

红树植物半人工小群落的生态学研究*

——直接引进的乔木种群对原灌木群落及其种群的扰动效应

郑松发 郑德璋 廖宝文 李 云 陈焕雄 陈光禄

摘要 采用现代的灰关联分析和关联极性分析与传统的方差分析和多重检验相结合的方法,深入地研究了4个红树植物乔木种群被人工引入一个次生灌木群落后对原群落及其种群的扰动效应,扰动性质、强度和机制,揭示了原群落中的两个灌木种群受扰动后表现出来的生态学特性。据此,为改造与此同类的红树林灌木群落及利用种群对种群进行生物控制提供指导。

关键词 红树植物、扰动效应、扰动性质、灰关联

在一个天然植物群落中的一个或几个部位以任何方式人工引入新的植物种群,使这些部位发育为与其它部位特征明显不同的小型植物有机组合,这种小型的植物有机组合便称为半人工小群落。文中研究的4个半人工小群落是以直接的方式,即对引入部位不作任何清理的方式,把4个红树植物乔木种群引入一个桐花树+角果木次生灌木群落中4个部位后形成的。目的是研究引入的乔木种群对原灌木群落及其种群的扰动效应。这种效应表现为原群落及其种群特征受到抑制或促进。因此,只要对其各个特征数进行综合比较和分析,便能得出各个引入种群引起的扰动效应的强弱,同时也能够了解到它们扰动作用的性质和机制以及灌木种群受扰动后表现出来的某些生态学特征。这无疑对于改造华南沿海滩涂普遍存在的同类型灌木群落,利用种群对种群进行有效的生物调节和控制有着重要的指导意义。

1 群落概况

4个半人工小群落处于海南省东寨港红树林保护区竹山村附近高潮滩的一个面积约66 hm²的桐花树+角果木次生灌木群落之中。1958年以前曾是一个高大而茂密的海莲+木榄群落。受多次破坏后,被大量的桐花树(*Aegiceras corniculatum* Blanco)和少量的角果木(*Ceriostagal* (Perr.) C. B. Rob.)所占领。不断地砍伐薪材和捕捉海产品等活动致使它们长期保持50~55 cm的高度。1985年,该保持区在其中相距约100 m、并排的4个部位,分别直接引入了海莲(*Bruguiera sexangula* (Lour) Poir)、木榄(*B. gymnorrhiza* (L.) Lamk)、红树(*Rhizophora apiculata* Blum)、红海榄(*R. stylosa* Griff)4个乔木种群,试图人工恢复从前的乔木林群落。各个引入种群种植规格均为2 m×1 m,面积约为0.2 hm²,至调查时止已8 a时间。保护区建立的这4个半人工小群落为今天开展系统的合作研究,提供了一方面的好材料。

1994-12-28 收稿。

郑松发助理研究员,郑德璋,廖宝文,李云(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520);陈焕雄,陈光禄(海南省东寨港国家级红树林保护区)。

* 本文为“八五”国家科技攻关专题“红树林主要树种造林和经营技术研究”和1992~1995年国家自然科学基金课题“红树林植被恢复的人为调控研究”重要内容之一。曾庆波研究员审阅了本文,并提出了宝贵意见,特此表示感谢!

2 研究方法

(1)从每个小群落的任一处出发,每隔相等的距离设立一个 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ 的灌木样方,4 个小群落一共设样方 4×16 个,调查记录其中的种类及其盖度,并按年龄级大于 4 a、2~4 a、小于 2 a 记录各种的株数、高度、地径。

(2)在接近 4 个小群落处未引入任何乔木种群的部位设立一个主对照区,又在远离主对照区约 500 m 处设立一个次对照区,以相同方式在其中设立 16 个样方,并作相应的调查记录。

