

李慧,陈颀,林丽丽,等.福州市“三山”木本植物 $\alpha$ 及 $\beta$ 多样性研究[J].江苏农业科学,2016,44(7):452-458.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.07.130

# 福州市“三山”木本植物 $\alpha$ 及 $\beta$ 多样性研究

李慧,陈颀,林丽丽,林开泰,丁国昌,董建文

(福建农林大学园林学院,福建福州 350000)

**摘要:**采用典型抽样法,对福州“三山”(于山、乌山、屏山)木本植物进行调查,并对调查数据进行 $\alpha$ 及 $\beta$ 多样性分析。结果表明,“三山”木本植物种类数量大小依次为于山>乌山>屏山;Margalef、Shannon-Wiener、Simpson、Pielou指数呈现不同的排列趋势,总体上于山乔木的 $\alpha$ 多样性指数较高; $\beta$ 多样性中的Whittaker指数乔灌木差异明显,Jaccard指数处于不相似水平。此外,在调查结果的基础上分析了“三山”木本植物所呈现出的特点,并提出合理化建议,以期对福州园林城市建设过程中的植物配置提供参考。

**关键词:**福州“三山”;木本植物; $\alpha$ 多样性; $\beta$ 多样性

**中图分类号:**S731.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)07-0452-07

生物多样性是城市生态系统的重要组成部分,是城市绿地系统生态功能的基础和园林绿化水平的标志。近年来,由于受到人类活动干扰,城市生物多样性在不断减少,导致城市景观缺乏特色,生态功能下降<sup>[1]</sup>。城市区域生物多样性保护问题逐渐成为生态学、风景园林学等相关学科的研究热点<sup>[2]</sup>。

生物多样性是城市生物多样性的基础,而公园绿地是城市生物多样性的代表区域。近些年有不少学者对福州市公园的植物多样性进行了深入研究<sup>[3-10]</sup>,主要以福州市城市公园绿地为研究对象,对其物种多样性进行调查、统计、分析,且主要集中于 $\alpha$ 多样性的分析,鲜有论及 $\beta$ 多样性,而 $\beta$ 多样性与 $\alpha$ 多样性一起构成了总体多样性或一定地段的生物异质性, $\beta$ 多样性的重要意义是不容忽视的,因此在分析植物多样性的过程中有必要将二者结合考虑。此外,黄秋淋等对于山公园(以于山为基址建设的公园)有一定程度的调查和分析<sup>[3,8]</sup>,其他多集中于对闽江公园、金牛山公园、江滨公园、温泉公园等进行研究。其他城市,也多集中于城市绿地(公园、居住区、主街道)植物多样性的研究<sup>[11-12]</sup>,对城市山地的植物多样性鲜有研究。笔者认为城市山地是城市靓丽的风景线,在当今城市绿地较为紧缺的情况下,城市山地在一定程度上拓展了绿地的局限性。

福州作为福建省的省会城市,由于山、乌山、屏山所组成,其城市的生态建设至关重要。福州“三山”位于城区,是城市的生态名片,在改善城市小气候的同时,为人们提供日常登高望远、休闲锻炼及娱乐游憩的场所。“三山”环境构建是福州市生态建设中的重要一环。本研究对福州“三山”的木本植物多样性进行调查,以期对福州的生态建设和可持续发展提

供依据,为其他城市山地植物多样性研究提供借鉴。

## 1 材料与与方法

### 1.1 研究区域概况

福州,别名“三山”。“三山”分别指福州城区内的于山、乌山、屏山,具体位置如图1所示。三山鼎立,和白塔、乌塔、闽江构成了“三山两塔一条江”的独特城市风格。其中,于山位于福州城区中心鼓楼区东南隅,海拔52.2 m,全山面积11.9 hm<sup>2</sup>。乌山又称乌石山、射乌山、道山,位于福州市中心南门外西侧,海拔86.3 m,总面积27.3 hm<sup>2</sup>,被称为三山之首,乌山作为福州市著名的风景区和历史文化旅游胜地,与三坊七巷景区连成一片,成为福州市鼓楼区最重要的接待景点。屏山又名平山,俗称样楼山,位于福飞路,海拔62 m,面积50 hm<sup>2</sup>,遗留下越王时期的古迹甚多。历史上福州是一个多山的城市,“三山”是福州的标志,有许多的名胜古迹,是研究历史的珍贵史料,而“三山”的植物,是历史进化中的活化石,其物种构成、观赏价值与美学特点都对福州市生态文明建设起到了重要的推动作用。



图1 “三山”地理位置

### 1.2 调查方法

于2015年7月对福州市“三山”进行调查研究。分别将20 m×20 m、5 m×5 m定为乔木和灌木调查的样方标准,采

收稿日期:2016-01-04

基金项目:国家林业公益性行业科研专项(编号:201404301)。

作者简介:李慧(1991—),女,福建将乐人,硕士研究生,研究方向为风景园林规划与理论。E-mail:1059594982@qq.com。

通信作者:董建文,教授,博士生导师,主要研究方向为美丽城镇森林景观构造、野生观赏植物开发运用。E-mail:fjdjw@126.com。

用典型抽样法,每个调查点选取 20 个 20 m × 20 m 的乔木样地,并在每个乔木样地内设置 4 个 5 m × 5 m 灌木样地,合计调查乔木样地 60 个,灌木样地 240 个。此外,由于测量频度需要设置小样方,因此在调查的过程中另设乔木小样方 4 m × 4 m,灌木小样方 1 m × 1 m。调查每个乔木样地的植物种类、株数、胸径、高度、冠幅、生长状况;灌木样地的植物种类、株数或种植密度、高度、覆盖面积、生长状况。

