

雷州半岛红树林空间结构研究

付春风¹, 刘素青²

(1 中南林业科技大学 测绘科学与技术学院, 湖南 长沙 410004; 2 广东海洋大学 农学院, 广东 湛江 524088)

摘要:利用角尺度、混交度和大小比数3个林分空间结构参数,分析了雷州半岛红树林的空间结构。结果表明:样地1、2、3、4的混交度为0.66、0.62、0.52、0.41,样地4介于弱度混交到中度混交之间,其他样地介于中度混交和强度混交之间;在空间大小对比上,白骨壤 *Avicennia marina* 的直径大小比数在4块样地中都较小,生长占有较大的优势,红海榄 *Rhizophora stylosa* 在各样地中都处于劣势和绝对劣势状态,其他树种平均大小比数都在0.5左右,生长上处于中庸状态;样地1、2、3、4的林分平均角尺度分别为0.61、0.43、0.45、0.63,样地1、4的林木分布格局为团状分布,样地2、3为均匀分布。

关键词:雷州半岛;红树林;空间结构;角尺度;混交度;大小比数

中图分类号:S718.5

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2009)03-0055-04

Analysis of the Stand Spatial Structure of Mangrove Forest in Leizhou Peninsula

FU Chun-feng¹, LIU Su-qing²

(1 School of Science and Technology in Surveying and Mapping, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China; 2 School of Agriculture, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Abstract: Stand spatial structure of mangrove forest in Leizhou Peninsula was investigated using three structure parameters (uniform angle index, mingling, and neighborhood comparison). The results showed that the average mingling in four plots were 0.66, 0.62, 0.52, 0.41 respectively, plot 4 was between low mixture and moderate mixture, the others were between moderate mixture and strong mixture; *Avicennia marina* were dominant at DBH neighborhood comparison, *Rhizophora stylosa* is suppressed, the others were intermediate; the uniform angle index of the four plots were 0.61, 0.43, 0.45, 0.63, respectively, which showed that the distribution of trees in plot 2 and 3 kept the uniform pattern, plot 1 and 4 were clumped distribution.

Key words: Leizhou Peninsula; mangrove; spatial structure; uniform angle index; mingling; neighborhood comparison

林分的空间结构是指林木的分布格局及其属性在空间上的排列方式。林分空间结构决定了树木之间的竞争势及其空间生态位。它在很大程度上决定了林分的稳定性、发展的可能性和经营空间大小^[1]。分析林分空间结构对制定正确的经营措施有着十分重要的意义。

红树林(Mangrove)是生长在热带、亚热带海岸潮间带或河流入海口的木本植物群落。红树林生态系统是地球上生产力最高的海洋四大生态系统之一,它跟农林业、沿海防灾减灾、海洋渔业、近海环境、海洋旅游密切相关,是陆地森林不可取代的特殊生态系统^[2-3]。我国红树林的现状和保护不容乐观,

收稿日期:2008-12-02

作者简介:付春风(1965—),女,讲师,硕士;通讯作者:刘素青(1963—),男,教授,博士,E-mail:liusuqing2001@yahoo.com.cn

基金项目:国家自然科学基金(30771724)

从20世纪60年代起的40年间,红树林面积剧减60%。现有红树林面积约 $2.5 \times 10^5 \text{ hm}^2$,大部分遭到破坏,结构受损,功能退化。林分空间结构对林木生长有特别重要的影响。在保护和恢复红树林中,如何重构合理的红树林林分空间结构,恢复红树林的系统功能,发挥红树林的生态功能和减灾防灾效用成为当前最为迫切需要解决的问题^[4,5]。本文采用混交度、大小比数和角尺度等林分空间结构参数对雷州半岛红树林的空间结构进行研究,为保护和恢复红树林功能提供理论依据。

1 研究区概况

广东雷州半岛位于中国大陆的最南端($20^\circ 15' \sim 21^\circ 55' \text{N}$, $109^\circ 40' \sim 110^\circ 55' \text{E}$),海岸线长1 556 km,区域陆地面积 $1.247 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。雷州半岛现有红树林面积7 700 hm^2 ,占全国红树林面积的32%,占广东省的78%,是中国红树林面积最大的地方,有红树植物15科24种;2002年雷州半岛红树林湿地被列入国际重要湿地^[6]。

