主持人：宋希强，任明迅　Open Access

海南热带雨林国家公园水生植物物种组成及区系特征

李朝阳[1,2,3#]，温秋花[3]，宋理桥[1,3]，杨泽秀[3*]，钟云芳[1,2*]

（1. 海南大学 热带特色林木花卉遗传与种质创新教育部重点实验室/海南大学 热带农林学院，海南 海口 570228 中国；2. 海南国家公园研究院/海南国家公园保护与发展重点实验室，海南 海口 570203 中国；3. 海南省珠峰林业生态研究所，海南 海口 570220 中国）

摘　要：为了解海南热带雨林国家公园水生植物的资源现状，基于野外调查和文献整理，对该国家公园水生植物物种组成和区系特征进行分析。结果表明：1) 共统计到水生植物 95 科 255 属 468 种，其中，被子植物以 432 种占据绝对优势；2) 科、属内物种丰富度均呈现“核心−边缘”分布格局，即物种高度集中于少数优势科、属中；3) 生长型以草本为主，生活型以多年生为主，生态型以湿生−挺水植物为主导；4) 重点保护野生植物 11 种，中国特有种 24 种，受威胁植物 13 种；5) 外来入侵植物 57 种，具危害性入侵种占比高达 80.70%，主要来源于美洲；6) 科、属地理区系均具有强烈的热带性质，且属的 R/T 值高达 8.95。研究显示，海南热带雨林国家公园水生植物热带色彩鲜明，保护价值突出，但面临多种外来入侵植物威胁，建议加强珍稀物种的保护与外来入侵物种防控。

关键词：海南热带雨林国家公园；水生植物；区系；珍稀濒危植物；外来入侵种

中图分类号：Q948.2　**文献标志码：**A　**文章编号：**1674 − 7054(2026)05 − 0784 − 13

李朝阳, 温秋花, 宋理桥, 等. 海南热带雨林国家公园水生植物物种组成及区系特征[J]. 热带生物学报 (中英文), 2026, 17(5): 784−796.　DOI: 10.15886/j.cnki.rdswxb.20250159　CSTR: 32425.14.j.cnki.rdswxb.20250159

海南热带雨林国家公园位于海南岛中部山区，拥有中国分布最集中、类型最多样、保存最完好、连片面积最大的大陆性岛屿型热带雨林，是全球生物多样性主要热点区域之一，也是中国热带雨林的典型代表[1]，被誉为“热带北缘生物物种基因库”[2]，同时，作为海南主要江河发源地，也被称为“海南水塔”[3]。

水生植物作为淡水湿地生态系统的关键组成部分和初级生产者[4]，不仅在净化水质、稳固河岸、调节生态系统物种循环、为其他生物提供栖息地等方面发挥重要作用，部分种类还具有重要资源价值[5−6]。但随着人类活动和全球气候变化的加剧，水生植物面临湿地退化、水体富营养化、外来物种入侵等多方面的威胁[7]。

植物区系的分析是探究某特定区域植物多样性起源、演化、古今分布规律等方面的重要手段[8]。通过对植物区系的研究，揭示某区域植物区系组成特点、不同地区植物亲缘关系及演化历史，为理解生物地理格局、制定区域生物多样性保护策略和植物可持续利用提供理论依据[9]。中国针对水生植物区系研究始于 20 世纪 30 年代[10]。随后，越来越多学者开始关注水生植物多样性，并在中国各地开展水生植物的区系研究，尤其是在长江流域[11]。海南岛作为大陆性岛屿，水生植物区系在长期地理隔离和独特气候的共同影响下，可能已演化出有别于大陆的独特区系与格局。然而，海南对水生植物多样性的研究主要在中部山区外的平原区域[12]，更多是针对某个小区域或珍稀濒危种[13−15]，对其区系的研究相对较为滞后且缺乏系统性。尽管前人已经对海南岛植物进行了编目，但主要针对海南热带雨林国家公园水生植物的物种组成、地理区系成分、热带亲缘性质、岛屿特有现象、外

CC BY 4.0
收稿日期：2025−11−03　**修回日期：**2025−12−31

基金项目：海南热带雨林国家公园资源综合调查与监测（一期）项目（HDZB-2023-071）

#**第一作者：**李朝阳（1995—），男，海南大学热带农林学院 2023 级硕士研究生。E-mail: 1824933383@qq.com

*__通信作者：__杨泽秀（1970—），男，林业工程师。研究方向：森林资源调查。E-mail: 80240104@qq.com

钟云芳（1977—），女，副教授，硕士生导师。研究方向：植物资源与利用。E-mail: zhongyf@hainanu.edu.cn

来入侵物种威胁等方面的研究尚缺乏专项研究。

基于以上背景,本研究对海南热带雨林国家公园水生植物进行全面调查,并结合文献资料对该公园内的水生植物物种组成及区系特征进行分析,旨在为海南热带雨林国家公园水生植物多样性保护、管理及生态修复提供坚实本底数据和科学依据。

1　材料与方法

1.1　研究区域　海南热带雨林国家公园(18°33′21.38″ ~ 19°14′01.61″ N, 108°44′21.64″ ~ 110°04′30.29″ E)位于海南岛中南部山区,划分为霸王岭、吊罗山、尖峰岭、黎母山、毛瑞片区、五指山、鹦哥岭等7 个片区,涉及海南省 9 个市县,总面积 4 268.63 km^2,约占海南岛面积的 1/8。该国家公园地貌以山地、丘陵和台地为主,海拔 45 ~ 1 867 m,土壤类型具有明显垂直地带性分布特征,由低海拔至高海拔依次为砖红壤、赤红壤、黄壤和草甸土。其地处热带北缘,气候类型为热带海洋性季风气候,年平均气温 22.5 ~ 6.0℃,年均降雨量约 1 759 mm,光照充足,热量丰富,降水充沛,干湿季节分明,雨季 5—10 月,旱季 11 月—翌年 4 月,台风主要集中在 8—10 月。作为海南热带雨林的集中分布区,其森林覆盖率超 95%,以原生热带雨林为主,其间动植物资源极为丰富,被誉为“热带北缘生物物种基因库”。同时,作为海南岛绝大部分河流的发源地,为全省 86% 的饮用水源地提供保障,素有海南岛的“水塔”之称。其丰富的水系、多样化的湿地生境与独特的气候,为水生植物的生存和繁衍提供了独特且重要的自然条件。

1.2　研究方法　本研究采用野外调查和查阅文献相结合的方法。于 2023 年 7 月,系统查阅《海南植物图志》[16]《海南省野生维管植物编目和分布数据集》[17] 等地方植物资料,并重点参考《世界水生植物》[18]《中国水生植物》[19] 等专著及中国湿地植物数据库(https://zgsdzw.com/),初步掌握本底信息。

