

# 基于 AHP 法的武汉市居住区植物景观评价

冯晓萌, 雷云格, 张茵茵, 邓琳, 杨志明, 冯晶红\* (湖北工业大学土木建筑与环境学院, 湖北武汉 430068)

**摘要** 居住区绿地是城市绿地系统中与居民生活关系最为密切的场所, 居住区绿化水平是评价城市人居环境宜居性的重要指标。在对武汉市居住区植物景观进行实地调研的基础上, 选取其中 48 个功能性植物景观单元, 运用层次分析法(AHP)构建居住区植物景观评价体系, 对植物景观进行综合评价。结果表明: 准则层权重值排序从高到低依次为生态功能(0.588 9)、服务功能(0.251 8)、美学功能(0.159 3)。指标层中前 3 位权重值排序为植物与植物的协调共生性(0.159 9)、植物的滞尘能力(0.083 9)、植物的固碳释氧能力(0.083 9)。所选居住区植物景观评价综合结果是 I 级共 13 个, 占总数的 27.1%; II 级 35 个, 占总数的 72.9%; 无 III 级, 表明武汉市主城区居住区植物景观整体较好。基于评价结果, 推荐了 5 个优秀的植物景观配置模式, 并对每种模式进行分析, 提出优化发展策略, 为居住区植物景观的建设提供一定实践指导。

**关键词** 居住区绿地; 植物景观; 层次分析法; 评价体系

中图分类号 S 731.5 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)01-0092-06

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.01.024



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Evaluation on Plantscape of Residential Area in Wuhan City Based on Analytic Hierarchy Process

FENG Xiao-meng, LEI Yun-ge, ZHANG Ying-ying et al (School of Civil Engineering, Architecture and Environment, Hubei University of Technology, Wuhan, Hubei 430068)

**Abstract** Residential green space is the most related places to the residents in the urban green space system. The green level of residential areas is also one of important elements to evaluate the quality of the urban living environment. Based on the field investigation of the plant landscape in Wuhan residential area, 48 functional plant landscape units were selected, the analytic hierarchy process (AHP) was used to construct the evaluation system of plant landscape in residential area, and to make a comprehensive evaluation of plant landscape. The results showed that the order of weight value of criterion layer was ecological function (0.588 9), service function (0.251 8) and aesthetic function (0.159 3). In the index layer, the first three weighted values were the coordination and symbiosis between plants (0.159 9), the ability of dust retention (0.083 9), and the ability of carbon fixation and oxygen release (0.083 9). The results of evaluation showed that there were thirteen plant landscape units at the level of I, accounting for 27.1% of the total units that were evaluated, thirty-five units at the level of II, accounting for 72.9% of the total, and the number of units at the level of III was zero. The results indicated that the quality of plant landscape in Wuhan residential area was preferable as a whole. Based on the results of the evaluation, five excellent plant arrangement modes were recommended and analyzed. And the optimal development strategy was proposed to provide some practical guidance for the construction of residential plant landscape.

**Key words** Residential green space; Plant landscape; Analytic hierarchy process; Evaluation system

随着城市化进程的推进, 城市生态环境尤其是居住区环境种种弊病和矛盾突出。居住区是人们日常活动频度最高的场所之一, 与居民日常生活关系最为密切, 而居住区内绿地品质最为直接地影响居民的生活舒适性, 植物又是衡量居住区绿地品质的重要景观要素之一<sup>[1-2]</sup>, 合理的植物配置不仅可以改善生态环境, 提高景观质量, 而且可以愉悦身心, 给人美的享受<sup>[3]</sup>。因此, 在居住区绿地生态规划建设过程中, 绿地植物景观的优劣已逐渐成为评价居住区是否宜居的一个重要指标。

目前, 已有的居住区植物景观评价大多集中于对整个居住区植物群落特征<sup>[4-5]</sup>、植物配置<sup>[6-7]</sup>等方面的研究。考虑到居住区植物景观整体风貌的体现应是建立于不同功能类型的植物景观单元的基础上, 而不同功能需求下, 植物景观营造的特性截然不同, 因此以整个居住区作为研究对象来评价居住区植物景观具有一定的局限性。而不同内容的园林景观评价各有其常用的评价方法, 其中应用的比较多是由美国匹兹堡大学 Saaty 教授于 20 世纪 70 年代提出的层次分析

法(AHP 法)。AHP 法是一种定性与定量相结合的多准则决策分析方法。该法将要解决的问题和总目标分解为若干个层次, 通过逐层分析、比较、量化、排序, 最后形成一个多层次的分析结构模型<sup>[8]</sup>, 目前, AHP 法多适用于公园、居住区及道路绿地等园林植物景观的评价<sup>[6,9-10]</sup>。以武汉市居住区植物景观作为研究对象, 从园林植物景观美学、生态及服务功能出发, 根据定性定量指标相结合的原则, 采用 AHP 法, 以武汉市 11 个居住区共 48 个功能性植物景观单元为对象, 构建居住区植物景观评价体系进行综合评价, 并筛选出适宜的植物景观配置模式, 以期华中地区居住区植物景观营造提供一定的实践指导。

