

南京仙林大学城公共绿地木本植物多样性分析*

谢春平¹, 田甜¹, 伊贤贵², 刘大伟¹

(1. 南京森林警察学院 刑事科学技术学院, 江苏 南京 210023;

2. 南京林业大学 生物与环境学院, 江苏 南京 210037)

摘要:【目的】城市绿地具有改善环境、保护环境和美化环境的重要作用;它在提升人居环境、打造宜居城市方面具有不可替代的地位。为更好地了解中国新兴卫星城市的绿地状况,以南京仙林大学城为例,对绿地群落的物种组成和多样性进行了调查分析,以期为此类绿地建设提供科学参考。【方法】在南京仙林大学城的绿地随机设置30个20 m×20 m的样方进行分层调查;利用重要值、多度、多样性指数等对所调查的结果进行分析。【结果】(1)仙林大学城公共绿地共有木本植物27科36属41种,以蔷薇科、木犀科和木兰科植物居多;整体上,外来物种的运用比例偏高,乔木层尤为明显。(2)重要值结果表明香樟、东京樱花、银杏及金边冬青卫矛、石楠、海桐分别为乔木层和灌木层的优势物种;同时这些物种的多度明显高于其他物种。(3)乔木径阶结构表明:该区域以中小径级树木为主,仍有较大的发展空间。(4)群落垂直结构不高,乔木层多数个体集中在3~6 m;灌木层高度集中在0.4~1 m。(5)与其他城市绿地多样性指数比较,该区绿地多样性明显偏低。【结论】改善群落结构特征、提升物种多样性、加强景观特色营造是今后仙林大学城公共绿地建设应着重考虑的方面。

关键词: 物种组成; 多样性; 群落结构; 公共绿地; 大学城

中图分类号: S 718.542

文献标识码: A

文章编号: 1004-390X(2018)06-0993-10

Analysis of Woody Species Diversity of Public Green Space in Xianlin College Town, Nanjing City

XIE Chunping¹, TIAN Tian¹, YI Xiangui², LIU Dawei¹

(1. Faculty of Criminal Science & Technology, Nanjing Forest Police College, Nanjing 210023, China;

2. College of Biology and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: [Purpose] Public green space of urban plays a significant role in improving environment, protecting environment and decorating environment; it has an irreplaceable status on improvement of living environment and creation of livable city. To understand the species composition and diversity of public green space of new satellite city, a case study of Xianlin college town in Nanjing metropolitan, the objective of this paper was to provide scientific reference of construction of green space for the management. [Method] 30 plots (each 20 m×20 m) were surveyed randomly by the method of stratified sampling. The data was analyzed by importance value, species abundance, diversity indices etc. [Results] (1) There were 41 species belonging to 27 families and 36 genera; Rosaceae, Oleaceae and Magnoliaceae contained more species than other families. Generally, alien

收稿日期: 2017-11-04

修回日期: 2018-10-26

网络出版时间: 2018-12-08

*基金项目: 中央高校基本科研业务经费项目(LGZD201808); 江苏省教育厅“十三五”江苏省重点学科项目(2016-2020)。

作者简介: 谢春平(1980—), 男, 海南儋州人, 博士, 副教授, 主要从事植物生态学等方面的研究。

E-mail: ascendens@qq.com

网络出版地址: [http://dx.doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X\(n\).201711010](http://dx.doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X(n).201711010)

species were more than native one, particularly arbor layer. (2) Based on the importance value, *Cinnamomum camphora*, *Cerasus yedoensis* and *Ginkgo biloba* were the dominant species in arbor; in shrub layer, *Euonymus japonicus* var. *aureomarginata*, *Photinia serratifolia* and *Pittosporum tobira* were top three species. Their species abundance were far more than the others. (3) Structure of diameter at breast height (DBH) displayed that more individuals assemble in the height class of 3-6 m and 0.4-1 m in arbor layer and shrub layer respectively. (5) Compared to the other cities, species diversity was lower in studied area. [**Conclusion**] We can draw conclusions that improvement of community structure, increasement of species diversity and creation of special landscape should be paid more attention on the public green space of Xianlin college town.

Keywords: species composition; diversity; community structure; public green space; college town

随着全球城市化进程的不断加快, 城市化所带来的各种生态环境问题也日益突出, 如热岛效应、噪音、自然资源(水、空气、土壤等)污染、生境格局破碎化、生物多样性格局改变、水土流失等一系列问题仍未得到有效解决。尽管如此, 城市绿地却在缓解与改善上述城市病方面有着举足轻重的作用^[1]。时至今日, 人们已普遍接受城市绿地作为完善城市各类生态功能及宜居的必要条件。有研究表明城市绿地具有以下重要功能: (1) 满足城市居民休闲游憩与保持身心健康的功能。城市绿地的多少及丰富程度与缓解精神压力、降低暴力和犯罪呈正相关^[2-4], 有利于改善城市化给人带来的紧张压力。(2) 城市绿地在保护城市生物多样性方面有着重要的贡献。绿地为各种生物提供了丰富的栖息环境, 为其繁衍生息提供了重要的庇护场所^[5]。(3) 城市绿地是城市重要的名片, 常成为一个城市的象征。如美国纽约中央公园^[6]、爱尔兰都柏林凤凰公园^[7]、荷兰阿姆斯特丹冯德尔公园^[8]、英国伦敦海德公园^[9]等均在一定程度上代表了该城市的文化与历史。(4) 为城市居民提供了贴近自然的机会。绿地的存在使城市居民能够便利地贴近自然, 使人类回归自然的属性^[10]。(5) 可提升与改善城市的环境质量。城市绿地不仅具有吸收二氧化碳、制造氧气、吸收有毒气体、杀菌除尘等净化环境的作用, 而且还具有遮阳、降温、增湿和改善局地小气候等多种功能, 从而能够补偿一部分由于城市化而受到损害的自然环境功能^[11]。(6) 为解决城市病提供天然的解决方案, 即通过绿地的增加改善城市生态环境^[12]。因此, 城市绿地在城市生态环境建设过程中具有重要的作用。

