

几种城市绿地植物物种生物多样性调查方法研究 ——以上海为例

A Study on the Investigation Method of Plant Species Biodiversity in Several Urban Green Spaces: Taking Shanghai as an Example

张冬梅 罗玉兰 张浪* 傅仁杰 有祥亮 尹丽娟
ZHANG Dongmei LUO Yulan ZHANG Lang* FU Renjie YOU Xiangliang YIN Lijuan

(上海市园林科学规划研究院, 城市困难立地生态园林国家林业和草原局重点实验室, 国家林业和草原局城市困难立地绿化造林国家创新联盟, 上海城市困难立地绿化工程技术研究中心, 上海 200232)

(Shanghai Academy of Landscape Architecture Science and Planning, Key Laboratory of National Forestry and Grassland Administration on Ecological Landscaping of Challenging Urban Sites, National Innovation Alliance of National Forestry and Grassland Administration on Afforestation and Landscaping of Challenging Urban Sites, Shanghai Engineering Research Center of Landscape on Challenging Urban Sites, Shanghai, China, 200232)

文章编号: 1000-0283(2024)04-0004-07
DOI: 10.12193/j.laing.2024.04.0004.001
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2024-01-30
修回日期: 2024-03-11

摘要

植物物种生物多样性对于城市绿地生物多样性的维护和促进具有重要意义,是构建健康、稳定的城市生态系统的重要组成部分。生物多样性的精准调查评价是对城市绿地实施科学规划管控、保护性提升,推动城市可持续发展的基础,而制定科学的调查方法是基础。以上海中心城区公园绿地、防护绿地、附属绿地为例,按照绿地规模、绿地形状、空间布局、植被类型及其生态服务功能,采取样方法、网格法、样点法等样地设定方法,选定上海世博文化公园28个微样地、272条主干道道路绿地样段、34处商服附属绿地,采用全面普查、重点调查、专项调查等方法,对绿地新优植物、骨干树种、基调树种、入侵物种、古树名木、立体绿化植物种类开展调查。形成了一套有代表性且可操作性强的植物物种调查方法,为城市绿地生物多样性水平科精准价、新建绿地新优植物开发利用,以及已建绿地植物物种多样性保护性提升提供科学依据。

关键词

公园绿地; 道路绿地; 附属绿地; 植物物种; 生物多样性; 调查方法

Abstract

The biodiversity of plant species is of great significance for the maintenance and promotion of biodiversity in urban green spaces. It is an essential component of building a healthy and stable urban ecosystem. The scientific management evaluation of plant species biodiversity in urban green spaces is the foundation for implementing scientific planning and control, enhancing conservation technology, and promoting sustainable urban development. Developing scientific investigation methods is the foundation. In this study, taking the park green space, green buffer, and attached green space in the central urban area of Shanghai center as examples, according to the green space scale, green space shape, spatial layout, vegetation type, and ecological service function, the regional grid method, Sampling methods, point count method, and other sample plot setting methods were developed. 28 micro sample plots were selected for the Shanghai Expo Cultural Park, 272 primary road green space samples and 34 commercial service ancillary green spaces were surveyed using methods such as comprehensive survey, critical investigation, and special investigation to investigate new and excellent plants, backbone tree species, tone tree species, invasive species, ancient and famous trees, and three-dimensional greening plant species in the green space. A representative and highly operable plant species investigation method has been developed, providing the scientific basis for the precise pricing of urban green space biodiversity level, the development and utilization of new and excellent plants in newly constructed green spaces, and the improvement of plant species diversity protection in existing green spaces.

Keywords

park green space; road green space; attached green space; plant species; biological diversity; survey methods

张冬梅

1970年生/女/河南周口人/博士/教授级高级工程师/上海领军人才/研究方向为城市绿化适生树种选育

罗玉兰

1975年生/女/上海人/硕士/教授级高级工程师/研究方向为园林植物遗传育种、栽培及应用

张浪

1964年生/男/安徽合肥人/博士/教授级高工(二级)/博士生导师/上海领军人才/享受国务院特殊津贴专家/上海市园林科学规划研究院院长,兼任城市困难立地园林绿化国家创新联盟理事长、上海城市困难立地绿化工程技术研究中心主任、城市困难立地生态园林国家林草局重点实验室主任/研究方向为生态园林规划设计与技术研究/本刊主编

基金项目:

上海市科委社会发展科技攻关项目“基于生物多样性的城市困难立地高质量园林绿化智能技术及示范”(编号: 22DZ1202200); 国家自然科学基金面上项目“城市生态廊道多尺度结构与功能连接度的关联机制”(编号: 32171569); 上海市科委社会发展科技攻关项目“超大城市上海公园城市构建关键技术研究与示范”(编号: 23DZ1204400)

