

DOI: 10.20103/j.stxb.202407161668

刘欣仪, 陈春谔, 毕凌岚, 王若冰, 董镜文, 郑轶丽, 曾小云. 城市老旧小区植物多样性及其价值研究——基于居民支付意愿法. 生态学报, 2025, 45(18): - .

Liu X Y, Chen C D, Bi L L, Wang R B, Dong J W, Zheng Y L, Zeng X Y. A study on plant diversity and its value in urban old residential areas: based on the willingness to pay method. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(18): - .

城市老旧小区植物多样性及其价值研究

——基于居民支付意愿法

刘欣仪¹, 陈春谔^{1,*}, 毕凌岚¹, 王若冰¹, 董镜文¹, 郑轶丽², 曾小云²

1 西南交通大学建筑学院, 成都 610000

2 成都市市政工程设计研究院有限公司, 成都 610000

摘要: 作为城市生态系统组成部分, 居住区绿地是人们日常亲近自然的最主要途径, 其植物多样性为居民提供近距离的服务价值, 增益生活福祉。目前生物多样性研究主要集中在宏观尺度, 较少关注小尺度居民视角下的个体认知与评估。聚焦社区尺度, 针对成都主城区核心区(即三环内)30个老旧小区开展植物(包括栽培和自生植物)多样性调查, 评估植物多样性实测水平, 并通过居民支付意愿法衡量植物多样性价值, 探讨植物多样性水平与其价值之间的相关性, 进而结合多元线性回归方法分析居民对小区植物多样性价值评估的影响因素。结果显示: (1) 共设置 275 个 1m×1m 小样方, 记录植物 126 科 341 属 475 种。小区整体植物多样性在 37—122 种之间, 栽培与自生植物多样性比值为 1:1.5, 自生植物是居住区绿地植物多样性的重要组成部分。(2) 针对小区植物多样性保护/维持, 居民支付意愿值为 127.79—3659.89 元(均值 $M \pm$ 标准差 $SD = (881.71 \pm 793.62)$ 元), 不同小区植物多样性的价值波动较大。(3) 小区整体, 栽培植物多样性皆与居民支付意愿呈显著正相关, 但自生植物多样性与居民支付意愿无相关性, 表明栽培植物是居民评估植物多样性价值的主要对象, 而广泛存在的自生植物多样性及其价值可能无法被居民普遍认同。(4) 社会经济因素中, 居民的个人年龄、文化程度对植物多样性价值评估产生显著负向影响。该研究从人的偏好与需求出发, 精细量化了植物多样性水平与居民对其价值评估的关系, 为城市生态景观低成本、可持续发展提供科学依据。

关键词: 栽培植物; 自生植物; 丰富度; 价值评估; 居民感知

A study on plant diversity and its value in urban old residential areas: based on the willingness to pay method

LIU Xinyi¹, CHEN Chundi^{1,*}, BI Linglan¹, WANG Ruobing¹, DONG Jingwen¹, ZHENG Yili², ZENG Xiaoyun²

1 School of Architecture, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610000, China

2 Chengdu Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Chengdu 610000, China

Abstract: Residential green spaces, as part of the urban ecosystem, serve as the primary means for daily encounters with nature. It provides residents with close-up service value, enhancing their well-being. Current biodiversity research predominantly emphasizes macro-scale analyses, frequently neglecting micro-scale perspectives, particularly individual perceptions and evaluations in residential contexts. This study addresses this gap by focusing on the neighborhood scale, surveying plant diversity (including cultivated and spontaneous plants) in 30 old residential communities within the core area of Chengdu's urban center (inside the Third Ring Road), and assessing the measured levels of plant diversity. Using the willingness to pay method, the study evaluates the value of plant diversity and explores the relationship between diversity

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(52078346); 中央高校基本科研业务费专项资金(2682023CX043); 四川省科学技术厅重点研发计划区域创新(2024YFHZ0100)

收稿日期: 2024-07-16; 网络出版日期: 2024-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chundichen@swjtu.edu.cn

levels and their value. Furthermore, multiple linear regression is employed to analyze the factors that influencing residents' valuation of plant diversity within these communities. The results indicate that: (1) 275 1m×1m quadrats were established, recording 475 species belonging to 126 families and 341 genera of plants. The overall plant diversity in the community ranges from 37 to 122 species, with the ratio of cultivated to spontaneous plant diversity being 1:1.5. This indicates that spontaneous plants constitute a significant component of plant diversity in residential green spaces. (2) Regarding protecting/maintaining plant diversity within residential communities, the residents' willingness to pay ranges from 127.79 to 3659.89 CNY ($M \pm SD = 881.71 \pm 793.62$ CNY), showing considerable variation in the perceived value of plant diversity among communities. (3) The overall and cultivated plant diversity in residential communities significantly correlates with residents' willingness to pay. However, there is no correlation between spontaneous plant diversity and residents' willingness to pay. This indicates that cultivated plants are the primary focus for residents when evaluating the value of plant diversity. In contrast, the widely present diversity of spontaneous plants and their value may not be widely recognized by residents. (4) Among the socioeconomic factors, residents' age and education level have a significant negative impact on the valuation of plant diversity. Specifically, older residents and those with higher education tend to be less willing to pay. Grounded in human preferences and needs, this study quantitatively explores the relationship between plant diversity levels and residents' valuation of them. It highlights the disparity between residents' strong emphasis on cultivated plants and their limited awareness of the contributions made by spontaneous plants, underscoring the urgent need to enhance public awareness and understanding in this area. The findings provide a scientific basis for achieving low-cost, sustainable urban ecological landscapes.

