

珠海淇澳岛拉关木群落结构及其种苗扩散研究*

王秀丽^{1,2} 蔡 均¹ 周 亮^{1,2} 黄宇航¹
王振兴¹ 付智宇¹ 任婷婷¹ 卢昌义^{1,2}

(1. 河口生态安全与环境健康福建省高校重点实验室 / 厦门大学 嘉庚学院, 福建 漳州 363105; 2. 厦门大学 环境与生态学院, 福建 厦门 361102)

摘要 引种于珠海淇澳岛的外来红树植物拉关木 (*Laguncularia racemosa*), 在当地能否繁殖更新或造成种苗大量扩散成灾? 为此, 针对珠海淇澳岛红树林湿地引种国内引种 10 年后的群落结构特征及种苗扩散情况进行调查。结果表明: (1) 拉关木群落的结构组成简单、空间层次分布明显、林下植被主要为老鼠簕 (*Acanthus ilicifolius*), 占群落总数的 86.40%; (2) 群落中有秋茄 (*Kandelia obovata*)、桐花树 (*Aegiceras corniculatum*)、银叶树 (*Heritiera littoralis*)、老鼠簕、卤蕨 (*Acrostichum aureum*) 等乡土红树植物的自然更新现象, 表明拉关木人工林可以促进乡土红树植物的更新; (3) 在拉关木引种林内、林缘、沟渠、互花米草内均未发现拉关木小苗, 表明拉关木在珠海淇澳岛极难自然更新成林。

关键词 拉关木; 群落结构; 天然更新; 淇澳岛

中图分类号: Q941 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2018) 06-0066-06

The Analysis of Structural Features and Natural Diffusion of *Laguncularia racemosa* Community in Qi'ao Island, Zhuhai

WANG Xiuli^{1,2} CAI Jun¹ ZHOU Liang^{1,2} HUANG Yuhang¹
WANG Zhenxing¹ FU Zhiyu¹ REN Tingting² LU Changyi^{1,2}

(1. Key Laboratory of Estuarine Ecological Security and Environmental Health/Xiamen University Tan Kah Kee College, Zhangzhou, Fujian 363105, China; 2. College of the Environment & Ecology, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361102, China)

Abstract *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) is an alien pioneer species of mangrove forests and has been introduced to Qi'ao Island. Whether it would caused a large number of seedlings spread disaster? The structural features of the mangrove community of the introduced *L. racemosa* planted in the tropical area for 10 years were analyzed, with the purpose to provide a theoretical mode for restoring or rehabilitating the degraded tropical ecosystems. The results showed that: (1) There were simple structure compositions and significant spatial distributions in *L. racemosa* artificial communities, and *Acanthus ilicifolius* was the mainly understory species, accounting for 86.40% of the total number of communities; (2) Natural regeneration of *Kandelia obovata*, *Aegiceras corniculatum*, *Heritiera littoralis*, *Acanthus ilicifolius*, and *Acrostichum aureum* were observed in the community, suggesting that *L. racemosa* manmade recovery mode could accelerate the regeneration of the indigenous mangrove species; (3) The perennial *L. racemosa* seedlings were not found in the forest, forest edge, ditches, and underbrush of *Spartina alterniflora*. Therefore, it was difficult for *L. racemosa* to naturally regenerated and succeeded in the Qi'ao Island.