城市绿地的重要性已得到普遍的认识, 但在

城市绿地的建设过程中仍存在诸多问题。这些问题主要体现在: (1)“生态—景观—经济”平衡的实现。生态学者要求绿地的自然性, 强调生物多样性与自然构建; 城市居民希望的是景观效果突出, 赏心悦目; 城市管理者则考虑的是经济性与易维护性。因此, 要达到三者的统一与平衡仍需不断提高绿地建设水平。(2) 物种单一, 同质化严重^[13]。有学者对北欧 10 个城市的绿地进行调查发现: 欧洲椴(*Tilia × europaea*)、挪威槭(*Acer platanoides*)、垂枝桦(*Betula pendula*)等少数几个物种在城市中占有较大的比重; 而隶属于槭属(*Acer*)、桦木属(*Betula*)、花楸属(*Sorbus*)、椴树属(*Tilia*)、悬铃木属(*Platanus*)等的物种基本构成了这些城市绿地的主体^[14]。物种单一不仅降低了城市生物多样性, 更使得病虫害爆发的风险进一步提升。(3) 外来物种与乡土物种的选择上存在一定的误区。不可否认外来物种在一定程度上提升了城市生物多样性及亮化了景观效果, 尤其是对那些物种较为缺乏的地区^[15]; 但在引种风险评估不足的情况下, 外来种可能会导致严重的生物灾害^[16]。同时, 外来物种在抗逆性方面有着严重的先天不足^[17]。(4) 城市环境恶劣, 植物生长受抑制, 人为干扰严重。城市绿地植物不仅受到城市热岛效应、灯光效应、土壤板结等问题的困扰^[18-19]; 同时人为侵扰是影响绿地植物生长的重要因素^[20]。

仙林大学城是中国城市化进程中因城市扩张而产生的典型卫星城市。根据南京市“一城三区”的城市发展战略, 仙林新市区位于主城东部, 规划西起绕城公路, 东至栖霞区七乡河, 北起 312 国道, 南至沪宁高速公路, 占地面积约 80 km², 是以发展教育和高新技术产业为主的新市区, 规

划鼓励发展教育科研、文化体育、休闲娱乐、商贸服务、高品质居住等第三产业以及研发加工等高新技术产业^[21]。大学城建立之初即确立了“城市内部绿化景观与外部优良生态环境相呼应,绿色生态空间与城市建设有机融合,做到城市融入自然、自然深入城市”的生态建设理念^[22]。南京仙林大学城建设的近20年来,其新区绿化建设已初见成效,但多数绿地评价主要集中在各大高校^[23-24];本区域公共绿地的评价与分析仍鲜见报道;同时,其是否也存在上述的城市绿地方面的问题,亦有待于进一步商榷。因此,通过对南京仙林大学城公共绿地的植物多样性调查,拟解决以下2个科学问题:(1)探讨仙林大学城公共绿地的基本群落学特征、物种多样性结构、优势树种等;(2)通过与其他城市绿地多样性比较,探讨仙林大学城公共绿地存在的主要问题。最后,旨在通过物种多度、重要值、多样性指数、群落结构等方面进行综合分析,为改善仙林大学城公共绿地的物种组成和优化群落结构方面提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

仙林大学城是南京市重点发展的3个卫星城之一,地处南京东郊(N32°03'00"~32°08'15",E118°51'51"~119°00'48"),属宁镇山脉区域。周边分布有栖霞山、宝华山、灵山等丘陵山地^[25]。区域因大学城建设已对原有地质地貌进行了较大改变;主要土壤类型为红壤土,但土壤腐殖层薄甚至无;现有绿地土壤多为人工覆土或追肥形成。在气候区划上属北亚热带湿润季风气候,四季分明;年降水量约为1100 mm;年均温度15.4℃,极端高温39.7℃,极端低温-13.1℃^[26]。该区原有的地带性植被类型以落叶阔叶林为主。

1.2 样地设置与调查

在南京仙林大学城选取具有代表性的公共绿地进行设样,主要包括诚品城社区广场、仙林入口街心广场、羊山湖公园绿地等为中心调查区域。根据绿地分布的实际情况,随机设置面积为400 m²的样地30个共计12000 m²。以胸径为2 cm为划分标准,对样地内的乔木进行每木调查。在每个样地的4个角和中心各设置1个5 m×5 m的小样方进行灌木调查,调查面积为125 m²。分别记录乔木和灌木的种名、高度、冠幅、胸径、

生长状况等基本情况;同时对样地周围的自然情况及人为干扰等进行相应记录。

1.3 分析方法

(1) 重要值

重要值IV=(相对多度RA+相对频度RF+相对优势度RD)/3,其中乔木和灌木的优势度分别以胸径和盖度表示^[27]。

(2) 多样性

Margalef指数(R)^[28]: $R=(S-1)/\ln N$ 。

Shannon-Wiener指数(H)^[29]:

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i, P_i = \frac{n_i}{N}。$$

Simpson指数(D)^[30]:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}。$$

Pielou均匀度指数(J)^[31]: $J = \frac{H}{\ln S}。$

式中,S为样地中某一公共绿地的树种数; n_i 为物种*i*的个体数;N为全部种的个体总数。上述指数中,Margalef指数不考虑研究面积的大小,而是以一个群落中的种数和个体总数的关系为基础,因此亦可称之为丰富度指数。Shannon-Wiener指数和Simpson指数是以物种数量、全部种的个体数及每个种的个体数为基础,综合反映群落中种的丰富程度和均匀程度的数量指标;Shannon-Wiener指数对稀有种数量变化敏感,而Simpson指数对常见种数量变化反应敏感。Pielou均匀度指数是在Shannon-Wiener指数基础上构建而成的,反映了群落中各物种个体数的分布格局^[32]。各多样性指数均能较好地反映多样性特征,但侧重点有所不同,因此本研究采用多指数进行综合评判分析。

2 结果与分析

2.1 物种组成

表1表明:该群落内共有木本植物41种(含变种等种下等级),隶属于27科36属。从属种组成结构来看,蔷薇科(Rosaceae)、木犀科(Oleaceae)和木兰科(Magnoliaceae)位居前三,分别含有5属(7种)、4属(5种)和2属(4种)。群落内仅有1属1种的科共计21科,分别占有所有科属种分类单元的78%、58%、51%,所占比例逐级下降;含有单属单种的科占有较大的比重,它们在一定程度上提高了分类单元的多样

