

深圳福田海桑+无瓣海桑自然林的空间结构分析

梁士楚¹, 梁铭忠¹, 吴苑玲², 咎启杰², 王勇军², 谢强¹

(1. 广西师范大学生命科学学院, 广西桂林 541004; 2. 广东内伶仃福田国家级自然保护区管理局, 广东深圳 518048)

摘要: 采用位置指数(CE)、混交指数(DM)、分异指数(T)以及 Ripley's K-方程,探讨了深圳福田红树林保护区海桑+无瓣海桑自然林的空间结构特征。海桑、无瓣海桑、秋茄和桐花树种群都呈现集群分布;海桑—无瓣海桑、海桑—秋茄、海桑—桐花树、桐花树—无瓣海桑以及秋茄—桐花树之间在空间分布上呈现负关联,秋茄—无瓣海桑之间呈现正关联,但这些关联都不显著。海桑和秋茄与其它树种属于中度混交,而无瓣海桑和桐花树与其它树种的混交程度相对较弱。海桑和无瓣海桑个体之间的胸围差异明显,而其它树种个体之间的胸围差异中等。海桑个体之间的树高差异明显,而其它树种个体之间的树高差异中等。采用的空间指数和空间统计技术有效地描述了树种的空间属性。

关键词: 红树林; 海桑; 无瓣海桑; 空间结构

中图分类号: Q948.885.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2005)05-0393-06

Analysis of the spatial structure of natural *Sonneratia caseolaris* + *S. apetala* forest in Futian, Shenzhen

LIANG Shi-chu¹, LIANG Ming-zhong¹, WU Yuan-ling²,
ZAN Qi-jie², WANG Yong-jun², XIE Qiang¹

(1. School of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin 541004, China; 2. Neilingding Futian National Nature Reserve Bureau of Guangdong, Shenzhen 518048, China)

Abstract: The spatial structure character of tree populations in a natural *Sonneratia caseolaris* + *S. apetala* forest in Futian, Shenzhen was investigated using position index(CE), mixture index(DM), differentiation index(T), and Ripley's K-functions. The horizontal spatial pattern of populations of *S. caseolaris*, *S. apetala*, *Kandelia candel* and *Aegiceras corniculatum* showed clumped distribution. Negative spatial correlations were found between *S. caseolaris* and *S. apetala*, *S. caseolaris* and *K. candel*, *S. caseolaris* and *A. corniculatum*, *A. corniculatum* and *S. apetala*, *K. candel* and *A. corniculatum*, and positive spatial correlations between *K. candel* and *S. caseolaris*. However, all these correlations were not statistically significant. In the forest, the mixed degree of *S. caseolaris* and *K. candel* and other species was moderate, while that of *S. apetala* and *A. corniculatum* and other species relatively low. Individuals of *S. caseolaris* and *S. apetala* showed a clear difference in perimeters at breast height, while other species a moderate difference. Individuals of *S. caseolaris* showed a clear difference in heights, while other species a moderate difference. The spatial indices and techniques used

收稿日期: 2004-09-24 修订日期: 2005-03-18

基金项目: 广东省自然科学基金项目(035481.021582)(Supported by the Natural Science Foundation of Guangdong Province, Grant No. 035481.021582)。

作者简介: 梁士楚(1965-),男,广西百色人,博士,研究员,生态学专业,主要从事种群生态学和湿地生态学研究。

could effectively describe the spatial characteristics of species.

