

## ◆特邀栏目◆

海南岛濒危半红树植物莲叶桐 *Hernandia nymphaeifolia* 资源现状与种群动态特征\*方赞山<sup>1</sup>,钟才荣<sup>1</sup>,王文卿<sup>2\*\*</sup>,吕晓波<sup>1</sup>,程成<sup>1</sup>

(1. 海南省林业科学研究院(海南省红树林研究院),海南海口 571100;2. 厦门大学环境与生态学院,福建厦门 361102)

**摘要:**莲叶桐 *Hernandia nymphaeifolia* 为国家二级保护植物,本研究拟揭示濒危半红树植物莲叶桐在海南岛的分布规律与种群发展趋势,为其资源保护提供科学依据。研究采用样方调查法和直接计数法相结合的方法,调查了海南岛珍稀濒危半红树植物莲叶桐 *H. nymphaeifolia* 的资源现状、空间分布和种群动态特征。结果表明:海南岛共调查到野生莲叶桐 1 336 株,主要分布于琼海、文昌和三亚 3 个市,种群呈整体分散、局部集中状态,种群径级结构呈金字塔型;在人为干扰、地理隔离、种间竞争等多种因素的影响下,野生莲叶桐种群更新受到一定制约,个体数量增长缓慢;莲叶桐种群在幼苗时期受影响较大,一旦消除幼苗期的不利影响,种群将得到恢复。整体来说,海南岛莲叶桐幼龄个体数较多,种群数量具有前期锐减、中后期稳定、总体缓慢增长的特点,应重点加强幼苗期的保护和抚育。

**关键词:**濒危半红树植物 种群结构 莲叶桐 静态生命表 海南岛

中图分类号:Q948 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2022)04-0793-08

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20220919.022

在全球气候变化和人类活动双重影响的背景下,我国已知的 3 万多种高等植物中已有 3 767 种处于不同程度的濒危状态<sup>[1]</sup>,而我国原生的 38 种红树和半红树植物中,已有 20 种被列为濒危种<sup>[2,3]</sup>。资源现状调查与评估是珍稀濒危物种保护的基础,目前国内学者对濒危植物做了大量的调查研究,包括保护

地<sup>[4,5]</sup>、海岸带<sup>[6,7]</sup>、海岛<sup>[8,9]</sup>等区域,尤其是针对濒危红树植物资源进行了详细的调查<sup>[10,11]</sup>。植物资源分布和种群结构受生物因素(如种内种间竞争、病虫害和人为干扰等)与非生物因素(如土壤理化性质、气候、海拔和光照等)的综合影响,呈现出动态变化的过程。通过调查分析植物资源现状和种群结构,掌握种

收稿日期:2022-05-05

\* 海南省省属科研院所技术创新专项(KYYS-2021-22)和国家科技基础资源调查项目(SQ2016FY491000201)资助。

## 【作者简介】

方赞山(1989-),男,助理研究员,主要从事湿地植物资源与应用研究,E-mail:shan67886251@qq.com。

## 【\*\*通信作者】

王文卿(1971-),男,教授,主要从事红树林湿地生态学研究,E-mail:mangroves@xmu.edu.cn。

## 【引用本文】

方赞山,钟才荣,王文卿,等. 海南岛濒危半红树植物莲叶桐 *Hernandia nymphaeifolia* 资源现状与种群动态特征[J]. 广西科学,2022,29(4):793-800.

FANG Z S,ZHONG C R,WANG W Q,et al. Resource Status and Population Dynamics of Endangered Semi-mangrove Plant *Hernandia nymphaeifolia*, Hainan Island, China [J]. Guangxi Sciences,2022,29(4):793-800.

群的生存现状、生态特性和更新策略,进而预测种群的动态变化及生态学机制,对于濒危植物的保护与利用具有重要意义<sup>[12-15]</sup>。

莲叶桐 *Hernandia nymphaeifolia* 为莲叶桐科 Hernandiaceae 莲叶桐属 *Hernandia* 常绿乔木,属半红树植物,主要分布于马达加斯加到小笠原群岛和新喀里多尼亚等地周边海岸<sup>[16]</sup>,少量分布在我国台湾南部、海南文昌市至琼海市一带<sup>[15]</sup>。莲叶桐生长于热带和亚热带砂质海岸疏林中,根据世界自然保护联盟(The International Union for Conservation of Nature, IUCN) 标准,莲叶桐的濒危等级为无危<sup>[3]</sup>,但由于其野生种群遭受到严重的人为干扰和破坏,我国范围内的种群数量已急剧减少<sup>[10-16]</sup>,现已列入国家Ⅱ级重点保护野生植物名录<sup>[17]</sup>。莲叶桐的果实、叶片和整株均有较高的观赏价值,是优良园林绿化树种。同时,莲叶桐具有较强的抗风性,可作为热带地区沿海防护林带恢复与建设的重要树种。此外,莲叶桐含有木脂素和生物碱类等多种药物化学成分,对癌症、肿瘤、心血管疾病等有非常好的疗效,具有极高的开发潜力<sup>[18]</sup>。目前,关于莲叶桐的研究主要集中在资源分布<sup>[19-20]</sup>、基因组<sup>[15]</sup>、化学成分<sup>[18]</sup>、栽培技术<sup>[21-23]</sup>等方面,关于其种群年龄结构和动态预测尚未见报道。鉴于此,本研究从统计学的角度对海南岛莲叶桐的种群结构、数量动态和空间分布进行分析,以期揭示其种群现状,预测其动态发展趋势,为濒危植物莲叶桐的保育提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区概况