(3)根据调查的信息,在每个小群落和主对照区的 16 个样方中分别找出一个最接近平均值的样方,收获全部的灌木,按种类、枝条、叶子分别称重,并抽取各组的适量样品,在 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下烘至恒重,求出 4 个小群落和主对照区共 5 个收获样方中各个种类的地上部分生物量和总生物量。根据同一种类株数的比例关系,推算各小群落和主对照区中其它样方各种类的地上部分生物量和总生物量。

3 数据分析及其结果

3.1 原灌木群落及其种群特征数的计算及分析

根据上面调查取得的材料,分别从整体上计算原群落及其种群的各个特征数(见表 1),某一种群的优势度是用它在各样方中植冠覆盖面积总和除以各样方面积总和而得。信息多样性指数用如下公式计算:

$$D = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

式中: S 为种数; $P_i = N_i/N$,这里 N_i 为 ≥ 2 年生的某一种群的个体数, N 为各种群个体数总和。由于 2 年生以下的个体在短时间内会大量死亡,故在涉及个体数的其它特征的计算中也把

表 1 从各小群落及对照区求得的原灌木群落及其种群特征数

特征数名称 k	主对照区 X_0	海莲小群落 X_1	红树小群落 X_2	红海榄小群落 X_3	木榄小群落 X_4	
密度 (株/ m^2)	桐花种群 i_1	28.6	18.6	15.4	12.2	12.3
	角果木种群 i_2	0.3	9.7	4.6	0.5	1.3
	总密度	28.9	28.3	20.0	12.7	13.6
优势度	桐花种群 i_1	0.68	0.31	0.42	0.38	0.33
	角果木种群 i_2	0.01	0.23	0.11	0.02	0.03
	总优势度	0.69	0.54	0.53	0.40	0.36
频度	桐花种群 i_1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	角果木种群 i_2	0.6	1.0	0.9	0.8	0.9
	总频度	1.6	2.0	1.9	1.8	1.9
地上生物 量 ($\text{kg}/4\text{ m}^2$)	桐花种群 i_1	5.37	1.72	1.71	2.07	0.70
	角果木种群 i_2	0.01	1.75	0.43	0.79	0.55
	总生物量	5.38	3.47	2.14	2.86	1.25
信息多样性指数	0.09	0.92	0.78	0.24	0.47	
加权 $H(\text{cm})$	桐花种群 i_1	52.5	39.2	47.9	49.7	44.8
	角果木种群 i_2	42.3	34.0	41.2	42.5	23.8
	总加权 \bar{H}	52.4	37.4	46.3	49.4	42.8
加权 $\bar{D}(\text{cm})$	桐花种群 i_1	1.4	1.1	1.2	1.3	1.2
	角果木种群 i_2	1.3	1.1	1.1	1.5	0.9
	总加权 \bar{D}_0	1.4	1.1	1.2	1.3	1.2

2年生以下的个体排除在外。

表1虽然从各个侧面反映了4个乔木种群引入后对原灌木群落及其种群的影响情况,但要准确判断它们施加的扰动效应的强弱,还需借助一种能综合各个特征数的分析方法。

3.2 灰关联分析^[1]

这一分析适于综合衡量各乔木种群产生的扰动效应的相对强弱。分为两级水平来进行:一是根据各小群落及主对照区求出的原群落总体特征的灰关联分析;二是各小群落及主对照区相应灌木种群特征的灰关联分析。关联度越大,说明与对照区的特征越接近,乔木的扰动效应就越小。

3.2.1 原灌木群落总体特征的灰关联分析 设各总体特征数据列的元素构成为:

$$X_i = \{\text{总密度、总优势度、总频度、总地上部分生物量、信息多样性指数、总加权平均高、总加权平均地径}\} = \{x_i(k) | i=0,1,\dots,4; k=1,2,\dots,7\} \quad (1)$$

取 X_0 为参考数据列, X_1, X_2, X_3, X_4 为比较数据列,用下列公式计算关联系数:

$$\xi_i = \frac{\text{Min}_k \text{Min}_i |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \text{Max}_k \text{Max}_i |x_0(k) - x_i(k)|}{\text{Min}_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \text{Max}_k \text{Max}_i |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (2)$$