形成雷州半岛红树林最常见的优势群落植物种类主要有白骨壤 *Avicennia marina*、红海榄 *Rhizophora stylosa*、秋茄 *Kandelia candel*、木榄 *Bruguiera grlmmor-rhiza*、桐花树 *Aegiceras corniculatum*、海漆 *Excoecaria agallocha*、黄槿 *Hibiscus tiliaceus* 等树种。全半岛有红树林分布点百余处,各处沿潮间带分布面积大小不一,最大片分布于廉江高桥红树林保护区内,连片面积达1 000 hm^2 以上^[7]。雷州半岛的红树林资源,尤其是其中的白骨壤古树群,是我国珍稀的海岸自然资源,有重要的自然资源保护与利用价值^[8]。

2 研究方法

2.1 调查方法

在雷州半岛最重要的2个红树林生长区域高桥镇和特呈岛选择4个具有代表性的典型地段设立样地。样地面积为20 m × 20 m,采用每木调查法,测量样地内所有树种胸径 $\geq 3 \text{ cm}$ 的个体特征值,即每个个体的树高、胸径、冠幅等数量特征。

2.2 分析方法

林分空间结构可从林木个体在水平地面上分布的空间格局、大小分化度和树种混交度3个方面加以描述,分别用角尺度、大小比数和混交度进行表达^[9-10]。空间结构分析以空间结构单元分析为基础。林分内任意一株单木和距离它最近的几株相邻木都可以构成林分空间结构单元,结构单元核心的那株

树叫参照树。空间结构单元的大小取决于在参照树的周围选取的相邻木的株数(n),根据惠刚盈等^[1]的研究结果,本文取 $n=4$,利用混交度、大小比数及角尺度等空间结构参数描述红树林林分空间结构。各结构参数及公式如下:

1) 混交度(M_i)^[1]指参照树 i 的 n 株最近相邻木中与参照树不属同种的个体所占的比例。用公式表示为

$$M_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \nu_{ij}, \quad (1)$$

其中:参照树 i 与相邻木 j 非同种时, $\nu_{ij}=1$;否则, $\nu_{ij}=0$ 。树种的混交程度是构建合理林分的首要前提。混交度清楚地描述了林分中任意一株树的最近相邻木为其他树种的概率,表征了树种空间隔离程度^[11]。根据式(1):混交度的5种可能取值0、0.25、0.50、0.75、1.00分别对应于零度、弱度、中度、强度、极强度混交(相对于此结构单元而言)。

2) 大小比数(U_i)^[12]指大于参照树的相邻木占所考察的全部最近相邻木的比例,它可以用于胸径、树高和冠幅。用公式表示为

$$U_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n k_{ij}, \quad (2)$$

其中:参照树 i 比相邻木 j 小时, $k_{ij}=1$;否则, $k_{ij}=0$ 。大小比数量化了参照树与其相邻木的关系,一个结构单元的 U_i 越低,比参照树大的相邻木越少,该结构单元参照树的生长越处于优势地位。 U_i 的可能取值及代表的意义为: $U_i=0$,代表相邻木均比参照树小; $U_i=0.25$,代表1株相邻木比参照树大; $U_i=0.50$,代表2株相邻木比参照树大; $U_i=0.75$,代表3株相邻木比参照树大; $U_i=1.00$,代表4株相邻木比参照树大。这5种可能分别对应于通常对林木状态的描述,即优势、亚优势、中庸、劣势和绝对劣势,它明确定义了被分析的参照树在该结构单元中所处的生态位。

3) 角尺度(W_i)^[13]指 α 角小于标准角 α_0 的个数占所考察的相邻最近树(n)的比例。用公式表示为

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n z_{ij}, \quad (3)$$

其中:当第 j 个 α 角小于标准角 α_0 时, $z_{ij}=1$;否则, $z_{ij}=0$ 。角尺度用来描述相邻树木围绕参照树的均匀性。从参照树出发,任意2个最近相邻木的夹角有2个,小角为 α ,最近相邻木均匀分布时的夹角为标准角 α_0 ,对于 $n=4$,最优标准角为 72° ^[14]。角尺度取值及其代表的意义为:绝对均匀(0)、均匀(0.25)、随机(0.50)、不均匀(0.75)、聚集(1.00)。

角尺度平均值($\bar{W}$)的计算公式为

$$\bar{W} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N W_i,$$

(4)

式中: W_i 是第 i 株参照树的角尺度; N 为参照树的总株数. 当 $\bar{W} < 0.475$ 时为均匀分布, 当 $0.475 \leq \bar{W} \leq 0.517$ 时为随机分布, 当 $\bar{W} > 0.517$ 时为团状分布^[15].