Key words: mangroves; *Sonneratia caseolaris*; *S. apetala*; spatial structure

海桑(*Sonneratia caseolaris* (L.) Engl.) 和无瓣海桑(*S. apetala* Buch.-Ham) 是红树林中的速生丰产乔木树种, 具有生长迅速、树干高大通直、结实率高、适应性广以及防风消浪效能显著等优良特性, 是目前海岸防护林主要优良造林树种之一(郑德璋等, 1999)。海桑主要分布在热带亚洲东南部海岸、太平洋所罗门群岛至大洋洲北部, 我国的海南岛也有自然分布。无瓣海桑主要分布在印度、孟加拉国、马来西亚、斯里兰卡等地, 我国于 1985 年自孟加拉国引种到海南省东寨港红树林自然保护区。这两种红树植物目前是华南沿岸红树林人工林的主要造林树种之一(郑德璋等, 1999; 陈玉军等, 2003a)。深圳福田红树林保护区的海桑和无瓣海桑引种于海南, 目前成林面积约 3 hm², 并发挥着明显的生态效应(管启杰等, 2002)。更为重要的是, 随着海桑和无瓣海桑的开花结实, 不仅出现了自然更新现象(陈玉军等, 2003b), 而且它们在保护区内已经自然扩散, 并在局部区域形成了自然林。为了掌握海桑+无瓣海桑人工林经过自然扩散形成的自然林的组成种群的分布格局及其属性在空间上的排列方式以及种群间的空间关系, 了解林分的空间结构现状及其发展趋势, 本文采用位置指数、混交指数、分异指数以及 Ripley's K-方程等, 对海桑+无瓣海桑自然林的空间结构进行分析。

1 研究样地与自然概况

研究地点位于深圳福田红树林自然保护区(114°03' E, 22°32' N)。该区属于南亚热带季风气候, 年平均气温 22 °C, 极端高温 38.7 °C(7 月), 极端低温 0.2 °C(1 月), 年平均降水量 1 927 mm, 年平均相对湿度 79%。潮汐属不规则半日潮, 平均潮差 1.9 m。现有的红树林面积约 110 hm², 组成种类主要有白骨壤(*Avicennia marina*)、秋茄(*Kandelia candel*)、桐花树(*Aegiceras corniculatum*)、海桑、无瓣海桑等。

研究样地设在以海桑和无瓣海桑为建群种的天然林内, 该林分布于内滩的近岸区域, 呈条带状分布, 高度约 10 m, 覆盖度约 90%。林冠层以海桑和无瓣海桑占绝对优势, 有少量的秋茄和桐花树混生;

林下层则是以桐花树为主。林内海桑密度 2 425 株/hm², 树高平均 7.6 m, 胸径平均 8.2 cm, 重要值 94.6; 无瓣海桑密度 1 400 株/hm², 树高平均 8.6 m, 胸径平均 10.5 cm, 重要值 85.1; 秋茄密度 800 株/hm², 树高平均 2.9 m, 胸径平均 3.6 cm, 重要值 30.4; 桐花树密度 5 200 株/hm², 树高平均 1.4 m, 基径平均 3.0 cm, 重要值 89.9。

2 研究方法

2.1 野外调查方法

采用每木调查法, 测量样地内所有树种胸径 ≥ 2.0 cm 的个体的特征值, 即每个个体的相对 xy 坐标、树高、胸径、冠幅等数量特征。由于保护区内自然形成的海桑+无瓣海桑林的分布面积目前还比较小, 因此根据林分的组成种类及其空间结构状况, 研究样地的取样面积为 400 m²。

2.2 数据分析方法

2.2.1 位置指数(Positioning index)-CE(Clark 等, 1954)

$$CE = \frac{r_A}{r_E} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i}{0.5 \sqrt{\frac{A}{N}} + 0.0514 \frac{P}{N} + 0.041 \frac{P}{N^{3/2}}} \dots \dots \dots (1)$$

式中, r_i 为种群个体 i 与其最近邻体间的距离(m); N 为样地内个体的总数; A 为样地面积(m²); P 为样地内个体胸围总和。为了检验 CE 值对 1.0 的偏离, 采用 $H_0: CE = 1$ 和 $H_1: CE \neq 1$ 的零假设:

$$C = \frac{r_A - r_E}{\sigma_{r_E}} \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{式中, } \sigma_{r_E} = \frac{0.26136}{\sqrt{N \times \rho}} = \frac{0.26136}{\sqrt{N^2/A}}; \sigma_{r_E} \text{ 是密度为 } \rho$$

的 Poisson 林分的 r_E 标准差。

2.2.2 混交指数(Mixture index)-DM(Kint 等, 2000; 2003; 惠刚盈等, 2001)

$$DM_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 V_{ij} \dots \dots \dots (3)$$