于 2023 年 8—12 月,根据研究区域水系特征在公园内系统布设样线和样方,其中,河流每 5 km 设计 1 个调查断面,较长河流调查断面布设于上、中、下游或河流交汇处,每个调查断面结合野外情况沿水路布设 1 条 300 ~ 1 000 m 调查样线,并在样线头、中、尾具有代表性区域各设置 1 个 2 m × 2 m 水生植物样方;水库则在其入口区、出口区和中部沿岸带等具代表性区域设计 1 ~ 2 个调查断面,结合野外情况布设 1 ~ 2 条 300 ~ 1 000 m 调查样线,并在样线头、中、尾具代表性区域各设置 1 个 2 m× 2 m 水生植物样方。生长于水下较深的沉水植物通过采草器采集,采集面积为 0.2 m^2。本次调查累计完成 41 条河流和 13 座水库调查,共布设调查样线 176 条(河流 82 条,水库 94 条),样方 530 个(河流 248 个,水库 282 个)。记录样线上植物种类、地理位置,样方记录植物种类、盖度、高度、物候期、存活状态、地理位置及生境特征等信息。对于现场无法准确鉴定的物种,拍摄影像资料,并采集植物标本、压制带回实验室,借助《海南植物图志》[16]《海南莎草志》[20]、植物智(https://www.iplant.cn/)等专著和网站进行鉴定,并邀请相关植物学专家复核。

蕨类植物和被子植物分别采用 PPG Ⅰ分类系统[21] 和 APG Ⅳ系统[22] 进行分类。植物生长型和生活型参照郑博瀚等[23] 的研究成果划分,并基于野外观察与相关文献[5, 24],将水生植物划分为沉水、浮叶、漂浮、挺水和湿生 5 种生态型。科、属分布类型参照吴征镒[25−26] 和陆树刚[27] 对植物区系分区方法划分。重点保护野生植物、特有植物、濒危及外来入侵植物依据《国家重点保护野生植物名录》(2021 年第 15 号)、《海南省省级重点保护野生植物名录》(琼府〔2024〕39 号)、《中国生物多样性红色名录: 高等植物卷(2020)》(公告 2023 年第 15 号)、《中国外来植物数据集》[28] 及中国外来入侵物种信息系统(https://www.iplant.cn/ias/)等名录、专著及数据库确定。若某外来入侵物种的原产地涉及多个大洲,则在统计时对各洲进行重复计数。

2　结果与分析

2.1　水生植物种类　本次共统计到海南热带雨林国家公园水生维管束植物 95 科 255 属 468 种(含 5 亚种和 15 变种)(表 1)。其中,蕨类植物 17 科 28 属 36 种(包括 1 亚种);被子植物 78 科 227 属 432 种(包括 4 亚种和 15 变种),包含单子叶植物 24 科 98 属 201 种(包括 2 亚种和 9 变种),双子叶植物 54 科 129 属 231 种(包括 2 亚种和 6 变种)。被子植物在该国家公园水生植物物种组成中占绝对优势地位,且双子叶植物在科、属、种水平上的占比均高于单子叶植物。

表 1 海南热带雨林国家公园水生植物种类组成

Tab. 1 Floristic composition of aquatic plants in Hainan Tropical Rainforest National Park

植物类型 Plant group		科 Family		属 Genus		种 Species	
		数量/个 Number	占比/% Percentage	数量/个 Number	占比/% Percentage	数量/个 Number	占比/% Percentage
蕨类植物 Ferns		17	17.89	28	10.98	36	7.69
被子植物 Angiosperm	单子叶植物 Monocotyledon	24	25.26	98	38.43	201	42.95
	双子叶植物 Dicotyledon	54	56.84	129	50.59	231	49.36
合计 Total		95	100.00	255	100.00	468	100.00

2.2 科、属组成特征

2.2.1 科的组成 根据各科内含有种数，将本次统计到的 95 个科划分 6 个等级（表 2）。由表 2 可知，含 10 个物种及以上的科占总科数的 10.53%，但却贡献了 57.48% 的物种，尤其是以禾本科（Poaceae）、莎草科（Cyperaceae）、菊科（Asteraceae）和蓼科（Polygonaceae）为代表的大型科和较大型科；含 9 个物种及以下的科占总科数的 89.47%，却仅有 42.52% 的物种。各科内的物种丰富度差异显著，呈现典型的“核心–边缘”分布格局，即物种丰富度高度集中于少数优势科，而多数科为仅包含少数物种的单种科和寡种科。同时也表明了单种科和寡种科是该国家公园水生植物科的主要组成部分。

表 2 海南热带雨林国家公园水生植物科的分级统计

Tab. 2 Level statistics on families of aquatic plants in Hainan Tropical Rainforest National Park

级别 Level	科 Family		属 Genus		种 Species	
	数量/个 Number	占比/% Percentage	数量/个 Number	占比/% Percentage	数量/个 Number	占比/% Percentage
单种科（1种）Monotypic family (1 species)	43	45.26	43	16.86	43	9.19
小科（2 ~ 4种）Small family (2−4 species)	32	33.68	53	20.78	88	18.80
中小科（5 ~ 9种）Medium-small family (5−9 species)	10	10.53	32	12.55	68	14.53
中科（10 ~ 19种）Medium family (10−19 species)	6	6.31	42	16.47	77	16.45
较大科（20 ~ 39种）Greater family (20−39 species)	2	2.11	30	11.77	55	11.75
大科（≥40种）Large family (≥40 species)	2	2.11	55	21.57	137	29.28
合计 Total	95	100.00	255	100.00	468	100.00

2.2.2 属的组成 根据各属内种数，将本次统计到的 255 个属划分 4 个等级（表 3）。由表 3 可知，在属级水平上，物种分布同样极不均匀。以莎草属（*Cyperus*）、蓼属（*Persicaria*）、薹草属（*Carex*）和母草属（*Lindernia*）为代表的大属和中属仅占总属数的 5.49%，却包含了 25.00% 的物种，而单种属和小属占总属数的 94.51%，但仅贡献 75.00% 的物种，特别是单种属。这一结果进一步表明了该国家公园水生植物大多数物种集中于少数分类单元，同时，大量的单种属和寡种属的存在也反映了该国家公园水生植物具有较高的分类多样性。

2.3 生长型、生活型及水生生态类型 植物生长型是植物长期适应特定环境形成的形态结构，生活型反映了植物对环境节律变化的适应性表现[23]，而水生生态类型则直接体现了植物与水分环境之间的特定关系[29−30]。基于郑博瀚等[23] 建立的植物生长型与生活型分类体系，将 468 种水生植物进行了系统划分，并进一步按生活习性和水位适应特征将其归类为沉水、漂浮、浮叶、挺水和湿生 5 种水生生态类型（表 4）。

从植物类型和生长型组成上看，草本植物占绝对优势，共 426 种，占总种数的 91.03%，且以杂类草为主；木本植物种类相对稀少，共 42 种，仅占总种数的 8.97%，且以灌木为主（图 1，图 2）。

表 3　海南热带雨林国家公园水生植物属的分级统计

Tab. 3　Level statistics on genera of aquatic plants in Hainan Tropical Rainforest National Park

级别 Level	属 Genus		种 Species	
	数量/个 Number	占比/% Percentage	数量/个 Number	占比/% Percentage
单种属（1种）Monotypic genus (1 species)	174	68.24	174	37.18
小属（2～4种）Small genus (2−4 species)	67	26.27	177	37.82
中属（5～9种）Medium genus (5−9 species)	10	3.92	58	12.39
大属（≥10）Large genus (≥10 species)	4	1.57	59	12.61
合计 Total	255	100.00	468	100.00