### 1 研究区概况

武汉市(29°58'~31°22'N, 113°41'~115°05'E)位于长江与汉水交汇处, 是湖北省的省会和华中地区最大的中心城市。全市以平原为主, 辖区内河道纵横交错, 湖泊星罗棋布。属于北亚热带季风性湿润气候, 常年雨量充沛, 日照充足, 四季分明。年均气温 15.8~17.5℃, 年降水约为 1 100 mm, 年日照总时数约为 2 000 h<sup>[11]</sup>, 良好的气候条件适合大多数植物生长。据统计, 该地区植物物种极其丰富, 共有 1 760 种, 其中包含 197 科、760 属<sup>[12]</sup>。

**基金项目** 湖北工业大学创新训练项目(201810500122); 国家自然科学基金青年项目(31500577); 湖北省教育厅项目(18Q53)。

**作者简介** 冯晓萌(1998—), 女, 湖北襄阳人, 从事风景园林设计研究。

\* 通信作者, 讲师, 硕士, 从事园林植物规划设计研究。

**收稿日期** 2020-05-08

## 2 研究方法

**2.1 样地设置与植被调查** 在对武汉市居住区绿地进行实地调查的基础上,选取近年来武汉市新建具有代表性的 11 个高层居住区为研究对象,包括金地·圣爱米伦、大华·南湖公园世家、保利·中央公馆、万科·城花璟苑、水域天际、华锦花园、东湖一号、复地·东湖国际、锦绣江南、万科·魅力之城、万科·红郡。

植物景观单元是园林种植设计中的基本单位,是植物景观营造中的最小组成部分<sup>[13-14]</sup>。该研究结合植物景观单元的概念,对所选居住区的植物景观按照立地条件、配置结构、功能空间等特征,共调研出 48 个功能性植物景观单元。综合前人的研究结果<sup>[15-16]</sup>,按照功能类型将植物景观单元划分为宅旁(H)、道路(R)、滨水(W)、小品(S)、复层群落(M)5 种类型,其中对于复层混交类型的界定,它是不包括宅旁、道路、滨水、小品等类型的植物景观单元形式。其中宅旁类型植物景观单元 11 个,小品类型植物景观单元 7 个,道路类型植物景观单元 16 个,水景类型植物景观单元 4 个,复层类型植物景观单元 10 个。每个植物景观单元中设 100~300 m<sup>2</sup> 的样方,调查记录植物景观单元中植物的种类、数量(草本以占地面积代替)、植物生长状况、植物配置模式、观赏特性、季相变化、平面构成状况等指标,并分发调查问卷,询问居民建议。同时,对每一处样方进行照片拍摄,拍摄时严格按照统一规范,选择阳光充足的 10:00—11:00,由同一人采用同一设备进行站立平视设备拍摄,从不同角度距离植物群落中心 5~15 m 处各拍摄 1 张照片,所拍摄的照片能清晰反映景观细节特征。最后根据研究需要,每处筛选 8~10 张能充分体现不同角度景观特征的照片作为评价影像资料。

**2.2 植物景观综合评价指标体系的构建** 以植物学、景观

生态学和环境心理学为理论依据,根据武汉市居住区植物景观的功能特征,在借鉴前人研究结果的基础上<sup>[11,15-16]</sup>,综合多位专家意见,确定构建以植物景观的美学功能、生态功能及服务功能 3 个方面为准则层的评价体系。从表 1 可看出,评价体系的指标层共由 22 项评价因子构成,其中美学功能包括 6 个评价因子,生态功能包括 9 个评价因子,服务功能包括 7 个评价因子,完整地构建了多层次的武汉市植物景观综合评价体系(表 1)。

评价因子分定量与定性 2 种,其中 C1、C2、C4、C7、C8、C9、C11、C12、C13、C14、C15、C22 为定量指标,C1、C2、C7 和 C9 采用 Simpson 多样性指标公式<sup>[17]</sup>计算,公式为:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S (N_i/N)^2 \quad (1)$$

式中, $D$  表示物种的多样性指标; $S$  表示样地中总物种数; $N$  表示所有物种的个体总数; $N_i$  表示物种  $i$  的个体数。

前人的研究<sup>[18-19]</sup>结果表明,对植物群落(小尺度)而言,影响群落降温增湿和水土保持能力的主要内因是乔灌木盖度,因此 C11(植物对温湿度的调节)、C12(植物对水土的调节)的计算以乔灌木盖度为评价标准,分值采用 10 分制,以 10、8、6、4、2 的等级分值分别代表好、较好、一般、较差和差。同时研究表明,在统计学意义上,相较其他专业文化背景的评价者的审美态度,具有园林专业知识背景的评价者对于植物景观具有更敏锐的评判能力<sup>[20-21]</sup>。对于模型中的其他定性评价因子,邀请专业相关的 30 位园林专业的师生,通过浏览植物群落景观照片,参考评价指标因子描述进行评分,按照 10 分制的评价标准对指标进行评分,分为好(10 分)、较好(8 分)、一般(6 分)、较差(4 分)、差(2 分)的等级,再将打分的平均值作为各样地的定性分值<sup>[20]</sup>。

