

# 海南清澜港海南海桑群落中 物种生态位特征和种间联结性

张孟文, 钟才荣<sup>①</sup>, 吕晓波, 方赞山, 程 成

[海南省林业科学研究院(海南省红树林研究院), 海南 海口 571100]

**摘要:** 对海南清澜港海南海桑(*Sonneratia × hainanensis* W. C. Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen)群落现状进行系统调查, 采用 Levins 指数、Pianka 指数、Schoener 指数和方差比率(VR)等指标以及 $\chi^2$ 检验对海南海桑群落中物种生态位特征和种间联结性进行了研究。结果显示: 海南海桑群落共有 14 种(变种, 下同)植物, 隶属于 8 科 10 属, 其中海南海桑的重要值(33.48%)和生态位宽度(Levins 指数为 14.40)在群落中均排名第 1, 明显高于其他物种。14 种植物共组成 91 个种对, 其中 Pianka 指数和 Schoener 指数小于 0.5 的种对数分别占总种对数的 86.8% 和 92.3%, 说明群落中大部分物种间的生态位重叠程度和生态位相似性较低, 种间竞争不激烈。海南海桑群落物种间总体表现为不显著负联结, 并有 84.6% 的种对联结性不显著, 说明群落物种间联结性不强, 具有一定的独立性。海南海桑与其他植物组成的 13 个种对中, 显著联结种对数仅占 38.5%, 说明海南海桑与群落中大部分物种联结性较弱。综合分析认为, 生态位特征和种间联结不是海南海桑濒危的主要因子, 可从开展人工辅助育种工作、加大就地保护力度和优化迁地保护策略方面考虑海南海桑种群的保护与恢复。

**关键词:** 红树植物; 海南清澜港; 海南海桑群落; 生态位特征; 种间关系

中图分类号: Q948.12; Q949.761.3; S727.28 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2023)05-0070-08  
DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2023.05.07

**Species niche characteristics and interspecific associations in *Sonneratia × hainanensis* community in Qinglan Port of Hainan Province** ZHANG Mengwen, ZHONG Cairong<sup>①</sup>, LYU Xiaobo, FANG Zanshan, CHENG Cheng [Hainan Academy of Forestry (Hainan Academy of Mangrove), Haikou 571100, China], *J. Plant Resour. & Environ.*, 2023, 32(5): 70-77

**Abstract:** The current situation of *Sonneratia × hainanensis* W. C. Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen community in Qinglan Port of Hainan Province was systematically investigated, and species niche characteristics and interspecific associations in *S. × hainanensis* community were studied by using indexes including Levins index, Pianka index, Schoener index and variance ratio (VR), and  $\chi^2$  test. The results show that there are a total of 14 species (variety, the same below) in *S. × hainanensis* community, belonging to 10 genera of 8 families, in which the importance value (33.48%) and niche width (Levins index is 14.40) of *S. × hainanensis* both rank the first in the community, which are evidently higher than those of the other species. 14 species constitute 91 species pairs in total, in which numbers of species pairs with Pianka index and Schoener index smaller than 0.5 account for 86.8% and 92.3% of the total number of species pairs respectively, indicating that the niche overlap degree and niche similarity between most species in the community are relatively low, and the interspecific competition is mild. The overall association among species in *S. × hainanensis* community shows a non-significant negative association, and 84.6% of the species pairs have no significant association, indicating that association

收稿日期: 2023-03-16

基金项目: 海南省科研院所技术创新专项基础性科研工作项目(jcxk202003)

作者简介: 张孟文(1986—), 男, 江西吉安人, 博士, 助理研究员, 主要从事红树林植被生态学方面的研究。

<sup>①</sup>通信作者 E-mail: crzhong169@163.com

引用格式: 张孟文, 钟才荣, 吕晓波, 等. 海南清澜港海南海桑群落中物种生态位特征和种间联结性[J]. 植物资源与环境学报, 2023, 32(5): 70-77.

between species is not strong, and there is a certain degree of independence. Among the 13 species pairs composed of *S. × hainanensis* and the other plants, the number of significant associated species pairs accounts for only 38.5%, indicating that the association between *S. × hainanensis* and most species in the community is weak. The comprehensive analysis shows that niche characteristics and interspecific associations are not the major factors for the endangerment of *S. × hainanensis*, and conservation and restoration of *S. × hainanensis* community should be considered from multiple aspects namely conducting artificial assisted breeding, strengthening *in situ* conservation, and optimizing *ex situ* conservation strategies.

**Key words:** mangrove plant; Qinglan Port of Hainan Province; *Sonneratia × hainanensis* W. C. Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen community; niche characteristics; interspecific relationship

目前,全球性的植被破坏和生物多样性损失严重,全世界约有39.4%的维管植物物种面临灭绝的威胁<sup>[1-2]</sup>,中国受威胁的高等植物比例为15%~20%<sup>[3]</sup>。极端气候变化、人类活动干扰以及外来物种入侵等都是濒危植物数量大幅度减少的外在因子<sup>[4]</sup>。因此,濒危植物的保护已成为全世界关注的一个主要问题。濒危植物生态位特征为揭示其资源现状及发展趋势提供了重要依据,而种间联结关系反映了濒危植物所在群落的结构与功能特征<sup>[5-6]</sup>。通过开展濒危植物生态位特征和种间联结性研究,深入探讨濒危植物种内、种间关系及其在群落中的地位和作用,对揭示群落中物种共存机制和保护濒危植物具有十分重要的意义。

