

滨海城市公园植物物种多样性比较 ——以海口市为例

雷金睿¹ 宋希强^{1,2} 何荣晓^{1*}

(¹海南大学园艺园林学院, 海口 570228; ²海南大学热带作物种质资源保护与开发利用教育部重点实验室, 海口 570228)

摘要 城市公园是城市绿地的重要组成部分,是城市植物多样性体现的代表区域。本研究采用典型样方法对选定的海口市 10 个主要公园的 420 个样方植物多样性现状进行了调查,并根据距离海岸线的远近将公园分为离海公园和滨海公园两大类,从植物种类组成以及物种 α 与 β 多样性指数等方面作了比较分析。结果表明:海口市公园共有维管束植物 320 种,隶属于 88 科 244 属,植物种类丰富,但各公园植物分布相差较大,其中离海公园以栽培种居多,滨海公园以野生种和外来种居多;离海公园的植物群落 α 多样性高于滨海公园,其中草本层和灌木层物种 α 多样性滨海公园高于离海公园,乔木层则反之;两类公园之间乔木层和灌木层的 β 多样性指数相似性最低,草本层相似性较高。研究认为,生境差异性和人为干扰是产生城市植物多样性差异的重要因素。

关键词 人为干扰; 城市化; 植物多样性; 滨海公园; 生境差异

Comparative analysis of plant species diversity in coastal city parks: A case study of Haikou. LEI Jin-rui¹, SONG Xi-qiang^{1,2}, HE Rong-xiao^{1*} (¹College of Horticulture and Landscape Architecture, Hainan University, Haikou 570228, China; ²Key Laboratory of Protection and Developmental Utilization of Tropical Crop Germplasm Resources, Hainan University, Haikou 570228, China).

Abstract: City parks are an important part of urban green space, and reflect the plant diversity of the city. In this study, the typical quadrat method was employed to investigate the present situation of plant diversity with 420 quadrats from 10 major parks in Haikou, which were divided into two groups as seaside parks and inland parks according to their distances to the coastal line. The plant species constitution and α and β diversity indexes within these two groups were compared. The results showed that 320 vascular plant species belonging to 244 genera in 88 families were identified in Haikou city parks. However, the richness of plant species differed among different parks. The cultivated species took the main part in the inland parks and the wild and alien ones took the main part in the seaside parks. The α diversity index of plant communities in the inland parks was higher than that in the seaside parks. Compared with the inland parks, the seaside parks possessed a higher α diversity index in herb layer and shrub layer, and a lower α diversity index in tree layer. The similarity of β diversity indexes of tree layer and shrub layer were the lowest and the one of herb layer was the highest between the two types of parks. Habitat difference and human disturbance were considered important factors causing the divergence in urban plant diversity in Haikou.

Key words: human-caused disturbance; urbanization; plant diversity; seaside park; habitat difference.

城市化被普遍认为是改变自然环境、造成生物多样性降低、引起物种减少和灭绝的重要原因,城市

化影响下的植物多样性格局已成为当前生态学研究的重点领域(Crane *et al.*, 2005; Huste *et al.*, 2007)。城市生物多样性与城市人居环境和可持续发展关系紧密(毛齐正等, 2013),也与城市生态稳定性密切相关(McKinney, 2006; 彭羽等, 2007),对提升城市

绿地系统的自我更新与维持机制具有重要作用。国外对城市植物多样性的研究主要从生境、土地利用等方面入手,强调自然生境保护对城市植物多样性维持的重要性(McKinney, 2006)。人为干扰和城市化对物种多样性有显著影响(毛志宏等, 2006; Huste *et al.*, 2007; 毛齐正等, 2013), 通过生态型绿地建设恢复城市的植物多样性, 是城市中植物多样性保护的有效途径(彭羽等, 2007)。随着人们对城市生态环境意识的增强和优质人居环境的迫切需求, 如何提高城市绿地系统的生态设计水平, 加强植物多样性保护, 实现园林植物在城市绿化建设中景观效益和生态效益的协调统一, 成为一个亟待解决的问题。