海南岛经纬度为  $18^{\circ}10'04'' - 20^{\circ}09'40''$  N,  $108^{\circ}36'43'' - 111^{\circ}02'31''$  E, 面积  $3.4 \times 10^4$  km<sup>2</sup>, 地处热带北缘,属热带海洋气候。年平均气温为 22.5 - 26.0℃,年平均降雨量为 1 639 mm,平均每年在海南岛登陆的热带风暴台风约 3 次。海南岛海岸线长约 1 800 km<sup>[24]</sup>,沿海基干林带面积 28 600 hm<sup>2</sup><sup>[25]</sup>,自 20 世纪 50 年代起,逐步构建了以木麻黄 *Casuarina equisetifolia* 为主的沿海防护林带<sup>[26]</sup>。其中,红树林面积 5 724 hm<sup>2</sup>,主要分布在海口、文昌、琼海等 12 个沿海地。海南岛是我国红树植物种类最丰富的地方,分布有我国全部原生红树植物种类<sup>[27]</sup>。除红树植物外,常见的海防林乡土树种还有椰子 *Cocos nucifera*、榄仁 *Terminalia catappa*、红厚壳 *Calophyllum inophyllum* 和黄槿 *Talipariti tiliaceum* 等。

## 1.2 方 法

### 1.2.1 样方设置及调查

于 2021 年 6 月至 2022 年 3 月,采用样方调查法和直接计数法相结合的方式<sup>[28]</sup>,对海南岛野生莲叶桐资源进行调查。对集中片状分布的种群,设置 20 m × 20 m 的样方进行调查,对样方内 DBH (Diameter at Breast Height) ≥ 5 cm 的乔木进行每木检尺,记录树种、树高、胸径、冠幅、坐标、海拔、郁闭度、土壤类型等因子,对 DBH < 5 cm 的莲叶桐植株记录树高、冠幅、坐标和海拔等因子。对个体数量较少且分布零散的种群,采用直接计数法,记录树高、胸径、冠幅、坐标、海拔、郁闭度、土壤类型等因子。海拔高度采用 UniStrong G950 III RTK 进行测量。本研究在海南岛 10 个莲叶桐分布点内设置 8 个样方(总面积 3 200 m<sup>2</sup>)、6 个直接计数样点。

### 1.2.2 数据分析

#### (1) 径级划分。

本研究参考罗西等<sup>[29]</sup>的划分方法,用径级作为龄级分析莲叶桐种群结构。根据莲叶桐生物学特性和生长情况,将莲叶桐天然种群划分为 9 个龄级: DBH < 5 cm, 树高 < 150 cm 的植株为 I 级; DBH < 5 cm, 树高 > 150 cm 的植株为 II 级; 5 cm ≤ DBH < 15 cm 为 III 级; 15 cm ≤ DBH < 25 cm 为 IV 级; 25 cm ≤ DBH < 35 cm 为 V 级; 35 cm ≤ DBH < 45 cm 为 VI 级; 45 cm ≤ DBH < 55 cm 为 VII 级; 55 cm ≤ DBH < 65 cm 为 VIII 级; DBH ≥ 65 cm 为 IX 级。

#### (2) 种群动态数量化分析。

采用陈晓德<sup>[30]</sup>推导的种群结构动态量化分析方法,对莲叶桐的种群数量变化动态进行定量描述。相邻龄级间种群个体数量变化动态指数  $V_n$ , 或者种群数量动态变化指数  $V_{pi}$  (忽略外界干扰) 或者  $V'_{pi}$  (考虑随机干扰) 取正、负、零值时,分别反映出相邻龄级间种群个体数量的增长、衰退和稳定的结构动态关系。

#### (3) 静态生命表与存活曲线。

以径级代替龄级,调查统计各径级个体数,参考吴明开等<sup>[31]</sup>的方法和原理,编制莲叶桐的静态生命表,并计算出各项参数。其中,  $x$  为年龄级;  $a_x$  为在  $x$  龄级内的植株实际个体数;  $l_x$  为在  $x$  龄级开始时标准化存活数(以 1 000 为基数),  $l_x = a_x / a_0 \times 1 000$ ;  $d_x$  为从  $x$  到  $x + 1$  龄级期间的死亡数,  $d_x = l_x - l_{x+1}$ ;  $q_x$  为从  $x$  到  $x + 1$  龄级期间的死亡率,  $q_x = d_x / l_x$ ;  $L_x$  是从  $x$  到  $x + 1$  龄级期间的平均存活