表 4　海南热带雨林国家公园水生植物生长型、生活型及水生生态型统计

Tab. 4　Statistics of aquatic plants by growth form, life form, and hydro-ecotype in Hainan Tropical Rainforest National Park

植物类型 Plant type	生长型 Growth form	生活型 Life form	种数/个 Species number	占比/% Percentage	水生生态类型 Hydro-ecotype				
					湿生植物 Helophytic plant	挺水植物 Emergent plant	浮叶植物 Floating-leaved plant	漂浮植物 Free-floating plant	沉水植物 Submerged plant
木本植物 Woody plant	中乔木 Medium tree	常绿 Evergreen	2	0.43	2				
	小乔木 Small tree	常绿 Evergreen	4	0.85	4				
	小乔木 Small tree	落叶 Deciduous	1	0.21	1				
	大灌木 Large shrub	常绿 Evergreen	7	1.49	7				
	大灌木 Large shrub	落叶 Deciduous	5	1.07	5				
	中灌木 Medium shrub	常绿 Evergreen	4	0.86	4				
	中灌木 Medium shrub	落叶 Deciduous	8	1.71	6	2			
	矮小灌木 Small and dwarf shrub	常绿 Evergreen	2	0.43	2				
	亚灌木 Subshrub	多年生 Perennial	8	1.71	8				
	木质藤本 Woody liana	常绿 Evergreen	1	0.21	1				
小计 Subtotal			42	8.97	40	2	0	0	0
草本植物 Herb plant	草质藤本 Herbaceous vine	一年生 Annual	2	0.43	2				
	草质藤本 Herbaceous vine	多年生 Perennial	6	1.28	6				
	禾草 Grass	一年生 Annual	30	6.41	23	7			
	禾草 Grass	多年生 Perennial	52	11.11	44	8			
	杂类草 Forb	一年生 Annual	143	30.56	107	31	1		4
	杂类草 Forb	多年生 Perennial	193	41.24	145	35	5	4	4
小计 Subtotal			426	91.03	327	81	6	4	8
合计 Total			468	100.00	367	83	6	4	8

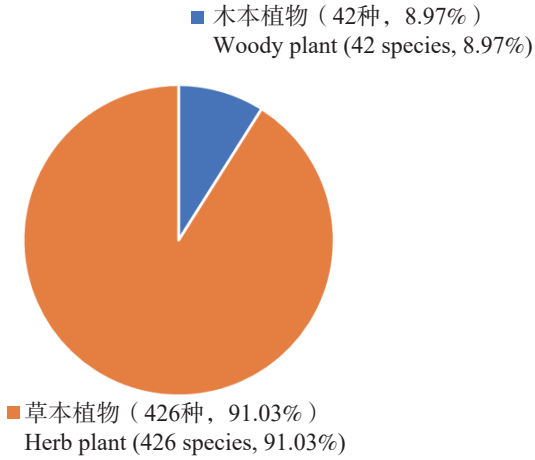

图 1　木本和草本植物种类数量占比图

Fig. 1　Proportions of woody and herbaceous plant species

从生活型组成上看，木本植物以常绿为主，其次为落叶和多年生；草本植物以多年生为主，其次为一年生(图 3)。说明该国家公园水生植物群落，是一个在长期稳定热带气候背景下演化出的、以“持续占有”策略(常绿木本、多年生草本)为主体，并辅以“灵活利用”策略(落叶木本、一年生草本)的适应型群落，这既保障了群落的基础稳定性和功能连续性，同时还具有对环境节律性变化和一定程度干扰的响应弹性。

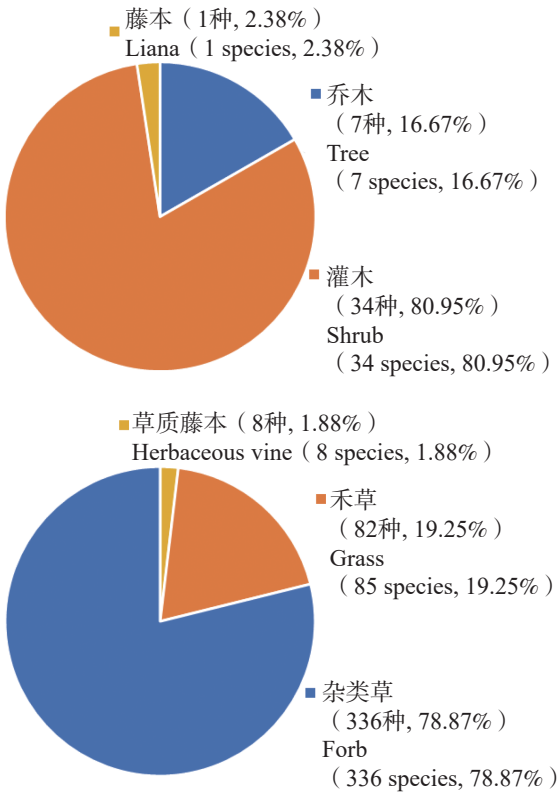

图 2　木本和草本植物生长型种类数量占比图

Fig. 2　Proportion of tree and herbaceous plant growth forms

从水生生态类型上看，湿生植物共 367 种，占总种数 78.42%，挺水植物共 83 种，占总物种数 17.73%，二者共同构成该国家公园水生植物的主体，而沉水、浮叶和漂浮植物种类稀少，共占总种数的 3.85%(图 4)。这与研究区域内以河流、水库为主，水位具有显著季节性波动的生境特征相符。

2.4　重点保护、受威胁及特有植物　本次共统计到 11 种重点保护野生植物(表 5)，其中，国家二级重点保护野生植物 7 种，包括湿生植物 2 种，为大叶黑桫椤(*Alsophila gigantea*)和桫椤(*A. spinulosa*)；挺水植物 2 种，为水蕨(*Ceratopteris thalictroides*)和疣粒稻(*Oryza meyeriana*)；沉水植物 3 种，为飞瀑草(*Cladopus nymanii*)、鹦哥岭飞瀑草(*C. yinggelingensis*)和道银川藻(*Terniopsis daoyinensis*)。海南省重点保护野生植物 4 种，均为湿生植物，为海南杜鹃(*Rhododendron hainanense*)、高宝兰(*Cionisaccus procera*)、镰翅羊耳蒜(*Liparis bootanensis*)和竹叶兰(*Arundina graminifolia*)。

依据《中国生物多样性红色名录：高等植物卷(2020)》，评估等级为濒危(EN)2 种，包括湿生植物 1 种，为吊罗裸实 (*Gymnosporia tiaoloshanensis*)，沉水植物 1 种，为冠果草 (*Sagittaria guayanensis* subsp. *lappula*)；易危(VU)5 种，包括湿生植物 2 种，为海南杜鹃和桫椤，挺水植物 3 种，为疣粒稻、小慈姑 (*Sagittaria potamogetonifolia*)和水蕨；近危(NT)6 种，均为湿生植物，为海南藤芋(*Scindapsus maclurei*)、大野芋(*Leucocasia gigantea*)、琼海苎麻(*Boehmeria lohuiensis*)、扁茎薹草(*Carex planiscapa*)、箭根薯(*Tacca chantrieri*)和巢蕨(*Asplenium nidus*)(表 5)。