### 1.3 研究内容

本研究对于山、乌山、屏山的木本植物构成与来源分析,α、β 多样性指数分析,并对不同调查点木本植物多样性对比分析。

### 1.4 数据处理方法

采用频度与重要值来分析植物群落特征。采用 Margalef 物种丰富度、Pielou 均匀度指数、Simpson 生态优势度指数和 Shannon - Wiener 多样性指数来分析 α 多样性。选取 Whittaker 多样性指数、Jaccard 相似性指数 2 个指标来分析 β 多样性。运用 Excel 和 SPSS 软件对调查数据进行整理和分析。

1.4.1 频度与重要值 (1) 频度:植物出现的频率的衡量指标。

频度 = (某一种植物出现的样方数/总样方数) × 100% ;

(2) 重要值:树种多度、频度和断面积的综合反映,以此来表示植物物种在群落中的相对重要值。

乔木的重要值 = (相对多度 + 相对频度 + 相对显著度)/3 ;

灌木的重要值 = (相对多度 + 相对频度 + 相对盖度)/3。

1.4.2 α 多样性 α 多样性:用以测度群落内的物种多样性<sup>[13]</sup>。

(1) Margalef 物种丰富度  $R$ :

$$R = (S - 1) / \ln N。$$

式中: $S$  样方内所有植物种类数目, $N$  为所有物种的个体数之和。

(2) Pielou 均匀度指数  $J$ :

$$J = H / \ln S。$$

式中: $H$  为 Shannon - Wiener 多样性指数, $S$  为物种数。

(3) Simpson 生态优势度指数  $D$ :

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2, P_i = N_i / N。$$

(4) Shannon - Wiener 多样性指数  $H$ :

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i。$$

式中: $P_i$  是第  $i$  种比例多度, $N_i$  为第  $i$  种的物种个体数, $i = 1, 2, 3, \dots, S, N$  为所有物种的个体数之和, $S$  为物种数。

1.4.3 β 多样性 β 多样性:描述在某一环境梯度上的多样性变化<sup>[14]</sup>。

(1) Whittaker 多样性指数  $\beta_w$ :

$$\beta_w = (S/A) - 1。$$

式中: $S$  是研究系统中记录到的总物种数, $A$  为环境梯度上(样方)所发现物种的平均数。

(2) Jaccard 相似性指数  $\beta_j$ :

$$\beta_j = c / (a + b - c)。$$

式中: $c$  为 2 个群落的共有物种数, $a$  和  $b$  分别为 2 个群落的物种数。根据 Jaccard 相似性原理,当  $0.00 < q < 0.25$  表示极不相似, $0.25 < q < 0.50$  表示中等不相似, $0.50 < q < 0.75$  表

示中等相似, $0.75 < q < 1.00$  表示极相似<sup>[15-16]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 福州“三山”木本植物构成

2.1.1 植物种类 据调查,福州“三山”中的于山共有乔木 33 种,灌木 30 种,乔灌比 1.1 : 1,隶属于 36 科 51 属 61 种(表 1),常绿树种 45 种,落叶树种 16 种,其中被子植物 31 科 46 属 54 种,裸子植物 5 科 5 属 7 种;植物主要分布在棕榈科(5 属 6 种)、桑科(2 属 5 种)、茜草科(3 属 3 种)、榆科(2 属 3 种)、五加科(2 属 3 种),其中优势科(含有 10 种以上的科)无。

乌山共有乔木 25 种,灌木 20 种,乔灌比 1.25 : 1,隶属于 30 科 42 属 45 种,常绿树种 15 种,落叶树种 30 种,无裸子植物;植物主要分布在蔷薇科(3 属 4 种)、木兰科(2 属 3 种),其中优势科(含有 10 种以上的科)无。

屏山共有乔木 24 种,灌木 24 种,乔灌比 1 : 1,隶属于 25 科 38 属 44 种,常绿树种 34 种,落叶树种 10 种,其中被子植物 23 科 36 属 42 种,裸子植物 2 科 2 属 2 种。植物主要分布在豆科(6 属 6 种)、桑科(2 属 4 种)、五加科(2 属 3 种),其中优势科(含有 10 种以上的科)无。

从以上数据可以看出,于山植物种数最多,屏山最少,但屏山与乌山差距不大。在相同样方内,除屏山乔灌比为 1 : 1 外,于山与乌山乔木种数均大于灌木种数,但差距较小。3 个调查点被子植物都占据优势,裸子植物稀少。

表 1 “三山”木本植物的种类构成统计

调查点	科	属	种	乔木	灌木
于山	36	51	61	33	30
乌山	30	42	45	25	20
屏山	25	38	44	24	24
总计	43	79	99	57	47

2.1.2 植物来源 福州“三山”共有 99 种木本植物,其中福州市本地物种 32 种,占总数的 32.32%,国内引进种 41 种,占总数的 41.41%,国外引进种 26 种,占总数的 26.26%。从表 2 可以看出,于山和乌山木本植物来源均表现为:国内引进种比例 > 国外引进种比例 > 本地物种比例;屏山:国内引进种比例与本地物种比例持平。总体而言,福州“三山”木本植物主要以国内引进种为主,本地物种和国外引进种为辅,这说明了本土植物未在福州“三山”植物配置中得到广泛的应用。

