

## 西安市居住小区绿地自生植物多样性与分布特征

### Diversity and Distribution Characteristics of Spontaneous Plants in Residential Green Spaces in Xi'an City

陈天一<sup>1,2</sup> 管梦琦<sup>3</sup> 达良俊<sup>2,4\*</sup>  
CHEN Tianyi<sup>1,2</sup> GUAN Mengqi<sup>3</sup> DA Liangjun<sup>2,4\*</sup>

(1.西安建筑科技大学建筑学院, 西安 710055; 2.西安建筑科技大学—西澳大学城市生物多样性与设计国际联合实验室, 西安 710055; 3.东北林业大学园林学院, 哈尔滨 150040; 4.西安建筑科技大学干旱半干旱区生态科学与工程研究院, 西安 710055)

(1. School of Architecture, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi, China, 710055; 2. Xi'an University of Architecture and Technology - University of Western Australia International Joint Laboratory of Urban Biodiversity and Design, Xi'an, Shaanxi, China, 710055; 3. School of Landscape Architecture, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang, China, 150040; 4. Institute of Ecological Science and Engineering in Arid and Semi arid Regions, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi, China, 710055)

文章编号: 1000-0283(2025)11-0014-08  
DOI: 10.12193/j.laing.2025.11.0014.002  
中图分类号: TU986  
文献标志码: A  
收稿日期: 2025-07-09  
修回日期: 2025-09-19

#### 摘要

城市居住区绿地是城市绿地系统的重要组成部分,而自生植物作为居住区绿地中的特殊植被类型,具有耐受性强、可塑性高的特点,且拥有不可低估的生态、经济和美学价值。以陕西省西安市建成区内78个居住小区自生植物为研究对象,结合实地调查与数理统计,分析西安市居住小区绿地自生植物的物种多样性组成特征,解析其不同城市化梯度、生境类型和居住小区特征下的多样性分布格局及影响因素。研究成果将有助于补充和完善西安市城市植被研究,对进一步探讨城市化与城市植被互馈机制有重要科学意义,对深入开展城市生物多样性保护与管理以及城市再野化具有重要的科学价值。

#### 关键词

居住小区; 自生植物; 物种多样性; 分布格局; 适应策略

#### Abstract

Urban residential green spaces constitute a vital element of the urban green space system. Spontaneous plants, as a distinctive form of vegetation within residential green spaces, exhibit robust tolerance and high plasticity. They possess considerable ecological, economic, and aesthetic value, which should not be overlooked. This study focuses on the spontaneous plants within 78 residential communities situated in the urban area of Xi'an City, Shaanxi Province. Through field investigations and statistical analysis, the characteristics of species diversity in spontaneous plants within green spaces of residential communities in Xi'an City were examined. The distribution patterns of diversity and their influencing factors for spontaneous plants across various urbanization gradients, habitat types, and residential community characteristics were analyzed. The research results will help supplement and improve the study of urban vegetation in Xi'an and have essential scientific significance for further exploring the mutual feedback mechanism between urbanization and urban vegetation. It also has important scientific value for the in-depth protection and management of urban biodiversity and urban rewilding.

#### Keywords

residential community; spontaneous plants; species diversity; distribution pattern; adaptation strategy

#### 陈天一

1995年生/女/辽宁鞍山人/在读博士研究生/  
研究方向为城市生物多样性与设计

#### 管梦琦

2000年生/女/陕西西安人/在读硕士研究生/  
研究方向为城市生物多样性与设计

#### 达良俊

1962年生/男/上海人/教授、博士生导师/  
研究方向为城市生态系统近自然生态恢复与重构

\*通信作者 (Author for correspondence)  
E-mail: ljda@xauat.edu.cn

基金项目:  
国家科技基础性工作专项“《中国植被志》编研”(编号: 2015FY210200-4)

组织自生长机制, 展现出卓越的环境适应能力及独特的生态功能和景观效果, 具有显著的应用潜力与实践价值<sup>[1]</sup>。西安作为西北地区核心城市, 近年城镇化率显著提升、居住区持续扩张<sup>[2]</sup>。现有研究多聚焦栽培植物的景观应用, 对自生植物的分布特征与生态功能关注有限, 且亦存在上述问题<sup>[3-4]</sup>。据此, 本研究聚焦西安市居住小区自生植物, 系统分析其多样性分布特征及影响因素, 旨在运用自生植物营造低成本、低维护、易管理、可持续发展的植物景观<sup>[5]</sup>, 这不仅有助于全面提升居住小区绿地的经济价值、社会效益与生态服务功能, 也可为城市生物多样性保护与提升提供支撑。

## 1 研究区域概况

### 1.1 自然气候条件

西安市地处黄河流域关中平原中部, 市域总面积10 097 km<sup>2</sup>, 下辖11区2县, 南依秦岭、北濒渭河, 地势东南高、西北低, 平均海拔约410 m。西安市属暖温带半湿润大陆性季风气候, 四季分明, 雨量适中<sup>[6]</sup>。据中国气象数据网 (<http://data.cma.cn>) 1981–2020年邻近站点长期气候监测数据显示, 西安市年平均气温13.21℃, 年日照时长2 082.04 h, 年降水量733.97 mm。土壤类型以壤土为主, 植被类型区属暖温带落叶阔叶林地带。截至2024年, 西安市城镇人口1 059.07万人, 城镇化率达80.43%<sup>[2]</sup>。

