

海口市城市公园自生植物多样性研究

范秋云¹, 云英英¹, 梁伟红², 史佑海^{1*}

1. 海南大学海南省热带特色花木资源生物学重点实验室, 海南海口 570228; 2. 中国热带农业科学院科技信息研究所, 海南海口 571101

摘要: 自生植物生长适应性强, 能自然生长繁衍并形成良好的自然景观, 是建设节约型园林的重要材料。本研究采用典型样方法对海口市 16 处城市公园分布的自生植物进行调查, 以便全面了解海口市城市公园自生植物的多样性水平, 并为节约型园林建设提供依据和参考。研究结果表明: 16 处城市公园共记录自生植物 220 种, 隶属于 59 科 176 属。其中本地种 154 种, 占 70.00%; 外来种 66 种, 占 30.00%; 外来入侵种 48 种, 占 22.27%。自生植物中以菊科、禾本科和豆科所含种类最丰富, 3 科共计 64 属 75 种, 占自生植物总属数和总种数的 36.36% 和 34.09%。自生植物中多年生草本和一年生草本最多, 分别为 113 种 (51.36%) 和 97 种 (44.09%)。自生植物具有良好的生态适应性和良好的园林应用潜力。在未来的城市园林建设中, 应合理的规划和利用, 提高乡土植物比例, 并根据不同环境营造具有地域特色的自生植物景观。

关键词: 自生植物; 物种多样性; 节约型园林; 海口市

中图分类号: Q948

文献标志码: A

Species Diversity for Spontaneous Plants in City Parks of Haikou, Hainan, China

FAN Qiuyun¹, YUN Yingying¹, LIANG Weihong², SHI Youhai^{1*}

1. Hainan Key Laboratory for Biology of Tropical Ornamental Plant Germplasm, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China;

2. Institute of Science and Technology Information, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571101, China

Abstract: Spontaneous plants have strong growth adaptability, can self-multiply and form a good natural landscape, which are important materials for the construction of conservation-oriented landscape. The typical-sampling method was used to investigate the spontaneous plants in 16 city parks of Haikou, so as to comprehensively understand the diversity level of spontaneous plants and provide reference for the construction of conservation-oriented gardens. The results showed that 220 spontaneous plant species belonged to 59 families and 176 genera were recorded in this research. Among them, 154 plants were native plants (accounting for 70%) and 66 plants were exotic species (accounting for 30%), meanwhile, 48 plants were invasive alien species (accounting for 22.27%). Asteraceae, Poaceae and Fabaceae, the largest families, played a major role in the quadrats with 75 species from 64 genera, accounting for 36.36% and 34.09% of the total genera and species of Spontaneous plants. Perennial herbs and annual/biennial herbs were the main life forms, accounting for 51.36% (113 species) and 44.09% (97 species), respectively. Spontaneous plants have strong ecological adaptability and high potential for landscape application. In the future construction of urban landscape, the existing spontaneous plants in the parks should be reasonably planned and utilized, increasing the proportion of native plants and constructing the spontaneous plants landscape with regional characteristics according to different environments.

Keywords: spontaneous plants; species diversity; conservation-oriented landscape; Haikou city

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2024.04.009

收稿日期 2023-02-06; 修回日期 2023-02-15

基金项目 海南省自然科学基金高层次人才项目 (No. 721RC630)。

作者简介 范秋云 (1997—), 女, 硕士研究生, 研究方向: 园林植物资源与利用。*通信作者 (Corresponding author): 史佑海 (SHI Youhai), E-mail: shiyouhai@163.com。

自生植物是指不需人工栽培就能自然生长繁衍的植物群体^[1]，是城市自然生态系统的重要组成部分。随着工业化和城镇化进程的推进，城市土地的用地方式正发生着急剧的改变，原有的自然植被被各种建筑、硬质铺装或人工化的种植绿地所取代，导致其适生生境的退化，进而导致物种数量的减少甚至消失^[1-3]，城市景观同质化等问题也逐渐显现^[4]。与此同时，人为干扰的加剧和土地利用方式的改变对物种的扩散与分布产生了直接影响，尤其是增加了外来物种跨地域扩散的风险与速率。外来物种的入侵进一步改变了城市原有生态系统的结构与功能，造成了城市植被种间关系的失衡和生物多样性的急剧下降，并引发了一系列的生物安全问题^[5-6]。面对生态环境的恶化，如何既推进人类社会的发展进步，又保护好人类赖以生存的环境是摆在人类面前的一大命题。在此背景下，建设资源节约型和环境友好型社会的理念开始兴起，并逐渐深入人心。而城市绿地中的自生植物，尤其是其中的乡土植物，由于具有生长适应性强、低维护、易管理等优点，近年来逐步成为城市植被研究体系和节约型园林建设的核心内容之一，在提升城市环境质量和维持生态系统稳定等方面发挥着不可替代的作用^[1, 7]。