数,  $L_x = (l_x + l_{x+1})/2$ ;  $T_x$  是从  $x$  到超过  $x$  龄级的存活个体总数,  $T_x = \sum L_x$ ;  $e_x$  是进入  $x$  龄级开始时的寿命期望,  $e_x = T_x/l_x$ ;  $\ln l_x$  是标准化存活数的自然对数值;  $K_x$  是各龄级的消失率,  $K_x = \ln l_x - \ln l_{x+1}$ 。以横坐标为莲叶桐的龄级, 纵坐标分别为死亡率、消失率和标准化存活数  $\ln l_x$ , 分别绘制莲叶桐死亡率、消失率和存活曲线图。

#### (4) 种群生存分析。

为了更好地揭示莲叶桐的生存规律, 本研究引入生存率函数  $S(i)$ 、累计死亡率函数  $F(i)$ 、死亡密度函数  $f(t_i)$  和危险率函数  $\lambda(t_i)$  4 个生存分析函数来进行莲叶桐种群生存分析<sup>[32,33]</sup>, 用于分析莲叶桐的种群动态。

#### (5) 时间序列预测。

时间序列分析主要通过时间序列过去的变化和变动规律, 预测种群今后的趋势。采用时间序列分析中的一次移动平均法<sup>[31]</sup>, 对分别经过 II、IV、VI 和 VIII 龄级时间后种群各龄级的莲叶桐存活个体数进行

预测。

## 2 结果与分析

### 2.1 种群地理分布特征

海南岛野生莲叶桐种群主要分布于琼海、文昌和三亚 3 个市, 共调查到 1 336 株, 其中成年植株 (DBH $\geq$ 5 cm) 144 株, 林下幼树 (DBH $<$ 5 cm) 1 192 株。从种群空间分布上看, 其野生个体呈整体分散、局部集中状态。本研究调查莲叶桐在海南岛有 10 个分布点, 其中琼海市分布点有 6 个, 且个体数量最多, 共 972 株 (成年植株 129 株, 幼树 843 株), 占莲叶桐总数的 72.75%; 其次为文昌市, 共 323 株 (成年植株 9 株, 幼树 314 株); 三亚市分布最少, 仅蜈支洲岛分布 41 株 (成年植株 6 株, 幼树 35 株)。从生境特征上看, 莲叶桐多分布于沿海防护林中, 以椰林为主; 土壤类型为沙壤土, 海拔为 4.6–6.2 m (1985 国家高程基准), 潮水难以淹到, 林分郁闭度为 0.6–0.9 (表 1)。

表 1 海南岛莲叶桐地理分布

Table 1 Geographical distribution of *H. nymphaeifolia* in Hainan Island

分布城市 Distribution city	分布点 Distribution point	东经 East longitude	北纬 Northern latitude	土壤类型 Soil type	海拔 (m) Altitude (m)	郁闭度 Canopy density	优势树种 Dominant tree species	调查方法 Investigation method
Wenchang City	Dongjiao coconut plantation	110°51'05.47"	19°32'06.87"	Sandy loam	5.5	0.7	<i>Cocos nucifera</i> , <i>Terminalia catappa</i>	Quadrat method
Wenchang City	Nanxing Village	110°44'50.12"	19°25'07.65"	Sandy loam	5.4	0.8	<i>Cocos nucifera</i> , <i>Calophyllum inophyllum</i> , <i>Terminalia catappa</i>	Counting method
Wenchang City	Baozhi Village	110°45'27.70"	19°26'12.69"	Sandy loam	4.6	0.6	<i>Cocos nucifera</i> , <i>Terminalia catappa</i>	Counting method
Qionghai City	Paiyuan Village	110°36'34.93"	19°12'15.41"	Sandy loam	5.9	0.8	<i>Cocos nucifera</i> , <i>Casuarina equisetifolia</i> , <i>Areca catechu</i>	Quadrat method
Qionghai City	Wenjiao Village	110°38'06.54"	19°15'25.13"	Sandy loam	6.0	0.6	<i>Cocos nucifera</i> , <i>Talipariti tiliaceus</i> , <i>Casuarina equisetifolia</i>	Quadrat method
Qionghai City	Chitu Village	110°38'45.61"	19°18'49.50"	Sandy loam	4.8	0.9	<i>Cocos nucifera</i> , <i>Calophyllum inophyllum</i> , <i>Terminalia catappa</i>	Quadrat method
Qionghai City	Ou Village	110°40'22.67"	19°20'49.97"	Sandy loam	5.8	0.7	<i>Cocos nucifera</i> , <i>Terminalia catappa</i>	Counting method
Qionghai City	Shuangwai Village	110°40'39.90"	19°19'52.05"	Sandy loam	5.5	0.7	<i>Cocos nucifera</i> , <i>Calophyllum inophyllum</i>	Counting method
Qionghai City	Wenchang Village	110°39'58.71"	19°21'30.33"	Sandy loam	6.2	0.6	<i>Cocos nucifera</i> , <i>Terminalia catappa</i>	Counting method
Sanya City	Wuzhizhou Island	109°46'01.93"	18°18'56.83"	Sandy soil	5.4	0.7	<i>Talipariti tiliaceus</i> , <i>Tournefortia argentea</i> , <i>Terminalia catappa</i>	Counting method