在国内, 对城市植物多样性的研究主要集中在植物种类与物种多样性的调查(杨小波, 2009; 成夏岚等, 2011), 从环境因子角度研究城市植物多样性仍处于探索阶段(毛齐正等, 2013)。有研究指出, 植物多样性与环境变量具有一定的相关性(Zerbe *et al.*, 2003; McKinney, 2006), 而生境的多样化对维持城市植物物种多样性具有显著的作用(Cornelis *et al.*, 2004; Legendre *et al.*, 2009)。高强度和高频度的人为干扰会造成城市异质性生境的形成, 同时对城区的植物种类也有一定的影响(毛志宏等, 2006; 田志慧等, 2008), 表现出显著差异的城市植物多样性分布格局(尹锴等, 2009)。对于滨海城市来说, 滨海植物群落因盐度、潮汐等因子作用的不同, 会形成不同类型的生境梯度, 其植物多样性也会表现出显著的带状分布(贺强等, 2010); 通过对海南热带滨海植物多样性与土壤理化性质(如 pH 值、养分等)的关系研究也证明了滨海环境因子与植物多样性之间的必然关联(杨小波等, 2000)。可见, 关注城市环境影响下的植物多样性研究, 对于明确植物

分布格局、提高城市绿化质量以及建立生物多样性保护机制具有重要意义(彭羽等, 2007)。城市公园绿地作为城市植被的重要组成部分, 是城市园林绿化和生物多样性最集中、代表性最强的区域(成夏岚等, 2011)。本研究以热带滨海城市海口的 10 个主要公园绿地为研究对象, 探索不同类型公园在生境条件下植物多样性的差异性特点, 拟回答公园植物种类组成特征, 不同类型公园植物物种多样性的差异。最后对其差异原因和公园植物应用进行探讨。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

海口市位于 $110^{\circ} 07' 22'' E-110^{\circ} 42' 32'' E$, $19^{\circ} 31' 32'' N-20^{\circ} 04' 52'' N$, 地处低纬度热带北缘, 陆地面积 2304.84 km^2 , 人口 217.11 万人。全市地形略呈长心形, 地势平缓, 北部近海以滨海台阶式地貌为主, 西部以典型的火山地貌为主。海口属于热带海洋性气候, 春季温暖少雨多旱, 夏季高温多雨, 秋季湿凉多台风暴雨, 冬季干旱时有冷气流侵袭带有阵寒。年平均气温 $24.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 年平均降水量 1696.6 mm , 年平均日照时数 1954.7 h , 平均相对湿度 85% 。全市分布有植物超过 1600 种, 城市绿化植物种类约有 600 余种(杨小波, 2009)。截至 2015 年, 海口城市建成区有各类公园 19 个, 总面积为 852.70 hm^2 , 人均拥有公园绿地面积达 15 m^2 。

1.2 公园选取与调查

本研究依据公园沿海区域距离海岸线 500 m 为标准(国家林业局, 2008), 并结合生境差异性将海口市公园分为离海(远离海域)公园和滨海公园两大类。于 2014 年 7—8 月共调查了海口市 10 个公园绿地(图 1), 其中离海公园 4 个: 五公祠、人民公



图 1 海口市公园绿地研究范围示意图

Fig.1 Diagram of research scope about park green space in Haikou City

园、金牛岭公园和美舍河带状公园;滨海公园 6 个:万绿园、西海岸带状公园(含假日海滩和西秀海滩)、世纪公园(含青少年科技公园)、白沙门公园、滨江西带状公园(北段)和挺秀公园。研究公园面积约占海口市公园总面积的 79.09%,各公园年代跨度大,类型齐全,分布均匀,其地处人口密集区周围,植被丰富,特征明显,代表性强。

