

## 城市化背景下公园木本植物多样性的分布格局

黄柳菁, 王 齐, 林丽丽, 张增可, 刘兴诏\*, 苏志民, 黄华顿

(福建农林大学艺术学院园林学院(合署), 福州 350002)

**摘 要:** 为了揭示城市化背景下沿城郊梯度植物种类组成、多样性和分布格局的差异, 以福州市为例, 分别选取了市区、近郊区和远郊区各 3 个区域公园作为研究对象, 对其进行植被调查。结果显示: (1) 共记录 61 科 110 属 139 种植物。共 9 个优势科, 主要是百合科 (Liliaceae)、大戟科 (Euphorbiaceae) 和豆科 (Leguminosae) 等; 市区公园优势种不明显, 近郊和远郊公园以造林种台湾相思 (*Acacia confuse*) 和柳杉 (*Cryptomeria japonica* var. *sinensis*) 为主。(2) 物种丰富度、生态优势度和物种多样性在水平空间尺度上均表现为市区公园 > 近郊公园 > 远郊公园, 在垂直分布上表现为乔木层 > 灌木层。结果表明, 在人为引进外来物种和土地利用类型改变等城市化因素影响下, 亚热带城市公园木本植物多样性沿城郊梯度呈现出由市区向远郊区线性递减的分布格局。

**关键词:** 植物多样性; 分布格局; 多样性指数; 城市公园绿地; 城市化

中图分类号: S718.54; S731.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2017)06-1052-08

### The effect of urbanization on distribution of woody plant diversity in parks

HUANG Liuqing, WANG Qi, LIN Lili, ZHANG Zengke, LIU Xingzhao, SU Zhimin, HUANG Huadun

(College of Arts/College of Landscape Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002)

**Abstract:** The effect of urbanization on plant composition, diversity and distribution in parks along the urban-rural gradient area was investigated in nine parks in Fuzhou's three regions (including urban, suburban and rural areas). Results were as follows: (1) a total of 139 species that belong to 61 families and 110 genera were recorded. Meanwhile, 9 dominant families, mainly including Liliaceae, Euphorbiaceae, Leguminosae and so on, were identified in 9 parks. There were no obvious dominant species in urban parks, while the main species for afforestation were *Acacia confuse* and *Cryptomeria japonica* var. *sinensis* in suburban and rural parks; (2) the order of Margalef index, Simpson index and Shannon-Wiener index were urban, suburban parks, and rural parks from high to low on the horizontal spatial scale. Meanwhile, the three indices of the tree layer were higher than those of the shrub layer in vertical distribution. Our results indicated that woody plant diversity was influenced by the urbanization factors, such as introduction of exotic species and changes of land use types, the diversity of woody species showed the linear decreasing pattern from urban to rural areas along the urban-rural gradient in subtropical city parks.

**Key words:** plant diversity; distribution pattern; diversity indices; urban park green space; urbanization

城市化建设的不断推进, 极大改变了城市的下垫面性质, 造成地表覆盖和土地利用类型迅速改变, 城市植物生存空间格局也发生了剧烈变化。虽然城市花园、公园和绿道绿带等人工绿地的修建在一定程度上促进了城市化发展<sup>[1]</sup>, 但是斑块状的分布以及破碎化的生境必然会对城市植物的分布和多样性产生影响, 而这种影响也会进一步影响到城市绿地

系统功能提高和健康发展。因此, 探讨城市化背景下植物多样性成为目前相关研究人员的焦点之一。

然而, 城市植物多样性在城郊梯度下的变化趋势尚未取得一致的结论。1971年, Leadley 提出“城郊梯度 (urban-rural gradient)”理论, 随后有学者将此理论应用到市区、近郊区和远郊区的植被研究中, 归纳总结发现城郊梯度下植物多样性存在 4 种分布

收稿日期: 2017-05-27

基金项目: 国家自然科学基金青年基金 (41301058), 国家林业局森林公园工程技术研究中心开放课题 (PTJH1500205) 和福建省教育厅科技项目 (JAT170198) 共同资助。

共同第一作者: 黄柳菁, 博士, 讲师。E-mail: huanglj@fafu.edu.cn; 王 齐, 硕士研究生。E-mail: wxq787@163.com

\* 通信作者: 刘兴诏, 博士, 讲师。E-mail: xzliu@fafu.edu.cn

格局: (1) 由于人为干扰强度的逐渐增加, 植物多样性(尤其是乡土植物)呈现出线性递增的趋势<sup>[2-3]</sup>;

(2) 受到人为引进外来物种和管理维护程度等因素的影响, 植物多样性呈现出线性递减的趋势<sup>[4-5]</sup>; (3) 根据中度干扰假说的理论, 植物多样性呈正态化的分布特征<sup>[6]</sup>; (4) 因为适应城市环境的物种, 分布更为广泛, 使得植物多样性呈现出均质化的分布特征<sup>[7]</sup>。这些不一致的研究结论基本上是由于研究对象以及研究区域的差异所导致的。

