



# 武汉市公园绿地植物群落冠层雨水截留能力研究

李 苗, 邓永成, 史红文

(武汉市园林科学研究院, 湖北 武汉 430080)

**摘要:**植物群落林冠截留是研究绿地中林分水分平衡和水资源管理分配的重要指标,更是海绵城市对降雨进行再分配的第一步。在武汉市以科普公园、沙湖公园为试验点,对园林植物进行冠层雨水截留能力测定,对18种乔木、20种灌木采用浸水法测叶片单位面积蓄水量,采用CI-110植物冠层分析仪测植物叶面积指数,分3个截留类型,得出38种常见园林植物冠层雨水截留能力排序,并分析其排序原因。

**关键词:**海绵城市;植物群落;冠层雨水截留;武汉市

植物群落作为城市绿地海绵体的基本构成元素,是微观尺度上实现城市绿地可持续雨水管理的媒介之一,植物群落对截留雨水、促进降雨下渗、减少地表径流、缓解城市内涝等城市水环境问题上发挥着很好的效益。其中,植物群落林冠截留是研究绿地中林分水分平衡和水资源管理分配的重要指标,更是海绵城市对降雨进行再分配的第一步<sup>[1]</sup>。

学者对林木、农业经济作物、草坪草的冠层截留量,冠层截留量与降雨量,降雨强度和环境影响因子等方面的关系做过较深入的研究与探讨<sup>[2]</sup>,但对于城市园林植物的冠层雨水截留能力分析却比较薄弱。武汉市作为华中地区、国家第一批海绵城市试点,经过近几年的海绵城市建设,涌现出一大批具有海绵功能的城市绿地。然而,海绵绿地的植物选择、配置和其发挥的冠层截留效果等都存在一定不合理性,筛选雨水截留能力高、适应武汉本土环境气候和自给自足、耐长期干旱、短期水涝的海绵绿地植物,已成为当务之急。

## 1 研究区域及方法

### 1.1 研究区域概况

武汉地处长江中下游平原,江汉平原东部,属亚热带季风性湿润气候区,具有雨量充沛、日照充足、四季分明,夏高温、降水集中,冬季稍凉湿润等特点。植被属于中亚热带常绿阔叶林与落叶阔叶林混交到北亚热带落叶阔叶林与常绿阔叶混交林

的过度地带,植物物种丰富。但是城市化进程使得天然、原生的地带性植被已很少存在,所辖面积内的森林植被几乎全为人工次生林。

本文以武汉市科普公园、沙湖公园为调查对象,对14组植物群落进行群落学调查,对植物群落进行每木调查,记录高度(H)、冠幅(Cw)、胸径(DBH)、群落和叶片叶面积指数(LAI)等形态学特征因子。以38种植物,其中乔木18种、灌木20种,作为植物最大冠层截留量试验的对象。

### 1.2 研究方法

植物的截留观测可分为林冠截留观测和地面枯枝落叶层截留观测<sup>[3-4]</sup>。

$$I_c = P - T - S \quad (1)$$

$$I_L = T - A \quad (2)$$

式中, $I_c$ 为林冠截留量, $P$ 为林外总降雨量, $T$ 为林下透落雨量, $S$ 为树干茎流量, $I_L$ 为地面枯枝落叶层截留量, $A$ 为透过枯枝下渗透土壤中的水量。

其中,林冠截留观测中,树干茎流量 $S$ 受树干附属物影响不及1%,树干茎流量测定值较小,一般占林地降雨的0.3%~3.0%,基本可以忽略不计<sup>[5]</sup>,而地面枯枝落叶截留量指蓄积在枯落物上并被蒸发掉的雨水,广义上的枯落物截留量还包括草被(青草与枯草)的截留雨量,相对于树冠截留量而言,枯落物截留量很难准确测定,此次研究内容为公园绿地常见乔灌木雨水截留能力分析,对草本和地面枯落物暂不深入研究。

