

西安市三环内居住用地附属绿地的整体及区域植被特征研究

李欣雨¹, 陈家乐¹, 焦敏², 蒋蒙¹, 周伟奇^{2,3*} (1.西北农林科技大学资源环境学院/农业部西北植物营养与农业环境重点实验室, 陕西杨凌 712100; 2.城市与区域生态国家重点实验室, 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085; 3.中国科学院大学, 北京 100049)

摘要 [目的]通过调查西安三环路内居民区植被分布特征,为同类城市绿地空间合理布局提供参考。[方法]采用地理网格法对西安市三环路内的78个居民点进行了调查。在总体和区域尺度上,对植物种类、优势科属、应用频度、树种配置及树种丰富度等进行调查评估。[结果]树种丰富度8.78、多样性5.11、均匀度0.71、单调度0.06。树种聚集性明显,整体林龄较小,乔-灌-草群落占明显优势。乡土/外地、常绿/落叶、观赏/非观赏配置分别为1:0.38、1:3.84和1:0.49。一至三环区从中心往外树种丰富度和数量逐渐增加,以乡土树种为主,外来树种所占比例逐渐增加,树木胸径呈降低趋势。[结论]建议应考虑树种的多样性及协调性,加强整个城市的树种配置,重视对一二环居民区配套绿化的更新,加大对三环区小树的管理和养护,发挥其改善环境的潜力。

关键词 居民区;树种配置;植被多样性特征;空间分布;西安市

中图分类号 S731.5 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)12-0121-05

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.12.030



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on the Overall and Regional Vegetation Characteristics of the Resident-affiliated Green Space within the Third Ring Road of Xi'an City

LI Xin-yu¹, CHEN Jia-le¹, JIAO Min² et al (1.College of Resources and Environment, Northwest A&F University/Northwest Key Laboratory of Plant Nutrition and Agricultural Environment, Ministry of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100; 2.State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085)

Abstract [Objective] To reveal the vegetation distribution characteristics of the resident-affiliated green space within Third Ring Road of Xi'an, and provide reference for the greenspace planning and management of similar cities. [Method] The geographical grid method was conducted to select 78 residential sites within the Third Ring Road in Xi'an City. Based on the overall and the regional scale, the plant species, dominant families and genera, application frequency, tree species allocation and tree species richness of resident-affiliated green space was surveyed and evaluated. [Result] For the whole city, the richness of tree species was 8.78, the diversity was 5.11, the evenness was 0.71, and the single regulation was 0.06. The aggregation of tree species was obvious and the overall age of trees was young. For the vertical structure, the arbor-shrub-grass community accounted most. And the ratios of native/exotic, evergreen/deciduous, and ornamental/non-viewing were 1:0.38, 1:3.84, and 1:0.49, respectively. From the city center to outside, that is from first to third region, the tree species richness and trees amount increased gradually. Although all three regions were dominated by native trees, the proportion of exotic trees gradually increased. While the diameter at breast height (DBH) of trees showed an opposite trend. [Conclusion] For the whole city, we suggested that the diversity and coordination of tree species should be fully considered, and the allocation and maintenance of trees should be strengthened. For the first and second ring region, more attention should be paid to update the greenspace of the residential areas. For the third ring region, the management of greenspace should be strengthened to promote the growth of small trees and play their potential to improve the environment.

Key words Residential area; Tree species allocation; Vegetation diversity characteristics; Spatial distribution; Xi'an City

城市是人类活动高度集中的地域,也是环境质量急剧下降、生态失衡最为严重的地方,主要表现在植物种类缺乏、结构简单、生态效益和社会效益处于弱势^[1]。居住区绿地是城市绿地重要的组成部分,一般占城市总用地面积的35%左右,且居民约50%以上的时间是在居民区内度过,其绿化水平的高低直接影响着整个城市的生态环境及人们的生存质量^[2-3]。

在21世纪,人类对居民区绿化环境的要求已不再局限于“量”的增加,而是在“质”的方面提出了更高要求,更加注重植物的配置与造景,充分发挥植物的生物多样性特性^[4]。西安作为我国西北地区最大的城市,其城市建设水平较高,由于城市用地的制约和社会经济在不同历史时期发展快慢不同等原因,绿地建设在不同居民区存在明显差异^[5-6]。西安从明代的“西安”城(现城墙内,即该研究中的一环区)发

展到建国后50—90年代的二环区域内,目前向三环以外的空间快速扩展,各环域内由于功能性质和区位优势不同,在居住空间形态、开发强度及住宅价格上表现出的特征各异^[7]。西安居民区建设在取得丰硕成果的同时,也暴露出不少问题。如居民区绿化设计中树种单调、植物群落结构单一,许多居民区绿化效果不理想,需要进一步改善绿化质量^[8]。