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: zl@shsyky.com

城市绿地是城市生物多样性水平的重要载体, 植物物种生物多样性对维持城市生态系统稳定性、提高城市生态效益和服务功能具有重要意义^[1-3]。城市绿地多属于人工植物群落, 绿地规模和功能、植物群落结构、物种种类和数量因土地权属、用地现状、人口增长、生活需求、交通发展等多重因素叠加影响发生变化, 生物多样性水平也存在不稳定性^[4]。不同的城市绿地类型, 其生物多样性水平差异明显。

2002年, 中国住房和城乡建设部按照城市绿地主体功能发布了《城市绿地分类标准》(CJJ/T 85-2002), 将城市绿地分为5大类: 公园绿地、生产绿地、防护绿地、附属绿地和其他绿地; 2011年、2017年, 国家标准委员会和中国住房和城乡建设部相继发布了《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB/T 50137-2011) 和《城市绿地分类标准》(CJJ/T 85-2017), 仍将城市绿地分为5大类, 增加了广场绿地、区域绿地类型, 其他绿地类型具体化, 将生产绿地调整至区域绿地范畴^[5]; 2019年, 新的国家标准《城市绿地规划标准》(GB/T 51346-2019) 将城市绿地进行分类为4大类: 公园绿地、防护绿地、广场用地、附属绿地, 将距离中心城区较远的风景游憩绿地、生态保育绿地、防护性绿地以及生产绿地等归并至其他4类绿地类型中。该分类标准更突显了城市绿地的空间分布及其生态服务功能特征(表1)。

研究表明, 城市绿地因其类型及规模、植物群落结构、景观连接度、外来物种、水体、周边环境及管控措施等, 在植物物种生物多样性水平上差异很大^[6]。陈颖等^[7]对比分析了上海2000-2020年4种城市绿地239个植物群落, 城市绿化面积迅速增加, 植物种类不断丰富, 绿地应用的植物栽培种、

优势种种类呈现出由热带植物向温带植物过度的变化趋势; 对上海环城绿带的物种多样性研究发现, 因树种单一、群落结构单调、人为干扰程度小, 物种数量变化和植物群落结构变化均较小^[8]; 而对上海中心城区居住区附属绿地新优植物应用调查发现, 随着建成时间变化, 不同的用地面积、居民人数有所区别, 植物种类在数量、观赏性、功能性和地域文化性方面差异明显^[9]。因此, 城市绿地生物多样性调查评价需采取不同的方法和指标体系。

1 城市绿地植物物种生物多样性调查方法研究现状

2002年, 国家建设部发出了关于加强城市生物多样性保护工作的通知, 要求各地开展生物资源调查。2009年, 国家林草局发布行业标准《自然保护区生物多样性调查规范》(LY/T1814-2009), 规定了调查范围、周期、内容、方法以及调查对象, 为林业部门主管的自然保护区科学考察提供依据。2020年, 中国生物多样性保护与绿色发展基金会发布团体标准《生物多样性调查与监测标

表1 城市绿地分类标准归纳
Tab. 1 Induction of classification standards for urban green spaces

参照标准 Reference standards	类别 Category	绿地类型 Green space type
城市绿地分类标准 (CJJ/T 85-2002)	公园绿地	综合公园、社区公园、专类公园、带状公园、街旁绿地
	生产绿地	为城市绿化提供草木、花草、种子的苗圃、花圃、草圃等圃地
	防护绿地	道路防护绿地、卫生隔离带、城市高压走廊绿带、防风林、城市组团隔离带等
	附属绿地	居住用地、公共设施用地、工业用地、仓储用地、对外交通用地、道路广场用地市政设施用地和特殊用地中的绿地
	其他绿地	风景名胜區、水源保护区、郊野公园、森林公园、自然保护区、风景林地、城市绿化隔离带、野生动植物园、湿地、垃圾填埋场恢复绿地等
城市绿地分类标准 (CJJ/T 85-2017) 城市用地分类与规划建设 用地标准 (GB/T 50137-2011)	公园绿地	综合公园、社区公园、专类公园、游园
	防护绿地	卫生隔离防护绿地、道路及铁路防护绿地、高压走廊防护绿地、公用设施防护绿地等
	广场绿地	以游憩、纪念、集会和避险功能为主的城市公共活动场地
	附属绿地	居住用地、公共管理与公共服务设施用地、商业服务业设施用地、工业用地、物流仓储用地、道路与交通设施用地、公用设施用地等用地中的绿地
城市绿地规划标准 (GB/T 51346-2019)	区域绿地	风景游憩绿地、生态保育绿地、区域设施防护绿地、生产绿地
	公园绿地	综合公园、专类公园、带状公园
	防护绿地	同(CJJ/T 85-2002)
	广场绿地	与一条城市道路相邻, 且宜结合公共管理与公共服务用地、商业服务业设施用地、交通枢纽用地布置、公园绿地和绿道等布置的绿地
	附属绿地	居住、公共管理与公共服务、商业服务业设施、工业、物流仓储、交通设施、公用设施等用地的绿地