林冠截留量可视是为林外总降雨量与林下透落雨量的差值。而影响林冠截留的因素很多,一般可分为树冠特征因素,如树种、树龄、冠层厚度及郁闭度等,以及降雨以及伴随的气象因素<sup>[6]</sup>。

收稿日期:2018-04-13

基金项目:2016年武汉市园林和林业局科研课题资助项目(武园林发[2016]64号)。

第一作者简介:李苗(1982-),女,硕士,工程师,从事植物造景与景观生态研究。E-mail:melodyk986@126.com。

在理想条件下(雨强较小、无风、雨前枝叶十分干燥),对某一种树而言,只要雨量相同,树冠截留量数值不会出现差异,虽然在现实中,理想条件很少出现,但截留容量作为某一雨量的特征值是客观存在的,虽然由于环境条件和初始条件不同,截留容量相较实际截留量更能客观、准确地体现树冠对降雨截留作用的大小<sup>[6]</sup>。

树冠截留量可定义为“理想状态下的截留量”,仅与降雨量有关。截留容量就是对某一降雨量的树冠最大截留量,是指林冠在降雨的过程中,整片林冠层的吸水量全部达到一个极限值,即林冠截留量的极限值,是一个定值<sup>[7]</sup>。采用这一指标,可以用不同树种之间对降雨截留作用大小的比较<sup>[8-9]</sup>。测定植物最大冠层截留量的常用方法有“实地测定法”“简易吸水法”“理论推定法”等。“简易吸水法”又称“浸泡法”,操作简单,环境影响较小,是目前测定植物最大冠层截留量最常使用的方法<sup>[10]</sup>。

参照相关研究方法<sup>[11]</sup>,在 2017 年 3 月 1 日至 2018 年 4 月 1 日,对武汉市公园绿地中 38 种植物进行冠层雨水截留能力测定。

1.2.1 室外植物叶面积指数测定及方法 植物叶面积指数采用 CI-110 植物冠层分析仪进行测定,选择阴天无风天气。其中,乔木叶面积指数测定方法:在贴近树干距地面 1.2 m 处,分别测定树冠东、西、南、北 4 个方位叶面积指数,求平均值计算出最终的叶面积指数。灌木测定时,按照距地面 0.2 m、距灌木边缘进深 0.7 m 处,采用随机布点进行测定,每棵灌木采样点 4 处,求平均值计算出最终的叶面积指数。植物群落采取随机布点进行测定。

1.2.2 叶片单位面积蓄水量测定及方法 在测定室外植物叶面积指数的当天,取长势良好的植株,用枝剪剪下成熟枝条,放入自封袋内带回试验室,在 4℃以下低温冷藏 24 h。试验时,每个品种分别选取 20 个标准叶片,将叶片放在 CI-202 型叶面积仪内,记录叶面积 A。使用精度为 0.0001 电子天平快速称重,然后将叶片浸入水中 5 min,用镊子轻轻取出至叶片不再滴水,再次称重,2 次称重值的差值为植被叶片蓄水量。公式如下:

$$k=M_2-M_1/A$$
 (3)

其中,k 为叶片单位面积蓄水量(g·m<sup>-2</sup>),M<sub>1</sub>

为植株鲜重(g),M<sub>2</sub>为植株浸水后重(g),A 为叶片面积(m<sup>2</sup>)。

1.2.3 植被冠层雨水截留容量计算 根据蓄水量-叶面积指数关系换算成植物冠层雨水截留量,公式如下:

$$S_L=L\times k$$
 (4)  
$$S=100S_L(5)^{[12]}$$

其中,S<sub>L</sub>为植物冠层面积截留量(g·m<sup>-2</sup>),L 为植物叶面积指数(LAI),k 为叶片单位叶面积蓄水量(g·m<sup>-2</sup>)。S 为植物冠层面积截留容量(mm)。

