

城市微绿地生物多样性：价值、影响因素与提升途径

Biodiversity in Urban Micro Green Spaces: Value, Influence Factors, and Enhancement Approaches

王云才^{1,2,3*} 王若静¹ 卢星昊¹
WANG Yuncai^{1,2,3*} WANG Ruojing¹ LU Xinghao¹

(1. 同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200092; 2. 教育部生态化城市设计国际合作联合实验室, 上海 200092; 3. 同济大学高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室, 上海 200092)

(1. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai, China, 200092; 2. Joint International Research Laboratory of Eco-urban Design, Ministry of Education, Shanghai, China, 200092; 3. Key Laboratory of Ministry of Education of Ecology and Energy-saving Study of Dense Habitat of Tongji University, Shanghai, China, 200092)

文章编号: 1000-0283(2023)12-0022-08

DOI: 10. 12193/j. laing. 2023. 12. 0022. 003

中图分类号: TU986

文献标志码: A

收稿日期: 2023-08-02

修回日期: 2023-10-26

摘 要

城市化过程造成全球生物多样性锐减, 而绿地是城市物种的重要栖息地。在有限城市生态空间中建设大型绿地成本昂贵, 微绿地因其选址方便、布局灵活对生态空间具有补充作用。为全面认知微绿地生物多样性的研究成果与规律, 对现有研究进行综述, 并将目前有关微绿地生物多样性的研究分为三个方向:(1) 城市微绿地生物多样性价值;(2) 城市微绿地生物影响机制;(3) 城市微绿地生物多样性提升途径。通过对 39 篇文献的系统评价与荟萃分析, 结果表明:(1) 高度城市化地区是微绿地生物多样性研究的热点区域。(2) 鸟类研究的文献数量居于首位, 哺乳动物研究数量最低, 微绿地的丰富植被群落能支持昆虫多样性, 也能为城市鸟类提供食物来源。(3) 植被覆盖度、植被多度与面积因子的研究频次较高。其中, 面积、绿地率、植被丰度与植被多度与微绿地生物多样性呈正相关, 不透水面面积与噪音则呈负相关。(4) 通过提高植被丰度、增强栖息地连通性等途径能有效促进微绿地生物多样性提升。文献综述结果可以为微绿地生物多样性提升制定科学的生境营造与布局规划策略。

关键词

微绿地; 生物多样性; 城市; 系统评价; 荟萃分析

Abstract

Urbanization has led to a significant decline in global biodiversity, while green spaces are crucial in providing habitats for urban species. However, constructing large green spaces in limited urban ecological spaces is expensive. Micro green spaces offer a flexible layout and convenient location selection, making them a valuable supplement to the ecological space. To understand the research patterns and results of micro green space biodiversity, existing research has been reviewed and categorized into three areas: (1) the value of micro green space biodiversity in urban areas; (2) the mechanisms of the effects of micro green spaces on urban biodiversity; (3) ways to enhance micro green space biodiversity in urban areas. A systematic review and analysis meta-analysis of 39 articles were conducted, revealing revealed that: (1) Highly urbanized areas are hotspots for researching micro green biodiversity. (2) Bird research is the most prevalent, while mammal research is the least. The rich vegetation communities in micro green spaces can support insect diversity and provide food sources for urban birds. (3) Studies on vegetation coverage, vegetation abundance, and area factors are more frequent. Among them, area, green space ratio, vegetation richness, and vegetation abundance are positively correlated with microgreen biodiversity, while impervious surface area and noise are negatively correlated. (4) Promoting microgreen biodiversity can be effectively achieved by increasing vegetation abundance and enhancing habitat connectivity. These findings provide a scientific basis for developing habitat creation and layout planning strategies to enhance micro green space biodiversity.

Keywords

Micro green space; biodiversity; city; systematic review; meta-analysis

王云才

1967年生/男/陕西勉县人/博士/教授、博士生导师/同济大学建筑与城市规划学院生态智慧与生态实践研究中心, 同济大学高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室主任/研究方向为图式语言与景观生态规划设计教学、科研和工程实践

王若静

1999年生/女/四川广安人/在读硕士研究生/研究方向为景观生态规划、风景园林规划设计

卢星昊

1999年生/男/江苏南京人/在读硕士研究生/研究方向为景观生态规划、风景园林规划设计

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: wyc1967@tongji.edu.cn

基金项目:
国家自然科学基金面上项目“图式语言尺度嵌套机理及其适应型设计”(编号: 51978479)

城市化造成物种栖息地丧失是全球生物多样性锐减的重要原因^[1]。人工栖息地的创造可以为野生动植物提供栖息场所,以减轻城市化的负面影响,研究表明在全球54个案例城市中将近1/3的城市存在鸟类濒危种^[2-4]。绿地作为城市重要的栖息地类型,其面积、质量与数量是影响生物多样性的关键因素^[5]。对于高度城市化地区而言,绿地正趋于碎片化与分散化,有限的生态空间及高昂的建设成本限制了大型绿地的开发,在此背景下学界愈发认识到微空间对于城市生物多样性的支持价值,尤其是微绿地(micro green space)对城市整体生物多样性结构性与功能性的补充作用^[3,6-7]。

微绿地所指代的绿地类型在不同语境下有所差异。英文语境中^[8-9],微绿地不仅包括pocket park、small urban gardens and mini-parks等小尺度开放空间,也包括urban farming/gardens、allotment gardens等城市花园,以及部分街头绿地如street workout parks、plazas、green street strips/greenways等。在中文语境下^[9-10],微绿地包括口袋公园、社区公园、小型游园、街旁绿地及附属绿地等。目前,国内外对于微绿地的面积大小没有明确的界定,现有文献选取微绿地的面积介于0.01~5 hm²之间,空间特征为具有一定植被覆盖,并能够提供游憩功能。现有研究已表明微绿地具有多种生态系统服务功能,如为人群提供游憩服务,恢复精神压力以及改善城市微气候^[11-12],同时微绿地也能对生物多样性起到支持作用,相关研究已取得初步进展^[7,13-14]。