表 1 武汉市居住区植物景观评价指标体系

Table 1 The plantscape synthetic evaluation system of the residential area in Wuhan City

目标层(A) Target layer	准则层(B) Criterion layer	指标层(C) Index layer	指标层描述 Index layer description
武汉市居住区植物景观综合评价 Comprehensive evaluation of residential plant landscape in Wuhan City	美学功能(B1)	植物观赏特性多样性(C1)	从观花、观叶、观果、观干 4 个特性对应应用植物归类统计
		植物色彩与季相变化(C2)	植物色彩与季相变化的多样性
		植物景观尺度宜人(C3)	植物景观尺度在视觉和空间体验上的舒适度
		植物景观层次丰富度(C4)	植物群落在垂直结构上的层次数量
		植物景观与整体环境的协调性(C5)	植物景观与所处整体景观环境的协调性
		植物景观的意境美(C6)	植物景观所营造的意境及其对居民的感染力
	生态功能(B2)	物种的多样性(C7)	植物景观单元的物种种类、株数或面积
		植物的乡土性(C8)	乡土树种种类占植物种类总数的比例
		植物生活型结构多样性(C9)	对植物群落中常绿与落叶、阔叶与针叶、乔灌木等种类数量加以归类统计
		植物与植物的协调共生性(C10)	植物群落中植物的共生共存状况
		植物对温湿度的调节(C11)	植物的降温增湿能力,植物缓解城市热岛效应
		植物对水土的调节(C12)	植物防止土壤侵蚀、减少地表径流和海绵体的能力
		植物固碳释氧功能(C13)	高固碳释氧能力植物的占比
		植物滞尘能力(C14)	高滞尘能力植物的占比(PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> )
		植物的降噪能力(C15)	具有较好降低噪音能力植物的占比
	服务功能(B3)	可达性(C16)	到达绿地的道路数量和通畅程度及绿地的可进入性
		可停留度(C17)	绿地吸引居民驻足观赏或休憩的程度
		抗干扰性(C18)	植物群落的降噪、滞尘、遮挡不良景观,以形成安静、优美环境的作用
		标志性(C19)	植物景观的标识作用
		公众满意度(C20)	公众对于小区绿化的满意度
		社交性(C21)	小区的绿地可以起到维护人际关系、稳定社会关系的作用
		保健性(C22)	具有维护身心健康、缓解负面情绪,释放植物精气,散发芳香气味的植物种类占物种总数的比例

## 2.3 评价指标权重的确定及一致性检验

**2.3.1 判断矩阵的构建。**判断矩阵的构建选用“1-9 标度法”,判断矩阵的比例标度及含义如下:1,同等重要;3,稍微重要;5,明显重要;7,重要得多;9,极端重要。2、4、6、8 表示以上相邻判断的中间值。为了使研究结果更具有科学性和可靠性,依照表 1 层次结构关系,制订调查问卷,继续邀请上述 50 名园林专业师生打分,统计问卷调查结果,构造 A-B, B1-(C1-C6), B2-(C7-C15), B3-(C16-C22)判断矩阵<sup>[11]</sup>。

**2.3.2 计算指标权重及一次性检验。**

**2.3.2.1 计算指标权重。**层次分析法中权重计算方法较多,最为常用的有特征向量法、算术平均法以及最小二乘法等<sup>[22]</sup>。该研究采用算术平均法,具体计算步骤如下:

$$\overline{C_{ij}} = C_{ij} / \sum_{k=1}^n C_{ik} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$$\overline{w_i} = \sum_{j=1}^n \overline{C_{ij}} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

$$\overline{w_i} = (\overline{w_1}, \overline{w_2}, \dots, \overline{w_n}) \quad (4)$$

$$w_i = \overline{w_i} / \sum_{j=1}^n \overline{w_j} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

所得的  $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$  即为所求得特征向量,亦即判断矩阵的层次单排序结果(即权重系数)。

**2.3.2.2 一致性检验。**为了保证结论的科学性与严谨度并减小误差,对各判断矩阵进行一致性检验,检验指标为 CI,计算步骤如下:

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nw_i} \quad (6)$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (7)$$

式中,  $\lambda_{\max}$  为矩阵的最大特征值,  $n$  为矩阵的阶数。

查找一致性指标 RI 的值(阶数 1~10, RI 取值分别为 0、0.058、0.90、1.12、1.24、1.32、1.41、1.45、1.49), 计算一致性比例 CR:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (8)$$

当  $CR < 0.1000$  时,认为该判断矩阵具有基本的一致性,否则需要对判断矩阵进行调整,直至矩阵具有基本一致性。

**2.3.3 计算植物景观综合评价指数。**通过景观综合评价指数法,求出每个植物景观单元的综合评价指数,计算公式如下:

$$B = \sum_{i=1}^n X_i F_i \quad (9)$$

式中,  $B$  为某植物景观单元质量的综合分值;  $X_i$  代表某评价因子的权重;  $F_i$  代表该因子的评分值;  $X_i F_i$  是该因子的评价分值。所有定量因子每项数值均乘以 10, 以确保定性和定量评价因子的量纲一致。

$$S = \sum_{i=1}^n B w_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (10)$$