3 结果与分析

3.1 林分树种空间隔离程度

表1为按树种统计的混交度频率分布及平均混交度. 从各种结构单元混交度的频率分布看, 样地1中各树种都未出现零度混交, 强度混交和极强度混交占有较大的比例, 因此样地1中无单种聚集的情况. 样地2、3和4中都出现了某些树种中只出现极强度混交或强度混交的情况. 样地3中白骨壤零度混交达到了57%, 即大多数白骨壤周围无其他树种. 样地1、2、3和4的混交度分别为0.66、0.62、0.52和0.41, 群落的平均混交度依次减少. 样地4的混交度最小, 低于0.50, 表明该样地中有一半以上结构单元周围有一半是同种. 其他样地混交度均超过了0.50, 为中度混交以上.

从总体上来说, 各树种在不同样地中的混交度有所不同, 如白骨壤在样地1和2中呈现强度混交和极强度混交, 而在样地3和4中又表现为弱度混交; 桐花树在样地3中为极强度混交(100%), 在样地4中强度和极强度混交占有很大比例(66%), 而在样地2中又表现为零度混交和弱度混交占有较大比例(44%).

表1 各树种的混交度及其频率分布

Tab.1 The mingling and its distribution frequencies of species

样地	树种	混交度频率					平均混交度
		0	0.25	0.50	0.75	1.00	
1	全林地	0	0.18	0.29	0.27	0.27	0.66
	白骨壤	0	0	0.27	0.55	0.18	0.73
	红海榄	0	0.32	0.28	0.12	0.28	0.59
	木榄	0	0	0.33	0.33	0.33	0.75
2	全林地	0.13	0.13	0.27	0.07	0.40	0.62
	白骨壤	0	0	0	0	1.00	1.00
	秋茄	0	0	0	0	1.00	1.00
	桐花树	0.22	0.22	0.44	0.11	0	0.36
3	全林地	0.33	0.13	0.07	0.07	0.40	0.52
	白骨壤	0.57	0.29	0.14	0	0	0.14
	桐花树	0	0	0	0	1.00	1.00
4	全林地	0.26	0.16	0.32	0.21	0.05	0.41
	白骨壤	0.36	0.21	0.36	0.07	0	0.29
	红海榄	0	0	0	1.00	0	0.75
	桐花树	0	0	0.33	0.33	0.33	0.75

3.2 林木个体大小分化程度

表2给出了各样地中各树种按胸径计算的大小比数的分布频率和平均值. 根据大小比数的定义, 值越大代表相邻木越大, 而参照树不占优势. 从表2可见, 在样地1、2、4中, 各树种的平均胸径大小比数的差距都较大, 差别最大的为样地2, 达到了0.48, 表明这些样地中各树种直径大小分化存在较大的差异; 样地3中各树种的平均胸径大小比数差异较小. 在所有样地中, 白骨壤的平均胸径大小比数均为最小值, 说明白骨壤在所有样地中均占有优势, 在样地1和2中占有绝对优势; 而红海榄平均胸径大小比数都超过了0.50, 最大达到了0.88, 说明红海榄在各样地中都处于劣势和绝对劣势状态; 其他树种各种状态都有, 平均胸径大小比数都在0.5左右, 生长上处于中庸状态.

表2 各树种的胸径大小比数及其频率分布

Tab.2 The distribution of DBH neighborhood comparison and frequencies of species

样地	树种	胸径大小比数频率					平均胸径大小比数
		0	0.25	0.50	0.75	1.00	
1	白骨壤	0.55	0.18	0.27	0	0	0.18
	红海榄	0.08	0.24	0.16	0.28	0.24	0.59
	木榄	0.11	0.33	0.22	0.11	0.22	0.50
2	白骨壤	0.67	0.33	0	0	0	0.08
	秋茄	0.67	0.33	0	0	0	0.08
	桐花树	0	0.22	0.33	0.44	0	0.56
3	白骨壤	0.29	0.29	0.14	0.14	0.14	0.39
	桐花树	0.13	0.50	0.13	0	0.25	0.50
4	白骨壤	0.21	0.29	0.21	0.14	0.14	0.43
	红海榄	0	0	0	0.50	0.50	0.88
	桐花树	0.33	0	0	0.67	0	0.50

3.3 林木空间分布格局

角尺度用来描述相邻树木围绕参照树的均匀性, 它关注林木个体之间的方位关系, 不需要分树种统计, 只要考虑整个样地的取值情况即可.

各样地角尺度分布频率如图1所示, 样地中角尺度为0的分布频率都不高, 这说明绝对均匀分布的结构单元较少出现. 角尺度为0.50的分布频率在4块样地中都最高. 在样地2中, 秋茄绝对均匀的比例达到了33%. 在样地3中, 各树种角尺度为0和0.25的共占33%, 说明该样地各树种中都有相当比例的相邻木均匀或较均匀地围绕在参照树周围.