式中, 当个体 i 与第 j 株相邻个体为不同种时, $V_{ij} = 1$; 否则, $V_{ij} = 0$ 。

$$DM = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N DM_i \dots\dots\dots (4)$$

2.2.3 分异指数(Differentiation index)-T(Kint 等, 2000;2003) 分异指数 T 包括 TC 和 TH, 分别用以描述种群个体邻体间的胸围和树高的差异, 其中:

$$TC_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 [1 - \frac{MIN(C_i, C_j)}{MAX(C_i, C_j)}] \dots\dots\dots (5)$$

$$TC = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N TC_i \dots\dots\dots (6)$$

式中, C_i 是个体 i 的胸围; C_j 是个体 i 的第 j 邻体的胸围。

$$TH_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 [1 - \frac{MIN(H_i, H_j)}{MAX(H_i, H_j)}] \dots\dots\dots (7)$$

$$TH = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N TH_i \dots\dots\dots (8)$$

式中, H_i 是个体 i 的树高; H_j 是个体 i 的第 j 邻体的树高。

2.2.4 点格局分析 种群个体的点格局采用 Ripley's K -方程进行分析, 其有关计算公式(Ripley, 1977; Pélissier 等, 2001; Besag, 1977)为:

$$\hat{K}(r) = A \sum_{i \neq j}^N \sum_{i \neq j}^N w_{ij} q_{ij} / N^2 \dots\dots\dots (9)$$

$$\hat{L}(r) = \sqrt{\hat{K}(r) / \pi} - r \dots\dots\dots (10)$$

式中, 如果个体 i 和 j 之间的距离小于 r , $W_{ij} = 1$, 否则 $W_{ij} = 0$ 。 q_{ij} 是消除边缘效应的权重。零假设用 10 000 个模拟随机格局的 Monte Carlo 法来检验, 其中置信限为 99%。

2.2.5 种间关系分析 种间关系可以通过分析两个种的点格局来描述, 其有关计算公式(Diggle, 1983)为:

$$\hat{K}_{12}(r) = A \sum_{i \neq j}^{N_1} \sum_{i \neq j}^{N_2} w_{ij} q_{ij} / N_1 N_2 \dots\dots\dots (11)$$

$$\hat{K}_{21}(r) = A \sum_{i \neq j}^{N_1} \sum_{i \neq j}^{N_2} w_{ij} q_{ij} / N_1 N_2 \dots\dots\dots (12)$$

$$\hat{L}_{12}(r) = \sqrt{(\hat{K}_{12}(r) + N_1 \hat{K}_{21}(r)) / \pi (N_1 + N_2)} - r \dots\dots\dots (13)$$

种间是否显著关联, 采用 Monte Carlo 法来检验, 其中置信限为 99%。

3 结果

3.1 空间指数

表 1 给出了深圳福田红树林保护区海桑+无瓣海桑自然林中的 4 个红树植物种群空间结构的 CE、DM、TC 和 TH 指数的测定值。其中, CE 指数表明

海桑、无瓣海桑、秋茄和桐花树种群个体在水平空间上分布的位置是集群的。从 DM 指数来看, 海桑和秋茄个体与其它树种个体属于中度混交, 而无瓣海桑和桐花树个体与其它树种个体的混交程度相对较弱。这 4 个树种中, 海桑和无瓣海桑的 TC 指数介于 0.4~0.6, 表明它们个体之间的胸围差异明显, 秋茄 TC 指数介于 0.2~0.4, 表明其个体之间的胸围差异中等, 而桐花树的 TC 指数小于 0.2, 表明其个体之间的胸围差异较小。海桑的 TH 指数介于 0.4~0.6, 表明其个体之间的树高差异明显, 而无瓣海桑、秋茄和桐花树的 TH 指数介于 0.2~0.4, 表明这些树种个体之间的树高差异中等。

表 1 深圳福田海桑+无瓣海桑自然林组成种群的空间指数

Table 1 Spatial indices for the tree populations in a natural *Sonneratia caseolaris* + *S. apetala* forest in Futian, Shenzhen