就目前来看,对西安居住用地附属绿地的研究多停留在植被的调查统计阶段,对不同环区的居住用地附属绿地缺乏系统全面的研究。该研究通过调查西安市三环路以内居住用地附属绿地植物的基本情况,探讨居民区植被组成、应用频度、树种配置、群落结构和多样性等特征,并对比分析人类活动影响下不同环区的居住用地附属绿地系统特征,以期对西安市及其他附近居民区的植物绿化和空间分布提供参考与依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 西安地处黄土高原南部边缘,市区位于渭河冲积平原一、二、三级阶地上,秦岭群峰横亘于南,泾渭河谷蜿蜒于北,川塬相接,八水环绕^[9],市域位于33°42'~

基金项目 国家自然科学基金面上项目(41771203);中国科学院大学生创新实践训练计划。

作者简介 李欣雨(1998—),女,陕西西安人,硕士研究生,研究方向:资源环境科学。*通信作者,研究员,博士,从事城市生态系统格局特征与演替研究。

收稿日期 2020-11-05

34°44.5'N, 107°40'~109°49'E, 市区总面积 10 097 km², 其中城市建成区面积 3 582 km²。西安市属暖温带半湿润大陆性季风气候, 年平均气温 13.6 ℃, 降水量 505~720 mm, 自然植被属于暖温带落叶阔叶林, 主要乡土树种有女贞 (*Ligustrum lucidum*)、臭椿 (*Ailanthus altissima*)、栎树 (*Koelreuteria*)、国槐 (*Sophora japonica*)、银杏 (*Ginkgo biloba*) 等^[10]。西安作为历史文化古都, 悠久的历史历史造就了西安建筑的厚重底色, 但与沿海经济发达城市相比, 在居民区景观设计领域, 从理论研究到工程实践等方面尚存在着较大差距^[9]。

1.2 调查方法 该研究使用 2019 年西安市主城区 Google 遥感影像图作为基础底图, 在 ArcGIS 软件的支持下将西安市三环路以内约 305.97 km² 的范围作为研究区, 采用空间网格的方法划分为 100 个网格 (1.75 km×1.75 km), 在每个网格中随机选取 1 个目标小区, 以绿地斑块为基本单位, 对目标小区内所有的绿地斑块进行实地调查, 共抽取到 78 个居民区, 分属 6 个行政区, 共 651 个绿地斑块。根据研究区居住空间分异现状, 以交通环线为界 (一环路、二环路、三环路) 将上述研究区划分为 3 个环区。其中, 一环区是明城墙以内的老城区, 是城市的中心商贸区; 二环区是明城墙以外二环路以内的区域; 三环区是二环路以外三环路以内的区域 (图 1)。

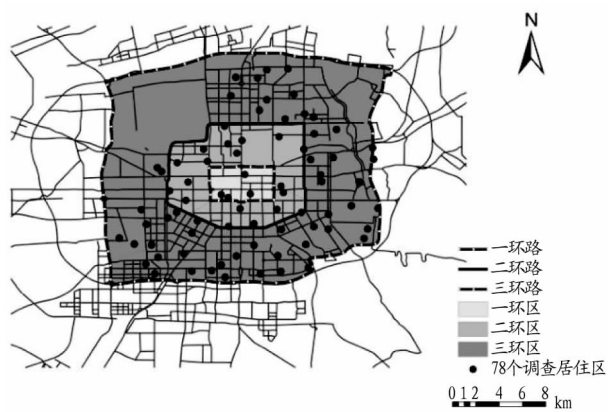


图 1 西安市三环内调查居民区分布

Fig.1 Distribution of residential areas in the third ring road of Xi'an City

1.3 调查内容 包括 3 部分调查内容: ①植被信息调查, 包括树木的物种、数量、绿地斑块植被的垂直结构 (乔、乔-草、乔-灌、乔-灌-草)、树木的胸径 (划分为 3 个等级, <10 cm; 10~30 cm; >30 cm)^[11]; ②树木特征属性调查, 根据《中国植物志》对树木的乡土/外来、常绿/落叶、观赏/非观赏、食用/非食用、药用/非药用、耐受性强/耐受性弱、抗污染强/抗污染弱特征进行统计; ③居民区植被养护投入等级调查 (划分为 3 个等级, 1 级: 植被长势良好, 定期灌溉, 无杂草, 专人养护; 2 级: 有灌溉等养护迹象, 但植被长势一般, 有杂草; 3 级: 无明显人工养护迹象)。

该研究通过 4 项指标: 树种丰富度 (R)、树种多样性 (D)、树种均匀度 (E) 和树种单调度 (M) 来衡量居民区内树木多样性特征^[12-13]。

(1) 树种丰富度 (R):

$$R = \frac{S-1}{\log_2 N}$$

采用 Margalef 指数, 反映居民区绿化树种的丰富程度。式中, S 为树种数, N 为树种个体总数, 当个体数量一定时, 树种数越多, 树种丰富度越大, 即 R 值越大, 树种丰富度越大。

(2) 树种多样性 (D):

$$D = 3.321 \lg N - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^s n_i \log N_i$$