Key words *Laguncularia racemosa*; community structure; natural regeneration; Qi'ao Island

* 基金项目: 国家重点研发计划重点专项 (2017YFC0506103); 国家自然科学基金 (41376115); 省级大学生创新创业训练计划项目 (201813469021)。

第一作者: 王秀丽 (1985—), 女, 在读博士研究生, 研究方向为红树林湿地生态, E-mail: wxiuli1988@163.com。

通信作者: 卢昌义 (1947—), 男, 教授, 主要从事红树林湿地生态研究, E-mail: lucy@xmu.edu.cn。

红树林是生长在热带、亚热带泥质海岸潮间带上部,受周期性潮水浸淹,以红树植物为主体的常绿灌木或乔木组成的潮滩湿地木本生物群落。拉关木 (*Laguncularia racemosa*),属于使君子科 (Combretaceae),是真红树植物的一种,广泛分布于南美、西印度群岛、百慕大群岛、西非、以及佛罗里达沿岸^[1],1999年从墨西哥拉巴斯市被引入海南东寨港红树林区^[2]。拉关木具有生长速度较快、树高茎粗、在某些地方适应能力较强等特性,广泛用作我国河口海岸带红树林造林的先锋树种^[3]。近年来,在广东、福建省等地也陆续引进该种造林^[4]。由于拉关木的速生快长特性,其引进是否会造成生态入侵的问题值得关注。目前国内外对拉关木的研究主要集中在生物学特征^[5-6]、繁育系统^[7-8]、凋落物动态^[9]、引种^[3]、抗性^[10]、化学物质成分^[11-12]、污水净化^[13]及化感作用等方面^[14-15],而对拉关木人工林群落结构及种苗扩散情况鲜有报道。因此,作者对珠海淇澳岛

拉关木人工林群落结构及种苗扩散情况进行了调研,旨在为珠海淇澳岛拉关木林的动态和乡土红树林的保护与管理提供科学依据。

1 研究地区与方法

1.1 试验样地概况

研究地点设在珠海市淇澳岛红树林湿地自然保护区,该区属于珠海市淇澳岛西北部,地理坐标界于 $113^{\circ}36'40''\sim 113^{\circ}39'15''$ E, $22^{\circ}23'40''\sim 22^{\circ}27'38''$ N之间,属南亚热带季风气候,年均温 22.4°C ,1月份极低气温 2.5°C ,7月份极高气温 38.5°C ,年均日照 $1\,907.4\text{ h}$,年均降水 $1\,964.4\text{ mm}$,潮汐属不正规半日潮^[16]。

1.2 样地设置

2017年7月调查样地设在珠海淇澳岛红树林湿地自然保护区的引种园内,拉关木林为2007年从海南东寨港引进种植的,呈片状分布,林分结构如图1所示。总面积约 $30\text{ m}\times 16\text{ m}$,在拉关木