性。虽然某些科属的组成较为单一，但其出现频度和多度均有较明显的优势，典型的如乔木层的香樟 (*Cinnamomum camphora*)、银杏 (*Ginkgo biloba*) 等，灌木层的金边冬青卫矛 (*Euonymus japonicus* var. *aureomarginata*)、海桐 (*Pittosporum tobira*) 等。因此从分类单元上看，群落的优势科属不明显，寡属种所占比例较大；这反映了调查区域物种组成较分散。

nicus var. aureomarginata)、海桐 (*Pittosporum tobira*) 等。因此从分类单元上看，群落的优势科属不明显，寡属种所占比例较大；这反映了调查区域物种组成较分散。

表 1 仙林大学城公共绿地植物种类组成
Tab. 1 Species composition of public green space in Xianlin college town

种数量 the number of species	科 (属: 种) family (genus: species)
1	银杏科 Ginkgoaceae (1 : 1), 松科 Pinaceae (1 : 1), 柏科 Cupressaceae (1 : 1), 杨柳科 Salicaceae (1 : 1), 榆科 Ulmaceae (1 : 1), 千屈菜科 Lythraceae (1 : 1), 樟科 Lauraceae (1 : 1), 紫葳科 Bignoniaceae (1 : 1), 槭树科 Aceraceae (1 : 1), 杨梅科 Myricaceae (1 : 1), 胡桃科 Juglandaceae (1 : 1), 大戟科 Euphorbiaceae (1 : 1), 海桐花科 Pittosporaceae (1 : 1), 杜鹃花科 Ericaceae (1 : 1), 茜草科 Rubiaceae (1 : 1), 金缕梅科 Hamamelidaceae (1 : 1), 黄杨科 Buxaceae (1 : 1), 山茶科 Theaceae (1 : 1), 胡颓子科 Elaeagnaceae (1 : 1), 忍冬科 Caprifoliaceae (1 : 1), 小檗科 Berberidaceae (1 : 1), 苏木科 Caesalpiniaceae (1 : 1), 蝶形花科 Fabaceae (1 : 1)[23 科 23 属 23 种]
2	卫矛科 Celastraceae (1 : 2) [1 科 1 属 2 种]
4	木兰科 Magnoliaceae (2 : 4) [1 科 2 属 4 种]
5	木犀科 Oleaceae (4 : 5) [1 科 4 属 5 种]
7	蔷薇科 Rosaceae (5 : 7) [1 科 5 属 7 种]

此外，本区域地带性优势科的植物种类较少或缺失，如壳斗科 (Fagaceae)、蝶形花科 (Fabaceae)、榆科 (Ulmaceae)、漆树科 (Anacardiaceae) 等；以重要值大于 2% 物种的组成结构来看 (表 2)，乔木层仅 3 个物种属于宁镇山脉地区的乡土树种，其余均为外来物种；灌木层乡土植物与外来植物的比例为 1 : 1，由此可见整个区域的乡土植物运用比例偏低。一方面是由于乡土植物资源的开发利用程度不高，另一方面也与园林绿化苗木的可选性少有关。因此，后期应加大对该区域乡土树种的引种开发工作。

调查样地内共计有 19 种乔木出现，其中多度位列前三的乔木分别为香樟 (30.52%)、东京樱花 (*Cerasus yedoensis*) (26.06%) 和银杏 (9.62%)，这 3 个物种已经占乔木层个体数的 66.20%，因此它们在多度上占有较大的优势 (表 2)。黄金树 (*Catalpa speciosa*)、桃树 (*Amygdalus persica*) 的多度均为 5.16%；金枝槐 (*Sophora japonica* ‘Gloden stem’)、紫薇 (*Lagerstroemia indica*)、荷花玉兰 (*Magnolia grandiflora*)、鸡爪槭 (*Acer palmatum*) 等的多度在 3% 左右。至此，上述 9 个物种占乔木层所有树种个体数的 90% 以上。由此可见，仙林大学城公共绿地内乔木层物种个体数由少数几个树种占优，余下物种对乔木层个体数量组成结构影响不大。

从物种生活型的组成结构来看 (以重要值大于 2%)，乔木层物种常绿与落叶之比 1 : 4，灌木层之比为 4 : 1；其植物栽植配置基本按照“春

花、夏叶、秋实、冬干”的思路进行；同时一定比例的常绿树种的存在，又保证了冬景不至于过度萧条，提升了城市居民冬天视觉的色彩丰富度。

2.2 重要值

重要值是反映物种在群落中地位的综合性指标，它综合考虑了物种的个体数量、个体大小和对环境的适应等若干因素，能较好地反映出物种在群落中的优势程度。以重要值大于 2% 的物种为代表降序列于表 2，所列乔木层和灌木层各物种的重要值之和均超过 85%，因此这些物种重要值的大小及排序基本反映了仙林大学城公共绿地群落内各种群的地位。从乔木层重要值的情况看，香樟以 34.06% 的重要值居首位，其各分项指标均列首位；其中相对显著度高达 44.14%，即调查样地中大乔木基本以它为主。紧随其后的是东京樱花、银杏和枫杨，它们的重要值分别为 14.93%、13.19% 和 8.25%。由此可见，香樟在群落乔木层中的优势地位要远胜于其他物种。余下物种中，除枫杨和黄金树为大乔木，其余均为小乔木；它们的重要值也随之减小。灌木层各物种中，金边冬青卫矛的重要值位列第 1 达 23.55%，其各分项指标亦是最高。紧随其后的仅石楠 (16.06%) 和海桐 (10.15%) 的重要值大于 10%；杜鹃 (*Rhododendron* sp.)、冬青卫矛 (*E. japonicus*)、桂花 (*Osmanthus fragrans*) 和红叶石楠 (*Photinia×fraseri*) 的重要值大于 5%；余下灌木的重要值均较小，在群落灌木层的优势地位不明显。从重要值的分布格局可以看出：香樟、东京

樱花和银杏构成了仙林公共绿地群落上层主体结构，同时伴以金边冬青卫矛、石楠和海桐为优势种的灌木层。乔木层和灌木层的优势树种均较为突出，但灌木层较乔木层则更为分散。

表 2 仙林大学城公共绿地乔灌木层优势树种重要值
Tab. 2 Importance value of dominant species in public green space of Xianlin college town

