

吕硕, 王美仙, 李肇, 董丽. 山西太原市综合公园植物多样性研究 [J]. 风景园林, 2019, 26 (8) : 106-110.

## 山西太原市综合公园植物多样性研究

### Study on Plant Diversity in Multi-functional Parks of Taiyuan, Shanxi Province

吕硕 王美仙\* 李肇 董丽

LYU Shuo, WANG Meixian\*, LI Bo, DONG Li

中图分类号: TU985.12+1  
文献标识码: A  
文章编号: 1673-1530(2019)08-0106-05  
DOI: 10.14085/j.fjyl.2019.08.0106.05  
收稿日期: 2018-09-20  
修回日期: 2019-06-21

吕硕 / 女 / 北京林业大学园林学院在读硕士研究生 / 研究方向为植物景观规划设计  
LYU Shuo is a master student in the School of Landscape Architecture, Beijing Forestry University. Her research focuses on plant landscape planning and design.

王美仙 / 女 / 博士 / 北京林业大学园林学院副教授 / 研究方向为植物景观规划设计、景观生态修复  
通信作者邮箱 (Corresponding author Email) : wangmx@bjfu.edu.cn  
WANG Meixian, Ph.D., is an associate professor in the School of Landscape Architecture, Beijing Forestry University. Her research focuses on plant landscape planning and design and landscape ecological restoration.

李肇 / 男 / 硕士 / 太原市园林局绿化处处长 / 研究方向为园林绿化设计及管理  
LI Bo, Master, is the head of Greening Division of Taiyuan Bureau of Parks and Woods. His research focuses on landscape greening design and management.

董丽 / 女 / 博士 / 北京林业大学园林学院教授、副院长 / 本刊编委 / 研究方向为植物景观规划、景观生态修复  
DONG Li, Ph.D., is a professor and vice-president the School of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, and an editorial board member of this journal. Her research focuses on landscape planning and landscape ecological restoration.

**摘要:** 城市公园绿地是城市园林绿地系统的主体, 是集中体现城市植物多样性的场所, 研究其植物多样性可为城市生物多样性保护提供基础。以山西太原市 17 个综合公园为研究对象, 从植物应用的重要值、Margalef 丰富度、Shannon-Wiener 多样性和 Pielou 均匀度分析其植物多样性, 为太原市公园植物多样性保护及公园绿地建设提供参考。研究表明太原市综合公园的植物种类有 78 科 164 属 285 种。植物应用重要值排名前五的种类为大叶黄杨 > 紫叶小檗 > 圆柏 > 国槐 > 金叶女贞。植物丰富度指数为 26.42, 乔木层 > 草本层 > 灌木层; 多样性指数为 3.13, 乔木层 > 灌木层; 均匀度指数为 0.60, 乔木层 > 灌木层。木本植物多样性总体评价较高的公园为汾河公园、玉门河公园和晋祠公园; 较低的为映山湖公园、长风商务区大平台景观绿化、南海子公园。

**关键词:** 风景园林; 太原市; 综合公园; 植物多样性; 重要值; 丰富度; 均匀度; 公园绿地

**基金项目:** 国家自然科学基金 (编号 31600574); 北京林业大学建设世界一流学科和特色发展引导专项资金资助 (编号 2019XKJS0320)

**Abstract:** Urban park green space, the main body of the urban landscape system, is a place epitomizing plant diversity in a city. The study of the plant diversity can provide the basis for the protection of urban biodiversity. This paper takes 17 multi-functional parks in Taiyuan City, Shanxi Province, as the research objects to analyze plant diversity in the perspectives of plant application values, Margalef richness, Shannon-Wiener diversity and Pielou uniformity, providing references for the protection of plant diversity and green space construction in the parks of Taiyuan. The results show that there are 285 species of plants that belong to 164 genres of 78 families in Taiyuan multi-functional parks. The top five species in terms of plant application importance values are *Buxus megistophylla* > *Berberis thunbergii* var. *atropurpurea* > *Sabina chinensis* > *Sophora japonica* > *Ligustrum vicaryi*. The plant richness index is 26.42, with tree layer > grass layer > shrub layer. The diversity index is 3.13, with tree layer > shrub layer. The evenness index is 0.60, with tree layer > shrub layer. The parks with high overall evaluation of woody plant diversity are Fenhe Park, Yumenhe Park and Jinci Park. Those with low evaluation are Yingshanhu Park, Changfeng Business District platform landscape greening, and Nanhaizi Park.