根据公园占地面积大小以及植物群落复杂程度,采用典型抽样法设置 20 m×20 m 的标准样方,并分成 4 个 10 m×10 m 的小样方,共设置小样方 420 个(表 1),分别对其小样方的乔木层、灌木层和草本层进行群落学调查(张峰等,2002;张金屯,2011)。

1.3 数据处理

1.3.1 重要值计算 本研究中植物物种的重要值(importance value, IV)(张金屯,2011)计算公式为:

(1) 乔木: $IV = (\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对显著度})/3$;

(2) 灌木: $IV = (\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度})/3$;

(3) 草本: $IV = (\text{相对高度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度})/3$;

(4) 相对重要值 = 该物种的重要值/该样地内所有物种的重要值之和。

1.3.2 多样性测度 本研究植物物种多样性指数的计算采用 α 和 β 两大类多样性指数(尹锴等,

2009)。 α 多样性指数的测度选取了 Patrick 物种丰富度指数(S)、Simpson 指数(D)、Shannon 指数(H)以及 Pielou 均匀度指数(J)(张峰等,2002;张金屯,2011),同时还选用了反映植物群落总体多样性特征的群落多样性指数(K)(张峰等,2002)。 β 多样性选取常用的 Jaccard β 多样性指数来反映不同群落物种间的相似性程度(尹锴等,2009;陈圣宾等,2010;张金屯,2011),体现着物种与环境之间的关系(Tuomisto *et al.*, 2006; Legendre *et al.*, 2009),计算公式为 $\beta = 1 - c/(a+b-c)$,其中 a 、 b 分别为两公园的物种数, c 为两公园的共有物种数。数据处理在 Microsoft Excel 和 DPS 13.5 软件上完成。

2 结果与分析

2.1 植物组成与重要值分析

2.1.1 植物种类组成 经样方调查,海口市 10 个公园共有维管束植物 320 种(包括野生种和露地栽培种,盆栽和保护地栽培种不计在内),隶属于 88 科 244 属,其中蕨类植物有 4 科 5 属 7 种,裸子植物有 4 科 5 属 7 种,被子植物有 80 科 234 属 306 种,主要分布在禾本科(22 种)、棕榈科(20 种)、菊科(17 种)和大戟科(16 种)中。从公园类型上看,离海公园共有 74 科 190 属 234 种;滨海公园有 70 科 186 属 238 种,各个离海公园的物种数普遍要高于滨海公园的物种数(表 1、表 2)。

表 1 研究区 10 个公园基本概况

Table 1 Basic situation of 10 parks in study area

类别	公园名称	始建年份	面积 (hm^2)	调查小 样方数	植物种类 (种/科/属)	野生种/栽 培种/其他
离海公园	五公祠	1889	6.70	16	71(39/68)	41/18/12
	人民公园	1951	24.40	40	116(48/103)	48/55/13
	金牛岭公园	1995	103.59	60	124(51/111)	56/60/8
滨海公园	美舍河带状公园	1999	86.55	60	105(48/95)	41/56/8
	万绿园	1994	74.53	44	88(43/76)	44/35/9
	西海岸带状公园	2000	100.69	48	87(42/75)	41/37/9
	世纪公园	2006	105.64	40	99(43/86)	50/34/15
	白沙门公园	2007	54.30	40	103(41/90)	45/41/17
	滨江西带状公园	2010	92.18	40	93(37/81)	42/34/17
	挺秀公园	2012	25.80	32	62(29/54)	31/25/6

表 2 海口市不同类型公园植物种类组成统计

Table 2 Statistics of constituent plant species in different types of Haikou City parks

类别	面积 (hm^2)	调查小 样方数	植物种类 (种/科/属)	野生种/ 栽培种/ 其他	木本植物形态特征		生活型			
					常绿植物	落叶植物	乔木	灌木	草本	层间植物
离海公园	221.24	176	234(74/190)	96/114/24	117	28	103	42	80	9
滨海公园	453.14	244	238(70/186)	110/95/33	108	20	77	47	97	17
总体	674.38	420	320(88/244)	143/141/36	158	30	124	60	116	20