式中,  $S$  为某植物景观单元综合评价分值。

$$C_{CEI} = S/S_0 \times 100\% \quad (11)$$

式中,  $C_{CEI}$  为某植物景观单元综合评价指数;  $S_0$  为理想值(取每一个因子的最高级别与权重相乘叠加而得);  $C_{CEI}$  作为分级的依据,以百分比法将 71%~100%、41%~70%、0%~40% 分别划分为 I、II、III 级,确定各样方植物景观的评价等级<sup>[23]</sup>。

## 3 结果与分析

**3.1 评价指标权重值分析** 依据表 1 中居住区植物景观综合评价模型,通过计算和检验,得出各评价因子的权重值和综合权重值。从表 1 可以看出,准则层的权重值从高到低依次为生态功能(0.588 9)、服务功能(0.251 8)、美学功能

表 1 准则层和指标层各因子权重

Table 1 Factor weight of criterion layer and index layer

目标(A) Target	目标层权重 Target layer weight	准则层(B) Criterion layer	权重 Weight	指标层(C) Index layer	权重 Weight	综合权重 Comprehensive weight
武汉市居住区植物景观综合评价 Comprehensive evaluation of residential plant landscape in Wuhan City	1.000 0	美学功能(B1)	0.159 3	植物观赏特性多样性(C1)	0.097 7	0.015 6
				植物色彩与季相变化(C2)	0.156 0	0.024 9
				植物景观尺度宜人(C3)	0.257 9	0.041 1
				植物景观层次丰富度(C4)	0.065 1	0.010 4
				植物景观与整体环境的协调性(C5)	0.391 1	0.062 3
				植物景观的意境美(C6)	0.032 2	0.005 1
		生态功能(B2)	0.588 9	物种的多样性(C7)	0.190 5	0.112 2
				物种的乡土性(C8)	0.113 4	0.066 8
				植物生活型结构的多样性(C9)	0.052 4	0.030 9
				植物与植物的协调共生性(C10)	0.271 5	0.159 9
				植物对湿度的调节(C11)	0.030 0	0.017 7
				植物对水土的调节(C12)	0.040 3	0.023 7
				植物的固碳释氧功能(C13)	0.142 4	0.083 9
				植物的滞尘能力(C14)	0.142 4	0.083 9
				植物的降噪能力(C15)	0.017 1	0.010 1
	服务功能(B3)	0.251 8	可达性(C16)	0.182 8	0.046 0	
			可停留度(C17)	0.326 9	0.082 3	
			抗干扰性(C18)	0.074 9	0.018 9	
			标志性(C19)	0.023 4	0.005 9	
			公众满意度(C20)	0.242 7	0.061 1	
			社交性(C21)	0.119 2	0.030 0	
			保健性(C22)	0.030 1	0.007 6	

(0.159 3), 这表明在城市化进程日益加快造成的人居环境日趋恶劣的情况下, 设计师们在营造居住区植物景观时, 更加注重植物景观的生态效益以及其保护居民身心健康的功能。在生态功能指标层中, 排在前 3 位的是植物间的协调共生性(0.271 5)、物种的多样性(0.190 5)、植物的固碳释氧功能(0.142 4)和植物的滞尘能力(0.142 4), 说明丰富的植物种类以及合理的植物配置有助于构建稳定健康共生共存植物群落, 提高居住区景观的生态平衡。同时也说明, 营造居住区植物景观时, 植物的生态卫生保健功能开始受到重视。居住区植物景观的服务功能高于美学功能, 作为居民户外活动与集散的场所, 居民不仅仅满足于视觉上的需求, 更多的是对于户外实用性功能空间的追求。在服务功能指标层中, 可停留度(0.326 9)所占的权重最大, 表明为植物景观结合景观小品营造一定的活动空间, 让居民与自然能够更亲近, 让植物景观更好地服务于居民。美学功能的权重值最低, 但是仍占有一定的比重, 表明植物景观的优化环境作用。美学功能指标层中, 植物景观与整体的协调性(0.391 1)、植物景观尺度宜人(0.257 9)和植物色彩与季相变化(0.156 0)所占的权重最大, 表明评价营造居住区植物景观时, 适宜的尺度感、丰富的季相变化及与周围环境的和谐搭配更能让人印象深刻。

**3.2 植物景观单元评价结果分析** 由表 2 可知, 选定的 48 个植物景观单元的评价结果为 I 级: 小品 3、小品 4、小品 6、小品 7、复合 4、复合 5、复合 6、宅旁 2、宅旁 4、宅旁 5、宅旁 7、道路 16、滨水 2, 共 13 个, 占评价总单元的 27.1%; II 级: 35 个, 占总数的 72.9%; 无 III 级。从评价结果可以看出, 武汉市居住区植物景观整体上均较好, 即在美学功能、生态功能和服务功能 3 个方面的综合质量均表现良好。

**3.3 居住区植物景观单元构建模式优秀实例分析** 通过对武汉市代表性的居住区植物景观的调查, 对植物景观的各项影响指标进行综合分析和评价, 筛选出优秀的功能性植物景观单元配置模式, 综合评价结果, 为居住区植物景观设计师推荐 5 个优秀的功能性植物景观单元的搭配模式。