城市景观由多种栖息地组成，其承载生物多样性的能力各不相同^[8]。诸多研究表明，栖息地大小、植被结构、管理实践和栖息地隔离是城市生物多样性模式的主要决定因素，应将其纳入城市规划，以实现环境友好型城市的目标^[9-11]。城

市公园作为绿地系统的重要组成部分，是城市生物多样性最集中和代表性最强的区域，是城市生物多样性最具代表性的场所，其植物群落能提供多种生态功能和服务^[2, 12-13]。

海口市地处热带北缘，气候高温多雨，植物的生长发育快速，种类丰富。目前已有部分学者对海口各类绿地植物多样性进行了调查^[14-17]，但针对城市公园自生植物的调查研究的尚未见报道。本次对海口市 16 处城市公园自生植物进行调查，探索不同类型城市公园自生植物多样性的多样性及差异性特点，拟回答城市公园自生植物种类组成特征，不同类型城市公园自生植物物种多样性的差异，同时对城市公园的外来入侵物种进行比较，并在此基础上对城市公园自生植物的园林应用潜力进行探讨。

1 研究区域与方法

1.1 研究地的选取

根据海口市城市公园性质和养护管理等因素，选取不同类型城市公园共 16 处^[18]，包括综合公园 5 处、专类公园 3 处、湿地公园 2 处、游园 2 处、沙滩公园 3 处和郊野公园 1 处。

1.2 样点及样方的设置

根据公园面积大小以及植物物种丰富度设置 5 m×5 m 样方若干，并利用平均布样法在每个样方的对角和中心设置 3~4 个 1 m×1 m 的小样方进行自生植物的调查^[19]，共设置 199 个样点，609 个 1 m×1 m 的小样方（表 1），记录每个小样方内

表 1 公园基本信息及样点数统计
Tab. 1 Basic information of parks and sample statistics

序号 No.	公园类型 Park type	公园名称 Name of park	所属区 District	经纬度 Longitude and latitude	面积 Area/hm ²	样方数 Samples
1	综合公园	白沙门公园	美兰区	110°20'4"19.49"N, 20'7.88"E	54.30	38
2		金牛岭公园	龙华区	110°20'0"34.81"N, 19'3.07"E	103.59	60
3		海口人民公园	龙华区	110°20'2"3.55"N, 20'36.94"E	24.40	41
4		万绿园	龙华区	110°20'2"1.41"N, 18'49.86"E	74.53	43
5		挺秀公园	秀英区	110°20'2"1.46.75"N, 11'38.91"E	25.80	47
6	专类公园	世纪公园	龙华区	110°20'2"39.07"N, 19'7.00"E	50.00	40
7		滨海公园	龙华区	110°20'2"22.94"N, 19'26.37"E	48.67	43
8		五公祠	琼山区	110°20'0"27.67"N, 21'34.53"E	6.70	23
9	湿地公园	凤翔湿地公园	琼山区	110°19°58'55.35"N, 21°17.13"E	78.52	26
10		红城湖公园	琼山区	110°20'0"10.56"N, 20'45.15"E	38.64	16
11	游园	世纪花园	美兰区	110°20'3"10.11"N, 19'16.87"E	1.05	29
12		美舍河带状公园	琼山区	110°20'0"57.89"N, 22'8.18"E	86.55	59
13	沙滩公园	海口湾公园	龙华区	110°20°1'51.03"N, 17'57.95"E	7.45	31
14		白沙门沙滩	美兰区	110°20°4'29.93"N, 20°1.13"E	7.13	31
15	郊野公园	碧海银滩公园	美兰区	110°20°4'39.65"N, 21°24.85"E	5.57	35
16		北姆堆公园	美兰区	110°19°57'6.00"N, 25°4.86"E	5.96	47
合计					618.86	609

的物种名,测定每个物种的高度、数量,估测物种盖度以及生长势等信息。调查的时间为 2021 年 3—6 月和 9—12 月。

1.3 植物类型及物种来源

本研究的调查对象为公园自生植物中的草本植物和低矮的匍匐状灌木及藤本。自生植物的物种来源分为本地种、外来种和外来入侵种。其中本地种指原产于海南的乡土植物;外来种指非海南原产而是从省外或国外引进的植物物种;外来入侵种是指外来种中对本地生态系统已造成威胁的物种。其中本地种和外来种主要依据《海南植物图志》^[20]和《中国植物志》^[21]加以确定,外来入侵种及其等级参照《中国外来入侵植物名录》(1~4 级)^[22]。