公园植物以乔木(124种)、草本(116种)和灌木(60种)3种生活型为主,三者之和占到植物总数的93.75%;以藤本植物(草质和木质)最少,仅占总数的6.25%,其中离海公园以乔木植物居多,滨海公园以草本植物居多。在植物形态特征方面,公园常绿木本植物158种,落叶木本植物30种,常绿与落叶植物之比约为5.3:1。其中离海公园常绿落叶比为4.2:1,滨海公园为5.4:1。10个公园共有野生种143种,栽培种141种,外来种36种,其中滨海公园野生种和外来入侵种等植物种类要高于离海公园,而栽培种离海公园要高于滨海公园。

2.1.2 植物重要值 从海口市公园植物重要值总体来看(表3),排序第一位的植物重要值都远远高于后续几位,特别是乔木层和草本层。就各层次的具体物种分析,乔木层重要值排序前五位的植物均以园林常见植物为主体,且乡土植物较多。灌木层和草本层排序第一位的均非乡土植物,而且草本层排序前五的植物有一半是热带常见野生杂草。

从公园分类分析结果表明,离海公园乔木层、灌

木层和草本层重要值排序第一位的物种与后续几种相差不大,其乔木层以棕榈科(Palmae)和桑科(Moraceae)等热带植物为主体。而滨海公园各层次排序前五位的植物重要值则相差很大,优势种明显,野生种较多。乔木层以椰子(*Cocos nucifera*)、木麻黄(*Casuarina equisetifolia*)和小叶榄仁(*Terminalia neotaliala*)等抗风树种为主,灌木层则因生境的不同还分布有红树林伴生植物草海桐(*Scaevola sericea*)等。

2.2 植物多样性比较分析

2.2.1 α 多样性指数比较 从公园分类比较结果显示,离海公园群落多样性指数(K)均大于滨海公园。从各层次植物上看,离海公园的乔木层各项多样性指数均高于滨海公园的乔木层,表现出显著的差异性($P<0.05$);而在灌木层和草本层,离海公园的各项指数则略小于滨海公园(表4)。

2.2.2 β 多样性指数比较 海口市离海公园和滨海公园植物群落 Jaccard β 多样性指数草本层<乔木层<灌木层,其中乔木层和灌木层各自的相似性较低,要明显低于两类公园总体的 β 相似性;草本层

表3 离海公园与滨海公园重要值排序前五位的植物统计

Table 3 Statistics of plant species with top five importance value in inland parks and seaside parks

层次	排序前五	公园总体		离海公园		滨海公园	
		物种	重要值	物种	重要值	物种	重要值
乔木层	1	椰子* <i>Cocos nucifera</i>	0.21	椰子*	0.13	椰子*	0.26
	2	高山榕* <i>Ficus altissima</i>	0.06	高山榕*	0.06	高山榕*	0.06
	3	小叶榕* <i>Ficus microcarpa</i>	0.04	油棕	0.05	木麻黄	0.05
	4	木麻黄 <i>Casuarina equisetifolia</i>	0.03	蒲葵 <i>Livistona chinensis</i>	0.04	小叶榄仁 <i>Terminalia neotaliala</i>	0.04
	5	油棕 <i>Elaeis guineensis</i>	0.03	小叶榕*	0.04	小叶榕*	0.04
灌木层	1	黄金榕 <i>Ficus microcarpa</i> 'Golden Leaves'	0.13	福建茶*	0.16	黄金榕	0.17
	2	福建茶* <i>Carmona microphylla</i>	0.08	小叶龙船花	0.11	假连翘 <i>Duranta erecta</i>	0.06
	3	红背桂 <i>Excoecaria cochinchinensis</i>	0.07	黄金榕	0.10	红背桂	0.06
	4	小叶龙船花 <i>Ixora williamsii</i> 'Sunkist'	0.05	红背桂	0.10	福建茶*	0.04
	5	龙船花 <i>Ixora chinensis</i>	0.04	龙船花	0.09	草海桐* <i>Scaevola sericea</i>	0.04
草本层	1	细叶结缕草 <i>Zoysia tenuifolia</i>	0.22	细叶结缕草	0.19	细叶结缕草	0.24
	2	三点金* <i>Desmodium triflorum</i>	0.04	大叶油草	0.07	三点金*	0.05
	3	大叶油草 <i>Axonopus compressus</i>	0.04	南美蟋蟀菊	0.04	南美蟋蟀菊	0.03
	4	南美蟋蟀菊 <i>Sphagneticola trilobata</i>	0.03	水鬼蕉	0.04	结缕草 <i>Zoysia japonica</i>	0.02
	5	水鬼蕉 <i>Hymenocallis littoralis</i>	0.02	两耳草* <i>Paspalum conjugatum</i>	0.03	大叶油草	0.02