采用 Shannon-Wiener 指数, 反映绿化树种丰富多彩的程度, 是树种丰富度和树种均匀程度的综合反映。 N_i 为第 i 个树种的个体数, D 值越大, 树种多样性越高。

(3) 树种均匀度 (E):

$$E = \frac{D}{\log_2 S}$$

采用 Pielou 指数, 反映在绿化树种中各种个体数量比例均匀程度, E 值越大, 树种均匀度越高。

(4) 树种单调度 (M):

$$M = \sum_{i=1}^s \left(\frac{N_i}{N} \right)^2$$

采用 Simpson 指数, 反映树种组成的单调程度, 不仅与树种均匀度有关, 亦与树种数有关, 旨在从另一个角度评价树种组成结构。

2 结果与分析

2.1 西安居民区树木分布情况

2.1.1 树种组成。通过调查可知, 被调查的 78 个居民区共有树木 38 621 株, 共计 150 种, 分属于 90 科 131 属。株数排在前 10 位的乔木有女贞、国槐、紫叶李 (*Prunus cerasifera*)、日本晚樱 (*Cerasus serrulata*)、石榴 (*Punica granatum*)、银杏、紫荆 (*Cercis chinensis*)、紫薇 (*Lagerstroemia indica*)、臭椿、桂花 (*Osmanthus fragrans*), 累计占总树木的 55.12%, 属于主要树种, 而其余树种量少且未形成一定规模 (表 1)。在树种应用频率上, 同样表现出一些植物种类重现率较高, 其中女贞应用频率最高可达 97.44%, 应用频率在 50% 以上的共 16 种, 应用频率大的植物种类相对较少, 主要包括女贞、臭椿、紫叶李、石榴、玉兰 (*Magnolia denudata*)、银杏、日本晚樱、桃 (*Amygdalus persica*)、紫薇、荷花玉兰 (*Magnolia grandiflora*) 等 (表 2), 出现频度在 10% 以下的有 84 种, 占树种总数的 56%。可见, 少数植物的高频度应用构成了居住区绿地植物景观的基调, 且调查区域树种丰富度、多样性、均匀度和单调度 4 个指标分别为 8.78、5.11、0.71 和 0.06。

2.1.2 树木配置。调查区域内的 150 个树种 (图 2), 主要由 109 种乡土树种构成, 为外来树种的 2.6 倍; 以落叶树种为主, 常绿树种为辅, 其中常绿树种 31 个, 常绿和落叶树种比例为 1:3.84; 致敏树种所占比例较小 (7.3%), 大部分绿化树种为非致敏树种; 观赏树种占 67.3%, 分别有观叶、观花和观果型植物, 如石榴、紫叶李、女贞、紫薇等; 能够产生可食用副产品的树木种类相对较少, 大部分为非食用树种 (68%); 具有药用价值的树种则较多, 药用树种和非药用树种比例为

1:0.53;抗污染性强的树种所占比例较小,与抗污染性弱树种的比例为 1:1.68;而耐受性强的树种也并未比耐受性弱的树种表现出更明显的优势,两者种类接近,比例为 1:0.88。

表 1 西安市居民区主导树种数量与分布频率
Table 1 Quantity and distribution frequency of dominant tree species in residential area of Xi'an City

树种名 Tree species	数量 Quantity 个	分布频率 Distribution frequency // %
女贞 <i>L.lucidum</i>	7 607	19.70
国槐 <i>S.japonica</i>	3 107	8.12
紫叶李 <i>P.cerasifera</i>	2 970	7.69
日本晚樱 <i>C. serrulata</i>	1 144	2.96
石榴 <i>P.granatum</i>	1 132	2.93
银杏 <i>G. biloba</i>	1 128	2.92
紫荆 <i>C.chinensis</i>	1 087	2.82
紫薇 <i>L.indica</i>	1 050	2.72
臭椿 <i>A.altissima</i>	1 033	2.68
桂花 <i>O. fragrans</i>	1 032	2.67
玉兰 <i>M.denudata</i>	1 016	2.63
桃 <i>A.persica</i>	980	2.54
棕榈 <i>T. fortunei</i>	980	2.54
二球悬铃木 <i>P.acerifolia</i>	923	2.39
荷花玉兰 <i>M.grandiflora</i>	889	2.30
木槿 <i>H.syriacus</i>	783	2.03
累计频率 Cumulative frequency		69.63