1.4 分布频度和重要值计算

分布频度(F)计算公式为 $F=S_i/N\times 100\%$,式中, S_i 为物种*i*出现的样方数, N 为样方数。重要值(IV)^[23]计算公式为 $IV=(\text{相对盖度}+\text{相对高度})/2$ 。使用 Excel 2013 软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 科属种组成与丰富度

609 个小样方中,共记录自生植物 59 科 176 属 220 种。其中,菊科植物最为丰富,共有 33 种,其次是禾本科和豆科,分别有 27 种和 15 种。这 3 科的自生植物合计占本次调查总物种数的 34.09%。此外苋科、锦葵科和茜草科的种类也较为丰富(图 1)。

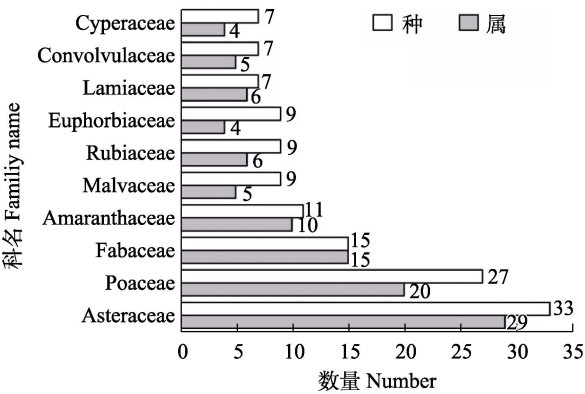


图 1 海口城市公园包含自生植物物种数排序前 10 的科
Fig. 1 Top 10 families of spontaneous plants in city parks of Haikou

调查统计的 16 处公园中,自生植物的物种数相差较大。物种数最多的 3 处城市公园为美舍河带状公园、北姆堆公园和滨海公园,分别为 79 种、

77 种和 74 种。而物种数最少的 3 处城市公园分别为海口湾公园、白沙门沙滩和碧海银滩公园,分别为 40 种、38 种和 30 种(表 2)。

表 2 各公园自生植物物种数、科数及属数
Tab. 2 Species, family and genus numbers of spontaneous plants in each park

序号 No.	公园名称 Name of parks	种数 No. of species	科数 No. of family	属数 No. of genus	种:科 Species : family	种:属 Species : genus
1	美舍河带状公园	79	24	55	3.29	1.44
2	北姆堆公园	77	31	56	2.48	1.38
3	滨海公园	74	24	55	3.08	1.35
4	白沙门公园	72	27	55	2.67	1.31
5	人民公园	70	28	52	2.50	1.35
6	世纪公园	69	23	52	3.00	1.33
7	世纪花园	65	23	46	2.83	1.41
8	凤翔湿地公园	64	23	44	2.78	1.45
9	万绿园	64	25	45	2.56	1.42
10	西海岸挺秀公园	64	22	45	2.91	1.42
11	金牛岭	63	27	58	2.33	1.09
12	五公祠	60	23	44	2.61	1.36
13	红城湖公园	51	18	36	2.83	1.42
14	海口湾公园	40	16	32	2.50	1.25
15	白沙门沙滩	38	14	31	2.71	1.23
16	碧海银滩公园	30	12	25	2.50	1.20

在不同类型城市公园中,综合公园物种数最多,共 109 种;其次是专类公园,为 102 种;湿地公园物种数为 70 种;物种数最少的为沙滩公园,为 67 种(图 2)。

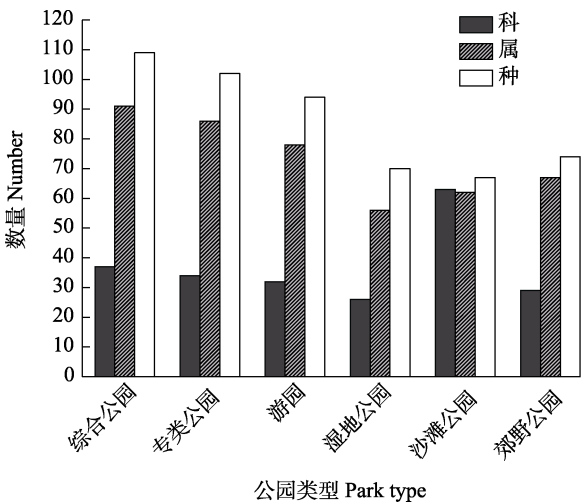


图 2 不同类型城市公园自生植物丰富度
Fig. 2 Species richness of spontaneous plants in different types of city parks