## 2.2 种群年龄结构与动态量化

种群年龄结构客观地反映种群现状及发展趋势。在调查到的 1 336 株莲叶桐中, 最大胸径为 131 cm, 最大树高为 22 m。从整体上看, 野生莲叶桐种群级结构大体呈金字塔型, 种群整体结构表现为增长型年龄结构, 个体数量主要集中在低龄级 (I - III 级), 占莲叶桐个体数的 89%, 仅 I 级存活个体数的占比就高达 81.1%, 中龄级 (IV - V 级) 和高龄级 (VI - IX 级) 的个体数量较少 (图 1)。莲叶桐低龄级植株数量占优势, 植株年龄总体偏小, 种群从 I 级到 II 级过渡过程中植株数量减少最为明显, 表明莲叶桐种群在幼苗时期可能受环境条件制约、种间竞争以及人为干扰等因素的影响较大。种群整体上具有连续的径级结构, 从 I 级到 VI 级范围内, 随着龄级增加, 存活株数依次递减。

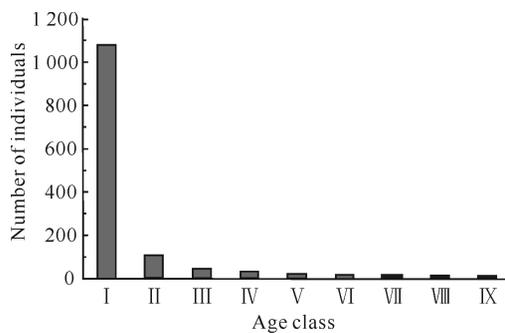


图 1 海南岛莲叶桐种群的龄级结构

Fig. 1 Age structure of *H. nymphaeifolia* populations in Hainan Island

种群结构动态量化分析结果显示 (表 2), 种群动态指数级  $V_1 - V_8$  均大于 0, 说明海南岛野生莲叶桐种群年龄结构处于增长状态, 分析结果与种群年龄结构结论一致, 种群数量前期比后期增长幅度更大。种群数量动态变化指数  $V_{pi}$  (忽略外界干扰) 和  $V'_{pi}$  (考虑随机干扰) 显示  $V_{pi} > V'_{pi} > 0$ , 说明海南岛莲叶桐

表 3 莲叶桐种群静态生命表

Table 3 Static life table of *H. nymphaeifolia* populations

龄级 Age class	$a_x$	$l_x$	$\ln l_x$	$d_x$	$q_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$	$K_x$
I	1 083	1 000	6.908	977	0.977	595	791	0.791	2.323
II	106	98	4.585	59	0.602	77	200	2.041	0.824
III	47	43	3.761	18	0.419	38	124	2.884	0.465
IV	29	27	3.296	6	0.222	26	86	3.185	0.251
V	23	21	3.045	6	0.286	20	60	2.857	0.272
VI	17	16	2.773	4	0.250	15	40	2.500	0.288
VII	13	12	2.485	3	0.250	12	25	2.083	0.288
VIII	10	9	2.197	2	0.222	9	13	1.444	0.251
IX	8	7	1.946	-	-	4	4	0.571	-

Note: "-" indicates no data

种群结构总体属于增长型。在不考虑外界干扰的情况下,  $V_{pi}$  为 0.89; 当考虑外部随机干扰时,  $V'_{pi}$  降低至 0.01, 表明外界随机干扰极大地延缓了种群增长进程, 这与种群年龄结构分析结果一致。种群结构对随机干扰的敏感性指数 ( $P_{max}$ ) 较小, 仅为 0.01, 表明莲叶桐野外种群受外界环境影响较大, 对外界随机干扰有较高的敏感性。

表 2 莲叶桐种群年龄结构动态指数

Table 2 Dynamic index of *H. nymphaeifolia* population age structure

种群动态指数 Population dynamic index	动态指数值 (%) Dynamic index value (%)	种群动态指数 Population dynamic index	动态指数值 (%) Dynamic index value (%)
$V_1$	92.21	$V_7$	23.08
$V_2$	55.66	$V_8$	20.00
$V_3$	38.30	$V_{pi}$	0.89
$V_4$	20.69	$V'_{pi}$	0.01
$V_5$	26.09	$P_{max}$	0.01
$V_6$	23.53		