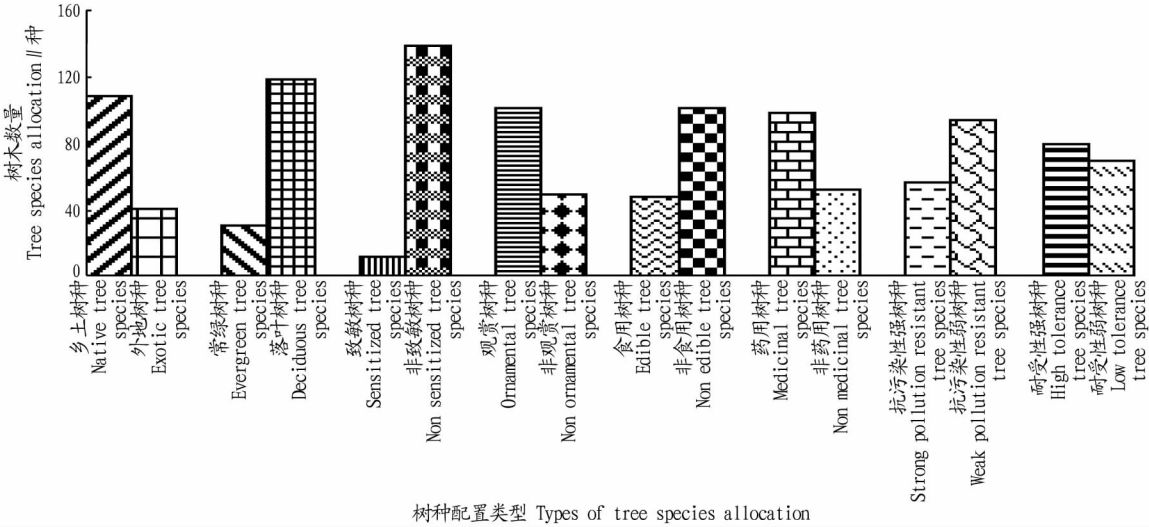


图 2 西安市居民区树种配置
Fig.2 Tree species allocation in Xi'an residential area

植物群落结构为乔-灌-草结构,占 72.04%;117 个绿地斑块植物群落结构为乔-灌结构,占 17.97%;32 个绿地斑块植物群落结构为乔-草结构,占 4.92%;33 个绿地斑块植物群落结构为乔木结构,占 5.07%(图 3),可见居民区植被的群落结构主要以乔-灌-草为主。调查的 78 个居民区中,1 级养护等级占明显优势,41 个居民区为 1 级养护等级,占 52.57%;26 个居民区为 2 级养护等级,占 33.33%;11 个居民区为 3 级养护等级,仅 14.10%。

2.2 西安三大环区植被多样性空间分布特征 由表 3 可知,

表 2 西安市居民区主导树种出现频次与应用频度
Table 2 Occurrence frequency and application frequency of dominant tree species in residential area of Xi'an City

树种名 Tree species	出现频次 Frequency of occurrence	应用频率 Application frequency // %
女贞 <i>L.lucidum</i>	76	97.44
臭椿 <i>A.altissima</i>	72	92.31
紫叶李 <i>P.cerasifera</i>	72	92.31
石榴 <i>P.granatum</i>	68	87.18
玉兰 <i>M.denudata</i>	63	80.77
银杏 <i>G. biloba</i>	60	76.92
日本晚樱 <i>C. serrulata</i>	58	74.36
桃 <i>A.persica</i>	58	74.36
紫薇 <i>L.indica</i>	57	73.08
荷花玉兰 <i>M.grandiflora</i>	54	69.23
紫荆 <i>C.chinensis</i>	53	67.95
棕榈 <i>T. fortunei</i>	53	67.95
桂花 <i>O. fragrans</i>	51	65.38
二球悬铃木 <i>P.acerifolia</i>	47	60.26
鸡爪槭 <i>A. palmatum</i>	41	52.56
枇杷 <i>E.japonica</i>	40	51.28

注:应用频率=(出现频次/调研小区数量)×100%
Note:Application frequency = (frequency of occurrence / number of surveyed community) × 100%

2.1.3 树木胸径、垂直结构及养护等级的分布。调查区域居民区植被中树木的平均胸径为 9.94 cm(4~40 cm),小树、中树和大树所占比例分别为 73.63%、18.74%和 7.63%,小树占绝大多数。调查的 651 个绿地斑块中,其中 469 个绿地斑块

一环区共有树木 1 660 株,58 种;二环区共有树木 8 742 株,109 种;三环区共有树木 28 270 株,132 种。可见,随着距市中心距离的增大,树木的种类和数量也在逐渐增大。调查区域居民区 *R* 值为 5.33~8.86,由中心区向外围呈现逐渐升高的趋势,其中二环区和三环区 *R* 值分别为 8.25 和 8.86,高于一环区(5.33)。*D* 值为 4.95~5.29,二环区的 *D* 值最高,说明该环区居民区内的植物群落稳定性相对较好,三环区的 *D* 值较低。物种均匀度是衡量各植物种类分布均匀程度的指标^[14]。调查区域居民区物种均匀度相对集中,*E* 值为 0.70~

0.85,不同区段之间差异较小,表明为了达到一定的整齐度和观赏效果,人为配置树种的基本原则一致。单调度是树种个体集中分布的程度^[15],3个环区的 M 值为 0.053~0.070,与物种均匀度类似,不同区段之间差异较小。