标记*的为乡土植物。

表4 滨海公园与离海公园物种 α 多样性指数比较

Table 4 Comparison of species α diversity indexes between the plants of seaside parks and inland parks

α 多样性指数	离海公园				滨海公园			
	乔木层	灌木层	草本层	群落	乔木层	灌木层	草本层	群落
Patrick(S)	100 A	65 A	87 A	88 A	71 B	83 A	113 A	85 A
Shannon(H)	3.922 A	3.315 A	3.779 A	3.707 A	3.311 A	3.654 A	3.851 A	3.522 A
Simpson(D)	0.963 A	0.941 A	0.948 A	0.953 A	0.912 A	0.950 A	0.931 A	0.926 A
Pielou(J)	0.823 A	0.710 A	0.764 A	0.775 A	0.695 A	0.783 A	0.779 A	0.736 A

不同字母代表不同公园类型同一层次之间差异显著($P<0.05$)。

表5 离海公园和滨海公园植物 Jaccard β 多样性指数层次比较

Table 5 Comparison of Jaccard β diversity indexes between the plants in different layers of inland parks and seaside parks

层次	Jaccard β 多样性指数
乔木层	0.598
灌木层	0.603
草本层	0.521
总体	0.525

表6 离海公园与滨海公园植物的 Jaccard β 多样性指数

Table 6 Jaccard β diversity indexes between the plants of inland parks and seaside parks

公园名称	五公祠	人民公园	金牛岭公园	美舍河带状公园
万绿园	0.744	0.708	0.738	0.659
西海岸带状公园	0.720	0.696	0.703	0.717
世纪公园	0.706	0.654	0.678	0.706
白沙门公园	0.676	0.724	0.678	0.681
滨江西带状公园	0.788	0.767	0.757	0.735
挺秀公园	0.826	0.760	0.798	0.785

的相似性较高,与总体相似性指数接近(表5)。

从公园两两比较的植物 Jaccard β 多样性指数表明(表6),人民公园和世纪公园的植物物种相似性最低(0.654),五公祠和挺秀公园的植物物种相似性最高(0.826)。其余公园两两比较的植物 Jaccard β 多样性指数大部分在 0.7~0.8,且都远远高于离海公园与滨海公园两类公园的总体植物 Jaccard β 多样性指数 0.525。

3 讨论

3.1 生境对公园植物种类组成的影响

海口市公园样方调查共记录到海口市公园绿地植物有 320 种,而全面调查共记录到公园所有植物有 549 种(雷金睿,2015),较之同处亚热带地区的广州市公园植物 646 种(朱纯等,2013)、深圳市公园植物 596 种(张哲等,2011)还略显不足,表明植物物种丰富度还有提升的空间。城市化过程的加剧和人类活动的长期影响,强烈地改变了城市地表特征,形成了特殊的城市生境(田志慧等,2008)。由于城市物质流动和人类流动量巨大,造成海口本地大量原生植被逐渐被栽培种替代,给植物多样性带来极大的威胁,形成的物种同质化也会扰乱生境中的物种演替和竞争机制(McKinney,2006;彭羽等,2007;尹锴等,2009)。海口市离海公园因地处城区