## 2.3 静态生命表及存活曲线

由表 3 可知, 随着年龄的增大, 莲叶桐种群标准化存活数 ( $a_x$ ) 持续减少, 尤其是在幼苗期存活率较低, 成苗后种群存活数逐渐稳定, 存活数减小的幅度趋缓; 从生命期望 ( $e_x$ ) 来看, 随着龄级增大逐渐上升, 在第 IV 级达到最大值 (3.185), 之后开始降低并在第 IX 级达到最小值 (0.571), 说明该种群在不同生长阶段的适应性差异显著, 在第 IV 级对环境的适应性和抗干扰能力最强, 生存状况最好, 生理活动最旺盛, 但随着年龄的增长, 竞争能力逐渐减弱。

由图 2 可知,死亡率( $q_x$ )和消失率( $K_x$ )反映个体对死亡效应的贡献程度,二者的变化趋势基本一致,在第 I 级最高,分别为 0.977 和 2.323,随后逐渐降低,直至第 IV 级后维持在 0.3 以下,表明该种群在第 I 级(幼苗期)种内和种间竞争激烈,导致幼苗大量死亡,种群自然更新受阻。由图 3 可知,莲叶桐种群存活曲线接近于 Deevey-III 型,种群在幼龄期死亡率极高,该时期后死亡率降低且趋于稳定,这与消失率、死亡率曲线表现一致,反映外部环境的压力与高死亡率的对应关系。

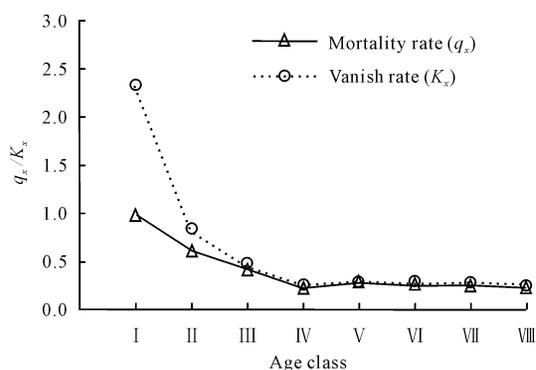


图 2 莲叶桐种群死亡率和消失率曲线

Fig. 2 Mortality and vanish rate curves of *H. nymphaeifolia* populations

*i*folia populations



图 3 莲叶桐种群的存活曲线

Fig. 3 Survival curve of *H. nymphaeifolia* populations

## 2.4 生存分析

由图 4 可知,从第 I 级开始种群生存率函数  $S(i)$  值骤增,累计死亡率函数  $F(i)$  值锐减,直至第 IV 级出现拐点,之后生存率曲线和累计死亡率曲线趋于平缓。可见幼苗期死亡率最高,种群在幼苗期和小树期生存状态不稳定,随着植株的生长,其抗干扰能力增强,种群个体存活数量逐渐稳定。如图 5 所示,种群累计死亡密度函数  $f(t_i)$  曲线和危险率函数  $\lambda(t_i)$  曲线变化趋势基本一致,在第 I - IV 级波动较大,之后整体趋于缓慢递减,说明该种群在幼龄期生命状态不稳定,个体死亡可能性较大。综合 4 种生存

函数曲线表明,第 I - IV 级莲叶桐种群较脆弱,第 V - VIII 级阶段种群趋于稳定,莲叶桐种群具有前期锐减、中后期稳定、总体缓慢增长的特点。

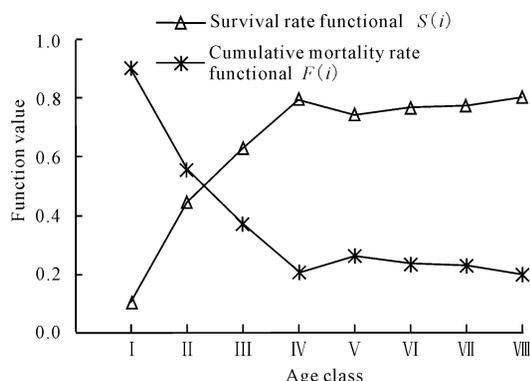


图 4 莲叶桐种群生存率和累计死亡率函数曲线

Fig. 4 Survival rate and cumulative mortality rate functional curves of *H. nymphaeifolia* populations

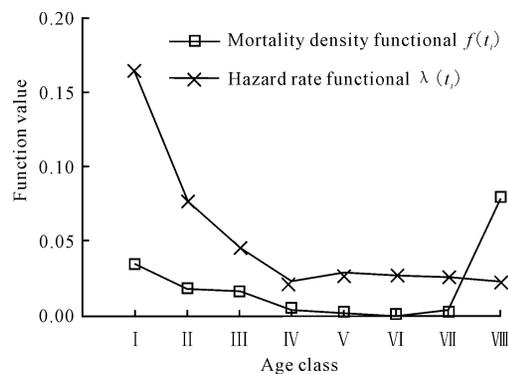


图 5 莲叶桐种群的死亡密度和危险率函数曲线

Fig. 5 Mortality density and hazard rate functional curves of *H. nymphaeifolia* populations