**Keywords:** landscape architecture; Taiyuan City; multi-functional park; diversity; importance value; richness; evenness; park green space

**Fund Items:** National Natural Science Foundation of China (No. 31600574); The World-Class Discipline Construction and Characteristic Development Guidance Funds for Beijing Forestry University (No. 2019XKJS0320)

多样性的植物种类是组成整个城市生态系统的基础, 保护植物多样性是城市生物多样性保护的重点, 同时植物多样性也是中国生态园林城市评价的重要指标。公园绿地是城市绿地的重要组成部分, 已有学者对海口<sup>[1-2]</sup>、武汉<sup>[3-5]</sup>、广州<sup>[6]</sup>、郑州<sup>[7-8]</sup>、杭州<sup>[9]</sup>、上海<sup>[10]</sup>、青

岛<sup>[11]</sup>、北京<sup>[12]</sup>开展公园绿地的植物多样性研究, 为这些城市进行植物多样性保护奠定基础。一些其他国家也开展相似研究, 如美国纽约城市公园<sup>[13]</sup>、美国亚利桑那一凤凰城中心区域的城市公园<sup>[14]</sup>、印度班加罗尔的城市公园<sup>[15]</sup>、波兰南部的 Dąbrowski 盆地的城市公园<sup>[16]</sup>等,

建立植物多样性基础数据,为后期植物多样性的提升提供依据。

近年来,太原市重视植物多样性的摸底和保护工作,积极准备申报国家生态园林城市。在分析太原市综合公园的植物种类组成和植物多样性评价的基础上,为太原市植物多样性保护以及公园绿地建设提供参考。

## 1 太原市公园绿地现状和研究区的选择

### 1.1 太原市公园绿地现状

太原市位于山西省中部,东、西、北三面环山,中、南部为河谷平原,平均海拔约800 m,属暖温带大陆性季风气候。主要分为迎泽区、杏花岭区、晋源区、尖草坪区、万柏林区、小店区。据统计,目前公园绿地有450个,总面积为3 930.4 hm<sup>2</sup>。其中综合公园36个,面积为3 033.9 hm<sup>2</sup>。综合公园的数量较少,但面积较大,占全部公园绿地面积的77%(表1)。因此,对太原市综合公园进行植物多样性研究,具有代表性和实际意义。

### 1.2 研究区的选择

公园选择覆盖太原市各行政区以及不同建设时期,综合考虑植物种类丰富和植物景观较好的公园,最终选取综合公园17个。其中迎泽区2个、杏花岭区3个、晋源区3个、尖草坪区3个、万柏林区4个、小店区1个以及归属市城建委的1个(表2)。

### 1.3 调研方法

2017年4—8月,根据各个公园的面积大小及植物种植现状,每隔50~200 m布点,根据现场实际情况,对于植物种类较为相似的相邻样方或实际场地中植物物种很少的样方位置进行调整,保证样方的均匀布设。最终得到样方227个,样方大小为10 m×10 m。乔木记录名称、株数、高度、冠幅、胸径、生长状况等;灌木记录名称、株数、高度、冠幅、绿篱密度、生长状况等;草本记录名称、应用面积、高度、冠幅、生长状况等。

木本植物种类相对稳定,对植物多样性和景观持续性贡献较大,而草本植物特别是一、二年生种类的季节性变化较大,因此,除了植物丰富度以外,重要值、均匀度、多样性指数只对木本植物进行统计。