表 2 “三山”木本植物来源统计

调查点	本地物种		国内引进		国外引进		总计 (种)
	数量 (种)	比例 (%)	数量 (种)	比例 (%)	数量 (种)	比例 (%)	
于山	20	32.79	27	44.26	14	22.95	61
乌山	15	33.33	20	44.44	10	22.22	45
屏山	17	38.64	17	38.64	10	22.73	44
总计	32	32.32	41	41.41	26	26.26	99

2.1.3 重要值 由表 3 可知,于山乔木中,重要值大于 3% 的树种依次是小叶榕 (*Ficus concinna*, 12.30%)、香樟 (*Cinnamomum bodinieri*, 12.13%)、台湾相思 (*Acacia confusa*, 11.39%)、白兰 (*Michelia alba*, 5.83%)、鱼尾葵 (*Caryota ochlandra*, 5.44%)、木棉 (*Bombax malabaricum*, 4.82%)、蒲葵 (*Livistona chinensis*, 4.65%)、芒果 (*Mangifera indica*,

4.39%)、朴树(*Celtis sinensis*, 3.77%)、假槟榔(*Archontophoenix alexandrae*, 3.27%)、鸡爪槭(*Acer palmatum*, 3.24%)，且小叶榕、香樟、台湾相思的重要值远高于排名其后的树种，三者重要值之和占总树种的35.82%；灌木层中重要值最高的是棕竹(*Rhapis excelsa*, 15.98%)，其次是鹅掌柴(*Schefflera oc-*

*tophylla*, 14.93%)、红背桂(*Excoecaria cochinchinensis*, 11.92%)、假连翘(*Duranta repens*, 9.10%)、龙船花(*Ixora chinensis*, 9.10%)、南天竹(*Nandina domestica*, 4.06%)、海桐(*Pittosporum tobira*, 3.99%)、九里香(*Murraya exotica*, 3.80%)，其中排名前四的灌木树种占其总数的51.93%。

表3 于山木本植物重要值

乔木					灌木				
植物名称	相对频度 (%)	相对密度 (%)	相对显著度 (%)	重要值 (%)	植物名称	相对频度 (%)	相对密度 (%)	相对显著度 (%)	重要值 (%)
小叶榕	4.05	3.74	29.09	12.30	棕竹	12.50	18.01	17.43	15.98
香樟	10.81	9.18	16.39	12.13	鹅掌柴	11.25	19.57	13.98	14.93
台湾相思	9.46	8.84	15.85	11.39	红背桂	8.75	15.78	11.22	11.92
白兰	8.11	6.80	2.59	5.83	假连翘	7.50	10.93	8.86	9.10
鱼尾葵	5.41	9.86	1.05	5.44	龙船花	3.75	7.93	4.22	5.30
木棉	4.05	1.70	8.69	4.82	南天竹	2.50	8.65	1.03	4.06
蒲葵	4.05	7.48	2.42	4.65	海桐	6.25	0.12	5.61	3.99
杧果	5.41	3.74	4.02	4.39	九里香	3.75	4.14	3.53	3.80
朴树	2.70	2.72	5.89	3.77	红花檵木	2.50	2.16	4.30	2.99
假槟榔	2.70	5.78	1.33	3.27	扶桑	3.75	1.12	3.94	2.94
鸡爪槭	1.35	8.16	0.19	3.24	朱焦	2.50	3.84	2.34	2.89
大花紫薇	2.70	4.42	0.05	2.39	小蜡	3.75	0.06	4.29	2.70
蓝花楹	2.70	1.02	2.42	2.05	小叶榕	3.75	0.10	2.49	2.11
四季桂	2.70	2.72	0.52	1.98	黄金榕	1.25	3.00	1.72	1.99
澳洲鸭脚木	1.35	4.42	0.16	1.98	大叶棕竹	1.25	1.08	2.58	1.64
羊蹄甲	2.70	2.04	0.51	1.75	垂叶榕	3.75	0.01	1.02	1.60
银杏	1.35	3.40	0.41	1.72	山茶	2.50	0.02	1.81	1.44
无患子	2.70	1.02	1.40	1.71	栀子花	1.25	1.08	1.55	1.29
异叶南洋杉	2.70	1.36	0.99	1.68	龙血树	2.50	0.07	1.20	1.26
荔枝	2.70	0.68	0.89	1.42	希茉莉	2.50	0.03	0.95	1.16
枇杷	2.70	1.36	0.09	1.39	枸树	1.25	0.03	1.72	1.00
枸树	2.70	1.02	0.24	1.32	米兰	1.25	1.08	0.52	0.95
笔管榕	1.35	1.02	1.37	1.25	花叶假连翘	1.25	1.08	0.34	0.89
南洋杉	1.35	0.68	1.38	1.14	苏铁	1.25	0.02	1.24	0.84
幌伞枫	1.35	1.70	0.16	1.07	巴西野牡丹	1.25	0.03	0.77	0.68
竹柏	1.35	1.02	0.81	1.06	火棘	1.25	0.02	0.69	0.65
榔榆	1.35	0.68	0.58	0.87	夹竹桃	1.25	0.01	0.25	0.50
刺柏	1.35	1.02	0.04	0.80	灰莉	1.25	0.01	0.17	0.48
七叶树	1.35	0.68	0.28	0.77	罗汉松	1.25	0.00	0.17	0.48
石榴	1.35	0.68	0.08	0.70	茶梅	1.25	0.00	0.06	0.44
棕榈	1.35	0.34	0.09	0.59	合计	100.00	100.00	100.00	100.00
榆树	1.35	0.34	0.01	0.57					
重阳木	1.35	0.34	0.00	0.57					
合计	100.00	100.00	100.00	100.00					