目前国内学者对城市植物多样性的研究多集中在校园<sup>[8]</sup>、城市广场<sup>[9]</sup>、城市公园<sup>[10-11]</sup>和城市建成区<sup>[12]</sup>等地区, 也有学者单独对城市市区、郊区和乡村的植物多样性进行比较<sup>[13-15]</sup>, 而对城郊梯度下植物多样性的分布格局研究相对较少。从研究区域的角度, 较多学者的研究集中于温带<sup>[4,13-14,16]</sup>。亚热带地区气候分明, 适宜植物生长, 并且城市空间格局明显, 植被类型多样<sup>[17]</sup>; 同时, 中国亚热带地区工业化、城市化迅速发展, 且对环境变化极为敏感<sup>[18]</sup>。因此选取亚热带城市进行城市化背景下植物多样性的研究在一定程度上弥补该领域的不足。基于植物群落垂直结构下多样性分布趋势大多呈现乔木层>灌木层>草本层的趋势<sup>[13,19-20]</sup>, 少数出现灌木层≈乔木层>草本层的趋势<sup>[21]</sup>。因此关注多样性较高的乔木层和灌木层的木本植物, 有助于进一步揭示植物多样性分布规律。据证明, 人工绿地可与相邻的绿地系统协同作用改变城市物种丰富度<sup>[22]</sup>, 所以家庭花园<sup>[23]</sup>、居住区绿地<sup>[24-25]</sup>等人工绿地植物多样性也成为学者们关注的焦点。公园绿地是城市植物多样性和景观多样性的公共绿地<sup>[26]</sup>。因此, 将公园绿地作为城市绿地植物多样性的调查样地具有代表性。本研究以福州市为例, 通过调查城郊梯度下市区、近郊和远郊公园木本植物群落, 分析其物种组成和多样性指数, 旨在阐述亚热带城市城郊梯度下公园木本植物的分布现状, 揭示其多样性变化规律, 探讨其影响机制, 从科学宏观角度为城市公园规划、城市绿地系统和多样性保护提供重要的理论依据。

## 1 研究区概况

福州市是福建省省会, 位于福建省东部, 闽江下游, 属于沿海城市。地理位置为 25°15'N~26°39'N, 118°08'E~120°31'E。年平均气温 19.9℃, 年平均降水量 1 564.10 mm, 年相对湿度约 77%, 主导风向为东北风, 是典型的亚热带季风气候。植被类型有亚热带季雨林和亚热带常绿阔叶林 2

种, 其中亚热带季雨林占 31.4%, 亚热带常绿阔叶林占 68.6%。

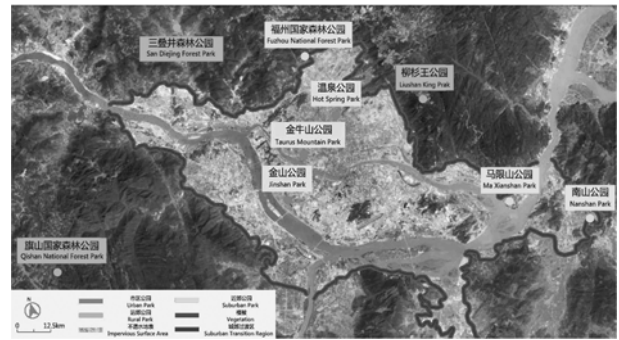


图 1 各公园地理位置概况

Figure 1 The geographical location of each sample park

本研究将远郊森林植被(图 1 黑色集中分布区)和 城市不透水地表(图 1 灰色集中分布区)的交界处 定为城郊边界的过渡区(图 1 黑色线带状区), 并将福州市划分为市区(过渡区内)、近郊区(过渡区)和远郊区(过渡区外), 分别在 3 个区域各选 3 个公园绿地作为研究对象, 共 9 个。由于旗山国家森林公园面积是其他公园的 4~358 倍(表 1), 园中以湿地松、马尾松和杉木为优势种的人工林为主(92.61%), 亚热带天然次生林为辅(7.39%)<sup>[27]</sup>, 因此, 本次研究选取人工林进行植被调查更具有代表性。各个公园地理位置分布和概况见图 1 和表 1。

## 2 研究方法

### 2.1 调查方法与样品采集

首先进行实地踏查, 参考欧阳子珺等<sup>[28]</sup>城市绿地调查方法, 在保证 9 个公园样方取样面积一致的情况下, 对每个公园选取 3 个 20 m×20 m 样方, 并在每个样方中选取 1 个 5 m×5 m 灌木样方。共取乔、灌木样方各 27 个。记录样方内植物组成和群落调查状况, 内容包括: 乔木的株数、高度、盖度和胸径(高度=1.3 m); 灌木的株(丛)数、高度和盖度。

### 2.2 数据分析方法

(1) 重要值。重要值(important value, IV)是用来反映群落中某个物种是否存在优势度的综合数量指标。一般而言, 某一植物的重要值越大, 表明该植物在样地中的优势越大。计算方法见式(1)和式(2)。

乔木的重要值=

$$(\text{相对多度} + \text{相对频度} + \text{相对显著度}) / 3 \quad (1)$$

灌木的重要值=

$$(\text{相对多度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度}) / 3 \quad (2)$$

表 1 各公园面积和公园中心到城郊过渡区的距离概况

Table 1 The area of each sample park and the distance between park's center and suburban transition region

区域 Region	公园名称 Park's name	简称 Abbreviation	公园总面积/km <sup>2</sup> The total area of parks	公园中心距城郊过渡区的距离/km The distance between park's center and suburban transition region
市区 Urban area	金牛山公园 Taurus Mountain Park	JNS	0.44	+ 4.80
	温泉公园 Hot Spring Park	WQ	0.10	+ 2.35
	金山公园 Jinshan Park	JS	0.31	+ 5.22
近郊 Suburban area	福州国家森林公园 Fuzhou National Forest Park	FZ	8.59	-0.28
	马限山公园 Maxianshan Park	MXS	0.02	-0.85
	南山公园 Nanshan Park	NS	2.00	-0.19
远郊 Rural area	旗山国家森林公园 Qishan National Forest Park	QS	35.87	-16.36
	三叠井森林公园	SDJ	1.07	-6.26
	Sandiejing Forest Park			
	柳杉王公园 Liushanwang Park	LSW	0.02	-2.62