式中: $\text{Min}_k \text{Min}_i |x_0(k) - x_i(k)|$ 为 x_0 与 x_i 的二级最小绝对差; $\text{Max}_k \text{Max}_i |x_0(k) - x_i(k)|$ 为 x_0 与 x_i 的二级最大绝对差,即在参考数据列和所有的比较数据列的各时刻的差值中找一个最小绝对差和最大绝对差; ρ 为分辨系数,通常取 $\rho=0.5$ 。

第 i 个小群落与主对照区在总体特征上的灰关联度计算公式为:

$$\gamma_i = \sum_{k=1}^n \xi_i(k) / n \quad (3)$$

3.2.2 各小群落及主对照区相应的灌木种群特征的灰关联分析 设各小群落及主对照区两个种群特征数据列的元素构成为:

$$x_{ij} = \{\text{密度, 优势度, 频度, 生物量, 加权平均高, 加权平均地径}\} = \{x_{ij}(k) | i=0,1,\dots,4; j=1,2; K=1,2,\dots,6\} \quad (4)$$

取 x_{0j} 为参考数据列,以 $x_{1j}, x_{2j}, x_{3j}, x_{4j}$ 为比较数据列。其余计算公式与上相同,仅需下标作相应的改变便可得到第 i 个小群落第 j 个种群特征与主对照区相应种群特征的灰关联系数 ξ_{ij} 和灰关联度 γ_{ij} 。

3.2.3 灰关联分析结果 在进入灰关联分析之前,必须对表1中的特征数作规一化处理。这里采用总和规一化处理方法,即将某一特征数的各个数值除以这一特征数的所有数值的总和。这样,便可将各相应特征值代入上述各式,计算结果如表2。

表2 灰关联分析结果

与主对照区的关联度	关联度序
$\gamma_1=0.723$ $\gamma_2=0.700$ $\gamma_3=0.749$ $\gamma_4=0.659$	$\gamma_3 > \gamma_1 > \gamma_2 > \gamma_4$
$\gamma_{11}=0.692$ $\gamma_{21}=0.727$ $\gamma_{31}=0.732$ $\gamma_{41}=0.688$	$\gamma_{31} > \gamma_{21} > \gamma_{11} > \gamma_{41}$
$\gamma_{12}=0.594$ $\gamma_{22}=0.742$ $\gamma_{32}=0.869$ $\gamma_{42}=0.783$	$\gamma_{32} > \gamma_{42} > \gamma_{22} > \gamma_{12}$

根据表2和上面3.2中所述的原理,可作如下判断:引入的各乔木种群对原灌木群落总体水平的扰动效应相对大小为:木榄 > 红树 > 海莲 > 红海榄;对桐花树种群的扰动效应相对大小

为:木榄>海莲>红树>红海榄;对角果木种群的扰动效应相对大小为:海莲>红树>木榄>红海榄。

3.3 方差分析和多重检验

这一分析和检验是用来进一步确定扰动强度是否达到显著水平和扰动性质(促进还是抑制)的。利用取得的样方资料(因篇幅所限而未能列出),把主对照区和4个不同的乔木树种的引入看作是单个因素的5个不同处理,把分别随机设立的16个样方看作是每个处理的16次重复,这样,便可进行单因素的方差分析和多重检验,结果见表3、4、5、6和7。

表3 主对照区及各小群落中原灌木群落总体特征方差分析

原灌木群落特征数	变因	平方和	自由度	均方	F值	$F_{0.01}$	显著性
总密度	处理间	3 671.77	4	917.94	18.83	3.58	极显著
	处理内	3 657.10	75	48.76			
总优势度	处理间	1.14	4	0.29	9.67	3.58	极显著
	处理内	2.05	75	0.03			
总地上部分生物量	处理间	155.76	4	38.94	36.39	3.58	极显著
	处理内	80.54	75	1.07			
信息多样性指数	处理间	4.31	4	1.08	21.60	3.58	极显著
	处理内	3.86	75	0.05			
总加权平均高	处理间	2 066.01	4	516.50	14.12	3.58	极显著
	处理内	2 743.71	75	36.58			
总加权平均地径	处理间	1.37	4	0.34	6.80	3.58	极显著
	处理内	3.84	75	0.05			