如表4所示,乌山乔木层重要值大于3%的树种是碧桃(*Amygdalus persica*, 21.31%)、小叶榕(13.82%)、四季桂(*Osmanthus fragrans*, 8.19%)、杧果(5.87%)、香樟(5.25%)、鸡蛋花(*Plumeria rubra*, 5.14%)、紫薇(*Lagerstroemia indica*, 4.91%)、朴树(4.54%)、紫叶李(*Prunus cerasifera*, 4.03%)、紫玉兰(*Magnolia liliflora*, 3.26%)、枸树(*Broussonetia papyrifera*, 3.24%)，其中碧桃的相对频度、相对密度、重要值远远大于其他树种，也间接说明乌山乔木层树种以碧桃为主，较为单一，丰富度不够。灌木层，重要值最高的是鹅掌柴(23.69%)、其次是毛杜鹃(*Rhododendron pulchrum*, 9.37%)，再者为朱焦(*Cordyline fruticosa*, 8.03%)、三角梅(*Bougainvillea spectabilis*, 7.81%)、金叶假连翘(*Duranta repens*,

7.53%)、红花檵木(*Loropetalum chinense*, 7.51%)、九里香(6.73%)、黄蝉(*Allemanda nerifolia*, 4.72%)、八角金盘(*Fatsia japonica*, 4.16%)、棕竹(*Rhapis excelsa*, 3.87%)、灰莉(*Fagraea ceilanica*, 3.60%)，鹅掌柴的重要值是排名紧随其后毛杜鹃的2.5倍，其他9种植物重要值均在3.00%以下，总计13%。

屏山乔木层重要值见表5，位于前十的依次为：台湾相思(38.93%)、银桦(*Grevillea robusta*, 7.45%)、小叶榕(6.23%)、枸树(5.71%)、台湾栾树(*Koelreuteria elegans*, 4.42%)、香樟(3.92%)、马尾松(*Pinus massoniana*, 3.82%)、羊蹄甲(*Bauhinia purpurea*, 3.63%)、四季桂(3.45%)、番木瓜(*Carica papaya*, 3.30%)；灌木层，重要值排名前十如下：毛

杜鹃(19.93%)、鹅掌柴(17.00%)、红花檵木(11.69%)、假连翘(8.99%)、小蜡(*Ligustrum sinense*, 6.75%)、黄金榕(*Ficus microcarpa*, 6.57%)、金叶假连翘(3.60%)、红叶石楠(*Photinia serrulata*, 3.19%)、九里香(3.16%)、大叶栀子(*Gardenia jasminoides*, 2.91%),通过数值对比,不难看出屏山木本植物主要以台湾相思、毛杜鹃、鹅掌柴为主,其中台湾相

思重要值为紧随其后排名第二的乔木银桦的5.2倍。

由此可以看出,福州“三山”木本植物主要以人工栽植的园林树种为主,如台湾相思、小叶榕、碧桃、棕竹、鹅掌柴、毛杜鹃等。于山、乌山、屏山3个调查点木本植物重要值最高的树种无一重复,但其树种组成也有相似之处,形成以某种植物为主的生态景观。

表4 乌山木本植物重要值

乔木					灌木				
植物名称	相对频度 (%)	相对密度 (%)	相对显著度 (%)	重要值 (%)	植物名称	相对频度 (%)	相对密度 (%)	相对显著度 (%)	重要值 (%)
碧桃	14.52	39.71	9.69	21.31	鹅掌柴	16.51	27.39	27.18	23.69
小叶榕	8.06	2.65	30.76	13.82	毛杜鹃	7.34	11.56	9.22	9.37
四季桂	11.29	10.88	2.38	8.19	朱焦	6.42	12.63	5.03	8.03
杧果	3.23	2.94	11.43	5.87	三角梅	15.60	1.36	6.48	7.81
香樟	4.84	1.76	9.15	5.25	金叶假连翘	4.59	9.01	8.99	7.53
鸡蛋花	6.45	5.88	3.09	5.14	红花檵木	11.93	3.01	7.58	7.51
紫薇	8.06	4.71	1.97	4.91	九里香	5.50	8.02	6.65	6.73
朴树	3.23	1.47	8.91	4.54	黄蝉	2.75	7.66	3.74	4.72
紫叶李	4.84	6.47	0.79	4.03	八角金盘	3.67	3.05	5.75	4.16
紫玉兰	1.61	6.47	1.71	3.26	棕竹	3.67	4.19	3.74	3.87
构树	3.23	1.47	5.04	3.24	灰莉	6.42	0.05	4.34	3.60
南洋楹	1.61	0.59	6.02	2.74	大叶栀子	1.83	3.19	3.74	2.92
木棉	3.23	0.59	4.18	2.67	南天竹	3.67	2.68	1.32	2.56
黄皮	4.84	1.47	0.73	2.35	山茶	3.67	0.09	1.94	1.90
榆叶梅	1.61	3.53	0.68	1.94	龙血树	0.92	2.55	1.44	1.64
石榴	3.23	1.18	0.22	1.54	银姬小蜡	1.83	1.28	0.66	1.26
枫香树	1.61	1.76	0.81	1.39	小叶栀子	0.92	1.14	0.58	0.88
红叶乌柏	3.23	0.59	0.22	1.34	黄金宝树	0.92	1.14	0.58	0.88
小叶榄仁	1.61	1.18	0.95	1.25	悬铃花	0.92	0.01	0.58	0.50
无患子	1.61	1.76	0.08	1.15	海桐	0.92	0.01	0.47	0.46
白兰	1.61	0.88	0.32	0.94	合计	100.00	100.00	100.00	100.00
梅花	1.61	0.88	0.16	0.88					
秋枫	1.61	0.59	0.18	0.79					
荔枝	1.61	0.29	0.46	0.79					
深山含笑	1.61	0.29	0.06	0.66					
合计	100.00	100.00	100.00	100.00					