## 2 太原市综合公园的植物组成与数量特征分析

### 2.1 植物组成分析

经调研分析,太原市综合公园中应用的植物隶属于78科164属285种(含34品种),包含栽培种与野生种。其中,乔木105种,灌木74种,草本93种,藤本12种,竹类1种。常绿树种27种,落叶树种160种。主要为蔷薇科(18属54种)、木犀科(6属17种)、菊科(13属16种)、蝶形花科(7属15种)、禾本科(11属14种)等(表3)。

### 2.2 植物应用重要值分析

重要值是指植物群落中每一树种的相对重要程度,是综合衡量物种在群落中地位和作用的有效指标。计算方法为:

相对重要值 = 相对频度 + 相对显著度 + 相对多度

其中,相对频度 = (某个种的频度 / 同一生活型全部种的总频度) × 100%; 相对显著度 = (某个种的断面积 / 同一生活型全部种的总断面积) × 100%; 相对多度 = (某个种的株数 / 同一生活型全部种的总株数) × 100%。

根据 Raunkiaer 的重要值5级划分标准,1%~20%为A级,21%~40%为B级,41%~60%为C级,61%~80%为D级,81%~100%为E级。结果表明,太原市综合公园重要值为A级的植物种类有124种,B级的植物种类有6种,C级的植物种类有1种,没有D级、E级出现(表4)。C级为大叶黄杨1种,说明大叶黄杨在太原综合公园中应用非常广泛,多以绿篱、树球形式出现。B级中的6种木本植物包含3种乔木和3种灌木,多为乡土树种。A级中重要值为10%以上的植物有绦柳、紫丁香、油松、丝棉木、旱柳等,说明太原市公园绿地重视乡土植物应用,体现植物景观的地域特色。

### 2.3 植物种类分析

经调研发现,植物种类最多的综合公园是汾河公园,为145种;植物种类最少的综合公园是南海子公园及义井公园,为51种。在太原市综合公园中,具有悠长历史的晋祠公园以及新建的汾河公园和玉门河公园植物种类明显多于其他公园(表5)。说明历史悠久、知名度高的公园植物种类更多。另外,

表1 太原市公园绿地统计  
Tab. 1 Statistics of Taiyuan park green space

公园绿地	数量 / 个	面积 / hm <sup>2</sup>
综合公园 G11	36	3 033.9
社区公园 G12	252	392.4
专类公园 G13	11	154.3
游园 G14	151	349.8
合计	450	3 930.4

近年来太原市对于新建公园的投入力度较大,植物种类应用以及设计水平更高,因此新建公园绿地的植物种类更为丰富。

## 3 太原市综合公园的植物多样性特征分析

### 3.1 植物丰富度指数分析

物种丰富度指数反映了园林绿地中园林植物的丰富程度。采用 Margalef 物种丰富度指数  $Dma$ , 公式如下:

$$Dma = (S-1) / \ln N \quad (1)$$

式中,  $S$  为所有物种数,  $N$  为个体总数。

结果表明,太原市综合公园的植物丰富度指数为26.42,其中乔木10.14,灌木7.12,草本8.97,即乔木层 > 草本层 > 灌木层,说明乔木应用更为丰富。

太原市综合公园中,乔木层丰富度最高的是汾河公园(6.40),最低的是迎泽公园(4.09);灌木层丰富度最高的是汾河公园(1.34),最低的是渣山公园(0.28);草本层丰富度最高的是汾河公园(5.53),最低的是渣山公园(0.56)(图1)。因此,对于植物丰富度较高的公园,进行植物多样性保护和适当提升。对于植物丰富度较低的公园,应有针对性地提升公园的植物景观层次和植物多样性。