注：公园中心距城郊过渡区的距离均为直线距离，市区公园的距离用“+”表示，郊区公园的距离用“-”表示。

Note: The distance between park's center and suburban transition region is linear distance, which “+” and “-” respectively mean urban as well as suburban parks

(2) 相对频度。相对频度 (relative frequency) 是指群落中或样地内某一物种的频度占有所有物种频度之和的百分比。相对频度越小，则植物在群落中出现的次数越少，景观多样化程度越高，分布均匀性越强。计算方法见式 (3) 和式 (4)。

频度 (%) = (某一种植物出现的样方数 / 总样方数) × 100 (3)

相对频度 (%) = (某一种植物的频度 / 所有植物的频度之和) × 100 (4)

(3) Margalef 丰富度指数。物种丰富度指数 (Margalef index) 是衡量群落内物种丰富程度的指标，数值越大说明样地物种丰富度越高。计算方法见式 (5)。

Margalef 丰富度指数,  $R = (S-1) / \ln N$  (5)

式中,  $S$  是物种数目,  $N$  是所有物种个体总数。

(4) Simpson 多样性指数。

生态优势度指数 (Simpson index) 反映出群落内物种个体数量的变化情况，数值越大，物种分布越不均匀，优势种地位越突出。计算方法见式 (6)。

Simpson 多样性指数:

$D = 1 - \sum P_i \ln P_i, P_i = N_i / N$  (6)

式中,  $P_i$  是第  $i$  种的个体的比例,  $N_i$  是第  $i$  种的物种个体数,  $i=1,2,3,\dots,S$ ,  $S$  是物种数目,  $N$  是所有物种的个体总数

(5) Shannon-Wiener 多样性指数。多样性指数 (Shannon-Wiener index) 用来描述物种个体出现的紊乱和不确定性，数值越大，信息量越大，不确定

性越高，物种多样性越高。计算方法见式 (7)。

Shannon-Wiener 多样性指数:

$H = -\sum P_i \ln P_i, P_i = N_i / N$  (7)

式中,  $P_i$  是第  $i$  种的个体的比例,  $N_i$  是第  $i$  种的物种个体数,  $i=1,2,3,\dots,S$

利用 SPSS 19.0 软件包对不同样地的多样性指数进行方差分析 (analysis of variance, 简称 ANOVA),  $P < 0.05$  具有显著差异。

### 3 结果与分析

#### 3.1 城郊梯度下木本植物的种类组成特征

3.1.1 木本植物的种类组成和优势科 调查结果显示，共记录到木本植物 112 种，隶属 48 科 85 属。其中乔木 86 种，占总种数的 76.79%，隶属 40 科 71 属；灌木 26 种，占总种数的 23.21%，隶属 18 科 22 属。市区公园乔木 42 种，灌木 21 种；近郊公园乔木 36 种，灌木 17 种；远郊公园乔木 18 种，灌木 7 种。

优势科 (含有 5 种以上的科) 9 个，分别是百合科 (6 属 6 种)、大戟科 (4 属 5 种)、豆科 (4 属 5 种)、木兰科 (Magnoliaceae) (3 属 6 种)、茜草科 (Rubiaceae) (4 属 5 种)、蔷薇科 (Rosaceae) (5 属 7 种)、桑科 (Moraceae) (2 属 7 种)、樟科 (Lauraceae) (3 属 6 种) 和棕榈科 (Palmae) (5 属 5 种)。

3.1.2 主要木本植物的重要值 由福州各区域公园木本植物重要值 ( $IV \geq 5$ ) 的统计结果 (表 2) 可知。

表 2 木本植物重要值统计  
Table 2 The importance value of woody plants

区域公园 Regional park	生活型 Life form	植物种名和重要值/% Species name and importance value
市区公园 Urban park	乔木 Tree	樱花 <i>Cerasus yedoensis</i> (14.97)、鱼尾葵 <i>Caryota maxima</i> (7.68)、鸡蛋花 <i>Plumeria rubra</i> cv. <i>Acutifolia</i> (6.22)、桃树 <i>Amygdalus persica</i> (6.16)、鸡冠刺桐 <i>Erythrina crista-galli</i> (5.50)
	灌木 Shrub	鹅掌柴 <i>Schefflera heptaphylla</i> (8.72)、朱蕉 <i>Cordyline fruticosa</i> (8.47)、九节 <i>Psychotria asiatica</i> (7.55)、红花檵木 <i>Loropetalum chinense</i> var. <i>rubrum</i> (7.97)
近郊公园 Suburban park	乔木 Tree	台湾相思 <i>Acacia confusa</i> (23.75)、蒲葵 <i>Livistona chinensis</i> (8.04)、梅花 <i>Chimonanthus praecox</i> (5.61)、皇后葵 <i>Syagrus romanzoffiana</i> (5.39)
	灌木 Shrub	红花檵木 <i>L. chinense</i> var. <i>rubrum</i> (10.73)、红背桂 <i>Excoecaria cochinchinensis</i> (9.84)、黄金榕 <i>Ficus microcarpa</i> cv. <i>Golden</i> (9.75)、小叶榕 <i>Ficus microcarpa</i> (6.52)、假连翘 <i>Duranta erecta</i> (6.61)、龙船花 <i>Ixora chinensis</i> (5.86)
远郊公园 Rural park	乔木 Tree	柳杉 <i>Cryptomeria japonica</i> var. <i>sinensis</i> (36.64)、米楮 <i>Castanopsis carlesii</i> (19.31)、杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i> (8.27)、虎皮楠 <i>Daphniphyllum oldhamii</i> (5.98)、马尾松 <i>Pinus massoniana</i> (5.01)
	灌木 Shrub	红叶石楠 <i>Photinia × fraseri</i> (23.59)、苕麻 <i>Boehmeria nivea</i> (22.68)、紫金牛 <i>Ardisia japonica</i> (18.51)、山苍子 <i>Litsea cubeba</i> (11.92)、细柄蕈树 <i>Altingia gracilipes</i> (8.49)、树参 <i>Dendropanax dentiger</i> (7.19)