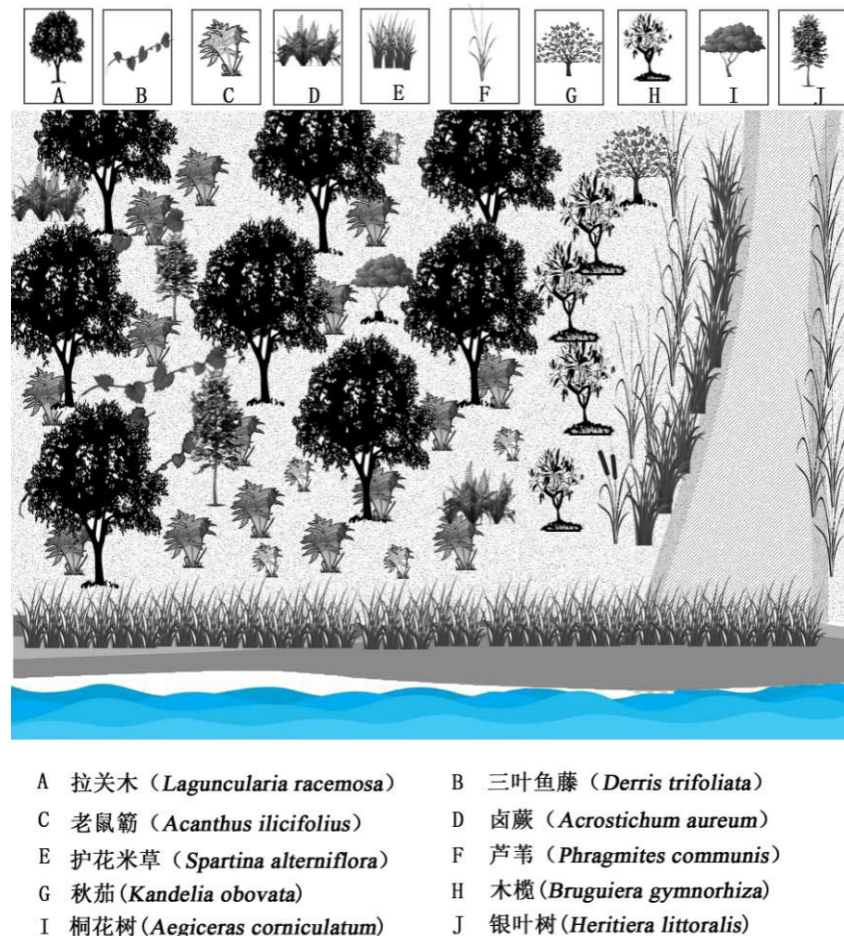


图1 珠海淇澳岛引种园内拉关木林分结构

Fig.1 The community structure of *L. racemosa* plantation in Qi'ao Island

林内设置 3 个 10 m×10 m 大样方。小样方设置具体操作如下：林内随机设置 2 m×2 m 的 5 个小样方；在林缘东西两边按距林缘 0~2 m、2~4 m、4~6 m 和 6~8 m 4 个梯度设置，每个梯度设置 3 个样方，共调查 17 个小样方；在群落靠近水沟方向的互花米草地每隔 50 m 随机设一个 2 m×2 m 样方，共调查 10 个样方。调查的主要内容包括植物物种的种类、株数、盖度、高度、胸径、地径，以及林下植物物种的种类、数量、高度、盖度、密度，记录幼苗（高度小于 20 cm）种类和数量。

1.3 幼苗立木级划分方法

幼苗立木级采用 5 级立木划分方法^[17]。Ⅰ级：幼苗，高度≤0.33 m；Ⅱ级：苗木，高度>0.33 m，胸径<2.5 cm；Ⅲ级：幼树，2.5≤胸径<7.5 cm；Ⅳ级：立木，7.5≤胸径<22.5 cm；Ⅴ级：大树，胸径≥22.5 cm。

重要值的计算^[18]：重要值（*I*）=[相对多度（*D*）+相对盖度（*T*）+相对频度（*F*）]×100%；相对多度：群落中某种植物的个体数量占群落中所有植物总个体数的百分比；相对盖度：群落中某种植物的盖度占总盖度的百分比；相对频度：群落中某种植物出现的频度占群落植物出现频度总和的百分比。

2 结果与分析

2.1 群落组成

由表 1 可知，该群落主要由拉关木、老鼠簕（*Acanthus ilicifolius*）、卤蕨（*Acrostichum aureum*）

组成，同时也分布有三叶鱼藤（*Derris trifoliata*）、桐花树（*Aegiceras corniculatum*）、秋茄（*Kandelia obovata*）、木榄（*Bruguiera gymnorhiza*）、银叶树（*Heritiera littoralis*）。老鼠簕数量占 86.40%，拉关木、卤蕨和三叶鱼藤数量分别占 4.12%、4.65% 和 3.07%，而秋茄、桐花树、木榄、银叶树的数量所占的比例均低于 1%，灌木层的主要优势种为老鼠簕。群落中出现老鼠簕、卤蕨、三叶鱼藤、银叶树幼苗分布，其数量占到群落总数的 53.07%，表明了乡土红树物种可在拉关木人工林群落进行自然更新。各树种重要值指数依次为：拉关木>老鼠簕>卤蕨>三叶鱼藤>木榄>银叶树>桐花树>秋茄（表 2）。