不同尺度绿地的构成、结构及功能有所差异,使得绿地的群落构成具有尺度分异特征,目前有关绿地生物多样性的研究已涵盖区域尺度至栖息地尺度^[15-18]。在现有综述文献中,已有城市绿地对生物多样性影响的探讨^[5],以及特定类型绿地如非正规绿地及校园绿地生物多样性价值的综述^[19-20],然而有关微绿地生物多样性的综述仍然欠缺。在此背景下,本研究综合国内外研究成果,首次全面性地对微绿地生物多样性展开系统评价与荟萃分析,旨在解决以下问题:(1)微绿地对于城市生物多样性的价值;(2)城市微绿地生物多样性影响因素;(3)微绿地生物多样性的提升途径。

1 数据来源与研究方法

1.1 文献获取与筛选

本研究在Web of Science中以检索式TS=(“small green space” OR “small park” OR “pocket park” OR “small urban green area” OR “garden”) AND TS=(“biodiversity”) AND TS=(“city” OR “urban”) 对英文文献进行检索(汇总时限为1995年1月-2023年8月),以“微绿地”“微生境”“口袋公

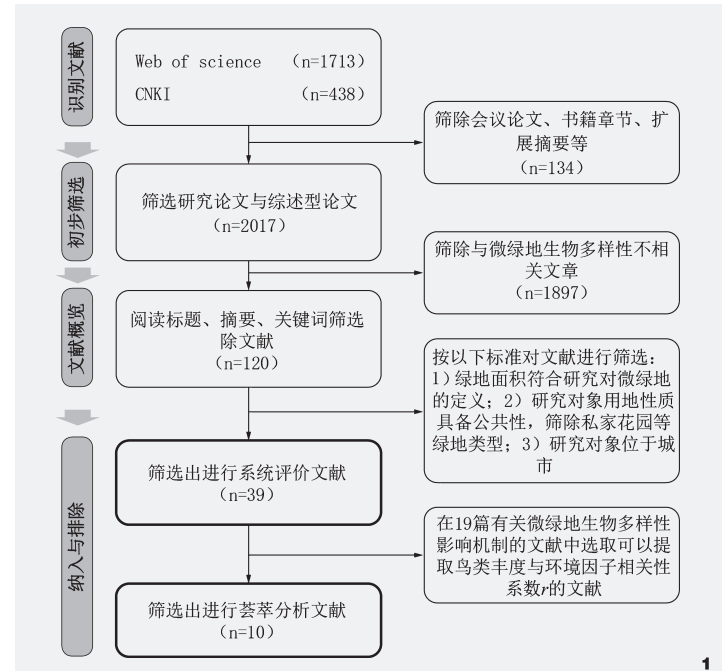


图1 系统评价与荟萃分析的文献筛选流程
Fig. 1 Systematic review and meta-analysis flow diagram of the study selection process

园”“花园”“生物多样性”“城市”等作为关键词在CNKI进行交叉组合检索(汇总时限为1995年1月-2023年8月),共纳入英文文献1 713篇,中文文献428篇。浏览文献标题、关键词与摘要,并按以下标准对文献进行筛选(图1):(1)文献类型为研究论文或综述,筛除会议论文、研究报告等;(2)研究内容需与微绿地生物多样性相关;(3)绿地面积符合研究对微绿地的定义;(4)研究对象用地性质具备公共性,筛除私家花园等绿地类型;(5)研究对象位于城市。最终纳入符合标准的文献共39篇,其中英文文献30篇(包括29篇研究论文,1篇综述),中文文献9篇(包括6篇研究论文,3篇综述)。

1.2 文献数据分析

本研究采用系统评价与荟萃分析的方法对文献数据进行定量分析。在对39篇文献系统评价基础上,进一步从19篇有关微绿地生物多样性影响因素的研究中筛选出可以进行荟萃分析的文献。物种丰度(Richness)、多度(Abundance)与香农多样性指数(SHDI)是用来衡量生物多样性的常用指标,选择检索文献中提供的物种丰度指标与环境变量间的相关性系数 r (Pearson correlation coefficient r)作为效应量,其中共4篇文献在正文或附件中提供了 r 值。对未提供 r 值的文献,采用转换

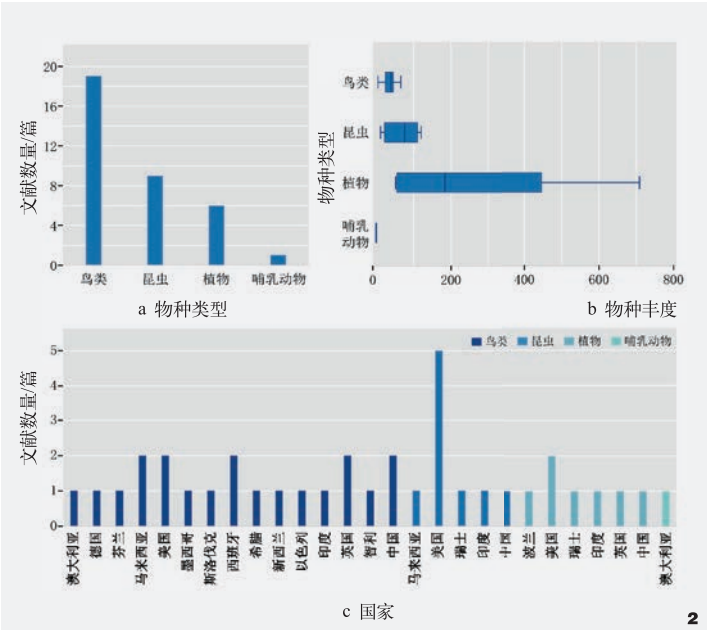


图2 微绿地生物多样性研究成果
Fig. 2 Research achievements in biodiversity of micro green space