注: 括号内数值为各植物物种重要值。Note: The value in brackets is important value of each plant species.

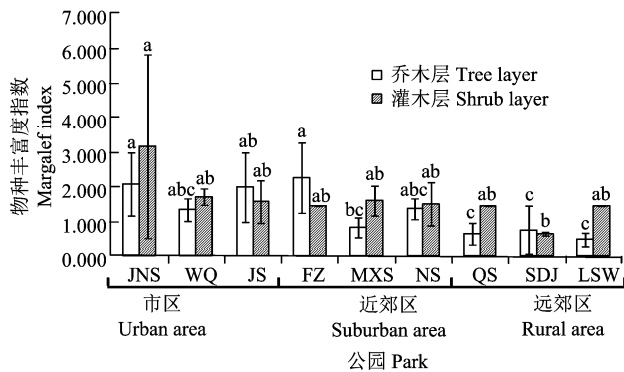


图 2 福州 9 个公园木本植物物种丰富度指数分布

Figure 2 Distribution of woody plants Margalef index in nine parks

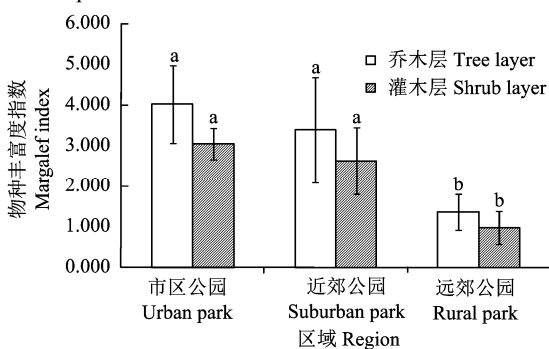


图 3 福州 3 个区域公园木本植物物种丰富度指数分布

Figure 3 Distribution of woody plants Margalef index in three regional parks

①市区公园中, 共有乔木 42 种, 灌木 21 种。具有相对优势 ( $IV \geq 5\%$ ) 的乔木 5 种, 灌木 4 种, 建群种 ( $IV \geq 10\%$ ) 仅樱花 (*Cerasus yedoensis*) 一种。②近郊公园中, 共有乔木 36 种, 灌木 17 种。

具有相对优势的乔木 4 种, 灌木 6 种, 建群种为台湾相思 (*Acacia confusa*) 和红花檵木 (*Loropetalum chinense* var. *rubrum*)。③远郊公园中, 共有乔木 18 种, 灌木 7 种。具有相对优势的乔木 5 种, 灌木 6 种, 建群种为柳杉 (*Cryptomeria japonica* var. *sinensis*)、米楮 (*Castanopsis carlesii*)、红叶石楠 (*Photinia × fraseri*)、苕麻 (*Boehmeria nivea*)、紫金牛 (*Ardisia japonica*) 和山苍子 (*Litsea cubeba*)。

### 3.2 城郊梯度下木本植物的多样性分布格局

3.2.1 物种丰富度 福州 9 个公园和 3 个区域公园中木本植物丰富度指数的分布规律, 分别见图 2 和图 3。

由图 2 可知, 个别公园中的木本植物物种丰富度指数分布存在差异 ( $P < 0.05$ )。9 个公园的样地中: ①乔木层, 植物种数最多的是金山公园 (22 种), 最少的是柳杉王公园 (5 种), 平均每个公园的样地有 13 种。物种丰富度指数值最高的是福州国家森林公园 (2.258), 最低的是柳杉王公园 (0.486)。②灌木层, 植物种数最多的是金山公园 (10 种), 最少的是福州国家森林公园、三叠井森林公园和柳杉王公园 (均为 2 种), 平均每个公园的样地有 6 种。物种丰富度指数最高的是温泉公园 (1.709), 最低的是三叠井森林公园 (0.654)。乔木层与灌木层的丰富度指数比较得出, 金山公园、福州国家森林公园和三叠井森林公园的分布规律为乔木层 > 灌木层, 其他公园均为乔木层 < 灌木层。

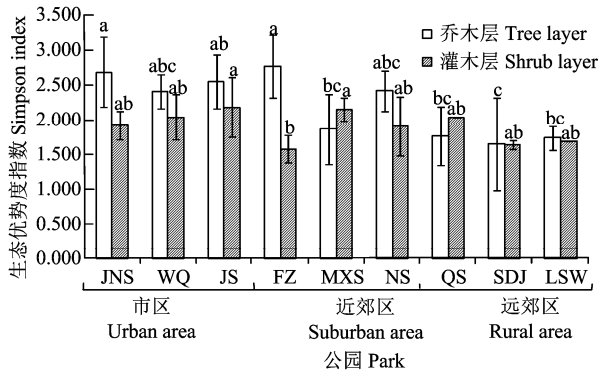


图 4 福州 9 个公园木本植物生态优势度指数分布  
Figure 4 Distribution of woody plants Simpson index in nine parks