2.2 生活型组成

220 种自生植物共包括 4 个生活型，分别为一、二年生草本，多年生草本，灌木和木质藤本。其中，多年生草本最多，共计 113 种，占 51.36%等；其次是一、二年生草本，共计 97 种，占 44.09%；匍匐灌木 8 种，占 3.64%等；最少的是木质藤本，仅有 2 种，占 0.91%（图 3）。

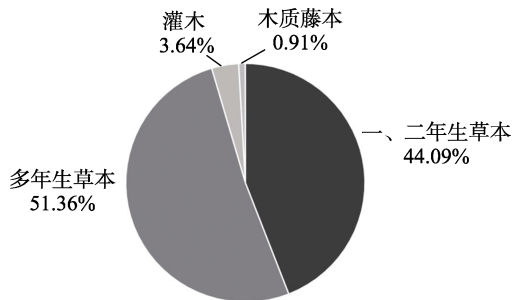


图 3 自生植物生活型组成
Fig. 3 Life form of spontaneous plants

2.3 物种来源

220 种自生植物中，海南本地种 154 种，占 70.00%，如荷莲豆草（*Drymaria cordata*）、匍枝栓果菊（*Launaea sarmentosa*）和美冠兰（*Eulophia graminea*）等；外来种 66 种，占 30.00%，如商陆（*Phytolacca acinosa*）、盖裂果（*Mitracarpus hirtus*）和碱蓬（*Suaeda glauca*）等；外来入侵种 48 种，占 22.27%，如含羞草（*Mimosa pudica*）、蒺藜草（*Cenchrus echinatus*）和微甘菊（*Mikania micrantha*）等。

在物种来源上不同类型公城市园的差别不大，本地种的比例在 65.67%~72.48%之间，外来入侵种的比例为 19.27%~26.87%（表 3）。总体而言，综合公园的本地种比例最高而外来入侵种的比例最低；而沙滩公园则反之，本地种比例最低而外来入侵种的比例最高。

表 3 不同类型城市公园物种来源及比例
Tab. 3 Species origins and proportion of different city-park types

物种来源 Species origim	综合公园 comprehensive park		专类公园 Specialized parks		游园 Recreation park		郊野公园 Country park		湿地公园 Wetland park		沙滩公园 Beach park	
	物种数 No. of species	比例 Propor- tion/%	物种数 No. of species	比例 Proportion /%	物种数 No. of species	比例 Propor- tion/%	物种数 No. of species	比例 Propor- tion/%	物种数 No. of species	比例 Propor- tion/%	物种数 No. of species	比例 Propor- tion/%
本地种	79	72.48	73	71.57	65	70.21	48	66.22	48	68.57	44	65.67
外来种	30	27.52	29	28.43	29	29.79	26	33.78	22	31.43	23	34.33
外来入侵种	21	19.27	20	19.61	22	22.34	19	25.68	16	22.86	18	26.87

2.4 不同类型城市公园自生植物重要值比较

根据自生植物的重要值排序，城市公园整体排序前 5 的自生植物重要值在 3.20%~7.44%之间，以夜香牛重要值最高（7.44%）；鬼针草和丰花草次之，分别为 6.11%和 4.81%（表 4）。综合公园、专类公园和游园自生植物重要值排序第 1 的皆为本地种，分别为丰花草（综合公园和专类公园）和三点金（游园）；而郊野公园和湿地公园重要值排序第 1 的皆为入侵种，分别为刺苋和藿香蓟。

3 讨论

3.1 海口市城市公园自生植物物种组成特征

海口市 16 处城市公园共有自生植物 59 科 176 属 220 种，占海口市公园植物物种总数（549 种）的 42.44%^[15]。海口市城市公园自生植物的种数高于上海^[24]（107 种）杭州^[25]（130 种）、宁波^[26]（127

种）和哈尔滨^[27]（175 种）等城市城区自生植物的种数，而略少于北京 39 处公园自生植物的种数（242 种）^[2]。考虑到本次调查的对象主要是自生植物中的草本植物，而未包含绝大多数的木本植物，故可表明海口市城市公园中有着丰富的自生植物资源。这主要是由于热带地区优越的水热条件为自生植物的生长提供了良好的自然条件。

海口市城市公园自生植物中本地种的比例为 70.00%，该比例低于上海^[24]（71.03%）、北京^[2]（78.51%）、重庆^[3]（85.05%）和宁波^[26]（89.90%）等地的调查结果，仅高于华南农业大学校园（广州）自生植物中本地种的比例（63.4%）^[28]。而本次调查的海口市城市公园自生植物中外来入侵种的比例为 22.27%，该结果与华南农业大学的调查结果相似（22.29%），明显高于其他城市自生植物中的外来入侵种的比例，如宁波^[26]（10.10%）、北京^[2]（7.02%）和重庆（3.65%）^[3]。这主要