种类 Species	CE	DM	TC	TH
海桑 <i>Sonneratia caseolaris</i>	0.301**	0.49	0.426	0.407
无瓣海桑 <i>S. apetala</i>	0.190**	0.38	0.449	0.360
秋茄 <i>Kandelia candel</i>	0.355**	0.52	0.281	0.275
桐花树 <i>Aegiceras corniculatum</i>	0.444**	0.26	0.184	0.223

** , 0.01 显著差异水平。CE<1, 趋于集群分布。DM 的取值为 0~0.25~0.50~0.75~1。T 值 0~0.2, 低度分异; T 值 0.2~0.4, 中等分异; T 值 0.4~0.6, 明显分异。

The symbol ** indicates significant difference at a level of 0.01. CE<1 indicates tendency towards clumping. DM can take values of 0~0.25~0.50~0.75~1. T values of 0 to 0.2 indicate low differentiation, 0.2 to 0.4 moderate differentiation, and 0.4 to 0.6 clear differentiation.

3.2 点格局

图 1 是采用 Ripley 的单变量 $\hat{L}(r)$ 方程对深圳福田红树林保护区海桑+无瓣海桑自然林组成种群空间点格局进行分析的结果。图 1 中表明, 海桑、无瓣海桑、秋茄和桐花树种群的 $\hat{L}(r)$ 值都大于 0, 而且它们的 $\hat{L}(r)$ 值曲线在所有尺度上都位于置信区间之外, 表明这些种群个体的空间分布显著偏离随机分布, 而趋于集群分布。

3.3 种间关系

图 2 是采用 Ripley 的双变量 $\hat{L}(r)$ 方程对深圳福田红树林保护区海桑+无瓣海桑自然林组成种群空间点格局进行分析的结果。图 2 中表明, 海桑—无瓣海桑、海桑—秋茄、桐花树—无瓣海桑以及秋茄—桐花树之间的 $\hat{L}_{12}(r)$ 值都小于 0, 表明它们之间的空间分布呈现负关联, 但是它们的 $\hat{L}_{12}(r)$ 值曲线在所有尺度上都位于置信区间之内, 说明这种负关

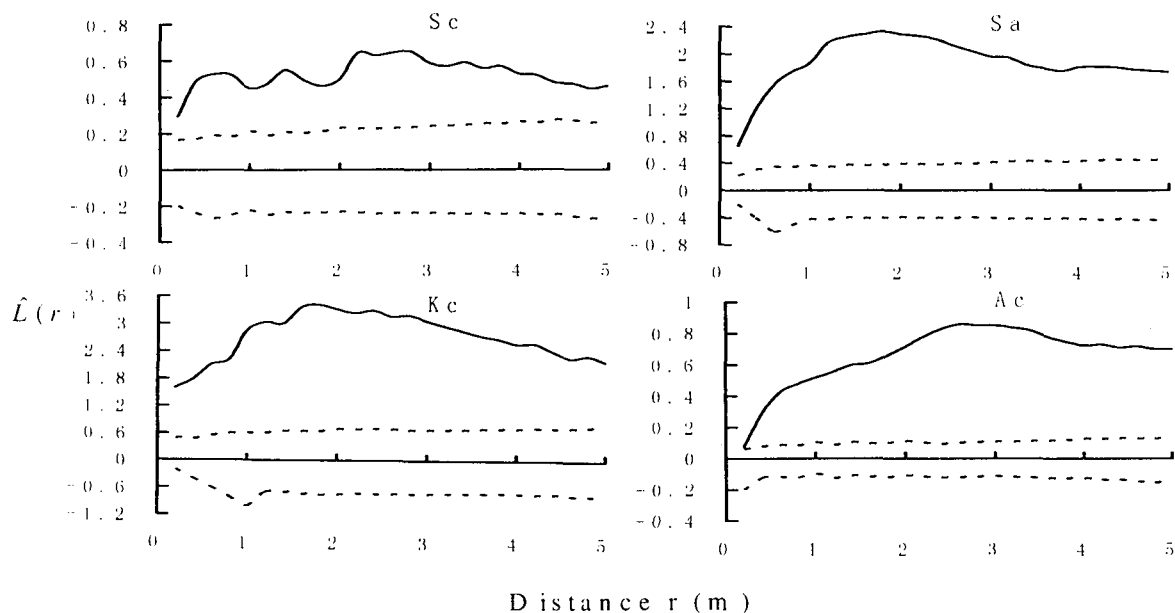


图 1 深圳福田海桑+无瓣海桑自然林组成种群的空间点格局分析

Fig. 1 Univariate spatial point pattern analysis for the tree populations in a natural *Sonneratia caseolaris* + *S. apetala* forest in Futian, Shenzhen