### 1.2 居住区建设及发展概况

城市历史发展深刻塑造了城市空间格局, 这一特征在历史积淀深厚的西安尤为显著。近代时期, 其居住空间形成“巷—坊—路—县(区)—府城”的层级体系<sup>[7]</sup>, 以“巷”为基本居住单元, 最终按县界分路划

区。此阶段, “坊”的空间结构渐趋松散开放, 管理模式亦从内向型向以路划区、街巷式开放型管理转型<sup>[8]</sup>; 计划经济时期, 居住空间以“单位”为基本单元, 呈现传统蜂巢式结构; 20世纪90年代, 住宅建筑形态发生显著变革, 建筑层数从砖木结构的低层平房逐步发展为多层住宅及少数高层住宅, 并出现庭院式低层别墅。建设规模亦从几栋、几万平方米的街坊制建设, 扩展至数十栋、数十万平方米的规模化居住区开发; 进入21世纪, 在“生态型园林城市”建设目标引领下, 西安居住区逐渐注重景观绿化以系统提升居住环境质量。伴随城市居民对生态居住需求的升级, 居住区绿地景观营造的重要性显著提升, 逐步跃升为居住区综合评价体系中的关键指标。

目前, 西安市居住空间分布呈现显著的中心集聚与梯度扩展特征: 高密度区域主要集中于城墙内区域及其周边, 近年逐步形成向二环、三环等交通环线集聚的扩展态势, 同时郊区居住区规模持续扩大。居住区价格已从以中心城区为单一峰值、周边递减的单中心模式, 演变为以曲江、高新为双核心峰值、近郊区为次级价格高地的多中心结构<sup>[9]</sup>。可以看出, 西安市呈现典型的圈层扩展式郊区化特征, 表现为人口、产业及居住功能从中心城区向郊区的梯度扩散。居住郊区化在一定程度上有助于缓解中心城区的交通拥堵与居住资源短缺问题, 并弱化不同阶层群体因居住分异产生的空间隔离<sup>[10]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 样地选择

首先对西安市建成区边界进行界定, 运用ArcGIS 10.5最大似然法对遥感影像进行解译、Fragstats 4.2移动窗格法(窗格大小为

1 km × 1 km) 将建设用地比例在50%及以上的窗格进行聚类, 形成城市建成区边界<sup>[11]</sup>。运用系统取样法, 以西安市城市中心(钟楼)为零基点设置“米”字型样带, 每隔3 km设置半径为500 m的圆形样点, 各样点中随机选择两个及以上居住小区<sup>[12]</sup>。由于部分老旧小区建筑密度大、绿地稀少, 为保证数据总量同时平衡各类型样本量, 在选定的居住小区中各随机选取1~2个具有相对均质植被覆盖、外观上不同于周围环境的绿色斑块进行调查<sup>[13]</sup>。根据研究需要, 共调查居住小区78个、绿色斑块126个(图1)。

### 2.2 植被调查

调查于2023年5–9月植物生长季展开, 对选定的斑块进行全面踏查并进行植物区系调查。记录斑块内出现的所有植物学名, 并将其区分为自生植物和栽培植物。自生植物包括城市杂草、绿化植物木本更新幼苗以及废弃地、屋顶以及墙壁等地点生长的树木。对于难以判定是否为栽培的植物, 胸径>2 cm的木本植物全部认定其为栽培植物<sup>[12]</sup>, 胸径≤2 cm的木本植物, 若无明显栽植痕迹则视为自生植物。本研究后续仅针对自生植物进行分析。

### 2.3 数据处理

#### 2.3.1 物种属性划分

根据《中国植物志》《陕西植物志》《秦岭植物志》《中国外来植物》《中国外来入侵和归化植物名录》, 以及中国植物物种信息系统 (<http://www.iplant.cn/>) 等确定自生植物的学名及物种属性。其生活型分为乔木、灌木、藤本、多年生草本、一二年生草本、蕨类; 来源型分为乡土物种及非乡土物种, 其中非乡土物种中包含入侵物种。