表 4 不同类型公园重要值排序前 5 的植物统计
Tab. 4 Statistics of plant species with top 5 importance value of different park types

公园类型 Park types	物种名 Species name	拉丁名 Latin name	相对高度 Relative high/%	相对盖度 Relative coverage/%	重要值 Importance value/%
公园整体	夜香牛	<i>Cyathillium cinereum</i>	6.20	8.68	7.44
	鬼针草*	<i>Bidens pilosa</i>	9.11	3.11	6.11
	丰花草	<i>Spermacoce pusilla</i>	6.10	3.52	4.81
	三点金	<i>Grona triflora</i>	0.53	5.87	3.20
	黄鹌菜	<i>Youngia japonica</i>	4.74	1.66	3.20
综合公园	丰花草	<i>Spermacoce pusilla</i>	8.23	5.85	7.04
	升马唐	<i>Digitaria ciliaris</i>	6.43	5.33	5.88
	夜香牛	<i>Cyathillium cinereum</i>	7.73	2.91	5.32
	酢浆草	<i>Oxalis corniculata</i>	1.11	9.01	5.06
	黄鹌菜	<i>Youngia japonica</i>	6.60	3.12	4.86
专类公园	丰花草	<i>Spermacoce pusilla</i>	12.18	8.86	10.52
	三点金	<i>Grona triflora</i>	0.71	11.51	6.11
	鬼针草*	<i>Bidens pilosa</i>	6.86	4.34	5.60
	夜香牛	<i>Cyathillium cinereum</i>	7.96	3.20	5.58
	酢浆草	<i>Oxalis corniculata</i>	1.05	7.53	4.29
游园	三点金	<i>Grona triflora</i>	1.62	18.02	9.82
	夜香牛	<i>Cyathillium cinereum</i>	8.27	1.59	4.93
	一点红	<i>Emilia sonchifolia</i>	6.96	1.94	4.45
	叶下珠	<i>Phyllanthus urinaria</i>	6.21	2.33	4.27
	积雪草	<i>Centella asiatica</i>	0.84	6.30	3.57
郊野公园	刺苋*	<i>Amaranthus spinosus</i>	6.83	7.11	6.97
	颠茄*	<i>Atropa belladonna</i>	8.21	5.21	6.71
	少花龙葵	<i>Solanum americanum</i>	5.50	4.90	5.20
	决明	<i>Senna tora</i>	4.36	5.82	5.09
	黄花草	<i>Arivela viscosa</i>	5.20	3.80	4.50
湿地公园	藿香蓟*	<i>Ageratum conyzoides</i>	9.39	7.99	8.69
	铺地黍*	<i>Panicum repens</i>	6.16	7.52	6.84
	黄鹌菜	<i>Youngia japonica</i>	7.94	4.74	6.34
	升马唐	<i>Digitaria ciliaris</i>	4.72	6.78	5.75
	少花龙葵	<i>Solanum americanum</i>	5.84	2.34	4.09
沙滩公园	厚藤	<i>Ipomoea pes-caprae</i>	7.95	20.75	14.35
	鬼针草*	<i>Bidens pilosa</i>	14.19	8.91	11.55
	单叶蔓荆	<i>Vitex rotundifolia</i>	5.28	6.84	6.06
	红毛草*	<i>Melinis repens</i>	8.09	2.31	5.20
	蒺藜草*	<i>Cenchrus echinatus</i>	6.53	3.59	5.06

注：*为外来入侵种。
Note: * means invasive alien species.

是由于海口市地处华南沿海地区，温暖湿润的气候条件、城市物质和人口的巨大流动量为外来物种的入侵创造了非常有利的条件，造成海口市大量原生植被逐渐被外来入侵种替代。事实上，包括海口市在内的华南地区目前已成为我国外来植物入侵的重灾区，是我国植物入侵历史最悠

久、入侵风险最高、入侵种类最多的地区^[29]。本研究发现鬼针草、羽芒菊和小蓬草等入侵种在海口市城市公园中出现频度较高，且成片生长，极大地影响本地物种生存的同时，也造成了景观的同质化，在今后的城市管理实践中应加以重视。

3.2 海口市城市公园自生植物的园林价值与应用策略

近年来,随着城市生态环境的恶化以及人们生态文明意识的加强,建设以“节土”“节水”“节能”“节力”为标志的节约型园林已成为城市绿化可持续发展的必由之路^[28]。相对于城市绿地中大量充斥的外来物种,自然分布于城市建筑隙地、废弃地、林地、草坪和水岸等处的自生植物由于生长适应性强,能在无人管理的条件下自然繁衍,并形成一定的自然景观^[30]。因而在建设节约型园林的背景下,自生植物正逐渐成为园林景观设计不可忽略的组成部分,为营造可持续发展的城市园林提供了不可缺少的支持。