实线, $\hat{L}(r)$ 方程的值; 虚线, 完全空间随机分布的 99% 置信区间。 $\hat{L}(r)$ 值位于置信区间外, 表明种群明显趋于集群分布。 Sc, 海桑; Sa, 无瓣海桑; Kc, 秋茄; Ac, 桐花树。

Solid line, values of the $\hat{L}(r)$ function; dashed line, 99% confidence intervals for complete spatial randomness (CSR). A value of $\hat{L}(r)$ outside the confidence interval is interpreted as a significant departure from CSR towards clumping. Sc, *Sonneratia caseolaris*; Sa, *S. apetala*; Kc, *Kandelia candel*; Ac, *Aegiceras corniculatum*.

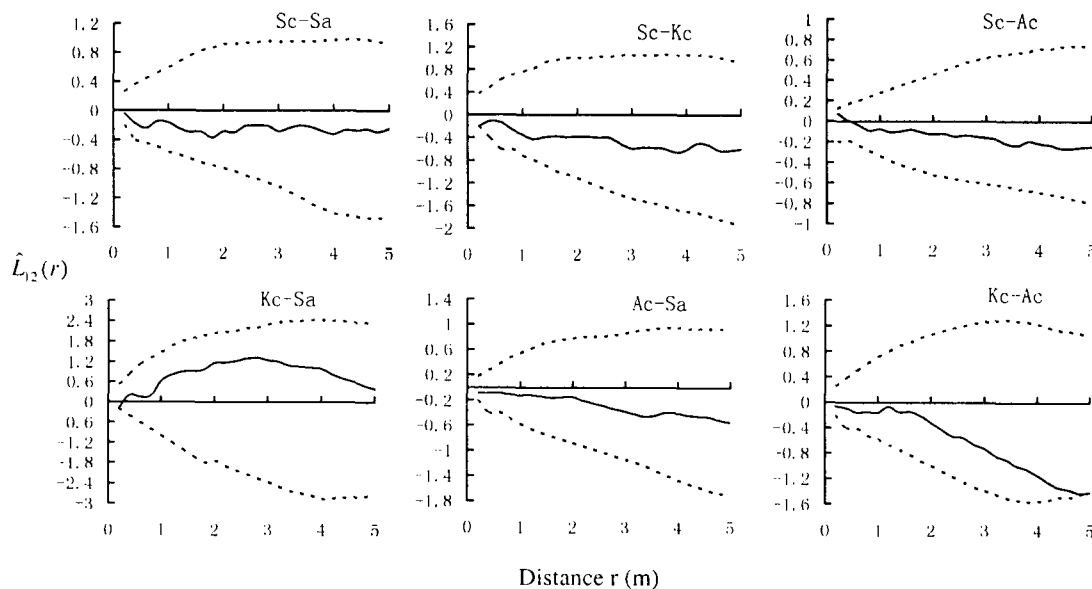


图 2 深圳福田海桑+无瓣海桑自然林组成种群间的点格局分析

Fig. 2 Bivariate spatial point pattern analysis for the tree populations in a natural *Sonneratia caseolaris* + *S. apetala* forest in Futian, Shenzhen

实线, $\hat{L}_{12}(r)$ 方程的值; 虚线, 99% 的置信区间。 $\hat{L}_{12}(r)$ 值位于置信区间内, 表明种间关联不显著。符号 Sc, Sa, Kc 和 Ac 的含义同图 1。
Solid line, values of the $\hat{L}_{12}(r)$ function; dashed line, 99% confidence intervals. A value of $\hat{L}_{12}(r)$ inside the confidence interval is interpreted as a non-significant association. The symbols Sc, Sa, Kc and Ac are the same as Fig. 1.