Key Words: cultivated plants; spontaneous plants; richness; value assessment; resident perception

生物多样性是生态系统服务的基础,维系着人类生存和全球生态环境平衡,具有显著的经济、生态和社会效益,其价值体现在生活资料 and 物质福利的供应,以及安全、韧性、公共健康和社会关系的保障方面^[1-2]。就城市生态系统而言,植物作为生物多样性的关键组成部分,为居民提供食物、药材、能源等不可或缺的基础服务,还通过固碳、水源涵养和气候调节支持生态功能,并满足人们游憩、康养、审美等精神文化需求。据世界经济论坛发布的《2020 年全球风险报告》统计,人类活动已造成全球 50% 的植物物种消失^[3]。因此,保护并维持植物多样性及其价值对提升城市居民福祉具有重要意义。

在城市各类自然或半自然绿地中,居住区绿地是维持城市植物多样性的重要单元,有研究表明住宅绿地的植被数量大于城市其他绿地空间保留的数量^[4-5]。相比城市公园绿地的规模性、开放性和物种丰富等特点,居住区绿地虽体现出分散性、破碎化和植物种类单一的特征^[6],但却是人们日常体验自然最主要的路径,其植物多样性为居民提供近距离的生态系统服务,能有效弥补公园绿地服务辐射半径有限的劣势。在大量老旧住区绿地中,因修建年代久远、疏于养护管理和人为主动干扰等,易造成栽培植物(Cultivated plants)与自生植物(Spontaneous plants,区别于人工栽培,经营养繁殖或种子繁殖而自然传播、定居、生长的植物群体^[7])共生,可能保育丰富的动植物群落,成为城市环境的潜在生境。然而,目前我国植物多样性及其价值关系研究多关注物种种数、数量、分布格局、植物功能性状等如何影响生态系统服务供给^[8],且往往集中于森林^[9]、草地^[10]等野外环境。针对城市住区层面的植被构成和植物多样性价值的理解十分有限,尤其在老旧小区这类特殊生境中,不同植物多样性水平与城市居民日常感知其价值之间关联易被忽视。

生物多样性价值包含使用价值(如食物、药材等生活材料)与非使用价值(如维持或为后世保存生物多样性资源),其评估不仅是生物多样性有效保护和可持续利用的前提,也是生态系统管理与决策制定的有力依据。主要评估方法分为实际市场法、替代市场法和模拟市场法三类^[11]。其中,模拟市场法是生物多样性非使用价值评估最核心、最常用的方法,应用在自然生境价值、物种保护价值、生态系统服务价值,以及游憩、审美等领域^[11]。该方法常以询问受访者愿意为维持或改善环境质量支付的费用来表征实际价值^[12],又称支付意

愿法 (Willingness To Pay, WTP)。例如,在圣保罗大都市绿地研究中,居民维护和增强城市绿地的支付意愿反映他们从中获得的直接、间接利益^[13];为探讨公众对湿地候鸟保护价值的认知,吉林珲春市研究调查了周边社区居民愿意为保护候鸟支付的费用^[14]。因城市住区植物多样性与人的生活密切相关,居民对其保护/维持价值的评估至关重要,遵循“谁受益,谁付费”的价值反映原则,因此,本研究采用支付意愿法开展老旧小区植物多样性价值评估。运用此方法能充分度量植物多样性产生的非物质性惠益,体现人的偏好与需求,特别是居民对平日接触的植物多样性及其价值的理解认知,从而使结果具备良好的服务对象指向性^[15]。

鉴于此,本文聚焦人本视角下的社区尺度绿地空间,研究以下三个具体问题:(1)实测的植物多样性水平与其价值之间存在什么关联?(2)不同类型植物多样性水平与其价值之间的联系有什么差异?(3)哪些社会经济因素会影响居民对植物多样性价值的评估?本研究以成都为例,通过植被采样调查分析老旧小区植物多样性水平(包括整体、栽培与自生植物),基于居民对保护/维持植物多样性的支付意愿衡量小区绿地植物多样性价值(即植物多样性为居民提供的整体服务效益),探索植物多样性水平与植物多样性价值的关联及居民社会经济因素的影响,以丰富城市环境背景下生物多样性对人的服务价值研究,为城市生态系统优化提供科学依据。

1 研究区域概况

成都市(102°54'E—104°53'E,30°05'N—31°26'N),中国西南地区的重要中心城市,位于四川盆地西部,青藏高原东缘,属亚热带季风性湿润气候,亚热带常绿阔叶林是主要的地带性植被类型,年均气温 16℃,年均降水 1000mm,地形复杂,地势由西北向东南倾斜,超 5000m 垂直海拔高差形成“四分平原、三分丘陵、三分山地”的多元地貌,为孕育丰富的生物多样性提供优越的自然条件。至今,成都已成为全球 34 个生物多样性热点地区之一,拥有“生物多样性魅力城市”称号^[16],其生态系统类型多样,记录高等植物 4459 种,占全国植物总数 14%,占全省 40.86%^[17]。

截至 2022 年底,全市土地面积 14335km²,常住人口 2126.80 万人。五大主城区(锦江区、青羊区、金牛区、武侯区、成华区)幅员面积 465km²^[18],三环以内为成都内核与腹心地带,环内面积约 192km²。该区域建设时间早,人口密度大,居住环境存在生态用地匮乏、植被景观破碎等问题。本研究老旧小区筛选标准:(1)住宅楼层主要为多层;(2)建筑结构或外貌有明显的老旧、破损痕迹;(3)缺少公共设施或建设年代已久(2000 年左右建设);(4)绿地植被缺乏修剪、维护与管理(图 1)。