由表 3 可知，拉关木最高达 12.1 m，最低为 8.6 m，平均树高为 10.3 m，平均胸径为 20.5 cm，平均冠幅为 3.8 m，处于群落最上层。而本地红树植物种桐花树、秋茄、木榄、银叶树的高在 1.7~4.0 m，属于乔冠层。拉关木虽树体较高大，但却形成了较大的林下空地，因此，桐花树、秋茄、木榄、银叶树作为自然更新的乡土树种，在该群落中可占据良好的生态位。

2.2 群落结构特征

由表 4 可知，拉关木人工林林冠较整齐，郁闭度为 73%。该群落可分为乔木层和幼苗层，乔木层又可分为上层乔木和下层乔木，上层乔木高>8 m，由拉关木组成，占总株数的 3.95%，本层树干高大，长势良好，为群落的主要层次；下乔木层高度在 2.5~5.0 m 之间，由木榄和银叶树组成，占总数的 1.14%；冠层及幼苗层在调查样地中

表 1 拉关木人工林群落组成
Table 1 The community composition of *L. racemosa* plantation

树种 Species	正常 / 株 Normal plant/ Individual	幼苗 / 株 Seedling/ Individual	枯死 / 株 Withered plant/ Individual	总数 / 株 Total/ Individual	比例 / % Proportion
拉关木（ <i>Laguncularia racemosa</i> ）	45	0	2	47	4.12
木榄（ <i>Bruguiera gymnorhiza</i> ）	8	0	0	8	0.70
桐花树（ <i>Aegiceras corniculatum</i> ）	3	0	0	3	0.26
秋茄（ <i>Kandelia obovata</i> ）	2	0	0	2	0.18
老鼠簕（ <i>Acanthus ilicifolius</i> ）	421	564	0	985	86.40
卤蕨（ <i>Acrostichum aureum</i> ）	35	18	0	53	4.65
三叶鱼藤（ <i>Derris trifoliata</i> ）	14	21	0	35	3.07
银叶树（ <i>Heritiera littoralis</i> ）	5	2	0	7	0.61

表 2 树种个体数和重要值指数

Table 2 Numbers of tree species and important value index

树种 Species	个体数 / 株 Number (Individual)	重要值 / % Important value	排序 Sequence
拉关木 (<i>Laguncularia racemosa</i>)	45	204.40	1
老鼠簕 (<i>Acanthus ilicifolius</i>)	985	126.02	2
卤蕨 (<i>Acrostichum aureum</i>)	53	38.33	3
三叶鱼藤 (<i>Derris trifoliata</i>)	35	36.64	4
木榄 (<i>Bruguiera gymnorhiza</i>)	8	34.89	5
银叶树 (<i>Heritiera littoralis</i>)	7	30.59	6
桐花树 (<i>Aegiceras corniculatum</i>)	3	15.85	7
秋茄 (<i>Kandelia obovata</i>)	2	14.28	8

表 3 5 种树种林木生长特征

Table 3 Growth characteristics of five tree species

树种 Species	树高 / m Plant height			胸径 / cm Diameter at breast height			平均冠幅 / m Average crown diameter		
	最大值 Max	最小值 Min	平均值 $\pm$ 标准差 Average value $\pm$ SD	最大值 Max	最小值 Min	平均值 $\pm$ 标准差 Average value $\pm$ SD	最大值 Max	最小值 Min	平均值 $\pm$ 标准差 Average value $\pm$ SD
拉关木 (<i>Laguncularia racemosa</i>)	12.1	8.6	10.3 $\pm$ 1.1	38.7	13.8	20.5 $\pm$ 5.9	4.6	1.2	3.8 $\pm$ 1.3
桐花树 (<i>Aegiceras corniculatum</i>)	1.9	1.3	1.7 $\pm$ 0.3	3.1	1.9	2.5 $\pm$ 0.60	1.3	0.9	1.1 $\pm$ 0.2
秋茄 (<i>Kandelia obovata</i>)	2.2	1.9	2.1 $\pm$ 0.2	3.2	2.9	3.1 $\pm$ 0.14	1.5	1.0	1.3 $\pm$ 0.4
木榄 (<i>Bruguiera gymnorhiza</i>)	3.5	3.0	3.3 $\pm$ 0.2	3.6	2.7	3.1 $\pm$ 0.21	1.8	1.4	1.7 $\pm$ 0.2
银叶树 (<i>Heritiera littoralis</i>)	4.6	0.9	4.0 $\pm$ 2.6	7.0	2.1	3.6 $\pm$ 1.13	2.3	0.7	1.6 $\pm$ 0.5