1.2.4 数据分析 采用 Excel 2007 软件进行数据计算及相关图表绘制。

2 结果与分析

2.1 园林植物雨水截留能力估算

2.1.1 乔木雨水截留能力估算 从表 1 中可以看出,在所选的 18 种乔木中,雨水截留能力最好的常绿针叶乔木为圆柏、常绿阔叶类乔木为枇杷、

表 1 不同乔木雨水截留容量比较

Table 1 Comparison on rainwater interception capacity of different trees

种名 Specific name	生活型 Life form	叶面积指数 LAI	单位面积截留容量/mm Interception capacity per unit area
圆柏	常绿针叶	4.48	7.90
枇杷	常绿阔叶	5.18	5.60
江南桧木	落叶阔叶	3.10	2.64
桂花	常绿阔叶	5.09	1.62
罗汉松	常绿针叶	5.81	1.17
悬铃木	落叶阔叶	1.61	1.03
棕榈	常绿阔叶	1.95	0.94
落羽杉	落叶针叶	2.34	0.84
香樟	常绿阔叶	2.68	0.80
马褂木	落叶阔叶	2.99	0.77
石楠	常绿阔叶	2.26	0.76
广玉兰	常绿阔叶	1.45	0.73
刚竹	常绿阔叶	2.92	0.64
女贞	常绿阔叶	2.13	0.62
柚子	常绿阔叶	2.42	0.58
榔榆	落叶阔叶	1.97	0.52
银杏	落叶阔叶	3.72	0.46
乐昌含笑	常绿阔叶	1.43	0.33

落叶阔叶类乔木为江南桫木,说明这 3 种园林植物能够截留较多雨水,抵挡雨水的冲击能力较强。雨水截留能力最差的落叶针叶乔木为落羽杉、常绿阔叶乔木为乐昌含笑、落叶阔叶乔木为银杏。由于圆柏鳞叶直伸而密集,小枝略扭曲上升<sup>[13]</sup>,雨滴不易穿透,树冠截留效果较好,而相对而言,罗汉松、落羽杉等针叶类植物叶片为针叶,叶面积小,针叶与针叶之间缝隙大,不利于承接雨水,树冠截留效果相对较差。常绿阔叶乔木中,枇杷叶大荫浓,叶粗大革质,抵挡雨滴的冲击力强;其小枝、叶背及花絮均密被锈色绒毛<sup>[14]</sup>,能收集较多雨水而不易滴落。乐昌含笑叶薄革质,枝条开展,叶片多为下垂状,雨水不易在叶面停留,对雨滴的冲击力较弱,树冠截留效果较差。落叶阔叶乔木中,江南桫木、马褂木叶面积指数均较高,但江南桫木叶片幼时被灰白色毛,叶片紧密,树冠截留能力好,而马褂木叶片大,但枝条舒张,叶片之间稀疏,不利于承接雨水。

2.1.2 灌木雨水截留能力估算 从表 2 中可以看出,在所选的 20 种灌木中,雨水截留能力最好的常绿阔叶灌木为金边黄杨、落叶阔叶灌木为杜鹃,雨水截留能力最差的常绿阔叶灌木为洒金珊瑚、落叶阔叶灌木为金丝桃。落叶阔叶灌木杜鹃、臭牡丹单位面积截留容量均较高,因为杜鹃叶纸质,叶表被柔毛<sup>[14]</sup>,对滴落在叶片上的雨滴具有阻碍作用,不易滑落,而臭牡丹叶片纸质,花序轴、叶柄密被脱落性柔毛,且萌孽力强,生长密集,对雨水有较佳的截留能力。常绿阔叶灌木中,金边黄杨、红叶石楠长势较好,枝型紧密,透光率较差,雨滴不易透过植物树冠而滴落到土壤中,因此树冠截留效果好。截留能力最差的洒金珊瑚选取的标准叶叶片长为 15 cm,虽叶片较大,但叶对生,肉革质,且略下垂,叶片之间较稀疏,雨水不易在叶片上停留,不利于雨水贮存,因此影响了树冠的截留能力。