线性回归系数以及利用文献附录提供的数据计算 r 值的方式进行数据补充，最终可用于荟萃分析的文献共10篇，筛除研究频次少于3的因子后共9项环境因子用于荟萃分析^[5]。为使 r 更接近于正态分布，对 r 值进行Fisher's z转换，计算见公式(1)(2)(3)^[5]。

$$z = \frac{1}{2} * \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right) \tag{1}$$

式中， z 为经Fisher's z转换后的相关性系数 r 。

$$V_z = \frac{1}{n-3} \tag{2}$$

式中， V_z 为 z 的方差； n 为样本数量。

$$S_E = \sqrt{V_z} \tag{3}$$

式中， S_E 为 z 的标准误。

由于不同城市样本间差异较大，研究将呈现较大异质性，因此选择随机效应模型进行荟萃分析^[21]，并采用 Q 、 I^2 检验荟萃分析结果的异质性，计算过程在R中应用“metafor”包完成。

2 结果分析

2.1 文献总体特征

对文献进行整体分析，其研究成果可以分为三个方面：(1) 微绿地的生物多样性价值；(2) 微绿地生物多样性的影响因素；(3) 城市微绿地的生物多样性保护与提升。微绿地生物多样性价值研究

内容多为物种调研及群落分析。近半数论文(19篇，占比52.78%)对微绿地鸟类多样性形成机制进行探讨。相比之下，有关微绿地生境营造的研究较少(3篇)。

检索文献中微绿地涵盖口袋公园、公共广场、份地花园、社区花园、道路带状绿地、专类花园、校园绿地等多种类型。如表1所示，研究对象主要分布于北美、东亚、欧洲和大洋洲，其中美国(9篇)与中国(6篇)是研究的主要案例地。其次为英国(3篇)、波兰(2篇)、瑞士(2篇)、西班牙(2篇)、澳大利亚(2篇)与马来西亚(2篇)。微绿地更受城市化水平较高地区的重视，美国微绿地研究数量最多的城市为纽约(3篇)，也包括华盛顿(1篇)、洛杉矶(1篇)及波士顿(1篇)等经济发展水平较高的城市。中国文献研究对象频次以上海为首(4篇)，其次为北京(1篇)及哈尔滨(1篇)。

2.2 微绿地的生物多样性价值

检索文献中微绿地物种研究对象结果如图2，表2所示，鸟类(19篇)、昆虫(9篇)、植物(6篇)与哺乳动物(1篇)。其中，哺乳动物在微绿地中受关注较少，仅有1篇文献针对特定物种澳大利亚曼哲拉西南袋狸，分析其生境影响因素。

昆虫丰度均值仅次于植物(70.38±41.42)，蜜蜂及蝴蝶是微绿地昆虫多样性研究数量最多的物种。如Fetridge等^[27]与Matteson等^[35]分别在纽约城市花园中观察到蜜蜂110种与54种。微绿地昆虫多样性的研究成果主要来自于美国，小型城市花园是美国重要的绿地组成，作为半自然栖息地，城市花园的外来物种比例较高，植物丰富度的提升可以支持昆虫多样性，如地被覆盖和花卉多样性可以提升花园蜘蛛丰度^[51]。

表1 各国家微绿地生物多样性研究(文献研究区域可包含多国)
Tab. 1 Research quantity on micro green biodiversity in different countries (including multi-national studies)

国家 Country	文献数量/篇 Quantity of papers	国家 Country	文献数量/篇 Quantity of papers
美国	9	芬兰	1
中国	6	墨西哥	1
英国	3	斯洛伐克	1
澳大利亚	2	希腊	1
波兰	2	新西兰	1
马来西亚	2	以色列	1
瑞士	2	印度	1
西班牙	2	智利	1
德国	1		