2 数据与方法

2.1 数据收集

2.1.1 植物多样性调查

研究采用网格抽样调查法,为均匀获取 30 个点位,利用 ArcGIS 平台的创建渔网工具(Create Fishnet),在成都市主城核心区布设 2900m×2500m 的网格,经渔网线要素转点(Feature to Point),后通过地理坐标定位,分别在其周围确定符合筛选标准的老旧小区。明确每个小区的边界范围和面积后,利用 ArcGIS 随机选取样地,删除落在建筑、道路和水面的点,并预留备用点,保证植被采样顺利进行。由于所选小区占地面积均在 10hm² 以内,按规定比例分配样地个数,5hm² 及以下 1—4 个样地,5hm² 以上为 5—8 个。同样,根据样地面积获得样方具体个数: $S_{\text{样地}} \leq 200\text{m}^2$,样方数=2; $200\text{m}^2 < S_{\text{样地}} \leq 400\text{m}^2$,样方数=3; $S_{\text{样地}} > 400\text{m}^2$,样方数=4。考虑老旧小区绿地分散且面积较小,调查涉及的自生植物多以草本为主,偶见乔木和灌木类幼苗,既而随机样方大小设置为 1m×1m(图 2)。此次研究区域内小样方共 275 个,于 2023 年 8—9 月展开植物多样性调查。

调查指标包括:

(1)物种基本信息:记录每个样方内的植物种名、平均高度、覆盖度和长势状态。植物种名鉴定依据中国植物志^[19]和《四川植物志》^[20]。

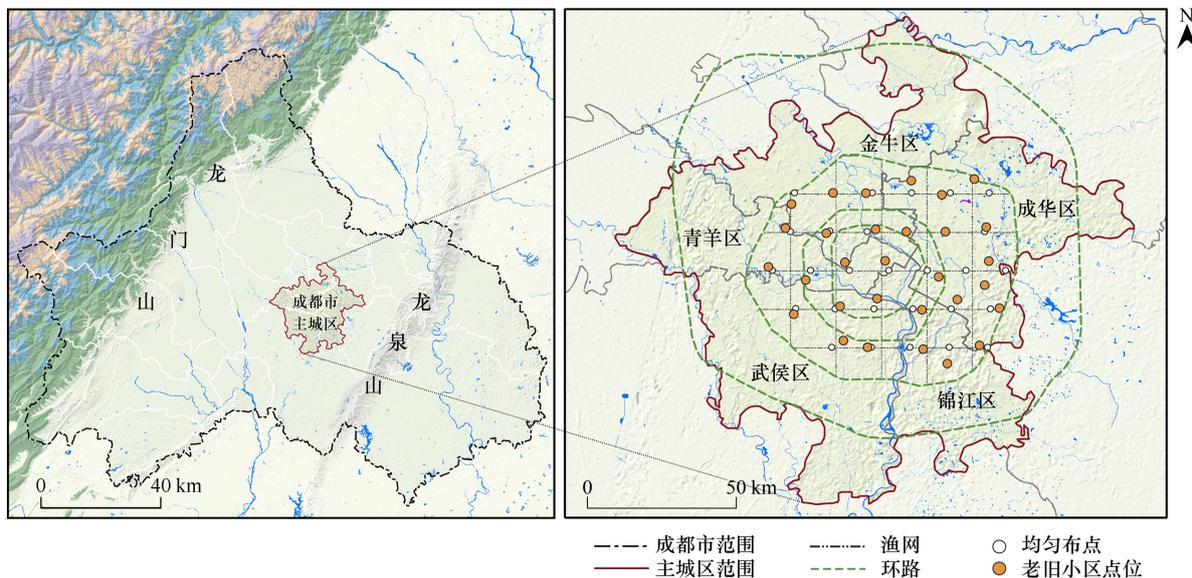


图 1 成都市地理位置及筛选小区点位

Fig.1 Chengdu location and selected residential points



图 2 研究方法设计

Fig.2 Research method design

(2) 物种构成信息:针对植物的播种、培育及生长情况,区分“栽培植物”与“自生植物”。现场判断经人工种植、修剪的高大乔灌木及分布规整的草本为栽培植物,而分布散乱不规则的大部分草本、零星的乔灌木幼苗为自生植物。

2.1.2 半结构式问卷调查

本研究采用半结构式问卷调查居民对植物多样性价值的评估,通过标准化“问题—答案选项”收集定量

数据,同时以开放式问题获取定性信息。问卷内容共三个部分:(1)受访者基本情况:性别、年龄、文化程度、个人月收入水平和居住楼层;(2)以小区物业费为参考标准,确定受访者每年所需缴纳物业费金额,愿意从中拨出多少来保护/维持小区的植物多样性景观,并了解受访者支付或拒绝支付的理由;(3)居民自由表达对小区当前植被环境的感受,栽培植物、自生植物的喜好等。

2023年11—12月,调查小组在30个老旧小区内随机发放问卷,目标数量设定为每个小区25份。为保证问卷结果的科学合理,快速判断居民的性别和大致年龄后,调查员应向其简要介绍研究目的,并确保男女受访者的人数比约为1:1,各年龄组数据皆有分布。本次共发放问卷775份,获得有效问卷750份。受访者基本信息如下(表1)。

表1 受访者性别、年龄、文化程度与个人月收入分布
Table 1 Gender, age, education level, and individual monthly income of respondents