2.1.4 频度 从表6可以看出,于山木本植物中乔木层频度值介于10%~80%之间,频度为50%以上的乔木种数为3种(表7),其中以香樟频度最高,为80%;灌木层频度介于2.5%~25.0%,且主要集中在2.50%~10.0%,占灌木种类总数的83.33%,频度最高的是棕竹(25%)。乌山木本植物中乔木层频度值介于10%~90%之间,频度为50%以上的乔木种数为4种,碧桃频度最高,为90%;灌木层频度介于2.5%~45%,且主要集中在2.5%~20%,占灌木种类总数的80%,以鹅掌柴(45%)为最高。

屏山木本植物中乔木层频度值介于10%~70%之间,频度为50%以上的乔木种数只有2种,台湾相思70%,台湾栾树50%;灌木层频度介于2.5%~37.5%,且主要集中在2.5%~10%,占灌木种类总数的70.83%,应用较高的是毛杜鹃(37.5%)。由此可见,福州“三山”木本植物应用频度较高的为本土树种和国内引进种,植物种类较单一,乔木明显不如灌木丰富,植物景观缺乏多样化。

## 2.2 $\alpha$ 多样性分析

2.2.1 物种丰富度 物种丰富度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<sup>[11]</sup>。根据调查结果和物种丰富度计算公式,分别计算福州“三山”木本植物丰富度指数,结果见表8。由表8可以看出,于山、乌山、屏山乔木物种丰富度指数均高于灌木,乔木层表现为:于山(5.630) > 乌山(4.117) > 屏山(3.908),灌木层丰富度指数表现不尽相同:于山(2.916) > 屏山(2.273) > 乌山(1.815),于山无论是乔木层亦或是灌木层其丰富度指数均高于乌山、屏山,这与物种数量调查的结果保持一致。

2.2.2 物种多样性 多样性指数(Shannon - Wiener)用来描述种的个体出现的紊乱和不确定性,信息量越大,不确定性也越大,因而多样性也就越高<sup>[17]</sup>。它包含2个因素:种类数目(即物种丰富度)以及种类中个体分配上的平均性或均匀性<sup>[4]</sup>。由表8可见,Shannon - Wiener多样性指数表现为于山乔木(3.085) > 乌山灌木(2.354) > 乌山乔木(2.334) > 于山灌木(2.307) > 屏山乔木(2.251) > 屏山灌木(2.218),值得注意的是,屏山乔木和灌木多样性指数都是最低,分析其原因,可能是由于每个树种的个体数量分布不平均,屏山物种总数比较多,但个体树种数量较少,即种类之间个体分配的均匀

表5 屏山木本植物重要值

植物名称	乔木				植物名称	灌木			
	相对频度 (%)	相对密度 (%)	相对显著度 (%)	重要值 (%)		相对频度 (%)	相对密度 (%)	相对显著度 (%)	重要值 (%)
台湾相思	13.46	43.89	59.44	38.93	毛杜鹃	17.05	19.88	22.88	19.93
银桦	5.77	5.83	10.74	7.45	鹅掌柴	12.50	24.52	13.98	17.00
小叶榕	7.69	1.39	9.62	6.23	红花檵木	13.64	9.89	11.56	11.69
构树	7.69	5.28	4.17	5.71	假连翘	7.95	12.41	6.62	8.99
台湾栾树	9.62	3.06	0.58	4.42	小蜡	6.82	5.26	8.16	6.75
香樟	5.77	5.28	0.71	3.92	黄金榕	7.95	5.76	5.99	6.57
马尾松	3.85	5.00	2.61	3.82	金叶假连翘	2.27	7.26	1.25	3.60
羊蹄甲	1.92	3.61	5.37	3.63	红叶石楠	3.41	3.43	2.75	3.19
四季桂	3.85	6.11	0.38	3.45	九里香	5.68	0.04	3.76	3.16
番木瓜	5.77	3.61	0.52	3.30	大叶栀子	2.27	2.52	3.92	2.91
芒果	1.92	3.61	3.09	2.87	垂叶榕	3.41	0.13	4.86	2.80
朴树	5.77	2.22	0.36	2.78	棕竹	2.27	3.23	1.25	2.25
刺桐	3.85	2.22	0.71	2.26	绣线菊	1.14	3.63	0.78	1.85
垂叶榕	1.92	2.78	0.20	1.63	构树	2.27	0.04	1.73	1.35
澳洲鸭脚木	3.85	0.83	0.04	1.57	四季桂	1.14	0.02	2.51	1.22
黄花槐	1.92	1.67	0.27	1.29	木棉	1.14	0.04	2.35	1.18
木棉	1.92	0.83	0.38	1.05	西洋杜鹃	1.14	0.91	0.78	0.94
鸡蛋花	1.92	0.83	0.11	0.96	小叶栀子	1.14	0.91	0.63	0.89
闽楠	1.92	0.56	0.10	0.86	八角金盘	1.14	0.02	1.25	0.80
盆架木	1.92	0.28	0.34	0.85	南天竹	1.14	0.06	0.94	0.71
棕榈	1.92	0.28	0.20	0.80	灰莉	1.14	0.02	0.63	0.59
荔枝	1.92	0.28	0.02	0.74	山茶	1.14	0.01	0.63	0.59
竹柏	1.92	0.28	0.01	0.74	金心香龙血树	1.14	0.02	0.60	0.58
栗豆树	1.92	0.28	0.01	0.74	双荚决明	1.14	0.00	0.19	0.44
合计	100.00	100.00	100.00	100.00	合计	100.00	100.00	100.00	100.00