表2 微绿地物种调研结果
Tab. 2 Species survey results of micro green space

作者 Author	国家 Country	研究区域 Study area	公园类型 Type of park	物种 Specie	气候类型 Climate	物种丰度 Richness	样本数量/个 Sample size
Amaya-Espinel等 ^[7]	智利	圣地亚哥	城市微绿地 (Small urban parks)	鸟类	地中海气候	28	60
Biroli等 ^[22]	英国	牛津	城市庭院花园 (Urban courtyard gardens)	鸟类	温带海洋性气候	43	20
Carbó-Ramírez等 ^[23]	墨西哥	帕丘卡	城市微绿地 (Small urban green spaces)	鸟类	热带草原气候	39	19
Chamberlain等 ^[24]	英国	未说明	城市花园 (Gardens)	鸟类	温带海洋性气候	41	12 892
Clarke等 ^[25]	美国	洛杉矶	城市社区花园 (Urban community gardens)	植物	地中海气候	707	未说明
Day ^[26]	新西兰	汉密尔顿	城市花园 (Urban gardens)	鸟类	温带海洋性气候	15	30
Fetridge等 ^[27]	美国	纽约	城市社区花园 (Residential gardens)	蜜蜂	温带大陆性气候	110	21
Ikin等 ^[13]	澳大利亚	堪培拉	城市口袋公园 (Pocket parks)	鸟类	亚热带季风性湿润气候	44	109
Jasmani等 ^[28]	马来西亚	八打灵再也	城市微绿地 (Small urban parks)	鸟类、蝴蝶	热带雨林气候	22 (鸟类)、23 (蝴蝶)	9
Jasmani等 ^[29]	马来西亚	八打灵再也	城市微绿地 (Small urban parks)	鸟类	热带雨林气候	22	9
Korňan ^[30]	斯洛伐克	兹沃伦	城市小型公园 (Small urban parks)	鸟类	温带大陆性气候	31 (样本1)、39 (样本2)、45 (样本3)	3
Kristancic等 ^[31]	澳大利亚	曼哲拉	城市社区花园 (Residential gardens)	西南袋狸	地中海气候	未说明	未说明
Liordos等 ^[32]	希腊、芬兰	卡瓦拉、罗瓦涅米	城市微绿地 (Small-sized managed green spaces)	鸟类	地中海气候、亚寒带针叶林气候	30 (卡瓦拉)、21 (罗瓦涅米)	19 (卡瓦拉)、19 (罗瓦涅米)
Martin等 ^[33]	美国	菲尼克斯	城市小型公园 (Small parks)	植物	亚热带沙漠气候	279	16
Matteson等 ^[34]	美国	纽约	城市社区花园 (Urban gardens)	蝴蝶、蜜蜂、黄蜂	温带大陆性气候	15 (蝴蝶)、45 (蜜蜂)、39 (黄蜂)	18
Matteson等 ^[35]	美国	纽约	城市花园 (Urban gardens)	蜜蜂	温带大陆性气候	54	19
Mauro等 ^[36]	美国	华盛顿	城市花园 (Gardens)	蝴蝶	温带大陆性气候	12	135
Paker等 ^[37]	以色列	特拉维夫	城市花园 (Urban gardens)	鸟类	地中海气候	65	21
Peris等 ^[38]	西班牙	萨拉曼卡	城市小型公园 (Small urban parks)	鸟类	温带大陆性气候	21	20
Plascencia等 ^[39]	美国	蒙特利、圣克拉拉、圣克鲁兹	城市花园 (Urban gardens)	蜜蜂	地中海气候	43	18
Quesada等 ^[40]	西班牙	阿夫雷拉	城市份地花园 (Small garden allotments)	鸟类	地中海气候	34	未说明
Rega等 ^[41]	美国	巴尔的摩	城市微绿地 (Small green space)	鸟类	亚热带海洋气候	4	未说明
Speak等 ^[42]	英国、波兰	曼彻斯特、波兹南	城市份地花园 (Allotment gardens)	植物	温带海洋性气候、温带大陆性气候	87 (曼彻斯特)、357 (波兹南)	497 (曼彻斯特)、1 164 (波兹南)
Strohbach等 ^[14]	美国	波士顿	城市微绿地 (Small green space)	鸟类	温带大陆性气候	43	未说明
Sultana等 ^[43]	德国	弗莱堡、雷根斯堡	城市微绿地 (Small urban green areas)	鸟类	温带海洋性气候	21 (弗莱堡)、28 (雷根斯堡)	9 (弗莱堡)、8 (雷根斯堡)
Swamy等 ^[44]	印度	班加罗尔	城市社区公园 (Neighborhood parks)	植物、鸟类、昆虫	热带季风气候	55 (植物)、45 (鸟类)、109 (昆虫)	37
Tresch等 ^[45]	瑞士	苏黎世	城市花园 (Urban gardens)	昆虫	温带海洋性气候	120	85
Young等 ^[46]	瑞士	苏黎世	城市花园 (Gardens)	植物	温带海洋性气候	120 (平均物种数量)	85
干靓等 ^[47]	中国	上海	城市微生境	鸟类	亚热带季风性气候	47	51
干靓等 ^[48]	中国	上海	城市街旁绿地	鸟类	亚热带季风性气候	47	23
李思博娜等 ^[49]	中国	哈尔滨	城市口袋公园	植物	温带季风气候	52	6
余珺莹等 ^[50]	中国	北京	城市微绿地	蝴蝶	温带季风气候	16	48

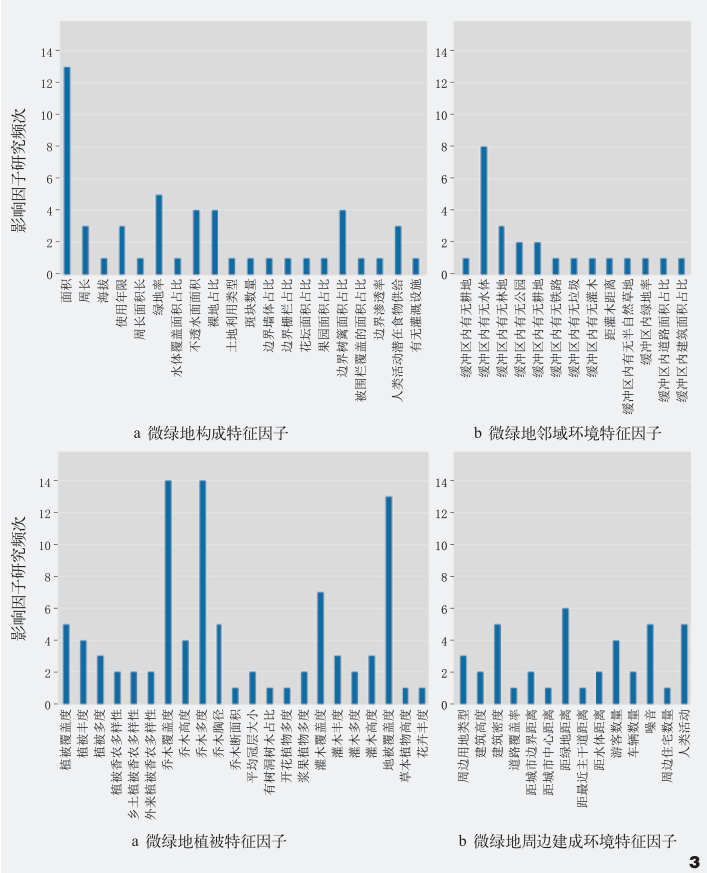


图3 微绿地生物多样性影响因子研究频次
Fig. 3 Frequency of research on micro green space biodiversity impact factors