### 3.2 木本植物多样性指数分析

多样性指数是以各个种的相对多度来反映群落的物种多样性。采用 Shannon-Wiener 多样性指数  $H_p$ , 公式如下:

$$H_p = -\sum (P_i \ln P_i) \quad (i=1, 2, 3 \dots S) \quad (2)$$

式中,  $P_i = N_i / N$ ,  $N_i$  为第  $i$  种物种个体数,  $N$  为个体总数。

表2 研究区的17个综合公园详情

Tab. 2 Details of 17 multi-functional parks in the study area

序号	公园名称	面积 /hm <sup>2</sup>	所属城区	备注
1	迎泽公园	64.0	迎泽区	1957年始建
2	龙潭公园	39.1	杏花岭区	2003年始建
3	晋祠公园	65.0	晋源区	—
4	南寨公园	39.5	尖草坪区	1956年始建
5	玉门河公园	18.6	万柏林区	2007年始建
6	漪汾公园	9.9	万柏林区	2009年始建
7	汾河公园	754.9	市城建委	2009年改造
8	学府公园	20.4	小店区	2009年始建
9	映山湖公园	7.2	尖草坪区	—
10	渣山公园	10.0	尖草坪区	—
11	长风商务区大平台景观绿化	18.0	万柏林区	2011年改造
12	长风商务区内河景观工程	8.4	万柏林区	2011年改造
13	义井公园	2.5	晋源区	—
14	国防文化广场	4.0	晋源区	—
15	南海子公园	2.0	迎泽区	2001年始建
16	西海子公园	4.0	杏花岭区	—
17	饮马河公园	4.0	杏花岭区	1983年始建
合计		1074.7		

表5 太原市综合公园的植物组成

Tab. 5 Plant composition of Taiyuan multi-functional parks

公园名称	科	属	种
1 汾河公园	59	105	145
2 晋祠公园	41	105	111
3 龙潭公园	39	65	106
4 南寨公园	44	82	109
5 学府公园	40	69	91
6 漪汾公园	42	72	105
7 迎泽公园	45	83	114
8 玉门河公园	50	83	118
9 国防文化广场	25	38	56
10 南海子公园	27	41	51
11 西海子公园	29	49	58
12 义井公园	28	43	51
13 饮马河公园	30	43	52
14 映山湖公园	28	46	58
15 渣山公园	36	47	57
16 长风商务区大平台景观绿化	26	42	57
17 长风商务区河景观工程	26	44	57

表3 太原市综合公园植物优势科中的属、种数量

Tab. 3 The number of genus and species of dominant plant families of Taiyuan multi-functional parks

植物优势科	属		种	
	数量	占比 /%	数量	占比 /%
蔷薇科	18	11	54	19
木犀科	6	4	17	6
菊科	13	8	16	6
蝶形花科	7	4	15	5
禾本科	11	7	14	5
杨柳科	2	1	13	4
松科	3	2	10	3
忍冬科	5	3	10	3
柏科	4	2	8	3

表4 太原市综合公园的部分木本植物相对重要值

Tab. 4 Relative importance values of some woody plants in Taiyuan multi-functional parks

相对重要值	植物种类
A级 (1%~20%)	1%: 桧柳、龙桑、美人梅、毛泡桐、黄栌、雪松、紫荆、迎春、杜梨、华山松、接骨木、欧洲琼花、桑树、绣线菊、五角枫、桂香柳、枣树、文冠果、毛樱桃等 2%: 山楂、山桃、樟子松、元宝枫、八仙花、臭椿、核桃、棘棠、沙地柏 3%: 金叶榆、凤尾兰、杏树、白丁香、洋白蜡、加杨、天目琼花、白蜡、榆树 4%: 龙爪槐、木槿、刺槐、馒头柳、青扞、小叶女贞、海棠 5%: 水栒子、金枝槐、小叶黄杨、锦带花、红瑞木、珍珠梅 ≥6%: 牡丹(6%)、栾树(6%)、贴梗海棠(6%)、紫叶李(6%)、胶东卫矛(6%)、侧柏(6%)、金银木(6%)、黄刺玫(7%)、银杏(8%)、紫叶桃(8%)、女贞(9%)、丁香(10%)、碧桃(10%)、铺地柏(11%)、西府海棠(11%)、毛白杨(12%)、旱柳(14%)、丝棉木(15%)、榆叶梅(15%)、油松(17%)、绦柳(19%)、紫丁香(19%)
B级 (21%~40%)	紫叶小檗(39%)、圆柏(28%)、国槐(28%)、金叶女贞(25%)、连翘(21%)、白皮松(21%)
C级 (41%~60%)	大叶黄杨(57%)
D级 (61%~80%)	
E级 (81%~100%)	