表4 主对照区及各小群落中原灌木群落总体特征多重检验(99%置信区间)

原灌木群落特征数	相应的乔木种群	参与检验的样方数	平均特征值	归 类	原灌木群落特征数	相应的乔木种群	参与检验的样方数	平均特征值	归 类
总密度 (株/m ²)	红海榄	16	12.71	a	总优势度	木 榄	16	0.36	a
	木 榄	16	13.68	a		红海榄	16	0.40	a
	红 树	16	20.02	ab		红 树	16	0.53	ab
	对 照	16	28.27	b		海 莲	16	0.55	ab
	海 莲	16	28.36	b		对 照	16	0.69	b
总地上部分 生物量 (kg/4 m ²)	木 榄	16	1.25	a	信息多样性 指数	对 照	16	0.08	a
	红 树	16	2.14	ab		红海榄	16	0.22	a
	红海榄	16	2.93	b		木 榄	16	0.37	a
	海 莲	16	3.47	b		红 树	16	0.56	bc
	对 照	16	5.38	c		海 莲	16	0.73	c
总加权 平均高 (cm)	海 莲	16	37.03	a	总加权平均 地径 (cm)	海 莲	16	1.06	a
	木 榄	16	42.54	ab		红 树	16	1.18	ab
	红 树	16	45.74	bc		木 榄	16	1.23	ab
	红海榄	16	49.27	bc		红海榄	16	1.26	ab
	对 照	16	51.39	c		对 照	16	1.46	b

表5 主对照区及各小群落中桐花树种群特征方差分析

桐花树种群特征数	变因	平方和	自由度	均方	F值	$F_{0.01}$	显著性
密 度	处理间	2 709.76	4	677.44	11.69	3.58	极显著
	处理内	4 346.09	75	57.95			
优势度	处理间	1.45	4	0.36	12.00	3.58	极显著
	处理内	2.47	75	0.03			

(续表)

桐花树种群特征数	变因	平方和	自由度	均方	F值	$F_{0.01}$	显著性
地上部分生物量	处理间	203.79	4	50.95	70.76	3.58	极显著
	处理内	53.69	75	0.72			
加权平均高	处理间	1 672.24	4	418.06	10.00	3.58	极显著
	处理内	3 134.11	75	41.79			
加权平均地径	处理间	1.39	4	0.35	7.00	3.58	极显著
	处理内	3.91	75	0.05			

表6 主对照区及各小群落中角果木种群特征方差分析

角果木种群特征数	变因	平方和	自由度	均方	F值	$F_{0.01}$	显著性
密度	处理间	1 021.28	4	255.32	11.31	3.58	极显著
	处理内	1 693.19	75	22.58			
优势度	处理间	0.58	4	0.15	15.00	3.58	极显著
	处理内	0.99	75	0.01			
地上部分生物量	处理间	26.89	4	6.72	9.46	3.58	极显著
	处理内	52.88	75	0.71			
加权平均高	处理间	2 917.94	4	729.49	9.09	3.64	极显著
	处理内	5 057.36	63	80.28			
加权平均地径	处理间	4.46	4	1.12	8.00	3.64	极显著
	处理内	8.58	63	0.14			

表7 主对照区及各小群落中桐花树种群和角果木种群特征多重检验(99%置信区间)