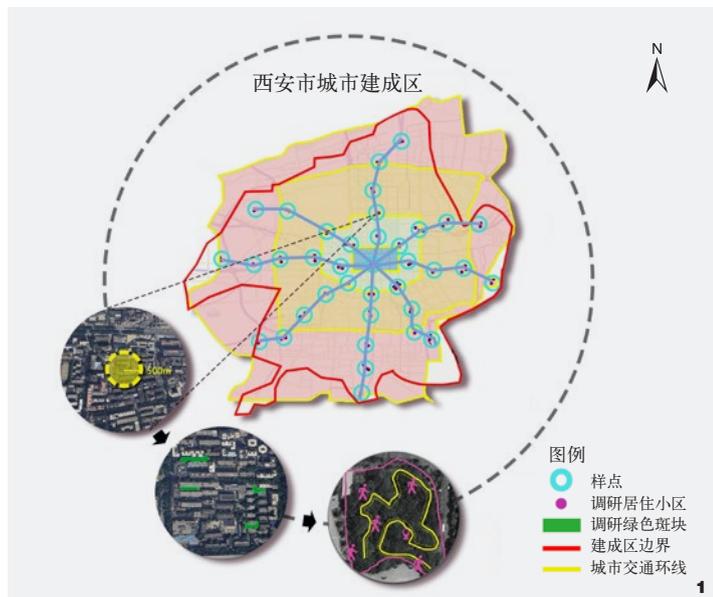


图1 研究区域与样点布设  
Fig. 1 Study area and sample plots

### 2.3.2 自生植物多样性计算

自生植物多样性采用频度 ( $F$ ) 及Patrick丰富度 ( $P$ ) 进行计算, 见公式 (1) (2)。

$$F = S_i / N \times 100\% \quad (1)$$

$$P = S \quad (2)$$

式中,  $S_i$  为物种  $i$  出现的斑块数,  $N$  为总斑块数;  $S$  表示物种数。

### 2.3.3 城市化水平、居住小区特征及绿地生境类型划分

本研究以西安市道路环线为分界线<sup>[14]</sup>, 将研究区域分为一环内区域 (R1)、一环到二环区域 (R2)、二环到三环区域 (R3) 及三环外区域 (R4), 城市化水平依次递减。基于相关文献<sup>[15-16]</sup>, 结合居住小区周边的环境设施配置、区位交通和房屋均价等, 将调查的居住小区分为高档小区、中高档小区、中档小区、老旧小区及单位学校住宅。根据小区建成时间和房屋均价, 将调查到的居住小区分别分为三类。根据相关规定<sup>[17]</sup>, 将居住区绿地生境大类分为公共绿地、宅旁绿地及道路绿地, 同时, 根据斑块内植被垂直结构进一步将其划分为15种微生境类型<sup>[18]</sup> (表1)。

### 2.3.4 影响因子获取及数理分析

参考相关文献<sup>[10,19]</sup>选取居住小区特征指标共10项。其中, 建成年

限、房屋均价、建筑类型、小区等级、绿化率、容积率、面积通过链家等软件公开信息爬取获得; 小区内绿地斑块面积、周长、周长面积比以高分辨率遥感影像为基底, 通过ArcGIS 10.5计算获得; 数据预处理和计算使用R 4.3.2中的Vegan包和Excel软件; 根据数据特征, 统计检验采用单因素方差进行分析, 运用SPSS 26.0进行计算; 统计图在Graphpad Prism 9.0及Excel中绘制。

## 3 结果与分析

### 3.1 自生植物物种组成特征

本研究在西安市78个居住小区中共记录到自生植物270种, 隶属63科179属, 其中菊科占比最大 (20.11%), 共36属, 50种, 其次为禾本科 (14.53%), 共26属, 30种。科的水平上, 研究区63科自生植物可分为11个分布区类型, 以世界广布为主 (30科, 47.62%), 热带性次之 (22科, 34.92%)、温带性最少 (11科, 17.46%); 属的水平上, 研究区179属自生植物可分为22种分布区类型, 以温带性为主 (79属, 44.13%)、其次为热带性 (65属, 36.32%)、世界性最少 (35属, 19.55%) (表2)。

生活型方面, 270种自生植物包含草本植物234种 (86.67%)、藤本17种 (6.30%)、乔木9种 (3.33%)、灌木7种 (2.59%) 以及蕨类3种 (1.11%)。草本自生植物中, 多年生草本 (125种, 46.30%) 略高于一、二年生草本 (109种, 40.37%) (表3)。

来源型方面, 乡土自生植物114种 (42.22%)、非乡土自生植物156种 (57.78%), 其中非乡土物种中包含入侵植物38种, 占非乡土物种总数的24.36%。入侵物种虽仅占物种总数的14.08%, 但大部分入侵物种的入侵等级以及在斑块中出现的频率较高, 典型物种如鬼针草 (*Bidens pilosa*)、一年蓬 (*Erigeron canadensis*) 等 (表4)。

物种频度方面, 高频物种中, 菊科与禾本科物种优势显著。千里光在所有居住小区中出现的频度最高 (78.23%)、其次为酢浆草 (77.91%)、马唐 (76.74%); 4种频度类型中, 极低频物种占比最高 (160种, 59.26%), 且物种跨多科属分布。43种 (占总数15.93%) 仅出现1次, 典型物种如蜈蚣凤尾蕨 (*Pteris vittata*)、紫叶酢浆草 (*Oxalis triangularis* cv. 'Urpurea'), 细叶旱芹 (*Cyclosporum leptophyllum*) 等 (表5)。

### 3.2 西安市居住小区自生植物多样性分布特征

#### 3.2.1 不同城市化水平的多样性分布特征

物种组成方面, 各区域自生植物物种数量随城市化水平升高而降低, 排序为R4 (193种) > R3 (177种) > R2 (146种) > R1 (28种); 乡土

自生植物占比随城市化水平降低而降低，排序为R1 (50%) > R2 (47.94%) > R3 (46.89%) > R4 (45.07%)；草本植物在各区域均占绝对优势；不同城市化水平的高频物种具有较高相似性，各区域共有的高频物种有马唐、狗尾草、酢浆草、黄鹌菜 (*Youngia japonica*)、蛇莓 (*Duchesnea indica*)。

生活型丰富度差异均不显著 ( $p > 0.05$ )。自生植物总丰富度、草本及藤本自生植物丰富度排序均为R4 > R3 > R2 > R1 (图2)。

表1 西安市居住小区绿地生境类型划分  
Tab. 1 Classification of green space habitat types in residential communities of Xi'an city