植物群落由多个相互影响的植物个体组成,通过对生境中的资源共享和竞争,表现出不同的种间关系和生态位特征<sup>[7]</sup>。目前,学者们常用生态位宽度和生态位重叠等指标描述群落内各物种的生态位特征,从而探讨物种对周边环境资源的竞争力以及分布特征<sup>[8]</sup>。此外,确定不同物种的空间关联程度对研究物种间的相互作用以及群落的组成和动态具有重要意义<sup>[9]</sup>。物种间的空间关联程度大体包含正联结、负联结和不联结3种情况及其显著性,一般采用总体联结指数、 $\chi^2$ 检验、联结系数和 Pearson 相关系数等方法 and 指标来探讨群落物种间的联结性<sup>[10]</sup>。当前学者对生态位特征和种间联结性的研究对象主要为不同植物生活型、不同植被类型以及不同群落垂直结构的优势种或濒危种<sup>[11-16]</sup>。

红树林是自然分布在热带与亚热带海岸潮间带,并且物种组成以红树植物为主的植被类型<sup>[17]</sup>。作为蓝碳生态系统中惟一的木本植物,红树林在人类生命防线、物种基因库、蓝碳和海洋净化器等方面扮演重要角色<sup>[18]</sup>。但对红树林尤其是濒危红树植物的生态

位特征和种间联结性等方面的研究相对不足,主要表现在2个方面:一方面是研究对象仅局限于少量的红树林群落优势种的生态位特征和种间联结性,另一方面是研究内容更侧重于红树林的群落结构和物种组成<sup>[19-21]</sup>。已有研究表明:中国红树植物种类约占全世界的1/3,但有近50%的红树种类处于不同程度的濒危状态,其中海桑属(*Sonneratia* Linn. f.)的濒危植物种数最多<sup>[22]</sup>。海桑属植物是典型的以种子繁殖的非胎生植物,树体高大,对潮间带周期性海水淹没环境有较强的适应性,既是红树林群落的重要组成部分,也是红树林保护与恢复的重要树种资源<sup>[23-24]</sup>。

海南海桑(*Sonneratia × hainanensis* W. C. Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen)为千屈菜科(Lythraceae)海桑属常绿乔木,生长在立地条件较好、土壤松软、淤泥深厚,且常有潮水浸淹的中潮滩和高潮滩上<sup>[25]</sup>。海南海桑为中国特有种,仅天然分布于海南清澜红树林省级自然保护区<sup>[26]</sup>。受人类活动干扰,海南海桑的生存状态非常严峻,个体数量极其稀少,种群处于极度濒危状态,已被国家林业和草原局列为中国极小种群野生植物<sup>[27]</sup>。近年来,学者对海南海桑的研究主要集中于资源现状<sup>[25]</sup>、繁殖特征<sup>[28]</sup>以及适应性<sup>[29]</sup><sup>25</sup>等方面,而关于种间关系对海南海桑种群分布的影响目前还不清晰,研究海南海桑的生态位特征和种间联结性是保护与恢复该种群的重要途径。因此,本文以海南清澜港自然分布的海南海桑群落为研究对象,对其物种生态位特征和种间联结性进行定量研究,比较不同物种间的相互关系,以为海桑属濒危植物的保护和恢复提出科学的策略。

## 1 研究区概况和研究方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于海南清澜红树林省级自然保护区的

八门湾片区(东经  $110^{\circ}48'35'' \sim 110^{\circ}53'08''$ 、北纬  $19^{\circ}37'11'' \sim 19^{\circ}37'58''$ )。保护区属于热带海洋性季风气候,年均温  $24.3^{\circ}\text{C}$ ,极端最高温  $39.1^{\circ}\text{C}$ ,极端最低温  $4.7^{\circ}\text{C}$ ,年均降水量  $1975.2\text{ mm}$ ,年均日照时数  $1922.5\text{ h}$ ,年均蒸发量  $1892.4\text{ mm}$ ;该区域的潮汐类型为不规则的全日潮,平均潮差  $0.75\text{ m}$ ,最大潮差  $2.06\text{ m}$ ,海水盐度  $1.8\% \sim 2.8\%$ 。目前保护区总面积  $2914.6\text{ hm}^2$ ,其中核心区面积  $884.1\text{ hm}^2$ 、缓冲区面积  $966.6\text{ hm}^2$ 、实验区面积  $1063.9\text{ hm}^2$ ,保护了面积约为  $1444.5\text{ hm}^2$  的红树林植被<sup>[29]13</sup>。

## 1.2 研究方法

1.2.1 样地设置和样方调查 于2021年3月至5月对海南海桑的资源现状进行系统调查,最终确定了该物种的地理分布和数量特征。在此基础上,采用典型取样法<sup>[30]</sup>,在海南海桑集中分布区域设置16个面积  $10\text{ m} \times 10\text{ m}$  的样地,调查面积共  $1600\text{ m}^2$ 。调查时将每个样地划分为4个面积  $5\text{ m} \times 5\text{ m}$  的样方,采用胸径尺(精度  $0.1\text{ cm}$ )和塔尺(精度  $0.1\text{ cm}$ )测量并记录各样方内所有胸径大于等于  $1\text{ cm}$  的植株的胸径、树高和枝下高。

1.2.2 重要值计算 参考文献[31]中的方法计算海南海桑群落中各物种重要值。

1.2.3 生态位分析 参考文献[32-33]中的方法进行生态位分析。采用 Levins 指数( $B_L$ )表示海南海桑群落中各物种的生态位宽度。采用 Pianka 指数( $Q_{ik}$ )表示各物种间的生态位重叠; $Q_{ik} = 0.00$  表示生态位完全不重叠; $0.00 < Q_{ik} < 0.50$  表示生态位重叠程度较低; $0.50 \leq Q_{ik} < 1.00$  表示生态位重叠程度较高; $Q_{ik} = 1.00$  表示生态位完全重叠。采用 Schoener 指数( $C_{ik}$ )表示各物种间的生态位相似性; $C_{ik} = 0.00$  表示生态位完全不相似; $0.00 < C_{ik} < 0.50$  表示生态位相似性较低; $0.50 \leq C_{ik} < 1.00$  表示生态位相似性较高; $C_{ik} = 1.00$  表示生态位完全相似。