	分类指标 Index	人数/人 Number	比率/% Ratio		分类指标 Index	人数/人 Number	比率/% Ratio
性别 Gender	男	367	48.9	文化程度 Education	初中及以下	180	24.0
	女	383	51.1		高中/中专	183	24.4
年龄 Age	<16岁	4	0.5		大专及本科	333	44.4
	16—25岁	131	17.5		研究生及以上	52	6.9
	26—35岁	143	19.1		不透露	2	0.3
	36—45岁	114	15.2	个人月收入 Individual monthly income	0—2000元	163	21.7
	46—60岁	206	27.5		2000—4000元	132	17.6
	>60岁	152	20.3		4000—6000元	170	22.7
			6000—8000元		107	14.3	
				8000元以上	106	14.1	
				不透露	72	9.6	

2.2 数据处理

2.2.1 植物多样性指数

以物种丰富度指数(R)表征植物的物种多样性^[21],包括各小区调查的所有植物、栽培植物与自生植物三个多样性水平,公式如下:

$$R = S \quad (1)$$

式中, S 分别为调查获得的植物种类数量(包括整体、栽培与自生植物)。

2.2.2 基于支付意愿法的植物多样性价值核算

根据问卷调查第二部分居民对小区植物种类丰富、多样的感知,以受访居民的支付意愿费/物业费比值(P_WTP)获得居民个体层面的价值评估,即居民支付意愿。其中,物业费作为对比依据,在一定程度上避免居民毫无参考地夸大或低估^[22],公式如下:

$$P_WTP_i = n_i / N \quad (2)$$

式中, n_i 为*i*居民愿意为保护/维持小区植物多样性水平从物业费中拨出的金额(元); N 为该居民家庭一年缴纳的物业费(元)。

进而,在整个小区层面,基于受访居民支付意愿费用平均值,计算获得各小区植物多样性价值(PDV),公式如下:

$$PDV = \left(\frac{\sum_{i=1}^k n_i}{K} \right) \times S \quad (3)$$

式中, n_i 为*i*居民愿意为保护/维持小区植物多样性水平从物业费中拨出的金额(元); K 为受访居民人数(人); S 为小区占地面积(hm^2)。

2.2.3 相关性分析

本研究采用 Spearman 秩相关系数 r 来定量描述小区植物多样性水平与其所提供服务价值的相关性。系数 r 用于评估两个变量的等级(或顺序)间关系的强度和方向,不依赖于数据满足正态分布等特定假设条件,适合各种数据类型分析^[23]。系数 r 的取值范围为-1 到 1,1 表示完全正相关,-1 表示完全负相关,0 则表示无相关性。所有分析在 R 语言中进行,统计学意义均在 $P<0.05$ 水平。

2.2.4 多元线性回归分析

多元线性回归(Multiple Linear Regression, MLR)通过控制其他自变量的影响,分析多个自变量与因变量之间的线性关系,以揭示特定变量的独立效应。该方法在解释现象、验证假设等研究中广泛应用,能减少偏差并处理复杂问题。在老旧小区中,居民的价值评估不仅与植物本身有关,还可能受社会经济因素影响。因此,选取受访者性别、年龄、文化程度、个人月收入水平、居住楼层作为自变量,居民支付意愿为因变量。利用方差膨胀因子(VIF, Variance Inflation Factor)诊断自变量间共线性,VIF 小于 10 表示其相互独立,进而分析五个社会经济因素与支付意愿的关系^[24]。所有分析在 R 语言中进行,统计学意义均在 $P<0.05$ 水平。

3 结果与分析

3.1 老旧小区自生植物多样性显著高于栽培植物

成都 30 个老旧小区面积从 0.74hm^2 到 9.37hm^2 不等,建成年份在 1987 年至 2012 年间。调查共发现植物 126 科 341 属 475 种,乔灌木占总数的 41%,草本、藤本分别占 52.5%和 6.5%。据科属种统计,菊科(43 种)物种数显著高于其他科,然后依次为唇形科(27 种)、蔷薇科(25 种)、天门冬科(24 种)和禾本科(22 种)。30 个老旧小区的栽培植物与自生植物种数比为 1:1.5,其中,栽培植物 85 科 170 属 235 种,自生植物 99 科 247 属 323 种,重叠物种有 58 科、76 属、83 种。栽培与自生比值最高约为 1.1:1(明信花园),最低为 1:3.8(新山复郡一期小区),两处小区均位于成华区。

老旧小区的整体植物多样性水平为 37—122 种,平均每个小区 76 种。多样性排名前三的为 122 种(东南的大观里小区)、115 种(东北的新山复郡一期小区)和 112 种(南部临近中心的大学路 12 号院)。栽培植物多样性水平为 13—45 种,平均每个小区 27 种;自生植物多样性水平为 24—91 种,平均每个小区 49 种。整体而言,自生植物多样性水平显著高于栽培植物。

3.2 老旧小区植物多样性价值核算

居民个人对植物多样性价值的评估以支付意愿费/物业费比值表示,按 20%为间隔分五个梯度,比值越高,表明居民对植物多样性服务价值的评估越高。54%的受访者处于第一梯度,仅 40 人支付意愿为“0”,原因多为不满小区现有绿化状况或对物业管理不信任的消极态度;37%的受访者(第二梯度 24%+第三梯度 13%)有保护植物多样性景观的主动意识;剩下 9%(第四梯度 4%+第五梯度 5%)的居民支付意愿皆超过 60%,他们中不乏有文化程度较低或月收入高者(图 3)。右侧箱型图则直观展示出不同梯度下居民支付意愿的集中程度、分布范围和离群点情况,支付意愿在第一梯度和第四梯度内波动较大,均值 $M\pm$ 标准差 SD 分别为 $(11.91\pm 6.66)\%$ 和 $(73.63\pm 6.30)\%$ (图 4)。