中心受人为干扰较大,虽植物种类丰富,但其栽培种比例也较高,这与德国柏林(Zerbe *et al.*,2003)、比利时 Flanders(Cornelis *et al.*,2004)等城市相似。

植物的生长、发育受环境影响,它们的分布受环境制约,随着离海岸线越来越远,土壤的 pH 值逐渐降低,同时土壤的生物活性与有机质等营养成分也随之增加,进而影响到植物的适应性和组成(杨小波等,2000;Buckley,2003;贺强等,2010)。海口市滨海公园受环境限制(如风力、潮汐、盐度等),该区域植被主要以海岸防护林、红树林以及盐碱草丛为主,植被多以人工成片种植为主,局部区域生态退化(杨小波,2009),植物种类较少,但野生种与外来种的比例还相对较高,这跟滨海公园的粗放管理与生境条件有关系。Van der Veken 等(2004)对比利时 Turnhout 城市植物为长达 120 年的监测结果也发现,物种的繁荣与否与生境的营养程度息息相关,城市化和生境退化是造成物种多样性和植被组成改变的主要诱因,田志慧等(2008)对上海植物多样性的区系研究也证明了这一点。

3.2 不同类型公园植物多样性差异

根据种数-面积曲线拟合,本研究中两种类型公园所调查的样方数及面积已达到群落最小面积(张金屯,2011),其结果对植物多样性影响不大,但对物种丰富度存在一定差异。

Connell 的“中度干扰假说”认为,中等程度的干扰有利于群落达到高多样性水平(毛志宏等,2006;毛齐正等,2013),海口市离海公园大多因年代久远,生境优越,原始植被丰富,后期因城市发展需要对其进行了一定程度的绿化改造,土地利用转变剧烈及土地利用类型多样化形成了异质性的生境,而多样化的生境维持了更高的生物多样性(Zerbe *et al.*,2003;毛齐正等,2013),因此离海公园的植物多样性水平要明显高于滨海公园。尹锴等(2009)对厦门城市森林的研究也说明,处于中度人为干扰水平的中等城市化强度的区域,其物种多样性较高;但随着城市化的发展,植物多样性会呈现先增加后降低的趋势,最终达到相对稳定的植物群落。海口市滨海区域因生境明显区别于离海公园,其物种多样性也会表现出不同。滨海公园因植物功能性(抗风、抗盐碱等)需要的限制,乔木层植物种类的选用较为单一,植物多样性也要明显低于离海公园的乔木层;但其灌木层和草本层则略高于离海公园,反映出两类公园在生境影响下各层次植物选配的偏向性。

β 多样性度量群落物种组成随环境梯度的变化程度,不仅代表着一个地区物种多样性的分布情况,而且还体现着物种与环境之间的关系(Legendre *et al.*, 2009; 陈圣宾等, 2010)。海口市的植物 Jaccard β 相似性分析结果显示,两类公园乔木层(0.598)与灌木层(0.603)的 Jaccard β 多样性指数都要明显高于总体的 β 多样性指数 0.525,表明相似性较低;草本层相似性与总体的相接近;其余公园两两比较的 Jaccard β 多样性指数均在 0.7~0.8,但也都远远高于总体相似性指数,这也说明各个公园间的物种相似性很低。有研究表明,滨海植物多样性往往随着高程等环境因子的变化而变化,高程越低、潮汐作用频繁而盐度较高,生境条件恶劣,极少物种能够生存;而高程越高,生境条件相对温和,物种则较为多样(贺强等, 2010),导致了植物 Jaccard β 多样性指数的不同,这与树种的选择和配置有极大的关系(Buckley, 2003; McKinney, 2006)。生境的差异性有助于提高植物 β 多样性,增强物种间的互补性,能有效保护生物多样性(Cornelis *et al.*, 2004; 陈圣宾等, 2010)。因此,提高生境异质性和物种差异性对城市植物多样性保护具有显著作用。