优势树种 dominant species	相对多度/% RA	相对频度/% RF	相对优势度/% RD	重要值/% IV	习性 habit
乔木层物种 species in arbor layer					
香樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	30.52	27.54	44.14	34.06	常绿
东京樱花 <i>Cerasus yedoensis</i>	26.06	13.04	5.68	14.93	落叶
银杏 <i>Ginkgo biloba</i>	9.62	14.49	15.44	13.19	落叶
枫杨 <i>Pterocarya stenoptera</i>	1.41	7.25	16.10	8.25	落叶
桃 <i>Amygdalus persica</i>	5.16	5.80	2.16	4.37	落叶
紫薇 <i>Lagerstroemia indica</i>	3.52	5.80	2.16	3.83	落叶
黄金树 <i>Catalpa speciosa</i>	5.16	2.90	0.82	2.96	落叶
金枝槐 <i>Sophora japonica</i> ‘Gloden stem’	3.99	2.90	0.46	2.45	落叶
杨梅 <i>Myrica rabra</i>	0.47	2.90	3.12	2.16	常绿
湖北紫荆 <i>Cercis glabra</i>	2.58	2.90	0.60	2.03	落叶
其他物种 others	11.50	14.49	9.32	11.77	—
灌木层物种 species in shrub layer					
金边冬青卫矛 <i>Euonymus japonicus</i> var. <i>aureomarginata</i>	33.11	18.29	19.25	23.55	常绿
石楠 <i>Photinia serratifolia</i>	12.11	17.07	19.00	16.06	常绿
海桐 <i>Pittosporum tobira</i>	7.35	10.98	12.13	10.15	常绿
杜鹃 <i>Rhododendron</i> sp.	14.19	7.32	8.25	9.92	常绿
冬青卫矛 <i>Euonymus japonicus</i>	8.17	6.10	4.75	6.34	常绿
桂花 <i>Osmanthus fragrans</i>	0.04	10.98	6.75	5.92	常绿
红叶石楠 <i>Photinia</i> × <i>fraseri</i>	8.60	2.44	5.00	5.35	常绿
小蜡 <i>Ligustrum sinense</i>	4.31	2.44	3.50	3.41	落叶
小叶黄杨 <i>Buxus sinica</i> var. <i>parvifolia</i>	3.44	2.44	2.00	2.63	常绿
紫玉兰 <i>Magnolia liliflora</i>	0.03	1.22	6.25	2.50	落叶
其他物种 others	8.65	20.73	13.13	14.17	—

注：表中仅列出重要值大于 2% 的物种。
Note: RA. relative abundance; RF. relative frequency; RD. relative difference; IV. importance value. IVs of species over 2% were listed in the table.

2.3 径级结构

将所调查的乔木划分为 7 个等级，如图 1 所示。其中径级在 (6, 9]范围的占有最大比例达 38.26%，其次是 (9, 12]和 (12, 15]，分别占有 24.88% 和 18.31% 的比例；因此胸径在 6~15 cm 的植株在整个乔木层中占有较大的比重，它们之和达 81.46%；胸径小于 6 cm 和大于 15 cm 的分别占整体的 12.68% 和 5.87%。从各物种的分布情况来看，(6, 9]的以东京樱花占有多数达 61%，同时伴有少量的银杏和香樟。胸径大于 9 cm 的物种以香樟占有多数达 67%，同时还有乌桕 (*Sapium sebiferum*) 等其他物种出现。由此不难看出，仙林公共绿地乔木以中小径级占有多数；随着径级的增大，数量呈递减趋势，大于 18 cm 的

树木零星分布。形成这一结果的原因主要是仙林大学城是在 2000 年才全面进行开发，而众多的

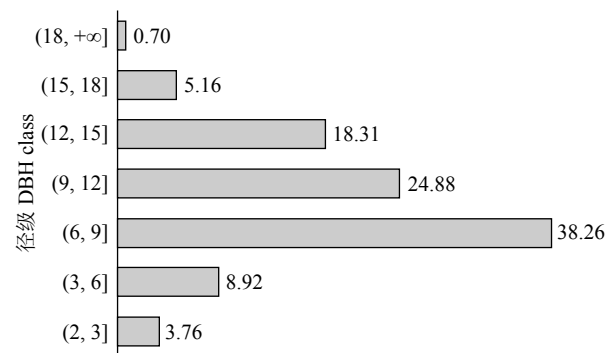


图 1 仙林大学城公共绿地乔木径级结构
Fig. 1 DBH class of arbor in public green space of Xianlin college town

公共绿地亦是随居民的迁入而逐渐增多,因此呈现出乔木以中小径级为主的情况。虽然中小径级的乔木在景观效果上较大树差,但其仍有较大的发展空间;只要管护得当,同样能有较好的生态效益。

2.4 垂直结构

从植株高度数据来看,群落垂直结构第 1 层高度在 8 m 以上,最高可达 10 m;该层乔木占有所有植株的近 6%;其中 68% 为银杏,其余为香樟和枫杨。第 2 层高度在 6~8 m 之间,有 19% 的个体数;该层以香樟为主,占有所有个体数的 66%;其次银杏、垂柳、榉树和枫杨也零星出现。第 3 层高度在 3~6 m 之间,有 76% 的个体数,以东京樱花 (34.47%) 和香樟 (22.67%) 占有多数。因此各层比例约为 6:19:76,以高度低的物种占有多数。灌木层第 1 层[0.4, 1) 的主要物种有金边大叶黄杨、杜鹃、石楠及红叶石楠,分别占比 42%、18%、15%、11%;第 2 层[1, 2) 的主要物种有海桐、冬青卫矛和栀子 (*Gardenia jasminoides*), 分别占比 24%、16%、14%;第 3 层[2, 3) 的物种仅有桂花、女贞 (*Ligustrum lucidum*) 和紫叶李 (*Prunus cerasifera* f. *atropurpurea*), 分别占比 62%、23% 和 15%。整体而言,灌木层植

物高度多集中在 0.4~1 m 之间, 占总灌木株数的 78%, 以卫矛科、杜鹃花科和木犀科为主。

2.5 物种多样性

本研究选用 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、Margalef 指数和 Peilou 指数对仙林公共绿地群落物种多样性进行综合分析, 结果如图 2 所示。从乔木层来看, 每个样地只有 2.3 种乔木存在。Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、Margalef 指数和 Peilou 指数各样地值的范围分别为 [0, 0.69]、[0, 1.27]、[0, 1.37] 和 [0, 0.99]; 平均值分别为 0.36、0.59、0.50 和 0.66。有 0 数值的出现, 说明样地内无乔木栽植或仅有 1 种乔木存在的情况。样地 2、8、12、17、20、23 仅有 1 种乔木存在, 这种单一乔木栽植的方式以香樟和东京樱花出现的频度最高; 这也是它们具有较大度度的一个重要原因之一。样地 7 为无乔木栽植。在灌木层中平均每个样地有 2.7 种灌木, 相应的 4 个指数的平均值分别为 0.29、0.45、0.27 和 0.38, 各指数均明显低于乔木层; 各样地的多样性指数范围值依次为 [0, 0.77]、[0, 1.53]、[0, 0.67] 和 [0, 0.99]。灌木层亦出现了多样性数值为 0 的情况, 其中样地 2、3、5、6 和 25 未栽植有灌木; 这些区域多数是广场地带, 多数样地