生境类型 Habitat type	生境编码 Habitat code	微生境类型 Microhabitat type	微生境编码 Microhabitat code
公共绿地	PG	公共绿地—乔—灌—草	PG-T-S-H
		公共绿地—乔—灌	PG-T-S
		公共绿地—乔—草	PG-T-H
		公共绿地—灌—草	PG-S-H
		公共绿地—草	PG-H
道路绿地	RG	道路绿地—乔—灌—草	RG-T-S-H
		道路绿地—乔—灌	RG-T-S
		道路绿地—乔—草	RG-T-H
		道路绿地—灌—草	RG-S-H
		道路绿地—灌	RG-S
宅旁绿地	GH	宅旁绿地—乔—灌—草	GH-T-S-H
		宅旁绿地—乔—灌	GH-T-S
		宅旁绿地—乔—草	GH-T-H
		宅旁绿地—灌—草	GH-S-H
		宅旁绿地—灌	GH-S

表2 西安市居住小区自生植物地理成分  
Tab. 2 Geographical elements of spontaneous plants in residential communities of Xi'an city

地理成分性质 Nature of geographical elements	地理成分类型 Type of geographical elements	科 Family		属 Genus	
		物种数量 / 种	比例 / %	物种数量 / 种	比例 / %
		世界性	1 广布 (世界广布)	30	47.62
热带性	2 泛热带 (热带广布)	14	22.22	35	19.55
	2-2 热带亚洲、非洲和南美洲间断分布	2	3.17	1	0.56
	2S 以南半球为主的泛热带分布	2	3.17	—	—
	3 热带亚洲和热带美洲间断分布	3	4.76	8	4.47
	4 旧世界热带分布	1	1.59	9	5.03
	5 热带亚洲至热带大洋洲分布	—	—	3	1.67
	6 热带亚洲至热带非洲分布	—	—	2	1.12
	7 热带亚洲 (印度—马来西亚) 分布	—	—	2	1.12
	7a 西马来 (西马来西亚—华莱士线) 分布	—	—	2	1.12
	7d 全分布区东达新几内亚分布	—	—	1	0.56
	7e 全分布区东南达西太平洋诸岛分布	—	—	2	1.12

### 3.2.2 不同生境类型的多样性分布特征

物种组成方面，生境大类中自生植物物种数量排序为PG (183种) > GH (182种) > RG (164种)。T-S-H复杂垂直结构微生境的物种数量普遍较高，PG-T-S-H物种数量最高 (172种)，RG-S在科、属、种数量上均最低 (5种)；各来源型自生植物在各生境大类中物种数量相差不大，非乡土均略高于乡土植物；不同微生境中，乡土自生植物占比最低为PG-T-S-H (44.18%)，最高为RG-S (60%)，入侵物种占比差异显著，RG-S无入侵物种，而GH-T-H (17.44%)、PG-S-H (15.94%) 等微生境入侵物种超平均水平；各生境大类及微生境中草本自生植物物种数量占绝对优势，同时，多年生草本为各微生境的共性核心生活型；各生境大类最高频物种均为千里光。高频自生物种如千里光等8种覆盖全部15类微生境；次高频物种如打碗花 (*Calystegia hederacea*) 等7种覆盖13类微生境，结果显示不同物种对微生境的适应性存在梯度差异。酢浆草和千里光是微生境双核心优势物种，分别在PG-T-S-H等7类微生境和PG-S-H等5类微生境中占据最高频率，反映了这些物种对不同垂直结构微生境的广泛适应性。

不同生境下仅PG (均值1.38) 与GH乔木自生植物 (均值1.00) 的Patrick指数差异显著 ( $p < 0.05$ )，而总丰富度及其他生活型自生植物的丰富度在不同生境间差异均不显著 ( $p > 0.05$ )。总体来看，草本自生植物主导、灌木自生植物低丰富度是各生境大类的共性 (图3-a)；不同微生境中仅乔木自生植物Patrick指数存在显著差异：PG-T-H (均值3.0) 与PG-

接上表

地理成分性质 Nature of geographical elements	地理成分类型 Type of geographical elements	科 Family		属 Genus		
		物种数量 / 种	比例 / %	物种数量 / 种	比例 / %	
温带性	8 北温带分布	3	4.76	37	20.67	
	8-4 北温带和南温带 (全温带) 间断分布	5	7.94	1	0.56	
	8-5 欧亚和南美洲温带间断分布	—	—	1	0.56	
	9 东亚和北美洲间断分布	1	1.59	5	2.79	
	10 旧世界温带分布	—	—	18	10.06	
	10-1 地中海区、西亚和东亚间断分布	—	—	3	1.67	
	10-3 欧亚和南非洲 (或大洋洲) 间断分布	—	—	1	0.56	
	11 温带亚洲分布	—	—	1	0.56	
	12 地中海区, 西亚至中亚分布	—	—	3	1.67	
	12-1 地中海区至中亚和南非洲和 / 或大洋洲间断分布	1	1.59	—	—	
	14 东亚 (东喜马拉雅—日本) 分布	1	1.59	7	3.91	
	14-2 中国—日本 (SJ) 分布	—	—	2	1.12	
	总计		63	100	179	100