准》(T/CGDF00001-2020), 规范了水(水系、径流量等)、土(地形、地势、土壤等)、气(温度、降水、CO₂、N₂等)、生物(动物、植物、微生物等)的调查和监测, 提供了调查区域内的生物多样性本底调查对象及要求。2021年10月, 中共中央办公厅、国务院办公厅在《关于进一步加强生物多样性保护的意見》中提出, 要持续推进生物多样性调查监测, 完善生物多样性调查监测技术标准体系, 形成统一有序的全国生物多样性保护空间格局。2023年, 国家生态环境部编制多个关于生物多样性观察技术、生物多样性综合观测站建设方面的导则或标准, 以进一步加强生物多样性保护。同年, 中国住房城乡建设部发布团体标准《城市生物多样性调查技术导则》, 对城市市域和城镇开发边界内植物、动物、微生物生物多样性的调查指标体系及调查方法进行了规范, 但聚焦城市中心城区绿地植物物种多样性调查缺乏实证。

城市绿地植物物种受地域、时间、类群分布格局, 加上人为活动因素干扰, 为城市绿地植物多样性调查研究增加了一定的难度^[10]。近些年, 在城市绿地生物多样性系统调查多集中在植物种类的调查^[11-15]、保护^[16-17]及评价^[18,23], 样地样方设定及调查方法不统一, 调查结果差异很大。吴丽娟^[22]根据北京五环内“圈层+放射”城市结构特点, 采用“米字”形样线, 在环线的交叉点对街道、居住区等附属绿地进行植物物种多样性调查; 吴雍欣^[23]以北京市18个县(区)为单元开展植物、外来物种的调查; 成夏岚等^[24]选取海口市综合公园、街旁绿地、城市带状公园、道路绿地、居住区附属绿地等33个面积大于2 hm²的绿地, 在线路调查的基础上, 设定样地调查植物种类、数量、频率、

生长状况等; 杨云峰等^[25]在上海选择有代表性25个公园绿地, 选取一、二级园路作为主线路调查观赏草种类; 徐幼榕等^[26]在社区公园网格法布设样点(间距30 m), 在样点中心设20 m×20 m样方, 在样方中心及4个角点处设置1 m×1 m小样方, 调查自生草本植物种类。在植物生态学研究, 样地大小按照植被类型设定, 如: 森林群落100~2 500 m²、灌丛或高草群落25~100 m²、中低草本群落1~25 m²^[27]。

目前, 针对城市绿地植物物种生物多样性的调查尚未形成一套普遍适用的样地样方设定和物种调查规范。本研究通过文献查询及研究实践, 汇总了一套城市绿地样地设立及调查方法(表2)。

2 上海城市绿地植物物种生物多样性调查实证

本研究选择上海中心城区有代表性的公园绿地、防护绿地、附属绿地三种绿地类型, 分别采取样方法、网格法、样点法设立样地, 采用全面普查、重点调查、专项调查等方法(表3), 开展生物多样性调查分析。

2.1 大型公园绿地生物多样性调查

2.1.1 样地设定及调查方法

利用样方法在上海中心城区选定上海世博文化公园(占地29 hm²)大型公园绿地作为样地, 通过无人机获取俯瞰图, 结合园区内立地类型、植物群落类型及建园骨

表2 城市绿地样地设立及调查方法汇总

Tab. 2 Summary of establishment and investigation methods for urban green space sample plots

绿地类型 Green space type	样地设立方法 Method of setting up sample plots	调查方法 Survey methods	调查内容 Investigation content
公园绿地	网格法、样方法、样带法	普查法、重点调查法(微样地法)、专项调查法	骨干树种及伴生种、乡土树种、新优植物、古树名木、保护物种、入侵物种、致敏植物、灌木、地被、立体绿化
防护绿地	网格法、样方法、样带法	重点调查法、专项调查法	
广场用地	网格法、样方法	普查法、重点调查法、专项调查法	
附属绿地	样点法、样方法	普查法、专项调查法	
区域绿地	样方法、样带法	重点调查法、专项调查法	