原灌木群落特征数	桐花树种群				角果木种群			
	对应的乔木种群	参与检验的样方数	平均特征值	归类	对应的乔木种群	参与检验的样方数	平均特征值	归类
密度 (株/m ²)	红海榄	16	12.21	a	对照	16	0.35	a
	木榄	16	12.36	a	红海榄	16	0.51	a
	红树	16	15.36	a	木榄	16	1.33	a
	海莲	16	18.64	ab	红树	16	4.66	ab
	对照	16	27.96	b	海莲	16	9.75	b
优势度	海莲	16	0.31	a	对照	16	0.01	a
	木榄	16	0.33	a	红海榄	16	0.02	a
	红海榄	16	0.38	a	木榄	16	0.03	a
	红树	16	0.42	a	红树	16	0.11	ab
	对照	16	0.69	b	海莲	16	0.24	b
地上部分生物量 (kg/4 m ²)	木榄	16	0.69	a	对照	16	0.01	a
	红树	16	1.71	ab	红树	16	0.43	a
	海莲	16	1.72	ab	木榄	16	0.55	a
	红海榄	16	2.07	b	红海榄	16	0.79	ab
	对照	16	5.37	c	海莲	16	1.75	b
加权平均高 (cm)	海莲	16	38.76	a	木榄	15	26.85	a
	木榄	16	44.00	ab	海莲	16	38.04	ab
	红树	16	46.44	ab	红树	15	39.41	ab
	红海榄	16	49.86	b	对照	9	40.63	b
	对照	16	51.75	b	红海榄	13	46.61	b
加权平均地径 (cm)	海莲	16	1.05	a	木榄	15	0.73	a
	红树	16	1.21	ab	红树	15	1.08	ab
	红海榄	16	1.26	ab	海莲	16	1.21	ab
	木榄	16	1.27	ab	对照	9	1.30	ab
	对照	16	1.46	b	红海榄	13	1.49	b

注:在角果木种群特征的方差分析和多重检验中,前3个特征数不排除缺值,后两个指标排除缺值,因为这样才不会影响该种群在各个小群落中的实际情况。

从方差分析结果得知,主对照区和各小群落中原群落特征及其种群特征有极显著的差异,这表明引入的各乔木种群所施加的扰动效应已达到了不可忽略的程度。多重检验结果表明这种扰动并不是对所有特征的全面扰动,而是对一些特征扰动很大,对另一些特征扰动很小甚至没有什么扰动。为了在次生林改造时便于应用和更清楚地分辨各个多重检验的结果,把灌木受到扰动的两个方面(抑制和促进)达到极显著程度的特征归纳成表 8。

表 8 原灌木群落及其种群受引入的乔木种群扰动达到极显著程度的特征

扰动者	受抑制达到极显著程度的特征	受促进达到极显著程度的特征
海 莲	总地上部分生物量;总加权平均高;总加权平均地径;桐花种群优势度、地上部分生物量、加权平均高和加权平均地径	原群落信息多样性;角果木种群密度、优势度和地上部分生物量
红 树	总地上部分生物量;桐花种群密度、优势度和地上部分生物量	原群落信息多样性
木 榄	总密度;总优势度;总地上部分生物量;总加术平均高;桐花种群密度、优势度、地上部分生物量;角果木种群加权平均高	
红海榄	总密度;总优势度;总地上部分生物量;桐花种群密度、优势度、地上部分生物量	

根据表 8 可作如下判断:引入的 4 个乔木种群对主要的灌木种群桐花树均有抑制作用,而对角果木种群的作用为:海莲有明显的促进作用;红树有轻微的促进作用(原群落的信息多样性明显的提高,意味着次要种群密度有较大提高);木榄有轻微的抑制作用;红海榄作用效果不明显,既没有促进也没有抑制。由于桐花树种群在原群落中处于主导地位,它受抑制导致了原群落总体水平受抑制。

4 讨 论

4.1 主对照区可以作为对照的验证

上面取得的结果均是建立在主对照区基础上取得的,因此,主对照区是否具有代表性便成了研究结果正确与否的关键。设立的次对照区可有效地证明它的代表性,见表 9。

表 9 两个对照区取得的灌木群落重要值组成的比较

对照区	种 群	相对密度 x_1	相对频度 x_2	相对优势度 x_3	重要值 $x_1+x_2+x_3$	重要值 ^[2] x_1+x_3
主对照区	桐 花	98.8	62.5	98.6	259.9	197.4
	角果木	1.2	37.5	1.4	40.1	2.6
次对照区	桐 花	98.9	66.7	98.5	264.1	197.4
	角果木	1.1	33.3	1.5	35.9	2.6