30 个老旧小区的植物多样性价值为 127.79—3659.89元($M\pm SD = 881.71\pm 793.62$ 元),有 8 个小区的

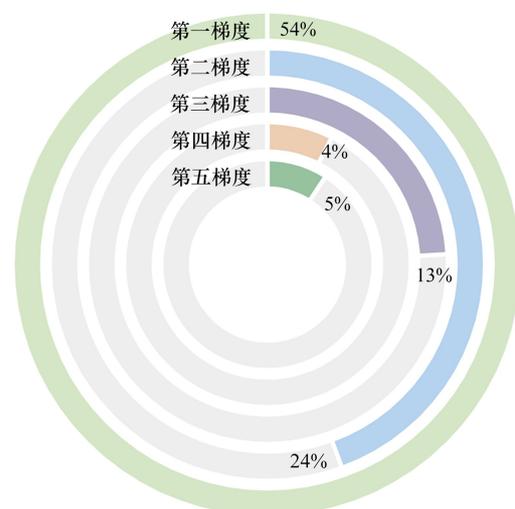


图 3 居民支付意愿梯度比例

Fig.3 Proportion of residents' willingness to pay gradient

总价值超过 1000 元。价值最高的小区是主城核心区南边的中华园锦苑,远高于排名第二的城东雅郡小区(2964.76 元)。采用克里金插值法模拟发现,核心区南部的小区植物多样性价值较高,东北部较低(图 5)。

3.3 老旧小区植物多样性水平与其价值存在相关性

Spearman 相关性结果表明,小区整体植物多样性水平与居民支付意愿,即植物多样性价值,二者是显著相关的($R_s=0.369^*$, $P=0.045$,表 2),植物种类越丰富,居民评估的价值越高。进一步分解整体植物多样性组成,发现栽培植物多样性水平与居民支付意愿呈正相关($R_s=0.374^*$, $P=0.042$,表 2),自生植物多样性水平与居民支付意愿无显著关系。这可能是因为自然生长的植物多见于草本层,植株小,其叶片、花朵、果实等颜色和纹理不醒目,长势杂乱无章,常被视作“野草、野花”,居民极易忽视而无法具体感知。

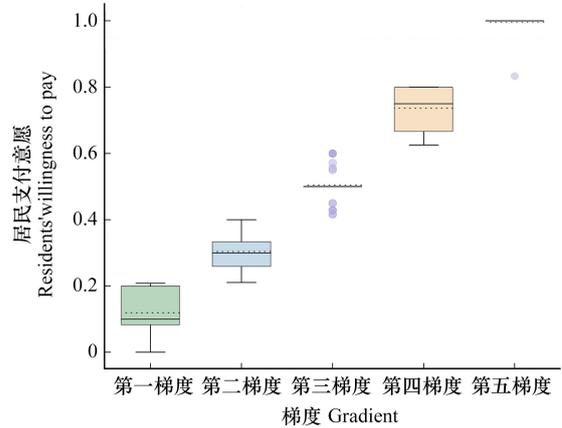


图 4 居民支付意愿梯度数据分布

Fig.4 Data distribution of residents' willingness to pay gradient

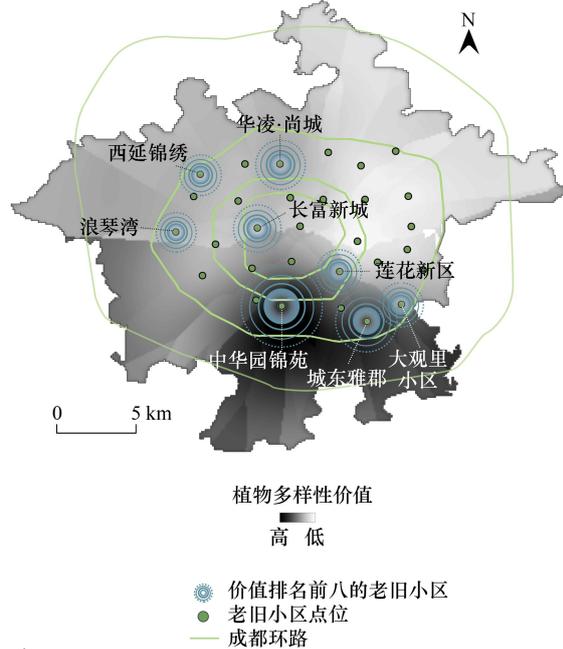
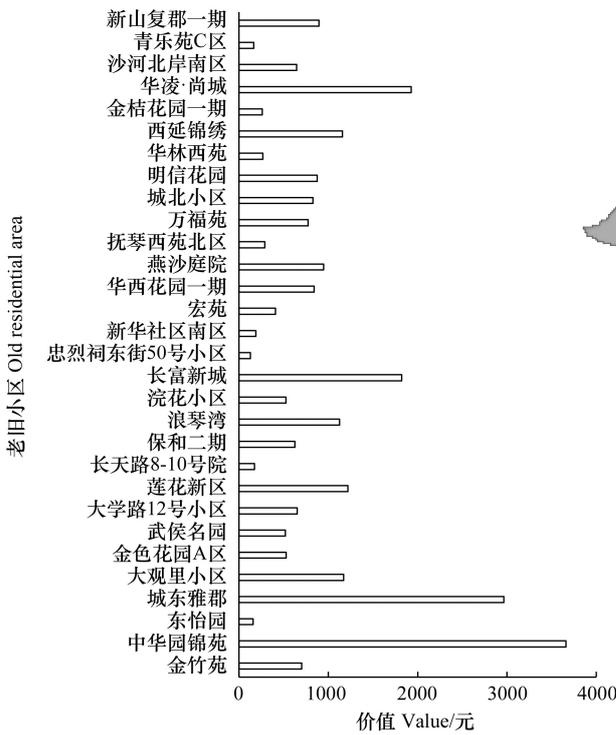