注: 普查指对植物物种组成、分布、生境、受干扰情况和保护现状等开展全面摸底调查; 重点调查指在普查基础上进行, 对特定植物开展深入调查; 专项调查指对古树名木及古树后备资源、保护物种、入侵物种等重点关注物种开展针对性调查。

表3 三种城市绿地生物多样性调查实践

Tab. 3 Investigation and analysis of biodiversity in three typical urban green spaces

绿地类型 Green space type	样地设立方法 Method of setting up sample plots	调查方法 Survey methods	调查对象 Respondents
大型公园绿地	样方法	重点调查法(四边形微样地法)	骨干树种及伴生种
道路绿地	网格法	重点调查法、专项调查	骨干树种
居住区及商服区绿地	样点法	普查法、专项调查	新优植物(乔木、灌木、藤本)、古树名木、致敏植物、立体绿化

干树种种类, 划定28个样方(图1)。针对28个样方, 采用四边形微样地法调查骨干树种生长状况, 四边形微样地法是在抽样测点上对包括中心树在内5株树的坐标、胸径、树高等进行测量, 其有效克服了传统方法数据获取周期长, 效率低, 精度差的缺点, 提高效率与精度, 缩短周期, 实现林分的精准测量。具体步骤为: 首先目测最大的骨干树木为领导中心木, 其次在其周围选取4棵观测木, 然后将距离领导木1号树最远的一颗树定义为第5棵树, 连线2~5棵树根基组成四边形微样地, 最后调查微样地骨干树种生长状况。

2.1.2 调查结果与分析

(1) 骨干乔木树种应用频度。28个植物群落中包括了9个骨干乔木树种。包括香樟(*Cinnamomum camphora*)、无患子(*Sapindus mukorossi*)、乌桕(*Sapium sebiferum*)、广玉兰(*Magnolia Grandiflora*)、水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)、银杏(*Ginkgo biloba*)、榉树(*Zelkova serrata*)、东方杉(*Taxodium mucronatum* × *Cryptomeria fortunei*)、黄山栎树(*Koelreuteria bipinnata* 'integrifoliola')。其中香樟出现频度最高, 达到44%, 银杏、无患子超过10%, 水杉、榉树为9%, 其余4种频度较低(图2)。

(2) 植物群落类型、面积及郁闭度。28个植物群落分为5个不同类型, 分别为常绿阔叶林群落、落叶阔叶林群落、落叶阔叶林+常绿阔叶林群落、针叶林群落以及针叶+常绿阔叶林群落。各群落类型及占地面积比例见图3。5个群落类型郁闭度不同, 针叶林群落以及针叶+常绿阔叶林群落最大, 为0.7, 其次为常绿阔叶林群落0.68, 落叶阔叶林+常绿阔叶林群落为0.6, 郁闭度最小的为落叶阔叶林群落0.47。