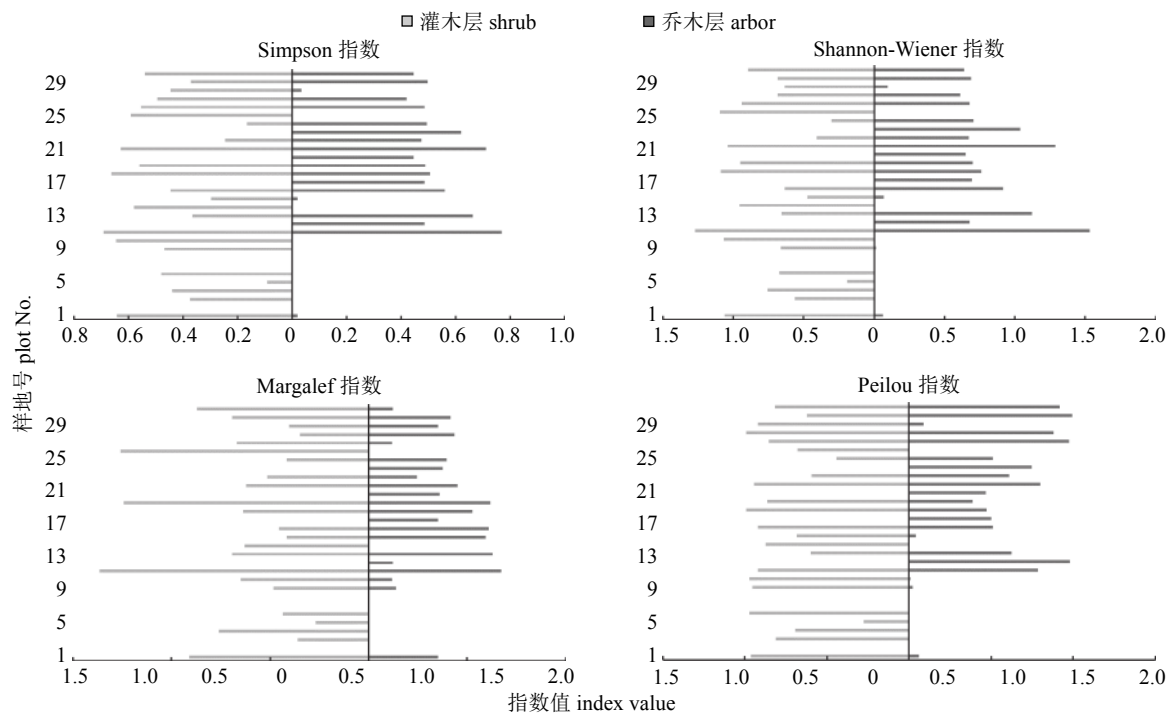


图 2 仙林大学城公共绿地乔灌木层多样性指数

Fig. 2 Diversity index value of arbor and shrub layer in public green space of Xianlin college town

除少数几个乔木树池外,其余均被硬质铺装;而样地4、7和14仅有1种灌木,为成片栽植的模式。综合各样地的多样性数值来看,11号样地乔木层和灌木层的4个指数均具有最高值,说明其多样性最佳。

利用 Shannon-Wiener 指数与国内其他城市绿地多样性进行比较发现:郑州(3.18, 30.6)^[33]、杭州(1.07, 0.99)^[34]、玉溪(4.20, 3.08)^[35]和西安(0.98, 0.89)^[36]的绿地乔灌木层物种多样性指数均高于仙林地区。主要原因是,一方面本区域绿地建成年代较短,植物仍需人工管护来维持群落的发展;另一方面,管护的缺失和人为干扰是多样性低的另一重要原因。仙林地区绿地植物多样性仍有较大的提升空间。后期的科学合理规划、加大引种栽植力度及加强管护是本地区绿地多样性提升的重要措施。

3 讨论

城市绿地的游憩性价值对提高人们的生活质量起到重要的作用,然而发挥这一重要作用的本质是城市绿地具有维持和提高生物多样性的能力^[37]。因此,构建科学、合理的植物群落结构,使绿地稳定、高效和健康地发展,是城市绿化可持续发展的基础^[38]。对仙林公共绿地存在的几点问题及建议探讨如下:

(1) 树种单一,物种多样性低。首先,从种类的组成来看,乔木层和灌木层分别仅有19种和22种,种类较为单一。结合多样性指数也表明本地区公共绿地多样性指数要明显低于其他城市。因此多样性低,种类缺乏成了公共绿地当前最主要的问题之一。其次,从乔木层位居前三的优势树种香樟、东京樱花和银杏的多度值分析,它们的多度累计接近70%;这意味着数量上的优势也仅集中在这几个少数物种,香樟尤为突出。城市绿地“树种选择单一,多样性低”的问题似乎在许多城市均有发生^[39-40]。国内外许多学者对城市树种单一化持否定态度^[14, 41],这种多样性低的城市森林结构不仅直接导致了景观多样性低,而且存在着极大的生物灾害风险。丰富多样性的树种可以阻止或延缓病虫害的扩散;即使爆发了某一种病虫害,由于物种多样性高,也能减轻由此带来的灾害。最典型的例子是曾经肆虐北美及欧洲多个城市的荷兰榆树病(Dutch Elm disease),

导致许多城市在短期内大量榆树死亡^[42],时至今日仍有许多城市“谈榆色变”。城市复杂的环境特征给病虫害的爆发提供了温床,因此绿化树种多样性绝不能仅仅停留在多样性理论的基础上,而是切实可行地在城市绿地规划与维护过程中,科学合理的提升物种多样性,使绿地的生态服务功能发挥到最佳状态。物种多样性对城市生态环境的重要性已形成共识,它不仅在改善城市生态环境方面具有重要意义,而且对丰富城市景观,促进区域社会、经济、文化、环境等方面的可持续发展具有重要意义^[43]。城市绿地群落虽然为人工群落,但通过物种多样性指标依然可反映出城市绿地群落的丰富程度、结构、稳定性水平及其与周边环境的相互关系^[44],从而实现对生态系统功能的评估^[45]。