2.2 乔、灌木雨水截留能力对比分析

相互比较不同生活型植物单位叶面积指数和单位面积截留容量可知,针叶乔木的单位面积截留容量最高(圆柏 7.90 mm),叶面积指数也较高(圆柏4.48),可以说明针叶乔木冠层的雨水蓄积潜力也相应最大,这可能与针叶植物的叶片结构,如气孔形态、密度、栅栏组织和海绵组织的细胞形态等

相关。而阔叶乔木的叶片单位叶面积蓄水量高于灌木,但由于乔木叶面积指数较低,导致此次试验中大部分阔叶乔木植物的冠层雨水截留容量反低于灌木。如叶片单位叶面积蓄水量:悬铃木( $64.18\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ )>棕榈( $48.2\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ )>夹竹桃( $37.56\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ )>含笑( $30.73\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ),而植被冠层单位面积截留容量:棕榈(0.94)<悬铃木(1.03)<夹竹桃(1.89)<含笑(2.01)。

表 2 不同灌木雨水截留容量比较  
Table 2 Comparison on rainwater interception capacity of different shrubs

种名 Specific name	生活型 Life form	叶面积指数 LAI	单位面积截留容量/mm Interception capacity per unit area
杜鹃	落叶阔叶	5.93	3.21
金边黄杨	常绿阔叶	6.86	2.37
臭牡丹	落叶阔叶	3.80	2.25
红叶石楠	常绿阔叶	3.88	2.04
含笑	常绿阔叶	6.86	2.01
银姬小蜡	常绿阔叶	6.11	2.00
南天竹	常绿阔叶	6.38	1.97
茶梅	常绿阔叶	6.47	1.97
无刺枸骨	常绿阔叶	5.22	1.97
夹竹桃	常绿阔叶	5.03	1.89
菲油果	常绿阔叶	3.46	1.73
海桐	常绿阔叶	2.32	1.47
枸骨	常绿阔叶	6.74	1.43
熊掌木	常绿阔叶	2.94	1.30
金森女贞	常绿阔叶	3.90	1.25
红继木	常绿阔叶	2.85	1.20
十大功劳	常绿阔叶	2.69	0.92
地中海荚蒾	常绿阔叶	1.94	0.74
洒金珊瑚	常绿阔叶	1.97	0.58
金丝桃	落叶阔叶	2.37	0.14

2.3 多种植物冠层雨水截留能力排序

根据公式(3)、(4)及(5),通过测定武汉市 38 种园林植物叶片单位面积蓄水量、叶面积指数,可以得到并比较植物冠层的截留量,并根据冠层雨水蓄积量的排序,借鉴车生泉等<sup>[11]</sup>对上海市社区绿地常用园林植物冠层雨水蓄积能力的划分标准,将 38 种植物进行基于冠层雨水截留能力的园林植物排序,划分为强截留型园林植物、中截留型园林植物、弱截留型园林植物(表 3)。

表 3 多种植物冠层雨水截留能力排序  
Table 3 Sorting of rainwater interception  
ability of various plant canopy

截留能力类型 Intercept capability type	生活型 Life form	种名 Specific name
强截留型 园林植物 ( $S>2$ )	常绿针叶乔木	圆柏
	常绿阔叶乔木	枇杷
	落叶阔叶乔木	江南桫欏
	常绿阔叶灌木	金边黄杨、红叶石楠、含笑、银姬小蜡
中截留型 园林植物 ( $1<S<2$ )	落叶阔叶灌木	杜鹃、臭牡丹
	常绿针叶乔木	罗汉松
	常绿阔叶乔木	桂花
	落叶阔叶乔木	悬铃木
弱截留型 园林植物 ( $S<1$ )	常绿阔叶灌木	南天竹、茶梅、无刺枸骨、夹竹桃、菲油果、海桐、枸骨、熊掌木、金森女贞、红
	落叶针叶乔木	篠茅杉
	常绿阔叶乔木	棕榈、香樟、女贞、刚竹、广玉兰、柚子、拟单性木兰、石楠、榔榆
	落叶阔叶乔木	马褂木、银杏
	常绿阔叶灌木	地中海荚蒾、洒金珊瑚、十大功劳
	落叶阔叶灌木	金丝桃