表3 西安市居住小区自生植物生活型

Tab. 3 Lifeforms of spontaneous plants in residential communities of Xi'an city

生活型 Lifeform	物种数量 / 种 Quantity	比例 / % Proportion	典型物种 Typical species
多年生草本	125	46.30	千里光 ( <i>Senecio scandens</i> )、酢浆草 ( <i>Oxalis corniculata</i> )、 茅状羊茅 ( <i>Festuca arundinacea</i> )
一、二年生草本	109	40.37	马唐 ( <i>Digitaria sanguinalis</i> )、续断菊 ( <i>Sonchus asper</i> )、 狗尾草 ( <i>Setaria viridis</i> )
藤本	17	6.30	鹅绒藤 ( <i>Cynanchum chinense</i> )、茜草 ( <i>Rubia cordifolia</i> )、 华萝藦 ( <i>Cynanchum hemsleyanum</i> )
乔木	9	3.33	构 ( <i>Broussonetia papyrifera</i> )、复羽叶栎 ( <i>Koelreuteria bipinnata</i> )、 槐 ( <i>Styphnolobium japonicum</i> )
灌木	7	2.59	枸杞 ( <i>Lycium chinense</i> )、小蜡 ( <i>Ligustrum sinense</i> )、 野迎春 ( <i>Jasminum mesnyi</i> )
蕨类	3	1.11	陕西耳蕨 ( <i>Polystichum shensiense</i> )、长叶肾蕨 ( <i>Nephrolepis biserrata</i> )、 问荆 ( <i>Equisetum arvense</i> )
总计	270	100	—

表4 西安市居住小区自生植物来源型

Tab. 4 Sources of spontaneous plants in residential communities of Xi'an city

来源型 Source	物种数量 / 种 Quantity	比例 / % Proportion
乡土物种	114	42.22
非乡土物种	入侵物种	38
	其他非乡土物种	118
总计	270	100

T-S(1.0) 等5种微生境差异极显著 ( $p < 0.01$ ), 与PG-T-S-H (1.38)、RG-T-S-H (1.2) 差异显著 ( $p < 0.05$ ), 反映出不同垂直结构微生境对乔木自生植物的差异化影响; 而总丰富度及其他生活型自生植物丰富度在不同微生境间无显著差异 ( $p > 0.05$ ) (图3-b)。

### 3.2.3 不同居住小区特征的多样性分布特征

(1) 不同小区类型的多样性分布特征。自生植物物种数量以中档小区 (50科140属205种) 最高、老旧小区区 (42科108属159种) 次之; 乡土自生植物占比最高为单位学校住宅 (53.26%)、最低为高端小区 (32.29%), 入侵自生物种占比最高为老旧小区区 (17.61%)、最低为单位学校住宅 (10.86%); 千里光等5种在所有小区中高频, 马唐等5种在4类小区中高频; 高端与老旧小区区以马唐为最高频, 中高端与中档小区以酢浆草最高频, 千里光在高端、中档、老旧小区区中频率突出。不同居住小区类型灌木自生植物Patrick指数在各类型间差异显著, 中高端 (1.50)、中档 (1.10)、老旧小区区 (1.0) 分别与单位学校住宅及高端小区存在显著差异 ( $p < 0.05$ ); 总丰富度与其他生活型丰富度差异不显著 ( $p > 0.05$ ) (图4-a)。

(2) 不同建成年限小区的多样性分布特征。自生植物物种数量以2011–2022年建成小区最丰富; 乡土自生植物占比最高为2002–2010年建成小区 (53.47%), 入侵自生植物占比最高为1952–2000年建成小区 (15.09%); 2011–2022年建成小区的乔木、灌木自生物种数高于其他小区; 建成时间距今越久多年生草本物种数越多; 千里光等5种为全建成年限共有高频物种, 2002–2010年与2011–2022年高频物种种类更为丰富。不同建成年限居住小区整体Patrick指数以2011–2022年 (33.65)

表5 西安市居住小区自生植物频度  
Tab. 5 Frequency of spontaneous plants in residential communities of Xi'an city

频度类型 Frequency type	物种数量 / 种 Quantity	比例 (%) Proportion	典型物种 Typical species
高频物种 (频度 ≥ 20%)	47	17.41	千里光 (78.23%)、酢浆草 (77.91%)、马唐 (76.74%)
中频物种 (10% ≤ 频度 < 20%)	39	14.44	鹅绒藤 (19.77%)、葶苈菜 ( <i>Rorippa indica</i> ) (18.60%)、牛筋草 ( <i>Eleusine indica</i> ) (17.44%)
低频物种 (5% ≤ 频度 < 10%)	24	8.89	毛白前 ( <i>Vincetoxicum chinense</i> ) (9.30%)、钝叶酸模 ( <i>Rumex obtusifolius</i> ) (8.14%)、球序卷耳 ( <i>Cerastium glomeratum</i> ) (6.98%)
极低频物种 (频度 < 5%)	160	59.26	地锦 ( <i>Parthenocissus tricuspidata</i> ) (4.65%)、鼠曲草 ( <i>Pseudognaphalium affine</i> ) (3.49%)、长叶车前 ( <i>Plantago lanceolata</i> ) (3.49%)
总计	270	100	