2.3 西安三大环区居民区树木分布差异

2.3.1 不同环区树木配置比较。西安三大环区除一环区表现出部分不同之外,树木类型分布与西安整体居民区基本相似,同样主要由乡土、落叶、非致敏、观赏、非食用、药用、抗污染性弱的树种构成,且耐受性强的树种并未表现出明显的优势(表 4)。而一环区的不同之处在于其绿化树种以常绿树种为主,且大部分树木为抗污染性强或耐受性强的树种。虽然西安市以及三大环区都以乡土树种为主,但是西安市从一环至三环区域外来树种所占比例逐渐增大,常绿

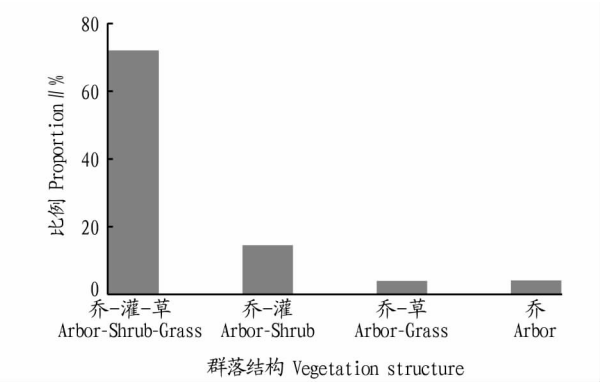


图3 西安市居民区植被垂直结构比例
Fig.3 Proportion of vertical vegetation structure in Xi'an residential area

表 3 西安市不同环区居民区植被多样性指数 Table 3 Vegetation diversity index of residential areas in different ring areas of Xi'an						
环区 Ring area	树种数 Number of trees//种	株树 Amount of tree//株	丰富度 Richness (R)	多样性 Diversity (D)	均匀度 Evenness (E)	单调度 Single scheduling (M)
一环区 The first	58	1 660	5.33	4.96	0.85	0.053
二环区 The second	109	8 742	8.25	5.29	0.78	0.049
三环区 The third	132	28 270	8.86	4.95	0.70	0.070

树种表现出同样的变化趋势。此外,观赏树种、食用树种以及药用树种所占的比例表现出相反的趋势。二环区致敏性树种所占比例在三个环区内最高。

2.3.2 不同环区树木胸径、垂直结构及养护等级比较。一

环、二环及三环区树木的平均胸径分别为 11.29、10.37 和 9.71 cm,小树占比分别为 68.22%、71.45%和 74.63%(图 4)。说明西安市主城区树木胸径由内向外呈现出递减的趋势,即一环区树木胸径最大,三环区树木胸径较小。

表 4 西安市不同环区居民区植被配置比例 Table 4 Proportion of vegetation arrangement in residential areas of different ring areas in Xi'an								
环区 Ring area	乡土树种/ 外地树种 Native tree species / Exotic tree species	常绿树种/ 落叶树种 Evergreen tree species/ Deciduous tree species	致敏树种/ 非致敏树种 Sensitized tree species / Non sensitized tree species	观赏树种/ 非观赏树种 Ornamental tree species/ Non ornamental tree species	食用树种/ 非食用树种 Edible tree species/Non edible tree species	药用树 种/非药 用树种 Medicinal tree species / Non medicinal tree species	耐受性强 树种/耐 受性弱 树种 High tolerance tree species / Low tolerance tree species	抗污染性 强树种/抗 污染性弱 树种 Strong pollution resistant tree species / Weak pollution resistant tree species
一环区 The first	1:0.18	1: 4.80	1:28.0	1:0.38	1:1.32	1:0.45	1:0.42	1:0.66
二环区 The second	1:0.27	1: 3.54	1:12.6	1:0.49	1:1.66	1:0.49	1:0.76	1:1.18
三环区 The third	1:0.31	1:3.40	1:25.4	1:0.42	1:2.22	1:0.54	1:0.71	1:1.36

一环区 42 个绿地斑块中,乔-灌和乔-灌-草结构所占比例较大,均为 30.95%,乔-草所占比例最小,仅9.52%,乔木所占比例居中,为 26.19%。二环区 137 个绿地斑块中,乔-灌-草结构所占比例最大,达 72.26%,乔-草所占比例最小,仅 0.73%。三环区 472 个绿地斑块中,乔-灌-草结构所占比例最大,达 75.00%,乔所占比例最小,仅3.57%(图 5)。可见,一环区 4 种垂直结构所占的比例相对平均,二环区和三环区乔-灌-草结构占较大优势。

由图 6 可知,1 级养护等级所占的比例明显呈上升趋势。一环区以 2 级养护等级为主,占 57.14%,二环区和三环区均以 1 级养护等级为主,分别占 42.86%和 62.00%,三环区的 3 级养护等级仅占 8.00%。