1.2.4 联结性分析 根据海南海桑群落中各物种组成的种对在16个样地内的分布现状,建立  $2 \times 2$  联列表,分别统计各种对的 a、b、c 和 d 值,其中 a 为2个种均出现的样地数,b 和 c 分别为2个种各自出现的样地数,d 为2个种均未出现的样地数。参考文献[34]中的方法,采用方差比率(VR)法检验物种间的总体联结性; $VR > 1$  表示种间总体呈正联结; $VR < 1$  表示种间总体为负联结; $VR = 1$  表示种间总体无关联。查询  $\chi^2$  的上侧临界值表可知,当样地数(N)为16时,

$\chi^2_{(0.95,16)} = 7.96$ ,  $\chi^2_{(0.05,16)} = 26.30$ ,采用统计量  $W(W = N \times VR)$  判断 VR 值偏离1的显著度,当 W 值落入  $\chi^2$  的分布界限( $7.96 < W < 26.30$ ),表示总体联结性不显著,否则总体联结性显著。同时,使用  $\chi^2$  检验种间的联结性; $\chi^2 < 3.841$  表示种间联结性不显著; $3.841 \leq \chi^2 < 6.635$  表示种间联结性显著; $\chi^2 \geq 6.635$  表示种间联结性极显著。ad>bc 表示种对呈正联结,ad<bc 表示种对呈负联结,ad=bc 表示种对无联结。

## 1.3 数据统计和分析

采用 EXCEL 2007 软件整理和分析数据,采用 Origin 2021 软件绘图。

## 2 结果和分析

### 2.1 物种组成及生态位宽度分析

海南清澜港海南海桑群落物种组成及 Levins 指数见表1。结果显示:海南海桑群落共有14种(变种,下同)植物,隶属于8科10属,其中,海南海桑有136株,个体数排名第4,林下未见幼龄个体。海南海桑的重要值最大(33.48%),其后依次为海莲 [*Bruguiera sexangula* (Lour.) Poir.]、海漆 (*Excoecaria agallocha* Linn.)、榄李 (*Lumnitzera racemosa* Willd.), 重要值均大于10%;尖瓣海莲 (*Bruguiera sexangula* var. *rhynchopetala* Ko)、木果楝 (*Xylocarpus granatum* Koenig)、海桑 [*Sonneratia caseolaris* (Linn.) Engl.]、瓶花木 (*Scyphiphora hydrophyllacea* Gaertn. f.) 和黄槿 [*Talipariti tiliaceum* (Linn.) Fryxell.] 的重要值均小于1%,其中黄槿的重要值最小(0.22%)。

结果(表1)还显示:群落中物种间的生态位宽度存在差异。海南海桑、海莲、海漆和榄李的 Levins 指数较大,分别为14.40、10.97、8.95 和 8.98,表明这4种植物的生态位宽度较大,对生境的适应性较强。桐花树 [*Aegiceras corniculatum* (Linn.) Blanco]、杯萼海桑 (*Sonneratia alba* J. Smith) 和红树 (*Rhizophora apiculata* Bl.) 的 Levins 指数分别为4.29、3.85 和 4.99,表明这3种植物的生态位宽度处于中等水平,对生境的适应性一般。角果木 [*Ceriops tagal* (Perr.) C. B. Rob.] 和尖瓣海莲的 Levins 指数较小,分别为1.75 和 1.73;木榄 [*Bruguiera gymnorhiza* (Linn.) Savigny]、木果楝、海桑、瓶花木和黄槿的 Levins 指数最小,均为1.00,表明这7种植物的生态位宽度较小,对生境的适应性较弱。

表 1 海南清澜港海南海桑群落物种组成及 Levins 指数<sup>1)</sup>  
**Table 1 Composition and Levins index of species in *Sonneratia × hainanensis* W. C. Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen community in Qinglan Port of Hainan Province<sup>1)</sup>**

种类 Species	<i>n</i>	<i>IV</i> /%	<i>B<sub>L</sub></i>
海南海桑 <i>Sonneratia × hainanensis</i>	136	33.48	14.40
海莲 <i>Bruguiera sexangula</i>	194	17.96	10.97
海漆 <i>Excoecaria agallocha</i>	189	16.51	8.95
榄李 <i>Lumnitzera racemosa</i>	179	14.71	8.98
桐花树 <i>Aegiceras corniculatum</i>	55	4.25	4.29
杯萼海桑 <i>Sonneratia alba</i>	29	4.17	3.85
红树 <i>Rhizophora apiculata</i>	25	3.74	4.99
角果木 <i>Ceriops tagal</i>	11	1.44	1.75
木榄 <i>Bruguiera gymnorhiza</i>	12	1.21	1.00
尖瓣海莲 <i>Bruguiera sexangula</i> var. <i>rhynchopetala</i>	5	0.96	1.73
木果楝 <i>Xylocarpus granatum</i>	4	0.60	1.00
海桑 <i>Sonneratia caseolaris</i>	4	0.41	1.00
瓶花木 <i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	4	0.35	1.00
黄槿 <i>Talipariti tiliaceum</i>	1	0.22	1.00

<sup>1)</sup> *n*: 个体数 Individual number; *IV*: 重要值 Importance value; *B<sub>L</sub>*: Levins 指数 Levins index.