## 2.5 时间序列分析

由表 4 可知,随着时间的推移,各龄级的个体数均有一定增长。经过 2,4,6,8 个龄级时间后,第 VIII 级个体数量分别增加了 20%、60%、130% 和 1 560%。总体上看,莲叶桐种群幼年个体充足,在一定时间后成年个体会得到补充,若能维持现有生境,或加以适当的人工抚育和保护措施,将更有利于莲叶桐种群自然更新和恢复。

表 4 莲叶桐种群动态变化的时间序列分析

Table 4 Time sequence analysis of age structure of *H. nymphaeifolia* populations

龄级 Age class	原始数据 Initial data	$M_{2(1)}$	$M_{4(1)}$	$M_{6(1)}$	$M_{8(1)}$
I	1 083				
II	106	595			
III	47	77			

续表

Continued table

龄级 Age class	原始数据 Initial data	$M_{2(1)}$	$M_{4(1)}$	$M_{6(1)}$	$M_{8(1)}$
IV	29	38	316		
V	23	26	51		
VI	17	20	29	218	
VII	13	15	21	39	
VIII	10	12	16	23	166
IX	8	9	12	17	32

Note:  $M_{2(1)}$ 、 $M_{4(1)}$ 、 $M_{6(1)}$ 、 $M_{8(1)}$  is a prediction of *H. nymphaei folia* population after the time of age class 2, 4, 6 and 8, respectively

### 3 讨论

#### 3.1 莲叶桐种群结构与动态

年龄结构是重要的种群结构特征之一。在相同生境下,同一树种的龄级和径级对环境的反应规律具有一致性,分析种群年龄结构是探索种群动态规律的有效方法<sup>[34]</sup>。本研究调查结果显示,从整体上看,海南岛野生莲叶桐种群总体年龄偏小,个别种群结构出现断层,存在“只见幼苗,不见幼树”的现象,只有少量的幼龄个体能进入成年阶段。在海南岛 1 336 株莲叶桐中,成年植株仅 144 株,绝大多数属于幼苗,这与钟才荣等<sup>[10]</sup>2010 年的调查结果(莲叶桐幼苗占总株数 70%)基本一致。海南岛莲叶桐种群个体数 12 年间增加了 1 113 株,可见其种群数量处于缓慢增长状态,生存分析和时间序列分析结果也证实了这一点。生存分析结果表明,种群动态变化呈现前期迅速衰退、中后期趋于稳定、总体缓慢增长的特点。莲叶桐种群存活曲线接近于 Deevy-III 型,属于增长型,表明其种群幼龄期死亡率极高,种群数量急剧下降。死亡率( $q_x$ )和消失率( $K_x$ )均在第 I 级达最高值,直到第 IV 级之后死亡率降低且趋于稳定,反映外部环境的压力与高死亡率的对应关系。可见,莲叶桐种群在幼苗时期受影响较大,一旦解除幼苗期的不利影响,种群将迅速得到恢复。

#### 3.2 莲叶桐种群的致危因素

海南岛野生莲叶桐资源均分布于自然保护区范围之外,且毗邻村庄,频繁的人类生产活动对莲叶桐资源造成了严重的破坏。经调查,144 株成年植株普遍遭到伐枝,并有人为砍伐的断干木 19 株,树皮遭到环剥的 6 株。另外,海南岛野生莲叶桐种群分布破碎化,地理隔离一定程度降低了花朵授粉的可能<sup>[35]</sup>,这

很可能是导致个别种群花粉败育率和落果率高的原因之一。再者,植物在不同的生长阶段对于环境的需求及其抗逆性存在一定差异<sup>[36]</sup>。调查发现,海南岛野生莲叶桐多分布于林下枯枝落叶层较厚、腐殖质丰富的阴湿环境,该生境有利于莲叶桐种子萌发和幼苗成长,因此群落中幼苗植株数量占比较大;但进入中龄期后,莲叶桐生长速度加快,个体对光照、水分、营养以及生长空间的需求不断增大,导致群落中种内和种间竞争逐渐加剧,常见且冠幅较大的伴生树种如榄仁、红厚壳、椰子等对莲叶桐均具有较强的竞争力,致使林内有限的资源和空间逐渐成为限制莲叶桐种群发展的因素之一。

