

福建东山岛海岸带潺槁树种群生命表分析

游水生¹, 叶功富^{2*}, 徐俊森², 陈世品¹, 崔冬冬¹

(1. 福建农林大学 林学院, 福州 350001; 2. 福建省林业科学研究院, 福州 350012)

摘要: 为揭示海岸带天然植被中潺槁树种群生命过程, 对东山岛海岸带风积沙地潺槁树林进行调查和数据统计, 通过编制种群生命表, 绘制存活曲线、死亡率曲线、亏损度曲线、死亡密度函数曲线、积累死亡函数曲线和危险率函数曲线, 分析了其种群的年龄结构。结果表明, 该种群的年龄结构呈反J分布型、属于增长型种群。其存活曲线介于Deevey-II型和Deevey-III型之间, 呈现2个死亡高峰。4个生存函数值(生存率、积累死亡率、死亡密度、危险率)均说明该种群具有前期增长、后期稳定的特点。潺槁树是南亚热带季风常绿阔叶林优势种之一, 对土壤、光的适应性强且生长迅速的一种优良前顶极种。研究结果对海岸带天然植被的恢复和重建提供了早期研究基础。

关键词: 潺槁树; 种群; 生命表; 存活曲线

中图分类号: Q948.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2009)01-0096-07

Analysis of life table of *Litsea glutinosa* population on the coast in Dongshan Island

YOU Shui-Sheng¹, YE Gong-Fu^{2*}, XU Jun-Sen²,
CHEN Shi-Pin¹, CUI Dong-Dong¹

(1. College of Forestry, Fujian Agricultural and Forestry University, Fuzhou 350001, China;

2. Fujian Academy of Forestry Sciences, Fuzhou 350012, China)

Abstract: In order to reveal the life process of *Litsea glutinosa* population in the natural vegetation of coast zone, the aeolian sand *L. glutinosa* forest on coast of Dongshan Island was investigated. Based on data statistic, the age structure of *L. glutinosa* population with the static life table, the curves of survival rate, mortality rate, killing value, mortality density function, cumulative mortality rate, hazard rate function were analyzed. The results showed that the age structure of this population appeared to distribute in an inversed J shape and was at the up-growth stage. The survival curve of the population was between Deevey II and Deevey III with two peaks of mortality rate. Four functions (survival rate, mortality rate, mortality density function, hazard rate) all indicated that the population increased at the early stage and kept stable at the late stage. *L. glutinosa* is one of the species dominating the southern subtropical evergreen broad-leaved forest. *L. glutinosa* is well adapted on soil and light, with fast growth speed, which is an excellent preclimax species. The results provided fundamental data for the restoration and re-establishment of coast natural vegetation at the early research stage.

Key words: *Litsea glutinosa*; population; life table; curves of survival rate

海岸带地处海陆交接地带, 属生态脆弱区, 区内各种海洋性灾害、土壤盐渍化、干旱、洪涝等多种灾害互相交织和频繁发生及人类频繁的干扰(郑卓, 1998; 叶功富等, 2006), 限制了许多树种的生存和生

收稿日期: 2007-11-02 修回日期: 2008-10-25

基金项目: 国家“十一五”科技攻关项目(2006BAD03A14-01); 福建省科技重点计划项目(2008N0002)[Supported by Key Technologies Research and Development Program of State 11th Five-Year Plan Project(2006BAD03A14-01); Provincial Key Scientific and Technological Plan Project of Fujian Province (2008N0002)]

作者简介: 游水生(1951-), 男, 福建南平人, 教授, 主要从事植物分类学和恢复生态学研究, (E-mail) fjyss@126.com.

* 通讯作者 (Author for correspondence, E-mail: yegongfu@126.com)

长,给国民经济和沿海群众生产生活造成严重的影响。建立沿海防护林体系,是减轻自然灾害、改善生态环境和发展沿海经济的有效保障(叶功富等,2001;胡海波等,2001)。从20世纪50年代起海岸带风积沙地大面积引进木麻黄作为沿海防风固沙树种,木麻黄林已经成为沿海防护林系统的重要组成部分,它对改善沿海地区生态环境,促进沿海经济的发展起着十分巨大的作用(叶功富等,1994;贺庆棠等,1999;张水松等,2000;黄义雄等,2003)。但根据现有防护林体系现状分析(赵凌泉等,2000;曾焕生,2001;吴清泉,2002;林銮勇,2006),50、60年代初营造的木麻黄老林带现进入了成过熟林,更新不足,屡遭破坏,林分残缺不全,防护能力差,单一树种连栽易引起土壤养分失调和地力衰退,病虫害增加、纯林种群结构过于简单,林分生物多样性和稳定性差,易造成生境恶化。为寻求一种抗风能力强、防护成效快、防护期限长、效益高、切实可行多功能森林防护体系,选择合适树种恢复和重建是亟待解决的课题。福建东南海岸带地带性植被隶属于亚热带季风常绿阔叶林(吴征镒,1983;林鹏,1990)。它是我国亚热带地区最复杂、生产力最高、生物多样性最丰富、最有代表性的植被类型之一,也是亚热带地区所特有的、相对稳定的顶极植被类型,它对解决沿海防护林单一树种所带来的一系列生态环境问题,维护沿海地区生态平衡和可持续发展具有重大意义。