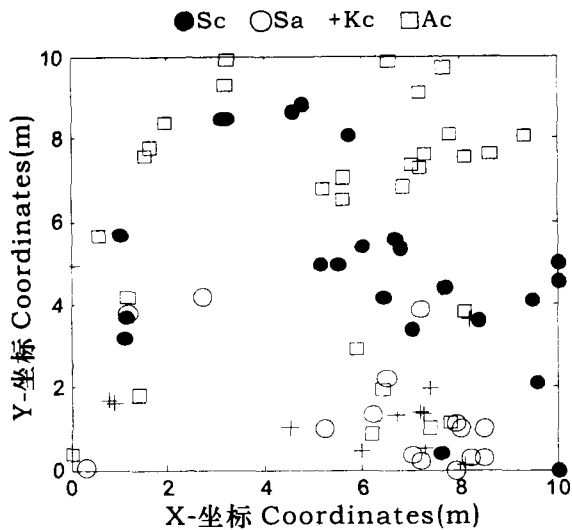


图 3 深圳福田海桑+无瓣海桑自然林组成种群的点格局
 Fig. 3 Mapped point pattern of tree populations in a natural *Sonneratia caseolaris* + *S. apetala* forest in Futian, Shenzhen
 符号 Sc, Sa, Kc 和 Ac 的含义同图 1
 The symbols Sc, Sa, Kc and Ac are the same as Fig. 1.

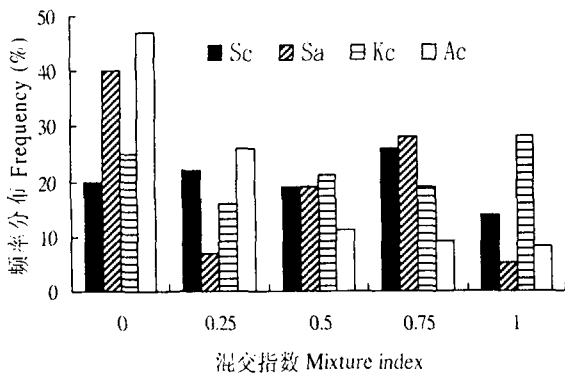


图 4 深圳福田海桑+无瓣海桑自然林组成种群的混交指数(DM)及其频率分布
 Fig. 4 Mixture index and its frequency distribution of tree populations in a natural *Sonneratia caseolaris* + *S. apetala* forest in Futian, Shenzhen
 DM=0, 零度混交; DM=0.25, 弱度混交; DM=0.5, 中度混交; DM=0.75, 强度混交; DM=1, 极强度混交。
 DM=0, no mixture; DM=0.25, low mixture; DM=0.5, moderate mixture; DM=0.75, strong mixture; DM=1, very strong mixture.

联不显著。海桑—桐花树之间除了在小于 0.4 m 尺度上 $\hat{L}_{12}(r)$ 值大于 0 而表现为正相关外,在其它的尺度上其 $\hat{L}_{12}(r)$ 值都小于 0,即呈现负关联,但是海桑—桐花树之间的 $\hat{L}_{12}(r)$ 值曲线在所有尺度上都位于置信区间之内,说明它们之间在水平空间分布