参考《中国生物多样性红色名录：高等植物卷(2020)》、《海南省野生维管植物编目与分布数据集》以及植物智(https://www.iplant.cn/)，对具有争议的特有种不纳入统计。共统计到中国特有植物 24 种，其中，海南特有植物 9 种，占中国特有植物总种数的 37.50%。在海南特有种中，湿生植物 6 种，为毛锦香(*Phyllagathis melastomatoides*)、海南锦香草(*Phyllagathis hainanensis*)、海南耳草(*Hedyotis hainanensis*)、扁茎薹草等；挺水植物 1 种，为黄穗白茅(*Imperata flavida*)；沉水植物 2 种，为道银川藻和鹦哥岭飞瀑草(表 5)。

以上结果表明，大多数珍稀濒危物种属于湿

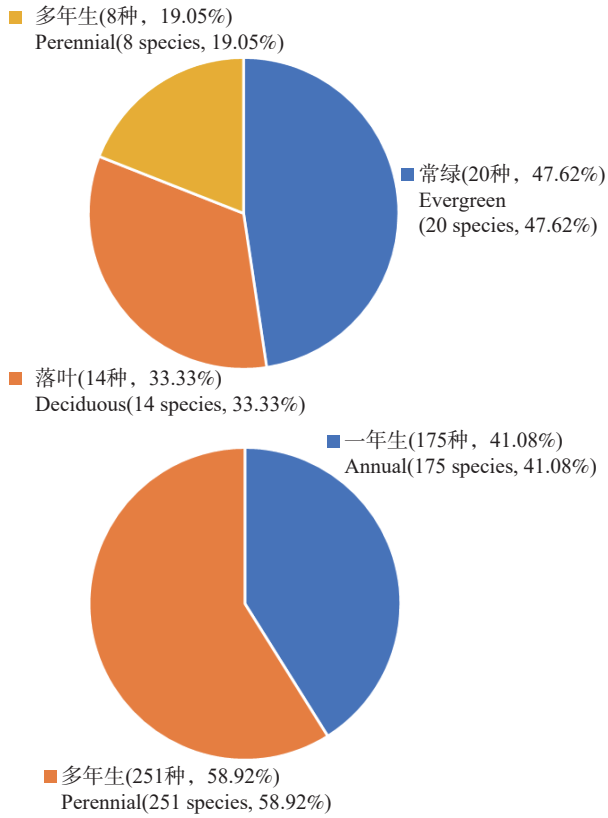

图 3　木本和草本植物生活型种类数量占比图

Fig. 3　Proportion of tree and herbaceous plant life forms

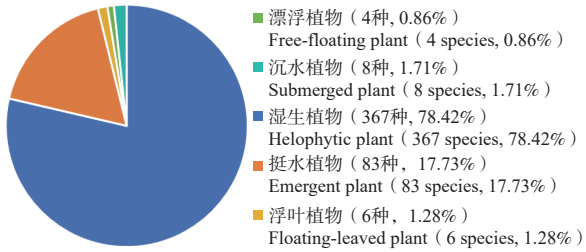

图 4　水生生态类型种类数量占比图

Fig. 4　Proportional distribution of aquatic ecological types

生和挺水植物，反映了水陆交错带在维持物种稀有性与独特性中的核心作用。同时，飞瀑草、鹦哥岭飞瀑草、道银川藻等沉水植物，其存在与对水体环境变化的极端敏感性，直接指示了其所依赖生境的高度脆弱性，具有极高的保护价值。

2.5　外来入侵植物　共统计到外来入侵植物 22 科 48 属 57 种，占本次调查植物总物种数的 12.18%，同时其种数也高达海南已记录入侵植物总数的 51.35%[31]。

将 57 种外来入侵植物划分为 5 个灾害等级：1 级(恶意入侵)、2 级(严重入侵)、3 级(局部入侵)、4 级(一般入侵)、5 级(有待观察)。具危害性外来入侵植物(1 ~ 4 级)共有 46 种，占外来入侵植物总种数的 80.70%，其中，1 级种类最多，2 级次之，二者共占外来入侵植物总数的 54.38%(图 5)。

按科统计，57 种外来入侵植物中，含 2 种及以上的科共 8 个。其中，具危害性外来入侵物种(1 ~ 4 级)最多的科为菊科；其次为禾本科、苋科，共 25 种，占外来入侵植物总种数的 43.86%(图 6-A)

根据原产地统计，57 种外来入侵植物原产地频次共统计 103 次。其中，美洲占比最大，共 82 次(79.61%)，说明这些外来入侵植物主要来源于美洲(共 47 种)，其中灾害等级 1 ~ 4 级共 38 种，占外来入侵植物总种数的 66.67%(图 6-B)。

按生长型、生活型及水生生态型统计，这些外来入侵植物以湿生草本为主，共 45 种(图 7-A)，且一年生与多年生植物数量相当(图 7-B)。这说明外来入侵植物在该国家公园湿地环境中具有较强

表 5　海南热带雨林国家公园重点保护、受威胁及特有水生植物名录

Tab. 5　Checklist of key protected, threatened, and endemic aquatic plants in Hainan Tropical Rainforest National Park

科名 Family	种名 Species	保护等级 Conservation status	濒危评估等级 Risk categories	备注 Notes
川苔草科 Podostemaceae	飞瀑草 *Cladopus nymanii*	国家二级 National grade II		
川苔草科 Podostemaceae	道银川藻 *Terniopsis daoyinensis*	国家二级 National grade II		海南特有种 Hainan endemic species
川苔草科 Podostemaceae	鹦哥岭飞瀑草 *Cladopus yinggelingensis*	国家二级 National grade II		海南特有种 Hainan endemic species
禾本科 Poaceae	疣粒稻 *Oryza meyeriana*	国家二级 National grade II	VU	
禾本科 Poaceae	黄穗白茅 *Imperata flavida*			海南特有种 Hainan endemic species
禾本科 Poaceae	金色狗尾草 *Setaria pumila*			中国特有种 Chinese endemic species
禾本科 Poaceae	海南柳叶箬 *Isachne hainanensis*			中国特有种 Chinese endemic species