表6 “三山”木本植物频度

于山				乌山				屏山			
乔木		灌木		乔木		灌木		乔木		灌木	
植物名称	频度 (%)	植物名称	频度 (%)	植物名称	频度 (%)	植物名称	频度 (%)	植物名称	频度 (%)	植物名称	频度 (%)
香樟	80.00	棕竹	25.00	碧桃	90.00	鹅掌柴	45.00	台湾相思	70.00	毛杜鹃	37.50
台湾相思	70.00	鹅掌柴	22.50	四季桂	70.00	三角梅	42.50	台湾栾树	50.00	红花檵木	30.00
白兰	60.00	红背桂	17.50	小叶榕	50.00	红花檵木	32.50	构树	40.00	鹅掌柴	27.50
鱼尾葵	40.00	假连翘	15.00	紫薇	50.00	毛杜鹃	20.00	小叶榕	40.00	假连翘	17.50
芒果	40.00	海桐	12.50	鸡蛋花	40.00	朱焦	17.50	香樟	30.00	黄金榕	17.50
蒲葵	30.00	九里香	7.50	香樟	30.00	灰莉	17.50	朴树	30.00	小蜡	15.00
小叶榕	30.00	龙船花	7.50	紫叶李	30.00	九里香	15.00	番木瓜	30.00	九里香	12.50
木棉	30.00	垂叶榕	7.50	黄皮	30.00	金叶假连翘	12.50	银桦	30.00	垂叶榕	7.50
无患子	20.00	小叶榕	7.50	石榴	20.00	棕竹	10.00	四季桂	20.00	红叶石楠	7.50
异叶南洋杉	20.00	扶桑	7.50	芒果	20.00	山茶	10.00	澳洲鸭脚木	20.00	棕竹	5.00
荔枝	20.00	小蜡	7.50	构树	20.00	南天竹	10.00	马尾松	20.00	构树	5.00
四季桂	20.00	龙血树	5.00	木棉	20.00	八角金盘	10.00	刺桐	20.00	金叶假连翘	5.00
蓝花楹	20.00	朱焦	5.00	朴树	20.00	黄蝉	7.50	棕榈	10.00	大叶栀子	5.00
枇杷	20.00	希茉莉	5.00	红叶乌桕	20.00	银姬小蜡	5.00	荔枝	10.00	灰莉	2.50
构树	20.00	红花檵木	5.00	无患子	10.00	大叶栀子	5.00	竹柏	10.00	山茶	2.50
羊蹄甲	20.00	山茶	5.00	白兰	10.00	龙血树	2.50	芒果	10.00	南天竹	2.50
假槟榔	20.00	南天竹	5.00	荔枝	10.00	海桐	2.50	木棉	10.00	小叶栀子	2.50
大花紫薇	20.00	罗汉松	2.50	小叶榄仁	10.00	小叶栀子	2.50	羊蹄甲	10.00	八角金盘	2.50
朴树	20.00	灰莉	2.50	枫香树	10.00	黄金宝树	2.50	鸡蛋花	10.00	金心香龙血树	2.50
幌伞枫	10.00	苏铁	2.50	秋枫	10.00	悬铃花	2.50	栗豆树	10.00	四季桂	2.50
棕榈	10.00	花叶假连翘	2.50	紫玉兰	10.00			垂叶榕	10.00	木棉	2.50
重阳木	10.00	黄金榕	2.50	深山含笑	10.00			盆架木	10.00	双荚决明	2.50

续表 6

于山				乌山				屏山			
乔木		灌木		乔木		灌木		乔木		灌木	
植物名称	频度(%)	植物名称	频度(%)	植物名称	频度(%)	植物名称	频度(%)	植物名称	频度(%)	植物名称	频度(%)
七叶树	10.00	构树	2.50	梅花	10.00			闽楠	10.00	西洋杜鹃	2.50
石榴	10.00	大叶棕竹	2.50	南洋楹	10.00			黄花槐	10.00	绣线菊	2.50
竹柏	10.00	米兰	2.50	榆叶梅	10.00						
南洋杉	10.00	茶梅	2.50								
鸡爪槭	10.00	巴西野牡丹	2.50								
榆树	10.00	夹竹桃	2.50								
银杏	10.00	火棘	2.50								
榔榆	10.00	栀子花	2.50								
笔管榕	10.00										
刺柏	10.00										
澳洲鸭脚木	10.00										

表 7 “三山”木本植物频度

频度 (%)	于山		乌山		屏山	
	乔木种数	灌木种数	乔木种数	灌木种数	乔木种数	灌木种数
2.5 ≤ X < 10	0	25	0	8	0	17
10 ≤ X < 20	14	3	11	8	12	4
20 ≤ X < 30	11	2	6	1	4	1
30 ≤ X < 50	5	0	4	3	6	2
X ≥ 50	3	0	4	0	2	0
合计 Total	33	30	25	20	24	24