结果表明，太原市综合公园的木本植物多样性指数为3.13，其中乔木为3.21，灌木为2.41，乔木层>灌木层。表明乔木层的植物多样性更为丰富，灌木层较为单一，乔木层的景观效果优于灌木层。

太原市不同综合公园绿地的 Shannon-Wiener 多样性指数差异较大(图2)。其中，乔木和灌木的多样性指数最高的都是汾河公

园，分别为3.13、2.48。数值最低的都是映山湖公园，分别为1.18、0.06。可根据公园的植物多样性指数，有针对性地增加乔木、灌木的不同层次。

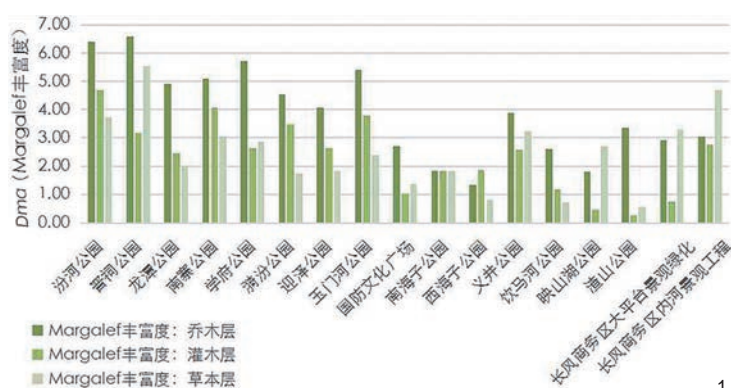
### 3.3 木本植物均匀度指数分析

均匀度指数是园林绿地中衡量植物分布均匀程度的指标。采用 Pielou 均匀度指数  $J$ ，公式为  $J=H/\ln S$ ，式中  $H$  为 Shannon-Wiener

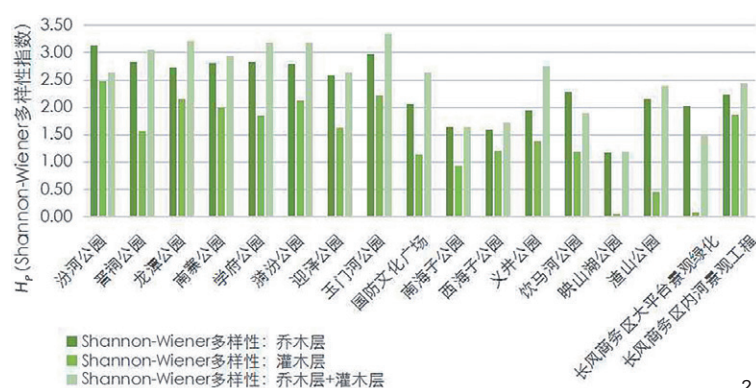
多样性指数，即  $H_p=-\sum(P_i \ln P_i)$ ， $S$  为物种数。Pielou 均匀度指数反映的是植物群落多样性的均匀程度，数值高则说明植物分布均匀，植物多样性相对就低。

结果表明，太原市综合公园的木本植物均匀度指数为0.60，其中乔木为0.69，灌木为0.56，即乔木层>灌木层。表示乔木在综合公园中的分布更为均匀，成线或成片种植；灌