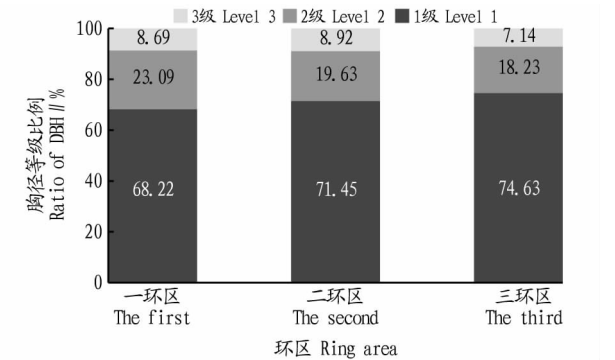


图4 西安市不同环区树种胸径等级比例
Fig.4 Proportion of breast diameter grades of different species in Xi'an City

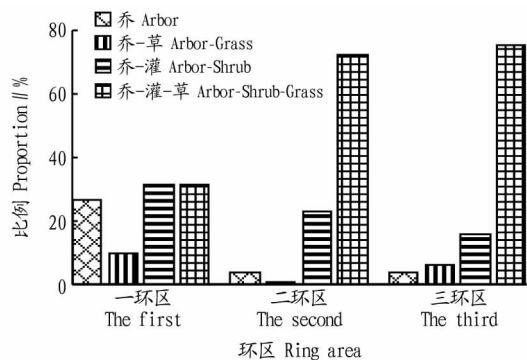


图5 西安市不同环区植被垂直结构比例

Fig.5 Proportion of vertical vegetation structure in different ring areas of Xi'an

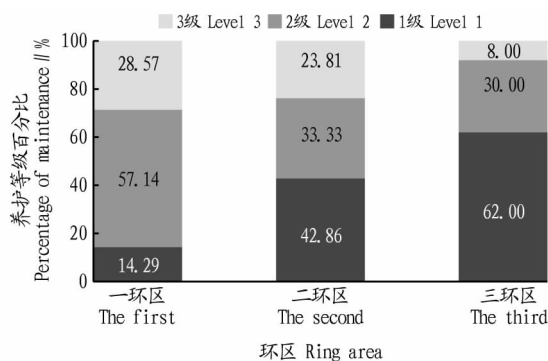


图6 西安市不同环区养护等级比例

Fig.6 Proportion of maintenance levels in different ring areas in Xi'an

3 结论与讨论

3.1 西安市主城区树木整体组成情况

3.1.1 树种多样性存在优势。物种丰富度和多样性是衡量群落稳定性和健康性的重要指标。与福州市、秦皇岛等城市相比^[16-17]，西安居民区树木的生态功能存在一定优势，表现在 Margalef 和 Shannon-Wiener 指数高于其最高值 6.72 和 3.59^[16]，且反映树种单调程度的 Simpson 指数也略低于呼和浩特市^[15]。可知，西安市居民区绿化树种丰富，居民区附属绿地生态效不断增强和提高。而表现居民用地绿化树种均匀程度的 Pielou 指数与同类城市相比无明显差异^[14-15,18]。

3.1.2 常用绿化树种组成单一。从分布频率上看，树种构成集聚性明显，少数树种主导整个群落，女贞占树木总数的 19.70%。北京五环内居住区植被状况与其相似，树种共计 85 种，国槐占总数的 15.68%^[19]，均超出文献约定“1 个树种在城市中出现频次不得超过 10%”的标准^[20]。说明西安市居民区绿化在树种选择上还有很大的提升空间，应充分考虑出现频率较低的树种，塑造多功能的复合型植物群落。

3.1.3 以乡土树种为主，充分发挥生态效益。在植被配置中，乡土树种 109 种，占总树种的 72.67%，欧阳子路等^[21]于 2015 年调查发现西安乡土树种 141 种，占总树种的 55.5%。结果表明，乡土树种得到较充分利用，植物配置虽较强地表现出人们的审美意识，但受水湿、热量和地带性分布的影响，植物自然分布的规律在群落中仍有体现，有效地提高了植物

群落的生态效益^[22]。1998 年，西安市被列为世界上污染最严重的十大城市之一。2000 年以来，西安的空气质量虽然得到一定改善，但空气污染仍比较严重，这在一定程度上制约着西安市社会经济的持续健康发展^[23]。西安属陕西关中区，南依秦岭，北有黄土高原，独特的地形地貌使空气污染事件频发^[24]，因此要选择既能抗污染又具备净化环境的乡土树种，如臭椿、银杏、栎树、国槐等，不仅能丰富居民区的景观效果，还能起到净化空气的作用。

3.1.4 树木垂直结构合理。该研究表明，西安市居民区植物群落中乔-灌-草结构占主导地位。西安风沙严重，又是以煤为主要能源的城市，乔-灌-草复层结构为再次截留粉尘提供了条件^[25]。此外，乔-灌-草结构因其强大的蒸腾作用和遮蔽作用，在各垂直高度上均发挥了最好的降温效应，其综合生态效益是纯草坪的 5 倍，而养护管理投入只有纯草坪的 33.33%^[26]。