表 4 拉关木群落高度分布

Table 4 High-level of *L. racemosa* community distribution

株

individual plant

树种 Species	高度 / m Plant height				
	0~2.5	2.5~5.0	5~8	8~11	11~13
拉关木 (<i>Laguncularia racemosa</i>)	0	0	0	33	12
木榄 (<i>Bruguiera gymnorhiza</i>)	0	8	0	0	0
桐花树 (<i>Aegiceras corniculatum</i>)	2	0	0	0	0
秋茄 (<i>Kandelia obovata</i>)	2	0	0	0	0
老鼠簕 (<i>Acanthus ilicifolius</i>)	985	0	0	0	0
卤蕨 (<i>Acrostichum aureum</i>)	53	0	0	0	0
三叶鱼藤 (<i>Derris trifoliata</i>)	35	0	0	0	0
银叶树 (<i>Heritiera littoralis</i>)	2	5	0	0	0
合计 Total	1 079	13	0	33	12
比例 / % Proportion	94.90	1.14	0	2.90	1.05

表 5 拉关木群落样地林下幼苗组成
Table 5 Seedling compose in the plot for *L. racemosa*

样地类型 Plot type	幼苗 Seedling	株数 / 株 Number / Individual	高度 /cm Seedling height	株 /16 m ² Individual/16 m ²	调查样方数 Sample number
林内 Insite the forest	老鼠簕 (<i>Acanthus ilicifolius</i>)	26	58.9	20.8	5
	三叶鱼藤 (<i>Derris trifoliata</i>)	5	36.4	4.2	
	银叶树 (<i>Heritiera littoralis</i>)	2	63.7	1.6	
林缘 Forest edge	老鼠簕 (<i>Acanthus ilicifolius</i>)	37	20.3	12.3	12
	三叶鱼藤 (<i>Derris trifoliata</i>)	8	41.6	2.7	
	芦苇 (<i>Phragmites australias</i>)	72	55.1	24.0	
	桐花树 (<i>Aegiceras corniculatum</i>)	1	10.2	0.3	
	木榄 (<i>Bruguiera gymnorhiza</i>)	2	33.5	0.7	
互花米草边沿 <i>Spartina alterniflora</i> edge	老鼠簕 (<i>Acanthus ilicifolius</i>)	91	37.6	36.4	10
	无瓣海桑 (<i>Sonneratia apetala</i>)	2	74.8	0.8	
	桐花树 (<i>Aegiceras corniculatum</i>)	4	41.3	1.6	
	芦苇 (<i>Phragmites australias</i>)	163	82.4	65.2	

占很大比例，占总数的 94.90%，高度 <2.5 m，主要红树种为老鼠簕，其中还有卤蕨、三叶鱼藤、秋茄、桐花树、银叶树，说明珠海淇澳岛的乡土红树植物在外来引进种拉关木群落中仍然有较强的自然更新能力。

2.3 拉关木种苗扩散情况调查

调查结果如表 5 所示，拉关木群落林内的小苗主要有老鼠簕、三叶鱼藤、银叶树小苗，林缘除了老鼠簕、三叶鱼藤幼苗外，还出现桐花树等小苗；拉关木群落靠沟侧边的互花米草边沿有无瓣海桑幼苗出现，这可能是附近引种的无瓣海桑母树的种子漂移到此所形成的无瓣海桑幼苗，同时互花米草靠沟渠侧有老鼠簕、三叶鱼藤及桐花树幼苗的出现。林内、林缘及互花米草样地均未发现拉关木幼苗，说明拉关木在珠海淇澳岛引种园区很难自然更新。