4 展 望

本研究通过海口市两类(离海和滨海)城市公园的比较分析,认为在城市化的影响下,公园的生境差异和人为干扰是产生城市植物多样性差异的重要因素,而组建多样性丰富的本土植物绿地,维护城市生态系统平衡,对于城市可持续发展具有重要作用。虽然本研究的生境差异影响仅从定性描述入手,缺乏定量的数据支撑,但这并不影响两类公园间植物多样性水平的比较分析。城市公园绿地因其固有的功能属性,植物多样性指数的高低与植物景观效果之间没有必然联系,但植物多样性与城市植被更替和生态稳定密切相关,因此在满足城市景观需要的前提下,提高植物物种多样性水平与质量至关重要。虽然海口市公园绿地植物多样性较高,但功能单一、结构简单(成夏岚等, 2011),在植物的选用上还存在物种同质化、乡土植物缺乏、植物不适地适树等不足。在城市园林绿化可以热带滨海丛林景观、火山岩植被景观、红树林景观为特色(杨小波, 2009),不断选择适宜的树种进行点缀和丰富,突出本土特征,故提出几点建议:

(1)离海公园因本身植物丰富度较高,原始植

被保存较好,但在灌木与草本植物的运用上不太重视,应特别加强观赏性较强的植物选用,如灰莉(*Fagraea ceilanica*)、鹰爪花(*Artabotrys hexapetalus*)、米仔兰(*Aglaia odorata*)、油茶(*Camellia oleifera*)和葱兰(*Zephyranthes candida*)等观花或芳香植物。

(2)滨海公园因生境的差异性以及滨海景观的需要,可以考虑配置一定数量的乡土植物,控制外来栽培种,增强植物的适应性和观赏性,如海南杜英(*Elaeocarpus hainanensis*)、琼崖海棠(*Calophyllum inophyllum*)和长叶暗罗(*Polyalthia longifolia*)等。基于滨海生境特性可考虑多种植红树林植物,沿海滩涂地可以多种植海桑(*Sonneratia caseolaris*)、木榄(*Bruguiera gymnorhiza*)和红海榄(*Rhizophora stylosa*)等真红树植物;近海可种植玉蕊(*Barringtonia racemosa*)、银叶树(*Heritiera littoralis*)、许树(*Clerodendrum inerme*)和水芫花(*Pemphis acidula*)等半红树植物,特别适合作为热带、亚热带滨海城市绿化建设,达到自然生态、与众不同的景观效果。

(3)部分植物运用到不适宜的公园类型中,如印度紫檀(*Pterocarpus indicus*)、凤凰木(*Delonix regia*)和红花羊蹄甲(*Bauhinia blakeana*)等抗风性不强的树种应更多运用到离海公园中;而落羽杉(*Taxodium distichum*)、海杧果(*Cerbera manghas*)、黄槿(*Hibiscus tiliaceus*)、马占相思(*Acacia mangium*)和夹竹桃(*Nerium indicum*)等抗风耐盐碱植物应更多考虑到滨海公园的景观营造中去。