(2) 乡土树种运用比例偏低。城市化进程不仅改变了城市原有的地理格局与面貌,城市生物多样性的结构也受到了冲击和改变,而外来种与乡土种在城市绿地中运用的争议也从未停止过^[46];尽管如此,乡土树种在长期的自然进化过程中已与当地的气候、土壤等形成了天然的平衡,具有极强的适应性,其优势不言而喻。调查中发现:优势乔木中与南京地区同一气候带的乡土乔木仅3种;而香樟亦勉强算是乡土树种,因为其在江苏的分布主要在苏南地区(偏中亚热带气候特征)。灌木层比例有所提高达到1:1的结构,但由于灌木物种过于单调,且呈成片栽植的模式,因此不能很好地发挥乡土树种的优势。南京地处北亚热带过渡区域,以落叶阔叶林为主;因此,在乡土树种的引种应避免过度强调常绿树种的陈旧观念。南京周边的宁镇山脉孕育着丰富的乡土植物资源,如乔木可加大考虑枫香树(*Liquidambar formosana*)、栎树(*Quercus* spp.)、黄连木(*Pistacia chinensis*)、朴树(*Celtis sinensis*)、榆树(*Ulmus* spp.)、南京椴(*Tilia miqueliana*)、五角枫(*Acer pictum* subsp. *mono*)、野鸦椿(*Euscaphis japonica*)等;灌木可选用荚蒾(*Viburnum* spp.)、四照花(*Cornus kousa* subsp. *chinensis*)、山麻杆(*Alchornea davidii*)、秤锤树(*Sinojackia xylocarpa*)、瓜木(*Alangium platanifolium*)、胡颓子(*Elaeagnus pungens*)、牛鼻栓(*Fortunearia sinensis*)、雪柳(*Fontanesia fortunei* Carr.)和芫花(*Daphne genkwa*)等。这些植物不仅有较高的观赏价值,同时亦有一定的市场苗

木量,对城市环境具有较好的适应性,在城市园林绿化中可直接选用^[47]。

(3)绿化景观效果有待提高,地域特色不足。仙林大学城作为南京的新兴卫星城市,其不论是“大学城”的身份还是依托南京六朝古都的背景,该地的公共绿地景观应充分突出人文与地域特色;在保证植物物种多样性和生态功能性的基础上,努力营造具有文化底蕴的城市公共绿地景观,突出人文与环境的和谐,体现地方特色植物文化韵味及其意境之美。仙林大学城公共绿地景观仍处于培育的初期:一方面苗木的径级均较小,很难体现出枝繁叶茂或繁花似锦的景观;另一方面选用的花木种类较贫乏,仅东京樱花、桃树等少数几个物种有较高的观赏价值;形成这一原因与大学城建设时间较短有一定的关系。梅花(*Armeniaca mume*)作为南京市花,其以韵胜、以格高,若能够在公共绿地景观构建中得到充分重视与应用,不仅提升了大学城景观的风格与韵味,同时也体现了南京的城市精神,有利于城市形象的宣扬,并融入大南京的城市景观氛围中^[48]。因此,在景观营造的前期,可适当增加梅花(*A. mume*)、樱花(*Cerasus spp.*)、海棠(*Malus spp.*)、花楸(*Sorbus spp.*)、梨(*Pyrus spp.*)、玉兰(*Magnolia spp.*)、紫藤(*Wisteria sinensis*)、蜡梅(*Chimonanthus praecox*)等运用较为成熟的树种进行栽植;在绿地群落稳定后再逐渐增加其他物种,提升物种多样性与群落结构的稳定性,同时营造出具有大学城特色的绿地景观。

(4)放眼未来,深耕大学城绿化环境。大学城作为文化教育中心,构建绿树成荫的景象已成为国内外学者的共识^[49]。与国内外其他大学城比较^[50-51],仙林大学城的绿化不可能在短期内就能形成理想中的景观,而是需要一定的时间进行孕育。同时,在中国近年迅速发展形成的新兴卫星城的绿地系统建设中,均会或多或少的存在一定问题,一定程度上是因为建成时间较短所致,但其更深层次原因则与城市的初始规划有直接的相关性。要实现“生态—景观—经济”的三者平衡,则要求城市管理者在卫星城市建设之初进行综合论证与统筹规划,以期实现城市绿地生态效益的最大化。因此,在科学合理规划的基础上,诸如仙林大学城的卫星城市不仅可以疏散中心城市的人口压力,而且其在更先进理念下打造的新城宜居

环境将更有利于城市的发展,由此形成环境的良性循环。

4 结论

城市绿地最大的特点是人类在营造绿地群落的过程中带有强烈的干扰色彩,使其在满足景观效果的同时又尽可能地模拟自然群落的结构特征;因此城市绿地是以土壤为基质、植被为主体、人类干扰为特征,并与微生物和动物群落协同共生的人工生态系统^[52];它在减轻城市化问题、营造宜居环境、提供休闲游憩空间、保护城市生物多样性、促进城市可持续发展和社会和谐等方面发挥着积极的作用。对仙林大学城 30 个样地的调查结果表明:(1)该区域共有木本植物 27 科 36 属 41 种,其中以蔷薇科和木犀科所含种类最多。(2)物种多度分布结构表明:乔木层和灌木层均以少数几个物种占较多的个体。(3)重要值数据显示:乔木层以香樟、东京樱花和银杏占有较大的优势,尤其是以香樟较为突出;灌木层以金边冬青卫矛为最大优势种,其后以石楠和海桐占有一定的优势。(4)多数乔木的径级在 18 cm 以下,说明种植时间较短;乔木生态效益的提高还需要一定的时间。(5)群落垂直结构在 10 m 以下,其中 3~6 m 的高度范围有较多的植株个体存在。(6)多样性指数分析表明:仙林大学城绿地多样性较其他国内城市低,仍需进一步提升绿地群落的物种多样性。

[参考文献]