3.2 西安市不同环区树木组成情况

3.2.1 不同环区树种多样性存在差异。从西安市中心到三环不同梯度上物种丰富度和多样性无一致规律。一环区位于市中心，居民区绿化空间占地面积少、建成年代久远，植被丰富度最低，但为了弥补空间上的局限性，在植被配置方面已经达到最大利用水平，因而树种多样性较高。与之相反，一环到三环植被丰富度逐渐增加，但三环区植被多样性反而最低。原因可能是虽然三环区主要为新建小区，空间可利用面积多、绿化空间占地面积大，引入了大量新树种，但仅仅是增加了树木的种类，并未注重树种数量的均衡性，导致多样性和稳定性仍较低。因此，植物的配置要充分科学，建立具有合理的时间、空间和营养结构的人工植物群落，为居民提供良性循环的生态系统。

3.2.2 二环区致敏性树种突出。由于历史原因，二环区致敏性树种所占比例高于一环区和三环区，法桐 (*Platanaceae*) 和白杨 (*Populus*) 等致敏性树种占较大比例。1965 年“大跃进”后，西安市为了改善城市环境面貌，将雪松 (*Cedrus deodara*)、国槐、法桐和白杨等作为西安绿化的核心树种，给当时的西安带来显著变化。

3.2.3 三环区部分存在“大树移植”现象。西安主城区随着环区的增大，树木胸径大小呈现出递减的趋势，但三环区内仍有部分居民区为了求快、求超越其他小区而采用“大树移植”，有些居民区内大树所占比例显著高于一环区。相关研究表明，一般近距离移植且技术到位的情况下，大树成活率也只能达到 60% 左右^[27]，一旦移植，树体加速老化，逐步丧失环境生态功能，形成新的绿色弱势群体^[28]。

3.2.4 不同环区绿化养护等级存在差异。俗语说“三分栽，七分养”，绿化管理是保护居民区植物群落成景的重要举措之一，主要受人为因素的影响。西安城市空间正向外围发展，从一环区至三环区，1 级养护等级所占的比例呈明显上升趋势。一环区的养护等级较低，主要是居民区的建成年代久远，缺乏专人的养护管理，因此应重视对一环区配套绿化建设的更新，增加树木量并不断提升景观美学效果。

(下转第 128 页)

升,10:00 左右达到最高值,12:00—14:00 有所降低,出现了“午休”现象。对于午间植物光合速率降低的原因有 2 方面观点:一种认为中午的高温导致植物的蒸腾速率升高,植物为防止水分过快流失而关闭气孔,最终使植物的净光合速率降低^[8];另一种认为中午的高光强使植物产生了光抑制作用,从而导致光合速率的降低^[9-10]。在该研究中,博罗红豆的气孔导度和蒸腾速率在 12:00 左右达到峰值,由此可见,12:00 左右博罗红豆的气孔并未关闭,此时蒸腾作用最强。因此,可以推断不是气孔的闭合导致了博罗红豆净光合速率的下降。环境的光照强度在 10:00—14:00 维持较高水平,并在 12:00 左右达到峰值,有可能是此时产生光抑制现象使博罗红豆的净光合速率降低。

(3)对群落的优势种进行净光合速率的日变化测定发现,这些物种的净光合速率峰值也不是在正午时出现。甜槠和深山含笑净光合速率峰值在 10:00 左右出现,而密花树和密花山矾的净光合速率峰值在 08:00 左右出现。在中午这些物种的净光合速率均有所下降,而光照强度最强。植物净光合速率日变化的不同,除了与植物本身生物特性不同有关外,还与植物对环境条件需求的不同有关^[11]。博罗红豆的净光合速率日变化与深山含笑最为相似,这反映它们对环境资源的需求相似,而此前也有研究表明博罗红豆与深山含笑的空间分布较为接近,对资源和环境的需求相似^[6]。植物净光合速率的强弱反映其光合作用能力的强弱^[12],对于全天的净光合速率而言,博罗红豆的净光合速率最高,在同等