#### 3.3 莲叶桐资源保护与应用

海南岛野生莲叶桐种群属于增长型,但由于幼苗期个体的大量消亡,使得种群增长速度较为缓慢。因此,莲叶桐种群的保护重点是加强低龄级个体的抚育和保护。针对生长于郁闭度较高的海岸阔叶混交林中的种群,可对群落中的其他树种进行疏伐,开辟林窗,降低郁闭度,为幼龄莲叶桐营造适宜的生存环境。对于分布零散的种群,由于遗传多样性较低,自然更新受阻。因此,不仅要保护现有植株,而且还要选择适宜生境开展回归种植,扩大种群数量,建立种群交流廊道,增强种群的稳定性和自我更新能力。调查发现,莲叶桐喜砂质土壤,在海南岛具有广阔的应用前景,可将其引入海南岛 770.92 km 砂质岸线的沿海防护林中<sup>[37]</sup>,探索构建多层次、多树种、稳定性高的沿海混交防护林,改善海南岛海防林种类单一的缺陷,提升海防林的生态效益。此外,还可挖掘莲叶桐的药用价值和观赏价值,加大种苗培育力度,合理推广应用,以期实现莲叶桐种群的可持续发展,解除濒危现状。

### 4 结论

本研究通过开展海南岛莲叶桐资源调查分析,结果显示其种群仅分布于海南岛东海岸的文昌市至三亚市沿海基干林带中,以琼海市分布数量最多,种群分布呈整体分散、局部集中状态;种群龄级结构呈金字塔型,植株年龄总体偏小,低龄级个体数量占优势,占比高达 89%,但幼龄期个体数量消减较多,死亡率极高。因此,大量幼苗的保育是今后该物种保护工作的重点。生存分析和时间序列分析表明,存活曲线接近于 Deevy-III 型,种群数量具有前期锐减、中后期稳定、总体缓慢增长的特点,由于幼苗个体充足,在排

除极端干扰影响的情况下,经过一段时间之后,种群数量将得到一定恢复。

#### 参考文献

- [1] 环境保护部,中国科学院.关于发布《中国生物多样性红色名录——高等植物卷》的公告[EB/OL].(2013-09-02)[2022-04-08].[https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201309/t20130912\\_260061.htm?COLLCC=3987015812&](https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgg/201309/t20130912_260061.htm?COLLCC=3987015812&).
- [2] 范航清,王文卿.中国红树林保育的若干重要问题[J].厦门大学学报(自然科学版),2017,56(3):323-330.
- [3] 张颖,陈光程,钟才荣.中国濒危红树植物研究与恢复现状[J].应用海洋学学报,2021,40(1):142-153.
- [4] 苑虎.中国重点保护野生植物在国家级自然保护区的就地保护研究[D].北京:北京林业大学,2008.
- [5] 文婧.贡嘎山自然保护区重点保护植物资源调查与评价[D].雅安:四川农业大学,2018.
- [6] 王文卿,陈琼.南方滨海耐盐植物资源(一)[M].厦门:厦门大学出版社,2013.
- [7] 王文卿,张雅棉,黄建明.南方滨海耐盐植物资源(二)[M].厦门:厦门大学出版社,2021.
- [8] 邢福武,邓双文.中国南海诸岛植物志[M].北京:中国林业出版社,2019.
- [9] 邢福武,刘东明,易绮斐,等.海南省七洲列岛的植物与植被[M].武汉:华中科技大学出版社,2016.
- [10] 钟才荣,李诗川,管伟,等.中国3种濒危红树植物的分布现状[J].生态科学,2011,30(4):431-435.
- [11] 廖宝文,张乔民.中国红树林的分布、面积和树种组成[J].湿地科学,2014,12(4):435-440.
- [12] SVENSSON J S, JEGGLUM J K. Structure and dynamics of an undisturbed old-growth Norway spruce forest on the rising Bothnian coastline [J]. Forest Ecology and Management, 2001, 151(1/3): 67-79.
- [13] 姚兰,艾训儒,易咏梅,等.鄂西南亚热带常绿阔叶混交林优势种群的结构与动态特征[J].林业科学,2017,53(2):10-18.
- [14] 杨小林,王秋菊,兰小中,等.濒危植物大花黄牡丹(*Paonia ludlowii*)种群数量动态[J].生态学报,2007,27(3):1242-1247.
- [15] 张文辉.裂叶沙参种群生态学研究[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1998.
- [16] 李佳文,刘强,张静文,等.濒危红树植物莲叶桐叶绿体基因组及其系统进化[J].西北林学院学报,2020,35(5):54-61.
- [17] 国家林业和草原局,农业农村部.国家重点保护野生植物名录(2021年第15号)[EB/OL].(2021-09-07)[2022-04-12].[http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/09/content\\_5636409.htm](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/09/content_5636409.htm).
- [18] 刘梨萍.海南鼠李和莲叶桐化学成分的研究[D].青岛:青岛科技大学,2013.
- [19] 邢福武,周劲松,王发国,等.海南植物物种多样性编目[M].武汉:华中科技大学出版社,2012.
- [20] 王瑁,王文卿.三亚红树林[M].北京:科学出版社,2019.
- [21] 冯剑.海南岛海岸乡土树种榄仁树、莲叶桐的育苗和在木麻黄海防林下种植试验研究[D].海口:海南师范大学,2015.
- [22] 姚宝琪,刘强,蔡梓,等.海南滨海木麻黄林下三种乡土树种的光合特性[J].中南林业科技大学学报,2011,31(12):92-101.
- [23] 姚宝琪.木麻黄海防林中混交种植肖槿、红厚壳、莲叶桐的初步研究[D].海口:海南师范大学,2011.
- [24] 王颖.海南岛海岸环境特征[J].海洋地质动态,2002,18(3):1-9.
- [25] 谭杨新,林彬,孙宇权.海南岛沿海防护林基干林带建设探讨[J].热带林业,2019,47(2):59-63.
- [26] 杨彬,王玉,郝清玉.海南岛木麻黄海防林天然更新特征及更新树种筛选[J].广西植物,2020,40(3):412-421.
- [27] 钟才荣,杨众养,陈毅青,等.海南红树林修复手册[M].北京:中国林业出版社,2021.
- [28] 张萱蓉,李丹,杨小波,等.海南省万宁市野生荔枝资源种群特征研究[J].西北植物学报,2016,36(3):0596-0605.
- [29] 罗西,郭秋菊,姚兰,等.濒危植物鹅掌楸的天然种群结构特征[J].中南林业科技大学学报,2021,41(7):115-123.
- [30] 陈晓德.植物种群与群落结构动态量化分析方法研究[J].生态学报,1998,18(2):214-217.
- [31] 吴明开,沈志君,刘海,等.梵净山自然保护区珙桐天然种群生命表与生存分析[J].生态学杂志,2012,31(6):1419-1424.
- [32] 刘海洋,金晓玲,沈守云,等.湖南珍稀濒危植物——珙桐种群数量动态[J].生态学报,2012,32(24):7738-7746.
- [33] 涂洪润,李娇凤,刘润红,等.桂林岩溶石山櫟木种群空间格局及其关联性[J].应用生态学报,2019,30(8):2621-2630.
- [34] 何亚平,费世民,蒋俊明,等.不同龄级划分方法对种群存活分析的影响——以水灾迹地油松和华山松种群生存分析为例[J].植物生态学报,2008,32(2):448-455.
- [35] 张晓楠,钟才荣,罗炘武,等.濒危红树植物莲叶桐繁育植株中7种矿质元素含量[J].湿地科学,2016,14(5):687-692.