**3.3.1 小品类型植物景观单元。** 景观小品植物配置以提示、标志功能为主。综合得分最高的景观小品单元为居住区主轴线道路中间的法式白色大理石景观喷泉。其两侧以红花檵木(*Loropetalum chinense* var. *rubrum*)、红叶石楠(*Photinia × fraseri*)、金叶女贞等灌木进行带状种植为底, 高大乔木杜英(*Elaeocarpus sylvestris*)、香樟(*Cinnamomum camphora*)、朴树(*Celtis sinensis*)进行行列式相间种植, 突出轴线的同时, 也形成了喷泉小景的半围合空间。同时, 为营造喷泉小品标志性背景空间, 主要搭配不同花期和不同叶色的小乔木和高大灌木, 包括苏铁(*Cycas revoluta*)、柑橘(*Citrus reticulata*)、枇杷(*Eriobotrya japonica*)、桂花(*Osmanthus fragrans*)、石楠(*Photinia serrulata*)、日本晚樱(*Cerasus serrulata* var. *lannesiana*)、桃(*Amygdalus persica*)、紫叶李(*Prunus cerasifera* f. *atropurpurea*)、鸡爪槭(*Acer palmatum*)、紫荆(*Cercis chinensis*)、蜡梅(*Chimonanthus praecox*)、石榴(*Punica granatum*)等, 形成绚烂

的背景“墙”。下层以海桐(*Pittosporum tobira*)、金边大叶黄杨(*Euonymus japonicus* ‘*Ovatus Aureus*’)、杜鹃(*Rhododendron simsii*)、南天竹(*Nandina domestica*)、龟甲冬青(*Ilex crenata* var. *convexa*)、八角金盘(*Fatsia japonica*)、卫矛(*Euonymus alatus*)、雀舌黄杨(*Buxus bodinieri*)等修剪的球形或带状式种植, 进行收边, 也丰富了植物景观层次。

表 2 武汉市居住区植物景观单元评价结果

Table 2 The evaluation results of the residential area in Wuhan City

编号 Code	综合评价指数 Composite evaluation index//%	等级 Grade
小品 1 Sketch 1	58.974	II
小品 2 Sketch 2	69.518	II
小品 3 Sketch 3	72.462	I
小品 4 Sketch 4	86.560	I
小品 5 Sketch 5	64.392	II
小品 6 Sketch 6	77.818	I
小品 7 Sketch 7	73.110	I
复层 1 Multilayer 1	49.718	II
复层 2 Multilayer 2	55.074	II
复层 3 Multilayer 3	45.174	II
复层 4 Multilayer 4	71.100	I
复层 5 Multilayer 5	73.704	I
复层 6 Multilayer 6	70.748	I
复层 7 Multilayer 7	61.238	II
复层 8 Multilayer 8	58.376	II
复层 9 Multilayer 9	62.516	II
复层 10 Multilayer 10	50.458	II
水景 1 Waterscape 1	52.414	II
水景 2 Waterscape 2	74.292	I
水景 3 Waterscape 3	60.752	II
水景 4 Waterscape 4	68.892	II
宅旁 1 Houseside 1	49.364	II
宅旁 2 Houseside 2	71.458	I
宅旁 3 Houseside 3	50.884	II
宅旁 4 Houseside 4	71.154	I
宅旁 5 Houseside 5	70.740	I
宅旁 6 Houseside 6	59.432	II
宅旁 7 Houseside 7	75.520	I
宅旁 8 Houseside 8	55.876	II
宅旁 9 Houseside 9	51.522	II
宅旁 10 Houseside 10	65.448	II
宅旁 11 Houseside 11	63.022	II
道路 1 Road 1	61.322	II
道路 2 Road 2	61.116	II
道路 3 Road 3	67.008	II
道路 4 Road 4	60.812	II
道路 5 Road 5	59.208	II
道路 6 Road 6	59.356	II
道路 7 Road 7	63.830	II
道路 8 Road 8	67.008	II
道路 9 Road 9	62.074	II
道路 10 Road 10	55.110	II
道路 11 Road 11	72.462	I
道路 12 Road 12	67.842	II
道路 13 Road 13	45.302	II
道路 14 Road 14	49.208	II
道路 15 Road 15	65.058	II
道路 16 Road 16	48.698	II