由图 3 可知，市区和近郊 2 个公园与远郊公园之间的乔木层植物物种丰富度指数分布具有显著差异 ( $P < 0.05$ )，而灌木层植物不具有显著性差异。3 个区域公园的样地中：①乔木层，植物种数最多的是市区公园 (42 种)，最少的是远郊公园 (18 种)。物种丰富度指数最高的是市区公园 (4.029)，最低的是远郊公园 (1.367)，物种丰富度指数均值为 2.929。②灌木层，植物种数最多的是市区公园 (21 种)，最少的是远郊公园 (7 种)。物种丰富度指数最高的是市区公园 (2.714)，最低是远郊公园 (0.848)，物种丰富度指数均值为 1.940。可见福州 3 个区域公园中木本植物物种丰富度较高，并沿市区-郊区梯度呈线性递减趋势。乔木层与灌木层的丰富度指数比较得出，3 个区域公园均呈现出乔木层 > 灌木层的分布规律。

**3.2.2 生态优势度** 福州 9 个公园和 3 个区域公园中木本植物生态优势度指数的分布规律，分别见图 4 和图 5。

由图 4 可知，个别公园中的木本植物生态优势度指数分布存在差异 ( $P < 0.05$ )。9 个公园的样地中：①乔木层，生态优势度指数最高的是福州国家森林公园 (2.767)，最低的是三叠井森林公园 (1.722)。②灌木层，生态优势度指数最高的是马限山公园 (2.147)，最低的是三叠井森林公园 (1.636)。乔木层与灌木层的生态优势度指数比较得出，马限山森林公园和旗山国家森林公园的分布规律为乔木层 < 灌木层，其他公园均为乔木层 > 灌木层。

由图 5 可知，市区和近郊两个公园与远郊公园之间的乔木层植物物种丰富度指数分布具有显著差异 ( $P < 0.05$ )，而灌木层植物不具有显著性差异。3 个区域公园的样地中：①乔木层，生态优势度指数

最高的是市区公园 (3.440)，最低的是远郊公园 (2.445)，生态优势度指数均值为 3.091。②灌木层，生态优势度指数最高的是市区公园 (2.937)，最低的是远郊公园 (1.902)，生态优势度指数均值为 2.480。可见福州 3 个区域公园中木本植物的优势种地位较为突出，并沿市区-郊区梯度呈线性递减趋势。乔木层与灌木层的丰富度指数比较得出，3 个区域公园均呈现出乔木层 > 灌木层的分布规律。

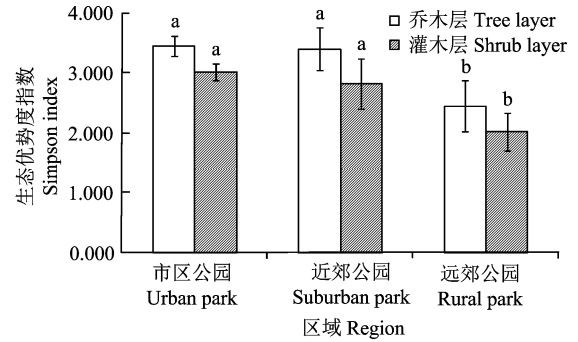


图 5 福州 3 个区域公园木本植物生态优势度指数分布  
Figure 5 Distribution of woody plants Simpson index in three regional parks

**3.2.3 物种多样性** 福州 9 个公园和 3 个区域公园中木本植物物种多样性指数的分布规律，分别见图 6 和图 7。

由图 6 可知，个别公园中的木本植物物种多样性指数分布存在差异 ( $P < 0.05$ )。9 个公园的样地中：①乔木层，物种多样性指数最高的是福州国家森林公园 (1.767)，最低的是三叠井森林公园 (0.648)。②灌木层，物种多样性指数最高的是马限山公园 (1.147)，最低的是三叠井森林公园 (0.636)。乔木层与灌木层的物种多样性指数比较得出，马限山森林公园和旗山国家森林公园的分布规律为乔木层 < 灌木层，其他公园均为乔木层 > 灌木层。

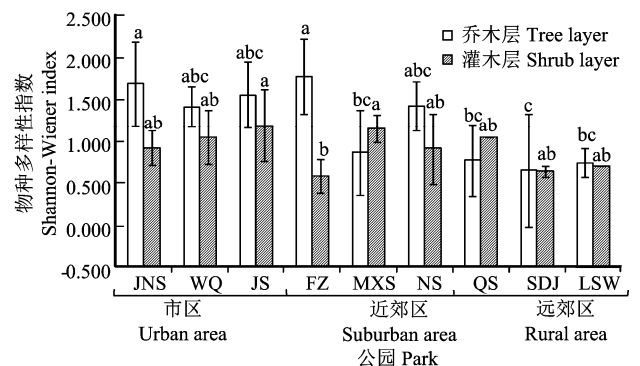


图 6 福州 9 个公园木本植物物种多样性指数分布  
Figure 6 Distribution of woody plants Shannon-Wiener index in nine parks