样地1、2、3和4的平均角尺度分别为0.61、0.43、0.45和0.63. 依照空间分布格局角尺度均值

判定标准^[16],样地1、4的林木分布格局为团状分布,样地2、3为均匀分布。

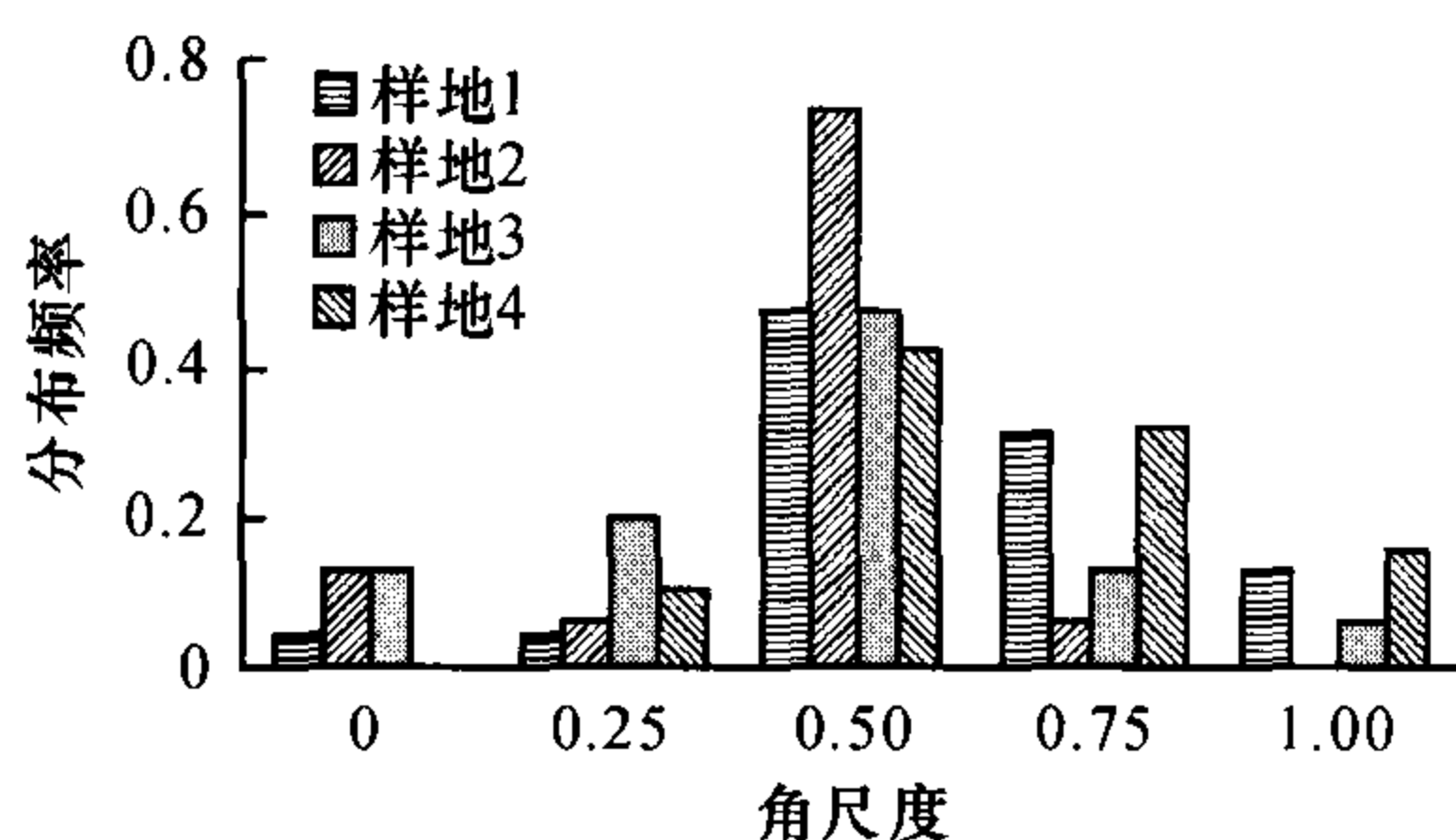


图1 各样地角尺度分布频率

Fig. 1 Distribution of uniform angle index

4 结论

通常情况下,林分如果不受严重干扰,经过漫长的进展演替后,顶级群落的水平分布格局应为随机分布^[17]. 本研究中样地1、2、3、4的平均角尺度分别为0.61、0.43、0.45、0.63,样地1、4属于团状分布,样地2、3属于均匀分布. 因此,雷州半岛红树林林分在今后的水平分布格局调整中应根据不同的群落类型,将一些角尺度居于0和0.25以及0.75和1.00的树木优先定为干扰树予以间伐,或者按其角度关系补植一些树木(最好不同种),从而使群落分布格局由均匀分布或团状分布向随机分布转变,逐步实现森林最佳结构目标。