3 讨论

重要值是评价某一种植物在湿地群落中作用的综合性数量指标，它是研究群落结构的重要指标之一^[19]，也是表征优势种的重要指标。本研究发现，珠海淇澳岛引种园内的拉关木群落中有大量的老鼠簕分布，其重要值占 126.02%。拉关木群落样地林下还分布有卤蕨、银叶树、桐花树等本地红树植物的自然更新现象，表明拉关木人工

林能与乡土红树植物种各占据自己的生态位共存，本研究与张宏伟等^[20]对雷州附城镇无瓣海桑林的研究结果相似。这些层间植物的出现有利于群落对光、热、空间等资源的充分利用^[21]。因此，拉关木人工林群落演替朝着物种多样性增加的趋势。

物种多样性在某种程度上和生态系统之间的关联性能够反映生态系统的稳定，其与群落演替动态密切相关^[22]。本研究发现，样地群落中的拉关木树冠顶层有藤本植物三叶鱼藤攀岩附着，影响拉关木植物的光合作用，对拉关木的生存造成一定的威胁。本研究中的样地群落内三叶鱼藤和老鼠簕等较阴性植物能很好地生长，这与廖宝文等^[16]对珠海市淇澳岛红树林群落发展动态研究的结果相似。通过数量和立木结构分析，样地群落中的拉关木已经接近发展的高峰，随着群落的发展，林地滩涂的淤高，拉关木可能会逐渐被半红树植物银叶树等自然更新的本地红树植物种所替代，从而达到本地红树植物种的生态恢复。由于群落内相继有半红树植物银叶树幼苗的出现，随着群落的发展，群落可能会演变为银叶树—老鼠簕群落。

植物群落的更新首先取决于植物繁殖体或传播体，尤其是种子的有无和数量^[17]，而红树林的更新首先取决于幼苗层幼苗的有无和数量^[23]。从本试验调查结果（表 5）可以发现，珠海淇澳岛红

树林湿地自然保护区的引种园内的拉关木群落的林内、林缘及群落邻近的互花米草地均未发现拉关木幼苗。拉关木幼苗难以在珠海淇澳岛引种园内存活的原因可能是其小苗属于阳性苗, 而拉关木群落林下大量老鼠簕的生长, 形成阴蔽的林下环境, 林内缺光环境很难满足拉关木幼苗的生长。本研究结果与王旭等^[24]对海南东寨港无瓣海桑—海桑人工红树群落结构特征研究中群落林下无瓣海桑小苗更新情况的结果相似。淇澳岛红树林保护区内有大量的银叶树、海芒果及引种的无瓣海桑形成郁闭的群落, 且未种植红树林的光滩也被老鼠簕、芦苇、三叶鱼藤、互花米草等湿地植物占据, 周边缺乏林地孔隙及光滩满足拉关木小苗生长所需的光照条件。综上分析, 作者认为目前拉关木尚没有构成“生态入侵性”的条件, 没有对淇澳岛本地红树植物的生长造成威胁, 但对于外来植物, 其将来的生态影响仍需进行长期跟踪监测。