**3.3.2 宅旁类型植物景观单元。** 宅旁绿地是居住区中与居

民生活最密切的绿地部分,进行宅旁绿地植物配置时,以改善居民居住自然环境为主,同时考虑美化建筑,并与居住区整体景观特色保持一致性。综合得分最高的宅旁类型的植物景观单元,采用典型的“乔木+灌木+草本”复合层次模式,层次丰富多样。建筑外观颜色为土黄色,色调为暖色调,所以植物选择上,上层乔木选择冷色调的树种,如浅绿色落叶大乔木朴树、栾树(*Koelreuteria paniculata*)和黄连木(*Pistacia chinensis*),点缀常绿大乔木杜英、广玉兰(*Magnolia Grandiflora*);中层使用较多颜色鲜艳活泼、人们较为喜爱的观花小乔木和高大灌木,如桂花、日本晚樱、柑橘、鸡爪槭、蜡梅、木槿(*Hibiscus syriacus*)、紫薇(*Lagerstroemia indica*)、紫荆、石榴等;下层选用较多开花和色叶类小灌木,如海桐、红花檵木、杜鹃、红叶石楠、龟甲冬青、金焰绣线菊(*Spiraea × bumalda 'coldflame'*)、红叶石楠、金钟花(*Forsythia viridissima*)、雀舌黄杨等,地被选用蜘蛛抱蛋(*Aspidistra elatior*)、麦冬(*Ophiopogon japonicus*)、沟叶结缕草(*Zoysia matrella*)。

**3.3.3 滨水类型植物景观单元。**对水景的应用以观赏为主。得分最高的滨水类型植物景观单元岸坡设置为自然式置石驳岸,搭配木制栈桥,在岸坡、水域、石缝和水域中种植水生植物,岸坡和石缝中以黄菖蒲(*Iris pseudacorus*)、香蒲(*Typha orientalis*)、千屈菜(*Lythrum salicaria*)为主,水域中主要种植浮水植物睡莲(*Nymphaea tetragona*)和挺水植物荷花(*Nelumbo nucifera*),形成水生植物群落,层次结构错落有致,种类丰富多样。水域周围多营造疏林草地植物景观,以效仿江南水乡特色的优质植物景观配置,岸坡边主要种植小乔木和高大灌木,包括桃、大叶早樱(*Cerasus subhirtella*)、桂花、鸡爪槭、石楠、紫薇等,以迎春(*Jasminum nudiflorum*)为底,柔化岸线,营造岸边轻松愉悦的氛围,设置游步道,供居民休憩、游赏。而最外围以自然式密林为主,上层大乔木主要有香樟、杜英、朴树等,中层以石楠、桂花为主,下层主要为小灌木和地被植物,如法国冬青(*Viburnum odoratissimum var. awabuki*)、海桐、红花檵木、金叶女贞(*Ligustrum × vicaryi*)、金边大叶黄杨、卫矛等,多种植物和层次的搭配,形成近自然的植物景观群落结构。

**3.3.4 道路类型植物景观单元。**道路类型植物景观单元以二级道路为主,主要位于供居民休闲游憩的步道旁。植物配置形式较多样化。综合得分最高的道路类型植物景观单元,植物景观层次丰富,观花树种类型较多。上层主要高大乔木有朴树、香樟、杜英、玉兰(*Magnolia denudata*),色彩有浅绿、深绿和红色,中层以观花小乔木和高大灌木为主,有桂花、女贞(*Ligustrum lucidum*)、石榴、紫荆、紫丁香(*Syringa oblata*),下层由修剪成或球形或带状的灌木结合一定起伏变化的地形形成丰富开合空间,主要植物有金叶女贞、红花檵木、大花栀子(*Gardenia jasminoides f. grandiflora*)、卫矛、龟甲冬青、红花檵木、南天竹、八角金盘、沟叶结缕草等。

**3.3.5 复层类型植物景观单元。**复层植物群落结构多表现为植物层次较多,植物种类丰富多样。综合得分较高的复层类型植物景观单元,按照高低层次共有6层。上层有高大乔

木,朴树、香樟、杜英、加杨(*Populus × canadensis*)、枫香(*Liquidambar formosana*)构成上层骨架,中层多种植各类观赏性小乔木,如紫叶李、金枝槐(*Sophora japonica 'Golden Stem'*)、枇杷、桃、桂花、柑橘、鸡爪槭、石楠、大叶女贞,其花果枝叶均具有很高的观赏价值,其中点缀一些色彩鲜艳的观花观果类高大灌木,如紫荆、石榴、紫薇等形成第3个层次,灌木层则为较高的灌木球和低矮形灌木丛结合起伏多变的地形形成不同的层次空间,包括杜鹃、红花檵木、金叶女贞、金边大叶黄杨、大叶栀子、龟甲冬青,地被则为沟叶结缕草,形成了丰富的植物景观层次,大量的彩叶、繁花、花香植物的应用为居民提供了驻足观赏与休憩观景点。

#### 4 结论与讨论

居住区植物景观营造对整体风貌提升及生态环境保护均具有重要的作用。该研究以功能类型植物景观单元为研究对象,综合考虑居住区植物景观的美学功能、生态功能及服务功能,筛选了22个影响因子,运用AHP法对武汉11个居住区48个功能性植物景观单元进行现状调查分析,根据调查及评价结果推荐出在美学、生态及服务功能三方面得分较高的优秀的功能性植物景观单元配置模式,为不同立地条件、不同功能需求的植物景观营造提供具体借鉴与量化参考,也为今后居住区的植物景观设计提供一定的实践指导。