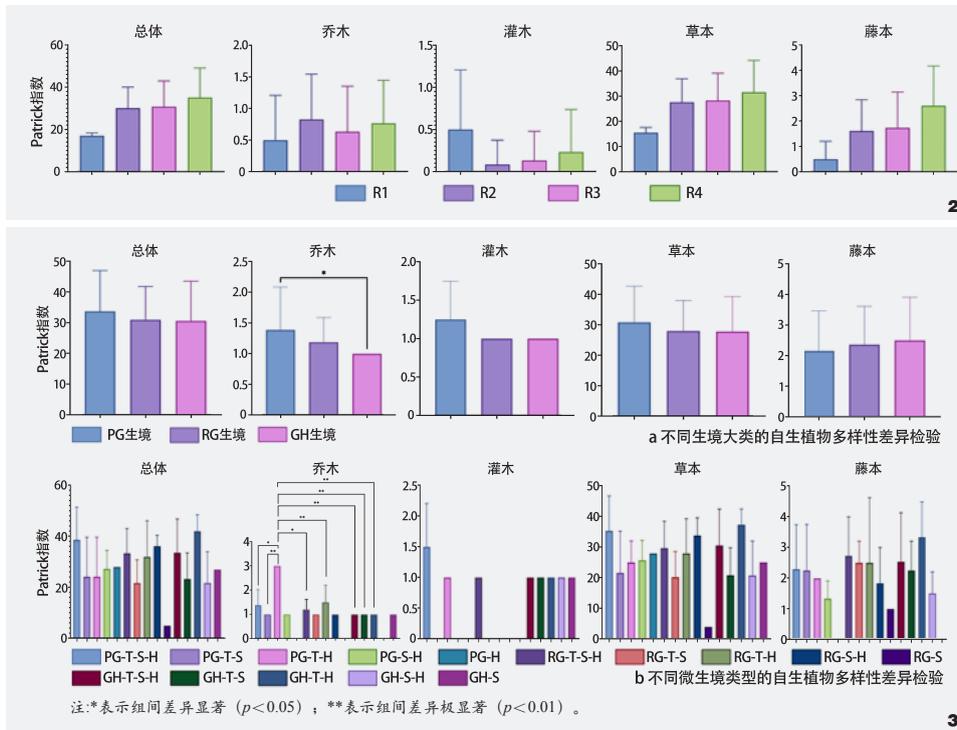


图2 不同城市化水平的自生植物多样性差异检验  
Fig. 2 Difference test of spontaneous plant diversity under different urban gradients  
图3 不同生境类型的自生植物多样性差异检验  
Fig. 3 Difference test of spontaneous plant diversity under different habitat types

最高，且与2002-2010年小区丰富度均值差异极显著 ( $p < 0.01$ )。各小区均以草本自生植物丰富度最高、灌木自生植物最低，除草本外，其他生活型自生植物丰富度差异均不

显著 ( $p > 0.05$ ) (图4-b)。  
(3) 不同价格居住小区的多样性分布特征。中等价格 (0.95万 ~ 1.5万元/ $m^2$ ) 居住小区自生植物物种数量略高于高价 (1.5万 ~ 5万

元/ $m^2$ )、低价 (0.3万 ~ 0.95万元/ $m^2$ ) 小区；乡土、非乡土、入侵自生植物占比在各价位小区中相差不大；低价、中价小区多年生与一年生草本物种数量突出，高价小区乔木物种数量最高；高频物种较为相似，但中、高等价格小区的高频植物种类更丰富，且中高频物种频率更高。不同价格居住小区的乔木自生植物丰富度存在显著差异 ( $p < 0.05$ )，低、中价小区乔木层均值 (1.0) 显著低于高价小区 (1.44)；总丰富度及其他生活型丰富度差异不显著 ( $p > 0.05$ )，但总体Patrick指数随小区价格降低而降低 (图4-c)。

### 3.3 西安市居住小区自生植物多样性成因

相关性分析显示，自生植物丰富度与建成年限、房屋均价、建筑类型、绿化率、小区等级、小区斑块面积、斑块周长均呈极显著正相关 ( $p < 0.01$ )，与容积率、周长面积比呈极显著负相关 ( $p < 0.01$ ) (表6)。

## 4 结论与讨论

### 4.1 西安市居住小区自生植物多样性组成与成因

通过对西安市78个居住小区的实地调查，共记录自生植物63科179属270种，较前人在西安市60个居住小区中记录的57科96属135种<sup>[3]</sup>植物更为丰富。从城市尺度上比较，西安居住小区自生植物物种数量高于北京 (52科166属242种)<sup>[20]</sup>、哈尔滨 (38科128属175种)<sup>[21]</sup>等城市，除气候条件影响外，或与西安近年来城市化进程与发展模式等差异相关。调查到的自生植物中，菊科和禾本科为优势科，这与相关学者关于城市自生植物的研究结论一致<sup>[20,22]</sup>，推测与两科植物较强的进化适应性相关；生活型方面，草本植物物种数量占绝对优势 (约88%)，且各类别中多年