续表 5 Tab. 5 Continued

科名 Family	种名 Species	保护等级 Conservation status	濒危评估等级 Risk categories	备注 Notes
兰科 Orchidaceae	高宝兰 *Cionisaccus procera*	海南省级 Hainan provincial		
兰科 Orchidaceae	镰翅羊耳蒜 *Liparis bootanensis*	海南省级 Hainan provincial		
兰科 Orchidaceae	竹叶兰 *Arundina graminifolia*	海南省级 Hainan provincial		
天南星科 Araceae	海南藤芋 *Scindapsus maclurei*		NT	
天南星科 Araceae	大野芋 *Leucocasia gigantea*		NT	
泽泻科 Alismataceae	冠果草 *Sagittaria guayanensis* subsp. *lappula*		EN	
泽泻科 Alismataceae	小慈姑 *Sagittaria potamogetonifolia*		VU	中国特有种 Chinese endemic species
野牡丹科 Melastomataceae	毛锦香 *Phyllagathis melastomatoides*			海南特有种 Hainan endemic species
野牡丹科 Melastomataceae	海南锦香草 *Phyllagathis hainanensis*			海南特有种 Hainan endemic species
茜草科 Rubiaceae	广花耳草 *Hedyotis ampliflora*			中国特有种 Chinese endemic species
茜草科 Rubiaceae	海南耳草 *Hedyotis hainanensis*			海南特有种 Hainan endemic species
荨麻科 Urticaceae	琼海苎麻 *Boehmeria lohuiensis*		NT	中国特有种 Chinese endemic species
荨麻科 Urticaceae	华南赤车 *Pellionia grijsii*			中国特有种 Chinese endemic species
莎草科 Cyperaceae	扁茎薹草*Carex planiscapa*		NT	海南特有种 Hainan endemic species
莎草科 Cyperaceae	线茎薹草 *Carex tsoi*			海南特有种 Hainan endemic species
姜科 Zingiberaceae	益智 *Alpinia oxyphylla*			中国特有种 Chinese endemic species
蔷薇科 Rosaceae	细叶石斑木 *Rhaphiolepis lanceolata*			中国特有种 Chinese endemic species
瑞香科 Thymelaeaceae	窄叶荛花 *Wikstroemia chui*			中国特有种 Chinese endemic species
薯蓣科 Dioscoreaceae	箭根薯 *Tacca chantrieri*		NT	
桃金娘科 Myrtaceae	水竹蒲桃 *Syzygium fluviatile*			中国特有种 Chinese endemic species
卫矛科 Celastraceae	吊罗裸实 *Gymnosporia tiaoloshanensis*		EN	海南特有种 Hainan endemic species
杜鹃花科 Ericaceae	海南杜鹃 *Rhododendron hainanense*	海南省级 Hainan provincial	VU	中国特有种 Chinese endemic species
母草科 Linderniaceae	毛叶蝴蝶草 *Torenia benthamiana*			中国特有种 Chinese endemic species
卷柏科 Selaginellaceae	翠云草 *Selaginella uncinata*			中国特有种 Chinese endemic species
铁角蕨科 Aspleniaceae	巢蕨 *Asplenium nidus*		NT	
水龙骨科 Polypodiaceae	贴生石韦 *Pyrrosia adnascens*			中国特有种 Chinese endemic species
凤尾蕨科 Pteridaceae	水蕨 *Ceratopteris thalictroides*	国家二级 National grade II	VU	中国特有种 Chinese endemic species
桫椤科 Cyatheaceae	大叶黑桫椤 *Alsophila gigantea*	国家二级 National grade II		
桫椤科 Cyatheaceae	桫椤 *Alsophila spinulosa*	国家二级	VU	

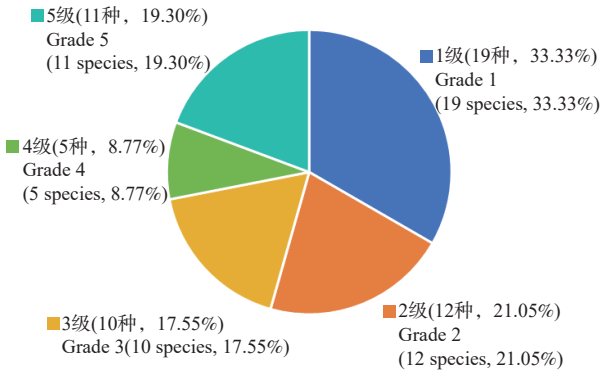

图 5　外来入侵植物入侵灾害等级占比图

Fig. 5　Proportion of invasive plant species by invasion risk level

的适应性，极易在水陆交错带定殖扩散，管理防控形势较为严峻。

2.6　水生植物区系特征

2.6.1　科的分布区类型　将海南热带雨林国家公园水生植物 95 科划分为 7 个分布区类型，7 个变型，归并为 3 类，即世界广布(1 型)、热带成分(2 ~ 7 型)和温带成分(8 ~ 14 型)(表 6)。其中，热带成分(2 ~ 7 型)占比最大，涵盖 47 科，占总科数的 49.47%，以泛热带分布及其变型为主；其次为世界广布(1 型)，共 41 科，占总科数的 43.16%；温带成分(8 ~ 14 型)占比最小，仅有 7 科，占总科数的 7.37%。热带成分和温带成分比值(R/T)为 6.71，表明科的区系具有较强的热带性质。

2.6.2　属的分布区类型　在植物分类学中，属比科拥有更近的系统发育关系和共同进化史，更能体现一个地区的植物分化情况和区系特征[32]。将本次统计到的 241 属划分为 12 个分布区类型，6 个变型，归并为 4 类，即世界广布(1 型)、热带成分(2 ~ 7 型)、温带成分(8 ~ 14 型)和中国特有