致 谢 感谢海南大学何丽霞、郝江珊、王晓鸣和洪菁婧等同学在公园植物调查及数据整理中的协助,感谢丁琼、史佑海、龙文兴和朱婕等老师对文章修改给予的意见和建议。

参 考 文 献

- 陈圣宾, 欧阳志云, 徐卫华, 等. 2010. Beta多样性研究进展. 生物多样性, **18**(4): 323-335.
- 成夏岚, 陈红锋, 欧阳婵娟. 2012. 海口市城市绿地常见植物多样性调查及特征研究. 中国园林, (3): 105-108.
- 国家林业局. 2008. 沿海防护林体系工程建设技术规范(LY/T 1763-2008). 北京: 中国标准出版社.
- 贺强, 安渊, 崔保山. 2010. 滨海盐沼及其植物群落的分布与多样性. 生态环境学报, **19**(3): 657-664.
- 雷金睿. 2015. 海口市公园绿地植物群落景观研究(硕士学位论文). 海口: 海南大学.
- 毛齐正, 马克明, 邬建国, 等. 2013. 城市生物多样性分布格局研究进展. 生态学报, **33**(4): 1051-1064.
- 毛志宏, 朱教君. 2006. 干扰对植物群落物种组成及多样性的影响. 生态学报, **26**(8): 2695-2701.
- 彭羽, 刘雪华. 2007. 城市化对植物多样性影响的研究进

- 展. 生物多样性, **15**(5): 558-562.
- 田志慧, 陈克霞, 达良俊, 等. 2008. 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. 华东师范大学学报: 自然科学版, (4): 49-57.
- 杨小波, 胡荣桂. 2000. 热带滨海沙滩上森林植被的组成成分与土壤性质的研究. 生态学杂志, **19**(4): 6-11.
- 杨小波. 2009. 城市植物多样性. 北京: 中国农业出版社.
- 尹 锴, 崔胜辉, 石龙宇, 等. 2009. 人为干扰对城市森林灌草层植物多样性的影响——以厦门市为例. 生态学报, **29**(2): 563-572.
- 张 峰, 张金屯, 上官铁梁. 2002. 历山自然保护区猪尾沟森林群落植物多样性研究. 植物生态学报, **26**(S1): 46-51.
- 张 哲, 蒋冬月, 徐 艳, 等. 2011. 深圳市公园绿地植物配置. 东北林业大学学报, **39**(3): 102-105.
- 张金屯. 2011. 数量生态学(第二版). 北京: 科学出版社.
- 朱 纯, 熊咏梅. 2013. 广州市公园绿地植物多样性及相似性研究. 第九届中国国际园林博览会论文汇编: 402-408.
- Buckley D, Crow T, Nauertz E, *et al.* 2003. Influence of skid trails and haul roads on understory plant richness and composition in managed forest landscapes in Upper Michigan, USA. *Forest Ecology and Management*, **175**: 509-520.
- Cornelis J, Hermy M. 2004. Biodiversity relationships in urban and suburban parks in Flanders. *Landscape and Urban Planning*, **69**: 385-401.
- Crane P, Kinzig A. 2005. Nature in the metropolis. *Science*, **308**: 1225.
- Huste A, Boulinier T. 2007. Determinants of local extinction and turnover rates in urban bird communities. *Ecological Applications*, **17**: 168-180.
- Legendre P, Mi XC, Ren HB, *et al.* 2009. Partitioning beta diversity in a subtropical broad-leaved forest of China. *Ecology*, **90**: 663-674.
- McKinney ML. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, **127**: 247-260.
- Tuomisto H, Ruokolainen K. 2006. Analyzing or explaining beta diversity? Understanding the targets of different methods of analysis. *Ecology*, **87**: 2697-2708.
- Van der Veken S, Verheyen K, Hermy M. 2004. Plant species loss in an urban area (Turnhout, Belgium) from 1880 to 1999 and its environmental determinants. *Flora*, **199**: 516-523.
- Zerbe S, Maurer U, Schmitz S, *et al.* 2003. Biodiversity in Berlin and its potential for nature conservation. *Landscape and Urban Planning*, **62**: 139-148.
-
- 作者简介 雷金睿,男,1988年生,硕士,研究方向为园林植物应用与评价. E-mail: raykingre@163.com
- 责任编辑 张 敏
-