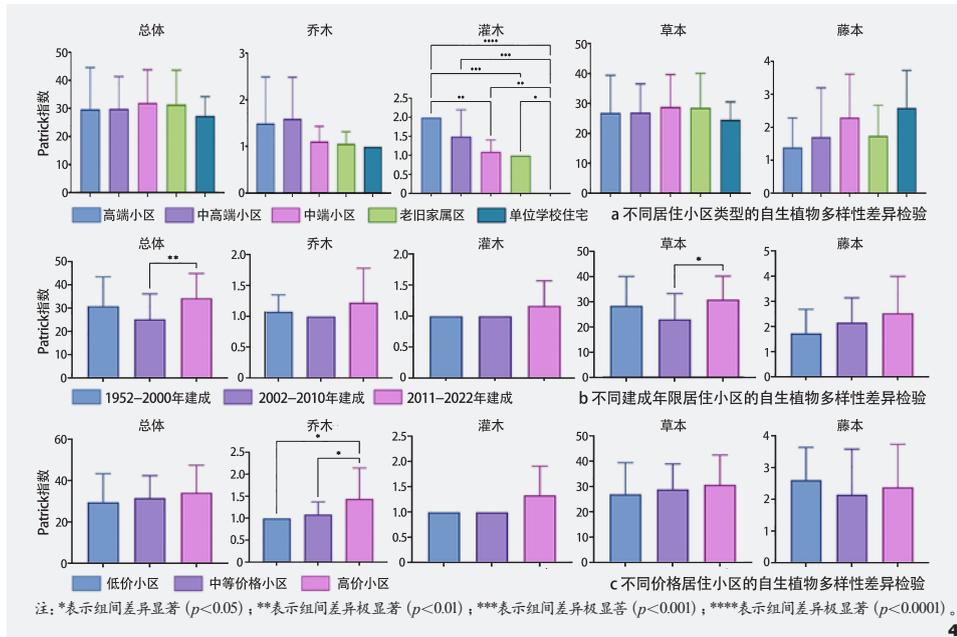


图4 不同居住小区特征的自生植物多样性差异检验  
Fig. 4 Difference test of spontaneous plant diversity in residential communities with different characteristics

生草本物种数量均高于一、二年生草本，这一特征反映研究区域人工干扰强度较高——多年生植物的稳定生长需要自然环境因子相对稳定、干扰强度较低且资源可持续的生境条件，而频繁的人工管理限制了自生植物从一年生向多年生的自然演替；物种来源方面，不同城市化水平、生境类型、小区特征的居住小区虽存在差异，但共性特征为乡土植物占比

略低于非乡土植物。该结果进一步表明需重点关注一年蓬、小蓬草、钻叶紫菀等38种入侵物种的潜在风险，其可通过替代乡土植物形成单优势种群，进而导致区域生物多样性降低；区系分布以世界广布型为主，这与西安独特的地理环境密切相关，秦岭山脉为西安提供了2000余种野生植物资源，为西安市居住小区自生植物的多样性奠定了基础。同

时，西安作为历史上丝绸之路的重要节点，人员流动也促进了物种扩散；物种频度方面，马唐、酢浆草等出现频率较高，与前人研究中狗尾草、香附子等物种的分布特征相似<sup>[21]</sup>，均表现出较强的环境适应性。极低频物种占比较高，考虑因生境碎片化导致微生境异质性强，加之人工干扰频繁导致部分物种难以定植，使其仅能短暂存活或零星出现。

本研究从斑块与小区特征两方面分析了影响自生植物多样性的关键因素。斑块层面，更大面积与周长的斑块可为自生植物提供充足定居空间，从而显著提升其丰富度，这与“岛屿效应”经典理论及相关研究结论一致<sup>[23]</sup>；小区特征层面，建成时间较长的小区因养护频率低、自然演替时间长、种子库趋于稳定，自生植物更丰富；新建小区因景观同质化严重、人工养护频繁，从而限制自生植物生长；高价小区注重景观设计但存在盲目引入外来物种问题，导致资源浪费且自生植物丰富度较低；低价小区景观建设不足、养护粗放，反而利于自生植物生长；高端小区常强调“新奇特”且管理精细，导致自生植物显著低于普通小区。斑块空间特征与小区开发管理模式通过生境供给和人为干扰强度，共同影响自生植物的物种数量与多样性分布。

表6 影响因子与自生植物多样性相关性分析

Tab. 6 Correlation analysis between influence factor and spontaneous plant diversity

	影响因子	相关系数及显著性
	Influence factor	Correlation coefficient and significance
小区特征影响因子	建成年限	0.978**
	房屋均价	0.621**
	绿化率	0.995**
	容积率	-0.707**
	小区等级	0.994**
	建筑类型	0.621**
斑块特征影响因子	斑块面积	0.995**
	斑块周长	0.977**
	周长面积比	-0.868**

注：\*\*代表 $p < 0.01$ 。

流量大、交通便利促进种子与花粉传播,为自生植物提供适宜生存条件;微生境间总丰富度无显著差异,推测与居住小区外来植物栽培加剧、景观与微生境趋同,及道路、景观设施扩张损害生境有关,建筑密集导致的弱光照及热岛效应也进一步抑制了自生植物的生长。乔木自生植物在不同微生境差异显著,其丰富度在GH-T-H中最高、RG-S中最低。推测GH-T-H因不透水面比例低、景观破坏少,且“T-H”垂直结构的人为管理强度一般较低,利于草本群落稳定及乔木幼苗生长;而RG-S因需频繁修剪以维持景观效果,人为管理强度较高,故丰富度最低。

#### 4.3 西安市居住小区自生植物的景观应用策略

(1) 生境的多样化营造。居住小区绿地既是城市动植物赖以生存的基本空间,同样也可城市提供生态系统服务功能和景观美学价值<sup>[10]</sup>。根据本研究相关结果,因面积较大绿地的自生植物丰富度较高,建议增加开放公共绿地面积;道路绿地可通过增植行道树,优化“灌—草”配置提升多样性;宅旁绿地需强化“乔—灌—草”立体搭配,兼顾沙尘阻隔、噪音降低与景观美化功能。针对景观同质化,应遵循适地适树、融入本土文化元素。宅旁与道路绿地的“乔—灌—草”配置中需避免冠层比例过高抑制草本与低矮灌木生长,科学搭配常绿与落叶树种,优化空间层次与植物群落稳定性。或可通过造园手法提升生境异质性,如坡地以碎砖石堆砌挡墙形成阶梯式生境,防止土壤流失并促进植物定植。