图 5 老旧小区植物多样性价值波动及分布情况

Fig.5 Fluctuation and distribution of plant diversity value in old residential areas

表 2 植物多样性与居民支付意愿(即植物多样性价值)相关性

Table 2 Correlation between plant diversity and residents' willingness to pay (i.e. the value of plant diversity)

植物多样性价值 Plant diversity value		植物多样性类型 Types of plant diversity		
		整体植物多样性 Plant diversity	栽培植物多样性 Cultivated plant diversity	自生植物多样性 Spontaneous plant diversity
支付意愿 Willingness to pay	相关系数 R_s	0.369 *	0.374 *	0.255
	P	0.045	0.042	0.174

显著性水平: * $P < 0.05$

3.4 居民支付意愿受其年龄、文化程度负向影响

通过多元线性回归分析,研究受访者的性别、年龄、文化程度、个人月收入水平和居住楼层对支付意愿的影响。结果显示,居民的年龄、文化程度与支付意愿呈负相关,显著性水平分别为 0.001 和 0.046 ($P < 0.05$),表明年龄越大、文化程度越高,支付意愿反而越低。年轻居民普遍包容性较高,且刚进入社会或未组建家庭,考虑、担忧的因素没有年长者多,因此支付意愿更理想化。25 岁以下居民的支付意愿 (P_WTP) 平均值达 31%,即居民愿意从物业费中拨出以保护/维持植物多样性的费用占其总金额的 31%。值得注意的是,文化程度高的居民支付意愿并不高。研究生及以上学历的居民支付意愿平均值为 25%/人,推测因为受教育程度高的居民拥有更广的认知面,可能对小区植被环境的评价标准更高。另外,性别、个人月收入、居住楼层与支付意愿的显著性水平分别为 0.593、0.252、0.408,意味着这三种因素对居民支付意愿没有显著影响(表 3)。

表 3 居民支付意愿影响因素的多元线性回归分析

Table 3 The multivariable linear regression analysis on factors influencing willingness to pay

变量 Variable	方差膨胀系数 Variance inflation factor	未标准化系数 Unstandardized coefficients	标准化系数 Standardized coefficients	t 值 t Value	显著性水平 Significance level
性别 Gender	1.029	0.007	0.020	0.534	0.593
年龄 Age	1.310	-0.018 *	-0.142	-3.334	0.001
文化程度 Education	1.663	-0.019 *	-0.096	-1.999	0.046
个人月收入水平 Individual monthly income	1.365	0.006	0.050	1.147	0.252
居住楼层 Residential floors	1.040	-0.002	-0.031	-0.827	0.408

显著性水平: * $P < 0.05$

4 讨论

4.1 老旧小区植物多样性特点

成都 30 个老旧小区植物 126 科 341 属 475 种,人工栽培植物 85 科 170 属 235 种,自生植物 99 科 247 属 323 种。与其他城市居住区对比,如北京市 2012 年前建设的 92 个小区植物 87 科 192 属 315 种;重庆市中心城区 106 个居住区绿化树木 72 科 162 属 257 种;昆明市 2007 年前建设的小区有 76 科 146 属 203 种^[25-27],本研究因严格区分栽培与自生植物,记录的植物多样性远大于以往研究。研究区内整体植物多样性水平为 37—122 种;栽培植物多样性水平为 13—45 种;自生植物多样性水平 24—91 种。草本植物的栽培种数(88 种)低于木本植物的栽培种数(136 种),但草本植物的自生种数(213 种)明显高于木本植物的自生种数(95 种)。不难看出,相较于栽培植物,自生植物种类更加丰富,特别是自生草本植物很大程度上加强、促进了城市植物多样性。在北京奥林匹克公园、重庆主城区、广东湛江市城市功能单元绿地等地区研究中也观察到类似的植物物种组成模式^[28-30]。

4.2 老旧小区植物多样性水平与其价值关系

小区整体植物多样性水平与居民支付意愿即价值评估之间呈正相关,但较低的相关系数 ($R_s = 0.369^*$, $P = 0.045$)。这与前人研究较一致,例如:南非的植物丰富度、植物多样性热点与所提供的价值(地表水供应、水流调节、碳储存、土壤积累和土壤保持)存在中度重叠且相关性不高^[31];巴西某一热带森林调研证实植物多样性得到保护时,其服务价值(碳储存、水平衡等)有望受到保护^[32]。本文还显示,栽培植物多样性水平与居民支付意愿为正相关($R_s = 0.374^*$, $P = 0.042$),对比之下,自生植物多样性水平与支付意愿无显著关联($R_s = 0.255$, $P = 0.174$),这意味着当前居民对多样性的价值评估主要来自栽培植物而非自生植物。调查中约 44% 的居民不能接受在小区保留自生植物,或倾向其出现在小区偏僻、边缘、临水绿地。相关研究亦表明,人们极易忽视以“低矮、无序、色彩表现力弱”等特征定居在城市任何绿地中的自生植物^[33],它们常被认为具有低美

学价值而从城市维护管理区域中移除。相较而言,栽培植物物种筛选、丰富度配置状况一般根据建设资金可承担能力和本身的美学或经济价值而被选择^[34],据本次问卷统计,带鲜艳花朵、有好闻气味的植物能分别吸引 84%和 68%的老旧小区居民。尽管如此,自生植物的服务功能与价值仍客观存在^[35],许多学者倡导将本地自生植物作为人工观赏植物的替代或补充,以充分发挥其在创建低维护、可持续发展景观中的作用^[36-37]。因此,进一步研究有必要关注公众对不同物种多样性状态的价值认可,尤其是城市中被忽视的自生植物,探寻其背后影响因素及如何融入主流价值观,以激励更广泛的生态保护措施。