表 8 “三山”木本植物 α 多样性指数分析

类型	地点	物种丰富度	多样性	生态优势度	均匀度
乔木	于山	5.630	3.085	0.942	0.882
	乌山	4.117	2.334	0.811	0.725
	屏山	3.908	2.251	0.785	0.708
灌木	于山	2.916	2.307	0.874	0.678
	乌山	1.815	2.354	0.869	0.786
	屏山	2.273	2.218	0.860	0.698

性降低,使其多样性降低。

2.2.3 生态优势度 生态优势度指数(Simpson)反映的是所调查群落内树种个体数量的变化情况,数值越大,群落内物种个体数量分布越不均匀,优势种的地位越突出。由表 8 可见,Simpson 指数表现为于山乔木(0.942) > 于山灌木(0.874) > 乌山灌木(0.869) > 屏山灌木(0.860) > 乌山乔木(0.811) > 屏山乔木(0.785),Simpson 指数与 Shannon - Wiener 指数呈现出不同的趋势,除了屏山乔木层,其余地块木本植物 Simpson 多样性指数均在 0.80 以上,说明屏山乔木树种集中性较高;于山乔木层表现出最高的生态优势度,说明该群落仅有少数的优势种。

2.2.4 物种均匀度 均匀度指数(Pielou)反映了群落均匀度,通过物种奇异性估计该群落物种分布的均匀度,由表 8 可见,均匀度指数表现为于山乔木(0.882) > 乌山灌木(0.786) > 乌山乔木(0.725) > 屏山乔木(0.708) > 屏山灌木(0.698) > 于山灌木(0.678)。不难看出,于山乔木的均匀度指数最高,说明其各个种的相对密度较均匀,即各物种的个体数相对较接近,但其灌木指数却是最低的。乌山灌木均匀度指数却大于乌山乔木,究其原因可能是于山的灌木在配置过程中对于同一种的运用集中趋势较明显,而乌山乔木树种配

置不均匀,如碧桃,其分布面较其他树种广且多。

### 2.3 β 多样性分析

2.3.1 Whittaker 多样性 Whittaker 多样性指数反映 β 多样性与物种丰富度之间的关系<sup>[18-19]</sup>。由表 9 可知,各样地 Whittaker 多样性指数差别很大,于山灌木的 Whittaker 多样性指数最高(14.385),其次为屏山灌木(9.909),然后是乌山灌木(6.339),于山乔木(3.459),屏山乔木(3.615),最低的是乌山乔木(2.968),这与 α 多样性中的物种丰富度呈现出完全不同的趋势,总体上,Whittaker 多样性指数为灌木大于乔木,于山 > 乌山 > 屏山,这可能与调查地块所处的海拔有关。此外,于山灌木的 Whittaker 多样性指数是其乔木的 4 倍之多,这说明灌木在调查的样地中所发现物种的平均数较少,乔木较灌木同一物种出现频率高。

表 9 “三山”木本植物 Whittaker 多样性指数

类型	调查点	Whittaker 多样性指数 β <sub>w</sub>
乔木	于山	3.459
	乌山	2.968
	屏山	3.615
灌木	于山	14.385
	乌山	6.339
	屏山	9.909

2.3.2 Jaccard 相似性 Jaccard 相似性指数与共有种见表 10,大小依次表现为:乌山灌木和屏山灌木(0.375,12 种),于山乔木与屏山乔木(0.295,13 种),于山灌木与屏山灌木(0.286,12 种),于山灌木与乌山灌木(0.250,10 种),于山乔木与乌山乔木(0.234,11 种),乌山乔木与屏山乔木(0.225,9 种)。可以看出,在乔木层中,共有种数多,Jaccard 相似性指数大,其中乌山乔木与屏山乔木的共有种最少,相似性指数最

小;乌山灌木和屏山灌木的相似性指数最大,但共有种却不是最多的。乌山乔木与屏山乔木,于山乔木与乌山乔木,于山灌木与乌山灌木的相似性系数在 0.00~0.25 之间,处于极不相似水平;而于山灌木与屏山灌木,于山乔木与屏山乔木,乌山灌木与屏山灌木的相似性系数在 0.25~0.50 之间,处于中等不相似水平,说明“三山”木本植物群落结构之间具有较大生境差异性,因人工配置的不同而不同,物种多样性较明显。

表 10 福州市城中山木本植物 Jaccard 相似性指数

调查点	于山乔木	乌山乔木	屏山乔木
于山乔木		0.234	0.295
乌山乔木			0.225
屏山乔木			
调查点	于山灌木	乌山灌木	屏山灌木
于山灌木		0.250	0.286
乌山灌木			0.375
屏山灌木			

### 3 结论与建议

福州“三山”木本植物共有乔木 57 种,灌木 47 种,隶属于 43 科 79 属 99 种,普遍应用较多的乔木为小叶榕、香樟、台湾相思,灌木为鹅掌柴、毛杜鹃、假连翘、红花檵木。“三山”木本植物本地树种应用比例不高,落叶树种偏少,其中屏山的落叶树种仅有 10 种,因此在树种选择上,应合理配置本地树种与外来树种的比例、常绿树与落叶树的比例、慢生树与速生树的比例,并适当采用一些珍贵树种,形成兼具城市特色,又有季相变化的地域景观。