鸟类是微绿地生物多样性研究中最常被研究的物种，其研究成果主要来自于马来西亚、美国、西班牙、英国与中国。检索文献中以以色列特拉维夫市微绿地中调查到鸟类物种数量最高为65。微绿地中鸟类多为边缘种^[29]，常栖息于指状、网络状的空间，能够适应城市较为开放、复杂的城市环境。鸟类食性则多为食虫与杂食性，场地丰富的植物群落为小型节肢动物提供栖息空间，成为食虫鸟类的重要食物源^[4,23,40]。杂食性鸟类食性广泛，能利用人类活动遗留的食物残渣等作为食物源，适应能力较强。除常见种外，微绿地也存在部分濒危种，如在西班牙阿夫雷拉的小型份地花园中观测到6种当地濒危鸟类，墨西哥帕丘卡的微绿地中记录到1种当地受威胁鸟类。

植物通常在微绿地中保持着较高的物种多样性，文献微绿地植物平均丰度为256.17±232.63，其中Clarke等^[25]在美国洛杉矶社区花园中观测到植物丰度最高为707种。研究表明，微绿地的植物多样性与其所

在区域的经济情况相关^[33]。在人工精心营造与高品质管理的驱动下，份地花园、社区花园具有较高植物多样性，其物种类型以观赏与可食植物为主。

总体而言，微绿地作为城市快速扩张情景下重要的绿地类型，由于高品质的景观营造与管理，使其保持较高的植物多样性。多样化的植物花期与花色能够吸引更多传粉昆虫，进而提升昆虫丰富度。尽管微绿地的物种易受人类活动干扰，部分对城市适应性较强的物种能够从人类活动所遗留的食物残渣中获取食物源，在微绿地中保持较高种群数量。

2.3 微绿地生物多样性的影响因素

2.3.1 影响因子研究频次

有关微绿地生物多样性影响因素的19篇文献所涉及的环境因子共69项，可分为4个维度(图3):(1)微绿地构成特征因子;(2)微绿地邻域环境因子;(3)微绿地植被特征因子;(4)微绿地周边建成环境特征因子。以微绿地构成特征因子而言，微绿地面积是最受重视的因子(n=13)，多项研究结果表明绿地面积是制约生物多样性的首要因子^[39,52]。部分学者关注到更微观的景观要素如墙体、栅栏、花坛等。对于邻域环境特征因子，学者主要关注微绿地缓冲区范围的水体要素。在植被特征因子中，乔木覆盖度(n=14)与乔木多度(n=14)研究频次最高，地被覆盖度(n=13)次之。同时有研究进一步细致划分物种类型，探讨本地与外来物种对微绿地生物多样性的影响。周边建成环境因子如建筑要素、交通路网、噪音等多为城市干扰要素，对微绿地生物多样性具有负面影响。

2.3.2 影响因子荟萃分析结果

(1) 影响因子与鸟类丰度关系的荟萃分析。如图4所示，本研究从10项有关环境因子对鸟类丰度影响的文献中提取相关性系数 r ，共9项因子被分为4个维度参与荟萃分析。其中有7项因子对鸟类丰度具有促进作用：微绿地面积($z=0.27$, 95%CI=0.04 ~ 0.50, $p<0.0001$)、绿地率($z=0.51$, 95%CI=0.33 ~ 0.69, $p<0.0001$)、植被丰度($z=0.29$, 95%CI=0.01 ~ 0.58, $p=0.042$)、植被多度($z=0.28$, 95%CI=0.11 ~ 0.45, $p=0.002$)、乔木覆盖度($z=0.19$, 95%CI=-0.01 ~ 0.40, $p=0.066$)、灌木覆盖度($z=0.35$, 95%CI=0.12 ~ 0.58, $p=0.003$)与地被覆盖度($z=0.08$, 95%CI=-0.17 ~ 0.34, $p=0.514$)。两项因子与鸟类丰度呈负相关：不透水面面积($z=-0.31$, 95%CI=-0.58 ~ -0.04,

$p=0.0234$)、噪音 ($z=-0.10$, $95\text{CI}=-0.39 \sim 0.20$, $p=0.525$)。

(2) 异质性检验。绿地构成维度三项指标微绿地面积 ($Q=12.206$, $I^2=42.65\%$)、绿地率 ($Q=4.483$, $I^2=10.78\%$) 与不透水面面积 ($Q=0.63$, $I^2=0.00\%$) 均无异质性, 荟萃分析结果较优。植被多样性维度两项指标植被丰度 ($Q=1.665$, $95\text{CI}=0.01 \sim 0.58$, $I^2=0.00\%$) 与植被多度 ($Q=0.788$, $95\text{CI}=0.11 \sim 0.45$, $I^2=0.00\%$) 无异质性。植被覆盖维度指标植被覆盖包括乔木覆盖度 ($Q=26.259$, $I^2=58.11\%$)、灌木覆盖度 ($Q=13.334$, $I^2=55.00\%$) 与地被覆盖度 ($Q=12.677$, $I^2=60.56\%$) 结果具有异质性, 而干扰因子噪音 ($Q=0.091$, $I^2=0.00\%$) 结果无异质性。总体而言, 除绿地覆盖维度的指标仍需更多文献进一步证明与微绿地生物多样性的相关性外, 其余因子分析结果较优。

(3) 偏倚分析。本研究以Egger's线性回归检验发表偏倚, 各项因子的 p 值均大于0.05 (表3), 表明结果不存在发表偏倚。

3 微绿地生物多样性提升途径

3.1 微观营造：微绿地生境物种适宜性提升

微绿地的建设受限于周边场地, 边缘效应较强, 建筑、道路对场地干扰较强, 在微绿地中提高植被覆盖可以适当减缓城市对绿地内生物群落的影响。植物多样性与鸟类、昆虫等物种多样性呈正相关, 在有限面积下, 可以通过景观营造的方式提高植被丰度。研究表明具有树洞的植被群落具有更高的鸟类丰度^[14], 对微绿地景观营造而言, 可以通过人工设计的方式构建小型鸟类筑巢装置, 为物种提供隐蔽的栖居空间。尽管人类活动将对鸟类造成负面影响, 但人群游览过程所遗留的食物残渣为部分杂食鸟类提供了觅食机会, 在景观空间中适当构筑餐吧可以为鸟类