2.2 生态位重叠和生态位相似性分析

海南清澜港海南海桑群落物种间的 Pianka 指数 ( $Q_{ik}$ ) 和 Schoener 指数 ( $C_{ik}$ ) 见表 2。结果显示: 海南海桑群落中 14 种植物共组成 91 个种对, 其中,  $Q_{ik} = 0.00$  的种对有 33 个, 占总种对数的 36.3%;  $0.00 < Q_{ik} <$

$0.50$  的种对有 46 个, 占总种对数的 50.5%;  $0.50 \leq Q_{ik} < 1.00$  的种对有 11 个, 占总种对数的 12.1%;  $Q_{ik} = 1.00$  的种对仅有 1 个, 为木榄和木果楝, 占总种对数的 1.1%。群落中  $Q_{ik} < 0.50$  的种对数比例高达 86.8%, 表明大部分物种间的生态位重叠程度较低, 种间竞争程度相对较低。海南海桑与其他物种组成的 13 个种对中,  $0.00 < Q_{ik} < 0.50$  的种对有 9 个, 占比 69.2%;  $0.50 \leq Q_{ik} < 1.00$  的种对有 4 个, 占比 30.8%, 分别为海南海桑和海莲 ( $Q_{ik}$  值为 0.71)、海南海桑和海漆 ( $Q_{ik}$  值为 0.66)、海南海桑和榄李 ( $Q_{ik}$  值为 0.71) 以及海南海桑和桐花树 ( $Q_{ik}$  值为 0.54)。表明海南海桑与群落中大部分物种间的生态位重叠程度较低, 种间竞争不激烈。

结果(表 2)还显示: 91 个种对中,  $C_{ik} = 0.00$  的种对有 33 个, 占总种对数的 36.3%。  $0.00 < C_{ik} < 0.50$  的种对有 51 个, 占总种对数的 56.0%;  $0.50 \leq C_{ik} < 1.00$  的种对有 6 个, 占总种对数的 6.6%;  $C_{ik} = 1.00$  的种对仅有 1 个, 为木榄和木果楝, 占总种对数的 1.1%。群落中  $C_{ik} < 0.50$  的种对数比例高达 92.3%, 表明大部分物种间的生态位相似程度较低, 对环境资源的要求存在差异, 种间竞争程度相对较低。海南海桑与其他物种组成的 13 个种对中,  $0.00 < C_{ik} < 0.50$  的种对有 10 个, 占比 76.9%;  $0.50 \leq C_{ik} < 1.00$  的种对有 3 个, 占比

表 2 海南清澜港海南海桑群落物种间的 Pianka 指数和 Schoener 指数<sup>1)</sup>  
**Table 2 Pianka index and Schoener index between species in *Sonneratia × hainanensis* W. C. Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen community in Qinglan Port of Hainan Province<sup>1)</sup>**

种类 Species	Pianka 指数(横线上方)和 Schoener 指数(横线下方) Pianka index (above the horizontal line) and Schoener index (below the horizontal line)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	—	0.71	0.66	0.71	0.54	0.37	0.47	0.38	0.24	0.23	0.24	0.23	0.31	0.25
2	0.66	—	0.52	0.50	0.24	0.80	0.49	0.09	0.13	0.47	0.13	0.19	0.25	0.10
3	0.61	0.52	—	0.58	0.41	0.13	0.27	0.09	0.00	0.00	0.00	0.12	0.18	0.34
4	0.61	0.47	0.54	—	0.27	0.11	0.20	0.28	0.00	0.17	0.00	0.00	0.19	0.05
5	0.39	0.19	0.34	0.28	—	0.03	0.34	0.26	0.00	0.00	0.00	0.65	0.00	0.64
6	0.29	0.50	0.11	0.08	0.08	—	0.35	0.09	0.16	0.48	0.16	0.00	0.00	0.00
7	0.36	0.39	0.29	0.23	0.23	0.30	—	0.15	0.49	0.19	0.49	0.52	0.00	0.00
8	0.18	0.14	0.11	0.12	0.13	0.16	0.22	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.08	0.22	0.00	—	0.40	1.00	0.00	0.00	0.00
10	0.10	0.18	0.00	0.06	0.00	0.31	0.22	0.00	0.30	—	0.40	0.00	0.00	0.00
11	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.08	0.22	0.00	1.00	0.30	—	0.00	0.00	0.00
12	0.06	0.06	0.04	0.00	0.31	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00
13	0.08	0.08	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—	0.00
14	0.07	0.03	0.11	0.02	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—

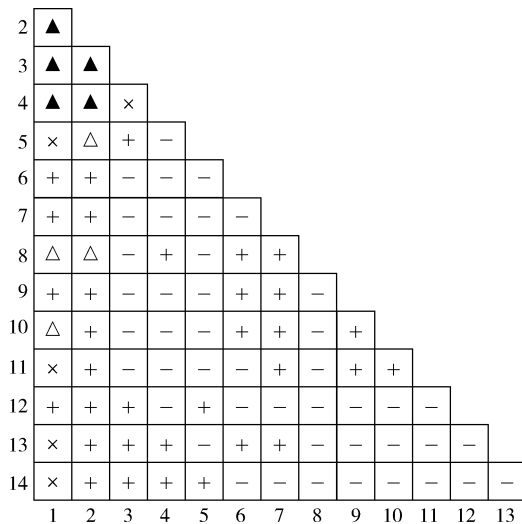
<sup>1)</sup> 1: 海南海桑 *Sonneratia × hainanensis* W. C. Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen; 2: 海莲 *Bruguiera sexangula* (Lour.) Poir.; 3: 海漆 *Excoecaria agallocha* Linn.; 4: 榄李 *Lumnitzera racemosa* Willd.; 5: 桐花树 *Aegiceras corniculatum* (Linn.) Blanco; 6: 杯萼海桑 *Sonneratia alba* J. Smith; 7: 红树 *Rhizophora apiculata* Bl.; 8: 角果木 *Ceriops tagal* (Perr.) C. B. Rob.; 9: 木榄 *Bruguiera gymnorhiza* (Linn.) Savigny; 10: 尖瓣海莲 *Bruguiera sexangula* var. *rhynchopetala* Ko; 11: 木果楝 *Xylocarpus granatum* Koenig; 12: 海桑 *Sonneratia caseolaris* (Linn.) Engl.; 13: 瓶花木 *Scyphiphora hydrophyllacea* Gaertn. f.; 14: 黄槿 *Talipariti tiliaceum* (Linn.) Fryxell.