海口市有着丰富的自生植物资源,其中不少种类具有较高的观赏和园林应用价值,如观花的有马鞍藤、小心叶薯、黄鹌菜、一点红、夜香牛、蜂巢草、大尾摇、丰花草、假马鞭、弓果黍、金色狗尾草、美冠兰、黄花蝴蝶草等;观果的有倒地铃、海南茄、苦蕒、小酸浆、猪屎豆、海刀豆等;观叶观株的有肾蕨、剑叶凤尾蕨、假蒟、马齿苋、毛马齿苋、积雪草、天胡荽等。这些植物有的植株低矮匍匐,覆盖力强,是良好的园林地被,如三点金、链荚豆、铺地蝙蝠草、酢浆草、积雪草、天胡荽等;有的体型较高而直立,可成丛搭配,并与草坪和地被对比而产生景观层次,如地桃花、灰毛豆、榛叶黄花棣、蜂巢草、苦蕒、大尾摇、假马鞭、金色狗尾草等;有的体型适中,花量大、花期集中,配置于草坪能形成缀花草地景观,如黄鹌菜、一点红、夜香牛、丰花草等;有的耐阴性强,可配置于林下、林缘,增添野趣,如假蒟、弓果黍、竹叶草等;马鞍藤、海刀豆、单叶蔓荆和海马齿等喜阳耐盐,配置于海滩既可覆盖沙地、防止冲刷,其或红或紫的花也起着良好的园林装饰效果。总之,海口市公园自生植物具有良好的观赏价值和园林应用潜力,在园林中可优先选用其中的乡土植物,综合考虑植物的生长习性、生态习性和观赏特性进行配置应用^[2,27]。

城市自生植物的生态和园林价值虽然在一定程度和范围内受到关注,但在当前园林绿化管理的策略中仍然普遍地被视为有害杂草而受到定期或不定期的清除,在城市空间几无容身之处^[1]。因而对于绿化管理者而言,应更新思路,转变观念,在充分考虑自生植物物种属性的基础上制定科学合理的管理和应用策略^[31-32];对于外来植物,

尤其是入侵种,应注意清除,防止其四处扩散而造成进一步为害;而对于乡土植物,则建议尽量保护其植株和生境,以寻求可持续、多样化、低成本城市园林景观的实现途径。

4 结论

海口市城市公园绿地中分布有丰富的自生植物,这些植物中的大部分种类均为本地的乡土植物,且具有良好的观赏性和园林应用价值,提升了海口市城市绿地的生物多样性,创造出了野趣盎然的自然景观,是建设低成本、低维护、可持续发展的节约型园不可缺少的植物材料。目前,海口市对于自生植物的保护和利用水平较低,应在今后的园林规划和植物设计中加强开发利用力度,为建设“山水林田湖草”的生命共同体服务。

参考文献

- [1] 李晓鹏,董丽,关军洪,赵凡,吴思佳.北京城市公园环境下自生植物物种组成及多样性时空特征[J].生态学报,2018,38(2):581-594.
LI X P, DONG L, GUAN J H, ZHAO F, WU S J. Temporal and spatial characteristics of spontaneous plant composition and diversity in a Beijing urban park[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(2): 581-594. (in Chinese)
- [2] 李晓鹏,董丽.北京不同公园自生植物物种组成特征及群落类型[J].风景园林,2020,27(4):42-49.
LI X P, DONG L. Species composition and community types of spontaneous plants in various parks of Beijing[J]. Landscape Architecture, 2020, 27(4): 42-49. (in Chinese)
- [3] 吴雪,黄力,靳程,钱深华,杨永川.重庆主城区杂草物种组成特征及多样性格局[J].华东师范大学学报(自然科学版),2020,3(2):98-109.
WU X, HUANG L, JIN C, QIAN S H, YANG Y C. Species composition and distribution pattern of weed communities in Chongqing metropolis[J]. Journal of East China Normal University (Natural Science), 2020, 3(2): 98-109. (in Chinese)
- [4] ZOTZ G, SCHULTZ S. The vascular epiphytes of a low-land forest in Panama—species composition and spatial structure[J]. Plant Ecology, 2008, 195(1): 131-141.
- [5] 黄金夏,易雪梅,贾伟涛,刘莹,张松林.三峡库区消落带外来植物入侵与景观基质组成结构的关联性[J].应用生态学报,2022,33(2):477-488.
HUANG J X, YI X M, JIA W T, LIU Y, ZHANG S L. Relationship between alien plant invasion and landscape matrix in the water-level fluctuating zone of the Three Gorges Reservoir, China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2022,