从综合评价结果可以看出,武汉市居住区植物景观总体处于中等偏上水平,其评价结果与实际情况相吻合,证明了此植物景观评价体系合理性和可行性。从指标权重结果可以看出,植物与植物的协调共生性、物种的多样性、植物的固碳释氧功能、植物的滞尘能力是影响植物景观质量的主要因素,都属于准则层中权重最高的生态功能,这与方咸孚等<sup>[24-25]</sup>提出的居住区绿地规划设计指导原则一致,即利用生态学原理创造自然和人类健康共存的、高品质的生态居住区环境。同时也进一步证实该评价体系具有一定的客观性和科学性,未来的居住区植物景观配置按照该评价体系中的高占比权重因子进行实践指导即可获得满意的植物景观效果。

通过评价结果可以看出,筛选的5处优秀的功能性植物景观单元配置模式仍然存在一些问题,需进一步改进,以获得武汉市居住区绿地的综合效益最大化。①小品类型植物景观单元综合评价结果较好,但公众参与度不够高。该功能性植物景观单元应更多在各个细节进行人性化的设计,植物配置空间组织上应考虑不同年龄层次居民日常活动的需求,适当增设休息座凳,添加如彩叶、异形叶植物及观花植物,增加居民和游人观景、游憩空间,同时,提高此类型植物景观单元的互动性。②宅旁类型植物景观单元评价结果表明,所选植物之间的协调共生性不够好。由于宅旁绿地多采用多层复合群落进行植物配置,植物之间受光照、温度和养分影响较大。在进行多层复合群落配置时,应充分了解植物的生长习性,科学合理配置;应注重植物的生态效益,关注植物的降温降噪以及驱蚊保健性,为居民的健康舒适生活提供保障。③滨水类型植物景观单元植物长势欠佳,水生植物多样性缺乏,其美学评价分值较低,应适当增加水生植物种类以丰富

滨水植物景观层次,同时应增设亲水的游步道、栈道等设施,增加人们进行亲水活动的机会。④道路类型植物景观单元的植物种类丰富度不够,除应适宜增加植物的种类丰富度外,还需考虑所选植物的生态功能,以除尘降噪和观景俱佳的树种为宜,提高居民的生活质量。⑤复合绿地综合评价结果均较好,可在此基础上提高乡土树种比例,辅以外来植物,提高高固碳能力树种应用比例,完善植物群落,增强抗逆性和稳定性以适应城市环境。

#### 参考文献

- [1] 宋世杰,颜立红,颜玉娟,等. 基于 SBE 法的宅间植物景观美学评价研究[J]. 中国城市林业,2019,17(2):17-21.
- [2] 王誉洁,黄天丽,孙丰宾,等. 冬季居住区不同功能绿地 PM<sub>2.5</sub> 浓度变化及其与气象因子的关系[J]. 西北林学院学报,2019,34(4):239-245.
- [3] 张哲,潘会堂. 园林植物景观评价研究进展[J]. 浙江农林大学学报,2011,28(6):962-967.
- [4] 孔庆香. 北京市部分商品住宅区植物景观调查[D]. 北京:北京林业大学,2016.
- [5] 陈懿. 宁波市居住区植物群落景观分析与评价[D]. 杭州:浙江农林大学,2012.
- [6] 曹卉. 杭州地区居住小区绿地植物配置模式研究[D]. 杭州:浙江工业大学,2015.
- [7] 郭杨. 哈尔滨居住小区绿地植物生态效益及优化配置研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2015.
- [8] 赵焕臣,许树柏,和金星. 层次分析法——一种简易的新决策方法[M]. 北京:科学出版社,1986.
- [9] 沈雯,李凯,王秀荣. 层次分析法与美景度评价法在植物景观评价中的综合运用[J]. 北方园艺,2018(11):110-117.

(上接第 82 页)

中 Pb 平均含量为 0.29 mg/kg, 耗牛肉中 Pb 含量则可能主要由饲料中富集到耗牛体内。

根据《SB/T 10399—2005 耗牛肉》中对污染指标的限量,要求冷却耗牛肉中 Pb 含量低于 0.20 mg/kg, As 含量低于 0.05 mg/kg, Cd 含量低于 0.10 mg/kg, 总 Hg 含量低于 0.05 mg/kg。对比该研究结果,2 种耗牛肌肉中 Pb 含量远低于限定值,说明此生产体系出栏的耗牛肉为安全的食品,但仍需在养殖环节严格把控饲料质量,降低饲料重金属污染风险。

#### 4 结论

标准化生产体系出栏的耗牛相比放牧条件下出栏的耗牛肌肉含有更丰富的 Ca、Fe、Zn、Na 等元素,经检测未受到 As、Pb、Hg、Cd 等重金属污染,是值得市场推广的优质肉类。耗牛标准化生产模式对于解决耗牛养殖产业集中出栏和草畜矛盾等具有重要意义,出栏的耗牛肉含有丰富的常量元素,且绿色无污染,值得进一步推广。

#### 参考文献

- [1] 肖敏,李世林,董丽娟,等. 浅析阿坝州耗牛产业发展现状及对策[J]. 草业,2018(5):82-83,86.
- [2] 何世明. 耗牛标准化生产技术规范[M]. 成都:四川科学技术出版社,2019:1-2.
- [3] 张敬石. 中国牛肉市场分析展望[J]. 中国农业信息,2015(18):123-127.