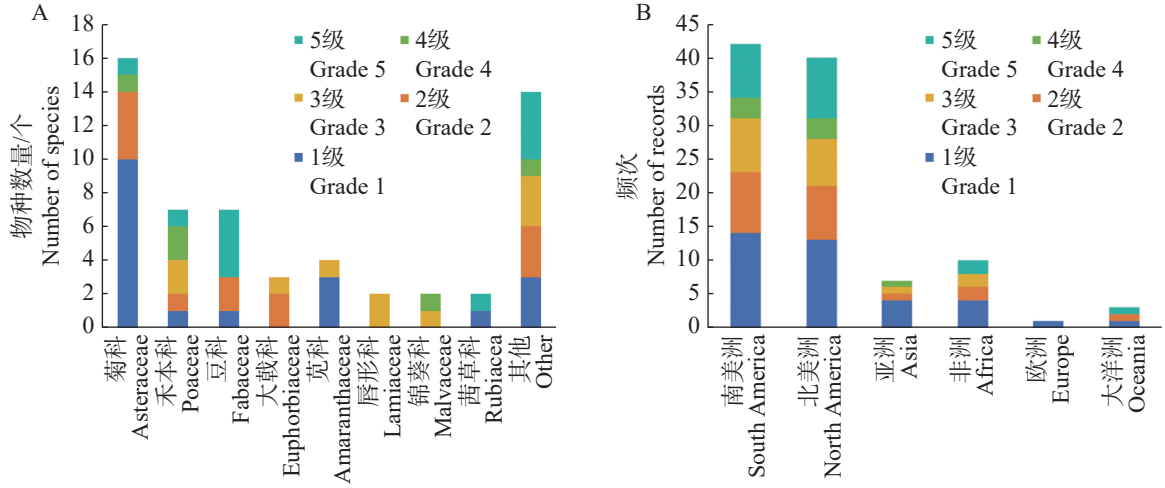

图 6　外来入侵植物物种组成(A)和原产地(B)数量柱形图

Fig. 6　Species composition (A) and origin (B) of invasive plants

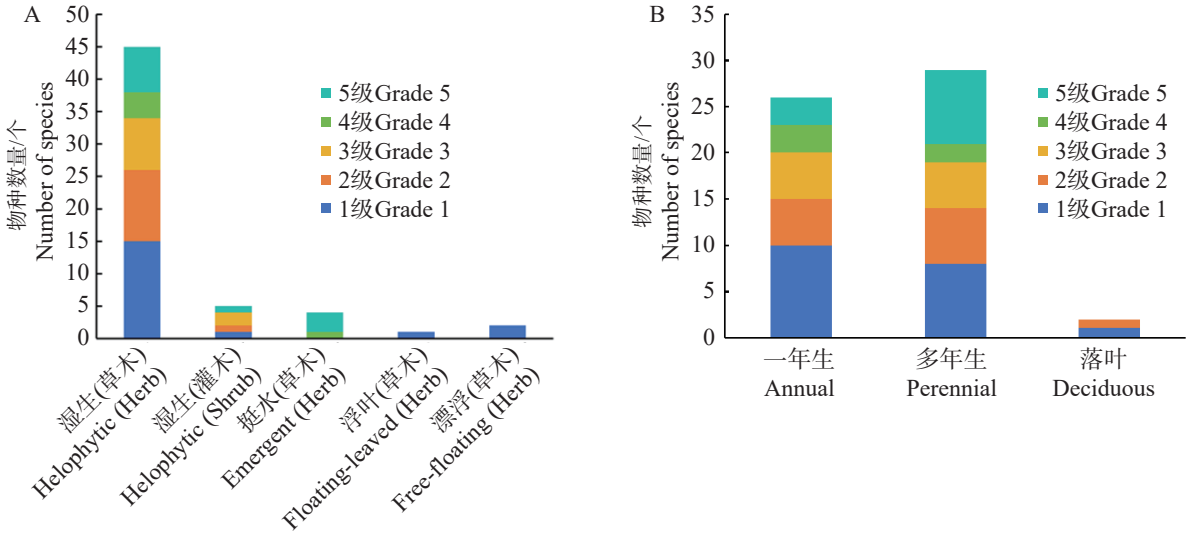

图 7　外来入侵植物生态型种类(A)和生活型(B)数量柱形图

Fig. 7　Number of ecotypes (A) and life forms (B) of invasive plant species

表 6 海南热带雨林国家公园水生植物科和属的分布区类型统计

Tab. 6 Areal-types of families and genera of aquatic plants in Hainan Tropical Rainforest National Park

区系组 Floristic group	分布区类型或变型 Areal-type or variant	科数/个 Families	占比/% Percentage	属数/个 Genera	占比/% Percentage
世界广布 Cosmopolitan	1.世界分布 Cosmopolitan	41	43.16	41	17.01
热带成分 Tropical elements	2.泛热带 Pantropic	33	34.74	94	39.00
	2-1.热带亚洲–大洋洲和热带美洲(南美洲或/和墨西哥) Trop. Asia-Australasia and Trop. Amer. (S. Amer. or/and Mexico)	1	1.05	3	1.24
	2-2.热带亚洲–热带非洲–热带美洲(南美洲) Trop. Asia-Trop. Afr.-Trop. Amer. (S. Amer.)	1	1.05	5	2.07
	2S.以南半球为主的泛热带 Pantropic especially S. Hemisphere	3	3.16		0
	3.东亚(热带、亚热带)及热带南美间断 Trop. & Subtr. E. Asia & (S.) Trop. Amer. disjuncted	4	4.21	14	5.81
	4.旧世界热带 Old World Tropics	3	3.16	21	8.71
	5.热带亚洲至热带大洋洲 Trap. Asia to Trop. Australasia Oceania	1	1.05	9	3.73
	6.热带亚洲至热带非洲 Trop. Asia to Trop. Africa			14	5.81
	(6d).南非(主要是好望角)Trop. Afr. (S. Sahara to S. Afr.)	1	1.05		0
	7.热带亚洲(即热带东南亚至印度–马来,太平洋诸岛)Trop. Asia + Indo-Malaya + Trop. S. & SW. Pacific Isl.			18	7.47
	7-1.爪哇 (或苏门答腊) 喜马拉雅间断或星散分布到华南、西南 Java or Sumatra, Hmalaya to S., SW. China disjuncted or diffused			1	0.42
温带成分 Temperate elements	8.北温带 North Temp.	1	1.05	6	2.49
	8-4.北温带和南温带间断分布 N. Temp. & S. Temp. disjuncted	2	2.11	2	0.80
	9.东亚及北美间断分布 E. Asia & N. America. disjuncted	2	2.11	1	0.42
	10.旧世界温带 Old World Temp.			3	1.24
	10-3.欧亚和南非州(有时也在大洋洲)间断 Eurasia & S. Afr. (somtimes also Australia disjuncted)			1	0.42
	12.地中海区、西亚至中亚 Medit., W. to C. Asia				0
	(12)s·s·.地中海区,狭义或环地中海 Mediterranea, s·s. or Grcum-Medit	1	1.05		0
	12-1.地中海区至中亚和南非洲和/或大洋洲间断分布 Mediterranea to C.Asia and S. Afr. and/or Australasia disjuncted	1	1.05		0
	14.东亚 E. Asia			6	2.49
	14(SJ).中国–日本 Sino-Japan			1	0.42
中国特有 Endemic to China	15.中国特有 Endemic to China			1	0.42
合计 Total		95	100.00	241	100.00

(15 型)(表 6)。其中以热带成分属数最多,共 179 属,占总属数的 74.26%,以泛热带分布为主;其次为世界广布,共 41 属,占总属数的 17.01%;温带成分共 20 属,占总属数的 8.31%;中国特有仅 1 属,为川藻属(*Terniopsis*),占总属数的 0.42%。热带成分和温带成分比值(R/T)为 8.95,这表明,在海南热带雨林国家公园水生植物视角下,同样支持海南植物区系属于古热带植物区马来亚森林植物亚区北缘组成部分的观点,且可能在属级水平上与热带亚洲的近代交流联系更加密切。

3 讨 论

3.1 海南热带雨林国家公园水生植物多样性组成与结构特征 本研究发现,海南热带雨林国家公

园拥有丰富的水生植物资源，共统计到 95 科 255 属 468 种。被子植物在物种组成上占据主导地位，这是其在繁殖方式、生理结构及生态分化等方面更具广泛适应性的直接体现[33]。蕨类植物占比虽小，但部分种类对生境要求严苛，是检测环境质量的良好指标[34]，它们的稳定存在，间接印证了海南热带雨林国家公园保有高质量的湿地生境。

在分类学组成上，科、属内的物种丰富度呈现典型的“核心–边缘”分布格局。这种分布格局意味着由少数广布种支撑的群落基础结构可能具有一定的稳定性，但大量稀有种种群规模通常较小，分布狭窄，在生境发生剧烈扰动时可能使其局部灭绝，且难以恢复。因此，在保护实践中，在维系核心类群生境的同时，也要重点关注那些承载着独特谱系的稀有类群。

在生长型方面，草本植物的绝对优势是典型的水生植被特征，反映了其对水淹和水饱和土壤的适应性。生活型上以多年生植物占主导是构成海南热带雨林国家公园水生植物群落稳定的基础，保证了该国家公园湿地生态系统的长期韧性，同时，一年生植物的高占比体现了其对水位波动的利用策略。在水生生态型方面，以湿生–挺水植物为主导的格局，反映了在热带海洋性季风气候的影响下，水位剧烈波动的生境过滤作用。该国家公园湿地以河流、水库为主，水位受旱、雨季影响显著，加之山洪频发，这种动态水文环境适合根系发达、适应水陆交替环境的类群生存，而对于严重依赖静水环境的沉水、浮叶和漂浮植物则难以生存和繁衍。