条件下,博罗红豆能够合成更多有机物。由此可见,博罗红豆的光合能力比群落中的优势种更强,这不是博罗红豆生存的限制因素。

参考文献

- [1] 潘业兴,王帅.植物生理学[M].延吉:延边大学出版社,2016.
- [2] 梁文斌,刘卫东,聂东伶,等.短梗大参的光合特性研究[J].中南林业科技大学学报,2015,35(2):6-11.
- [3] JIANG G M, HE W M. Species-and habitat-variability of photosynthesis, transpiration and water use efficiency of different plant species in Maowusu sand area[J]. Acta botanica sinica, 1999, 41(10): 1114-1124.
- [4] NIU S L, JIANG G M, GAO L M, et al. Comparison of gas exchange traits of different plant species in Hushandak sand area[J]. Acta phytocologica sinica, 2003, 27(3): 318-324.
- [5] 王英强,陈邦余.广东植物新类群[J].热带亚热带植物学报,1995,3(1):29-33.
- [6] 郭韵,康宁,董辉,等.极小种群博罗红豆的群落物种组成和空间分布格局[J].热带亚热带植物学报,2020,28(3):301-309.
- [7] 刘周莉,赵明珠,秦娇娇,等.三种木质藤本植物光合特性比较研究[J].生态环境学报,2015,24(6):952-956.
- [8] GAO Z J, XU B C, WANG J, et al. Diurnal and seasonal variations in photosynthetic characteristics of switchgrass in semiarid region on the Loess Plateau of China[J]. Photosynthetica, 2015, 53(4): 489-498.
- [9] EINHORN K S, ROSENQVIST E, LEVERENZ J W. Photoinhibition in seedlings of *Fraxinus* and *Fagus* under natural light conditions: Implications for forest regeneration? [J]. Oecologia, 2004, 140(2): 241-251.
- [10] 杨肖华,郭圣茂,冯美玲,等.2 种鸢尾科药用植物光合生理特性日变化研究[J].江苏农业科学,2018,46(22):115-118.
- [11] 孙安安,智颖颢,姜平平,等.西鄂尔多斯 4 种荒漠植物光合作用特征与差异性[J].生态学报,2019,39(13):4944-4952.
- [12] 杨晓玲,杨晴,郭守华,等.燕梳板栗光合作用及其相关因素的日变化[J].经济林研究,2008,26(1):67-70.
- [13] 中国园林,2012,28(6):90-94.
- [15] 马秀梅,徐银祥,张国盛,等.呼和浩特市 5 个住宅区绿地空间结构指标的比较[J].现代农业科技,2009(2):9-11.
- [16] 范元,黄启堂.福州市居住区景观树木多样性分析[J].亚热带植物科学,2016,45(1):71-76.
- [17] 李欣.秦皇岛市居住区观赏树木种类调查及分析:以秦皇岛市八个居住区为例[D].秦皇岛:河北科技师范学院,2018.
- [18] 高荣,岳桦.哈尔滨市城市绿地木本植物的物种多样性[J].贵州农业科学,2017,45(5):85-89.
- [19] 李茜,郑光发,姜莎莎,等.2006—2016 年间北京五环内居住区绿地树种组成变化[J].北京林业大学学报,2018,40(7):9-17.
- [20] GALVIN M F. Methodology for assessing and managing biodiversity in street tree populations: A case study [J]. Journal of arboriculture, 1999, 25(3): 124-128.
- [21] 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):257-261.
- [22] 童丽丽,宋非,许晓岗,等.南京居住区人工植物群落的结构分析及其优化[J].林业科技开发,2009,23(3):91-95.
- [23] 宁海文.西安市大气污染气象条件分析及空气质量预报方法研究[D].南京:南京信息工程大学,2006.
- [24] 姜雪.西安市空气污染物浓度统计特征及其气象影响研究[D].西安:长安大学,2012.
- [25] 张新猷,古润泽,陈自新,等.北京城市居住区绿地的滞尘效益[J].北京林业大学学报,1997,19(4):12-17.
- [26] 郎金顶,刘艳红,孟凡国.北京市居住区绿地植物组成及其物种多样性研究[J].林业调查规划,2007,32(4):17-21.
- [27] 田娜.“大树进城”引发的問題及对策[J].中国园艺文摘,2012,28(1):63-65.
- [28] 张云生,陆文妹.“大树进城”問題探讨[J].世界林业研究,2004,17(5):59-62.

(上接第 125 页)

参考文献

- [1] 康耀江.论城市居住区绿地的景观生态规划[J].中国人口·资源与环境,2011,21(S1):231-234.
- [2] 周莹莹.西安地区居住区中绿化配置及应用研究[D].西安:西安建筑科技大学,2013.
- [3] 陈艳,牛立新,张延龙.济南市居住区植物景观分析与研究[J].西北林学院学报,2006,21(3):143-146.
- [4] 胡传明.城市居住区绿化中植物配置与造景的探讨[J].安徽农学通报,2010,16(6):128-130.
- [5] 毛静.西安市居住小区植物配置特色初探:以明德 8 英里小区为例[J].湖南林业科技,2010,37(3):75-77.
- [6] 苏静,邢欢欢,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.
- [7] 宋岚.基于 GIS 的西安城区居住空间分异特征研究[D].西安:西安建筑科技大学,2011.
- [8] 毛静.西安市居住区植物造景模式研究[D].西安:西安建筑科技大学,2009.
- [9] 刘宁刚,张克军.西安市引种的园林绿化树种调查及评价研究[J].绿色科技,2015(3):88-90.
- [10] 于忻,童开林,胥耀平.西安兴庆宫公园园林植物配置分析[J].西北林学院学报,2012,27(6):207-212.
- [11] 王迪生.北京市园林植物个体大小及株数分布等相关特性的研究[J].林业资源管理,2009(1):122-127.
- [12] 王永.城市绿化树种组成结构数量指标初探[J].河南林业科技,1997,17(3):35-36.
- [13] 李辉,谢会成,赵春仙,等.济南市城市森林结构特征分析[J].西北林学院学报,2013,28(2):213-217.
- [14] 李芳,黄俊华,朱军.乌鲁木齐市居住区木本植物物种多样性调查研究