- 33(2): 477-488. (in Chinese)
- [6] 谢春平, 盛英杰, 刘大伟, 南程慧, 方彦, 刘东. 连云港市主要公共绿地树木多样性研究[J]. 四川农业大学学报, 2018, 36(5): 648-657.
- XIE C P, SHENG Y J, LIU D W, NAN C H, FANG Y, LIU D. Tree diversity of main public green space in Lianyungang city[J]. Journal of Sichuan Agriculture University, 2018, 36(5): 648-657. (in Chinese)
- [7] 张林, 齐实, 周飘, 伍冰晨, 张岱, 崔冉冉, 黄宪, 马宁. 北京山区侧柏林下草本植物多样性的影响因素分析[J]. 草地学报, 2022, 30(8): 2199-2206.
- ZHANG L, QI S, ZHOU P, WU B C, ZHANG D, CUI R R, HUANG X, MA N. Analysis of influencing factors on the understory herbaceous plant diversity of *Platycladus orientalis* forest in Beijing mountainous areas[J]. Acta Agrestia Sinica, 2022, 30(8): 2199-2206. (in Chinese)
- [8] BONTHOUX S, VOISIN L, BOUCHE-PILLON S, CHOLLET S. More than weeds: spontaneous vegetation in streets as a neglected element of urban biodiversity[J]. Landscape and Urban Planning, 2019, 185: 163-172.
- [9] LEHVAVIRTA S, VILISICS F, HAMBERG L, MALMIVAARA-LAMSA M, KOTZE D. Fragmentation and recreational use affect tree regeneration in urban forests[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2014, 13(4): 869-177.
- [10] FISCHER L K, LIPPE M V D, RILLIG M C, KOWARIK L. Creating novel urban grasslands by reintroducing native species in wasteland vegetation[J]. Biological Conservation, 2013, 159: 119-126.
- [11] VALLET J, BEAUJOUAN V, PITHON J, ROZÉ F, DANIEL H. The effects of urban or rural landscape context and distance from the edge on native woodland plant communities[J]. Biodiversity and Conservation, 2010, 19(12): 3375-3392.
- [12] 杨英书, 胡希军, 金晓玲, 杨岑, 粟德琼. 基于同纬度的城市公园绿地植物多样性比较——以怀化市迎丰公园为例[J]. 中南林业科技大学学报, 2021, 41(9): 188-198.
- YANG Y S, HU X J, JIN X L, YANG C, SU D Q. Comparison of plant diversity in urban park green space based on the same latitude: taking Yingfeng park of Huaihua as an example[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2021, 41(9): 188-198. (in Chinese)
- [13] 谢春平. 都柏林城市中心公园树木组成结构及多样性研究[J]. 西南林业大学学报, 2017, 37(1): 94-103.
- XIE C P. Study on the tree composition and diversity in the central parks of Dublin[J]. Journal of Southwest Forestry University, 2017, 37(1): 94-103. (in Chinese)
- [14] 雷金睿, 宋希强, 何荣晓. 滨海城市公园植物物种多样性比较——以海口市为例[J]. 生态学杂志, 2016, 35(1): 118-124.
- LEI J R, SONG X Q, HE R X. Comparative analysis of plant species diversity in coastal city parks: a case study of Hai-kou[J]. Chinese Journal of Ecology, 2016, 35(1): 118-124. (in Chinese)
- [15] 雷金睿, 宋希强, 黎伟. 海口城市公园植物资源及其应用特征分析[J]. 福建林业科技, 2016, 43(3): 212-217.
- LEI J R, SONG X Q, LI W. Application characteristics of the plant resources in Haikou urban parks[J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2016, 43(3): 212-217. (in Chinese)
- [16] 何荣晓, 杨帆, 闫蓬勃, 梁怀月. 城市土地利用对植物多样性的影响——以海口市为例[J]. 中国城市林业, 2019, 17(4): 12-17.
- HE R X, YANG F, YAN P B, LIANG H Y. Effects of urban land use on plant diversity: a case study of Haikou city, China[J]. Journal of Chinese Urban Forestry, 2019, 17(4): 12-17. (in Chinese)
- [17] 成夏岚, 陈红锋, 欧阳婵娟. 海口市城市绿地常见植物多样性调查及特征研究[J]. 中国园林, 2012, 28(3): 105-108.
- CHENG X L, CHEN H F, OUYANG C J. The investigation and character study of common plants diversity in Haikou urban green spaces[J]. Chinese Landscape Architecture, 2012, 28(3): 105-108. (in Chinese)
- [18] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市用地分类与规划建设用地标准: GB 50137—2011[S]. 2011.
- Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for classification of urban land use and planning standards of development land: GB 50137—2011[S]. 2011.
- [19] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- ZHANG J T. Quantitative ecology[M]. Beijing: Science Press, 2004. (in Chinese)
- [20] 杨小波. 海南植物图志[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- YANG X B. Flora of Hainan[M]. Beijing: Science Press, 2016. (in Chinese)
- [21] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- Editorial Committee of Flora of China, Chinese Academy of Sciences. Flora of China[M]. Beijing: Science Press, 2002. (in Chinese)
- [22] 马金双, 李惠茹. 中国外来入侵植物名录[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- MA J S, LI H R. List of invasive alien plants in China[M]. Beijing: Higher Education Press, 2018. (in Chinese)
- [23] 姜晓燕, 高圣杰, 蒋燕, 田赟, 贾昕, 查天山. 毛乌素沙地植被不同恢复阶段植物群落物种多样性、功能多样性和系