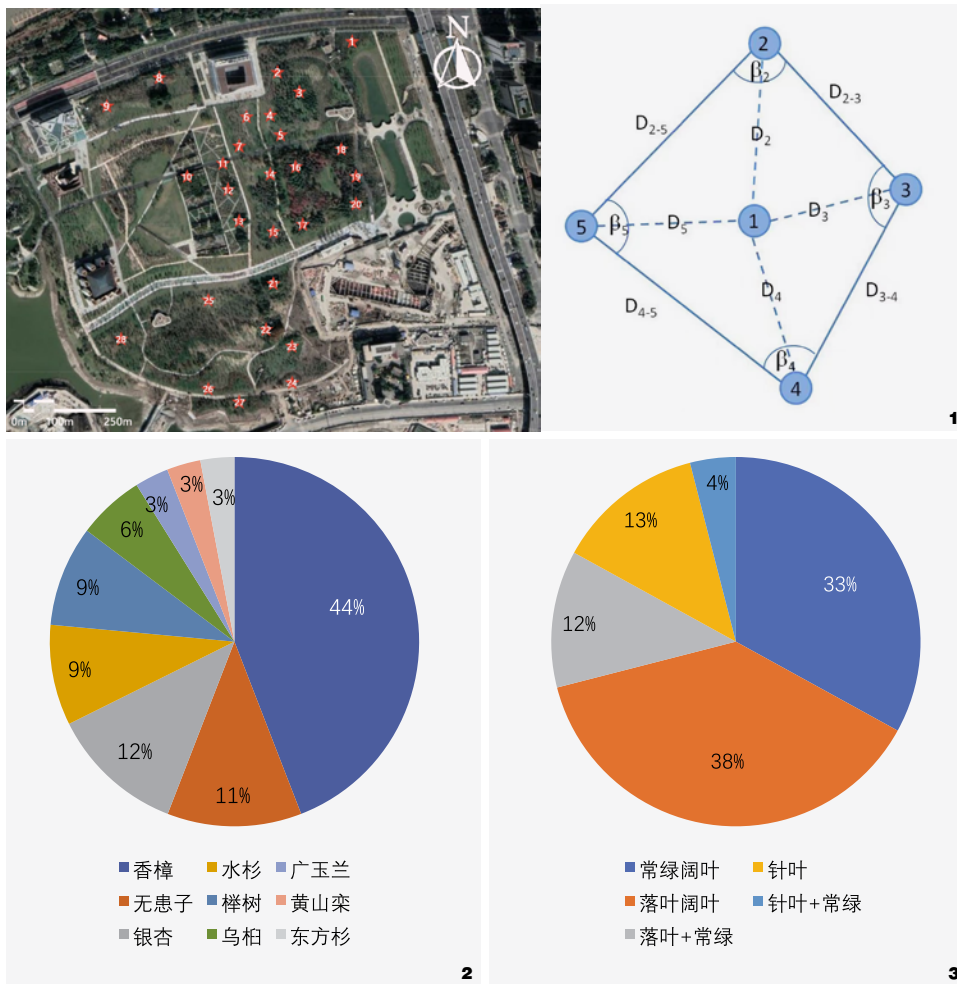


图1 上海世博文化公园样地的28个样方分布及生物多样性调查方法
Fig. 1 28 sample plots distribution and biodiversity investigation methods of Shanghai World Expo Cultural Park

图2 9个骨干乔木树种出现频度
Fig. 2 Frequency of appearance of 9 backbone tree species

图3 不同群落类型占地面积比例
Fig. 3 The proportion of land occupied by different community types

2.2 道路绿地生物多样性调查

2.2.1 样地设定及调查方法

按照上海市行政区划的8个中心城区, 采用网格化随机布点方法, 依次划分布点亚区、绘制网格图、查随机数表、落图布点。(1) 根据8个行政区全部或部分区域的面积和形状, 以道路轮廓清晰可辨为标准, 兼顾布点操作方便、调查工作量适中划分布点亚区, 并确定各亚区计划布点数量。(2) 在A4

纸上按1:10 000的比例计算划出70个网格图(3 cm×3 cm), 查随机数表: 按照任意指定数表中某一位置数字(第*行、第*列), 按从左向右、从上向下选取随机数字(如遇重复数字或超出“编号01-70”范围的数字则弃之不用), 直至取够样本数(落图布点数)为止(图4)。(3) 最终确定市域范围内的有效道路绿地272条。在选定的样地(道路)上, 沿路左右及两侧各100 m, 如遇十字路口, 4