参考文献

- [1] NELLIS D W. Seashore plants of South Florida and the Caribbean [M]. Sarasota: Pineapple Press, 1994: 164.
- [2] 廖宝文, 郑松发, 陈玉军, 等. 海南东寨港几种国外红树植物引种初报[J]. 中南林学院学报, 2006, 26(3): 63-67.
- [3] 林文欢, 詹潮安, 郑道序, 等. 粤东沙质滩涂6种红树林树种造林试验研究[J]. 广东林业科技, 2014, 30(2): 69-71.
- [4] 钟才荣, 李诗川, 杨宇晨, 等. 红树植物拉关木的引种效果调查研究[J]. 福建林业科技, 2011, 38(3): 96-99.
- [5] LANDRY C L, RATHCKE B J. Insect visitation rates and foraging patterns differ in androdioecious and hermaphrodite-only populations of *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) in Florida [J]. Journal of Tropical Ecology, 2012, 28: 343-351.
- [6] HIULANA P A, IARA S, WALTER L O C. Functional traits of selected mangrove species in Brazil as biological indicators of different environmental conditions [J]. Science of the Total Environment, 2014, 476: 496-504.
- [7] NADIA T D L, MACHADO I C. Interpopulation variation in the sexual and pollination systems of two Combretaceae species in Brazilian mangroves [J]. Aquatic Botany, 2014, 114(1): 35-41.
- [8] WANG X L, ZHOU L, LU C Y. Do environmental factors affect the male frequency of exotic mangrove species *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) along the southeast coast of China? [J]. Aquatic Ecology, 2018, 52(2): 235-244.
- [9] 王秀丽, 周亮, 许诗琳, 等. 福建九龙江口不同林龄拉关木人工林凋落物组成及季节动态[J]. 应用海洋学报, 2017, 36(4): 519-527.
- [10] 卢昌义, 林松. 盐度对拉关木种子发芽的影响[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2008, 47(6): 887-890.
- [11] 姚贻烈, 郑华, 陆小峰, 等. 广西北海拉关木挥发物的ATD- GC/MS分析及安全性评价[J]. 广西植物, 2016, 36(6): 758-762.
- [12] SHI C, XU M J, MIRKO B, et al. Phenolic compounds and their anti-oxidative properties and protein kinase inhibition from the Chinese mangrove plant *Laguncularia racemosa* [J]. Phytochemistry, 2010, 71: 435-442.
- [13] VANESSA S, VANESSA S C, RENATA M R, et al. Physiological aspects of mangrove (*Laguncularia racemosa*) grown in microcosms with oil-degrading bacteria and oil contaminated sediment [J]. Environmental Pollution, 2013, 172: 243-249.
- [14] 王秀丽, 卢昌义, 周亮, 等. 外来红树植物拉关木对木榄的化感作用[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2017, 56(3): 339-345.
- [15] 王秀丽, 周亮, 卢昌义. 从木榄叶片超微结构所受的影响评估外来种拉关木的化感作用[J]. 生态科学, 2017, 36(5): 177-185.
- [16] 廖宝文, 管伟, 章家恩, 等. 珠海市淇澳岛红树林群落发展动态研究[J]. 华南农业大学学报, 2008, 29(4): 59-64.
- [17] 王伯荪. 植物群落学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1987.
- [18] 章家恩. 生态学常用实验研究方法与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 90-91.
- [19] 章家恩. 生态学常用实验研究方法与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 90-91.
- [20] 张宏伟, 黄剑坚. 雷州附城镇无瓣海桑林天然更新格局及其影响因子的灰色关联分析[J]. 林业与环境科学, 2016, 32(2): 63-67.
- [21] 李裕元, 郑纪勇, 邵明安. 子午岭天然林与人工林群落特征比较研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(12): 2447-2456.
- [22] SCHWARTZ M W, BRIGHAM C A, HOEKSEMA J D, et al. Linking biodiversity to ecosystem function: implications for conservation ecology [J]. Oecologia, 2000, 122: 297-305.
- [23] 詹启杰, 王勇军, 王伯荪. 深圳福田无瓣海桑+海桑人工林的生态影响[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2001, 40(6): 72-76.
- [24] 王旭, 马宗耀, 杨怀, 等. 海南东寨港无瓣海桑-海桑人工红树群落结构特征[J]. 热带作物学报, 2008, 29(3): 374-379.