总体上看,“三山”木本植物多样性较为丰富,但不同调查样地的不同植物群落差异较为明显。于山乔木的 Margalef 物种丰富度、Shannon - Wiener 多样性指数、Simpson 生态优势度指数、Pielou 均匀度指数均保持最高,且于山的乔木和灌木的 Whittaker 多样性指数均在“三山”木本植物乔木层与灌木层中处于最高值。其余样地呈现无规律状,这可能是由于于山位于城市中心,临近五一广场,周边有较多的城市基础设施,更强调园林树木对城市环境的改善和防护功能,以及方便市民欣赏园林树木的多样性,比较注重配置生态型和观赏型物种种类,但其季相变化较不明显,应考虑增加落叶树种,如洩疏 (*Deutzia discolor*)、蜡梅 (*Chimonanthus praecox*)、苦楝 (*Melia azedarach*)、栓皮栎 (*Quercus variabilis*)、喜树 (*Camptotheca acuminata*)、黄连木 (*Pistacia chinensis*)、木芙蓉 (*Hibiscus mutabilis*)、枳 (*Poncirus trifoliata*)、木槿 (*Hibiscus syriacus*)、柽柳 (*Tamarix chinensis*)、无花果 (*Ficus carica*)、小柃木 (*Swida paucinervis*)、美丽胡枝子 (*Lespedeza formosa*)、紫珠 (*Callicarpa bodinieri*)、花椒 (*Zanthoxylum bungeanum*) 等。

乌山木本植物  $\alpha$  多样性中的测算指标大都处于中间水平,其季相变化较为显著,但灌木多样性较差,适当增加些常绿灌木,如福建茶 (*Carmona microphylla*)、龙柏 (*Sabina chinensis*)、含笑 (*Michelia figo*)、马醉木 (*Pieris japonica*)、毛瑞香 (*Daphne kiusiana*)、枸骨 (*Ilex cornuta*)、鹰爪花 (*Artabotrys hexapetalus*)、驳骨丹 (*Buddleja asiatica*)、油茶 (*Camellia oleifera*)、红桑 (*Acalypha wilkesiana*)、紫金牛 (*Ardisia japonica*)、夜合花 (*Magnolia coco*)、胡颓子 (*Elaeagnus pungens*)、桃叶珊瑚 (*Au-*

*cuba chinensis*)、吊灯花 (*Ceropegia trichantha*) 等。

屏山木本植物的各项指标普遍偏低,系统结构比较单一,使其自然生长发育潜力、种群生存和发育空间被限制,特别是人为干扰破坏了系统的平衡关系,应优先考虑丰富配置植物种类,如香椿 (*Toona sinensis*)、钟萼木 (*Tsoongia axillariflora*)、红背山麻杆 (*Alchornea trewioides*)、叶底红 (*Phyllagathis fordii*)、海洲常山 (*Clerodendrum kaichianum*)、化香 (*Platycarya strobilacea*)、臭椿 (*Ailanthus altissima*)、蓝果树 (*Nyssa sinensis*) 等,同时去除一些枯木、病木,营造疏密有度的群落景观,提高绿化植物的抗逆性和稳定性,充分发挥园林植物的生态功能和景观功能。

### 参考文献:

- [1] 王旖静,李景侠. 西安市环城西苑植物景观调查与评价[J]. 西北林学院学报,2013,28(5):240-243,258.
- [2] 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.
- [3] 黄秋淋,苏小青,陈世品,等. 福州市公园绿地植物的多样性[J]. 亚热带农业研究,2014,10(4):252-257.
- [4] 林 凤. 福州市主要公园乔木树种多样性分析[J]. 亚热带农业研究,2008,4(3):173-176.
- [5] 卓孝康,江鸣涛,张林瀛,等. 福州市公园绿地生物多样性研究[J]. 农业科技与信息:现代园林,2013(12):19-23.
- [6] 张盛旺,张 敏. 福州闽江公园植物多样性研究[J]. 台湾农业探索,2013(6):60-65.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 李子林. 福州城市公园生物多样性保护规划研究[D]. 福州:福建农林大学,2011.
- [10] 张 敏. 福州城市滨江绿地植物多样性研究[D]. 福州:福建农林大学,2008.
- [11] 郑爱芬. 青岛市公园绿地木本植物多样性研究[D]. 南京:南京林业大学,2010.
- [12] 欧阳子路,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):257-261,292.
- [13] 孔凡洲,于仁成,徐子钧,等. 应用 Excel 软件计算生物多样性指数[J]. 海洋科学,2012,36(4):57-62.
- [14] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [15] 沈 蕊,张建利,何 彪,等. 元江流域干热河谷草地植物群落结构特征与相似性分析[J]. 生态环境学报,2010,19(12):2821-2825.
- [16] Tan S J, Wei H J, Liu D B, et al. Chengdu institute of study on fauna and similarity coefficients among communities of house and courtyard ants in Chengdu area[J]. Journal of Environmental Entomology, 2010,32(1):11-19.
- [17] Shannon C E. A mathematical theory of communication[J]. BellSystem Technical Journal,1948,27:379-423.
- [18] 陈 蓓,马 睿,秦纪洪,等. 若尔盖湿地公路建设生态恢复中植物群落多样性与相似性研究[J]. 水土保持研究,2013,20(4):115-119.
- [19] Whittaker R H. Evolution and measurement of species diversity[J]. Taxon,1972,21:213-251.