课题组人员于2007年开始对福建东南沿海防护林带次生林下的草灌植物以及村落附近风水林进行调查,发现潺槁树(*Litsea glutinosa*)是东山岛防护林带次生林中以及村落附近风水林中最常见的树种,并且以潺槁树为优势种的群落是亚热带季风常绿阔叶林被破坏后,次生演替过程中最常见的常绿阔叶林类型之一。因此,本文以潺槁树为对象,从其种群生态学角度,探讨恢复及重建潺槁树林的途径,对海岸带风积沙地环境治理和维持发展具有参考价值。种群生命表分析是种群生态学研究内容之一。80年代后期对不同种群在植物种群生命表的编制与研究方面做了大量工作(Silvertown,1987;游水生等,1995;吴承祯等,2000;毕晓丽等,2001;闫淑君等,2002;金则新,2002;封磊等,2003;洪伟等,2004;张文辉等,2005;高邦权等,2005;王勤花等,2006;刘任涛等,2007;胡喜生等,2007),但有关海岸带风积沙地上潺槁树种群生命表的研究尚未见报道。本研究对潺槁树种群生命表进行初步分析,为

揭示海岸带风积沙地上种群数量动态变化规律,为海岸带风积沙地上季风常绿阔叶林的自然恢复过程以及人工辅助加快季风常绿阔叶林自然恢复,解决沿海防护林单一树种所带来的生态环境问题提供科学依据。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于福建东山岛赤山国有防护林场村落附近风水林——风积沙地潺槁树林,从海水最高位向岸上延伸400 m左右。该群落在20世纪50年代前曾遭受破坏,此后当地人民为改变该岛严重风沙危害和恶劣环境,有意识地保留下风水林,因此该群落受人为干扰很少,处于自然的次生状态。东山岛赤山国有防护林场位于福建沿海南部,23°40' N、117°18' E。属于亚热带海洋性季风气候,干、湿季节较为明显,年平均降水量945 mm,大部分降雨集中于5~9月份,11月至翌年2月份为旱季,年平均蒸发量为1056 mm,年平均气温为20.8℃,极端最高气温为36.6℃,极端最低气温为3.8℃。主要自然灾害为台风和干旱,台风多发生在7~8月份,年平均5.1次。土壤属于风积沙土,底土层常有粗粒黄沙夹有砾石,持水保水肥性能差。

1.2 研究方法

1.2.1 调查方法 野外调查采用相邻格子样方法,设2块30 m×20 m样地,每个样地内又设5 m×5 m的小样方24块,共48块小样方,样地总面积为1200 m²(王伯荪等,1982;游水生等,2002)。在各小样方内,对林木进行每木调查,记录每个个体的高度、胸径、冠幅和生活力等指标,同时对样方内出现的乔木幼树,幼苗,灌木,草本,藤本同样记载。

1.2.2 数据统计方法 由于树木生长周期长,不可能追踪所有个体命运,因此,只能通过现实不同年龄阶段的个体数量来推测种群时间上的动态过程,但由于测定每一种群个体的实际年龄较为困难,许多学者在研究工作中用径级结构法替代年龄结构,效果良好(Knowles & Grant,1983;Parker & Peet,1984),本研究也采用该方法。根据潺槁树种群生长的特点,把林木依胸径大小分级,每级间隔3 cm,0~3 cm为一径级,3~6 cm为二径级,而把树木径级从小到大的顺序关系,第一径级对应第Ⅰ龄级,第二径级对应第Ⅱ龄级,以此类推,统计各龄级株数,编

制潺槁树种群静态生命表,进而分析动态变化。

1.2.3 生命表的编制 特定时间生命包含如下项目: x :单位时间(或相当其它单位如径级等); a_x :在龄级内现存的个体数; l_x :在 x 时间开始时标准化存活个体数(转化为 1 000); d_x :从 x 到 $x+1$ 时间间隔期标准化死亡数; q_x :从 x 到 $x+1$ 时间间隔期限内死亡率; L_x :从 x 到 $x+1$ 时间间隔内还存活的个体数; T_x :从 x 时间(径级)到超过 x 时间(径级)的个体总数; e_x :进入 x 径级个体生命期望寿命; K_x :各年龄组致死力(损失度)。

表中各项都是相互关联的,可以通过实测值 a_x 或 d_x 求得,其关系如下: $l_x = a_x/a_0 \times 1000$; $d_x = l_x - l_{x+1}$; $1000q_x = 1000d_x/l_x$; $L_x = (l_x + l_{x+1})/2$; $T_x = \sum_x^\infty l_x$; $e_x = T_x/l_x$; $K_x = \ln l_x - \ln l_{x+1}$ 。