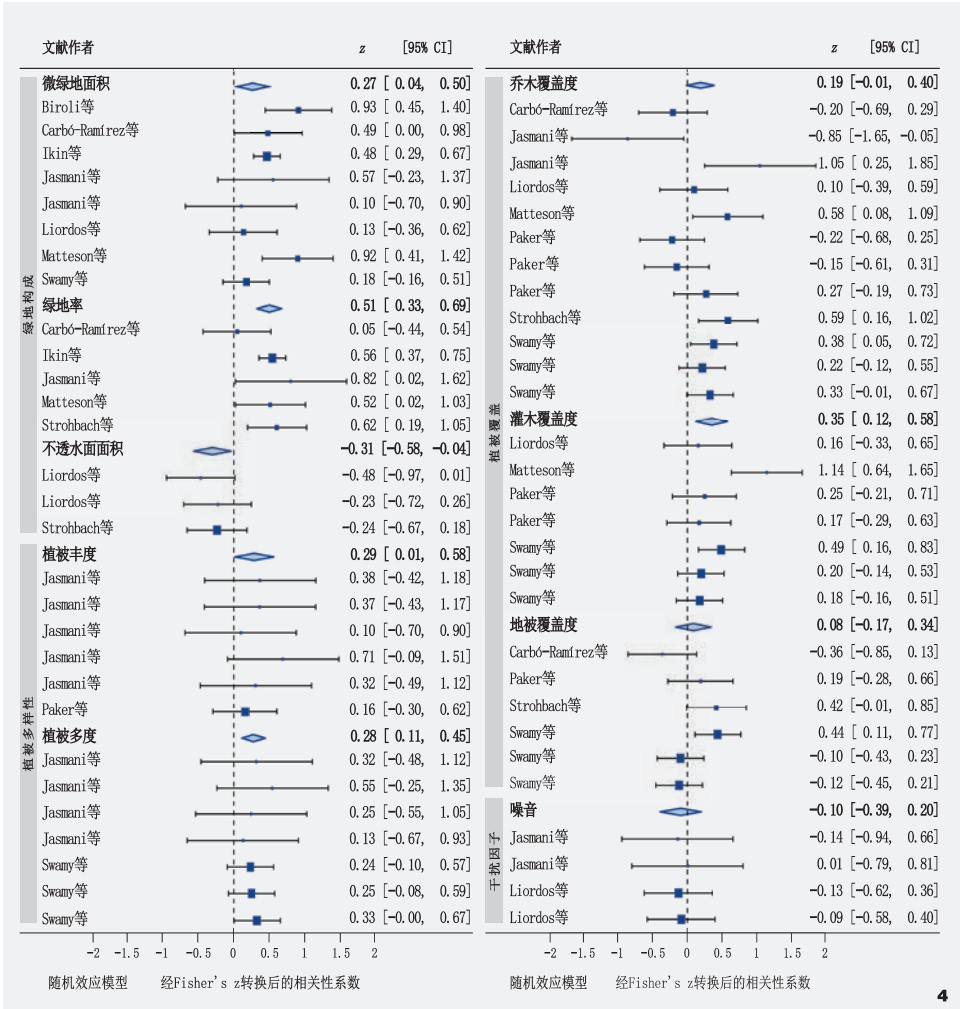


图4 环境因子对微绿地生物多样性的影响
Fig. 4 The influence of environmental factors on biodiversity in micro green space

表3 Egger's检验结果
Tab. 3 The results of Egger's

影响因素 Factors	p值 The corresponding p-value	95%置信区间 95% CI
微绿地面积	0.928	[-0.159, 1.061]
绿地率	0.975	[-0.052, 1.066]
不透水面积	0.694	[-3.607, 4.634]
植被丰度	0.469	[-1.334, 1.061]
植被多度	0.864	[-0.198, 0.687]
乔木覆盖度	0.516	[-0.339, 1.219]
灌木覆盖度	0.401	[-1.578, 1.138]
地被覆盖度	0.790	[-1.361, 1.975]
噪音	0.904	[-1.436, 1.092]

提供部分食物源。

3.2 整体布局：微绿地对生态网络的结构性补充

高度连通的生态网络有利于物种的扩散与迁移，以城市尺度而言，微绿地作为高密城市中的低成本绿色基础设施组件，起到生态垫脚石作用。综合考虑场地本身生境特征、面积及场地间的距离合理营造小微生境，通过近自然的城市森林建设方法合理配置植物资源与结构，提高场地原生物种占比及生境结构多样性，可以将城市大中型斑块有效连通，促进种群间的互动，提升城市栖息地的连通性，从而保证生态网络的完整性和连续性。

4 结论

城市绿地对维持生物多样性具有重要作用，微绿地能够在高密度城区灵活布局成为建设用地紧张情景下的重要的生态空间类型。通过系统评价与荟萃分析对城市微绿地生物多样性研究进行回顾，得到以下结论：（1）哺乳动物、昆虫、鸟类及植物是城市微绿地主要受关注的物种类型，鸟类的研究数量居首位，哺乳动物受关注较少，此外微绿地通常具有较高植物多样性；（2）高度城市化地区是微绿地生物多样性研究的热点区域；（3）植被覆盖度、植被多度与面积是微绿地生物多样性研究中关注较多的影响因素；（4）微绿地面积、绿地率、植被丰度与植被多度对于微绿地生物多样性具有促进作用，而不透水面面积与噪音对微绿地生物多样性呈负面影响，植被覆盖维度因子荟萃分析结果具有异质性，需要进一步研究加以佐证。有关微绿地生物多样性价值与影响因素的研究已取得初步成果，然而以生物多样性

保护与提升为导向的微绿地生境营建与布局规划的研究成果仍然欠缺，可以在未来进一步探讨。

注：文中图表均由作者绘制。

参考文献

[1] GRIMM N B, FAETH S H, GOLUBIEWSKI N E, et al. Global Change and the Ecology of Cities[J]. Science, 2008, 319: 756-760.