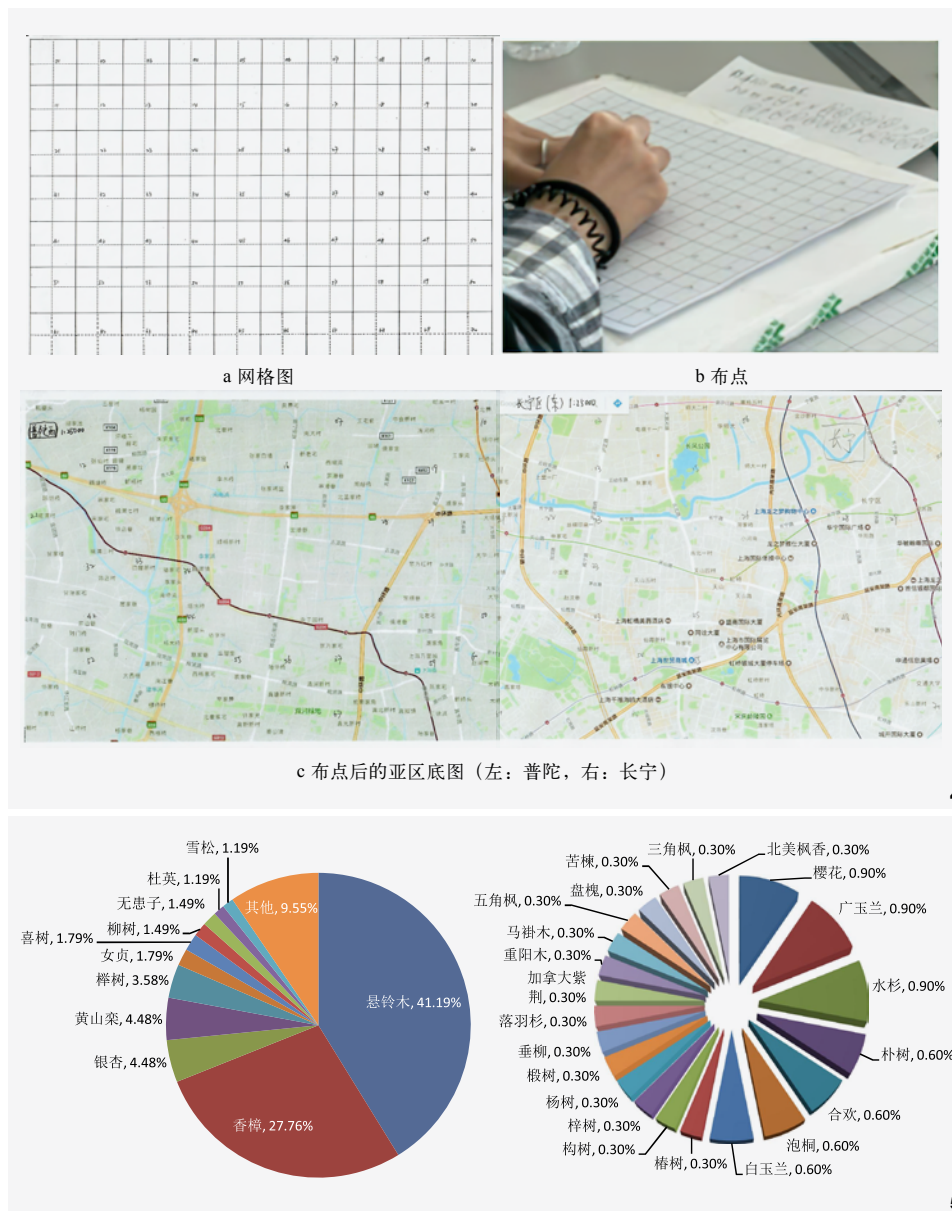


图4 网格化随机布点
Fig. 4 Grid based random point layout

图5 行道树种类及应用频度
Fig. 5 Types and application frequency of roadside trees

个方向各50m路段进行调查。

2.2.2 调查结果与分析

采用重点调查及专项调查, 对选定的272条道路行道树骨干树种、上海市花白玉

兰应用状况进行调查。从应用频度来看, 常见行道树种类排前三的依次为悬铃木、香樟、银杏, 分别占比41.19%、27.76%、4.48%; 常见树种前10的依次为悬铃木、香樟、银杏、黄山栎、榉树、女贞、喜树、柳树、无

患子、杜英, 分别占比41.19%、27.76%、4.48%、4.48%、3.58%、1.79%、1.79%、1.49%、1.49%、1.19% (图5)。从“四化”树种的应用情况来看: 观花树种占4.81%, 主要是樱花、白玉兰; 色叶树种占6.65%, 银杏、榉树、无患子居多; 珍贵树种占0.74%, 主要是椴树、梓树。

2.3 商服区附属绿地

2.3.1 样地设定方法

根据2009年10月上海市商务委员会和上海市规划与国土资源管理局联合公布的《上海市商业网点布局规划纲要(2009年-2020年)》, 规划在全市构建三级商业网点体系: 市级商业中心(14个), 地区级商业中心(外环线以内22个、外环线以外28个)和社区级商业中心。选择14个市级商业中心和20个地区级商业中心(外环线以内)为样地(表4), 基于绿地所属区化、建成年代、绿地形状, 利用卫星地图划定绿地植被调查区域。

2.3.2 调查结果与分析

对新优植物种类及应用频度的调查发现, 附属绿地中新优植物应用树种共152种。其中, 乔木类62种, 灌木类84种, 藤本类6种(表5)。共调查到乔木树种6603株, 其中香樟1074株, 占16.3%; 樱花918株, 占13.9%; 数量达到400~500株的树种为银杏、法国梧桐、垂丝海棠等。常绿乔木2512株, 落叶乔木4091株, 常绿树种与落叶树种比为3:5。84种(品种)灌木树种中, 排列在前三位依次为红叶石楠7307m², 占15.1%; 瓜子黄杨6911m², 占14.3%; 金森女贞6114m², 占12.7%。应用面积在1000~4000m²以上的为红花檵木、杜鹃、金边大叶黄杨、海桐、洒金珊瑚。从应用频度来看, 前10为桂花、