为更好地分析潺槁树种群的结构形式,阐明其生存规律,本文引入 4 个函数分析于潺槁树种群生命表,即:生存率函数,积累死亡率函数,死亡密度函数,危险率函数(冯士雍,1982,1983)。这 4 个函数以下列公式估算: $\hat{S}_i = \hat{P}_1 \hat{P}_2 \dots \hat{P}_i$ (\hat{P}_i 为存活频率); $\hat{F}_i = 1 - \hat{S}_i$; $\hat{f}(t_i) = \frac{\hat{S}_{i-1} - \hat{S}_i}{h_i} = \frac{\hat{S}_{i-1} q_i}{h_i}$ (h_i 为区间长度, q_i 为死亡频率); $\hat{\lambda}(t_i) = \frac{\hat{f}(t_i)}{\hat{S}(t_i)} = \frac{2q_i}{h_i(1+p_i)}$

表 1 潺槁树林乔木层主要树种的重要值

Table 1 The importance values of chief species in tree layer of the *Litsea glutinosa* forest

种名 Species	相对多 度 RA	相对优势 度 RD	相对频 度 RF	重要值 IV
潺槁树 <i>Litsea glutinosa</i>	46.43	10.09	43.75	100.00
榕树 <i>Ficus microcarpa</i>	5.36	69.18	9.38	83.91
朴 <i>Celtis sinensis</i>	19.64	20.28	25.00	64.92
算盘子属一种 <i>Glochidion</i> sp.	21.42	0.13	15.63	37.18

2 结果与分析

2.1 潺槁树在群落中的地位

潺槁树群落垂直结构,可分为 4 层:乔木层、灌木层、草本层和层间植物,其中木本植物高大于或等于 6 m 划为乔木层、低于 6 m 的划为灌木层,然后进行种的重要值(Curis & Meintosh,1951)计算,文中仅对乔木层和灌木层进行计算(表 1、2)。

重要值是反映种群在群落中的地位和作用的相对数量指标,特别在种类繁多,优势种不明显的群落中,重要值分析显得尤为重要。潺槁树(*Litsea glu-*

tinosa) 在乔木层和灌木层中重要值都最大,分别为 100 和 174.76;其次为榕树(*Ficus microcarpa*)乔木层中的重要值,为 83.91,但灌木层中无幼苗和幼树;其它依次分别为朴(*Celtis sinensis*)和算盘子属一种 *Glochidion* sp.。说明潺槁树种群控制着该群落的性质和环境,是该群落的重要建造者和骨架。

表 2 潺槁树林灌木层主要树种的重要值

Table 2 The importance values of chief species in shrub layer of the *Litsea glutinosa* forest

种名 Species name	相对多 度 RA	相对优势 度 RD	相对频 度 RF	重要值 IV
潺槁树 <i>Litsea glutinosa</i>	74.43	65.25	35.07	174.76
朴 <i>Celtis sinensis</i>	3.38	15.36	14.17	32.92
九里香 <i>Murraya exotica</i>	3.69	1.20	12.68	17.58
算盘子属一种 <i>Glochidion</i> sp.	3.90	0.89	8.95	13.75
马缨丹 <i>Lantana camara</i>	3.49	0.66	8.95	13.11
豺皮樟 <i>Litsea coreana</i> var. <i>sinensis</i>	5.54	2.53	4.47	12.56
露兜树 <i>Pandanus tectorius</i>	1.84	8.87	1.49	12.22

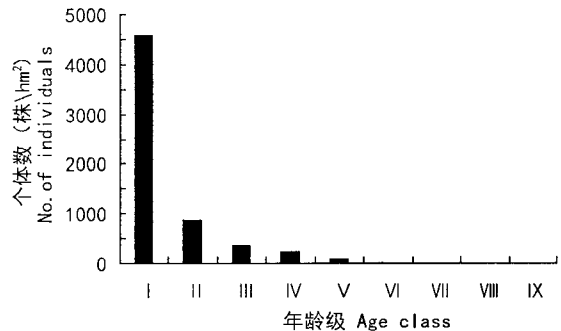


图 1 潺槁树种群年龄级图

Fig. 1 Age class of *Litsea glutinosa* population

2.2 潺槁树种群年龄级分析

以龄级为横坐标,以个体数/hm² 为纵坐标,绘制潺槁树种群的龄级分布图(图 1)。潺槁树种群龄级结构呈反 J 分布型,属于异龄林,为典型的自然更新林分,且其自然更新状况较好。样地内 I (0~3 cm) 龄级数量极大,每 1 hm² 达 4 600 株,占潺槁树种群总个体数的 74%; II-V (3~18 cm) 个体数每公顷 1 633 株,占该种群总数 26.1%; V-IX (18~27 cm) 龄级个体数每 1 hm² 仅 24 株,占该种群总数 0.38%。种群结构呈现金字塔形,表明潺槁树种群属于增长型。