[2] IVES C D, LENTINI P E, THRELFALL C G, et al. Cities are Hotspots for Threatened Species[J]. Global Ecology and Biogeography, 2016, 25(1): 117-126.

[3] LEPCZYK C A, ARONSON M F J, EVANS K L, et al. Biodiversity in the City: Fundamental Questions for Understanding the Ecology of Urban Green Spaces for Biodiversity Conservation[J]. BioScience, 2017, 67(9): 799-807.

[4] ARONSON M F, LA SORTE F A, NILON C H, et al. A Global Analysis of the Impacts of Urbanization on Bird and Plant Diversity Reveals Key Anthropogenic Drivers[J]. Proc Biol Sci, 2014, 281(1780): 20133330.

[5] BENINDE J, VEITH M, HOCHKIRCH A. Biodiversity in Cities Needs Space: A Meta-analysis of Factors Determining Intra-urban Biodiversity Variation[J]. Ecol Lett, 2015, 18(6): 581-592.

[6] 钟乐, 杨锐, 薛飞. 城市生物多样性保护研究述评[J]. 中国园林, 2021, 37(05): 25-30.

[7] AMAYA-ESPINEL J D, HOSTETLER M, HENRIQUEZ C, et al. The Influence of Building Density on Neotropical Bird Communities Found in Small Urban Parks[J]. Landscape and Urban Planning, 2019, 190: 103578.

[8] BABALIS D. A New Typology of Pocket Parks: Inspiring Small Spaces for Changing Cities[J]. Urban Design and Planning, 2020, 173(3): 108-117.

[9] ZHANG H, HAN M. Pocket Parks in English and Chinese Literature: A Review[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2021, 61: 127080.

[10] 周聪惠. 城市微绿地的基本属性与规划关键问题[J]. 国际城市规划, 2022, 37(03): 105-113.

[11] NORDH H, ALALOUCHE C, HARTIG T. Assessing Restorative Components of Small Urban Parks Using Conjoint Methodology[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2011, 10(2): 95-103.

[12] ROSSO F, PIOPI B, PISELLO A L. Pocket Parks for Human-centered Urban Climate Change Resilience: Microclimate Field Tests and Multi-domain Comfort Analysis Through Portable Sensing Techniques and Citizens' Science[J]. Energy and Buildings, 2022, 260: 111918.

[13] IKIN K, BEATY R M, LINDENMAYER D B, et al. Pocket Parks in a Compact City: How do Birds Respond to Increasing Residential Density?[J]. Landscape Ecology, 2012, 28(1): 45-56.

[14] STROHBACH M W, LERMAN S B, WARREN P S. Are Small Greening Areas Enhancing Bird Diversity? Insights from Community-driven Greening Projects in Boston[J]. Landscape and Urban Planning, 2013, 114: 69-79.

[15] 王云才. 基于风景园林学科的生物多样性框架[J]. 风景园林, 2014(01): 36-41.

[16] LIU Z, ZHOU Y, YANG H, et al. Urban Green Infrastructure Affects Bird Biodiversity in the Coastal Megalopolis Region of Shenzhen City[J]. Applied Geography, 2023, 151: 102860.

[17] MATTHIES S A, RÜTER S, SCHAARSCHMIDT F, et al. Determinants of Species Richness Within and Across Taxonomic Groups in Urban Green Spaces[J]. Urban Ecosystems, 2017, 20(4): 897-909.

[18] TRYJANOWSKI P, MORELLI F, MIKULA P, et al. Bird Diversity in Urban Green Space: A Large-scale Analysis of Differences Between Parks and Cemeteries in Central Europe[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2017, 27: 264-271.

[19] RUPPRECHT C D D, BYRNE J A, GARDEN J G, et al. Informal Urban Green Space: A Trilingual Systematic Review of Its Role for Biodiversity and Trends in the Literature[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2015, 14(4): 883-908.

[20] LIU J, ZHAO Y, SI X, et al. University Campuses as Valuable Resources for Urban Biodiversity Research and Conservation[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2021, 64: 127255.

[21] NAKAGAWA S, NOBLE D W, SENIOR A M, et al. Meta-evaluation of Meta-analysis: Ten Appraisal Questions for Biologists[J]. BMC Biol, 2017, 15(1): 18.

[22] PIRZIO BIROLI A, VAN DOREN B M, GRABOWSKA-ZHANG A. Drivers of Avian Species Richness and Community Structure in Urban Courtyard Gardens[J]. Journal of Urban Ecology, 2020, 6(1): 26.

[23] CARBÓ-RAMÍREZ P, ZURIA I. The Value of Small Urban Greenspaces for Birds in a Mexican City[J]. Landscape and Urban Planning, 2011, 100(3): 213-222.