4.3 居民对植物多样性支付意愿的影响因素及研究局限

文章分析了居民对植物多样性的价值评估与其“性别、年龄、文化程度、个人月收入水平、居住楼层”这五个因素的交互作用,发现居民支付意愿与年龄、文化程度存在负相关,而与性别、个人月收入水平、居住楼层无显著关系。随着年纪渐长,居民表示“工作压力增大,医疗、教育等生活开销负担愈重”,对生态保护的关注意愿有所降低,部分受教育程度高的居民还评价到“老旧小区植物缺乏设计、管理,观赏性和舒适性较差,无法满足居住区应有的绿地标准”。以上结果不同于其他相关研究,如对提升北京城市绿地景观,市民态度体现为文化程度越高,支付意愿越高^[38],在中心城市社区公共绿地改善治理中,相较年轻群体,老年群体的支付意愿更高^[39],为恢复马拉维的 Chia lagoon 湖泊水质,得出附近居民的支付意愿受性别、收入水平等显著影响^[40]。该差异出现的原因可能是本研究主要针对现状的保护和维持,而非提升或改善,并且调查发现居民对小区现存环境整体满意度不高,“绿化少”、“植被杂乱”、“卫生差”和“物业不作为”是访谈中常被提及的词汇,因此,居民的支付动机及意愿不可避免地受到影响。

此外,支付意愿法作为陈述偏好性价值评估方法,易受人的主观偏差影响^[41]。故今后的研究中,需进一步了解植物多样性价值评估与居民复杂的主观因素的相互作用,纳入更多影响因子衡量标准,如居民环境心理、地域文化差异、环境教育水平及社区参与度等。

5 结论

城市植物多样性影响着居民的健康和福祉,为居民提供日常可亲近的生态系统服务。由于栖息地蚕食、破碎化和人的偏好降低了城市植物多样性赋存状态及生态系统服务的供给、维持。本文以成都市为例,基于居民支付意愿法评估植物多样性,剖析老旧小区植物多样性水平(整体、栽培与自生植物多样性)与其价值的相关性,突出人本视角下,植物多样性景观为人居环境带来的服务效益。结果表明,30个老旧小区调查植物共 126 科 341 属 475 种,栽培与自生比例为 1:1.5,自生植物种数明显多于栽培植物,是城市植物多样性的关键组成部分。居民支付意愿即价值评估与小区整体植物多样性、栽培植物多样性水平呈显著正相关,而与自生植物多样性水平无相关性。五种社会经济因素中,居民的年龄、文化程度对支付意愿均为负向影响。随着未来城市面临日益严峻的气候变化与财政紧缩双重挑战,社会可能需要逐渐接受植物多样性所呈现的原始、自然状态。这亟需学界和实践领域创新方法,寻求低成本、可持续城市生态景观发展途径。为此,应明晰居民对各类植物多样性及其价值的认知,理解并反馈公众需求,针对不同城市生境,制定科学合理的植物多样性营建和管理策略,尽可能平衡人们期望与城市生态系统功能及服务。

参考文献(References):

- [1] 胡雄蛟,林亦晴,高晓龙,徐卫华,欧阳志云. 生物多样性价值内涵和评估方法研究进展. 生态学报,2024,44(20): 1-11.
- [2] 李京梅,张慧敏,王娜. 生物多样性产品价值实现的路径与制度安排——国外生物多样性银行经验借鉴与启示. 生态学报,2023,43(1): 198-207.
- [3] 中国生物多样性保护与绿色发展基金会. WEF 与 PwC 合作发布 NNE 最新报告,警示自然的经济风险正在上升. (2020-01-23) [2023-12-21]. <http://www.cbcdgdf.org/NewsShow/4854/11093.html>.
- [4] Lin B, Meyers J, Barnett G. Understanding the potential loss and inequities of green space distribution with urban densification. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2015, 14(4): 952-958.
- [5] Ossola A, Locke D, Lin B, Minor E. Yards increase forest connectivity in urban landscapes. *Landscape Ecology*, 2019, 34(12): 2935-2948.