23.1%,分别为海南海桑和海莲( $C_{ik}$ 值为0.66)、海南海桑和海漆( $C_{ik}$ 值为0.61)以及海南海桑和榄李( $C_{ik}$ 值为0.61)。表明海南海桑与群落中大部分物种的生态位相似性较低,种间竞争不激烈。

### 2.3 联结性分析

2.3.1 总体联结性分析 海南清澜港海南海桑群落物种间的方差比率( $VR$ )为0.59,小于1,说明海南海桑群落物种间总体表现为负联结。进一步采用统计量 $W$ 检测 $VR$ 值偏离1的显著性, $W$ 值为9.44,在(7.96,26.30)区间内,说明海南海桑群落物种间总体联结性不显著。

2.3.2 种间联结性分析 海南清澜港海南海桑群落物种间的 $\chi^2$ 检验半矩阵图见图1。结果显示:海南海桑群落物种组成的91个种对中,正联结种对有38个,负联结种对有48个,无关联种对有5个,分别占



▲: 显著正联结 Significant positive association; △: 显著负联结 Significant negative association; +: 不显著正联结 Non-significant positive association; -: 不显著负联结 Non-significant negative association; ×: 无关联 No association.

1: 海南海桑 *Sonneratia x hainanensis* W. C. Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen; 2: 海莲 *Bruguiera sexangula* (Lour.) Poir.; 3: 海漆 *Excoecaria agallocha* Linn.; 4: 榄李 *Lumnitzera racemosa* Willd.; 5: 桐花树 *Aegiceras corniculatum* (Linn.) Blanco; 6: 杯萼海桑 *Sonneratia alba* J. Smith; 7: 红树 *Rhizophora apiculata* Bl.; 8: 角果木 *Cerriops tagal* (Perr.) C. B. Rob.; 9: 木榄 *Bruguiera gymnorhiza* (Linn.) Savigny; 10: 尖瓣海莲 *Bruguiera sexangula* var. *rhynchopetala* Ko; 11: 木果楝 *Xylocarpus granatum* Koenig; 12: 海桑 *Sonneratia caseolaris* (Linn.) Engl.; 13: 瓶花木 *Scyphiphora hydrophyllacea* Gaertn. f.; 14: 黄槿 *Talipariti tiliaceum* (Linn.) Fryxell.

图1 海南清澜港海南海桑群落物种间的 $\chi^2$ 检验半矩阵图

Fig. 1 Semi-matrix diagram of  $\chi^2$  test between species in *Sonneratia x hainanensis* W. C. Ko, E. Y. Chen et W. Y. Chen community in Qinglan Port of Hainan Province

总种对数的41.8%、52.7%和5.5%,正负关联比为0.79。在38个正联结种对中,显著正联结种对有5个,分别为海南海桑和海莲、海南海桑和海漆、海南海桑和榄李、海莲和海漆以及海莲和榄李。在48个负联结种对中,显著负联结种对有4个,分别为海南海桑和角果木、海南海桑和尖瓣海莲、海莲和桐花树以及海莲和角果木。海南海桑与其他物种组成的13个种对中,显著正联结种对有3个,不显著正联结种对有4个,显著负联结种对有2个,无关联种对有4个。

## 3 讨 论

### 3.1 海南海桑在群落中的生态位特征

植物的重要值与生态位宽度均可用于评估某个种群在特定群落中的地位和作用,但二者间存在差异<sup>[35]</sup>。重要值主要侧重植物在群落中的主体地位,而生态位宽度体现在植物与环境的相互关系及植物对周边资源的利用能力上<sup>[36]</sup>。已有研究表明:生态位宽度与植物濒危没有必然的联系<sup>[37]</sup>。有的濒危植物在群落中生态位宽度较小,与群落中其他物种竞争激烈<sup>[30]</sup>;而有的濒危植物在群落中生态位宽度较大,适应性强<sup>[38-39]</sup>。本研究中,海南海桑群落中共有14种植物,其中海南海桑的重要值(33.48%)和生态位宽度(Levins指数为14.40)在群落中均排名第1。表明在该群落中海南海桑的分布范围最广,对环境的适应性和资源的利用能力均较强。群落中其他物种的重要值和生态位宽度明显低于海南海桑,表明这些种类在群落中对环境的适应性和资源的利用能力均较弱。其他濒危植物如细果秤锤树(*Sinojackia microcarpa* C. T. Chen et G. Y. Li)在群落中生态位宽度也大于其他物种<sup>[40]</sup>。出现这种现象的原因可能与样地设置有关,此次调查样地位于海南岛唯一仅存的海南海桑集中分布区域,所有海南海桑个体均为高大乔木,在群落垂直结构中处于最顶层,因此海南海桑能够展现出较强的种间竞争能力。

一般认为,生态位宽度越大的物种对环境的适应能力越强,往往也伴随着较高的生态位重叠度<sup>[8]</sup>。相反,生态位宽度较小的物种,利用资源的能力较弱,生态位重叠程度较低<sup>[15]</sup>。本研究中,海南海桑、海莲、海漆和榄李的生态位宽度均较大,分布范围广,这些物种组成的种对的生态位重叠程度较高。但这并不是完全绝对的,本研究还发现个别生态位宽度较小