从整体上看, I 年龄级种群密度最大,随后种群密度急剧降低; II 龄级之后种群密度随径级的增大

而缓慢降低；VI 径级以后，种群密度降至最低。

2.3 生命表编制

2.3.1 生命表中数据处理 静态生命表是在同一时间(或某个调查期)内，用收集到的样地内一个种群所有个体的年龄数据编制而成的生命表，根据潺槁树种群调查资料，把潺槁树种群分为 9 个龄级(表 3)。

2.3.2 存活曲线分析 存活曲线的走势反映了生存

率随年龄的变化状况，可反映种群动态的重要特征，这是潺槁树种群长期适应沿海环境自然选择而成的。存活曲线借助于存活个体数量来描述特定年龄死亡率是通过把特定年龄组的个体数量相对作图而得到。按 Deevey(1947)的划分，一般有 3 种基本类型：Deevey-I 型是凸曲线，Deevey-II 型是直线型，Deevey-III 型是凹曲线。

表 3 潺槁树种群静态生命表

Table 3 Static life table of *Litsea glutinosa* population

年龄级 Age class	径级 DBH(CM)	组中值 Mean value	存活数 Survival individual	$l_x^{1)}$	$\ln x$	$d_x^{2)}$	$q_x^{3)}$	$L_x^{4)}$	$T_x^{5)}$	$e_x^{6)}$	$K_x^{7)}$
I	0~3	1.5	552	1000	6.908	812	0.812	594	863	1.453	1.671
II	3~6	3.5	104	188	5.236	105	0.559	136	269	1.978	0.818
III	6~9	7.5	46	83	4.419	30	0.361	68	133	1.956	0.449
IV	9~12	10.5	29	53	3.97	29	0.547	39	65	1.667	0.792
V	12~15	13.5	13	24	2.565	17	0.708	16	26	1.625	1.232
VI	15~18	16.5	4	7	1.946	5	0.714	5	10	2	1.253
VII	18~21	19.5	1	2	0.963	0	0	2	5	2.5	0
VIII	21~24	22.5	1	2	0.963	0	0	2	3	1.5	0
IX	24~27	25.5	1	2	0.963	2	—	1	1	1	—

¹⁾ Stand survival individuals in x age classes; ²⁾ Mortality individuals from x to x+1 classes; ³⁾ Mortality rate from x to x+1 classes; ⁴⁾ Survival individuals from x to x+1 classes; ⁵⁾ Total survival individuals from x age class to above x age class; ⁶⁾ Expected survival time in individuals of x class; ⁷⁾ Lose rate.

表 4 4 个函数估算值

Table 4 Estimated values of four functions

年龄级 Age class	径级 DBH(CM)	组中值 Mean value	$\hat{S}_i^{1)}$	$\hat{F}_i^{2)}$	$\hat{f}_i^{3)}$	$\hat{\lambda}_i^{4)}$
I	0~3	1.5	0.188	0.812	0.271	0.456
II	3~6	3.5	0.083	0.917	0.035	0.259
III	6~9	7.5	0.053	0.947	0.010	0.147
IV	9~12	10.5	0.024	0.976	0.010	0.251
V	12~15	13.5	0.007	0.993	0.006	0.365
VI	15~18	16.5	0.002	0.998	0.002	0.370
VII	18~21	19.5	0.002	0.998	0	0
VIII	21~24	22.5	0.002	0.998	0	0
IX	24~27	25.5	0	1	0.001	0.667

¹⁾ 生存率函数 Survival rate function; ²⁾ 积累死亡率函数 Accumulated mortality rate; ³⁾ 死亡密度函数 Mortality density function; ⁴⁾ 危险率函数 Hazard rate function

以存活量的对数值为纵座标，以龄级为横坐标作图(图 2)。潺槁树种群 I 径级存活数较多，种群具有扩展潜力，说明该区的自然条件有利于幼苗的生长；II 径级存活数急剧下降，环境条件对幼苗幼树的生存表现出很大的影响；III 径级存活数缓慢降低，幼树阶段向营养发育阶段过渡相对平稳，但也有一定强度的筛选；VI 径级之后随径级增加，存活数在较低水平上保持平稳，群落逐渐向成熟阶级过渡，群落的发展显现出相对稳定性。这说明海岸带风积沙地恢复和重建潺槁树种群是有希望的；VIII~IX 径级个体均存在，说明种群具有较长的生殖期。从图 2 中可看出，潺槁树种群的存活曲线介于 Deevey-II 和

Deevey-III 型曲线之间。

2.3.3 种群死亡高峰期分析 从特定时间生命表(表 3)及死亡率(q_x)和损失度(K_x)曲线(图 3)可以看出，潺槁树种群生长过程中出现了二次死亡高峰期，同时死亡率曲线与致死力曲线(图 3)表现出相一致的变化，反映出大的环境选择压力与高死亡率的对应。