从表 9 可知,两个对照区取得的灌木群落的重要值组成是如此接近。如果排除相对频度计算重要值,那么不同对照区相应种群的重要值是相等的,这种现象反映了灌木群落生境内的匀质性。由此可以推断,假如不人工引入乔木种群,那么目前研究的各个小群落内的原群落特征与主对照区应该是极其接近的,在一个较大的范围是尚且如此,一个小的范围就更不必说了。因此,以主对照区为基础取得的分析结果是可靠的。

4.2 多重检验结果与灰关联分析结果的比较分析

综合研究表 4 和表 7 各个多重检验的归类结果,可发现它与灰关联分析结果是殊途同归

的。用下列记分标准来进行综合:(1)每隔主对照区一类加一分;(2)与主对照区同一类记零分;(3)如遇到可归入较近对照区的一类又可归入较远对照区的一类,则归入较远对照区的一类,并给记相应类的分数;(4)按总得分排列引入的乔木种群对原群落及其种群扰动效应的相对大小,结果见表 10。

表 10 乔木种群对原灌木群落及其种群扰动效应按多重检验归类记分并排序

引入的乔木种群	对 各 特 征 扰 动 得 分						总分	扰动能力次序
	密度	优势度	地上生物量	信息多样性	加权平均高	加权平均地径		
(针对原群落总特征)								
红 树	1	1	2	2	1	1	8	
木 榄	1	1	2	1	2	1	8	木榄=红树
海 莲	0	1	1	2	2	1	7	>海莲>红
红海榄	1	1	1	0	1	1	5	海榄
(针对桐花种群特征)								
红 树	1	1	2		1	1	6	木榄=海莲
木 榄	1	1	2		1	1	6	=红树>红
海 莲	1	1	2		1	1	6	海榄
红海榄	1	1	2		0	1	4	
(针对角果木种群特征)								
红 树	1	1	0		1	0	3	海莲>红树
木 榄	0	0	0		1	1	2	>木榄=红
海 莲	1	1	1		1	0	4	海榄
红海榄	0	0	1		0	1	2	

表 10 的排列次序与灰关联分析得出的排列次序并不矛盾,因为它并没有改变后者的位置。虽然有些地方“大于”被变为“等于”,这正好说明其中某些引入种群施加扰动作用的相似性,同时也说明了灰关联分析方法能够敏感地反映它们的这种作用的微小差异。多重检验分辨出的差异,是超过一定显著水平的差异,因而排列次序中某些地方“大于”被变为“等于”。综上所述,这两种结果可以相互补充。

4.3 分析结果的解释

不同乔木种群引入一个灌木群落后,随着时间的推移,它们逐渐发展为上层的优势种群。虽然它们对于群落中的灌木种群可能存在许多不同的作用方式,但有一个明显的共同作用方式就是产生对灌木种群的蔽荫作用。一方面,由于不同乔木种群具有不同的特点,故这种蔽荫作用便有强弱之分,因而对原灌木群落及其种群所产生的扰动效应也就有大有小;另一方面,由于不同灌木种群的生态特性不同,故对于蔽荫作用便有不同的反应,蔽荫对自身有利便表现为种群特征受促进,不利便表现为受抑制。表 11 用测得的单位面积叶生物量鲜重和平均冠幅来反映各个引入树种的蔽荫强度。

表 11 各个引入树种的叶生物量鲜重和平均冠幅

		海 莲	红 树	红海榄	木 榄
叶生物量(kg/100 m ²)		25.37	25.99	65.33	80.71
平均冠幅(m)		1.11	0.99	0.94	1.08
叶平均大小(cm)	长度	10.50	11.50	11.00	11.00
	宽度	4.00	4.50	5.50	5.50
质 地		薄革质	革 质	革 质	革 质