的物种间会出现生态位重叠程度较高的现象,如桐花树、海桑、红树和黄槿的生态位宽度较小,但这些物种组成的种对(桐花树和海桑、红树和海桑以及桐花树和黄槿)的生态位重叠程度却较高。这在郟亚栋等<sup>[41]</sup>的研究中也有相似的结果。这可能是因为在群落中物种间同时存在种间竞争和相互促进的关系<sup>[31]</sup>。此外,本研究中,仅有13.2%种对的生态位重叠程度较高(Pianka指数大于等于0.50),并且所有种对的Pianka指数的均值为0.21,表明海南海桑群落中大部分种对间的生态位重叠程度较低,种间竞争程度较弱。

已有研究表明:在湿地环境中,物种间多存在在共享资源不足的情况,物种间的生态位重叠除了表征物种生态学特性相似性外,还反映物种间存在竞争关系,且与环境条件的变化相关<sup>[42]</sup>。本研究中,海南海桑群落中大部分物种间的生态位相似性较低,表明这些物种对环境资源的竞争不激烈。究其原因,一方面可能与各物种对异质性生境的适应性差异有关,另一方面可能是人类的养殖活动导致原有生境破碎化,产生了一系列不适宜物种生长的环境因子(光照、盐度和潮汐),难以满足更多物种生长所需的资源<sup>[43]</sup>。说明海南海桑群落中物种生态位特征不仅与各物种的生物学特性有关,也与所处环境条件密不可分。

综合以上分析可知,生态位特征可能不是海南海桑濒危的主要因子,导致其种群逐渐衰退且呈斑块状分布的主要原因是人为干扰和自身繁殖受限<sup>[25]</sup>。

### 3.2 海南海桑群落的种间联结性

物种间的总体联结性与其所处群落的稳定性紧密相连,反映了该植物群落的演替趋势<sup>[11]</sup>。研究结果<sup>[44]</sup>表明:在初级演替阶段,群落物种间的关联程度通常较低,并且常常会产生较大的负联结,竞争相对比较激烈;随着演替的进行,群落物种间的正联结程度逐渐加强;当群落达到顶极阶段时,群落总体上呈现显著的正联结特性。本研究中,海南海桑群落物种间总体表现为不显著负联结,表明该群落还处于不成熟的演替阶段。相关研究结果也表明:海南海桑天然林和人工林林下均未发现幼树或幼苗,各种群的更新状况极差<sup>[25,45]</sup>。说明海南海桑种群更新不良。原因可能与海南海桑群落的生境片段化有关。受人类活动影响,原先连片分布的海南海桑群落,现在被切割分布于相邻的养殖塘中。由于养殖塘资源有限,加上物种对生境资源存在共同需求,群落中部分物种间竞

争激烈,因此,群落整体处于相对不稳定的状态。在桫欏 [*Alsophila spinulosa* (Wall. ex Hook.) R. M. Tryon] 和台湾杉 (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) 等濒危植物研究中也得到了相似的结果<sup>[10,46]</sup>。

海南海桑群落14种植物组成的91个种对中有84.6%的种对联结性不显著,说明群落物种间联结性不强,具有一定的独立性。在海南海桑与其他植物组成的13个种对中,显著正联结种对有3个,显著负联结种对有2个,显著联结种对数仅占38.5%,说明海南海桑与群落中大部分物种联结性较弱,促进和竞争均不激烈。原因可能是海南海桑处于群落垂直结构的第1层,占据独特的生态位,对生境资源的利用具有绝对的优势。陈玉凯等<sup>[37]</sup>认为,种间正联结性越强、生态位重叠值越大,种间负联结性越强、生态位重叠值越小。钟彦龙等<sup>[47]</sup>的研究结果显示:植物种对的正联结体现了植物利用资源的相似性和生态位重叠性,负联结体现了物种间的排斥性,是长期适应不同微环境的结果,也是生态位分离的反映。本研究也得到了类似的结果,与海南海桑显著正联结的3个种对,海南海桑和海莲、海南海桑和海漆以及海南海桑和榄李的Pianka指数分别为0.71、0.66和0.71,生态位重叠程度较高,这可能是由于海南海桑为群落优势种,处在最高层,为处于其下层的海莲、海漆和榄李提供了一个良好的生存环境;而与海南海桑显著负联结的2个种对,海南海桑和角果木、海南海桑和尖瓣海莲的Pianka指数分别为0.38和0.23,生态位重叠程度较低,这可能与群落中不同物种的生态适应性差异有关<sup>[32]</sup>,海南海桑主要分布在潮间带的高潮位,角果木分布在中潮位,由于二者对海水潮汐的适应性不同,形成了生态位的分离。另有研究结果表明:群落结构越稳定,群落中无联结种对比例越高<sup>[44]</sup>。而海南海桑群落由于植被受到破坏和生境退化<sup>[43]</sup>,群落中无联结种对数较少,仅占总种对数的5.5%,海南海桑群落演替为稳定的顶极群落是一个很漫长的过程。因此,应加强对海南海桑的保护,且在保护工作中不仅要保护仅存的成年植株,还要保护其所处的群落与生境。

## 4 结 论

海南清澜港海南海桑群落各物种间存在一定程度的生态位重叠和生态位相似性,但重叠和相似性程

度均不高;群落物种间总体表现为不显著负联结,海南海桑与大多数物种间的联结性均不强,具有一定的独立性。此外,海南海桑在群落中生态位宽度最大,对其群落生境适应性较强,生存状况良好。说明生态位特征和种间联结性可能不是海南海桑濒危的主要因素,导致其种群逐渐衰退且呈斑块状分布的主要原因是人为干扰和自身繁殖受限。因此,可从开展人工辅助育种工作、加大就地保护力度和优化迁地保护策略方面考虑海南海桑种群的保护与恢复。同时,在就地保护过程中,需关注与海南海桑呈负联结的物种,特别是显著负联结的角果木和尖瓣海莲,并对其适度疏伐。这些措施对于进一步保护与恢复海桑属濒危红树植物具有重要意义。