3.2　保护价值与受威胁状况　本次共统计到 11 种重点保护野生植物和 24 种中国特有植物，是海南热带雨林国家公园水生植物中最具保护价值的部分。特别是飞瀑草、鹦哥岭飞瀑草、道银川藻和水蕨等国家级重点保护野生植物和海南特有种，它们分布范围狭窄且对环境变化敏感，是评估生态系统健康的关键指示种。其生存状况直接关系到海南热带雨林国家公园水生生态系统的完整性和特殊性[1]。同时，高比例的非海南特有的中国特有种表明海南岛与中国内陆植物区系可能存在密切联系。

同时，海南热带雨林国家公园水生生态系统也面临着严峻的挑战。首先，外来入侵植物的威胁不容忽视。本次共统计到 57 种外来入侵植物，其中，入侵等级为 1 级和 2 级的物种数超过入侵植物总种数的一半，以一年生和多年生草本植物为主，生态类型以湿生植物为主，伴有少量浮叶植物和漂浮植物，说明这些入侵植物能够迅速生长繁衍并长期占据生态位，从而排挤本土物种，尤其可能会对稀有种的生存空间造成挤压，这对本土水生植物构成了严重威胁[35]。其次，根据《中国生物多样性红色名录：高等植物卷（2020）》，超过 73% 的物种被列入其中，虽然大部分都被评估为无危，但仍有少数物种被评估为濒危、近危和易危，说明该公园的水生生境可能是这些受威胁物种的重要栖息地和保护伞[1]，人类活动和气候变化可能会加剧其灭绝风险。

3.3　地理区系性质　科、属的分布区类型一致表明，该公园水生植物区系均具有强烈的热带性质。无论是科级还是属级水平，热带成分均占绝对优势，且热带成分和温带成分比值（R/T）较高，表明其区系是古热带植物区马来亚森林植物亚区北缘组成部分。属级水平相较于科级水平具有更强的热带属性，可能是在较近的地质历史时期，海南岛与热带亚洲的植物在属级水平上频繁交流并发生分化，使得属的组成比科更具热带属性。这与林泽钦等[36] 对海南本地野生维管植物区系的研究结果一致，表明该国家公园水生植物同样遵循海南植物的总体区系特征。

3.4　保护与管理　该国家公园水生植物主要为草本植物，且依赖于水环境。相对于陆生植物，水生植物对环境变化更加敏感，更容易受到威胁。湿地退化、水体营养化、水文情势变化、全球气候变暖及外来物种入侵等都会导致水生植物种类锐减，物种多样性下降。水生植物的保护和管理是维系湿地健康、保障生态系统服务功能可持续供给的核心环节[11]，同时也是维护海南热带雨林生态系统完整性与特殊性的重要举措。基于本研究结果，特提出如下建议：

1）实施以关键类群和微生境为核心的精准保护：对重点保护植物、受威胁植物以及中国特有植物（尤其是沉水植物和海南特有种）进行长期监测，并修复被破坏生境。

2）加强以恶性入侵种为靶向的防控：优先清除并持续监测入侵灾害等级为 1 级和 2 级的入侵

植物，尤其关注以菊科为代表的优势入侵科在湿生生境中的扩散。

3)维系水系自然水文节律和连通性：保护自然河道与原生岸线，严格审批河道硬化和岸线改造等破坏水文工程，并做好修复工作，这是维持以湿生和挺水植物为主的水生植物群落稳定的重要基石。

4)统筹保护与可持续发展：在保护优先的前提下，合理开发水生植物生态与文化价值，发展生态旅游和自然教育，提高公众对水生植物的全方位认知，形成保护与发展的良性循环。

4 结 论

1)海南热带雨林国家公园水生植物种类丰富，共统计到 95 科 255 属 468 种(包括 5 亚种和 15 变种)。其中，被子植物占据绝对主导地位，体现了其在湿地生境中的强大适应性与演化趋势。

2)科、属级物种丰富度均呈现“核心–边缘”分布格局。10.53% 优势科贡献了 57.48% 的物种，仅 5.49% 的属却包含 25.00% 的物种。这种结构是由禾本科、莎草科等全球性建群类群驱动，同时大量单种科、属的存在也反映了该植物区系具有较高的分类多样性与进化潜力。

3)生态适应策略以草本、多年生及湿生类型为主导。多年生草本占总种数的 53.63%，构成水生群落的稳定基底，较高比例一年生草本(37.40%)的存在则是对干湿季节分明环境的积极适应。水生生态型以湿生–挺水植物为主导，这与该国家公园因受热带海洋性季风气候的影响，以水位剧烈波动的河流、水库为主的生境特征高度相符。

4)保护价值突出且区系联系紧密。本次共统计到重点保护野生植物 11 种，受威胁植物 13 种及中国特有种 24 种(含海南特有种 9 种)，凸显出其作为“热带北缘生物物种基因库”组成部分的重要地位。除海南特有种外较大比例的中国特有种表明其与中国内陆植物可能存在密切联系。

5)面临严峻的外来入侵物种威胁。共发现外来入侵植物 57 种，具有危害性质的物种(1 ~ 4 级)共 46 种，占外来入侵植物总种数的 80.70%，主要原产地为美洲，且以湿生草本植物为主，这对本土水生植物，尤其是稀有种的生存空间构成严重挤压。

6)地理区系具典型的热带性质。科、属的分布区类型以热带成分为主，且属的 R/T 值显著高于科，支持其为古热带植物区马来亚森林植物亚区的北缘组成部分的观点，且在较近的地质历史时期，属级水平与热带亚洲植物可能存在较为紧密的区系交流。

致谢：感谢林江老师、张宝琴老师、李大程师兄、陈枳衡师兄和陈英转师姐等对本研究的外业支持，感谢钟琼芯、杨虎彪和刘寿柏等老师在植物鉴定方面的帮助。

参考文献：

[1] 黄佳欣, 杜彦君, 李东海, 等. 海南潜在世界自然遗产地的突出普遍价值初探[J]. 广西植物, 2023, 43(9): 1678−1687. https://doi.org/10.11931/guihaia.gxzw202203035

[2] 联合课题组 (中国林业科学研究院热带林业研究所、林业研究所). 海南岛尖峰岭热带林生态系统研究 Ⅰ. 热带北缘生物基因库 Ⅱ. 生态系列研究[J]. 林业科学研究, 1988, 1(3): 241−251.

[3] 杜乐山, 刘海鸥, 刘文慧, 等. 热带雨林区水源涵养服务时空演变及驱动因素分析: 以海南热带雨林国家公园为例[J]. 环境科学研究, 2023, 36(9): 1716−1727. https://doi.org/10.13198/j.issn.1001-6929.2023.07.06

[4] Zhou J N, Li Y Q, Lyu T, et al. Environmental determinants of aquatic plant diversity differ between growth forms and range sizes [J]. Ecological Indicators, 2023, 157: 111280. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111280

[5] 李冬林, 王磊, 丁晶晶, 等. 水生植物的生态功能和资源应用[J]. 湿地科学, 2011, 9(3): 290−296. https://doi.org/10.13248/j.cnki.wetlandsci.2011.03.008

[6] Lesiv M S, Polishchuk A I, Antonyak H L. Aquatic macrophytes: ecological features and functions [J]. Biologichni Studii, 2020, 14(2): 79−94. https://doi.org/10.30970/sbi.1402.619

[7] Svitok M, Zelnik I, Bubíková K, et al. Comparative diversity of aquatic plants in three Central European regions [J]. Frontiers in Plant Science, 2025, 16: 1536731. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1536731

[8] 王荷生. 植物区系地理[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 1−180.