第一次死亡高峰期出现于第 I 龄级幼苗向第 II 龄级幼树的生长过程中，死亡率高达 74%。在自然条件下，由于小生境条件的差异，植物种子的萌发、幼苗的生长与生存状态不仅受到光、热等因素的限制，而且会受到动物捕食、病菌侵入及邻体干扰等因

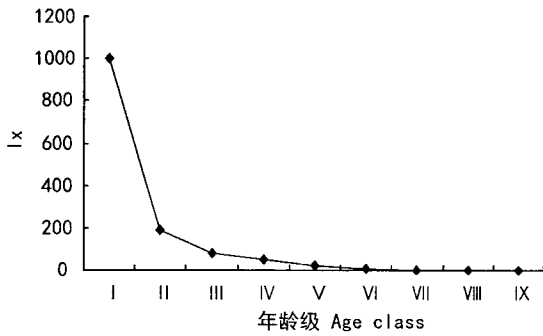


图 2 潺槁树种群存活曲线

Fig. 2 Survival curve(l_x) of *Litsea glutinosa* population

素的影响,因此,在植物的生活史中,种子萌发、幼苗的生长和生存被认为是植物最脆弱的阶段(Grubb, 1977; Silvertown, 1987)。潺槁树种群第 1 龄级幼苗高死亡率是由于幼苗阶段是个体生长最为脆弱、对环境变化最为敏感的时期,因而也是个体数量变化最大的时期。

幼苗时期的死亡高峰过后的一段较长时间内,潺槁树种群处于死亡下降期,种群上升中发展,直至第二次死亡高峰期的到来。种群由第 VI 龄级向第 VII 龄级的生长过渡中出现了死亡第二次高峰期。这一时期是潺槁树种群向主林层发展的时期,它挤向主林层过程中,必然发生除了种内竞争之外的种间竞争,对水分、养分、光照和空间的激烈竞争,导致强烈的稀疏过程,死亡率、致死力再次上升。这一时期之后个体生存条件有所改善,种群平稳发展。第三次死亡高峰未出现,主要原因可能是潺槁树种群未达到一定年龄,生理机能还未开始退化而出现老死。

2.3.4 生存函数曲线分析 引入生存分析中的 4 个函数,以函数值为纵坐标,以径级相对的年龄级为横坐标作图(图 4)。由图 4 可知,生存率函数(\hat{S}_i)单调下降,累积死亡率(\hat{F}_i)函数单调上升,且这 2 个函数的变化幅度均为前期大于后期,说明潺槁树种群幼年死亡率高,长成之后,种群趋于稳定。表 3 中生命期望(e_x)的极大值与表 3 和图 4 中死亡密度函数($\hat{f}(t_i)$)的极小值相对应。由 3 个曲线图(图 3、4)可以看出损失度曲线(K_x)、死亡曲线(q_x)和危险率函数($\hat{\lambda}(t_i)$)曲线变化趋势相似,说明潺槁树具有前期增长、后期稳定的特点。

3 结语和讨论

潺槁树隶属樟科(Lauraceae)木姜子属(*Lit-*

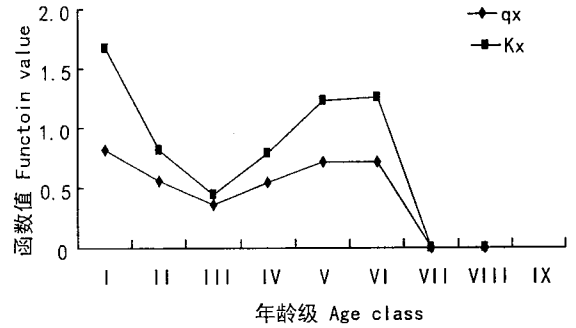


图 3 潺槁树种群死亡率和损失度曲线

Fig. 3 q_x and K_x value curve of *Litsea glutinosa* population

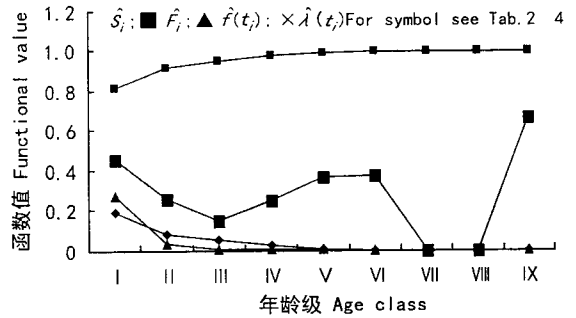


图 4 潺槁树种群生存函数值

Fig. 4 Functional value of *Litsea glutinosa* population

sea), 主要分布于华南、云南等省区,福建的厦门、漳州、台湾的金门等地,属于南亚热带季风常绿阔叶林破坏后,次生演替过程中最常见的常绿阔叶林树种之一。潺槁树适应于海陆交接地带且生长良好而又未被人注意的一种优良树种。该种群结构呈反 J 分布型、属于增长型种群,种群具有前期增长、后期稳定的特点,其存活曲线介于 Deevey- II 型和 Deevey- III 型之间。该种群在海岸带风积沙地特定区域里,可能由于长期适应沿海环境自然选择而成的,它对土壤、光适应性强且是一种生长迅速的前顶极种 (preclimax species)(林鹏, 1986)。