在雷州半岛红树林中,白骨壤是先锋树种,可生长在中潮线之下,高潮时地上部分浸水深度可大于2.5 m,生长适应性好,既可生长于沙质坡度较大的海滩,也可生长于泥质中高潮线海滩^[7]. 本研究的结果也充分表明,白骨壤在各样地中都处于优势或绝对优势地位。

一般认为混交度越高,树种隔离程度越高,林分的结构越稳定^[18]. 雷州半岛红树林的混交度都不高,种类单纯,群落外貌简单,可以考虑适当引种外来树种,从而增加林分的混交程度和层次结构,形成一个完整的红树林生态系统,加速其向良性森林进展演替的步伐。

传统的森林经营体系往往只注重林木的树高、径级分布、生长量等指标,而忽视了林分的空间结构信息^[11]. 本研究应用生态系统经营理论,认为不仅在数量上进行保护和恢复,更重要的是要从系统的结构和功能上进行保护和恢复,通过系统空间结构的调整和重构,才能在扭转红树林面积减少的同时,扭转系统功能退化的趋势,保证红树林生态系统的健康、稳定和完整. 但是,红树林生态系统是较为特别

的生态系统,针对它所进行的经营应该十分慎重. 是否采伐或补植,还须遵循红树林的演替规律. 应以其长期经营历史为基础,充分利用空间结构对红树林进行保护和恢复,促进该生态系统健康稳定地发展。

参考文献:

- [1] 惠刚盈,胡艳波. 混交林树种空间隔离程度表达方式的研究[J]. 林业科学研究,2001,14(1):23-27.
- [2] ROBERTSON A I, ALONGI D M. Tropical mangrove ecosystems[M]. Washington, D C: American Geophysical Union, 1992:7-42.
- [3] 刘素青,曾群英. 红树林在海洋经济中的地位和作用[J]. 河北林果研究,1999,14(1):13-16.
- [4] 赵晟,洪华生,张洛平,等. 中国红树林生态系统服务的能值价值[J]. 资源科学,2007,29(1):147-154.
- [5] KATHIRESAN K. International training course on biodiversity in mangrove ecosystems [J]. UNU-UNESCO, 2003,3:10-24.
- [6] 邹发生,杨琼芳,蔡俊钦,等. 雷州半岛红树林湿地鸟类多样性[J]. 生态学杂志,2008,27(3):383-390.
- [7] 韩维栋,高秀梅,卢昌义,等. 雷州半岛的红树林植物组成与群落生态[J]. 广西植物,2003,23(2):127-132.
- [8] 韩维栋,高秀梅. 特呈岛红树林资源保护与利用研究[J]. 林业资源管理,2007,4(2):77-81.
- [9] HUI Gang-ying, GADOW K V. Das winkelmass-theoretische überlegungen zum optimalen standardwinkel [J]. Allgemeine Forst Jagdzeitung, 2002,173(9):173-177.
- [10] 廖彩霞,吴瑶,衣得萍,等. 林分空间结构的研究[J]. 林业科技情报,2007,39(2):40-41.
- [11] 郝云庆,王金锡,王启和,等. 柳杉纯林改造后林分空间结构变化预测[J]. 林业科学,2006,42(8):8-13.
- [12] 惠刚盈, GADOW K V, ALBERT M. 一个新的林分空间结构参数——大小比数[J]. 林业科学研究,1999,12(1):1-6.
- [13] 惠刚盈. 角尺度——一个描述林木个体分布格局的结构参数[J]. 林业科学,1999,35(1):37-42.
- [14] 惠刚盈, GADOW K V, 胡艳波. 林分空间结构参数角尺度的标准角选择[J]. 林业科学研究,2004,17(6):687-692.
- [15] 惠刚盈,李丽,赵中华,等. 林木空间分布格局分析方法[J]. 生态学报,2007,27(11):4717-4728.
- [16] 惠刚盈,冯佳多. 森林空间结构量化分析方法[M]. 北京:中国科学技术出版社,2003.
- [17] 惠刚盈,胡艳波. 角尺度在林分空间结构调整中的应用[J]. 林业资源管理,2006,2:31-35.
- [18] 胡艳波,惠刚盈. 优化林分空间结构的森林经营方法探讨[J]. 林业科学研究,2006,19(1):1-8.

【责任编辑 李晓卉】