从表 11 可知,在平均冠幅、叶大小及其质地大体一致的情况下,叶多的其蔽荫强度也大。随着蔽荫强度的加大,角果木种群出现了相应的变化。海莲的蔽荫强度大小适中,对它的促进作用明显;红树的蔽荫强度稍大,对它的促进作用不明显;到达红海榄的蔽荫强度,出现了抑制和促进的平衡状态;木榄的蔽荫强度最大,对它的高生长产生了明显的抑制。由此可见,角果木种群是一个耐荫种群。在其母树下,2 年生以上的幼树随处可见;在海南清澜港,它能与天然、较稀疏的海莲种群正常混生;在泰国和马来西亚,它也能与红树和红茄冬(*Rhizophora mucronata* Lamk.)种群正常混生。这些例子也有效地证明它是一个耐荫种群,而以往普遍认为红树植物种类均不耐荫^[3]。

5 结论和建议

(1)综合灰关联分析和多重检验的归类结果,引入的 4 个乔木种群对原群落及其中的桐花树和角果木种群的扰动效应分别为:木榄 \geq 红树 $>$ 海莲 $>$ 红海榄;木榄 \geq 海莲 \geq 红树 $>$ 红海榄;海莲 $>$ 红树 $>$ 木榄 \geq 红海榄。

(2)蔽荫对桐花树种群是极其不利的,而适度的蔽荫对角果木种群是有利的。

(3)海莲和红树种群对桐花树种群的抑制,一方面是自身直接产生的,另一方面是通过对角果木种群的促进间接产生的,因而海莲和红树的蔽荫强度虽小于红海榄,但它们的抑制作用却大于红海榄。

(4)由于 4 个乔木种群对桐花树种群密度或优势度特征的抑制目前已达到了极显著的程度,可以预计桐花树种群不久将在各小群落中消失,在海莲小群落中的消失时间将会延长。

(5)如果想长久建立海莲或红树混交林,最好选择角果木作为搭配树种,但要注意乔灌比例。在用直接方式引入乔木种群改造桐花树+角果木灌丛群落时,可利用表 8 的结果来实现对灌木有目的且有效的控制。

参 考 文 献

- 1 傅立. 灰色系统理论及其应用. 北京:科学技术文献出版社,1992.
- 2 蒋有绪,卢俊培,等. 中国海南岛尖峰岭热带森林生态系统. 北京:科学出版社,1991. 85.
- 3 Snedaker S C, Lahmann E J. An alternative explanation for the lack of a mangrove understory. *Journal of Tropical Ecology*. 1988. 4:411~414.

Ecological Study on the Small Mangrove Communities Established by Partial Artificial Method

The Disturbance Effect of the Arbor Populations Introduced Directly
into the Original Shrub Community and Its Shrub Populations

Zheng Songfa Zheng Dezhang Liao Baowen Li Yun
Chen Huanxiong Chen Guanglu

Abstract By the modern method of grey relative analysis in combination with the traditional methods of variance analysis and multiple examination, the paper dealt with the disturbance effect of four arbor mangrove populations, which were introduced artificially into a secondary shrub community eight years ago. Two shrub populations (*Agiceras corniculatum* and *Ceriops tagal*) and the whole community as well as the disturbance intensity, properties and mechanism were studied. Which revealed the ecological characteristics of above shrub populations after being disturbed. Therefore, guidance is provided for improving the same types of other shrub communities by using the arbor populations to control the shrubs by means of biological measures.

Key words mangrove populations, disturbance effect, disturbance characteristics, gray relation

Zheng Songfa, Assistant Professor, Zheng Dezhang, Liao Baowen, Li Yun (The Research Institute of Tropical Forestry, CAF Guangzhou 510520); Chen Huanxiong, Chen Guanglu (Mangrove Reserve of Dongzhai Harbour, Hainan Province).