该种群生长过程中出现了二次死亡高峰期,同时致死力曲线与死亡率曲线表现出相一致的变化。第一次死亡高峰期出现于第 I 龄级幼苗的生长过程中,与木荷天然种群(胡喜生等, 2007)、山核桃种群(刘任涛等, 2007)相似。可能由于种子萌发、幼苗的生长和生存被认为是植物最脆弱的阶段,是个体数量变化最大的时期。第二次死亡高峰期出现于第 VI 龄级生长过程中,与木荷天然种群生命分析(胡喜生等, 2007)

相似,这一时期是潺槁树种群向主林层发展的时期,导致强烈的稀疏过程,死亡率、致死力再次上升。

解决海岸带风积沙地单一树种所带来的生态环境问题采用地带性植被恢复和重建具有更大的优势,这主要体现在类似于潺槁树这样的乡土树种更适于当地的生境,其繁殖和传播潜力更大,也更易于与当地残存的天然群落结合成更大的景观单位,从而实现各类生物的协调发展。但类似于木麻黄这样的外来种在生态恢复中也具有一定的作用。许多恢复和重建实践表明,外来种可能在一定时间内为当地带来了好的生态和经济效益;但也有许多对当地或生态系统产生巨大的不利影响,这主要是由于外来种与当地的物种缺乏协同进化,若其大量发展,很容易造成当地生态系统的崩溃,很难再恢复或接近到历史状态。

建议有关部门对这片风水林建立保护小区,特别是采集潺槁树种子育苗时切忌损伤母树。因为潺槁树林的保护是海岸带风积沙地恢复与重建南亚热带季风常绿阔叶林时,树种选择和培育研究并进行自然生态模式模拟的重要保障。

参考文献:

- 林鹏. 1986. 植物群落学[M]. 上海:上海科学技术出版社,187—190
- 吴征镒. 1983. 中国植被[M]. 北京:科学出版社,18—200
- 林鹏. 1990. 福建植被[M]. 福州:福建科技出版社,53—76
- Bi XL(毕晓丽), Hong W(洪伟), Wu CZ(吴承祯), et al. 2001. Life table analysis of *Castanopsis carlesii* population in Wuyishan(武夷山米槠种群生命表分析)[J]. *J Trop Subtrop Bot(热带亚热带植物学报)*, 9(3): 243—247
- Curis JT, McIntosh RP. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin[J]. *Ecology*, 32(8): 426—496
- Feng L(封磊), Hong W(洪伟), Wu CZ(吴承祯), et al. 2003. Study on the dynamics of the endangered plant population of *Tsuga tchekiangensis*(珍稀濒危植物南方铁杉种群动态研究)[J]. *J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究)*, 21(5): 401—405
- Feng SY(冯士雍). 1982. Survival analysis I(生存分析 I)[J]. *Mathematics in Practice and Theory(数学的实践与认识)*, (3): 72—80
- Feng SY(冯士雍). 1982. Survival analysis II(生存分析 II)[J]. *Mathematics in Practice and Theory(数学的实践与认识)*, (4): 64—74
- Feng SY(冯士雍). 1983. Survival analysis III(冯士雍. 生存分析 III)[J]. *Mathematics in Practice and Theory(数学的实践与认识)*, (1): 70—76
- Gao BQ(高邦权), Zhang GF(张光富). 2005. Studies on population structure and distribution pattern of *Celtis sinensis* in Laoshan National Forest Park of Nanjing(南京老山国家森林公园朴树种群结构与分布格局研究)[J]. *Guihaia(广西植物)*, 25(5): 406—412
- Grubb PJ. 1977. The maintenance of species-richness in plant communities; the importance of the regeneration niche[J]. *Bio Rev*, 52: 107—145
- He QT(贺庆棠), Lu DH(陆鼎煌). 1999. Conception concerning the establishment of protection forest system in coastal areas in China(我国沿海防护林体系建设的构想)[J]. *World Fore Res(世界林业研究)*, (4): 77—82
- Hong W(洪伟), Wang XG(王新功), Wu CZ(吴承祯), et al. 2004. Life table and spectral analysis of endangered plant *Taxus chinensis* var. *mairii* population(濒危植物南方红豆杉种群生命表及谱分析)[J]. *Chin J Appl Ecol(应用生态学报)*, 15(6): 1109—1112
- Hu HB(胡海波), Zhang JC(张金池), Lu XZ(鲁小珍). 2001. Study on environmental benefits of coastal windbreak system in China(我国沿海防护林体系环境效应的研究)[J]. *World Fore Res(世界林业研究)*, 14(5): 37—43
- Hu XS(胡喜生), Hong W(洪伟), Wu CZ(吴承祯), et al. 2007. Analysis of the life table of natural population *Schima superba*(木荷天然种群生命表分析)[J]. *Guihaia(广西植物)*, 27(3): 469—474
- Huang YX(黄义雄), Zheng DX(郑达贤), Fang ZG(方祖光), et al. 2003. Study on the ecological and economical benefits of *Casuarina equisetifolia* shelterbelt in the coast of Fujian(福建滨海木麻黄防护林带的生态经济效益研究)[J]. *Sci Silv Sin(林业科学)*, 39(1): 31—36
- Jin ZX(金则新). 2002. Studies of dominant population structure and interspecific association of the evergreen broad-leaved forest in Tiantai Mountain(浙江天台山常绿阔叶林优势种群结构及种间联结性研究)[J]. *Guihaia(广西植物)*, 22(3): 203—208
- Knowles P, Grant MC. 1983. Age and size structure analysis of Engdman spruce, population pine, Lodgepole, and Limber pine in Colorado[J]. *Ecology*, 64: 1—9
- Lin LY(林奎勇). 2006. The research of construction and protection on the protection forest of coast in Fujian Province(福建省沿海防护林建设与保护问题的探讨)[J]. *Fore Prospect Design(林业勘察设计)*, (2): 171—173
- Liu RT(刘任涛), Bi RC(毕润成), Yan GQ(闫桂琴). 2007. Population dynamics and spectral analysis of rare-endangered plant *Juglans mandshurica* in Shanxi Province(山西稀有濒危植物山核桃种群动态与谱分析)[J]. *J Wuhan Bot Res(武汉植物学研究)*, 25(5): 255—206
- Parker AJ, Peet RK. 1984. Size and age structure of conifer forest [J]. *Ecology*, 65: 1 685—1 689
- Silvertown JW. 1987. Introduction to Plant Population Ecology [M]. London: Longman Press, 19—24
- Wang BS(王伯荪), Zhang ZQ(张志权), Lan CY(蓝崇钰), et al. 1982. Studies on sampling techniques of the south-suntropical evergreen broad-leaf forest in Guangdong Province China(南亚热带常绿阔叶林取样技术研究)[J]. *Acta Phytoecol et Geobot Sin(植物生态学与地植物丛刊)*, 6(1): 51—60
- Wang QH(王勤花), Ju TZ(巨天珍), Chang CH(常成虎), et al. 2006. Study on the structure of *Quercus aliena* var. *acuteserrata* population in Xiaolongshan, Gansu(甘肃小陇山锐齿栎种群结构分析)[J]. *Guihaia(广西植物)*, 26(1): 38—42
- Wu CZ(吴承祯), Hong W(洪伟), Xie JS(谢金寿). 2000. Growth dynamics of dominance of rare and endangered *Tsuga lorgibracteata* population(珍稀濒危植物长苞铁杉种群生命表分析)[J].

- Chin J Appl Ecol*(应用生态学报),11(3):333-336
- Wu QQ(吴清泉). 2002. Protection of eco-environment of dongshan county and its sustainable development(东山县生态环境保护与可持续发展)[J]. *Fujian Geo*(福建地理),17(2):45-47
- Yan SJ(闫淑君),Hong W(洪伟),Wu CZ(吴承祯),et al. 2002. Life process and spectral analysis of *Castanopsis fargesii* population(丝栗栲种群生命过程及谱分析)[J]. *Chin J Appl Environ Bio*(应用与环境生物学报),8(4):351-355
- Ye GF(叶功富),Guo JF(郭剑锋),Liao FL(廖福霖),et al. 2001. The position of coastal protective forests in the littoral city environment construction and their development countermeasures(沿海防护林在滨海城市环境建设中的地位及发展对策)[J]. *J Fujian Fore Sci Tech*(福建林业科技),28(3):6-10
- Ye GF(叶功富),Luo MJ(罗美娟),Lu CY(卢昌义). 2006. Restoration of degraded ecosystem and integrated management in coastal zone(海岸带退化生态系统的恢复与海岸带综合管理)[J]. *World Fore Res*(世界林业研究),4(4):5-10
- Ye GF(叶功富),Zheng RH(郑仁华),Feng ZX(冯泽幸). 1994. A study on the monographic literature of *Casuarina*(木麻黄专题文献研究)[J]. *J Fujian Fore Sci Tech*(福建林业科技),21(1):57-61
- You SS(游水生),Yang YS(杨玉盛),Liang YC(梁一池). 1995. Dynamics of *Castanopsis carlesii* population before burning in Wuping Maobu,Fujian(福建武平帽布火烧米槠种群动态分析)[J]. *J Fujian Coll Fore*(福建林学院学报),15(3):1-4
- You SS(游水生),Wang XM(王小明),Wang HW(王海为). 2002. Determination of the minimum sampling area for mid-subtropical evergreen broad-leaf forest in Fujian Province,China(中亚热带常绿阔叶林最小面积的确定)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究),20(6):438-442
- Zeng HS(曾焕生). 2001. On Problems of regeneration of cutting woodland of *Casuarina equisetifolia* on coastal area of Fujian(福建沿海地区木麻黄迹地更新问题研究)[J]. *Protection Fore Sci Tech*(防护林科技),5(3):34-36
- Zhang SS(张水松),Ye GF(叶功富). 2000. A study on techniques of regeneration and transformation of protection forest in the coast zone(海岸带防护林更新改造技术研究)[J]. *Protection Fore Sci Tech*(防护林科技),2(Sp. 1):1-193
- Zhang WH(张文辉),Xu XB(许晓波),Zhou JY(周建云),et al. 2005. Population dynamics of endangered plant species *Abies chensiensis*(濒危植物秦岭冷杉种群数量动态)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报),15(6):1799-1804
- Zhao LQ(赵凌泉),Xiao LG(肖立国),Wang LG(王立刚),et al. 2000. Dynamics and progress of research on the protection forest science(防护林科学研究动态及发展趋势)[J]. *Protection Fore Sci Tech*(防护林科技),2(4):85-87
- Zheng Z(郑卓). 1998. Study of human disturbance to the vegetation in recent thousands of years in the coastal areas of Southeast China(近几千年华南沿海地区植被的人为干扰)[J]. *Ecol Sci*(生态科学),17(2):29-36