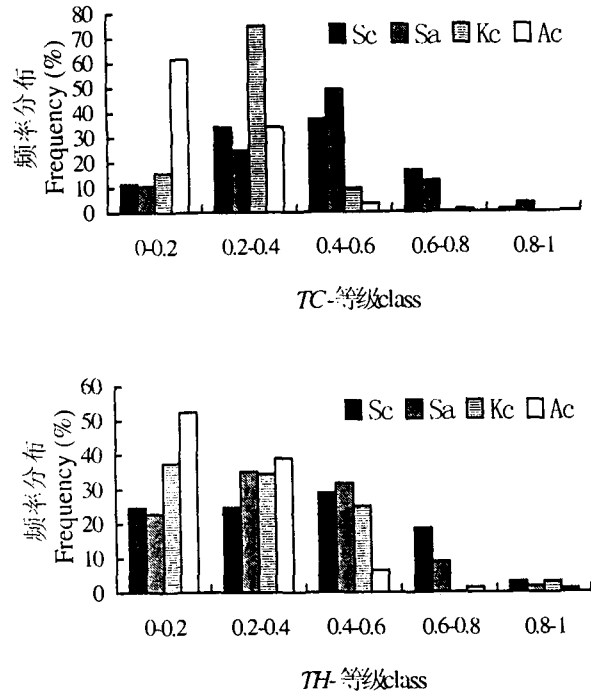


图 5 深圳福田海桑+无瓣海桑自然林组成种群的 TC 和 TH 分布
 Fig. 5 The TC and TH distribution of tree populations in a natural *Sonneratia caseolaris* + *S. apetala* forest in Futian, Shenzhen
 符号 Sc, Sa, Kc 和 Ac 的含义同图 1
 The symbols Sc, Sa, Kc and Ac are the same as Fig. 1.

上的关联不显著。秋茄—无瓣海桑之间在几乎所有尺度上的 $\hat{L}_{12}(r)$ 值都大于 0,呈现正相关,但是它们的 $\hat{L}_{12}(r)$ 值曲线位于置信区间之内,说明它们之间在水平空间分布上的关联不显著。

4 讨论

深圳福田红树林保护区的海桑和无瓣海桑均引种于海南。其中,海桑 1994 年引种,1999 年出现自然更新,并在海桑林林缘、自然林的林窗和裸露滩涂上均有分布,更新频度达 45% (陈玉军等,2003b)。无瓣海桑 1993 年引种,其自然扩散地主要在人工填海处的近岸裸露滩涂、河口淡咸水交汇处的泥滩上 (郑松发等,2004)。引种海桑和无瓣海桑不仅增加了保护区红树林的物种多样性和结构复杂性,而且它们都是速生丰产的先锋乔木树种,对生态环境的影响也较大,如可致使林下土壤颗粒组成发生明显改变,土壤含盐量升高, pH 值降低,有机质、N、P、K、Pb、Cu、Zn 等浓度升高;对自然林也产生了影响,

主要表现在促进自然林种群的高度、基径生长及自然林的更新和自然林向前缘滩涂的扩展(郑松发等, 2004; 管启杰等, 2001)。因此, 掌握海桑和无瓣海桑的自然扩散机制及其自然林的形成过程、分布格局、属性特征在空间上的配置格局以及与其它树种间的空间关系等, 将有助于进一步了解海桑和无瓣海桑的入侵性及其生态影响。

空间结构涉及种群个体及其属性特征在空间上的配置格局。为了有效地定量描述林分的空间结构, 一些学者提出了位置、混交和分异三种特征类型, 分别用 CE 、 DM 和 T 指数来定量度量(Kint 等, 2000; 2003)。表 1 中的 CE 指数与图 1 中的 Ripley's K -方程的分析结果相吻合, 即海桑+无瓣海桑自然林组成种群是以集群分布为特征。这种空间分布格局类型的形成主要取决于种的生物生态学特征, 因为同一植物种的个体对环境等条件的要求基本上是一致的。深圳福田的海桑+无瓣海桑自然林位于近岸的潮滩上, 是在 1998 年修筑海堤后逐渐成林的。林中的海桑、无瓣海桑、秋茄和桐花树种群个体在水平空间上的分布格局基本上呈现斑块状的镶嵌分布(图 3), 即某一种群个体主要出现在其它种群个体斑块之间的间隙中, 它们优先占据自己更为适生的局部环境。根据图 4, 海桑和秋茄种群个体周围 4 株最近相邻体为同种或其它种的机率都相对较高, 其中其它种是以桐花树为最近相邻体的机率最高, 而桐花树主要分布在林下层; 无瓣海桑和桐花树种群个体周围 4 株最近相邻体均为同种的机率达 40% 以上。说明这些树种同一种群个体聚集生长在局部适生小生境中的情形比较多, 因此各种群之间在水平空间分布上虽然存在某种程度的关联, 但不显著, 林分处于发育未成熟阶段。图 5 表明, 海桑、无瓣海桑、秋茄和桐花树分别有 50.5%、49.1%、56.3% 和 56.3% 个体的 TH 值以及分别有 48.5%、50.9%、56.3% 和 57.2% 个体的 TC 值低于它们各自的平均值, 表明这些树种相邻个体间的胸围和树高的差异还比较有限。这些分析结果与海桑+无瓣海桑自然林的实际情况相符, 因此也表明了 CE 、 DM 和 T 指数和 Ripley's K -方程能够有效地描述海桑+无瓣海桑自然林组成种群的空间结构特征。