#### 参考文献:

- [1] XU Z, REN H, WEI X, et al. Distribution and conservation status of *Camellia longzhouensis* (Theaceae), a critically endangered plant species endemic to southern China [J]. *Global Ecology and Conservation*, 2021, 27: e01585.
- [2] NIC LUGHADHA E, BACHMAN S P, LEÃO T C C, et al. Extinction risk and threats to plants and fungi[J]. *Plants, People, Planet*, 2020, 2: 389-408.
- [3] 覃海宁, 赵莉娜. 中国高等植物濒危状况评估[J]. *生物多样性*, 2017, 25(7): 689-695.
- [4] 姚志, 郭军, 金晨钟, 等. 中国纳入一级保护的极小种群野生植物濒危机制[J]. *生物多样性*, 2021, 29(3): 394-408.
- [5] SCHEELE B C, FOSTER C N, BANKS S C, et al. Niche contractions in declining species: mechanisms and consequences [J]. *Trends in Ecology and Evolution*, 2017, 32(5): 346-355.
- [6] 沈雪梨, 吴远密, 朱艺璇, 等. 濒危植物百花山葡萄群落物种生态位特征与种间联结研究[J]. *植物科学学报*, 2020, 38(2): 195-204.
- [7] 庞久帅, 原阳晨, 周苗苗, 等. 槭叶铁线莲(*Clematis acerifolia* Maxim.)群落物种生态位研究[J]. *生态学报*, 2022, 42(8): 3449-3457.
- [8] 刘润红, 常斌, 荣春艳, 等. 漓江河岸带枫杨群落主要木本植物种群生态位[J]. *应用生态学报*, 2018, 29(12): 3917-3926.
- [9] 张零念, 朱贵青, 杨宽, 等. 滇中云南杨梅灌丛木本植物主要物种生态位与种间联结[J]. *植物生态学报*, 2022, 46(11): 1400-1410.
- [10] 李丘霖, 宗秀虹, 邓洪平, 等. 赤水桫欏群落乔木层优势物种生态位与种间联结性研究[J]. *西北植物学报*, 2017, 37(7): 1422-1428.
- [11] 刘润红, 陈乐, 涂洪润, 等. 桂林岩溶石山青冈群落灌木层主要物种生态位与种间联结[J]. *生态学报*, 2020, 40(6): 2057-2071.
- [12] 刘艳, 郑越月, 敖艳艳. 不同生长基质的苔藓植物优势种生态位与种间联结[J]. *生态学报*, 2019, 39(1): 286-293.
- [13] 白欢欢. 黄山松群落主要木本植物营养生态位和种间联结特征研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2018: 18-25.
- [14] 杨文焕, 申涵, 周明利, 等. 包头南海湖浮游植物优势种生态位及种间联结性季节分析[J]. *中国环境科学*, 2020, 40(1): 383-391.
- [15] 陈林, 辛佳宁, 苏莹, 等. 异质生境对荒漠草原植物群落组成和种群生态位的影响[J]. *生态学报*, 2019, 39(17): 6187-6205.
- [16] 张东梅, 赵文智, 罗维成. 荒漠草原带盐碱地优势植物生态位与种间联结[J]. *生态学杂志*, 2018, 37(5): 1307-1315.
- [17] 廖宝文, 李玫, 陈玉军, 等. 中国红树林恢复与重建技术[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 1-30.
- [18] 周晨昊, 毛覃愉, 徐晓, 等. 中国海岸带蓝碳生态系统碳汇潜力的初步分析[J]. *中国科学: 生命科学*, 2016, 46(4): 475-486.
- [19] 马立宇, 黄剑坚. 特呈岛红树植物群落特征及生态位研究[J]. *防护林科技*, 2019(7): 9-12.
- [20] 梁士楚. 红海榄群落演替中种群生态位的研究[J]. *广西科学*, 1997, 4(2): 120-123, 125.
- [21] 陈桂珠, 李明顺, 蓝崇钰, 等. 深圳福田红树林的群落学研究: III. 种间联结与相关信息场[J]. *生态科学*, 1994(2): 7-10.
- [22] 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.
- [23] 王文卿, 王瑁. 中国红树林[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 63-70.
- [24] 易湘茜, 覃媚, 高程海, 等. 红树海桑属植物化学成分及生物活性研究进展[J]. *广西科学院学报*, 2016, 32(4): 237-244.
- [25] 张孟文, 钟才荣, 吕晓波, 等. 三种海桑属濒危红树植物的资源分布与濒危现状[J]. *植物科学学报*, 2022, 40(4): 484-491.
- [26] 李海生, 陈桂株. 中国特有植物海南海桑的生物学特性及其保护[J]. *广东教育学院学报*, 2003, 23(2): 48-51.
- [27] 张孟文, 李文泉, 吴庆书, 等. 濒危植物海南海桑种子萌发与环境因子的关系研究[J]. *林业实用技术*, 2012(12): 3-6.
- [28] ZHANG M W, YANG Y B, LONG W X, et al. Reasons for the extremely small population of putative hybrid *Sonneratia* × *hainanensis* W. C. Ko (Lythraceae)[J]. *Forests*, 2019, 10: 526.
- [29] 张孟文. 海南岛2种红树林自然杂交种与亲本的种群发育对环境适应性比较研究[D]. 海口: 海南大学, 2019.
- [30] 农寿千, 杨小波, 李东海, 等. 清澜港红树林保护区植物特点研究[J]. *植物科学学报*, 2011, 29(4): 459-466.
- [31] 丁少华, 葛继稳, 彭凤姣, 等. 赛武当国家级自然保护区珍稀濒危植物生态位特征[J]. *中南林业科技大学学报*, 2018, 38(12): 70-75, 82.
- [32] 刘益鹏, 叶兴状, 叶利奇, 等. 观光木群落优势树种生态位和种间联结[J]. *应用生态学报*, 2022, 33(10): 2670-2678.
- [33] 于达勇, 樊智丰, 马长乐, 等. 云南榿树种群空间分布格局及生态位研究[J]. *西部林业科学*, 2022, 51(5): 9-15.