(2) 自生植物的差异化管理。针对不同小区类型,管理需分类施策。高端小区及单位学校住宅自生植物较少,建议定期联合专业生态团队开展调查,区分乡土、非乡土及

入侵物种,设置“人工景观区”与“生态保留区”,将自生植物的组成、结构和功能在演替中的自然变化纳入考量,并通过“野趣花园”融合自生与观赏植物提升景观层次<sup>[24]</sup>。低价、老旧小区侧重实用性与成本效益,可种植野菊等低维护乡土植物,同时重点清除入侵物种、有毒植物及安全隐患,引导居民参与形成群防群治合力。针对不同生境类型,需进行针对性优化。一方面,结合生态环境因子实施差异化管理。如日照条件下,全日照区域保留耐旱低维护自生植物,调控间距密度避免竞争;半阴区域保留耐阴草本、蕨类,结合落叶层覆盖减少灌溉;另一方面,采用适应性技术提升微生境及特殊生境生态功能。如,树池选择耐旱耐踩踏植物降低维护成本;湿地、水池边缘保留芦苇等植物净化水质,并控制蔓延;硬质缝隙可种植酢浆草、车前、马兰等浅根系抗踩踏植物,并通过局部填土改良固土保水;腐殖质富集区如堆肥角、落叶堆积区保留分解类菌类,加速有机物转化以缩减清运成本;排水不畅的墙根区域,可开挖浅沟并混种香蒲等耐水湿物种,增强雨水渗透与净化能力。[11]

注:文中图表均由作者绘制。

#### 参考文献

- [1] 史新园. 西安城区自生植物资源调查与园林应用研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2024.
- [2] 西安市统计局. 西安市2024年国民经济和社会发展统计公报[R/OL]. 西安:西安市人民政府,(2025-04-15)[2025-05-30]. <http://www.xa.gov.cn/gk/gjh/gmjshsfzjhjqzqk/1911952493551058945.html>
- [3] 苏蕾. 西安市居住区园林植物种类及其应用研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2018.
- [4] 苏静,那欢欢,张勇,等. 西安市居住区绿化植物种类调查及其应用[J]. 价值工程,2012,31(25):56-57.
- [5] 骆沁宇,张梦圆,李晓璐,等. 北京城市绿地不同生境自生植物多样性特征及其功能性状组成[J]. 生态学报,2024,44(11):4744-4757.
- [6] 刘啸. 基于西安地区生态适应性的观赏草选择及景观应用研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2023.

- [7] 刘柯璐,周典,王梦莹,等. 城市社区建成环境生活便利度评价影响因素解析及提升策略研究[J]. 建筑学报,2024(S2):123-128.
- [8] KOWARIK I. Novel Urban Ecosystems, Biodiversity, and Conservation[J]. Environmental Pollution, 2011, 159(8-9):1974-1983.
- [9] 王彦君. 西安市居住空间分异及其效应评价研究[D]. 西安:西北大学,2018.
- [10] 张艺宁. 收缩城市居住与商业空间匹配关系研究——以长春市伊春区为例[D]. 长春:东北师范大学,2021.
- [11] MCGARIGAL K. Fragstats Help[D]. Amherst: University of Massachusetts, 2014.
- [12] GAO Z W, PAN Y J, BODEGOM P M V, et al. Beta Diversity of Urban Spontaneous Plants and Its Drivers in 9 Major Cities of Yunnan Province, China[J]. Landscape and Urban Planning, 2023, 234:104741.
- [13] 郭建国. 景观生态学格局、过程、尺度与等级[M]. 北京:高等教育出版社,2007.
- [14] 贾博. 哈尔滨城乡梯度上城市绿地植物多样性与群落类型[D]. 上海:华东师范大学,2021.
- [15] 冯晓萌,雷云格,张茵茵,等. 基于AHP法的武汉市居住区植物景观评价[J]. 安徽农业科学,2021,49(01):92-97.
- [16] 汪平西. 城市旧居住区更新的综合评价与规划路径研究[D]. 南京:东南大学,2019.
- [17] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市居住区规划设计标准:GB50180-2018[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2018.
- [18] ZHANG Z, YU J J, TIAN J Y. Community Participation, Social Capital Cultivation and Sustainable Community Renewal: A Case Study from Xi'an's Southern Suburbs, China[J]. Journal of the Knowledge Economy, 2024, 15(03):11007-11040.
- [19] 杜洪婧. 基于空间句法和GIS的城市公园可达性及优化策略研究——以株洲市中心城区为例[D]. 株洲:湖南工业大学,2024.
- [20] 李晓鹏. 城市化环境下公园自生植物的多样性与公众感知研究[D]. 北京:北京林业大学,2020.
- [21] 陈晓双. 哈尔滨城区杂草群落分布格局及其对生境异质性的响应[D]. 上海:华东师范大学,2014.
- [22] 邱易. 南京市居住区自生植物组成及其景观接受度评价[D]. 南京:南京农业大学,2020.
- [23] CAVENDER-BARES J, PADULLÉS CUBINO J, PEARSE W D, et al. Horticultural Availability and Homeowner Preferences Drive Plant Diversity and Composition in Urban Yards[J]. Ecological Applications, 2020, 30(04):e02082.
- [24] KOWARIK I. Working with Wilderness: A Promising Direction for Urban Green Spaces[J]. Landscape Architecture Frontiers, 2021, 9(01):92-103.