参考文献:

郑德璋, 廖宝文, 郑松发, 等. 1999. 红树林造林经营技术及护

- 岸效益[A]. 见: 郑德璋, 廖宝文, 郑松发, 等. 红树林主要树种造林与经营技术研究[M]. 北京: 科学出版社, 6-28.
- Besag J. 1977. Contribution to the discussion of Dr Ripley's paper[J]. *Journal of The Royal Statistical Society*, **B39**: 193-195.
- Chen YJ(陈玉军), Liao BW(廖宝文), Peng YQ(彭耀强), et al. 2003a. Researches on the northern introduction on mangrove species *Sonneratia apetala* Buch-Ham(红树植物无瓣海桑北移引种的研究)[J]. *Guangdong Forestry Science and Technology*(广东林业科技), **19**(2): 9-12.
- Chen YJ(陈玉军), Zheng SF(郑松发), Liao BW(廖宝文), et al. 2003b. Study on the natural regeneration of mangrove species *Sonneratia caseolaris*(红树植物海桑天然更新的初步研究)[J]. *Forest Research*(林业科学研究), **16**(3): 306-311.
- Clark PJ, Evans FC. 1954. Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations[J]. *Ecology*, **35**: 445-453.
- Diggle PJ. 1983. Statistical analysis of spatial point patterns [M]. New York: Academic Press, 46-88.
- Hui GY(惠刚盈), Hu YB(胡艳波). 2001. Measuring species spatial isolation in mixed forests(混交林树种空间隔离程度表达方式的研究)[J]. *Forest Research*(林业科学研究), **14**(1): 23-27.
- Kint V, Lust N, Ferris R, et al. 2000. Quantification of forest stand structure applied to scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests[J]. *Invest Agr Sist Recur For Fuera de Serie*, **1**: 147-163.
- Kint V, Van Meirvenne M, Nachtergale L, et al. 2003. Spatial methods for quantifying forest stand structure evolution: a comparison between nearest-neighbor indices and geostatistics[J]. *Forest Science*, **49**: 36-49.
- Pélissier R, Goreaud F. 2001. A practical approach to studying the spatial structure in simple cases of heterogeneous vegetation stands[J]. *Journal of Vegetation Science*, **12**: 99-108.
- Ripley BD. 1977. Modelling spatial patterns[J]. *Journal of The Royal Statistical Society*, **B39**: 172-212.
- Zheng SF(郑松发), Liao BW(廖宝文), Chen YJ(陈玉军), et al. 2004. Biological characteristics and ecological adaptability for non-indigenous mangrove species *Sonneratia apetala* (外来红树植物无瓣海桑生物学特性与生态环境适应性分析)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志), **23**(1): 10-15.
- Zan QJ(管启杰), Wang YJ(王勇军), Wang BS(王伯荪). 2002. Accumulation and cycle of N, P, K elements in *Sonneratia apetala* + *S. caseolaris* mangrove community at Futian of Shenzhen, China(深圳福田红树林无瓣海桑+海桑群落 N、P、K 累积和循环)[J]. *Guihaia*(广西植物), **22**(4): 331-336.
- Zan QJ(管启杰), Wang YJ(王勇军), Wang BS(王伯荪). 2001. The ecological effects of *Sonneratia apetala* + *S. caseolaris* mangrove plantations in Futian, Shenzhen(深圳福田无瓣海桑+海桑人工林的生态影响)[J]. *Acta Sci Nat Univ Sunyatseni*(中山大学学报), **40**(6): 72-76.