由图 7 可知, 市区和近郊 2 个公园与远郊公园之间的乔木层植物物种丰富度指数分布具有显著差异 ( $P < 0.05$ ), 而灌木层植物不具有显著性差异。3 个区域公园的样地中: ①乔木层, 物种多样性指数最高的是市区公园 (2.440), 最低的是远郊公园 (1.445), 物种多样性指数均值为 2.092。②灌木层, 物种多样性指数最高的是市区公园 (1.937), 最低的是远郊公园 (0.902), 物种多样性指数均值为 1.480。可见福州 3 个区域公园中木本植物的较为多样化, 并沿市区-郊区梯度呈线性递减趋势。乔木层与灌木层的物种多样性指数比较得出, 3 个区域公园均呈现出乔木层 > 灌木层的分布规律。

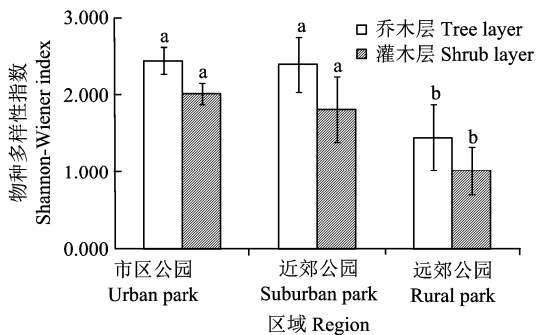


图 7 福州 3 个区域公园木本植物物种多样性指数分布  
Figure 7 Distribution of woody plants Shannon-Wiener index in three regional parks

## 4 讨论

### 4.1 不同区域公园木本植物的种类组成特征

本次调查共记录木本植物 112 种, 乔木占总数 76.79%, 灌木占总数的 23.21%, 乔灌比例略高于福州市其他公园<sup>[29-30]</sup>。众研究者对于是否和如何提出公园绿地适宜的乔灌比例各执一词。张茜<sup>[30]</sup>建议公园绿地建设应以乔木为主, 灌木为辅, 提出公园最适乔灌比为 1:4~1:6, 并提议减少植物的围合封闭程度, 建设开放性公园, 使公园绿地与城市环境有效结合在一起。事实上, 乔灌比例根据所处城市、公园类型、功能分区和面积大小等不同而存在差异。以本研究为例, 市区、近郊区和远郊区的乔灌比例呈现出不同的比例, 分别为: 2.0:1、2.1:1 和 2.6:1。一方面, 市区公园较低的乔灌比例是因为其地处城市中心, 面积较小, 游客众多, 为建设舒适的观赏游憩场所, 植物搭配注重群落美观性和绿地利用率, 因此需要通过不同种类的乔木和灌木营造错落有致、层次丰富的自然式景观<sup>[30]</sup>; 另一方面, 近郊和远郊区公园乔灌比例较高的原因在于其地理位置处于市区外围, 旨在构建生态屏障, 缓解市区中心热岛效应, 保护山体地表和地下水源<sup>[31]</sup>, 因此需要通

过大量的乔木进行光合作用和蒸腾作用产生更高的生态效益。由此可见, 不同尺度、不同功能的公园绿地景观建设存在不同的植物配置需求, 因此乔灌比例需灵活应用, 没有必要遵循固定数值<sup>[32]</sup>。

### 4.2 亚热带城市公园木本植物的优势科和优势种

本研究结果显示优势科共 9 个, 其中大戟科、桑科和棕榈科同为广州<sup>[33]</sup>、梅州<sup>[11]</sup>和厦门<sup>[19]</sup>等南亚热带城市公园的优势科, 蔷薇科也在长沙<sup>[10,20,34-35]</sup>、重庆<sup>[35]</sup>、杭州<sup>[20]</sup>和武汉<sup>[10]</sup>等中、北亚热带城市公园中广泛种植。由此可知, 亚热带城市公园木本植物优势科相似性较大。主要是因为这些科的植物观赏价值和生态效益较高<sup>[9]</sup>, 如蔷薇科、木兰科的植物, 不仅种类多、效益高, 而且适应性强、景观效果好, 适合配置在不同地区的城市公园, 在市区公园中尤其常见。

优势种共 46 种。结合张浪等<sup>[36]</sup>对公园绿地植物的分类, 可将本次调查的优势种归为 3 类: (1) 观赏型: 以营造优美景观的植物为主。此类植物在各区域公园均有分布, 市区公园种类最多。市区公园位于城市核心区, 人流量大, 且为城市居民休闲观光场所, 因此该区对植物的观赏价值有着较高的要求<sup>[37]</sup>, 如花色艳丽的樱花、叶形奇特的鹅掌柴。

(2) 环保型: 以提供生态效益的植物为主。此类植物主要分布在近郊和远郊区公园。近郊公园作为城市的过渡区, 为了平衡市区和郊区的温度差<sup>[38]</sup>, 缓解城市噪音, 净化空气, 降低台风、泥石流等自然灾害带给城市消极影响, 以生态效益高的植物为主, 如叶面积较大的棕榈科植物。(3) 生产型: 以生产经济效益植物为主。此类植物在远郊公园分布较多。远郊公园位于城市外围, 面积较大, 且受城市化影响较少, 园中土壤紧实度<sup>[39-40]</sup>、重金属含量<sup>[16]</sup>和土壤氮流失程度<sup>[41]</sup>等均低于市区公园和近郊公园, 这种生境有利于植物生存和生长<sup>[42]</sup>, 适宜生产优质木材和食用类植物。因此远郊公园以经济生产型的植物占据优势, 如抗性较强、材质优良的柳杉。