- [34] 张 央,李 志,安明态,等.极小种群野生植物贵州地宝兰群落生态位特征及种间关系[J].植物资源与环境学报,2022,31(3):1-10.
- [35] 薛卫星,李春辉,艾训儒,等.鹅掌楸天然林优势树种生态位与种间联结性[J].森林与环境学报,2023,43(1):26-34.
- [36] 陈 铭,黄林娟,黄 贵,等.广西大石围天坑群草本植物多样性及生态位[J].生态学报,2023,43(7):2831-2844.
- [37] 陈玉凯,杨小波,李东海,等.海南霸王岭海南油杉群落优势种群的种间联结性研究[J].植物科学学报,2011,29(3):278-287.
- [38] 舒 琪,徐瑞晶,胡 璇,等.海南岛甘什岭青梅群落主要乔木树种生态位与种间联结[J].生态学杂志,2021,40(9):2689-2697.
- [39] 郑秋敏,张 腾,刘宇飞,等.重庆特有极小种群植物缙云秋海棠生态位特征研究[J].西北植物学报,2018,38(7):1340-1348.
- [40] 方 庆,谭菊荣,许惠春,等.珍稀濒危植物细果秤锤树群落物种组成与生态位分析[J].浙江农林大学学报,2022,39(5):931-939.
- [41] 郟亚栋,滕德雄,吕光辉.干旱荒漠区植物生态位对水盐的响应[J].生态学报,2019,39(8):2899-2910.
- [42] 谭稳稳.三江平原典型湿地植物群落特征与种间关系研究[D].长春:中国科学院大学中国科学院东北地理与农业生态研究所,2022:51-65.
- [43] 张孟文,钟才荣,吕晓波,等.3种海桑属濒危红树植物的种群结构与动态特征[J].植物研究,2023,43(2):231-241.
- [44] 程瑞梅,王瑞丽,刘泽彬,等.三峡库区栲属群落主要乔木种群的种间联结性[J].林业科学,2013,49(5):36-42.
- [45] 钟才荣,方赞山,吕晓波,等.极小种群野生植物海南海桑的生境特征及保育策略[J].林业资源管理,2022(5):145-152.
- [46] 王加国,李晓芳,安明态,等.雷公山濒危植物台湾杉群落主要乔木树种种间联结性研究[J].西北林学院学报,2015,30(4):78-83.
- [47] 钟彦龙,王银山,徐 敏,等.艾比湖湿地植物种间关系研究[J].干旱区资源与环境,2010,24(5):153-157.

(责任编辑:郭严冬)

## 欢迎订阅 2024 年《生态与农村环境学报》

《生态与农村环境学报》系生态环境部主管、生态环境部南京环境科学研究所主办的全国性学术期刊,是《中文核心期刊要目总览》2020年版入编期刊、中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊、中国学术期刊评价研究报告(RCCSE)核心期刊、中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)、中国农林核心期刊,被中国学术期刊网络版(CNKI-CAJD)、中国知网《学术精要数据库》、中国学术期刊数据库(COJ)、中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)、中国核心期刊(遴选)数据库(万方)、中文科技期刊数据库(维普)、国家哲学社会科学文献中心、超星期刊数据库、BP、BIOSIS、CA、CAB ABSTRACTS、CABI、CA on STN、EBSCO、GEOBASE、Global Health、JST、OVID、REAXYSFILEBIB on STN、SCOPUS、UPD、WJCI 报告等国内外重要刊库网收录。曾荣获全国优秀环境科技期刊、江苏省优秀期刊、第二届江苏“十强科技期刊”、第三届江苏省新闻出版政府奖期刊奖提名奖、第七届华东地区优秀期刊、RCCSE 中国权威学术期刊、首届江苏省科技期刊优秀论文奖。

办刊宗旨:及时报道生态与农村环境保护领域创新性研究成果等。主要栏目:研究报告、研究简报、研究方法、专论与综述、学术讨论与建议等。主要内容:1)区域环境与发展,包括生态环境变化与全球环境影响、区域生态环境风险评价、环境规划与管理、区域生态经济与生态安全等;2)自然保护与生态,自然资源保护与利用、生物多样性与外来物种入侵、转基

因生物环境安全与监控、生态工程与生态修复、有机农业与农业生态、气候变化与生态响应等;3)污染控制与修复,包括污染控制原理与技术、土壤污染与修复、水环境污染与修复、大气污染防控、农业废弃物综合利用与资源化、农用化学品风险评价与监控、化学品环境与健康等。主要读者对象:从事生态学、环境科学、农学、林学、地学、资源科学等研究、教学、生产的科技人员,相关专业的高等院校师生以及各级决策与管理人。

本刊为月刊,每月25日出版,A4开本,每期136页,每期定价30.00元,全年定价360.00元,公开发行,国内邮发代号28-114,全国各地邮局均可订阅;国外由中国国际图书贸易总公司(北京399信箱)负责发行,国外发行代号Q5688。如漏订,可向本刊编辑部补订。编辑部地址:江苏省南京市蒋王庙街8号;邮政编码:210042;电话:025-85287092,025-85287053,025-85287036,025-85287601,025-85287630;网址:http://www.ere.ac.cn;E-mail:ere@vip.163.com,bjb@nies.org。



微信搜一搜

生态与农村环境学报