- [10] 冯依诺. 千岛湖干汾线植物景观质量评价及优化研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2019.
- [11] 罗薇羽. 基于低碳生态理念的武汉市主城区居住区绿地评价研究[D]. 武汉:华中农业大学,2014.
- [12] 黄祖国,丁昭全,姚军,等. 武汉市植物多样性资源调查及分析[J]. 园林科技,2006(4):32-38.
- [13] 李树华. 园林种植设计学:理论篇[M]. 北京:中国农业出版社,2010:11-15.
- [14] 郭慧娟,王俊,朱春阳. 武汉东湖磨山风景区不同功能植物景观营造研究[J]. 中国园林,2018,34(5):88-93.
- [15] 宁惠娟,邵锋,孙茜茜,等. 基于 AHP 法的杭州花港观鱼公园植物景观评价[J]. 浙江农业学报,2011,23(4):717-724.
- [16] 陈翠玉,杨善云,严莉,等. 基于 AHP 的柳州市居住区植物景观评价体系构建[J]. 中南林业科技大学学报,2014,34(6):134-140.
- [17] 周本琳,鲁小珍. 城市绿地生态学[M]. 北京:中国林业出版社,1999.
- [18] 秦俊. 绿地缓解城市居住区热环境效应的研究:以上海市为例[D]. 上海:华东师范大学,2014.
- [19] 王晓南,孟广涛,姜培曦,等. 浅谈植物措施在水土保持中的作用机理[J]. 水土保持应用技术,2008(4):25-27.
- [20] 翁殊斐,柯峰,黎彩敏. 用 AHP 法和 SBE 法研究广州公园植物景观单元[J]. 中国园林,2009,25(4):78-81.
- [21] 黄欣,弓弼. 西安市公园绿地植物景观质量评价[J]. 西北林学院学报,2018,33(5):285-289.
- [22] 邓雪,李家铭,曾浩健,等. 层次分析法权重计算方法分析及其在应用研究[J]. 数学的实践与认识,2012,42(7):93-100.
- [23] 芦建国,李舒仪. 公园植物景观综合评价方法及其在应用[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2009,33(6):139-142.
- [24] 方咸孚,李海涛. 居住区的绿化模式[M]. 天津:天津大学出版社,2001.
- [25] 丁金华,成玉宁. 迈向生态化的居住区环境设计[J]. 新建筑,2003(1):18-20.

- [4] GONZÁLEZ-WELLER D, KARLSSON L, CABALLERO A, et al. Lead and cadmium in meat and meat products consumed by the population in Tenerife Island, Spain[J]. Food additives and contaminants, 2006, 23(8):757-763.
- [5] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. 鲜(冻)畜肉卫生标准: GB 2707—2005[S]. 北京:中国标准出版社, 2005.
- [6] 孙波, 罗艳, 邹明春. 畜禽微量元素预混料配方的制作方法与步骤[J]. 养殖技术顾问, 2013(6):70-71, 211.
- [7] 刘文才, 敖日格乐, 王纯洁, 等. 酒糟育肥西门塔尔牛肉中氨基酸及矿物质元素含量的分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(1):35-38.
- [8] 赵香婵. 高浓度钾溶液外周静脉给药治疗低钾血症患者的护理观察[J]. 临床医药实践, 2014, 23(2):138-140.
- [9] WHEELER T L, KOOHMARAIE M, CROUSE J D. Effects of calcium chloride injection and hot boning on the tenderness of round muscles[J]. Journal of animal science, 1991, 69(12):4871-4875.
- [10] 艾鹭, 文勇立, 傅昌秀, 等. 金川多胸椎耗牛宰后肌肉矿物质、脂肪酸及肉色分析[J]. 食品科学, 2013, 34(16):251-256.
- [11] 赵洪文, 安添午, 杨平贵, 等. 全哺乳饲养方式麦洼牦牛公犊肉的营养及品质分析[J]. 贵州农业科学, 2014, 42(5):164-167.
- [12] 张继国, 张兵, 王惠君, 等. 1991—2009 年中国九省区膳食营养素摄入状况及变化趋势(十)7~17 岁儿童青少年膳食锌的摄入状况及变化趋势[J]. 营养学报, 2013, 35(2):131-133.
- [13] 信金伟, 张成福, 姬秋梅, 等. 江达牦牛产肉性能及肉品质分析研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2017(19):228-232.
- [14] 宁康健, 蔡治华, 吕锦芳, 等. 皖东黄牛肌肉中部分矿物元素的比较与分析[J]. 吉林农业科学, 2015, 40(1):73-75.
- [15] 曾勇庆, 王慧. 小尾寒羊肉品氨基酸和矿物质营养特性研究[J]. 草食家畜, 2000(2):15-18.
- [16] 刘进远, 杨加豹, 李斌, 等. 饲料中重金属与生猪安全养殖[J]. 中国畜牧兽医文摘, 2015, 31(5):3.
- [17] 李铸. 舍饲牦牛饲养投入品安全分析与潜在危害点控制[D]. 成都:西南民族大学, 2017.