表4 商服区附属绿地基本情况
Tab. 4 RBD basic information

编号 Num.	建成年代 Built time	样地数 Number of sample plots	长度或面积 (幅度) Length or area (amplitude)	分布 Distribution
1	1843-1990	5	长1 599~3 833 m, 面积50 hm ²	黄浦区、静安区、徐汇区、长宁区、虹口区、杨浦区
2	1991-2000	7	面积5.3~219.1 hm ²	黄浦区、徐汇区、普陀区、浦东新区、长宁区、杨浦区
3	2001-2010	4	面积56~9 600 hm ²	闵行区、长宁区、青浦区、嘉定区、黄浦区、静安区、普陀区、浦东新区、徐汇区
4	2011-2020	10	面积5.5~366 hm ²	浦东新区、闸北区、普陀区、黄浦区、宝山区、虹口区

表5 商服区附属绿地树种应用频度
Tab. 5 Application frequency of tree species in RBD

出现频次范围值/次 Frequency of occurrence range value	Top15植物种类 Top 15 plant species		
	乔木 Macrophanerophytes	灌木 Shrubs	藤本 Vine
≥30	香樟	红花檫木、桂花	
30>X≥20	樱花、银杏	杜鹃、瓜子黄杨、金边大叶黄杨、金森女贞、红叶石楠、茶花	
20>X≥10	广玉兰、苏铁、白玉兰、红枫、鸡爪槭、紫薇、垂丝海棠、栾树、法国梧桐、榉树	龙柏、龟甲冬青、构骨、珊瑚树、海桐	
10>X≥5	杜英、乐昌含笑	大叶黄杨、雀舌黄杨	扶芳藤

香樟、红花檫木、杜鹃、樱花、金边大叶黄杨、红叶石楠、瓜子黄杨、金森女贞和茶花、银杏。新优植物应用种类偏少。


3 结论与讨论

国内城市绿地建设普遍存在着“重景观、轻本质”的现象，乡土树种应用逐渐减少，外来树种及栽培品种应用数量增多，自然生境逐步丧失，城市生态系统也由于人类的活动而变得更为脆弱^[26]。加强对城市绿地生物多样性长周期性的调查及监测网络体系建设，及时完善适生植物资源数据库和信息系统，对城市公园建管适生植物选择，保障城市绿

地生物多样性稳步提升意义重大。

科学的调查方法是对绿地生物多样性水平做出精准评价的基础。绿地类型不同，其生物多样性的表征也有差异。卫星图像和遥感技术已成为城市大型公园绿地植被监测及生物多样性参数获取的主要工具。北京市在中心城区核心绿地、建成区绿地、平原林地及山区水源保护林地设置综合观测区和多个辅助观测点，形成“一站多点”的生态系统观测网络体系；上海建成105个城市森林生态国家定位观测研究站点；李程等^[29]将遥感调查与地面调查协同的调查方法与单独使用遥感调查或地面调查技术所获得数据进行

比较，提出协同调查能显著提高绿地指标的准确性、调查的时效性；何荣晓等^[30]利用遥感数据与样方实测数据，建立了海口城市绿地植物多样性遥感监测数学模型，用于监测研究区植物多样性的空间分布状况；有研究对自然保护区和湿地等绿地，采取卫星图像和遥感技术监测植被覆盖和变化趋势，建立基于多种生境条件下的生物多样性预测模型、预警技术体系和应急响应机制^[31]，结合云计算、物联网等信息化手段，整合各级各类资源数据库，实现数据共享，完善生物多样性保护与监测信息云平台^[32]；有报道称，针对种类单一、休闲设施较多的社区花园、附属绿地等小型公园采取灵活的调查方法更有效。有研究利用无人机激光扫描技术，对附属绿地中的立体绿化植物种类进行调查^[32]。目前，本方法仅对居住区及商服区附属绿地的新优植物种类进行了调查，对和居民生活质量息息相关的致敏植物的调查方法尚待完善。

本研究采用样方法、网格法、样点法等样地设定方法，选定上海中心城区人口高密度区的大型公园绿地、主干道路绿地、居住及商服绿地，在绿地样地的选择方面更侧重于和人居环境的密接相关性，以及对居民的社会服务功能性，灵活运用生物多样性的全面普查、重点调查、专项调查等方法，创新了四边形微样地建群骨干树种调查方法，旨在形成一套有代表性且可操作性强的城市绿地植物物种调查方法，为特大城市更新区搬迁地、垃圾填埋场等困难立地高效园林绿化生物多样性水平科精准价、新建绿地新优植物开发利用，以及已建绿地植物物种多样性保护性提升提供科学依据。

