-situ Protection and the Ecological Adaptability of *Tamarix L.* in China [J]. *Arid Zone Research*, 2002, 19(3): 12~16 [尹林克. 柽柳属植物的生态适应性及引种[J]. 干旱区研究, 2002, 19(3): 12~16]
- [9] Su Litan. Simulation of water and heat transfer at oasis-desert ecotone[D]. Nanjing: Hehai University, 2005: 69~75 [苏里坦. 绿洲-荒漠交错带水热传输模拟[D]. 南京: 河海大学, 2005: 69~75]
- [10] Su Litan, Song Yu-dong, Zhang Zhan-yu. Fractal models for predicting unsaturated sandy soil water retention curve in desert[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2002, 19(3): 12~16 [苏里坦, 宋郁东, 张展羽. 沙漠非饱和风沙土壤水分特征曲线预测的分形模型[J]. 水土保持学报, 2002, 19(3): 12~16]
- [11] Su Litan, Song Yudong, Zhang Zhanyu. Spatial variability and fractal dimensions groundwater level and natural vegetation in the north foot of Tianshan mountains [J]. *Journal of Mountain Science*, 2005, 23(1): 14~20 [苏里坦, 宋郁东, 张展羽. 天山北麓地下水与自然植被的空间变异及其分形特征[J]. 山地学报, 2005, 23(1): 14~20]
- [12] Ma K eming, Zu Yuangang. Fractal properties of distribution pattern of larch population in Xin'an-box-counting dimension[J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 20(2): 187~192 [马克明, 祖元刚. 兴安落叶松种群格局的分形特征—几何维数[J]. 生态学报, 2000, 20(1): 104~111]
- [13] Ma K eming, Zu Yuangang. Fractal properties of distribution pattern of larch population in Xin'an-information dimension[J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 20(2): 187~192 [马克明, 祖元刚. 兴安落叶松种群格局的分形特征—信息维数[J]. 生态学报, 2000, 20(2): 187~192]
- [14] Ni Hongwei, Ma K eming. Fractal properties of distribution pattern of *Deyeuxia angustifolia* population in Xin'an-box-counting dimension[J]. *Acta Genetica Sinica*, 2000, (3): 229~235 [倪红伟, 马克明. 小叶章种群分布格局的分形特征—几何维数[J]. 木本植物研究, 2000, (3): 229~235]
- [15] Wang Xiaodan, Liu Gangcai, Liu Shuzhen, *et al*. Fractal Characteristics of Soil and its Application in the Arid and Semi-arid Region Tibet Plateau [J]. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(12): 58~63 [王小丹, 刘刚才, 刘淑珍, 等. 西藏高原干旱半干旱区土壤分形特征及其应用[J]. 山地学报, 2003, 21(12): 58~63]
- [16] Ma K eming, Zu Yuangang. Fractal properties of vegetation pattern [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2000, 24: 111~117 [马克明, 祖元刚. 植被格局的分形模型: 植被格局的分形特征[J]. 植物生态学报, 2000, 24: 111~117]
- [17] Sugihara G, May RM. Application of fractals in ecology [J]. *Tree*, 1990, 5(3): 79~86

Fractal Dimension on Distribution Pattern of *Tamarix* spp Plant Populations and Communities in the South Margin of Gurbantunggut Basin

SU Litan¹, SONG Yudong¹, BA Hatiguli²

(¹ Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China;

² Institute of Forestation and Sand Prevention, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi 830002, China)

Abstract The fractal characteristics of distribution pattern of *Tamarix* spp plant populations and communities in the south margin of Gurbantunggut basin were studied by using the box dimension of fractal theory. The results showed that the distribution pattern of *Tamarix* spp plant populations and communities in the where represents obvious frac-

tal characteristics, the box dimensions of *Tamarix ramosissima* population, *Tamarix hispita* population, *Tamarix elongata* population and *Tamarix* community were 1.196, 0.850, 0.953 and 1.821 respectively, and the threshold of fractal dimension is. Bigger fractal dimension value indicates that *Tamarix spp.* plant populations and communities cover spatial distribution are more irregular and more complex. The studied results show that spatial distribution pattern of the communities exhibits statistical self-similarity with scale dependency, and different scale represents different spatial distribution pattern. Box-counting dimension of spatial distribution pattern quantifies the scale variation degree of *Tamarix spp.* plant populations and communities occupying ecological space in the south margin of Gurbantunggut basin. The box dimension reflects the spatial occupation degree of the communities. Size down of spatial occupation capacity of *Tamarix spp.* plant populations and communities: *Tamarix* community (1.821) > *Tamarix ramosissima* population (1.196) > *Tamarix elongata* population (0.953) > *Tamarix hispita* population (0.850).

Key words *Tamarix spp.* plant population, community, distribution pattern, Box dimension, Self-similarity

征稿启事

我国青藏高原研究在大陆碰撞动力学与矿产资源形成、高原隆起与环境演化、地表过程对全球变化的响应与适应等领域取得了进一步的研究成果。青藏高原正以其在资源形成和环境影响与响应方面,以及地球动力学与环境变化领域的特有优势引起国内外的普遍关注。

为此本刊欢迎就青藏高原资源形成背景、环境演化过程及高原区域发展等方面的来稿,同时包括:高原深部过程与大陆碰撞,高原地质演化与矿产资源形成,高原隆升过程与地貌演化,高原气候环境变化过程及其机制,高原地表过程对全球变化的响应与影响,以及高原资源环境与经济社会发展为内容的稿件。

凡相关选题的投稿一经通过,将优先刊用。

《山地学报》编辑部