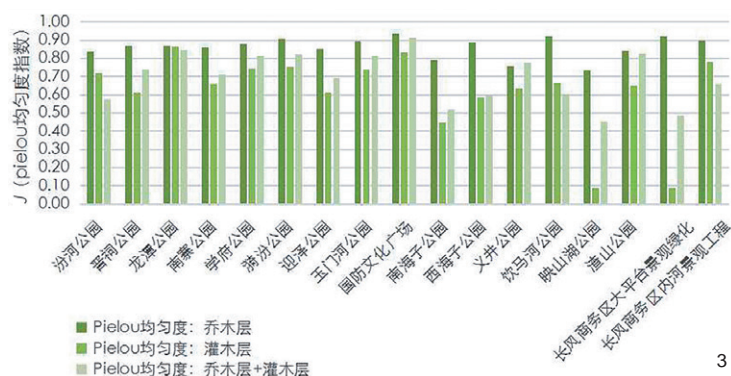




1



2



3



4

1 太原市综合公园的植物 Margalef 丰富度指数

Plant Margalef richness index of Taiyuan multi-functional parks

2 太原市综合公园的木本植物 Shannon-Wiener 多样性指数

Shannon-Wiener diversity index of woody plants in Taiyuan multi-functional parks

3 太原市综合公园的木本植物 Pielou 均匀度指数

Pielou evenness index of woody plants in Taiyuan multi-functional parks

4 太原市 17 个综合公园的木本植物丰富度、均匀度、多样性比较

Comparison of woody plant richness, evenness and diversity of 17 multi-functional parks in Taiyuan City

木应用则更为集中，作为局部点景种植。

各个公园的乔木层均匀度指数变化相对均衡（图 3）。其中，乔木层均匀度数值最高的是国防文化广场（0.94），数值最低的是映山湖公园（0.73）；灌木层均匀度数值最高的是龙潭公园（0.87），数值最低的是长风商务区大平台景观绿化和映山湖公园（0.09）。

### 3.4 木本植物多样性综合评价

根据各公园木本植物的 Margalef 丰富度、Shannon-Wiener 多样性和 Pielou 均匀度，综合评价木本植物的多样性水平，有利于各公园开展有针对性的植物多样性保护和提升工作。Margalef 丰富度指数在各综合公园中差异显著，数值跨度较大（2.70~11.24）。其中，丰富度指数最高的是汾河公园（11.24），最低的是映山湖公园（2.70）。Shannon-Wiener 多样性指数在各综合公园中差异较小。其中，多样性指数最高的是五门河公园（3.34），最低的是映山湖公园（1.19）（图 4）。Pielou 均匀

度指数在各综合公园中总体数量变化较为均衡。其中，均匀度指数最高的是国防文化广场（0.91），最低的是映山湖公园（0.45）。均匀度较高的公园，说明植物种类较单一，植物景观不够丰富。

综合以上 3 项指标，分析得出木本植物多样性总体评价较高的公园为汾河公园、五门河公园和晋祠公园；较低的为映山湖公园、长风商务区大平台景观绿化、南海子公园。

## 4 结论与讨论

太原市综合公园中应用植物种类共 78 科 164 属 285 种（含 34 品种），其中，乔木 105 种、灌木 74 种、草本 93 种、藤本 12 种、竹类 1 种。赵娟娟等<sup>[7]</sup>调查了北京五环内的 53 处公园，共记录植物种类 96 科 283 属 492 种，其中，乔木 122 种，灌木 101 种，草本 255 种，藤本 14 种。其认为乔木、灌木植物种类的丰富度不高，但草本植物种类丰富，与重视引种和保护草本

层有关。可以看出，太原市综合公园与北京城市公园的植物多样性存在差距，尤其在灌木和草本植物种类上差距较大。可重点提升灌木及多年生草本植物种类的应用。太原市综合公园的植物应用中，重要值较高的多为乡土植物，说明太原市综合公园重视乡土植物应用，后期可在继续加强乡土植物应用的基础上，提升彩叶植物、观花观叶植物等新优植物的应用。