注：图1底图源自百度地图，图4由上海测绘院编制，其余图表均由作者绘制。

参考文献

- [1] 毛齐正, 马克明, 邬建国, 等. 城市生物多样性分布格局研究进展[J]. 生态学报, 2013, 33(04): 1051-1064.
- [2] 李果, 吴晓菁, 罗遵兰, 等. 构建我国生物多样性评价的指标体系[J]. 生物多样性, 2011, 19(05): 497-504.
- [3] 马克平, 钱迎倩. 生物多样性保护及其研究进展[综述][J]. 应用与环境生物学报, 1998, 4(01): 95-99.
- [4] 干靓. 城市建成环境对生物多样性的影响要素与优化路径[J]. 国际城市规划, 2018, 33(04): 67-73.
- [5] 王浩宁, 王浩. 新版《城市绿地分类标准》探析[J]. 中国园林, 2019, 35(04): 92-95.
- [6] 曾海聪, 李晨亮, 张君瑶, 等. 城市绿地生物多样性影响因素研究概述[J]. 中国城市林业, 2023, 21(05): 171-178.
- [7] 陈颖. 上海典型城市绿地植物群落的20年动态变化研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2021.
- [8] 贾熙璇, 张庆贵, 戴兴安, 等. 上海环城绿带群落植物多样性20年动态及其干扰响应[J]. 中国城市林业, 2022, 20(06): 31-40.
- [9] 代佳灵. 重庆市中心城区居住区绿化树木的演变及影响因素[D]. 重庆: 重庆大学, 2022.
- [10] MCKINNEY M. Effects of Urbanization on Species Richness: A Review of Plants and Animals[J]. Urban Ecosystems, 2008(11): 161-167.
- [11] 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(02): 257-261.
- [12] 何荣晓, 杨帆, 闫蓬勃, 等. 海南省3座城市的植物多样性水平对比研究[J]. 北京林业大学学报, 2019, 41(04): 107-115.
- [13] 于丹丹, 吕楠, 傅伯杰. 生物多样性与生态系统服务评估指标与方法[J]. 生态学报, 2017, 37(02): 349-357.
- [14] 刘春兰, 陈龙, 乔青, 等. 基于森林资源清查数据的区域生物多样性评价方法: 以北京市为例[J]. 生态与农村环境学报, 2017, 33(11): 1042-1048.
- [15] 万本太, 徐海根, 丁晖, 等. 生物多样性综合评价方法研究[J]. 生物多样性, 2007, 15(01): 97-106.
- [16] 王浩源. 邯郸市植物多样性分布及其管护研究[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2018.
- [17] 张利. 马鞍山市植物多样性评价与保护研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2016.
- [18] 李欣菡, 弓弼, 高丽娟, 等. 千渭之会国家湿地公园植物多样性调查评价[J]. 西北林学院学报, 2018, 33(04): 268-272.
- [19] 杨霞, 谷永丽, 臧德奎. 城市绿地植物物种多样性评价体系的构建[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(04): 166-168.
- [20] 郎金顶. 北京市建成区绿地植物多样性结构和功能评价[D]. 北京: 北京林业大学, 2007.
- [21] 刘义. 北京植物多样性分布影响因素及其保护管理对策[D]. 北京: 北京林业大学, 2011.
- [22] 吴丽娟. 北京城市绿地景观格局与生物多样性保护研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.
- [23] 吴雅欣. 北京地区生物多样性评价研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2010.
- [24] 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(03): 106-108.
- [25] 杨云峰, 孙中腾, 王良桂. 观赏草在上海城市绿地中的应用调查研究[J]. 中国园林, 2019, 35(09): 115-119.
- [26] 徐幼榕, 张梦园, 范舒欣, 等. 城市社区公园自生草本生态位及群落特征——以北京市西城区为例[J]. 安徽农业大学学报, 2023, 50(05): 784-791.
- [27] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2017.
- [28] 林勇, 易扬, 张桂莲, 等. 高光谱遥感技术在城市绿地调查中的应用及发展趋势[J]. 园林, 2023, 29(01): 59-63.
- [29] 李程, 张海涛, 赵宇豪, 等. 基于地面调查与遥感调查协同的城市绿地规模和分布研究: 以青岛市为例[J]. 风景园林, 2019, 26(08): 48-53.
- [30] 何荣晓, 雷金睿, 杨帆. 遥感植被指数与植物多样性的相关性及其空间分布特征研究——以海口市主城区为例[J]. 广西植物, 2021, 41(03): 351-361.
- [31] 许士翔, 宋清欣. 数字化技术在城市绿地调查中的应用[J]. 风景园林, 2014(04): 34-36.
- [32] 杨博, 郭陶然, 郑思俊, 等. 基于公众参与和人工智能技术的上海草本植物多样性监测实践探索[J]. 园林, 2021, 38(12): 112-118.