[36] 赵家豪, 叶钰倩, 孙晓丹, 等. 江西武夷山珍稀濒危植物南方铁杉种群动态与空间分布[J]. 生态学报, 2022, 42(10): 4032-4040.

[37] 包萌. 近40年间海南岛海岸线遥感监测与变迁分析[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014.

## Resource Status and Population Dynamics of Endangered Semi-mangrove Plant *Hernandia nymphaeifolia*, Hainan Island, China

FANG Zanshan<sup>1</sup>, ZHONG Cairong<sup>1</sup>, WANG Wenqing<sup>2</sup>, LÜ Xiaobo<sup>1</sup>, CHENG Cheng<sup>1</sup>

(1. Hainan Academy of Forestry / Hainan Academy of Mangrove, Haikou, Hainan, 571100, China; 2. College of the Environment and Ecology, Xiamen University, Xiamen, Fujian, 361102, China)

**Abstract:** *Hernandia nymphaeifolia* is a national class II key protected plant. This study intends to reveal the distribution pattern and population development trend of the endangered semi-mangrove plant *H. nymphaeifolia* in Hainan Island, and provide a scientific basis for the protection of *H. nymphaeifolia* resources. The resource status, spatial distribution and population dynamics of *H. nymphaeifolia*, a rare and endangered semi-mangrove plant in Hainan Island, were investigated by using quadrat survey and direct counting method. The results showed that a total of 1 336 wild *H. nymphaeifolia* plants were investigated in Hainan Island, which were mainly distributed in Qionghai City, Wenchang City and Sanya City. The population presented a state of overall dispersion and local concentration. And the population diameter structure was pyramid-shaped. Under the influence of human disturbance, geographical isolation, interspecific competition and other factors, the population renewal of wild *H. nymphaeifolia* was restricted to a certain extent, and the number of individuals increased slowly. The population of *H. nymphaeifolia* was greatly affected at the seedling stage. Once the adverse effects of the seedling stage were eliminated, the population would recover. On the whole, the number of young *H. nymphaeifolia* individuals in Hainan Island is large, and the population has the characteristics of sharp decrease in early stage, stable in middle and late stage, and slow growth in general. The protection and tending of seedling stage should be strengthened.

**Key words:** endangered semi-mangrove; population structure; *Hernandia nymphaeifolia*; static life-table; Hainan Island

责任编辑: 米慧芝



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxkx@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxkx.ijournal.cn/gxkx/ch>