- [6] Mao Q Z, Wang L Y, Guo Q H, Li Y Z, Liu M, Xu G H. Evaluating cultural ecosystem services of urban residential green spaces from the perspective of residents' satisfaction with green space. *Frontiers in Public Health*, 2020, 8: 226.
- [7] 陈春谛. 被遗忘的城市“生境”: 重庆市墙体自生植物调查分析. *生态学报*, 2020, 40(2): 473-483.
- [8] 文志, 郑华, 欧阳志云. 生物多样性与生态系统服务关系研究进展. *应用生态学报*, 2020, 31(1): 340-348.
- [9] 葛春秀, 穆丹, 梁英辉, 李青楠. 七星峰国家森林公园草本植物多样性及应用价值. *中国野生植物资源*, 2022, 41(11): 80-83, 98.
- [10] 刘坤, 袁新, 谭军, 苏景, 向浩渝, 陆必生, 孙飞达. 拉萨河流域典型草原植物多样性及土壤养分异质性研究. *中国地质*, 1-21 [2024-11-23]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1167.P.20240717.1703.002.html>.
- [11] 陈琳, 欧阳志云, 王效科, 苗鸿, 段晓男. 条件价值评估法在非市场价值评估中的应用. *生态学报*, 2006, 26(2): 610-619.
- [12] Laurila-Pant M, Lehtikoinen A, Uusitalo L, Venesjärvi R. How to value biodiversity in environmental management? *Ecological Indicators*, 2015, 55: 1-11.
- [13] Bressane A, dos Santos Galvão A L, Loureiro A I S, Ferreira M E G, Monstans M C, de Castro Medeiros L C. Valuing urban green spaces for enhanced public health and sustainability: a study on public willingness-to-pay in an emerging economy. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2024, 98: 128386.
- [14] 李希, 王春丽, 程鲲, 宗诚. 敬信湿地周边社区居民候鸟保护意愿及保护地友好产品参与意愿评估. *湿地科学*, 2024, 22(2): 273-281.
- [15] 张锐, 刘焱序, 赵嵩, 傅伯杰. 中国城市居民对青藏高原生态资产的支付意愿——以中国 27 市为例. *自然资源学报*, 2020, 35(3): 563-575.
- [16] 秦昌波, 吕红迪, 于雷, 陆文涛, 万军, 王雅萌. 建设新时代美丽城市的总体思路与战略任务研究. *中国环境管理*, 2023, 15(6): 40-44.
- [17] 成都市公园城市建设管理局资源管理处. 2020 年成都市森林资源与林业生态状况公告. (2021-09-23) [2023-05-20]. https://cdbpw.chengdu.gov.cn/cdslyj/c110445/2021-09/23/content_56d751ce6dfc44f28bbe18c07496cd0f.shtml.
- [18] 成都市统计局, 国家统计局成都调查队. 成都统计年鉴—2023. 北京: 中国统计出版社, 2023.
- [19] 中国科学院植物研究所数字植物项目组. 《中国植物志》中文名索引. (2018-05-06). <http://frps.eflora.cn/name/a>.
- [20] 《四川植物志》编辑委员会. 四川植物志(第 21 卷). 成都: 四川科技出版社, 2012.
- [21] 张金屯. 数量生态学. 2 版. 北京: 科学出版社, 2011: 83-109.
- [22] 罗琳, 杨璐, 谢红彬, 关钊, 魏平. 生态修复背景下矿山公园生态系统服务价值研究——以福建紫金山为例. *生态学杂志*, 2022, 41(11): 2171-2179.
- [23] Spearman C. The proof and measurement of association between two things. By C. Spearman, 1904. *The American Journal of Psychology*, 1987, 100(3/4): 441-471.
- [24] 侯素霞, 张鉴达, 李静. 上海市大气污染物时空分布及其相关性因子分析. *生态环境学报*, 2021, 30(6): 1220-1228.
- [25] 宋爱春. 北京建成区居住绿地植物多样性及其景观研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2014.
- [26] 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.
- [27] 林萍, 马建武, 彭建松, 刘朝蓬, 吴亮. 昆明市住宅小区中植物物种多样性现状及分析. *西南大学学报: 自然科学版*, 2007, 29(10): 55-60.
- [28] Li X P, Fan S X, Guan J H, Zhao F, Dong L. Diversity and influencing factors on spontaneous plant distribution in Beijing Olympic Forest Park. *Landscape and Urban Planning*, 2019, 181: 157-168.
- [29] 刘时彦. 重庆市主城建成区主要绿地的植物种类构成及其与人为环境条件的关系[D]. 重庆: 西南大学, 2020.
- [30] Cheng X L, Padullés Cubino J, Balfour K, Zhu Z X, Wang H F. Drivers of spontaneous and cultivated species diversity in the tropical city of Zhanjiang, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2022, 67: 127428.
- [31] Egoh B, Reyers B, Rouget M, Bode M, Richardson D M. Spatial congruence between biodiversity and ecosystem services in South Africa. *Biological Conservation*, 2009, 142(3): 553-562.
- [32] Manhães A P, Mazzochini G G, Oliveira-Filho A T, Ganade G, Carvalho A R. Spatial associations of ecosystem services and biodiversity as a baseline for systematic conservation planning. *Diversity and Distributions*, 2016, 22(9): 932-943.
- [33] Gao Z W, Song K, Pan Y J, Malkinson D, Zhang X J, Jia B, Xia T Y, Guo X Y, Liang H, Huang S S, Da L J, Van Bodegom P M, Cieraad E. Drivers of spontaneous plant richness patterns in urban green space within a biodiversity hotspot. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2021, 61: 127098.
- [34] Ciftcioglu G C, Ebedi S, Abak K. Evaluation of the relationship between ornamental plants-based ecosystem services and human wellbeing: a case study from lefke region of North Cyprus. *Ecological Indicators*, 2019, 102: 278-288.
- [35] Robinson S L, Lundholm J T. Ecosystem services provided by urban spontaneous vegetation. *Urban Ecosystems*, 2012, 15(3): 545-557.
- [36] Kühn N. Intentions for the unintentional. *Journal of Landscape Architecture*, 2006, 1(2): 46-53.
- [37] Chen C D, Lu Y, Jia J S, Chen Y, Xue J H, Liang H H. Urban spontaneous vegetation helps create unique landsenses. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2021, 28(7): 593-601.
- [38] 雷硕, 李想, 任婕, 温亚利. 北京市民对城市绿地的需求偏好及支付意愿分析. *干旱区资源与环境*, 2019, 33(3): 32-38.
- [39] 武照亮, 阮芳芳. 中心城市社区公共绿地支付意愿及影响因素研究——基于居民不确定性视角的分析. *干旱区资源与环境*, 2024, 38(5): 20-29.
- [40] Makwinja R, Kosamu I B M, Kaonga C C. Determinants and values of willingness to pay for water quality improvement: insights from *Chia lagoon*, Malawi. *Sustainability*, 2019, 11(17): 4690.
- [41] Venkatachalam L. The contingent valuation method: a review. *Environmental Impact Assessment Review*, 2004, 24(1): 89-124.