3 结论与讨论

3.1 植物本身结构

与试验结果有一定关联,如园林植物枝叶紧密、叶表密被绒毛、叶片之间空隙小的植物,雨水不易滴落,植物冠层雨水截留能力较强,而枝条舒展、叶片大而革质、叶形下垂的植物,截留能力却不佳,雨水快速通过后,截留量少。

3.2 样本植株的选择

与最终数据有很大关系。通过试验发现,同一种植物,株高、冠幅、胸径大小不同,所得试验数据有一定偏差,最终选择的数据以公园中常见规格植株的数据为准,选择在生长旺季进行叶面积指数的测定等工作。此外,修剪及修剪时间对试验数据结果有一定影响,如对同一种灌木,高度不同,修剪形状不同,上一次修剪距离室外采叶的时间不同,在统计数据时有一定偏差,应避免修剪后

植株或选择修剪后 30 d 左右的植物,避开这些外部干扰因素。

3.3 复层园林植物结构叶面积指数分析

调查中分别对乔木、乔木+草本、乔木+灌木、乔木+灌木+草本 4 种植物群落进行试验,随机布点测定群落叶面积指数。结果发现,以 4 组植物群落为例,刚竹的群落叶面积指数为 2.92、香樟+杜鹃的群落叶面积指数为 3.11、榔榆+金森女贞、十大功劳的群落叶面积指数为 1.85、广玉兰、石楠+金丝桃、洒金珊瑚的群落叶面积指数为 1.52,说明单一的乔木群落如果柱形紧密,群落盖度高,叶面积指数高,可能会很大程度上影响该群落的雨水截留能力;而乔木+灌木结构中,在下层灌木叶面积指数低的情况下,上层乔木为常绿植物,且盖度大,叶面积指数高,同样会很大程度上影响该群落的雨水截留能力;而上层乔木为落叶植物,下层灌木枝型紧密,叶面截留能力高,可以弥补上层截留能力弱的缺点,整体群落雨水截留能力得到提升。结合“基于冠层雨水截留能力的园林植物排序”,可进行武汉市科普公园海绵化植物群落构建,选取具有较高冠层雨水截留能力的园林植物对现有场地进行微调和复合种植,构建复层混交植物群落,包括水平结构和垂直结构。如补种高截留能力乔木,替换种植高、中截留能力灌木或扩大高截留能力灌木的种植面积等,相关植物群落构建工作,今后将会做更全面、更进一步的研究。力争做到减少对原有场地的破坏,形成具有武汉特色的节约化、高效化海绵绿地植物景观。

参考文献:

[1] 李俊清. 森林生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 100-103.  
[2] 尹剑红. 广州市 11 种园林地被植物冠层截留特征研究[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2016.  
[3] 王文, 诸葛绪霞, 周炫. 植物截留观测方法综述[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2010, 38(5): 495-504.  
[4] 郭胜男, 林萍, 吴荣, 等. 昆明市园林植物树冠截留降雨及其影响因素研究[J]. 广东农业科学, 2014(23): 47-51.  
[5] 殷辉. 森林植被林冠截留降水模型初探[J]. 现代园艺, 2012(8): 149.  
[6] 高雁, 宋丹丹, 程银才, 等. 雪松对降雨截留容量的试验研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2013, 37(1): 160-162.  
[7] 胡建忠. “最大截留量”并非最大“林冠截留量”[J]. 水土保持通报, 1992, 6(3): 62-63.