### 4.3 城市化背景下公园木本植物多样性分布特征

本研究中公园木本植物的多样性沿城郊梯度呈线性递减的变化趋势, 与中国的河北<sup>[4]</sup>、北京<sup>[13]</sup>、比利时的弗兰德斯<sup>[43]</sup>, 以及美国的部分城市<sup>[5]</sup>植物多样性变化趋势相吻合。这主要受到城市化的影响: 一方面, 人为的引进外来物种, 使得市区公园的植物多样性升高<sup>[4]</sup>。市区公园人流量较大, 人们对公园景观和服务功能的要求也相对较高。为了满足城市居民对公园绿地的需求, 建设者使用了一定数量的外来观赏物种来丰富公园景观<sup>[5,43]</sup>。另一方面,

不同的土地利用类型和空间格局也会增加市区植物多样性<sup>[44]</sup>。城市化促使市区景观格局多样化发展<sup>[45]</sup>，造成土地利用类型复杂，空间高度异质化，由此产生了不同类型的小尺度生境，植物多样性随之升高<sup>[46-47]</sup>。

## 5 结论

城市公园为营造不同尺度、功能多样的植物景观，在进行乔灌木的选择应用时，需因地制宜、因景而异，灵活使用乔灌比例，没有必要遵循固定比例数值。城市化对植物多样性分布的影响显著。人为引进外来物种、土地利用类型和景观空间格局的变化等因素造成植物多样性沿城郊梯度呈现出线性递减的规律。其中，市区公园的植物组成受人为选择性影响较大，虽然种类较丰富，但是以观赏为主，需要投入较高的维护成本；近郊区处于市区不透水地表和远郊区森林植被的过渡区，公园植被以生态效益型为主，旨在平衡市区与郊区的温度差，因此植物种类选择受到一定局限，使得该区域植物多样性略低于市区公园；远郊区植被面积宽广，受城市化影响较小，环境有利于植物生存和生长，因而广泛种植经济型植物，导致植物种类较为单一，多样性较低。

为了提高城市绿地系统功能和促进其健康发展，基于市区、近郊区和远郊区公园的地理位置、功能类型和植物多样性分布特征等因素，建议绿地规划沿城郊梯度进行系统建设，提出以下4点规划和管理措施：（1）基于市区、近郊区和远郊区公园中灌木层植物不具有显著性差异的结果，建议灌木选择种植时，关注其本身特征，因地制宜，使植物的观赏价值和生态效益发挥出更大的作用。（2）针对市区小尺度生境，建议采用绿道、踏脚石和生态廊道等形式，促进植物自行传播，强化本地种应用，减少管理维护成本。（3）近郊区地处市区与远郊区的过渡区域，主要功能是缓解城市“热岛效应”，平衡市区与郊区的温度差，因此，建议增加叶面积较大的植物，如棕榈科、榕属等植物。（4）远郊区是市区的生态屏障，目前植物多以经济生产型为主。因为常绿阔叶林是亚热带地区的顶极群落，基于森林演替理论<sup>[48]</sup>，为促进远郊区森林群落的可持续演替，建议对演替前中期的森林采取补种阔叶乡土树种的造林模式。

## 参考文献：

[1] 陈新. 城市化快速发展时期的城市规划区绿地系统规

划研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2012.

- [2] MOFFATT S F, MCLACHLAN S M, KENKEL N C. Impacts of land use on riparian forest along an urban-rural gradient in southern Manitoba[J]. *Plant Ecol*, 2004, 174(1): 119-135.
- [3] VAN DER WALT L. Landscape functionality and plant diversity of grassland fragments along an urban-rural gradient in the Tlokwe Municipal area, South Africa[D]. Potchefstroom: North-West University, 2013.
- [4] 马克明, 傅伯杰, 郭旭东. 农业区城市化对植物多样性的影响: 遵化的研究[J]. *应用生态学报*, 2001, 12(6): 837-840.
- [5] MCKINNEY M L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization[J]. *Biol Conserv*, 2006, 127(3): 247-260.
- [6] MISHRA B P. Plant diversity and community attributes of woody plants in two climax subtropical humid forests of meghalaya, northeast India[J]. *Appl Ecol Env Res*, 2012, 10(4): 417-436.
- [7] KÜHN I, KLOTZ S. Urbanization and homogenization-Comparing the floras of urban and rural areas in Germany[J]. *Biol Conserv*, 2006, 127(3): 292-300.
- [8] 王露露, 闵稀碧. 北京市高校校园木本植物种类调查与分析[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(28): 15862-15865.
- [9] 支建江, 刘勇, 张明娟. 南京市主要广场的木本植物群落物种组成分析[J]. *浙江林学院学报*, 2007, 24(6): 719-724.
- [10] 刘秀群, 贾若, 陈龙清. 武汉市公园绿地植物群落多样性分析[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(36): 18241-18243.
- [11] 刘德良. 梅州城区植物群落的结构特征[J]. *城市环境与城市生态*, 2012, 25(1): 1-6.
- [12] 罗造. 广州市建成区绿地植物多样性研究[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2013.
- [13] 郑瑞文, 刘艳红. 北京市公园绿地植物多样性研究[J]. *科学技术与工程*, 2006, 6(15): 2309-2315.
- [14] 史海燕, 王贤荣, 杨学军, 等. 上海中心城区公园植物群落特征及多样性分析[J]. *湖北民族学院学报(自然科学版)*, 2010, 28(3): 269-272.
- [15] 李智琦. 武汉市城市绿地植物多样性研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
- [16] 张金屯, PICKETT S T A. 城市化对森林植被、土壤和景观的影响[J]. *生态学报*, 1999, 19(5): 654-658.
- [17] 冷平生. 园林生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 187-209.
- [18] 刘兴诏, 周国逸, 张德强, 等. 南亚热带森林不同演替阶段植物与土壤中 N、P 的化学计量特征[J]. *植物生态学报*, 2010, 34(1): 64-71.
- [19] 洪志猛. 厦门城市公园植物群落的物种丰富度调查分析[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2009, 33(2): 51-54.
- [20] 蒋雪丽, 王小德, 崔青云, 等. 杭州城市公园绿地植物多样性研究[J]. *浙江农林大学学报*, 2011, 28(3): 416-421.
- [21] 朱纯, 潘永华, 冯毅敏, 等. 澳门公园植物多样性调查研究[J]. *中国园林*, 2009(3): 83-86.
- [22] CHAMBERLAIN D E, GOUGH S, VAUGHAN H, et al.