[9] 尚帅斌, 范琳, 刘楠, 等. 昆仑山国家公园青海片区评估区种子植物区系研究[J]. 西北植物学报, 2024, 44(3): 491−501. https://doi.org/10.7606/j.issn.1000-4025.20230555

[10] 张淑倩. 河西走廊水生植物多样性及群落特征研究[D]. 武汉: 湖北大学, 2017.

[11] 吴志刚, 熊文, 侯宏伟. 长江流域水生植物多样性格局与保护[J]. 水生生物学报, 2019, 43(增刊 1): 27−41. https://doi.org/10.7541/2019.164

[12] Wang Q, Yu D, Li Z Q, et al. The effect of typhoons on the diversity and distribution pattern of aquatic plants on Hainan Island, South China [J]. Biotropica, 2008, 40(6): 692−699. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2008.

00430.x
[13] 赵家荣, 倪学明, 冯顺良, 等. 海南万宁县曲乡沼泽珍稀、特有水生植物的调查[J]. 武汉植物学研究, 1998 (3): 285−288. https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-0837.1998.03.018
[14] 王景飞, 吕德任, 黄赛, 等. 海南省濒危水生植物水角的资源现状及调查分析[J]. 中国园艺文摘, 2017, 33 (12): 67−69. https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-0873.2017.12.027
[15] 梁惠婷, 申益春, 王銮凤. 海南水菜花群落特征和植物多样性研究[J]. 热带农业科学, 2023, 43(3): 11−21. https://doi.org/10.12008/j.issn.1009-2196.2023.03.002
[16] 杨小波. 海南植物图志 (第三卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 7−120.
[17] 梁彩群, 陈玉凯, 杨小波, 等. 海南省野生维管植物编目和分布数据集[J]. 生物多样性, 2023, 31(6): 23067. https://doi.org/10.17520/biods.2023067
[18] Cook C D K. 世界水生植物[M]. 王徽勤, 游浚, 王建波, 译. 武汉: 武汉大学出版社, 1993: 1−306.
[19] 陈耀东, 马欣堂, 杜玉芬, 等. 中国水生植物[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2012: 1−479.
[20] 刘国道, 白昌军. 海南莎草志[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 1−426.
[21] Ppg I. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns [J]. Journal of Systematics and Evolution, 2016, 54(6): 563−603. https://doi.org/10.1111/jse.12229
[22] The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV [J]. Botanical Journal of the Linnean Society, 2016, 181(1): 1−20. https://doi.org/10.1111/boj.12385
[23] 郑博瀚, 陈鑫瑶, 倪健. 中国维管植物生长型和生活型数据集[J]. 生物多样性, 2024, 32(7): 23468. https://doi.org/10.17520/biods.2023468
[24] 刘建康. 高级水生生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 224−240.
[25] 吴征镒.《世界种子植物科的分布区类型系统》的修订[J]. 云南植物研究, 2003(5): 535−538.
[26] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物研究, 1991, 13(增刊 4): 1−139.
[27] 陆树刚. 中国蕨类植物区系概论 [M]//李承森. 植物科学进展 (第六卷). 北京: 高等教育出版社, 2004: 29−40.
[28] 林秦文, 肖翠, 马金双. 中国外来植物数据集[J]. 生物多样性, 2022, 30(5): 22127. https://doi.org/10.17520/biods.2022127
[29] 于海澔, 吕田, 王慧圆, 等. 一个中国水生植被分类系统的初步方案[J]. 中国科学: 生命科学, 2022, 52(9): 1335−1355. https://doi.org/10.1360/SSV-2022-0060
[30] 吴振斌. 水生植物与水体生态修复[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 4−6.
[31] 郭亚男, 王瑞江. 华南地区外来入侵和归化植物分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2023, 31(5): 715−726. https://doi.org/10.11926/jtsb.4644
[32] 陈灵芝. 中国植物区系与植被地理[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 3−213.
[33] 王芸芸, 郝占庆. 被子植物性系统的多样性、生态功能及分布规律[J]. 生物多样性, 2022, 30(7): 22065. https://doi.org/10.17520/biods.2022065
[34] 陆树刚, 陈风. 论蕨类植物生态类型的划分问题[J]. 云南大学学报 (自然科学版), 2013, 35(3): 407−415. https://doi.org/10.7540/j.ynu.20130185
[35] 于海澔. 中国水生植物外来种的区系组成、分布格局与扩散途径[D]. 武汉: 武汉大学, 2017.
[36] 林泽钦, 杨小波, 陈玉凯, 等. 海南本地野生维管植物区系研究[J]. 热带作物学报, 2016, 37(2): 351−358. https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-2561.2016.02.022

Composition and floristic characteristics of aquatic plants in Hainan Tropical Rainforest National Park

Li Zhaoyang[1,2,3#], Wen Qiuhua[3], Song Liqiao[1,3], Yang Zexiu[3*], Zhong Yunfang[1,2*]

（1. Key Laboratory of Genetics and Germplasm Innovation of Tropical Special Forest Trees and Ornamental Plants, Ministry of Education/School of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China; 2. Hainan Institute of National Park/Key Laboratory of Protection and Development for Hainan National Park, Haikou, Hainan 570203, China; 3. Zhufeng Forestry Ecology Research Institute of Hainan, Haikou, Hainan 570220, China）

Abstract: To understand the resource status of aquatic plants in Hainan Tropical Rainforest National Park, the species composition and floristic characteristics of aquatic plants in the park were analyzed based on field surveys and literature review. The results show that a total of 468 species of aquatic plants belonging to 255 genera and 95 families were recorded, among which angiosperms were absolutely dominant with 432 species. Both family- and genus-level species richness showed a "core–periphery" distribution pattern, i.e., species were highly concentrated in a few dominant families and genera. In terms of growth form, herbaceous plants predominated; regarding life form, perennials were the majority; and concerning ecological type, helophytes–emergent plants were dominant. There were 11 key protected wild plants, 26 Chinese endemic species, and 13 threatened plants. A total of 57 alien invasive plant species were recorded, among which harmful invasive species accounted for up to 80.70%, mostly originating from the Americas. The floristic composition at both family and genus levels exhibited strong tropical affinities, with the R/T ratio at the genus level reaching 8.95. All these findings indicate that the aquatic plants in Hainan Tropical Rainforest National Park are distinctly tropical and of high conservation value, yet they face threats from multiple alien invasive species. It is recommended to strengthen the conservation of rare species and the prevention and control of invasive plants.

Keywords: Hainan Tropical Rainforest National Park; aquatic plants; flora; rare and endangered plant; alien invasive species

(责任编辑:潘学峰)