# 园林植物在公园空间营造中的应用

张 衡,来博旭,王 婧,陈雨薇,朱 军

(新疆农业大学 林学与园艺学院,新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘要:**目前在公园空间营造中植物的应用存在诸多问题,包括植物在空间营造中的表达缺乏逻辑性、空间关系混乱、空间氛围淡化等。本文以分析植物与空间之间的相互作用关系为出发点,提出尊重场地、构建人与空间的连接触点的设计原则,同时提出植物特征在功能空间中的逻辑性表达及在空间中的艺术表达方式等设计手法。最后依据设计原则与方法 and 植物的配置原则来营造功能性、文化性、艺术性、趣味性相统一的公园空间。

**关键词:**园林植物;空间营造;逻辑性表达;艺术性表达

随着当代景观设计的发展,人们愈发注重对于空间环境的营造,园林植物作为公园空间营造的主要元素之一,起到重要作用;而在实践中,植物在空间营造中的应用存着诸多问题,例如在空间营造中的表达缺乏逻辑性,空间关系混乱、空间意向模糊、地域特色空间缺失、空间氛围淡化等。

现代风景园林设计追求园林空间的功能性与文化性、艺术性、趣味性的和谐统一<sup>[1]</sup>,因此单单满足功能的公园空间,满足不了人们日益提高的精神追求。通过对公园空间及园林植物的分析,寻找它们之间的相互作用关系,从而得到植物在空间营造中的表达方式,营造出满足人们日常活动的功能场所及满足人们的心理、精神诉求的公园空间。

## 1 公园空间分析

### 1.1 空间的差异化

公园空间的差异化源于人内在需求的多样化,根据不同的维度对人进行分类,有很多种分类

收稿日期:2018-02-29

**第一作者简介:**张衡(1993-),男,在读硕士,从事地景规划与景观设计研究。E-mail:1042139787@qq.com。

**通讯作者:**朱军(1968-),男,硕士,副教授,硕导,从事园林景观设计的教学与研究工作。E-mail:439239687@qq.com。

- [8] 范世香,高雁,程银才,等.林冠对降雨截留能力的研究[J].地理科学,2007,27(2):200-204.
- [9] 范世香,裴铁璠,蒋德明,等.两种不同林分截留能力的比较研究[J].应用生态学报,2000,11(5):671-674.
- [10] 李晶晶,白岗栓,张蕊.陕北丘陵沟壑区常见树种叶片的吸水性能[J].中国水土保持科学,2013,11(1):99-102.
- [11] 车生泉,于冰沁,严巍.海绵城市研究与应用——以上海城乡绿地建设为例[M].上海:上海交通大学出版社,2015:

171-172.

- [12] 余开亮,陈宁,余四胜,等.物种组成对高寒草甸植被冠层降雨截留容量的影响[J].生态学报,2011,31(19):5771-5779.
- [13] 邓莉兰.风景园林树木学[M].北京:中国林业出版社,2010:62-63.
- [14] 陈有民.园林树木学[M].北京:中国林业出版社,1990.

## Canopy Interception Capacity of Plant Communities in Parks of Wuhan City

LI Miao,DENG Yong-cheng,SHI Hong-wen

(Wuhan Institute of Landscape Architecture,Wuhan 430080,China)

**Abstract:**Canopy interception of plant community is a key indicator to analyze water balance of stands in green field and the allocation and management of water resource. Moreover,it is the first step for sponge cities to re-allocation rainfall. This paper set Wuhan Garden Science Park,Shahu Park as test points,to test the capability of canopy interception of plants in the park,to examine the leaves water storage capacity per unit of 18 types of arbors and 20 kinds of bushes by using water immersion,and to measure leaf area index of plants by applying CI-110,so as to figure out the rank of 38 kinds of common garden plants according to their capacity of canopy interception and analyze the causes of this rank.

**Keywords:**sponge city; plant community; canopy rainwater interception; Wuhan city