- [1] 高吉喜,宋婷,张彪,等.北京城市绿地群落结构对降温增湿功能的影响[J].资源科学,2016,38(6):1028. DOI: 10.18402/resci.2016.06.03.
- [2] ULMER J M, WOLF K L, BACKMAN D R, et al. Multiple health benefits of urban tree canopy: the mounting evidence for a green prescription[J]. Health & Place, 2016, 42: 54. DOI: 10.1016/j.healthplace.2016.08.011.
- [3] BOGAR S, BEYER K M. Green space, violence, and crime: a systematic review[J]. Trauma Violence & Abuse, 2016, 17(2): 160. DOI: 10.1177/1524838015576412.
- [4] ASTELLBURT T, MITCHELL R, HARTIG T. The association between green space and mental health varies across the lifecourse. A longitudinal study[J]. Journal of Epidemiology & Community Health, 2014, 68(6): 578. DOI: 10.1136/jech-2013-203767.
- [5] STEWART G H, MEURK C D, IGNATIEVA M E, et al. Urban biotopes of Aotearoa New Zealand (URBANZ) II: floristics, biodiversity and conservation values of urb-

- an residential and public woodlands, Christchurch[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2009, 8(3): 149. DOI: [10.1016/j.ufug.2009.06.004](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.06.004).
- [6] SUTTON P C, ANDERSON S J. Holistic valuation of urban ecosystem services in New York City's Central Park [J]. Ecosystem Services, 2016, 19: 87. DOI: [10.1016/j.ecoser.2016.04.003](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.04.003).
- [7] CASEY C. Dublin: the city within the Grand and Royal Canals and the Circular Road with the Phoenix Park[M]. [S. l.]: Yale University Press, 2005.
- [8] CHIESURA A. The role of urban parks for the sustainable city[J]. Landscape and Urban Planning, 2004, 68(1): 129. DOI: [10.1016/j.landurbplan.2003.08.003](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.003).
- [9] RABBITTS P. Hyde Park: The People's Park[M]. [S. l.]: Amberley Publishing Limited, 2015.
- [10] CARRUS G, SCOPELLITI M, LAFORTEZZA R, et al. Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas[J]. Landscape and Urban Planning, 2015, 134: 221. DOI: [10.1016/j.landurbplan.2014.10.022](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.022).
- [11] SANTAMOURIS M. Cooling the cities-A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments[J]. Solar Energy, 2014, 103: 682. DOI: [10.1016/j.solener.2012.07.003](https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.07.003).
- [12] KABISCH N, STROHBACH M, HAASE D, et al. Urban green space availability in European cities[J]. Ecological Indicators, 2016, 70: 586. DOI: [10.1016/j.ecolind.2016.02.029](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.029).
- [13] GARCILLÁN P P, DANA E D, REBMAN J P, et al. Effects of alien species on homogenization of urban floras across continents: a tale of two mediterranean cities on two different continents[J]. Plant Ecology and Evolution, 2014, 147(1): 3. DOI: [10.5091/plecevo.2014.950](https://doi.org/10.5091/plecevo.2014.950).
- [14] SJÖMAN H, ÖSTBERG, J, BÜHLER O. Diversity and distribution of the urban tree population in ten major Nordic cities[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2012, 11(1): 31. DOI: [10.1016/j.ufug.2011.09.004](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2011.09.004).
- [15] SJÖMAN H, MORGENROTH J, SJÖMAN J D, et al. Diversification of the urban forest-Can we afford to exclude exotic tree species?[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2016, 15(18): 237. DOI: [10.1016/j.ufug.2016.06.011](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.06.011).
- [16] 潘良浩, 史小芳, 陶艳成, 等. 广西海岸互花米草分布现状及扩散研究[J]. 湿地科学, 2016, 14(4): 464. DOI: [10.13248/j.cnki.wetlandsci.2016.04.003](https://doi.org/10.13248/j.cnki.wetlandsci.2016.04.003).
- [17] 罗庆龙, 周琼, 覃文流, 等. 南宁市主要街道绿带园林植物多样性研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(27): 13416. DOI: [10.13989/j.cnki.0517-6611.2009.27.135](https://doi.org/10.13989/j.cnki.0517-6611.2009.27.135).
- [18] CALFAPIETRA C, PEÑUELAS J, NIINEMETS Ü. Urban plant physiology: adaptation-mitigation strategies under permanent stress[J]. Trends in Plant Science, 2015, 20(2): 72. DOI: [10.1016/j.tplants.2014.11.001](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.11.001).
- [19] GASTON K J, BENNIE J, DAVIES T W, et al. The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal[J]. Biological Reviews, 2013, 88(4): 912. DOI: [10.1111/brv.12036](https://doi.org/10.1111/brv.12036).
- [20] MALAVASI M, SANTORO R, CUTINI M, et al. The impact of human pressure on landscape patterns and plant species richness in Mediterranean coastal dunes[J]. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology, 2016, 150(1): 73. DOI: [10.1080/11263504.2014.913730](https://doi.org/10.1080/11263504.2014.913730).
- [21] 南京市仙林大学城管理委员会. 基本情况 [EB/OL]. <http://www.njxl.gov.cn/21931/21943/21944/2017-06-16>. [Management Committee of Nanjing Xianlin College Town. Basic information [EB/OL]. <http://www.njxl.gov.cn/21931/21943/21944/2017-06-16>].
- [22] 胡宏, 张翔, 徐建刚. 南京仙林大学城规划实施检讨与建议[C]//中国城市规划年会—生态文明视角下的城乡规划 2008 城市规划年会论文集. 大连: 大连出版社, 2008.
- [23] 姚榕, 方彦. 南京森林警察学院仙林校区绿地系统植物资源调查与分析[J]. 江苏林业科技, 2011, 38(6): 26. DOI: [10.3969/j.issn.1001-7380.2011.06.007](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-7380.2011.06.007).
- [24] 王琳, 刘萍, 李敬伟, 等. 南京仙林大学城高校新校区绿化植物现状调查与分析[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(2): 272. DOI: [10.15889/j.issn.1002-1302.2011.02.004](https://doi.org/10.15889/j.issn.1002-1302.2011.02.004).
- [25] 朱国飞. 南京仙林大学城规划区景观生态格局变化与优化研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011. DOI: [10.7666/d.Y2038976](https://doi.org/10.7666/d.Y2038976).
- [26] 谢春平, 赵浩彦. 城市近郊构树群落主要种群种间联结及物种多样性研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(7): 85. DOI: [10.14067/j.cnki.1673-923x.2017.07.013](https://doi.org/10.14067/j.cnki.1673-923x.2017.07.013).
- [27] ZHANG H, JIM C Y. Contributions of landscape trees in public housing estates to urban biodiversity in Hong Kong[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2014, 13(2): 272. DOI: [10.1016/j.ufug.2013.12.009](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.12.009).
- [28] GAMITO S. Caution is needed when applying Margalef diversity index[J]. Ecological Indicators, 2010, 10(2): 550. DOI: [10.1016/j.ecolind.2009.07.006](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.07.006).
- [29] KUSHWAHA S P S, NANDY S. Species diversity and community structure in sal (*Shorea robusta*) forests of two different rainfall regimes in West Bengal, India[J]. Biodiversity and Conservation, 2012, 21(5): 1215. DOI: [10.1007/s10531-012-0264-8](https://doi.org/10.1007/s10531-012-0264-8).
- [30] SUBBURAYALU S, SYDNOR T D. Assessing street tree diversity in four Ohio communities using the weighted Simpson index[J]. Landscape and Urban Planning, 2012, 106(1): 44. DOI: [10.1016/j.landurbplan.2012.02.004](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.02.004).
- [31] YANG H J, WU M Y, LIU W X, et al. Community structure and composition in response to climate change in a temperate steppe[J]. Global Change Biology, 2011, 17(1): 452. DOI: [10.1111/j.1365-2486.2010.02253.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02253.x).
- [32] 覃林. 统计生态学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2009.
- [33] 宋良红, 郭欢欢, 侯少沛, 等. 郑州市公园绿地人工植物群落多样性分析与综合评价[J]. 河南科学, 2015, 33(11): 1922.
- [34] 张艳. 上海市长宁区公园绿地群落调查分析与应用[J]. 上海交通大学学报 (农业科学版), 2015, 33(3): 90.