- 统发育多样性[J]. 生物多样性, 2022, 30(5): 18-28.
- JIANG X Y, GAO S J, JIANG Y, TIAN B, JIA X, ZHA T S. Species diversity, functional diversity, and phylogenetic diversity in plant communities at different phases of vegetation restoration in the Mu Us sandy grassland[J]. Biodiversity Science, 2022, 30(5): 18-28. (in Chinese)
- [24] 田志慧, 陈克霞, 达良俊, 古红梅. 城市化进程中上海植被的多样性、空间格局和动态响应(III): 高度城市化影响下上海中心城区杂草区系特征[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2008, 7(4): 49-57.
- TIAN Z H, CHEN K X, DA L J, GU H M. Diversity, spatial pattern and dynamics vegetation under urbanization in Shanghai (III): flora of the ruderal in the urban area of Shanghai under the influence of rapid urbanization[J]. Journal of East China Normal University (Natural Science), 2008, 7(4): 49-57. (in Chinese)
- [25] 许维强. 城市建成区自生植物调查研究——以杭州市为例[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2015.
- XU W Q. The investigation and study on self growth plants in city proper——take Hangzhou for example[D]. Hangzhou: Zhejiang A&F University, 2015. (in Chinese)
- [26] 赵娟娟, 孙小梅, 陈珊珊, 江波, 陈春娣. 城市野生草本植物种类构成的特征——以宁波市为例[J]. 生态环境学报, 2016, 25(1): 43-50.
- ZHAO J J, SUN X M, CHEN S S, JIANG B, CHEN C D. Characteristics of species composition for urban spontaneous herbs, with Ningbo, China as a case study[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2016, 25(1): 43-50. (in Chinese)
- [27] 陈晓双, 梁红, 宋坤, 达良俊. 哈尔滨城区杂草群落多样性及其分类体系[J]. 应用生态学报, 2014, 25(8): 2221-2228.
- CHEN X S, LIANG H, SONG K, DA L J. Diversity and classification system of weed community in Harbin city, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25(8): 2221-2228. (in Chinese)
- [28] 郑焯玲, 廖舒茗, 欧倩鹭, 官政婧, 陈晓婉, 冯志坚. 华南农业大学校园绿地自生植物研究[J]. 热带农业科学, 2021, 41(2): 142-147.
- ZHENG Z L, LIAO S M, OU Q L, GUAN Z J, CHEN X W, FENG Z J. Spontaneous vegetation in the green space of campus of south China agricultural university[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2021, 41(2): 142-147. (in Chinese)
- [29] 郭亚男, 王瑞江. 华南地区外来入侵和归化植物分析[J]. 热带亚热带植报, 2023, 31(5): 715-726.
- GUO Y N, WANG R J. Analysis on the alien invasive and naturalized plants in south China[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2023, 31(5): 715-726. (in Chinese)
- [30] YE Y H, LIN S S, WU J, LI J. Effect of rapid urbanization on plant species diversity in municipal parks, in a new Chinese city: Shenzhen[J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(5): 221-226.
- [31] 陈春娣. 被遗忘的城市“生境”: 重庆市墙体自生植物调查分析[J]. 生态学报, 2020, 40(2): 473-483.
- CHEN C D. Forgotten urban habitats: analysis of spontaneous vegetation on the urban walls of Chongqing city[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(2): 473-483. (in Chinese)
- [32] 洪峰, 魏亚情, 袁浪兴, 史佑海. 琼北火山村墙体植物多样性及其生态学意义[J]. 热带作物学报, 2019, 40(4): 822-829.
- HONG F, WEI Y Q, YUAN L X, SHI Y H. Species diversity and ecological significance of wall plants on traditional volcanic villages in Northern Hainan[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2019, 40(4): 822-829. (in Chinese)