在植物丰富度指数上，面积大于 10 hm<sup>2</sup> 的综合公园为 9 左右；面积小于 10 hm<sup>2</sup> 的公园为 4 左右。植物丰富度的大小，可能与面积大小及建设投入有一定关系。太原市所有综合公园的植物丰富度为乔木层 > 草本层 > 灌木层，与缴丽莉等<sup>[18]</sup>对石家庄市公园绿地的植物丰富度分析结果显示乔木丰富度最高这一研究结果一致。可以推断，在公园植物景观设计中，乔木类更易于起到结构和骨架作用，更易于展现整体的景观效果，设计师往往重

视乔木植物的应用,而对于精细化的灌木和草本植物应用还不够。从植物多样性指数来看,灌木层数值较低,说明灌木应用较匮乏,应进一步发挥灌木层在植物群落中的空间围合作用,增加中下层植物的多样性。与欧阳子璐等<sup>[19]</sup>对西安三环内公园的植物多样性分析结果显示西安的灌木树种应用较单一这一研究结果一致。通过与相似纬度区域的北京、石家庄、西安等城市公园的植物多样性比较可看出,乔木种类应用更多样化,但灌木和草本种类的应用都有待提高。

城市公园的植物多样性的形成原因和影响因素很多,目前国内外有突变选择、生态位竞争假说、干扰假说,竞争平衡理论<sup>[20]</sup>等解释生物多样性的形成机制。首先,太原市城市公园的植物多样性受地理和自然因子影响。刘世荣<sup>[21]</sup>指出气温、水分因子、海拔及其时空变化对植物多样性的影响很大,地理和气候因子在很大程度上决定了太原市现有的植物种类构成。Satersdal等<sup>[22]</sup>研究了气候变化对某一地区植物物种丰富度的影响。庄伟等<sup>[23]</sup>研究了采用生态恢复设计手段保护植物多样性。因此,植物多样性保护首先要对城市及区域尺度环境加以保护,避免极端天气对植物多样性的破坏。在此基础上,选择适当地自然条件的植物种类,保证植物多样性。其次,城市公园的植物多样性在建设初期主要受设计理念和投入成本的影响较大。如太原市新建的汾河公园、玉门河公园等结合河道治理和公园绿化,对植物多样性以及植物景观营建的要求更高。Hope等<sup>[14][8788]</sup>发现植物的多样性存在“奢华效应”,即植物物种的多样性与建设投入成正比。因此,合理布局城市绿地,提高城市公园中植物的定居能力,进行合理的建设投入,营造稳定持续的植物群落非常重要。最后,城市公园的植物多样性在建设完成后受到景观更新和养护管理的影响较大。在自然条件下,树种多样性随土壤肥力的增加而增加,但人工施肥的影响却不尽相同,施用N肥降低北美草原的植物多样性<sup>[24]</sup>,土壤Ca水平显著影响草本植物多样性<sup>[25]</sup>。因此,保护植物赖以生存的土壤,对木本植物进行科学合理的养护,对