- DOI: [10.3969/J.ISSN.1671-9964.2015.03.014](https://doi.org/10.3969/J.ISSN.1671-9964.2015.03.014).
- [35] 李竹英, 姜跃丽, 王蓉, 等. 玉溪城市绿地园林树木多样性调查研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(16): 229.
- [36] 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. DOI: [10.3969/j.issn.1001-7461.2015.02.45](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-7461.2015.02.45).
- [37] 邱玲, 陈泓, 高天. 融合生物多样性与景观认知评价的城市绿地规划与管理之研究综述[J]. 中国园林, 2016, 32(1): 92. DOI: [10.3969/j.issn.1000-6664.2016.01.020](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-6664.2016.01.020).
- [38] 张朝阳, 周凤霞, 许桂芳, 等. 长沙市绿地植物群落结构特征与优化构建[J]. 林业调查规划, 2009, 34(3): 44. DOI: [10.3969/j.issn.1671-3168.2009.03.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-3168.2009.03.010).
- [39] DEB J C, HALIM M A, RAHMAN H M T, et al. Density, diversity, composition and distribution of street trees in Sylhet Metropolitan City of Bangladesh[J]. Arboricultural Journal, 2013, 35(1): 36. DOI: [10.1080/03071375.2013.770656](https://doi.org/10.1080/03071375.2013.770656).
- [40] JIM C Y, CHEN W Y. Diversity and distribution of landscape trees in the compact Asian city of Taipei[J]. Applied Geography, 2009, 29(4): 577. DOI: [10.1016/j.apgeog.2009.01.002](https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.01.002).
- [41] ZAINUDIN S R, MUSTAFA K A, AUSTIN D, et al. Urban trees diversity in Kuching North City and UNIMAS, Kota Samarahan, Sarawak[J]. Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science, 2012, 35(1): 27.
- [42] KENDAL D, DOBBS C, LOHR V I. Global patterns of diversity in the urban forest: is there evidence to support the 10/20/30 rule?[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2014, 13(3): 411. DOI: [10.1016/j.ufug.2014.04.004](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.04.004).
- [43] 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. DOI: [10.3969/j.issn.2095-0756.2011.03.011](https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-0756.2011.03.011).
- [44] 张艳丽, 李智勇, 杨军, 等. 杭州城市绿地群落结构及植物多样性[J]. 东北林业大学学报, 2013, 41(11): 25. DOI: [10.3969/j.issn.1000-5382.2013.11.007](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-5382.2013.11.007).
- [45] 李娟, 苏宝玲, 张茜, 等. 沈阳市公园绿地植物群落物种多样性分析[J]. 沈阳大学学报(自然科学版), 2015, 27(2): 130. DOI: [10.3969/j.issn.2095-5456.2015.02.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-5456.2015.02.009).
- [46] LOSOSOVÁ Z, CHYTRY M, TICHY L, LOSOSOVÁ. Native and alien floras in urban habitats: a comparison across 32 cities of central Europe[J]. Global Ecology and Biogeography, 2012, 21(5): 545. DOI: [10.1111/j.1466-8238.2011.00704.x](https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00704.x).
- [47] 邱国金, 杨士虎. 宝华山野生观花观果树木资源的开发利用[J]. 中国林副特产, 2004(2): 58. DOI: [10.13268/j.cnki.fbsic.2004.02.039](https://doi.org/10.13268/j.cnki.fbsic.2004.02.039).
- [48] 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]. 浙江农林大学学报, 2007, 24(6): 719. DOI: [10.3969/j.issn.2095-0756.2007.06.014](https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-0756.2007.06.014).
- [49] GUMPRECHT B. The campus as a public space in the American college town[J]. Journal of Historical Geography, 2007, 33(1): 72. DOI: [10.1016/j.jhg.2005.12.001](https://doi.org/10.1016/j.jhg.2005.12.001).
- [50] 张文盛. 福州大学城行道树绿化现状调查与分析[J]. 防护林科技, 2018(4): 62.
- [51] 谢沅陶, 黄华枝. 广州大学城绿地应用树种结构分析[J]. 亚热带植物科学, 2015, 44(4): 331. DOI: [10.3969/j.issn.1009-7791.2015.04.013](https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-7791.2015.04.013).
- [52] 王晓春, 徐强, 周晓峰, 等. 扬州城市绿地植物群落树种组合的选择[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2008, 32(3): 74. DOI: [10.3969/j.issn.1000-2006.2008.03.018](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-2006.2008.03.018).

责任编辑: 何承刚