- Determinants of bird species richness in public green spaces[J]. *Bird Study*, 2007, 54(1): 87-97.
- [23] KNAPP S, DINSMORE L, FISSORE C, et al. Phylogenetic and functional characteristics of household yard florae and their changes along an urbanization gradient[J]. *Ecology*, 2012, 93(sp8): S83-S98.
- [24] 宋坤, 秦俊, 高凯, 等. 上海居住区植物多样性的均质化[J]. *应用生态学报*, 2009, 20(7): 1603-1607.
- [25] CADOTTE M W, BORER E T, SEABLOOM E W, et al. Phylogenetic patterns differ for native and exotic plant communities across a richness gradient in Northern California[J]. *Divers Distrib*, 2010, 16(6): 892-901.
- [26] 谢星安. 常州公园绿地植物多样性调查分析及建议[D]. 南京: 南京农业大学, 2007.
- [27] 黄甜. 森林浴场规划[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2013.
- [28] 欧阳子璐, 吉文丽, 杨梅. 西安城市绿地植物多样性分析[J]. *西北林学院学报*, 2015, 30(2): 257-261.
- [29] 林增. 福州市公园植物群落特征及生态学评价[D]. 福州: 福建农林大学, 2010.
- [30] 张茜. 福州市城区公园绿地生态建设的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2012.
- [31] 刘扬, 郭建斌, 左小珊, 等. 城市郊野公园建设及生态效益评估探析[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(9): 4029-4031.
- [32] 张小卫, 李湛东, 王继利, 等. 北京市不同绿地类型乔灌比例分析[J]. *北京林业大学学报*, 2010, 32(增刊 1): 183-188.
- [33] 陈雷, 孙冰, 谭广文, 等. 广州公园植物群落物种组成及多样性研究[J]. *生态科学*, 2015, 34(5): 38-44.
- [34] 刘维斯, 颜玉娟, 黄宇. 长沙城市公园绿地植物群落基本类型及物种多样性研究[J]. *南方园艺*, 2009, 20(2): 7-9.
- [35] 胡兵. 重庆城市公园绿地群落结构与木本植物多样性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2013.
- [36] 张浪, 陶务安, 李明胜. 营造生态园林 注重群落景观——上海市公园绿地植物群落探析[J]. *中国城市林业*, 2006, 4(5): 23-25.
- [37] 徐涛. 综合性公园植物配置与游憩功能研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2010.
- [38] 徐涵秋. 基于城市地表参数变化的城市热岛效应分析[J]. *生态学报*, 2011, 31(14): 3890-3901.
- [39] COLLINS J P, KINZIG A, GRIMM N B. A new urban ecology[J]. *Am Sci*, 2000, 88(5): 416-425.
- [40] PICKETT S T A, CADENASSO M L, GROVE J M, et al. Urban ecological systems: linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas[J]. *Annu Rev Ecol Evol S*, 2001, 32(1): 127-157.
- [41] POUYAT R V, TURECHEK W W. Short and long-term effects of site environment on net N mineralization and nitrification rates along an urban-rural gradient[J]. *Urban Ecosys*, 2001, 5(3): 159-178.
- [42] 郭培培. 城乡梯度上的乔木分布格局与功能研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [43] HONNAY O, PIESENS K, VAN LANDUYT M, et al. Satellite based land use and landscape complexity indices as predictors for regional plant species diversity[J]. *Landscape Urban Plan*, 2003, 63(4): 241-250.
- [44] BOONE C G, COOK E, HALL S J, et al. A comparative gradient approach as a tool for understanding and managing urban ecosystems[J]. *Urban Ecosys*, 2012, 15(4): 795-807.
- [45] 张利权, 吴健平, 甄彧, 等. 基于 GIS 的上海市景观格局梯度分析[J]. *植物生态学报*, 2004, 28(1): 78-85.
- [46] SAVARD J P L, CLERGEAU P, MENNECHEZ G. Biodiversity concepts and urban ecosystems[J]. *Landscape Urban Plan*, 2000, 48(3/4): 131-142.
- [47] THOMPSON K, AUSTIN K C, SMITH R M, et al. Urban domestic gardens (I): Putting small-scale plant diversity in context[J]. *J Veg Sci*, 2009, 14(1): 71-78.
- [48] 彭少麟, 方炜. 南亚热带森林演替过程生物量和生产动力动态特征[J]. *生态科学*, 1995(2): 1-9.