栽培种类进行适时更新,对野生种类进行合理保护,以保证城市公园绿地中植物多样性的可持续发展。

#### 参考文献 (References):

- [1] 雷金睿, 宋希强, 陈宗. 海口城市公园植物群落多样性研究 [J]. 西南林业大学学报, 2017 (1): 88-93.
- [2] 雷金睿, 宋希强, 何荣晓. 滨海城市公园植物物种多样性比较: 以海口市为例 [J]. 生态学杂志, 2015 (11): 118-124.
- [3] 刘瑞雷, 冯雪, 陈龙清. 武汉市城市公园绿地典型植物群落类型及物种多样性研究 [J]. 生态科学, 2016 (3): 18-24.
- [4] 刘秀群, 贾若, 陈龙清. 武汉市公园绿地植物群落多样性分析 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37 (36): 18241-18243.
- [5] 张涛. 武汉市公园绿地植物物种多样性组成研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2008.
- [6] 陈雷, 孙冰, 谭广文, 等. 广州公园植物群落物种组成及多样性研究 [J]. 生态科学, 2015 (9): 38-44.
- [7] 张娜娜. 郑州市公园绿地植物多样性与景观研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [8] 王鹏飞, 栗燕, 杨秋生. 郑州市公园绿地木本植物物种多样性研究 [J]. 中国园林, 2009, 25 (5): 84-87.
- [9] 蒋雪丽, 王小德, 崔青云, 等. 杭州城市公园绿地植物多样性研究 [J]. 浙江农林大学学报, 2011, 28 (3): 416-421.
- [10] 史海燕, 王贤荣, 杨学军, 等. 上海中心城区公园植物群落特征及多样性分析 [J]. 湖北民族学院学报 (自然科学版), 2010, 28 (3): 269-272.
- [11] 郑爱芬. 青岛市公园绿地木本植物多样性研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2010.
- [12] 郑瑞文, 刘艳红. 北京市公园绿地植物多样性研究 [J]. 科学技术与工程, 2006, 6 (15): 2309-2315.
- [13] MCPHEARSON T, MADDOX D, GUNTHER B, et al. Local Assessment of New York City: Biodiversity, Green Space, and Ecosystem Services[R]. Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities, 2013.
- [14] HOPE D, GRIES C, ZHU W X, et al. Socioeconomics Drive Urban Plant Diversity[J]. PNAS. 2003, 100(15): 8788-8792.
- [15] SAEIDI MEHRVARZ S, NAQINEZHAD A, RAVANBAKSH M, et al. A Survey of Plant Species Diversity and Ecological Species Group from the Coastal Zone Of Boujagh National Park, Guilan, Iran[J]. Ecologia Balkanica, 2016, 8(1): 89-99.
- [16] BANASZEK J, LEKSY M, RAHMONOV O. The Ecological Diversity of Vegetation within Urban Parks in the Dqbrowski Basin (southern Poland)[C]. "Environmental Engineering" 10th International Conference, 2017: 27-28.
- [17] 赵娟娟, 欧阳专云, 郑华, 等. 北京城区公园的植物种类构成及空间结构 [J]. 应用生态学报, 2009, 20 (2): 298-306.
- [18] 缴丽莉, 孟永红, 付丽华. 石家庄市公园绿地植物多样性分析 [J]. 安徽农业科学, 2018, 46 (28): 104-107.
- [19] 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.
- [20] 蒋有绪, 刘世荣. 关于区域生物多样性保护的若干问题 [J]. 自然资源学报, 1993, 8 (4): 289-298.
- [21] 刘世荣. 中国暖温带森林生物多样性研究 [M]. 北京:

中国林业出版社, 1998.

[22] SATERSDAL M, BIRKS H J B, PEGLAR S M. Predicting Changes in Fennoscandian Vascular Plant Species Richness as a Result of Future Climatic Change[J]. Biogeography. 1998, 25:111-122.

[23] 庄伟, 段玉侠. 郊野公园植物多样性的生态恢复与重建: 以上海滨江森林公园为例 [J]. 风景园林, 2019, 26 (1): 42-46.

[24] 郭志华, 藏润国, 蒋有绪. 生物多样性的形成、维持机制及其宏观研究方法 [J]. 林业科学, 2002, 38 (6): 116-124.

[25] HARRON S. Local and Regional Diversity in a Patchy Landscape: Native, Alien, and Endemic Herbs on Serpentine[J]. Ecology, 1999, 80(1): 70-80.

#### 图表来源 (Sources of Figures and Tables):

文中图表均由作者自绘。

(编辑 / 祖笑艳)