[24] CHAMBERLAIN D E, CANNON A R, TOMS

- M P. Associations of Garden Birds with Gradients in Garden Habitat and Local Habitat[J]. *Ecography*, 2004, 27(5): 589-600.
- [25] CLARKE L W, JENERETTE G D. Biodiversity and Direct Ecosystem Service Regulation in the Community Gardens of Los Angeles, CA[J]. *Landscape Ecology*, 2015, 30(4): 637-653.
- [26] DAY T D. Bird Species Composition and Abundance in Relation to Native Plants in Urban Gardens, Hamilton, New Zealand[J]. *Notornis*, 1995, 42(3): 175-186.
- [27] FETRIDGE E D, ASCHER J S, LANGELOTTO G A. The Bee Fauna of Residential Gardens in a Suburb of New York City (Hymenoptera: Apoidea) [J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 2008, 101(6): 1067-1077.
- [28] JASMANI Z, MOHAMAD S, HAMID A R, et al. Planning and Design Considerations for Butterflies' Diversity of Small Urban Parks: A Case of Petaling Jaya, Malaysia[J]. *Alam Cipta*, 2020, 13(2): 69-81.
- [29] JASMANI Z, RAVN H P, VAN DEN BOSCH C C K. The Influence of Small Urban Parks Characteristics on Bird Diversity: A Case Study of Petaling Jaya, Malaysia[J]. *Urban Ecosystems*, 2016, 20(1): 227-243.
- [30] KORŃAN M. Temporal Patterns of Breeding Bird Assemblages in Small Urban Parks Reveal Relatively Low Stability and Asynchrony[J]. *Community Ecology*, 2023, 24(1): 99-111.
- [31] KRISTANCIC A R, KUEHS J, BEAL RICHARDSON B, et al. Biodiversity Conservation in Urban Gardens – Pets and Garden Design Influence Activity of a Vulnerable Digging Mammal[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2022, 225: 104464.
- [32] LIORDOS V, JOKIMAKI J, KAISANLAHTI-JOKIMAKI M L, et al. Patch, Matrix and Disturbance Variables Negatively Influence Bird Community Structure in Small-sized Managed Green Spaces Located in Urban Core Areas[J]. *Sci Total Environ*, 2021, 801: 149617.
- [33] MARTIN C A, WARREN P S, KINZIG A P. Neighborhood Socioeconomic Status is a Useful Predictor of Perennial Landscape Vegetation in Residential Neighborhoods and Embedded Small Parks of Phoenix, AZ[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2004, 69(4): 355-368.
- [34] MATTESON K C, LANGELOTTO G A. Small Scale Additions of Native Plants Fail to Increase Beneficial Insect Richness in Urban Gardens[J]. *Insect Conservation and Diversity*, 2011, 4(2): 89-98.
- [35] MATTESON K C, ASCHER J S, LANGELOTTO G A. Bee Richness and Abundance in New York City Urban Gardens[J]. *Annals of the Entomological Society of America*, 2008, 101(1): 140-150.
- [36] DI MAURO D, DIETZ T, ROCKWOOD L. Determining the Effect of Urbanization on Generalist Butterfly Species Diversity in Butterfly Gardens[J]. *Urban Ecosystems*, 2007, 10(4): 427-439.
- [37] PAKER Y, YOM-TOV Y, ALON-MOZES T, et al. The Effect of Plant Richness and Urban Garden Structure on Bird Species Richness, Diversity and Community Structure[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 122: 186-195.
- [38] PERIS S, MONTELONGO T. Birds and Small Urban Parks: A Study in a High Plateau City[J]. *Turkish Journal of Zoology*, 2014, 38: 316-325.
- [39] PLASCENCIA M, PHILPOTT S M. Floral Abundance, Richness, and Spatial Distribution Drive Urban Garden Bee Communities[J]. *Bull Entomol Res*, 2017, 107(5): 658-667.
- [40] QUESADA J, MACGREGOR-FORS I. Avian Community Responses to the Establishment of Small Garden Allotments Within a Mediterranean Habitat Mosaic[J]. *Animal Biodiversity and Conservation*, 2010, 33(1): 53-61.
- [41] REGA C C, NILON C H, WARREN P S. Avian Abundance Patterns in Relation to the Distribution of Small Urban Greenspaces[J]. *Journal of Urban Planning and Development*, 2015, 141(3): A4015002.
- [42] SPEAK A F, MIZGAJSKI A, BORYSIK J. Allotment Gardens and Parks: Provision of Ecosystem Services with an Emphasis on Biodiversity[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2015, 14(4): 772-781.
- [43] SULTANA M, MÜLLER M, MEYER M, et al. Neighboring Green Network and Landscape Metrics Explain Biodiversity Within Small Urban Green Areas: A Case Study on Birds[J]. *Sustainability*, 2022, 14(11): 6394.
- [44] SWAMY S, NAGENDRA H, DEVY S. Building Biodiversity in Neighbourhood Parks in Bangalore City, India: Ordinary yet Essential[J]. *PLoS One*, 2019, 14(5): e0215525.
- [45] TRESCH S, FREY D, LE BAYON R C, et al. Litter Decomposition Driven by Soil Fauna, Plant Diversity and Soil Management in Urban Gardens[J]. *Sci Total Environ*, 2019, 658: 1614-1629.
- [46] YOUNG C, FREY D, MORETTI M, et al. Research Note: Garden-owner Reported Habitat Heterogeneity Predicts Plant Species Richness in Urban Gardens[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2019, 185: 222-227.
- [47] 干靓, 郭光普. 基于生态位需求的高密度城区鸟类微生境选择研究——以上海市浦东新区世纪大道地区为例[J]. *风景园林*, 2017(11): 86-92.
- [48] 干靓, 郭光普, 姚雪艳. 城市街旁绿地的生物多样性支持功能及其环境影响——以上海世纪大道街旁绿地鸟类研究为例[J]. *风景园林*, 2019, 26(01): 47-52.
- [49] 李思博娜, 胡海辉. 哈尔滨市口袋公园植物种类构成现状调查与评析[J]. *广东农业科学*, 2013, 40(19): 156-158.
- [50] 余珺莹, 韩丹, 王成, 等. 北京中心城区小微绿地的蝴蝶多样性特征[J]. *中国城市林业*, 2022, 20(03): 1-6.
- [51] OTOSHI M D, BICHER P, PHILPOTT S M. Local and Landscape Correlates of Spider Activity Density and Species Richness in Urban Gardens[J]. *Environ Entomol*, 2015, 44(4): 1043-1051.
- [52] HUANG Y, ZHAO Y, LI S, et al. The Effects of Habitat Area, Vegetation Structure and Insect Richness on Breeding Bird Populations in Beijing Urban Parks[J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2015, 14(4): 1027-1039.