(上接第115页 Continue from page 115)

- 竞争的研究)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报),29(2):242-250
- Duan RY(段仁燕),Huang MY(黄敏毅),Wu GL(吴甘霖). 2008. Study on intra-and interspecific competition of *Pinus taiwanensis*(天柱山黄山松种内与种间竞争的研究)[J]. *Guihaia*(广西植物),28(1):78-81
- Hu ZH(胡正华),Yu MJ(于明坚),Ding BY(丁炳扬),et al. 2003. Characteristics of *Pinus taiwanensis* community and species diversity in Gutian Mountain National Nature Reserve(古田山国家级自然保护区黄山松群落特征及物种多样性研究)[J]. *Ecol Environ*(生态环境),12(4):436-439
- Hong W(洪伟),Wu CZ(吴承祯),Lan B(蓝斌). 1997. A general model for neighborhood interference index and its application(邻体干扰指数通用模型及其应用)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报),21(2):149-154
- Li SR(李树人),Zhao Y(赵勇),Yan ZP(阎志平). 1997. Light ecological field of *Larix leoptolpis* canopy(日本落叶松林冠层光生态场研究)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报),8(2):123-126
- Nie AW(聂爱武). 2001. The exploitation of tour resource and protecting the ecological environment in Tianzhu Mountain(天柱山旅游资源开发与生态环境保护)[J]. *Sci Tech Anhui*(安徽科技),9:12-13
- Pacala SW,Silander J. 1985. A neighborhood models of plant population dynamics. 1 Single-species models of annuals[J]. *American Naturalist*,125:385-411
- Purves DW,Law R. 2002. Experimental derivation of functions relating growth of *Arabidopsis thaliana* to neighbor size and distance[J]. *J Ecol*,90:882-894
- Song DQ(宋丁全),Jiang ZL(姜志林),Zheng Z M(郑作孟),et al. 2002. Neighborhood interference index in *Betula luminifera* community(光皮桦群落邻体干扰指数的研究)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志),21(3):15-17
- Weiner J. 1984. Neighborhood interference amongst *Pinus rigida* individuals[J]. *J Ecol*,72:183-195
- Wu GS(吴巩固),Wang ZQ(王政权). 2000. Individual tree growth competition model in mixed plantation of Manchurian ash and dahurian larch(水曲柳落叶松人工混交林中树木个体生长的竞争效应模型)[J]. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报),11(5):646-650
- Xiang YC(向言词),Peng SL(彭少麟),Cai XA(蔡锡安). 2003. Changes in plant competition with the development of gaps(林窗中植物竞争强度随林窗发育的变化)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报),27(1):99-102
- Zhang YX(张跃西),Zhong ZC(钟章成). 1999. Advances of neighborhood interference among woody plants(木本植物邻体干扰研究进展)[J]. *Chin J Ecol*(生态学杂志),18(2):55-59
- Zhang YX(张跃西). 1993. Study on the improvement and application of the neighborhood interference index model(邻体干扰指数模型的改进及其在营林中的应用)[J]. *Acta Phytoecol Geobot Sin*(植物生态学与地植物学学报),17(4):352-357
- Zou CJ(邹春静),Xu WD(徐文锋). 1998. Study on intraspecific and interspecific competition of *Picea mongolica*(沙地云杉种内种间竞争的研究)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报),22(3):269-274